

اثر تنش خشکی و تلقیح قارچ‌های میکوریز و باکتری‌های همزیست بر شاخص‌های رویشی گیاه نخود (*Cicer arietinum* L.)

صلاح‌الدین مرادی^۱ و *حسین بشارتی^۲

^۱دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم خاک، دانشگاه زنجان،

^۲دانشیار مؤسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج

تاریخ دریافت: ۹۳/۵/۶؛ تاریخ پذیرش: ۹۳/۹/۹

چکیده

سابقه و هدف: خشکی، گرما و سرما به ترتیب مهم‌ترین تنش‌های غیرزنده در گیاه نخود می‌باشند. ۹۰ درصد تولید جهانی نخود در نواحی است که تولید در آن‌ها به بارندگی وابسته است و تنش در اواخر فصل، عمده‌ترین عامل محدودکننده رشد می‌باشد. بهبود ویژگی‌های ریشه (طول و حجم ریشه) یکی از روش‌های افزایش مقاومت به خشکی در نخود است. همزیستی میکوریزی با مکانیسم‌های مختلف از جمله بهبود تغذیه گیاه در شرایط تنش خشکی، بهبود پتانسیل آب برگ، افزایش طول و عمق نفوذ ریشه‌ها، افزایش سطح تماس ریشه‌ها با خاک، افزایش تعادل متابولیت‌ها در گیاه مقاومت به خشکی گیاه میزبان را افزایش می‌دهد. هدف این پژوهش بررسی اثر تنش خشکی و تلقیح قارچ‌های میکوریز بر شاخص‌های رویشی گیاه نخود بود.

مواد و روش‌ها: جهت ارزیابی تأثیر تنش خشکی و نقش قارچ‌های میکوریزی در تعدیل اثرات خشکی، آزمون گلخانه‌ای در ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم مراغه در خاکی آهکی، غیرشور و غیرگچی در قالب آزمایش کرت‌های خرد شده بر روی گیاه نخود انجام شد. سطوح رطوبت خاک شامل رطوبت ظرفیت زراعی (رطوبت در ۰/۳ - بار معادل ۲۸ درصد وزنی خاک)، تنش رطوبتی ملایم (رطوبت در ۵ - بار معادل ۱۵ درصد وزنی خاک) و تنش رطوبتی شدید (رطوبت در ۱۰ - بار معادل ۹ درصد وزنی خاک) به عنوان کرت‌های اصلی و تلقیح با قارچ‌های میکوریز شامل تلقیح با *Glomus mosseae*، تلقیح با *G. intraradices*، تلقیح با هر دو قارچ و شاهد بدون تلقیح و نیز تلقیح گیاهان با باکتری‌های همزیست (مزوریزوبیوم) در دو سطح با و بدون تلقیح، به عنوان کرت‌های فرعی منظور شدند. بذور نخود رقم ILC 482 در گلدان‌های حاوی ۱۵ کیلوگرم خاک لوم شنی کشت و پس از ۹۵ روز گیاهان برداشت شدند و برخی شاخص‌های رویشی در آن‌ها اندازه‌گیری گردید.

یافته‌ها: نتایج نشان داد اثر سطوح رطوبت بر تعداد غلاف، تعداد دانه، وزن خشک بخش هوایی و ریشه، ارتفاع بوته و حجم ریشه معنی‌دار بود. تلقیح باکتری‌های مزوریزوبیوم تمام شاخص‌های اندازه‌گیری شده (به جز زمان گلدهی) را در مقایسه با شاهد بدون باکتری به طور معنی‌دار افزایش داد. اثرات متقابل رطوبت × میکوریز و نیز اثرات متقابل سه جانبه رطوبت × میکوریز × باکتری تنها بر وزن خشک اندام هوایی نخود معنی‌دار گردید. با کاهش رطوبت خاک از

* مسئول مکاتبه: besharati1350@yahoo.com

FC به ۵- و ۱۰- بار، وزن خشک بخش هوایی نخود در تیمار شاهد بدون قارچ به ترتیب ۴۷/۳ و ۷۸/۵ درصد کاهش نشان داد در حالی که در تیمار تلقیح قارچ *G. mosseae* این ارقام ۴۰/۵ و ۷۱/۲ درصد و در تیمار *G. intraradices* ۳۷/۷ و ۷۲/۵ درصد بود. در تیمار تلقیح توأم دو قارچ در رطوبت ۱۰- بار کاهش معادل ۷۸ درصد بود ولی در رطوبت ۵- بار نه تنها وزن خشک کاهش نیافت بلکه به میزان ۲۲ درصد افزایش نشان داد. نتیجه گیری: تنش رطوبتی باعث کاهش قابل توجه تعداد دانه در بوته های نخود گردید. تلقیح قارچ های میکوریزی به گیاه نخود کاهش وزن خشک ناشی از تنش رطوبتی را تخفیف داد. اثر مفید قارچ ها در حضور باکتری های مزوریزوبیوم بهتر ظاهر شد.

واژه های کلیدی: قارچ گلواموس، گره ریشه، مزوریزوبیوم، مقاومت به خشکی، مکش رطوبتی

مقدمه

آب اولین و مهم ترین نیاز برای فرآیندهای بیولوژیکی است و نقش حیاتی در فعالیت های کشاورزی ایفا می کند، حدود ۸۰ تا ۹۰ درصد وزن بافت های گیاهی را آب تشکیل می دهد. خشکی در نواحی با بارندگی های نامنظم، در اثر دماهای بالا، تابش طولانی مدت خورشید، وجود خاکی با خصوصیات ضعیف، تشدید می شود. واکنش گیاه به تنش خشکی تحت تأثیر زمان، طول دوره خشکی و شدت آن می باشد (۳۸). تنش های زنده سبب کاهش ۶/۴ میلیون تن و تنش های غیرزنده باعث کاهش ۴/۸ میلیون تن از تولیدات جهانی نخود می گردند (۲۷). مهم ترین تنش های غیرزنده در نخود به ترتیب اهمیت شامل خشکی، گرما و سرما می باشند (۵، ۳۲). تنش خشکی تنها به میزان بارندگی و تغییرات آن وابسته نیست بلکه تابع میزان تبخیر، ظرفیت نگهداری آب خاک و نیاز گیاه به آب است. نخود در نواحی خشک و نیمه خشک بیش تر در بهار کشت می شود و از رطوبت باقی مانده خاک که حاصل بارش زمستانه و اوایل بهار است، استفاده می کند، در این حالت معمولاً با دمای بالا، کاهش رطوبت در اواخر رشد و مرحله پرشدن دانه ها مواجه می شود (۳۱). ۹۰ درصد تولید جهانی نخود در نواحی است که تولید در آن ها به

