



واکنش عملکرد و اجزای عملکرد نخود زراعی (*Cicer arietinum* L.) به کاربرد باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد گیاه و کود شیمیایی نیتروژن در شرایط دیم

امیر میرزایی^{۱*}، رحیم ناصری^۲، سید محمد تراب میری^۳، عباس سلیمانی‌فرد^۴ و امین فتحی^۴

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۱۱/۳۰

تاریخ بازنگری: ۱۳۹۶/۵/۲۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱/۲۶

چکیده

به منظور بررسی اثر باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد بر عملکرد و اجزای عملکرد چهار رقم نخود در شرایط دیم ایلام، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ در ایستگاه مرکز تحقیقات کشاورزی سرابله اجرا گردید. فاکتورهای آزمایشی شامل چهار رقم نخود (هاشم، آزاد و آرمان و یک توده محلی) و مخلوط باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد و کود شیمیایی نیتروژن شامل: ۱- عدم مصرف باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد و کود شیمیایی نیتروژن، ۲- ۱۰ کیلوگرم کود نیتروژن، ۳- ۲۰ کیلوگرم کود نیتروژن، ۴- آزوسپیریوم برازیلنس+عدم مصرف کود شیمیایی نیتروژن، ۵- آزوسپیریوم برازیلنس+۱۰ کیلوگرم کود شیمیایی نیتروژن، ۶- آزوسپیریوم برازیلنس+۲۰ کیلوگرم کود شیمیایی نیتروژن، ۷- ازتوباکتر کروکوم+عدم مصرف کود شیمیایی نیتروژن، ۸- ازتوباکتر کروکوم+۱۰ کیلوگرم کود شیمیایی نیتروژن و ۹- ازتوباکتر کروکوم+۲۰ کیلوگرم کود شیمیایی نیتروژن در نظر گرفته شدند. اثر برهمکنش رقم در باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد مختلف بر تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته، وزن صد دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، ارتفاع بوته و پروتئین دانه و معنی‌دار بود به طوری که واکنش ارقام تلقیح شده با ازتوباکتر و آزوسپیریوم معنی‌دار و استفاده از این باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد موجب افزایش تمامی صفات مورد مطالعه گردید. بیشترین عملکرد دانه در رقم آزاد و تلقیح با آزوسپیریوم + ۱۰ کیلوگرم کود شیمیایی نیتروژن با میانگین ۱۵۳۳ کیلوگرم در هکتار و کمترین عملکرد دانه در رقم محلی و عدم تلقیح با میانگین ۵۲۹ کیلوگرم در هکتار به دست آمد که نسبت به تیمار شاهد ۶۵/۵ درصد افزایش نشان داد. در این پژوهش ارقام هاشم و آزاد واکنش بهتری به آزوسپیریوم و ارقام آرمان و محلی واکنش بهتری به ازتوباکتر از خود نشان دادند. با توجه به نتایج به دست آمده در این پژوهش، رقم آزاد نخود و تلقیح آن با آزوسپیریوم + ۱۰ کیلوگرم کود شیمیایی نیتروژن جهت حصول حداکثر عملکرد در شرایط دیم و مناطق مشابه می‌تواند مد نظر قرار گیرد.

واژگان کلیدی: باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد، شرایط دیم، عملکرد دانه، نخود.

۱- بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان ایلام، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ایلام، ایران.

۲- گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران.

۳- مربی، گروه علوم کشاورزی، دانشگاه پیام نور، ایران.

۴- باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد آیت الله آملی، دانشگاه آزاد اسلامی، آمل، ایران.

مقدمه

به‌طور کلی حبوبات به‌دلیل برخوردار بودن از پروتئین بالای دانه از اهمیت غذایی بالایی برخوردار هستند. این گیاهان به دلیل قابلیت همزیستی با باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن مولکولی، در تعادل عناصر معدنی خاک در اکوسیستم زراعی حایز اهمیت هستند (Naseri et al., 2011). سطح زیر کشت گیاه نخود در دنیا حدود ۱۴ میلیون هکتار بوده و ایران با حدود ۶۰۰ هزار هکتار، چهارمین رتبه را در جهان پس از هندوستان، پاکستان و ترکیه دارا است (FAO, 2014). عمده کشورهای تولیدکننده این گیاه زراعی در مناطق خشک و نیمه‌خشک قرار دارند و حدود ۹۰ درصد از محصول نخود جهان، در شرایط دیم تولید می‌شود (Mousavi and Shakarami, 2008). باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد به عنوان گزینه جایگزین برای کودهای شیمیایی، به منظور افزایش حاصلخیزی خاک در تولید محصولات در کشاورزی پایدار مطرح شده‌اند (Ahmadi Fard et al., 2011). باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد به‌عنوان مایه تلقیح میکروبی که توانایی متحرک‌سازی عناصر غذایی خاک را برای گیاه زراعی از حالت غیرقابل دسترس به دسترس از طریق فرآیندهای بیولوژیک دارند اطلاق می‌شوند (Azadi et al., 2013)، باکتری‌های جنس ازتوباکتر، آزوسپیریوم و سودوموناس از مهم‌ترین باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد گیاه می‌باشند که با تولید مقادیر قابل ملاحظه‌ای از هورمون‌های تحریک‌کننده رشد به‌ویژه انواع اکسین، جیبرلین و سیتوکنین رشد و نمو و عملکرد عدس را تحت تاثیر قرار می‌دهند (Nori et al., 2016). تلقیح بذر با آزوسپیریوم برازیلینس موجب بهتر شدن اثرات نامطلوب از طریق کاهش تنش خشکی روی

رشد گیاه می‌گردد (Rezaei-chiyaneh et al., 2015)، به‌دلیل اینکه گونه‌های آزوسپیریوم قادر به بالابردن ساخت ریشه‌های گره‌ای (Rokhzadi and Toashin, 2011) و تولید هورمون‌های مختلف گیاهی مثل آبسزیک اسید و اکسین می‌باشد (Nori et al., 2016). در پژوهش‌های محمدزاده و همکاران (Mohammadzadeh et al., 2011) بیان گردید که باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد از طریق بهبود استقرار گیاهچه‌های لوبیا موجب افزایش تعداد غلاف در بوته می‌گردد.

در آزمایش‌های رضائی‌چیان و همکاران (Rezaei-chiyaneh et al., 2015) بر نخود نشان داده شد که عملکرد و اجزای عملکرد از جمله تعداد دانه در غلاف در اثر استفاده از باکتری ازتوباکتر به‌طور معنی‌داری افزایش پیدا می‌کند. (Alami-Milani et al., 2013) در بررسی اثرات کاربرد کودهای زیستی در ترکیب با کودهای شیمیایی بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه لوبیا دریافتند که بالاترین وزن صد دانه از تیمار ۵۰ درصد کودهای شیمیایی اوره به-همراه کودهای زیستی نیتروکسین (ازتوباکتر و آزوسپیریوم) به‌دست آمد. کومار و سینگ (Kumar and Singh, 2001) نشان دادند که تلقیح بذرهای نخود با باکتری افزایش‌دهنده رشد باعث افزایش عملکرد بیولوژیک و ارتفاع بوته گردید.

در شرایط اقلیمی ایلام، نخود معمولاً در دوره رشد رویشی تحت تاثیر تنش خشکی متناوب قرار می‌گیرد و در مرحله رشد زایشی با تنش خشکی انتهایی و گرما به صورت توأم مواجه می‌شود (Shabani and Armin, 2015). (Khodarahmi et al., 2013). از آنجا که آب قابل دسترس، عامل اصلی محدودکننده رشد در زراعت دیم می‌باشد (Moradi and Besharati, 2015).

