وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
موسسه تحقیقات خاک و آب

جایگاه گوگرد در افزایش عملکرد کمی و کیفی پنبه

محسن سیلسپور و احمد اصغرزاده

نشریه فنی: ۵۸۶

۱۳۹۸

جمهوری اسلامی ایران

وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
موسسه تحقیقات خاک و آب

جایگاه گوگرد در افزایش عملکرد کمی و کیفی پنبه

نگارندگان

محسن سیلسپور و احمد اصغرزاده

عضو هیات علمی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان تهران
عضو هیات علمی موسسه تحقیقات خاک و آب

نشریه فنی: ۵۸۶

۱۳۹۸

مشخصات اثر

عنوان: جایگاه گوگرد در افزایش عملکرد کمی و کیفی پنبه
نگارندگان: محسن سیلسپور و احمد اصغرزاده
ناشر: موسسه تحقیقات خاک و آب
لیتوگرافی، چاپ و صحافی: انتشارات سنا
کارشناس انتشارات: زهرا محمدی
ویراستار: حمید قیومی محمدی
صفحه آرا: سمانه پورمنصور
طراح جلد: راضیه محمدی
سال انتشار: ۱۳۹۸

نشانی: کرج، میدان استاندارد، جاده مشکین دشت، بعد از رزکان نو، بلوار امام خمینی (ره)، موسسه تحقیقات خاک و آب، **کد پستی:** ۳۱۷۷۹۹۳۵۴۵ - **صندوق پستی:** ۳۱۱-۳۱۷۸۵
تلفن: ۳۶۲۰۱۹۰۰-۰۲۶ **دورنگار:** ۳۶۲۱۰۱۲۱-۰۲۶
Website: www.swri.ir **Email:** info@swri.ir

حق چاپ برای ناشر محفوظ است.
این اثر با شماره ۵۶۴۴۸ در تاریخ ۹۸/۸/۲۰ در مرکز اطلاعات و مدارک علمی کشاورزی به ثبت رسیده است.
نقل مطالب با ذکر منبع بلامانع است.

مسئولیت صحت مطالب به عهده نگارندگان است.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

مقدمه ۱
۱- اثر تلقیح خاک با باکتری‌های جنس تیوباسیلوس ۴
۱-۱- اثر شوری بر فعالیت باکتری‌های اکسیدکننده گوگرد ۵
۱-۲- ضرورت افزایش ماده آلی خاک ۵
۲- اکسایش گوگرد و پیامدهای آن ۷
۳- پنبه ۹
۳-۱- تاریخچه کشت پنبه در ایران ۹
۳-۲- ویژگی‌های گیاه‌شناسی پنبه ۱۰
۳-۳- بوم‌شناسی گیاه پنبه ۱۱
۳-۴- اهمیت اقتصادی پنبه ۱۲
۴- نقش گوگرد در تغذیه گیاه ۱۳
۴-۱- آزمون خاک ۱۴
۴-۲- تجزیه برگ ۱۴
۵- علائم کمبود گوگرد در پنبه ۱۵
۶- رابطه ویژگی‌های خاک و قابلیت جذب گوگرد ۱۶
۷- تأثیر کاربرد گوگرد بر میزان پروتئین پنبه‌دانه ۱۶
۸- اثر گوگرد بر وزن‌تر گیاه، محتوای گوگرد و نیتروژن برگ و عملکرد وش پنبه ۱۶
۹- تأثیر گوگرد بر کاهش pH خاک ۲۰
۱۰- اثر گوگرد بر کاهش مصرف کودهای شیمیایی حاوی فسفر ۲۱
۱۱- لزوم استفاده از مایه تلقیح تیوباسیلوس به همراه گوگرد آلی ۲۲
۱۱-۱- کوددهی با گوگرد ۲۲
۱۲- پیشنهادها (چه باید کرد؟) ۲۴
۱۳- منابع ۲۵

