Journal of
Plant Environmental Physiology
Print ISSN: 2423-7671
Online ISSN: 2783-4689
PSI
Phycological Society of Iran

Evaluating the effects of mycorrhizal fungi on growth and yield of winter chickpea (*Cicer arietinum* L.) under conditions of supplemental irrigation

Mohammad Mirzaei Heidari[1*], Kobra Mishkhaszadeh[2]

[1] Department of Production Engineering and Plant Genetics, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Isfahan (Khorasgan) banch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran, Email: mirzaeiheydari@yahoo.com

[2] Department of Agriculture and Plant Breeding, Ilam Branch, Islamic Azad University, Ilam, Iran.Email: jdk138282@yahoo.com

Article type:
Research article

Article history
Received: 30.01.2022
Revised: 22.04.2022
Accepted: 06.05.2022
Published:23.09.2023

Keywords
Biological yield
Nitrogen
Number of pods per plant
Phosphorus
Rainfed conditions

Abstract

In order to investigate the effect of mycorrhizal fungus on the growth and yield of autumn chickpeas under supplementary irrigation conditions, an experiment was conducted as a split plot in the form of randomized complete blocks with three replications in the 2016 crop year in Ilam. Experimental treatments include supplementary irrigation with three levels of control or rainfed, once irrigation (flowering time), twice irrigation (flowering time and ten days after flowering) in main plots and fertilizer with four levels of control, mycorrhiza, chemical fertilizer (nitrogen and phosphorus) And mycorrhiza with chemical fertilizers (nitrogen and phosphorus) were considered in subplots. The results showed that the effect of fertilizer interaction and supplementary irrigation on pod number per plant, grain yield, biological yield, shoot and root nitrogen was significant. The average grain yield in mycorrhiza fertilizer treatment and double irrigation compared to chemical fertilizer treatment (nitrogen and phosphorus) and rainfed conditions showed an increase of about 59%. In general, the results showed that double supplementary irrigation with the use of chemical fertilizers and mycorrhiza increases the reproductive growth of the plant. This increase is due to increased photosynthesis and consequently more photosynthetic material, which increases the yield components and improves the yield of chickpeas, so the use of this management method to achieve optimal production is recommended.

Cite this article as: Mirzaei Heidari, M., Mishkhaszadeh, K. (2023). Evaluating the effects of mycorrhizal fungi on growth and yield of winter chickpea (Cicer arietinum L.) under conditions of supplemental irrigation. *Journal of Plant Environmental Physiology*, 18(3): 18-31.

©The author(s)
Publisher: Islamic Azad University, Gorgan branch
Doi: 10.30495/iper.2022.1951236.1770

فیزیولوژی محیطی گیاهی
شاپا چاپی: ۲۴۲۳-۷۶۷۱
شاپا الکترونیکی: ۲۷۸۳-۴۶۸۹
PSI
انجمن جلبک شناسی ایران
Phycological Society of Iran
دانشگاه آزاد اسلامی
واحد گرگان

بررسی اثر قارچ مایکوریزا بر رشد و عملکرد نخود پاییزه (*Cicer arietinum* L.) تحت شرایط آبیاری تکمیلی

محمد میرزایی حیدری[1*]، کبری میشخاص‌زاده[2]

[1] گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران،
رایانامه: mirzaeiheydari@yahoo.com

[2] گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد ایلام، دانشگاه آزاد اسلامی، ایلام، ایران .رایانامه:jdk138282@yahoo.com

نوع مقاله:
مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۱/۱۰
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۲/۰۲
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۲/۱۶
تاریخ چاپ:۱۴۰۲/۰۷/۰۱

واژه‌های کلیدی:
تعداد غلاف در بوته
شرایط دیم
عملکرد بیولوژیکی
فسفر
نیتروژن

چکیده

به‌منظور بررسی اثر قارچ مایکوریزا بر رشد و عملکرد نخود پاییزه تحت شرایط آبیاری تکمیلی، آزمایشی به‌صورت اسپلیت‌پلات در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۱۳۹۴ در ایلام انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل آبیاری تکمیلی با سه سطح شاهد یا دیم، یک‌بار آبیاری (زمان گلدهی)، دوبار آبیاری (زمان گلدهی و ده روز بعد از گلدهی) در کرت‌های اصلی و کود با چهار سطح شاهد، مایکوریزا، کود شیمیایی (نیتروژن و فسفر) و مایکوریزا با کود شیمیایی (نیتروژن و فسفر) در کرت‌های فرعی در نظر گرفته شدند. نتایج نشان داد که اثر برهمکنش کود و آبیاری تکمیلی بر صفات تعداد غلاف در بوته، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی، نیتروژن اندام هوایی و ریشه معنی‌دار شد. میانگین عملکرد دانه در تیمار کود مایکوریزا و دوبار آبیاری نسبت به تیمار کود شیمیایی (نیتروژن و فسفر) و شرایط دیم در حدود ۵۹ درصد افزایش نشان داد. به‌طور کلی، نتایج نشان داد که دوبار آبیاری تکمیلی به‌همراه مصرف کود شیمیایی و مایکوریزا باعث افزایش رشد زایشی گیاه می‌شود. این افزایش به دلیل افزایش فتوسنتز و در نتیجه افزایش مواد فتوسنتزی بیشتری است که سبب افزایش اجزای عملکرد و بهبود عملکرد نخود می‌شود، بنابراین استفاده از این شیوه مدیریتی جهت حصول تولید مطلوب پیشنهاد می‌گردد.

استناد: میرزایی حیدری، م.، میشخاص‌زاده، ک. (۱۴۰۲). اثر پوترسین و نانوذره کلسیم بر رنگیزه‌های فتوسنتزی و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی در گیاه استویا (*Stevia rebaudiana* Bertoni) تحت تنش شوری. *فیزیولوژی محیطی گیاهی*، ۱۸ (۳)، ۳۱-۱۸.

ناشر: دانشگاه آزاد اسلامی، واحد گرگان
© نویسندگان.
Doi: 10.30495/iper.2022.1951236.1770

مقدمه

حبوبات به دلیل برخورداری از پروتئین بالای دانه از اهمیت غذایی بالایی برخوردارند (Farooq et al., 2016). این گیاهان به دلیل قابلیت همزیستی با باکتری‌های تثبیت‌کنندهٔ نیتروژن ملکولی، در تعادل عناصر معدنی خاک در اکوسیستم زراعی حائز اهمیت هستند (Karami Chame et al., 2016). در بین حبوبات مجموع زیر کشت نخود (*Cicer arietinum* L.) در کشور ۵۵۰ هزار هکتار بوده و از این میزان بالغ بر ۳۰۰ هزار تن نخود تولید و برداشت شده است. برهمین اساس هم اکنون ایران چهارمین کشور از نظر سطح زیر کشت و ششمین کشور از نظر تولید نخود در جهان است (آمارنامه جهاد کشاورزی، ۱۴۰۰). در مناطق دیم و به ویژه در نیمه غربی ایران، نخود به دلیل قرار گرفتن در تناوب با گندم و جو دیم، نقش بسیار مهمی در حفظ و بقای کشاورزی این مناطق ایفا می‌کند (Dadkhah et al., 2015).

