Archive of SID

نشریه زراعت شماره ۱۰۹، زمستان ۱۳۹۴

(پژوهش و سازندگی)

بررسی تأثیر کاربرد گوگرد و کودهای زیستی بر عملکرد و اجزای عملکرد کتان روغنی (*Linum ustatissimum* L.)

- قباد شعبانی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد ملایر، باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، ملایر، ایران (نویسنده مسئول)
- شهاب خوشخو
- محمود خرمی وفا
- مجتبی جعفرزاده
- علی اکبرآبادی

تاریخ دریافت: اسفند ماه ۱۳۹۰ تاریخ پذیرش: اسفند ماه ۱۳۹۳

پست الکترونیک نویسنده مسئول: bb1379@gmail.com

چکیده

به منظور مطالعه اثر کود گوگرد، باکتری حل کننده فسفات و تیوباسیلوس (باکتری اکسید کننده گوگرد) بر عملکرد و اجزای عملکرد کتان روغنی (*Linum ustatissimum* L.) آزمایشی به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۸۸در ایستگاه تحقیقات خاک و آب ماهیدشت کرمانشاه اجرا شد. در این آزمایش گوگرد به عنوان فاکتور اصلی در سه سطح (۰، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ کیلوگرم در هکتار) و باکتری حل کننده فسفات در سه سطح (۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ گرم در هکتار) بعنوان فاکتور فرعی همچنین سه سطح مایه تلقیح تیوباسیلوس *Thiobacillus thiooxidans* (نسبت وزنی مایه تلقیح به گوگرد مصرفی معادل ۰، ۲ و ۴ درصد) به عنوان فاکتور فرعی فرعی انتخاب شدند. نتایج نشان داد که اثرات متقابل دوگانه و سه‌گانه روی صفات مورد بررسی معنی دار بود. به نحوی که بیشترین عملکرد دانه (۲۰۹۷ کیلوگرم در هکتار) مربوط به کاربرد ۱۰۰۰ کیلوگرم گوگرد همراه با ۱۰۰ گرم باکتری حل کننده فسفات در هکتار و ۲٪ باکتری تیوباسیلوس بود و کمترین عملکرد دانه (۹۲۸/۶ کیلوگرم در هکتار) با کاربرد ۲۰۰۰ کیلوگرم گوگرد و ۱۰۰ گرم باکتری حل کننده فسفات در هکتار به همراه ۲٪ تیوباسیلوس به دست آمد. نتایج این تحقیق نشان دهنده اثرات مثبت کاربرد گوگرد و کودهای زیستی بر عملکرد و اجزای عملکرد کتان روغنی است به طوری که گوگرد تأثیر بیشتری نسبت به باکتری حل کننده فسفات و تیوباسیلوس روی عملکرد گیاه کتان داشت.

کلمات کلیدی: تیوباسیلوس، باکتری حل کننده فسفات، درصد روغن، کتان روغنی

www.SID.ir

Archive of SID

Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi) No:108 pp: 35-42

Effect of Sulfur and Biofertilizers Application on Yield and Yield Components of linseed (*Linum ustatissimum* L.)

By:

- *G.Shabani, (Corresponding Author), Young Researchers and Elite Club, Malayer Branch, Islamic Azad University, Malayer, Iran*
- *Sh. Khoshkho*
- *M. Khorami*
- *M. jafarzadeh*
- *A. Akbarabadi*

Received: February 2012 **Accepted: February 2015**

To study the effect of Fertilizer sulfur, Solution phosphor bacteria and Thiobacillus (sulfur-oxidizing bacteria) application on yield and yield components of linseed (*Linum ustatissimum* L), this experiment was conducted based on factorial in a randomized complete block design with three replications. In this study, Sulfur as the main variable in three levels (0, 1000, and 2000 Kg/ha), Phosphate-solubilizing bacteria as sub factor in three levels (0, 100, and 200 gr/ha) and sulfur-oxidizing bacteria (*Thiobacillus thiooxidans* (as sub-sub factor in three levels (0, 2, and 4%) were selected. The results showed that Sulfur application has significant positive impact on grain yield and yield components, and usage of 1000 Kg/ha sulfur showed best yield. In addition, twofold and triplet interaction effects showed significantly on yield and all measured traits as, highest yield (2097 kg/ha) was achieved by usage of 1000 Kg/ha sulfur with 100 gr/ha phosphate solubilizing bacteria and 2% Thiobacillus, and lowest seed yield (928. kg.ha) was observed by application of 2000 Kg/ha sulfur with 100 gr.h(varietie: Olay-ozon). (a phosphate solubilizing bacteria and 2% Thiobacillus. Results showed positive effects sulfur and biofertilizers on yield and yield components linseed. However, application of sulfur showed more positive effect on yield linseed in comparison to Phosphate-solubilizing bacteria and Thiobacillus.

key Words: Thiobacillus, Phosphate-solubilizing bacteria, Oil percentage, Linseed (*Linum ustatissimum* L.)

مقدمه

کتان یا بذرک(*Linum ustatissimum* L) گیاهی است روغنی که حاوی ۲۲ درصد پروتئین، ۶/۵ درصد فیبرخام و ۴۵-۳۰ درصد روغن می باشد (شیدلر و فرونیگ، ۱۹۹۶). کتان روغنی در مناطق خشک و گرم تا معتدله رشد و نمو می‌کند. دانه های این گیاه محتوای چندین نوع اسید چرب غیر اشباع بوده که برای تغذیه انسان لازم است (دولوگ، ۱۹۹۰). تأمین عناصر غذایی مورد نیاز کتان روغنی تأثیر بسزایی بر رشد و عملکرد این گیاه دارد. در بسیاری از خاک های ایران به دلیل بالا بودن pH و فراوانی یون کلسیم، به رغم فراوانی برخی عناصر غذایی مانند فسفر، مقدار محلول و قابل جذب این عناصر، کمتر از مقدار لازم برای تأمین رشد مناسب گیاه می باشد. میکرو ارگانیسم‌های مفید خاکزی قادر به بهبود رشد گیاهان از طریق تامین مواد مغذی گیاهی، ترشح هورمون‌های رشد گیاهی و اسیدهای آلی می‌باشند و سبب افزایش باروری خاک و حفظ سلامت محیط زیست می‌شوند (اسیتکن و همکاران، ۲۰۱۰). بنابراین ضرورت ایجاب می کند که راه‌حل های بیولوژیک برای رفع این مشکلات مورد توجه قرار گیرند.

