بررسی تاثیر گوگرد و مایه تلقیح باکتری *تیوباسیلوس* بر pH خاک و فسفر قابل جذب خاک

زرنگار اخوان[1]، علیرضا فلاح[2]

1- دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد کرج

2- استادیار موسسه تحقیقات خاک و آب کرج

Soil_science_tku@yahoo.com

چکیده

به منظور بررسی تاثیر گوگرد و مایه‌تلقیح تیوباسیلوس بر کاهش pH خاک و افزایش قابلیت جذب فسفر، آزمایش گلخانه‌ای کلزا به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با 15 تیمار شامل 5 سطح گوگرد (200، 400، 600، 800، 1000 کیلوگرم درهکتار) و سه سطح تیوباسیلوس (0 ، 5 و 10 گرم مایه‌تلقیح در گلدان، با جمعیت 10^7 باکتری درگرم مایه‌تلقیح) با سه تکرار در سال 88-89 به اجرا درآمد. طبق نتایج تجزیه واریانس اثر سطوح مختلف گوگرد، مایه‌تلقیح و اثر متقابل آنها بر pH و مقدار فسفر قابل‌جذب خاک در سطح 1% معنی‌دار بود و pH در مقایسه با خاک اولیه 1/05 واحد کاهش یافت.

کلمات کلیدی: **اسیدیته، اکسیداسیون، باکتری تیوباسیلوس، فسفر، گوگرد**

مقدمه

انجام آزمون خاک جهت تعیین وضعیت عناصر غذایی در خاک‌های قلیایی و آهکی نشان می‌دهد که علیرغم وجود مقادیر فراوان برخی از عناصر غذایی (P, Fe, Zn,...) در این خاکها فرم محلول و قابل جذب این عناصر کمتر از مقدار لازم برای رشد و نمو مناسب گیاه می‌باشد. کمبود عناصر غذایی یکی از عوامل محدود کننده در تولید محصول با کمیت و کیفیت بالا در این خاک‌ها محسوب می‌شود (Tisdale *et al.*, 1984; Kaplan & Orman, 1998).

مقدار کل فسفر در ریزوسفر ممکن است بالا باشد ولی غالباً به شکل‌های غیرقابل استفاده توسط گیاهان است. علت کم بودن قابلیت دسترسی گیاهان به فسفر خاک این است که بیش از 80% آن بوسیله فرایندهایی مانند برون جذبی، رسوب یا تبدیل به شکل‌های آلی به صورت غیرمتحرک و غیرقابل استفاده برای گیاهان درمی‌آیند (Schachtman *et al.*, 1998). قابلیت دسترسی پایین فسفر خاک یک موضوع اصلی در اغلب خاک‌ها می‌باشد بویژه وقتی که کودهای فسفره گران‌قیمت برای کشاورزان کشورهای در حال توسعه قابل دسترسی نمی‌باشد (بایبوردی، 1388).

بسیاری از محققین گزارش کرده‌اند مصرف گوگرد و تولید اسید سولفوریک در نتیجهٔ اکسایش آن باعث کاهش pH خاک و افزایش دسترسی فسفر شده و باکتری تیوباسیلوس باعث تسریع این فرایند می‌شود.

دلوکا و همکاران (1989) در آزمایشی که تاثیر مصرف گوگرد و باکتری‌های تیوباسیلوس را بر افزایش قابلیت جذب فسفر بررسی می‌کردند، نشان دادند که عملکرد ذرت در تیمارتلقیح باکتری‌های تیوباسیلوس و مصرف گوگرد، اختلاف معنی‌داری با تیمار سوپرفسفات تریپل نداشت. در یک بررسی مشخص شد که میزان اکسیداسیون گوگرد در خاکهای تلقیح شده با باکتری‌های تیوباسیلوس حدود یازده برابر بیشتر از خاک‌های تلقیح نشده است (بشارتی و کلایه، 1379). محققین بسیاری نیز تاثیر کاربرد گوگرد بر افزایش قابلیت جذب فسفر را گزارش کرده اند (Kalbasi, 1986; Kittams and Attoe, 1965; Miller, 1965; Modaihsh *et al.*, 1989; Morvedt *et al.*, 1991; Tisdale *et al.*, 1984).

