مجله پژوهش‌های به زراعی
جلد ۲ ، شماره ۴ ، زمستان ۱۳۸۹

مجله پژوهش‌های به زراعی

اثر باکتریهای حل کننده فسفات ، گوگرد و محلولپاشی روی بر جذب عناصر غذایی در گیاه سویا

مجتبی جعفرزاده کنار سری[۱]، خسرو استکی اورگانی [۲]*، آقامحمد علیجانی[۳] ، شهرام امیدواری[۴]، شهرام رضایی[۵]

۱- عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی، گروه زراعت، واحد نراق، نراق، ایران
۲- عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد بروجرد، گروه زراعت، بروجرد، ایران
۳- دانش آموخته کارشناس ارشد زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد بروجرد، بروجرد، ایران
۴- دکتری خاکشناسی، مرکز تحقیقات کشاورزی، لرستان، خرم آباد، ایران
۵- کارشناس ارشد زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد بروجرد، گروه زراعت، بروجرد، ایران

تاریخ دریافت:۸۹/۰۹/۲۸ تاریخ پذیرش: ۹۰/۰۱/۲۵

چکیده

به منظور بررسی اثرات کاربرد حل کننده های زیستی فسفات و گوگرد و محلولپاشی عنصر روی(Zn) بر عملکرد دانه، درصد پروتئین ، درصد روغن دانه و همچنین بر جذب عناصر غذایی این تحقیق بر روی گیاه سویا لاین TMS در سال زراعی ۱۳۸۹ بر روی خاکهای آهکی شهرستان الشتر استان لرستان در شرایط مزرعه انجام شد. این تحقیق بر اساس آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارهای مورد بررسی شامل: ۱- حل کننده زیستی فسفات (سودوموناس) ۲- حل کننده زیستی گوگرد (تیوباسیلوس)۳- حل کننده زیستی فسفات + حل کننده زیستی گوگرد ۴ - محلولپاشی عنصر روی ۵- حل کننده زیستی گوگرد + محلولپاشی عنصر روی ۶- حل کننده زیستی فسفات + محلول پاشی روی ۷- حل کننده زیستی فسفات+ حل کننده زیستی گوگرد + محلولپاشی عنصر روی و ۸- شاهد، انجام شد. جهت اعمال تیمارهای باکتریایی از مایه تلقیح باکتری های جدایه سودوموناس فلورسنس (*Pseudomonas fluorescens*) و جدایه تیوباسیلوس تیواکسیدانس (*Thiobacillus thiooxidanc*) استفاده شد. نتایج نشان داد، تیمار حل کننده زیستی فسفات + حل کننده زیستی گوگرد با ۴۱۳۳/۲ کیلوگرم درهکتار بیشترین عملکرد دانه و تیمار حل کننده زیستی فسفات+ حل کننده زیستی گوگرد + محلولپاشی عنصر روی با ۲۱/۲۶ درصد بیشترین میزان روغن دانه را در آزمایش انجام شده تولید نمودند.

واژه های کلیدی : جذب عناصر، حل کننده زیستی، محلولپاشی روی، عملکرد دانه

---

* نگارنده مسئول (kh.estaki@iaub.ac.ir)

مقدمه

سویا [*Glycine max* (L.) Merr.] یکی از مهمترین گیاهان زراعی محسوب می شود به طوری که از نظر تولید روغن خوراکی در جهان رتبه اول را دارد این گیاه با داشتن ۳۵ تا ۴۵ ٪ پروتئین و ۱۸ تا ۲۲ درصد روغن در دانه، یک گیاه با ارزش و استراتزیک می باشد. روغن سویا حاوی اسیدهای چرب غیراشباع نظیر: اسید اولئیک، اسید لینولئیک، و اسید لینولنیک می باشد. این اسیدهای چرب اشباع نشده، از لحاظ تأمین ویتامین و حفظ سلامتی انسان، فوق العاده مهم می باشند (Liu & Li, 2010). در بسیاری از خاک های ایران به دلیل آهکی بودن، بالا بودن pH و فراوانی یون کلسیم (Ca^{2+}) و منیزیم (Mg^{2+}) حتی با وجود فراوانی برخی عناصر غذایی مانند فسفر و عناصر کم مصرف(کم نیاز)، میزان قابل جذب این عناصر برای گیاه در خاک کمتر از مقدار لازم برای تأمین رشد مناسب گیاه است. بهره گیری از موجودات مفید خاکزی به منظور بهبود وضعیت حاصلخیزی خاک، افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی و تأمین سلامتی گیاه از مهمترین شیوه های علمی و کاربردی برای کمک به پایداری تعادل سیستم زنده خاک و جلوگیری از خطر تراکم آلاینده های شیمیایی در محیط زیست، محسوب می شود. این میکروارگانیسم های خاکزی توانایی انحلال فسفات ها و ترکیبات گوگرد و تبدیل آنها به شکل محلول را دارند و یکی از راه های مؤثر برای افزایش قابلیت جذب عناصر در خاک های آهکی و قلیایی می باشند(ملکوتی، ۱۳۷۸). توانایی میکروارگانیزم ها در تولید و رها سازی متابولیت های مختلف موثر بر رشد و سلامت گیاه بعنوان یکی از مهمترین عوامل در حاصلخیزی خاک در نظر گرفته می شود. لذا یکی از استراتژی های مقابله با رفع کمبود عناصر غذایی که چندی است مورد توجه قرارگرفته، تلقیح بذر گیاهان زراعی با انواع مختلفی از باکتری ها و قارچ های مفید خاکزی می باشد (Zaidi & Khan, 2006; Rose *et al*., 2002). باکتریهای ریزوسفری محرک رشد گیاه گروهی از باکتری های ریزوسفری مفید می باشند که می توانند به تولید مواد تنظیم کننده رشد گیاه، بطور مستقیم با تثبیت نیتروژن تولید ویتامینها، افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی مختلف برای گیاه و دیگر مواد محرک رشد گیاه و یا غیر مستقیم با تولید آنتی بیوتیک، کمک به جذب عناصری همچون آهن، روی، منگنز و مس از طریق ایجاد شرایط مناسب شیمیایی و محیطی در خاک، رقابت با گونه های مضر برای اشغال ریشه، تولید آنزیم های لیز کننده دیواره سلولی قارچ ها ی بیماری زای گیاهی، ایجاد مقاومت سیستمیک در گیاه و افزایش مقاومت گیاه به تنش های غیر زنده موجب افزایش رشد گیاه شوند(Zhuouping *et al*.,2005 ; ; Rashid *et al*., 2004; Melnikova *et al*., 2002 ; Mayak *et al*,2004 ; Rudresh *et al*., 2005). تحقیقات نشان داده افزودن کودهای زیستی حاوی حل کننده های فسفات باعث افزایش رشد و افزایش غلظت فسفر و همچنین عناصری همچون نیتروژن و پتاسیم در گیاه می گردد. این اصطلاح ابتدا برای باکتریهای ریزوسفری متعلق به گروه سودوموناسهای فلورسنت گونه های فلورسنس و پوتیدا وضع گردید و دلیل آن افزایش قابل توجهی بود که در رشد گیاهان تلقیح شده با این باکتری ها مشاهده می شد(Wu SC *et al*., 2005). امروزه ثابت شده است که عناصر غذایی کم مصرف در تمامی محصولات زراعی باعث افزایش عملکرد می شوند کمبود عناصر غذایی کم مصرف نیز برای گیاه سویا به عنوان عامل محدود کننده عملکرد مطرح می باشند (Rehm *et al*., 1981).

