علوم و تحقیقات بذر ایران
سال پنجم/ شماره سوم/ ۱۳۹۷ (۱۲۹ - ۱۱۷)

DOI: 10.22124/jms.2018.2939

تأثیر پیش‌تیمار بذر سویا با باکتری‌های ریزوبیومی و محرک رشدی بر گره‌زایی و بهینه‌سازی مصرف کود نیتروژن

رضا تقی‌زاده

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۳/۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۹/۷

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر پیش تیمار بذر سویا با باکتری‌های ریزوبیومی و محرک رشدی بر گره‌بندی و بهینه‌سازی مصرف کود نیتروژن، آزمایشی در سال ۱۳۹۰ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اردبیل به‌صورت کرت های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا گردید. فاکتورهای مورد بررسی شامل مقادیر مختلف کود نیتروژن (صفر، ۲۵، ۵۰ و ۷۵ کیلوگرم در هکتار) به‌صورت اوره در کرت‌های اصلی و پیش تیمار بذر با باکتری *ریزوبیوم جاپونیکوم* و باکتری‌های محرک رشد *ازتوباکتر کروکوکوم* استرین ۵، *ازوسپریلیوم لیپوفروم* استرین OF و عدم تلقیح بذر (شاهد) با باکتری‌ها در کرت‌های فرعی بودند. نتایج نشان داد که با افزایش میزان کود مصرفی، کارآیی مصرف کود کاهش یافت. بیشترین تعداد (۱۶) و وزن خشک گره‌ها (۱۶ میلی‌گرم) در تلقیح بذر با *ریزوبیوم جاپونیکوم* مربوط به تیمار ۵۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار و کمترین آن‌ها در حالت عدم تلقیح و عدم مصرف کود برآورد گردید. همچنین، بیشترین ارتفاع گیاه (۱۱۷/۲۲ سانتی‌متر)، تعداد نیام در بوته (۵۴/۷۶)، وزن صد دانه (۲۸/۲۶ گرم) و عملکرد دانه در واحد سطح (۲۶۷ گرم در مترمربع) مربوط به در تیمار ۷۵ کیلوگرم در هکتار اوره به همراه تلقیح بذر با *ریزوبیوم جاپونیکوم* بود. در سطح کودی ۷۵ کیلوگرم در هکتار اوره، تلقیح با باکتری‌های محرک رشد *ازوسپریلیوم*، *ازتوباکتر* و باکتری *ریزوبیوم* باعث افزایش عملکرد (به ترتیب ۱۴/۴، ۲۱/۴ و ۴۰/۶ درصد) نسبت به عدم تلقیح بذر شد. بر اساس این نتایج، می‌توان کاربرد ۷۵ کیلوگرم اوره در هکتار به همراه تلقیح بذر با ریزوبیوم را برای سودمندی تولید سویا در منطقه مورد مطالعه پیشنهاد نمود.

واژه‌های کلیدی: باکتری‌های محرک رشد؛ باکتری‌های ریزوبیومی؛ تلقیح بذر؛ سویا؛ نیتروژن؛ گره‌زایی

استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد آستارا، آستارا، ایران
*نویسنده مسئول: r.taghizadeh@iau-astara.ic.ir

مقدمه

سویا در بین گیاهان زراعی جایگاه مهمی را از لحاظ تأمین پروتئین و روغن دارا است. کشت آن به عنوان علوفه، سیلو و کود سبز در درجه بعدی اهمیت قرار دارد (Rudresh *et al*., 2005). نیتروژن یکی از سه عنصر غذایی پرمصرف مورد نیاز برای افزایش عملکرد محصولات زراعی و یکی از اجزای اصلی کلروفیل است که نقش مهمی در فتوسنتز ایفا می‌کند. همچنین نیتروژن یکی از مواد ساختمانی پروتئین‌ها و در فرم بازهای ازته، جزء اصلی DNA و RNA است. بر حسب نیاز غذایی؛ گیاهان به نیتروژن بیشتر از سایر مواد مغذی نیاز دارند؛ اما به علت اتلاف دائمی نیتروژن، محدودیت زیادی از نظر میزان نیتروژن قابل‌دسترس در خاک وجود دارد (Premachandra *et al*., 2016). همانند سایر گیاهان تیره‌ی بقولات، علیرغم وجود باکتری‌های مخصوص تثبیت زیستی نیتروژن در روی ریشه سویا، مصرف مقدار کمی کود نیتروژنه (۲۵ تا ۵۰ کیلوگرم در هکتار) در ابتدای دوره رشد می‌تواند منجر به بهبود گره بندی، افزایش تثبیت نیتروژن و در نهایت افزایش عملکرد گیاه شود (Seyed Sharifi, 2010;). شیرواستاوا و همکاران (Shrivastava *et al*., 2000) در بررسی اثر تلقیح بذر با باکتری *ریزوبیوم* در سویا مشاهده کردند که تلقیح با *ریزوبیوم* سبب افزایش ۸/۶ درصدی عملکرد سویا در مقایسه با کاربرد معمول کود شد. آلبایراک و همکاران (Albayrak *et al*., 2006)، با مطالعه روی ماشک به این نتیجه رسیدند که تلقیح با باکتری *ریزوبیوم* موجب افزایش عملکرد بیولوژیکی (۸/۵٪)، عملکرد دانه (۷/۶٪)، طول نیام (۲۵/۵٪)، تعداد دانه در نیام (۱۶/۲٪)، تعداد نیام در گیاه (۴/۲۸٪)، طول ساقه اصلی (۳/۵٪) و وزن هزار دانه (۵/۵٪) در مقایسه با عدم تلقیح گردید.

عملکرد سویا در بیشتر مناطق خشک و نیمه خشک کشور به دلیل پایین بودن مقدار مواد آلی خاک و کمبود کودهای نیتروژنی پایین است. گرچه یکی از راهکارهای مناسب برای حل این مشکل، استفاده از کودهای نیتروژنی می‌باشد. با این وجود مصرف بی‌رویه کودهای نیتروژنی اثرات منفی همچون ورس گیاهان زراعی، افزایش رشد علف‌های هرز و حمله آفات (Singh, 2005; Chen, 2006)، ورود نیترات به آب‌های زیرزمینی و تجمع آن در اندام‌های گیاهی (Sanchez *et al*., 2004) را به همراه خواهد داشت. از این رو به منظور حفظ تعادل اکولوژیکی و افزایش تولید، تجدیدنظر در به‌کارگیری مقادیر مناسب از کودهای شیمیایی امری اجتناب‌ناپذیر و ضروری به نظر می‌رسد که به موازات آن کاربرد کودهای زیستی در جهت نیل به افزایش تولید و حفظ حاصلخیزی خاک در نظام‌های کشاورزی پایدار و ارگانیک، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (Sharma, 2003). باکتری‌های محرک رشد گیاه (PGPR)[1] از مهم‌ترین کودهای زیستی محسوب می‌گردند (Dabaghian *et al*., 2015). در فرآیند رشد، مکانیزم باکتری‌های محرک رشد به طور کامل شناخته‌شده نیست، اما در حالت کلی می‌توان به توان تولید هورمون‌های محرک رشد (Egamberdiyeva, 2007)، مشارکت در تثبیت زیستی نیتروژن (Salantur *et al*., 2006)، حلالیت فسفر و سایر مواد معدنی (Cattelan *et al*., 1999) ، تولید مقادیر قابل‌ملاحظه هورمون‌های تحریک‌کننده رشد به ویژه انواع اکسین، جیبرلین و سیتوکنین (Zahir *et al*., 2004) اشاره نمود. استفاده از باکتری‌های محرک رشد می‌تواند ضمن کمک به بهبود عملکرد، کاربرد کودهای شیمیایی را کاهش دهد (Chandrasekar *et al*., 2005; Cakmakci *et al*., 2007). ودریا و همکاران (Vederia *et al*., 2001) در آزمایشی بر توان تثبیت نیتروژن و عملکرد ارقام سویا در تلقیح با سه سویه *سینوریزوبیوم* و یک‌سویه *ریزوبیوم جاپونیکوم* به اختلاف معنی‌دار در میزان نیتروژن و وزن اندام هوایی در بین سویه‌ها و ارقام مختلف سویا اشاره کردند. چاندراسکار و همکاران (Chandrasekar *et al*., 2005) افزایش ارتفاع گیاه را بر اثر تلقیح با *ازتوباکتر* و *آزوسپریلیوم* همراه با کاربرد اوره گزارش دادند. دیلیپ کومار و همکاران (Dileep Kumar *et al*., 2001) نشان دادند تلقیح بذرهای نخود با *سودوموناس فلورسنس*[2] در مقایسه با تیمارهای شاهد منجر به افزایش ارتفاع ساقه، طول ریشه و وزن خشک گیاه گردید.