هدف از این تحقیق نشان دادن راه حل منطقی و مقرون به صرفه در استفاده از کود شیمیایی و قابل استفاده کردن عناصر موجود در خاک از طریق روش زیستی است که از مصرف بی رویه کودهای شیمیایی بکاهد.

مواد و روشها

نخست مایه تلقیح باکتری تیوباسیلوس در محیط کشت postgate تهیه و بـه حامـل پرلیـت اضـافه شـد(Vishniac, 1973). در مرحله بعد، از عمق 20-0 سانتیمتری خاک زراعی نمونه برداری و از الک 5 میلی متری گذرانـده شـد و در گلدان‌های 6 کیلوگرمی توزیع گردید. کشت گلخانه‌ای کلزا به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تـصادفی انجام شد. تیمارهـا شـامل 5 سـطح گـوگرد عنـصری (200، 400، 600، 800، 1000کیلـوگرم در هکتـار) و 3 سـطح تیوباسیلوس (بدون مایه تلقیح، 5 و 10 گرم مایه تلقیح در گلدان، با جمعیت 10^7 باکتری در گـرم مایـه تلقـیح) بـود. گوگرد به خاک گلدان‌ها اضافه و خوب مخلوط شد. بذرهای کلزا بعد از تلقیح در عمق 2 سانتیمتری خاک کاشته شـد. با احتساب 3 تکرار برای هر تیمار مجموعاً در 45 گلدان 6 کیلوگرمی 7 بذر کلزا از رقم Okapi کشت و بعـد از 10 روز تعداد بوته ها به 3 عدد در هر گلدان تقلیل یافت. بعد از کشت، کودهای نیتروژنه از منبع اوره و پتاسـه از منبـع کلـرور پتاسیم بر اساس آزمون خاک بصورت محلول به خاک گلدان‌ها اضافه شد. در طول دوران رشد گیاه رطوبت گلدان‌ها در حد 70% ظرفیت زراعی ثابت نگه داشته شد. پس از برداشت محصول ، pH خاک و فسفر قابل جذب خـاک (بـه روش اولسن) اندازه‌گیری و داده‌ها با نرم افزار MSTATC تجزیه و تحلیل و مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام و نمودارها بوسیله نرم افزار Excel رسم شد.

نتیجه‌گیری

برخی از خصوصیات خاک مورد استفاده در کشت گلدانی قبل از اعمال تیمارهای کودی در جدول 1 ارائه شده است.

جدول 1- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده

بافت	تجزیه اندازه‌ای ذرات			فسفر قابل جذب mg/kg	پتاسیم قابل استفاده mg/kg	درصد نیتروژن کل	درصد ماده آلی	درصد کربنات کلسیم معادل	pH	EC dS/m	درصد رطوبت اشباع
	رس	سیلت	شن								
S.L	5	34	61	13/6	250/2	0/17	1/66	6/2	7/95	3/48	34/5

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول2) اثر ساده باکتری و اثر ساده گوگرد و اثر متقابـل بـاکتری و گـوگرد در قابلیت جذب فسفر و کاهش pH در سطح 1% معنی‌دار بود.

بشارتی و صالح راستین (1380) در بررسی تاثیر کاربرد مایه تلقیح تیوباسیلوس همراه با گوگرد در قابلیت جذب فسفر نتیجه گرفتند که استفاده از مایه تلقـیح تیوباسـیلوس همـراه بـا مـصرف گـوگرد در خـاک، روی تمـام شـاخص‌هـای اندازه‌گیری شده در خاک و گیاه ذرت تاثیر معنی‌داری در سطح 1% داشته و مصرف گوگرد بطور همزمان با باکتری‌های اکسید کننده توانسته است تاثیری معادل کودهای فسفری داشته باشد.