مقدمه

کارشناسان تغذیه گیاه، سه عنصر نیتروژن (N)، فسفر (P) و پتاسیم (K) را که غلظت آن‌ها در برگ‌های گیاهان در حدود ۲/۵، ۰/۱۵ و ۲ درصد است، جزء عناصر اصلی[1]، گوگرد (S)، کلسیم (Ca) و منیزیم (Mg) را جزو عناصر غذایی ثانویه[2] طبقه-بندی کرده‌اند. ولی بنا به دلایل متعدد، ازجمله زیادی غلظت گوگرد در اندام‌های گیاهی (۰/۲۵ درصد)، در مقایسه با فسفر (۰/۱۵ درصد) و نقش بسیار مثبت این عنصر در مواردی مانند افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی و بهبود کمی و کیفی محصولات کشاورزی، اصلاح ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک‌های آهکی و سدیمی و هم‌چنین افزایش نفوذپذیری و کاهش pH و حذف بی‌کربنات از آب آبیاری و نقش بسیار مؤثر و مثبت آن در کاهش تنش‌های شوری و سدیمی، به نظر می‌رسد می‌بایست جایگاه فعلی این عنصر تغییر و در ردیف عناصر اصلی قرار گیرد و مصرف سالانه آن از مصرف کودهای فسفاتی (۷۰۰ هزار تن در سال) فراتر رود. به‌ویژه این نقش در مورد گیاهان روغنی که نیاز زیادی به گوگرد دارند، پررنگ‌تر است. اگر در کنار اهمیت تغذیه‌ای گوگرد، با توجه به قیمت ناچیز آن، به نقش آن در اصلاح خواص خاک توجه ویژه شود، جایگاه گوگرد قطعاً ارتقا خواهد یافت. البته نظر به این‌که شکل قابل جذب گوگرد توسط گیاهان به‌صورت یون سولفات ($SO_4^{=}$) می‌باشد، بنابراین لازم است گوگرد مصرفی در کشور به‌صورت گرانول ذرات میکرونیزه قابل انبساط باشد و حتماً با باکتری‌های اکسیدکننده گوگرد ازجمله انواع گونه‌های مؤثر باکتری‌های جنس تیوباسیلوس تلقیح شده و مصرف گردد تا در خاک و در کنار رطوبت مناسب و شرایط هوازی به‌صورت یون قابل جذب سولفات درآید.

گوگرد (S) یکی از عناصر ضروری برای ادامه حیات موجودات گیاهی و جانوری است. از طرفی میزان نیاز اغلب گیاهان به گوگرد به‌مراتب بیش‌تر از فسفر می‌باشد. گوگرد جزء بسیار مهمی از اسیدهای آمینه (متیونین، سیتئین و سیستین) و تعداد زیادی از ترکیبات آلی فعال‌کننده آنزیمی می‌باشد. نقش‌های عمده گوگرد در گیاهان را می‌توان کمک در ساخته‌شدن اسیدهای آمینه گوگرددار، تشکیل کلروفیل، فعال کردن

1- Macronutrients
2- Secondary nutrients

آنزیم‌های تجزیه‌کننده پروتئین، ساخته شدن بیوتین، بتائین، گلوتامین، تشکیل نیتروژنازها و فعالیت ATP سولفوریلاز دانست. نقش گوگرد در گیاهان را می‌توان علاوه بر افزایش عملکرد، افزایش پروتئین خام، کاهش نسبت نیتروژن به گوگرد (N:S)، کاهش نیترات در علوفه، بهبود کیفیت محصولات زراعی و باغی به‌ویژه بهبود کیفیت نان و خاصیت نانوایی غلات، افزایش تحمل به خشکی و کنترل برخی از عوامل بیماری‌زای خاک دانست (ملکوتی، ۱۳۸۲؛ ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۲). آن‌چه در بارهٔ گوگرد بایستی مدنظر قرار بگیرد این است که استفاده از گوگرد به هر منظوری که باشد (برای اصلاح خاک‌های سدیمی، آهکی و شور و سدیمی، آب آبیاری و یا تغذیه‌ای) فقط زمانی مؤثر و نتیجه‌بخش خواهد بود که به مقدار کافی اکسید شده و به فرم سولفات (SO_4^{-2}) تبدیل شود، در غیر این‌صورت مصرف گوگرد بی‌نتیجه خواهد بود.

نتایج پژوهش‌ها نشان داده است که دانه‌های روغنی در مقایسه با دیگر گیاهان (غلات و بقولات) نیاز بالایی به گوگرد دارند و برای برداشت هرتن دانه روغنی ۱۲ کیلوگرم در هکتار گوگرد نیاز است که این مقدار برای غلات و بقولات چهار و هشت کیلوگرم در هکتار است (IFA, 2000). پژوهش‌ها نشان داده است که کاربرد بهاره گوگرد عنصری برای محصولات همان سال مفید نمی‌باشد و بایستی یک سال پیش به‌کار رود تا بتواند اکسید شود، هم‌چنین کاربرد گوگرد عنصری برای محصولات باید بر اساس آزمایش‌های منطقه‌ای باشد (Nuttall et al., 1993). در یک پژوهش انجام شده در ارتباط با تأثیر گوگرد بر عملکرد کلزا مشخص شد که کاربرد این عنصر باعث افزایش عملکرد معنی‌داری در سطح یک درصد به میزان ۲۸/۴ درصد گردید (جلیلی و همکاران، ۱۳۷۹).

