

تاثیر گوگرد بر برخی خواص شیمیایی خاک و عملکرد سورگوم علوفه‌ای

فاطمه خضولو^۱، فرزاد جلیلی^۲ و محمدرضا شکوهی^۲

چکیده

به منظور بررسی تاثیر مقادیر مختلف مصرف گوگرد بر pH خاک، عملکرد و اجزای عملکرد سورگوم علوفه ای در یک خاک قلیایی، آزمایشی در سال ۱۳۹۲ در سایت کشاورزی شرکت نگین سبز ماکو انجام گرفت. این آزمایش بر اساس طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام گردید. در این تحقیق تیمارهای کودی در هفت سطح شامل بدون مصرف گوگرد (شاهد)، ۱۵۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار، ۳۰۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار، ۴۵۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار، ۶۰۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار، ۳۰۰ کیلوگرم گوگرد به اضافه کود زیستی بیوسولفور، ۶۰۰ کیلوگرم گوگرد به اضافه کود زیستی بیوسولفور بر روی سورگوم علوفه‌ای اسپیدفید بود. نتایج تجزیه واریانس صفات نشان داد که مقادیر مصرف گوگرد بر صفات ارتفاع ساقه، قطر ساقه، سطح برگ، تعداد برگ، عملکرد وزن تر، عملکرد بیولوژیک، درصد پروتئین و اسیدیته خاک اثر معنی‌داری داشت اما بر دیگر صفات مانند شاخص سبزی‌نگی و هدایت الکتریکی خاک تاثیر معنی‌داری نداشت. بیشترین عملکرد علوفه تر مربوط به تیمار کودی هفتم (۶۰۰ کیلوگرم گوگرد + کود زیستی بیوسولفور) شامل ۵۴۲۰۰ کیلوگرم در هکتار بود و تیمار عدم مصرف گوگرد (شاهد) دارای کمترین مقدار بود. بیشترین عملکرد بیولوژیکی به ۱۳۵۵۰ کیلوگرم در هکتار رسید. به طور کلی مصرف ۶۰۰ کیلوگرم گوگرد همراه با کود زیستی بیوسولفور بیشترین اثر مثبت را بر صفات داشت به طوری که بیشترین درصد پروتئین با میانگین ۱۲/۳۶ بدست آمد.

کلمات کلیدی: بیوسولفور، سورگوم علوفه ای ، کود زیستی، گوگرد

تاریخ پذیرش: ۹۳/۱۰/۲۵

✓ تاریخ دریافت: ۹۳/۰۲/۳۰

^۱ - دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه زراعت کشاورزی واحد خوی، دانشگاه آزاد اسلامی، خوی - ایران. (نویسنده مسئول) khezerlouf@gmail.com

^۲ - گروه زراعت کشاورزی واحد خوی، دانشگاه آزاد اسلامی، خوی - ایران.

^۲ - گروه زراعت کشاورزی واحد خوی، دانشگاه آزاد اسلامی، خوی - ایران.

مقدمه

تولید محصول در سطح باز دهی مطلوب در خاکهای آهکی با pH بالا همواره با مشکلاتی مواجه بوده است. بخش مهمی از این مشکلات از آن جا ناشی می شود که از این خاکها به علت وجود pH بالا و غلظت زیاد یون کلسیم عناصر غذایی مانند آهن، روی و فسفر که قابلیت جذب آنها وابسته به pH است به صورت ترکیب های نامحلول و غیر قابل استفاده برای گیاه در می آیند (Kaplan and Orman, 1998)، در ایران هم به علت آهکی بودن خاکها و عدم مصرف عناصر کم مصرف، عدم به کارگیری کودهای دامی و سبز و عدم رعایت تناوب زراعی مناسب، کمبود عناصر کم مصرف در خاکها به صورت حاد بروز کرده است.

گوگرد یکی از عناصر ضروری تمام شکل های حیات است و از لحاظ کیفی به اندازه نیتروژن در تشکیل پروتئین های سلولی اهمیت دارد. این عنصر بیشتر به لحاظ اثرات جانبی مفیدی که در اسیدی کردن موضعی خاک و افزایش انحلال سایر عناصر غذایی دارد، اهمیت پیدا می کند. در بسیاری از خاک ها به دلیل بالا بودن اسیدیته به رغم فراوانی برخی عناصر غذایی، مقدار محلول قابل جذب آنها کمتر از مقدار مورد نیاز گیاه است که روش متداول برای مقابله با این کمبودها، استفاده از کودشیمیایی

گوگرد دار است که هم بهای زیاد و هم باز دهی کم دارد (Malakoti and Hamadani, 1991).

به طور کلی گوگرد در تشکیل کلروفیل در گیاهان، فعال کردن برخی از آنزیم مانند ATP سولفوریلاز، تشکیل آنزیم نیتروژناز و نیز در ساختمان شیمیایی برخی ویتامین ها مانند بیوتین ویتامین، مواد نافل الکترون مثل فرودوکسین و تشکیل گلوکوتایون و کوآنزیم A دخالت دارد. این عنصر باعث افزایش مقاومت گیاهان به امراض، خشکی و سرما می شود و از تجمع نترات در گیاهان جلوگیری می کند (Tabatabai, 1986; Tate, 1995).

گوگرد از جمله عناصری است که به دلیل ظرفیت اکسیده شدن و تولید اسید سولفوریک، پتانسیل لازم را برای کاهش اسیدیته خاک در مقیاس کوچک اطراف ذرات خود را دارا بوده و می تواند در منطقه ریزوسفر در انحلال و آزاد شدن عناصر ضروری موثر واقع شود.

