فصلنامه بوم‌شناسی گیاهان زراعی
جلد ۱۲، شماره ۲، صفحات ۴۲- ۳۵
(تابستان ۱۳۹۵)

اثر کود نیتروژن و تلقیح با باکتری محرک رشد بر عملکرد و اجزای عملکرد سویا کشت دوم در منطقه مغان

عارف زنده*
دانشجوی دکترای تخصصی زراعت
دانشگاه آزاد اسلامی
واحد میانه
میانه، ایران
نشانی الکترونیک ✉:
a.zendeh63@yahoo.com
*مسؤل مکاتبات

محمدحسین انصاری
گروه زراعت و اصلاح نباتات
واحد رشت
دانشگاه آزاد اسلامی
رشت، ایران
نشانی الکترونیک ✉:
ansary330@yahoo.com :

محمدباقر خورشیدی بنام
پژوهشگر مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی
سازمان تحقیقات، ترویج و آموزش کشاورزی
تبریز، ایران
نشانی الکترونیک ✉:
mb.khorshidi@yahoo.com:

چکیده استفاده از باکتری‌های محرک رشد علاوه بر افزایش رشد و عملکرد گیاه، کاهش مصرف کودهای شیمیایی و افزایش کارایی کود مصرفی را نیز به همراه دارند. به منظور تعیین اثر کاربرد باکتری محرک رشد گیاه *Pseudomonas putida* به‌همراه مقادیر مختلف کود نیتروژن آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار بر گیاه سویا در شهرستان بیله‌سوار اجرا شد که در آن فاکتورهای آزمایش شامل دو سطح تلقیح و عدم تلقیح با باکتری، سه سطح کود نیتروژن شامل ۰، ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار از منبع اوره بود. برهم‌کنش باکتری و کود نیتروژن بر تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته، تعداد شاخه فرعی و عملکرد دانه معنی‌دار بود. به‌طوری که با تلقیح باکتریایی و افزایش مصرف کود شیمیایی نیتروژن تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته، تعداد شاخه‌فرعی و عملکرد دانه افزایش یافت. در حالی که ارتفاع گیاه در تیمارهای تلقیحی با افزایش مصرف کود نیتروژن از ۵۰ به ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار به طور معنی‌دار کاهش یافت. همچنین، افزایش مصرف کود نیتروژن وزن هزار دانه را در تیمارهای تلقیحی کاهش و در تیمارهای غیرتلقیحی افزایش داد. بیشترین عملکرد دانه با میانگین ۳۰۰۶ کیلوگرم در هکتار از سطح ۱۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن تحت تلقیح با باکتری به‌دست آمد. برای حصول حداکثر عملکرد دانه در زراعت سویا، کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به همراه تلقیح با باکتری مذکور توصیه می‌شود.

شناسه مقاله:
نوع مقاله: **پژوهشی**
تاریخ پژوهش: **۱۳۹۰**
تاریخ دریافت: **۹۴/۰۷/۰۹**
تاریخ پذیرش: **۹۵/۰۵/۲۹**

واژه‌های کلیدی:
- ***Pseudomonas putida***
- **اوره**
- **سودوموناس**
- **کشاورزی پایدار**
- **کودهای بیولوژیک**

مقدمه سویا با داشتن حدود ۲۱٪ روغن و ۴۲٪ پروتئین در بین دانه‌های روغنی در سطح دنیا بیشترین سطح زیر کشت را حدود ۷۵ میلیون هکتار به‌خود اختصاص داده است. این محصول عمده‌ترین منبع تولید روغن و پروتئین گیاهی شناخته شده و در درجه اول اهمیت می‌باشد. واردات بیش از ۲۲٪ روغن مورد نیاز کشور، لزوم توجه بیشتر به کشت سویا را که از مهمترین دانه‌های روغنی است، ضروری می‌سازد.[۲]