به‌دلیل اهمیت تلقیح بذر با باکتری *ریزوبیوم* و باکتری‌های محرک رشدی در بهینه‌سازی مصرف کود نیتروژن و عملکرد سویا به ویژه در کشاورزی پایدار، هدف

[1] Plant Growth Promoting Rhizobacteria

[2] *Pseudomonas fluorescens*

از انجام این تحقیق بررسی واکنش سویا به مقادیر مختلف نیتروژن، شناسایی مناسب‌ترین نوع تلقیح با باکتری به منظور مصرف بهینه نیتروژن و بهبود عملکرد سویا در شرایط اقلیمی اردبیل بود.

مواد و روش‌ها

آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۰ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اردبیل با مختصات جغرافیایی ۳۸ درجه و ۱۵ دقیقه طول شرقی، ۴۸ درجه و ۱۵ دقیقه عرض شمالی با ۱۳۵۰ متر ارتفاع از سطح دریا انجام شد. خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک مزرعه آزمایشی در جدول ۱ آورده شده است.

آزمایش به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار به اجرا درآمد. کرت-های اصلی شامل سطوح مختلف نیتروژن (صفر، ۲۵، ۵۰ و ۷۵ کیلوگرم اوره در هکتار) و کرت‌های فرعی در چهار سطح شامل تلقیح بذر با باکتری *ریزوبیوم جاپونیکوم* (*Rhizobium japanicum*) و باکتری‌های محرک رشد *Azotobacter chroococcum* strain 5,) *Azosprilium lipoferum* strain OF) و عدم تلقیح بذر با باکتری‌ها بودند. این باکتری‌ها بومی خاک‌های کشور بوده و مایه تلقیح آن‌ها از بخش تحقیقات بیولوژی موسسه تحقیقات خاک و آب تهیه شد. رقم سویای مورد استفاده در این آزمایش L_{17} بود. عملیات آماده‌سازی زمین شامل شخم و دیسک در بهار سال ۱۳۹۰ بود. کلیه مراحل تلقیح در سایه و دور از نور خورشید صورت گرفت. از محلول صمغ عربی (۱۵٪ وزنی - حجمی) برای تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشدی استفاده شد. برای تلقیح بذرها میزان هفت گرم مایه تلقیح که هر گرم آن دارای 10^7 کلنی باکتری زنده و فعال بود، استفاده گردید. بلافاصله پس از تلقیح، کشت به‌صورت دستی در چهاردهم اردیبهشت ماه انجام شد و پس از سبز شدن بوته‌ها در مرحله ۶-۴ برگی، نسبت به تنک کردن بوته‌های اضافی اقدام شد. تراکم کاشت، در حدود ۴۰ گیاه در مترمربع در نظر گرفته شد. اولین آبیاری بلافاصله پس از کاشت و آبیاری‌های بعدی در طول فصل رشد بر اساس شرایط محیطی و نیاز گیاه زراعی در هفت مرتبه (اولین آبیاری قبل از کاشت بابت هیرم‌کاری، دومین آبیاری یک هفته بعد از کاشت، سومین آبیاری ۲۰ روز بعد و سپس هر ۱۶ روز یک مرتبه تا ۲۰ روز قبل از مرحله رسیدگی) انجام شد. کنترل علف‌های هرز در طول دوره رشد به‌صورت دستی انجام شد. هر کرت آزمایشی شامل ۶ ردیف کاشت به طول ۵ متر، بافاصله بین ردیفی ۵۰ سانتی-متر در نظر گرفته شد. به عبارتی دیگر تراکم کاشت در این کیسه‌های پلاستیکی مشابه تراکم دیگر خطوط کاشت در مزرعه بود. به منظور تعیین اثر تیمارها بر گره زایی و وزن خشک گره، در هر کرت فرعی ۶ کیسه پلاستیکی در عمق ۵۰ سانتی‌متری خاک که هر یک حاوی دو گیاه سویا بود، استفاده شد (Namvar *et al.*, 2011). فاصله بین کرت-های اصلی و همچنین بلوک‌ها از یکدیگر ۱/۵ متر مد نظر قرار گرفت تا عامل کود در هر کرت اصلی مستقل از کرت-های اصلی مجاور اعمال شود.

جدول ۱- تجزیه برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1. Soil physical and chemical characteristics

عمق خاک نمونه‌برداری Soil sampling depth (cm)	کربنات کلسیم Calcium carbonate (%)	pH	درصد اشباع Saturation	رس Clay (%)	لوم Clay (%)	شن Sand (%)	بافت Soil texture	کربن‌آلی Organic carbon (%)	نیتروژن کل Nitrogen (%)	فسفر Phosphorus (mg per kg)	پتاسیم Potassium (mg per kg)
0-40	19	7.9	44	6	68	26	سیلتی لومی Silty loam	0.72	0.09	26	422

برآورد وزن و تعداد گره‌ها از گیاه‌هایی که قبلاً در هر کرت در داخل کیسه‌های پلاستیکی قرار داده‌شده بودند انجام شد. برای این منظور، ریشه‌ها به دقت از کیسه‌ها خارج و شستشو داده شدند. سپس گره‌ها از سیستم ریشه‌ای جدا و تعداد آن‌ها یادداشت شد. وزن خشک گره‌ها پس از قرار گرفتن در آون در دمای ۵ ± ۷۵ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۴۸ ساعت و بیشتر (تا زمان تثبیت وزن خشک نهایی) مورد اندازه‌گیری قرار گرفت. کارآیی زراعی مصرف نیتروژن نیز با استفاده از فرمول پیشنهادی گودراد و جلوم

(Goodroad and Jellum, 1988) به‌صورت رابطه زیر برآورد گردید:

$$E_e = (Y_{df} - Y_{ef})/F$$

در این رابطه E_e: کارآیی مصرف کود نیتروژن (کیلوگرم در کیلوگرم)، Y_{df}: مقدار ماده خشک یا عملکرد دانه تولیدشده توسط گیاهی که کود نیتروژن دریافت کرده است (کیلوگرم در هکتار)، Y_{ef}: مقدار ماده خشک یا عملکرد دانه تولیدشده توسط گیاهی که کود نیتروژن دریافت نکرده است (کیلوگرم در هکتار) و F: مقدار کود نیتروژن (کیلوگرم در هکتار) می‌باشد.