بارندگی وابسته است و تنش در اواخر فصل، عمده ترین عامل محدودکننده رشد می باشد (۱۴). خشکی اواخر فصل رشد اثر مخربی بر میزان تولید نخود داشته و سبب کاهش ۴۰ تا ۵۰ درصدی محصول می شود (۲۷). کشور ایران جزء مناطق خشک و نیمه خشک دنیا بوده و متوسط بارندگی در ایران حدود یک سوم بارندگی دنیا بوده در حالی که تبخیر و تعرق پتانسیل سه برابر متوسط جهانی است. علاوه بر مقدار بارندگی توزیع زمانی و مکانی آن نیز دارای اهمیت بوده و حدود ۷۵ درصد بارندگی در ۲۵ درصد از اراضی و ۲۵ درصد از بارندگی کشور نیز در ۷۵ درصد از اراضی کشاورزی کشور می بارد. همچنین در بسیاری از محصولات کشاورزی توزیع زمانی بارش ها به نحوی است که در محدوده زمانی که گیاه نیاز به آب دارد، بارش ها پاسخگوی نیاز آبی گیاه نیست. عمده سطح زیرکشت نخود در کشور مربوط به مناطق غرب و شمال غرب کشور می باشد. در این مناطق نخود عمدتاً به صورت دیم کشت می گردد و تنش رطوبتی یکی از عوامل محدودکننده رشد گیاه و تولید محصول می باشد.

نسبت تعرق در نخود حدود ۱۰۰۰ گزارش شده، به عبارتی برای تولید نیم کیلو دانه نخود یک مترمکعب آب نیاز است. به دلیل حساسیت بالای تثبیت نیتروژن

گیاهان میکوریزی کم‌تر بود (۲۴). در آزمایش مشابه‌ای که در شرایط مزرعه انجام شد، اثر مزوریزوبیوم، اسیدهیومیک و قارچ میکوریز بر گیاه نخود در شرایط آبیاری با مقادیر مختلف آب بررسی گردید و نتایج بیانگر آن بود که مزوریزوبیوم فقط بر کلروفیل معنی‌دار بود و قارچ میکوریز اثر معنی‌داری بر شاخص‌های اندازه‌گیری شده نداشت (۲۵). سهرابی و همکاران (۲۰۱۲) با بررسی اثر قارچ‌های میکوریز بر دو رقم نخود در سطوح مختلف آبیاری دریافتند که تلقیح قارچ‌های میکوریز فعالیت آنزیم‌های پلی‌فنل‌اکسیداز و پراکسیداز را افزایش ولی کاتالاز را کاهش داد، به‌علاوه قارچ در هر دو سطح آبیاری (کم و کافی) محتوای کلروفیل برگ‌ها را به‌طور معنی‌دار افزایش داد (۳۳). در یک بررسی اثر قارچ‌های میکوریز بر مقاومت به شوری پنج رقم نخود در سطوح ۰، ۴۰، ۶۰ و ۸۰ میلی‌مولار کلورسیدیم ارزیابی گردید. قارچ‌ها باعث افزایش مقاومت به شوری ارقام شدند ولی پاسخ ارقام مختلف متفاوت بود (۲۱).

روش‌های زیادی برای افزایش مقاومت به خشکی در نخود وجود دارد که سه مورد از آن‌ها در شرایط مزرعه کاربرد داشته و شامل آب‌پاشی خطی (۲۹)، استراتژی کشت تأخیری (۳۲) و بهبود ویژگی‌های ریشه (طول و حجم ریشه) (۳۰). از جمله ویژگی‌های همزیستی میکوریزی آن است که در گیاهان باعث توسعه ریشه‌ها، افزایش سطح تماس ریشه‌ها با خاک و افزایش طول و عمق نفوذ ریشه‌ها می‌شوند (۷، ۱۳). در مناطق غرب و شمال‌غرب کشور که عمده سطح زیرکشت نخود را دارا می‌باشد، نخود عمدتاً به‌صورت دیم کشت می‌گردد و تنش رطوبتی یکی از عوامل محدودکننده رشد گیاه و تولید محصول می‌باشد. بنابراین تعیین خسارت ناشی از تنش رطوبتی بر رشد و عملکرد نخود می‌تواند در مدیریت کشت نخود در دیمزارها و کاهش خسارات ناشی از کم‌آبی مؤثر

به تنش رطوبتی، تنش بر ذخیره نیتروژن در نخود بسیار مؤثر است و مراحل گلدهی و غلاف‌بندی بیش‌ترین حساسیت را به تنش رطوبت دارند (۳). تنش خشکی فاصله جوانه‌زنی با گلدهی، فتوستتیز، پتانسیل آب برگ، سطح برگ، تعداد غلاف، تعداد دانه در غلاف، تعداد و اندازه برگ و در نهایت عملکرد را کاهش می‌دهد (۶، ۱۷). مکانسیم‌های تحمل به خشکی شامل فرار از خشکی (زودرسی، کاهش از دست دادن آب و ...) و مقاومت در برابر آن (افزایش سیستم ریشه‌ای جهت دسترسی بیش‌تر به آب و کاهش سطح برگ جهت کاهش میزان تبخیر و ...) می‌باشند (۱۵، ۳۸). نخود یکی از گیاهان دارای همزیستی میکوریزی مناسب می‌باشد. همزیستی میکوریزی باعث بهبود تغذیه گیاه در شرایط تنش خشکی، بهبود پتانسیل آب برگ، افزایش طول و عمق نفوذ ریشه‌ها، باز نگه داشتن روزنه‌ها و در نهایت مقاومت به خشکی گیاه میزبان می‌گردد. همزیستی میکوریزی همچنین باعث افزایش حساسیت روزنه‌ها به رطوبت هوا، افزایش هدایت روزانه‌ای و میزان تعرق، افزایش سرعت فتوستتیز، تعویق افت پتانسیل آب برگ، افزایش آب موجود در ریشه، توسعه ریشه‌ها، افزایش هدایت هیدرولیکی ریشه، تخلیه بیش‌تر آب از خاک توسط گیاه، افزایش سطح تماس ریشه‌ها با خاک، افزایش تعادل متابولیت‌ها در گیاه و افزایش جذب عناصر غذایی در شرایط تنش خشکی شده و نهایتاً مقاومت گیاه به تنش خشکی را افزایش می‌دهد (۱۳، ۹). کیانو و همکاران (۲۰۱۱) در پژوهشی اثر قارچ میکوریز آربوسکولار بر مقاومت به خشکی گیاه نخود را در شرایط کمبود رطوبت خاک بررسی نموده و دریافتند که همزیستی میکوریزی به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای باعث توسعه سیستم ریشه‌ای، ارتفاع گیاه، محتوای کلروفیل برگ‌ها، شدت فتوستتیز و هدایت روزنه‌ای گردید، در حالی که میزان پرولین و قندهای محلول پس از ۳۰ روز تنش خشکی در

