نشریه زراعت شماره ۱۰۷، تابستان ۱۳۹۴

(پژوهش و سازندگی)

تأثیر کودهای زیستی تیوباسیلوس، ازتوباکتر، آزوسپیریلوم و گوگرد آلی بر گره زایی و عملکرد سویا (*Glycine Max* L. merr.)

- زهرا دباغیان، دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری (نویسنده مسئول)
- همت اله پیردشتی، دانشیار گروه زراعت، پژوهشکده ژنتیک و زیست فناوری کشاورزی طبرستان، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
- ارسطو عباسیان، مربی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
- سیده حدیثه بهاری ساروی، گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

تاریخ دریافت: بهمن ماه ۱۳۹۲ تاریخ پذیرش: خرداد ماه ۱۳۹۳

تلفن تماس نویسنده مسئول: ۰۹۱۱۳۲۱۱۷۳

پست الکترونیک نویسنده مسئول: h.pirdashti@sanru.ac.ir

چکیده

با توجه به هزینه زیاد برای تولید کودها و مشکلات محیطی ناشی از این کودها لزوم تجدید نظر در روش های افزایش تولید ضروری به نظر می رسد. به این منظور در آزمایشی اثر کاربرد کودهای زیستی بر فرایند گره بندی و عملکرد سویا (رقم JK) در مزرعه پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری به صورت طرح کرت های دو بار خرد شده در قالب طرح پایه بلوک کامل تصادفی با سه فاکتور و سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل چهار سطح گوگرد آلی (۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) در کرت های اصلی، دو سطح باکتری تیوباسیلوس (عدم کاربرد و کاربرد) در کرت های فرعی و دو سطح ترکیب دو باکتری ازتوباکتر و آزوسپیریلوم (عدم کاربرد و کاربرد) در کرت های فرعی فرعی بود. نتایج نشان داد که استفاده از کود گوگردی به همراه باکتری تیوباسیلوس سبب افزایش معنی داری در صفات تعداد گره و وزن خشک گره ریشه شده به طوری که بهترین تیمار کودی در این صفات در تیمار ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود گوگرد در تلقیح با باکتری تیوباسیلوس مشاهده شد. افزودن ازتوباکتر و آزوسپیریلوم نیز سبب افزایش قابل ملاحظه ای در رشد و گره زایی ریشه نسبت به تیمار شاهد (عدم تلقیح) شد. استفاده از ۵۰ کیلوگرم کود گوگرد در تلقیح با تیوباسیلوس در صفات تعداد غلاف در بوته، عملکرد دانه، زیست توده و ارتفاع بوته به ترتیب ۱۹، ۴۰، ۴۱ و ۲۶ درصد افزایش نشان داد.

کلمات کلیدی: سویا، کود زیستی، تیوباسیلوس، ازتوباکتر و آزوسپیریلوم

Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi) No:107 pp: 17-25

The effect of biofertilizers, Thiobacillus, Azotobacter, Azospirillum and organic sulfur on nodulation process and yield of soybean (*Glycine Max* L. Merr.)

By:

- *Z. Dabaghian, (Corresponding Author; Tel: 09113211731), M.Sc. Student of Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University*
- *H. Pirdashti, Associate Professor of Sari Agricultural Science and Natural Resources University*
- *A. Abasian, Instructor Sari Agricultural Science and Natural Resources University*
- *S. H. Bahari Saravi. M.Sc. Student of Sari Agricultural Science and Natural Resources University*

Received: January 2014 **Accepted: June 2014**

Recently, because of high cost of fertilizer production and its environmental problems it is necessary to revise maximizing of crop production strategies. For this reason, an experiment was conducted to evaluate nodulation and grain yield of soybean (JK cultivar) in response to biofertilizer application at Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University. Experiment was arranged in split-split plot based on randomized complete block design with three factors and three replications. Treatments were included four levels of organic sulfur (0, 25, 50 and 100 kg ha^{-1}) as main plots, two levels of *Thiobacillus* (with and without application) as sub plots and two levels of co-inoculation of *Azotobacter* and *Azosperillium* (with and without application) as sub sub-plots. Results showed that application of sulfur fertilizer and *Thiobacillus* significantly improved number and dry weight of nodules in which the best combined treatment in terms of these parameters was application of 50 kg ha^{-1} sulfur plus *Thiobacillus*. Inoculation with *Azotobacter* and *Azospirillum* markedly increased root growth and nodulation compared to control. Generally, using of 50 kg ha^{-1} sulfur plus *Thiobacillus* significantly increased pod number per plants, grain yield, biological yield and plant height up to 19, 40, 41 and 26 percent, respectively.

key Words: Soybean, biofertilizer, *Thiobacillus*, *Azotobacter*, *Azospirillum*

مقدمه

در قرن حاضر کشاورزی بر پایه مصرف بهینه کودها و عناصر غذائی نهاده شده است. از طرف دیگر برای تأمین نیازهای غذائی گیاهان همواره استفاده بیش از حد کوهای شیمیائی متداول بوده است (استورز و کریستی، ۲۰۰۳). کودهای شیمیائی اغلب به این دلیل مصرف می‌شوند که دارای مواد غذائی زیاد بوده و این مواد به سرعت به شکل قابل جذب برای گیاه در می‌آیند. این کودها گران بوده و باعث بعضی اثرات زیان آور روی ساختمان خاک، ترکیب میکروفلور و دیگر ویژگی خاک می شوند (جانا و کاتری، ۲۰۰۱). کودهای شیمیائی پس از استفاده در ابتدای فصل زراعی ممکن است از شکل شیمیائی قابل استفاده عنصر برای گیاهان به شکل های دیگر تبدیل شده یا از طریق آبشوئی از دسترس گیاه خارج شود (چر و همکاران، ۲۰۰۶). بنابراین جهت فراهمی عناصر غذائی، روش های مصرف کود باید به گونه ای تغییر یابد که مواد غذائی گیاه در یک مدت طولانی و بدون تلفات در اختیار گیاه قرارگیرد (جاگادیسواران و همکاران، ۲۰۰۵). در کشاورزی امروزی با توجه به اثرات منفی کودهای شیمیائی، محققان در تلاشند تا از ریزجانداران خاکزی به منظور رفع این نقص، حذف سموم و سایر آلاینده های خاک و کمک به حفظ سلامت گیاه استفاده نمایند (هان و همکاران، ۲۰۰۴). لذا از گزینه های مناسب که می تواند بدون تخریب محیط زیست، باروری خاک و در نهایت افزایش عملکرد گیاه را تضمین نماید، استفاده از کودهای زیستی است (خسروی،۱۳۸۰).

