اثر گوگرد و تیوباسیلوس به همراه ماده آلی بر صفات کمی و کیفی کلزا

زهرا رحیمیان*

دانش‌آموخته‌ی کارشناسی ارشد دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین، گروه زراعت، رامین، ایران.

مقاله با پایان نامه کارشناسی ارشد مرتبط است.

***نویسنده مسئول مکاتبات:** Rahimi_z92@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۰۸/۱۱ **تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۱۰/۲۸**

چکیده

به منظور تعیین اثر تیوباسیلوس و گوگرد به همراه ماده آلی بر روی صفات کمی و کیفی کلزا، آزمایش گلخانه‌ای به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در سال زراعی ۸۷-۱۳۸۶ در دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین اجرا گردید. در این آزمایش تیوباسیلوس در دو سطح NT (عدم تلقیح با تیوباسیلوس) و T (تلقیح با تیوباسیلوس)، گوگرد در سه سطح (۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار) و کود حیوانی در دو سطح O_1 (بدون کود حیوانی) و O_2 (۲۰ تن در هکتار کود حیوانی) در نظر گرفته شدند. نتایج نشان داد تلقیح با تیوباسیلوس به طور معنی‌داری باعث افزایش عملکرد دانه و افزایش آهن و روی در دانه می‌گردد. با افزایش میزان گوگرد تا سطح ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار عملکرد دانه، ماده خشک کل و درصد روغن به ترتیب ۴/۳۹، ۱۵/۲۸ و ۱/۶۹ درصد افزایش یافتند. همچنین در گلدان‌های همراه با کود حیوانی در مقایسه با گلدان‌های بدون کود حیوانی افزایش معنی‌داری در میزان آهن و مس در کلش ملاحظه شد. بنابر نتایج به دست آمده، مصرف ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد تلقیح شده با تیوباسیلوس به همراه کود حیوانی و یا ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد تلقیح شده با تیوباسیلوس می‌تواند باعث کاهش pH خاک شده و جذب عناصر غذایی کم‌مصرف را بالا برده و توانسته عملکرد و درصد روغن را بالا ببرد.

واژه‌های کلیدی: تیوباسیلوس، سطوح گوگرد، کلزا.

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

کشور ایران جزء مناطق خشک و نیمه‌خشک دنیا محسوب می‌شود. تولید محصول در سطح بازدهی مطلوب در خاک‌های آهکی و خاک‌های با pH بالا، همواره با مشکلاتی مواجه بوده است. بخش مهمی از این مشکلات از آن‌جا ناشی می‌شود که در این خاک‌ها به علت وجود pH بالا و غلظت زیاد یون کلسیم، عناصر غذایی که قابلیت جذب آن‌ها وابسته به pH است (آهن، روی، مس و ...) به صورت ترکیب‌های نامحلول و غیرقابل استفاده برای گیاهان درمی‌آیند. از طرفی افزودن این عناصر به خاک از طریق کودهای شیمیایی مشکلات و آلودگی‌های زیست‌محیطی را به دنبال خواهد داشت (Sameni and Kasaraian., 2004).

با توجه به مطالب مذکور کاهش pH خاک (حتی به طور موضعی) مؤثرترین راه برای مقابله با این مشکل در خاک‌های آهکی و قلیایی به نظر می‌رسد. استفاده از گوگرد برای کاهش pH خاک‌های قلیایی و افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی وابسته به pH خاک همواره مورد توجه قرار گرفته است. با این وجود مشکل عمده‌ای که بعد از مصرف گوگرد در خاک‌های زراعی مطرح است، اکسیداسیون آن می‌باشد. این عمل، با کمک باکتری‌های تیوباسیلوس که در شرایط هوازی در خاک زندگی می‌کنند، امکان‌پذیر است. این باکتری‌ها در شرایط مطلوب مخصوصاً مواد آلی بالا و رطوبت مناسب قادر به رشد و تکثیر بوده و در نتیجه باعث افزایش اکسیداسیون بیولوژیکی گوگرد می‌شوند (Besharaty et al., 2002).