کودهای زیستی شامل یک یا چند نوع ارگانیسم مفید خاکزی و یا فرآورده متابولیک آنها است، که همراه مواد نگهدارنده به منظور تکمیل عناصر غذایی گیاهان استفاده می شوند (لوپز و همکارن، ۱۹۹۹). بهره گیری از موجودات مفید خاکزی به منظور بهبود وضعیت حاصلخیزی خاک، افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی و تأمین سلامتی گیاه از مهمترین شیوه‌های علمی برای کمک به پایداری تعادل سیستم زنده خاک و جلوگیری از خطر تراکم آلاینده‌های شیمیایی در محیط زیست محسوب می شود. مزایای استفاده از کودهای زیستی در تولید محصولات زراعی توسط محققین مختلف گزارش شده است به طوری که اوجاقلو و همکاران (۱۳۸۶) نشان دادند کاربرد کودهای زیستی ازتوباکتر و فسفات بارور می تواند باعث افزایش عملکرد گـلرنگ شود. افتخاری و همکاران (۱۳۸۵) گزارش کردند باکتری های حل کننده فسفات در مقایسه با سایر کودهای فسفاته تأثیر بیشتری بر عملکرد دانه و اجزای عملکرد برنج داشتند. راثی پور و اصغرزاده (۱۳۸۶) طی یک آزمایش اثرات متقابل باکتری‌های حل کننده فسفات و ریزوبیوم ژاپونیکوم بر شاخص‌های رشد، غده بندی و جذب برخی عناصر غذایی در سویا را مورد بررسی قرار دادند و نشان دادند که استفاده از باکتری‌های حل کننده فسفات بر روی اغلب صفات کمی تأثیر معنی‌دار داشته و باعث افزایش عملکرد گیاه سویا گردید.

گوگرد یکی از عناصر غذایی پرمصرف و ضروری برای تمام موجودات زنده است. این ماده به عنوان یک ماده اصلاحی برای کاهش pH خاک کاربرد داشته و در مناطق خشک و نیمه خشک جهان به طور گسترده‌ای برای اصلاح خواص خاک‌های سدیمی و شور-سدیمی و افزایش جذب عناصر غذایی کم مصرف از جمله روی، آهن و فسفر استفاده می شود (کریمی نیا، ۱۳۷۶). شاهسونی و همکاران (۱۳۸۲) و شهابی فر (۱۳۸۵) در آزمایش هایی تأثیر مثبت

www.SID.ir

Archive of SID

کاربرد گوگرد را در گندم و ذرت نشان دادند. ملکی و همکاران (۱۳۸۶) گزارش کردند مصرف گوگرد تأثیر مثبت و معنی‌داری بر عملکرد دانه و عملکرد غلاف بادام زمینی داشت. اکسیداسیون گوگرد در خاک توسط طیف وسیعی از میکروارگانیسم‌های خاکزی صورت می‌گیرد که باکتری‌های جنس تیوباسیلوس مهمترین آنها محسوب می‌شوند. این باکتری‌ها با اکسایش گوگرد در خاکهای آهکی و قلیایی، می‌توانند در کاهش واکنش خاک و اصلاح خاک، تأمین سولفات مورد نیاز گیاه، انحلال برخی از عناصر غذایی و افزایش قابلیت جذب آنها موثر واقع شوند (بشارتی، ۱۳۸۶). شعبانی و همکاران (۲۰۱۱) در تحقیقی در خصوص اثر نظام های تغذیه ای بر عملکرد بذر و جذب فسفر در یونجه یکساله نشان دادند که نظام تغذیه ای تلفیقی (باکتری تثبیت کننده نیتروژن + میکوریزا) باعث افزایش عملکرد کیفی بذر می گردد. نتایج حاصل از بررسی آقایی اوخچلار و حسن زاده قورت تپه (۱۳۹۲) نشان داد که با استفاده از کود بیولوژیک نه تنها عملکرد میوه و دانه در گیاه کدوی تخم کاغذی افزایش می یابد بلکه بطور قابل ملاحظه ای مصرف کود شیمیایی را کاهش داد و در راستای کاهش آلودگی های زیست محیطی گام برداشت.

امانی و رئیسی (۱۳۸۷) نشان دادند که کاهش pH ناشی از مصرف گوگرد، سبب افزایش رشد و افزایش جذب فسفر توسط سویا می شود. خاوازی و همکاران (۲۰۰۱) و ایرانی پور و همکاران (۱۳۸۲) گزارش کردند کاربرد همزمان فسفات، گوگرد و تیوباسیلوس (باکتری‌های اکسید کننده گوگرد) باعث افزایش عملکرد و درصد ماده خشک ذرت می‌شود. لذا با توجه به اثر کودهای زیستی بر کیفیت و کمیت محصولات کشاورزی این تحقیق بمنظور بررسی اثر کاربرد گوگرد و کودهای زیستی بر عملکرد و اجزای عملکرد کتان روغنی بعنوان گیاه دانه روغنی به اجرا در آمده است.

مواد و روش ها

این آزمایش به منظور بررسی اثر توام کاربرد گوگرد، باکتری‌های حل کننده فسفات و تیوباسیلوس بر روی عملکرد کمی و کیفی کتان روغنی در ایستگاه تحقیقات خاک و آب ماهیدشت کرمانشاه در سال ۱۳۸۸ انجام شد. آزمایش به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار به اجرا درآمد. در این آزمایش گوگرد گرانوله به عنوان فاکتور اصلی در سه سطح (۰، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ کیلوگرم در هکتار) و باکتری حل کننده فسفات به صورت فسفات بارور ۲ مخلوطی از باکتری سویه P13 وP5 به ترتیب به نامهای *Pesudomonas putida* و *Bacillus lentus* در سه سطح (۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ گرم در هکتار) بعنوان فاکتور فرعی و مایه تلقیح تیوباسیلوس *Thiobacillus thiooxidans* در سه سطح (نسبت وزنی مایه تلقیح به گوگرد مصرفی معادل ۰، ۲ و ۴ درصد) به عنوان فاکتور فرعی فرعی انتخاب شدند(بشارتی و همکاران؛ ۱۳۸۵). هر واحد آزمایشی شامل ۶ خط کاشت به طول ۵ متر و با فاصله ۵۰ سانتی متر و فاصله روی ردیف ۱۰ سانتی متر آماده شد. پس از آماده سازی زمین بر اساس آزمایش خاک میزان ۵۰ کیلو گرم در هکتار کود نیتروژن (پرهیزکار خاجانی و همکاران، ۱۳۹۱) و نیز ۲۰ کیلوگرم سولفات روی به خاک اضافه شد.