نتایج بررسی محققان نشان داد که محلول پاشی عنصر روی قبل از گلدهی و همچنین افزودن کودهای حاوی این عنصر به خاک باعث افزایش رشد گیاه، افزایش عملکرد و درصد پروتئین و روغن دانه در سویا گردیده است (Rose *et al*., 2002; Haq *et al*., 2005). هدف از اجرای پژوهش حاضر، بررسی تأثیر کاربرد کودهای بیولوژیک باکتریایی حل کننده فسفات (سودوموناس فلورسانس) و باکتری تیوباسیلوس تیواکسیدانس، اکسید کننده گوگرد و محلولپاشی کود سولفات روی($ZnSO_4$)، بر تغذیه معدنی سویا لاین TMS به منظور مدیریت پایدار بوم نظام های زراعی از طریق تغذیه تلفیقی گیاهی مد نظر بوده است.

مواد و روش ها

این آزمایش در سال ۱۳۸۹ به منظور بررسی تأثیر کودهای مختلف زیستی شامل حل کننده های گوگرد و فسفر و محلول پاشی عنصر روی بر عملکرد دانه، درصد پروتئین دانه، درصد روغن دانه و تغذیه معدنی گیاه سویا لاین TMS ، در شهرستان الشتر استان لرستان در شرایط مزرعه با مختصات جغرافیایی ۱۲و°۴۲ درجه شرقی و ۵۲و°۳۲ درجه شمالی به صورت طرح آماری بلوک های کامل تصادفی در سه تکرار و کاربرد هشت تیمار شامل :

۱- حل کننده زیستی فسفات (سودوموناس)، ۲ - حل کننده زیستی گوگرد (تیوباسیلوس)، ۳- حل کننده های زیستی فسفات + حل کننده های زیستی گوگرد ،۴ - محلولپاشی عنصر روی، ۵- حل کننده زیستی گوگرد + محلولپاشی عنصر روی، ۶- حل کننده زیستی فسفات + محلول پاشی روی، ۷- حل کننده زیستی فسفات+ حل کننده زیستی گوگرد + محلولپاشی عنصر روی و ۸- شاهد انجام شد. جهت اعمال تیمارهای باکتریایی بذور به نسبت وزنی مساوی با مایه تلقیح حل کننده فسفر از باکتری های جدایه سودوموناس فلورسنس (*Pseudomonas fluorescens*) و مایه تلقیح از باکتری های جدایه تیوباسیلوس تیواکسیدانس (*Thiobacillus thiooxidanc*) با روش تلقیح بذر قبل از کاشت استفاده شد. برای اطمینان از عدم آغشته بودن به هر گونه آلودگی، بذور چندین بار شستشو و ضد عفونی شدند. ضدعفونی سطح بذرها به مدت ۱۰دقیقه با محلول هیپوکلریت سدیم ۲٪ انجام گرفت، همچنین به منظور تأمین نیتروژن مورد نیاز گیاهان در ابتدا تمامی بذرهای مورد استفاده با باکتری برادی ریزوبیوم ژاپونیکوم (*Bradyrhizobium japonicum*)، به صورت سوسپانسیون غلیظ۸۰ درصد تلقیح گردیدند (Sharma and Namdeo ,1999 ; Specht *et al*.,1999). با هدف جلوگیری از کاهش جمعیت باکتری ها حداقل فاصله زمانی بین زمان تلقیح بذور تا کاشت (کمتر از۲۴ ساعت) در نظر گرفته شد. زمین محل انجام آزمایش در ۲ سال قبل بصورت آیش بوده است. بافت خاک با استفاده از روش هیدرومتری بایکاس تعیین گردید. از خصوصیات شیمیایی خاک،pH و EC بااستفاده از روش عصاره گیری گل اشباع، مواد خنثی شونده برحسب کربنات کلسیم معادل (٪CaCO3)، پتاسیم و فسفر قابل جذب گیاه به ترتیب با استفاده ازروش‌فلیم‌فوتومتری مقدار آهن، منگنز و روی قابل جذب گیاه با دستگاه جذب اتمی [1]اندازه گیری گردیدند (Jones and Case, 1999)[2] و اولسن[3] ، کربن آلی خاک با استفاده از روش والکی بلاک[4] ، نیتروژن کل با روش کجدال و بر اساس نتایج آنالیز