محنت‌کش (۱۳۸۲) به منظور بررسی مصرف گوگرد و تیوباسیلوس و ماده آلی بر عملکرد کمی و کیفی کلزا در شهرکرد آزمایشی به مدت دو سال انجام داد. نتایج نشان داد که مصرف گوگرد به همراه تیوباسیلوس تا سطح ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار باعث افزایش عملکرد دانه گردید ولی از لحاظ درصد روغن بین تیمارهای آزمایشی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد.

رضوی‌پور و صبوری (۱۳۸۲) گزارش کردند که استفاده از کود گوگرد چه به شکل پودری و چه به شکل پودری تلقیح شده با باکتری تیوباسیلوس در افزایش ارتفاع ساقه، عملکرد دانه و درصد روغن کلزا نقش مؤثری ندارد.

قربانی‌نصرآبادی و همکاران (۱۳۸۱) طی آزمایشی بر روی سویا گزارش کردند در صورت کاربرد همزمان گوگرد و کود میکروبی تیوباسیلوس، میانگین وزن دانه، وزن غلاف، و عملکرد بیولوژیک در تمام سطوح گوگرد نسبت به شاهد بدون گوگرد و یا تیمارهای گوگردی بدون تیوباسیلوس افزایش می‌یابد.

Tarabily و همکاران (۲۰۰۶) طی آزمایش گل‌خانه‌ای مشاهده کردند که بهترین رشد را ذرت در صورت بکارگیری گوگرد تلقیح شده با باکتری‌های اکسیدکننده گوگرد داشته که به طور معنی‌داری pH خاک را کاهش داده و نیتروژن، گوگرد،

Archive of SID

www.SID.ir

آهن، منگنز و روی در اندام‌های هوایی و ریشه ذرت و EC خاک افزایش یافت ولی فسفر و مس جذب شده در اندام‌های هوایی در مقایسه با تیمارهای گوگرد عنصری بدون تلقیح تفاوتی نداشت.

Stamford و همکاران (۲۰۰۳) طی آزمایشی گزارش کردند که گوگرد تلقیح شده با تیوباسیلوس نسبت به گچ pH و EC خاک را بیش‌تر کاهش داده و گره‌بندی و ماده خشک تولیدی را در نخودگاوی و یام افزایش می‌دهد.

Besharaty و همکاران (۲۰۰۷) در آزمایشی گل‌خانه‌ای مشاهده کردند که بیش‌ترین ماده خشک اندام‌های هوایی، فسفر، آهن و روی در اندام‌های هوایی ذرت مربوط به تیمار گوگرد تلقیح شده با تیوباسیلوس و سوپرفسفات‌تریپل بود.

با عنایت به فراوانی و ارزانی گوگرد، وجود فن‌آوری لازم برای تولید انبوه مایه تلقیح تیوباسیلوس از یک سو، آهکی بودن و پایین بودن میزان ماده آلی خاک‌های منطقه، و قابلیت جذب عناصر غذایی مورد نیاز گیاه در آن‌ها از سوی دیگر، باعث شد تا به منظور بررسی اثر بخشی گوگرد تلقیح شده با تیوباسیلوس به همراه ماده آلی بر صفات کمی و کیفی کلزا، این تحقیق در خاک‌های آهکی منطقه ملاثانی اهواز به مرحله اجرا درآید.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۱۳۸۷- ۱۳۸۶ در گل‌خانه دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین واقع در شهر ملاثانی اجرا گردید. در این آزمایش به منظور بررسی اثر تیوباسیلوس و گوگرد به همراه ماده آلی بر صفات کمی و کیفی کلزا رقم هایولا ۴۰۱ تیوباسیلوس در دو سطح NT (عدم تلقیح با تیوباسیلوس) و T (تلقیح با تیوباسیلوس)، گوگرد در سه سطح (۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار) و کود حیوانی در دو سطح O_1 (بدون کود حیوانی) و O_2 (۲۰ تن در هکتار کود حیوانی) به صورت فاکتوریل در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا گردید. قبل از شروع آزمایش، برای شناخت خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک مورد مطالعه، از آن نمونه‌برداری شده و برخی از خصوصیات مورد نظر در آزمایشگاه اندازه‌گیری شد. جدول ۱ نتایج آزمایش خاک را نشان می‌دهد.