عملکرد دانه از سه خط وسط هر کرت، با در نظر گرفتن اثر حاشیه‌ای اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری اجزای عملکرد و برخی دیگر از صفات (ارتفاع بوته، تعداد نیام در بوته، تعداد دانه در نیام، تعداد دانه در نیام) ۱۲ گیاه به طور تصادفی از خطوط اصلی هر واحد آزمایشی، انتخاب و میانگین آن‌ها به عنوان ارزش صفت مورد مطالعه در هر واحد آزمایشی منظور شد. داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS تجزیه و تحلیل‌شده و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

نتایج

تأثیر سطوح نیتروژن در سطح احتمال یک درصد و اثر باکتری‌های ریزوبیومی و محرک رشدی در سطح احتمال پنج درصد بر کارآیی مصرف کود معنی‌دار بود (جدول ۲). با افزایش میزان کود مصرفی، کارآیی مصرف کود اوره کاهش یافت هر چند که اختلاف آماری معنی‌داری بین مصرف ۲۵ تا ۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار وجود نداشت و کمترین کارآیی نیز به بالاترین سطح از کود مصرفی (مصرف ۷۵ کیلوگرم اوره در هکتار) تعلق داشت، به طوری که میزان این کارآیی از ۹/۶۷ کیلوگرم بر کیلوگرم در به‌کارگیری ۲۵ کیلوگرم در هکتار کود اوره تا ۷/۳۴ کیلوگرم بر کیلوگرم در ۷۵ کیلوگرم در هکتار اوره متفاوت بود (شکل ۱).

تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشدی و ریزوبیومی نسبت به حالت عدم تلقیح، موجب افزایش کارآیی مصرف کود (۸/۶۴ الی ۱۹/۱ درصد) گردید، به طوری که بیش‌ترین مقدار کارآیی مصرف کود به تلقیح بذر با باکتری‌های ریزوبیومی، *ازتوباکتر* و *ازوسپریلیوم* (به ترتیب ۹/۲۳، ۹/۱۶ و ۸/۴۲ کیلوگرم بر کیلوگرم در هکتار) تعلق داشت (شکل ۲).

نتایج نشان داد که کاربرد سطوح مختلف کود، تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشدی و اثر ترکیب تیماری این دو عامل بر تمامی صفات مورد بررسی (ارتفاع بوته، تعداد گره و وزن خشک گره در گیاه، تعداد نیام در بوته، عملکرد در واحد سطح، تعداد دانه در نیام و وزن صد دانه) اثر معنی‌داری داشت (جدول ۳).

مقایسه میانگین اثر ترکیب تیماری این دو عامل بر ارتفاع گیاه نشان داد که بالاترین ارتفاع بوته (۱۱۷/۲۲ سانتی‌متر) در حالت تلقیح بذر با *ریزوبیوم جاپونیکوم* در بالاترین سطح از مصرف کود نیتروژنه (مصرف ۷۵ کیلوگرم اوره در هکتار) و کمترین آن در حالت عدم تلقیح بذر با باکتری‌ها و عدم مصرف کود برآورد گردید.

تعداد و وزن خشک گره‌ها به طور معنی‌داری تحت تأثیر فاکتورهای مورد مطالعه قرار گرفت (جدول ۳). بررسی روند تغییرات تعداد گره در ترکیب تیماری این دو عامل نشان داد که بالاترین تعداد گره (۱۶) در حالت تلقیح بذر با *ریزوبیوم جاپونیکوم* در مصرف ۵۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار و کمترین آن (۸/۳۶) در حالت عدم تلقیح بذر با باکتری‌ها و عدم مصرف کود برآورد گردید (شکل ۳).

بررسی روند تغییرات وزن خشک گره تحت تأثیر اثر ترکیب تیماری این دو عامل نشان داد که بالاترین مقدار آن (۱۶ میلی‌گرم) در حالت تلقیح بذر با *ریزوبیوم جاپونیکوم* در مصرف ۵۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار و کمترین آن (۸/۲۶ میلی‌گرم) در حالت عدم تلقیح بذر با باکتری‌ها و عدم مصرف کود برآورد گردید (شکل ۴).

تیمارهای مورد مطالعه (مقادیر مختلف کود اوره و تلقیح بذر با باکتری‌های ریزوبیومی و محرک رشدی) اثر معنی‌داری بر تعداد نیام در گیاه داشتند (جدول ۳). مقایسه میانگین اثر ترکیب تیماری این دو عامل بر تعداد نیام در گیاه نشان داد که بالاترین تعداد نیام در بوته در حالت تلقیح بذر با *ریزوبیوم جاپونیکوم* (۵۴/۷۶) در بالاترین سطح از مصرف کود و کمترین آن در حالت عدم تلقیح بذر با باکتری (۲۵/۷) و عدم مصرف کود برآورد گردید (جدول ۴). نتایج نشان داد تعداد دانه در نیام تحت تأثیر هیچ‌کدام از فاکتورهای مورد بررسی قرار نگرفت (جدول ۳).

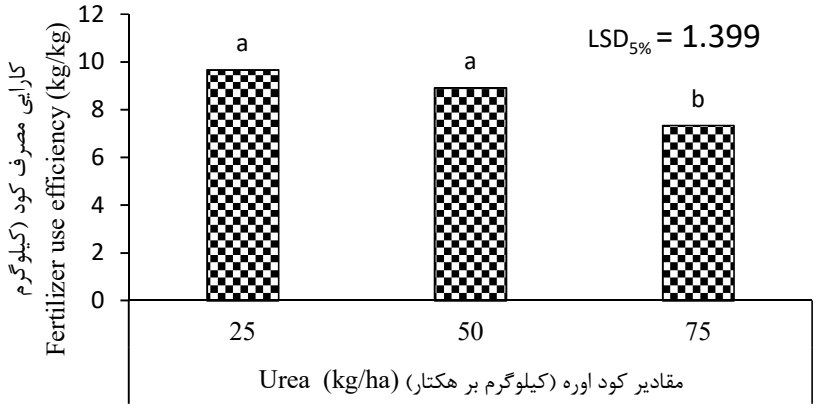
جدول ۲- تجزیه واریانس پیش تیمار بذر با باکتری‌های ریزوبیومی و محرک رشدی بر کارآیی مصرف کود اوره در سویا

Table 2. Analysis of variance of seed pretreatment with *Rhizobium* and PGPR on fertilizer use efficiency in soybean

منابع تغییر SOV	درجه آزادی df	میانگین مربعات MS
تکرار Replication	2	9.11**
تلقیح با باکتری Inoculated with bacteria	3	4.38*
اشتباه آزمایشی (۱) E (1)	6	1.47
نیتروژن Nitrogen	2	16.99**
تلقیح × نیتروژن Nitrogen × Inoculation	6	1.41 ns
اشتباه آزمایشی (۲) E (2)	16	1.39
ضریب تغییرات (٪) Coefficient of Variation(٪)	-	7.8