جدول2- تجزیه واریانس اثر تیمارها بر pH و فسفر قابل جذب خاک

	MS میانگین مربعات		
منابع تغییرات	درجه آزادی	فسفر	pH
تکرار	2	4/604 ^{ns}	0/001 ^{ns}
باکتری	2	186/063 **	0/255 **
گوگرد	4	485/683 **	0/267 **
باکتری×گوگرد	8	17/225 **	0/012 **
اشتباه آزمایشی	28	0/390	0/0001
ضریب تغییرات (درصد)		2/53	0/25

** و * در سطح 1% و 5% معنی دار است و n.s معنی‌دار نیست.

متوسط فسفر قابل جذب در تیمارهای بدون تلقیح 21 میلی‌گرم در کیلوگرم بوده در حالیکه این مقدار در تیمارهای تلقیح شده 26/48 میلی‌گرم در کیلوگرم بود (جدول 3) و با افزایش گوگرد، فسفر قابل جذب از 16/48 میلی‌گرم در کیلوگرم به 35/01 افزایش یافته است (جدول 4). تیماری که بیشترین گوگرد و مایه تلقیح را دریافت کرد در مقایسه با تیمار بدون کود 165% افزایش در فسفر قابل جذب نشان داد و pH خاک در مقایسه با خاک اولیه 1/05 واحد کاهش یافت.

جدول3- مقایسه اثر ساده باکتری بر صفات مورد بررسی در خاک به روش دانکن

سطوح باکتری	فسفر	pH
T_0	21/00 ^{c}	7/335 ^{b}
T_1	24/94 ^{b}	7/522 ^{a}
T_2	28/03 ^{a}	7/271 ^{c}

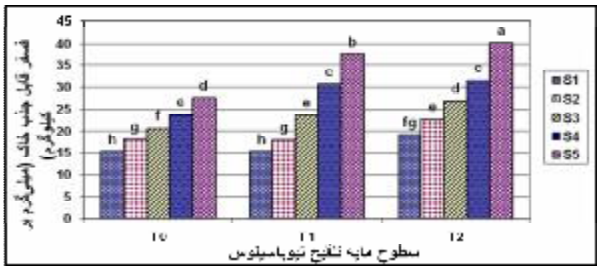
تیمارهایی که با حروف مشابه هستند دارای اختلاف معنی‌داری نیستند

جدول4- مقایسه میانگین اثر ساده گوگرد روی صفات مورد بررسی در خاک به روش دانکن

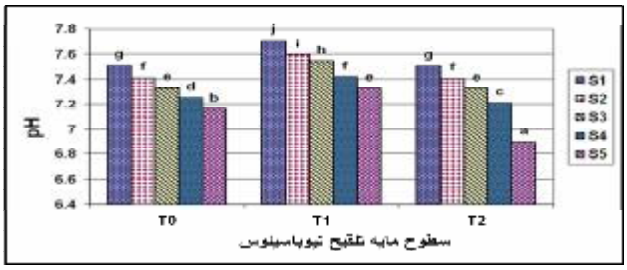
سطوح گوگرد	فسفر	pH
S_1	16/48 ^{e}	7/579 ^{a}
S_2	19/62 ^{d}	7/473 ^{b}
S_3	23/60 ^{c}	7/403 ^{c}
S_4	28/57 ^{b}	7/294 ^{d}
S_5	35/01 ^{a}	7/130 ^{e}

تیمارهایی که با حروف مشابه هستند دارای اختلاف معنی‌داری نیستند

در شکل 1 و شکل 2 اثر متقابل باکتری و گوگرد، بر قابلیت جذب فسفر و کاهش pH به صورت نمودار نشان داده شده است.



شکل1- مقایسه اثر متقابل باکتری و گوگردبر مقدار فسفر قابل جذب خاک



شکل2- مقایسه اثر متقابل باکتری و گوگردبر pH خاک

منابع

1-بایبوردی، ص. 1388. بررسی افزایش راندمان مصرف سوپرفسفات تریپل از طریق کاربرد ریزجانداران بومی خاک در کشت ذرت. پایان نامه کارشناسی ارشد خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران.