پس از تعیین قوه نامیه، بذرهای کتان روغنی رقم Olay-ozon در عمق ۲ سانتی متری خاک و به صورت دستی کشت شدند. پیش از کاشت، بذور با باکتری حل کننده فسفات (فسفات بارور ۲) با دستگاه آب پاش تلقیح گردید و پس از خشک شدن در سایه در همان روز اقدام به کشت گردید. گوگرد را نیز با خاک هر کرت به نسبت های معین شده مخلوط و تیوباسیلوس نیز در کنار شیاری که جهت کاشت هر ردیف بوسیله فوکا ایجاد گردید، قرار داده شد. نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش پیش از کشت (عمق ۳۰- ۰ سانتی متر) در جدول ۱ آمده است.

در پایان فصل زمانی که ۷۰ درصد کپسول ها در واحدهای آزمایشی کاملاً قهوه ای شدند، از کرت ها نمونه برداری شد. به منظور تعیین بیوماس، تعداد کپسول و وزن هزار دانه در هر واحد آزمایشی ۲۰ بوته، به صورت تصادفی و با رعایت اثر حاشیه‌ای، برداشت و صفات مذکور در آنها محاسبه شد. برای تعیین عملکرد دانه، یک خط از هر کرت برداشت شد جهت محاسبه درصد روغن دانه از روش سوکسله استفاده شد. تجزیه و تحلیل داده ها با استفاده از نرم افزار MSTAT-C و مقایسه میانگین صفات با آزمون LSD انجام شد.

نتایج وبحث

کاربرد گوگرد تأثیر معنی‌داری بر روی عملکرد دانه و درصد روغن داشت ($P \leq ۰/۵$)، به نحوی که بیشترین عملکرد دانه (۱۶۲۵ کیلوگرم در هکتار) با کاربرد ۱۰۰۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار و کمترین عملکرد دانه (۱۲۷۳ کیلوگرم در هکتار) با کاربرد ۲۰۰۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار به دست آمد. همچنین بیشترین درصد روغن با استفاده از ۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار (۳۳/۷۶٪) و کمترین درصد روغن در تیمار صفر کیلوگرم گوگرد در هکتار بدست آمد (جدول ۲). افزایش گوگرد تا حدودی باعث افزایش عملکرد در گیاهان کتان شد. اما با استفاده گوگرد بیشتر از ۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار تأثیر منفی روی عملکرد و درصد روغن کتان گذاشت. اگرچه مصرف بهینه گوگرد می‌تواند در خاکهای آهکی منجربه افزایش میزان فسفر قابل جذب خاک و جذب آن توسط گیاه گردد ولی مصرف بیش از اندازه گوگرد با تبدیل مقدار زیادی از کربنات کلسیم خاک به گچ باعث افزایش شوری خاک و غلظت بالای یون کلسیم در محلول خاک می‌شود. غلظت بالای یون کلسیم در محلول خاک نیز با تبدیل یونهای فسفات به صورت فسفاتهای مختلف کلسیم منجربه کاهش غلظت فسفر قابل جذب خاک می‌گردد. بنابراین تعیین دقیق مقدار گوگرد مورد نیاز به منظور اجتناب از به هم خوردن تعادل عناصر غذایی در خاک امری لازم و ضروری است (بابایی و همکاران، ۱۳۹۱). که با نتایج پرهیزکار خاجانی و همکاران (۱۳۹۱) مطابقت دارد. بر اساس نتایج تحقیق بابایی و همکاران (۱۳۹۱) کاربرد ۱۰۰۰ کیلوگرم گوگرد برای افزایش درصد روغن و عملکرد مناسب می‌باشد و سطوح گوگرد بر عملکرد دانه سویا در سطح ۱٪ معنی‌دار شده است. سپهوند (۱۳۸۲) اثر مصرف مقادیر مختلف گوگرد (۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ کیلوگرم بر هکتار) بر عملکرد دانه و کیفیت (درصد و پروتئین) دانه سویا (رقم کلاک) را بررسی کرد. تأثیر تیمارهای گوگرد بر عملکرد دانه سویا در سطح یک درصد معنی دار اما بر درصد روغن و پروتئین دانه معنی دار نشد. دادوند سراب و همکاران (۱۳۸۷) در آزمایشی درخصوص تغییرات میزان اسانس و عملکرد گیاه دارویی ریحان تحت تأثیر تراکم و کود نیتروژن گزارش نمودند که افزایش کود نیتروژن تا ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سبب افزایش عملکرد اسانس و ماده خشک در واحد سطح شده که این افزایش عملکرد اسانس ناشی از افزایش عملکرد ماده خشک بوده است. اکبری نیا و همکاران (۱۳۸۳) در گیاه رازیانه و اکبری نیا و همکاران (۱۳۸۴) روی گیاه گشنیز نشان دادند که با افزایش مقادیر نیتروژن تا ۹۰ کیلوگرم در

www.SID.ir

Archive of SID

هکتار عملکرد دانه افزایش یافت. نجف‌پورنوایی (۱۳۷۹) گزارش کرد که در گیاه شابیزک افزایش نیتروژن تا ۶۰ کیلوگرم در هکتار باعث بالا رفتن عملکرد دانه شده است.

اثر متقابل دوگانه و همچنین اثرات متقابل سه‌گانه گوگرد، باکتری حل کننده فسفات و تیوباسیلوس بر عملکرد دانه، درصد روغن، بیوماس و وزن هزار دانه معنی‌دار شد ($P \leq ۰/۵$). که بیانگر بر همکنش بین فاکتورها بر میزان عملکرد دانه و سایر صفات مورد بررسی در گیاه روغنی کتان است. تأثیر مثبت تلقیح توام گیاه با برخی از گونه‌های حل کننده فسفات با باکتری روی وزن خشک بخش هوایی را می‌توان به اثر سینرژیستی بین آن دو مربوط دانست. بر این اساس بیشترین عملکرد دانه (۲۰۹۷ کیلوگرم در هکتار) در شرایط استفاده ۱۰۰۰ کیلوگرم گوگرد همراه با ۱۰۰ گرم باکتری حل کننده فسفات در هکتار و ۲٪ باکتری تیوباسیلوس بود و کمترین عملکرد دانه آن (۹۲۸/۶ کیلوگرم در هکتار) در شرایط استفاده ۲۰۰۰ کیلوگرم گوگرد و ۱۰۰ گرم باکتری حل کننده فسفات در هکتار به همراه ۲٪ تیوباسیلوس به دست آمد (نمودار ۱). این نشان دهنده آن است که اگر میزان گوگرد از ۱۰۰۰ کیلوگرم بر متر مربع بیشتر شود در صورتی که میزان باکتری حل کننده فسفات و درصد تیوباسیلوس ثابت باشد عملکرد کاهش می‌یابد و بیان کننده آن است که میزان زیاد گوگرد می‌تواند با تأثیر بر روی باکتری‌ها، اثر منفی بر روی آنها داشته باشد. در دسترس بودن فسفر باعث افزایش تثبیت نیتروژن می‌شود ولی افزایش مقدار گوگرد از حد خاصی با بهم زدن این فرآیند می‌تواند اثر منفی بر روی شد گیاه و همچنین صفات دیگر مورد بررسی در این تحقیق را دارد.