روش‌های کشاورزی متداول در جهان امروز موفقیت قابل قبولی را در استفاده از مدیریت منابع نداشته و با اتکا بیش از حد به نهاده‌های مصنوعی و تزریق انرژی کمکی مانند کودها و سموم شیمیایی باعث ایجاد اکوسیستم‌های زراعی ناپایدار شده است.[۸] مدیریت مصرف کود یک عامل مهم در موفقیت کشت گیاهان می‌باشد و در این بین شناسایی کودهای بیولوژیک سازگار با طبیعت و مناسب برای رشد و نمو گیاهان می‌تواند اثرات مطلوبی بر شاخص‌های کمی و کیفی محصول داشته باشد. گرچه استفاده از کودهای بیولوژیک در کشاورزی قدمت زیادی دارد ولی بهره‌برداری علمی از این گونه منابع سابقه چندانی ندارد.[۱۹] امروزه به کارگیری جانداران مفید خاکزی تحت عنوان کودهای بیولوژیک به‌عنوان طبیعی‌ترین و مطلوب‌ترین راه‌حل برای زنده و فعال نگه‌داشتن سیستم حیاتی خاک در اراضی کشاورزی، مطرح می‌باشد. علاوه بر این، تأمین عناصر غذایی به صورتی کاملاً متناسب با تغذیه طبیعی گیاهان، کمک به تنوع زیستی، تشدید فعالیت های حیاتی، بهبود کیفیت و حفظ سلامت محیط زیست از مهمترین مزایای کودهای بیولوژیک محسوب می‌شوند.[۱۱] باکتری‌های جنس سودوموناس از مهمترین باکتری‌های محرک رشد گیاه می‌باشند که علاوه برتثبیت زیستی نیتروژن و محلول کردن فسفر خاک با تولید مقادیر قابل ملاحظه هورمون‌های تحریک‌کننده رشد به ویژه انواع اکسین، جیبرلین و سیتوکینین رشد و نمو و عملکرد گیاهان زراعی را تحت تأثیر قرار می‌دهند.[۱۵]

هال و همکاران (۲۰۰۸) در تحقیقی نشان دادند بذر گیاهان مختلف شامل کلزا، کاهو، گوجه فرنگی، جو، گندم و یولاف صورت گرفت، تلقیح گیاهان مذکور با *P. putida* GR12-2 و موتانت آن که فاقد فعالیت آنزیم ACCدآمیناز بود، تلقیح با باکتری باعث افزایش طول ریشه گیاهچه گردید و در حالی که سویه موتانت تأثیری بر افزایش طول ریشه گیاهچه نداشت.[۷] بر اساس گزارشی افزایش سبز کردن گیاهچه ذرت و بهبود رشد و نمو گیاهچه ذرت شیرین با تلقیح بذر با باکتری سودوموناس مشاهده شد.[۴] *شاهرونا و همکاران (۲۰۰۶)* با کاربرد سطوح مختلف کود نیتروژن بر گیاهان تلقیح شده با باکتری سودوموناس گزارش کردند که بیشترین تعداد شاخه‌فرعی از بیشترین سطح کود نیتروژن و باکتری سودوموناس سویه ER188 به‌دست آمد آنها علت افزایش تعداد شاخه‌فرعی را افزایش انتقال عناصر غذایی به‌ویژه نیتروژن از ریشه به اندام‌های هوایی و ایجاد شرایط مطلوب برای رشد گزارش کردند.[۱۵] *زهیر و همکاران (۱۹۹۸)* افزایش وزن خشک بوته ذرت که بذرهای آن با باکتری‌های ازتوباکتر و *P. flourescens* تلقیح شده بودند را گزارش نموده‌اند.[۱۹] *شارما و همکاران (۲۰۱۳)* گزارش کردند که کاربرد باکتری‌های افزاینده رشد، عملکرد آفتابگردان و صفات کیفی را در مقایسه با شاهد *بهبود بخشیدند.* به طوری که سبب افزایش عملکرد دانه، میزان روغن و پروتئین دانه شدند.[۱۶] *ژانگ و همکاران (۲۰۰۷)* نیز بیشترین تعداد غلاف در هر گیاه، تعداد دانه در بوته و عملکرد گیاه سویا را بر اثر تلقیح بذر با کودهای بیولوژیک همراه با مصرف ۲۵ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل و ۱۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به‌دست آوردند.[۲۲]