(Besharati and Rastin, 1999)

کاپلان و ارمان (Kaplan and Orman, 1998) در آزمایشی پی بردند مصرف گوگرد در یک خاک آهکی، عملکرد محصول و نیز مقدار آهن، روی، منگنز و فسفر جذب شده توسط سورگوم را افزایش داده است.

طبق نتایج تحقیقات افزودن کود دامی و کود سبز به همراه گوگرد در خاکهای آهکی و قلیائی، باعث افزایش فعالیت میکروبی خاک و کاهش شدید اسیدیته خاک می شود (Lawrence and Wainwright et al, 1986; Germida, 1991).

از میکروارگانیزم های موجود در خاک مانند انواع اکسید کننده های گوگرد به خصوص باکتری های جنس تیوباسیلوس می باشد که اثرات مفید آنها در اصلاح اراضی و بهبود تغذیه گیاه نمی توان نادیده گرفت. مهمترین عامل کنترل کننده اکسایش گوگرد در خاک، میزان و فعالیت بیوماس میکروبی می باشد. همه شکل های گوگرد، حتی گوگرد عنصری که حلالیت آن بسیار کم است توسط میکروارگانیزم ها اکسیده می شود (Watkinson et al, 1987).

این تحقیق به منظور بررسی تاثیر مقادیر گوگرد در اسیدیته خاک و عملکرد سورگوم علوفه ای یک خاک قلیائی صورت گرفته است.

مواد و روش ها

این تحقیق در سال ۱۳۹۲ به صورت طرح بلوک های کامل تصادفی در سه تکرار در سایت کشاورزی شرکت دامپروری و کشاورزی نگین سبز ماکو واقع در عرض جغرافیائی ۳۹ درجه و ۲۰ دقیقه عرض شمالی و طول جغرافیائی ۴۵ درجه و ۴ دقیقه طول شرقی پیاده شد. ارتفاع منطقه از سطح دریا ۸۷۰ متر، متوسط بارندگی سالیانه ۲۶۰ میلی متر بود. طبق تقسیم بندی اقلیمی این ناحیه دارای اقلیم خشک با تابستانهای خشک می باشد و ۱۹۰ - ۱۶۰ روز از سال خشک است. تیمارهای کودی مقادیر مصرف گوگرد شامل؛ T_1 (تیمار شاهد بدون مصرف

افزون گوگرد به خاک به منظور تامین نیاز گیاه به این عنصر یا اصلاح اراضی و بهبود وضعیت تغذیه گیاه وقتی موثر خواهد بود که گوگرد به میزان قابل توجهی در خاک اکسید گردد (Janzen and Betany, 1987). مصرف گوگرد در خاکهای آهکی با خنثی کردن آهک موجب افزایش قابلیت استفاده آهن و سایر عناصر غذایی کم مصرف گردیده است (Malakoti and Tahrani, 1999). اثر گوگرد آسیاب شده بر عملکرد محصول و مقدار جذب آهن، منگنز و روی در سه گیاه ذرت، سورگوم و سویا توسط کلباسی و همکاران (Kalbasi and Rzaianajad, 1988)، مورد مطالعه قرار گرفته است که نتایج بدست آمده نشان داد ضمن افزایش معنی دار عملکرد محصول، اسیدیته خاک کاهش یافته و مقدار آهن، منگنز و روی قابل جذب افزایش یافته است و این همان کمک به تغذیه بهینه گیاه میباشد.

نوایی و ملکوتی (Navayi and Malakoti, 2002) در تحقیقاتشان نشان دادند که با جذب بیشتر عناصری مانند آهن، روی و منگنز در خاک میزان پروتئین گیاه افزایش می یابد. طباطبایی و همکاران (Tabatabai, 1986) به اثبات رساندند که مخلوط کردن یکنواخت گوگرد با خاک باعث افزایش سطح تماس آن با ذرات خاک میشود که این موضوع در خنثی نمودن اثرات سوء حاصل از اکسایش گوگرد موثر است. اکسیداسیون ترکیبات گوگردی در خاک منبع کسب انرژی برای گروهی

برگ پرچم برگ از طریق فرمول (بزرگترین طول \times بزرگترین عرض برگ پرچم $\times 0.79$) برحسب سانتی متر (KhaliliMahalleh, 2001)، عملکرد علوفه تر با توزین نمونه ها در زمان برداشت محاسبه شد.

میزان نیتروژن با دستگاه کج‌دال تعیین شد و در صد پروتئین از رابطه درصد نیتروژن $\times 6.25$ بدست آمد (KhaliliMahalleh, 2001). میانگین وزن خشک بوته ها در هر کرت به عنوان عملکرد بیولوژیک ثبت شد. برای مشخص شدن اسیدیته خاک از سه نقطه خاک هر کرت از عمق ۳۰ سانتی متری نمونه برداری انجام گردید و بعد از مخلوط کردن نمونه ها اسیدیته آن معرف pH همان کرت ثبت شد.

هدایت الکتریکی پس از استخراج عصاره گل اشباع با دستگاه عصاره گیر اندازه گیری شد. تجزیه آماری داده ها با استفاده از نرم افزار MSTATC و رسم نمودارها با استفاده از نرم افزار EXCEL انجام گرفت.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که اختلاف معنی داری بین سطوح مصرف کود در صفاتی مانند تعداد برگ، ارتفاع بوته، قطر ساقه، سطح برگ، عملکرد علوفه تر، پروتئین، عملکرد بیولوژیکی، اسیدیته (pH) وجود دارد، اما بر شاخص سبزینگی و هدایت الکتریکی معنی دار نبود.