2015)، بنابراین هدف از اجرای این پژوهش تاثیر باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد بر عملکرد و اجزای عملکرد نخود در شرایط دیم استان ایلام بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی سرابله واقع در ۳۰ کیلومتری شرق ایلام اجرا شد. محل آزمایش در عرض جغرافیایی ۳۳ درجه و ۴۷ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۶ درجه و ۳۶ دقیقه شرقی با ارتفاع ۹۷۵ متر از سطح دریا بود. خلاصه خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است.

با توجه به نتایج تجزیه خاک نیازی به مصرف کود شیمیایی پتاسیم و فسفر در شرایط دیم نبود. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب بلوک کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل چهار رقم نخود (هاشم، آزاد، آرمان و یک توده محلی) و باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد و کود شیمیایی نیتروژن شامل: ۱- عدم مصرف باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد + کود شیمیایی نیتروژن، ۲- ۱۰ کیلوگرم کود نیتروژن، ۳- ۲۰ کیلوگرم کود نیتروژن، ۴- آزوسپیریوم برازیلنس (*Azospirillum brasilense*) + عدم مصرف کود شیمیایی نیتروژن، ۵- آزوسپیریوم برازیلنس + ۱۰ کیلوگرم کود شیمیایی نیتروژن، ۶- آزوسپیریوم برازیلنس + ۲۰ کیلوگرم کود شیمیایی نیتروژن، ۷- ازتوباکتر کروکوم (*Azotobacter chroococcum*) + عدم مصرف کود شیمیایی نیتروژن، ۸- ازتوباکتر کروکوم + ۱۰ کیلوگرم کود شیمیایی نیتروژن و ۹- ازتوباکتر کروکوم + ۲۰ کیلوگرم کود شیمیایی نیتروژن در نظر گرفته شدند. تاریخ کاشت در ۲۵ آبان و تراکم ۴۰ بوته در متر مربع در نظر گرفته شد. آمار هواشناسی منطقه در جدول ۲ ارائه شده است. هموارکردن زمین با لولر انجام شد و سپس با در نظر گرفتن هشت ردیف شش متری با فواصل ۳۰ سانتی‌متری در هر کرت، فواصل ۶۰ سانتی‌متری

بین کرت‌ها و دو متر بین تکرارها انجام شد. برای تلقیح بذرها میزان هفت گرم مایه تلقیح که هر گرم آن دارای 10^7 عدد باکتری زنده و فعال برای هر دو نوع باکتری‌افزاینده رشد مورد استفاده قرار گرفت. با آب ساکارز تجاری به غلظت دو درصد مرطوب و به نسبت دو کیلوگرم ماده تلقیح در ۱۰۰ کیلوگرم بذر، آغشته شد (Moradi et al., 2011). جهت اندازه‌گیری تعداد غلاف در بوته، تعداد شاخه جانبی، در زمان رسیدگی، ۱۰ بوته به صورت تصادفی از هر کرت برداشت شد. برداشت و تعیین عملکرد دانه و بیولوژیک، با حذف دو خط کناری و ۵۰ سانتی‌متر از طرفین، از دو خط به طول شش از سطحی معادل چهار و نیم مترمربع انجام شد. شاخص برداشت نیز از تقسیم عملکرد دانه بر عملکرد بیولوژیک به دست آمد.

وزن صد دانه به صورت تصادفی از هر تیمار با شمارش و سپس توزین، تعیین شد. به منظور تعیین درصد پروتئین دانه، از هر کرت آزمایشی، صد گرم دانه جدا به منظور اندازه‌گیری پروتئین به روش کج‌دال به آزمایشگاه منتقل شدند (Naseri et al., 2013). به منظور شمارش تعداد کل گره‌های ریشه و تعداد کل گره‌های فعال ریشه در مرحله گلدهی، ریشه پنج بوته نخود از هر کرت از عمق ۵۰ سانتی‌متری گیاهان مورد نظر از خاک خارج شد و خاک اطراف ریشه شستشو گردید. پس از انتقال سریع ریشه‌ها به آزمایشگاه تعداد کل گره و تعداد کل گره‌های فعال اندازه‌گیری شد. جهت بررسی فعال بودن گره‌ها، تمامی گره‌ها برش داده شده و گره‌هایی که صورتی مایل به قرمز بودند به عنوان گره‌های فعال در نظر گرفته شدند (Beck et al., 1993). برای تجزیه آماری، از نرم‌افزار SAS version 9.1 استفاده شد. مقایسه

میانگین تیمارها با آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

واکنش ارقام تلقیح شده با ازتوباکتر و آزوسپیریلیوم از نظر تعداد غلاف در بوته معنی‌دار (پنج درصد) بود و استفاده از این باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد موجب افزایش تعداد غلاف در بوته گردید. بیشترین تعداد غلاف در بوته در رقم آزاد با تیمار آزوسپیریلیوم + ۱۰ کیلوگرم کود نیتروژن و کمترین تعداد غلاف در بوته در توده محلی و عدم مصرف کود شیمیایی نیتروژن و عدم تلقیح با باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد به دست آمد که نسبت به تیمار شاهد (عدم مصرف باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد و کود شیمیایی نیتروژن) ۷۳ درصد افزایش نشان داد (جدول ۴). در ارقام مورد مطالعه به همراه باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد به دلیل طولانی بودن دوره زایشی نسبت به تیمار شاهد (عدم استفاده از کود شیمیایی نیتروژن با عدم تلقیح با باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد)، تعداد غلاف در بوته افزایش یافت.

با توجه به اینکه ۹۵ درصد نخود در کشور در شرایط دیم کشت می‌گردد و تنش خشکی آخر فصل یکی از عوامل اصلی در کاهش عملکرد در واحد سطح می‌باشد (Sabaghpour, 2006)، آنچه مشخص است این که در ارقام مورد پژوهش و در حضور باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد تنش رطوبتی کمتر و جذب عناصر غذایی بیشتر و گیاه برای رشد رویشی و زایشی فرصت کافی دارد. نتایج رخزادی و همکاران (Rokhzadi et al., 2008) بر نخود نشان داد که باکتری آزوسپیریلیوم موجب افزایش معنی‌دار تعداد غلاف در بوته در مقایسه با تیمار شاهد گردید. در گزارش‌های ربیعیان و همکاران (Rabieyan et al., 2011) نشان داده شد که باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد (ازتوباکتر و

آزوسپیریلیوم) موجب افزایش معنی‌دار غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و عملکرد دانه در نخود می‌گردید.

استفاده از این باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد موجب افزایش تعداد دانه در بوته گردید. بیشترین تعداد دانه در بوته (۵۶) در رقم آزاد به علاوه آزوسپیریلیوم + ۱۰ کیلوگرم کود نیتروژن کمترین تعداد دانه در بوته (۱۱) در رقم محلی و عدم تلقیح به دست آمد که نسبت به تیمار شاهد (عدم مصرف باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد و کود شیمیایی نیتروژن) ۸۰ درصد افزایش نشان داد (جدول ۴).

این موضوع توانایی باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد را در استفاده از سطوح مختلف کود شیمیایی بیان می‌کند که می‌تواند در سطح معینی از کود شیمیایی تعداد دانه قابل قبولی تولید کند (Azadi et al., 2013). ایندول استیک اسید در کنار سیتوکنین که توسط باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد تولید می‌شود از طریق رشد ریشه‌های جانبی و افزایش وزن برگ و ریشه سبب افزایش مواد پرورده شده که به نوبه خود باعث افزایش رشد رویشی و سهم اندام‌های زایشی از جمله تعداد دانه در بوته می‌گردد (Azadi et al., 2013).

رضائی‌چیانه و همکاران (Rezaei-chiyaneh et al., 2015) در آزمایش‌های خود بر نخود نشان دادند که تعداد دانه در غلاف در اثر استفاده از باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد (ازتوباکتر) به طور معنی‌داری افزایش پیدا می‌کند. در گزارش‌های سایر محققین نیز نشان داده شد که باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد موجب افزایش وزن صد دانه در گیاه لوبیا شد (Yadegari et al., 2008).