گوگرد و تیوباسیلوس و کود گاوی پوسیده بر اساس تیمارهای آزمایشی مخلوط با خاک مورد استفاده قرار گرفتند. سپس به هر گلدان ۲۳ کیلوگرم خاک اضافه شد. در طول مدت داشت، عملیات تنک، مبارزه با علف‌های هرز، کنترل آفت شته و آبیاری مطابق با نیاز آبی محصول انجام گرفت. برداشت به صورت دستی و با استفاده از قیچی باغبانی و از سطح زمین انجام شد. سپس تعداد دانه در غلاف، وزن هزار دانه اندازه‌گیری شد. بوته‌های برداشت شده هر گلدان را به صورت جداگانه در آون با درجه حرارت ۷۵-۷۰ درجه سانتی‌گراد تا زمان ثابت شدن وزن آن‌ها قرار داده و سپس دانه‌ها را جدا و عملکرد دانه و عملکرد

Archive of SID

www.SID.ir

بیولوژیک (بیوماس) جداگانه توزین گردید. درصد روغن با دستگاه سوکسله (بای‌بوردی و ملکوتی، ۱۳۸۲) و غلظت آهن و روی و مس در کلش و دانه با دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شدند.

تحلیل آماری مربوط به نتایج به دست آمده با استفاده از نرم افزار آماری SAS صورت گرفت. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از روش چند دامنه‌ای دانکن صورت گرفت. برای رسم نمودارها نیز از نرم افزار Excel استفاده شد.

جدول ۱: خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک‌های مورد آزمایش

مشخصات نمونه خاک	ازت (٪)	فسفر (mg/kg)	پتاسیم (mg/kg)	مس (mg/kg)	آهن (mg/kg)	روی (mg/kg)	ماده آلی(٪)	pH	بافت خاک
	۰/۰۷۹	۱۴	۳۶/۹۰	۰/۸۸	۱۲	۰/۲۶	۰/۷۰۴	۷/۵	لومی رسی

نتایج و بحث

نتایج حاصل از اجرای آزمایش در جدول ۲ و اشکال ۱ تا ۱۱ آمده است. مصرف همزمان ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد تلقیح شده با تیوباسیلوس تعداد دانه در غلاف، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، درصد روغن را به ترتیب به میزان ۸/۳، ۱۴/۳۸، ۳۸/۲۳ و ۵/۲۶ نسبت به شاهد افزایش داده است (اشکال ۱، ۲، ۳ و ۴). اگرچه این افزایش از نظر آماری معنی‌دار نیستند (جدول ۲) ولی به نظر نمی‌رسد در کشاورزی امروز، دست یافتن به افزایش تولیدی در این حد، اگر توجیه اقتصادی داشته باشد، حائز اهمیت است. علت این افزایش را می‌توان به افزایش قابلیت دسترسی عناصر غذایی و مساعد شدن شرایط واکنش خاک (pH) برای باکتری‌های اکسیدکننده دانست (امانی و همکاران، ۱۳۸۶). موسوی (۱۳۸۴)، نورقلی‌پور و همکاران (۱۳۸۵) و امانی و همکاران (۱۳۸۶) نیز طی آزمایش‌های جداگانه روی سویا نیز به همین نتایج دست یافتند.

Archive of SID

www.SID.ir

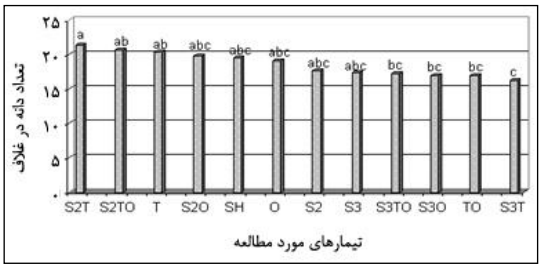
جدول ۲: تجزیه‌ی واریانس اثر تیمارهای مورد مطالعه بر تعداد دانه در غلاف، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، درصد روغن، آهن و روی و مس در کلش و دانه