گوگرد برای آن که بتواند خاک را اسیدی کند، باید اکسیده شود. اکسیداسیون گوگرد یا سولفاته شدن عبارت است از تبدیل گوگرد از حالت عنصری (S) به حالت اکسید (SO_4^{-2}) که می‌تواند به دو شکل شیمیایی و بیولوژیکی صورت گیرد. اهمیت اکسیداسیون گوگرد در کشاورزی علاوه بر تبدیل گوگرد به شکل قابل استفاده، در کاهش pH خلاصه می‌شود. pH خاک یکی از فرآیندهایی است که رابطه مستقیم با تعادل یون‌های موجود در خاک دارد. هنگامی‌که pH برای یک سیستم کلوئیدی نظیر خاک اسیدی (که درصد بسیار کمی از خاک‌های کشورمان را تشکیل می‌دهد) بیان

می‌گردد، ضریب تفکیک هیدروژن کمتر از یک می‌باشد و این مقدار بسته به نوع رس و اجزاء مواد آلی متفاوت خواهد بود. در خاک‌های آهکی، غلظت هیدروژن فعال به دلیل نوع و ماهیت عناصر تشکیل‌دهنده آن‌ها، فزونی کربنات کلسیم و کمبود بارندگی و از طرف دیگر تراکم املاح از منابع گوناگون، کم بوده و در محدوده ۷/۸ تا ۸/۲ قرار دارد. بدیهی است که مناسب‌ترین pH در خاک‌های زراعی حدود ۶/۵ است. در pHهای بالاتر، مسائل متعددی از نظرگاه تغذیه گیاهی به‌ویژه دشواری‌هایی در جذب عناصر غذایی ازجمله فسفر و آهن مشاهده می‌شود. بالا بودن pH علاوه بر خاک‌های آهکی، در آب-های آبیاری نیز مسئله‌ساز است. درجه قلیائیت آب‌های آبیاری به مجموع یون‌های کربنات و بی‌کربنات در آب آبیاری بستگی دارد. معمولاً pH چنین آب‌هایی از ۷/۵ بالاتر بوده و اگر یون کربنات در آب موجود باشد، pH حتی از ۸/۳ نیز فراتر خواهد رفت. بالا بودن میزان بی‌کربنات آب‌های آبیاری در کشورمان، موجب ایجاد محدودیت‌های عمده-ای در استفاده از این نوع آب‌ها می‌شود. استفاده از گوگرد به شکل صحیح (گوگرد همراه با مایهٔ تلقیح تیوباسیلوس و یا استفاده از دستگاه گوگردسوز) بهترین روش پیشنهادی برای مقابله با مشکلات خاکی، آبی و تغذیه‌ای کشورمان در شرایط فعلی است.

مهم‌ترین میکروارگانیسم اکسیدکننده گوگرد باکتری‌های تیوباسیلوس هستند. این باکتری‌ها با اکسیداسیون ترکیبات گوناگون گوگردی ازجمله گوگرد عنصری، علاوه بر کسب انرژی، گوگرد را به شکل مؤثر برای اصلاح خاک‌ها و استفاده گیاهان در می‌آورند. تحقیقات نشان می‌دهد استفاده توأم گوگرد، تیوباسیلوس و مواد آلی نسبت به گوگرد تنها، اکسیداسیون را تا ۱۱ برابر افزایش می‌دهد. به دلایل گوناگونی ازجمله کمی رطوبت، مواد آلی و هم‌چنین عدم استفاده از گوگرد در گذشته، جمعیت باکتری‌های تیوباسیلوس در اغلب خاک‌ها چندان قابل توجه نمی‌باشد. بدین جهت تولید مایهٔ تلقیح تیوباسیلوس در کشور راه‌اندازی شده است که بایستی مدنظر مسئولین و کشاورزان عزیز قرار گیـــرد.

گوگرد جزء ترکیبات بی‌شماری از جمله اسیدهای آمینه و در نتیجه پروتئین‌هاست. گوگرد در تشکیل سبزینه گیاهی و در ساختمان پروتئین گیاهان شرکت دارد. مهم‌ترین نقشی که گوگرد در گیاهان ایفا می‌کند شرکت در اسیدهای آمینه ضروری سیستئین و

متیونین می‌باشد. بنابراین نقشی اساسی در سنتز پروتئین ایفا نموده و حضور این عنصر می‌تواند باعث افزایش پروتئین دانه گردد (Asghar Malik et al., 2004). نسبت نیتروژن به گوگرد در پروتئین‌های گیاهی تقریباً ۱۵ به ۱ است. سالانه بیش از یک میلیون تن گوگرد عنصری در کشور تولید می‌شود که استفاده از آن در خاک‌های آهکی می‌تواند باعث بهبود تغذیه گیاهان شود (Besharati and Saleh-Rastin, 1999). مصرف گوگرد جهت تأمین سولفات مورد نیاز گیاه یا بهبود وضعیت تغذیه‌ای گیاه در خاک‌های آهکی وقتی مؤثر و ثمربخش خواهد بود که پس از استفاده به مقدار قابل توجهی در خاک اکسید گردد (Besharati and Saleh-Rastin, 2000).

