



# نشریه زراعت

شماره ۱۰۳، تابستان ۱۳۹۳

(پژوهش و سازندگی)

## تأثیر کودهای دامی و گوگرد بر میزان جذب عناصر غذایی توسط ذرت (*Zea mays* L.)

- الهیار خادم، کارشناس ارشد خاکشناسی (نویسنده مسئول)
- احمد گلچین، استاد خاکشناسی دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان
- سعید شفیعی، دانشجوی دکتری خاکشناسی دانشگاه زنجان
- اسماعیل زارع، کارشناس ارشد خاکشناسی

تاریخ دریافت: بهمن ماه ۱۳۸۷ تاریخ پذیرش: خرداد ماه ۱۳۹۱  
تلفن تماس نویسنده مسئول: ۰۹۳۸۵۸۰۳۶۸۴  
پست الکترونیک: akhadem1361@gmail.com

### چکیده

به منظور مطالعه اثر سطوح مختلف کودهای گاوی و مرغی و گوگرد عنصری بر میزان عناصر غذایی قابل جذب خاک و جذب این عناصر توسط گیاه ذرت (*Zea mays* L.)، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی و با سه تکرار انجام گردید. تیمارهای آزمایشی شامل سطوح ۱۰ و ۲۰ تن در هکتار کودهای گاوی و مرغی و سه سطح ۰، ۲۵ و ۵۰ درصد گوگرد عنصری بود. صفات اندازه گیری شده شامل pH خاک، شوری خاک، فسفر قابل جذب، میزان عناصر کم مصرف آهن، روی، مس و منگنز، وزن خشک ذرت، غلظت عناصر غذایی جذب شده در بافت گیاه و میزان جذب عناصر غذایی بود. نتایج نشان داد که اثر سطوح مختلف کود بر میزان شوری، فسفر و عناصر کم مصرف قابل جذب خاک معنی دار بود. با افزایش سطح کود مصرفی بر میزان شوری، فسفر و عناصر کم مصرف قابل جذب خاک افزوده شد، در حالیکه اثر معنی داری بر واکنش خاک نداشت. اثر سطوح گوگرد بر میزان شوری، فسفر و عناصر کم مصرف و واکنش خاک معنی دار بود و با افزایش میزان گوگرد مصرفی واکنش خاک کاهش یافت، در حالی که شوری و عناصر کم مصرف خاک افزایش یافتند. میزان فسفر قابل جذب خاک با افزایش میزان گوگرد مصرفی تا سطح ۲۵ درصد افزایش و پس از آن با افزودن ۵۰ درصد گوگرد، کاهش پیدا کرد. اثر سطوح کود و گوگرد بر میزان فسفر جذب شده و وزن خشک گیاه معنی دار بود و با افزایش میزان کود و گوگرد مصرفی، وزن خشک گیاه و میزان فسفر جذب شده افزایش یافت. به طور کلی نتایج نشان داد که استفاده توأم از کودهای دامی و گوگرد اثر بهتری نسبت به کاربرد جداگانه این مواد دارد.

کلمات کلیدی: ذرت (*Zea mays* L.)، گوگرد، کود دامی، فسفر، عناصر کم مصرف

**Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi) No:103 pp: 2-11**

**Effects of manure and sulfur on nutrients uptake by corn (*Zea mays* L.)**

- *By: A. Khadem, (Corresponding Author; Tel: 09385803684), Soil Science M.Sc.*
- *A. Golchin, Professor of University of Zanjan*
- *S. Shafiei, Ph.D. student of University of Zanjan*
- *E. Zaree, Soil Science M.Sc.*

**Received: January 2009**

**Accepted: May 2012**

In order to study the effects of different levels of cow and chicken manure and elemental sulfur (S) on availability of plant nutrients and their uptake by Corn (*Zea mays* L.), a factorial experiment was conducted using a completely randomized design and three replication. Experimental treatments were three levels (0, 10 and 20 ton ha<sup>-1</sup>) of cow and chicken manures, and three levels (0, 0.25% and 0.5%) of S that were applied to a calcareous soil. Soil pH and salinity, soil available phosphorous (P) and micronutrients (Fe, Zn, Cu and Mn), corn dry weight, corn uptake of micronutrients and concentrations of micronutrients in corn tissues were measured in different treatments. The results showed that the rates of applied manure had significant effects on soil properties and soil available P and micronutrients and soil salinity increased as the rates of applied manures increased. However soil pH was not affected by the rates of applied manures. The rates of applied S also had significant effects on pH and salinity of soil and plant available P and micronutrients. The soil salinity and plant available micronutrients increased but the soil pH decreased as the rates of applied S increased. The plant available P increased when the application rates of S was 0.25% but by increasing the rate of applied S to 0.5% the plant available P decreased significantly. The interactive effects of manure and S application rates were significant on corn dry weight and P uptake and these traits increased as the application rates of manures and S increased.

In general, the results showed that use of manure and S simultaneously, was more effective than the separate application of them.

**Keywords: Corn (*Zea mays* L.), Sulfur, Animal manure, Phosphorous, Micronutrients.**

#### مقدمه

ذرت یکی از مهمترین محصولات است که در ایران در فصل تابستان کشت می گردد (Dahmardeh, 2010). چون ذرت دارای مواد قندی و نشاسته ای زیادی بوده و از طرفی نیز مقدار محصول آن در واحد سطح نسبتاً زیاد و قابل توجه می باشد و همچنین مصارف مختلفی از جمله در تغذیه حیوانات و پرندگان، مصارف صنعتی و تهیه نان دارد باید مورد توجه بیشتری قرار گیرد. با توجه به شرایط آب و هوایی بسیار مناسبی که کشور ایران برای تولید ذرت دارا می باشد، هرگاه نسبت به توسعه سطح زیر کشت و بهبود تکنیک زراعت آن اقدامات مؤثری بعمل آید و از وجود آب و مواد غذایی کامل و کافی استفاده مناسب گردد، می توان در اکثر مناطق نسبت به کشت این گیاه اقدام نمود. کاشت ذرت در خاکهایی که دارای عمق کافی، نرم و قابل نفوذ باشند امکان پذیر بوده و لازم است خاک از نظر مواد آلی غنی باشد. همچنین مناسبترین pH برای رشد و نمو ذرت برابر با ۵/۵ تا ۶/۵ است و در خاکهای با pH بین ۶ تا ۷ محصول قابل توجهی تولید می نماید (خدابنده، ۱۳۸۷). ایران از جمله کشورهایی است که بیشتر قسمتهای آن بعلت داشتن آب و هوای خشک و نیمه خشک و عدم شستشوی کربناتها دارای خاکهای آهکی است (FAO, 1972). خاکهای

آهکی بر اساس حضور مقدار کافی کربناتهای آزاد کلسیم و منیزیم تعریف می شوند و این خاک ها دارای بعضی از محدودیت ها برای کشت و کار می باشند. آهک در خاکهای دارای pH اسیدی تا خنثی حل می شود، ولی در خاکهای قلیائی حل نشده و به عنوان یک مخزن برای رسوب فسفاتها عمل می کند (Islam and Moawad, 2004). خاکهای آهکی دارای مواد آلی و فسفر کمی بوده و pH بالای این خاکها منجر به دسترسی کم گیاه به فسفر و بعضی عناصر کم مصرف مثل روی و آهن می شود. عدم دسترسی کافی گیاه به فسفر، یکی از فاکتورهای محدود کننده تولید محصول در خاکهای آهکی است (FAO, 1972). در خاکهای آهکی آنیون فسفات با آنیون کربنات در سطح آهک تعویض شده و رسوب فسفات کلسیم در سطح کربنات کلسیم، تشکیل می شود. رسوب آنیونهای فسفات در pH بالای ۷ بوسیله کلسیم، فسفر را برای گیاه غیر قابل دسترس می نماید. از آنجا که کمبود مواد آلی در این خاکها شایع است، لذا باید سعی شود سطح مواد آلی این خاکها بالا نگه داشته شود. بخوبی مشخص شده است که مواد آلی از طریق ذخیره کربن و عناصر غذایی، بهبود تهویه و ظرفیت نگه داری آب و در نتیجه باروری خاک نقش مهمی در اصلاح اکوسیستمهای خاکی دارند. افزودن مواد آلی به خاک (بصورت طبیعی یا مصنوعی) می تواند میزان