منابع تغییرات	میانگین مربعات										
	درجه آزادی	تعداد دانه در غلاف	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	ماده خشک کل	درصد روغن	آهن در کلش	روی در کلش	مس در کلش	آهن در دانه	روی در دانه	مس در دانه
تکرار	۳	۶/۷۱^{ns}	۰/۲۰^{ns}	۱۱۶/۵۸^{ns}	۱۰۸۴/۶۴*	۴/۸۶^{ns}	۱۳۳/۳۳^{ns}	۰/۰۰۰۳^{ns}	۰/۰۰۳^{ns}	۱۶۹/۴۴*	۰/۰۰۶^{ns}	۰/۰۰۵^{ns}
تیوباسیلوس	۱	۱/۸۷^{ns}	۰/۰۲^{ns}	۱۵۵/۷۴*	۸۸۳/۲۸^{ns}	۵۳/۷۸^{ns}	۴۶۹/۴۴^{ns}	۰/۰۳^{ns}	۰/۰۷^{ns}	۶۹/۴۴^{ns}	۰/۰۲^{ns}	۰/۰۰۳^{ns}
سطوح گوگرد	۲	۳۵/۲۸*	۰/۱۹**	۱۳۱/۲۵*	۹۳۹/۷۰*	۲۲/۵۳**	۲۴۰۸/۳۳**	۰/۱۳.**	۰/۲۶**	۱۲۱۱/۱۱**	۰/۰۳^{ns}	۰/۴۴**
کود حیوانی	۱	۱/۱۳^{ns}	۰/۰۰۸^{ns}	۷/۲۷^{ns}	۴۳/۴۰^{ns}	۵۳/۷۸^{ns}	۱۰۰۲/۷۸*	۰/۰۰۷^{ns}	۰/۱۳*	۲۵^{ns}	۰/۰۱^{ns}	۰/۰۰۳^{ns}
تیوباسیلوس×سطوح گوگرد	۲	۱۱/۱۳^{ns}	۰/۸^{ns}	۲۸/۲۳^{ns}	۴۵/۱۱^{ns}	۱/۶۹^{ns}	۶۰۲/۷۸^{ns}	۰/۰۱۱^{ns}	۰/۰۰۹^{ns}	۲۷۷/۷۸**	۰/۰۰۳^{ns}	۰/۰۱^{ns}
تیوباسیلوس×کود حیوانی	۱	۶/۴۳^{ns}	۰/۱۸*	۱۲/۰۴^{ns}	۹/۳۹^{ns}	۱۳/۰۳^{ns}	۸۰۲/۷۸^{ns}	۰/۰۰۰۳^{ns}	۰/۰۱^{ns}	۲/۷۸^{ns}	۰/۰۰۳^{ns}	۰/۱۲*
سطوح گوگرد×کود حیوانی	۲	۸/۲۶^{ns}	۰/۱۰*	۱۶/۳۴^{ns}	۱۷۱/۷۵^{ns}	۶۴^{ns}	۱۹/۴۴^{ns}	۰/۰۱^{ns}	۰/۱۶**	۱۳۳/۳۳*	۰/۰۰۴^{ns}	۰/۱۰*
تیوباسیلوس×سطوح گوگرد×کود حیوانی	۲	۵/۸۴^{ns}	۰/۰۲^{ns}	۹/۰۲^{ns}	۲۲/۱۷^{ns}	۴/۰۸^{ns}	۳۶۹/۴۴^{ns}	۰/۰۱^{ns}	۰/۰۳^{ns}	۱۱/۱۱^{ns}	۰/۰۰۰۸^{ns}	۰/۰۶^{ns}
خطا	۳۳	۷/۸۴	۰/۰۳	۲۵/۹۶	۲۶/۶۴	۲۷/۳۵	۲۰/۶۱	۰/۰۲	۰/۰۳	۳۰/۰۵	۰/۰۲	۰/۰۲

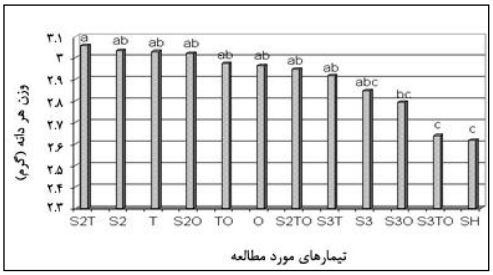
*و ** به ترتیب تفاوت معنی دار در سطح ۵ و ۱ درصد و ns عدم وجود تفاوت معنی دار را نشان می دهد.

