نشریهٔ پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد۵ شمارهٔ۱، صفحهٔ۵۶-۴۵، نیمهٔ اول ۱۳۹۳

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 5, No. 1, 2014, p. 45-56

بررسی اثر تلقیح بذر نخود زراعی (*Cicer arietinum* L.) با کودهای زیستی ریزوبیومی و ریزوباکتری‌های محرک رشد گیاه (PGPR) بر شاخص‌های رشد و تخصیص مواد فتوسنتزی در شرایط دیم و فاریاب

وحیده خالق‌نژاد[1] و فرهاد جباری[2*]

۱- دانشجوی کارشناسی‌ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان؛ vahideh.khaleghnezhad@yahoo.com

۲- استادیار گروه زراعت و اصلاح‌نباتات، دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۳/۰۷
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۱۲/۱۲

چکیده

به‌منظور ارزیابی تأثیر نژادهای ریزوبیومی و ریزوباکتری‌های محرک رشد گیاه (PGPR) بر تخصیص مواد فتوسنتزی و برخی پارامترهای مرتبط با رشد گیاه نخود زراعی (*Cicer arietinum* L.) رقم آرمان، آزمایشی به‌صورت کرت‌های خُردشده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در مزرعه پژوهشی دانشگاه زنجان به مرحله اجرا درآمد. در این آزمایش، سطوح آبیاری در دو سطح (آبیاری مطلوب در طی فصل رشد و عدم آبیاری در کل دوره رشد) در کرت‌های اصلی و سطوح کودی در ۷ سطح (شاهد یا عدم مصرف کود شیمیایی و بیولوژیکی، مصرف ۵۰کیلوگرم اوره در موقع کاشت، تلقیح بذر با *Mesorhizobium ciceri* نژاد SWRI-3، تلقیح بذر با *Mesorhizobium ciceri* نژاد SWRI-17، تلقیح بذر با PGPR، تلقیح مشترک با نژادهای ریزوبیومی (SWRI-3+SWRI-17) و تلقیح مشترک با نژادهای (SWRI-3+SWRI-17+PGPR) در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. نتایج این بررسی نشان داد که تیمارهای SWRI-17 و (SWRI-3+SWRI-17+PGPR) در شرایط تنش خشکی به‌دلیل تخصیص بیشتر مواد فتوسنتزی به نیام‌ها و تخصیص کمتر مواد فتوسنتزی به ساقه‌ها و برگ‌ها، عملکرد دانه بیشتری تولید کردند. در شرایط آبیاری مطلوب نیز تیمار (SWRI-3+SWRI-17+PGPR) با تخصیص بیشتر مواد فتوسنتزی به برگ‌ها که احتمالاً باعث جذب بیشتر تشعشع می‌شد، عملکرد دانه بیشتری تولید کردند. بر اساس نتایج این بررسی، تلقیح بذر با ترکیبی از کودهای زیستی ریزوبیومی و PGPR در هر دو شرایط آبیاری مطلوب و دیم، باعث حصول عملکرد بیشتر نسبت به شاهد کودی یا مصرف کود نیتروژنه اوره می‌شود.

واژه‌های کلیدی: تخصیص مواد فتوسنتزی، ریزوباکتری‌های محرک رشد گیاه، عملکرد دانه، نخود زراعی، نژادهای ریزوبیوم

مقدمه

نخود (*Cicer arietinum* L.) از لحاظ سطح زیرکشت در بین حبوبات، مقام سوم و در بین کلیه گیاهان زراعی مقام نوزدهم را به خود اختصاص داده است و در ۳۴کشور دنیا کشت می‌شود (Onyari *et al*., 2010). ایران از لحاظ سطح زیرکشت نخود بعد از هندوستان، ترکیه و پاکستان چهارمین کشور دنیا محسوب می‌شود. متوسط عملکرد نخود در ایران کمتر از نصف متوسط جهانی آن می‌باشد. بیش از ۹۵درصد سطح زیرکشت نخود در ایران به‌صورت دیم می‌باشد. به‌دلیل فقدان بارندگی طی دوره گل‌دهی، غلاف‌دهی و پُرشدن دانه، تنش خشکی انتهایی، مهم‌ترین عامل بهره‌وری پایین نخود در ایران می‌باشد (Sabaghpour *et al*., 2006). دلایل زیادی برای کم‌بودن عملکرد نخود در ایران وجود دارد، اما بی‌شک مهم‌ترین آن‌ها تنش خشکی است (Leport *et al*., 1999). محققان گزارش کردند که مهم‌ترین عامل تعیین‌کنندهٔ عملکرد نخود در شرایط دیم، میزان و توزیع بارندگی است (Harrris *et al*., 2000). نتایج یک بررسی نشان داد عملکرد دانه نخود در اثر آبیاری، ۷۴ تا ۱۲۴درصد افزایش یافت. روند مشابهی هم در مورد وزن‌خشک کل مشاهده شد (Rajin anvar *et al*., 2003). در بررسی دیگری که در ترکیه انجام شد آبیاری کامل از سبزشدن تا بلوغ نسبت به شرایط دیم، عملکرد دانه را ۵۳ درصد افزایش داد. لگوم‌ها می‌توانند نیتروژن مورد نیاز خود را از طریق برقراری ارتباط هم‌زیستی با باکتری‌های ریزوبیوم تأمین نمایند. این باکتری‌ها در گره ریشه‌های گیاهان لگوم وجود دارند و نیتروژن اتمسفری را به فرم قابل‌استفاده برای گیاه تبدیل می‌کنند. استفاده از

* نویسندهٔ مسئول: زنجان، دانشگاه زنجان، گروه زراعت و اصلاح‌نباتات
همراه: ۰۹۱۲۶۴۲۰۰۷۸، Jabbari@znu.ac.ir

ریزموجودات خاک، راه‌حلی پایدار برای غلبه بر مشکلات زیست‌محیطی ناشی از تلفات عناصر غذایی و افزایش عملکرد به‌دلیل عدم وجود کودهای شیمیایی در کشت‌بوم‌های فعلی و آینده به‌شمار می‌رود. این موجودات سبب استفاده کارآمدتر از عناصر غذایی و بهبود قابلیت دسترسی آن‌ها می‌شوند. گروه دیگری از باکتری‌های خاک‌زی که اثرات مفیدی بر رشد و نمو گیاه می‌گذارند، ریزوباکتری‌های محرک رشد گیاه[1] (PGPR) می‌باشند. PGPR قادر است رشد و عملکرد محصولات زراعی را از طریق مکانیزم‌های مستقیم و غیرمستقیم افزایش دهد. مکانیزم‌های مستقیم افزایش رشد گیاه توسط PGPR از طریق سنتز مواد توسط باکتری‌ها و یا افزایش جذب مواد غذایی صورت می‌گیرد. از راهکارهای غیرمستقیم افزایش عملکرد گیاه توسط PGPR می‌توان کاهش یا حذف اثرات مضرّ پاتوژن‌ها، تجزیه، متحرک‌نمودن و افزایش انحلال مواد غذایی و نیز تولید هورمون‌های گیاهی را نام برد (Verma *et al*., 2010; Oureshi *et al*., 2009).