خشکی به‌عنوان مهم‌ترین عامل محدودکننده غیرزنده رشد، اثر نامطلوبی بر رشد و تولید گیاهان زراعی می‌گذارد (Farooq et al., 2009). وقوع تنش خشکی در برخی مراحل رشد گیاهان می‌تواند خسارت جبران ناپذیری برعملکرد آن‌ها وارد سازد. از این رو شناخت مراحل حساس به خشکی در گیاهان و تأمین به موقع نیاز آن‌ها می‌تواند ما را در جهت حصول حداکثر عملکرد یاری نماید. بررسی‌های انجام شده نشان داده است که حساس‌ترین مرحله فنولوژی گیاه نخود به تنش خشکی، مراحل گل‌دهی و پرشدن غلاف‌ها است. آبیاری تکمیلی در مراحل بحرانی رشد گیاه می‌تواند از شدت خسارت تنش بکاهد و عملکرد را افزایش دهد (Parsa et al., 2011). Maleki و همکاران (۲۰۱۳) در پژوهشی بر روی سویا بیان کردند که تنش خشکی در مرحله گلدهی بر روی صفات عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی، شاخص برداشت، تعداد دانه در بوته و وزن صددانه تأثیر معنی‌داری داشته است به طوری که در مرحله گلدهی بیش‌ترین تأثیر در کاهش عملکرد و اجزای عملکرد از خود نشان داد.

کودهای شیمیایی یکی از عوامل اصلی حفظ حاصلخیزی خاک می‌باشند ولی استفاده بیش از اندازه آن‌ها به ویژه هنگامی که با عملیات مدیریتی نامناسب مثل سوزاندن بقایای گیاهی همراه شود، میزان ماده‌آلی خاک را به شدت کاهش می‌دهد. این موضوع روی ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک تأثیر گذاشته و امکان فرسایش خاک را در این خاک‌ها افزایش می‌دهد (Mirzaei Heydari and Maleki, 2014; Chandrasekar et al., 2005). افزایش رو به رشد جمعیت و مشکلات اقتصادی ناشی از هزینه کودهای شیمیایی از یک سو و مسائل زیست‌محیطی به دلیل مصرف بی‌رویه این کودها سبب شد که تفکر استفاده از شیوه‌های زیستی تثبیت عناصر برای کمک به رشد گیاهان را تقویت کند (Mirzaei Heydari et al., 2019; Fathi et al., 201).

در سال‌های اخیر برای مقابله با کم آبی و تنش خشکی قارچ‌های میکوریزای در بسیاری از گیاهان مورد استفاده قرار گرفته است. تنش آبی باعث کاهش جذب آب توسط سیستم ریشه گیاه، کاهش تعرق، کاهش هدایت روزنه‌ای و فتوسنتز و هم‌چنین به‌هم خوردن موازنه هورمونی در گیاه می‌گردد. عقیده بر این است که هم‌زیستی قارچی میکوریزا از گیاهان در برابر صدمات تنش خشکی محافظت می‌کند (Auge et al., 2015). مایکوریزا با رابطه هم‌زیستی که با ریشه گیاه برقرار می‌کند قادر به افزایش سطح تماس بین گیاه و خاک و افزایش جذب مواد مغذی در گیاه می‌گردد (Schreiner, 2007). Hadou و همکاران (۲۰۱۶) با

بررسی تأثیر قارچ میکوریزا آربسکولار بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه لوبیا چشم‌بلبلی اظهار داشتند که کاربرد قارچ میکوریزا باعث افزایش زیست توده کل گیاه، درصد پروتئین، اجزای عملکرد و در نتیجه عملکرد دانه لوبیا گشت. Abhari و Gholinezhad (۲۰۱۹) با بررسی تأثیر تنش خشکی بر گیاه نخود گزارش کردند که در شرایط آبیاری بهینه عملکرد دانه، شاخص برداشت و عملکرد بیولوژیکی افزایش اما در شرایط تنش خشکی میانگین این صفات به‌طور معنی‌داری کاهش یافت.

بنابراین هدف از اجرای این پ ژوهش بررسی اثر قارچ مایکوریزا بر رشد و عملکرد نخود پاییزه تحت شرایط آبیاری تکمیلی در استان ایلام بود.

مواد و روش‌ها

محل اجرای طرح: این تحقیق در سال زراعی ۱۳۹٤ در مزرعه ایستگاه تحقیقات جهاد کشاورزی و منابع طبیعی استان ایلام واقع در بخش آسمان آباد از توابع شهرستان چرداول اجرا شد. محل آزمایش در عرض جغرافیایی ۳۳ درجه و ٤۷ دقیقهٔ شمالی و طول جغرافیایی ٤٦ درجه و ۳٦ دقیقهٔ شرقی با ارتفاع ۹۷۵ متر از سطح دریا بود. این آزمایش به‌صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل آبیاری تکمیلی با سه سطح شاهد یا دیم، یک‌بار آبیاری (زمان گلدهی)، دوبار آبیاری (زمان گلدهی و ده روز بعد از گلدهی) در کرت‌های اصلی و کود با چهار سطح شاهد، مایکوریزا گونه (*Glomus mosseae*)، کود شیمیایی (نیتروژن و فسفر) و مایکوریزا با کود شیمیایی (نیتروژن و فسفر) در کرت‌های فرعی در نظر گرفته شدند. این تحقیق در ۳٦ کرت انجام گرفت و هر کرت دارای ۸ ردیف کاشت به طول چهار متر و عرض ۲/۵ متر، فاصله بین ردیف‌ها ۲۰ سانتی‌متر و فاصله بین دو بوته روی ردیف ۱۲ سانتی‌متر و فاصله بین هر تکرار ۱/۵ متر در نظر گرفته شد. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل پژوهش در (جدول ۱) و مشخصات آب و هوایی منطقه در (جدول ۲) ارائه شده است.

