تحقیقات آب و خاک ایران | دوره ۵۳ | شماره ۲ | اردیبهشت ۱۴۰۱ (ص ۳۵۴-۳۴۷)

DOI: https://dx.doi.org/10.22059/ijswr.2022.337967.669194

(مقاله علمی - پژوهشی)

The Effect of Plant Density and Mycorhizal Fungi on Yield, Yield Components and Grain Protein Percentage of Chickpea under Supplementary Irrigation Conditions

SALMAN MAGHAMIMEHR[1], HAMID DEHGHANZADEH[2*], ALIREZA FALLAH[3], KARIM NOZAD NAMINI[1]

1. Department of Agronomy and Plant Breeding, Naragh Branch, Islamic Azad University, Naragh, Iran.
2. Department of Agricultural Sciences, Payame Noor University (PNU), Iran.
3. Soil and Water Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.

(Received: Jan. 25, 2022- Revised: Feb. 28, 2022- Accepted: March. 5, 2022)

ABSTRACT

This study was carried out to investigate the effect of supplemental irrigation, application of mycorrhizal fungi and plant density on yield and yield components and grain protein percentage of chickpea under rainfed conditions in the Qalhar village of Delijan region, Iran during 2012, as a split- split plot experiment based on Randomized Complete Block Design with three replications. Four levels of irrigation management (as main plots) were rainfed without irrigation, irrigation at flowering stage, irrigation at seed filling stage and complete irrigation. two levels of inoculation (as sub plots) were inoculation with *Glomus ineraradice* and non-inoculation. Three plant densities (as a sub-sub plots) were 20, 30 and 60 plant.m^{-2}**.** Irrigation treatments had a significant effect on the number of pods per plant, the number of nodes per plant, grain yield and grain protein percentage and the highest grain yield was obtained at full irrigation. Inoculation with mycorrhiza fungus increased the number of nodes in the root and grain yield by 50% and 10.7%, respectively. Mycorrhiza inoculation in rainfed conditions resulted in the highest number of nodes in the root. The highest grain yield was obtained at a density of 60 plants.m^{-2}. One stage of irrigation at the flowering stage and grain filling led to an increase in grain yield to 31.5% and 26.7% compared to rainfed, respectively. Therefore, according to the results of this study, by inoculation with mycorrhiza, the density of 60 plants.m^{-2} and a supplementary irrigation stage, a significant increase in grain yield compared to rainfed conditions at similar conditions to the present study can be achieved.

Keywords: Chickpea, Fungal Inoculation, Number of Nodes in the Root, Number of Pods per Plant, Rainfed,

* Corresponding Author's Email: Dehghanzadeh@pnu.ac.ir

تأثیر تراکم بوته و قارچ مایکوریزا بر عملکرد، اجزای عملکرد دانه و درصد پروتئین نخود تحت شرایط آبیاری تکمیلی

سلمان مقامی مهر[۱]، حمید دهقان‌زاده*[۲]، علیرضا فلاح نصرت‌آباد[۳]، کریم نوزاد نمین[۱]

۱. گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد نراق، دانشگاه آزاد اسلامی، نراق، ایران.

۲. گروه علوم کشاورزی، دانشگاه پیام نور، ایران.

۳. موسسه تحقیقات آب و خاک، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۱/۵- تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۱۲/۹-تاریخ تصویب: ۱۴۰۰/۱۲/۱۴)

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر تراکم بوته و قارچ مایکوریزا بر عملکرد، اجزای عملکرد دانه و درصد پروتئین نخود تحت شرایط آبیاری تکمیلی آزمایشی به‌صورت کرت‌های دو بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۱۳۹۰-۱۳۹۱ در مزرعه‌ای در روستای قالهر شهرستان دلیجان انجام گردید. تیمارهای آزمایش شامل آبیاری در چهار سطح دیم کامل، یک مرحله آبیاری در مرحله شروع گلدهی، یک مرحله آبیاری در مرحله پرشدن دانه و آبیاری کامل به‌عنوان عامل اصلی و قارچ مایکوریزا در دو سطح تلقیح و عدم تلقیح عامل فرعی و تراکم بوته در سه سطح ۲۰، ۳۰ و ۶۰ بوته در مترمربع به‌عنوان عامل فرعی بودند. نتایج نشان داد که تیمار آبیاری بر تعداد غلاف در بوته، تعداد گره در ریشه، درصد پروتئین دانه و عملکرد دانه تأثیر معنی‌داری داشت و بالاترین عملکرد دانه در آبیاری کامل و به میزان ۳۱۳۵/۹۷ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. تلقیح با قارچ مایکوریزا باعث افزایش تعداد گره در ریشه و عملکرد دانه به ترتیب به میزان ۵۰ و ۱۰/۷ درصد گردید. تلقیح با قارچ و در شرایط دیم منجر به بالاترین تعداد گره در ریشه شد. بیشترین عملکرد دانه در تراکم ۶۰ بوته در به میزان مترمربع ۳۶۹۱/۷۶ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. همچنین یک مرحله آبیاری در مرحله گلدهی و پرشدن دانه به ترتیب منجر به افزایش عملکرد دانه به میزان ۳۱/۵ و ۲۶/۷ درصد نسبت به دیم گردید؛ بنابراین می‌توان با تلقیح با مایکوریزا، تراکم ۶۰ بوته در مترمربع و یک مرحله آبیاری تکمیلی افزایش عملکرد دانه‌ای نسبت به شرایط دیم در شرایط مشابه با مطالعه حاضر به دست آورد.

واژه‌های کلیدی: تعداد گره در ریشه، تعداد غلاف در بوته، تلقیح قارچ، دیم، نخود.