شامل تلقیح با *Glomus mosseae*، تلقیح با *G. intraradices*، تلقیح با هر دو قارچ و شاهد بدون تلقیح و نیز تلقیح با باکتری *Mesorhizobium ciceri* (با تراکم جمعیت ۱۰ میلیون سلول در هر گرم مایه تلقیح) و شاهد بدون تلقیح باکتری به عنوان کرت‌های فرعی منظور شدند. مقدار ۱۵ کیلوگرم خاک لوم شنی پس از گذراندن از الک ۴ میلی‌متری، سترون شده (به مدت ۲۵ دقیقه) و در گلدان‌های پلاستیکی به ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر و قطر دهانه ۲۵ سانتی‌متر ریخته شد. بذور نخود رقم ILC 482 پس از ضدعفونی سطحی با محلول هیپوکلریت سدیم یک درصد و جوانه‌دار شدن، در گلدان‌ها کشت شده و پس از دو هفته تعداد بوته‌ها به سه بوته در گلدان تقلیل یافت. اعمال تیمارهای رطوبتی به روش وزنی صورت گرفت. مایه تلقیح قارچ‌ها به میزان ۱۰۰ گرم و مایه تلقیح باکتری‌های همزیست به میزان ۱۰ گرم (1×10^7 سلول در هر گرم مایه تلقیح) به هر گلدان اضافه و با خاک گلدان‌ها کاملاً مخلوط گردید. لازم به ذکر است که باکتری‌ها و قارچ‌های مورد استفاده در این پژوهش از کلکسیون میکروبی مؤسسه تحقیقات خاک و آب تهیه شدند. گیاهان به مدت ۹۵ روز در گلخانه با دمای حداقل ۱۵ و حداکثر ۳۰ درجه سلسیوس و نور طبیعی باقی ماندند. سپس گیاهان برداشت و شاخص‌های رشدی مانند زمان گلدهی، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، ارتفاع بوته، وزن تر و خشک اندام هوایی، وزن خشک ریشه‌ها، حجم ریشه‌ها و نیز تعداد گره‌های ریشه‌ای اندازه‌گیری شدند. تجزیه و تحلیل آماری نتایج با نرم‌افزار SPSS صورت گرفت.

نتایج و بحث

برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک قبل و بعد از سترون شدن در جدول ۱ ارائه شده است.

واقع شود. از طرفی یکی از راهکارها برای کاهش خسارات ناشی از تنش خشکی، استفاده از پتانسیل میکروارگانیزم‌های مفید خاکزی نظیر قارچ‌های میکوریز می‌باشد. بنابراین در پژوهش حاضر تأثیر تنش خشکی در حضور قارچ‌های میکوریز و باکتری‌های همزیست (مزوریزوبیوم) بر برخی شاخص‌های رشدی نخود در یک خاک آهکی غیرشور بررسی گردید.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر تنش خشکی و تلقیح قارچ‌های میکوریز بر شاخص‌های رویشی گیاه نخود، آزمون گلخانه‌ای در ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم مراغه در خاکی آهکی، غیرشور و غیرگچی در قالب آزمایش کرت‌های خرد شده در سه تکرار انجام شد. برای انتخاب خاک مورد نظر از اراضی کشاورزی اطراف ایستگاه چندین نمونه مرکب خاک از عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متری تهیه و ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی مورد نظر به روش‌های استاندارد آزمایشگاهی اندازه‌گیری و در نهایت نمونه خاک مناسب (خاک غیرشور و غیرگچی با میزان فسفر قابل جذب کم‌تر از حد بحرانی برای گیاه نخود) برای آزمایش انتخاب و ویژگی‌های آن قبل و بعد از سترون شدن اندازه‌گیری گردید. ویژگی‌های مهم خاک نمونه خاک انتخاب شده شامل بافت (۱۲)، pH و EC (۱۹)، کربنات کلسیم معادل (۲۶)، کربن آلی (۲۲)، نیتروژن کل (۴)، فسفر قابل جذب (۱۶)، پتاسیم قابل جذب (۱۰)، آهن، منگنز، روی و مس قابل جذب (۱۸) اندازه‌گیری شدند. سطوح رطوبتی خاک شامل رطوبت ظرفیت زراعی (رطوبت در $0/3$ - بار معادل ۲۸ درصد وزنی خاک)، تنش رطوبتی ملایم (رطوبت در ۵ - بار معادل ۱۵ درصد وزنی خاک) و تنش رطوبتی شدید (رطوبت در ۱۰ - بار معادل ۹ درصد وزنی خاک) به عنوان کرت‌های اصلی و تلقیح با قارچ‌های میکوریز

جدول ۱- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در کشت نخود قبل و بعد از سترون شدن.

Table 1. Some physical and chemical properties of the soil used for the greenhouse experiment before and after sterilization.

Tex.	Silt	Clay	sand	Cu	Zn	Mn	Fe	P	K	T.N.V	O.C	N	EC	pH
	%			(mg kg ⁻¹)				%			(dS m ⁻¹)			
لوم شنی Sandy Loam	20	20	60	1.6	0.17	3.2	5	6.4	155	12.8	0.5	0.014	0.35	7.9
لوم شنی Sandy Loam	21	20	59	1.9	0.13	11.9	5	7.0	154	14	0.3	0.014	0.34	7.6

TNV و OC به ترتیب درصد مواد خنثی شونده و درصد کربن آلی خاک می‌باشند.

TNV and OC are Soil total neutralizing value and Organic carbon respectively.

هوایی نخود که شاخص عملکرد دانه و کاه در نخود می‌باشد، با کاهش رطوبت از ظرفیت زراعی به ۵- بار کاهش یافت اما این کاهش معنی‌دار نبود، در حالی‌که با کاهش بیش‌تر رطوبت این کاهش معنی‌دار گردید و در رطوبت ۱۰- بار وزن خشک نسبت به رطوبت ظرفیت مزرعه بیش از ۷۵ درصد کاهش یافت. این در حالی است که تعداد غلاف در بوته که بیانگر عملکرد دانه می‌باشد، با کاهش رطوبت از رطوبت ظرفیت مزرعه، کاهش معنی‌داری را در هر دو سطح رطوبت ۵- و ۱۰- بار نشان داد و به ترتیب ۶۳ و ۸۶ درصد کاهش نشان داد. با کاهش رطوبت از ظرفیت مزرعه به ۱۰- بار، طول و حجم ریشه‌ها به‌طور معنی‌دار کاهش یافت و به ترتیب ۳۴ درصد و ۹۱ درصد کاهش یافتند (جدول ۳).