عملیات زراعی: عملیات تهیه بستر شامل شخم با گاو آهن برگرداندار، دیسک و در نهایت عملیات تسطیح با ماله بود. کود پایه به‌کار برده شده در مزرعه شامل کود نیتروژن از منبع اوره به میزان ۳۰ کیلوگرم در هکتار، کود فسفر نیز براساس ۲۰ کیلوگرم فسفر خالص از منبع سوپرفسفات‌تریپل در هنگام تهیه زمین بود. قارچ مایکوریزا مورد استفاده در این تحقیق *Glomus mosseae* تهیه شده از دانشگاه آزاد اسلامی واحد ایلام بود. میزان میکوریزا حدود ۲۰ گرم در مترمربع (معادل ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) بود. سپس روی قارچ با خاک به اندازه دو سانتی‌متر پوشش داده شد و بذرها روی خاک کاشته شد و سپس روی بذرها حدود سه سانتی‌متر با خاک پوشانده شد. قارچ میکوریزا استفاده شده در این تحقیق شامل مخلوطی از شن، ماسه استریل، خاک ریشه، هیف قارچ و تعداد ۱۵ اسپور در هر گرم بود (Karimi et al., 2018). عملیات کاشت بذر به‌صورت دستی انجام شد. اولین آبیاری بعد از کاشت بذر سپس هر ١٤ روز یک‌بار بسته به نیاز آبی گیاه انجام شد. آبیاری تکمیلی در زمان گلدهی صورت پذیرفت. کنترل علف‌های‌هرز به‌صورت وجین دستی انجام شد.

نمونه‌برداری: به‌منظور انجام عملیات نمونه‌برداری با حذف ردیف‌های کناری و نیم متر از ابتدا و انتهای هر کرت، نمونه برداری از دو ردیف میانی هر کرت انجام شد. تعداد ۱۰ بوته از هر کرت برای بررسی صفات اندازه‌گیری انتخاب شد.

وزن صد دانه: به‌منظور محاسبه وزن صد دانه تعداد ۱۰۰ دانه به‌صورت تصادفی از دانه‌های برداشت شده انتخاب شده و توسط دستگاه شمارش گر لیزری تعیین و برحسب گرم وزن شدند.

عملکرد بیولوژیکی: برای تعیین عملکرد بیولوژیکی، نمونه‌ها به مدت ٤٨ ساعت در درجه حرارت ۷۵ درجه سانتی‌گراد در آون قرار داده و سپس با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم وزن شدند.

محاسبه نیتروژن و فسفر: برای محاسبه میزان نیتروژن، با استفاده از روش کجدال میزان معینی از نمونه را با استفاده از اسیدسولفوریک غلیظ (عامل اکسیدکننده) سولفات سدیم انیدر (بالا آورنده نقطه جوش محلول) و یک کاتالیزور هضم شد. در نتیجه عمل هضم، نیتروژن ماده غذایی به جز نیتروژن نیترات‌ها و نیتریت‌ها به سولفات آمونیوم تبدیل می‌شود که بعد از حرارت دادن آن با هیدروکسید سدیم در مجاورت بخار به گاز آمونیاک تبدیل گردید و گاز آمونیاک در محلول اشباع اسید بوریک جمع‌آوری شد. سپس با تیتراسیون توسط اسیدکلریدریک استاندارد بورات آمونیوم اندازه‌گیری و میزان نیتروژن تخمین زده شد. فسفر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل ۷۳۰۰ محصول شرکت jenway) اندازه‌گیری شد. بدین ترتیب که ۰/۵ گرم از بوته‌های آسیاب شده‌ی هر واحد آزمایشی در کوزه‌های چینی قرار گرفت و ۵ میلی‌لیتر نیترات منیزیم ۰/۵ نرمال به آن اضافه گردید. سپس به مدت ۲ ساعت در بنماری در دمای ۱۰۰ درجه قرار داده شد تا نیترات منیزیم ۰/۵ نرمال به آن اضافه شود سپس به مدت ۲ ساعت در بنماری در دمای ۱۰۰ درجه قرار گرفت تا نیترات منیزیم آن کاملاً تبخیر شود. سپس در کوره در دمای ۵۰۰ درجه سانتیگراد خاکستر گردید. به هر یک از نمونه‌ها ۵ میلی‌لیتر اسیدکلریدریک ۲ نرمال اضافه شد. سپس در بنماری در دمای ٥٦ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۰-۵ دقیقه حرارت داده شدند. بعد از حرارت دادن از کاغذ صافی به بالن ژوژه‌های ۱۰۰ میلی‌لیتری انتقال داده شد. با آب مقطر ولرم به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده و بعد از این، ۱۰ میلی‌لیتر از این عصاره به‌دست آمده را با ۱۰ میلی‌لیتر بی کربنات سدیم ۰/۵ نرمال و ۲ میلی‌لیتر کلر و قلع ۲ نرمال محلول شد. در نهایت با آب مقطر به حجم ۵۰ میلی‌لیتر رسانده و سپس با اسپکتروفتومتر در طول موج ٦٦٠ نانومتر قرائت می‌گردد. مقدار نهایی فسفر بوته بر حسب درصد محاسبه شد (Lonbani and Arzani, 2011).

داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار Excel مرتب شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از برنامه آماری SAS 9.1 استفاده شد. جهت مقایسه میانگین صفات مورد نظر نیز از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد

جدول ۱: ویژگی‌های شیمیایی و فیزیکی خاک زمین آزمایش

مس (میلی‌گرم در کیلوگرم)	روی (میلی‌گرم در کیلوگرم)	نیتروژن (درصد)	فسفر (میلی‌گرم در کیلوگرم)	پتاسیم (میلی‌گرم در کیلوگرم)	کربن آلی (درصد)	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)	اسیدیته	بافت خاک	عمق خاک (سانتی‌متر)
۰/۵	۰/٤	۰/۲۵	۷/۷	۳۱٤	۲/۵٤	۱/۰۱	۷/٤۵	سیلتی لومی	۰-۳۰

جدول ۲: شرایط آب و هوایی محل اجرای آزمایش در سال زراعی

ماه	بارندگی (میلی‌متر)	دمای حداقل مطلق ماهانه (درجهٔ سانتی‌گراد)	دمای حداکثر مطلق ماهانه (درجهٔ سانتی‌گراد)	رطوبت نسبی (درصد)	تبخیر (میلی‌متر)
فروردین	۲۲/۵	۰/٦	۲۵/٤	٤۵/۷	۸۳
اردیبهشت	٤۰/۲	٤/٤	۳٦/٦	۵۵/۳	۱۵۲/٤
خرداد	۰	۱۲	۳۸/۸	۲۹/۸	۳۲۵/۲
تیر	۰	۱۹	٤۳/٦	۲۰/۳	٤۱۰/۸
مرداد	۰	۱۸/٤	٤۳	۲۰/۵	۳٦۹/٤
شهریور	۰	۱٤/٦	٤۳/۲	۱۹/۹	۲۵٦/۵
مهرماه	۵	٦/٤	۳٤/٦	۲٦/٤	۱۸۵/۵
آبان	۱۵۷/۵	٤/٦	۲۹/۸	٦۱/٤	٦٤/٦
آذر	۱۱۲	-۳/٦	۲۵/۸	٦۹/٦	۱۳/۹

نتایج

تعداد غلاف در بوته: نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر اصلی آبیاری تکمیلی و کود و برهم‌کنش آبیاری تکمیلی و کود بر تعداد غلاف در بوته از لحاظ آماری معنی‌دار بود (جدول ۳). براساس نتایج جدول مقایسه بیش‌ترین و کم‌ترین تعداد غلاف در بوته به‌ترتیب مربوط به منبع کودی مایکوریزا و دوبار آبیاری با ۵۰/۳٦ غلاف و عدم کاربرد کود و شرایط دیم (شاهد) با ۱۸/٤٦ غلاف بود (جدول ۵).