مقدمه

حبوبات از جمله نخود پس از غلات بزرگ‌ترین منبع تأمین پروتئین گیاهی به شمار می‌آیند و منافع حاصل از گنجاندن این گیاهان در تناوب زراعی در بهبود حاصلخیزی خاک و مدیریت نیتروژن در جهت کشاورزی ارگانیک از دیرباز تاکنون به اثبات رسیده است (Abasluo *et al*., 2014). مطالعات نشان می‌دهد که در برخی شرایط می‌توان از آبیاری به‌صورت مکمل بارش برای افزایش تولید نخود بهره گرفت (Jalali, 2019). آبیاری تکمیلی عملیاتی با کارایی بالاست که برای افزایش تولید محصولات کشاورزی و بهبود معیشت در نواحی خشک از پتانسیل بالایی برخوردار است (Asghar and Tahir, 1997). افزایش ارتفاع بوته، عملکرد و برخی اجزای عملکرد دانه با افزایش دفعات آبیاری تکمیلی در نخود گزارش شده است (Sadeghzadeh-Ahari, 2020). افزایش تعداد غلاف‌های پر و کاهش تعداد غلاف‌های پوک و افزایش عملکرد تک بوته (Shirui *et al*. 2019)، افزایش عملکرد دانه (Jalali, 2019; Ahmadi *et al*., 2020) در آبیاری تکمیلی نسبت به شرایط دیم گزارش شده است (Jalali, 2019). کاهش تعداد غلاف در بوته، وزن دانه و عملکرد دانه نخود (Sohrabi *et al*., 2019)، کاهش عملکرد دانه، زیست‌توده، شاخص برداشت، وزن ۱۰۰ دانه، تعداد دانه در بوته و غلاف و تعداد غلاف در بوته در نخود (Saeidi *et al*., 2020)،کاهش ارتفاع و وزن خشک اندام-های هوایی لوبیا چیتی (Ghalandari *et al*., 2019) تحت شرایط تنش خشکی گزارش شده است. تحت شرایط آبیاری و فراهم بودن آب، تولید مواد فتوسنتزی و انتقال مواد حاصل از فتوسنتز (آسیمیلات‌ها) به ریشه، گره‌ها و دانه‌ها بیشتر بوده و باعث افزایش وزن دانه و عملکرد می‌شود (Saeidi *et al*., 2020). افزایش پروتئین دانه نخود با آبیاری تکمیلی در مقایسه با آبیاری کامل گزارش گردید (Mazlomi Mamyandi *et al*., 2019; Ahmadi

* نویسنده مسئول: Dehghanzadeh@pnu.ac.ir

et al., 2020). بالاتر بودن درصد پروتئین در شرایط دیم می‌تواند مرتبط با کاهش طول دورهٔ رشد و نمو در این شرایط باشد که موجب کاهش نسبت کربوهیدرات به پروتئین در دانه و در نتیجه افزایش درصد پروتئین دانه می‌شود (Ahmadi et al., 2020).

کودهای زیستی حاوی یک و یا چندگونه میکروارگانیسم خاص و یا متابولیک‌های آن‌ها بوده و باعث گسترش بیشتر و بهتر سیستم ریشه‌ای و جذب بهتر عناصر و در نتیجه رشد بیشتر گیاه شده و با افزایش کیفی و کمی اجزاء عملکرد، موجب افزایش عملکرد گیاه می‌شوند (Egamberdiyeva, 2007). 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. 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 ماده‌سازی و در نهایت، افزایش عملکرد گیاه می‌شود (Sohrabi et al., 2019). تأثیر دیگر همزیستی، اثر هم‌افزایی روی فعالیت سایر میکروارگانیسم‌های مفید خاک نظیر باکتری‌های ریزوبیوم و برخی اکونومیست‌ها است که در تثبیت ازت خاک مؤثرند، که این امر اثر عوامل مفید خاک را بر روی رشد گیاه میزبان مضاعف می‌نماید (Egamberdiyeva, 2007). حل کردن مواد معدنی مانند فسفات و تولید فیتوهورمون ایندول استیک اسید که نقش مهمی در تنظیم رشد گیاه داشته و باعث افزایش ارتفاع گیاه می‌شود از دیگر تأثیرات مفید همزیستی می‌باشد (Rezapoorian et al., 2020). تأثیر مثبت استفاده از قارچ میکوریزا بر تعداد دانه در غلاف، ارتفاع و بهبود رشد گیاه و افزایش عملکرد دانه ماش (Rezapoorian et al., 2020)، افزایش عملکرد نخود (Sohrabi et al., 2019)، افزایش عملکرد دانه و پروتئین لوبیا چیتی (Hazrati Gejlar et al., 2019) گزارش شده است.

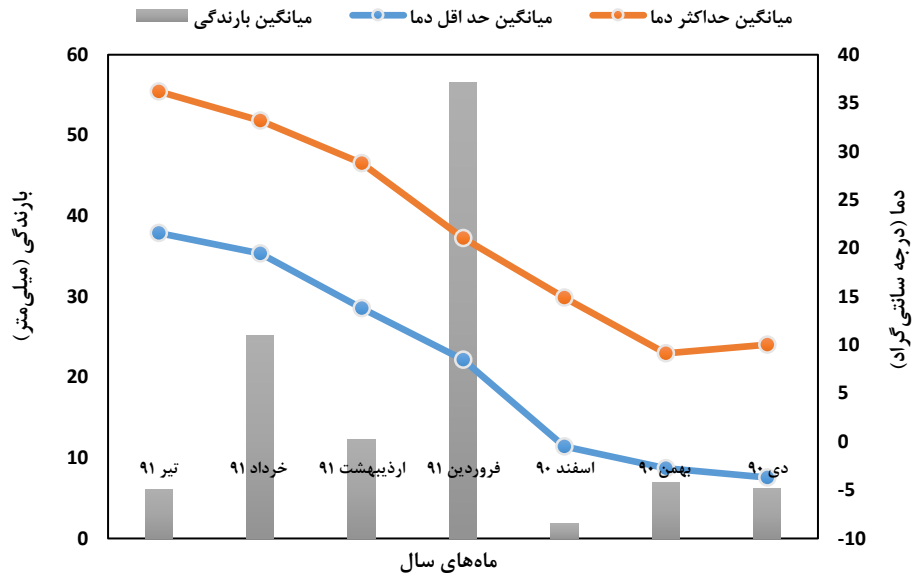
یکی از روش‌های مناسب افزایش عملکرد نخود در واحد سطح به‌کارگیری تراکم بهینه با استفاده از ارقام مناسب و سازگار با شرایط اقلیمی هر منطقه است، به‌نحوی‌که بیشترین عملکرد هنگامی که منابع محیطی در حداکثر کارایی مصرف قرار گیرند، به دست می‌آید (Barary et al., 2003). تأثیر تراکم بذر بر تعداد غلاف در بوته و عملکرد بیولوژیکی نخود گزارش و بیشترین مقدار این دو صفت در تراکم ۴۰ بوته در مترمربع به دست آمد (Khodashenas et al., 2019). در آزمایشی افزایش تراکم تا ۸۸/۸۸ بوته در واحد سطح در کلزا باعث افزایش عملکرد زیستی و شاخص برداشت به‌واسطه افزایش شاخص سطح برگ و استفاده بهتر از نور خورشید و سایر منابع طی فصل رشد گردید و با افزایش تراکم بیشتر، شاخص برداشت به‌خاطر کاهش تشعشع در جوامع گیاهی کاهش یافت (Alizadeh et al., 2019).