ریزوباکتری های محرک رشد گیاه[1] (PGPR) از مهمترین کودهای زیستی بوده و با محلول کردن و افزایش فراهمی زیستی عناصر معدنی، بطور مستقیم با تثبیت نیتروژن و تولید هورمون های رشد و بطور غیر مستقیم با کاهش یا پیشگیری از اثرات زیان آور بیماری زایی ریزجانداران دیگر، از طریق تولید انواع مواد آنتی بیوتیک و سیدروفورها سبب افزایش رشد گیاهان شده و عملکرد گیاهان زراعی را بهبود می بخشند (هان و لی، ۲۰۰۵ ؛ توران و همکاران، ۲۰۰۳). این باکتری ها قادرند تا از طریق تولید و ترشح تنظیم کننده های رشد مثل اکسین ها، جیبرلین ها و سیتوکنین ها باعث افزایش درصد جوانه زنی بذرها، ریشه زایی و گسترش ریشه شده و از این طریق با فراهم نمودن عناصر غذائی مورد نیاز گیاه از جمله نیتروژن و فسفر سبب افزایش رشد گیاه شوند (هادی و همکاران، ۱۳۸۸؛ آستارائی و کوچکی، ۱۳۷۵).

تحقیقات بسیاری در مورد تأثیر این باکتری ها بر رشد گیاهان شده است. روابط متقابل و مفید این ریزجانداران ا با بسیاری از گیاهان بررسی شده است (خسروی، ۱۳۸۲). اجرای تغذیه تلفیقی گیاه با بکارگیری

کودهای زیستی باکتریایی (ازتوباکتر، آزوسپیریلوم و سودوموناس) به همراه کودهای شیمیائی منجر به افزایش رشد رویشی و بهبود رشد زایشی شده که به نوبه خود موجب افزایش رشد و نمو و عملکرد گردید (حمیدی و همکاران، ۱۳۸۶).

گوگرد نیز در کنار نیتروژن یکی از عناصر غذایی ضروری بوده و در مورد گیاهان روغنی از اهمیت خاصی برخوردار است. از آنجا که اکسایش گوگرد فرایندی عمدتاً زیستی است، تحقق این شرط مستلزم وجود جمعیت بالایی از میکروارگانیسم های اکسیدکننده گوگرد است که باکتری های تیوباسیلوس از مهمترین انواع آن ها هستند (قربانی نصرآبادی و همکاران،۱۳۸۲). نورقلی پور و همکاران (۱۳۸۵) نتایج مثبتی را مبنی بر کاربرد همزمان گوگرد و باکتری تیوباسیلوس در خاک فسفات بر افزایش عملکرد دانه در سویا گزارش نمودند.

با توجه به موارد مطرح شده، هدف از این آزمایش بررسی اثر کودهای زیستی بر گره بندی ریشه سویا و تأثیر آن بر عملکرد محصول سویا بود به طوری که بتوان با کاربرد این باکتری ها و اثر بخشی آن بر گیاه شرایطی برای کاهش مصرف کودهای شیمیایی و بهبود عملکرد محصول فراهم آورد.

مواد و روش ها

این آزمایش به صورت طرح کرت های دو بار خرد شده در قالب طرح پایه بلوک کامل تصادفی با ۳ فاکتور و ۳ تکرار در بهار سال ۱۳۷۸ در مزرعه پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری انجام شد. این منطقه دارای طول جغرافیایی ۵۳ درجه و ۴ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۳۹ دقیقه شمالی و در ارتفاع ۱۶ متر از سطح دریا قرار دارد. خصوصیات خاک محل آزمایش در جدول ۱ آورده شده است. تیمارهای آزمایشی شامل ۴ سطح گوگرد آلی (۰، ۲۵، ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) در کرت های اصلی، ۲ سطح باکتری تیوباسیلوس (عدم کاربرد و کاربرد) در کرت های فرعی و ۲ سطح ترکیب دو باکتری ازتوباکتر و آزوسپیریلوم (عدم کاربرد و کاربرد) در کرت های فرعی فرعی در نظر گرفته شد. گوگرد آلی مورد استفاده شامل ۲۰ درصد کود حیوانی، ۳۰ درصد گوگرد، ۱۰ درصد NPK و ۴۰ درصد بنتونیت بود (معزز و ثواقبی فیروزآبادی، ۱۳۸۸). کار عملیات آماده سازی زمین در بهار ۱۳۷۸ انجام و تیمارهای کودی مطابق با دستورالعمل طرح انجام شد. نقشه طرح با ۴۸ کرت به صورت ۱۶ کرت در هر تکرار اجرا شد و هر کرت آزمایشی شامل ۴ ردیف کاشت به طول ۶ متر و عرض ۳ متر و فواصل بین خطوط ۵۰ سانتیمتر بود. عرض راهرو بین کرت ها ۵۰ سانتیمتر و فواصل بین تکرارها ۱ متر درنظر گرفته شد. رقم مورد استفاده (JK)، رشد محدود بوده و مقاومت زیادی به خوابیدگی و ریزش دارد (متقیان، ۱۳۸۶).

به منظور تلقیح بذر با باکتری تیوباسیلوس، طبق دستورالعمل موسسه خاک و آب ، به ازای هر ۱۰۰ کیلوگرم گوگرد یک بسته ۲۵۰ گرمی باکتری تیوباسیلوس (حاوی 10^6 عدد باکتری در هر گرم مایه تلقیح) و کود بیولوژیکی نیتروکسین شامل دو باکتری محرک رشد و تثبیت کننده نیتروژن (ازتوباکتر و آزوسپیریلوم) به مقدار ۱ لیتر در هکتار بر اساس تیمارهای آزمایشی و با جمعیت تقریبی 10^8 باکتری در هر میلی لیتر، تلقیح شدند (ضمناً از باکتری برادی ریزوبیوم برای تلقیح بذور استفاده نشد). کشت به صورت هیرم کاری انجام شده و بذور سبز شده پس از رسیدن به مرحله ۴ برگی تنک شدند. در طی فصل رشد با توجه به نیاز گیاه زراعی و شرایط جوی، از آبیاری به صورت بارانی استفاده شد. مبارزه با علف های هرز و آفات و بیماری ها مطابق با نیاز گیاه انجام گرفت. جهت تعیین میزان غده بندی ریشه در مرحله ۵۰ گلدهی ۲ بوته به طور تصادفی از خطوط میانی هر کرت با دقت کامل به وسیله بیل از خاک خارج گردید. پس از تمیز کردن ریشه ها، تعداد گره ریشه شمارش شد، سپس گره ها از ریشه جدا و در داخل پاکت های مقوایی قرار داده شد. به منظور محاسبه وزن خشک گره در هر بوته پاکت ها به مدت۲۴ ساعت در آون با ۷۰ درجه سانتی گراد قرار داده شد. بوته های سویا پس از رسیدگی فیزیولوژیکی به مساحت ۱ متر مربع از خطوط میانی هر کرت برداشت شدند و به منظور اندازه گیری صفات مورد بررسی شامل: تعداد و وزن خشک گره ریشه، ارتفاع بوته، تعداد غلاف در بوته، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، زیست توده و شاخص برداشت به آزمایشگاه انتقال یافتند. اطلاعات حاصل از آزمایش در نرم افزار SAS و MSTATC آنالیز شد. تجزیه واریانس صفات براساس آزمایش کرت های دو بار خرد شده در قالب طرح بلوک کامل تصادفی و مقایسه میانگین بر اساس آزمون حداقل تفاوت معنی دار (LSD) در سطح پنج درصد انجام شد. رسم نمودارها نیز با استفاده از نرم افزار Excel صورت گرفت.