2-بشارتی کلایه، ح ، 1379. اکسایش گوگرد در خاک و بهینه سازی شرایط خاک جهت افزایش اکسیداسیون آن. مجله خاک و آب، شماره7، جلد12،106-114.

3-Deluca, T. H. E. O. Skogley, and R. E. Egle. 1989. Band – applied elemental sulfur to enhance the phytoavailibility of phosphorus in alkaline calcareous soils. Biol. And Fert. of Soils. 7: 346-350.

4-Kalbasi, M., N. Mnuchehri, and F. Filsoof. 1986. Local asidification of soil as a means toalleviate iron chlorosis on Quince orchards. J. Plant Nutrition. 9(3-7): 1001-1007.

5-Kaplan, M. and S. Orman. 1998. Effect of elemental sulfur an sulfur containing waste in a calcareous soil in turkey. J. plant nutrition. 21(8): 1655-1665.

6-Kittams, H. H. and O. J. Attoe. 1965. Availability of P in rock phosphate sulfur fusion. Agron. J., 57: 331-334.

7-Miller, j. r. 1965. Effect of sulfur and gypsum addition on availability of rock phosphate . Soil. Sci. 82: 129-134

8-Modaihsh, S., W. A. Al-mustafa, and A. E. Metwally. 1989. Effect of elemental sulfur on chemical changes and nutrient availability in calcareous soils. Plant and Soil. 116: 95-101.

9-Morvedt, J. J., P. M. Giordano, and W. L. Lindsay. 1991. Micronutrient in agriculture. Soil. Sci. Soc. Am. Inc. Madison, Wisconsin U.S.A.

10-Schachtman, D. P., J. reid and S. M. Ayling. 1998. Phosphorus uptake by plants : from soil to cell. Plant Physiology. 116: 447-453.

11-Tisdale, S. L. Nelson, J. D. Beaton. 1984. Soi Fertility and Fertilizers. Fourth edition, Mc Millan Publishing Company, New York.

12-Vishniac, W., and M.Santer. 1975. The Thiobacilli. Bacteriol. Rev. 21: 195-213.

بررسی تاثیر گوگرد و مایه تلقیح باکتری *تیوباسیلوس* بر pH خاک و فسفر قابل جذب خاک

زرنگار اخوان[1]، علیرضا فلاح[2]

1- دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد کرج

2- استادیار موسسه تحقیقات خاک و آب کرج

Soil_science_tku@yahoo.com

چکیده

به منظور بررسی تاثیر گوگرد و مایه‌تلقیح تیوباسیلوس بر کاهش pH خاک و افزایش قابلیت جذب فسفر، آزمایش گلخانه‌ای کلزا به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با 15 تیمار شامل 5 سطح گوگرد (200، 400، 600، 800، 1000 کیلوگرم درهکتار) و سه سطح تیوباسیلوس (0 ، 5 و 10 گرم مایه‌تلقیح در گلدان، با جمعیت 10^7 باکتری درگرم مایه‌تلقیح) با سه تکرار در سال 88-89 به اجرا درآمد. طبق نتایج تجزیه واریانس اثر سطوح مختلف گوگرد، مایه‌تلقیح و اثر متقابل آنها بر pH و مقدار فسفر قابل‌جذب خاک در سطح 1% معنی‌دار بود و pH در مقایسه با خاک اولیه 1/05 واحد کاهش یافت.

کلمات کلیدی: **اسیدیته، اکسیداسیون، باکتری تیوباسیلوس، فسفر، گوگرد**

مقدمه

انجام آزمون خاک جهت تعیین وضعیت عناصر غذایی در خاک‌های قلیایی و آهکی نشان می‌دهد که علیرغم وجود مقادیر فراوان برخی از عناصر غذایی (P, Fe, Zn,...) در این خاکها فرم محلول و قابل جذب این عناصر کمتر از مقدار لازم برای رشد و نمو مناسب گیاه می‌باشد. کمبود عناصر غذایی یکی از عوامل محدود کننده در تولید محصول با کمیت و کیفیت بالا در این خاک‌ها محسوب می‌شود (Tisdale *et al.*, 1984; Kaplan & Orman, 1998).