باتوجه‌به کاهش بارندگی در منطقه قالهر دلیجان و زمان متغیر بارندگی‌های بهاره و تأثیر آن بر رشد و عملکرد نخود، زمان آبیاری در جبران خسارات تنش متفاوت است. از طرف دیگر بخشی از خسارت خشکی آخر فصل می‌تواند با مکانیسم همزیستی مایکوریزایی و انتخاب تراکم مناسب جبران شود؛ بنابراین هدف از این مطالعه بررسی تأثیر آبیاری تکمیلی، کاربرد قارچ مایکوریزا و تراکم بر عملکرد و اجزای عملکرد و درصد پروتئین نخود تحت شرایط دیم بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۱-۱۳۹۰ در مزرعه زراعی واقع در استان مرکزی، روستای قالهر شهرستان دلیجان با طول جغرافیایی ۵۱ و عرض جغرافیایی ۳۳/۵ و ارتفاع ۱۵۳۶ متر از سطح دریا انجام شد. میانگین بارندگی سالیانه منطقه ۱۸۳/۷ میلی‌متر می‌باشد. میزان بارندگی، دما و رطوبت نسبی در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ در شکل ۱ آورده شده است. خصوصیات خاک محل آزمایش در جدول ۱ آورده شده است. آزمایش به‌صورت کرت‌های دو بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل آبیاری (در چهار سطح دیم کامل، یک مرحله آبیاری در مرحله شروع گلدهی، یک مرحله آبیاری در مرحله پرشدن دانه و آبیاری کامل بر اساس عرف منطقه) به‌عنوان فاکتور اصلی، قارچ مایکوریزا (در دو سطح تلقیح و عدم تلقیح) به‌عنوان فاکتور فرعی و تراکم بوته (در سه سطح ۲۰، ۳۰ و ۶۰ بوته در مترمربع) به‌عنوان فاکتور فرعی در نظر گرفته شد. رقم انتخابی رقم بومی کرمانشاه بود. گونه قارچ مورداستفاده در آزمایش از نوع *Glomus interaradices* که از مؤسسه تحقیقات خاک و آب کرج تهیه گردید. برای تلقیح قارچ مایکوریزا با بذور ابتدا یک محلول ۲۰٪ ساکارز تهیه (Kanouni, 2001) و روی بذور اسپری شده و سپس بذور با قارچ‌ها به روش بذر مال آغشته گردید و بلافاصله در کرت‌های مشخص شده کشت شدند. کاشت به‌صورت دستی و در اسفندماه صورت گرفت. هر کرت شامل ۵ خط کاشت با فاصله ردیف‌های کاشت ۳۰ سانتیمتر بود. طول هر خط کشت ۵ متر در نظر گرفته شد. فاصله کرت‌های فرعی یک متر و فاصله کرت‌های اصلی دو متر در نظر گرفته شد. فاصله بوته‌ها روی ردیف‌های کاشت برای تراکم‌های ۲۰، ۳۰ و ۶۰ بوته در مترمربع به ترتیب برابر ۱۵، ۱۰ و ۵ سانتی‌متر و با روش خط‌کشی و با دست کشت گردید. شخم اولیه در

پاییز و شخم دوم و عملیات تسطیح و کرت‌بندی در اسفندماه انجام گرفت. از کود اوره به‌منظور استارتر به میزان ۲۵ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار از منبع اوره استفاده شد. کنترل علف‌های هرز با دست صورت گرفت. برای تعیین تعداد گره‌ها در ریشه، تعداد ۱۰ بوته در هر کرت و در اواسط پرشدن دانه انتخاب گردید. در هنگام رسیدگی کامل (زرد شدن رنگ غلاف‌ها) نمونه‌هایی از سطحی معادل ۳ مترمربع و با حذف حاشیه، انتخاب و تعداد شاخه فرعی در بوته، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن صد دانه و عملکرد دانه محاسبه گردید (Fallah and Pezeshki Poor, 2009). درصد پروتئین بذور با استفاده از روش کجلدال (Saman et al., 2010). اندازه‌گیری شد. تجزیه واریانس داده‌ها به‌وسیله نرم‌افزار MSTATC انجام گردید. در صورت معنی‌دار بودن اثر عامل آزمایشی از آزمون LSD و در سطح احتمال ۵ درصد برای مقایسه میانگین داده‌ها استفاده شد.