---

1 -Atomic Absorption
2 -Flame photometer
3 -Olsen
4 -Valky-bluck

خاک بافت خاک لومی رسی با آهک ۲۱/۲٪ ، اسیدته ۷/۷۲ ، نیتروژن کل ۰/۰۶ درصد و عناصر فسفر۶/۷، آهن۱۰/۱۸، روی ۱/۱۱ و منگنز ۶/۴ بر حسب میلی گرم برکیلوگرم(mg/kg) خاک تعیین گردید. به منظور تأمین ماده آلی خاک به میزان ۱۰ تن در هکتار کود دامی پوسیده به خاک اضافه گردید. بر اساس نتایج آنالیز خاک تنها به میزان ۲۳ کیلوگرم در هکتار نیتروژن از منبع اوره و۵۰ کیلو گرم در هکتار سولفات پتاسیم به عنوان کود استارتر استفاده شد(ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۴). هرکرت آزمایشی شامل ۶ خط کشت با طول ۶ متر، فاصله هر ۶۰ سانتیمتر و فاصله بوته روی ردیف ۱۰ سانتیمتر و مساحت هرکرت ۱۸ متر مربع و در فاصله دوکرت مجاور چهارخط بصورت نکاشت در نظر گرفته شد (بصیری،۱۳۷۲). در مرحله ی۴ برگی، بوته ها تنک و به یک بوته در هر نقطه کشت تقلیل یافت و در مرحله ۷ تا ۸ برگی مبارزه با علف های هرز به صورت دستی انجام پذیرفت. آبیاری پس از ۵۰ میلیمتر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A در مزرعه گیاه مادری صورت گرفت. برای جلوگیری از عمل تداخل وآلودگی باکتری ها یک خط به صورت نکاشت به عنوان محافظ بین کرت های اصلی در نظر گرفته شد. جوی های آبیاری به نحوی تعبیه شد که آب آبیاری اضافی هر تکرار توسط یک جوی خروجی در انتهای کرت ها از مزرعه خارج شود.

برای محلول‌پاشی روی(Zn) از کود سولفات روی با غلظت ۲ در هزاردر سه مرحله به ترتیب در مرحله اول هشت برگی پس از وجین علف های هرز، مرحله دوم قبل از ظهورگل ها و مرحله سوم پس از بسته شدن کامل غلاف ها با استفاده از سمپاش دستی انجام شد و جهت جلوگیری از پاشش محلول کود روی(Zn) به کرت های مجاور اطراف کرت مورد نظر با پلاستیک محصور گردید. به منظور اجتناب از سوختگی برگ ها محلول پاشی در زمان غروب آفتاب انجام پذیرفت

(ضیائیان وملکوتی، ۱۳۷۷). در زمان برداشت تعداد ۲۰ بوته در هر کرت بصورت تصادفی از محل طوقه (بر روی سطح زمین) بر اساس اصول نمونه برداری برداشت شد. نمونه ها شستشو گردید و در آون با دمای ۶۵ درجه سانتیگراد تا ثابت شدن وزن نمونه های خشک شده نگهداری شد، سپس نمونه ها با دقت با آسیاب برقی مخصوص پودر شد و جهت تجزیه آماده سازی گردید (امامی،۱۳۷۵). ۱۰مهرماه بطور تصادفی از هر کرت ۳ قسمت به مساحت یک مترمربع انتخاب و در هر قسمت جهت تعیین عملکرد دانه، دانه های ۱/۵ متر مربع از هر کرت برداشت شده و به هکتار تعمیم داده شد، سپس دانه های نمونه برداری شده خرد و آسیاب شد و درصد روغن توسط دستگاه سوکسله و درصد پروتئین توسط دستگاه کجلدال اندازه گیری شد. بر روی نمونه های پودر شده جهت تعیین درصد نیتروژن کل از روش کجلدال و برای تعیین درصد فسفر از روش رنگ سنجی (وانادات - مولیبدات) و با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر میزان فسفر اندازه گیری شد (Tandon, 1995). به منظور تعیین عناصر غذایی کم مصرف (آهن، منگنز و روی) در نمونه های گیاهی پودر شده از روش هضم از طریق سوزاندن خشک (Dry ashing) و ترکیب با HCl استفاده گردید. پس از تهیه عصاره، عناصر روی، آهن و منگنز با روش جذب اتمی شعله ای و با استفاده از دستگاه جذب اتمی اندازه گیری گردیدند (Jones and Case, 1999). نتایج بدست آمده با نرم افزار آماریMSTATC مورد تحلیل و بررسی قرار گرفت و مقایسه میانگین ها به روش آزمون چند دامنه ای دانکن صورت پذیرفت.

نتایج وبحث

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای آزمایشی بر خصوصیات مورد مطالعه سویا رقم کلارک نشان داد که تفاوت معنی داری درسطح ۱درصد تحت تأثیر تیمارهای آزمایش برعملکرد دانه مشاهده می شود (جدول۱). همچنین مقایسه میانگین ها نشان داد که میانگین های عملکرد دانه در سطوح مختلف تیمارهای کود در پنج گروه مختلف قرار گرفتند به نحوی که بیشترین عملکرد دانه (۴۱۳۳/۲ کیلوگرم در هکتار) در تیمار۳ (کاربرد تیوباسیلوس + سودوموناس) و کمترین مقدار عملکرد دانه با ۶/ ۲۰درصد کاهش در تیمار شاهد به دست آمد(جدول ۲).

افزایش عملکرد در کتان، گندم، ذرت، سیب زمینی و چغندرقند و همچنین افزایش طول ریشه و اندام های هوایی در کلزا و گوجه فرنگی در نتیجه تلقیح با سویه هایی از *P.fluorescens* و *P.putida* توسط محققین گزارش شده است (Frommel *et al*. ,1993; Rosas *et al*., 2002; *Egamberdiyevaa et al*., 2003). تحقیقات نشان داده است که افزودن باکتری های اکسید کننده گوگرد (Thiobacillus) باعث افزایش سریع در رشد و توسعه ریشه ها این تکنولوژی ارزان و ساده بوده و به راحتی در دسترس می باشد. و می‌تواندبه عنوان یک جزء استراتژیک برای کشاورزانی که با محیطهای ناسازگارمواجه می باشند مد نظر قرار گیرد.