این موضوع توانایی کودهای زیستی را در استفاده از سطوح مختلف کود شیمیایی بیان می‌کند که می‌تواند در سطح معینی از کود شیمیایی

ظرفیت فتوسنتزی در دوره قبل از گلدهی، می-تواند در مرحله پس از گلدهی با انتقال مجدد این مواد فتوسنتزی از منبع به مخزن وزن صد دانه را بهبود (Rezaei-chiyaneh *et al.*, 2015).

نتایج حاصله، نشان‌دهنده برتری ارقام مورد استفاده به همراه مصرف باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد نسبت به تیمار شاهد (عدم مصرف باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد و کود شیمیایی نیتروژن) بود. بیشترین عملکرد دانه در رقم آزاد و تلقیح با آزوسپیریلوم با میانگین ۱۵۳۳ کیلوگرم در هکتار و کمترین عملکرد دانه در رقم آرمان و عدم مصرف کود شیمیایی نیتروژن به‌علاوه عدم تلقیح با باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد با میانگین ۵۲۹ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد که نسبت به تیمار شاهد (عدم مصرف باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد و کود شیمیایی نیتروژن) ۶۵/۴ درصد افزایش نشان زد. در ابتدای فصل رشد، سبب استفاده بیشتر از شرایط مساعد محیطی شده و از طرف دیگر، اجزای عملکرد گیاه کمتر تحت تأثیر تنش رطوبتی و حرارتی در اواخر فصل رشد قرار گرفته باشد. فتوسنتز یکی از فرآیندهای فیزیولوژیکی حساس می‌باشد که تحت تأثیر گرما و خشکی قرار می‌گیرد (Wahid *et al.*, 2007) و کاهش فتوسنتز ناشی از تنش خشکی و گرما با کاهش رشد و عملکرد دانه همراه می‌باشد (Talukder *et al.*, 2014; Wang *et al.*, 2011). دلیل کاهش فتوسنتز در تنش گرمایی ناشی از آسیب به ساختار کلروپلاست و کاهش میزان کلروفیل (Xu *et al.*, 1995)، پیری زودرس برگ (Talukder *et al.*, 2014) و کاهش میزان سطح سبز برگ است (Wang *et al.*, 2011). به نظر می‌رسد عدم دسترسی به منابع کافی نیتروژن در مراحل

نیز تعداد دانه قابل قبولی تولید کند (Moradi *et al.*, 2011).

واکنش ارقام تلقیح شده با ازتوباکتر و آزوسپیریلوم در این پژوهش معنی‌دار و استفاده از این باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد موجب افزایش وزن صد دانه گردید. بیشترین وزن صد دانه در رقم آزاد و تلقیح با آزوسپیریلوم با میانگین ۳۸/۵ گرم و کمترین وزن صد دانه در رقم آرمان و عدم مصرف کود شیمیایی نیتروژن به‌علاوه عدم تلقیح با باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد با میانگین ۱۵/۸ گرم به‌دست آمد که نسبت به تیمار شاهد (عدم مصرف باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد و کود شیمیایی نیتروژن) ۵۸/۹ درصد افزایش نشان داد (جدول ۴). افزایش وزن صد دانه در ارقام مورد استفاده به همراه باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد به سبب طولانی‌تر شدن دوره رشد بوده که موجب تولید زیست توده بیشتر و در نتیجه باعث افزایش تولید غلاف و دانه بیشتر در بوته و وزن صد دانه می‌شود. اثرات مثبت کاربرد باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد را می‌توان به افزایش جذب آب و مواد غذایی به‌واسطه توسعه بیشتر ریشه‌ها و همچنین انجام فرآیند تثبیت زیستی نیتروژن نسبت داد (Rezaei-chiyaneh *et al.*, 2015). اما تیمارهایی که با باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد آغشته شدند باعث افزایش وزن صد دانه شدند. به‌عبارتی مصرف مقادیر مناسب کود نیتروژن از طریق بهبود فعالیت کودهای زیستی و نیز فراهم نمودن جذب بیشتر مواد غذایی سبب افزایش میزان فتوسنتز گردید (Moradi *et al.*, 2011) که این مسئله در نهایت به افزایش وزن صد دانه می‌انجامد.

باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد (ازتوباکتر) با بهبود رشد ریشه و افزایش آسیمیلاسیون مواد فتوسنتزی به علت افزایش سطح برگ و افزایش

(Rokhzadi and Toashih, 2011). این افزایش رشد گیاه نخود را به دلیل افزایش رشد ریشه، افزایش جذب آب و مواد غذایی به‌وسیله ریشه‌ها عنوان کردند (Mohammadzadeh et al., 2011). شاخص برداشت نخود در رقم آزاد ۴۱/۹ درصد و رقم محلی با ۳۸/۷ درصد به‌ترتیب دارای بیشترین و کمترین درصد بودند. آزوسپیریوم و ۱۰ کیلوگرم کود نیتروژن و تیمار شاهد (عدم مصرف کود شیمیایی نیتروژن به‌علاوه عدم تلقیح با باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد) به‌ترتیب دارای شاخص برداشت ۴۲/۷ و ۳۷/۶ درصدی بودند. بایستی توجه کرد که باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد، به دلیل استقرار به‌موقع بوته‌ها می‌توانند از عوامل محیطی استفاده بهتری نمایند (Rokhzadi et al., 2008). همچنین، به دلیل زیادبودن طول دوره رویشی، گیاه پس از تولید مواد فتوسنتزی، بیشتر آنها را به‌طور مطلوبی به دانه‌ها منتقل می‌کند. این به آن معنی است که بروز تنش کم آبی بخش زایشی گیاه را به‌طور مؤثرتری نسبت به بخش رویشی تحت تأثیر قرار داده است (Amiri Deh et al., 2011). باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد (ازتوباکتر) با بهبود رشد ریشه و افزایش آسیمیلاسیون مواد فتوسنتزی و افزایش ظرفیت فتوسنتزی در دوره قبل از گلدهی، می‌تواند انتقال مجدد این مواد فتوسنتزی را بهبود دهد (Rezaei-chiyaneh et al., 2015). ببخشند. استفاده از باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد موجب افزایش صفت عملکرد بیولوژیک گردید. بیشترین عملکرد بیولوژیک در رقم آزاد و تلقیح با آزوسپیریوم با میانگین ۳۳۶۳ کیلوگرم در هکتار و کمترین عملکرد بیولوژیک در رقم آرمان و عدم مصرف کود شیمیایی نیتروژن به‌علاوه عدم تلقیح با باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد با میانگین ۱۴۷۳ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمدند که نسبت به

حساس رشدی منجر به تولید مواد فتوسنتزی کمتر و در نهایت عملکرد دانه کمتر به‌خاطر کاهش اجزای عملکرد در تیمار شاهد باشد. با گذشت زمان و بزرگ‌تر شدن گیاه، رشد اندام‌های هوایی و سطح فتوسنتز کننده افزایش می‌یابد و سرعت تجمع ماده خشک نیز بیشتر می‌شود، به‌طوری‌که در سطوح بالای به‌کارگیری نیتروژن به‌علاوه فراهم‌تر بودن این عنصر و تأثیر آن بر رشد رویشی و سطح برگ در مقایسه با سطوح پایین‌تر نیتروژن، ماده خشک بیشتری در واحد سطح تولید و این اختلاف با گذشت زمان مشهودتر می‌گردد (Abdul-Jaleel et al., 2007). ترشح مواد تنظیم‌کننده رشد مانند اکسین‌ها، جیبرلین‌ها و سیتوکینین‌ها توسط آزوسپیریوم و ازتوباکتر به دلیل همیاری باکتری نخست با ریشه مهم‌ترین ساز و کار افزایش رشد و عملکرد دانه عدس گزارش شده است، با توجه به این نتایج و این واقعیت که باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد مورد استفاده دارای قابلیت تولید تحریک‌کننده رشد گیاه هستند، به نظر می‌رسد همین ساز و کار در افزایش عملکرد دانه عدس مؤثر بوده است (Darabi et al., 2014). افزایش قابلیت دسترسی گیاه به عناصر غذایی، با کاربرد توأم کودهای شیمیایی و جذب بیشتر آنها توسط گیاه، در نتیجه افزایش رشد و فتوسنتز با افزایش سطح برگ گیاه از عوامل افزایش عملکرد دانه در تیمارهای تلفیقی گزارش شده است (Moradi et al., 2011).