۱۵ تن در هکتار) بود که به یک خاک آهکی اضافه گردیدند. خاک مورد استفاده در این تحقیق از یک باغ سیب در منطقه خدابنده زنجان (۳۵٪ آهک) جمع آوری و هوا خشک و پس از گذراندن از الک ۲ میلیمتری مورد استفاده قرار گرفت. نتایج تجزیه این خاک در جدول ۱ آورده شده است. برای اعمال تیمارهای آزمایشی گوگرد در سطوح صفر، ۷/۵ و ۱۵ تن در هکتار گوگرد (به ترتیب معادل صفر، ۰/۲۵ و ۰/۵ درصد) و کودهای دامی (کود مرغی و کود گاوی) در سطوح صفر، ۱۰ و ۲۰ تن در هکتار به نمونه های شش کیلویی خاک اضافه و نمونه ها در گلدانهای پلاستیکی ریخته شدند. قبل از اعمال تیمارهای آزمایشی، نمونه هایی از کودهای دامی مصرفی مورد تجزیه قرار گرفت. در این نمونه ها مقدار نیتروژن پس از هضم و تقطیر با روش تیتراسیون پس از تقطیر، فسفر با روش رنگ سنجی آمونیوم مولیبدات-وانادات، کربن آلی با روش واکلی و بلاک، pH توسط دستگاه pH متر و میزان عناصر کم مصرف به کمک جذب اتمی اندازه گیری گردیدند که نتایج بدست آمده در جدول ۲ آورده شده است. سپس نمونه های خاک تیمار شده با گوگرد و کود دامی به مدت سه ماه در شرایط گلخانه و در رطوبت ظرفیت مزرعه خوابانیده (انکوباسیون) شدند. پس از گذشت سه ماه از شروع انکوباسیون، میزان عناصر کم مصرف قابل جذب خاک با استفاده از روش عصاره گیری با DTPA مورد اندازه گیری قرار گرفت. سپس تعداد ۳ عدد بذر سالم ذرت هیبرید رقم ۷۰۴ در هر گلدان کشت شد و پس از گذشت ۴۵ روز از تاریخ کشت، گیاهان برداشت و وزن خشک آنها اندازه گیری گردید. نمونه های گیاهی حاصل از تیمارهای مختلف ابتدا در آون خشک شده (در دمای ۶۵ درجه سانتی گراد به مدت ۲۴ ساعت) و سپس هضم گردیدند. غلظت عناصر کم مصرف در نمونه های هضم شده با استفاده از دستگاه جذب اتمی و میزان فسفر آنها با استفاده از روش کالریمتری (آمونیوم مولیبدات-وانادات) مورد اندازه گیری قرار گرفت (توللی و سمنانی، ۱۳۸۱). داده های حاصل از آزمایش با استفاده از نرم افزار MSTATC مورد تجزیه آماری قرار گرفت و مقایسه میانگین ها با آزمون دانکن در سطوح احتمال ۱٪ و ۵٪ صورت پذیرفت و برای رسم نمودارها از نرم افزار EXCEL استفاده شد.

## نتایج و بحث

### الف- فسفر قابل جذب خاک

نتایج تجزیه واریانس داده ها نشان داد که نوع کود اثر معنی داری در سطح یک درصد بر میزان فسفر قابل جذب خاک داشت (جدول ۳). میزان فسفر خاک در تیمارهایی که کود مرغی دریافت کرده بودند نسبت به تیمارهایی که کود گاوی دریافت کردند در سطح بالاتری قرار داشت. کود مرغی، از فسفر غنی بوده و در حدود ۰/۳٪ فسفر قابل جذب دارد و مخلوط نمودن این کود با خاک باعث بالا بردن سطح فسفر خاک می شود. با افزودن مواد آلی به خاک جمعیت میکروارگانیسمهای آن زیاد شده و در نتیجه گردش عناصر غذایی سریعتر شده و قابلیت جذب آنها و به خصوص قابلیت جذب فسفر، افزایش می یابد (ابراهیمی و همکاران، ۱۳۸۳). Maerer و همکاران (۲۰۰۱) تأثیر کودهای مرغی، گاوی و گوسفندی را بر میزان فسفر قابل جذب خاک بررسی نمودند و نشان دادند که با مصرف این کودها سطح فسفر خاک افزایش یافت و در این میان تأثیر کود مرغی بیشتر از دو کود دیگر بود. بالاترین میزان فسفر قابل جذب در تیمار ۲۰ تن در هکتار کودی اندازه گیری شد. اثر سطوح گوگرد بر میزان فسفر قابل جذب خاک در

نیتروژن قابل دسترس گیاه را افزایش، میزان سایر عناصر غذایی خاک را تغییر خاکدانه سازی را بهبود و تعداد و انواع جانداران موجود در خاک را تغییر دهد (Shamim and Ahmed, 2010). مواد آلی عامل حیات خاک و همچنین منبع ذخیره عناصر غذایی در نظر گرفته می شود. این مواد نقش مهمی در حفظ حاصلخیزی و باروری خاک دارند و به عنوان منبع ذخیره نیتروژن، فسفر و گوگرد خاک در نظر گرفته می شوند و از شستشوی عناصر غذایی جلوگیری می نمایند (Zamil et al., 2004). مواد آلی با کمپلکس کردن کلسیم محلول و کاهش غلظت آن در محلول خاک از تشکیل فسفات کلسیم جلوگیری می نماید. برای بالا بردن سطح مواد آلی خاکهای آهکی می توان از کودهای دامی استفاده نمود. کودهای دامی عناصر غذایی را به تدریج آزاد کرده و از هدررفت آنها در اثر شستشو جلوگیری می کنند و باعث می شوند جذب آنها توسط گیاه به بیشترین مقدار صورت گیرد. این کودها علاوه بر اینکه منبع خوبی از عناصر غذایی هستند خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک خاک را نیز بهبود می بخشد (Zamil et al., 2004). امروزه تعداد زیادی واحد دامپروری و پرورش مرغ در کشور وجود دارد که از آنها مقدار بسیار زیادی ضایعات کودی تولید می شود که در صورتیکه به نحو صحیح مورد استفاده قرار گیرند می توانند نقش مهمی در بالا بردن سطح مواد آلی و افزایش حاصلخیزی خاک داشته باشند. گوگرد بعد از نیتروژن، فسفر و پتاسیم چهارمین عنصر مورد نیاز گیاهان است. این عنصر به دلیل داشتن نقش اساسی تغذیه گیاه، اصلاح خاکهای آهکی، شور و قلیا و افزایش راندمان مصرف عناصر دیگر مثل نیتروژن و فسفر باعث افزایش عملکرد محصول می شود. گوگرد عنصری یک کود کند رهای ایده ال است که باید در خاک اکسید شده و به فرم سولفات در آید تا برای گیاه قابل جذب گردد و این امر قابلیت دسترسی گیاه به آن را پس از مصرف محدود می سازد. میزان اکسیداسیون بیولوژیک گوگرد به اندازه ذرات آن، روش و زمان مصرف و شرایط خاک مثل جمعیت میکروبی، رطوبت و تهویه آن بستگی دارد (Mostafa and Abd El-Kader, 2006). همچنین واکنش خاک نقش مهمی در دسترسی عناصر غذایی برای گیاه دارد و بیشترین مقدار حلالیت و قابلیت دسترسی فسفر در pH ۶/۵ اتفاق می افتد (Hopkins and Ellsworth, 2005). تحت شرایط نامساعد خاکی مثل وجود کربنات کلسیم و pH بالا استفاده از کودهای شیمیایی ممکن است به حل مشکل کمبود عناصر غذایی کمک نکند و برای بهبود وضعیت تغذیه گیاه بایستی اقدامات اصلاحی انجام گیرد. در چنین شرایطی استفاده از گوگرد عنصری می تواند قابلیت دسترسی عناصر غذایی را افزایش دهد (Kaya et al., 2009). گوگرد چنانچه در خاک اکسید گردد، می تواند از طریق کاهش pH به قابلیت جذب بیشتر فسفر کمک نماید. به منظور مطالعه اثر کاربرد همزمان کودهای دامی و گوگرد بر قابلیت جذب فسفر و عناصر کم مصرف در یک خاک آهکی و میزان جذب توسط گیاه ذرت تحقیق حاضر به مرحله اجرا درآمد.