۱- اثر تلقیح خاک با باکتری‌های جنس تیوباسیلوس

تلقیح خاک‌ها با تیوباسیلوس‌ها، سرعت اکسیداسیون گوگرد را افزایش می‌دهد. در یک آزمایش، تلقیح تیوباسیلوس تیواکسیدانس به خاک تیمار شده با گوگرد، باعث کاهش سریع pH خاک شد. در آزمایش دیگری که در شرکت نفت ایران انجام شد، باکتری‌های تیوباسیلوس در طی ۴۰ روز، pH خاک را به میزان یک واحد کاهش دادند (یخچالی، ۱۳۶۶)، البته چنین کاری برای بیشتر خاک‌های کشاورزی ضروری نیست، زیرا در این خاک‌ها جمعیت کافی از اکسیدکننده‌های گوگرد وجود دارد. نتایج پژوهش نشان داد که تلقیح تعدادی از خاک‌های استرالیا، با باکتری‌های تیوباسیلوس تیواکسیدانس و تیوباسیلوس تیوپاروس، سرعت اکسایش گوگرد را افزایش داد. پژوهشگران بر این عقیده‌اند که نتایج تلقیح زمانی چشم‌گیر است که سعی شود به خاک‌های سدیک، گوگرد و باکتری اضافه شود، چرا که بعضی از خاک‌های سدیک دارای جمعیت‌های ناکافی از باکتری‌های اکسیدکننده گوگرد هستند (Tyagi et al., 1994; Feig, 1973). هم‌چنین نتایج تحقیقات نشان داده است که همراه با تلقیح تیوباسیلوس به خاک، افزودن کود حاوی نیتروژن می‌تواند از رقابت بین باکتری و گیاه بکاهد، چرا که اکسیدکننده‌های اتوتروف گوگرد مانند تیوباسیلوس-تیوپاروس و تیوباسیلوس‌تیواکسیدانس می‌توانند باعث کاهش جزئی نیتروژن قابل دسترس گیاه شوند (Freney et al., 1970).

۱-۱- اثر شوری بر فعالیت باکتری‌های اکسیدکننده گوگرد

شوری از دو طریق اثر اسمزی و اثر ویژه یونی روی باکتری‌های اکسیدکننده گوگرد تأثیر می‌گذارد. نمک‌های محلول، موجب افزایش فشار اسمزی خاک و محیط زندگی باکتری‌های اکسیدکننده گوگرد می‌شوند. با افزایش فشار اسمزی محلول خاک، آب سیتوپلاسم باکتری، تمایل به خروج از سلول پیدا می‌کند و موجب پلاسمولیز و مرگ باکتری می‌گردد. از طرف دیگر، در سطوح پایین شوری، افزایش فشار اسمزی محلول خاک موجب اختلال در جذب آب توسط باکتری‌های اکسیدکننده گوگرد می‌گردد. باکتری‌های اکسیدکننده گوگرد خود را با سطوح پایین شوری خاک و افزایش کم‌فشار اسمزی محلول خاک، از طریق سنتز و تجمیع اسمولیت‌ها سازگار می‌کنند، اما ساخت اسمولیت‌ها مقادیر زیادی انرژی می‌طلبد و صرف این مقدار انرژی توسط باکتری برای ساخت اسمولیت‌ها موجب کاهش رشد و تکثیر باکتری می‌گردد. مهم‌ترین اسمولیت-های آلی شامل پرولین و اسمولیت‌های غیرآلی شامل پتاسیم است. نتایج بسیاری از مطالعات نشان می‌دهد که شوری خاک موجب کاهش زیست‌توده، فعالیت و ساختار باکتری‌های اکسیدکننده گوگرد می‌گردد. شوری، زیست‌توده میکروبی را از طریق خشک شدن سیتوپلاسم باکتری و مرگ باکتری کاهش می‌دهد. برخی مطالعات حاکی از کاهش تنفس خاک با افزایش هدایت الکتریکی محلول خاک بوده است. گزارش شده است که زمانی که شوری عصاره یک به پنج خاک به پنج دسی زیمنس بر متر رسید، تنفس خاک ۵۰ درصد کاهش یافت (Nan et al., 2015).