تعداد دانه در بوته: در این تحقیق تعداد دانه در بوته تحت اثر آبیاری تکمیلی و کود در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین اثر آبیاری‌تکمیلی نشان داد، بیشترین و کم‌ترین تعداد دانه در بوته به‌ترتیب مربوط به یک‌بار آبیاری تکمیلی با ۱۳۰/۱ دانه و بدون آبیاری (دیم یا شاهد) با ۹۳/۸ دانه بود. همچنین بیش‌ترین تعداد دانه در بوته از تیمار کاربرد مایکوریزا و کود شیمیایی حاصل شد که نسبت به تیمار بدون کود حدود ۳۰ درصد افزایش نشان داد (جدول ٤).

وزن صد دانه: براساس نتایج جدول تجزیه واریانس، اثر اصلی کود بر وزن صددانه از لحاظ آماری معنی‌دار بود اما اثر آبیاری تکمیلی و برهم‌کنش آبیاری تکمیلی و کود بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۳). بیشترین وزن صد دانه به منبع کودی مایکوریزا تعلق داشت که نسبت به تیمار بدون کود (شاهد) حدود ۱۰ درصد افزایش یافت (جدول ٤).

عملکرد دانه: براساس نتایج جدول تجزیه واریانس، اثر اصلی کود بر وزن صددانه از لحاظ آماری معنی‌دار بود اما اثر آبیاری تکمیلی و برهم‌کنش آبیاری تکمیلی و کود بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۳). بیشترین وزن صددانه به منبع کودی مایکوریزا تعلق داشت که نسبت به تیمار بدون کود (شاهد) حدود ۱۰ درصد افزایش یافت (جدول ٤).

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد، اثر اصلی آبیاری‌تکمیلی و کود و برهم‌کنش آبیاری‌تکمیلی و کود بر عملکرد دانه از لحاظ آماری در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین برهم‌کنش آبیاری‌تکمیلی و منابع کودی نشان داد، بیش‌ترین و کم‌ترین عملکرد دانه به‌ترتیب مربوط به منبع کودی مایکوریزا و دوبار آبیاری با ۲۵۲/۳۳ گرم در متر مربع و کود شیمیایی و دیم (شاهد) با ۱۰۳/٦٦ گرم در متر مربع بود (جدول ۵).

جدول ۳. تجزیه واریانس اثر تیمارهای آزمایش بر صفات مورد بررسی

منابع تغییر	درجه آزادی	تعداد غلاف در بوته	تعداد دانه در بوته	وزن صد دانه	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیکی	نیتروژن ریشه	فسفر ریشه	نیتروژن اندام هوایی	فسفر اندام هوایی
تکرار	۲	۸/۴۳ ns	۱۰۴/۵۳ ns	۲۳/۵۹ ns	۷۲۳/۵۸ ns	۹۰۸۸/۵۸ ns	۰/۰۱ ns	۰/۰۳**	۰/۰۸*	۰/۰۱۹ns
آبیاری تکمیلی	۲	۳۷۶/۴۵*	۴۰۶۱/۴۵**	۳/۱۹ ns	۱۰۵۸۸/۰۸**	۴۱۷۳۲/۵۸**	۵/۳۸**	۰/۰۱ ns	۰/۴**	۰/۰۰۴ns
خطا	۴	۴۸/۴۹	۲۳۰/۷۵	۶/۳	۲۹۲/۷۷	۱۹۸۹/۷۷	۰/۰۷	۰/۰۰۲	۰/۰۱	۰/۰۰۵
کود	۳	۳۰۳/۱۱**	۳۲۷۵/۸**	۱۴/۲*	۳۳۷۹/۴۴**	۷۰۰۲/۱۸**	۱/۴۵**	۰/۰۲ns	۰/۴۵**	۰/۰۰۳ns
آبیاری تکمیلی × کود	۶	۱۱۳/۰۶**	۶۶۶/۰۸ ns	۷/۸۳ns	۲۹۰۴/۷۱**	۵۹۱۰/۶۳**	۰/۳۶*	۰/۰۱ ns	۰/۵۴**	۰/۰۰۳*
خطا	۱۸	۲۳/۳۳	۳۶۷/۱۶	۴/۱۴	۴۶۲/۱۲	۸۱۸/۴۲	۰/۱	۰/۰۱	۰/۰۰۳	۰/۰۰۱
ضریب تغییرات	-	۱۲/۹۳	۱۶/۸۵	۶/۷۵	۱۴/۱۱	۷/۳۴	۱۳/۶۳	۲۳/۳۹	۱۵/۱۷	۱۳/۱۷

ns ** و *: میانگین مربعات تیمارها به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد می‌باشد.

جدول ۴: مقایسه میانگین اثرات اصلی کود و آبیاری

تیمار	سطح	تعداد غلاف در بوته	تعداد دانه در بوته	وزن صد دانه (گرم)	عملکرد دانه (گرم در متر مربع)	بیوماس عملکرد (گرم در مترمربع)	فسفر ریشه (درصد)	نیتروژن اندام هوایی (درصد)	فسفر اندام هوایی (درصد)
آبیاری	یکبار آبیاری	۳۷/۷۲ab	۱۳۰/۱a	۳۰/۴۵a	۱۳۸/۸ ab	۳۶۰/۸ ab	۰/۳۳a	۲/۲۱ ab	۲/۵۲ ab
	دوبار آبیاری	۴۲/۷۵a	۱۱۷a	۳۰/۷۳a	۱۸۶/۳ a	۴۵۷/۴ a	۰/۳۲a	۲/۱۳ b	۲/۷۶ a
	دبم	۳۱/۵۷b	۹۳/۸ b	۲۹/۷۳a	۱۳۱/۷ b	۳۵۰/۵ b	۰/۳۷a	۲/۴۸ a	۱/۵۰ b
کود	بدون کود	۳۱/۱۴b	۹۳/۴c	۲۸/۹۳ b	۱۳۵/۳ b	۳۶۹/۵ b	۰/۲۸ b	۲/۰۷ b	۲/۱ ab
	شیمیایی	۳۳/۸۸b	۱۰۱/۹ bc	۳۰/۶ ab	۱۳۵/۷ b	۳۷۵/۵ b	۰/۳۳ ab	۲/۴۶ a	۱/۹۳ b
	مایکوریزا+شیمیایی	۴۰/۷۹ab	۱۳۳/۸ a	۳۱/۸۹ a	۱۷۷/۶ ab	۳۹۲/۱ ab	۰/۳۷ a	۲/۰۹ b	۲/۱۳ ab
	مایکوریزا	۴۳/۵۷a	۱۲۵/۴ ab	۲۹/۸ ab	۱۷۰/۴ a	۴۲۸/۱ a	۰/۳۹ a	۲/۴۸ a	۲/۸۴ a

اعدادی که در هر ستون حداقل دارای یک حرف مشترک باشند، فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد می‌باشند.