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس اثر حل کننده های زیستی و عنصر روی بر صفات مورد آزمون

عامل	درجه آزادی	صفات			
		عملکرد دانه	پروتئین دانه	روغن دانه	نیتروژن
بلوک	۲	۸۵۱/۴۰۱ ns	۰/۶۲ ns	۰/۸۲۹ ns	۰/۰۰۵ ns
تیمار	۷	۱۹۸۹۸۲/۳۶۱ **	۹/۶۴۵ **	۳/۸۲۸ **	۰/۸۸۷ **
خطای آزمایش	۱۴	۱۵۲۸۴/۸۳۵	۱/۱۶۶	۰/۲۴۹	۰/۰۶۲
ضریب تغییرات (درصد)		۱۴/۳۹	۹/۱۹	۱۰/۱۸	۸/۷۳

ns غیرمعنی دار، * معنی دار در سطح ۵ درصد، ** معنی دار در سطح ۱ درصد

گردیده که این افزایش توأم با افزایش میزان عملکرد دانه شده است (Shinde *et al*., 2004). اثرات مثبت ناشی از تلقیح گیاهان با باکتریهای ریزوسفری محرک رشد گیاه که با تولید مواد تنظیم کننده رشد گیاه، تولید ویتامینها و افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی مختلف برای گیاه موجب افزایش رشد گیاهان می گردند باعث افزایش عملکرد در اثر کاربرد این گونه از باکتریها می باشند(Rashid *et al*., ;Zhuouping *et al*.,2005 ;2004 ; Mayak *et a.l*, 2004).

پروتئین دانه

بررسی مقایسه میانگین ها مندرج در جدول ۲ نشان می دهد، چهار گروه آماری برای صفت میزان پروتئین دانه وجود دارد. از نظر درصد پروتئین دانه تیمار ۶ (تیوباسیلوس + محلولپاشی روی) با ۳۱/۷۶ درصد بیشترین و تیمار شاهد با ۲۶/۶ درصد کمترین مقدار پروتئین در دانه ها را شامل می شوند. درصد پروتئین دانه در تیمار ۶ نسبت به شاهد ۱۶/۲۴درصد افزایش داشته است. در بین سایر تیمارها تیمار ۷ (سودوموناس + تیوباسیلوس + محلولپاشی روی) با ۳۱/۲۰ درصد بیشترین مقدار پروتئین را پس از تیمار ۶ تولید نموده است.

عنصر روی، سنتز پروتئین را افزایش می دهد و باعث کاهش تجمع اسیدهای آمینه می شود، که دلیل آن انتقال اسیدهای آمینه و همچنین کاهش تجزیه و تخریب RNA است (Brown *et al*., 1993). گوگرد نیز، جزو ساختمان اسیدهای آمینه سیستئین و متیونین و در نتیجه جزو ساختمان پروتئین هاست. هر دو این اسیدهای آمینه، برای ساختن دیگر ترکیبات دارای گوگرد، مانند کوآنزیم ها و فرآورده های ثانوی گیاهان لازم هستند(Sunarpi & Anderson,1996). در واکنش به کمبود گوگرد، پروتئین های دارای گوگرد اندک ساخته می شوند که این امردر سیتوپلاسم سلول های برگ کاملاً آشکار است(Marshner,1995).

نتایج تحقیقات آشکار می سازد کاربرد حل کننده های زیستی فسفر، گوگرد و محلول پاشی روی در گیاه سویا، تأثیر مثبتی بر میزان جذب عناصر همچون نیتروژن و فسفر توسط گیاه بوجود می آورند که در نهایت منجر به افزایش عملکرد دانه و افزایش میزان پروتئین تولید شده در دانه گیاه می گردد(Soltani *et al*., 2010).

ادامه جدول ۱

عامل	درجه آزادی	صفات			
		فسفر	آهن	روی	منگنز
بلوک	۲	۰/۰۰۷ ns	۱۸۶/۲۲۰ ns	۳/۶۶۵ ns	۱/۵۰۳ ns
تیمار	۷	۰/۰۰۵ *	۴۶۹۵/۲۸۶ **	۱۴۲/۰۸۳ **	۱۱۹/۴۸۵ *
خطای آزمایش	۱۴	۰/۰۰۲	۵۴۰/۳۶۰	۱۲/۴۶	۱۹/۸۷
ضریب تغییرات (درصد)		۱۱/۲۹	۱۰/۸	۱۲/۱۱	۹/۹۶

ns غیرمعنی دار، * معنی دار در سطح ۵ درصد، ** معنی دار در سطح ۱ درصد

روغن دانه

بررسی نتایج مندرج در جداول تجزیه واریانس (جدول۱) در خصوص تأثیر تیمارهای آزمایش بر میزان درصد روغن دانه های سویا حاکی از آن است که میزان درصد روغن دانه، در سطح ۱درصد معنی دار شده است. بیشترین میزان درصد چربی دانه ۲۱/۲۶ مربوط به تیمار۷ (سودوموناس + تیوباسیلوس + محلول پاشی روی) و کمترین مقدار ۱۸/۰۴ درصد و ۱۸/۰۷ درصد به ترتیب مربوط به تیمار سودوموناس و شاهد می باشد (جدول ۲). نکته شایان ذکر در آزمایش فوق این است که تیمارهای حاوی گوگرد در مقایسه با تیمارهای بدون گوگرد درصد روغن بیشتری را دارا بودند.