۱- ۲- ضرورت افزایش ماده آلی خاک

بر اساس آمارهای موجود، در بیش از ۶۰ درصد اراضی کشاورزی کشور، میزان کربن آلی خاک کمتر از یک درصد می‌باشد. در حالی که حد مطلوب کربن آلی خاک برای دستیابی به تولید پایدار بایستی دو تا سه درصد باشد (صفری سینجانی، ۱۳۸۳) طبق سند چشم‌انداز، وزارت جهاد کشاورزی موظف است میزان ماده آلی خاک را تا یک درصد افزایش دهد و برنامه ریزی‌های لازم را در این مورد انجام دهد. میزان ماده آلی خاک ارتباط مستقیمی با میزان عملکرد گیاه دارد، به‌طوری‌که با افزایش هر یک درصد کربن آلی خاک، میزان افزایش تولید محصولات کشاورزی در کشورهای در حال توسعه می‌تواند ۳۰ تا ۵۰ میلیون تن در سال افزایش یابد. متأسفانه، وضعیت ماده آلی خاک در

اکثر اراضی کشاورزی در حد بحرانی می‌باشد و توجه به این امر می‌تواند در افزایش پتانسیل تولید در اراضی کشاورزی سهم به سزایی داشته باشد (سماوات، ۱۳۸۹). مصرف روزافزون کودهای شیمیایی و برگشت ندادن بقایای گیاهی به خاک و سوزاندن آن، سالیانه از مقدار ماده آلی ناچیز خاک‌های ایران کاسته است و خاک را به کلوخه‌های غیرقابل نفوذ و غیرقابل کشت تبدیل نموده است. در چنین شرایطی، استفاده از شیوه‌های مدیریتی متناسب با هر منطقه بوم‌شناختی، می‌تواند در به مرحله اجرا درآوردن اهداف مربوط به ارتقای کیفیت خاک، تسریع به‌عمل آورد. در سال‌های اخیر، آمار پرشماری حاکی از کاهش شدید مواد آلی در خاک‌های زراعی ایران بوده است اکثر اندازه‌گیری‌هایی که در سال‌های اخیر در مورد مقدار این مواد در خاک‌های مختلف انجام شده حاکی از آن است که متوسط میزان مواد آلی خاک در حد بحرانی است. چنین وضعیتی در خاک‌های کشور بی‌تردید توان تولید خاک‌ها را محدود کرده و دستیابی به اهداف افزایش تولید و پایداری آن را بسیار دشوار و حتی دست نیافتنی می‌نماید. در سیستم زنده خاک، مواد آلی نقشی مشابه خون در رگ‌های یک پیکر زنده برای تغذیه سلول‌ها و بافت‌های گوناگون آن و یا نقشی معادل مواد سوختی و انرژی‌زا را به عنوان نیروی محرکه لازم برای گردش در آوردن چرخه‌های حیاتی بر عهده دارد. مشکل اصلی سیستم مزبور نیز از شدت همین وابستگی منشاء می‌گیرد، زیرا در درون خاک، عدم تعادل بسیار شدیدی بین تولید و مصرف مواد آلی انرژی‌زا وجود دارد. اکثریت اعضای جامعه زنده خاک را مصرف‌کننده‌ها و تجزیه‌کننده‌ها و هتروتروف‌ها تشکیل می‌دهند و تولیدکننده‌ها (اتوتروف‌ها) در اقلیت بسیار کوچکی قرار دارند. بنابراین کمک به برقراری توازن بین تولید و مصرف، از طریق تأمین پیوسته و متعادل مواد آلی به درون سیستم، از شرایط اصلی حیات، پویایی و پایداری و بالاخره بازدهی یا بارخیزی مطلوب آن به حساب می‌آید. با توجه به این که ماده آلی قلب کشاورزی پایدار تلقی می‌شود، ضرورت افزایش تدریجی میزان مواد آلی خاک‌های ایران بیش از پیش احساس می‌شود. از این روست که می‌بایست با استفاده از کلیه منابع ماده آلی و هم-چنین بهبود مدیریت کشت و کار، میزان ماده آلی خاک‌های کشور را افزایش داد تا تولیدات کشاورزی پایدار گردد و خاک قدرت باروری خود را حفظ نماید. نتیجتاً حیات خاک به وجود ماده آلی به عنوان منبع انرژی خاک بستگی دارد و بدون ماده آلی،

چیزی جز شن و سیلت و رس در یک کالبد بی‌جان نیست و تداوم تولید و پایداری کشت بدون ماده آلی غیرممکن است. از این‌رو باید از هر روشی که بتواند اندک کمکی به افزایش و یا نگهداری ماده آلی در خاک نماید، استقبال نمود. منابع عمده مواد آلی مورد استفاده در کشاورزی شامل انواع کودهای دامی، کمپوست پسماند شهری و ضایعات کشاورزی است که هرکدام از این منابع، مقدار و زمان مصرف آن بسیار متغیر می‌باشد و نیاز به پژوهش‌های بیشتری دارند. بنابراین با توجه به مطالب ارائه شده، چنین نتیجه‌گیری می‌شود که استقرار و کارایی باکتری‌های اکسیدکننده گوگرد کاملاً وابسته به میزان ماده آلی خاک است و برای حصول به حداکثر کارایی این باکتری‌ها می‌بایست از راه‌های گوناگون نسبت به افزایش ماده آلی خاک، اقدام نمود.