Archive of SID

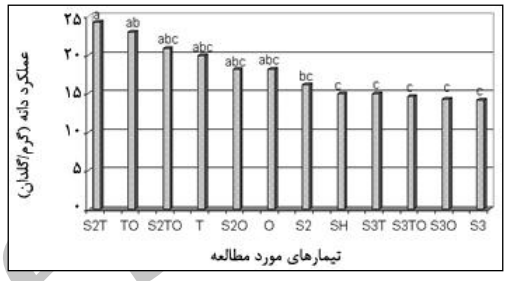
www.SID.ir



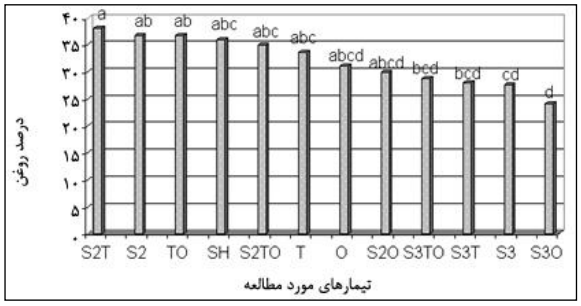
شکل ۱: اثر تیمارهای مختلف بر دانه در غلاف



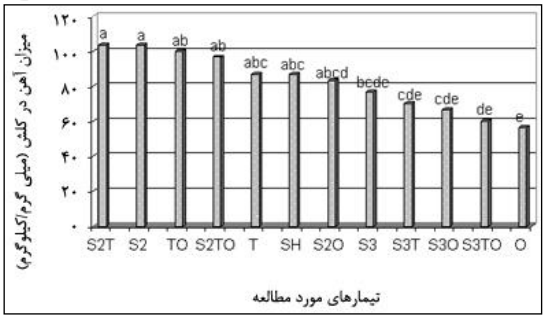
شکل ۲: اثر تیمارهای مختلف بر وزن هزار دانه



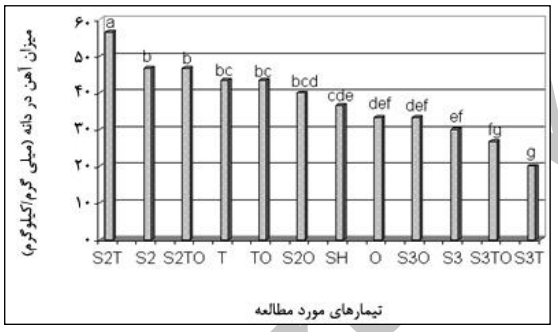
شکل ۳: اثر تیمارهای مختلف بر عملکرد دانه



شکل۴: اثر تیمارهای مختلف بر درصد روغن



شکل ۵: اثر تیمارهای مختلف بر میزان آهن در کلش



شکل ۶: اثر تیمارهای مختلف بر میزان آهن در دانه

بیش‌ترین میزان آهن در کلش و دانه به ترتیب با میانگین ۱۰۳/۳۳ و ۵۶/۶۷ میلی‌گرم در کیلوگرم مربوط به تیمار مصرف همزمان گوگرد تلقیح شده با تیوباسیلوس می‌باشد (اشکال ۵ و ۶).

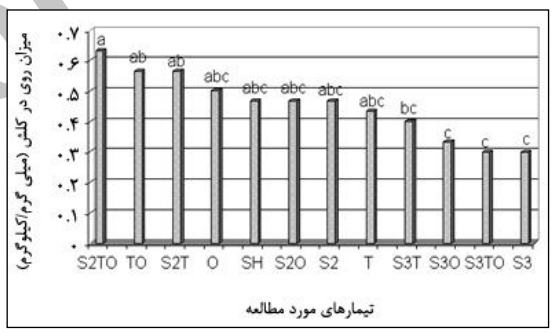
این نتیجه بدین علت می‌تواند باشد که وقتی گوگرد تلقیح شده با تیوباسیلوس به خاک اضافه می‌شود، میکروارگانیسم‌های اکسیدکننده گوگرد با اکسایش آن و تولید اسیدسولفوریک، pH خاک را حتی به طور موضعی کاهش داده و حلالیت ترکیبات حاوی آهن را افزایش می‌دهند و در نهایت جذب بیش‌تر آن را توسط گیاه سبب می‌شود (Deluca et al., 1989). Tarabily و همکاران (۲۰۰۶) طی آزمایشی روی ذرت به نتایجی مشابه دست یافتند.