اثرات افزایشی این باکتری‌ها بر رشد و عملکرد محصولات مختلف مورد بررسی قرار گرفته است. در آزمایشی که اثرات تلقیح ریزوبیومی را بر عملکرد و محتوای پروتئین شِش رقم نخود (*Cicer arietinum* L.) مورد بررسی قرار داده بود، تعداد کل گره‌های ریزوبیومی هر گیاه، وزن۱۰۰دانه، عملکرد و محتوای پروتئین دانه‌ها به‌طور معنی‌داری در مقایسه با شاهد افزایش یافت (Elsheik & Hadi, 1999). در یک مطالعه اثرات تلقیح مشترک *Seudomonas jessenii* PS06 (باکتری حل‌کننده فسفات) و نژاد C-2/2 باکتری *Mesorhizobium ciceri* بر رشد و عملکرد نخود در شرایط مزرعه و گلخانه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که تلقیح مشترک، میزان عملکرد دانه و وزن‌تَر گره‌ها را بیش‌تر از زمانی که تلقیح به تنهایی توسط *P. jessenii* PS06 یا *M. ciceri* C-2/2 صورت گرفته بود، افزایش داد (Valverde *et al*., 2006). همچنین تلقیح مشترک بذر سویا (*Glycine max* L.) با *Bradyrhizobium japonicum* و PGPR، گره‌زایی، تثبیت نیتروژن و عملکرد دانه را افزایش داد. ریزوباکتری‌های افزایش‌دهندهٔ رشد گیاه که شامل جنس‌های آزوسپیریلیوم، ازوتوباکتر، مزوریزوبیوم و سودوموناس بود، عملکرد دانه، وزن‌خشک بوته و جذب نیتروژن و فسفر دانه را افزایش داد (Dashti *et al*., 1998). افزایش رشد لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) بر اثر تلقیح مشترک بذر با ریزوبیوم، سودوموناس و باسیلوس (Stajkovic *et al*., 2011) و افزایش عملکرد ذرت (*Zea mays* L.) بر اثر تلقیح با PGPR حاوی شِش نژاد باکتریایی (Gholami *et al*., 2099) از نتایج مطالعات دیگر محققان در رابطه با اثر تلقیح بذر بر عملکرد محصولات زراعی می‌باشد. اثرات تلقیح با باکتری‌های هم‌زیست لگوم‌ها در شرایط تنش‌زا (تنش خشکی) هم مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج حاصل از آزمایشات متعدد نشان می‌دهد که این هم‌زیستی منجر به بروز نوعی سازگاری در گیاه نخود با شرایط تنش خشکی شده است (Dazzo *et al*., 2010). قسمتی از این سازگاری توسط افزایش در سطح تنظیم‌کنندگان اسمزی مانند پرولین در اثر تلقیح ریزوبیومی ایجاد می‌گردد. تلقیح بذور نخود با باکتری‌های رایزوبیوم در شرایط تنش خشکی نسبت به تیمار عدم تلقیح تحت همین شرایط، موجب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه شد (Romdhane *et al*., 2009). بر اساس مرور منابع، تاکنون در مورد تأثیر تلقیح بذر نخود با کودهای زیستی ریزوبیومی و PGPR بر تخصیص مواد فتوسنتزی، پژوهشی صورت نگرفته است. بنابراین هدف این تحقیق، بررسی اثر تلقیح بذر نخود با کودهای زیستی ریزوبیومی و ریزوباکتری‌های محرک رشد گیاه بر نحوه تخصیص مواد فتوسنتزی بین اندام‌های مختلف گیاه نخود و عملکرد دانه آن می‌باشد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر تلقیح بذر نخود با کودهای زیستی ریزوبیومی و ریزوباکتری‌های محرک رشد گیاه بر روی برخی شاخص‌های رشد، عملکرد دانه و نحوه تخصیص مواد فتوسنتزی بین اندام‌های گیاهی گیاه نخود (*Cicer arietinum* L.)، آزمایشی به‌صورت کرت‌های خُردشده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه زنجان صورت گرفت. برخی ویژگی‌های اقلیمی محل اجرای آزمایش در جدول۱ آورده شده است.

در این آزمایش، سطوح آبیاری در دو سطح (آبیاری مطلوب از سبزشدن تا رسیدگی محصول و عدم آبیاری در کل طول دوره رشد) در کرت‌های اصلی و کودهای زیستی و شیمیایی در هفت سطح (شاهد یا عدم کاربرد کود، مصرف ۵۰کیلوگرم اوره در هکتار در موقع کاشت، تلقیح بذر با *Mesorhizobium ciceri* نژاد SWRI-3، تلقیح با *Mesorhizobium ciceri* نژاد SWRI-17، PGPR، ترکیب نژادهای ریزوبیومی SWRI-3 و SWRI-17، ترکیب SWRI-3، SWRI-17 و PGPR) در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. ریزوباکتری‌های مورد استفادهٔ تحریک‌کننده رشد گیاه (PGPR)، ترکیبی از

[1] Plant Growth Promoting Rhizobacteria

12 *Azotobacter chroococcum* strain، *Azospirillum lipoferum* strain of و *Pseudomonas flourescens* strain 169 بـــود.

برخی ویژگی‌های مرتبط با خاک مزرعه محل انجـام آزمـایش در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۱- برخی ویژگی‌های اقلیمی محل اجرای آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۱-۱۳۹۰

(ویژگی‌های اقلیمی منطقه، در طی دوره رشد گیاه به‌صورت اعداد برجسته در داخل جدول نشان داده شده‌اند)

Table 1. Some climate traits of experimental field at 2011-2012 agronomic year

(Climatic traits during growth season showed as bold)

مهر October	شهریور September	مرداد August	تیر July	خرداد June	اردیبهشت May	فروردین April	اسفند March	بهمن February	دی January	آذر December	آبان November	مهر October	
0.2	0.2	0.2	1.1	17.7	55	94.3	21.5	45.3	26.5	1.1	82.1	1	بارندگی (میلی‌متر) Total rainfall (mm)
24.4	29.1	32.8	30.2	26.7	22.3	15.4	5.6	2.4	6.4	7.4	9.9	23.1	میانگین حداکثر دمای روزانه (سلسیوس) Maximum temperature average
6.9	13.4	15.8	13.7	11.1	7.2	2.6	-4.9	-7.1	-4.6	-5.9	0.6	6.4	میانگین حداقل حرارت روزانه (سلسیوس) Minimum temperature average

جدول ۲- برخی ویژگی‌های مرتبط با خاک محل اجرای آزمایش

Table 2. Some soil properties of experimental field

پتاسیم K(ppm)	فسفر P (ppm)	نیتروژن N(%)	درصد ماده آلی OC(%)	هدایت الکتریکی EC(ds/m)	اسیدیته pH	بافت خاک Soil texture
156	8.4	0.2	1.75	1.2	7.6	لوم شنی (Sandy loam)