گوگرد، T_2 (۱۵۰ کیلوگرم در هکتار مصرف گوگرد خالص ۹۹ درصد)، T_3 (۳۰۰ کیلوگرم در هکتار مصرف گوگرد خالص ۹۹ درصد) T_4 (۴۵۰ کیلوگرم در هکتار مصرف گوگرد خالص ۹۹ درصد)، T_5 (۶۰۰ کیلوگرم در هکتار مصرف گوگرد خالص ۹۹ درصد) T_6 (۳۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد خالص ۹۹ درصد + کود زیستی بیوسولفور)، T_7 (۶۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد خالص ۹۹ درصد + کود زیستی بیوسولفور). عملیات تهیه زمین شامل شخم عمیق پائیزه و شخم تکمیلی در بهار، دیسک، تسطیح زمین و فاروژنی در تمام مزرعه اعمال گردید. توزیع کود طبق نتایج آزمون خاک به مقدار ۳۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار که یک سوم آن هنگام کشت و دو سوم باقیمانده به صورت سرک به هنگام ساقه روی و دانه بندی انجام شد. تعداد کرت های آزمایشی ۲۱ کرت برای هر گیاه، فواصل خطوط کاشت ۷۵ سانتی متر و فاصله بوته در ردیف ۵ سانتی متر، طول خطوط کاشت ۶ متر و در هر کرت ۵ ردیف کاشت در نظر گرفته شد. صفات مورد بررسی شامل: شاخص سبزینگی، تعداد برگ، ارتفاع بوته، قطر ساقه، سطح برگ پرچم، عملکرد علوفه تر، پروتئین، عملکرد بیولوژیکی سورگوم، اسیدیته و هدایت الکتریکی خاک بود. میزان سبزینگی پرچم برگ با استفاده از دستگاه کلروفیل سنج $SPAD^{502}$ ، تعداد برگ از طریق شمارش، ارتفاع بوته توسط متر، قطر ساقه با کولیس از سه نقطه بر حسب میلی متر، سطح

شاخص سبزینگی

نتایج نشان داد که اختلاف معنی داری بین سطوح مصرف کود در مورد این صفت در سورگوم وجود ندارد (جدول ۲). چنین به نظر می رسد مقادیر مختلف مصرف گوگرد بر میزان کلروفیل برگ در این آزمایش تاثیری نداشته است اگر چه در مواردی گزارش شده که افزودن کودهای حاوی عناصر کم مصرف بر میزان کلروفیل برگ موثر می باشد (Graham, 2008). در تحقیق حاضر از آنجا که نیتروژندر حد کافی در تمامی کرت های آزمایش به طور یکسان مصرف شده است بنابراین به نظر می رسد نیتروژن به اندازه کافی در دسترس بوته ها قرار گرفته و با توجه به عدم بروز نشانه های کمبود نیتروژن، میزان سبزینگی در تمامی کرت های آزمایش شرایط مشابهی داشته است (جدول ۳).

تعداد برگ

نتایج تجزیه واریانس داده های مربوط به تعداد برگ نشان می دهد که مقادیر مصرف گوگرد تاثیر معنی داری بر تعداد برگ در سورگوم داشت (جدول ۲) مقایسه میانگین سطوح مختلف مصرف کودی نیز نشان داد که افزایش برگ متاثر از افزایش مصرف کود گوگرد بوده است به طوری که کمترین تعداد برگ سورگوم مربوط به تیمار کودی شاهد با میانگین ۱۰/۶۴ و بیشترین

تعداد برگ سورگوم مربوط به تیمار کودی هفتم با میانگین ۱۳/۸۳ بوده است (جدول ۳). به نظر می رسد افزودن گوگرد به خاک قلیایی مورد آزمایش باعث کاهش pH آن شده و شرایط جذب بهینه سایر عناصر غذایی را فراهم کرده است. در نتیجه با افزایش گوگرد مصرفی تعداد برگ نیز در این آزمایش افزایش یافته است. این نتیجه با آزمایش سلطان بیگی و همکاران (SoltanBeigi et al, 2009) در خصوص تاثیر عناصر کم مصرف در تعداد برگ مطابقت دارد. از طرفی مطالعات نشان می دهد که تعداد برگ بیشتر تحت تاثیر ژنوتیپ گیاه و عوامل محیطی مانند درجه حرارت و طول روز قرار دارد (KhaliliMahalleh, 2001).

ارتفاع بوته

نتایج نشان داد که بین تیمارها اختلاف معنی داری در سطح احتمال یک درصد برای ارتفاع بوته وجود دارد (جدول ۲) و مقایسه میانگین سطوح مختلف مصرف کود گوگرد نیز حاکی از افزایش ارتفاع بوته سورگوم با افزایش مصرف کود گوگرد می باشد. بیشترین ارتفاع بوته گیاه سورگوم مربوط به تیمار کودی هفتم به میزان ۲۷۹/۹ سانتی متر و کمترین ارتفاع بوته سورگوم مربوط به تیمار کودی شاهد با میانگین ۲۳۲/۷ سانتی متر می باشد (جدول ۳).

رطوبت از عوامل تأثیر گذار بر رشد ساقه و قطر آن می باشند. هر چند با جذب عناصر کم مصرف قطر ساقه نیز افزایش پیدا می کند ولی با بیوستتز اکسین نیز رشد طولی ساقه افزایش یافته و این عمل باعث قطر می گردد (KhaliliMahalleh, 2001).