تلاش برای استفاده هر چه بیشتر از راه‌حل‌های بیولوژیک برای تغذیه بهینه گیاه و تأمین سلامت آن، از نمودهای روشن تغییر دیدگاههای کارشناسان و توجه آن‌ها به ضرورت اتخاذ شیوه‌های نوین مدیریت مبتنی بر حفاظت از ساختار طبیعی سیستم زنده خاک محسوب می‌شود.[۱۰]

تحقیق حاضر با هدف تعیین اثر سطوح مختلف نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد سویا تحت تلقیح با باکتری *P. putida* در منطقه بیله‌سوار مغان انجام شد.

مواد و روش‌ها آزمایش در سال ۱۳۹۰ در شهرستان بیله‌سوار، روستای زنده‌آباد با مختصات عرض جغرافیایی ۳۹ درجه و ۳۹ دقیقه و طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ۸۸ دقیقه و در ارتفاع ۷۸ متر از سطح دریا با سه تکرار به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی اجرا گردید. تیمارهای آزمایشی شامل کود نیتروژن در سه سطح ۰، ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار از منبع اوره و باکتری *P. putida* سویه ۱۶۹ و عدم تلقیح بود. مصرف کود ۵۰ کیلوگرم با N_{50} و کود ۱۰۰ کیلوگرم با N_{100} و شاهد با N_0 نشان داده شده است. S_0 معرف عدم تلقیح و S_1 معرف تلقیح با باکتری مذکور می‌باشد. اسیدیته خاک ۷/۶۶، هدایت الکتریکی خاک در حدود ۳/۶۱ دسی‌زیمنس بر متر، بافت خاک از نوع لوم رسی و درصد لای، رس، و شن آن به‌ترتیب ۴۴، ۴۲ و ۱۴٪ بود. زمین محل آزمایش بعد از برداشت گندم شخم زده شد. سپس مزرعه با استفاده از لولر[1] تسطیح گردید. هر کرت شامل پنج ردیف ۳ متری بود و کاشت با دست و به کمک تخته کاشت صورت گرفت. فاصله بذرها روی پشته از یکدیگر ۸ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. باکتری مورد استفاده در این آزمایش برای تلقیح بذور سویا از بانک میکروبی بخش بیولوژی مؤسسه تحقیقات خاک و آب کرج تهیه گردید. باکتری استفاده شده در این آزمایش دارای قابلیت تولید هورمون اکسین و آنزیم ای.سی.سی.دآمیناز[2] بوده و از توانایی حل فسفات معدنی برخوردار می باشد. همزمان با برداشت، از داخل هر کرت تعداد ۱۰ بوته به‌صورت تصادفی نمونه‌گیری شده و جهت تعیین خصوصیات ظاهری و اجزای عملکرد به آزمایشگاه منتقل شدند. عملکرد دانه نیز از ۳ متر مربع برداشت و به هکتار محاسبه گردید. تجزیه داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS ver. 9.2 و مقایسه میانگین با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ انجام شد.[۱۴]

نتایج و بحث برهمکنش نیتروژن × باکتری سودوموناس بر ارتفاع بوته در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۱). در شرایط تلقیح با باکتری سودوموناس با افزایش کود نیتروژن تا سطح ۵۰ کیلوگرم در هکتار، افزایش معنی‌دار در ارتفاع بوته مشاهده شد اما با افزایش مصرف کود نیتروژن از سطح ۵۰ به ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار، ارتفاع گیاه به طور معنی‌دار کاهش یافت. در شرایط عدم تلقیح با باکتری، بین سطوح مختلف کود نیتروژن اختلاف معنی‌دار وجود نداشت. در مجموع بیشترین ارتفاع گیاه مربوط به تیمار $N_{50}S_1$ و کمترین آن نیز مربوط به N_0S_1 بود (جدول ۲). کاربرد باکتری همراه با نیتروژن ارتفاع بوته را افزایش داد اما زمانی که کود نیتروژن استفاده نشد، تیمار تلقیحی ارتفاع بوته را نه تنها افزایش نداد بلاکه منجر به کاهش ارتفاع نیز گردید. علت این کاهش ارتفاع را در شرایط تلقیح را می‌توان به تولید شاخه فرعی بیشتر توسط سودوموناس در تیمار عدم استفاده از کود نیتروژن دانست. ولی علت افزایش ارتفاع بوته در سطح ۵۰ کیلوگرم نیتروژن ناشی از تاثیر کود نیتروژن در بهبود جذب نیتروژن و استفاده بهینه از آن