نتایج و بحث

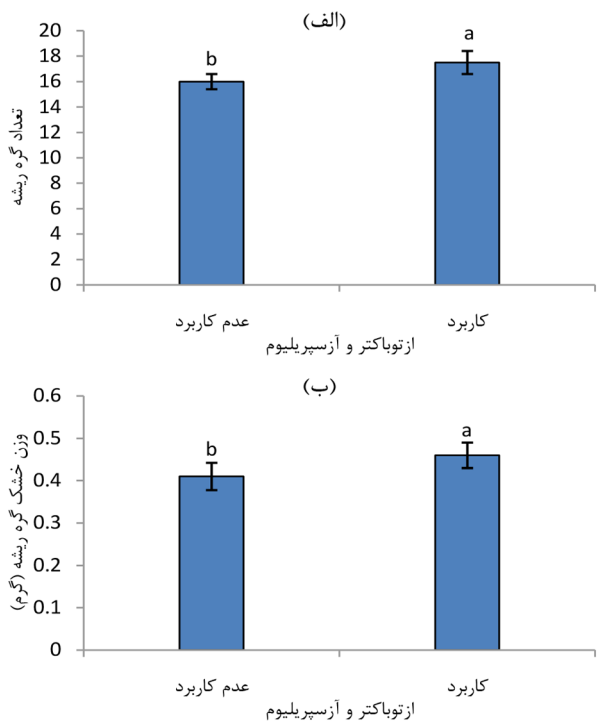
تعداد و وزن خشک گره ریشه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بین سطوح مختلف تیمارهای کود و باکتری تفاوت معنی داری از لحاظ تعداد و وزن خشک گره ریشه وجود دارد (جدول ۲). تیمار مصرف ازتوباکتر و آزوسپیریلوم دارای تفاوت معنی دار در سطح ۵ درصد و اثر متقابل سطوح مختلف کود گوگرد و باکتری تیوباسیلوس دارای تفاوت بسیار معنی داری در سطح ۱ درصد می باشد (جدول ۲). بیشترین تعداد و وزن خشک گره ریشه در تیمار کاربرد همزمان گوگرد و باکتری تیوباسیلوس مشاهده شد که سطح کاربرد ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود گوگرد بالاترین میزان را در این صفات داشت (جدول ۳).

جدول ۱- میانگین نتایج تجزیه خاک مزرعه قبل از اجرای آزمایش

عمق نمونه برداری	هدایت الکتریکی دسی زیمنس برمتر	اسیدیته	مواد آلی درصد	نیتروژن درصد	فسفر	پتاسیم میلی گرم بر	گوگرد کیلوگرم	شن	رس درصد	سیلت	بافت خاک
۰-۳۰	۲۳/۳۸	۷/۱۵	۲/۹۲	۰/۱۷	۱۲/۳۷	۳۲۰	۱۰	۶/۷	۵۰	۴۳/۲۳	رسی سیلتی

در همین زمینه گزارش های مختلفی مبنی بر تأثیر مثبت استفاده از گوگرد در افزایش تعداد گره ریشه (کاچاوا و همکاران، ۱۹۹۷) و وزن خشک گره ها و تثبیت نیتروژن (لانگ و چر، ۱۹۹۶) در لگوم های دانه ای گزارش شده است. در مورد اثرات متقابل گوگرد، تیوباسیلوس و برادی ریزوبیوم ژاپونیکوم بر گره بندی سویا، حداکثر تعداد گره ها مربوط به زمانی است که گوگرد، مایه تلقیح تیوباسیلوس و برادی ریزوبیوم به طور همزمان مورد استفاده قرار گیرند به طوری که نسبت به تیمار بدون تلقیح با تیوباسیلوس افزایش گره بندی داشته است (قربانی نصرآبادی و همکاران، ۱۳۸۲). یکی از دلایل تأثیر مثبت گوگرد بر وزن و تعداد گره ها این است که گوگرد به عنوان عنصری ضروری برای تغذیه گیاه محسوب می شود (رام و نیدو، ۱۹۹۶) و برخی از محققین بهبود گره بندی در تیمارهای گوگردی را ناشی از افزایش فتوسنتز از طریق توسعه سطح برگ، تثبیت مقدار بیشتر دی اکسید کربن در واحد سطح برگ و نیز افزایش قندها دانسته اند (مانس و زاروگ، ۱۹۹۷). مقایسه میانگین اثرات ساده تیمار کاربرد ازتوباکتر و آزوسپیریلوم، برتری این تیمار را نسبت به عدم کاربرد آن نشان داد (شکل ۱). نتایج حاصل از آزمایش با نتایج بیسواز و همکاران (۲۰۰۰) مبنی بر افزایش تعداد و وزن گره ریشه در افزودن ازتوباکتر و مایه تلقیح ریزوبیوم به سویا مطابقت دارد. همچنین تحریک قابل ملاحظه ای در رشد و گره زایی ریشه سویا در تلقیح توأم باکتری برادی ریزوبیوم و آزوسپیریلوم گزارش شده است (مولا و همکاران، ۲۰۰۱). لذا این افزایش در اندازه گره ها نشان دهنده این است که مواد فتوسنتزی بیشتری به دلیل افزایش رشد در گیاه برای سویه های باکتری ارسال می شود. تعداد گره (r=۰/۶۸**) و وزن خشک گره ریشه (r=۰/۶۷**) دارای همبستگی مثبت و معنی داری با عملکرد دانه بودند (داده نشان داده نشد).



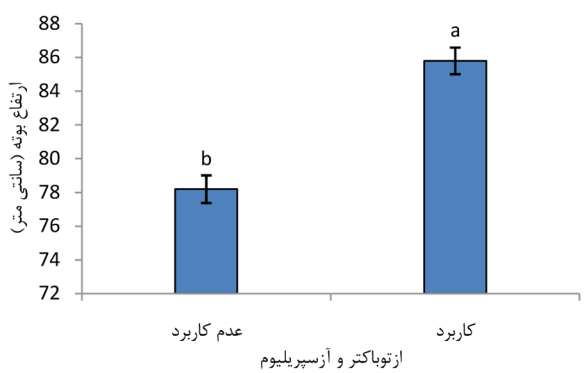
شکل ۱- مقایسه میانگین اثرات ساده تلقیح همزمان باکتری ازتوباکتر و آزوسپیریلوم بر تعداد (الف) و وزن خشک گره ریشه (ب)