نتایج آزمایش بداقی و همکاران (Bodaghi et al, 1999) در مورد اثر بهینه سازی شرایط جذب عناصر کم مصرف بر قطر ساقه با نتایج این آزمایش مطابقت و همخوانی داشت.

سطح برگ

نتایج تجزیه واریانس داده ها حاکی از وجود اختلاف معنی داری بین تیمارها در سطح احتمال یک درصد می باشد (جدول ۲). مقایسه میانگین سطوح مختلف کودی نیز در سطح احتمال یک درصد نشان داد که بیشترین مقدار سطح برگ سورگوم در تیمار کودی هفتم با میانگین $144/9$ سانتی متر مربع و کمترین مقدار سطح برگ مربوط به تیمار کودی شاهد با میانگین $60/61$ سانتی متر مربع می باشد (جدول ۳).

به نظر می رسد تغییر شاخص سطح برگ به جز عوامل تراکم بوته و ژنوتیپ از عناصر کم مصرف و جذب بهتر آن ها تأثیر پذیر باشد (Ejirlou, 1996). جذب عناصر کم مصرف خود باعث جذب بهتر عناصر پر مصرف و افزایش رشد رویشی گیاه می شود که در این بین، کاربرد گوگرد برای ایجاد محیط مساعد برای جذب بهتر

رشد سلولی در گیاه فعالیتی است که نسبت به کمبود آب و وجود عناصر کم مصرف حساس می باشد. کاهش پتانسیل آب بافت مریستمی، غالباً موجب نقصان پتانسیل فشاری به حدی کمتر از میزان لازم برای بزرگ شدن سلول می شود. این امر موجب کاهش سنتز پروتئین و تنزل رشد و بزرگ شدن سلول می شود. طول میان گره نیز به علت افزایش تعداد و عمدتاً اندازه سلولها، افزایش می یابد (Kochehi and Sarmadnia, 2003). به نظر می رسد جذب عناصر کم مصرف در مراحل رشد گیاه در اثر مصرف کود گوگرد باعث سنتز هورمون رشد و در نتیجه افزایش ارتفاع بوته در اثر افزایش تعداد سلول و اندازه آنها می گردد.

قطر ساقه

قطر ساقه سورگوم در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر مصرف کود گوگرد قرار گرفت (جدول ۲). مقایسه میانگین مقادیر مصرف کود گوگرد نشان داد که بیشترین قطر ساقه سورگوم در تیمار کودی هفتم با میانگین $14/97$ میلی متر و کمترین آن با میانگین $9/10$ میلی متر مربوط به تیمار شاهد بوده است (جدول ۳).

مطالعات مختلف نشان می دهد که قطر ساقه طی دوره رشد و نمو تحت تأثیر عوامل محیطی مختلف قرار می گیرد. تنظیم کننده های رشد مانند اکسین و جیبرلین، عوامل مانند نور، حرارت،

بررسی‌های دلوکاوهمکاران (Deluca et al, 1989) همخوانی دارد. با توجه به مساعد شدن شرایط اسیدیته خاک و بهبود شرایط جذب عناصر کم مصرف در اثر مصرف گوگرد در خاک‌های قلیایی، همچنین توسعه مناسب اندام‌های هوایی در مراحل اولیه رشد و استفاده مفید از نور خورشید در جهت توسعه سطح برگ و افزایش مواد فتوسنتزی از جمله عواملی هستند که عملکرد محصول را افزایش می‌دهند (Ghadiri and Majidian, 1999).

پروتئین

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان می‌دهد که پروتئین دانه سورگوم نیز در سطح احتمال یک درصد تحت تاثیر تیمارهای کودی واقع شده است (جدول ۲). بیشترین میزان پروتئین دانه سورگوم مربوط به تیمار کودی هفتم با میانگین ۱۲/۴ درصد و کمترین میزان پروتئین مربوط به تیمار شاهد با میانگین ۸/۳ درصد می‌باشد (جدول ۴). معمولاً ترکیب شیمیایی دانه‌ها تحت کنترل ژنتیکی است اما محیط نیز بر آن اثر می‌گذارد. در حالت کلی اکثر تنش‌ها مانند شوری و خشکی باعث کاهش فتوسنتز و در نتیجه کاهش ذخیره سازی موادی مانند کربوهیدرات‌ها و پروتئین‌ها می‌شوند و در نتیجه از درصد پروتئین دانه کاسته می‌شود. وجود عناصر کم مصرف با کمک به جذب بیشتر آن‌ها باعث افزایش فعالیت برخی آنزیم‌ها و در نتیجه

عناصر کم مصرف و پر مصرف اشکار می‌شود (Malakoti and Tahrani, 1999).

عناصر کم مصرفی مانند روی که می‌تواند با فعال کردن سیستم‌های آنزیمی فعالیت متابولیکی باعث افزایش تولید انرژی، سنتز پروتئین و کربوهیدرات‌ها و در نتیجه توسعه سطح برگ می‌شود بسیار حائز اهمیت است (Pahlavan et al, 2006). به نظر می‌رسد افزایش سطح برگ بیشتر حاصل افزایش تعداد برگ نیز باشد (Chapman and Westgate, 1993).

عملکرد علوفه تر

وجود اختلاف معنی داری بین تیمارهای کودی با توجه به نتایج تجزیه واریانس این صفت مشاهده شد (جدول ۲). مصرف ۶۰۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار به اضافه کود زیستی بیوسولفور (تیمار هفتم) با میانگین ۵۴۲۰۰ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد علوفه تر را دارا بود. و تیمار شاهد نیز دارای کمترین عملکرد تر با میانگین ۳۰۹۹۰ کیلوگرم در هکتار بود که با تیمار ۱۵۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار اختلاف معنی داری نداشته و در یک گروه آماری قرار گرفت (جدول ۴).