تحقیقات یادگاری و همکاران (Yadegari et al., 2008) نشان داد که تلقیح لوبیا با باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد (آزوسپیریوم) سبب رشد گیاه و در نهایت عملکرد دانه گردید. گزارش کردند که تلقیح گیاه نخود با باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد موجب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه می‌گردد

نیتروژن بیشترین تعداد کل گره با میانگین ۳۵/۰۶ گره و رقم محلی و عدم تلقیح کمترین تعداد کل گره در با میانگین ۱۷/۲ گره دارا بودند که نسبت به تیمار شاهد (عدم مصرف کود شیمیایی نیتروژن به علاوه عدم تلقیح با باکتری-های افزایشنده رشد) ۵۰/۹ درصد افزایش نشان داد (جدول ۵). بیشترین تعداد گره فعال در رقم آزاد و تلقیح با آزوسپیریلوم + ۱۰ کیلوگرم کود نیتروژن با میانگین ۳۰/۸ گره و کمترین تعداد گره فعال در رقم محلی و عدم تلقیح با میانگین ۷/۸ گره مشاهده گردید که نسبت به تیمار شاهد (عدم مصرف کود شیمیایی نیتروژن به علاوه عدم تلقیح با باکتری‌های افزایشنده رشد) ۷۴/۶ درصد افزایش نشان داد (جدول ۵).

در گزارشات رادرش و همکاران (Rudresh *et al.*, 2005) نشان داده شد که تلقیح باکتری-های افزایشنده رشد اثر معنی داری بر گره بندی نخود داشت. هامایویی و همکاران (Hamaoui *et al.*, 2001) دریافتند که آزوسپیریلوم تعداد گره‌های تثبیت کننده نیتروژن و رشد ریشه نخود را به طور معنی داری افزایش داد.

استفاده از این باکتری‌های افزایشنده رشد موجب افزایش تعداد شاخه جانبی گردید. نتایج این تحقیق نشان داد که واکنش برهمکنش ارقام مورد استفاده و باکتری‌های افزایشنده رشد متفاوت می‌باشد. بیشترین تعداد شاخه جانبی در رقم آزاد و تلقیح با آزوسپیریلوم با میانگین ۱۶/۰۲ شاخه و کمترین تعداد شاخه جانبی در رقم آرمان و عدم مصرف کود شیمیایی نیتروژن به علاوه عدم تلقیح با باکتری‌های افزایشنده رشد با میانگین ۴/۰۶ شاخه به دست آمد که نسبت به تیمار شاهد (عدم مصرف باکتری‌های افزایشنده رشد و کود شیمیایی نیتروژن) ۷۴/۶ درصد افزایش نشان داد (جدول

تیمار شاهد (عدم مصرف باکتری‌های افزایشنده رشد و کود شیمیایی نیتروژن) ۵۶/۲ درصد افزایش نشان داد (جدول ۴). این مقدار افزایش در رقم آزاد و تلقیح با آزوسپیریلوم در عملکرد بیولوژیک را می‌توان به افزایش طول دوره رویشی گیاه و همچنین استقرار مناسب بوته‌های تحت تاثیر باکتری‌های افزایشنده رشد نسبت داد (Mohammadzadeh *et al.*, 2011).

در گزارش‌های محققان بیان شده است که تلقیح با آزوسپیریلوم موجب بهبود بیوماس گیاهی و بهتر شدن روابط آبی و موجب کاهش تلفات آب در گیاه گردید (Sandhya *et al.*, 2010). آهنگ رشد گیاه تحت تاثیر نیتروژن قرار می‌گیرد به نحوی که با افزایش نیتروژن خاک، گسترش سطح برگ افزایش می‌یابد، در نتیجه نفوذ نور به درون سایه انداز و کارایی جذب نور بیشتر می‌شود که این عوامل باعث افزایش آهنگ رشد گیاه شده و در نهایت بیوماس کل افزایش می‌یابد (Seiedi and Seyed Sharifi, 2014).

چنین به نظر می‌رسد که تحت چنین شرایطی به دلیل تاثیر مثبت باکتری‌های افزایشنده رشد بر روابط آبی گیاه نخود چرخه مواد غذایی و قابل دسترس ساختن و افزایش جذب عناصر غذایی تیمار تغذیه تلفیقی توانسته سبب افزایش عملکرد بیولوژیک گردد (Rezaei-chiyaneh *et al.*, 2015).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که برهمکنش ارقام تلقیح شده با ازتوباکتر و آزوسپیریلوم بر کل تعداد گره فعال و تعداد گره فعال در این پژوهش بسیار معنی دار و استفاده از این باکتری‌های افزایشنده رشد موجب افزایش تعداد کل گره و تعداد گره فعال گردید (جدول ۳). رقم هاشم و تلقیح با آزوسپیریلوم + ۱۰ کیلوگرم کود

پروتئین دانه گردید. بیشترین میزان پروتئین دانه در رقم آزاد به‌علاوه آزوسپیریوم + ۱۰ کیلوگرم کود نیتروژن با میانگین ۳۰/۹ درصد و کمترین میزان پروتئین دانه در رقم محلی و عدم مصرف کود شیمیایی نیتروژن به‌علاوه عدم تلقیح با باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد با میانگین ۱۶/۲ درصد به‌دست آمد که نسبت به تیمار شاهد (عدم مصرف باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد و کود شیمیایی نیتروژن) ۴۷/۵ درصد افزایش نشان داد (جدول ۵). در گزارش‌های سایر محققان میزان پروتئین و در نتیجه نیتروژن تجمع یافته در نخودهای تلقیح شده، به‌طور معنی‌داری بیشتر از نخودهای تلقیح نشده بود (Adgo and Schulze, 2002).

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به نتایج به‌دست آمده، می‌توان اظهار داشت که با انتخاب رقم مناسب نخود در شرایط دیم و کاربرد باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد گیاه، با بالا بردن سطح پوشش گیاهی، می‌تواند در شرایط دیم حداکثر عملکرد دانه به‌دست آورد. در این پژوهش در تیمار شاهد (عدم مصرف باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد و کود شیمیایی نیتروژن)، محدودیت تنش رطوبتی به‌وجود آمده که در شرایط دیم موجب کاهش عملکرد دانه می‌گردد، سبب کاهش صفات زراعی گردید. نخود رقم آزاد توانست در حضور باکتری آزوسپیریوم و ضمن استفاده حداکثر از عوامل خاکی و عوامل محیطی به‌ویژه بارندگی و نور خورشید باعث بهبود شاخص‌های اجزای عملکرد و در نهایت عملکرد شود. در نتیجه با توجه به نتایج به‌دست آمده، نخود رقم آزاد و تلقیح با آزوسپیریوم + ۱۰ کیلوگرم کود شیمیایی نیتروژن جهت حصول حداکثر عملکرد در شرایط دیم می‌تواند مورد توجه باشد.