[1] leveler
[2] ACC deaminase

جدول ۱) تجزیه واریانس اثر سطوح مختلف کود نیتروژن و باکتری سودوموناس بر صفات سویا

Table 1) Analysis of variance of nitrogen different rates and *Pseudomonas* on detected traits of soybean

Source of variation	df	mean of squares						
		plant height	branch number	1000-grain weight	pods per plant	grains per plant	seed yield	plant dry weight
repeat	2	32.51*	1.54^{ns}	1.54^{ns}	6.84^{ns}	26.72*	61.5^{ns}	8.72*
Nitrogen	2	609**	8.79**	8.79**	566**	187**	5098**	1371**
Pseudomonas	1	60.5*	1.12^{ns}	1.12^{ns}	308**	200**	2775**	6365**
N×P	2	709**	6.54**	6.54**	113**	37.7*	1022**	968**
Error	10	8.96	0.81	0.81	7.36	7.70	66.28	2.28
C.V(%)		2.16	15.17	15.17	7.60	15.96	12.15	2.91

ns، * و ** به‌ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار، وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱٪

ns,* and **: not Significant, Significant at 1% and 5% probability levels, respectively

و تولید هورمون‌های رشد بویژه ایندول استیک اسید توسط باکتری بود. افزایش ارتفاع بوته توسط باکتری‌های محرک رشد گزارش شده است.[۱،۱۲]

برهمکنش نیتروژن × باکتری سودوموناس بر تعداد شاخه فرعی در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۱). بر هم‌کنش نیتروژن × سودوموناس بر تعداد شاخه فرعی نشان داد که در شرایط عدم تلقیح کاربرد نیتروژن تعداد شاخه فرعی را افزایش داد هر چند بین سطح ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن اختلاف معنی‌دار وجود نداشت. ضمن آن که مصرف ۵۰ کیلوگرم کود نیتروژن منجر به این شد که اختلاف بین تلقیح و عدم تلقیح بر تعداد شاخه‌فرعی معنی‌دار نباشد. در حالی که این روند با مصرف ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن باعث اختلاف معنی‌دار بین تلقیح و عدم تلقیح گردید. در مجموع بیشترین و کمترین تعداد شاخه‌فرعی به ترتیب از تیمار S_1N_{100} و S_0N_0 به‌دست آمد (جدول ۲). بنابراین کاربرد سودوموناس با افزایش تعداد شاخه‌فرعی در بوته می‌تواند منجر به افزایش تعداد غلاف در بوته و از آن طریق عملکرد گردد. *آرگاو (۲۰۱۲)* علت افزایش تعداد شاخه فرعی در گیاه سویا تحت تلقیح با باکتری سودوموناس را ناشی از افزایش جذب فسفر و تولید سیدروفورها توسط این باکتری گزارش کرد.[۳] در حالی‌که *روساس و همکاران (۲۰۰۶)* علت افزایش تعداد شاخه فرعی در گیاه سویا ناشی از تلقیح باکتری سودوموناس پوتیدا را متاثر از تولید آنزیم ای.سی.سی.دآمیناز و هورمون‌های رشد دانستند.[۱۱]