نتایج زیادی از تحقیقات محققان با نتایج حاصل از این آزمایش مطابقت داشته و نشان می دهند که تیو باسیلوس و محلول پاشی عنصر روی(Zn) بر گیاهان مختلف باعث افزایش درصد روغن در سطح یک درصد معنی دار شده است (Ilbas & 2005 . (Rosas *et* ; Mazhar *et al* ., 2005 ; Sahin, *al*., 2002 محلول پاشی عنصر روی بر روی گیاه سویا باعث افزایش عملکرد دانه و میزان روغن دانه می شود هرچنداین افزایش از نظر آماری معنی دار نبود (Banks, 2004). نکته شایان ذکر در جدول مقایسه میانگین ها (جدول ۲) این است که تیمارهای حاوی گوگرد در مقایسه با تیمارهای بدون گوگرد درصد روغن بیشتری را دارا بودند که این برتری در مورد برخی از تیمارها معنی دار می باشد. بین تیمارهای آزمایشی از نظر روغن قابل استحصال تفاوت معنی دار در سطح ۱درصد وجود داشت(جدول ۱).

جدول ۲- مقایسه میانگین اثر حل کننده های زیستی و عنصر روی بر صفات مورد آزمون

عامل	میانگین مربعات			
	صفات			
	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	پروتئین دانه (درصد)	روغن دانه (درصد)	نیتروژن (درصد)
شاهد	۳۲۸۷/۲d	۲۶/۳c	۱۸/۰۷e	۳/۰۳ d
سودوموناس	۳٦٦٥/۱c	۳۰/۸۳ab	۱۸/۰٤e	۳/٤۱ cd
تیوباسیلوس	۳۸٤٥/٦ bc	۲۹/٦۰b	۲۰/۸۲ab	۳/٤ cd
سودوموناس + تیوباسیلوس	٤۱۳۳/۲a	۳۱/۰۰ab	۲۰/۸۹ab	۳/۹۸ b
محلولپاشی روی	۳۸۵۱/۳bc	۳۰/٤۸ab	۱۹/۷۵cd	۳/۵۳bc
سودوموناس+ محلولپاشی روی	۳۸٤۲/۳bc	۳۰/۸۲ab	۱۸/۹de	٤/٤۸ a
تیوباسیلوس + محلولپاشی روی	۳۸۷۲/۵bc	۳۱/۸٦a	۲۰/۲۷ab	۳/۷۰ bc
سودوموناس + تیوباسیلوس + محلولپاشی روی	٤۰٤۳/۳ab	۳۱/۲۰ab	۲۱/۲٦a	٤/۰٤ ab

حروف مشترک در هر ستون نشان دهنده عدم اختلاف معنی دار بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ می باشد

غلظت عناصر در بخش های هوایی گیاه

نیتروژن و فسفر

اثر تیمارهای به کار رفته در این آزمایش بر غلظت نیتروژن در بخش هوایی سویا در سطح ۱ درصد و بر روی غلظت عنصر فسفر در سطح ۵ درصد معنی دار گردید (جدول ۱). در مورد میزان نیتروژن بخش هوایی سویا بیشترین مقدار در تیمار ۵ (سودوموناس + محلول پاشی روی) به میزان ۴/۴۸ درصد و کمترین مقدار نیتروژن بخش هوایی به میزان ۳/۰۳ درصد در تیمار شاهد حاصل گردیده است. اعمال تیمار سودوموناس + محلول پاشی روی به میزان ۴۰/۴۴ درصد نسبت به شاهد میزان نیتروژن بخش هوایی را به طور معنی دار در سطح ۱درصد افزایش داده است(جدول ۱).

بررسی نتایج مندرج در جداول ۱ و ۲ نشان می دهد اغلب تیمارهای به کار رفته در این آزمایش باعث افزایش معنی دار غلظت فسفر بر حسب درصد در بخش هوایی گیاه سویا نسبت به شاهد گردیده است، بطوری که تیمارهای حل کننده های زیستی فسفات (سودوموناس) + حل کننده های زیستی گوگرد (تیوباسیلوس)، تیمارحل کننده زیستی فسفات (سودوموناس) و تیمار حل کننده زیستی فسفات(سودوموناس) + حل کننده زیستی گوگرد (تیوباسیلوس) + محلولپاشی عنصر روی به ترتیب با مقادیر۰/۳۲۱ ، ۰/۳۰۲ و ۰/۲۸۷ درصد بیشترین مقدار فسفر و تیمار شاهد با میزان ۰/۱۸۹ درصد کمترین مقدار غلظت فسفر در بخش هوایی گیاه سویا را باعث گردیده اند. همچنین این سه تیمار به ترتیب باعث افزایش ۶۲/۰۰، ۵۷/۲۷ و ۴۶/۶۵ درصد مقدار فسفر نسبت به شاهد در بخش هوایی سویا شده اند.

ادامه جدول ۲-

عامل	میانگین مربعات			
	صفات			
	فسفر (درصد)	آهن (میلی گرم برکیلوگرم ماده خشک گیاه)	روی (میلی گرم برکیلوگرم ماده خشک گیاه)	منگنز (میلی گرم برکیلوگرم ماده خشک گیاه)
شاهد	۰/۱۸۹ b	۱۰۹/۰۳ c	۲۳/٦۷ c	۹۷/٤ b
سودوموناس	۰/۳۰۲ a	۲۲۰/۵۷ a	۲٦/۰۷ c	۹٤/۷۷ b
تیوباسیلوس	۰/۲٤٦ ab	۱۵۲/۰۷ b	۳٦/۹٦ ab	۱۱۵/۲۷ a
سودوموناس + تیوباسیلوس	۰/۳۲۱ a	۲۰۷/۰۱ a	۳۵/۳۹ b	۱۱۲/۲۳ a
محلولپاشی روی	۰/۲٦۱ ab	۱۸۹/۷ ab	۳۹/٤٤ ab	۱۱٤/٤۱ a
سودوموناس+ محلولپاشی روی	۰/۲۹۷ a	۱۹۲/۳ ab	۳۹/۰۸ ab	۱۱۳/۰۲ a
تیوباسیلوس + محلولپاشی روی	۰/۲٤۷ ab	۱۲٦/۰۳ bc	٤۳/٤۷ a	۱۱۷/۳٦ a
سودوموناس + تیوباسیلوس + محلولپاشی روی	۰/۲۸۷ a	۲۳۰/۱ a	۳۸/٦۷ ab	۱۱٦/۵۲ a