رقم نخـود مـورد اسـتفاده در ایـن آزمـایش، آرمـان بـود. به‌منظور تلقیح بذر با کودهای زیستی فـوق، ۱۲سـاعت قبـل از کاشت بذور در داخل مایع تلقیح فرموله‌شـده خیسـانده شـدند. به‌ازای هر۸۰کیلوگرم نخود، در حدود یک‌لیتر کود مایع زیستی مورد استفاده قرار می‌گیرد. به‌عبارتی برای تلقیح بذور برای هـر تیمـار کـه در حـدود یـک‌کیلـوگرم بـذر را شـامل مـی‌شـد، ۱۵میلی‌لیتر از کودهای زیستی استفاده شـد. بـرای تیمارهـای ترکیبـــــــــی (SWRI-3+SWRI-17 و PGPR+SWRI-3+SWRI-17) نیز این مقدار بین کودهای زیستی تقسیم و به نسبت‌های مساوی جهـت تلقـیح مـورد اسـتفاده قـرار گرفـت. باکتری‌های مورد استفاده، همگی باکتری‌های طبیعـی و بـومی خاک‌های کشور بود که توسط بخش تحقیقات بیولـوژی خـاک مؤسسه تحقیقات خـاک‌وآب، جـدا و خـالص سـازی شـده‌انـد. مایه‌تلقیح آن‌ها در هر میلی‌لیتر مایع و هرگرم مایه‌تلقیح پودری دارای 10^8عدد باکتری زنده و فعال بود. سپس قبـل از کاشـت، بذور در بین یک پارچه تمیز قـرار گرفتنـد تـا خشـک شـوند و بلافاصـــله کشـــت شـــدند. عملیـــات کاشـــت در نیمـــه دوم فـروردین۱۳۹۱ صـورت گرفـت. فاصـله ردیـف‌هـای کاشـت ۵۰سانتی‌متـر و فاصـله بوتـه‌هـا بـر روی ردیـف۱۰سـانتی‌متـر درنظرگرفته شد. کشت به‌صورت کپه‌ای صورت گرفت و در هـر کپه سه‌عدد بذر کاشته شد. هر کرت آزمایش شامل پـنج خـط پنج‌متری بود. گیاهچه‌ها در مرحله پنج‌برگی تنک شـدند تـا در هرکپه فقط یک بذر بـاقی بمانـد و تـراکم۲۰بوتـه در مترمربـع به‌دست آید. عمق کاشت بذر، سه‌سانتی‌متـر درنظرگرفتـه شـد. عملیات مبارزه با علف‌های‌هـرز در دو نوبـت بـا وجـین دسـتی صورت گرفت. در هر واحد آزمایشی دو ردیـف از پـنج ردیـف و نیم‌متر از ابتدا و انتهای ردیف‌ها به‌عنـوان حاشـیه درنظرگرفتـه شد. به‌منظور اندازه‌گیری شاخص‌های رشد، سه بوته از هر کرت درنظرگرفته شد که در ابتـدای مرحلـه گلـدهی (۶۰روز بعـد از کاشت) و یک هفته بعد از آن مورد نمونـه‌بـرداری قـرار گرفـت. به‌این منظور، کلیه بوته‌ها از فاصله یک‌سانتی‌متری سطح زمین قطع شدند. در هر نمونه‌برداری گیاه پس از تفکیک بـه اجـزای

مختلف (برگ و ساقه) به‌مدت ۴۸ساعت در آون الکتریکی در دمای۷۰درجه سانتی‌گراد خشک و سپس توزین گردید. سپس، سرعت رشد محصول (CGR) و شاخص سطح برگ (LAI) از طریق روابط زیر محاسبه شدند:

$$CGR = \frac{W_2 - W_1}{GA(t_2 - t_1)} \quad (1)$$

$$LAI = \frac{LA}{GA} \quad (2)$$

W_1: وزن‌خشک گیاه در نمونه‌گیری اول
W_2: وزن‌خشک گیاه در نمونه‌گیری دوم
t_1: زمان نمونه‌گیری اول
t_2: زمان نمونه‌گیری دوم
LA: سطح برگ (سانتی‌مترمربع)
GA: سطح زمین (سانتی‌مترمربع)

اندازه‌گیری تخصیص مواد فتوسنتزی در اواسط مرحله دانه‌بندی (۹۰روز بعد از کاشت) صورت گرفت. به‌همین منظور سه بوته از هر کرت به‌طور تصادفی انتخاب و از فاصله یک‌سانتی‌متری سطح زمین، کف‌بُر و به برگ، ساقه و نیام تفکیک شدند. سپس اندام‌های تفکیک‌شده گیاهی به‌مدت ۴۸ساعت در آون الکتریکی در دمای۷۰درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند و با ترازوی حساس توزین شدند. آنگاه نسبت وزن ساقه[1] (SWR)، نسبت وزن برگ[2] (LWR) و نسبت وزن نیام[3] (PWR) طبق روابط زیر محاسبه گردید (Jabbari *et al.*, 2010):

$$SWR = \frac{SDW}{TDW} \quad (3)$$

$$LWR = \frac{LDW}{TDW} \quad (4)$$

$$PWR = \frac{PDW}{TDW} \quad (5)$$

SDW، LDW و PDW به‌ترتیب وزن‌خشک ساقه، برگ و نیام و TDW وزن‌خشک کُل بر حسب‌گرم است.

برای تعیین عملکرد دانه،۱۰بوته از هر کرت به‌صورت تصادفی انتخاب و عملکرد دانه آن تعیین گردید. تجزیه واریانس و سایر محاسبات آماری با استفاده از نرم‌افزارهای SAS، MSTAT-C و MINITAB انجام شد و مقایسه میانگین صفات با استفاده از آزمون چنددامنه ای دانکن ($P\leq0.05$) صورت گرفت.

نتایج و بحث

شاخص‌های رشدی

شاخص سطح برگ (LAI): در این بررسی، تنش خشکی باعث کاهش معنی‌دار شاخص سطح برگ شد (جدول ۳). شاخص سطح برگ در شرایط شاهد (آبیاری مطلوب) و تنش خشکی در ۶۰روز بعد از کاشت، به‌ترتیب ۱/۳۵ و ۰/۷ بود. به عبارت دیگر در اثر تنش خشکی، شاخص سطح برگ ۴۸درصد کاهش یافت. در یک آزمایش، سطح برگ گیاه نخود در شرایط آبیاری مطلوب ۸۵روز بعد از کاشت، ۰/۸مترمربع برای هر بوته گزارش شد و شاخص سطح برگ گیاه در زمان گلدهی، حتی کمتر از۱ بوده است. به‌طورکلی توسعه سطح برگ و تجمع ماده خشک در اغلب حبوبات، به‌ویژه حبوبات سردسیری، برای یک دوره طولانی پس از کاشت آهسته است. بنابراین در مزارع حبوبات بخش عمده‌ای از تشعشع ابتدای فصل به‌دلیل پوشش گیاهی نامناسب برای جذب آن هدر می‌رود و شاید بخشی از عملکرد کم حبوبات سردسیری در مقایسه با سایر گیاهان، به این موضوع ارتباط داشته باشد (Parsa & Bagheri, 2008). همچنین اثر متقابل سطوح آبیاری در سطوح کودی هم در این آزمایش معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین میزان شاخص سطح برگ در شرایط آبیاری مطلوب، از تیمار ترکیب همه کودهای زیستی (PGPR+SWRI-3+SWRI-17) به‌دست آمد (جدول۴). در ضمن، کمترین میزان شاخص سطح برگ در شرایط آبیاری مطلوب، از تیمار شاهد کودی (عدم مصرف کود شیمیایی و زیستی) به‌دست آمد (جدول ۴). به عبارت دیگر، مصرف کودهای زیستی باعث افزایش شاخص سطح برگ در مقایسه با تیمار شاهد و تیمار مصرف کود نیتروژنه اوره شد (جدول ۴). در شرایط تنش خشکی، بیش‌ترین شاخص سطح برگ از تیمار ترکیب کودهای زیستی (SWRI-3+SWRI-17) و کمترین میزان آن از تیمار کود نیتروژنه اوره به‌دست آمد (جدول ۴). بنابراین به‌نظر می‌رسد که استفاده از کودهای زیستی، هم در شرایط آبیاری مطلوب و هم در شرایط تنش خشکی باعث افزایش شاخص سطح برگ می‌شود.