عمر (۱۹۹۸) اثرات کوددهی با سنگ فسفات و هم‌زیستی توأم قارچ میکوریزی و قارچ‌های حل کننده فسفات را روی گندم مورد بررسی قرار داد. در این آزمایش معلوم شد که تلقیح توأم قارچ‌های حل کننده فسفات و قارچ میکوریز و کوددهی با سنگ فسفات عملکرد ماده خشک گیاهی را بطور قابل ملاحظه‌ای نسبت به تیمارهای بدون تلقیح و تلقیح تک تک آنها افزایش می‌دهد. سینگ (۱۹۹۴) در آزمایشی افزایش عملکرد دانه سویا را هنگامی که باکتری (*Bradyrhizobium*) تلقیح شده بود گزارش کرد.

بیشترین درصد روغن (۴۱/۹۱٪) با مصرف ۲۰۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد، عدم استفاده باکتری حل کننده فسفات و تیوباسیلوس، و کمترین درصد روغن (۲۴/۳۶٪) در حالت شاهد به دست آمد (نمودار ۲). نکته قابل توجه اینکه تیمارهای حاوی گوگرد در مقایسه با تیمارهای بدون گوگرد درصد روغن بیشتری را دارا بودند. سلیم‌پور و همکاران (۱۳۸۹) نیز نتایجی مشابه این تحقیق در کلزا را گزارش کردند.

بیشترین وزن هزار دانه (۷/۴۷ گرم) در شرایط استفاده ۲۰۰۰ کیلوگرم گوگرد همراه با ۲۰۰ گرم باکتری حل کننده فسفات در هکتار و ۴٪ باکتری تیوباسیلوس بود و کمترین مقدار آن (۱/۶۹) در حالت شاهد به دست آمد (نمودار ۳). یافته‌های بوام و همکاران (۲۰۰۷) نشان داد که کمبود گوگرد، عملکرد دانه سویا را از طریق تأثیر بر رشد گیاه در دوره پرشدن دانه کاهش می‌دهد. آنها دریافتند که کمبود گوگرد در اواخر دوره رشد ممکن است نتیجه تحرک بالای سولفات در خاک و پویایی مجدد اندک آن در گیاه باشد.

بیشترین بیوماس (۲۵۳۱ کیلوگرم در هکتار) در شرایط استفاده ۱۰۰۰ کیلوگرم گوگرد همراه با ۲۰۰ گرم باکتری حل کننده فسفات در هکتار و صفر درصد باکتری تیوباسیلوس بود و کمترین عملکرد دانه آن (۱۱۹۰ کیلوگرم در هکتار) در شرایط استفاده ۲۰۰۰ کیلوگرم گوگرد و ۱۰۰ گرم باکتری حل کننده فسفات در هکتار به همراه صفر درصد تیوباسیلوس به دست آمد (نمودار ۴).

کودهای بیولوژیک با تسریع در اکسیداسیون گوگرد گرانوله آلی، تغییر pH خاک، فراهم نمودن شرایط ایده‌آل برای جذب عناصر ریز مغذی و پر مصرف مورد نیاز گیاهان مختلف در خاک‌های آهکی و قلیایی کاربرد دارد. تأثیر مثبت گوگرد و مایه تلقیح تیوباسیلوس بر عملکرد می‌تواند به نقش مستقیم عنصر گوگرد در تغذیه گیاه از طریق توانایی تبدیل عناصر غذایی اصلی از فرم غیر قابل دسترس به فرم قابل دسترس طی فرایندهای بیولوژیکی و همچنین به دلیل تولید اسید سولفوریک، باعث کاهش موضعی pH خاک گردد و لذا به طور غیر مستقیم نیز بر افزایش جذب فسفر و دیگر عناصر غذایی کم مصرف مؤثر واقع شود (رشیدی و کریمیان، ۱۳۷۸).

نوربخش و همکاران (۱۳۹۳) در تحقیقی به منظور ارزیابی اثر تلفیقی کاربرد گوگرد باتیوباسیلوس بر عملکرد کیفی و خصوصیات مورفولوژیک گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L) اعلام نمودند که با مصرف تلفیقی گوگرد به همراه تلقیح با باکتری تیوباسیلوس به عنوان راهکاری اکولوژیک در راستای دستیابی به افزایش رشد و تولید کمی و کیفی گیاهان دانه روغنی نظیر گلرنگ، به ویژه در خاک های با قلیائیت بالا، مدنظر قرار داد.

نورقلی‌پور و همکاران (۱۳۸۵) برای بررسی اثر بخشی خاک فسفات به همراه گوگرد و مایع تلقیح باکتری‌های تیوباسیلوس بر عملکرد کیفی و کمی سویا و اثرات باقیمانده آن بر گیاه ذرت،: مقدار ۳۰۰ کیلوگرم بر هکتارخاک فسفات و گوگرد بصورت پودری و مایع تلقیح تیوباسیلوس به مقدار یک کیلوگرم بر هکتار استفاده کردند. آنها نشان دادند که با افزایش قابلیت جذب فسفر توسط گیاه و در نهایت افزایش عملکرد حاصل شد و تیمار خاک فسفات+ گوگرد+ تیوباسیلوس با اکسیداسیون گوگرد توسط باکتری‌های تیوباسیلوس باعث انحلال خاک فسفات، افزایش جذب فسفر و در نهایت افزایش عملکرد ۳۴/۵۶ درصدی را نسبت به شاهد ایجاد کرده است. میزان فسفر جذب شده در دانه سویا در تیمار خاک فسفات+ گوگرد+ تیوباسیلوس ۷۸۷/۵ و در شاهد ۵۷۷/۶ کیلوگرم در هکتار بوده است.

روزا و همکاران (۱۹۸۹) گزارش کردند که تلقیح خاک فسفات و گوگرد با باکتری تیوباسیلوس موجب کاهش سریع pH خاک شد و فسفر قابل دسترس موجود در خاک را به اندازه کافی برای رشد سورگوم افزایش داد. بشارتی کلایه و صالح راستین(۱۳۷۹) و لطف الهی و همکاران (۱۳۷۹) نیز نتایج مشابهی را گزارش کردند.