مطالعات نشان می‌دهد که بین افزایش جذب عناصر غذایی و افزایش عملکرد محصول همبستگی مثبتی وجود دارد و مصرف توام گوگرد با کود حیوانی سبب افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی خاک، افزایش جذب توسط گیاه و افزایش عملکرد محصول شده است که این نتایج با

دانست، جذب نیتروژن بیشترین سهم را در افزایش تجمع ماده خشک در گیاه دارد (Hergertetal, 1996; MalakotiandTahrani, 1999).

همچنین به نظر می‌رسد کاهش سطح برگ در شرایط تنش‌های خشکی و شوری نیز عامل اصلی کاهش توانایی گیاهان زراعی در جذب و تحلیل دی اکسید کربن است، که با کم شدن شاخص سطح برگ و مقدار فتوسنتز، میزان آسمیلاسیون خالص و تولید و ذخیره مواد غذایی کاهش می‌یابد و در نتیجه از وزن ماده خشک گیاه کاسته می‌شود.

افزایش بیوسنتزاکسین در حضور جذب عناصر ریز مغذی (Pasion, 2001) و افزایش فتوسنتز در اثر افزایش سطح برگ، کاهش تجمع عنصر سدیم در بافت گیاهی، افزوده شدن بر میزان آهن و نقش مثبت آن در فتوسیستم‌های ۱ و ۲، افزوده شدن بر سایر فعالیت‌های متابولسمی گیاه (Morthvedth, 2003) و عوامل دیگر، توجیه‌کننده افزایش عملکرد ماده خشک به میزان قابل توجه در حضور عناصر ریز مغذی دانست.

اسیدیته خاک

نتایج تجزیه واریانس داده‌های مربوط به این صفت بعد از برداشت سورگوم نشان می‌دهد که اسیدیته خاک نیز در سطح احتمال یک درصد تحت تاثیر تیمارهای کودی واقع شده است (جدول ۲). مقایسه میانگین سطوح مقادیر کودی بر این صفت نشان می‌دهد که تیمار شاهد با

فتوسنتز می‌گردد، که این عمل باعث افزایش سنتز و ذخیره مواد معدنی و آلی در دانه و افزایش درصد پروتئین دانه می‌گردد.

از آنجا که یکی از اثرات مصرف گوگرد در خاک‌های قلیایی، بهینه‌سازی جذب عناصر کم مصرف می‌باشد به نظر می‌رسد مصرف گوگرد در افزایش درصد پروتئین نیز دخیل است، از طرفی افزایش پروتئین خام را تحت شرایط مهیا کردن عناصر کم مصرفی مانند روی و منگنز از یک سو می‌توان به تاثیر غیر مستقیم این عناصر در افزایش جذب نیتروژن نسبت داد، از طرفی خود این عناصر در ساختمان بعضی پروتئین‌ها و متابولیسم نیتروژن شرکت می‌کنند (Parham, 2006).

عملکرد بیولوژیکی

تیمارهای کودی در سطح احتمال یک درصد بر عملکرد بیولوژیکی سورگوم تاثیر معنی‌داری داشت (جدول ۲). تیمار ۶۰۰ کیلوگرم کود گوگرد در هکتار + بیوسولفور (تیمار هفتم) با میانگین ۱۳۵۵۰ کیلوگرم در هکتار و تیمار شاهد با میانگین ۷۷۸۴ کیلوگرم در هکتار به ترتیب بیشترین و کمترین مقدار عملکرد بیولوژیکی سورگوم بودند (جدول ۴).

نتایج تحقیقات دیگر بیانگر تاثیر استفاده از مواد ریز مغذی یا بهبود شرایط جذب این مواد توسط گیاه، برای افزایش ماده خشک می‌باشد که این مسئله را ناشی از افزایش قابلیت جذب عناصر پر مصرفی چون نیتروژن و فسفر می‌توان

چنینبه نظر می‌رسد مقادیر مختلف مصرف کود گوگرد بر میزان هدایت الکتریکی خاک در این آزمایش تاثیر نداشته است. هدایت الکتریکی عصاره اشباع از جمله خصوصیات شیمیایی خاک است کهبه حضور املاح در فاز محلول خاک مربوط می‌شود. تحقیقات وسکیوس مونتیل (Vazquezmontiel, 1996) نشان می‌دهد افزایش هدایت الکتریکی خاک در اثر کاربرد کود دامی و یا کمپوست مربوط به بالا بودن مقدار کل نمک های محلول است که باعث تجمع املاح محلول در خاک می‌شود، از طرفی نبود کود دامی و کمپوست یا سایر منابع تامین انرژی میکروارگانیسم های خاک، خود باعث اکسیداسیون کم گوگرد مصرفی شده و اسیدیتته خاک را به مقدار نامحسوسی کاهش می‌دهد.