Archive of SID

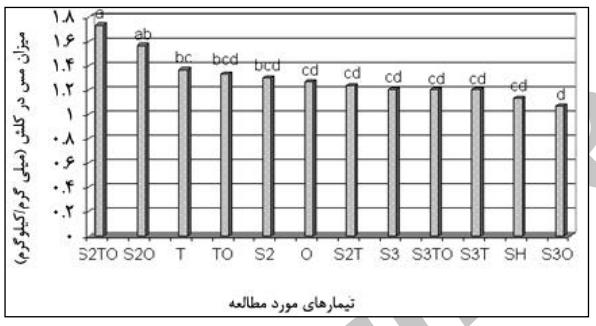
www.SID.ir

مصرف همزمان گوگرد تلقیح شده با تیوباسیلوس به همراه کود حیوانی روی و مس کلش را به ترتیب بـه میـزان ۲۵/۴ و ۳۴/۶۸ میلی‌گرم در کیلوگرم افزایش داده است (اشکال ۷ و ۸). مصرف گوگرد سبب کاهش pH خاک در محدوده‌های کوچک اطراف ذرات خود و افزایش قابلیت جذب عناصر کم‌مصرف گردیده و در نتیجه میزان جذب آن‌هـا توسـط گیـاه افـزایش یافتـه است. اما اثر ماده‌ی آلی در تشدید جذب عناصر کم‌مصرف به دو دلیل بوده است. یکی این که در این نوع خاک آهکـی کـه بـه طور معمول تعداد باکتری‌های اکسیدکننده گوگرد را فراهم نموده و باعث افزایش اکسیداسیون بیولوژیکی گوگرد گردیده است. دیگر این که ماده‌ی آلی دارای عناصر غذایی است که به تدریج آزاد شده و در اختیار گیـاه قـرار مـی‌گیـرد (Wainwright, 1984). این نتایج با نتایج Besharaty و همکاران در سال ۲۰۰۷ روی ذرت همخوانی دارد.

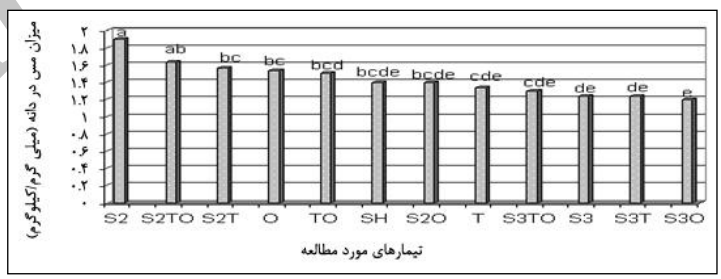
بیش‌ترین مس دانه با میانگین ۱/۹ میلی‌گرم در کیلوگرم مربوط به تیمار ۵۰۰ کیلوگرم در هکتـار مـی‌باشـد (شـکل ۹). مطلبی‌فر و بشارتی (۱۳۸۶) در سال اول آزمایش خود روی دانه‌ی کلزا و گودرزی (۱۳۸۰) در آزمایشی روی گندم بـیش‌تـرین مس دانه را از تیمار مربوط به گوگرد بدون تلقیح با تیوباسیلوس به دست آوردند.



شکل۷: اثر تیمارهای مختلف بر میزان روی کلش



شکل۸: اثر تیمارهای مختلف بر میزان مس کلش



شکل ۹: اثر تیمارهای مختلف بر میزان مس در دانه

Archive of SID

www.SID.ir

نتیجه گیری

از اثر تیمارهای مختلف بر روی خصوصیات کمی و کیفی کلزا این‌گونه نتیجه گرفته می‌شود که افزایش همزمان گوگرد و مایه تلقیح تیوباسیلوس به همراه کود حیوانی می‌تواند باعث کاهش pH خاک شده و جذب عناصر غذایی کم مصرف را بالا برده و سبب افزایش خصوصیات عملکرد و درصد روغن در کلزا شود.