سرعت رشد محصول (CGR): در این بررسی سرعت رشد محصول در شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۳). سرعت رشد محصول در شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی به‌ترتیب ۲/۵ و ۱/۵۲گرم در مترمربع در روز بود. به عبارت دیگر، سرعت رشد محصول در شرایط تنش خشکی، ۳۹درصد کاهش یافت هرچند که این کاهش در سطح احتمال ۵درصد معنی‌دار نبود. اما اثر متقابل سطوح آبیاری در سطوح کودی از نظر سرعت رشد محصول

[1] Stem Weight Ratio
[2] Leaf Weight Ratio
[3] Pod Weight Ratio

معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین میزان سرعت رشد محصول در شرایط آبیاری مطلوب از ترکیب کودهای زیستی (SWRI-3+SWRI-17) و کمترین میزان آن از تیمار شاهد کودی (عدم مصرف کود شیمیایی و زیستی) به‌دست آمد (جدول ۴). در شرایط تنش خشکی هم بیشترین میزان سرعت رشد محصول از تیمار SWRI-17 و کمترین میزان آن از تیمار کود نیتروژنه اوره حاصل شد (جدول ۴). محققان گزارش کردند که تلقیح بذر نخود در شرایط مزرعه و گلخانه باعث افزایش رشد این گیاه شد و تلقیح مشترک، بیش از هر یک از تلقیح‌های جداگانه رشد گیاه را افزایش داد (Valverde *et al*., 2006) که با یافته‌های این پژوهش مطابقت دارد.

تخصیص مواد فتوسنتزی

وزن‌خشک ساقه (SDW):در این بررسی تنش خشکی باعث کاهش معنی‌دار وزن‌خشک ساقه گردید (جدول ۳). وزن‌خشک ساقه در شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی به‌ترتیب ۱/۷۸۶ و ۰/۸۰۱گرم بود. به عبارت دیگر در اثر تنش خشکی وزن‌خشک ساقه ۵۵درصد کاهش یافت. محققان یک کاهش ۵۰درصدی را در وزن‌خشک ساقه نخود در اثر تنش خشکی گزارش کردند (Sivaramaiah *et al*., 2007). اثر متقابل سطوح آبیاری در سطوح کودی هم در این آزمایش معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین میزان وزن‌خشک ساقه و کمترین میزان آن در شرایط آبیاری مطلوب به‌ترتیب از تیمارهای SWRI-17 و تیمار شاهد کودی (عدم مصرف کود شیمیایی و زیستی) حاصل شد (جدول ۴). در شرایط تنش خشکی نیز بیشترین و کمترین میزان وزن‌خشک ساقه از تیمارهای ترکیب کودهای زیستی ریزوبیومی (SWRI-3+SWRI-17) و تیمار مصرف کود نیتروژنه اوره به‌دست آمد (جدول ۴). سایر محققان نیز گزارش کردند که تلقیح بذر با یک نژاد *Mesorhizobium ciceri* و *Pseudomonas jessinii* (یک باکتری حل‌کنندهٔ فسفات) باعث افزایش وزن‌خشک ساقه نسبت به شاهد شد، اما تلقیح مشترک با این باکتری وزن‌خشک ساقه را کاهش داد (Valverde *et al*., 2006).

وزن‌خشک برگ (LDW): در این بررسی تنش خشکی موجب کاهش معنی‌دار وزن‌خشک برگ گردید (جدول ۳). وزن‌خشک برگ در شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی به‌ترتیب ۰/۹۲۲ و ۰/۳۳۲گرم بود. در واقع تنش خشکی موجب کاهش ۶۴درصدی وزن‌خشک برگ شد. همچنین اثر متقابل سطوح آبیاری در سطوح کودی معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین میزان وزن‌خشک برگ در شرایط آبیاری مطلوب از تیمار SWRI-17 و کمترین میزان آن از تیمار شاهد کودی (عدم‌مصرف کود شیمیایی و زیستی) به‌دست آمد (جدول ۴). در شرایط تنش خشکی نیز بیشترین میزان وزن‌خشک برگ از تیمار ترکیب کودهای زیستی (SWRI-3+SWRI-17) و کمترین میزان آن از تیمار ترکیب کودهای زیستی SWRI-17 حاصل شد (جدول ۴).

وزن‌خشک نیام (PDW): در این بررسی وزن‌خشک نیام در شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی، تفاوت معنی‌داری با هم نداشت (جدول ۳). وزن‌خشک نیام در شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی به‌ترتیب ۱/۰۵۷ و ۱/۲۳۸گرم بود. ضمناً در این بررسی اثر متقابل سطوح آبیاری در سطوح کودی معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین میزان وزن‌خشک نیام در شرایط آبیاری مطلوب از تیمار ترکیب کودهای زیستی (SWRI-3+SWRI-17) و کمترین آن از تیمار ترکیب همه کودهای زیستی (SWRI-3+SWRI-17+PGPR) به‌دست‌آمد (جدول۴). در شرایط تنش خشکی هم بیشترین میزان وزن‌خشک نیام از تیمار ترکیب همه کودهای زیستی (SWRI-3+SWRI-17+PGPR) و کمترین میزان آن هم از تیمار شاهد کودی (عدم مصرف کود شیمیایی و زیستی) حاصل شد (جدول ۴).

زیست‌توده: تنش خشکی موجب کاهش معنی‌دار وزن‌خشک زیست‌توده شد (جدول ۴).در این بررسی زیست‌توده تک‌بوته در شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی به‌ترتیب ۳/۷۶۵ و ۲/۳۷۱گرم بود. به‌عبارت دیگر تنش خشکی موجب کاهش ۳۷درصدی زیست‌توده گردید. محققان دیگر نیز یک کاهش ۵۰درصدی را برای وزن‌خشک زیست‌توده در شرایط تنش خشکی گزارش کردند (Romdhane *et al*., 2009). در شرایط آبیاری مطلوب، بیشترین میزان زیست‌توده از تیمار SWRI-17 و کمترین میزان آن از تیمار شاهد کودی (عدم مصرف کود شیمیایی و زیستی) به‌دست آمد (جدول ۴). در شرایط تنش خشکی نیز بیشترین و کمترین میزان زیست‌توده به‌ترتیب از تیمار ترکیب همه کودهای زیستی (SWRI-3+SWRI-17+PGPR) و تیمار مصرف کود نیتروژنه اوره حاصل شد (جدول ۴). بنابراین می‌توان گفت که در هر دو شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی، کودهای زیستی در کاربرد انفرادی یا ترکیبی، وزن‌خشک بیشتری نسبت به تیمار شاهد کودی یا مصرف کود نیتروژنه اوره تولید کردند.

نسبت وزن ساقه (SWR): در این بررسی تنش خشکی موجب کاهش معنی‌دار نسبت وزن ساقه شد (جدول ۵). نسبت وزن ساقه که از تقسیم وزن‌خشک ساقه به وزن‌خشک کل بوته

به‌دست می‌آید، در شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی به‌ترتیب ۰/۴۸۴ و ۰/۳۵۵ بود. در واقع تنش خشکی موجب کاهش ۲۶/۵درصدی نسبت وزن ساقه شد. محققان دیگر نیز اظهار داشتند که در شرایط تنش خشکی، نسبت وزن ساقه کاهش یافت (Jabbari *et al*., 2010). همچنین اثر متقابل سطوح آبیاری در سطوح کودی معنی‌دار بود (جدول ۵). بیشترین میزان نسبت وزن ساقه در شرایط آبیاری مطلوب از تیمار ترکیب همه کودهای زیستی (SWRI-3+SWRI-17+PGPR) و کمترین میزان آن از تیمار ترکیب کودهای زیستی (SWRI-3+SWRI-17) حاصل شد (جدول ۶).