ارتفاع بوته

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اختلاف معنی داری بین تیمارهای مختلف کود و باکتری وجود دارد (جدول ۲). اثر متقابل کود گوگردی و باکتری تیوباسیلوس دارای اختلاف معنی داری در سطح احتمال یک درصد بود (جدول ۲). با توجه به نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل (جدول ۳) عدم کاربرد کود گوگرد در تلقیح با تیوباسیلوس تفاوت معنی داری از نظر ارتفاع بوته ایجاد نکرد. ولی کاربرد ۲۵ و ۵۰ کیلوگرم کود گوگرد افزایش معنی دار و کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود گوگرد موجب کاهش معنی دار در صفت ارتفاع بوته شد. می توان گفت که مصرف این باکتری بر میزان جذب گوگرد اثر مثبتی داشته است ولی افزایش گوگرد تا ۱۰۰ کیلوگرم اثر عکس داشته است. بیشترین ارتفاع در مصرف همزمان ۲۵ کیلوگرم در هکتار کود گوگرد و باکتری تیوباسیلوس با ۲۶ درصد افزایش نسبت به شاهد مشاهده گردید. نتایج تجزیه واریانس اثر کاربرد ازتوباکتر و آزوسپیریلوم را در سطح احتمال یک درصد معنی دار نشان داد (جدول ۲). همچنین اثر ساده این دو باکتری تفاوت معنی داری ایجاد نمود (شکل ۲). در همین زمینه گزارش های بسیاری در مورد اثر باکتری های محرک رشد بر گیاهان وجود دارد. در بسیاری از موارد این باکتری ها با تولید هورمون های محرک رشد گیاه، تخصیص عناصر غذایی را در گیاهان تغییر داده و رشد ریشه گیاه را افزایش می دهند. به این ترتیب ریشه های بزرگتر، ریشه های فرعی بیشتر و در نتیجه سطح تماس بیشتری برای جذب آب و مواد غذایی ایجاد می کنند. تولید ایندول اسید استیک توسط عمده میکروارگانیسم های موجود در ریزوسفر مانند ازتوباکتر و آزوسپیریلوم گزارش شده که با توانایی آنها در تحریک رشد گیاهان و افزایش جذب عناصر غذایی در ارتباط است (دابلیر و همکاران، ۲۰۰۱). باکتری های محرک رشد اثرات مثبتی در تولید هورمون های رشدی دارند، همچنین با تولید انواع مواد آنتی بیوتیک از اثرات بیماری زائی ریزجانداران دیگر جلوگیری کرده و سبب بهبود و افزایش رشد گیاه می شوند (نیکولای و همکاران، ۲۰۰۶).

تعداد غلاف در بوته

تعداد غلاف در بوته سویا یکی از اجزای مهم در تعیین عملکرد دانه سویا است. نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که بین تیمارهای مختلف کود و باکتری تفاوت معنی داری وجود دارد. با توجه به معنی دار شدن اثر متقابل گوگرد و تیوباسیلوس(جدول ۳)، کاربرد ۲۵ و۵۰



شکل ۲- مقایسه میانگین اثرات ساده تلقیح همزمان باکتری ازتوباکتر و آزوسپیریلوم بر ارتفاع بوته

جدول ۲- تجزیه واریانس اثرات کودهای زیستی بر صفات مورد بررسی

منبع تغییرات	درجه آزادی	(Ms) تعداد گره ریشه	وزن خشک گره ریشه (گرم)	ارتفاع بوته (سانتیمتر)	تعداد غلاف در بوته	وزن هزار دانه (گرم)	عملکرد دانه (تن درهکتار)	عملکرد بیولوژیک (تن در هکتار)	شاخص برداشت (درصد)
تکرار	۲	۲/۹۵	۰/۰۰۱	۸۵/۰۲	۱/۰۹	۳۱/۰۴	۰/۰۰۹	۱/۵۷	۰/۶۵
گوگرد (A)	۳	۷۹/۶۸**	۰/۰۶**	۱۳۱/۳۱**	۱۶۷/۰۸**	۶۰/۷۷^{ns}	۰/۵۵*	۲/۸۸^{ns}	۳۶/۵۲**
خطای (a)	۶	۰/۴۱	۰/۰۰۰۵	۱۴/۹۹	۹۴/۴۸	۱۶۶/۲۶	۰/۲	۱/۶۱	۰/۶۷
تیوباسیلوس (B)	۱	۱۸۷/۰۷**	۰/۱۶**	۵۹/۵^{ns}	۱۵/۸۳^{ns}	۳۹/۹۴^{ns}	۱/۷۶**	۲/۰۳^{ns}	۶۷/۱۶**
A×B	۳	۳۱/۴۷*	۰/۰۳*	۱۳۹/۷۹**	۹۸/۳۸*	۳۹۱/۲۳^{ns}	۰/۹**	۳/۹*	۳۱/۳۴**
خطای b(A)	۷	۲/۰۶	۰/۰۰۴	۵۵/۴۶	۸۵/۴۶	۴۶۶/۱۵	۰/۱۳	۱/۴۹	۰/۴۹
ازتوباکتر و آزوسپیریلوم (C)	۱	۳۳/۱۹**	۰/۰۲*	۳۲۷/۳۸**	۷۴/۲۱^{ns}	۱۰۳/۳۵^{ns}	۳/۸۵**	۲۷/۲۸**	۵۰/۴۷**
A×C	۳	۰/۶^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}	۳۹/۲^{ns}	۴۳/۷۴^{ns}	۶۸^{ns}	۰/۱^{ns}	۰/۹۲^{ns}	۲/۸۹^{ns}
B×C	۱	۷/۳۷^{ns}	۰/۰۰۶^{ns}	۱/۳۸^{ns}	۱/۱۴^{ns}	۱۱۱/۸۵^{ns}	۰/۱۱^{ns}	۳/۸۴^{ns}	۰/۱۷^{ns}
A×B×C	۳	۲/۹۷^{ns}	۰/۰۰۷*	۳۰/۱۳^{ns}	۱۴/۳۶^{ns}	۱۸۷/۸۱^{ns}	۰/۳^{ns}	۲/۲۶^{ns}	۱/۷۵^{ns}
خطای ازمایش	۱۲	**۲/۸۹**	**۰/۰۰۲**	۱۱/۵۵	۲۴/۶۷	**۱۰۹/۸۱**	**۰/۰۹۵**	**۰/۹۹**	**۱/۰۱**
ضریب تغییرات (٪)	-	۲۴/۹۳	۱۰/۱	۴/۲۷	۱۷/۲۱	۷/۱۲	۱۴/۴۶	۱۳/۳۲	۳/۰۹

* و** به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد، ns عدم تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد

جدول ۳- میانگین اثرات متقابل کود و باکتری بر صفات مورد بررسی

تیمار		تعداد گره ریشه	وزن خشک گره ریشه (گرم)	ارتفاع بوته (سانتیمتر)	تعداد غلاف در بوته	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	شاخص برداشت
گوگرد	تیوباسیلوس							
۰	عدم کاربرد	۴^{de}	۰/۳۵^{ef}	۷۷/۲۹^{c}	۲۲/۵۵^{d}	۲/۰۱^{b}	۶/۹۴^{b}	۲۸/۹۴^{d}
	کاربرد	۵/۴^{dce}	۰/۴^{cde}	۷۶/۰۳^{c}	۲۳/۵^{cd}	۲/۱۱^{b}	۷/۱۷^{ab}	۲۹/۷۱^{cd}
۲۵	عدم کاربرد	۴/۶^{de}	۰/۳۹^{def}	۸۳/۵۶^{b}	۲۳/۹۴^{cd}	۲/۱۳^{b}	۷/۰۹^{ab}	۲۹/۷۱^{cd}
	کاربرد	۸/۱^{b}	۰/۴۷^{b}	۸۸/۱۶^{a}	۳۱/۵^{ab}	۲/۱۵^{b}	۶/۶۶^{bc}	۳۲/۹۱^{b}
۵۰	عدم کاربرد	۶^{bcd}	۰/۴۱^{cd}	۷۵/۶۳^{c}	۲۹/۵۹^{bc}	۱/۷۸^{b}	۵/۹۶^{bc}	۲۹/۷۸^{cd}
	کاربرد	۱۵/۱۶^{a}	۰/۶۹^{a}	۸۷/۹^{a}	۳۶/۵۵^{a}	۳/۱۳^{a}	۸/۳۳^{a}	۳۷/۳۶^{a}
۱۰۰	عدم کاربرد	۳/۶۶^{e}	۰/۳۴^{f}	۸۲/۳۲^{b}	۳۴/۴۱^{ab}	۱/۷۸^{b}	۶/۱۹^{bc}	۳۰/۳۲^{c}
	کاربرد	۷^{bc}	۰/۴۵^{bc}	۷۱/۰۷^{d}	۲۴/۱۱^{cd}	۱/۷۸^{b}	۵/۴۸^{c}	۲۹^{cd}

در هر ستون اعداد دارای حروف مشابه تفاوت معنی داری در سطح ۵ درصد بر اساس آزمون LSD ندارند.

کیلوگرم در هکتار کود گوگرد نسبت به شاهد ۲۴ و ۱۹ درصد افزایش و برعکس کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود گوگرد موجب کاهش ۴۲/۲ درصدی این صفت شد. بهترین تیمار کودی در تیمار کاربرد تیوباسیلوس در مصرف ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود گوگرد مشاهده شده است. با توجه به اثر مستقیم تعداد غلاف به عنوان جزء موثر در تعیین عملکرد سویا، می توان یکی از علل افزایش عملکرد دانه در سویا را به افزایش تعداد غلاف در بوته نسبت داد. احتمالاً کاربرد گوگرد به همراه باکتری تیوباسیلوس و ریزوبیوم باکتری همزیست سویا، توانسته است از طریق کاهش pH خاک و حلالیت عناصر به افزایش رشد و نمو گیاه کمک کند (آناندهام و همکاران، ۲۰۰۷).

وزن هزار دانه

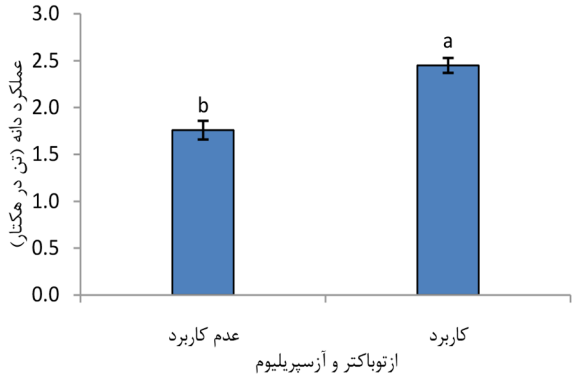
یکی از اجزای تعیین عملکرد دانه وزن هزار دانه است. نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده ها نشان داد که هیچ تفاوت معنی داری بین تیمارها از لحاظ صفت وزن هزار دانه وجود ندارد (جدول ۳). در مطالعات قبلی آمده است که در بسیاری از گونه ها، وزن دانه یکی از ویژگی هایی است که از نظر ظاهر، کمتر تغییر پذیری دارد. بسیاری از آزمایشات روی گیاهان که در گستره ای از شرایط محیطی مختلف رشد کرده اند (مانند تغییرات مواد غذایی یا رقابت) نشان می دهد که، موقعی که بیشتر اندام ها می توانند به طور مشخصی از نظر اندازه تغییر کنند معمولاً متوسط وزن دانه ثابت باقی می ماند (خسروی و رحیمیان، ۱۳۸۴).

همچنین تحقیقات سلیمان زاده و همکاران (۱۳۸۸) در کاربرد و عدم کاربرد ازتوباکتر بر آفتابگردان نشان داد که کاربرد این باکتری بر صفات قطر طبق، تعداد دانه در طبق، تعداد ردیف در دانه و وزن هزار دانه تأثیری نداشته است. همچنین در آزمایشی که ایرانی پور و همکاران (۱۳۸۴) به منظور بررسی اثر گوگرد و تیوباسیلوس بر ذرت انجام دادند، مشخص شد که تلقیح باکتری بر صفات عملکرد دانه و وزن هزار دانه تأثیر معنی داری نداشته است. تغییر مثبت صفات کمی و کیفی گیاهان در نتیجه تلقیح باکتری های همیار نیازمند موفقیت ترکیب بین ژنوتیپ گیاه و نوع و سویه باکتری است (ساتوویچ، ۲۰۰۶). به طور کلی می توان اظهار داشت که وزن دانه به ژنوتیپ گیاه بستگی دارد و کمتر تحت تأثیر محیط قرار می گیرد.

عملکرد دانه

نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول۲) بیانگر وجود تفاوت معنی دار بین تیمارهای مختلف کودی از لحاظ عملکرد دانه می باشد. اختلاف بسیار معنی دار در اثر کاربرد باکتری های ازتوباکتر و آزوسپیریلوم ایجاد گردید. کاربرد سطوح مختلف کود گوگرد و باکتری تیوباسیلوس نیز دارای اثر متقابل معنی دار در سطح احتمال یک درصد می باشند. مقایسه میانگین اثرات متقابل نشان داد کاربرد تیوباسیلوس در سطوح ۰، ۲۵ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار تفاوت معنی داری نسبت به شاهد نداشت و تنها استفاده از تیوباسیلوس در تیمار ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود گوگرد تفاوت معنی داری نسبت به شاهد مشاهده داشت (جدول ۳). گوگرد به دلیل ظرفیت اکسیده شدن و تولید اسیدسولفوریک، پتانسیل لازم برای تغییر pH خاک حداقل در مقیاس کوچک اطراف ذرات خود را دارا بوده و بنابراین می تواند به خصوص در منطقه ریزوسفر در انحلال ترکیبات غذایی نامحلول و آزاد شدن عناصر ضروری موثر واقع شود (بشارتی و صالح راستین، ۱۳۷۹). لذا نه تنها عملکرد و کیفیت محصولات روغنی را افزایش می دهد بلکه با ایجاد مقادیر قابل توجهی اسیدهای معدنی قوی کارایی مصرف سایر کودها نظیر نیتروژن و فسفر را بهبود می بخشد (لین و همکاران، ۱۹۹۸).