### مواد و روش ها

این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار و به صورت گلدانی در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان در سال ۱۳۸۵ به مرحله اجرا درآمد. تیمارهای آزمایشی شامل کود گاوی (CM) در سه سطح (۰، ۱۰ و ۲۰ تن در هکتار)، کود مرغی (CHM) در سه سطح (۰، ۱۰ و ۲۰ تن در هکتار) و گوگرد عنصری (S) در سه سطح (۰، ۷/۵ و

جدول ۱- برخی از ویژگیهای فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش

Mn	Cu	Zn	Fe	P	TNV	EC	pH	FC	رطوبت
میلی گرم در کیلوگرم					(/.)	(dS/m)	-	(/.)	بافت
۲/۹۲	۱/۱۵	۱/۸۲	۰/۵۷	۱۰/۲۸	۳۵/۴	۰/۳۷	۸/۳	۲۱/۳	لوم شنی

جدول ۲- برخی از ویژگیهای شیمیایی کودهای دامی مورد استفاده در آزمایش

Mn	Cu	Zn	Fe	Ca	P	N	OC	pH	نوع کود
میلی گرم در کیلوگرم					درصد		-		
۲۹۸/۴	۲۹/۸۸	۲۲۳/۵	۲۶۶۴	۵۰	۵۰۰	۱/۳۵	۵۰/۳۷	۷/۳۷	کود گاوی
۳۶۸/۵۲	۶۶/۴	۳۱۵/۳	۳۵۶۲	۶۶	۳۰۰۰	۲/۵	۵۴/۶۷	۷/۸۱	کود مرغی

### ب- واکنش خاک

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که نوع کود اثر معنی داری بر واکنش خاک ندارد (جدول ۳). هرچند که افزودن ماده آلی باعث کاهش واکنش خاک شد، ولی بین دو نوع کود مصرفی اختلاف معنی داری در کاهش واکنش خاک مشاهده نگردید. اثر سطوح کود بر واکنش خاک در سطح ۵ درصد معنی دار بود (جدول ۳) و با افزایش میزان کود مصرفی و تجزیه آن در خاک،  $CO_2$  تولید شده و در اثر حل شدن این گاز در آب خاک اسید کربنیک تولید می‌شود که باعث کاهش واکنش خاک می‌گردد (جدول ۴). هر چه تجزیه ماده آلی و تولید گاز  $CO_2$  بیشتر باشد، واکنش خاک به میزان بیشتری کاهش می‌یابد. همچنین مواد آلی حاوی اسیدهای آلی می‌باشد و افزودن این مواد بطور مستقیم نیز باعث ایجاد تغییرات خیلی کم در واکنش خاک می‌شود (آجودان زاده، ۱۳۸۴). با افزودن گوگرد به خاک واکنش خاک کاهش معنی داری نشان داد و بیشترین میزان کاهش واکنش خاک در بین سطوح گوگرد مربوط به سطح ۱۵ تن

سطح یک درصد معنی دار شد (جدول ۳) و بالاترین میزان فسفر قابل جذب از مصرف ۷/۵ تن گوگرد در هکتار بدست آمد (شکل ۱). با افزایش سطح گوگرد از ۷/۵ به ۱۵ تن در هکتار میزان فسفر قابل جذب خاک اندکی کاهش یافت و از ۳۰/۳۴ به ۲۷/۴ میلی گرم در کیلوگرم رسید (شکل ۱). دلیل این امر اینست که با اکسیداسیون بیولوژیک گوگرد توسط باکتریهای خاک اسید سولفوریک تولید می‌شود و این اسید ضمن کاهش pH خاک با کربنات کلسیم خاک واکنش نموده و آنها را به گچ تبدیل می‌کند. گچ تا حدودی محلول بوده و غلظت کلسیم در محلول خاک افزایش می‌دهد و این امر باعث تثبیت فسفر به صورت فسفاتهای مختلف کلسیم می‌شود. اثر متقابل نوع کود و سطوح گوگرد بر میزان فسفر خاک معنی دار شد (جدول ۴). در خاکهای آهکی به علت بالا بودن واکنش خاک، تیوباسیلوسها جمعیت کمی داشته و افزودن گوگرد عنصری به این خاکها اغلب کم اثر است. ولی با وجود ماده آلی میکروارگانیزمهای هتروتروف وارد عمل شده و در نتیجه گوگرد را به سولفات تبدیل می‌کنند (ابراهیمی و همکاران، ۱۳۸۳).

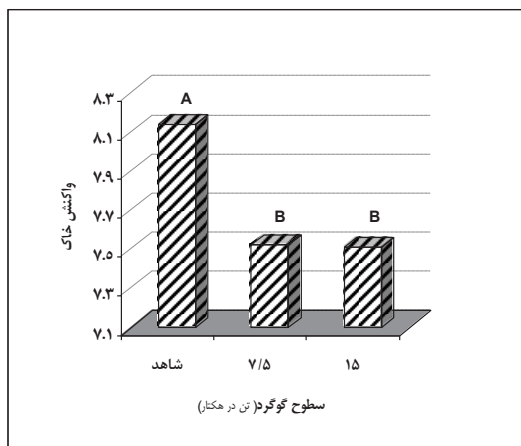
جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای آزمایشی بر صفات مورد مطالعه در خاک

میانگین مربعات							درجه آزادی	منابع تغییرات
منگنز	مس	روی	آهن	$EC_{1:5}$	pH	فسفر		
۶/۱۰۷ **	۰/۱۰۸ **	۴/۳۷۵ **	۰/۱۰۲ **	۱/۵۶۹ **	۰/۹۳۷ ns	۷۸۹/۴۱ **	۱	نوع کود (A)
۵۹/۱۷۹ **	۰/۳۰۶ **	۸/۲۸۹ **	۰/۱۶۲ **	۱۱/۹۵۲ **	۰/۲۴۳ *	۲۷۲۸/۳۱ **	۲	سطوح کود (B)
۱/۵۵۱ **	۰/۰۳۵ **	۱/۰۹۴ **	۰/۰۰۷ **	۰/۵۲۳ **	۰/۴۴۸ ns	۲۰۹/۲۹ **	۲	A×B
۱۹/۱۱ **	۰/۱۴۴ **	۸/۰۹۳ **	۰/۱۱ **	۱۴۸/۰۴ **	۰/۰۰۶ **	۳۲۲/۰۵ **	۲	سطوح گوگرد (C)
۰/۲۱۳ ns	۰/۰۰۹ **	۰/۲۰۸ **	۰/۰۱ ns	۰/۱۰۶ **	۰/۲۹ ns	۵/۴۱ **	۲	A×C
۱/۸۲ **	۰/۰۱۳ **	۰/۲۰۶ **	۰/۰۰۵ **	۰/۵۸۱ **	۰/۳۷۳ ns	۱۹/۳۹ **	۴	B×C
۰/۰۷۱ ns	۰/۰۰۴ **	۰/۱۲۹ **	۰/۰۱ ns	۰/۰۳۲ **	۰/۳۰۷ ns	۱۰/۱۶ **	۴	A×B×C
۰/۰۸۷	۰/۰۰۰	۰/۰۰۲	۰/۰۰	۰/۰۰۶	۰/۲۷۸	۲/۰۸	۱۰۸	خطای آزمایش
۳/۰۱	۱/۵۳	۳/۰۶	۲/۶	۲/۵۱	۶/۸۲	۲/۶۹		ضریب تغییرات C.V(%)

\*\*\*، \*\* و ns به ترتیب معنی دار در سطح ۱ درصد، ۵ درصد و غیر معنی دار

کود گاوی، شوری بیشتری در خاک ایجاد نمود. میزان شوری ایجاد شده توسط کود مرغی برابر با ۳/۲۴۸ دسی زیمنس بر متر بود که در مقایسه با شوری ایجاد شده توسط کود گاوی (۳/۰۵۱ دسی زیمنس بر متر) تفاوت معنی داری داشت. در اثر تجزیه مواد آلی در خاک، یونهای حاصل از تجزیه به محلول خاک وارد شده و در نتیجه موجب افزایش شوری خاک می شود. سطوح کود نیز اثر معنی داری در سطح یک درصد بر میزان شوری خاک داشت. با افزایش میزان کود مصرفی، شوری خاک افزایش یافت. بالاترین میزان شوری در تیمار ۲۰ تن در هکتار کود اندازه گیری شد.