۲- اکسایش گوگرد و پیامدهای آن

گوگرد عنصری و یا گچ، برای اصلاح خاک‌های سدیمی و خارج کردن سدیم جذب سطحی شده آن‌ها و جایگزینی کلسیم به کار می‌روند. ترکیبات گوگردی که با اکسیدشدن می‌توانند pH خاک را کاهش دهند، عبارت‌اند از: گوگرد عنصری، پلی-سولفیدآمونیوم، پلی‌سولفیدکلسیم، دی‌اکسید گوگرد (گاز مایع حاوی ۵۰٪ گوگرد)، تیوسولفات‌آمونیوم، بی‌سولفات‌آمونیوم و پیریت. مخلوط ۹۰٪ گوگرد عنصری و ۱۰٪ بنتونیت یا آهک نیز اثرات کاربردی خوبی دارد. این ترکیبات اسیدزا، توانایی نفوذ آب در خاک‌های سدیک را دو برابر می‌کنند و قابلیت استفاده مواد غذایی را افزایش می‌دهند.

اکسایش ترکیبات گوگردی، به‌ویژه گوگرد عنصری از حوادث مهم اکوسیستم‌هاست. چرا که محصول نهایی این عمل یعنی سولفات، باعث اسیدی شدن خاک می‌شود. از دیرباز گوگرد عنصری برای کاهش pH خاک و بهبود ویژگی زهکشی خاک‌ها، به کار برده می‌شد. کاهش شدید pH خاک به‌وسیله اکسایش بیش از حد ترکیبات گوگردی در معادن سولفیدی و در خاک‌هایی که به آن‌ها ترکیبات گوگردی زیادی افزوده شده باشد رخ می‌دهد (Rehm et al., 1969; Khurana et al., 1995; Tyagi et al., 1994). مقدار گوگردی که معمولاً برای اصلاح خاک‌ها به کار می‌رود ۱۵۰۰ تا ۲۵۰۰ کیلوگرم در هکتار است. در یک آزمایش، کاهش pH خاک از ۱۰/۶ به ۹/۲، باعث افزایش محصول

تا سه برابر شد و در هند پخش کردن ۱۹۵۰۰ تن پیریت در سطح ۵۰ هزار هکتار از خاک‌های سدیک، باعث تولید ۲۰۰ هزار تن مواد غذایی اضافی شد. نتایج پژوهش نشان داده است که گوگرد در مقادیر کمتر از ۵ درصد وزنی خاک سطحی را می‌توان به خاک‌های آهکی حاوی ۳۰ درصد وزنی کربنات کلسیم اضافه کرد، بدون آن‌که تأثیر سوء بر راندمان رشد گیاه داشته باشد (Tyagi et al.,1994). افزودن ۲ گرم گوگرد عنصری پودر شده به یک مترمکعب خاک لؤم شنی با pH اولیه ۶/۲ در طی ۵۲ هفته، باعث کاهش pH به‌اندازه ۲/۵ واحد شد، البته اکسایش ترکیبات معدنی گوگردی خاک، می‌تواند به علت ظرفیت بافری بالای خاک‌های آهکی به آهستگی صورت گیرد.

این امر با افزودن حتی ۲/۵ درصد وزنی گوگرد به خاک‌ها نیز مشهود بوده است (Laishley et al., 1988). پژوهشگران، مقدار ۱ درصد وزنی۱ گوگرد را به دو خاک لؤم شنی یکی با pH اولیه ۸/۶ و دیگری با pH اولیه ۱۰/۲ افزودند و پس از گذشت زمان، pH خاک در سوسپانسیون یک به دو نسبت خاک به آب اندازه‌گیری شد. پس از گذشت ۵۰ روز، خاک با pH برابر ۸/۶، به میزان ۵/۶ واحد کاهش یافت و به ۳ رسید و خاکِ دیگر، در مدت ۱۰۰ روز ۲/۲ واحد کاهش در pH را نشان داد (Rupela and Taura, 1976). یک مثال چشم‌گیر دیگر در این زمینه مربوط به اثر گوگرد عنصری بر روی اکوسیستم جنگل‌های آلبرتای کانادا می‌باشد، که گوگرد تولید شده توسط صنایع گوناگون وارد این اکوسیستم شده و باعث کاهش شدید pH و در نتیجه کاهش و دگرگونی رشد گیاهان شده است (Tabatabai and Singh, 1976).

گزارش شده است که تغییر غلظت گوگرد در خاک از ۴۱۰۰ میکروگرم در گرم به ۵۱۴۰۰، باعث کاهش pH خاک از ۴/۴ به ۲/۴ شده است و این امر باعث افزایش جمعیت باکتری تیوباسیلوس تیواکسیدانس شده است (Mynard et al., 1986). در خاک‌های جنگلی مشاهده شده است که افزایش گوگرد عنصری باعث کاهش بیوماس میکروبی می‌شود، که این امر با کاهش pH ارتباط مستقیم دارد و به موازات آن، قدرت معدنی کردن گلوکز، توسط جامعه میکروبی کاهش می‌یابد (Visser and Parkinson, 1986). در آزمایش دیگری، افزودن ۲۵ گرم گوگرد به کیلوگرم خاک، باعث کاهش ۰/۵ واحد pH خاک و افزایش ۱۰ برابر غلظت سولفات خاک، طی ۵۰ روز رشد گردید (Lettl et al., 1981).

