نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۱، شماره ۱ ، بهار ۱۳۹۲، ص. ۱۷۰-۱۶۲

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 11, No. 1, Spring. 2013, p. 162-170

ارزیابی اثر گوگرد و کود دامی بر خصوصیات رشد گیاه ذرت (سینگل‌کراس ۷۰٤) و اسیدیته خاک

حمیدرضا چقازردی[۱*]- غلامرضا محمدی[۲]- علی بهشتی آل آقا[۳]

تاریخ دریافت:۱۳۹۰/۲/۱۰
تاریخ پذیرش:۱۳۹۱/۸/۲۸

چکیده

به منظور بررسی تاثیر گوگرد و کود دامی بر عملکرد دانه، اجزای عملکرد و برخی صفات فیزیولوژیکی ذرت (هیبرید سینگل‌کراس ۷۰۴) در خاکهای آهکی استان کرمانشاه یک آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار اجراء شد. عوامل مورد بررسی شامل کود گوگرد در چهار سطح صفر ، ۲۵۰ ، ۵۰۰ و ۷۵۰ کیلوگرم در هکتار و کود دامی در چهار سطح صفر ، ۴ ، ۸ و ۱۲ تن در هکتار استفاده شد. نتایج نشان داد که اثرات کود گوگرد، کود دامی و اثر متقابل آن ها برای عملکرد دانه، قطر ساقه، تعداد ردیف در بلال، تعداد دانه در ردیف، شاخص سطح برگ در مرحلهٔ ۷ تا ۹ برگی و مرحله ظهور گل تاجی و اسیدیته خاک در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود. اثرات کود گوگرد و کود دامی تنها برای صفات طول دوره و سرعت پرشدن دانه، تعداد بلال در بوته و وزن هزار دانه در سطح احتمال ۱٪ معنی دار بودند حداکثر عملکرد دانه ذرت در تیمارهای A_3B_3 ، A_3B_2 و A_3B_1 به ترتیب با ۱۲۶۷۳، ۱۲۵۹۷ و ۱۲۱۴۷ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. کمترین میزان اسیدیته خاک مربوط به ترکیب تیماری A_3B_3 برابر ۷/۵۱ بود. نتایج نهایی نشان داد که کاربرد ۷۵۰ کیلوگرم گوگرد به همراه ۸ یا ۱۲ تن کود دامی در هکتار باعث بیشترین میانگین برای عملکرد و اجزای عملکرد دانه ذرت شد. بنابراین با مصرف ۷۵۰ کیلوگرم گوگرد به همراه مصرف ۸ یا ۱۲ تن کود دامی در هکتار می‌توان اثرات منفی خاک‌های آهکی را بهبود بخشید.

واژه‌های کلیدی: ذرت، کود، اسیدیته خاک، گوگرد

مقدمه

گوگرد پس از عناصر پرمصرف نیتروژن، فسفر و پتاسیم چهارمین عنصر عمده مورد نیاز اکثر گیاهان زراعی می‌باشد (۲۲). این عنصر در ساختار برخی از اسیدآمینه‌ها وجود داشته و با وجود این که گوگرد در ترکیب کلروفیل برگ وجود ندارد ولی وجود آن برای بیوسنتز کلروفیل ضروری است (۳۳). یکی از مهمترین اثرات جانبی این عنصر، اسیدی کردن خاک و افزایش قابلیت انحلال سایر عناصر غذایی است که این موضوع به ویژه در خاک‌های آهکی که حاوی مقادیر زیادی کلسیم بوده و قابلیت انحلال عناصر غذایی آن ها پایین است، اهمیت پیدا می کند (۲۹ و ۳۲). بطور کلی، اثرات مفید کاربرد گوگرد در خاک‌های آهکی شامل کاهش اسیدیته خاک، افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی، افزایش کمیت و بهبود کیفیت محصول می‌باشد (۲۲، ۲۴، ۳۷ و ۳۹). نتایج برخی بررسی‌ها نشان می‌دهند که در خاک‌های آهکی، عملکرد گیاهان زراعی با مصرف کودهای گوگردی مثل سوپر فسفات ساده، گوگرد عنصری، گچ و سولفات آمونیوم تا حد زیادی افزایش می‌یابد (۳۴ و ۴۶).

ویژگی‌های اقلیمی و مدیریت ناکافی اراضی کشاورزی در مناطق خشک و نیمه خشک منجر به کاهش مواد آلی شده است. این امر تاثیر منفی بر خصوصیات بیولوژیکی، فیزیکی و شیمیایی خاک می‌گذارد که مهمترین آن تخریب ساختمان و کاهش حاصلخیزی خاک است (۳۰). مواد آلی می‌توانند آب زیادی جذب نموده و موجب افزایش ظرفیت نگهداری آب خاک و در نهایت میزان دسترسی گیاه به آب شوند. همچنین با افزایش ظرفیت نگهداری آب، غلظت نمک و املاح مضر پایین آمده و تاثیرات منفی آنها کاهش می‌یابد. مواد آلی علاوه بر فراهم نمودن عناصر غذایی، اثرات سودمندی بر خصوصیات مختلف خاک به ویژه بر خصوصیات فیزیکی خاک دارند (۳۶).

کودهای دامی یکی از مهم ترین منابع تامین ماده آلی و جایگزینی مناسب برای کودهای شیمیایی به شمار می روند و

۱- کارشناس آموزشی و پژوهشی حوزه معاونت آموزشی دانشگاه رازی کرمانشاه
(*- نویسنده مسئول: Email: hamidrezachaghazardi@yahoo.com)
۲- استادیار گروه زراعت واصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی کرمانشاه
۳- استادیار گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی کرمانشاه

می‌توانند اثر قابل توجهی در بهبود ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک داشته باشند. کاربرد کودهای دامی موجب بهبود خاک‌های فرسایش یافته و کم بازده می‌گردد (۱۷). در بررسی اثرات کود آلی و گوگرد بر افزایش بازده کودهای فسفره در هیبرید ذرت ۷۰۴ مشاهده شد که در طول دوره رشد، تیمار کود آلی به همراه گوگرد بیشترین تاثیر را در افزایش غلظت فسفر در گیاه در تمامی خاک‌های مورد بررسی داشت (۱). در بررسی تاثیر کاربرد کود آلی، فسفات، گوگرد و باکتری تیوباسیلوس بر عملکرد ذرت نیز مشخص گردید که کاربرد توام فسفات، گوگرد و باکتری تیوباسیلوس موجب بیشترین تولید عملکرد ذرت می‌گردد و اضافه نمودن کود آلی در این شرایط موجب بهبود عملکرد شده و بر ویژگی‌های فیزیکی خاک نیز تاثیر مثبتی دارد (۱۲).