تلقیح بوته‌های نخود با باکتری همزیست (*Mesorhizobium ciceri*) تمام شاخص‌های اندازه‌گیری شده را در مقایسه با شاهد بدون باکتری به‌طور معنی‌دار افزایش داد. تلقیح باکتری تعداد گره‌ها را به بیش از ۳۰ گره در گلدان و وزن خشک بخش هوایی را از حدود ۲ گرم در بوته به حدود ۴ گرم در بوته افزایش داد (جدول ۴).

تحلیل آماری نتایج نشان داد اثر سطوح رطوبت بر تمام شاخص‌های اندازه‌گیری شده شامل تعداد غلاف، تعداد دانه، وزن خشک بخش هوایی و ریشه، ارتفاع بوته و حجم ریشه معنی‌دار بود، در حالی‌که اثر تلقیح میکوریز فقط بر ارتفاع بوته و اثرات متقابل رطوبت × میکوریز تنها بر وزن خشک اندام هوایی نخود معنی‌دار گردید. همچنین اثر اصلی تلقیح باکتری‌های مزوریزوبیوم بر تمام شاخص‌ها (به‌جز زمان گلدهی) در سطح یک درصد معنی‌دار بود ولی اثر متقابل رطوبت و مزوریزوبیوم تنها بر تعداد گره و اثر متقابل دوجانبه مزوریزوبیوم و میکوریز و اثرات سه‌جانبه رطوبت، میکوریز و مزوریزوبیوم فقط بر وزن خشک بخش هوایی نخود معنی‌دار شد (جدول ۲).

مقایسه میانگین سطوح رطوبت اعمال شده در آزمایش نشان داد که تمام شاخص‌های اندازه‌گیری شده در شرایط رطوبت ظرفیت زراعی حداکثر مقدار را دارا بوده و با کاهش رطوبت خاک از رطوبت ظرفیت زراعی به ۵- و ۱۰- بار، شاخص‌های اندازه‌گیری شده کاهش نشان دادند و شاخص‌ها در رطوبت ۱۰- بار اختلاف معنی‌داری را با سطح رطوبت ظرفیت مزرعه نشان دادند. وزن خشک بخش

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارها بر شاخص‌های اندازه‌گیری شده در بخش هوایی و ریشه گیاه نخود.

Table 2. Analysis of variance of treatments effect on shoot and root indices of chickpea.

تعداد گره Number of nodule	طول ریشه Root length	حجم ریشه Root volume	ریشه خشک ریشه Root dry weight	وزن خشک Shoot dry weight	ارتفاع پونه Plant height	وزن خشک اندام هوایی	تعداد دانه Number of seed	تعداد غلاف Number of pods	زمان گلدهی Flowering time	درجه آزادی Degree of freedom	منبع تغییرات Source of variations
2176 ^{ns}	2455**	7234**	277**	72.8*	4599**	72.8*	10.9**	26.0**	11.9 ^{ns}	2	رطوبت Moisture
476	56.0	533	24.0	8.16	87.0	8.16	0.386	1.66	7.94	6	خطای کرت اصلی Main plot error
230 ^{ns}	55.0 ^{ns}	57.1 ^{ns}	11.5 ^{ns}	4.81 ^{ns}	82.0*	4.81 ^{ns}	1.78 ^{ns}	1.53 ^{ns}	4.22 ^{ns}	3	میکوریز Mycorrhiza
17161**	260*	1252**	87.5**	67.5**	205**	67.5**	6.56*	32.9**	0.230 ^{ns}	1	مزوریزوبیوم Mesorhizobium
287 ^{ns}	160 ^{ns}	134 ^{ns}	15.84 ^{ns}	9.25*	14 ^{ns}	9.25*	1.41 ^{ns}	2.42 ^{ns}	1.23 ^{ns}	6	رطوبت × میکوریز Moisture×Mycorrhiza
2176**	225 ^{ns}	10.0 ^{ns}	13.9 ^{ns}	7.71 ^{ns}	42.0 ^{ns}	7.71 ^{ns}	0.72 ^{ns}	4.78 ^{ns}	0.63 ^{ns}	2	رطوبت × مزوریزوبیوم Mycorrhiza×moisture
230 ^{ns}	142 ^{ns}	62.0 ^{ns}	9.48 ^{ns}	15.3**	47.0 ^{ns}	15.3**	1.08 ^{ns}	1.72 ^{ns}	5.38 ^{ns}	3	مزوریزوبیوم × میکوریز ×MycorrhizaMesorhizobium
287 ^{ns}	238 ^{ns}	23.0 ^{ns}	8.22 ^{ns}	11.9**	10.0 ^{ns}	11.9**	1.99 ^{ns}	30.2 ^{ns}	5.67 ^{ns}	6	رطوبت × میکوریز × مزوریزوبیوم Moisture×Mesorhizobium×Mycorrhiza
252	171	52.0	7.8	3.4	27.0	3.4	1.36	4.52	4.82	42.0	خطای کل Total Error
8.1	9.6	2.2	3.7	3.6	11.6	3.6	9.1	6.2	5.0	---	ضریب تغییرات CV%

** , * and ^{ns} are significant at 1%, 5% and non-significant respectively.

*** , * and ^{ns} به ترتیب معنی‌دار در سطح ۱ درصد، معنی‌دار در سطح ۵ درصد و غیرمعنی‌دار می‌باشند.

جدول ۳- مقایسه میانگین سطوح رطوبت بر شاخص‌های رشدی اندازه‌گیری شده در گیاه نخود.

Table 3. Compare the levels of soil moisture on growth indices measured in chickpea plants.

تعداد گره (در گلدان) Number of nodule (per pot)	طول ریشه Root length (Cm/plant)	حجم ریشه Root volume (Cm ³ /plant)	وزن خشک ریشه Root dry weight (g/plant)	وزن خشک اندام هوایی (گرم در بوته) Shoot dry weight (g/plant)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (Cm)	تعداد دانه (در بوته) Number of seed (per plant)	تعداد غلاف (در بوته) Number of pods (per plant)	سطوح رطوبت Moisture levels
23.2 ^a	52.6 ^a	37.6 ^a	7.85 ^a	4.54 ^a	56.8 ^a	1.52 ^a	2.30 ^a	ظرفیت مرزعه FC
18.3 ^a	47.6 ^a	24.7 ^{ab}	3.84 ^{ab}	3.24 ^{ab}	47.9 ^a	0.61 ^b	0.84 ^b	-5 بار
4.80 ^a	33.2 ^b	3.2 ^b	1.09 ^b	1.09 ^b	29.6 ^b	0.20 ^b	0.29 ^b	-10 بار

میانگین‌های با حروف مشترک در هر ستون براساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح ۵٪ اختلاف معنی‌داری ندارند.