۵). به نظر می‌رسد وجود آب کافی در خاک در ارقام مورد بررسی به همراه باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد در شرایط خشکی و گرما توانسته است سرعت جذب نیتروژن توسط ریشه گیاه (Abdul-Jaleel *et al.*, 2007) و قدرت شاخه‌دهی و در نتیجه تولید تعداد شاخه‌های جانبی را افزایش و بهبود ببخشد. در این پژوهش همچنین مشاهده گردید که واکنش برهمکنش ارقام مورد استفاده و باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد از نظر ارتفاع بوته متفاوت می‌باشد. بیشترین ارتفاع بوته در رقم آزاد و تلقیح با آزوسپیریوم با میانگین ۴۸/۰۲ سانتی‌متر و کمترین ارتفاع بوته در رقم آرمان و عدم مصرف کود شیمیایی نیتروژن به‌علاوه عدم تلقیح با باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد با میانگین ۱۴/۳ سانتی‌متر به‌دست آمد. رقم آزاد و تلقیح با آزوسپیریوم نسبت به تیمار شاهد (عدم مصرف باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد و کود شیمیایی نیتروژن) ۷۰/۲ درصد افزایش نشان داد (جدول ۵). بدین ترتیب چنین به نظر می‌رسد که در این پژوهش نیز احتمالاً، این باکتری از طریق تولید هورمون‌های محرک رشد، گیاه نخود را تحت تاثیر قرار داده که در نتیجه باعث افزایش ویژگی‌های رشدی، در تیمار تلقیح با باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد نسبت به تیمار عدم تلقیح است. این فرضیه با توجه به این که اکسین‌ها موجب تقسیمات سلولی بیشتر و جیبرلین و مشتقات آن، سبب افزایش رشد طولی سلول‌ها به ویژه میانگره‌های ساقه می‌شوند، توجیه می‌گردد (Bazdar *et al.*, 2013). شالان (Shalan, 2005) نیز نشان داد که تلقیح بذر با باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد (آزوسپیریوم و ازتوباکتر) باعث بهبود خصوصیات رشدی، نظیر ارتفاع بوته شده است. استفاده از باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد موجب افزایش میزان

جدول ۱- نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

Table 1- Results of soil physical and chemical properties of experimental location

| بافت خاک Soil Texture | پتاسیم قابل جذب Available Potassium (mg.kg ⁻¹) | فسفر قابل جذب Available Phosphor (mg.kg ⁻¹) | نیترژن کل Total Nitrogen (%) | هدایت الکتریکی EC (dSm ⁻¹) | لسیدته pH | عمق Depth (cm) |
|--------------------------|---|--|---------------------------------------|--|--------------|----------------------|
| Silty Clay Loam | 320 | 15 | 0.5 | 0.3 | 7.2 | 0-30 |

جدول ۲- شرایط آب و هوایی محل اجرای آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۳-۹۴

Table 2- Results of climatic properties of experimental location in 2014-2015

| ماه Month | بارندگی Precipitation (mm) | دمای حداقل مطلق ماهانه Monthly absolute minimum temperature (°C) | دمای حداکثر مطلق ماهانه Monthly absolute maximum temperature (°C) | رطوبت نسبی Relative humidity (°C) | تبخیر Evaporation (mm) |
|------------------|----------------------------------|---|--|--|------------------------------|
| مهر October | 50.7 | 5.4 | 34.8 | 44 | 151.1 |
| آبان November | 77.7 | 0.2 | 26.4 | 59 | 65.4 |
| آذر December | 45.1 | 1.2 | 19.6 | 70 | 26.7 |
| دی January | 17.2 | -4.6 | 18 | 64 | 6.6 |
| بهمن February | 15.7 | -1.6 | 20.2 | 55 | 0 |
| اسفند March | 52.9 | -4.4 | 23 | 55 | 0 |
| فروردین April | 58.9 | 1.2 | 31 | 55 | 181.9 |
| اردیبهشت May | 7.5 | 3 | 36.6 | 32 | 269.9 |
| خرداد Jun | 0.1 | 15.6 | 41 | 20 | 400.6 |
| تیر July | 0 | 18 | 45.2 | 22 | 395 |

جدول ۳- درجه آزادی و میانگین مربعات رقم و باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد بر عملکرد دانه و صفات مهم زراعی نخود در شرایط آب وهوایی سرابله

Table 3- Analysis of variance and mean square for cultivar and plant growth promoting rhizobacteria on grain yield and important agronomic traits of chickpea in Sarableh climate

| S.O.V منابع تغییر | درجه آزادی df | تعداد غلاف در بوته The number of pod per plant | تعداد دانه در بوته The number of grain per plant | وزن صد دانه 100- grain weight | عملکرد دانه Grain yield | عملکرد بیولوژیک Biological yield | شاخص برداشت Harvest index |
|---|---------------------|--|--|---|----------------------------------|---|------------------------------------|
| Replication تکرار | 2 | 115.99 | 90.34 | 169.94** | 55578 | 591289 | 0.008 |
| Cultivar رقم | 3 | 16.08** | 120.79** | 101.28** | 176310** | 451719** | 0.004** |
| PGPR باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد | 8 | 293.47** | 3101.28** | 353.33** | 898719** | 4225067** | 0.004** |
| Cultivar×PGPR رقم× باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد | 24 | 2.57* | 17.98** | 18.67** | 22260** | 83958** | 0.001 ^{ns} |
| Error خطا | 70 | 1.03 | 4.43 | 3.16 | 6054 | 11063 | 0.001 |
| C.V% ضریب تغییرات (درصد) | - | 9.80 | 8.98 | 7.32 | 9.10 | 9.37 | 6.26 |

n.s. * و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح $\alpha=0.05$ و $\alpha=0.01$.
ns :Non-significant, *and **: Significant at $\alpha=0.05$ & $\alpha=0.01$, respectively.

ادامه جدول ۳

Table 3- Continued

| S.O.V منابع تغییر | درجه آزادی d.f | ارتفاع بوته Plant Height | تعداد شاخه فرعی The number of sub branch | تعداد کل گره Total nodal | تعداد گره فعال Active nodal | پروتئین دانه Protein content |
|---|----------------------|--------------------------------|--|-----------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|
| Replication تکرار | 2 | 376.27 | 70.22 | 130.95 | 80.21 | 117.39 |
| Cultivar رقم | 3 | 347.32** | 37.93** | 91.47** | 68.55** | 45.41** |
| PGPR باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد | 8 | 978.23** | 135.80** | 285.05** | 666.97** | 219.17** |
| Cultivar×PGPR رقم× باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد | 24 | 13.96** | 1.68** | 4.15** | 3.57** | 3.53** |
| Error خطا | 70 | 1.58 | 0.35 | 0.28 | 0.52 | 0.33 |
| C.V% ضریب تغییرات (درصد) | - | 7.91 | 6.85 | 3.98 | 5.88 | 4.45 |

n.s. * و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال $\alpha=0.05$ و $\alpha=0.01$.
ns :Non-significant, *and **: Significant at $\alpha=0.05$ & $\alpha=0.01$, respectively.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر برهمکنش رقم و باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد بر عملکرد دانه و صفات مهم زراعی نخود در شرایط آب و هوایی ایلام