اثر سطوح گوگرد بر میزان شوری خاک معنی دار بود و بالاترین میزان شوری در سطح ۱۵ تن در هکتار گوگرد اندازه گیری شد. با اکسیداسیون گوگرد و تولید اسید سولفوریک، این اسید با کربناتهای خاک واکنش نموده و آنها را به سولفاتهای محلول تبدیل می کند. بنابراین افزایش هدایت الکتریکی خاک با اکسیداسیون ترکیبات گوگرد مرتبط است (Slaton et al., 2001 و Velarde et al., 2004). نوع کود و سطوح گوگرد اثر معنی داری بر شوری خاک داشت (جدول ۴). میزان شوری خاک در تیمارهایی که کود مرغی و گوگرد دریافت کرده بودند بیشتر بود، بطوری که بالاترین میزان شوری در تیمار کود مرغی و سطح ۱۵ تن در هکتار گوگرد و کمترین میزان آن در تیمار کود گاوی و سطح صفر گوگرد اندازه گیری شد.

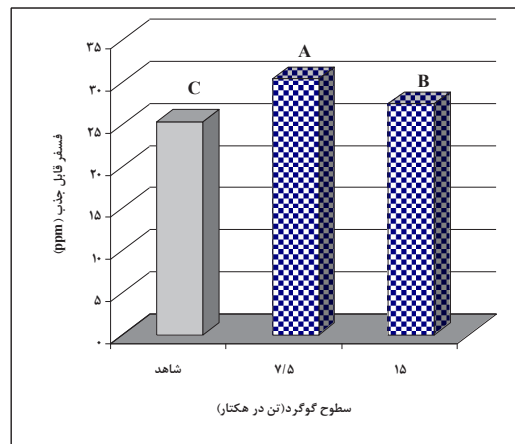


شکل ۲- نمودار اثر سطوح گوگرد بر واکنش خاک

در هکتار گوگرد بود (نمودار ۲). نتیجه بدست آمده در این مطالعه با نتایج Rahman و همکاران (۲۰۱۱) مطابقت دارد. گوگرد در خاک و در حضور باکتریهای تیوباسیلوس به اسید سولفوریک تبدیل شده و موجبات کاهش واکنش خاک را فراهم می آورد. میزان کاهش واکنش خاک به درصد آهک خاک بستگی دارد و در صورت کمی آهک، کاهش قابل توجهی در واکنش خاک رخ می دهد، ولی در خاکهای با درصد بالای آهک تغییرات واکنش خاک محسوس نیست (گودرز، ۱۳۸۳). اثر متقابل مواد آلی و گوگرد بر واکنش خاک معنی دار بود و مصرف توأم کود دامی و گوگرد واکنش خاک را به مراتب بیشتر از مصرف گوگرد به تنهایی کاهش داد (درخشنده پور، ۱۳۷۸). بیشترین میزان کاهش واکنش خاک در تیمار کود گاوی و سطح ۱۵ تن در هکتار گوگرد مشاهده شد. نتایج تحقیقات انجام شده حاکی از آن است که افزودن گوگرد به خاک موجب افزایش غلظت سولفات می گردد، که این امر نشان دهنده اکسیداسیون بیولوژیک گوگرد است. ملکوتی و همکاران (۱۳۸۳) نشان دادند که تبدیل گوگرد به اسید سولفوریک یا سولفات با مصرف کود حیوانی و در رطوبت مناسب با سرعت بیشتری انجام می گردد.

### پ- شوری خاک

اثر نوع کود بر میزان شوری خاک در سطح یک درصد معنی دار شد (جدول ۳). کود مرغی به دلیل داشتن املاح محلول بیشتر در مقایسه با



شکل ۱- نمودار اثر سطوح گوگرد بر میزان فسفر قابل جذب خاک

کود اندازه گیری شد. کاربرد کودهای دامی می تواند باعث رفع کمبود عناصر کم مصرف در خاکهای آهکی گردد (Mengel and Kirkby, 1987). سطوح گوگرد اثر معنی داری بر افزایش میزان آهن و روی قابل جذب خاک داشت. بالاترین میزان این عناصر در سطح ۱۵ تن در هکتار گوگرد اندازه گیری شد (شکل ۵ و ۴). با اکسیداسیون گوگرد در خاک اسید سولفوریک تولید شده و این اسید موجب کاهش واکنش خاک و افزایش قابلیت دسترسی عناصر کم مصرف می شود. واکنش خاک مهمترین عاملی است که فراهمی آهن، روی و منگنز را در خاکهای آهکی رقم می زند. با افزایش میزان گوگرد مصرفی، میزان منگنز و مس قابل جذب خاک افزایش یافت، به نحوی که بالاترین میزان این عناصر در سطح ۱۵ تن در هکتار گوگرد مشاهده گردید (شکل ۵ و ۶). با اکسایش گوگرد در خاک و تولید

### ت- عناصر کم مصرف قابل جذب خاک

نوع کود اثر معنی داری در سطح یک درصد بر غلظت عناصر کم مصرف قابل جذب خاک داشت (جدول ۳). بیشترین میزان عناصر کم مصرف قابل جذب خاک در تیمارهایی اندازه گیری شد که کود مرغی دریافت کرده بودند. مواد آلی میزان عناصر کم مصرف خاک را از طریق کلات سازی، تحت تأثیر قرار می دهد (ابراهیمی و همکاران، ۱۳۸۳). کود مرغی دارای آهن بیشتری نسبت به کود گاوی بود (جدول ۲) و به همین دلیل افزودن این کود به خاک باعث افزایش بیشتر سطح آهن قابل جذب خاک شد. همچنین سطوح کود اثر معنی داری بر میزان آهن، روی و مس خاک داشت. با افزایش میزان مصرف کود، غلظت عناصر قابل جذب افزایش یافت و بالاترین میزان آهن قابل جذب خاک در سطح ۲۰ تن در هکتار

تولید شده به وسیله گیاه با افزایش سطوح کود و گوگرد افزایش یافت. بالاترین میزان ماده خشک تولیدی از سطح ۲۰ تن در هکتار کود و سطح ۱۵ تن در هکتار گوگرد حاصل شد (جدول ۶ و ۷)

جدول ۵- اثر متقابل سطوح کود و گوگرد بر میزان عناصر کم مصرف قابل جذب خاک (میلی گرم در کیلوگرم)

سنگین	مس	روی	آهن	سطوح کود و گوگرد (تن در هکتار)
۷/۴۶۷ g	۱/۱۴۷ i	۳/۲۳۳ f	۰/۵۴۷ i	M <sub>0</sub> S <sub>0</sub> *
۸/۰۳۳ f	۱/۱۹۳ h	۴/۲۶۷ d	۰/۶۳۳ h	M <sub>0</sub> S <sub>7.5</sub>
۸/۳۶۷ f	۱/۲۴۷ f	۴/۳۰۰ d	۰/۶۷۷ f	M <sub>0</sub> S <sub>15</sub>
۸/۸۶۷ e	۱/۲۲۲ g	۳/۹۶۷ e	۰/۶۳۸ g	M <sub>10</sub> S <sub>0</sub>
۹/۹۲۳ d	۱/۲۹۳ e	۴/۸۲۲ c	۰/۷۳۸ e	M <sub>10</sub> S <sub>7.5</sub>
۱۱/۰۷۷ c	۱/۳۷۸ c	۵/۲۱۷ b	۰/۷۶۲ c	M <sub>10</sub> S <sub>15</sub>
۱۰/۰۳۳ d	۱/۳۰۷ d	۴/۴۶۷ d	۰/۶۹۷ d	M <sub>20</sub> S <sub>0</sub>
۱۱/۵۸۸ a	۱/۴۷۲ b	۵/۳۳۳ b	۰/۸۱۲ b	M <sub>20</sub> S <sub>7.5</sub>
۱۳/۱۱۱ a	۱/۵۸۵ a	۶/۰۶۷ a	۰/۹۱۲ a	M <sub>20</sub> S <sub>15</sub>

میانگین هایی که حرف مشترک ندارند، بر اساس آزمون دانکن در سطح ۱ درصد دارای اختلاف معنی داری هستند.