Same letter(s) does not differ significantly at 5% level by Duncan's Multiple Range Test (DMRT).

جدول ۴- مقایسه میانگین سطوح رطوبت بر شاخص‌های رشدی اندازه‌گیری شده در گیاه نخود.

Table 4. Compare the levels of soil moisture on growth indices measured in chickpea plants.

تعداد گره (در گلدان) Number of nodule (per pot)	طول ریشه Root length (Cm/plant)	حجم ریشه Root volume (Cm ³ /plant)	وزن خشک ریشه Root dry weight (g/plant)	وزن خشک اندام هوایی (گرم در بوته) Shoot dry weight (g/plant)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر) Plant height (Cm)	تعداد دانه (در بوته) Number of seed (per plant)	تعداد غلاف (در بوته) Number of pods (per plant)	تایمینگ باکتری Inoculation
0 ^b	42.5 ^b	7.17 ^b	3.16 ^b	1.99 ^b	43.1 ^b	0.48 ^b	0.47 ^b	شاهد control
30.9 ^a	36.3 ^a	26.0 ^a	5.36 ^a	3.92 ^a	46.4 ^a	1.08 ^a	1.82 ^a	مزروریزوبیوم mesorhizobium

میانگین‌های با حروف مشترک در هر ستون براساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح ۵٪ اختلاف معنی‌داری ندارند.

Same letter(s) does not differ significantly at 5% level by Duncan's Multiple Range Test (DMRT).

کاهش رطوبت خاک وزن خشک اندام هوایی کاهش یافته و تلقیح قارچ‌ها این کاهش را تخفیف داده و در واقع در شرایط تنش به گیاه کمک نموده است، البته اثر مثبت قارچ فقط در تنش ۵- بار مؤثر بوده و در تنش بیش‌تر تلقیح قارچ نتوانسته نسبت به شاهد بدون قارچ اثر معنی‌داری را ایجاد نماید.

جدول ۵ اثرات متقابل سطوح رطوبت و تلقیح قارچ‌ها بر وزن خشک اندام هوایی نخود را نشان می‌دهد. در این جدول اعداد داخل پرانتز درصد تغییرات وزن خشک را نسبت به شاهد بدون تلقیح و بدون تنش (رطوبت ظرفیت مزرعه) نشان می‌دهند. همان‌طوری‌که از اعداد مندرج در جدول پیداست، با

جدول ۵- اثر متقابل رطوبت و قارچ میکوریز بر وزن خشک اندام هوایی گیاه نخود (گرم در بوته).

Table 5. The interactive effects of soil moisture and mycorrhizal fungi on chickpea shoot dry weight (g per plant).

سطوح رطوبت Moisture levels		ظرفیت زراعی FC	سطوح قارچ میکوریز Mycorrhizal fungi levels
۱۰- بار -10 bar	۵- بار -5 bar		
۰/۹۴ ^e (-۷۸/۵۲)	۲/۳۰ ^{cde} (-۴۷/۳)	۴/۳۷ ^{abc} (%۰)	شاهد بدون تلقیح Non-inoculated control
1.26 ^{de} (-71.2)	2.60 ^{cde} (-40.5)	6.52 ^a (+49.2)	گلواموس موسه <i>G. mosseae</i>
1.20 ^{de} (-72.5)	2.72 ^{cde} (-37.7)	3.52 ^{bcd} (-19.4)	گلواموس اینترادیسز <i>G. intraradices</i>
0.96 ^e (-78.0)	5.33 ^{ab} (+22.0)	3.74 ^{bc} (-14.4)	گلواموس موسه + گلواموس اینترادیسز <i>G. mosseae</i> + <i>G. intraradices</i>

میانگین‌های با حروف مشترک براساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح ۵٪ اختلاف معنی‌داری ندارند.

Same letter(s) does not differ significantly at 5% level by Duncan's Multiple Range Test (DMRT).

هر دو قارچ در رطوبت ۵- بار در یک سطح آماری قرار داشته و تفاوت آن‌ها با سایر تیمارها از لحاظ آماری معنی‌دار بود. کم‌ترین میزان وزن خشک نیز ۰/۵۶ گرم در بوته بود که به تیمار تلقیح گیاهان با هر دو قارچ در شرایط رطوبتی ۱۰- بار تعلق داشته و با سایر تیمارها به‌جز دو تیمار مذکور در یک سطح آماری قرار گرفت (جدول ۶).

مقایسه میانگین اثرات متقابل رطوبت، مزوریزوبیوم و قارچ میکوریز بر وزن خشک اندام هوایی گیاه نخود نشان داد که بیش‌ترین وزن خشک بخش هوایی نخود در تیمار تلقیح گیاهان با باکتری مزوریزوبیوم و قارچ *G. mosseae* در شرایط رطوبت ظرفیت زراعی به مقدار ۱۰/۵۳ گرم در بوته حاصل شد و با تیمار تلقیح گیاهان با باکتری مزوریزوبیوم و

جدول ۶- اثر متقابل رطوبت، مزوریزوبیوم و قارچ میکوریز بر وزن خشک اندام هوایی گیاه نخود (گرم در بوته).

Table 6. The interactive effects of soil moisture, mesorhizobium and mycorrhizal fungi on chickpea shoot dry weight (g per plant).

سطوح رطوبت Moisture levels			سطوح قارچ میکوریز Mycorrhizal fungi levels
۱۰- بار -10 bar	۵- بار -5 bar	ظرفیت زراعی FC	
0.85 ^c	2.19 ^c	4.91 ^{bc}	شاهد بدون تلقیح Non-inoculated control
0.67 ^c	1.85 ^c	2.51 ^c	گلواموس موسه <i>G. mosseae</i> شاهد بدون تلقیح Non-inoculated control
0.90 ^c	1.36 ^c	3.65 ^c	گلواموس اینترارادیسز <i>G. intraradices</i>
0.56 ^c	1.75 ^c	2.65 ^c	گلواموس موسه + گلواموس اینترارادیسز <i>G. mosseae</i> + <i>G. intraradices</i>
1.03 ^c	2.41 ^c	3.84 ^c	شاهد بدون قارچ Control with no fungi
1.86 ^c	3.34 ^c	10.5 ^a	گلواموس موسه <i>G. mosseae</i> تلقیح مزوریزوبیوم Mesorhizobium inoculation
1.50 ^c	4.09 ^c	3.39 ^c	گلواموس اینترارادیسز <i>G. intraradices</i>
1.35 ^c	8.92 ^{ab}	4.83 ^{bc}	گلواموس موسه + گلواموس اینترارادیسز <i>G. mosseae</i> + <i>G. intraradices</i>

میانگین‌های با حروف مشترک براساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح ۵٪ اختلاف معنی‌داری ندارند.