شکل ۱- میانگین حداقل و حداکثر دما و مجموع بارندگی در ماه‌های سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰

جدول ۱- مشخصات شیمیایی و فیزیکی خاک در محل اجرای آزمایش در عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر

هدایت الکتریکی	pH	فسفر	پتاسیم	ماده آلی	نیتروژن کل	شن	سیلت	رس	بافت خاک	نقطه پژمردگی(٪)	ظرفیت زراعی (٪)
($dS.m^{-1}$)		-----mg/kg-----		----------(%)----------							
۲/۷	۷/۵	۱۲	۳۲۰	۰/۲	۰/۰۳۴	۲۵	۳۵	۴۰	رسی	۱۴/۰۶	۲۷/۶۷

نتایج

تیمار آبیاری اثر معنی‌داری ($P<0.05$) بر تعداد غلاف در بوته، تعداد گره‌ها در بوته، عملکرد دانه و درصد پروتئین دانه داشت (جدول ۲). تیمار آبیاری کامل و دیم با ۳۱۳۵/۹۷ و ۱۸۳۷/۵۶ کیلوگرم در هکتار به ترتیب دارای بیشترین و کمترین عملکرد دانه و همچنین یک مرحله آبیاری در مرحله گلدهی و پرشدن دانه به ترتیب منجر به افزایش عملکرد دانه به میزان ۳۱/۶ و ۲۶/۷ درصد نسبت به دیم گردید (جدول ۳). تیمار آبیاری کامل و دیم با ۲۵/۸۶ و ۱۹/۵۸ عدد دارای بیشترین و کمترین تعداد غلاف در بوته بودند (جدول ۳). هرچند آبیاری تکمیلی باعث افزایش تعداد غلاف در بوته گردید، ولی این افزایش معنی‌دار نبود (جدول ۳). تیمار آبیاری کامل با ۱۱/۴۲ و آبیاری در مرحله پرشدن دانه با ۹/۷۹ عدد دارای بیشترین و کمترین تعداد گره در ریشه بودند (جدول ۳). تیمار دیم و آبیاری کامل به ترتیب با ۲۰/۰۹ و ۱۸/۶۳ دارای بیشترین و کمترین درصد پروتئین دانه بودند (جدول ۲). بااین‌حال، درصد پروتئین دانه در تیمارهای دیم، آبیاری در مرحله گلدهی و آبیاری در مرحله پرشدن دانه تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند (جدول ۳).

قارچ مایکوریزا اثر معنی‌داری ($P<0.05$) بر تعداد شاخه فرعی در بوته، تعداد گره در ریشه و عملکرد دانه داشت (جدول ۲). اثر متقابل تیمارهای آبیاری و قارچ مایکوریزا بر تعداد شاخه فرعی در بوته معنی‌دار ($P<0.05$) بود (جدول ۲). کشت دیم و قارچ مایکوریزا دارای بیشترین شاخه فرعی در بوته و به میزان

۶/۲ و کشت دیم کامل و عدم تلقیح قارچ دارای کمترین شاخه فرعی با میانگین ۵ شاخه در بوته بودند (جدول ۴). همچنین تلقیح با قارچ مایکوریزا باعث افزایش معنی‌دار تعداد شاخه‌های فرعی در بوته گردید (جدول ۳). تیمار آبیاری و قارچ مایکوریزا اثر معنی‌داری ($P<0.01$) روی تعداد گره در ریشه داشت (جدول ۲).

جدول ۲- تجزیه واریانس عملکرد و اجزای عملکرد نخود تحت تیمارهای آبیاری، قارچ مایکوریزا و تراکم بوته

منابع تغییر	درجه آزادی	تعداد شاخه اصلی	تعداد شاخه فرعی	تعداد گل در بوته	تعداد غلاف در بوته	تعداد دانه در غلاف	درصد پروتئین دانه	تعداد کل گره در ریشه	عملکرد دانه در هکتار
تکرار	۲	۱/۴۰۸	۰/۵۹۶	۷۴/۲۲	۱۴۴/۲۸	۰/۰۳۸	۰/۰۴	۰/۰۸	۵۱۳۲۰۴/۱
آبیاری	۳	۰/۳۴۹ ns	۰/۴۴۷ ns	۲۴/۸۰ ns	۴۴۹/۲۴*	۰/۰۳۴ ns	۸/۰۱**	۸/۹۱**	۴۳۲۳۲۳۸۴۳/۴*
خطای الف	۶	۰/۳۴۳	۰/۲۳۲	۲۹/۶۲	۲۱۴/۳۴	۰/۰۳۲	۰/۳۶	۰/۳۳	۵۸۹۸۱۷/۱
قارچ مایکوریز	۱	۰/۳۹ ns	۴/۹۶۱**	۵/۱۲ ns	۱۵/۴۹ ns	۰/۰۱۷ ns	۰/۸۰ ns	۷۷۰۸/۳۳**	۲۰۷۲۲۳/۴ *
آبیاری× قارچ	۳	۰/۰۱ ns	۰/۹۶۵*	۱۱/۴۵ ns	۵/۱۲ ns	۰/۰۰۷ ns	۴/۷۳**	۸/۹۱**	۲۰۷۶۸۶/۷ ns
خطای ب	۸	۰/۱۵۳	۰/۱۳۵	۲۱/۷۲	۷/۹۱	۰/۰۳۴	۰/۳۶	۰/۲۷	۴۶۱۵۸/۳
تراکم بوته	۲	۰/۱۳۲ ns	۱/۶۴۳**	۱۷/۶۰ ns	۲۶/۸۹ ns	۰/۰۰۲ ns	۶/۹۹**	۳۹/۴۷**	۴۰۳۰۷۶۶۲/۳**
آبیاری× تراکم	۶	۰/۰۸۹ ns	۰/۰۸ ns	۱۵/۹۷ ns	۶۹/۵۹ ns	۰/۰۲۲ ns	۲/۵۵**	۶/۷۱**	۸۱۸۵۰۵/۹*
تراکم× قارچ	۲	۰/۰۷۱ ns	۰/۱۸ ns	۰/۷۸ ns	۱۹/۴۳ ns	۰/۰۰۴ ns	۱/۸۸**	۳۶/۴۴**	۳۵۸۹۳/۵ ns
آبیاری× قارچ × تراکم	۶	۰/۰۶۹ ns	۰/۰۶۶ ns	۱۵/۱۱ ns	۳۴/۵ ns	۰/۰۲۳ ns	۱/۲۱ ns	۷/۷۱ ns	۳۰۸۳۳۱/۸ ns
خطای ج	۳۲	۰/۰۹۷	۰/۱۰۲	۱۳/۱۸	۷/۱۸	۰/۰۱۸	۰/۲۹	۰/۱۵	۳۲۲۳۲۱/۱
ضریب تغییرات (٪)	-	۹	۵/۶	۱۴/۱	۱۲/۳	۱۰/۸	۲/۷	۵/۹	۲۳/۳