با توجه به برتری عملکرد سویا در تیمار کاربرد همزمان ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود گوگرد و باکتری تیوباسیلوس می توان اظهار داشت که احتمالاً با کاربرد تیوباسیلوس، اکسایش گوگرد شدت یافته و مقدار کافی اسید سولفوریک تولید شده و با کاهش pH فراهمی فسفر را افزایش می دهد. لذا با افزایش مقدار فسفر فراهم برای باکتری همزیست سویا (برادی ریزوبیوم) باعث افزایش تثبیت نیتروژن و در نتیجه افزایش عملکرد سویا شده است (محمدی آریا و لکزیان، ۱۳۸۸). بررسی مقایسه میانگین اثرات ساده (شکل ۳) و اثرات متقابل (جدول ۳) نشان داد که تیمار کاربرد ازتوباکتر و آزوسپیریلوم با عملکرد ۲/۴۹ تن در هکتار (با ۴۲ درصد افزایش نسبت به شاهد) و مصرف همزمان ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود گوگرد و باکتری تیوباسیلوس با عملکرد ۳/۱۳ تن در هکتار و ۴۰ درصد افزایش نسبت به شاهد بالاترین عملکرد را داشتند. در مطالعات انجام شده قبلی آمده است که ریزوباکترهای محرک رشد گیاه که ریزوبیوم، ازتوباکتر و آزوسپیریلوم نمونه هایی از این نوع می باشند از طریق فراهم نمودن عناصر غذایی مورد نیاز گیاه (هادی و همکاران، ۱۳۸۸) و تولید و ترشح تنظیم کننده های رشد

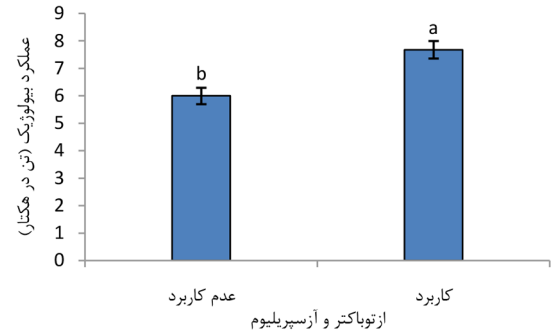


شکل ۳- مقایسه میانگین اثر ساده تلقیح همزمان باکتری ازتوباکتر و آزوسپیریلوم بر عملکرد دانه

(ظهیر و همکاران، ۲۰۰۴) موجب اثرات مثبتی بر گیاهان شده و افزایش رشد گیاه و عملکرد محصولات زراعی را به دنبال دارند. همچنین بررسی ها نشان داده که باکتری های جنس ازتوباکتر و آزوسپیریلوم دارای رابطه همیاری با گیاه میزبان هستند (وسی، ۲۰۰۳؛ توران و همکاران، ۲۰۰۶). بنابراین می توان بخشی از افزایش عملکرد سویا را به فعالیت باکتری های تثبیت کننده نیتروژن و قسمتی را به کاربرد گوگرد و باکتری تیوباسیلوس نسبت داد. تمامی صفات به جز وزن هزار دانه با عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی دار داشتند (داده ها نشان داده نشد).

عملکرد بیولوژیک

نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) نشانگر وجود اختلاف معنی دار بین تیمارهای مختلف کود و باکتری است. اثر کاربرد ازتوباکتر و آزوسپیریلوم و اثر متقابل سطوح کود گوگردی و کاربرد باکتری تیوباسیلوس در سطح احتمال یک درصد معنی دار بودند. با بررسی مقایسه میانگین اثرات متقابل (جدول ۳) بهترین تیمار کودی از لحاظ صفت عملکرد بیولوژیک در مصرف همزمان ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود گوگرد و باکتری تیوباسیلوس با ۴۱ درصد افزایش نسبت به شاهد به دست آمد و کاربرد سطوح ۰، ۲۵ و ۱۰۰کیلوگرم در هکتار کود گوگرد در مصرف همزمان تیوباسیلوس نسبت به شاهد تفاوت معنی دار نداشت. استفاده از گوگرد به همراه باکتری تیوباسیلوس در بسیاری از موارد نتایج سودمندی را در اصلاح و بهبود وضعیت تغذیه گیاه به دنبال داشته است (بشارتی و صالح راستین، ۱۳۷۹). مصرف گوگرد به همراه ریزجانداران اکسید کننده گوگرد از جمله تیوباسیلوس که از مهمترین انواع آنها می باشند، سبب اکسایش گوگرد در خاک شده و با در دسترس قرار گرفتن گیاه، سبب افزایش فتوسنتز و تأثیر قابل توجه در وزن خشک گیاه می شود (بشارتی و فلاح، ۱۳۸۸). در پژوهش قربانی نصرآبادی و همکاران (۱۳۸۱) کاربرد توأم گوگرد و کود میکروبی تیوباسیلوس، میانگین وزن دانه، وزن غلاف و عملکرد بیولوژیک را نسبت به تیمارهای عدم کاربرد گوگرد به طور معنی داری افزایش داد. همچنین کاربرد توأم مایه تلقیح تیوباسیلوس و ریزوبیوم موجب افزایش عملکرد دانه سویا و تثبیت نیتروژن گردید که بیانگر وجود اثرات هم‌افزایی بین باکتری تیوباسیلوس و باکتری ریزوبیوم می باشد. با توجه به بالاتر بودن عملکرد بیولوژیک نسبت به شاهد در تیمار کاربرد ازتوباکتر و آزوسپیریلوم (شکل ۴) می توان نتیجه گرفت این باکتری ها به عنوان باکتری های تثبیت



شکل ۴- مقایسه میانگین اثر ساده تلقیح همزمان باکتری ازتوباکتر و آزوسپیریلوم بر عملکرد بیولوژیک

کننده نیتروژن با تأثیر در میزان دسترسی به نیتروژن موجب بهبود عملکرد بیولوژیک شده‌اند زیرا مقدار نیتروژن قابل دسترس بر توزیع مواد فتوسنتزی بین اندام های رویشی مؤثر است و در اثر کمبود نیتروژن به علت کاهش سطح برگ و کاهش دوام سطح برگ، نسبت فتوسنتز گیاه زراعی و همچنین عملکرد بیولوژیک گیاه کاهش می یابد (گلیک و همکاران، ۲۰۰۱). تحقیقات بسیاری مبنی بر افزایش کل ماده خشک و عملکرد بیولوژیک در اثر مصرف باکتری های محرک رشد وجود دارد. افزایش عملکرد دانه، تعداد دانه در سنبله و عملکرد بیولوژیک درگندم با کاربرد توأم ازتوباکتر و مایکوریزا (بهل و همکاران، ۲۰۰۳)، افزایش وزن هزار دانه، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک در برنج (فرجی و همکاران، ۱۳۸۸) در تیمارهای تلقیح یافته با ازتوباکتر و آزوسپیریلوم گزارش شده است. تلقیح با باکتری تا حدی تأمین کننده عناصر غذایی ضروری برای رشد و نمو گیاه می باشد. بنابراین عکس‌العمل مثبت گیاه نسبت به کاربرد آن از طریق بهبود رشد رویشی و افزایش پیکره گیاه نمایان می شود (مغنی دامغانی و همکاران، ۱۳۸۸). این صفت بیشترین همبستگی را (r=۰/۹۳**) با عملکرد دانه داشت (داده ها نشان داده نشد).