منابع

- **امانی، ف.، رئیسی، ف.، پیرولی‌بیرانوند، ن. غ. و موسوی‌شلمانی، م. ا.، ۱۳۸۶.** رشد و عملکرد دو رقم سویا در سطوح مختلف گوگرد تحت شرایط گل‌خانه‌ای. مجموعه مقالات دهمین کنگره علوم خاک ایران. ۴۳۷-۴۳۶.

- **بای‌بوردی، ا. و ملکوتی، م. ج.، ۱۳۸۲.** اثرات سطوح ازت و منگنز بر عملکرد و کیفیت دو رقم کلزای پاییزه. مجله علوم خاک و آب جلد ۱۷. شماره ۱: ۸-۱.

- **رضوی‌پور، ت. و صبوری، ص.، ۱۳۸۲.** بررسی تاثیر گوگرد پودری با و بدون باکتری تیوباسیلوس بر روی عملکرد کلزا. هشتمین کنگره علوم خاک ایران. ۶۰-۵۸.

- **قربانی‌نصرآبادی، ر.، صالح‌راستین، ن. و علیخانی ح.، ۱۳۸۱.** بررسی تاثیر کود میکروبی گوگرد بر تثبیت نیتروژن و شاخص‌های رشد سویا. مجله علوم خاک و آب، جلد،۱۶ شماره ۲: ۱۷۸-۱۶۹.

- **محنت‌کش، ع.، ۱۳۸۲.** بررسی مصرف گوگرد و تیوباسیلوس و ماده آلی بر عملکرد کمی و کیفی کلزا. هشتمین کنگره علوم خاک ایران. ۸۶-۸۴.

- **مطلبی‌فر، ر. و بشارتی، ح.، ۱۳۸۶.** تاثیر مقادیر مختلف گوگرد، تیوباسیلوس و اثرات باقیمانده آن‌ها بر خصوصیات شیمیایی خاک و عملکرد کلزا. مجموعه مقالات دهمین کنگره علوم خاک ایران. ص ۴۶۰.

- **نورقلی‌پور، ف.، خاوازی، ک.، بشارتی، ح. و فلاح، ع.، ۱۳۸۵.** بررسی تاثیر 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: ۱۳۱-۱۲۲.

- **Besharaty, H., Atashnama, K. and Hatami, S., 2007.** Biosuper as a phosphate fertilizer in a calcareous soil with low available phosphorus. African Journal of Biotechnology, 6(11): 1325-1329.

Archive of SID

www.SID.ir

- **Besharaty, H., Khavazi, K. and Saleh-Rastin, N., 2002.** Evaluation of some carriers for Thiobacillus inoculats used along with sulphur to increase uptake of some nutrients by corn and improve its performance. Plant Nutrition, 92: 672-673.

- **Deluca, T. H., Skogley, E. O. and Engle, R. E., 1989.** Band-application elemental sulfur to enhance the phytoavailability of phosphorus in alkaline calcareous soils. Biology and Fertility of Soils, 7(4): 346-350.

- **Sameni, A. M. and Kasaraian, A., 2004.** Effect of agricultura; sulfur on characteristics of different calcareous soils from dry region of Iran. I. disintegration rate of agricultural sulfur and its effects on chemical properties of the soils. Soil Science and Plant Analysis, 35(9): 1219-1234.

- **Stamford, N. P., Freitas, A. D. S., Ferraz, D. S., Montenegro, A. and Santos, C. E. R. S., 2003.** Nitrogen fixation and growth of cowpea (*Vigna unguiculata*) and yam bean (*Pachyrhizus erosus*) in a sodic soil as affected by gypsum and sullphur inoculated with Thiobacillus and rhizobial inoculation. Tropical Grasslands, 37: 11-19.

- **Tarabily, K. A., Soaud, A. A., Saleh, M. E. and Matsumoto, S., 2006.** Isolation and characterization of sulfur oxidizing bacteria, including strains of Rhizobium, from calcareous sandy soils and their effects on nutrient uptake and growth of maize (*Zea mays L.*).Australian Journal of Agricultural Research, 57(1): 101-111.

- **Wainwright, M., Nevel, W. and Grastone, S. J., 1986.** Effects of organic matter on sulphur oxidation in soil and influence of sulfur oxidation in soil nitrification. Plant & Soil, 96: 369-376.

Archive of SID

www.SID.ir