Ns ، * ، * * به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی دار در سطح احتمال ۵ و یک درصد

جدول ۳- اثر ساده تیمارهای آبیاری، قارچ میکوریزا و تراکم بوته بر عملکرد و اجزای عملکرد نخود

تیمارهای آزمایش		تعداد شاخه اصلی	تعداد شاخه فرعی	تعداد گل در بوته	تعداد غلاف در بوته	تعداد دانه در غلاف	وزن صد دانه (گرم)	پروتئین دانه (درصد)	تعداد کل گره در ریشه	عملکرد دانه در هکتار (کیلوگرم در هکتار)
آبیاری										
	دیم	۳/۳ a	۵/۶۰ a	۲۴/۹۷ a	۱۹/۵۹ b	۱/۲۶ a	۳۵/۶۸ a	۲۰/۰۹ a	۱۰/۱۳ bc	۱۸۳۷/۵۶ c
	آبیاری در گل‌دهی	۳/۴۹ a	۵/۸۸ a	۲۴/۳۸ a	۱۹/۹۶ b	۱/۳۴ a	۳۶/۲۱ a	۱۹/۸۵ a	۱۰/۳۲ b	۲۴۱۸/۲۳ b
	آبیاری در پرشدن دانه	۳/۴۲ a	۵/۶۵ a	۲۶/۳۲ a	۲۱/۲۹ ab	۱/۲۶ a	۳۵/۵۴ a	۱۹/۹۲ a	۹/۷۹ c	۲۳۲۸/۷۴ b
	آبیاری کامل	۳/۶۳ a	۵/۵۲ a	۲۶/۹۲ a	۲۵/۸۶ a	۱/۲۶ a	۳۶/۷۷ a	۱۸/۶۳ b	۱۱/۴۲ a	۳۱۳۵/۹۷a
قارچ میکوریزا										
	تلقیح	۳/۵۹a	۵/۹۲ a	۲۵/۳۸ a	۲۱/۲ a	۱/۲۹ a	۳۵/۸۶ a	۱۹/۷۳ a	۱۲/۵۲ a	۲۵۵۴/۳۷a
	عدم تلقیح	۳/۳۴ a	۵/۴۹ b	۲۵/۹۲a	۲۵/۴۰ a	۱/۲۶ a	۳۶/۲۴ a	۱۹/۵۲ a	۸/۳۰ b	۲۳۰۶/۳۸ b
تراکم بوته										
	۶۰ بوته در واحد سطح	۳/۴۰ a	۵/۴۷b	۲۴/۶۶ a	۲۰/۸۴ a	۱/۲۸ a	۲۵/۵۲ b	۱۹/۱۵ c	۱۱/۵۷ a	۳۶۹۱/۷۴ a
	۳۰ بوته در واحد سطح	۳/۵۵ a	۵/۵۵ b	۲۵/۱۰ a	۲۱/۹۰ a	۱/۲۷ a	۲۵/۹۳ b	۱۹/۵۰ b	۱۰/۶۳ b	۲۴۹۶/۲۸b
	۲۰ بوته در واحد سطح	۳/۴۴a	۵/۹۶ a	۲۶/۱۹ a	۲۲/۲۸ a	۱/۲۹ a	۳۶/۰۷ a	۲۰/۲۱a	۹/۰۴ c	۲۰۷۳/۳۷c

میانگین‌های هر عامل آزمایشی در هر ستون که حداقل در یک حرف مشترک هستند، با استفاده از آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند ($P<0.05$)

اثر متقابل تیمار آبیاری و قارچ مایکوریزا بر درصد پروتئین دانه معنی‌دار بود (جدول ۲). تیمارهای دیم و تلقیح قارچ و آبیاری کامل و عدم استفاده از قارچ به ترتیب با ۲۰/۵۹ و ۱۸/۲۷ دارای بیشترین و کمترین درصد پروتئین دانه بودند (جدول ۴).

تراکم بوته بر تعداد شاخه فرعی، تعداد گره در ریشه، وزن صد دانه، عملکرد دانه و درصد پروتئین در بوته اثر معنی‌داری ($P<0.05$) داشت (جدول ۲). تیمارهای ۲۰ و ۶۰ بوته در مترمربع به ترتیب دارای بیشترین و کمترین تعداد شاخه فرعی در بوته بودند (جدول ۳). بیشترین و کمترین وزن صد دانه به ترتیب در تراکم ۲۰ و ۶۰ بوته در مترمربع مشاهده شد (جدول ۳) و تیمارهای ۳۰ و ۶۰ بوته در مترمربع تفاوت معنی‌داری را نشان ندادند. بیشترین و کمترین تعداد گره در ریشه به ترتیب در تراکم ۶۰ و ۲۰ بوته در مترمربع مشاهده شد (جدول ۳). بیشترین عملکرد دانه در تراکم ۶۰ بوته در مترمربع حاصل گردید (جدول

تیمار دیم و تلقیح با قارچ دارای بیشترین و دیم و عدم تلقیح دارای کمترین تعداد گره در ریشه بودند (جدول ۴). کاربرد قارچ باعث افزایش عملکرد دانه به میزان ۱۰/۷ درصد نسبت به شاهد گردید (جدول ۳).