مقدار کل فسفر در ریزوسفر ممکن است بالا باشد ولی غالباً به شکل‌های غیرقابل استفاده توسط گیاهان است. علت کم بودن قابلیت دسترسی گیاهان به فسفر خاک این است که بیش از 80% آن بوسیله فرایندهایی مانند برون جذبی، رسوب یا تبدیل به شکل‌های آلی به صورت غیرمتحرک و غیرقابل استفاده برای گیاهان درمی‌آیند (Schachtman *et al.*, 1998). قابلیت دسترسی پایین فسفر خاک یک موضوع اصلی در اغلب خاک‌ها می‌باشد بویژه وقتی که کودهای فسفره گران‌قیمت برای کشاورزان کشورهای در حال توسعه قابل دسترسی نمی‌باشد (بایبوردی، 1388).

بسیاری از محققین گزارش کرده‌اند مصرف گوگرد و تولید اسید سولفوریک در نتیجهٔ اکسایش آن باعث کاهش pH خاک و افزایش دسترسی فسفر شده و باکتری تیوباسیلوس باعث تسریع این فرایند می‌شود.

دلوکا و همکاران (1989) در آزمایشی که تاثیر مصرف گوگرد و باکتری‌های تیوباسیلوس را بر افزایش قابلیت جذب فسفر بررسی می‌کردند، نشان دادند که عملکرد ذرت در تیمارتلقیح باکتری‌های تیوباسیلوس و مصرف گوگرد، اختلاف معنی‌داری با تیمار سوپرفسفات تریپل نداشت. در یک بررسی مشخص شد که میزان اکسیداسیون گوگرد در خاکهای تلقیح شده با باکتری‌های تیوباسیلوس حدود یازده برابر بیشتر از خاک‌های تلقیح نشده است (بشارتی و کلایه، 1379). محققین بسیاری نیز تاثیر کاربرد گوگرد بر افزایش قابلیت جذب فسفر را گزارش کرده اند (Kalbasi, 1986; Kittams and Attoe, 1965; Miller, 1965; Modaihsh *et al.*, 1989; Morvedt *et al.*, 1991; Tisdale *et al.*, 1984).

هدف از این تحقیق نشان دادن راه حل منطقی و مقرون به صرفه در استفاده از کود شیمیایی و قابل استفاده کردن عناصر موجود در خاک از طریق روش زیستی است که از مصرف بی رویه کودهای شیمیایی بکاهد.

مواد و روشها

نخست مایه تلقیح باکتری تیوباسیلوس در محیط کشت postgate تهیه و بـه حامـل پرلیـت اضـافه شـد(Vishniac, 1973). در مرحله بعد، از عمق 20-0 سانتیمتری خاک زراعی نمونه برداری و از الک 5 میلی متری گذرانـده شـد و در گلدان‌های 6 کیلوگرمی توزیع گردید. کشت گلخانه‌ای کلزا به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تـصادفی انجام شد. تیمارهـا شـامل 5 سـطح گـوگرد عنـصری (200، 400، 600، 800، 1000کیلـوگرم در هکتـار) و 3 سـطح تیوباسیلوس (بدون مایه تلقیح، 5 و 10 گرم مایه تلقیح در گلدان، با جمعیت 10^7 باکتری در گـرم مایـه تلقـیح) بـود. گوگرد به خاک گلدان‌ها اضافه و خوب مخلوط شد. بذرهای کلزا بعد از تلقیح در عمق 2 سانتیمتری خاک کاشته شـد. با احتساب 3 تکرار برای هر تیمار مجموعاً در 45 گلدان 6 کیلوگرمی 7 بذر کلزا از رقم Okapi کشت و بعـد از 10 روز تعداد بوته ها به 3 عدد در هر گلدان تقلیل یافت. بعد از کشت، کودهای نیتروژنه از منبع اوره و پتاسـه از منبـع کلـرور پتاسیم بر اساس آزمون خاک بصورت محلول به خاک گلدان‌ها اضافه شد. در طول دوران رشد گیاه رطوبت گلدان‌ها در حد 70% ظرفیت زراعی ثابت نگه داشته شد. پس از برداشت محصول ، pH خاک و فسفر قابل جذب خـاک (بـه روش اولسن) اندازه‌گیری و داده‌ها با نرم افزار MSTATC تجزیه و تحلیل و مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام و نمودارها بوسیله نرم افزار Excel رسم شد.