هم‌چنین مشخص شده است که اکسایش گوگرد، نیتریفیکاسیون خاک را کاهش می‌دهد (Kuenen, 1998; Vaduvanshi et al., 1995).

۳- پنبه[1]

پنبه در اکثر نقاط جهان که تعداد روزهای بدون یخبندان آن ۱۸۵ و یا بیشتر باشد، کشت می‌شود. بهترین خاک برای کشت این محصول، خاک‌های حاصلخیز رسوبی آبرفتی است. بازده[2] وش اصولاً تابع تعداد غوزه‌های پنبه در واحد سطح ، اندازه غوزه‌ها و نسبت وش به دانه در غوزه است. کیفیت پنبه به ویژگی‌های الیاف و میزان مواد زائد یا خارجی در وش بستگی دارد. روش‌های زراعی از قبیل انتخاب رقم مناسب و سازگار منطقه، زمان کاشت، میزان بذر مورد استفاده در واحد سطح، روش‌های خاک‌ورزی، روش‌های آبیاری، حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه، آفات، بیماری‌ها و مدیریت آن‌ها، تنظیم‌کننده‌های رشد گیاه و عوامل ژنتیکی از مواردی هستند که تأثیر بسیار زیادی بر عملکرد پنبه و کیفیت الیاف آن دارد. ویژگی‌هایی از قبیل استحکام الیاف که با محاسبه نیروی لازم برای از هم گسستن یک دسته کوچک آن به دست می‌آید، مایکرونر[3] یا معیار ظرافت الیاف که از طریق تعیین میزان جریان هوا از یک نمونه کوچک از الیاف محاسبه می‌شود و یکنواختی و اندازه طول الیاف، معیار سنجش کیفیت عدل پنبه را برای کارخانه‌های نساجی به دست می‌دهد (بی‌نام، ۱۳۷۸).

۳-۱- تاریخچه کشت پنبه در ایران

در ایران کشت این گیاه از زمان‌های بسیار گذشته معمول بوده و سوابق تاریخی نشان می‌دهد که در قدیم پوشاک پنبه‌ای در کشور ما رواج داشته است و در کتب تاریخی نیز از پنبه‌زارهای ایران سخن به میان آمده است. پنبه آمریکایی اپلند[4] با الیاف متوسط در عصر قاجاریه به ایران آورده شده و بعد به دستور صدراعظم وقت ایران، میرزا

1- Cotton
2- Efficiency
3- Micronaire
4- Upland-Cotton

تقی‌خان امیرکبیر مقدار بیشتری از بذر آن وارد و برای کشت بین زارعین توزیع شد (سید معصومی و همکاران، ۱۳۷۷). سطح زیر کشت پنبه کشور حدود ۱۶۰ هزار هکتار برآورد شده است که ۸۹/۷۹ درصد آن آبی و بقیه به‌صورت دیم کشت می‌گردد. میزان تولید پنبه در کشور حدود ۳۶۳ هزار تن برآورد شده است که ۹۴/۵ درصد آن از مزارع آبی پنبه به دست آمده است. راندمان تولید پنبه اراضی آبی کشور ۲۳۹۹ کیلوگرم و اراضی دیم ۱۲۲۰ کیلوگرم در هکتار است. بیش‌ترین و کم‌ترین عملکرد پنبه‌آبی به ترتیب با ۳۳۱۸ و ۱۶۵۹ کیلوگرم متعلق به استان‌های آذربایجان شرقی و قم می‌باشد. بیش‌ترین و کم‌ترین عملکرد در هکتار پنبه دیم به ترتیب ۱۳۲۰ و ۳۹۰ کیلوگرم به استان‌های گلستان و خراسان رضوی تعلق دارد (آمارنامه کشاورزی، ۱۳۸۵).

۳-۲- ویژگی‌های گیاه‌شناسی پنبه

پنبه گیاهی است دولپه‌ای که متعلق به جنس گوسیپیوم[1] و تیره مالواسه[2] است (Moconnell et al., 1992). این گیاه دارای یک ریشه اصلی است که در شرایط گوناگون، عمق نفوذ و طول آن در خاک متفاوت می‌باشد. طول ریشه در انواع مختلف و شرایط متفاوت جوی معمولاً بین ۴۰ تا ۶۰ سانتی‌متر و گاهی اوقات ۱/۲۰ تا حداکثر ۳ متر می‌رسد. پوست ریشه خیلی قوی‌تر و قطورتر از پوست ساقه است و ریشه تقریباً به‌طور عمودی در خاک فرو رفته، خیلی سریع توسعه یافته و ریشه‌های فرعی ایجاد می‌نماید. در خاک‌های خشک و شنی به‌طور کاملاً عمودی در خاک وارد شده و طول آن زیاد می‌شود، ولی در مناطق با خاک‌های سنگین، ریشه تقریباً در سطح خاک قرار می‌گیرد (نظیفی و همکاران، ۱۳۸۴).