۳). همچنین بیشترین و کمترین درصد پروتئین به ترتیب در تراکم ۲۰ و ۶۰ بوته در مترمربع مشاهده گردید (جدول ۲). این تراکم‌ها به ترتیب دارای کمترین و بیشترین عملکرد دانه بودند.

اثر متقابل قارچ و تراکم روی تعداد گره در ریشه و درصد پروتئین دانه معنی‌دار بود (جدول ۲). تیمار تلقیح قارچ و تراکم ۶۰ بوته در مترمربع بیشترین و تیمار عدم تلقیح و تراکم ۲۰ بوته در مترمربع کمترین تعداد گره در ریشه را داشتند (جدول ۵). همچنین تیمار عدم استفاده از قارچ مایکوریزا و تراکم ۲۰ بوته و تراکم ۶۰ بوته به ترتیب دارای بیشترین و کمترین درصد پروتئین دانه بودند (جدول ۵).

جدول ۴- اثر متقابل آبیاری تکمیلی و قارچ مایکوریزا بر برخی اجزای عملکرد نخود

آبیاری	مایکوریزا	تعداد شاخه فرعی	تعداد کل گره در ریشه	پروتئین دانه (درصد)
دیم	تلقیح	۶/۲ a	۱۶/۳۳ a	۲۰/۵۹ a
دیم	عدم تلقیح	۵/۰ c	۲/۷۰ e	۱۹/۵۹ ab
گلدهی	تلقیح	۶/۰۳a	۱۴/۳۳ b	۲۰/۴۵ a
گلدهی	عدم تلقیح	۵/۷۳ ab	۵/۸۷ d	۱۹/۲۶ ab
پرشدن دانه	تلقیح	۸/۸۵ bc	۱۳/۲۸ bc	۱۹/۶۱ ab
پرشدن دانه	عدم تلقیح	۵/۴۲ bc	۴/۷۵ d	۲۰/۲۲ a
آبیاری کامل	تلقیح	۵/۶۰ b	۱۳/۹۸ bc	۱۹/۰۰ ab
آبیاری کامل	عدم تلقیح	۵/۴۳ bc	۱۱/۸۲ c	۱۸/۲۷ b

میانگین‌های هر عامل آزمایشی در هر ستون که حداقل در یک حرف مشترک هستند، با استفاده از آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند (P<0.05)

جدول ۵- اثر متقابل قارچ میکوریزا و تراکم بر برخی اجزای عملکرد نخود

تراکم (بوته در مترمربع)	مایکوریزا	تعداد کل گره در ریشه	پروتئین دانه (درصد)
۲۰	تلقیح	۱۰/۸۴ c	۲۰/۰۳ a
۲۰	عدم تلقیح	۴/۷۶ d	۲۰/۴۰ a
۳۰	تلقیح	۱۴/۰۳ b	۱۹/۶۳ b
۳۰	عدم تلقیح	۸/۱۶ c	۱۹/۳۷ b
۶۰	تلقیح	۱۵/۹۱ a	۱۹/۵۲ b
۶۰	عدم تلقیح	۸/۷۶ c	۱۸/۷۳ c

میانگین‌های هر عامل آزمایشی در هر ستون که حداقل در یک حرف مشترک هستند، با استفاده از آزمون LSD تفاوت معنی‌داری ندارند (P<0.05)

بحث

افزایش عملکرد دانه نخود در شرایط آبیاری تکمیلی در مرحله گلدهی و پرشدن دانه در مقایسه با دیم توسط سایر محققان گزارش شده است (khojamli et al., 2020). اعمال آبیاری تکمیلی از طریق افزایش شاخه‌دهی و تولید ماده خشک و همچنین اجزای عملکرد بخصوص تعداد غلاف در بوته موجب افزایش عملکرد نسبت به شرایط دیم شد. کاهش عملکرد دانه در شرایط دیم می‌تواند مستقیماً در اثر بسته‌شدن روزنه‌ها و یا به طور 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 در نهایت عملکرد دانه می‌گردد (Sohrabi et al., 2019). هرچند آبیاری تکمیلی باعث افزایش تعداد غلاف در بوته گردید، ولی این افزایش معنی‌دار نبود. نتایج آزمایش‌های سایرین نشان داد آبیاری تکمیلی در مرحله گلدهی و پرشدن دانه نخود منجر به افزایش تعداد غلاف در بوته گردید (khojamli et al., 2020). احتمالاً وجود بارندگی در زمان تشکیل غلاف مانع از کاهش معنی‌دار تعداد غلاف در بوته در شرایط دیم گردیده است (شکل ۱). تیمارهای آزمایش اثر معنی‌داری بر تعداد شاخه اصلی در بوته نداشت که با نتایج یافته‌های سایر محققان همسو است (Shirui et al. 2019 khojamli et al., 2020). به دلیل این که آبیاری تکمیلی زمانی انجام گرفت که تقریباً رشد اکثر انشعابات گیاه صورت‌گرفته بود، چنین نتیجه ای قابل‌پیش‌بینی بود. بااین‌حال در آزمایش‌های Sohrabi et al., (2019) بیشترین و کمترین تعداد شاخه به ترتیب در تیمار آبیاری کامل و تنش شدید حاصل شد. کاهش آبیاری منجر به کاهش تعداد گره گردید. با ین حال تفاوت در شرایط دیم و آبیاری تکمیلی معنی‌دار نبود. به نظر می‌رسد وجود بارندگی در زمان تشکیل گره‌ها دلیل این واکنش باشد (شکل ۱). ازآنجا که رطوبت کافی یکی از شرایط لازم برای تولید گره توسط باکتری‌های ریزوبیومی است، با افزایش رطوبت خاک در تیمار آبیاری کامل، تعداد گره در ریشه افزایش یافت (Hemmati et al., 2018).