ذرت یکی از مهمترین غلات مورد نیاز کشور بوده که همه ساله مقادیر متنابهی از آن وارد کشور می‌شود براساس آمار منتشر شده توسط وزارت جهاد کشاورزی سطح زیر کشت آن در استان کرمانشاه برابر ۲۶۴۵۷ هکتار می رسد که این رقم نشانگر اهمیت اقتصادی کشت این محصول می باشد. با توجه به آهکی بودن اکثر خاکهای استان کرمانشاه و خطرات زیست محیطی مصرف کودهای شیمیایی و بالا بودن هزینه آن ها، با تغییر شرایط خاک از طریق کاربرد مواد اصلاح کننده در تامین نیازهای غذایی ذرت موثر بوده و ضمن کاهش نیاز به کودهای شیمیایی، ویژگی های مختلف خاک را نیز بهبود می‌بخشد. بنابراین، در این پژوهش تاثیر کاربرد سطوح مختلف گوگرد و کود دامی بر صفات کمی ذرت در منطقه کرمانشاه مورد ارزیابی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی ۸۴- ۱۳۸۳ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه رازی کرمانشاه با متوسط بارندگی سالانه برابر ۴۷۸ میلی متر انجام شد. این منطقه از لحاظ خصوصیات خاک جزء خاکهای آهکی است که نمونه خاک با روش نمونه گیری مرکب از سطح مزرعه آزمایشی برداشت و جهت تجزیه به آزمایشگاه ارسال گردید (جداول ۱ و ۲).

آزمایش به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوکهای کامل تصادفی با سه تکرار به اجرا در آمد. فاکتور گوگرد تهیه شده از کود سولفات گوگرد ۹۰ درصد (A) با چهار سطح شامل A_0 بدون گوگرد، A_1 ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار، A_2 ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار و A_3 ۷۵۰ کیلوگرم در هکتار و فاکتور کود دامی تهیه شده از کود پوسیده گوسفندی (B) با چهار سطح شامل B_0 بدون کود دامی، B_1 ۴ تن در هکتار، B_2 ۸ تن در هکتار و B_3 ۱۲ تن در هکتار بود. ماده گیاهی مورد آزمایش بذر ذرت سینگل کراس هیبرید ۷۰۴ از گروه ذرت های دیررس است که از مراکز خدمات کشاورزی تهیه شد. بذور در هر واحد آزمایشی در ۶ ردیف با فاصله بین ردیف ۷۰ سانتی‌متر و فاصله روی ردیف ۲۰ سانتی‌متر کشت شد.

پس از کرت‌بندی و قبل از عملیات کاشت، کود حیوانی با توجه به تیمارهای مورد نظر و نقشهٔ کاشت در کرت‌های مربوطه مورد استفاده قرار گرفت و توسط شن کش کاملاً با لایهٔ سطحی خاک به عمق ۵ سانتی متر مخلوط شد. میزان مصرف کود گوگردی برحسب گوگرد خالص برای هر تیمار مورد نظر محاسبه و پس از انجام مرحلهٔ کاشت، در یک سمت ردیف کاشت به فاصلهٔ ۱۰ سانتی‌متر از بوته‌ها و به عمق ۵ سانتی‌متر شیاری ایجاد شد و کود گوگردی بصورت یکنواخت در شیارها توزیع گردید سپس شیارها بوسیلهٔ خاک پوشیده شدند. سایر عملیات زراعی شامل آبیاری، وجین علف‌های هرز، تنک کردن و مبازه با آفات و بیماریها بر اساس نیاز انجام گرفت.

در عملیات برداشت برای حذف اثر حاشیه‌ای، ۴ ردیف وسط با حذف یک متر از هر انتها برداشت شدند که مساحت برداشت شده ۱۱/۲ مترمربع بود. پس از جداسازی دانه‌ها از بلال، دانه ها در آون در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت قرار داده شد تا وزن دانه‌ها به مقدار ثابتی برسد و در نهایت عملکرد براساس کیلوگرم در هکتار محاسبه شد. صفات اجزای عملکرد شامل وزن هزار دانه، تعداد دانه در ردیف، تعداد ردیف در بلال، تعداد بلال در بوته و صفات قطر ساقه، شاخص سطح برگ و طول دوره و سرعت پرشدن دانه نیز اندازه‌گیری شدند.

جدول ۱- ویژگی‌های شیمیایی خاک مزرعه مورد آزمایش

نوع نمونه	اسیدیته	کربن آلی درصد	فسفرقابل جذب ppm	پتاسیم قابل جذب ppm	ازت کل (درصد)	منگنز ppm	آهن ppm	روی ppm	مس ppm
خاک	۸/۱۲	۱/۷۹	۳۲/۳۰	۴۴۰	۰/۱۸	۳۳/۴	۱۱/۵۶	۱/۷۴	۲/۱۸

جدول ۲- میزان مواد غذایی و عناصر موجود در کود دامی مورد استفاده

نوع نمونه	فسفر قابل جذب درصد	پتاسیم قابل جذب درصد	ازت کل درصد	منگنز ppm	آهن ppm	روی ppm	مس ppm
کود دامی	۱/۶	۴/۰۰	۱/۵۶	۵۳۰	۲۶۶	۵۲/۰۰	۱۶/۰۰

شاخص سطح برگ با استفاده از دستگاه اندازه گیری سطح برگ به دست آمد و برای محاسبه سرعت وطول دورهٔ پر شدن دانه با استفاده از روش محمدی و همکاران (۱۳) از معادلهٔ رگرسیون زیر استفاده شد (معادله ۱)

$$W=\begin{cases} a+bx & x < x_0 \\ a+bx_0 & x \geq x_0 \end{cases} \quad (۱)$$

w وزن دانه، a عرض از مبدأ خط، b شیب خط تا مرحله رسیدگی وزنی که نمایانگر سرعت پر شدن دانه است، x روزهای پس از شروع تشکیل دانه و x_0 نیز زمان رسیدگی وزنی است که نمایانگر دوره پرشدن دانه می باشد در این مورد نمونه برداری ۵ روز یکبار انجام شد. همچنین برای پی بردن به تاثیر گوگرد بر اسیدیته خاک، اسیدیته خاک اطراف ریشه در مرحله ظهور گل تاجی ذرت انجام گرفت. از کنار ردیف‌های کشت شده در هر واحد آزمایشی، با کنار زدن ۵ سانتی‌متر از خاک سطحی و در چندین نقطه تا عمق ۲۵ سانتی‌متری نمونه برداری انجام شد و از مخلوط کردن این نمونه‌ها یک نمونه مرکب بدست آمد. نمونه‌های مرکب در دمای ۵۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت در داخل آون نگهداری شد و سپس با استفاده از هاون به حالت پودر درآمدند. ۱۰ گرم از هر نمونه در داخل ۱۰۰ میلی لیتر آب مقطر ریخته شد و پس از مخلوط کردن، میزان اسیدیته هر نمونه توسط دستگاه pH متر تعیین گردید.

تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد. همبستگی بین صفات، تجزیه و تحلیل آماری و مفروضات اولیه تجزیه واریانس از قبیل نرمال بودن داده‌های آزمایشی، همگنی واریانس‌ها و غیره در مورد داده‌های جمع‌آوری شده با استفاده از نرم‌افزار SAS و MSTAT-C انجام شد.

نتایج

بر اساس نتایج تجزیه واریانس اثرات کود گوگردی و کود دامی و اثر متقابل این دو عامل بر عملکرد دانه، قطر ساقه، تعداد ردیف در بلال و تعداد دانه در ردیف در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. برای صفات وزن هزاردانه و تعداد بلال در بوته تنها اثرات اصلی کود گوگردی و کود دامی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند (جدول شماره ۳). تاثیر معنی‌دار مصرف کود گوگردی و کود دامی بر میزان عملکرد دانه ذرت و سایر صفات مورد بررسی، بیانگر اهمیت عنصر غذایی گوگرد و کود دامی به عنوان منبع مهمی از ماده آلی و عناصر غذایی در بهبود کارایی ذرت است. در سایر بررسی ها، نقش مثبت مصرف کود گوگردی بر افزایش عملکرد ذرت علوفه‌ای و ذرت دانه‌ای مورد تائید قرار گرفته است (۱۲، ۲۵ و ۴۲). در پژوهش شیرانی و همکاران (۷) نیز عملکرد ذرت با افزودن کود دامی افزایش معنی‌داری نشان داد.

بر اساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ۴)، اثرات کود گوگردی و کود دامی برای شاخص سطح برگ در مراحل ۷ تا ۹ برگی و ظهور گل آذین نر در ذرت، اسیدیته خاک، طول دوره و سرعت پر شدن دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شدند در صورتیکه اثر متقابل کود گوگردی و کود دامی فقط برای صفات اسیدیته خاک، شاخص سطح برگ مرحلهٔ ۷ تا ۹ برگی و ظهور گل آذین نر معنی‌دار بود (جدول شماره ۴). نتایج مشابهی نیز توسط سایر پژوهشگران مبنی بر اینکه کاربرد گوگرد باعث بهبود رشد گیاهان می شود، گزارش شده است (۱۸، ۲۶ و ۳۸).

اصفهانی و همکاران (۲) نیز اظهار داشتند مصرف گوگرد به طور چشمگیری باعث افزایش برخی صفات مهم فیزیولوژیکی مثل شاخص سطح برگ در گیاه بادام زمینی می‌شود. در یک آزمایش گلخانه‌ای تاثیر گوگرد بر رشد ذرت در سه نوع خاک آهکی، خنثی و اسیدی بررسی شده و نتایج نشان داد که تاثیر کاربرد گوگرد در افزایش عملکرد ذرت و کاهش اسیدیته در خاک‌های آهکی نسبت به شاهد قابل ملاحظه است (۲۱).

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات عملکرد، اجزای عملکرد و قطر ساقه

منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد دانه (کیلو گرم در هکتار)	وزن هزار دانه (گرم)	تعداد بلال در بوته	تعداد دانه در ردیف	تعداد ردیف در بلال	قطر ساقه (میلی متر)
بلوک	۲	۹۵۰۰۷/۳ ns	۱۸/۱۶ ns	۰/۰۰۲۷ ns	۰/۱۲ ns	۰/۰۸۰ ns	۰/۳۰ ns
گوگرد(A)	۳	۳۵۲۹۵۹۱۵/۲ **	۴۷۹/۶۲ **	۰/۱۴۴۰ **	۱۰۹/۵۹ **	۵/۸۶ **	۱۵۰/۹۴ **
کود دامی (B)	۳	۱۳۲۸۶۳۹/۶ **	۱۴۸/۷۰ **	۰/۰۲۴۲ **	۲۰/۷۹ **	۲/۵۷ **	۳۳/۴۲ **
اثر متقابل (AB)	۹	۴۷۲۱۶۶/۸ **	۴/۱۱ ns	۰/۰۰۵۳ ns	۲/۵۰ **	۰/۳۰ **	۱/۰۷ **
خطای آزمایشی	۳۰	۱۴۷۲۵۹/۰	۲۴/۳۰	۰/۰۰۴۳	۰/۵۶	۰/۰۳۵	۰/۳۱
ضریب تغییرات		۳/۸۶	۱/۷۷	۱/۱۳	۱/۴۹	۱/۱۵	۲/۰۲

**، * و ns – به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱ ، ۵ درصد و عدم معنی‌داری

جدول ٤- تجزیه واریانس برخی صفات فیزیولوژیکی ذرت و اسیدیته خاک

منابع تغییرات	درجه آزادی	اسیدیته خاک	شاخص سطح برگ (مرحله گل تاجی)	شاخص سطح برگ (۷تا۹ برگی)	طول دوره پرشدن دانه	سرعت پرشدن دانه
بلوک	۲	۰/۰۰۳۲^{ns}	۰/۰۶^{ns}	۰/۰۵^{ns}	۰/۳۵^{ns}	۱/۷۸ ×۱۰$^{-۶ns}$
گوگرد (A)	۳	۰/۲۴۵۴**	۳/۳۷**	۳/۵۶**	۷/۲۹**	۱۳۸/۰ ×۱۰$^{-۶**}$
کود دامی (B)	۳	۰/۰۷۰۵**	۱/۵۴**	۲/۵۵**	۲/۳۴**	۱۴/۹ ×۱۰$^{-۶**}$
اثر متقابل (AB)	۹	۰/۰۱۹۰**	۰/۲۶**	۰/۱۱**	۰/۱۰^{ns}	۰/۶۳ ×۱۰$^{-۶ns}$
خطای آزمایشی	۳۰	۰/۰۰۶۲	۰/۰۸	۰/۰۴	۰/۱۵	۰/۹۲ ×۱۰$^{-۶}$
ضریب تغییرات		۱/۰۳	۴/۵۲	۶/۶۲	۱/۰۱	۱/۱۷

**، * و ns -به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱ ، ۵ درصد و عدم معنی‌داری

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر کود گوگردی برای صفاتی که فاقد اثر متقابل معنی دار می‌باشند.