شاخص برداشت

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) حاکی از اختلاف معنی دار اثرات تیمارهای کود و باکتری است. کاربرد ازتوباکتر و آزوسپیریلوم در سطح یک درصد دارای اختلاف معنی دار است. اثر متقابل بین کود گوگردی و باکتری تیوباسیلوس نیز اختلاف بسیار معنی داری در سطح احتمال یک درصد نشان داد. بررسی جدول مقایسه میانگین اثرات متقابل (جدول ۳) بیانگر این است که کاربرد ۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتارکود گوگرد به همراه باکتری تیوباسیلوس تفاوت معنی داری نسبت به شاهد نداشت ولی در کاربرد ۲۵ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود گوگرد به همراه باکتری تیوباسیلوس تفاوت معنی‌داری نسبت به شاهد مشاهده شد و بهترین تیمار کودی از لحاظ این صفت بودند. به طوری که بالاترین شاخص برداشت در تیمار کودی کاربرد تیوباسیلوس به همراه ۲۵ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود گوگرد به ترتیب با ۳۲/۹۱ و ۳۷/۳۶ درصد مشاهده شد (جدول ۳). به نظر می‌رسد که کاربرد همزمان گوگرد و باکتری تیوباسیلوس موجب بهبود رشد و نمو گیاه و اختصاص مواد فتوسنتزی بیشتر به دانه شده است. اثر باکتری های محرک رشد را که با تأثیر بر رشد گیاه در نهایت موجب افزایش محصول می شوند، نمی توان نادیده گرفت. در تیمار ازتوباکتر و آزوسپیریلوم نیز شاخص برداشت ۳۲/۳۱ درصد بود و نسبت به شاهد افزایش معنی دار داشت (شکل ۵). نتایج مشابهی مبنی بر تأثیر ازتوباکتر و آزوسپیریلوم بر عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت و بهبود خصوصیات کیفی در گندم توسط بحرانی و همکاران (۱۳۸۸) گزارش شده است.

پاورقی ها

1. Plant Growth Promoting Rhizobacteria

منابع مورد استفاده

۱. آستارایی، ع. ر. و ع. کوچکی. ۱۳۷۵. کاربرد کودهای بیولوژیک در کشاورزی پایدار. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۱۶۸ صفحه.

۲. ایرانی پور، ر.، م. ج. ملکوتی، م. ج. عابدی، ا. سجادی و ح. غفوریان. ۱۳۸۴. بررسی تأثیر گوگرد و تیوباسیلوس بر قابلیت جذب فسفر از منبع خاک فسفات با استفاده از تکنیک رقت ایزوتوپی. پژوهشنامه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خزر. ۲: ۱-۱۴.

۳. بحرانی، ع.، م. حسینی، س. معمار و ز. ا. طهماسبی سروستانی. ۱۳۸۶. بررسی تأثیر باکتری های آزوسپیریلوم و ازتوباکتر همراه با مصرف ریزمغذی ها به صورت محلول پاشی و کاربرد در خاک بر خصوصیات کمی و کیفی ۵ رقم گندم بعد از کشت ذرت در استان فارس. مجله علوم کشاورزی ایران. ۲:۳۸. ۳۶۷-۳۷۶.

۴. بشارتی، ح و ع. ر. فلاح. ۱۳۸۸. تأثیر مقادیر مختلف گوگرد و مایه تلقیح باکتری های تیوباسیلوس بر غلظت آن در بخش هوایی ذرت. یازدهمین کنگره علوم خاک ایران. گرگان. ص ۹۱-۹۲.

۵. بشارتی، ح. و ن. صالح راستین. ۱۳۷۹. تأثیر مصرف گوگرد و مایه تلقیح تیوباسیلوس بر مقدار آهن جذب شده توسط ذرت در شرایط گلخانه. مجله خاک و آب. ۷:۱۲. ۶۳-۷۲.

۶. حمیدی، آ.، ر. اصغرزاده، م. چوکان، م. دهقان شعار و م. ج. ملکوتی. ۱۳۸۶. تأثیر کاربرد باکتری های افزاینده رشد گیاه بر جنبه های مختلف رشد و نمو ذرت در سیستم کشاورزی پایدار با نهاده کافی. مجموعه مقالات دهمین کنگره علوم خاک ایران. کرج. ص ۱۱۹-۱۲۳.

۷. خسروی، م. و ح. رحیمیان مشهدی. ۱۳۸۴. مطالعه ارتباط وزن ریشه غده ای با شروع مرحله زایشی عملکرد و اجزای عملکرد آن در زیره سیاه. فصلنامه علوم و صنایع کشاورزی.۱:۱۹. ۱۱۱-۱۱۹.

۸. خسروی، ه. ۱۳۸۲. کاربرد کودهای بیولوژیک در زراعت غلات. مجموعه مقالات ضرورت تولید کودهای بیولوژیک در کشور. موسسه تحقیقات خاک و آب کشور. ص ۱۷۹- ۱۹۴.

۹. خسروی، ه. ۱۳۸۲. کاربرد کودهای بیولوژیک در زراعت غلات. مجموعه مقالات ضرورت تولید کودهای بیولوژیک در کشور. موسسه تحقیقات خاک و آب کشور. ص ۱۷۹- ۱۹۴.

۱۰. سلیمان زاده، ح.، د. حبیبی، م. ر. اردکانی، ف. پاک نژاد و ف. رجالی. ۱۳۸۸. بررسی تأثیر ازتوباکتر در سطوح مختلف نیتروژن بر عملکرد و برخی از صفات آفتابگردان. یازدهمین کنگره علوم خاک ایران. گرگان. ص۷۶-۷۸.

۱۱. فرجی، ه.، ح. ر. انجام و ح. ر. اولیایی. ۱۳۸۸. تأثیر کود

بیولوژیک نیتروکسین بر عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم برنج در منطقه یاسوج. یازدهمین کنگره علوم خاک ایران. گرگان. ص ۷۵-۷۶.

۱۲. قربانی نصرآبادی، ر.، ر. صالح راستین و ح. ع. علیخانی. ۱۳۸۱. بررسی تأثیر مصرف گوگرد با مایه تلقیح تیوباسیلوس و برادی ریزوبیوم بر تثبیت نیتروژن و شاخص های رشد سویا. مجله علوم خاک و آب. ۲:۱۶. ۱۷۰-۱۷۸.

۱۳. قربانی نصرآبادی، ر.، ن. صالح راستین و ح. ع. علیخانی. ۱۳۸۲. بررسی تأثیر مصرف کود میکروبی گوگرد بر تثبیت نیتروژن و شاخص های رشد سویا. تغذیه بهینه دانه های روغنی. مجموعه مقالات. ص ۳۳۳-۳۴۵.