کوچک‌زاده و همکاران (۱۳۸۰) نیز در یک آزمایش گلخانه‌ای نشانه دادند که استفاده از خاک فسفات به همراه گوگرد و باکتری تیوباسیلوس می‌تواند بخش قابل ملاحظه‌ای از فسفر مورد نیاز گیاه ذرت را تأمین نماید.

تأثیر مثبت تلقیح توام گیاه با باکتریهای حل کننده فسفات روی عملکرد و سایر اجزای عملکرد کتان روغنی را می‌توان به اثر سینرژیستی بین آن دو با گوگرد با تأثیر بر کاهش جذب فسفر در خاک و کاهش اکسایش عناصر غذایی در خاک برای گیاه مربوط دانست. نتایج آزمایش‌های چابوت و همکاران (۱۹۹۸) حاکی از آن است که باکتری‌ها علاوه بر تثبیت نیتروژن می‌توانند بعنوان باکتری‌های محرک رشد گیاه نیز تلقی شود و قادر به انحلال

www.SID.ir

Archive of SID

فسفات آلی و معدنی باشد. میکروارگانیسم‌های حل کننده فسفات نیز با انحلال فسفات، مقادیر زیادی فسفر محلول در اختیار گیاه قرار می‌دهند و چون گیاه رشد خوب و سیستم ریشه‌ای گسترش یافته‌ای دارد در مقادیر بیشتری از فسفر محلول را جذب می‌کند در واقع بین میکروارگانیسم‌های حل کننده فسفات و باکتری‌ها اثر سینرژیستی وجود دارد. مصرف گوگرد همراه با تیوباسیلوس باعث افزایش فسفر قابل جذب خاک و متعاقباً فسفر جذب شده توسط کتان گردید. اکسیداسیون گوگرد در خاک توسط طیف وسیعی از میکروارگانیسمهای خاکزی صورت می گیرد که باکتریهای جنس تیوباسیلوس مهمترین آنها محسوب می شوند. این باکتریها با اکسایش گوگرد در خاکهای آهکی و قلیایی، می‌توانند در کاهش واکنش خاک و اصلاح خاک، تأمین سولفات مورد نیاز گیاه، انحلال برخی از عناصر غذایی و افزایش قابلیت جذب آنها موثر واقع شوند (بشارتی، ۱۳۸۶).

یکی از مکانیسم‌های احتمالی این است که میکروارگانیسم‌های حل کننده فسفات با انحلال فسفات نامحلول و افزایش مقدار فسفر در دسترس برای باکتری هم‌زیست، باعث افزایش تثبیت نیتروژن در ریشه و در نتیجه افزایش رشد گیاه بخصوص اندام هوایی می شود که بر عملکرد و اجزای عملکرد و نیز درصد روغن تأثیر می گذارد. زیرا برای تثبیت نیتروژن، انرژی فراوان مورد نیاز است که با وجود فسفر کافی و ATP فراوان تامین می‌شود (الیورا و همکاران، ۲۰۰۲).

نتایج نشان دادند که استفاده از گوگرد باعث افزایش خطی عملکرد، بیوماس و درصد روغن در گیاه کتان روغنی می‌شود و بعد از آن کاهش می‌یابد، و در صورت استفاده همزمان از گوگرد، باکتری حل کننده فسفات و تیوباسیلوس، سطوح ۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد و ۱۰۰ گرم در هکتار باکتری حل کننده فسفات و همچنین استفاده از ۲٪ تیوباسیلوس بیشترین عملکرد و درصد روغن را تولید می‌کند. بطور کلی می‌توان گفت که کاربرد گوگرد و باکتری‌های حل کننده فسفات و تیوباسیلوس بر روی صفات مورد مطالعه تأثیر معنی‌داری داشته است. با توجه به اینکه استفاده از گوگرد تا مقدار معین همچنین استفاده از باکتری‌های حل کننده فسفات باعث افزایش عملکرد و سایر صفات مورد بررسی در این آزمایش شد می‌توان با به کارگیری این باکتری‌ها در سطح وسیع به عنوان راهکاری اکولوژیک به منظور دستیابی به افزایش تولید کمی و کیفی گیاهان دانه روغنی مدنظر قرار داد.

جدول ۱- نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش پیش از کشت (عمق ۳۰-۰ سانتی متر)

ویژگی	واحد	ایستگاه ماهیدشت
pH	-	۷/۹۳
درصد اشباع	درصد	۵۵
کربن آلی	درصد	۱/۰۶
فسفر قابل عصاره گیری به روش اولسون	میلی گرم در کیلوگرم خاک	۹/۴۰
پتاسیم قابل عصاره گیری با استات آمونیم	میلی گرم در کیلوگرم خاک	۴۳۰
روی قابل عصاره گیری با DTPA	میلی گرم در کیلوگرم خاک	۱/۵۶
مس قابل عصاره گیری با DTPA	میلی گرم در کیلوگرم خاک	۱/۴۰
آهن قابل عصاره گیری با DTPA	میلی گرم در کیلوگرم خاک	۳/۷۸
بافت خاک	-	رسی لومی

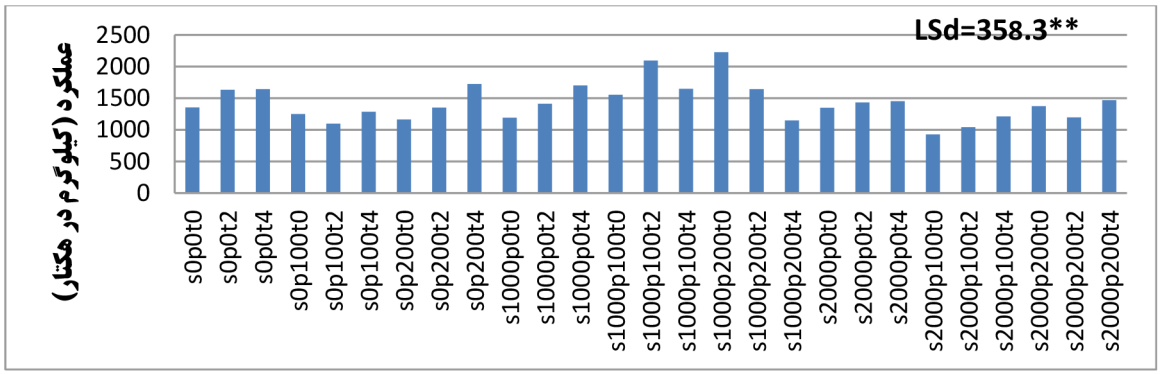
جدول ۲. اثرات اصلی تیمارهای آزمایشی بر صفات مورد بررسی در گیاه کتان