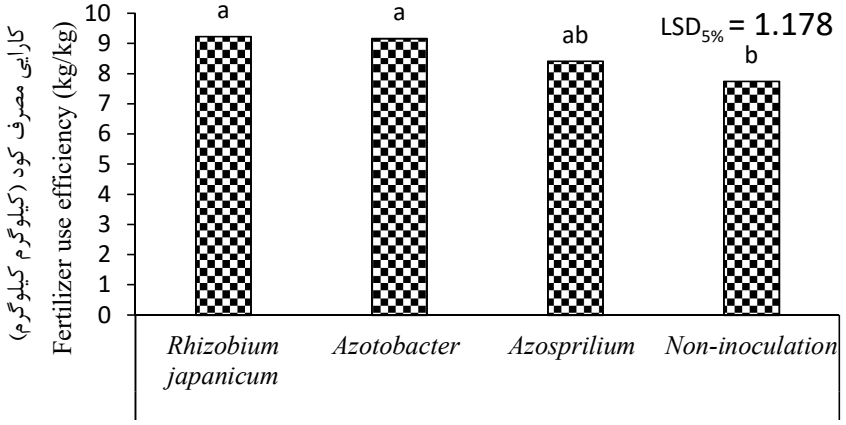
ns، * و**: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

ns,*and**: Non-significant, significant at 5% and 1% of probability levels, respectively.



شکل ۱- مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف کود مصرفی بر کارآیی مصرف کود اوره در سویا

Figure 1. Mean comparison of different levels effects of urea on fertilizer use efficiency in soybean



شکل ۲- مقایسه میانگین اثر تلقیح با باکتری‌های محرک رشد و *ریزوبیوم* بر کارآیی مصرف کود اوره در سویا

Figure 2. Mean comparison of different levels effects of Inoculation with PGPR and *Rhizobium* on fertilizer use efficiency of soybean

جدول ۳- تجزیه واریانس تأثیر پیش تیمار بذر سویا با باکتری‌های ریزوبیومی و محرک رشدی بر عملکرد و برخی صفات مورد مطالعه سویا

Table 4. Analysis of variance for effect of seed treatment with PGPR and rhizobial bacteria on some yield and studied characteristics of soybean

منابع تغییر SOV	درجه آزادی df	میانگین مربعات MS						
		ارتفاع گیاه Plant Height	تعداد گره در گیاه Number of nodules per plant	وزن خشک گره در گیاه Dry weight of nodules per plant	تعداد نیام در گیاه Number of pods per plant	عملکرد در واحد سطح Yield per area unit	تعداد دانه در نیام Number of seeds per pod	وزن صد دانه seed 100 Weight
تکرار Replication	2	3409.44**	143.56**	68.65**	651.27**	16477.55**	3.98**	145.54**
تلقیح با باکتری Inoculated with bacteria	3	766.24**	98.68**	25.8**	180.89**	3678.007**	0.0082	44.64**
اشتباه آزمایشی (۱) E (1)	6	13.81	15.04	4.8	3.076	82.74	0.0268	1.68
نیتروژن Nitrogen	3	1361.93**	257.47**	432.03**	508.108**	16673.13**	0.877	36.58**
تلقیح × نیتروژن Nitrogen × Inoculation	9	63.17**	67.56*	30.54**	15.63**	430.18**	0.493 ns	4.93*
اشتباه آزمایشی (۲) E (2)	24	18.45	2.78	2.08	4.15	111.06	0.312	2.043
ضریب تغییرات (٪) Coefficient of Variation(٪)		5.18	12/71	16/01	5/58	5/73	4/12	8/06

* و** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

.* and ** significant at levels 5 and 1%, respectively.

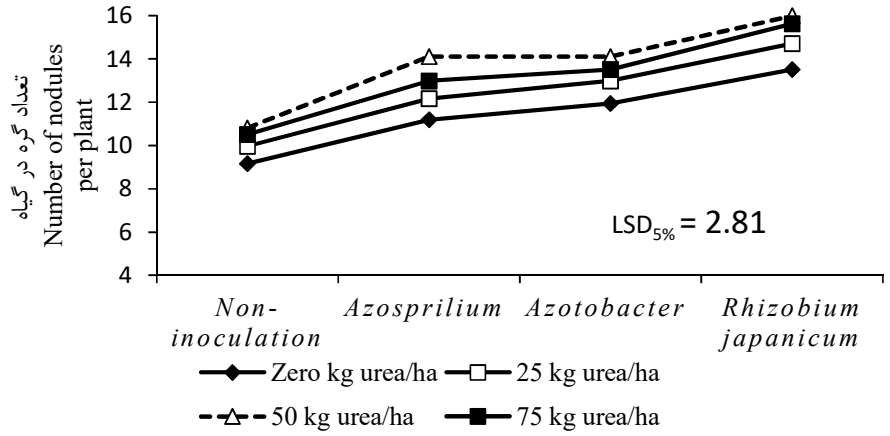
جدول ۴- مقایسه میانگین اثر ترکیب تیماری تلقیح بذر با باکتری رایزوبیومی و محرک رشدی در سطوح مختلف کود اوره بر برخی صفات مورد مطالعه سویا

Table 4. Mean comparision of treatment compound of seed inoculation with PGPR and rhizobial bacteria at different levels of urea fertilizer on some studied traits of soybean

		ارتفاع گیاه (سانتی‌متر) Height (cm)				تعداد نیام در گیاه Number of pods per plant				وزن صد دانه (گرم) 100 Seed Weight (g)			
		عدم تلقیح Non-inoculated	ازوسپریلیوم *Azospirillum*	ازتوباکتر *Azotobacter*	ریزوبیوم جاپونیکوم *Rhizobium japonicum*	عدم تلقیح Non-inoculated	*ازوسپریلیوم Azospirillum*	ازتوباکتر *Azotobacter*	ریزوبیوم جاپونیکوم *Rhizobium japonicum*	عدم تلقیح Non-inoculated	ازوسپریلیوم *Azospirillum*	ازتوباکتر *Azotobacter*	ریزوبیوم جاپونیکوم *Rhizobium japonicum*
سطوح کود اوره مصرفی (کیلوگرم در هکتار) levels of urea fertilizer	0	66.45^{i}	71.91^{i}	77.28^{hi}	83.18^{gh}	25.70^{k}	28.01^{jk}	30.05^{ij}	32.73^{ghi}	13.42^{h}	14.28^{gh}	$13.28c^{defg}$	15.84^{defg}
	25	69.76^{hi}	78.21^{gh}	84.04^{fg}	90.46^{cde}	31.12^{hji}	33.85^{fgh}	35.42^{efg}	38.21^{de}	15.67^{gh}	16.64^{defg}	14.81^{efgh}	18.53^{bcde}
	50	72.33^{gh}	79.42^{defg}	82.06^{cdef}	97.71^{bc}	34.34^{ghf}	37.35^{ef}	38.10^{de}	40.60^{cd}	17.07^{fgh}	18.25^{defg}	18.74^{bcd}	20.18^{b}
	75	78.67^{efg}	88.01^{cd}	91.35^{b}	117.22^{a}	38.10^{de}	41.44^{c}	44.75^{b}	54.76^{a}	20.07^{defg}	21.82^{bcdef}	23.58^{bc}	28.26^{a}
LSD (5%)		`			7.238				3.433				2.409

میانگین‌های با حروف غیرمشابه در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری باهم دارند

Treatments with similar letters are not significantly different.