۱۴. متقیان، آ. ۱۳۸۶. اثر انواع و مقادیر مختلف کودهای آلی و معدنی بر عملکرد و تجمع عناصر غذایی بر سه رقم سویا. پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری. ۱۲۰صفحه.

۱۵. محمدی آریا، م. و ا. لکزیان. ۱۳۸۸. تأثیر کاربرد کود بیولوژیک بر رشد و گره زایی سویا. یازدهمین کنگره علوم خاک ایران. گرگان. ص ۳۲۹-۳۳۱.

۱۶. معزز، م و غ. ثواقبی فیروزآبادی. ۱۳۸۸. تغذیه درختان میوه. انتشارات جهاد دانشگاهی تهران. جلد دوم. ۲۵۹ صفحه.

۱۷. مغنی دامغانی، ف.، م. قلی پور، م. ر. عامریان و ح. ر. اصغری. ۱۳۸۸. بررسی تاثیر تلقیح باکتری های تثبیت کننده نیتروژن و فرسودگی بذر بر ذرت. مجموعه مقالات یازدهمین کنگره علوم خاک ایران. گرگان. ص۸۴-۸۶.

۱۸. نورقلی پور، ف.، ک. خاوازی، ح. بشارتی و ا. فلاح. ۱۳۸۵. بررسی تأثیر کاربرد خاک فسفات، گوگرد و باکتری تیوباسیلوس بر عملکرد کمی و کیفی سویا و اثرات باقیمانده آن بر ذرت. مجله علوم خاک و آب. ۱:۲۰. ۱۲۲-۱۳۲.

۱۹. هادی، ح.، ج. دانشیان، ا. اصغرزاده، آ. حمیدی، ع. ر. دانشمند و ن. کاری. ۱۳۸۸. بررسی تاثیر ازتوباکتر کروکوکوم و مایه تلقیح سویا بر ویژگی های رویشی سویا. مجموعه مقالات یازدهمین کنگره علوم خاک ایران. گرگان. ص۱۰- ۱۲.

20. Anandham, R., Sridar, R. Nalayini, P. Poonguzhali, S. Madhaiyan, M and Tongmins, A. 2007. Potetial for plant growth promotion in groundnut (*Arachis hypogaea* L.) cv. ALR-2 by co-inoculation of sulfur-oxidizing bacteria and Rhizobium. *Microbiological Research*, 162(2): 139-153.
21. Behl, R. k., Sharma, H. Kumar, V. and Singh, K. P. 2003. Effect of duel inoculation of VA micorrhyza and *Azotobacter chroococcum* on above flag leaf characters in wheat. *Agronomy and Soil Science*, 49(1): 25-31.
22. Biwas, J. C., Ladha, J. K. Dazzo, F. B. Yanni, Y. G. and Rolfe, B. G. 2000. Rhizobial inoculation influences seedling vigor and yield of rice. *Agronomy Journal*, 92: 880-886.
23. Cherr, C. M., Scholberg, J. M. S. and Mcsorlery, R. 2006. Green manure approaches to crop production. *Agronomy Journal*, 98: 302-319.
24. Dobbelaere, S., Croonenborghs, A. and Thys, A. 2001. Responses of agronomically important crops to inoculation with Azospirillum. *Plant Physiology*. *Journal*, 28: 871-879.
25. Gilick, B. R., Penrose, D. and Wenbo, M. 2001. Bacterial promotion of plant growth. *Biotechnology Advances*, 19: 135-138.
26. Han, H. S. and Lee, K. D. 2005. Plant growth promoting rhizobacteria effect on antioxidant status, photosynthesis, mineral uptake and growth of lettuce under soil salinity. *Agriculture and Biological Sciences*, 1: 210-215.
27. Han, H. S., Supanjani, K. and Lee, D. 2004. Effect of co-inoculation with phosphate and pottasum solublizing bacteria on mineral uptake and growth of pepper and cucumber. *Agronomy Journal*, 24: 169- 176.
28. Jagadees waran, R., Murrugappan, V. and Govindaswarny, M. 2005. Effect of slow release NPK fertilizer sources on the nutrient use efficiency in turmeric (*Curcuma longa* L.). *World Journal of Agricultural Sciences*, 1: 65-69.
29. Jana, B. B. and Chatterjee, J. 2001. Responses of Phosphate solubilizing bacteria to qualitatively different fertilization in simulated and natural fish ponds. *Aquaculture International*, 9: 17-34.
30. Kachhave, K. G., Gawand, S. D. Kohire, O. D. and Mane, S. S. 1997. Influence of various sources and levels of sulfurs on nodulation, yield and uptake of nutrients by chickpea. *Soil Science*, 45: 590-591.
31. Lin, B. 1998. The changes of fertilizer structure and effectiveness in China. *Scientific and Technology*. 12-27.
32. Molla, A. H., Shamsuddin, Z. H. Halimi, M. S. Morziah, M and puteh, A. B. 2001. Potential for enhancement of root growth and nodulation of soybean coinoculated with Azospirillum and Bradoyrhizobacterium in laboratory systems. *Soil Biology and Biochemistry*, 33: 457-463.
33. Naidu, M. V. S. and Ram, H. 1996. Effect of sulfur and Rhizobium inoculation on dry matter, grain yield and protein content in green gram (*Vigna radiata* L.). *Legume Research*, 19(1): 10-14.
34. Nikolay, S., Strigul, A. and Kravchenco, V. 2006. Mathematical modeling of PGPR inoculation into the rhizosphere. *Enviromental Modeling and Software*, 21: 1158-1171.
35. Satovich, S. Z. 2006. Azospirillum of Uzbakistan soils and their influence on growth and development of wheat plants. *Plant and Soil*, 283: 137-145.

36. Satovich, S. Z. 2006. Azospirillum of Uzbakistan soils and their influence on growth and development of wheat plants. *Plant and Soil*, 283: 137-145.
37. Sturz, A. V. and Christie, B. R. 2003. Beneficial microbial allelopathiesin the root zone: the management of soil quality and plant disease with rhizobacteria. *Soil and Tillage Research*, 72: 107-123.
38. Turan, M., Ataoglu, N. and Sahin, F. 2006. Evaluation of the capacity of phosphate solubilizing bacteria and fungi on different forms of Phosphorus in liquid culture. *Sustainable Agriculture*, 28: 99-108.
39. Vessey, J. K. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizer. *Plant and Soil*, 255: 571-586.
40. Zahir, A. Z., Arshad. M. and Frankenberger, W. F. 2004. Plant growth promoting rhizobacteria: applications and perspectives in agriculture. *Agronomy Advances*, 81: 97-168.
41. Zaroug, M. G. and Munns, D. N. 1979. Nodulation, nitrogen fixation, leaf area and sugar content in *Lablab purpureus* as affected by sulfur nutrition. *Plant and Soil*, 53: 319-328