تیمار	عملکرد (ha/kg)	بیوماس (ha/kg)	روغن (درصد)	وزن هزار دانه (gr)
گوگرد (kg/ha)				
۰	۱۳۹۰^{b}	۱۶۵۲^{b}	۳۱/۸۵^{b}	۶/۲۳۷^{a}
۱۰۰۰	۱۶۲۵^{a}	۱۹۲۳^{a}	۳۵/۷۶^{a}	۶/۲۲۶^{a}
۲۰۰۰	۱۲۷۳^{b}	۱۶۷۲^{b}	۳۳/۵۵^{ab}	۶/۵۷۰^{a}
LSD	۱۱۹/۴**	۵۱/۳۸**	۲/۳۰۱**	۰/۴۲۲۷*
باکتری حل کننده فسفات (gr/ha)				
۰	۱۴۶۴^{ab}	۱۵۸۹^{c}	۳۲/۷۹^{a}	۵/۹۷۸^{b}
۱۰۰	۱۳۴۷^{b}	۱۸۷۱^{b}	۳۳/۸۶^{a}	۶/۳۹۶^{ab}
۲۰۰	۱۴۷۸^{a}	۱۸۷۷^{a}	۳۴/۵۱^{a}	۶/۶۵۹^{a}
LSD	۵۱/۳۸**	۱۱۹/۴**	۱/۷۲۸*	۰/۵۶۲۹**
تیوباسیلوس(٪)				
۰	۱۳۷۷^{b}	۱۶۵۶^{b}	۳۴/۷۱^{a}	۶/۴۳۷^{ab}
٪۲	۱۴۳۵^{ab}	۱۸۰۲^{a}	۳۲/۶۷^{b}	۵/۸۹۶^{b}
٪۴	۱۴۷۶^{a}	۱۷۸۹^{a}	۳۳/۷۷^{ab}	۶/۷۰۰^{a}
LSD	۸۹/۷۶*	۵۱/۳۸**	۱/۷۲۸*	۰/۵۶۲۹**

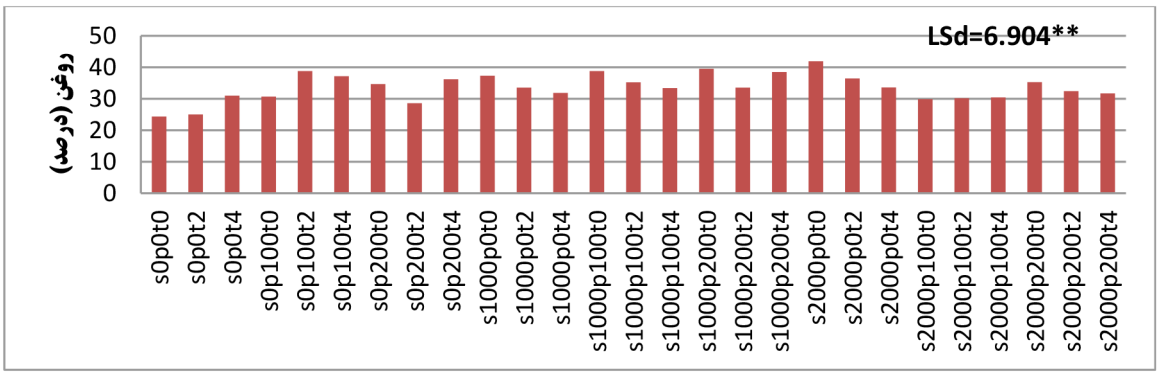
در هر ستون برای هر عامل آزمایشی میانگین هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی داری ندارند.

www.SID.ir

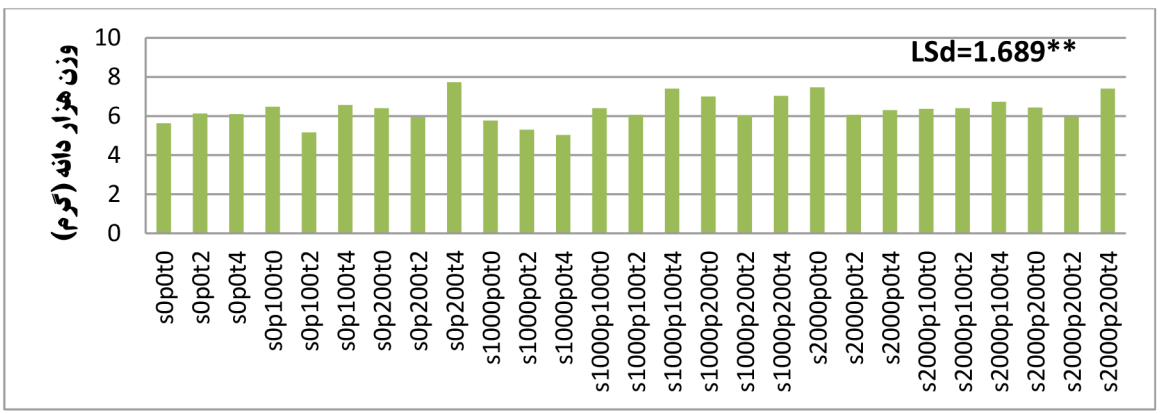
Archive of SID



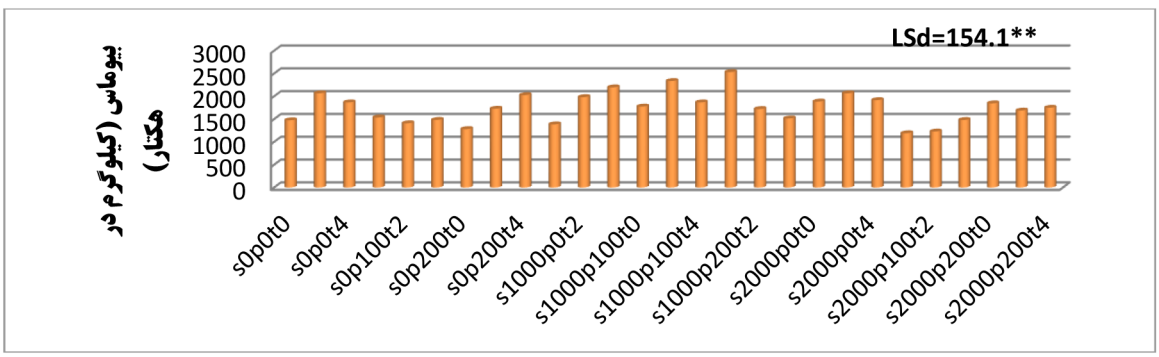
نمودار ۱. مقایسه میانگین اثرات متقابل سه‌گانه گوگرد (s) ، باکتری حل کننده فسفات (p) و تیوباسیلوس (t) بر روی عملکرد گیاه کتان