کاهش درصد پروتئین دانه در شرایط آبیاری کامل نسبت

به آبیاری تکمیلی و دیم توسط سایر محققان گزارش شده که با نتایج این تحقیق همسو می‌باشد (Mazlomi Mamyandi et al., 2019). بالاتر بودن درصد پروتئین در شرایط دیم می‌تواند مرتبط با کاهش طول دورهٔ رشد و نمو در این شرایط باشد که موجب کاهش نسبت کربوهیدرات به پروتئین در دانه و در نتیجه افزایش درصد پروتئین دانه شده است (Ahmadi et al., 2020).

تلقیح با مایکوریزا منجر به افزایش تعداد شاخه‌های فرعی و عملکرد دانه شد که با نتایج سایر محققان مطابقت دارد (Sohrabi et al., 2019). اختلاف در عملکرد تیمارهای میکوریزا و رژیم‌های مختلف آبیاری به مقدار جذب آب و عناصر غذایی معدنی مربوط می‌شود، به‌طوری‌که گیاهان تلقیح شده با میکوریزا تعادل آبی گیاهان را در تنش خشکی تحت‌تأثیر قرار می‌دهند و در نتیجه به علت جذب بیشتر آب و عناصر غذایی معدنی عملکرد محصول افزایش می‌یابد (Abdi and Pirzad, 2019).

کاهش معنی‌دار تعداد شاخه‌های فرعی در بوته نخود با افزایش تراکم بوته در نتایج سایر محققان هم گزارش شده که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد (Alizadeh □ Shiru et al., 2019 et al., 2019). کاهش تعداد شاخه فرعی در بوته در تراکم‌های بالا را به کاهش میزان نفوذ نور در بخش پایینی سایه‌انداز گیاهی و عدم فعالیت جوانه‌های تشکیل‌دهنده شاخه و همچنین افزایش فاصله طوقه تا ظهور اولین شاخه فرعی در بوته نسبت داده‌اند (Alizadeh et al., 2019). کاهش وزن صد دانه در بالاترین تراکم بوته در نتایج سایر محققان نیز گزارش شده است (Ghanbari et al., 2021). در تراکم‌های بالا توزیع منابع در بین مقصدها (دانه‌ها) سبب کاهش وزن هر دانه می‌شود (Amiri et al., 2020). افزایش تعداد گره‌ها در ریشه در تراکم‌های بالا مشاهده گردید. نتایج سایر محققان حاکی از کاهش تعداد گره در ریشه در تراکم‌های بالاست (Gezahegn, 2019). وجود بارندگی در طول زمان تشکیل گره و افزایش دسترسی و جذب مواد غذایی به‌واسطه وجود ریزوبیوم می‌تواند دلیلی بر افزایش گره‌ها در تراکم‌های بالا در این تحقیق باشد.

بیشترین عملکرد دانه در تراکم ۶۰ بوته در مترمربع حاصل گردید و کاهش عملکرد دانه در تراکم‌های ۳۰ و ۲۰ بوته در مترمربع به ترتیب ۳۲ و ۱۷ درصد بود. Pezeshki and Fallah Poor (۲۰۰۹) اعلام کردند که بیشترین عملکرد دانه با تیمار ۸۰ بوته در مترمربع و به میزان ۱۳۰۲ کیلوگرم در هکتار به دست آمد و اختلاف عملکرد این تیمار با دو تیمار ۴۰ و ۶۰ بوته در مترمربع به ترتیب ۱/۱ و ۳/۵ درصد و معنی‌دار نبود. افزایش عملکرد زیستی در اثر افزایش تراکم بوته به افزایش شاخص سطح برگ و استفاده بهتر از نور خورشید و سایر منابع طی فصل رشد و افزایش فتوسنتز نسبت‌داده‌شده است (Alizadeh et al., 2019).

نتیجه‌گیری

تیمار آبیاری بر تعداد غلاف در بوته، تعداد گره در ریشه، درصد پروتئین دانه و عملکرد دانه تأثیر معنی‌داری داشت و بیشترین عملکرد دانه در آبیاری کامل به دست آمد. تلقیح با قارچ مایکوریزا باعث افزایش تعداد گره در ریشه و عملکرد دانه به ترتیب به میزان ۵۰ و ۱۰/۷ درصد گردید. تلقیح با قارچ در شرایط دیم منجر به بالاترین تعداد گره در ریشه گردید. بیشترین عملکرد دانه در تراکم ۶۰ بوته در مترمربع به دست آمد. تیمار یک مرحله آبیاری در مرحله گلدهی و پرشدن دانه به ترتیب منجر به افزایش عملکرد دانه به میزان ۳۱/۵ و ۲۶/۷ درصد نسبت به دیم گردید؛ بنابراین می‌توان با تلقیح با مایکوریزا تراکم ۶۰ بوته و یک مرحله آبیاری تکمیلی افزایش عملکرد دانه معنی‌داری نسبت به شرایط دیم در شرایط مشابه با مطالعه حاضر به دست آورد.

"هیچ‌گونه تعارض منافع بین نویسندگان وجود ندارد"

REFRENCES

Abasluo, L., Kazemeini, S. and Edalat, M. (2014). Effects of drought stress and planting methods on yield and yield components of two chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars. *Iranian Journal Pulses Research*. 5(1): 79-90. (In Farsi).

Abdi, S., and Pirzad, A.R. (2019). Interaction efect between water deficit and mycorrhizal symbiosis on the quantitative and qualitative yield of sainfoin (*Onobrychis sativa* L.). *Journal of Water and Soil Science (Science and Technology of Agriculture and Natural Resources.* (In Farsi).

Ahmadi, L., Ghobadi, M., Saeidi, M., and Ghaderi, J. (2020). The effect of supplemental irrigation, time and methods of Fe fertilizer application on qualitative and quantitative traits of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Iranian Journal Pulses Research*. 10(2): 119-131. (In Farsi).

Alizadeh, F., Torabi, B., Abbasi, R., and Zafarian, F. (2019). Investigation the effect of plant density on phenological stages, morphological traits, yield and yield components of different cultivars of rapeseed. *Electronic Journal Of Crop Production*.12(3):121-138. (In Farsi).