M=کود دامی و S=گوگرد عنصری

### ج- فسفر جذب شده

نوع کود اثر معنی داری بر میزان فسفر جذب شده داشت (جدول ۶). گیاهان کشت شده در تیمارهای کود مرغی فسفر بیشتری جذب کردند. کود مرغی دارای فسفر قابل جذب بیشتری بوده، لذا گیاهان کشت شده در تیمارهای حاوی این کود فسفر بیشتری جذب نمودند (آجودان زاده، ۱۳۸۴). با افزایش سطوح کود مصرفی بر میزان فسفر جذب شده افزوده شد. بیشترین مقدار فسفر جذب شده مربوط به سطح کودی ۲۰ تن در هکتار بود. با افزایش مصرف کود، بر میزان فسفر قابل جذب خاک افزوده شده و در نتیجه گیاه فسفر بیشتری جذب می کند. Zamil و همکاران (۲۰۰۴) تأثیر کودهای مرغی، گاوی و شیمیایی را بر عملکرد و جذب عناصر غذایی توسط خردل بررسی نمودند. آنها دریافتند که مصرف ۲۰ تن در هکتار کود تأثیر معنی داری بر میزان جذب فسفر داشت. اثر سطوح گوگرد بر میزان جذب فسفر معنی دار بود و با افزایش میزان گوگرد مصرفی، جذب فسفر افزایش یافت (شکل ۸). با افزودن گوگرد به خاکهای آهکی، pH این خاکها کاهش یافته و به سمت خنثی نزدیک می شود و لذا قابلیت جذب عناصر غذایی افزایش یافته و شرایط برای رشد گیاه نیز بهبود می یابد. گودرزی (۱۳۸۳) گزارش کرد که مصرف گوگرد در خاکهای آهکی سبب افزایش غلظت فسفر در بافتهای گیاه گندم شد. مشکلی که در مورد افزودن گوگرد به خاک وجود دارد اکسیداسیون آن می باشد. عمل اکسیداسیون به کمک باکتری تیوباسیلوس و باکتریهای هتروتروفدر شرایط هوایی انجام می شود (ملکوتی و رضایی، ۱۳۸۰). درخشنده پور (۱۳۷۸) گزارش کرد که مصرف توأم گوگرد و کودهای آلی دارای اثر بیشتری از مصرف گوگرد به تنهایی بود. Togay و همکاران (۲۰۰۸) بیان نمودند که میزان فسفر جذب شده توسط گیاه تا سطح مصرف ۱۶۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار افزایش یافت و با افزودن مقادیر بیشتر گوگرد جذب فسفر توسط گیاه کاهش یافت که با

اسیدسولفوریک، واکنش خاکهای آهکی کاهش یافته و به سمت خنثی نزدیک می شود و در نتیجه میزان مس و منگنز قابل جذب خاک افزایش می یابد (جعفرلو، ۱۳۸۵). در pH های بالاتر از ۵ تغییرات مس قابل جذب زیاد نیست و تغییرات قابل توجه در حلالیت این عنصر در pH های کمتر از ۵ اتفاق می افتد (Hagin and Tucker, 1982). اثر متقابل سطوح کود و گوگرد بر عناصر کم مصرف قابل جذب معنی دار بود (جدول ۵). با افزایش میزان مواد آلی مصرفی، جمعیت میکروارگانیسمهای اکسید کننده گوگرد افزایش یافته و در نتیجه اثر گوگرد بر کاهش واکنش خاک و افزایش عناصر کم مصرف قابل جذب تشدید می شود (گودرزی، ۱۳۸۲). ماده آلی باعث تسریع اکسیداسیون گوگرد شده و موجب تأثیر سریعتر این ماده بر واکنش خاک و افزایش قابلیت دسترسی عناصر غذایی می شود. هرچه میزان ماده آلی و گوگرد مصرفی بیشتر باشد، چون گوگرد اثر بیشتری بر واکنش خاک می گذارد قابلیت دسترسی مواد غذایی نیز بیشتر افزایش می یابد. علاوه بر آن تجزیه ماده آلی نیز باعث آزاد سازی و افزایش قابلیت دسترسی عناصر غذایی می شود (ملکوتی و رضایی، ۱۳۸۰).

جدول ۴- اثر متقابل نوع کود و سطوح گوگرد بر میزان فسفر قابل جذب، شوری و واکنش خاک

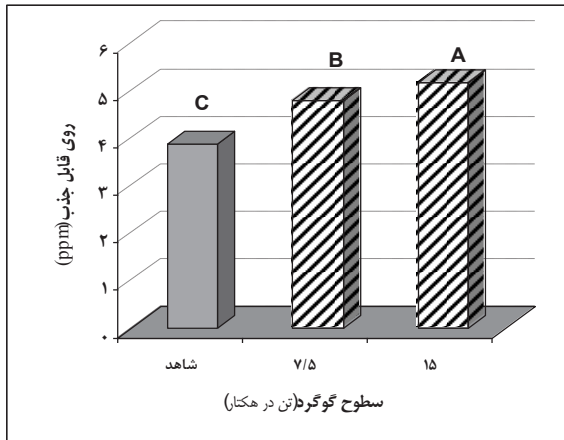
تیمار	pH <sub>۱:۵</sub>	فسفر (ppm)	EC 1:5 (dS/m)
CM S <sub>0</sub>	۸/۱۲۶ a	۲۳/۱۶ f	۱/۱۳۴ f
CM S <sub>7.5</sub>	۷/۴۷۴ b	۲۸/۴۹ c	۳/۶۹۸ d
CM S <sub>15</sub>	۷/۳۵۶ b	۲۴/۹۵ e	۴/۳۲۲ b
CHM S <sub>0</sub>	۸/۱۶۱ a	۲۷/۸۱ d	۱/۴۲ e
CHM S <sub>7.5</sub>	۷/۶۷۲ b	۳۲/۱۹ a	۳/۸۰۷ c
CHM S <sub>15</sub>	۷/۵۷۹ b	۲۹/۸۵ b	۴/۵۱۷ a

کود مرغی=CHM، کود گاوی=CM و S=گوگرد عنصری

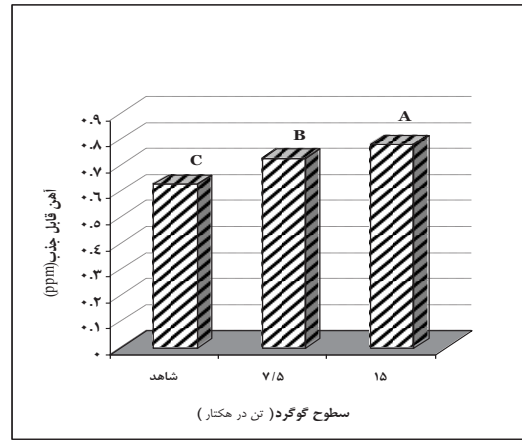
میانگین هایی که حرف مشترک ندارند، بر اساس آزمون دانکن در سطح ۱ درصد دارای اختلاف معنی داری هستند.

### ث- وزن خشک گیاه

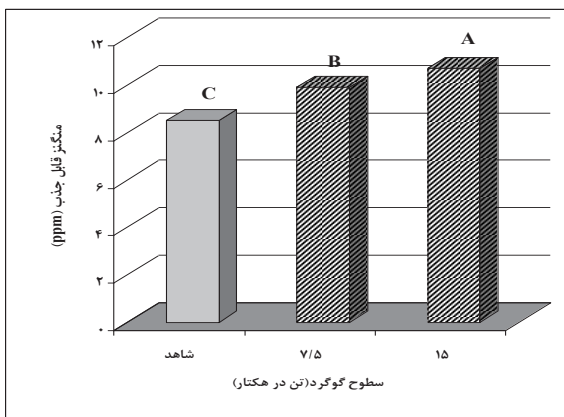
نوع کود اثر معنی داری در سطح ۵ درصد بر میزان وزن خشک گیاه داشت (جدول ۶). تیمارهایی که کود مرغی دریافت کرده بودند با تولید ۰/۲۲ گرم در مقایسه با تیمارهای کود گاوی (۰/۱۸۹ گرم)، ماده خشک بیشتری تولید کردند. کود مرغی به دلیل داشتن نیتروژن بیشتر، رشد رویشی را تحریک کرده و در نتیجه ماده خشک بیشتری توسط گیاه تولید می شود (آجودان زاده، ۱۳۸۴). با افزایش سطوح کود مصرفی، مقدار بیشتری عناصر غذایی به خاک وارد شده و شرایط فیزیکی شیمیایی خاک نیز بهبود یافته و گیاه رشد بهتری خواهد داشت (ابراهیمی و همکاران، ۱۳۸۳). نتایج تحقیق Adeleye و همکاران (۲۰۱۰) نیز نشان داد که افزودن ۱۰ تن در هکتار کود مرغی موجب افزایش رشد و عملکرد گیاه گردید. اثر اصلی سطوح گوگرد بر وزن خشک گیاه معنی دار شد و با افزایش مقدار گوگرد مصرفی بر وزن خشک گیاه افزوده شد (شکل ۷). Skwierawska و همکاران (۲۰۰۸) نشان دادند که استفاده از مقادیر کم گوگرد موجب افزایش وزن خشک و عملکرد پياز شد. در حالیکه مقادیر زیاد این عنصر متغیرهای اندازه گیری شده را کاهش داد. نتایج بدست آمده در این تحقیق با نتایج Togay و همکاران (۲۰۰۸) که بیان کردند استفاده از گوگرد با بهبود شرایط خاک موجب افزایش رشد و عملکرد گیاه شد مطابقت دارد. اثر متقابل سطوح و گوگرد بر ماده خشک گیاه معنی دار بود و ماده خشک