نمودار ۲. مقایسه میانگین اثرات متقابل سه‌گانه گوگرد (s)، باکتری حل کننده فسفات (p) و تیوباسیلوس (t) بر روی درصد روغن گیاه کتان



نمودار ۳. مقایسه میانگین اثرات متقابل سه‌گانه گوگرد (s)، باکتری حل کننده فسفات (p) و تیوباسیلوس (t) بر روی وزن هزار دانه گیاه کتان



نمودار ۴. مقایسه میانگین اثرات متقابل سه‌گانه گوگرد (s)، باکتری حل کننده فسفات (p) و تیوباسیلوس (t) بر روی بیوماس گیاه کتان

www.SID.ir

Archive of SID

منابع مورد استفاده

۱. افتخاری، س. ق. اکبری، غ. ع، نصرت آبادی، ع. ر. محدثی و ا. ا. دادی. ۱۳۸۵. اثر باکتری های حل کننده فسفات در مقایسه با سایر کود های فسفاته بر عملکرد دانه و اجزای عملکرد گیاه برنج. مجله پژوهشهای خاک (علوم خاک و آب)، ج ۲۳، ش ۲.

۲. آقایی اوخچلار، ر و حسن زاده قورت تپه، ع. ۱۳۹۲. بررسی تاثیر کودهای زیستی بر عملکرد، اجزای عملکرد، درصد روغن و پروتئین کدوی تخمه کاغذی. نشریه زراعت پژوهش و سازندگی شماره ۹۹ .

۳. اکبری‌نیا. ا، دانشیان. ج و محمدبیگی. ف، ۱۳۸۴. اثر کود نیتروژن و تراکم بر عملکرد بذر، اسانس و روغن گیاه گشنیز (*Cariandrum sativum* L.) تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، جلد ۲۲ ، شماره ۴: صفحات ۴۱۹-۴۱۰.

۴. اکبری‌نیا. ا، قلاوند. ا، سفیدکن. ف، رضایی. م. ب و شریفی عاشورآبادی. ا، ۱۳۸۳. تأثیر سیستمهای مختلف تغذیه بر خواص خاک، جذب و غلظت عناصر توسط گیاه دارویی رازیانه و عملکرد آن. پژوهش و سازندگی، شماره ۶۱ : صفحات. ۵۰-۳۲.

۵. امانی، ف. و ف. رئیسی. ۱۳۸۷. نقش و اهمیت گوگرد در رشد ارقام سویا و جذب فسفر از یک خاک آهکی. چکیده مقالات نهمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران.دانشگاه تهران، پردیس ابوریحان.

۶. اوجاقلو، ف. ف. فرح وش، ع. حسن زاده و م. پوریوسف. ۱۳۸۶. تأثیر تلقیح با کود های زیستی ازتوباکتر و فسفاته ی بارور بر عملکرد گلرنگ. مجله علوم کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی تبریز، سال اول شماره ۳.

۷. ایرانی پور، ر. م. ج، ملکوتی، م. ج، عابدی، ا. سجادی. و ح.غفوریان. ۱۳۸۲. اثرات اصلی خاک فسفات، گوگرد و باکتری تیوباسیلوس برشاخص های عملکرد محصول ذرت و اثرات باقی مانده آن بر عملکرد محصول جو. مجله علوم خاک و آب، جلد۲۱، شماره۲.

۸. بابایی، پ.، گلچین، ا.، بشارتی، ح و افضلی، م. ۱۳۹۱. تأثیر کود میکروبی گوگرد بر جذب عناصر غذایی و عملکرد سویا در مزرعه. مجله پژوهش خاک (علوم خاک و آب). جلد ۲۶ شماره ۲.

۹. بشارتی، ح. ۱۳۸۶. تأثیر مصرف گوگرد و ماه تلقیح تیوباسیلوس بر آهن جذب شده توسط ذرت در یک خاک آهکی. مجموعه مقالات دهمین کنگره علوم خاک ایران، کرج.

۱۰. بشارتی کلایه ح،خاوازی ک،نورقلی پور ف. ۱۳۸۵. بررسی کارآیی گوگرد و مایه تلقیح باکتری های جنس تیوباسیلوس بر جذب عناصر غذایی و عملکرد ذرت در یک خاک آهکی. علوم خاک و آب.جلد ۲۰ شماره ۲ صفحات ۲۴۹-۲۶۲.

۱۱. بشارتی کلایه، ح و ن. صالح راستین. ۱۳۷۹. تأثیر مصرف گوگرد ومایه تلقیح باکتری های تیوباسیلوس برمقدار آهن و روی جذب شده توسط ذرت درشرایط گلخانه، مجله خاک وآب. شماره۷، جلد۱۲، صفحه۷۲-۶۳، تهران، ایران.

۱۲. پرهیزکار خاجانی. ف، ح. ایران نژاد، ر. امیری، ح. اورکی و م. مجیدیان. ۱۳۹۱. تاثیر سطوح مختلف نیتروژن، فسفر و پتاسیم بر خصوصیت های کمی و کیفی کتان روغنی. مجله تولید گیاهان زراعی، جلد پنجم. شماره اول. ص ۵۱-۳۷.

۱۳. دادوند سراب. م. ر، نقدی بادی. ح، نصری. م، ملکی‌زاده. م، و امیدی. ح، ۱۳۸۷. تغییرات میزان اسانس و عملکرد گیاه دارویی ریحان (*Ocimum basilicum*) تحت تأثیر تراکم و کود نیتروژن فصلنامه گیاهان دارویی. جلد ۲۷، شماره ۳: صفحات ۷۰-۶۰.

۱۴. راثی پور، ل. ن. علی اصغرزاده. ۱۳۸۶. اثرات متقابل باکتری های حل کننده فسفات و برادی ریزوبیوم ژاپینیکوم برشاخص های رشد، غده بندی وجذب برخی عناصر غذایی درسویا. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، سال یازدهم، شماره۴۰.

۱۵. رشیدی، ن. و ن. ع. کریمیان. ۱۳۷۸. تأثیر گوگرد و روی بر رشد و ترکیب شیمیایی ذرت دریک خاک آهکی . چکیده مقالات ششمین کنگرهٔ علوم خاک ایران، مشهد.