Same letter(s) does not differ significantly at 5% level by Duncan's Multiple Range Test (DMRT).

بحث

گلدھی، کاهش توسعه کانوپی و کاهش تعداد غلاف‌ها در گیاه نخود را در نتیجه تنش خشکی گزارش نمودند (۳۱). ریان (۱۹۹۷) اظهار داشت تعداد دانه و تعداد غلاف دو صفت بسیار مهم از نخود بوده و از اجزای اصلی عملکرد هستند که به شدت تابع رطوبت خاک است و با آن رابطه مستقیم دارد (۲۷). تنش خشکی از طریق کاهش زمان بین جوانه‌زنی و گلدھی، پر شدن غلاف‌ها با بلوغ گیاه، فتولوژی گیاه نخود را تسریع بخشیده و همچنین پتانسیل آب برگ، فتوسنتز، تعداد غلاف‌ها و محصول را کاهش می‌دهد (۶، ۱۷). در پژوهش حاضر تنش خشکی تأثیری بر زمان گلدھی نداشت. فوایدی (۲۰۰۵) گزارش کرد که تنش خشکی در نخود سبب کاهش ماده خشک، تعداد

در پژوهش حاضر کاهش رطوبت خاک از رطوبت ظرفیت زراعی به ۵- بار (معادل ۱۵ درصد وزنی خاک) و ۱۰- بار (معادل ۹ درصد وزنی خاک) به ترتیب ۲۸ و ۷۶ درصد وزن خشک بخش هوایی نخود را کاهش داد. این کاهش در مورد تعداد غلاف‌ها در بوته به ترتیب ۶۳ و ۸۷ درصد بودند. کوچک بودن برگچه‌ها و کم بودن سطح آن‌ها سبب افزایش مقاومت به تنش خشکی آخر فصل می‌شود (۲۸)، که این امر دلیل کاهش وزن اندام هوایی نخود در تیمارهای ۵- و ۱۰- بار نسبت به رطوبت FC است. صدیق و همکاران (۱۹۹۹) کاهش تعداد دانه در غلاف، کاهش کیفیت دانه، کاهش تعداد روزها تا

قارچ ۴۷/۳ و ۷۸/۵ درصد کاهش نشان داد در حالی که در تیمار تلقیح قارچ *G. mosseae* این ارقام ۴۰/۵ و ۷۱/۲ درصد و در تیمار *G. intraradices* ۳۷/۷ و ۷۲/۵ درصد بود. در تیمار تلقیح توأم دو قارچ در رطوبت ۱۰- بار کاهش معادل ۷۸ درصد بود ولی در رطوبت ۵- بار نه تنها وزن خشک کاهش نیافت بلکه به میزان ۲۲ درصد افزایش نشان داد. مصباح‌الزمان و نیوتن (۲۰۰۶) پی بردند که اثر کاربرد قارچ میکوریز آربسکولار و اکتومیکوریز بر وزن خشک ریشه و ساقه نوعی اکالیپتوس بیش‌تر از کاربرد میکوریز آربسکولار بوده است (۲۰). ال‌کراکی و کلارک (۱۹۹۹) گزارش کردند که قسمت عمده کاهش وزن ناشی از تنش رطوبتی از طریق برقراری همزیستی میکوریزی قابل جبران است (۲).

نتایج نشان داد که اثر مثبت قارچ‌های میکوریز در شرایطی که گیاهان با باکتری همزیست تلقیح شده‌اند، بهتر بروز کرده است که این امر می‌تواند به دلیل وجود اثرات متقابل مفید بین باکتری‌های مزوریزوبیوم و قارچ‌های میکوریزی باشد. ضمناً این اثر مثبت در شرایط تنش ۵- بار بیش‌تر از رطوبت FC است. این موضوع توسط پژوهشگران تأیید شده است، به‌عنوان مثال استال و کریستنسن (۱۹۹۱) اظهار داشتند قارچ‌های میکوریز بیش‌ترین تأثیر را هنگام مواجه شدن گیاه میزبان با تنش‌های محیطی دارند (۳۴)، همچنین سوبارائو (۱۹۸۸) گزارش نمود بین قارچ‌های میکوریز آربسکولار و باکتری‌های مزوریزوبیوم در برخی گیاهان مثل شبدر، بادام‌زمینی، سویا، عدس و نخود اثر متقابل مثبت وجود دارد (۳۵). همزیستی سویا با قارچ *G. claroideum* و باکتری *B. Japonicum* سبب افزایش فعالیت نیتروژناز در گره‌ها، افزایش زیتوده، افزایش غلظت فسفر، روی، مس، پتاسیم، نیتروژن و افزایش تشکیل دانه و تعداد گره‌ها شد (۳۷).

غلاف در بوته و عملکرد نخود به‌ترتیب ۳۱/۸، ۲۶/۳ و ۱۵/۲ درصد می‌شود (۸). پاولا و همکاران (۲۰۰۷) گزارش کردند که افزایش رطوبت خاک سبب افزایش ارتفاع بوته نخود و لوبیا می‌گردد (۲۳). در این پژوهش با افزایش رطوبت خاک از رطوبت ۱۰- بار و ۵- بار به رطوبت ظرفیت مزرعه، ارتفاع بوته‌های نخود به‌ترتیب ۴۷/۷ درصد و ۱۵/۷ درصد افزایش نشان داد که با یافته‌های پژوهشگران مذکور مطابقت دارد.