اثر متقابل نیتروژن و باکتری سودوموناس بر وزن هزار دانه در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۱). بیشترین وزن هزار دانه مربوط به تیمار N_0S_1 و کمترین آن مربوط به N_0S_0 بود (جدول ۲). علت کاهش وزن هزار دانه با افزایش کود نیتروژن در شرایط تلقیح با باکتری سودوموناس ناشی از تولید غلاف و دااانه زیاد و در نتیجه افزایش رقابت بین دانه‌ها برای جذب مواد می‌باشد. ولی در شرایط عدم تلقیح وزن هزار دانه با افزایش کود نیتروژن افزایش یافت، که می‌تواند به دلیل عدم وجود رقابت یا رقابت پایین در زمان پر شدن دانه‌ها در این تیمارها باشد. هر چند کاربرد سطوح بالای کود نیتروژن در گیاه سویا که قابلیت تثبیت بیولوژیکی نیتروژن را دارد، مانع از فعالیت مناسب باکتری‌های برادی ریزوبیوم می‌شود.[۳] کاهش وزن هزار دانه با افزایش تعداد غلاف و دانه در بوته در گیاه سویا توسط *اوسبورن و ریدل (۲۰۰۶)* نیز گزارش شده است.[۹]

اثر برهمکنش نیتروژن و باکتری سودوموناس بر تعداد غلاف در بوته در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۱). برهم‌کنش نیتروژن × سودوموناس بر تعداد غلاف در بوته نشان داد که در شرایط تلقیح با

جدول ۲) اثر متقابل سطوح مختلف کود نیتروژن و باکتری سودوموناس بر صفات سویا

Table 2) nitrogen different rates and *Pseudomonas* interaction effect on detected traits of soybean

Nitrogen rates	*Pseudomonas* inoculum	plant height	branch number	1000-grain weight	pods per plant	grains per plant	seed yield	plant dry weight
N100	S1	142.66b	7.00a	148.83d	44.45a	44.45a	3006.4a	60.33a
	S0	136.25c	6.16b	153.75b	38.08b	38.08b	2598.4ab	43.91bc
N50	S1	147.91a	5.75b	146.33e	36.54b	36.54b	2639.7ab	53.41ab
	S0	138.25c	6.08b	153.00b	29.62d	29.62d	2072.7c	38.83c
N0	S1	127.83d	4.75c	156.58a	32.20c	32.20c	2396.1bc	53.50ba
	S0	138.41c	6.00b	150.75c	33.08c	33.08c	2405.0bc	44.75bc

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف مشترک می‌باشند فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ به روش آزمون LSD می‌باشند.

In each column, means with similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level according to LSD test.

باکتری سودوموناس، با افزایش مصرف کود نیتروژن تعداد غلاف در بوته به طور معنی‌دار افزایش یافت و در سطح نیتروژن ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار، تیمارهای تلقیحی برتری معنی‌دار نسبت به تیمارهای غیرتلقیحی داشتند. در مجموع بیشترین تعداد غلاف در بوته مربوط به تیمار $N_{100}S_1$ و کمترین آن مربوط به $N_{50}S_0$ بود (جدول ۲). تعداد غلاف در بوته یکی از مهمترین اجزای عملکرد دانه می‌باشد که هر تغییری در آن عملکرد دانه را تغییر می‌دهد. بنابراین افزایش تعداد غلاف در گیاه سویا عملکرد دانه را افزایش می‌دهد.[۹] کاربرد باکتری کارایی مصرف نیتروژن را نیز در تولید غلاف افزایش داد. بنابراین به نظر می‌رسد این باکتری از طریق ساز و کارهای مختلفی از جمله تولید سیدروفورها[۳]، سنتز آنتی‌بیوتیک‌ها، تولید هورمون‌های گیاهی، افزایش جذب فسفر توسط گیاه و سنتز آنزیم‌هایی که مقدار اتیلن در گیاه را تنظیم می‌کنند، در کنار کود نیتروژن به توسعه بهتر ریشه و سبب تحریک رشد رویشی گیاه می‌گردد.[۱۳]