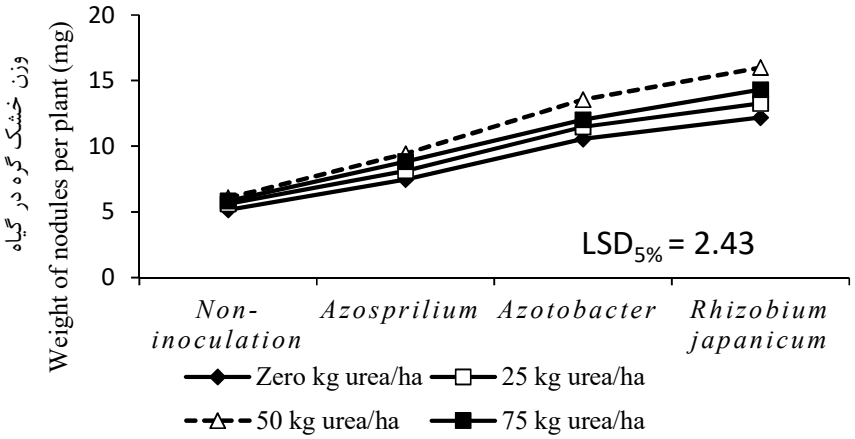


شکل ۳- اثر متقابل تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشدی و ریزوبیومی نسبت به حالت عدم تلقیح و مقادیر مختلف کود اوره بر روند تغییرات تعداد گره در گیاه

Figure 3. Interaction of seed inoculation with PGPR and rhizobial bacteria compared to non-inoculation and various amounts of urea on number of nodes per plant

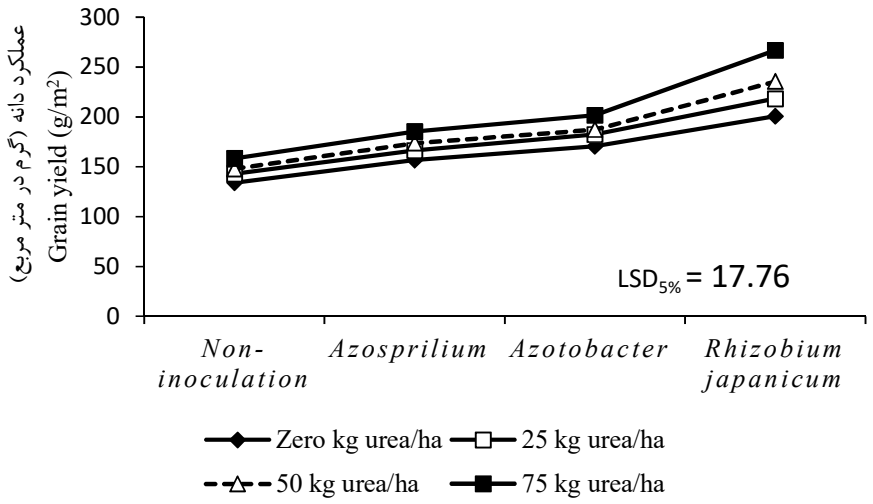
اثر سطوح مختلف کود اوره و تلقیح بذر با باکتری بر وزن صد دانه معنی‌دار بود (جدول ۳)، وزن صد دانه با افزایش میزان کود مصرفی در واحد سطح روند افزایشی نشان داد. تلقیح سبب افزایش معنی‌داری در وزن صد دانه شد. مقایسه میانگین اثر ترکیب تیماری تلقیح بذر با باکتری *ریزوبیوم* نشان داد که بیشترین وزن صد دانه (۲۸/۱۳ گرم) به ترکیب تیماری مصرف ۷۵ کیلوگرم اوره در هکتار در حالت تلقیح بذر با باکتری *ریزوبیوم جاپونیکوم* و کمترین آن (۱۳/۲۷ گرم) به عدم تلقیح بذر با باکتری در حالت عدم مصرف کود به دست آمد (جدول ۴).

اثر مقادیر مختلف کود، تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشدی و ریزوبیومی و اثر متقابل این دو عامل بر عملکرد در واحد سطح معنی‌دار بودند (جدول ۳). مقایسه میانگین اثر ترکیب تیماری تلقیح بذر با باکتری‌ها نشان داد که بیشترین عملکرد در واحد سطح (۲۸۲/۶۱ گرم در مترمربع) به



شکل ۴- اثر تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشدی و ریزوبیومی نسبت به حالت عدم تلقیح و مقادیر مختلف کود اوره بر روند تغییرات وزن خشک گره در گیاه

Figure 4- Effect of seed inoculation with PGPR and rhizobial bacteriacompared to non-inoculation and various amounts of urea on the dry weight of nodules per plant.



شکل ۵- اثر متقابل تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشدی و ریزوبیومی نسبت به حالت عدم تلقیح و مصرف کود اوره بر عملکرد دانه در واحد سطح

Figure 5. Interaction of seed inoculation with rhizobial bacteria and PGPR compared to non-inoculated and urea fertilizer on grain yield per unit area

ترکیب تیماری مصرف ۷۵ کیلوگرم اوره در هکتار در حالت تلقیح بذر با *ریزوبیوم* و کمترین آن (۱۳۴/۱۶ گرم در مترمربع) به عدم تلقیح بذر با باکتری در حالت عدم مصرف کود به دست آمد (شکل ۵). تلقیح با باکتری *ریزوبیوم* نیز سبب افزایش معنی‌داری در عملکرد در واحد سطح شد، به طوری که بالاترین عملکرد در واحد سطح در گیاهانی مشاهده شد که با باکتری *ریزوبیوم* تلقیح شده بودند (جدول ۴).

بحث

نتایج این آزمایش نشان داد که افزایش میزان کود مصرفی، کارآیی مصرف کود اوره را کاهش داد. سید شریفی و همکاران (Seyed Sharifi *et al.*, 2016) نیز گزارش کردند که با افزایش مقادیر کود نیتروژنه، کارایی مصرف کود به طور معنی‌داری کاهش یافت آن‌ها عنوان کردند که واکنش گیاه به مصرف کود نیتروژنه از قانون بازده نزولی میچرلیخ تبعیت می‌کند .به این مفهوم که هرچه میزان کود بیشتر شود، میزان عملکرد کمتر افزایش می‌یابد. ابطحی و همکاران (Abtahi *et al.*, 2014) نیز همچون نتایج این آزمایش، گزارش کردند که با افزایش میزان کود ازته از کارای مصرف آن کاسته می‌شود به نحوی که کمترین کارایی مصرف کود ازته به ترتیب در تیمارهای ۷۵ کیلوگرم در هکتار کود ازته به دست آمد. بالاترین کارایی با جذب اولین سطح کودی به دست می‌آید و به تدریج با مصرف مقادیر بالاتر کود، کمبود عناصر غذایی گیاه برطرف می‌شود و از این مرحله به بعد واکنش گیاه در برابر کود مصرفی و به تبع از آن کارایی مصرف کود کاهش می‌یابد. علت این کاهش را می‌توان به فزونی سرعت از دست رفتن نیتروژن از طریق تصعید، دنیتریفیکاسیون، آبشویی و یا به علت عدم استفاده مؤثر از آن نسبت داد (Taghizadeh and Seyed Sharifi, 2011). همچنین ممکن است با افزایش مصرف کود، گیاه نتواند متناسب با این افزایش، از مرحله رشد زایشی مطلوبی برخوردار باشد و به دلیل شرایط نامساعد محیطی امکان تشکیل اجزاء عملکرد دانه خوبی را نداشته باشد (Mirzakhani *et al.*, 2017).