نتیجه گیری کلی

نتایج کلی این آزمایش نشان دادکه سورگوم تحت تاثیر کاربرد گوگرد و کود زیستی در خاک قلیایی قرار گرفت به طوری که تیمار کودی گوگرد و کود زیستی بیوسولفور بیشترین اثر را در تولید علوفه تر سورگوم علوفه‌ای به میزان ۵۴۲۰۰ کیلوگرم داشته است. اضافه کردن گوگرد و کود زیستی در یک خاک قلیایی باعث ایجاد تعادل در تغذیه گیاه و تحریک گیاه برای جذب سایر عناصر غذایی از خاک می‌شود و فرآیندهای رشد و نمو گیاه را با تاثیر بر اسیدیتته خاک کنترل کرده

بیشترین میانگین ۸/۱۱ و تیمار هفتم کودی کمترین میانگین ۷/۷۹ را دارا می‌باشد (جدول ۴). بررسی ها نشان می‌دهد که از گوگرد به عنوان یک ماده اسیدزا در خاک‌های قلیایی استفاده می‌شود (Besharatiand Rastin, 1999). رزا و همکاران (Rosa et al, 1989) نیز گزارش کردند که تلقیح خاکبا فسفات و گوگرد به همراه باکتری تیوباسیلوس موجب کاهش سریع اسیدیتته خاک می‌شود و جذب عناصر کم مصرف که در خاک های قلیایی و آهکی تثبیت می‌شوند، را آسان می‌سازد. روپلا و تاورا (Rupelaand Taura, 1973) مشاهده کردند در خاکی که اسیدیتته اولیه آن ۸/۶ بود، با افزودن یک درصد گوگرد عنصری و گذشت ۵۰ روز اسیدیتته آن به ۵/۶ کاهش یافته است. وین رایت (Wainwrigth, 1984) نیز طی یک بررسی اعلام کرد افزودن ۲ گرم گوگرد به یک خاک لومی شنی با اسیدیتته ۶/۲ در طی ۵۰ هفته باعث کاهش اسیدیتته به اندازه ۲/۵ واحد شد. البته اکسایش گوگرد در خاک ممکن است به علت ظرفیت بافری بالای خاک های آهکی به آهستگی صورت گیرد این امر حتی با افزودن ۲/۵ درصد گوگرد به خاک نیز مشهود بوده است.

هدایت الکتریکی

نتایج نشان داد که این صفت در خاک تحت کشت سورگوم اختلاف معنی‌داری بین سطوح مصرف کود نشان نداد (جدول ۲).

و بهبود می بخشد. همچنان که در این آزمایش نیز مشاهده گردید، صفت عملکرد علوفه تر با افزایش اجزای عملکردی همچون ارتفاع بوته، قطر ساقه، تعداد برگ، و سطح برگ افزایش یافته است. این امر بیانگر مهم بودن قابل جذب شدن عناصر غذایی در خاک قلیایی می باشد. با عنایت بر جدول نتایج مقایسه میانگین (جدول ۳) میتوان استنباط کرد که کاهش در مقدار pH خاک حدود ۰/۳ واحد بوده است و لذا چنین تغییر موضعی و معنی دار باعث ارتقاء شاخصهای رشد گیاه شده است. از طرف دیگر نتایج ارائه شده مربوط به یک آزمایش بوده و بدیهی است برای حصول اطمینان از نتایج بدست آمده بایستی آزمایش تکرار گردد.

جدول ۱- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک

Table 1- Chemical and physical characteristic of soil

عمق cm	درصد اشباع	هدایت الکتریکی	اسیدیته pH	درصد مواد خثی شونده	کربن آلی	کلاس بافت	ازت کل T.N%	فسفر قابل جذب	پتاسیم قابل جذب
	SP	$EC \times 10^3$		کل T.N.V	O.C%	خاک		ppm	ppm
۰-۳۰	۵۷	۴/۵	۸/۲۲	۱۴	۰/۲	لومی رسی	۰/۰۲	۱۷	۴۹۹/۳

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه سورگوم علوفه‌ای و خاک تحت تاثیر گوگرد

Table 2: Variance analysis of forage sorghum traits and soil affected by sulfur

میانگین مربعات											
منابع تغییر	درجه آزادی	شاخص سبزیگی	تعداد برگ	ارتفاع بوته	قطر ساقه	سطح برگ	عملکرد وتر	پروتئین	عملکرد بیولوژیکی	اسیدیته	هدایت الکتریکی
تکرار	۲	۴/۹۶۳	۰/۷۹۷	۲۶۳/۱۸	۱/۷۱	۱۸/۵۰	۲۱۸۴۶۱/۹۰	۲/۴۶۸	۴۸۴۸/۱۹	۰/۰۰۱	۰/۲۴۹
کود	۶	۳/۲۴۸	۳/۵۰۹**	۸۴۰/۷۸**	۱۲/۷۹**	۰/۰۷**	۲۰۱۵۸۵۸/۰۹	۵/۴۱۵**	**	۰/۰۳۱**	۰/۴۲۷
خطا	۱۲	۷/۸۵۰	۰/۱۰۵	۷۷/۵۲	۰/۵۲۷	۶/۵۶	۷۸۸۷۱۱/۹۰	۰/۲۸۶	۱۲۶۸۳۸۵۸/۸۲	۰/۰۰۰۳۳	۰/۲۲۲
Cv(%)		۵/۸۴	۲/۸۳	۳/۴۸	۶/۰۶	۲/۴۱	۲/۲۳	۵/۱۰	۱/۹۶	۰/۲۳	۱۱/۸۱

** و * به ترتیب در سطح احتمال یک و پنج درصد معنی دار می‌باشند.

** , * Significantly of 1% and 5% probability levels respectively

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات سطوح کود گوگرد بر صفات مورد مطالعه سورگوم

Table 3 – Mean comparison of sulfur manure levels effect on sorghum traits.