حروف مشترک در هر ستون نشان دهنده عدم اختلاف معنی دار بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ می باشد

نتایج تحقیقات آشکار می سازد، کاربرد حل کننده های زیستی فسفر و گوگرد و محلول پاشی روی در گیاه سویا، تأثیر مثبتی بر میزان جذب عناصر همچون نیتروژن و فسفر توسط گیاه بوجود می آورند که در نهایت منجر به افزایش عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی و افزایش میزان پروتئین و روغن تولید شده توسط گیاه می گردد. متصور است از مکانیسم هایی که باعث جذب بیشتر عناصر می گردد می توان به تولید پروتون (H^+) و همچنین سایدروفورها در محیط ریشه گیاه که آزادی سازی یون را افزایش می دهند و افزایش سطح جذب ریشه به دلیل رشد و توسعه سیستم ریشه گیاه اشاره نمود، از طرف دیگر رشد و توسعه ریشه در اثر کاربرد و باکتری های حل کننده فسفر و گوگرد و همچنین توسعه ی اندام های هوایی و توسعه سطوح برگ در اثر حضور روی باعث افزایش حجم ریشه و در نتیجه افزایش سطح جذب ریشه گیاه سویا گردیده عملکرد را افزایش می دهد (Soltani *et al*.,2010). کاربرد باکتری های تولید کننده سید فور نظیرسودو موناس فلورسنس موجب افزایش معنی دار غلظت فسفر و نیتروژن در اندام هوایی گیاه سویا نسبت به شاهد بدون تلقیح گردید (بشارتی و همکاران,۱۳۸۸). نتایج آزمایشهای گوناگون اثر سینرژیستی باکتری ریزوبیوم و باکتریهای حل کننده فسفات بیانگر افزایش جذب نیتروژن و فسفر در گیاهان بوده است (Chabot *et al*., 1998).

آهن، روی و منگنز

بررسی نتایج حاصل از تجزیه شیمیایی بخش هوایی گیاه سویا مندرج در جداول ۲و۳ نشان دهنده ی افزایش معنی دار غلظت عناصر میکرو(کم مصرف) شامل آهن و روی در سطح ۱ درصد و منگنز در سطح ۵ درصد در نتیجه کاربرد تیمارهای مورد استفاده در این آزمایش می باشد. بطوریکه بیشترین غلظت آهن بخش هوایی یا ۲۳۰/۱ mg/kg میلی گرم بر کیلوگرم ماده خشک، تحت تأثیر کاربرد تیمار۷ (سودوموناس + تیوباسیلوس + محلولپاشی روی) و کمترین مقدار با ۵۲/۶ درصد کاهش مربوط به شاهد می باشد(جدول ۲). همچنین نتایج فوق نشان می دهد بیشترین مقدار عنصر روی با اعمال تیمار۶ (تیوسولفات + محلولپاشی روی) به میزان ۴۳/۴۷mg/kg و کمترین مقدار در تیمار شاهد با ۲۳/۶۷ mg/kg و تیمارسودوموناس با mg/kg ۲۶/۰۷ بدست آمده است. نتایج فوق نشان می دهد، با توجه به آنکه افزودن عنصر روی از طریق محلولپاش انجام گردیده و کاربرد خاکی صورت نگرفته است، ظاهراً اثرات متقابل یا برهمکنش منفی در جذب این عنصر با سایر عناصر نظیر فسفر و آهن بوجود نیامده است. نتایج تحقیقات سایر محققین با نتایج این تحقیق یکسان بوده نشان می دهد محلولپاشی روی میزان روی را در گیاه سویا افزایش داده است (Kherandish, 2000). نتایج تحقیقات نشان داد، محلولپاشی روی (Zn) در مراحل مختلف رشدی سویا باعث افزایش میزان روی گردیده است که با نتایج حاصل از این آزمایش مطابقت دارد (Bank, 2004; Rose *et al*., 2002).

نتایج نشان داد، مقدار منگنز تحت تأثیر کاربرد تیمار کودی حل کننده فسفر(سودوموناس) حتی به میزانی کمتر از شاهدکاهش یافته به میزان mg/kg ۹۴/۷۷ رسیده است، در حالیکه میانگین غلظت این عنصر در مورد تیمار شاهد mg/kg ۹۷/۴ می باشد. باکتریهای سودوموناس به میزان زیادی باعث افزایش غلظت آهن محلول خاک می گردند، آهن با این غلظت به آسانی با منگنز رقابت نموده و از جذب این عنصر توسط گیاه سویا به شدت می کاهد(Roomizadeh and Karimian, 1996).