Table 4- Mean comparison of interactive effects of cultivar and plant growth promoting rhizobacteria on grain yield and important agronomic traits of chickpea in Sarableh climate

| تیمار | Treatment | تعداد غلاف در بوته number of pod per plant | تعداد دانه در بوته number of grain per plant | وزن صد دانه 100-grain weight (g) | عملکرد دانه Grain yield (kg/ha) | عملکرد بیولوژیک Biological yield (kg/ha) |
|----------------------|----------------------------------|---|---|-------------------------------------|------------------------------------|---|
| Arman آرمان | No inoculation * No N fertilizer | 6.1l | 13no | 16.8rs | 561st | 1523qr |
| | No inoculation * 10 kg Nitrogen | 6.5l | 14.3mno | 17.7qrs | 602rst | 1583pqr |
| | No inoculation * 20 kg Nitrogen | 6.9l | 15.1lmn | 18.0pqrs | 634qrst | 1663opqr |
| | Azesperillum * No fertilizer | 12.2k | 18.3jkl | 20.4lm-q | 831jklmn | 2233l |
| | Azesperillum * 10 kg Nitrogen | 17.3c-e | 45.3efg | 26.6ghi | 1166de | 2813defg |
| | Azesperillum * 20 kg Nitrogen | 15.2f-h | 42.3gh | 25.5ghij | 1016ifgh | 2593hij |
| | Azetobacter * No fertilizer | 13.2i-k | 20.3ij | 21.6lmno | 931hijk | 2533ij |
| | Azetobacter * 10 kg Nitrogen | 19.6b | 53.3ab | 35.06b | 1433ab | 3333a |
| | Azetobacter * 20 kg Nitrogen | 16.6c-f | 46.3def | 29.2cdef | 1166de | 2893de |
| Azad آزاد | No inoculation * No N fertilizer | 7.4l | 14mno | 18.8opqrs | 616qrst | 1623opqr |
| | No inoculation * 10 kg Nitrogen | 7.7l | 15.6klmn | 19.7mnopqr | 649pqrst | 1683nopq |
| | No inoculation * 20 kg Nitrogen | 7.8l | 16.1klmn | 20.02mnopqr | 684pqrs | 1763mnop |
| | Azesperillum * No fertilizer | 14.2h-j | 21.3ij | 23.6ijkl | 982ifgh | 2633ghij |
| | Azesperillum * 10 kg Nitrogen | 22.6a | 560a | 38.5a | 1533a | 3363a |
| | Azesperillum * 20 kg Nitrogen | 17.2c-e | 47.3de | 31.2cd | 1216cd | 2993cd |
| | Azetobacter * No fertilizer | 13.2ijk | 19.3jk | 22.3jklmn | 881ijklm | 2333kl |
| | Azetobacter * 10 kg Nitrogen | 18.3bc | 46.3def | 28.6defg | 1216cd | 2893de |
| | Azetobacter * 20 kg Nitrogen | 16.2d-g | 43.3fgh | 27.5efgh | 1066efgh | 2693fghi |
| Hashem هاشم | No inoculation * No N fertilizer | 7.4l | 16klmn | 19.8nopqr | 716nopqr | 1806mno |
| | No inoculation * 10 kg Nitrogen | 7.7l | 17.6ijklm | 20.7mno | 749mnopq | 1863mn |
| | No inoculation * 20 kg Nitrogen | 7.8l | 18.1jkl | 21.02mnop | 784lmnop | 1913m |
| | Azesperillum * No fertilizer | 14.3hij | 23.3i | 24.6hijk | 1082defg | 2716efghi |
| | Azesperillum * 10 kg Nitrogen | 19.3b | 52a | 34.4b | 1416ab | 3250ab |
| | Azesperillum * 20 kg Nitrogen | 17.3cde | 49.3cd | 32.2bc | 1316bc | 3123bc |
| | Azetobacter * No fertilizer | 13.2ijk | 21.3ij | 23.3ijklm | 981ifgh | 2483jk |
| | Azetobacter * 10 kg Nitrogen | 18.3bc | 48.3de | 29.6cdef | 1316bc | 3093bc |
| | Azetobacter * 20 kg Nitrogen | 16.2defg | 45.3efg | 28.5defg | 1166de | 2830def |
| ecotype توده محلی | No inoculation * No N fertilizer | 6.1 | 11.0o | 15.8s | 529t | 1473r |
| | No inoculation * 10 kg Nitrogen | 6.26l | 12.6no | 16.7rs | 572rst | 1533qr |
| | No inoculation * 20 kg Nitrogen | 6.8l | 13.3no | 17.02qrs | 604qrst | 1613opqr |
| | Azesperillum * No fertilizer | 11.9k | 16.3klmn | 19.3nopqr | 801lmno | 2183l |
| | Azesperillum * 10 kg Nitrogen | 17cdef | 43.3fgh | 25.6ghij | 1116def | 2760efgh |
| | Azesperillum * 20 kg Nitrogen | 14.9ghi | 40.32h | 23.2jklm | 966ghij | 2476jk |
| | Azetobacter * No fertilizer | 12.9jk | 18.3jkl | 20.6lmnop | 901ijkl | 2483jk |
| | Azetobacter * 10 kg Nitrogen | 18.03bcd | 47def | 30.4cde | 1216cd | 2986cd |
| | Azetobacter * 20 kg Nitrogen | 15.9efgh | 44.3ef | 28.2defg | 1116def | 2843def |

میانگین‌هایی که در هر ستون، حداقل یک حرف مشترک دارند، در سطح $\alpha=0.05$ اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند. Means within each column with a letter in common are not significantly different at $\alpha=0.05$.

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر برهمکنش رقم و باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد بر عملکرد دانه و صفات مهم زراعی نخود در شرایط آب و هوایی سرابله

Table 5- Mean comparison of interactive effects of cultivar and plant growth promoting rhizobacteria on grain yield and important agronomic traits of chickpea in Sarableh Climate