همچنین مشخص شد که تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشدی و ریزوبیومی افزایش کارآیی مصرف کود را در پی داشت. در این بررسی به نظر می‌رسد باکتری‌های محرک رشد و ریزوبیومی با تغییر در اندازه و مورفولوژی ریشه‌ها از طریق افزایش توانایی ریشه‌ها در دسترسی به حجم وسیع‌تر خاک، افزایش قابلیت استفاده از جذب عناصر غذایی و آب، در نهایت منجر به افزایش راندمان مصرف کود و عملکرد بیش‌تر می‌گردد (Zahir *et al.*, 2004). جهت افزایش کارآیی مصرف عناصر غذایی، روش‌های مصرف کود

باید به‌گونه‌ای تغییر کند که مواد غذایی مورد نیاز گیاه در طول یک مدت طولانی و بدون تلفات در اختیار گیاه قرار گیرد (Kennedy *et al.*, 2004). استفاده از کودهای بیولوژیک تثبیت‌کننده نیتروژن از روش‌های بهینه عملیات زراعی است که می‌تواند این نقص را برطرف نماید (Wu *et al.*, 2005). به عبارتی لازمه صرفه‌جویی و افزایش کارآیی مصرف کودهای نیتروژنه، استفاده از باکتری‌های محرک رشد می‌باشد (Zaidi and Mohammad, 2006; Zahir *et al.*, 2004). محققان در بررسی‌ها اعلام کردند که باکتری‌های محرک رشد، ضمن کاهش میزان مصرف و افزایش کارآیی کودهای شیمیایی، سبب افزایش رشد گیاهان به واسطه افزایش جذب نیتروژن می‌شوند (Fageria and Baligar, 2005).

در این تحقیق تلقیح بذر با *ریزوبیوم جاپونیکوم* در بالاترین سطح از مصرف کود نیتروژنه باعث افزایش ارتفاع بوته شد. نتایج مشابهی مبنی بر افزایش ارتفاع گیاه با کاربرد کود نیتروژن توسط آچاکزای و بن‌گولزای (Achakzai and Bangulzai, 2006) نیز گزارش‌شده است. همچون نتایج این آزمایش، اثر پیش تیمار بذر با *ازتوباکتر* در سطوح مختلف کود نیتروژنی بر ارتفاع نهایی گیاه توسط محققین دیگر در گندم (Kader *et al.*, 2002) و سویا (Seiedi and Seyed Sharifi, 2014) مثبت و معنی‌دار گزارش شده است. نیتروژن با افزایش شاخص سطح برگ و رشد رویشی سبب افزایش در تولید ماده خشک می‌شود، بنابراین پتانسیل گیاه برای تولید بوته‌های بزرگ‌تر با ارتفاع بیشتر افزایش می‌یابد (Seiedi and Seyed Sharifi, 2014).

بر اساس نتایج، بالاترین تعداد و وزن خشک گره با تلقیح بذر توسط *ریزوبیوم جاپونیکوم* توأم با مصرف ۵۰ کیلوگرم کود اوره در حاصل شد. وارنر و نورتون (Werner and Newton, 2005) در بررسی تأثیر مقادیر مختلف کود نیتروژنه اظهار داشتند که مصرف نیتروژن تا یک محدوده‌ای می‌تواند موجب افزایش تعداد و وزن خشک گره، افزایش تثبیت نیتروژن و عملکرد گیاه زراعی شود. بررسی‌های اوقوتچو و همکاران (Ogutcu *et al.*, 2008) بر روی نخود نشان داد که بذرهای تلقیح شده با باکتری *ریزوبیوم*، بالاترین تعداد و وزن خشک گره، وزن خشک اندام هوایی و نیتروژن تثبیتی را نسبت به تیمار شاهد (عدم تلقیح) نشان دادند. به نظر می‌رسد اختلاف ژنتیکی و توان رقابتی بالای برخی سویه‌ها و سازگاری بهتر در ریزوسفر گیاهی موجب برتری آن‌ها می‌شود. صالح راستین (SalehRastin, 2002) اثر باکتری *ریزوبیوم جاپونیکوم* را بر وزن خشک گره در ارقام سویا معنی‌دار گزارش کرد.

بالاترین تعداد نیام در بوته در حالت تلقیح بذر با *ریزوبیوم جاپونیکوم* در بالاترین سطح از مصرف کود حاصل شد. این نتایج با یافته‌های کالیسکان و همکاران (Caliskan *et al.*, 2008) در سویا مطابقت دارد. احمد و همکاران (Ahmed *et al.*, 2007) طی بررسی تأثیر انواع روش‌های تلقیح بر روی عملکرد و اجزای عملکرد نخود اظهار داشتند که بیشترین تعداد نیام در بوته، دانه در نیام، وزن هزار دانه و عملکرد دانه در تیمارهای تلقیح شده به دست آمد و تیمار شاهد (بدون تلقیح) کمترین میزان این صفات را نشان داد.

بررسی سیدی و سید شریفی (Seiedi and Seyed Sharifi, 2014) نیز مشخص ساخت که با مصرف ۹۰ کیلوگرم اوره در هکتار در حالت تلقیح بذر با باکتری *ریزوبیوم* وزن هزار دانه به میزان ۲۳/۳٪ افزایش می‌یابد. افزایش اجزاء عملکرد را می‌توان به دلیل نقش مؤثر باکتری‌های محرک رشد در تثبیت نیتروژن و رهاسازی آن در مراحل رشدی مرتبط دانست که سبب افزایش نیتروژن قابل مصرف در مراحل حساس رشدی می‌شود.

سوقوط (Sogut, 2006) طی مطالعه‌ای که در مورد تأثیر کود نیتروژن و تلقیح با باکتری *ریزوبیوم* بر ارقام مختلف سویا انجام داد، گزارش کرد که تلقیح با باکتری *ریزوبیوم* در مقایسه با کاربرد ۷۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار سبب بهبود کیفیت و کمیت دانه‌های سویا می‌شود. بنابراین استفاده از *ریزوبیوم* به عنوان یک کود زیستی، می‌تواند کاربرد کودهای شیمیایی محتوی نیتروژن را که سبب ایجاد آلودگی در محیط زیست و همچنین بالا رفتن هزینه تولید می‌شوند را کاهش دهد، لذا. به کار گرفتن باکتری‌های *ریزوبیوم* به جای کود برای تأمین نیتروژن مورد نیاز گیاهان به عنوان امری جدی، می‌تواند در کشاورزی پایدار مطرح شود.