۱۶. سپهوند، م. ۱۳۸۲. بررسی تمایز مقادیر مختلف گوگرد به صورت مصرف خالی بر عملکرد دانه و کیفیت دانه سویا، سومین همایش ملی توسعهٔ کاربرد مواد بیولوژیک و استفاده بهینه از کود و سم در کشاورزی، نشر آموزش کشاورزی، کرج، تهران، ص. ۹۸-۹۹.

۱۷. سلیم‌پور. س.، خاوازی. ک.، نادیان. ح.، و بشارتی. ح. ۱۳۸۹. تأثیر خاک فسفات همراه با گوگرد و ریزجانداران بر عملکرد و ترکیب شیمیایی کلزا. مجله پژوهش های خاک (علوم خاک و آب). جلد ۲۴. شماره ۱.

۱۸. شاهسونی، ش، جی. کیت، ای. سایزر، جی.ایواتز، و م. اردلان.۱۳۸۲. وضعیت سولفور در خاک و گیاه و عملکرد گیاه نسبت به شرایط سولفور در خاک، مجموعه مقالات هشتمین کنگره علوم خاک ایران.

۱۹. شهابی فر. ج. ۱۳۸۵. تأثیر سطوح گوگرد و روی بر عملکرد سیب زمینی در منطقه قزوین. چکیده مقالات نهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران.

۲۰. کریمی نیا. آ. ۱۳۷۶. شناسایی گونه های تیوباسیلوس جداشده از برخی خاک های ایران و بررسی تأثیر آنها در کاهش pH خاک های مختلف. پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تربیت مدرس. تهران، ایران.

۲۱. کوچک‌زاده، ی.، م. ج.، ملکوتی و ک. خاوازی. ۱۳۸۰. نقش گوگرد، تیوباسیلوس، حل کننده‌های فسفات و تفاله چای در تأمین فسفر مورد نیاز ذرت از خاک فسفات. مجله خاک و آب، ویژه نامه مصرف بهینه کود، جلد ۱۲، شماره ۱۴، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، تهران، ایران.

۲۲. لطف الهی. م، م. ج. ملکوتی، ک. خاوازی. و ح. بشارتی کلایه. ۱۳۷۹. ارزیابی مصرف مستقیم خاک فسفات در افزایش عملکرد ذرت علوفه ای در کرج. مجله علمی- پژوهشی خاک و آب، جلد۱۲، شماره۱۱.صفحه۵۹-۵۵

۲۳. ملکی، س. ا، امینی. ه، پیردشتی. و م ت، صفرزاده. ۱۳۸۶. اثر کاربرد آهن و گوگرد بر عملکرد و اجزای عملکرد بادام زمینی. چکیده مقالات دهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران.

۲۴. نجف‌پور نوایی. م، ۱۳۷۹. تأثیر کود نیتروژنه و فسفره بر بذر دهی گیاه شاه بیزک (*Atropa blladonna*) مجله تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، جلد ۶: صفحات ۱۱-۳.

۲۵. نوربخش، ف.، بهدانی،م.، جامی الاحمدی، م.، محمودی، س. ۱۳۹۳. ارزیابی اثر تلفیقی کاربرد گوگرد باتیوباسیلوس بر عملکرد کیفی و خصوصیات مورفولوژیک گلرنگ . مجله بوم

www.SID.ir

Archive of SID

شناسی کشاورزی. جلد ۶ شماره ۱
۲۶. نورقلی‌پور، ف.، ک. خاوازی.، ح. بشارتی و ع. 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. جلد ۲۰ . شماره ۱. ص ۱۲۳-۱۲۲.
27. Boem, G. F. H., P. Prysupa and G. Ferraris. 2007. Seed number and yield determination in sulfur deficient soybean crops. J. Plant Nutr. 30(1): 93-104.
28. 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.
29. Dulog , L .1990 : Leinoel and darous abtuleitend stoffe fuer die Bes chichtung.
30. Esitken, A., Yildiz, H. E., Ercisli, S., Figen Donmez, M., Turan, M., Gunes, A., 2010. Effects of plnt growth promoting bacteria (PGPB) on yield, growth and nutrient content contents of organically grown strawberry. Sciential Horticultural, 124:62-66.
31. Khavazi, K. Beshrati, F. Nourgholipour and M. J. Malakouti. 2001. Effect of thiobacillus bacteria on increasing phosphorur availability from Phosphate rock for corn grown on calcareous soils of Iran. International meeting on direct application of Phosphate rock and related appropriate technology latest development and practical experiences. Kuala Lumpur. Malaysia. Pp: 280-284.
32. Lopez – Aguirre, J. G, Farius – LariOS, J., Guzman – Ganzalez, s., Michel Rosales , A., de Freitas, J. R. 1999. Effects of sulphur application on chemical properties and microbial population in a tropical alkaline soil pedobiologia . 43 , 183 – 191 .
33. Olivera, M., C. Iribarne and C. Lluch. 2002. Effect of phosphorus on nodulation and N2 fixation by bean (Phaseolus vulgaris). Proceedings of the 15th International Meeting on Microbial Phosphate Solubilization. Salamanca University, 16-19 July, Salamanca, Spain
34. Omar, S. A. 1998. The role of rock-phosphate solubilizing fungi and vesicular-arbuscular-mycorrhiza (VAM) in growth of wheat plants fertilized with rock phosphate. World J. Microbiol. and Biotechnol. 14: 2.
35. Rosa, M. C., J. Muchovej and V. H. Alvarez. 1989. Temporal relation of phosphorus fraction in an oxisol amended rock phosphate and Thiobacillus thiooxidants. Soil. Sci. Sco. Am. J., 53: 1096-1100.
36. Scheideler, S. E. and Froning, W. 1996. The combined influence of dietary flaxseed variety, level, form, and storage conditions on egg production and composition among vitamin E-supplemented hens. Poult. Sci., 75:1221-1226.
37. Shabani, G, Ardakani, M, R, Chaichi, M.R Feiedel, J. K. , Khavazi, K, Eshghizadeh, H.R. 2011. Effect of Different Fertilizing Systems on Seed Yield and Phosphorus Uptake in Annual Medics under Dryland Farming Conditions. Not Bot Hort Agrobot Cluj, 39(1):191-197
38. Singh, H. P. 1994. Response to inoculation with Bradyrhizobium, vesicular-arbuscular mycorrhiza and phosphate solubilizing microbes on soybean in a mollisol. Indian J. Microbiol. 34: 27-31.

www.SID.ir