فاکتور گوگرد	تعداد بلال در بوته	وزن هزار دانه (گرم)	طول دوره پرشدن دانه(روز)	سرعت پرشدن دانه (گرم در روز)
صفر کیلوگرم	۱/۵۱۶ c	۲۶۹/۹۵c	۴۰/۰۲ a	۰/۰۷۷۷ d
۲۵۰ کیلوگرم	۱/۷۰۱ b	۲۷۶/۸۱b	۳۹/۴۵ b	۰/۰۸۱۱ c
۵۰۰ کیلوگرم	۱/۷۲۵ ab	۲۸۲/۰۸a	۳۸/۸۲ c	۰/۰۸۳۳ b
۷۵۰ کیلوگرم	۱/۷۶۲ a	۲۸۴/۱۰a	۳۸/۲۲ d	۰/۰۸۵۷ a

حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد می باشد.

گوگرد علاوه بر نقش تغذیه‌ای با کاهش اسیدیته خاک و افزایش قابلیت جذب عناصر در اصلاح خاکهای آهکی بسیار مفید بوده و باعث برطرف شدن کمبود عناصر در ذرت می‌گردد (۲۳).

بیشترین تعداد بلال در بوته و وزن هزار دانه در تیمارهای ۵۰۰ و ۷۵۰ کیلوگرم کود گوگردی بدست آمدند (جدول ۵). همچنین مصرف ۷۵۰ کیلوگرم کود گوگردی باعث گردید تا کوتاه ترین طول دوره پر شدن دانه و بیشترین افزایش سرعت پرشدن دانه در مقایسه با سایر مقادیر مصرف گوگرد بدست آمد. مصرف کود دامی تاثیر کمتری بر تعداد بلال در بوته و وزن هزار دانه داشت. بطوریکه تفاوت معنی‌داری بین مقادیر ۴، ۸ و ۱۲ تن در هکتار مشاهده نشد هرچند که این تیمارها با تیمار شاهد تفاوت معنی دار نشان دادند (جدول ۶). طولانی‌ترین دوره پرشدن دانه مربوط به تیمار شاهد بود و با کاربرد کود دامی طول این دوره کاهش یافت. مصرف مقادیر ۸ و ۱۲ تن در هکتار کود دامی باعث افزایش سرعت پرشدن دانه نسبت به شاهد و تیمار ۴ تن کود دامی در هکتار گردید (جدول ۶).

بر اساس مقایسه میانگین تیمارها مشخص گردید، بیشترین میزان عملکرد دانه ذرت به ترتیب با ۱۲۱۴۷، ۱۲۵۹۷ و ۱۲۶۷۳ کیلوگرم در هکتار با مصرف ۷۵۰ کیلوگرم کود گوگرد در هر هکتار به همراه مصرف ۴، ۸ یا ۱۲ تن کود دامی در هکتار بدست آمد که بالاترین میزان عملکرد نسبت به نمونه شاهد ۴۶ درصد افزایش داشت (جدول ۷). می‌توان نتیجه گرفت که در این بررسی اهمیت مصرف گوگرد بیشتر از کود دامی بوده و با کاربرد مقادیر نسبتا کم کود دامی همراه با ۷۵۰ کیلوگرم کود گوگردی می‌توان عملکرد ذرت را بهبود بخشید. در مطالعه ادهیکاری و همکاران (۱۵) نیز حداکثر میزان تولید ذرت علوفه‌ای با مصرف مقادیر متوسط گوگرد و کم کود دامی بدست آمد. نقش مثبت کاربرد کود دامی در افزایش عملکرد ذرت نیز توسط شیرانی و همکاران (۷) گزارش شده است.

جدول ٦- مقایسه میانگین تیمار کود دامی برای صفاتی که فاقد اثر متقابل معنی دار می‌باشند.

فاکتور کود دامی	تعداد بلال در بوته	وزن هزار دانه (گرم)	طول دوره پرشدن دانه(روز)	سرعت پرشدن دانه (گرم در روز)
صفر تن در هکتار	۱/۶۱۱ b	۲۷۳/۰۶ b	۳۹/۶۹ a	۰/۰۸۰۴ c
۴ تن در هکتار	۱/۶۸۱ a	۲۷۸/۶۳ a	۳۹/۱۹ b	۰/۰۸۲۰ b
۸ تن در هکتار	۱/۷۰۵ a	۲۷۹/۸۶ a	۳۸/۹۹ b	۰/۰۸۲۴ ab
۱۲ تن در هکتار	۱/۷۰۸ a	۲۸۱/۲۴ a	۳۸/۶۴ c	۰/۰۸۳۱ a

حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد می باشد.

در این بررسی، کاربرد ۵۰۰ یا ۷۵۰ کیلوگرم گوگرد نسبت به نمونه شاهد موجب افزایش قابل توجه وزن هزار دانه ذرت شد. مطالعه ادهیکاری و همکاران (۱۵) نیز نشان داد که حداکثر وزن هزار دانه با مصرف مقادیر متوسط گوگرد همراه با مقادیر متوسط یا زیاد کود دامی به دست می آید. ترکیب تیماری ۷۵۰ کیلوگرم گوگرد به همراه ۱۲ تن کود دامی در هکتار دارای بیشترین تعداد دانه در ردیف بود و پس از آن، ترکیب تیماری ۷۵۰ کیلوگرم گوگرد به همراه ۸ تن کود دامی در هکتار از بیشترین مقدار این صفت برخوردار بود (جدول ۷). برای صفت تعداد ردیف در بلال، ترکیبات تیماری ۷۵۰ کیلوگرم گوگرد به همراه ۱۲و ۸ تن کود دامی در هکتار با میانگین ۱۷ دارای بیشترین مقدار بودند که در مقایسه با نمونه شاهد با رشد ۱۳ درصدی همراه بود (جدول ۷). در بررسی اثر گوگرد بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت، رشید و همکاران (۳۸) اظهار داشتند که بیشترین تعداد دانه در بلال با کاربرد مقادیر بالای گوگرد حاصل می‌گردد. ترکیب تیماری ۷۵۰ کیلوگرم گوگرد به همراه ۱۲ تن کود دامی در هکتار از نظر قطر ساقه برتر از سایرین بود (جدول ۷).