رادرش و همکاران (Rudresh *et al.*, 2005) اظهار داشتند که افزایش در میزان رشد و عملکرد نخود تحت تأثیر تلقیح با باکتری *ریزوبیوم* می‌تواند به دلیل افزایش تأمین عناصر غذایی به ویژه نیتروژن طی دوره رشد باشد.

به علاوه، شاید این باکتری بتواند بازده استفاده از نیتروژن را در گیاه افزایش دهد. نتایج مشابهی توسط سایر محققین (Seiedi and Seyed Sharifi, 2014; Amany, 2007; Sogut, 2006) گزارش‌شده است. هر گونه محدودیت در فتوسنتز به علت کاهش نیتروژن برگ‌ها طی دوره پر شدن نیام‌ها، در اثر جذب ضعیف مواد غذایی از خاک و انتقال این عناصر از برگ‌ها به بذرهای در حال پرشدن منجر به افزایش سرعت روند پیری برگ‌ها می‌شود و تأمین نیتروژن اضافی در لگوم‌ها باعث تضمین بهبود رشد رویشی و بالا رفتن مقدار ماده خشک تخصیص‌یافته برای تولید عملکرد دانه خواهد شد (Amany, 2007). بنابراین، به دست آمدن عملکرد بالاتر در سطوح بالای نیتروژن امری دور از انتظار نخواهد بود. در این آزمایش نیز نتایج مشابهی در مورد عملکرد دانه با بالا رفتن میزان نیتروژن قابل‌دسترس برای گیاه مشاهده شد.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج آزمایش نشان دادند که عملکرد و اجزای عملکرد سویا تحت تأثیر مقادیر کود اوره مصرفی و تلقیح بذر با باکتری‌ها قرار گرفتند، به طوری که بالاترین عملکرد، در سطوح بالای مصرف کود نیتروژنه (۷۵ کیلوگرم اوره در هکتار) و تلقیح بذر با باکتری *ریزوبیوم* به دست آمد. مصرف مقادیر بالاتر کود اوره (۷۵ کیلوگرم در هکتار) موجب کاهش تعداد و وزن خشک گره در هر بوته گردید؛ بنابراین، بر اساس مطالعه حاضر، به منظور دسترسی به حداکثر عملکرد دانه در واحد سطح کاربرد ۷۵ کیلوگرم اوره در هکتار به همراه تلقیح با باکتری *ریزوبیوم* برای کشت سویا در منطقه مورد مطالعه، بهتر از دیگر ترکیبات تیماری می باشد.

منابع

Abtahi, S.M., Seyed Sharifi, R. and Qaderi, F.2014. Influence of Nitrogen Fertilizer Rates and Seed Inoculation with Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) on Yield, Fertilizer Use Efficiency, Rate and Effective Grain Filling Period of Soybean (*Glycine max* L.) in Second Cropping. Agriculture science and sustainable Production. 24(3): 111-129. (In Persian) **(Journal)**

Achakzai, A.K.K., and Bangulzai, M.I. 2006. Effect of various levels of nitrogen fertilizer on the yield and yield attributes of pea (*Pisum sativum* L.) cultivars. Pakistan Journal of Botany. 32 (2): 331-340. **(Journal)**

Ahmed, R., Solaiman, A.R.M., Halder, N.K., Siddiky, M.A, and Islam, M.S. 2007. Effect of inoculation methods of *Rhizobium* on yield attributes, yield and protein content in seed of pea. Journal of Soil and Nature. 1(3): 30-35. **(Journal)**

Albayrak, S., Sevimay, C.S. and Tongel, O. 2006. Effect of inoculation with *Rhizobium* on seed yield and yield components of common vetch (*Vicia sativa* L.). Turkish Journal of Agriculture and Forestry. 30: 31-37 . **(Journal)**

Amany, A.B. 2007. Effect of plant density and urea foliar application on yield and yield components of chickpea (*Cicer arietinum* L.). Research Journal of Agriculture and Biological Sciences. 3 (4): 220-223. **(Journal)**

Cakmakci, R., Donmez, M.F. and Erdogan, U. 2007. The Effect of plant growth promoting rhizobacteria on barley seedling growth, nutrient uptake, some soil properties, and bacterial counts. Turkish Journal of Agriculture and Forestry. 31: 189-199. **(Journal)**

Caliskan, S., Ozkaya, I., Caliskan, M.E. and Arslan, M. 2008. The effect of nitrogen and iron fertilization on growth, yield and fertilizer use efficiency of soybean in Mediterranean type soil. Field Crops Research. 108:126-123 .**(Journal)**

Cattelan, A.J., Hartel, P.G. and Fuhrmann, J.J. 1999. Screening for plant growth-promoting rhizobacteria to promote early soybean growth. Soil Science Society of America Journal. 63 1670–1680. **(Journal)**

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

Chen, J. 2006. The combined use of chemical and organic fertilizers and or biofertilizer for crop growth and soil fertility, International Workshop on Sustained management of the Soil-Rhizospher System for Efficient Crop Production and Fertilizer use, October, 16-20, Thailand, pp.11. **(Conference)**

Dabaghian, Z., H. Pirdashti, A. Abasian and Bahari Saravi, S. H., 2015. The effect of biofertilizers, *Thiobacillus*, *Azotobacter*, *Azospirillum* and organic sulfur on nodulation process and yield of soybean (*Glycine Max* L. Merr.). Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi). 107: 17-25. (In Persian) **(Journal)**

Dileep Kumar, S.B., Berggren, I. and Martensson, A.M. 2001. Potential for improving pea production by inoculation with Fluorescent *Pseudomonas* and *Rhizobium*. Plant and Soil. 229: 25-34. **(Journal)**

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

Fageria, N.K. and Baligar, V.C. 2005. Enhancing nitrogen use efficiency in crop plants. Advances in Agronomy. 88: 97-185. **(Journal)**

Goodroad, L. and Jellum, M.D. 1988. Effect of N fertilizer rate and soil pH on N efficiency in corn. Plant and Soil. 106: 85- 89. **(Journal)**

Kader, M.K., Mmian, H. and Hoyue, M.S. 2002. Effects of *Aztobacter* inoculants on the yield and nitrogen uptake by wheat. Journal of Biological Sciences. 2(4): 250 –261. **(Journal)**

Kennedy, I.R., Choudhury, A.T.M.A. and Kecskes, M.L. 2004. Non-symbiotic bacterial diazotrophs in crop-farming systems: can their potential for plant growth promotion be better exploited? Soil Biology and Biochemistry. 36: 1229-1244. **(Journal)**

Mirzakhani, M., Ghanbari Kashan, M. and Farid Hashemi, S.A. 2017. Response of nitrogen physiological efficiency of safflower to animal and chemical fertilizers in Kashan region. Journal of Iranian Plant Ecophysiological Research (plant sciences research). 11(41): 53-64. (In Persian) **(Journal)**

Namvar, A., Seyed Sharifi, R., Sedghi, M., Asghari Zakaria, R., Khandan, T. and Eskandarpour, B. 2011. Study on the Effects of Organic and Inorganic Nitrogen Fertilizer on Yield, Yield Components, and Nodulation State of Chickpea (*Cicer arietinum* L.). Communications in Soil Science and Plant Analysis. 42(9): 1097-1109. **(Journal)**

Ogutcu, H., Algur, O.F., Elkoca, E. and Kantar, F. 2008. The determination of symbiotic effectiveness of *Rhizobium* strains isolated from wild chickpea collected from high altitudes in Erzurum. Turkish Journal of Agriculture and Forestry. 32: 241-248 .**(Journal)**

Premachandra, D., Hudek L. and Brau L. 2016. Bacterial Modes of Action for Enhancing of Plant Growth. Journal of Biotechnology and Biomaterials. 6(3):1-8. **(Journal)**

Rudresh, D.L., Shivaprakash, M.K. and Prasad, R.D. 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 Ecology. 28: 139-146. **(Journal)**

Salantur, A., Ozturk, A. and Akten, S. 2006. Growth and yield response of spring wheat (*Triticum aestivum* L.) to inoculation with rhizobacteria. Plant, Soil and Environment. 52 (3):111–118. **(Journal)**

Saleh-Rastin, N. 2002. Biofertilizers and their roles in sustainable agriculture.In "Necessity for the Production of Biofertilizers in Iran".Edited by: Khavazi, K and M. J. Malakouti. Agric. Education Press. Tehran. **(Book)** (In Persian).