تلقیح بوته‌های نخود با باکتری همزیست (*Mesorhizobium ciceri*) در مقایسه با شاهد تلقیح‌نشده تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، ارتفاع بوته، وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک ریشه‌ها، حجم ریشه‌ها و طول ریشه‌ها را به‌ترتیب ۲۸۷، ۱۲۵/۸۵، ۷۹/۶، ۶۹/۶ و ۲۶۲ و ۹ درصد افزایش داد. اثرات مفید باکتری‌های مزوریزوبیوم بر شاخص‌های رشدی گیاهان میزبان در بسیاری از پژوهش‌ها گزارش شده است. خالق‌الزمان و حسین (۲۰۰۷) گزارش نمودند گونه‌های مؤثر مزوریزوبیوم بر صفات مرفولوژیک و فیزیولوژیک لگوم‌ها تأثیر زیادی دارند، مزوریزوبیوم‌ها در جوانه‌زنی، وزن تر و خشک ریشه و ساقه، ارتفاع بوته، طول ریشه، تعداد غلاف، تعداد و وزن دانه‌ها و تعداد و وزن گره‌ها اثر مثبت معنی‌دار دارند. همچنین در کاهش پوسیدگی ریشه و کاهش پژمردگی فوژاریمی ریشه تأثیر مثبت دارند (۱۱). توگای و همکاران (۲۰۰۸) اظهار داشتند که تلقیح بذور نخود با مزوریزوبیوم مناسب سبب افزایش تعداد و طول غلاف‌ها و تعداد دانه در غلاف نسبت به شاهد شد (۳۶). احمد و همکاران (۲۰۰۶) اثر تلقیح مزوریزوبیوم بر طول ریشه، ارتفاع بوته و تعداد گره‌ها در گیاه ماش را گزارش نمودند (۱).

مقایسه میانگین اثرات متقابل سطوح رطوبت خاک و قارچ‌های میکوریز نشان داد هنگامی که رطوبت خاک از حالت FC به ۵- و ۱۰- بار کاهش یافت وزن خشک بخش هوایی نخود در تیمار شاهد بدون

منابع

1. Ahmed, Z.I., Anjum, M.S., and Abdul Rauf, C.H. 2006. Effect of rhizobium inoculation on growth and nodule formation on green gram. *Inter. J. Agric. Biol.* 20: 235-237.
2. Al-Karaki, G.N., and Clark, R.B. 1999. Mycorrhizal influence on protein and lipid of durum wheat grown at different soil phosphorous level. *Mycorrhiza*. 9: 97-101.
3. Baqeri, A., Nezami, A., Ganjali, I., and Parsa, M. 1998. *Agronomy and Breeding of Pea*. Jihad-e- Daneshgahi, Mashhad Publication.
4. Bremner, J.M., and Mulvaney, C.S. 1982. Nitrogen-Total, P 595-622. In: Page, A.L., Miller R.H. and D.R. Keeny. (Eds.), *Methods of soil Analysis. Part II. Microbiological and chemical methods*. 2ed. ASA, SSSA, Madison, WI, USA.
5. Crosser, J.S., Clarke, H.J., Siddique, K.H.M., and Khan, T.N. 2003. Low-temperature stress: implication for chickpea (*Cicer arietinum* L.) improvement. *Critical Review in Plant Science*. 22: 185-219.
6. Davies, S.L., Turner, N.C., Siddique, K.H.M., Plummer, J.A., and Leport, L. 1999. Seed growth of desi and kabuli chickpea (*Cicer arietinum* L.) in a short season mediterranean type environment. *Austr. J. Exp. Agric.* 39: 181-188.
7. Ellis, J.R., Larsen, H.J., and Boosalis, M.G. 1985. Drought resistance of wheat plants inoculated with vesicular-arbuscular mycorrhizae. *Plant and Soil*. 86: 369-378.
8. Favaedi, Y. 2005. Assessment of drought resistance in Kaboli genotypes of chickpea. *J. Agric. Sci.* 6: 2. 27-38.
9. Gogala, N. 1991. Regulation of mycorrhizal infection by hormonal factors produced by hosts and fungi. *Experientia*. 47: 331-340.
10. Jones, B.J. 2001. *Laboratory Guide for Conducting Soil Tests and Plant Analysis*. CRC Press, USA.
11. Khalequzzaman, K.M., and Hossain, I. 2007. Effect of seed treatment with Rhizobium strains and biofertilizers on foot/root rot and yield of bush bean in *Fusarium solani* infected soil. *J. Agric. Res.* 45: 2. 151-160.
12. Klute, A. 1986. *Methods of soil analysis. Part I-Physical and mineralogical methods*. 2nd ed. Microbiological and chemical methods. ASA, SSSA, Madison, WI, USA.
13. Kothari, S.K., Marschner, H., and Romheld, V. 1990. Effect of vesicular arbuscular mycorrhizal fungi and rhizosphere microorganisms on manganese reduction in the rhizosphere and manganese concentration in maize. *New Phytologist*. 117: 649-665.
14. Kumar, J., and Abbo, S. 2001. Genetics of flowering time in chickpea and its bearing on productivity in semi-arid environments. *Advances in Agronomy*. 72: 107-138.
15. Kumar, J., Sethi, S.C., Johansen, C., Kelly, T.G., Rahman, M.M., and Van Rheenen, H.A. 1996. Potential of short-duration chickpea Varieties. *J. Dryland Agric. Res. Dev.* 11: 28-32.
16. Kuo, S. 1996. Phosphorus, P 869-919. In: D.L. Sparks (Eds.), *Methods of soil analysis. Part 3. Chemical methods*. 3rd ed. SSSA Book Series No. 5. Madison, WI, USA.
17. Leport, L., Turner, N.C., Davies, S.L., and Siddique, K.H.M. 2006. Variation in pod production and abortion among chickpea cultivars under terminal drought. *Europ. J. Agron.* 14: 236-246.
18. Lindsay, W.L., and Norvell, W.A. 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. *Soil Sci. Soc. Amer. J.* 42: 421-428.
19. Mclean, E.O. 1982. Soil pH and lime requirement, P 199-224. In: Page, A.L., Miller R.H. and D.R. Keeny (Eds.), *Methods of soil analysis. Part II. Microbiological and chemical methods*. 2nd ed. ASA, SSSA, Madison, WI, USA.
20. Misbahuzzaman, K., and Newton, A. 2006. Effect of dual arbuscular-ectomycorrhizal inoculation on mycorrhiza formation and growth in *E. camaldulensis* Dehnh seedlings under different nutrient regims. *Inter. J. Agric. Biol.* 896: 848-854.
21. NGarg, G., Manchanda, P., and Singl A. 2014. Analysis of emergence stage facilitates the evaluation of chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes for salinity tolerance imparted by mycorrhizal colonization. *Acta Physiologiae Plantarum*. 36: 10. 2651-2669.