جدول ۳- میانگین‌مربعات برخی پارامترهای مرتبط با رشد نخود زراعی رقم آرمان در سطوح مختلف کودهای زیستی و شیمیایی در شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی

Table 3. Mean squares for some related growth parameters of chickpea Arman cultivar at different levels of biological and chemical fertilizers under irrigated and rainfed conditions

میانگین‌مربعات (MS)								
زیست‌توده Biomass	وزن‌خشک نیام Pod dry weight	وزن‌خشک برگ Leaf dry weight	وزن‌خشک ساقه Stem dry weight	سرعت رشد محصول CGR	شاخص سطح برگ LAI	درجه آزادی df	منابع تغییر S.O.V	
4.130^{ns}	0.467^{ns}	0.222^{ns}	0.776^{ns}	0.003^{ns}	0.046^{ns}	3	Rep.	تکرار
27.226**	0.457**	4.877**	13.580**	13.24^{ns}	6.030**	1	Irrigated levels	سطوح آبیاری
0.336	0.100	0.064	0.078	4.503	0.013	3	Main error	خطای اصلی
3.714**	0.865**	0.180**	0.446 **	4.104*	0.290**	6	Fertilizer levels	سطوح کودی
2.079**	1.228**	0.165**	0.385**	2.852*	0.243**	6	Irrigated levels×Fertilizer levels	سطوح آبیاری×سطوح کودی
0.290	0.151	0.013	0.038	1.084	0.025	36	Total error	خطای کل
17.56	13.87	18.48	15.05	15.84	15.47		C.V(%)	ضریب تغییرات(٪)

ns، * و **: به‌ترتیب، عدم وجود تفاوت معنی‌دار، تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵درصد و ۱درصد

ns: Non-significant, *and **: Significant at α= 0.05 & α= 0.01, respectively

جدول ۴- مقایسه میانگین برخی پارامترهای مرتبط با رشد نخود زراعی رقم آرمان در شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی در سطوح مختلف کودی (عدم مصرف کود، کود شیمیایی اوره و کودهای زیستی)

Table 4. Mean comparisons for some related growth parameters of chickpea Arman cultivar at different levels of fertilizer (no application fertilizer, biological and chemical fertilizers) under irrigated and rainfed conditions

زیست‌توده (گرم) Biomass (g)		وزن‌خشک نیام (گرم) Pod dry weight(g)		وزن‌خشک برگ (گرم) Leaf dry weight(g)		وزن‌خشک ساقه (گرم) Stem dry weight(g)		سرعت رشد محصول (گرم در مترمربع در روز) CGR(g.m-2.day-1)		شاخص سطح برگ LAI		سطوح کودی Fertilizer levels
تنش خشکی Drought stress	آبیاری مطلوب Irrigated	تنش خشکی Drought stress	آبیاری مطلوب Irrigated	تنش خشکی Drought stress	آبیاری مطلوب Irrigated	تنش خشکی Drought stress	آبیاری مطلوب Irrigated	تنش خشکی Drought stress	آبیاری مطلوب Irrigated	تنش خشکی Drought stress	آبیاری مطلوب Irrigated	
1.726f	1.898f	0.6483ef	0.5017f	0.3325d	0.3933cd	0.7450def	1.003cd	1.522bcde	1.109cde	0.799de	0.747def	شاهد(Control)
1.642f	3.933b	0.7833def	1.182bcde	0.2733d	0.9442b	0.5850f	1.807b	0.622e	2.072bcde	0.515f	1.058c	کود نیتروژن(N)
1.958f	3.803bcd	1.067cdef	1.075cdef	0.2417d	0.8533b	0.6500ef	1.875b	0.889de	3.133ab	0.556ef	1.392b	SWRI3
2.812e	4.940a	1.891a	1.332abcd	0.2158d	1.256a	0.7050def	2.352a	2.706bc	2.639bc	0.608ef	1.488b	SWRI17
2.978de	3.861bc	1.661abc	1.158bcde	0.3733cd	0.9600b	0.9442cde	1.743b	0.886de	1.617bcde	0.802de	1.512b	PGPR
2.422ef	4.842a	0.6983def	1.704ab	0.5250c	1.153a	1.198c	1.986b	1.590bcde	4.289a	0.945cd	1.607b	SWRI3+SWRI17
3.057cde	3.079cde	1.915a	0.4467f	0.3600cd	0.8942b	0.7825def	1.738b	2.450bcd	2.586bcd	0.635ef	1.653a	PGPR+SWRI3+SWRI17

هر ستون میانگین چهار عدد است. میانگین‌های دارای حروف مشابه تفاوت معنی داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

هم‌چنین بیشترین میزان نسبت وزن ساقه در شرایط تنش خشکی در تیمار ترکیب کودهای ریزوبیومی (SWRI-3+SWRI-17) و کمترین میزان آن از تیمار ترکیب کودهای (SWRI-3+SWRI-17+PGPR) به‌دست آمد (جدول ۶).

نسبت وزن برگ (LWR): در این بررسی نسبت وزن برگ در اثر تنش خشکی به‌طور معنی‌داری کاهش یافت (جدول ۵). نسبت وزن برگ در شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی به‌ترتیب ۰/۲۴۲ و ۰/۱۴۹ بود. در واقع تنش خشکی موجب کاهش ۳۸/۵درصدی نسبت وزن برگ شد. محققان کاهش ۱۱درصدی را در نسبت وزن برگ در اثر تنش خشکی گزارش کردند (Jabbari *et al*., 2010). از آنجایی که بخش عمده‌ای از تعرق از راه برگ‌ها صورت می‌گیرد، به‌نظر می‌رسد تخصیص کمتر مواد فتوسنتزی به برگ که موجب کاهش تعرق می‌شود، باعث اجتناب گیاه از تنش خشکی می‌گردد. ضمناً اثر متقابل سطوح آبیاری در سطوح کودی هم معنی‌دار بود (جدول ۵). بیشترین و کمترین میزان نسبت وزن برگ در شرایط آبیاری مطلوب به‌ترتیب از تیمارهای ترکیب کودهای زیستی (SWRI-3+SWRI-17+PGPR) و شاهد کودی (عدم مصرف کود شیمیایی و زیستی) به‌دست آمد (جدول ۶). در شرایط تنش خشکی نیز بیشترین و کمترین نسبت وزن برگ به‌ترتیب از تیمارهای ترکیب کودهای زیستی ریزوبیومی (SWRI-3+SWRI-17) و SWRI-17 حاصل شد (جدول۶). به‌نظر می‌رسد کودهای زیستی با بهبود ویژگی‌های رشد گیاه، هم در شرایط آبیاری مطلوب و هم در تنش خشکی، درصد بیشتری از وزن‌خشک کل را به برگ‌ها نسبت به شاهد کودی (عدم مصرف کود زیستی و شیمیایی) اختصاص داداند.