کمترین میزان اسیدیته خاک اطراف ریشه با کاربرد ۷۵۰ کیلوگرم گوگرد به همراه ۱۲ تن کود دامی در هکتار بدست آمد که البته با ترکیبات تیماری A_2B_2، A_3B_0، A_3B_1، A_3B_2 و A_3B_3 اختلاف معنی داری نداشت (جدول ۷). بنابراین بنظر می‌رسد با کاربرد ۷۵۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار به تنهایی می‌توان اثرات منفی خاک‌های آهکی را تا حدی مرتفع نمود. هرچند در این بررسی مصرف ۵۰۰ کیلوگرم گوگرد به همراه ۸ تن کود دامی در هکتار نیز در کاهش اسیدیته خاک تاثیر مشابهی نشان داده است. ولی عنصر گوگرد در بالاترین مقدار خود به تنهایی موجب کاهش اسیدیته خاک گردید اما در مقادیر پایین تر این عنصر، نقش مواد آلی خاک نیز مهم است، زیرا گوگرد اضافه شده به خاک بایستی توسط باکتری‌های تیوباسیلوس اکسیده گردد و این امر نیازمند وجود مواد آلی در خاک است (۱۰). پایین بودن درصد مواد آلی در اکثر خاک‌های ایران موجب کاهش فعالیت میکروارگانیسم‌های مختلف از جمله باکتری‌های تیوباسیلوس می‌گردد. بنابراین، مصرف توام گوگرد با کود دامی می‌تواند علاوه بر تامین مواد غذایی مورد نیاز ذرت و رفع مشکل خاک‌های آهکی، خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک را نیز بهبود بخشد (۶ و ۱۶).

در شرایط کاربرد ۷۵۰ کیلوگرم گوگرد به همراه ۱۲ تن کود دامی در هکتار، شاخص سطح برگ در مرحله ۷ تا ۹ برگی و ظهور گل تاجی به ترتیب با میانگین۴/۳۰ و ۷/۷۹ برتر از سایر ترکیبات تیماری بود (جدول ۷).

جدول ۷- مقایسه میانگین ترکیبات تیماری آزمایش فاکتوریل برای صفاتی که دارای اثر متقابل معنی دار می‌باشند.

فاکتور گوگرد	کود دامی	عملکرد دانه (کیلو گرم در هکتار)	تعداد دانه در ردیف	تعداد ردیف در بلال	قطرساقه (میلی متر)	اسیدیته خاک (ریزوسفر)	شاخص سطح برگ (۷تا ۹ برگی)	شاخص سطح برگ (ظهور گل تاجی)
صفر کیلو گرم	صفرتن	۷۰۵۶/۶ g	۴۳/۵۱ h	۱۵/۱۲ h	۲۱/۱۲ j	۸/۲۰ a	۱/۹۸ h	۵/۲۶ e
	۴ تن	۷۹۲۰/۹ f	۴۶/۴۶ g	۱۵/۱۸ h	۲۳/۲۲ i	۷/۹۱ b	۲/۴۲ g	۵/۸۳ d
	۸ تن	۷۹۷۱/۱ f	۴۷/۱۵ g	۱۵/۲۳ h	۲۳/۸۹ hi	۷/۸۳ bc	۲/۵۰ efg	۵/۸۵ d
	۱۲ تن	۸۰۹۴/۱ ef	۴۸/۴۲ f	۱۵/۶۴ fg	۲۴/۴۱ h	۷/۷۷ bcde	۲/۷۰ defg	۶/۰۹ d
۲۵۰ کیلوگرم	صفرتن	۸۰۵۶/۸ ef	۴۸/۷۱ ef	۱۵/۳۹gh	۲۵/۶۵ g	۷/۸۰ bcd	۲/۴۵ fg	۶/۲۵ d
	۴ تن	۹۹۵۴/۶ d	۴۹/۱۶ ef	۱۵/۷۹ ef	۲۶/۶۹ f	۷/۷۵ cdef	۲/۸۰ cdef	۶/۲۴ d
	۸ تن	۱۰۶۲۲/۹ cd	۴۹/۹۵de	۱۶/۳۳ d	۲۷/۷۴ e	۷/۷۴ cdefg	۳/۰۹ cd	۶/۲۳ d
	۱۲ تن	۱۰۹۱۳/۵ bc	۴۹/۸۶de	۱۶/۳۴ d	۲۸/۰۰ e	۷/۷۰ cdefg	۳/۱۱ cd	۶/۲۰ d
۵۰۰کیلوگرم	صفرتن	۸۷۰۰/۱ e	۵۰/۷۲cd	۱۵/۹۷ e	۲۶/۱۰ fg	۷/۷۱ cdefg	۲/۳۹ g	۵/۹۳ d
	۴ تن	۱۰۸۰۵/۶ bc	۵۰/۸۲cd	۱۶/۵۶ cd	۲۸/۳۹ de	۷/۶۹ cdefg	۳/۱۶ c	۶/۳۲ cd
	۸ تن	۱۱۱۹۰/۴ bc	۵۱/۱cd	۱۶/۷۷ bc	۲۹/۲۹ d	۷/۶۲ efgh	۳/۶۵ b	۶/۷۹ bc
	۱۲ تن	۱۱۴۱۳/۷ b	۵۱/۹۲ c	۱۶/۸۵ bc	۳۰/۶۱ c	۷/۶۷ defg	۳/۸۲ b	۶/۹۴ b
۷۵۰ کیلوگرم	صفرتن	۱۰۰۸۵/۶ d	۵۰/۵۷ c	۱۵/۶۴ fg	۲۸/۳۶ de	۷/۶۵ defgh	۲/۸۶ cde	۶/۱۹ d
	۴ تن	۱۲۱۴۷/۳ a	۵۳/۶۱ b	۱۷/۰۴ b	۳۲/۱۱ b	۷/۶۱ fgh	۳/۷۴ b	۶/۹۲ b
	۸ تن	۱۲۵۹۷/۳ a	۵۴/۴۷ab	۱۷/۴۵ a	۳۲/۵۷ b	۷/۵۹ gh	۳/۸۵ b	۷/۲۰ b
	۱۲ تن	۱۲۶۷۳/۴ a	۵۵/۳۹ a	۱۷/۴۳ a	۳۳/۷۱ a	۷/۵۱ h	۴/۲۹ a	۷/۷۹ a

حروف مشابه در هر ستون بیانگر عدم اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد می باشد.