تیمارهای آزمایش	شاخص سبزیگی	تعداد برگ	ارتفاع بوته (سانتی متر)	قطر ساقه (میلی متر)	سطح برگ (سانتی متر مربع)	عملکرد تر (کیلوگرم در هکتار)	پروتئین (درصد)	در هکتار	عملکرد بیولوژیکی (کیلوگرم)	اسیدیته خاک	هدایت الکتریکی خاک (دسی زیمنس بر متر)
مقدار مصرف گوگرد											
شاهد (عدم مصرف گوگرد)	۴۶/۶۳	۱۰/۶۴c	۲۳۲/۷d	۹/۱۰e	۶۰/۶۱g	۳۰۹۹۰e	۸/۳۸c	۷۷۸۴e	۸/۱۱a	۴/۳۰	
۱۵۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار	۴۷/۰۰	۱۰/۷۳bc	۲۴۲/۹cd	۹/۹۳de	۷۰/۹۷f	۳۲۲۶۰e	۱۰/۳۸b	۸۰۰۱e	۷/۸۹b	۳/۷۶	
۳۰۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار	۴۸/۹۰	۱۱/۰۷bc	۲۴۴/۳cd	۱۱/۳۷cd	۹۶/۷۸e	۳۴۹۰۰d	۱۰/۴۴b	۸۶۹۴d	۷/۸۷bc	۴/۶۰	

۳/۹۰	۷/۸۶bc	۱۰۲۱۰c	۱۰/۸۱b	۴۰۹۸۰c	۱۰۵/۶d	۱۱/۸۰bc	۲۴۴/۲cd	۱۱/۳۰bc	۴۹/۱۰	۴۵۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار
۳/۷۳	۷/۸۶bc	۱۰۲۸۰c	۱۰/۷۵b	۴۱۰۶۰c	۱۲۶/۹c	۱۳/۲۳ab	۲۵۴/۸bc	۱۱/۳۷bc	۴۸/۸۷	۶۰۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار
۳/۴۹	۷/۸۴c	۱۱۴۳۰b	۱۲/۳۷a	۴۵۷۰۰b	۱۳۸/۰b	۱۳/۴۷ab	۲۶۹/۹ab	۱۱/۴۷b	۴۸/۰۷	۳۰۰ کیلوگرم گوگرد + بیوسولفور
۴/۱۱	۷/۷۹d	۱۳۵۵۰a	۱۲/۸۷a	۵۴۲۰۰a	۱۴۴/۹a	۱۴/۹۷a	۲۷۹/۹a	۱۳/۸۳a	۴۷/۰۷	۶۰۰ کیلوگرم گوگرد + بیوسولفور

سطوح تیماری که حداقل دارای یک حرف مشترک در هرستون هستند اختلاف آماری معنی داری در سطح احتمال ۱٪ با آزمون دانکن ندارند.

Levels treatment by the same letter, in each column, are not significantly different at 1 0/0 probability level-Using Duncan Range Test

جدول ۴- ضرایب همبستگی ساده بین صفات مورد مطالعه در سورگوم تحت تاثیر کاربرد گوگرد

Table4 – Correlation coefficient between traits of forage sorghum and soil sulfur

صفات آزمایشی	تعداد برگ	ارتفاع ساقه	قطر ساقه	سطح برگ	عملکرد تر	پروتئین	عملکرد بیولوژیکی	اشیدیت
تعداد برگ	۱							
ارتفاع	۰/۷۰۸**	۱						
قطر ساقه	۰/۴۸۵**	۰/۶۸۰**	۱					
سطح برگ	۰/۴۲۵	۰/۶۹۱**	۰/۹۲۷**	۱				
عملکرد تر	۰/۶۴۴**	۰/۷۵۶**	۰/۹۰۲**	۰/۹۲۱**	۱			
پروتئین	۰/۳۷۱*	۰/۶۴۰**	۰/۷۸۷**	۰/۷۹۰**	۰/۸۱۴**	۱		
عملکرد بیولوژیکی	۰/۶۵۰**	۰/۷۶۶**	۰/۹۰۴**	۰/۹۲۲**	۱/۰۰**	۰/۸۰۶**	۱	
اشیدیت خاک	-۰/۲۲۱	-۰/۴۲۰*	-۰/۷۴۲**	-۰/۷۷۴**	-۰/۷۰۹**	-۰/۸۲۹**	-۰/۶۹۹**	۱

* و ** به ترتیب بیانگر معنی دار بودن در سطح احتمال یک و پنج درصد می باشد.

*, ** Significantly of 1% and 5% probability levels respectively.