نسبت وزن نیام (PWR): در این بررسی تنش خشکی اثر معنی‌داری بر نسبت وزن نیام داشت (جدول ۵). نسبت وزن نیام در شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی به‌ترتیب ۰/۲۷۴ و ۰/۴۹۶ بود. به‌عبارت دیگر، در شرایط تنش خشکی درصد بیشتری از زیست‌توده گیاه به نیام اختصاص یافت. بنابراین مشاهده می‌شود که گیاه نخود در شرایط تنش خشکی با اختصاص کمتر مواد فتوسنتزی به برگ و ساقه‌ها و اختصاص بیشتر مواد فتوسنتزی به نیام، تمایل به اجتناب از شرایط تنش‌زا دارد. در عین حال، اثر متقابل سطوح آبیاری در سطوح کودی معنی‌دار بود (جدول ۵). بیشترین میزان نسبت وزن نیام و کمترین میزان آن در شرایط آبیاری مطلوب از تیمارهای ترکیب کودهای زیستی ریزوبیومی (SWRI-3+SWRI-17) و ترکیب کودهای زیستی (SWRI-3+SWRI-17+PGPR) به‌دست آمد. در شرایط تنش خشکی بیشترین نسبت وزن نیام از تیمارهای SWRI-17 و کمترین نسبت وزن نیام از تیمار ترکیب کودهای زیستی ریزوبیومی (SWRI-3+SWRI-17) به‌دست آمد (جدول ۶). بنابراین به‌نظر می‌رسد که استفاده از کودهای زیستی (به‌صورت انفرادی یا ترکیبی) باعث تخصیص بیشتر مواد فتوسنتزی به نیام در شرایط تنش خشکی می‌شود؛ لذا می‌توان گفت که استفاده از کودهای زیستی به‌خصوص در شرایط کشت دیم باعث تخصیص بیشتر مواد فتوسنتزی به نیام و تخصیص کمتر مواد فتوسنتزی به برگ و ساقه شده و نهایتاً باعث سازگاری بهتر به شرایط کم‌آبی می‌شود. اما در شرایط آبیاری مطلوب به‌دلیل تحریک رشد اندام‌های هوایی توسط کودهای زیستی (به‌صورت انفرادی یا به‌ویژه در حالت ترکیب)، درصد بیشتری از زیست‌توده تولیدی گیاه به برگ و ساقه اختصاص می‌یابد که احتمالاً با افزایش فتوسنتز خالص و انتقال مجدد مواد فتوسنتزی باعث افزایش عملکرد نسبت به شاهد کودی (عدم مصرف کودهای شیمیایی و زیستی) و کود نیتروژنه اوره می‌شود.

عملکرد دانه

عملکرد دانه نخود تحت تأثیر تنش خشکی قرار گرفت (جدول ۳). میانگین عملکرد دانه در شرایط فاریاب و دیم به‌ترتیب ۱۷۲۳ و ۱۰۸۷کیلوگرم در هکتار بود. به‌عبارت دیگر تنش خشکی باعث کاهش ۳۷درصد عملکرد دانه نخود شد. در آزمایشی نشان داده شد که عملکرد دانه نخود از ۲۷۶۶کیلوگرم در هکتار در شرایط آبیاری کافی به ۹۰۹کیلوگرم در شرایط دیم کاهش یافت، به‌عبارت دیگر یک کاهش ۶۷درصدی رخ داد (Onyari *et al*., 2003). نتایج یک بررسی هم نشان داد که عملکرد دانه نخود در اثر آبیاری ۷۴ تا ۱۲۴درصد افزایش یافت (Rajin Anvar *et al*., 2003). متوسط عملکرد دانه نخود در ایران کمتر از نصف متوسط جهانی آن می‌باشد (Sabaghpour *et al*., 2006). دلایل زیادی برای کم‌بودن عملکرد نخود در ایران وجود دارد، اما بی‌شک مهم‌ترین آن‌ها تنش خشکی است (Leport *et al*., 1999). به‌دلیل فقدان بارندگی طی دوره گلدهی، غلافدهی و پُرشدن دانه، تنش خشکی انتهایی مهم‌ترین عامل بهره‌وری پایین نخود در ایران می‌باشد (Sabaghpour *et al*., 2006). Fallah (2008) عملکرد دانه نخود دیم را در تاریخ‌های کاشت مختلف از ۸۳۲ تا ۱۲۹۳کیلوگرم در هکتار و در تراکم‌های متفاوت از ۹۶۱ تا ۱۰۳۷کیلوگرم در هکتار گزارش کرد. اثر متقابل سطوح آبیاری در سطوح کودی از لحاظ عملکرد دانه معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین میزان عملکرد دانه در شرایط آبیاری مطلوب از تیمار ترکیب همه کودهای زیستی (SWRI-3+SWRI-17+PGPR) و کمترین میزان عملکرد دانه در همین شرایط از شاهد کودی به‌دست آمد. در شرایط تنش خشکی هم بیشترین میزان عملکرد دانه از ترکیب همه

کودهای زیستی و کمترین آن از تیمارهای شاهد کودی و تیمار کود نیتروژنه اوره به‌دست آمد. همچنین می‌توان گفت که مصرف کودهای زیستی (چه به‌صورت منفرد و چه به‌صورت ترکیبی) باعث به‌دست آوردن عملکرد بیشتر نسبت به تیمار شاهد کودی (عدم مصرف کود) و تیمار کود نیتروژنه اوره در هر دو شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی گردید. عملکرد دانه در تیمار ترکیب همه کودهای زیستی نسبت به تیمار شاهد کودی و کود نیتروژنه اوره در شرایط آبیاری به‌ترتیب ۵۰ و ۴۰درصد افزایش یافت. این افزایش در شرایط تنش خشکی به‌ترتیب ۷۵ و ۷۶درصد بود. به‌نظر می‌رسد کودهای زیستی ریزوبیومی با افزایش مقدار و کارآیی تثبیت بیولوژیک نیتروژن، و ریزوباکتری‌های تحریک‌کنندهٔ رشد گیاه با افزایش دسترسی گیاه به عناصر مغذی مهمی چون نیتروژن و فسفر و افزایش رشد ریشه، باعث افزایش عملکرد دانه نخود هم در شرایط آبیاری مطلوب و هم در شرایط تنش خشکی می‌گردند (Sabaghpour *et al.*, 2006; Dashti *et al.*, 1998).

Elsheik & Hadi (1999) میزان افزایش عملکرد دانه نخود در اثر تلقیح با نژاد TAL 1148 نخود را ۷۲ و ۷۰درصد گزارش کردند که این میزان افزایش عملکرد دانه با یافته‌های این تحقیق مطابقت دارد.

در بررسی ما میزان افزایش عملکرد دانه نخود در اثر تلقیح با کودهای زیستی در مقایسه با شاهد کودی و کود نیتروژنه اوره در شرایط دیم، به‌مراتب بیش از شرایط تنش خشکی است که نشان می‌دهد کودهای زیستی ریزوبیومی و PGPR می‌تواند نقش قابل‌توجهی در کاهش اثرات تنش خشکی داشته باشد. همچنین مشاهده می‌شود که در این بررسی ترکیب همه کودهای زیستی به‌کار رفته در آزمایش، بیشترین عملکرد دانه را تولید کرده است و استفاده از همه کودهای زیستی به‌صورت ترکیبی یا انفرادی در مقایسه با شاهد کودی و کود نیتروژنه اوره عملکرد بیشتری را موجب شده است.

ضرایب همبستگی بین صفات مورد بررسی در شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی در جدول۷ آورده شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، در شرایط آبیاری مطلوب، عملکرد دانه با شاخص سطح برگ، وزن‌خشک ساقه، وزن‌خشک برگ، وزن‌خشک کل، نسبت وزن برگ و نسبت وزن نیام، همبستگی مثبت و معنی‌داری نشان می‌دهد. به‌عبارت دیگر، بوته‌های درشت‌تر نخود که سطح برگ بیشتری داشته باشند، در شرایط فاریاب، عملکرد بیشتری تولید می‌کنند. Parsa & Bagheri (2008) نیز یکی از دلایل عملکرد کم حبوبات نسبت به سایر گیاهان زراعی را کم‌بودن سطح برگ در این گیاهان عنوان می‌کنند و یکی از استراتژی‌های افزایش عملکرد را افزایش شاخص سطح برگ معرفی می‌نمایند. از بین متغیرهای مربوط به تخصیص مواد فتوسنتزی بین اندام‌های هوایی، نسبت وزن برگ بیشترین همبستگی را با عملکرد دانه نشان داد.