| تیمار | Treatment | ارتفاع بوته Plant Height (cm) | تعداد شاخه جانبی The number of sub branch | کل گره Total of nodal | گره فعال Active nodal | پروتئین دانه Poreitin content (%) |
|----------------------|---|-------------------------------------|---|-----------------------------|-----------------------------|---|
| Arman آرمان | <i>No inoculation * No N fertilizer</i> | 17p | 4.4vw | 18r | 8.83wx | 17.3v |
| | <i>No inoculation * 10 kg Nitrogen</i> | 21.3mn | 5.4stuv | 20.5p | 10.22tuv | 18.3stu |
| | <i>No inoculation * 20 kg Nitrogen</i> | 23.2lm | 6.3rst | 22.2n | 11.65qrs | 18.6rst |
| | <i>Azesperillum * No fertilizer</i> | 26.5jk | 9.4lmn | 26.1jk | 15.04mn | 21.9o |
| | <i>Azesperillum * 10 kg Nitrogen</i> | 37.2ef | 12.05efgh | 30.3e | 25.98fg | 26.6gh |
| | <i>Azesperillum * 20 kg Nitrogen</i> | 33.4hi | 11.1hij | 28.3g | 23.64i | 24.9jk |
| | <i>Azotobacter * No fertilizer</i> | 31.3i | 10.09klm | 27.3h | 16.02lm | 22.3no |
| | <i>Azotobacter * 10 kg Nitrogen</i> | 43.7b | 14.8b | 34.3b | 28.66bc | 29.9ab |
| | <i>Azotobacter * 20 kg Nitrogen</i> | 39.5d | 12.4def | 30.3e | 25.64gh | 27.3efgh |
| Azad آزاد | <i>No inoculation * No N fertilizer</i> | 20.06no | 5.6stu | 19q | 9.43uvw | 18.3tuv |
| | <i>No inoculation * 10 kg Nitrogen</i> | 24.3kl | 6.5qrs | 21.5no | 10.55stu | 19.3qrs |
| | <i>No inoculation * 20 kg Nitrogen</i> | 26.3jk | 7.2pqr | 23.2m | 11.98pqr | 19.6qr |
| | <i>Azesperillum * No fertilizer</i> | 34.3gh | 11.1ghij | 27.3h | 16.98kl | 23.3mn |
| | <i>Azesperillum * 10 kg Nitrogen</i> | 48.03a | 16.02a | 35.06ab | 30.8a | 30.9a |
| | <i>Azesperillum * 20 kg Nitrogen</i> | 42.6bc | 13.4cd | 31.3d | 26.6efg | 28.3de |
| | <i>Azotobacter * No fertilizer</i> | 31.3i | 10.42jkl | 27.1hi | 16.04lm | 22.9mn |
| | <i>Azotobacter * 10 kg Nitrogen</i> | 42.6bc | 13.3d | 31.3d | 27def | 27.6efg |
| | <i>Azotobacter * 20 kg Nitrogen</i> | 39.1de | 12.09efgh | 29.2fg | 24.6hi | 26.6gh |
| Hashem هاشم | <i>No inoculation * No N fertilizer</i> | 22.1mn | 6.4rs | 21op | 11.1rst | 19.3qrs |
| | <i>No inoculation * 10 kg Nitrogen</i> | 26.3jk | 7.5pq | 23.5lm | 12.5pq | 20.36pq |
| | <i>No inoculation * 20 kg Nitrogen</i> | 28.3j | 8.2op | 25.2k | 14.01no | 19.9q |
| | <i>Azesperillum * No fertilizer</i> | 36.3fg | 12.2efg | 29.3f | 18.01k | 24.3kl |
| | <i>Azesperillum * 10 kg Nitrogen</i> | 48.1a | 15.8a | 35.3a | 29.7ab | 30.6a |
| | <i>Azesperillum * 20 kg Nitrogen</i> | 43.8b | 14.4bc | 33.3c | 27.5cde | 29.3bc |
| | <i>Azotobacter * No fertilizer</i> | 33.3hi | 11.4fghij | 29.1fg | 17.04kl | 23.9lm |
| | <i>Azotobacter * 10 kg Nitrogen</i> | 44.6b | 14.4bc | 33.3c | 28cd | 28.6cd |
| | <i>Azotobacter * 20 kg Nitrogen</i> | 41.1cd | 13.1de | 31.2de | 25.5gh | 26.9fgh |
| ecotype توده محلی | <i>No inoculation * No N fertilizer</i> | 14.32q | 4.06w | 17.20r | 7.8x | 16.3w |
| | <i>No inoculation * 10 kg Nitrogen</i> | 18.3op | 5.06uvw | 19.5q | 9.2vw | 17.3uv |
| | <i>No inoculation * 20 kg Nitrogen</i> | 20.3no | 5.2tuv | 21.2nop | 10.6stu | 17.6tuv |
| | <i>Azesperillum * No fertilizer</i> | 25.3kl | 8.7no | 24.1 | 13.05op | 20.9p |
| | <i>Azesperillum * 10 kg Nitrogen</i> | 36.3fg | 11.71fghi | 28.3g | 24i | 25.6ij |
| | <i>Azesperillum * 20 kg Nitrogen</i> | 33.1hi | 10.8ijk | 26.3ij | 21.6j | 23.3mn |
| | <i>Azotobacter * No fertilizer</i> | 28.3j | 9.2mno | 25.3k | 14.03no | 21.3op |
| | <i>Azotobacter * 10 kg Nitrogen</i> | 41.06cd | 13.02de | 31.06de | 25.7fgh | 27.9def |
| | <i>Azotobacter * 20 kg Nitrogen</i> | 36.5fg | 11.6fghi | 28.3g | 23.6i | 26.3hi |

میانگین‌هایی که در هر ستون، حداقل یک حرف مشترک دارند، در سطح $\alpha=0.05$ اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

Means within each column with a letter in common are not significantly different at $\alpha=0.05$.

References

منابع مورد استفاده

- Abdul-Jaleel, C., P. Manivannan, B. Sankar, A. Kishorekumar, R. Gopi, R. Somasundaram, and R. Panneerselvam. 2007. *Pseudomonas fluorescens* enhances biomass yield and ajmalicine production in *Catharanthus roseus* under water deficit stress. *Plant and Soil*. 60: 7-11.
- Adgo, E., and J. Schulze. 2002. Nitrogen fixation and assimilation efficiency in Ethiopian and German pea varieties. *Plant and Soil*. 239: 291-299.
- Ahmadi Fard, M., K. Azizi, S. Haydari, and A. Daraie Mofrad. 2011. The effect of different fertilizing methods on the protein and phosphorus contents and grain yield of the lentil (*Lens culinaris* Medic.) in Khorramabad climatic condition, Iran. *Agronomy Knowledge*. 4(6): 1-16.
- Alami Milani, M., R. Amini, and A. Bande Hagh. 2013. Effect of bio-fertilizers and combination with chemical fertilizers on grain yield and yield components of pinto bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of Sustainable Agriculture and Production Science*. 4(24): 15-29. (In Persian).
- Amiri Deh Ahmadi¹, S.R., M. Parsa, A. Nezami, and A. Ganjeali. 2011. The effects of drought stress at different phenological stages on growth indices of chickpea (*Cicer arietinum* L.) in greenhouse conditions. *Iranian Journal of Pulses Research*. 1(2): 69-84. (In Persian).
- Azadi S., A. Siadat, R. Naseri, A. Soleymanifard, and A. Mirzaei. 2013. Effect of integrated application of *Azotobacter chroococcum* and *Azospirillum brasilense* and nitrogen chemical fertilizers on qualitative and quantitative of durum wheat. *Journal of Crop Ecophysiology*. 5(26): 129-146. (In Persian).
- Bazdar, S., K. Khavazi, R. Naseri, and R. Soleimani. 2013. Effect of co-inoculation of phosphorous fertilizer and plant growth promoting rhizobacteria on yield and its components of two bread wheat cultivars in Mehran region. *Soil Researchs Journal*. 27(3): 263-274. (In Persian).
- Beck, D.P., L.A. Materon, and F. Afandi. 1993. Practical rhizobium-legume technology manual. ICARDA, Aleppo, Syria.
- Darabi, F., A. Hatami, and M.J. Zarea. 2014. Plant growth-promoting rhizobacteria improved growth, yield and yield components of Lentil (*Lens culinaris* Medic) under shading growing conditions. *International Journal of Biosciences*. 4(12): 346-352.
- FAO. 2014. Faostat/en/#data/QC.
- Hamaoui, B., J.M. Abbadi, S. Burdman, A. Rashid, S. Sarig, and Y. Okon. 2001. Effects of inoculation with *Azospirillum brasilense* on chickpeas (*Cicer arietinum* L.) and faba beans (*Vicia faba*) under different growth conditions. *Agronomie*. 21: 553-560.
- Khodarahmi, M., S.H. Sabaghpour, and A. Farnia. 2013. Effect of different strains of rhizobium on seed yield and its components of improved chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars. *Seed and Plant*. 2-3(3): 403-412. (In Persian).
- Kumar, V., and K.P. Singh. 2001. Enriching vermicompost by nitrogen fixing and phosphate solubilizing bacteria. *Bioresource Technology*. 76(2): 173-175.