22. Nelson, D.W., and Sommers, L.E. 1982. Total carbon, organic carbon, and organic matter, P 539-579. In: Page, A.L. Miller R.H. and D.R. Keeny. (Eds.), Methods of Soil Analysis. Part II. Microbiological and chemical methods. 2nd ed. ASA, SSSA, Madison, WI, USA.
23. Paula, J.T.J., Rotter, C.O., and Hou, B. 2007. Effects of soil moisture and sowing depth on the development of bean plants grown in sterile soil infected by *Rhizoctonia solani* and *Trichoderma harzanium*. *Europ. J. Plant Pathol.* 119: 2. 193-202.
24. Qiao, G., Wen, X.P., Yu, L.F., and Ji, X.B. 2011. The enhancement of drought tolerance for pigeon pea inoculated by arbuscular mycorrhizae fungi. *Plant Soil Environment*. 57: 12. 541-546.
25. Rasaei, B., Ghobadi, M.E., Ghobadi, M., and Najaphy, A. 2013. Reducing effects of drought stress by application of Humic acid, Mycorrhiza and Rhizobium on chickpea. *Inter. J. Agric. Crop Sci.* 5-16: 1775-1778.
26. Richards, L.A. 1969. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. US Salinity Laboratory Staff. Agricultural handbook. No. 60. USDA. USA.
27. Ryan, J.G. 1997. A global perspective on pigeonpea and chickpea sustainable production system: present status and future potential. In: A.N. Asthana and M. Ali (Eds.), Resent advances in pulses research. Indian Institute of pulses Research, Kanpur, India.
28. Saxena, N.P. 2003. Management of drought in chickpea: A holistic approach, P 103-122. In: N.P. Saxena (Ed.), Management of Agricultural Drought: Agronomic and Genetic options. Oxford and IBH Publishig, New Delhi.
29. Saxena, N.P., Johansen, C., Saxena, M.C., and Silim, S.N. 1993a. Selection for drought and salinity tolerance in cool-season food legumes, P 245-270. In: K.B. Singh and M.C. Saxena (Eds.), Breeding for tolerance in cool season food legumes. Wiley, Chichester, UK.
30. Serraj, R., Krishnamurthy, L., Kashiwagi, J., Kumar, J., Chandra, S., and Crouch, J.H. 2004. Variation in root traits of chickpea (*Cicer arietinum* L.) grown under terminal drought. *Field Crops Research*. 88: 115-127.
31. Siddique, K.H.M., Loss, S.P., Rega, K.L., and Jettner, R.L. 1999. Adaptation and seed yield of cool season grain legumes in Mediterranean environments of southwestern Australia. *Austr. J. Agric. Res.* 50: 375-387.
32. Singh, K.B., Malhotra, R.S., Halila, M.H., Kinghts, E.J., and Verma, M.M. 1994. Current status and future strategy in breeding chickpea for resistance to biotic and abiotic stresses. *Euphytica*. 73: 137-149.
33. Sohrabi, Y., Heidari, G., Weisany, W., Ghasemi-Golezani, K., and Mohammadi, K. 2012. Some physiological responses of chickpea cultivars to arbuscular mycorrhiza under drought stress. *Russ. J. Plant Physiol.* 59: 6. 708-716.
34. Stahl, P.D., and Christensen, M. 1991. Population variation in the mycorrhizal fungus *Glomus mosseae*: breadth of environmental tolerance. *Mycology Research*. 95: 300-307.
35. Subba Rao, N.S. 1988. Biofertilizers in agriculture. Oxford and IBH Publishing.
36. Togay, N., Togay, Y., Cimrin, K.M., and Turan, M. 2008. Effect of Rhizobium inoculation, sulfur and phosphorous application on yield, yield components and nutrients uptake in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Afric. J. Biotechnol.* 7: 6. 776-782.
37. Vejsadova, H., Siblikova, D., Hraselova, H., and Vancura, V. 1992. Effect of the VAM fungus *Glomus* sp. On the growth and yield of soybean inoculated with *Bradyrhizobium japonicum*. *Plant and Soil*. 140: 121-125.
38. Yadav, S.S., Redden, R., Chen, W., and Sharma, B. 2007. Chickpea breeding and management. Cabi Publishing, Pp: 142-159.



Effects of water stress and inoculation with mycorrhizal fungi and symbiotic bacteria on vegetative indices of chickpea (*Cicer arietinum* L.)

S. Moradi¹ and *H. Besharati²

¹M.Sc. Graduate, Dept. of Soil Science, University of Zanjan, ²Associate Prof., Soil and Water Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization, Karaj

Received: 07/28/2014; Accepted: 11/30/2014

Abstract

Background and Objectives: Drought, high and low temperatures are the most important abiotic stresses in chickpea cultivation. 90 percent of world chickpea is produced where the production depends on rainfall and drought in the late season, is the main growth limiting factor. Improving plant root characteristics (root length and root volume) is one of the ways to increase drought tolerance in chickpea. Mycorrhizal symbiosis increases drought resistance of host plants through different mechanisms such as improving plants nutrition in drought stress, leaf water potential, length and depth of roots, root contact with the soil surface and plant metabolites balance. The aim of this study was to investigate the effects of drought and AM fungi on some chickpea growth indices.

Materials and Methods: To study the effects of water stress and mycorrhizal fungi inoculation on chickpea, a greenhouse experiment as split plot was carried out in Maragheh Agricultural Research Station in a non-saline calcareous soil. Soil moisture levels, namely: Field capacity, (moisture in the 0.3 bar tension) moderate drought (moisture in the -5 bar tension) and severe water stress (water content in the -10 bar tension) were considered as main plots and inoculation with mycorrhizal fungi (*Glomus mosseae*, *G. intraradices* both fungi and un-inoculated control) and also inoculation with *mesorhizobium ciceri* (with and without bacteria) were as sub-plots. Seeds of chickpea cultivar ILC 482 were planted in pots containing 15 kg sandy loam soil, After 95 days, plants were harvested and some of their growth indices were measured.

Results: Results indicated that the effect of moisture on number of pods per plant, number of seeds per pod, shoot and root dry weight, plant height and root volume was significant. *Mesorhizobium* inoculation significantly increased all of measured parameters (except flowering time) compared with the control, while mycorrhizal inoculation was significant on plant height. The interactive effects of water and mycorrhiza and also interactive effects of water, mycorrhiza and *Mesorhizobium* were significant on shoot dry weight only. Chickpea shoot dry weight decreased by 47.3% and 78.5% with decreasing soil moisture from field capacity to -5 bar and -10bar respectively, while this decrease was by 40.5% and 71.2% in *G. mosseae* inoculation and by 37.7% and 72.5% in *G. intraradices*. In case of co-inoculation of two fungi, the decrease was by 78% at -10 bar, while at -5 bar tension, shoot dry weight not only did not decrease but also increased by 22%.

Conclusion: Water stress considerably decreased the number of grain per plant. Mycorrhizal fungi inoculation relieved the reduction of dry weight due to water stress and actually helped plant. Fungi beneficial effect was better in the occurrence of *Mesorhizobium* bacteria.

Keywords: *Glomus*, *Mesorhizobium*, Resistance to drought, Root nodule, Water tension

* Corresponding Authors; Email: besharati1350@yahoo.com