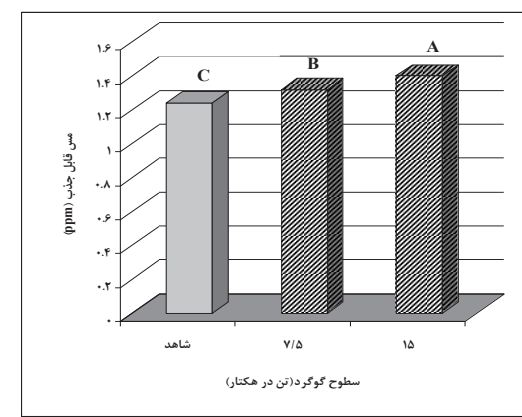
شکل ۴- نمودار اثر سطوح گوگرد بر میزان روی قابل جذب خاک



شکل ۳- نمودار اثر سطوح گوگرد بر میزان آهن قابل جذب خاک



شکل ۶- نمودار اثر سطوح گوگرد بر میزان منگنز قابل جذب خاک



شکل ۵- نمودار اثر سطوح گوگرد بر میزان مس قابل جذب خاک

میزان منگنز جذب شده در تیمار حاوی ۲۰ تن در هکتار کود مرغی بیشترین مقدار بود. آجودان زاده (۱۳۸۴) گزارش کرد که با افزودن مواد آلی به خاک میزان منگنز موجود در برگ سبب زمینی افزایش یافت. اثر سطوح گوگرد بر میزان عناصر کم مصرف جذب شده معنی دار بود (جدول ۶ و ۸). بالاترین میزان جذب آهن، منگنز، روی و مس در سطح ۱۵ تن در هکتار گوگرد مشاهده شد. بعد از مخلوط کردن گوگرد با خاک، مواضع کوچک و اسیدی به وجود می آید که می تواند محیط مناسبی برای انحلال و جذب بیشتر و سریعتر عناصر غذایی باشد (خاوازی و ملکوتی، ۱۳۸۳). گودرزی (۱۳۸۳) گزارش کرد که مصرف گوگرد در خاکهای شدیداً آهکی موجب افزایش ۳۹ درصدی غلظت آهن شد و غلظت روی دانه گندم نیز ۵٪ افزایش یافت. Islam و Moawad (۲۰۰۴) گزارش کردند که مصرف گوگرد جذب عناصر آهن، روی، مس و منگنز را به ترتیب ۷۰، ۲۳، ۶۰ و ۴۳ درصد افزایش داد. ولی اگر مقدار زیاد گوگرد به خاک اضافه شود و اکسید گردد، ممکن است واکنش خاک در ریز نقاط اطراف ریشه به شدت کاهش یابد و این عمل موجب صدمه به ریشه و کاهش میزان جذب عناصر غذایی می شود.

نتایج این تحقیق مطابق است و اختلافات موجود مربوط به تفاوت خاکهای مورد مطالعه است. میزان فسفر موجود در بافت گیاهان کشت شده در تیمارهای فاقد کود تفاوت اندکی با یکدیگر داشتند و همگی در یک کلاس آماری قرار گرفتند. اثرات متقابل نوع و سطح کود و سطوح گوگرد مصرفی بر مقدار فسفر جذب شده معنی دار نبود.

### ج- عناصر کم مصرف جذب شده

گیاهان کشت شده در تیمارهای حاوی کود مرغی آهن و روی بیشتری جذب کردند و غلظت آهن در بافتهایشان نسبت به گیاهان رشد یافته در تیمارهای حاوی کود گاوی بیشتر بود. کودهای آلی به محض ورود به خاک مورد تجزیه میکروبی قرار می گیرند و عناصر و نمکهای موجود در آنها وارد خاک شده و مورد استفاده گیاه قرار می گیرد. همچنین مواد آلی با بهبود شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک موجب رشد بهتر گیاه و افزایش جذب عناصر غذایی از خاک می گردند (ابراهیمی و همکاران، ۱۳۸۳). رحیمی (۱۳۷۱) گزارش کرد که افزودن کمپوست به خاک موجب افزایش مقدار جذب آهن، روی و منگنز توسط ذرت شد. نوع کود اثر معنی داری بر میزان منگنز جذب شده داشت. تیمارهای حاوی کود مرغی در کلاس آماری A و تیمارهای حاوی کود گاوی در کلاس آماری B قرار گرفتند.

جدول ۶: نتایج تجزیه واریانس اثر تیمارهای آزمایشی بر صفات مورد مطالعه در گیاه ذرت

میانگین مربعات								
منابع تغییرات	درجه آزادی	غلظت فسفر در بافت گیاه	وزن خشک گیاه	فسفر جذب شده	آهن	روی	مس	منگنز
نوع کود (A)	۱	۱۱۶۳۱۸۸۶/۲۴ **	۰/۰۱۹*	۱۰۷۲۹۷۶/۸۷ **	۷۵۲/۳۱ **	۲۴۹/۷۱ **	۱۹/۵۸۸ **	۲۵۸/۱۷ **
سطوح کود (B)	۲	۱۴۱۶۹۹۴۱/۵۲۱ **	۱/۱۴۷ **	۳۴۹۳۶۹۵/۶۲ **	۴۱۶۸/۸ **	۲۲۷۷/۲۶ **	۵۳/۶۲۹ **	۱۴۹۴/۹۲ **
A×B	۲	۳۴۳۴۴۳۹/۱۵۶ **	۰/۰۵ **	۲۷۰۶۳۱/۳۱ **	۲۶۵/۰۲ **	۴۰۷/۶۴ **	۱۳/۷۶۵ **	۱۰۰/۳۳ **
سطوح گوگرد (C)	۲	۳۰۶۷۰۸۷/۹۴۶ **	۰/۴۲۹ **	۱۰۶۴۸۸۲/۹۳ **	۲۴۹۲/۸۸ **	۱۵۹۶/۱۴ **	۱۴/۶۳۲ **	۲۰۱۰/۴۹ **
A×C	۲	۴۴۴۰۶۳/۹۶ *	۰/۰۰۲ ns	۶۱۲۸۸/۸۹ **	۶/۷۱ ns	۲۷/۷۴ *	۰/۵۲۷ **	۳۴/۰۹ **
B×C	۴	۲۳۸۲۳۴/۸۱۵ ns	۰/۰۴۱ **	۱۲۲۸۳۸/۱۸ **	۱۲۸۵/۵ **	۳۴۸/۵۷ **	۱/۶۲۸ **	۵۶/۷۰۵ **
A×B×C	۴	۲۴۹۶۴۰/۱۶۵ *	۰/۰۱۳ *	۱۵۵۱۳/۸۴ ns	۲۰/۴۷ ns	۸۷/۲۹ **	۰/۶۲۷ **	۲۵/۹۵۲ **
خطای آزمایش	۳۶	۹۱۷۴۰/۸۶۹	۰/۰۰۴	۶۵۶۱/۳۸	۳۲/۹۷	۵/۹۶	۰/۰۹۷	۵/۴۳
(/).C.V	-	۳/۵۷	۲/۴۴	۳/۷۵	۷/۸	۶/۰۶	۶/۹	۴/۳۴

\*\*\*، \* و ns به ترتیب معنی دار در سطح ۱ درصد، ۵ درصد و غیر معنی دار

در سطوح یکسان گوگرد مصرفی، میزان آهن جذب شده در تیمارهای حاوی کود مرغی بیشتر بود. کود مرغی به دلیل داشتن مقدار بیشتری از عناصر غذایی، منبع بسیار خوبی برای تأمین نیازهای غذایی گیاه به شمار می رود (آجودان زاده، ۱۳۸۴). مواد آلی از یک طرف عناصر موجود در خاک را کلاته کرده و در اختیار گیاه قرار می دهد و از طرف دیگر با بالا بردن شدت اکسیداسیون گوگرد موجب افزایش حلالیت و میزان عناصر غذایی قابل جذب می شود. با افزایش میزان مواد آلی مصرفی، شدت اکسیداسیون گوگرد و تأثیر این عنصر بر افزایش قابلیت دسترسی عناصر کم مصرف، افزایش می یابد.