Amiri, M., Shirani Rad, A.H., Valad abadi, S.A.R., Daneshian, J., and Zakerin, H.R. (2020). Evaluation of agronomic attributes of canola cultivars under different plant densities and application of humic acid. *Journal of Crop Production and Processing*. 9 (4) :83-95. (In Farsi).

Asghar, M. and Tahir, M.J. (1997). Effect of irrigation scheduling on chickpea seed yield. *Journal of Agricultural Research* 35: 309-34.

Bagheri, A., Siadat, A., Koochekzadeh, A., Moradi Telavat, M. and Rafiee, M. (2019). Physiological responses of chickpea cultivars to supplemental irrigation and super-absorbent polymer using under rainfed farming system. *Journal of Crops Improvement*. 21(3): 259-273. (In Farsi).

Barary, M., Mazaheri, D. and Banai, T. (2003). The effect of row and plant spacing on the growth and yield of chickpea. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences* 2 (12): 241-261

Egamberdiyeva, D. (2007). The effect of plant growth promoting bacteria on growth and nutrient uptake of maize in two different soils. *Applid Soil Ecology*. 36: 184-189.

Fallah, S. and Pezeshki Poor, P. (2009). Effect of plant density and time of weeding on quantitative characteristics of autumn chickpea (*Cicer arietinum* L.) in Lorestan Region. *Iranian Journal of Field Crop Science*. 40(2): 67-74. (In Farsi).

Gezahegn, M.A. (2019). Review on effect of plant density and planting arrangement on faba bean production.*World Journal of Agricultural Sciences*. 15 (4): 261-268, 2019

Ghalandari, S., Kafi, M., Goldani, M., and Bagheri, A. (2019). The effect of drought stress on some of morphological and physiological traits of common bean (Phaseolus vulgaris L.) genotypes. *Iranian Journal Pulses Research*. 10(1): 114-125. (In Farsi).

Ghanbari, A., Mostafavi Rad, M., and Sekhavat, R. (2021). Determination of Plant Density and Appropriate Planting Time of Lima Bean (Phaseolus lunatus) in Guilan Province. *Journal Of Agricultural Science and Sustainable Production*. 31(1): 209-219. (In Farsi).

Hazrati Gejlar, N., Jalilian, J., and Pirzad, A. (2019). Effect of rhizobium and mycorrhiza on some physiological traits, yield and qualitative characteristics of pinto beans in deficit irrigation condition. *Journal of Crop Production and Processing*. 9(1): 93-108. (In Farsi).

Hemmati, A., Feizian, M., Asadi Rahmani, H., and Azizi, K. (2018). The effects of rhizobium bacteria (*Rhizobium leguminosarom* biovar phaseoli) on yield of common bean in greenhouse and field experiments under drought stress condition. *Iranian Journal Pulses Research*, 9(2), pp. 55-65. (In Farsi).

Jalali, A.H. (2019). Comparison of yield and water use efficiency of three chickpea cultivars underrainfed and irrigation condition 2019. *Iranian Journal of Pulses Research*. 10(1): 52-62. (In Farsi).

Kanouni, H. (2001). The yielding ability and adaptability of chickpea cultivars under rainfed conditions of Kurdistan. *Seed and Plant Improvement Journal*. 17(1): 1-11. (In Farsi).

Khodashenas, A., Sadeghzadeh-Ahari, D., Dadmand, M., and Abbaszadeh, M. (2019). Assessment of planting date and seed density impact on yield and yield components of chickpea genotypes in dryland conditions of Mashhad. *Iranian Journal Pulses Research*. 10(1):182-194. (In Farsi).

khojamli, A., Nakhzari Moghaddam, A., Mollashahi, M., and Ahangar, L. (2020). Investigation of some quantitative and qualitative characteristics of chickpea (Cicer arietinum L.) Adel cv. under the influence of nitrogen and supplemental irrigation. *Iranian Journal Pulses Research*. 10(2): 193-203. (In Farsi).

Mazlomi Mamyandi, M., Pirzad, A. and Jalilian, J. (2019). Effect of mycorrhizal symbiosis and supplemental irrigation on yield, grain nutrients and plant residues of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Iranian Journal Pulses Research.* 10(1): 75-90. (In Farsi).

Rezapoorian, F., Galeshi, S., Zeinali, E., and Torabi, B. (2020). The effect of inoculation with Growth Promoting Bacteria, Mycorrhiza and Phosphorus on yield and yield components of Mungbean (*Vigna radiata* L.). *Iranian Journal Pulses Research*. 11(1): 134-151. (In Farsi).

Sadeghzadeh-Ahari, D. (2020). Evaluation of chickpea genotypes responses to supplementary irrigation in Maragheh region. *Iranian Journal Pulses Research*. 11(1): 88-99. (In Farsi).

Saeidi, M., Mansourifar, C., and Naseh Hosseini, S. (2020). Effect of irrigation cut from initiation of flowering and podding till maturity on yield and its components in prevalent chickpea cultivars in Kermanshah region. *Iranian Journal Pulses Research*. 11(1): 163-175. (In Farsi).

Saman, M., Sepehri, A., Ahmadvand, G. and Sabaghpour, S. (2010). Effect of Terminal Drought on Yield and Yield Components of Five Chickpea Genotypes. *Iranian Journal of Field Crop Science*. 41(2): 259-269. (In Farsi).

Shirui, H., Barary, M., Hatami, A., and Mehrabi, A. (2019). Effect of supplemental irrigation and plant density on Some Traits of Morphological of lentil (*Lens culinaris* Medik.) genotypes. *Environmental Stresses in Crop Sciences*. 12(4): 1117-1128. (In Farsi).

Sohrabi, Y., Weisany, W., Heidari, G., Mohammadi, K. and Ghasemi Golezani, K. (2019). Effects of mycorrhiza fungi species application on growth and yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under drought stress. *Environmental Stresses in Crop Sciences*. 12(2): 507-524. (In Farsi)