Sanchez, E., Rivero, R.M., Ruzi, J.M. and Romero, L. 2004. Yield and biosynthesis of nitrogenous compounds in fruits of green bean (*Phaseolus vulgaris* L.C.V. strike) in response to increasing N fertilization. Journal of Science and Food Agriculture, 84: 575-580. **(Journal)**

Seiedi, M. and Seyed Sharifi, R. 2014. The Effects of Seed Inoculation with *Rhizobium* and Nitrogen Application on Yield and some Agronomi Characterstics of Soybean *(Glycine max* L.) under Ardabil Condition. Iranian Journal of Field Crops Research, 11(4), 618-628. (In Persian) **(Journal)**

Seyed Sharifi, R. 2010. Industrial Plants. (Second Edition). University of Mohaghegh Ardabili and Amidi Tabriz Press, Tabriz, Iran. **(Book)** (In Persian).

Seyed Sharifi, R., Zare Zad, Z., Barmaki1, M., Abdi, A. and Seyed Sharifi, R. 2016. Evaluation of nitrogen fertilizer application and seed inoculation by *Azotobacter* and *Azosprillium* on yield, rate and grain filling period of corn SC-500 cultivarIranian Journal of Seed Science and Research. 3 (1):1-15. (In Persian) **(Journal)**

Sharma, A.K. 2003. Biofertilizers for sustainable agriculture. Arobios, India. 30: 31-37. **(Book)**

Shrivastava, U.K., Rajput, R.L. and Dwivedi, M.L. 2000. Response of soybean-mustard cropping system to sulfur and bio-fertilizers on farmer's field. *Legume Research*. 23: 277-278. **(Journal)**

Singh, G. 2005. Biofertilizer an eco-friendly fertilizer for the reclamation of over burden dum., National Biofertilizer Development Center, Govt, of India, Ministry of Agriculture. **(Book)**

Sogut, T. 2006. *Rhizobium* inoculation improves yield and nitrogen accumulation in soybean (*Glycine max*) cultivars better than fertilizer. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science. 34: 115-120. **(Journal)**

Taghizadeh, R. and Seyed Sharifi, R. 2011. Effect of nitrogen fertilizer on yield attributes and nitrogen use efficiency in corn cultivars. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, Water and Soil Science. 15(57): 209-218. (In Persian) **(Journal)**

Vederia, L.B., Pastorino, N. and Ballati, A. 2001. Imcompatibility may not be the rule in the *Sinorhizobium* feredi-soybean interaction. Soil Biology and Biochemistry.33:837-840. **(Journal)**

Werner, D. and Newton, W.E. 2005. Nitrogen fixation in agriculture, forestry, ecology and environment. Published by Springer. pp: 347. **(Book)**

Wu, S.C., Cao, Z.H., Li, Z.G. and Cheung, K.C. 2005. Effect of biofertilizer containing N-fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth: A greenhouse trial. Geoderma.125: 155-166. **(Journal)**

Zahir, A.Z., Arshad, M. and Frankenberger, W.F.(Jr.). 2004. Plant growth promoting rhizobacteria: applications and perspectives in agriculture. Advances in Agronomy. 81:97-168. **(Journal)**

Zaidi, A. and Mohammad, S. 2006. Co-inoculation effects of phosphate solubilizing micro-organisms and *Glomus fasciculatum* on green gram-*bradyrhizobium* symbiosis. Turkish Journal of Agriculture and Forestry. 30: 223-230. **(Journal)**

The influence of seed pre-treatment with *Rhizobium* and plant growth promoting rhizobacteria on nodulation and nitrogen fertilizer optimization in soybean (*Glycine max* L.)

Reza Taghizadeh*

Received: May 22, 2017 Accepted: November 28, 2017

Abstract

In order to study the influence of soybean (*Glycine max* L.) seed pre-treatment with *Rhizobium japanicum* and plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on nodulation and nitrogen fertilizer optimization, a spilt plot experiment based on randomized complete block design with three replications was conducted in 2011 at the research farm of the Islamic Azad University, Ardabil Branch. Factors were: nitrogen fertilizer rates at four levels (0, 25, 50 and 75 kg urea/ha) in the main plot and soybean seed pre-treatment with *Rhizobium* and plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) in four levels containing of without seed inoculation as control, inoculation seed with *Rhizobium japanicum*, *Azotobacter chroococcum* strain5, *Azosprilium lipoferum* strain OF. The results showed that with increasing the amount of fertilizer, fertilizer use efficiency was reduced. Maximum number (16) and dry weight (16 mg) of nodules was obtained in seed inoculation with *Rhizobium japanicum* along with application of 50 kg urea/ha and minimum of these traits were observed in without of urea fertilizer application and seed inoculation. So, the highest plant height (117.22 cm), number of pod per plant (54.72), grain hundred weight (28.26 g) and grain yield per area (267 g/m^2) was obtained in *Rhizobium japanicum* whit application of 75 kg urea/ha. At the level of 75 kg urea/ha fertilizer, inoculation with *Azosprilium*, *Azotobacter* and *Rhizobium* bacteria increased seed yield (14.4, 21.4 and 40.6 percent, respectively) compared to non-inoculation. Based on the results, it was concluded that application of 75 kg urea/ha in seed inoculation with *Rhizobium* can be recommended for profitable soybean production in the study area.

Key words: **Nitrogen; Nodulation; Promoting bacteria; Rhizobium; Seed inoculation; Soybean**

How to cite this article

Taghizadeh, R. 2018. The influence of seed pre-treatment with *Rhizobium* and plant growth promoting rhizobacteria on nodulation and nitrogen fertilizer optimization in soybean (*Glycine max* L.). Iranian Journal of Seed Science and Research, 5(3): 117-129. (In Persian)**(Journal)**

DOI: 10.22124/jms.2018.2939

COPYRIGHTS

Copyrights for this article are retained by the author(s) with publishing rights granted to the Iranian Journal of Seed Science and Research

The content of this article is distributed under Iranian Journal of Seed Science and Research open access policy and the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY4.0) License. For more information, please visit http://jms.guilan.ac.ir/

Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Azad University, Astara Branch, Astara, Iran

*Corresponding author Email: r.taghizadeh@iau-astara.ic.ir