بدیهی است که مساحت سطح فتوسنتزکننده تاثیر مستقیمی بر پتانسیل تولید ذرت دارد و بیشتر شدن شاخص سطح برگ در بالاترین سطوح کاربرد گوگرد و کود دامی موجب افزایش پتانسیل تولیدی ذرت شده و عملکرد دانه را بهبود بخشیده است. در مطالعه تاثیر گوگرد بر صفات کانوپی گندم سالواگیوتی (۴۰) و سالواگیوتی و میرالز (۴۱) اظهار داشتند، مصرف گوگرد باعث افزایش ۱۳ درصدی شاخص سطح برگ نهایی نسبت به شاهد می‌شود. با وجود این، سزیولک و همکاران (۴۴) گزارش کردند که کاربرد کود گوگرد تاثیری بر شاخص سطح برگ ذرت ندارد که با نتایج این تحقیق مغایر است.

بین اسیدیته خاک و عملکرد دانه همبستگی منفی و معنی دار در سطح احتمال ۱٪ وجود داشت. به عبارت دیگر، هر عاملی که باعث کاهش این صفت شود موجب افزایش عملکرد خواهد شد. همچنین بین صفات سطح برگ در مراحل ۷ تا ۹ برگی و ظهور گل تاجی، قطر ساقه و سرعت پرشدن دانه همبستگی مثبت مشاهده شد (جدول ۸).

بحث

کاشت ذرت در خاکهای آهکی مانند خاک های اکثر مزارع استان کرمانشاه که از اسیدیته بالایی برخوردار هستند، جذب عناصر غذایی مختلف توسط گیاه را مختل و رشد آن را محدود می‌نماید. یک راهکار مناسب آن است که با مصرف گوگرد در چنین خاکهایی این مشکل را کاهش داد (۴ و ۱۱). در مطالعه حاضر مشخص گردید که کمترین میزان اسیدیته خاک اطراف ریشه در شرایط کاربرد مقادیر نسبتا زیاد گوگرد و کود دامی بدست می آید. با مصرف ۷۵۰ کیلوگرم کود گوگرد به همراه ۸ یا ۱۲ تن کود دامی در هکتار، اسیدیته خاک به مقدار قابل توجهی در مقایسه با شاهد به دلیل توانایی اکسیده شدن و تولید اسید سولفوریک، اسیدیته خاک را حداقل در مقیاس کوچک اطراف ذرات خود کاهش دهد به ویژه در منطقه ریزوسفر، در انحلال ترکیبات غذایی نامحلول و آزاد شدن عناصر ضروری موثر واقع شود (۳، ۴، ۹ و ۱۱). علاوه برآن، با افزایش جذب عناصر مهمی مانند آهن و روی، کلروز ذرت ناشی از کمبود این عنصرمرتفع می‌گردد (۲۳).

در پژوهش حاضر با مصرف ۷۵۰ کیلوگرم کود گوگرد به همراه ۴، ۸ یا ۱۲ تن کود دامی در هکتار، بیشترین میزان عملکرد دانه ذرت حاصل گردید. علاوه بر آن، نتایج نشان داد که اهمیت کاربرد گوگرد بیشتر از کود دامی است و با مصرف مقادیر نسبتا کم کود دامی به همراه با ۷۵۰ کیلوگرم کود گوگردی می‌توان عملکرد ذرت را به طور چشمگیری افزایش داد. اثرات مفید کاربرد گوگرد در افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی و بهبود عملکرد گیاهان زراعی توسط سایر پژوهشگران گزارش شده است (۱۶، ۲۴، ۳۷ و ۴۱). هرچند کاربرد گوگرد به کاهش اسیدیته خاک منجر می‌گردد ولی نقش مواد آلی خاک نیز مهم است زیرا برای اکسیداسیون گوگرد در خاک باید میکروارگانیسم‌ها فعال باشند و این امر نیازمند وجود مواد آلی در خاک است (۱۰ و ۱۱).

بهبود نقش مثبت گوگرد با مصرف توام کودهای آلی در تحقیقات مختلفی مورد تاکید قرار گرفته است (۵، ۸ و ۱۱). دلیل این امر آن است که در خاک‌های آهکی معمولا تعداد باکتریهای اکسیدکننده گوگرد بسیار کم است (۲۰ و ۴۵) و کاربرد مواد آلی شرایط مطلوب برای رشد و تکثیر باکتریهای اکسید کننده گوگرد را فراهم نموده و موجب افزایش اکسیداسیون بیولوژیکی گوگرد می شود (۱۹ و ۲۰). همچنین کودهای آلی مانند کود دامی دارای مقادیر زیادی عناصر غذایی است که به تدریج و با فعالیت میکروارگانیسم‌ها آزاد شده و در اختیار گیاه قرار می‌گیرد (۳۱ و ۳۵).

جدول ۸- ضرایب همبستگی بین صفات

صفات	عملکرد دانه	وزن هزار دانه	تعداد بلال در بوته	تعداد دانه در ردیف	تعداد ردیف در بلال	سطح برگ در مرحله 7-9برگی	سطح برگ در مرحله گل تاجی	قطر ساقه	طول دوره پر شدن دانه	سرعت پر شدن دانه	اسیدیته خاک
عملکرد دانه	1										
وزن هزار دانه	0.667 **	1									
تعداد بلال در بوته	0.727 **	0.664 **	1								
تعداد دانه در ردیف	0.825 **	0.743 **	0.734 **	1							
تعداد ردیف در بلال	0.881 **	0.756 **	0.664 **	0.914 **	1						
سطح برگ در مرحله 7-9 برگی	0.813 **	0.709 **	0.624 **	0.868 **	0.877 **	1					
سطح برگ در مرحله ظهور گل تاجی	0.631 **	0.597 **	0.574 **	0.838 **	0.747 **	0.872 **	1				
قطر ساقه	0.914 **	0.758 **	0.749 **	0.955 **	0.889 **	0.914 **	0.864 **	1			
طول دوره پر شدن دانه	-0.760 **	-0.722 **	-0.646 **	-0.858 **	-0.821 **	-0.892 **	-0.831 **	0.886 **	1		
سرعت پر شدن دانه	0.796 **	0.737 **	0.775 **	0.927 **	0.829 **	0.830 **	0.792 **	0.929 **	-0.861 **	1	
اسیدیته خاک	-0.567 **	-0.549 **	-0.658 **	-0.762 **	-0.633 **	-0.670 **	-0.685 **	0.738 **	0.738 **	-0.878 **	1