برهمکنش نیتروژن × باکتری سودوموناس بر تعداد دانه در بوته در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۱). روند تغییرات تعداد دانه در بوته مشابه تغییرات تعداد غلاف در بوته می‌باشد. به طوری‌که بیشترین تعداد دانه در بوته در تیمار $N_{100}S_1$ و کمترین آن مربوط به N_0S_1 مشاهده شد (جدول ۲). این بدان معناست که تعداد دانه تابعی از تعداد غلاف در بوته می‌باشد زیرا تعداد دانه در غلاف یک صفت ژنتیکی بوده اما تعداد غلاف در بوته تابع شرایط محیطی و ژنتیکی می‌باشد.[۱۷] بنابراین مصرف کود نیتروژن تحت تلقیح با باکتری سودوموناس که قابلیت حل فسفات معدنی را دارد، شرایط مناسبی برای تغذیه گیاه از نظر فراهمی نیتروژن و فسفر فراهم می‌کند که در نهایت منتهی به افزایش تعداد دانه در بوته می‌شود.[۵،۱۶]

برهمکنش نیتروژن × باکتری سودوموناس بر وزن خشک بوته در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین بر هم‌کنش نیتروژن × سودوموناس نشان داد که در همه سطوح کود نیتروژن تیمارهای تلقیحی برتری معنی‌دار نسبت به تیمارهای غیر تلقیحی داشتند. به طور کلی بیشترین وزن خشک بوته از تیمار $N_{100}S_1$ به دست آمد و کمترین آن نیز در تیمار N_0S_0 مشاهده شد (جدول ۲). به نظر می‌رسد باکتری سودوموناس که قابلیت تحریک کنندگی رشد گیاه را دارد با تخصیص ماده خشک بیشتر به بوته سبب افزایش رشد رویشی و در نتیجه فراهم سازی امکان بهره

[1] siderophores

برداری بهتر از نور و فتوسنتز بیشتر و در نهایت افزایش رشد و نمو و فعالیت‌های بیوشیمیای گیاه می‌شود و این امر موجب افزایش ماده خشک در گیاه می‌شود. [۳] ضمن آن‌که از طریق سازوکارهای تولید مواد تنظیم کننده رشد، مهار عوامل بیماریزای گیاهی و بهبود تغذیه گیاه در افزایش وزن خشک بوته تأثیر می‌گذارند [۱۸،۲۱،۲۲]. برهمکنش نیتروژن × باکتری سودوموناس بر عملکرد دانه در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین بر هم‌کنش نیتروژن × سودوموناس نشان داد که در شرایط عدم کاربرد کود نیتروژن بین تیمار تلقیحی و عدم تلقیح اختلاف معنی‌دار وجود نداشت. اما با افزایش مصرف کود نیتروژن، در تیمارهای تلقیحی، عملکرد دانه به طور معنی‌دار افزایش یافت. اما در شرایط عدم تلقیح کاربرد ۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، نه تنها عملکرد دانه را افزایش نداد بلکه عملکرد دانه را نسبت به سطح صفر کود نیتروژن کاهش داد، هر چند تیمار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن عملکرد دانه را نسبت به سطح صفر کود نیتروژن به طور معنی‌دار افزایش داد. به طور کلی بیشترین عملکرد دانه از تیمار $N_{100}S_1$ و کمترین آن از تیمار N_0S_0 به دست آمد (جدول ۲). هنگامی که نیتروژن مصرف نمی‌شود اختلاف معنی‌داری بین عملکرد دانه حاصل از تیمارهای سودوموناس وجود نداشت. مصرف همزمان کود نیتروژن و باکتری سودوموناس منجر به افزایش معنی‌دار عملکرد دانه گردید و با افزایش مصرف نیتروژن عملکرد نیز افزایش یافت، این افزایش بخاطر این است که باکتری سودوموناس به حل نمودن فسفات‌های الی خاک به تعادل مواد غذایی در گیاه کمک کرده و در نتیجه عملکرد افزایش یافته است. ملاحظه می‌شود که در عدم مصرف سودوموناس افزایش مصرف نیتروژن از صفر به ۵۰ موجب کاهش غیر معنی‌دار عملکرد شد. اما افزایش مصرف به ۱۰۰ کیلوگرم باعث افزایش معنی‌دار عملکرد دانه نسبت به سطح ۵۰ کیلوگرم نیتروژن به همراه سودوموناس گردید. می‌توان نتیجه گرفت که با کاهش مصرف نیتروژن از ۱۰۰ به ۵۰ کیلوگرم و مصرف سودوموناس عملکرد یکسانی به دست آورد. این نتیجه با نتایج *زیادی و محمد (۲۰۱۵)* و *الکوکا و همکاران (۲۰۱۴)* هماهنگ می‌باشد. [۵،۲۱]