کاربرد باکتری های تولید کننده سید فور نظیرسودوموناس فلورسنس موجب افزایش معنی دار غلظت فسفر، نیتروژن، آهن وروی در اندام هوایی گیاه سویا نسبت به شاهد بدون تلقیح گردید و غلظت منگنز را نیز نسبت به شاهد افزایش داد، اگر چه این افزایش از نظر آماری معنی دار نگردید(بشارتی و همکاران، ۱۳۸۸). نتایج مطالعات کرمی و همکاران (۱۳۸۸) نشان داد، کاربرد باکتری های تیوباسیلوس به همراه کود گوگرد باعث افزایش معنی دار عنصر آهن در بخش هوایی ذرت گردید. تلقیح بذور سویا با سودوموناس پوتیدا (*Pseudomonas putida*) جوانه زنی بذور و ایستادگی گیاهچه را بهبود بخشید و باعث افزایش تجمع ماده خشک در اندام های هوایی و جذب بیشتر عناصر غذایی نظیر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، آهن، روی و منگنز نسبت به شرایط بدون تلقیح گردید (Zaidi & Khan, 2006). همچنین تحقیقات نشان داده به کارگیری کودهای زیستی نظیر باکتریهای حل کننده گوگرد باعث تشکیل ریشه های موئین بیشترگردیده و در نتیجه جذب آب و مواد معدنی (عناصر) نظیر کلسیم، پتاسیم و آهن توسط گیاه را افزایش داده است، در نتیجه گسترش سیستم ریشه ای و بدنبال آن میزان تثبیت نیتروژن در ریشه ها افزایش می یابد که نشان دهنده ی اثر سینرژیستی بین ریز جانداران و ریشه گیاه می باشد (Roomizadeh & Karimian, 1996). در آزمایشی برهمکنش های سه گونه از باکتری های حل کننده فسفات و بردی ریزوبیوم ژاپنیکوم بر عملکرد و جذب P، Fe، Mn، Cu و Zn در وزن خشک بخش هوایی سویا ، وزن دانه در بوته و غلظت عناصر فوق در بخش هوایی گیاه اندازه گیری گردید. نتایج نشان داد باکتری های حل کننده فسفات به طور متوسط، وزن خشک، غلظت فسفر، آهن، روی و مس در بخش هوایی گیاه را به ترتیب ۱۵۶، ۳۰، ۹/۳، ۶ و ۸/۳ درصد نسبت به شاهد افزایش دادند(رائی پور و اصغرزاده، ۱۳۸۴).

کاربرد با کتریهای تولید کننده سیدروفور نظیرسودوموناس فلورسنس موجب افزایش معنی دار غلظت فسفر، نیتروژن، آهن ، روی در اندام هوایی گیاه سویا نسبت به شاهد بدون تلقیح گردید و غلظت منگنز را نیز نسبت به شاهد افزایش داد، اگر چه این افزایش از نظر آماری معنی دار نشد(کرمی و همکاران، ۱۳۸۸). همچنین در تحقیق دیگری افزایش معنی دار غلظت فسفر ، نیتروژن، آهن ، روی در اندام هوایی گیاه لوبیا نسبت به شاهد بدون تلقیح گردید(Omidvari *et al*., 2010) .

نتیجه گیری

توانمندی باکتری های محرک رشد در توسعه سیستم ریشه ای از همه مهمتر در مراحل اولیه رشد، می تواند نقش تعیین کننده ای در حیات گیاه در مناطق خشک و نیمه خشک ایفا نماید. همچنین به دلیل وجود مقادیر زیادی آهک در خاکهای کشور و کاهش قابلیت جذب عناصر کم مصرف نظیر عنصر روی، توصیه می گردد با عنایت به نتایج این تحقیق کاربرد این باکتریها که سبب ایجاد ریشه های عمیق تر در گیاه گردیده و در نتیجه افزایش جذب آب و عناصر غذایی را باعث می گردد توأم با کاربرد محلولپاشی عنصر روی در مناطق حاوی خاک های آهکی به منظور افزایش عملکرد محصولات زراعی انجام پذیرد.

منابع

امامی، ع .۱۳۷۵ . روش های تجزیه گیاه .نشریه فنی شماره ۱۸۲ . چاپ اول .مؤسسه تحقیقات خاک و آب .تهران.

بصـــیری، ع. ۱۳۷۲. طـرح‌هـای آمـاری در علـوم کشاورزی. انتشارات دانشگاه شیراز. ۵۹۵ صفحه.

رائـــی پـــور.،ع .، ن.،علـــی اصـــغرزاده . ۱۳۸۴. برهمکنش باکتری های حل کننده فسفات و بـردی ریزوبیوم ژاپنیکوم بر عملکرد و جذب برخی عناصـر غذایی در سـویا .مجلـه دانـش کشـاورزی . شـماره ۱۵(۴) : ۱۴۱ – ۱۵۶.

ضیائیان، ع و م. ج. ملکوتی. ۱۳۷۷. بررسـی اثـر کودهای محتوی عناصر ریزمغـذی و زمـان مصـرف آن‌ها در افزایش تولید بذر، نشریه علمـی پژوهشـی مؤسسه تحقیقـات خـاک و آب. ویـژه‌نامـه مصـرف بهینه کود. جلد ۱۲. شماره۱.

کرمـــی،ع.، ح .علیخـــانی ، ح. بشـــارتی ، غ .ثـــواقبی .۱۳۸۸ . بررســی پتانســیل ســو دو مونـاس هـای فلورسـنس تولیـد کننـده سـیدرو فـور در افـزایش جـذب آهـن ، روی و منگنـز در گیـاه سـویا. مجموعـه مقـالات یـازدهمین کنگـره علـوم خـاک ایـران، گرگـان صـفحه ۳۶۷ – ۳۶۹.

ملکوتی، م. ج. ۱۳۷۸. کشاورزی پایـدار و افـزایش عملکرد با بهینه‌سازی مصرف کـود در ایـران. نشـر آموزش کشاورزی. ۲۷۹ صفحه.

ملکوتی، م.ج.، ف. مشیری، م. غیبی. ۱۳۸۴. حد مطلوب غلظت عناصر غـذایی در خـاک و برخـی از محصولات زراعی و باغی. انتشارات سـنا. چـاپ اول. شماره ۴۰۷. ۱۶ صفحه.

Ahmad, F., L. Ahmad, and M. **Saghir**. 2005. Indol acetic acid production by the indogenous isolate of *Azotobacter* and *Pseudomonas fluorescens* in the presence and absence of Tryptophan, Turk. J. Biol. 29:29-34.

Alloway, B.J. 2003. Zinc in soil and crop nutrition. International Zinc Assocation, 114p.

Amer, G. A. and R. S. Utkhede. 2000. Development of formulation of biological agentsfor management of root rot of lettuce and cucumber. Canadian Journal of Microbiology, 46: 809–816.

Banks, L.W. 2004. Effect of timing of foliar zinc fertilizer on yield component of soybeans. Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry. 22: 116. 226-231

Brown, P.H., Cakmak, I., and Zhang, Q. 1993. Form and function of zinc in plants, In: Robson, A.D. (ed.). Pp: 93-106.