جدول ۵: مقایسه میانگین برهمکنش صفات مورد مطالعه تحت اثر کود و آبیاری

تیمار	سطح	تعداد غلاف دربوته	عملکرد دانه (گرم در مترمربع)	عملکرد بیولوژیکی (گرم در مترمربع)	قسفر اندام هوایی (درصد)	نیتروژن ریشه (درصد)	نیتروژن اندام هوایی (درصد)
یک‌بار آبیاری	بدون کود	۳۹/۲ abc	۱٤۱/۳ bcd	۳٦۳/۷ c	۰/۲٥ bc	۲/۸۱ abc	۱/۹٤ f
	شیمیایی	۳۲/٤ bc	۱۳٤/۳ bcd	۳۲۷ c	۰/۲٦ b	۱/۷۲ de	۲/٤۲ c
	مایکوریزا + شیمیایی	٤۳/۲ ab	۱٥٦/۷ bcd	۳۹۱ bc	۰/۲٦ b	۲/٤۰ bc	۲/۰٤ e
	مایکوریزا	۳٦ bc	۱۲۳ bc	۳٦۱/۷ c	۰/۲۷ b	۳/۲۱ a	۲/٤٥ c
دوبار آبیاری	بدون کود	۳٥/۸ bc	۱٤۱/۷ bcd	۳۸۰/۳ bc	۰/۲٥ bc	۲/٤۱ bc	۲/۱٤ d
	شیمیایی	۳۹/۷ abc	۱٦۹ bc	٤٥۲/۷ b	۰/۲٥ bc	۲/۷۱ abc	۱/۸۹ f
	مایکوریزا + شیمیایی	٤٥/۱ ab	۱۸۲ b	٤٤۲/۳ b	۰/۲٦ b	۲/۹۰ ab	۲/٤٥ c
	مایکوریزا	٥۰/٤ a	۲٥۲/۳ a	٥٥٤/۳ a	۰/۲۹ a	۳/۲۳ a	۲/۰٥ e
دیم	بدون کود	۱۸/٥ d	۱۲۳cd	۳٦٤/۷ c	۰/۲۳ cd	۱/۳۱ ef	۲/۱٤ d
	شیمیایی	۲۹/٥ cd	۱۰۳/۷ d	۳۲٦ c	۰/۲۳ cd	۱/٤۰ ef	۳/۰۷ a
	مایکوریزا + شیمیایی	۳٤ bc	۱٦٤bc	۳٤۳ c	۰/۲٤ c	۱/۱۱ f	۱/۷۸ g
	مایکوریزا	٤٤/۳ ab	۱۳٦ bcd	۳٦۸/۳ c	۰/۲٤ c	۲/۲۲ cd	۲/۹۳ b

اعدادی که در هر ستون حداقل دارای یک حرف مشترک باشند فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد می‌باشند.

عملکرد بیولوژیکی: براساس نتایج جدول تجزیه واریانس، اثر اصلی آبیاری تکمیلی، کود و برهم‌کنش آبیاری تکمیلی و کود بر عملکرد بیولوژیکی از لحاظ آماری معنی‌دار گردید (جدول ۳). نتایج نشان داد، بیش‌ترین عملکرد بیولوژیکی مربوط به منبع کودی مایکوریزا و دوبار آبیاری حاصل شد که نسبت به کاربرد کود شیمیایی و شرایط دیم (شاهد) حدود ٤١ درصد افزایش نشان داد (جدول ۵).

نیتروژن ریشه: نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر اصلی آبیاری‌تکمیلی و کود در سطح احتمال یک درصد و برهم‌کنش آبیاری‌تکمیلی و کود بر نیتروژن ریشه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین نشان داد، بیش‌ترین و کم‌ترین نیتروژن ریشه به‌ترتیب مربوط به منبع کودی مایکوریزا و دوبار آبیاری با ۳/۱۵ درصد و مایکوریزا+کود شیمیایی و دیم (شاهد) با ۱/۱۱ درصد بود (جدول ۵).

نیتروژن اندام هوایی: براساس نتایج جدول تجزیه واریانس اثر اصلی آبیاری تکمیلی، کود و برهم‌کنش آبیاری‌تکمیلی و کود بر نیتروژن اندام هوایی از لحاظ آماری معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین برهم‌کنش آبیاری‌تکمیلی و منابع کودی نشان داد، بیش‌ترین نیتروژن اندام هوایی از منبع کودی شیمیایی و دوبار آبیاری با ۳/۰۷ درصد حاصل شد که نسبت به کاربرد مایکوریزا + شیمیایی و دیم (شاهد) ٤٢ درصد افزایش یافت (جدول ۵).

فسفر ریشه: نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر اصلی کود و آبیاری‌تکمیلی و برهم‌کنش آبیاری‌تکمیلی و کود بر فسفر ریشه از لحاظ آماری معنی‌دار نبود (جدول ۳).

فسفر اندام هوایی: فسفر اندام هوایی تحت اثر برهم‌کنش آبیاری‌تکمیلی و کود در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین نشان داد، بیش‌ترین فسفر اندام هوایی از دوبار آبیاری تکمیلی و کاربرد مایکوریزا حاصل شد که نسبت به تیمار بدون آبیاری (دیم یا شاهد) و عدم کاربرد کود حدود ۲۱ درصد افزایش نشان داد (جدول ۵).