نتیجه‌گیری کلی به جای استفاده صرف از کود شیمیایی می‌توان با استفاده بهینه از کودهای بیولوژیک و کودهای شیمیایی نیتروژنی مانند اوره عملکرد دانه را ۳۰/۳ درصد افزایش داد و کارایی مصرف کود نیتروژن را افزایش داد. با وجود این که کاربرد باکتری سودوموناس به تنهایی تأثیری بر عملکرد و اجزای عملکرد نداشت اما کاربرد آن به همراه کود اوره عملکرد دانه را افزایش داد. ترکیب باکتری محرک رشد مانند سودوموناس می‌تواند رشد و نمو گیاه را بهبود بخشیده و اثر آنتاگونیستی برای عوامل کاهنده رشد و نمو را فراهم کند که نتیجه آن افزایش افزایش رشد و نموی گیاه و در نهایت افزایش تولید محصول در گیاه حاصل گردد.

References

1. Abdul-Jaleel C, Manivannan P, Sankar B, Kishorekumar A, Gopi R, Somasundaram R, Panneerselvam P (2007) *Pseudomonas fluorescens* enhances biomass yield and ajmalicine production in *Catharanthus roseus* under water deficit stress. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces 60(1): 7-11.
2. Aliyari H, Shekari F (2000) Oil seeds (Agronomy and physiology). Amid Press: Tabriz.
3. Argaw A (2012) Evaluation of co-inoculation of *bradyrhizobium japonicum* and Phosphate Solubilizing *Pseudomonas* spp. Effect on Soybean (*Glycine max* L. (Merr.)) in Assossa Area. Journal of Agricultural Science 14: 213-224.
4. Callan NW, Mathre DE, Miller JB (1991) Field performance of sweet maize seed bio-primed and coated with *Pseudomonas flurecence* AB254. Horticultural Science 26: 1163-1165.
5. Elkoca E, Kantar F, Sahin F (2014) Influence of nitrogen fixing and phosphorus solubilizing bacteria on the nodulation, plant growth, and yield of chickpea. Journal of Plant Nutrition 31: 157-171.