Chabot, R., C. Beauchamp, J. Kloepper, and H. Antoun. 1998. Effect of phosphorus on root colonization and growth promotion of maize by bioluminescent mutants of phosphate solubilization *Rhizobium leguminosarum* biovar .*Phaseoli*. Soil Biol. Biochem. 30: 1615-1618.

Haq M. U.. and A. P. Mallarino .2005.Response of Soybean Grain Oiland Protein Concentrations to Foliar and Soil Fertilization**.**Agron. J ; 97(3): 910 - 918.

Ilbas, A.I. and S. **Sahin**. 2005. Glomus fasciculatum inoculation improves soybean production.Acta Agriculturae Scandinavica.55: 4. 287-292.

Omidvari,M., R. Sharifi ,M. Ahmadzadeh and P. Abaszadeh Dahaji .2010 .Role of *Fluorescent Pseudomonads* siderophore to increase bean growth factors. Journal of Agricultural Science Vol. 2, No. 3; 242 – 247

Rashid, M., S. Khalil, N. Ayub, S. Alam, and F. Latif. 2004. Organic Acids productions solubilization by phosphate solubilizing microorganisms (PSM) under in vitro conditions. *Pak. J. Biol. Sci.* 7: 187-196.

Roomizadeh, S. and N. Karimian. 1996. Manganese-iron relationship in soybean grownn calcareous soils. J. Plant Nutr. 19(2): 397-406.

Rudresh, D.L., M.K. Shivaprakash, and R.D. Prasad. 2005. Effect of combined application of *Rhizobium*, phosphate solubilizing bacterium and *Trichoderma* spp. ongrowth, nutrient uptake and yield of chickpea (*Cicer aritenium* L.). Applied SoilEcology. 28:139-146.

Rehm, G. W., R. C. Sorensen, and R. A. Wiese. 1981. Application of phosphorus,potassium, and zinc to corn grown for grain or silage:Early growth and yield. Soil Sci. Soc. Am. J. 45: 523-528.

Rosas, S., M. Rovera, J. Andres, and N. Correa. 2002. Effect of phosphorous solubilizing bacteria on the rhizobialegume symbiosis. Proceedings of the 15th International Meeting on Microbial phosphate Solubilization.Salamanca University, 16-19 July, Salamanca, Spain.

Jones, J.B. and V.W. Case. 1990. Sampling, handling, and analyzing plant tissue samples. p. 389–428. *In* R.L. Westerman (ed.) Soil testing and plant analysis. 3rd ed. SSSA Book Ser. 3. SSSA, Madison, WI.

Kherandish,. M. 2000.Study of effects of Zincsolate on soybean yield. Research center of oil seeds Company. Publisher Pp: 82-93.

Liu,M., D. Li. 2010. An analysis on total factor productivity and influencing factors of soybean in China .Journal of Agricultural Science .Vol. 2, No. 2, June 2010. 158 - 163

Marshner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. Academic press. London. Pp. 889

Mayak, S., T. Tirosh, and B.R. Glick.2004. Plant growth-promoting bacteria confer resistance in tomato plants to salt stress. *Plant Physiol. Biochem*. 42:565–572.

Mazhar, U., M.U. Haq, and A.P. Mallarino. 2005. Response of Soybean Grain
Oil and Protein Concentrations to Foliar and Soil Fertilization. Agron. J. 97: 910-918.

Mel'nikova, N. N., L. V. Bulavenko, I. K. Kurdish, L. V. Titova, and S. Y. Kots. 2002.Formation and function of the legume–rhizobium symbiosis of soybean plants whileintroducing bacterial strains from the genera *Azotobacter* and *Bacillus*. AppliedBiochemistry and Microbiology. 38: 68–372.

Tandon, H. L. S. 1995. Micronutrients in soil, crops, and fertilizers. Fertilizers Development and Consultation Organization. New Delhi. India.

Zaidi, A. and M.S. Khan. 2006. Co-inoculation Effects of Phosphate Solubilizing Microorganisms and *Glomus fasciculatum* on Green Gram-*Bradyrhizobium* Symbiosis. Turkish Journal of Agriculture and Forestry.30: 223-230.

Zhuouping, C. E., J. Nord, Lynch and X. Yan. 2005. Relationship between plant maturity and root traits as related to P efficiency in soybean. C.J.Li et al. (Eds), Plant nutrition for food security, human health and environmental protection. 482-483.

Rose, L.A., W.L. Feltion, and L.W .Banks. 2002. Responses of four soybean variations to foliar zinc fertilizer. Australian Journal at Experimental Agriculture and Animal Husbandry. 21: 236-240.

Sharma ,K.N. and Namdeo .1999.Effect of biofertilizers and phosphorus on NPK contents,uptake and grain quality of soybean (Glycin max(L.)Merril) and nutrient status of soil .Crop Research Hisar .17:164-169.

Shinde, D.B., R.M. Kadam and A.C. Jadhav, 2004. Effects of sulfur oxidizing micro-organisms on growth of soybean. J. Maharashtra Agric. Univ., 29: 305-307.

Soltani, A., K.Khavazi, H. Asadi-Rahmani, M .Omidvari, P. Abaszadeh, and H Mirhoseyni .2010. Plant growth promoting characteristics in some *Flavobacterium* spp.isolated from soils of Iran.Journal of Agricultural Science. Vol. 2, No. 4: 106 -
115.

Specht,J.E., D.J. Hume, and S.V. Kumudini. 1999. Soybean yield potential-A genetic and physiological perspective. Crop Sci. 39:1560-1570.

Sumner, R. E., and M. P. W. Farina. 1986. Phosphorus interactions with other nutrients and time in field croping systems. PP. 201-230. In: B. A. Stewart (ed.).

Sunarpi, J. and W. Anderson.1996. Effect of sulfur nutrition on the redistribution of sulfur in vegetative soybean plants. Plant Physiol. 112: 623-631.