References

منابع مورد استفاده

- ✓ Besharati, H., and N. Saleh Rastin. 1999. Effect of inoculation with *Thiobacillus* with sulfur to increase the digestibility of phosphorus. *Journal of Soil and Water Science*, 13(1):23-39. (In Persian).
- ✓ Bodaghi, S., M. Roshdi, K. Kharazmi, and J. Khalili Mahalleh. 1999. Effect of planting pattern and foliar micronutrient elements iron, zinc and boron on yield and yield components of maize single cross 704. Master Thesis Agriculture, Islamic Azad University Temper, 116 pages. (In Persian).
- ✓ Chapman, P. and M. E. Westgate. 1993. Water deficit affects receptivity of maize silk. *Crop Science Journal*. 33:279-282.
- ✓ Deluca, T. H., F. O. Skogley, and R. E. Engle. 1989. Band-applied elemental sulfur to enhance the phytoavailability of phosphorus in alkaline calcareous soil. *And Fertilizers of Soils*. 7 :340-350
- ✓ Ejirlou, F. 1996. Modified sorghum in 65-75 years with results of the race, a research institute seed.
- ✓ Graham, R. D. 2008. Micronutrient deficiencies in crops and their global significance. *Micronutrient deficiencies in global crop production*. Spring Press. Pp:216
- ✓ Hergert, G. W., P. T. Nordquist, and B. A. Skates. 1996. Fertilizer and crop management practices for improving maize yield on high pH soils. *Journal of plant Nutrition*. 19:(8-9), 1223-1233.
- ✓ Ghadiri, H., and M. Majidian. 1999. Effect of nitrogen and irrigation cut in milk and dough stages on yield and water use efficiency of corn. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources*, 1(2):26-13. (In Persian).
- ✓ Hergert, G. W., P. T. Nordquist, and B. A. Skates. 1996. Fertilizer and crop management practices for improving maize yield on high PH soils. *Journal of plant Nutrition*. 19:(8-9), 1223-1233.
- ✓ Janzen, H. H. and R. Betany. 1987. The Effect of temperature and water potential on sulfur oxidation in soil. *Soil Science*. 144(2):81-89
- ✓ Kalbasi, M., F. Filsoof and Y. Rzaïnajad. 1988. Effect of sulfur treatment on yield and uptake of Fe, Zn and Mn by corn, sorghum and soybean. *Journal of Plant Nutrition*. 11(6-11):1353-1360.
- ✓ Kaplan, M., and S. Orman. 1998. Effect of elemental sulfur and sulfur containing waste in calcareous soil in Turkey. *Journal of plant Nutrition*. 21(8):1655-1665
- ✓ Kocheiki, A., and G. H. Sarmadnia. 2003. *Plant physiology*. Pub. Mashhad university (In Persian). pp.400 (In Persian).
- ✓ Khalili Mahalleh, J. 2001. Effect of planting density on growth and quantitative sorghum hybrids as a second crop in the mood. Master Thesis Agriculture, Islamic Azad University, Branch, 157 pages. (In Persian).
- ✓ Lawrence, J. R., and J. J. Germida. 1991. Microbial and chemical characteristics of elemental sulfur beads in agricultural soils. *Soil Biology and Biochemistry*. 23(3):617-622.
- ✓ Lindsay, W. L. 1972. *Micronutrients in agriculture*. Madison, Wise: soil science society of AM.

- ✓ Malakoti, M.J., and S.A. Hamadani. 1991. Fertilizers and soil fertility (translated) .antsharat Publishing Center, Tehran University, 220 pages. (In Persian).
- ✓ Malakoti, M.J., and M.M. Tahrani. 1999. Increase the role of micronutrients in soil to improve the quality of agricultural products (crushed by the impact of macro-elements) .antsharat Tarbiat Modarres University, 299 pages. (In Persian).
- ✓ Morthvedth, J. 2003. Efficient fertilizer use micronutrient. Florida university publishing. 16pp.
- ✓ Navayi, F., M.J. Malakoti. 2002. Effect of dietary nutrient balance on the quantity and quality of maize. Journal of Soil and Water Science, 16(2):161-168. (In Persian)
- ✓ Normohammadi, G., A. Siadat., and A. Kashani. 1998. Cultivation of cereals (Volume I). Chamran University. (In Persian).
- ✓ Pahlavan, M.R., G.A. Keykha., G.R. Eatesa., S.A. Kookhan, and M.R. Naroueiral. 2006. The study of Effect Zn, Fe and Mn quality and quality of grain wheat. presented in 18th World Congress of Soil Science. July 9-15. pp:23. (In Persian).
- ✓ Pasian, C.C. 2001. Micronutrient disorders. Ohio state university fact sheet HYG.1252-9.
- ✓ Parham, T. 2006. Effect of fertilizers macro, micro and tail mill on the harvest yield and quality. Rvbahy. payana Master of Agriculture, University of Zabol, 105 pages. (In Persian).
- ✓ Rosa .M.C., J.J. Muchovej ., and V.H. Alvarez . 1989. Temporal relation of phosphorus fraction in an oxisoil amended with rock phosphate and Thiobacillus Thiooxidans. American Journal of soil Science Society. 53:1096-1100.
- ✓ Rupela, O.P., and P. Taura. 1973. Isolation and characterization of thiobacillus from alkali soil. Soil Biology and Biochemistry. 5:891-897.
- ✓ Soltan Beigi, A., M. Roshdi., and K. Kharazmi. 2009. Effects of pretreatment with Klr mkvat seeds and cut irrigation on the growth stages of corn varieties. Ay. payana Master of Agriculture, Islamic Azad University temper, 137 pages. (In Persian).
- ✓ Tabatabai, M.A. 1986. Sulfur in agriculture .American agronomy society, Madison, wise. USA. (In Persian).
- ✓ Tate, R.L. 1995. The sulfur and related biogeochemical cycles. In soil microbiology. John Willey and sons Inc., New York. P.359-372.
- ✓ Vazquezmontiel, O. 1996. Management of domestic waste water for reuse in irrigation. Water Science Technology. 33:355-362.
- ✓ Wainwright, M., W. Nevell, and S.J. Grayston. 1986. Effect of Organic matter on Sulfur oxidation in soil influence of sulfur oxidation in soil nitrification. Plant and soil .96.369-376.
- ✓ Wainwright, M. 1984. Sulfur oxidation in soil .Advanced in Agronomy. 37:349-396.
- ✓ Watkinson, J.H., A. Lee, and D.R. Lauren . 1987. Measurement of elemental sulfur in soil and sediments :Field sampling sample storage ,pretreatment, Extraction and analysis by high performance liquid chromatography Australian Journal Soil Research. 25:167-178.