نتیجه‌گیری

برخی از خصوصیات خاک مورد استفاده در کشت گلدانی قبل از اعمال تیمارهای کودی در جدول 1 ارائه شده است.

جدول 1- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده

بافت	تجزیه اندازه‌ای ذرات			فسفر قابل جذب mg/kg	پتاسیم قابل استفاده mg/kg	درصد نیتروژن کل	درصد ماده آلی	درصد کربنات کلسیم معادل	pH	EC dS/m	درصد رطوبت اشباع
	رس	سیلت	شن								
S.L	5	34	61	13/6	250/2	0/17	1/66	6/2	7/95	3/48	34/5

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول2) اثر ساده باکتری و اثر ساده گوگرد و اثر متقابـل بـاکتری و گـوگرد در قابلیت جذب فسفر و کاهش pH در سطح 1% معنی‌دار بود.

بشارتی و صالح راستین (1380) در بررسی تاثیر کاربرد مایه تلقیح تیوباسیلوس همراه با گوگرد در قابلیت جذب فسفر نتیجه گرفتند که استفاده از مایه تلقـیح تیوباسـیلوس همـراه بـا مـصرف گـوگرد در خـاک، روی تمـام شـاخص‌هـای اندازه‌گیری شده در خاک و گیاه ذرت تاثیر معنی‌داری در سطح 1% داشته و مصرف گوگرد بطور همزمان با باکتری‌های اکسید کننده توانسته است تاثیری معادل کودهای فسفری داشته باشد.

جدول2- تجزیه واریانس اثر تیمارها بر pH و فسفر قابل جذب خاک

	MS میانگین مربعات		
منابع تغییرات	درجه آزادی	فسفر	pH
تکرار	2	4/604 ^{ns}	0/001 ^{ns}
باکتری	2	186/063 **	0/255 **
گوگرد	4	485/683 **	0/267 **
باکتری×گوگرد	8	17/225 **	0/012 **
اشتباه آزمایشی	28	0/390	0/0001
ضریب تغییرات (درصد)		2/53	0/25

** و * در سطح 1% و 5% معنی دار است و n.s معنی‌دار نیست.

متوسط فسفر قابل جذب در تیمارهای بدون تلقیح 21 میلی‌گرم در کیلوگرم بوده در حالیکه این مقدار در تیمارهای تلقیح شده 26/48 میلی‌گرم در کیلوگرم بود (جدول 3) و با افزایش گوگرد، فسفر قابل جذب از 16/48 میلی‌گرم در کیلوگرم به 35/01 افزایش یافته است (جدول 4). تیماری که بیشترین گوگرد و مایه تلقیح را دریافت کرد در مقایسه با تیمار بدون کود 165% افزایش در فسفر قابل جذب نشان داد و pH خاک در مقایسه با خاک اولیه 1/05 واحد کاهش یافت.

جدول3- مقایسه اثر ساده باکتری بر صفات مورد بررسی در خاک به روش دانکن

سطوح باکتری	فسفر	pH
T_0	21/00 ^{c}	7/335 ^{b}
T_1	24/94 ^{b}	7/522 ^{a}
T_2	28/03 ^{a}	7/271 ^{c}

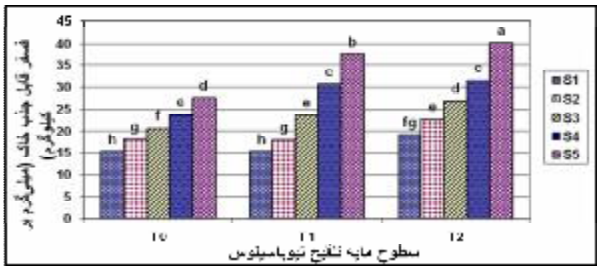
تیمارهایی که با حروف مشابه هستند دارای اختلاف معنی‌داری نیستند