بحث

نتایج نشان داد که مصرف کودهای مایکوریزایی قابلیت افزایش تعداد غلاف در بوته نخود را دارا می‌باشد و می‌تواند به‌عنوان جایگزین کودهای شیمیایی مطرح گردد، چنان‌که توانست در تیمارهای آبیاری دیم نیز باعث افزایش تعداد غلاف در بوته سبت به تیمار شاهد (عدم مصرف کود) گردد. در این پژوهش مایکوریزا به همراه آبیاری تکمیلی در دو مرحله گلدهی و پس از گلدهی با تأثیری که بر روی جذب آب و مواد معدنی از ریشه و همچنین مواد پرورده می‌گذارد، سبب افزایش تعداد غلاف در بوته می‌شود. نتایج بررسی محققان نشان داد که مایکوریزا با کاهش اثرات تنش خشکی در مرحله گلدهی سبب افزایش تعداد غلاف در بوته و عملکرد در نخود می‌شود (Farooq et al., 2016). در همین راستا Maleki و همکاران (۲۰۱٤) در تحقیقات خود مشاهده کردند که کمبود رطوبت در طول دوره گلدهی، حتی اگر در مرحلهٔ تشکیل دانه (که مرحله‌ای پس از مرحلهٔ گلدهی می‌باشد) آبیاری انجام شود سبب کاهش تعداد غلاف در بوته و در نهایت میزان عملکرد دانه کاهش خواهد یافت. تنش خشکی در مرحله پرشدن دانه، بیش‌ترین اثر را بر کاهش عملکرد گیاهان لگوم داشت. این امر به دلیل تأثیری است که بر روی اجزای عملکرد قرار می‌گیرد (Farooq et al., 2016). وقوع تنش در مرحله گرده‌افشانی موجب عقیم شدن دانه گرده و اختلال در فتوسنتز جاری و انتقال مواد ذخیره شده به دانه‌ها می‌گردد (Maleki et al., 2013) که می‌تواند دلیلی بر کاهش تعداد دانه در گیاهان باشد. افزایش تعداد دانه

در بوته در نتیجه‌ی استفاده از مایکوریزا و کود شیمیایی ممکن است به افزایش تولیدات فتوسنتزی نسبت داده شود که باعث تشکیل یک منبع ذخیره‌ای برای مقصد و افزایش گنجایش مخزن که منجر به افزایش وزن دانه و تعداد دانه در بوته و در نهایت سبب افزایش عملکرد نخود می‌شود (Karami Chame et al., 2016; Mirzaei Heydari et al., 2009). می‌توان بیان داشت انشعابات میسیلیومی قارچ‌های میکوریزا می‌توانند به درون خاک و روزنه‌هایی که برای ریشه و تارهای کشندهٔ گیاه در دسترس نیستند، راه یابند و به این ترتیب از حجم بیشتری از خاک استفاده کنند. این ریز جانداران با فراهم کردن سطح اضافی برای جذب، باعث افزایش جذب عنصرهای غذایی به ویژه فسفر (Mohammadi et al., 2014) و نیتروژن (Heidari and Karami, 2014) می‌شوند و به این ترتیب تولید آسیمیلات در گیاه را افزایش می‌دهند. بنابراین همزیستی گیاه با این ریز جانداران افزایش اجزای عملکرد لوبیا از جمله شمار دانه در غلاف را درپی داشت. در نتایج یک بررسی گزارش شد، کاربرد مایکوریزا تعداد دانه در بوتهٔ لوبیا را به طور معنی‌داری افزایش داد (Safa-poor et al., 2010) که با نتایج این تحقیق مطابقت داشت. در این تحقیق مصرف بهینه کود شیمیایی و مایکوریزا سبب تولید دانه‌های با وزن بالاتری می‌شود، که از سرعت پرشدن بالاتری نسبت به دانه‌های با وزن کمتر برخوردار می‌باشند. احتمالاً باکتری‌های محرک رشد از طریق تولید نیتروژن و همزیستی سینرژیستی مثبتی که داشتند برای گیاه نخود موجب پرشدن و افزایش وزن دانه شده‌اند. در این رابطه Taheri Oshtrinani و Fathi (۲۰۱۶) افزایش وزن صد دانه تحت تأثیر مایکوریزا و مصرف بهینه کود شیمیایی را مثبت گزارش کردند که با نتایج این پژوهش مطابقت داشت. نتایج نشان می‌دهد تنش خشکی خصوصاً بعد از ورود گیاه به مرحله زایشی، به رشد و عملکرد گیاه آسیب زیادی می‌رساند که سبب کاهش دوره پرشدن دانه‌ها و وزن دانه می‌گردد که کاهش عملکرد دانه را دربر دارد. در این تحقیق قارچ‌های مایکوریزا در شرایط تنش خشکی قادرند با استفاده از گسترش ریسه‌های خارجی و تغییر مورفولوژی ریشه گیاهان، سطح جذب ریشه و انتقال مواد غذایی به ریشه را افزایش دهند (James et al., 2008). بنابراین همزیستی میکوریزا با ریشه از طریق جذب آب و عناصر غذایی، سبب افزایش فتوسنتز شده و این امر موجب تولید فرآورده بیشتر و بهبود رشد و عملکرد دانه می‌گردد. نتایج تحقیقات Hadou و همکاران (۲۰۱۶) حاکی از آن است که کاربرد قارچ مایکوریزا باعث افزایش اجزای عملکرد و در نتیجه عملکرد دانه شد. در همین رابطه Sajedi و Rejali (۲۰۱۱) بیان نمودند تلقیح کردن گیاهان با قارچ مایکوریزا اثرات نامطلوب تنش خشکی را تعدیل می‌کند، به‌طوری که قارچ مایکوریزا از طریق انتشار میسیلیوم‌های خارجی خود در منافذ ریز خاک که امکان ورود ریشه‌های موئین برای جذب آب وجود ندارد، آب و عناصر غذایی را جذب و به گیاه منتقل می‌کند و در نتیجه باعث افزایش عملکرد دانه می‌گردد. محققان گزارش کردند که در تلقیح بذر با میکوریزا همراه با کود شیمیایی عملکرد، ماده خشک و جذب NPK توسط گیاه نسبت به شاهد افزایش یافت (Karami et al., 2018) که با نتایج این پژوهش همخوانی داشت. به‌نظر می‌رسد در این پژوهش با فراهمی آب در شرایط حساس برای رشد گیاه و همچنین مصرف مایکوریزا به جهت افزایش جذب آب و مواد غذایی به‌خصوص فسفر سبب کاهش تأثیرات منفی در گیاه می‌شود و افزایش شاخص‌های رویشی را به دنبال دارد که در نهایت منجر به افزایش عملکرد بیولوژیکی شده است. براساس گزارشات Taheri Oshtrinani و Fathi (۲۰۱۶) هرچه رشد