- Mohammadzadeh, A., N. Majnon Hosseini, M. Gaffari, S. Asadi, A. Dosti, and K. Khavazi. 2011. Effect on seedling emergence, growth-promoting bacteria in leaf senescence and yield of two varieties of red beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Iranian Journal of Crop Sciences*. 43(4): 590-600. (In Persian).
- Moradi, M., A. Siadat, K. Khavazi, R. Naseri, A. Maleki, and A. Mirzaei. 2011. Effect of application of bio-fertilizer and phosphorous fertilizers on quantities and qualitative traits of spring wheat. *Journal of Crop Ecophysiology*. 5(18): 51-66. (In Persian).
- Moradi, S., and H. Besharati. 2015. Effects of water stress and inoculation with mycorrhizal fungi and symbiotic bacteria on vegetative indices of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Journal of Soil Management and Sustainable Production*. 5(3): 219-231. (In Persian).
- Mousavi, S.K., and G.H. Shakarami. 2008. Effect of supplementary irrigation on yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.) in low rainfall condition. *Electronic Journal of Crop Production*. 1(4): 99-113. (In Persian).
- Naseri, R., K. Fasihi, and M.M. Poursiahbidi. 2013. The effect nitrogen application rate and wild oat density on yield and yield components of wheat cv.Yavaros. *Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi)*. 98: 67-76. (In Persian).
- Naseri, R., S.A. Siyadat, A. Soleymani Fard, R. Soleymani, and H. Khosh Khabar. 2011. Effects of planting date and density on yield, yield components and protein content of three chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars under rainfed conditions in Ilam province. *Iranian Journal of Pulses Research*. 2(2): 7-18. (In Persian).
- Nori, M.J., A. Mozafari, and M. Mirzaee-Haydari. 2016. Evaluation of yield and yield components of lentil (*Lens culinaris* Medik.) effected by biofertilizer, nitrogen starter and supplemental irrigation in Kermanshah province. *Journal of Agronomy and Plant Breeding*. 12(1): 1-14. (In Persian).
- Rabieyan, Z., F. Rahimzadeh Khoei, M. Yarnia, M. Rabieyan, and Z. Fakhariyan. 2011. Effect of biofertilizers on yield and yield components of chickpea (*Cicer arietinum* L.) Cv. Pirouz under different levels irrigation. 5th National conference on New Ideas in Agriculture. 16-17 February. Islamic Azad University Branch Khorasgan. (In Persian).
- Rezaei-chiyaneh, E., M. Tajbakhsh, M. Ghiyasi1, and R. Amirnia. 2015. Effect of integrated organic and chemical fertilizers on quantitative and qualitative yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under dry farming conditions. *Research in Field Crops*. 3(1): 55-69. (In Persian).
- Rokhzadi, A., A. Asgharzadeh, F. Darvish, Gh. Nour-Mohammadi, and E. Majidi. 2008. Influence of plant growth-promoting rhizobacteria on dry matter accumulation and yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under field condition. *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences*. 3(2): 253-257
- Rokhzadi, A., and V. Toashin. 2011. Nutrient uptake and yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.) inoculated with plant growth promoting rhizobacteria. *Australian Journal of Crop Science*. 5(1): 44-48.
- Rudresh, D.L., M.K. Shivaprakash, and R.D. Prasad. 2005. Effect of combined application of Rhizobium, phosphate solubilizing bacterium and Trichoderma spp.

- on growth, nutrient uptake and yield of chickpea (*Cicer aritenium* L.). *Applied Soil Ecological*. 28: 139-146.
- Sabaghpour, S.H. 2006. Prospects and problems for enhancing grain yield of food legumes on dryland in Iran. *Iranian Journal of Crop Science*. 2(30): 15-54. (In Persian).
 - Sandhya, V., S.K.Z. Ali, M. Grover, G. Reddy, and B. Venkateswarlu. 2010. Effect of plant growth promoting *Pseudomonas spp.* on compatible solutes, antioxidant status and plant growth of maize under drought stress. *Plant Growth Regulation*. 62: 21-30.
 - Seiedi, M.N., and R. Seyed Sharifi. 2014. Effect of inoculation with rhizobium and nitrogen fertilizer application on yield and agronomic traits of soybean in Ardabil region. *Iranian Field Crops Research Journal*. 11(4): 618-628. (In Persian).
 - Shaalan, M.N. 2005. Influence of biofertilizers and chicken manure on growth, yield and seeds quality of nigella (*Nigella sativa* L.) plants. *Egyptian Journal of Agricultural Sciences*. 83: 811-828.
 - Shabani, R., and M. Armin. 2015. Effects of time and integrated application of biological and chemical fertilizers on yield and yield components of chickpea (*Cicer aritenium* L.). *Journal of Applied Research of Plant Ecophysiology*. 1(4): 31-43.
 - Talukder, A.S.M.H.M., G.K. Mc Donald, and G.S. Gill. 2014. Effect of short-term heat stress prior to flowering and early grain set on the grain yield of wheat. *Field Crops Research*. 160: 54-63
 - Wahid, A., S. Gelani, M. Ashraf, and M.R. Foolad. 2007. Heat tolerance in plants: an over view. *Environmental and Experimental Botany*. 61: 199-223.
 - Wang, X., J. Cai, D. Jiang, F. Liu, T. Dai, and W. Cao. 2011. Pre-anthesis high-temperature acclimation alleviates damage to the flag leaf caused by post-anthesis heat stress in wheat. *Journal of Plant Physiology*. 168: 585-593.
 - Xu, Q.A., P.A.Q. Aulsen, J.A. Guikema, and G.M. Paulsen. 1995. Functional and ultrastructural injury to photosynthesis in wheat by high-temperature during maturation. *Environmental and Experimental Botany*. 35: 43-54.
 - Yadegari, M., H.A. Rahmani, G. Noormohammadi, and A. Ayneband. 2008. Evaluation of bean (*Phaseolus vulgaris*) seeds inoculation with *Rhizobium phaseoli* and plant growth promoting rhizobacteria on yield and yield components. *Pakistan Journal of Biological Sciences*. 11(15): 1935- 1939.

Reaspose of Yield and Yield Components of Chickpea (*Cicer arietinum* L.) Cultivars to the Application of Plant Growth Promoting Rhizobacteria and Nitrogen Chemical Fertilizer under Rainfed Conditions

Amir Mirzaei^{1*}, Rahim Naseri², Seyed Mohammad Torab Miri², Abbas Soleymani Fard³, and Amin Fathi⁴

Received: December 2016, Revised: 15 July 2017, Accepted: 13 August 2017

Abstract

To study the effects of plant growth promoting rhizobacteria on yield and yield components of four chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars in Ilam region under rainfed conditions, a field experiment was conducted using factorial arrangement based on randomized complete block design with three replications at the Agricultural Research Center of Ilam during 2014-2015 cropping seasons. Cultivars under study were Azad, Hashem, Arman and an ecotype. Treatments were plant growth promoting rhizobacteria (without inoculation, 10 kg nitrogen fertilizer, 20 kg nitrogen fertilizer, *Azospirillum brasilense*+without nitrogen fertilizer, *Azospirillum brasilense*+10 kg nitrogen fertilizer, *Azospirillum brasilense*+20 kg nitrogen fertilizer, *Azotobacter chroococcum*, without nitrogen fertilizer, *Azotobacter chroococcum*+10 kg nitrogen fertilizer, *Azotobacter chroococcum*+20 kg nitrogen fertilizer. The interaction effect of cultivar×plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) were significant on pods per plant, seed per pod, 100-seed weight, seed yield, biological yield, plant height and protein content; Thus, application of chemical fertilizer and PGPR in these cultivars increased all traits under study. The highest mean seed yield of 1533 kg.ha⁻¹ was obtained from interaction effect of Azad cultivars×*Azospirillum*+10 kg nitrogen fertilizer and lowest grain yield with mean yield of 529 kg.ha⁻¹ observed from interaction effect of ecotype×without inoculation that increased 65.5% to check treatment. Inoculation with *Azesperillum* was found to be more effective in Azad and Hashem cultivars and inoculation with *Azotobacter* was found to be more effective in Arman cultivar and ecotype. According to the results obtained from this study, Azad cultivar and inoculation with *Azospirillum*+10 kg nitrogen fertilizer produced highest sedd yield under rainfed condition of Ilam Agricultural Research Center.

Key words: Plant Growth Promoting Rhizobacteria, Rainfed conditions, Grain yield, Chickpea.

1- Crop and Horticultural Science Research Department, Ilam Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Ilam, Iran.

2- Department of Agronomy and Plant breeding, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran.

3- Instructor, Department of Agricultural Science, Payame Noor University, Iran.

4- Young Researchers and Elite Club, AyatollahAmoli Branch, Islamic Azad University, Amol, Iran.

* Corresponding Author: amir.mirzaei53@gmail.com