به دلیل اثرات مثبت ماده آلی بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، با افزایش سطوح ماده آلی مصرفی شرایط برای رشد گیاه مناسب تر شده و در نتیجه گیاه رشد بهتر و بیشتری داشته و ماده خشک بیشتری تولید می نماید.

همچنین نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس داده ها نشان داد که اثر متقابل سطوح کود دامی و گوگرد بر میزان مس جذب شده معنی دار است. (جدول ۹). بالاترین میزان مس جذب شده از سطح مصرف ۲۰ تن در هکتار کود و ۱۵ تن در هکتار گوگرد بدست آمد و کمترین میزان جذب مربوط به تیمار شاهد بود. مواد آلی برای فعالیت باکتریهای گوگردی اتوتروف ضروری نیست اما هتروتروفها به کربن آلی به عنوان یک منبع انرژی نیاز دارند. پذیرا (۱۳۶۳) بیان نمود که در فرایند اکسیداسیون گوگرد در خاک، عواملی نظیر رطوبت مطلوب، دما، تهویه، و میزان فعالیت میکروارگانیزمهای خاک نقش دارند و مواد آلی شرایط اکسیداسیون گوگرد را بهبود می بخشد.

Togay و همکاران (۲۰۰۸) گزارش نمودند که با افزایش میزان گوگرد مصرفی بر میزان مس و منگنز جذب شده توسط گیاه افزوده شد که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. با افزودن گوگرد به خاک و کاهش موقت و موضعی واکنش خاک، قابلیت جذب منگنز افزایش یافته و گیاه مقدار بیشتری منگنز جذب می نماید که این نتیجه با نتایج جعفرلو (۱۳۸۵) مغایرت دارد. نوع کود و سطوح گوگرد اثر معنی داری بر میزان آهن جذب شده نداشت ولی اثرات آنها بر میزان مس جذب شده معنی دار بود. بالاترین میزان مس جذب شده از تیمارهای حاوی کود مرغی و سطح ۱۵ تن در هکتار گوگرد حاصل شد.

جدول ۷- اثر متقابل سطوح کود و گوگرد بر میزان فسفر جذب شده، غلظت فسفر و وزن خشک گیاه

سطوح کود و گوگرد	غلظت فسفر در گیاه (%)	وزن خشک گیاه (گرم)	فسفر جذب شده (میلی گرم)
M <sub>0</sub> S <sub>0</sub>	۰/۷۲۷۹ d	۰/۲۲۲۳ f	۱/۶۱۹ f
M <sub>0</sub> S <sub>7.5</sub>	۰/۷۶۰۷ cd	۰/۲۳۱۷ ef	۱/۷۶۲ e
M <sub>0</sub> S <sub>15</sub>	۰/۷۷۱۳ cd	۰/۲۳۶۷ de	۱/۸۲۵ e
M <sub>10</sub> S <sub>0</sub>	۰/۸۱۰۰ c	۰/۲۳۳۸ e	۱/۸۹۲ e
M <sub>10</sub> S <sub>7.5</sub>	۰/۸۶۷۱ b	۰/۲۴۴۸ d	۲/۱۲۴ d
M <sub>10</sub> S <sub>15</sub>	۰/۹۰۲۹ b	۰/۲۶۵۸ c	۲/۳۹۲ c
M <sub>20</sub> S <sub>0</sub>	۰/۸۷۹۶ b	۰/۲۵۵۹ c	۲/۲۸ c
M <sub>20</sub> S <sub>7.5</sub>	۰/۹۱۷۸ b	۰/۲۷۶۳ b	۲/۵۳۸ b
M <sub>20</sub> S <sub>15</sub>	۰/۹۹۱ a	۰/۳۰۴۸ a	۲/۰۲۸ a

M=کود دامی و S=گوگرد عنصری

میانگین هایی که حرف مشترک ندارند، بر اساس آزمون دانکن در سطح ۱ درصد دارای اختلاف معنی داری هستند.



جدول ۸- اثر سطوح گوگرد بر میزان عناصر کم مصرف جذب شده

سطوح گوگرد (تن در هکتار)	آهن (میلی گرم)	روی (میلی گرم)	مس (میلی گرم)	منگنز (میلی گرم)
۰	۰/۰۶ b	۰/۰۳ c	۰/۰۰۳۶ c	۰/۰۴۴ c
۷/۵	۰/۰۸۲ a	۰/۰۴۳ b	۰/۰۰۴۴ b	۰/۰۵۳ b
۱۵	۰/۰۷۹ a	۰/۰۴۸ a	۰/۰۰۵۵ a	۰/۰۶۵ a

میانگین هایی که حرف مشترک ندارند، بر اساس آزمون دانکن در سطح ۱ درصد دارای اختلاف معنی داری هستند.

جدول ۹- اثر متقابل سطوح کود و گوگرد بر مقدار عناصر کم مصرف جذب شده

سطوح کود و گوگرد	آهن (میلی گرم)	روی (میلی گرم)	مس (میلی گرم)	منگنز (میلی گرم)
شاهد	۰/۰۴۹ d	۰/۰۲۵ g	۰/۰۰۲۸ f	۰/۰۳۷ e
M <sub>0</sub> S <sub>7.5</sub>	۰/۰۷۱ b	۰/۰۳۵ d	۰/۰۰۳۲ f	۰/۰۴۵ d
M <sub>0</sub> S <sub>15</sub>	۰/۰۶۱ c	۰/۰۳۱ ef	۰/۰۰۳۷ e	۰/۰۵۴ c
M <sub>10</sub> S <sub>0</sub>	۰/۰۵۶ cd	۰/۰۲۹ f	۰/۰۰۳ f	۰/۰۴۴ d
M <sub>10</sub> S <sub>7.5</sub>	۰/۰۷۸ b	۰/۰۳۸ d	۰/۰۰۳۸ e	۰/۰۵ c
M <sub>10</sub> S <sub>15</sub>	۰/۰۷۷ b	۰/۰۴۵ c	۰/۰۰۴۶ d	۰/۰۶۲ b
M <sub>20</sub> S <sub>0</sub>	۰/۰۷۵ b	۰/۰۳۴ de	۰/۰۰۵۱ c	۰/۰۵۱ c
M <sub>20</sub> S <sub>7.5</sub>	۰/۰۹۴ a	۰/۰۵۴ b	۰/۰۰۶۲ b	۰/۰۶۱ b
M <sub>20</sub> S <sub>15</sub>	۰/۱۰۱ a	۰/۰۶۹ a	۰/۰۰۸۱ a	۰/۰۷۸ a

M= کود دامی و S= گوگرد عنصری

میانگین هایی که حرف مشترک ندارند، بر اساس آزمون دانکن در سطح ۱ درصد دارای اختلاف معنی داری هستند.

## نتیجه گیری

افزایش میزان فسفر و عناصر کم مصرف خاک در اثر افزودن کودهای دامی را می توان به تولید اسیدهای آلی متعدد که مانع از تثبیت فسفر می شوند نسبت داد این اسیدها قادر به جایگزینی فسفر پیوند شده با سطوح تثبیت کننده بوده و باعث آزادسازی آنها می شوند (Kafkafi et al., 1988). با افزودن کودهای دامی و تجزیه آن در خاک، عناصر کم مصرف موجود در این کودها آزاد شده و در دسترس گیاهان قرار می گیرد. مواد آلی می تواند با کلات کردن عناصر کم مصرف قابلیت دسترسی این عنصر را افزایش دهد (Finck, 1982). فراهمی این عناصر به وضوح وابسته به pH است و با یک واحد افزایش pH، قابلیت دسترسی این عناصر ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ مرتبه کاهش می یابد (Lindsay, 1979). در خاکهای آهکی و قلیایی گوگرد عنصری نقش دوگانه دارد. از یک طرف به عنوان یک منبع کند ره ای سولفات عمل کرده و از طرف دیگر به عنوان اصلاح کننده عمل نموده و قابلیت جذب عناصر دیگر بویژه آهن، روی و منگنز را افزایش می دهد (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۳).