رویشی گیاه با کاربرد مایکوریزا بیشتر باشد دسترسی گیاه به تشعشع مورد نیاز برای فتوسنتز بیش‌تر خواهد بود در نتیجه عملکرد بیولوژیکی بیش‌تر خواهد بود. محققان در پژوهش‌های جداگانه بیان کردند اعمال تنش‌خشکی در کلیه مراحل رشدی گیاه، شاخص سطح‌برگ نخود، سویا و گندم را کاهش داده و کم‌تر شدن شاخص سطح‌برگ در دوره پرشدن دانه نیز از افزایش پیری برگ‌ها ناشی می‌شود که براثر ریزش و یا انتقال مواد پرورده به قسمت‌های زایشی گیاه صورت می‌گیرد در این حالت کاهش شاخص سطح برگ با کاهش جذب نورخورشید توسط گیاه زراعی در ارتباط می‌باشد و در نتیجه تولید ماده خشک کاهش می‌یابد (Maleki et al., 2013; Maleki et al., 2008). همچنین در این تحقیق مصرف مایکوریزا سبب تولید ریسه و هیف‌های بیش‌تری در ناحیه ریشه گیاه می‌شود که این امر جذب مواد معدنی نیتروژن و فسفر در ریشه گیاه را افزایش می‌دهد (Treseder and Allen, 2002). در این رابطه Mirzaei Heydari و همکاران (۲۰۱۱) دریافتند که در شرایط تنش‌خشکی رشد ریشه افزایش می‌یابد اما با این وجود میزان مصرف عناصر به‌دلیل این شرایط محیطی در ریشه کاهش پیدا می‌کند که با نتایج این تحقیق مطابقت داشت. در پژوهش حاضر گیاه نخود در در شرایط دیم نتوانسته نیتروژن بیش‌تری را در اندام‌های هوایی خود ذخیره کند همان‌طور که از جدول هم استنتاج می‌شود در بیش‌تر صفات مربوط به عناصر، میزان جذب نیتروژن و فسفر ریشه و اندام هوایی هم در تیمار بدون‌آبیاری سبب کاهش چشم‌گیری در میزان عناصر در اندام‌هوایی شده است. با مصرف کود شیمیایی فسفر در سویا، Mehdi Nia Afra (۲۰۱۲) افزایش نیتروژن اندام هوایی را گزارش کردند. در همین راستا Azcon و همکاران (۲۰۰۳) دریافتند که سطوح بالای فسفر و نیتروژن قابل دسترس خاک، میزان عناصر ماکرو و میکرو را در گیاهان کاهش می‌دهند. کاهش به‌علت تنش‌های محیطی گیاه مکانیسم‌هایی در خود ایجاد کرده تا بیشتر به بقای خود بپردازد و شرایط را در صورت مساعد شدن با افزایش در جذب عناصر تغییر دهد. فسفر به عنوان یکی از عناصر مهم غذایی در بسیاری از فعالیت‌های حیاتی درون گیاه نظیر ذخیره و انتقال انرژی، فتوسنتز، تنظیم فعالیت آنزیم‌ها و انتقال کربوهیدرات‌ها نقش مهمی ایفا می‌کند. باوجود چنین نقش‌های مهمی در گیاه، غلظت فسفر در گیاه می‌تواند تعادل آبی گیاه را تحت تأثیر قرار دهد. تحقیقات بسیاری پیشنهاد نموده‌اند که قارچ‌های مایکوریزا از طریق بهبود وضعیت تغذیه گیاه، مقاومت گیاه در برابر خشکی را افزایش می‌دهند، به‌ویژه بهبود تغذیه فسفر موجب حفظ پتانسیل آب بیشتر در برگ‌ها حتی با وجود مقادیر بسیار منفی پتانسیل آب خاک می‌گردد (Subramanian et al., 2006). هیف‌های قارچ‌های مایکوریزا با ترشح اسیدهای آلی و آنزیم‌های فسفاتاز موجب انحلال فسفرخاک می‌گردند (Bolan, 1991) و با توسعه منطقه تخلیه فسفر در اطراف ریشه گیاه و افزایش سرعت جذب فسفر، مقدار فسفر جذب شده در واحد طول ریشه و در واحد زمان را افزایش می دهند (Tinker et al., 1992). در شرایط تنش رطوبتی به دلیل مواجه شدن گیاه با کمبود آب قابل دسترس، میزان فسفر موجود در اندام هوایی صرف سوخت‌وساز گیاه برای بقا می‌شود و به‌همین دلیل است که میزان عنصر فسفر در گیاه کم می‌باشد و با در دسترس بودن آب مورد نیاز میزان فسفر اندام هوایی افزایش یافته است. محققان گزارش کردند تنش‌خشکی سبب کاهش چشم‌گیر عناصر غذایی در اندام‌های هوایی می‌شود (Porcel and Ruiz-Lozano, 2004).

نتیجه‌گیری نهایی

به‌طورکلی نتایج نشان داد که دوبار آبیاری تکمیلی (مرحله گلدهی و ده روز بعد از گلدهی) می‌تواند به همراه مصرف کودشیمیایی و مایکوریزا بیش‌ترین تأثیر را بر روی صفات مورد مطالعه بگذارد. در این پژوهش می‌توان اظهار داشت که نه تنها در شرایط تنش خشکی می‌توان با کاربرد قارچ مایکوریزا تا حد زیادی رشد و عملکرد گیاه را بهبود بخشید، بلکه استفاده از عوامل بیولوژیک در شرایط آبیاری مطلوب نیز می‌تواند موجب افزایش عملکرد کمی گیاه گردد. لذا به منظور دست‌یابی به حداکثر عملکرد کمی در شرایط دیم که گیاهان با تنش خشکی مواجه می‌شوند، کاشت گیاه نخود با دوبار آبیاری و کاربرد مایکوریزا پیشنهاد می‌گردد.

Reference

Abhari, A., and Gholinezhad, E. (2019). Effect of humic acid on grain yield and yield components in chickpea under different irrigation levels. Journal of Plant Physiology and Breeding. 9(2): 19-29.

Auge, R.M., Toler, H.D., and Saxton, A.M. (2015). Arbuscular mycorrhizal symbiosis alters stomatal conductance of host plants more under drought than under amply watered conditions: a meta-analysis. Mycorrhiza. 25(1): 13-24.

Azcon, R., Ambrosano, E., and Charest, C. (2003). Nutrient acquisition in mycorrhizal lettuce plants under different phosphorus and nitrogen concentration. Plant Science. 165: 1137-1145.

Bolan N.S. (1991). A critical review on the role of mycorrhizal fungi in the uptake of phosphorus by plants. Plant and Soil. 134:189-207.

Chandrasekar, B.R., Ambrose, G., and Jayabalan, N. (2005). Influence of biofertilizers And phosphor source level on the growth and yield of Echinochlo frumentacea. Journal of Agricultural Technology. 1(2): 223- 234.

Farooq, M., Gogoi, N., Barthakur, S., Baroowa, B., Bharadwaj, N., Alghamdi, S.S., and Siddique, K.H.M. (2016). Drought stress in grain legumes during reproduction and grain filling. Journal of Agronomy and Crop Science. 2: 81–102.

Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D., and Basra, S.M.A. (2009). Plant drought stress: effects, mechanisms and management. In Sustainable agriculture (pp. 153-188). Springer Netherlands.

Fathi, A., Farnia, A., and Maleki, A. (2013). Effects of nitrogen and phosphate biofertilizers on yield and yield components of corn AS71 in Dareh-shahr climate. Journal of Tabriz ecophysiology of crops. 7(25): 105-114. (In persian with English abstract).

Hadou, H., Kadidia, S., Fanta, B., and Barkissa, F. (2016). Effect of native arbuscular mycorrhiza fungi inocula on the growth of Cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] in three differents agro ecological zones in Burkina Faso. Journal of Applied Biosciences. 108: 10553-10560.

Heidari, M., and Karami, V. (2014). Effects of different mycorrhiza species on grain yield, nutrient uptake and oil content of sunflower under water stress. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences. 13(1): 9-13.

James, B., Rodel, D., Lorettu, U., Reynaldo, E., and 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.

Karami Chame, S., Khalil-Tahmasbi, B., ShahMahmoodi, P., Abdollahi, A., Fathi, A., Seyed Mousavi, S.J., and Bahamin, S. (2016). Effects of salinity stress, salicylic acid and Pseudomonas on the physiological characteristics and yield of seed beans (*Phaseolus vulgaris*). Scientia Agriculturae. 14(2): 234-238.

Karami, H., Maleki, A., and Fathi, A. (2018). Determination Effect of Mycorrhiza and Vermicompost on Accumulation of Seed Nutrient Elements in Maize (*Zea mays* L.) Affected by Chemical Fertilizer. Journal of Crop Nutrition Science. 4(3): 15-29.

Lonbani, M., and Arzani, A. (2011). Morpho-physiological traits associated with terminal drought stress tolerance in triticale and wheat. Agronomy Research. 9: 315–329.

Maleki, A., Babaei, F., Cheharsooghi, H., Amin, J., and Dizaji, A.A. (2008). The study of seed yield stability and drought tolerance indices of bread wheat genotypes under irrigated and non-irrigated conditions. Research Journal of Biological Sciences. 3(8): 841-844.

Maleki, A., Naderi, A., Naseri, R., Fathi, A., Bahamin, S., and Maleki, R. (2013). Physiological performance of soybean cultivars under drought stress. Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences. 2(6): 38-44.

Maleki, A., Pournajaf, M., Naseri, R., Rashunavadi, R., and Heydari, M. (2014). The effect of supplemental irrigation, nitrogen levels and inoculation with Rhizobium bacteria on seed quality of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under rainfed conditions. International Journal Current Microbiology Applied Sciences. 3(6): 902-909.

Mehdi Nia Afra, J. 2012. Response of two soybean cultivars to the interaction of phosphorus and zinc elements. Master Thesis in Agriculture. Islamic Azad University of Ghaemshahr Branch. Mazandaran.110 p.

Mirzaei Heydari, M., and Maleki, A. (2014). Effect of phosphorus sources and mycorrhizal inoculation on root colonization and phosphorus uptake of barley (*Hordeum vulgare* L.). International Journal Current Microbiology Applied Sciences. 3(8): 235–248.

Mirzaei Heydari, M., Brook, R.M. and Jones, D.L. (2019). The role of phosphorus sources on root diameter, root length and root dry matter of barley (*Hordeum vulgare* L.). Journal of Plant Nutrition. 42(1): 1–15.

Mirzaei Heydari, M., Brook, R.M., Withers, P., and Jones, D.L. (2011). Mycorrhizal infection of barley roots and its effect upon phosphorus uptake. Applied and Environmental Microbiology. 1: 137–142.

Mirzaei Heydari, M.M., Maleki, A., Brook, R., and Jones, D.L. (2009). Efficiency of phosphorus solubilising bacteria and phosphorus chemical fertilizer on yield and yield components of wheat cultivar (Chamran). Aspects of Applied Biology. (98): 189-193.

Mohammadi, E., Asghari, H., and Gholami, A. (2014). Evaluation the possibility of utilization of bio fertilizer mycorrhiza in phosphorus supply in Chickpea cultivation (*Cicer arietinum* L.). Iranian Journal of Field Crops Research. 11(4): 658-665. (In persian with English abstract).

Parsa, M., Ganjeali, A., Rezaiean, A., and Nezami, A. (2011). Effects of supplemental irrigation on yield and growth indices of three chickpea cultivars in Mashhad region. Iranian Journal of Field Crops Research. 9(3): 310-321. (In persian with English abstract).

Porcel, R., and Ruiz-Lozano, J.M. (2004). Arbuscular mycorrhizal influence on leaf water potential, solute accumulation, and oxidative stress in soybean plants subjected to drought stress. Journal of Experimental Botany. 55(403): 1743-1750.

Safa-poor, M., Ardakani, M.R., Rejali, F., Khaghani, Sh., and Teymuri, M. (2010). Interaction between mycorrhiza and rhizobium on yield of three varieties of (*Phaseolus vulgaris* L.) New Findings in Agriculture Journal. 5(1): 22-25.

Sajedi, N.A., and Rejali, F. (2011). Effects of water stress, the use of mycorrhizal inoculation on the absorption of micronutrients in corn. Iranian Journal of Soil Research. 25(2): 83-92. (In persian with English abstract).

Schreiner, P.R. (2007). Effects of native and non-native arbuscular mycorrhizal fungi on growth and nutrient uptake of piontnoir (*Vitis vinifera* L.) in two soils with contrasting levels of phosphorus. Applied Soil Ecology. 36: 205-215.

Statistics of the Ministry of Jihad for Agriculture, Deputy for Planning and Economy of Jihad for Agriculture. Database of Statistics and Information Technology Office, Agriculture Bank, agricultural products information based on the name of the province and crop by crop year. 2021.

Subramanian K.S., Santhanakrishnan P., and Balasubramania P. (2006). Response of field grown tomato plants to arbuscular mycorrhizal fungal colonization under varying intensities of drought stress. Scientia Horticulturae. 107: 245–253.

Taheri Oshtrinani, F., and Fathi, A. (2016). The impacts of mycorrhiza and phsphorus along with the use of salicylic acid on maize seed yield. Journal of Crop Ecophysiology. 10(3): 657-668. (In persian with English abstract).

Tinker, P.B., Johns, M.D., and Durall, D.M. (1992). A functional comparison of Ecto and Endo-Mycorrhizas. CAB Int wellingford UK. 303-310.

Treseder, K.K., and Allen, M.F. (2002). Direct nitrogen and phosphorus limitation of arbuscular mycorrhizal fungi: a model and field test. New Phytologist. 155(3): 507-515.