جدول4- مقایسه میانگین اثر ساده گوگرد روی صفات مورد بررسی در خاک به روش دانکن

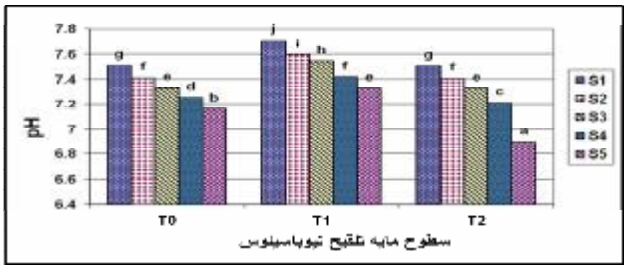
سطوح گوگرد	فسفر	pH
S_1	16/48 ^{e}	7/579 ^{a}
S_2	19/62 ^{d}	7/473 ^{b}
S_3	23/60 ^{c}	7/403 ^{c}
S_4	28/57 ^{b}	7/294 ^{d}
S_5	35/01 ^{a}	7/130 ^{e}

تیمارهایی که با حروف مشابه هستند دارای اختلاف معنی‌داری نیستند

در شکل 1 و شکل 2 اثر متقابل باکتری و گوگرد، بر قابلیت جذب فسفر و کاهش pH به صورت نمودار نشان داده شده است.



شکل1- مقایسه اثر متقابل باکتری و گوگردبر مقدار فسفر قابل جذب خاک



شکل2- مقایسه اثر متقابل باکتری و گوگردبر pH خاک

منابع

1-بایبوردی، ص. 1388. بررسی افزایش راندمان مصرف سوپرفسفات تریپل از طریق کاربرد ریزجانداران بومی خاک در کشت ذرت. پایان نامه کارشناسی ارشد خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران.

2-بشارتی کلایه، ح ، 1379. اکسایش گوگرد در خاک و بهینه سازی شرایط خاک جهت افزایش اکسیداسیون آن. مجله خاک و آب، شماره7، جلد12،106-114.

3-Deluca, T. H. E. O. Skogley, and R. E. Egle. 1989. Band – applied elemental sulfur to enhance the phytoavailibility of phosphorus in alkaline calcareous soils. Biol. And Fert. of Soils. 7: 346-350.

4-Kalbasi, M., N. Mnuchehri, and F. Filsoof. 1986. Local asidification of soil as a means toalleviate iron chlorosis on Quince orchards. J. Plant Nutrition. 9(3-7): 1001-1007.

5-Kaplan, M. and S. Orman. 1998. Effect of elemental sulfur an sulfur containing waste in a calcareous soil in turkey. J. plant nutrition. 21(8): 1655-1665.

6-Kittams, H. H. and O. J. Attoe. 1965. Availability of P in rock phosphate sulfur fusion. Agron. J., 57: 331-334.

7-Miller, j. r. 1965. Effect of sulfur and gypsum addition on availability of rock phosphate . Soil. Sci. 82: 129-134

8-Modaihsh, S., W. A. Al-mustafa, and A. E. Metwally. 1989. Effect of elemental sulfur on chemical changes and nutrient availability in calcareous soils. Plant and Soil. 116: 95-101.

9-Morvedt, J. J., P. M. Giordano, and W. L. Lindsay. 1991. Micronutrient in agriculture. Soil. Sci. Soc. Am. Inc. Madison, Wisconsin U.S.A.

10-Schachtman, D. P., J. reid and S. M. Ayling. 1998. Phosphorus uptake by plants : from soil to cell. Plant Physiology. 116: 447-453.

11-Tisdale, S. L. Nelson, J. D. Beaton. 1984. Soi Fertility and Fertilizers. Fourth edition, Mc Millan Publishing Company, New York.

12-Vishniac, W., and M.Santer. 1975. The Thiobacilli. Bacteriol. Rev. 21: 195-213.