جدول ۵- میانگین‌مربعات برخی پارامترهای مرتبط با رشد نخود زراعی رقم آرمان در سطوح مختلف کودهای زیستی و شیمیایی در شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی

Table 5. Mean squares for some related growth parameters of chickpea Arman cultivar at different levels of biological and chemical fertilizers under irrigated and rainfed conditions

		میانگین‌مربعات MS				
	منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی d.f	نسبت وزن ساقه SWR	نسبت وزن برگ LWR	نسبت وزن نیام PWR	عملکرد دانه Seed yield
تکرار	Rep.	3	0.001^{ns}	0.001^{ns}	0.002^{ns}	61692^{ns}
سطوح آبیاری	Irrigated levels	1	0.232^{**}	0.122^{**}	0.689^{**}	5669938^{**}
خطای اصلی	Main error	3	0.004	0.001	0.007	134887
سطوح کودی	Fertilizer levels	6	0.012^{**}	0.003^{*}	0.024^{**}	1983629^{**}
سطوح آبیاری×سطوح کودی	Irrigated levels×Fertilizer levels	6	0.030^{**}	0.009^{**}	0.068^{**}	229732^{**}
خطای کل	Total error	36	0.003	0.001	0.007	8666
ضریب تغییرات(٪)	C.V(%)		13.48	16.64	21.12	12.05

ns، * و **: به‌ترتیب، عدم وجود تفاوت معنی‌دار، تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵درصد و ۱درصد

ns :Non-significant, *and **: Significant at α= 0.05 & α= 0.01, respectively

جدول ۶- مقایسه میانگین پارامترهای مربوط به تخصیص مواد فتوسنتزی و عملکرد نخود زراعی رقم آرمان در شرایط آبیاری مطلوب و تنش خشکی در سطوح مختلف کودی (عدم مصرف کود، کود شیمیایی اوره و کودهای زیستی)

Table 6. Mean comparisons for photo assimilate partitioning and grain yield of chickpea Arman cultivar at different levels of fertilizer (no application fertilizer, biological and chemical fertilizers) under irrigated and rainfed conditions

عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield (kg/ha)		نسبت وزن نیام PWR		نسبت وزن برگ LWR		نسبت وزن ساقه SWR		سطوح کودی Fertilizer levels
تنش خشکی Drought stress	آبیاری مطلوب Irrigated	تنش خشکی Drought stress	آبیاری مطلوب Irrigated	تنش خشکی Drought stress	آبیاری مطلوب Irrigated	تنش خشکی Drought stress	آبیاری مطلوب Irrigated	
541.7h	1189fg	0.3619cd	0.2664d	0.1962cd	0.2051bcd	0.4419bcd	0.5285ab	شاهد (Control)
435h	1471de	0.4548bc	0.2994d	0.1727de	0.2383bc	0.3725de	0.4624bcd	کود نیتروژن(N)
983.4g	1649cd	0.5323ab	0.2869d	0.1260ef	0.2235bcd	0.3418ef	0.4897abc	SWRI3
1282ef	1965b	0.6580a	0.2692d	0.0819f	0.2534ab	0.2601fg	0.4773abc	SWRI17
1008e	1715bcd	0.5437ab	0.2987d	0.1318ef	0.2489abc	0.3245efg	0.4524bcd	PGPR
951.4e	1736bc	0.2840d	0.3505cd	0.2216bcd	0.2371bc	0.4944abc	0.4124cde	SWRI3+SWRI17
1940b	2335a	0.6341a	0.1442e	0.1139f	0.2902a	0.2520g	0.5656a	PGPR+SWRI3+SWRI17

هر ستون میانگین ۴ عدد است. میانگین‌های دارای حروف مشابه تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵درصد ندارند.

به‌عبارت دیگر، در صورتی که گیاه نخود درصد بیشتری از وزن‌خشک تولیدی را به برگ‌ها اختصاص دهد، از عملکرد دانه بالاتری در شرایط فاریاب برخوردار خواهد بود. در شرایط تنش خشکی هم سرعت رشد محصول، وزن‌خشک نیام، وزن‌خشک برگ، وزن‌خشک کل و نسبت وزن نیام همبستگی مثبتی با عملکرد دانه نشان داد (جدول ۷). به‌عبارت دیگر، ارقامی که درصد بیشتری از وزن‌خشک خود را به نیام اختصاص دهند و نیام‌های بیشتر و سنگین‌تری داشته باشند، در شرایط تنش خشکی از عملکرد دانه بیشتری برخوردار خواهند بود. در ضمن در شرایط تنش خشکی بین نسبت وزن ساقه و نسبت وزن برگ با عملکرد دانه همبستگی منفی معنی‌داری مشاهده می‌شود (جدول ۷). این یافته‌ها مؤید آن است که ساقه و برگ با نیام‌ها برای مواد فتوسنتزی با هم رقابت می‌کنند و درصورتی‌که گیاه نخود در این شرایط درصد بیشتری از وزن‌خشک خود را به نیام و درصد کمتری را به ساقه و برگ اختصاص دهد، عملکرد بالاتری تولید خواهد کرد.

جدول ۷- ضرایب همبستگی صفات مورد بررسی در شرایط آبیاری مطلوب (اعداد بالایی) و تنش خشکی (اعداد پایینی)

Table 7. Correlations coefficient of some traits under drought stress (above numbers) and irrigated (under numbers)

Yield	PWR	LWR	SWR	TDW	PDW	LDW	SDW	LAI	CGR	
									1	CGR
								1	0.483^{**} 0.305^{ns}	LAI
							1	0.502^{**} 0.028^{ns}	0.438^{*} 0.332^{ns}	SDW
						1	0.941^{**} 0.880^{**}	0.437^{*} 0.007^{ns}	0.510^{**} 0.351^{ns}	LDW
					1	0.716^{**} -0.035^{ns}	0.658^{**} 0.160^{ns}	0.461^{*} 0.202^{ns}	0.228^{ns} 0.213^{ns}	PDW
				1	0.873^{**} 0.877^{**}	0.952^{**} 0.427^{*}	0.936^{**} 0.609^{**}	0.513^{**} 0.176^{ns}	0.437^{*} 0.009^{ns}	TDW
			1	0.569^{**} 0.475^{*}	-0.858^{**} -0.815^{**}	0.261^{ns} 0.456^{*}	0.261^{ns} 0.380^{ns}	0.191^{ns} 0.142^{ns}	0.209^{ns} 0.429^{*}	SWR
		1	0.255^{ns} 0.879^{**}	0.254^{ns} 0.366^{ns}	0.135^{ns} -0.787^{**}	0.402^{*} 0.564^{**}	0.402^{*} 0.286^{ns}	0.069^{ns} 0.174^{ns}	0.558^{**} 0.387^{*}	LWR
	1	-0.654^{**} -0.948^{**}	-0.898^{**} -0.948^{**}	0.329^{ns} 0.485^{**}	0.733^{**} 0.828^{**}	0.022^{ns} 0.509^{*}	0.022^{ns} 0.357^{ns}	0.118^{ns} 0.158^{ns}	0.090^{ns} 0.426^{*}	PWR
1	0.509^{*} 0.454^{*}	0.723^{**} -0.374^{*}	0.231^{ns} -0.477^{*}	0.294^{ns} 0.482^{**}	0.432^{*} 0.527^{**}	0.449^{*} 0.408^{*}	0.446^{*} 0.085^{ns}	0.322^{ns} 0.540^{**}	$0/800^{**}$ 0.072^{ns}	Yield