*و**= به ترتیب معنی دار در سطح احتمال 5 و1 درصد

اگرچه در این بررسی، اثر متقابل کاربرد گوگرد و کود دامی بر برخی از صفات فیزیولوژیکی مانند طول دوره و سرعت پرشدن دانه معنی دار نبود ولی این اثر متقابل برای شاخص سطح برگ در مراحل ۷ تا ۹ برگی و ظهور گل تاجی معنی دار بود. بدین ترتیب که کاربرد این دو عامل در بالاترین سطح خود موجب ایجاد بیشترین سطح فتوسنتزکننده در مقایسه با سایر ترکیبات شد. در مورد تاثیر کاربرد گوگرد و کود دامی بر صفات فیزیولوژیکی گزارشات متناقضی وجود دارد برخی پژوهشگران (۲) تاثیرات مثبت این عوامل را بر شاخص‌های فیزیولوژیکی گزارش نموده‌اند ولی برخی پژوهشگران (۴۴) نیز بر عدم تاثیر آنها تاکید کرده‌اند. کسب این نتایج متضاد ممکن است از متفاوت بودن شرایط خاکی و اقلیمی ناشی شود. عواملی مانند میزان آهک خاکهای مورد آزمایش، میزان گوگرد مصرفی و شرایط محیطی متفاوت مکان‌های آزمایش نیز در کسب این نتایج متفاوت نقش دارند (۱۹، ۲۷، ۲۸ و ۴۳)

در نهایت با توجه به اینکه قسمت اعظم خاکهای ایران آهکی بوده و امکان تولید مقادیر زیادی گوگرد در صنایع نفت و گاز کشور به قیمت ارزان وجود دارد بنابراین از این عنصر همراه با کود دامی به منظور کاهش موضعی اسیدیته خاک و افزایش عملکرد ذرت استفاده کرد. با توجه به نتایج کلی این تحقیق، مصرف ۷۵۰ کیلوگرم کود گوگردی به همراه حداقل ۴ تن کود دامی در هکتار، منجر به تولید بیشترین میزان عملکرد دانه ذرت می شود و مضرات خاک‌های آهکی مانند بالا بودن اسیدیته را کاهش خواهد داد کاربرد مقادیر بالاتر کود دامی اگر چه ممکن است بر ویژگی های مختلف خاک اثرات مثبت چشمگیری داشته باشد ولی در بررسی حاضر در افزایش عملکرد ذرت تاثیر معنی داری نداشت.

منابع

۱- اسکندری، ذ. ۱۳۷۰. اثر گوگرد و مواد آلی بر فسفر قابل جذب گیاه ذرت و اثرات باقیمانده آن در چند نمونه خاک منطقه اصفهان. پایان نامه کارشناسی ارشد گروه خاکشناسی دانشگاه صنعتی اصفهان.

۲- اصفهانی، م.، ع. حسین زاده گشتی، ج. اصغری، م. صفرزاده ویشکایی، و ب. ربیعی. ۱۳۷۸. تأثیر مصرف کودهای گوگرددار بر شاخص های رشد و عملکرد بادام زمینی (*Arachis hypogaea* L) مجله علوم آب و خاک، علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی ۱۳: ۲۷-۴۱.

۳- بشارتی، ح. و ن. صالح راستین. ۱۳۷۸. بررسی تاثیر کاربرد مایه تلقیح باکتریهای تیوباسیلوس همراه با گوگرد در افزایش قابلیت جذب فسفر. مجله علوم آب و خاک، علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی ۱۳: ۲۳ تا ۳۹.

۴- ریاضی همدانی، س. ۱۳۶۳. اکسیداسیون گوگرد و کاربرد آن در خاک، نشریه فنی انتشارات موسسه تحقیقات خاک و آب. تهران.

۵- سالارالدینی، ع. ۱۳۷۴. حاصلخیزی خاک. انتشارات دانشگاه تهران. تهران.

۶- سمر، س.م. و ملکوتی، م. ۱۳۷۷. اثر گوگرد، سولفات آهن و کود دامی و چگونگی مصرف آنها بر آهن قابل عصاره‌گیری خاک. مجله علوم آب و خاک، علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی ۱۲: ۵۵ تا ۶۱.

۷- شیرانی، ح.، م. حاج عباسی، م. افیونی، و ع. همت. ۱۳۸۸. اثر سیستمهای خاکورزی و کود دامی بر مرفولوژی ریشه ذرت. مجله آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی) جلد ۲۳: ۱۰۱-۱۰۷.

۸- صلحی، م. و ع. درخشنده‌پور. ۱۳۷۸. بررسی اثرات گوگرد در قابلیت جذب عناصر کم مصرف بر روی درختان سیب اصفهان، چکیده مقالات ششمین کنگره علوم خاک ایران. ۶ تا ۹ شهریور. دانشگاه فردوسی مشهد. صفحات ۱۷۶ تا ۱۷۷.

۹- عبادی، ع. ۱۳۶۵ گوگرد و مصارف آن در کشاورزی، انتشارات جهاد دانشگاهی. تهران.

۱۰- ملکوتی، م. ۱۳۷۵. کشاورزی پایدار و افزایش عملکرد با بهینه سازی مصرف کود در ایران انتشارات نشر آموزش کشاورزی وابسته به معاونت آموزش و تجهیز نیروی انسانی سازمان تات وزارت کشاورزی. تهران.

۱۱- زرین کفش، م. ۱۳۶۸. حاصلخیزی خاک و تولید: روشهای افزایش باروری خاک موسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران، تهران.

۱۲- نورقلی پور، ف.، ک. خاوازی، ح. بشارتی، و ع. فلاح. ۱۳۸۵. بررسی تاثیر کاربرد خاک فسفات به همراه گوگرد و باکتری تیوباسیلوس بر عملکرد کمی و کیفی سویا و اثرات باقی مانده آن بر ذرت. مجله علوم آب و خاک، علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی ۲۰: ۱۲۲-۱۳۲.

۱۳- محمدی، غ. ک. قاسمی گلعذانی، ع. جوانشیر، م. مقدم. ۱۳۸۵. تاثیر محدودیت آب بر عملکرد سه رقم نخود. مجله علوم وفنون کشاورزی و منابع طبیعی.

۱۴- افشارمنش، غ. ۱۳۸۵.بررسی اثرات تراکم بوته بر روی عملکرد دانه ارقام ذرت در کشت تابستانه در منطقه جیرفت. مجله علمی پژوهشی علوم کشاورزی.