به طور کلی نتایج نشان داد که در خاکهایی که وجود آهک آزاد باعث تثبیت عناصر کم مصرف و کودهای فسفره اضافه شده به خاک می شود، می توان از کودهای حیوانی جهت آزاد سازی فسفر و عناصر کم مصرف

تثبیت شده استفاده نمود. با توجه به تأثیر مثبت گوگرد در کاهش pH خاک و افزایش قابلیت دسترسی عناصر کم مصرف و فسفر، مصرف این ماده به همراه کودهای حیوانی باعث اثر بخشی بیشتر هر کدام از آنها خواهد شد. بر اساس نتایج حاصل از این تحقیق مصرف حداقل ۲۰ تن در هکتار کود دامی همراه با ۷/۵ تن در هکتار گوگرد عنصری جهت دستیابی به عملکرد مطلوب توصیه می گردد.

## منابع

۱. ابراهیمی، س.، ح. ع.، بهرامی، م.، همایی، م.، ج. ملکوتی و ک. خاوازی. ۱۳۸۳. نقش مواد آلی در اصلاح خصوصیات فیزیکیوشیمیایی و بیولوژیکی خاکهای کشور. روشهای نوین تغذیه گندم (مجموعه مقالات). دفتر طرح خودکفایی گندم- وزارت جهاد کشاورزی.
۲. آجودان زاده، م. ۱۳۸۴. اثرات مواد آلی با کیفیت و مقادیر مختلف، بر خصوصیات فیزیکیوشیمیایی خاک و عملکرد سبب زمینی. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان. ۱۴۰ ص.
۳. پذیرا، ا. ۱۳۶۳. نظری کوتاه بر مسایل شوری و قلیابیت اراضی. روشهای بررسی، اصلاح و بهسازی آن. مجموعه مقالات اولین سمینار بررسی مسایل و کاربردهای مختلف گوگرد. شیراز، ایران.
۴. توللی، ح.، ا. سمنا، ۱۳۸۱. روشهای تجزیه خاکها، گیاهان، آبها و کودها (ترجمه). انتشارات دانشگاه شهید چمران اهواز.
۵. جعفرلو، ا. ۱۳۸۵. تأثیر دور آبیاری و سطوح مختلف نیتروژن و گوگرد بر عملکرد سبب زمینی. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان. ۱۶۵ ص.
۶. خاوازی، ک. و م. ج. ملکوتی. ۱۳۸۳. روشهای بهبود جذب عناصر غذایی از خاکهای آهکی (( قسمت دوم- کاربرد موضعی توأم گوگرد، مواد آلی و باکتریهای تیوباسیلوس)). نشریه شماره ۲۸۶. نشر آموزش کشاورزی، کرج، ایران.
۷. خداینده، ن. ۱۳۸۷. غلات. انتشارات دانشگاه تهران. ۵۳۷ ص.
۸. درخشنده پور، ع. ۱۳۷۸. بررسی اثرات کود آلی کمپوست و گوگرد در افزایش قابلیت جذب فسفر خاک. چکیده مقالات ششمین کنگره علوم خاک ایران، مشهد، ایران.
۹. رحیمی، ق. ۱۳۷۱. مطالعات اثر کود کمپوست بر شوری و آلودگی خاک و مقدار جذب عناصر سنگین توسط ذرت از خاکهای حاوی کود کمپوست. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان. ۱۴۵ ص.
۱۰. گودرزی، ک. ۱۳۸۳. بررسی اثرات کود گوگرد و کمپوست بر افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی خاک و عملکرد گندم. روشهای نوین تغذیه گندم (مجموعه مقالات). دفتر طرح خودکفایی گندم- وزارت جهاد کشاورزی.
۱۱. ملکوتی، م. ج. و ح. رضایی. ۱۳۸۰. نقش گوگرد، کلسیم و منیزیم در افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی. نشر آموزش کشاورزی. تهران، ایران. ۱۸۱ ص.
۱۲. ملکوتی، م. ج.، م. لطف الهی، و ا. سپهر. ۱۳۸۳. نقش گوگرد در افزایش عملکرد کمی و کیفی گندم. روشهای نوین تغذیه گندم (مجموعه مقالات). دفتر طرح خودکفایی گندم- وزارت جهاد کشاورزی.
13. Adeleye, E. O., L. S. Ayeni and S. O. Ojeniyi. 2010. Effect of poultry manure on soil physico-chemical properties, leaf nutrient contents and yield of Yam (*Dioscorea rotundata*) on alfisol in southwestern Nigeria. Journal of American Science.

- 6 (10): 871-878.
14. Dahmardeh, M and M. Dagmardeh. 2010. The effect of sowing date and some growth physiological index on grain yield in three maize hybrids in southeastern iran. *Asian Journal of Plant Science*. 9(7):432-436.
  15. FAO Soils Bulletin 21. 1972. Calcareous soils. Report of the FAO/UNDP regional seminar on reclamation and management of calcareous soils.
  16. Finck, A. 1982. Fertilizers and fertilization. Verlag Chemie, Weinheim.
  17. Hagin, J. and B. Tucker. 1982. Fertilization of dry land and irrigated soils. Springer Verlag, New York.
  18. Hopkins, B., J. Ellsworth. 2005. Phosphorus availability with alkaline/calcareous soils. Western Nutrient Management Conference. Vol. 6.
  19. Islam, M., S. Ali and R. Hayat, 2009. Effect of integrated application of phosphorus and sulphur on yield and micro nutrient uptake by chickpea (*Cicer arietinum* L.). *International Journal of Agricultural Biology*. 11: 33-38.
  20. Islam, S. M., and A. M, Moawad,. 2004. Indication of phosphorus nutrition in a calcareous soil in Bangladesh. Institute of Agronomy and Animal Production in the Tropics and Subtropics.
  21. Kafkafi, U., B. Bar-Yosef, R. Rosenberg and G. Sposito, 1988. Phosphorus adsorption by kaolinite and montmorillonite: Organic anion competition. *Soil Science Society of American Journal*. 52: 1585-1589.
  22. Kaya, M., K. Zeliha., and E, Ibrahim. 2009. Effects of elemental sulfur and sulfur-containing waste on nutrient concentrations and growth of bean and corn plants grown on a calcareous soil. *African Journal of Biotechnology*
  23. Lindsay, W. L. 1979. Chemical equilibria in soils. John Wiley & Sons, New York.
  24. Maerere, A. P., G. G. Kimbi, and D. L. M, Nonga. 2001. Comparative effectiveness of animal manures on soil chemical properties, yield and root growth of *Amaranthus Cruentus* L). *Australian Journal of Soil Technology*, 1(4): 14-21.
  25. Mengel, K. and E.A. Kirkby. 1987. Principles of plant nutrition. 4th Edition. International Potash Institute, Basel, Switzerland.
  26. Mostafa, E. A. M., Abd El-Kader. 2006. Sulfur fertilization effects in growth, yield and fruit quality of Grand Nain Banana Cultivar. *Journal of Applied Science Research*, 2 (8): 470-476.
  27. Rahman, M. M., A. A. Soaud., F. H. Al Darwish and M. S. Azirun. 2011. Effects of sulfur and nitrogen on nutrients uptake of corn using acidified water. *African Journal of Biotechnology*, 10 (42): 8275-8283.
  28. Shamim. A. H. Md. and F. Ahmed. 2010. Response to sulfur and organic matter status by the application of sulfidic materials in S deficient soils in Bangladesh: possibilities and opportunities. Report and Opinion,
  29. Skwierawska, M., L. Zawartka, and B. Zawadzki. 2008. The effect of different rates and forms of applied Sulfur on nutrient composition of planted crops. *Plant Soil Environment*. 54 (5): 179-189.
  30. Slaton, N.A., R.J. Norman., J.T. Gilmore. 2001. Oxidation rates of commercial elemental sulfur products applied to an alkaline silt loam from Arkansas. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 1 65: 239-243.
  31. Togay, Y., N. Togay., F. Cig., M. Erman and A. E. Celen. 2008. The effect of sulphur applications on nutrient composition, yield and some yield components of barley (*Hordeum vulgare* L.). *African Journal of Biotechnology* 7 (18): 3255-3260.
  32. Velarde, M., P. Felkera, and D. Gardiner. 2004. Influence of elemental sulfur, micronutrients, phosphorus, calcium, magnesium and potassium on growth of *Prosopis Alba* on high pH soils in Argentina. *Journal of Arid Environments*.
  33. Zamil, S. S., Q. F. Quadir, M. A. H, Chowdhury. A, Al Vahid. 2004. Effects of different animal manure on yield quality and nutrient uptake by Mustard (*CV. Agrani*). *BRAC University Journal*, 1(2): 59-66.