ns، * و **: به‌ترتیب، عدم وجود تفاوت معنی‌دار، تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵درصد و ۱درصد

ns :Non-significant, *and **: Significant at α= 0.05 & α= 0.01, respectively

منابع

1. Dashti, N., Zhang, F., Hynes, R., and Smith, D.L. 1998. Plant growth promoting rhizobacteria accelerate nodulation and increase nitrogen fixation activity by field grown soybean [*Glycine max* (L.) Merr.] under short season conditions. Plant and Soil 200: 205-213.
2. Dazzo, F., Asghari, B., and Batool, R. 2010. Adaptation of chickpea to desiccation stress is enhanced by symbiotic rhizobia. J. Symbiosis 50: 129-133.
3. Elsheikh, E.A.E., and Hadi, E.A. 1999. Effect of Rhizobium inoculation and nitrogen fertilization on yield and protein content of six chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars in marginal soils under irrigation. Nutrient Cycling in Agroecosystems 54: 57-63.
4. Fallah, S. 2008. Effect of sowing date and plant density on yield and yield component on chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes. Agriculture and Natural Resource Science and Technologies 45: 123-135.
5. Gholami, A., Shahsavani, S., and Nezarat. S. 2009. The effect of plant growth promoting Rhizobacteria (PGPR) on germination, seedling growth and yield of maize. World Academy of Science, Engineering and Technology 49: 19-24.
6. Harrris, H., Oweis, T., Pala, M., and Zhang, H. 2000. Water use and water use efficiency of chickpea and lentil in a Mediterranean environment. Australian Journal of Agricultural Res. 51: 295-304.
7. Jabbari, F., Ahmadi, A., and Pouryousef, M. 2010. Evaluation of relative growth rate and matter allocation of drought tolerant and susceptible wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. Modern Technologies in Agriculture 4(1) :41-58.
8. Leport, L., Turner, N.C., French, R.J., Barr, M.D., Dua, R., Davies, S.L., Tennant, D., and Siddique, K.H.M. 1999. Physiological responses of chickpea genotypes to terminal drought in a Mediterranean-type environment. European J. of Agron. 11: 279-291.
9. Leport, L., Turner, N.C., French, R.J., Tennant, D., Thomason, B.D., and Siddique, K.H.M. 1998. Water relations, gas exchange and growth of cool-season grain legumes in a Mediterranean-type environment. European J. of Agron. 9: 295-303.
10. Onyari, C.A.N., Mc Kenzie, B.A., and Hill, G.H. 2003. The effect of irrigation and sowing date on crop yield and yield components of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under semi-arid conditions in Keniya. Journal of Applied Biosci. 34: 2028-2036.
11. Onyari, C.A.N., Ouma, J.P., and Kibe, A.M. 2010. Effect of tillage method and sowing time on phenology, yield and yield components of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under semi-arid conditions in Kenya. Journal of Applied Biosci. 34: 2156-2165.
12. Parsa, M., and Bagheri, A.R. 2008. Pulses. Jahad Daneshgahi Mashhad Press. p: 267-290.
13. Qureshi, M.A., Shakir, M.A., Naveed, M., and Ahmad, M.J. 2009. Growth and yield response of chickpea to co-inoculation with *Mesorhizobium ciceri* and *Bacillus megateriun*. The Journal of Animal & Plant Sciences 19(4): 205-211.
14. Rajin Anvar, M., Mc Kenzie, B.A., and Hill, G.H. 2003. The effect of irrigation and sowing date on crop yield and yield components of Kabuli chickpea (*Cicer arietinum* L.) in a cool-temperate subhumid climate. Journal of Agricultural Sci. 141: 259-271.
15. Romdhane, S.B., Trabelsib, M., Elarbi, M., Lajudie, P., and Mhamdia, R. 2009. The diversity of rhizobia nodulating chickpea (*Cicer arietinum*) under water deficiency as a source of more efficient inoculants. Soil Biology & Biochemistry 41: 2568-2572.
16. Sabaghpour, H., Mahmoudi, A.A., Saeed, A., Kamel, M., and Malthora, R.S. 2006. Study on chickpea drought tolerance lines under dryland condition of Iran. Indian Journal of Crop Sci. 1: 70-73.
17. Sivaramaiah. N., Malik, D.K., and Sindhu, S.S. 2007. Improvement in symbiotic efficiency of chickpea (*Cicer arietinum*) by co-inoculation of *Bacillus* strains with *Mesorhizobium* sp. *Cicer*. Indian Journal of Microbiology 47: 51-56.
18. Stajkovic, O., Delic, D., Josic, D., Kuzmanovic, D., Rasulic, N., and Kenezevic, J. 2011. Improvement of common bean growth by co-inoculation with Rhizobium and plant growth-promoting bacteria. Romanian Biotechnological Letters 16(1): 5919-5926.

19. Valverde, A., Burgos, A., Fiscella, T., Rivas, R., Vela, E., Rodri, C., Emilio Cervantes, B., Chamber, M., and Mariano, J. 2006. Differential effects of co-inoculations with *Pseudomonas jessenii* PS06 (a phosphate-solubilizing bacterium) and *Mesorhizobium ciceri* C-2/2 strains on the growth and seed yield of chickpea under greenhouse and field conditions. J. Plant and Soil 287(2): 43-50.
20. Verma, J.P., Yadav, J., Tiwari, K.N., Lavakush, and Singh, V. 2010. Impact of plant growth rhizobacteria on crop production. International Journal of Agricultural Reaserch 5(11): 954-983.

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 5, No. 1, 2014, p. 45-56

Evaluation of chickpea (*Cicer arietinum* L.) seed inoculation with rhizobium strains and plant promoting rhizobacteria (PGPR) on growth indices and photoassimilate partitioning under rainfed and irrigated conditions

Khaleghnezhad[1], V. & Jabbari[2*], F.

1. MSc. Student of Agronomy, College of Agriculture, Zanjan University
2. Contribution from College of Agriculture, Zanjan University

Received: 28 May 2013
Accepted: 3 March 2014

Abstract

This experiment was carried out to evaluate the effect of rhizobium strains and plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on dry matter partitioning and some growth parameters of chickpea (*Cicer arietinum* L.) Arman cultivar. This research was conducted as split plot based on complete random block design at Zanjan university research farm. Irrigation levels (optimum irrigation during season growth and no irrigation during growth period) were set as main plots and fertilizer level (control or no application chemical and biological fertilizer, 50kg/ha Urea, seed inoculation with *Mesorhizobium ciceri* strain of SWRI-3, seed inoculation with *Mesorhizobium ciceri* strain SWRI-17, seed inoculation with PGPR, Co-inoculation with rhizobium strains SWRI-3+SWRI-17 and Co-inoculation with all biofertilizers, SWRI-3+SWRI-17+PGPR were sets as subplots. Based on results, SWRI-17 and SWRI-17+SWRI-3+ PGPR caused more allocation of chickpea photoassimilate to pods and less allocation of photoassimilates to stems and leaves under drought stress. Also, because SWRI-17+SWRI-3+PGPR allocated more photoassimilate to leaves under irrigated condition, caused effective solar irradiance absorption, produce maximum seed yield. Finally our data showed that, sees co-inoculation with rhizobium strains and PGPR resulted more seed yield in comparison with control (no fertilizer usage) or Urea fertilizer application under both irrigated and rainfed conditions.

Key words: Chickpea, Rhizobium strains, Plant growth promoting Rhizobacteria, Photoassimilate, Partitioning, Seed yield

* **Corresponding Author:** Jabbari@znu.ac.ir, Mobile: 09126420078