15- Adhikary, B. H., and B. R. J Pandey. 2007. Response of sulphur on maize (*Zea mays* L.) production in acid soils of Rampur, Chitwan. The Journal of the Institute of Agriculture and Animal Science, 28:49-55.
16- Cifuentes, F. R., and W. C Lindemann. 1993. Organic matter stimulation of So oxidation in a calcareous soil. Soil Science Society of America Journal, 57:727-731.
17- Eghbal, B., D. Ginting, and J. E Gilley. 2004. Residual effects of manure and compost application on corn production and soil properties. Agronomy Journal, 96: 442-447.
18- Ghosh, A. K., R. Y. R. Saxena , and A. K Shirivastva. 1990. Effect of sulphur application on the nutritional status, yield and quality of sugarcane. Journal of Indian Society of Soil Science 38: 73-76.
19- Grayston, S. J., and M. Wainwright. 1988. Sulphur oxidation by soil fungi including some species of mycorrhizae and wood-rotting basidiomycetes. FEMS Microbiology Letters 53, 1-8.
20- Grayston, S. J., W. Nevell, and M. Wainwright. 1986. Sulphur oxidation by fungi. Transactions of the British Mycological Society 87: 193-198.
21- Hassan, N., and A. Olsen. 1996. Influence of applied Sulfur on availability of soil nutrients for corn (*Zea mays* L.) nutrition. Soil Science Society of America Proceedings, 30: 284–286.
22- Hitsuda, K., M. Yamada, and D. Klepker. 2005. Soil and Crop Management: Sulfur requirement of eight crops at early stages of growth. Agronomy Journal, 97: 155–159.
23- Kalbasi, M., F. Fisoof, and Y. Reai–Nejad. 1988. Effect of sulfur treatment on yield and uptake of Fe, Zn and Mn by corn, sorghum and soybean. Journal of Plant Nutrition 11, 1353–1360.
24- Kaplan, M., and S. Orman. 1998. Effect of elemental sulfur and sulfur containing waste in a calcareous soil in Turkey. Journal of Plant Nutrition 21: 1655–1665.
25- Kline, J. S., J. T. Sims, and K. L. Schilke-Gartely. 1989. Response of irrigated corn to sulphur fertilization in the Atlantic costal plain. Soil Science Society of America Journal 53: 1101–1108.
26- Kochar, R. K., B. R. Arova, and V. K. Nayyar. 1990. Effect of sulfur and zinc application on maize crop. Journal of Indian Society of Soil Science 38: 399–341.
27- Lettl, A., O. Langkramer, V. Lochman, and M. Jakš. 1993. Effect of industrial immissions with high sulphur dioxide content on thiobacilli and oxidative activity of spruce forest soils towards inorganic sulphur compounds. Nutrient Cycling in Agroecosystems 35: 101–114.
28- Li, X. S., T. Sato, Y. Ooiwa, A. Kusumi, J. D. Gu, and Y. Katayama. 2010. Oxidation of Elemental Sulfur by Fusarium solani Strain THIF01 Harboring Endobacterium Bradyrhizobium sp. Microbial Ecology, 60: 96–104.
29- Lindenmayer, R. B. 2007. Zinc fertilization: A review of scientific literature. Krono micronutrients. 15 pp. WA, USA.
30- Madrid, F., R. Lopez, and F. Cabera. 2007. Metal accumulation in soil after application of municipal solid waste compost under intensive farming condition. Journal of Agriculture, Ecosystem and Environment, 119: 249–256.
31- Mao, J., D. C. Olk, X. Fang, Z. He, and K. Schmidt-Rohr. 2008. Influence of animal manure application on the chemical structures of soil organic matter as investigated by advanced solid-state NMR and FT-IR spectroscopy. Geoderma 146, 353-362.
32- Mcnall, L. R. 1967. Foliar application of micronutrients. Fertilizer, 11: 10–13.
33- Messick, D. L., and M. X. Fan. 1999. The Role of Sulphur Fertilizer in Oil Crop Production. The Sulphur Institute, USA.
34- Mishra, S. N., and A. P. Singh. 1989. Studies on sulphur and phosphorus availability and uptake by groundnut. Legume Research 12: 160–164.
35- Mohanty, S., N. K. Paikarayc, and A. R. Rajan. 2006. Availability and uptake of phosphorus from organic manures in groundnut (*Arachis hypogea* L.) corn (*Zea mays* L.) sequence using radio tracer technique. Geoderma 133: 225–230.
36- Pedra, F., A. Polo, A. Ribero, and H. Domingues. 2006. Effect of municipal solid waste compost and sewage sludge on minerlization of soil organic matter. Journal of Soil Biology and Biochemistry, 29: 1375-1382.
37- Penkin, C. F. 1977. Invention, relating to mixing phosphate and sulfur. U.S. Patent. No. 193. pp: 896.
38- Rasheed, M., H. Ali, and T. Mahmood. 2004. Impact of nitrogen and sulfur application on growth and yield of maize (*Zea mays L.*) crop. Journal of Research (Science), Bahauddin Zakariya University of Pakistan, 15: 153–7.
39- Rosa, M. C., J. J. Muchovej, and V. Muchovejand, H. Alvarez. 1989. Temporal relations of phosphorus fractions in an oxisol amended with rock phosphate and thiobacillus thiooxidans. Soil Science Society of America Journal, 53: 1096–1100.
40- Salvagiotti, F. 2006. Sulfur and nitrogen deficiency reduces radiation interception, biomass production and grain yield in wheat. The 18th World Congress of Soil Science, July 9-15, 2006 - Philadelphia, Pennsylvania, USA.
41- Salvagiotti, F., and D. J. Miralles. 2008. Radiation interception, biomass production and grain yield as affected by the interaction of nitrogen and sulfur fertilization in wheat. European Journal of Agronomy, 28: 282–290.

42- Singh, D., and I. M. Chibba. 1991. Evaluation of some sources of sulphur using maize and wheat as test crops. Journal of the Indian Society of Soil Science, 39: 514–516.

43- Sorokin, D. Y. 2003. Oxidation of Inorganic Sulfur Compounds by Obligately Organotrophic Bacteria. Microbiology, 72: 64–653.

44- Szulc, P., H. Waligóra, W. Skrzypczak. 2008. Better effectiveness of maize fertilization with nitrogen through additional application of magnesium and sulphur. Nauka Przyr. Technol. 2, 3, 19.

45- Wainwright, M. 1984. Sulfur oxidation in soils. Advances in Agronomy, 37: 349−396.

46- Weil, R. R., and S. K. Mughogho. 2000. Sulfur nutrition of maize in four regions of Malawi.Agronomy Journal, 92: 649–656.