6. Glick BR (2005) Modulation of plant ethylene levels by the bacterial enzyme ACC deaminase. FEMS Microbiology Letters 251: 1-7.
7. Hall JA, Peirson D, Ghosh S, Glick BR (2008) Root elongation in various agronomic crops by the plant growth-promoting rhizobacterium *Pseudomonas putida* GR12-2. Israel Journal of Plant Science 44: 37-42.
8. Kudashev IS (1996) The effect of phosphobacterin on the yield and protein content in grains of autumn wheat, maize and soybean. Doklady Akademii Nauk 8: 20-23.
9. Osborne SL, Riedell WE (2006) Starter nitrogen fertilizer impact on soybean yield and quality in the Northern Great Plains. Agronomy Journal 98: 1569-1574.
10. Roberts, TL (2008) Improving nutrient use efficiency. Turkish Journal of Agriculture 32: 177-182.
11. Rosas SB, Andres GA, Rovera M, Correa NS (2006) Phosphate solubilizing *Pseudomonas putida* can influence the Rhizobia legume symbiosis. Soil Biology and Biochemistry 38: 3502-3505.
12. Sandhya V, Ali SKZ, Grover M, Reddy G, Venkateswarlu B (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(1): 21-30.
13. Sandhya V, Ali SKZ, Grover M, Reddy G, Venkateswarlu B (2009) *Pseudomonas* sp. strain P45 protects sunflowers from drought stress through improved soil structure. Journal of Oilseed Research 26: 600-601.
14. SAS Institute (1997) The SAS system for windows, version 6.12. SAS Institute Cary. NC., USA.
15. Shahroona B, Arshad M, Zahir AZ, Khalid A (2006) Performance of *Pseudomonas* spp. containing ACC-deaminase for improving growth and yield of maize (*Zea mays* L.) in the presence of nitrogenous fertilizer. Soil Biology and Biochemistry 38: 2971-2975.
16. Sharma RZ, Seema S, Sayyed B, Trivedi H, Thivakaran A (2013) Phosphate solubilizing microbes: sustainable approach for managing phosphorus deficiency in agricultural soils. Springer Plus 2: 587-590.
17. Sogut T (2006) Rhizobium inoculation improves yield and nitrogen accumulation in soybean (*Glycine max*) cultivars better than fertilizer. Journal of Crop and Horticultural Science 34: 115-120.
18. Xie H, Pasternak JJ, Glick BR (2002) Isolation and characterization of mutants of the plant growth-promoting rhizobacterium *Pseudomonas putida* GR12-2 that overproduce indoleacetic acid. Current Microbiology 32: 67-71.
19. Zahir ZA, Arshad M, Khalid A (1998) Improving maize yield by inoculation with plant growth promoting rhizobacteria. Pakistan Journal of Soil Science 15: 7-11.
20. Zahir ZA, Arshad M, Frankernberger WT (2004) PGPR: application and perspectives in agriculture. Advance in Agronomy 81: 97-167.
21. Zaidi A, Mohammad S (2015) Co-inoculation effects of phosphate solubilizing microorganisms and *glomus fasciculatum* on green gram-*bradyrhizobium* symbiosis. Agricultural Science 30: 223-230.
22. Zhang M, Duan L, Tian X, He Z, Li J, Wang B, Li Z (2007) PGPRs induced tolerance of soybean to water deficit stress in relation to changes in photosynthesis, hormones and antioxidant system. Journal of Plant Physiology 164: 709-717.

Effect of nitrogen fertilizer and *Pseudomonas putida* inoculation on yield and yield component of soybean as second crop in Moghan region

Agroecology Journal

Volume 12, Issue 2, Pages: 35-42
summer, 2016

Aref Zendeh*

PhD of Agronomy student
Miyaneh Branch
Islamic Azad University
Miyaneh, Iran.

Email ✉: a.zendeh63@yahoo.com
(corresponding author)

Mohammad Hossein Ansari

Department of Agronomy
Rasht Branch
Islamic Azad University
Rasht, Iran.

Email ✉: ansary330@yahoo.com

Mohammad Bagher Khorshidi

Researcher of Agriculture and Natural Resources
Agriculture Research, Extension and Education Organization
Tabriz, Iran.

Email ✉: mb.khordshidi@yahoo.com

Received: 01 October 2015 **Accepted:** 20 August 2016

ABSTRACT Application of plant growth promoting rhizobacteria not only increases plant growth and seed yield but reduces chemical fertilizers rate and increases the efficiency of fertilizer consumption, too. To evaluate the effect of *Pseudomonas putida* inoculum under different levels of nitrogen fertilizer a factorial experiment based on randomized complete block design with three replications was conducted on soybean as second crop in Bilehsavar Moghan region. Experimental factors consisted of inoculated and non-inoculated seeds with *P. putida*, and three levels of nitrogen fertilizer (0, 50 and 100 kg N/ha as urea). The interaction of bacteria and nitrogen fertilizer on pod and grain per plant, branch number and grain yield was significant. Inoculation with bacteria and application of fertilizers increased the number of pods and seeds per plant, number of branches and seed yield, while plant height were significantly decreased in inoculated treatments increasing nitrogen level from 50 to 100. Also, nitrogen fertilizer application increased and decreased thousand seed weight in inoculated and un-inoculated treatments, respectively. The highest grain yield 3006 kg/ha obtained in 100 kg/ha nitrogen application with inoculation with bacteria. On the whole, in soybean second crop, application of 100 kg N/ha under *P. putida* inoculation is recommending.

Keywords:

- biofertilizer
- PGPR
- rhizobacteria
- sustainable agriculture
- urea