ساقه اصلی در امتداد ریشه اصلی قرار دارد. در بیش‌تر انواع فقط یک ساقه اصلی وجود داشته و در اطراف ساقه اصلی تعدادی شاخه فرعی به‌وجود می‌آید. رنگ ساقه قهوه‌ای مایل به زرد است که هرچه سن گیاه زیادتر شود، رنگ ساقه مایل به قرمز شده، چوب ساقه محکم‌تر و قوی‌تر می‌شود. طول ساقه در انواع مختلف و شرایط محیط کشت

1- Gossypium
2- Malvaceas

متفاوت بوده و بین ۶۰ تا ۱۳۰ سانتی‌متر تغییر می‌نماید. از ساقه اصلی پنبه دو نوع شاخه فرعی خارج می‌شود که عبارت‌اند از:

الف- شاخه‌های رویشی که حامل برگ بوده و معمولاً به تعداد ۳ تا ۴ شاخه از روی ساقه اصلی به وجود می‌آیند. این شاخه‌ها به شاخه‌های رشدکننده یا تولیدکننده برگ[1] موسوم‌اند.

ب- شاخه‌های مولد میوه[2]: که خیلی نازک‌اند و معمولاً به‌صورت افقی قرار می‌گیرند و در انتهای این شاخه‌ها گل به‌وجود می‌آید که پس از تلقیح و رشد کافی تبدیل به میوه می‌گردند. در روی هر شاخه مولد میوه یک گل و گاهی اوقات دو گل به وجود می‌آید (خواجه پور، ۱۳۶۵).

میوه پنبه که به غوزه یا کپسول معروف است، در حقیقت تخمدان گیاه است که پس از تلقیح به سرعت رشد کرده و بزرگ می‌شود. هر کپسول نسبت به گونه و رقم از تعداد ۳، ۴، ۵ و ۷ برچه[3] تشکیل یافته است (سید معصومی و همکاران، ۱۳۷۷).

۳-۳- بوم‌شناسی گیاه پنبه

برای تولید پنبه با کیفیت مناسب و ارزش تجارتی بالا توصیه می‌شود که کشت پنبه در مناطق گرم انجام شود. اگر سرما و یا بارندگی در زمان برداشت (اوایل پاییز) شروع شود، امکان بهره‌برداری کافی از تمامی محصول این گیاه فراهم نبوده و پنبه تولید شده هم، ارزش تجارتی و نساجی کم‌تری خواهد داشت. بنابراین باید پنبه را در مناطقی کشت کرد که آب وهوا از هر نظر برای رشد و نمو و برداشت آن مناسب و محصول تولید شده از نوع مرغوب و با ارزش تجارتی و نساجی بالائی باشد. پنبه در دنیا بین مدار ۴۲ درجه عرض شمالی و ۴۰ درجه عرض جنوبی به صورت گیاه یک‌ساله رشد کرده و محصول کافی تولید می‌نماید. حتی در ناحیه اکراین با ۴۷ درجه عرض شمالی نیز کشت می‌گردد. پنبه از سطح دریا تا ارتفاع ۱۲۰۰ متری به‌خوبی رشد کرده و محصول کافی می‌دهد. برخی از رقم‌های آن تا ارتفاع ۱۸۰۰ متری نیز رشد می‌کنند (نظیفی و

1- Vegetative Branch
2- Branches Fructiferous
3- Carpel

همکاران، ۱۳۸۴). به‌طور کلی برای تولید پنبه‌ای که ارزش تجارتی آن بالا و مقدار محصول آن قابل ملاحظه باشد باید نسبت به عوامل زیر توجه گردد.

- سرما و یخبندان: یکی از عوامل مهم بازدارنده و توقف رشد و نمو پنبه، سرما و یخبندان است که در طول دوره رشد نباید به هیچ‌وجه گیاه در معرض سرما قرار گیرد، زیرا پنبه به علت حساسیت شدیدی که در برابر سرما دارد، نه تنها محصول کافی تولید نمی‌کند بلکه الیاف آن نیز کیفیت خوبی نخواهد داشت.
- در زمان کاشت، جوانه‌زنی، رشد و استقرار اولیه گیاه، درجه حرارت باید حدود ۱۳ تا ۱۵ درجه سانتی‌گراد باشد.
- در طول دوره رشد پنبه که معمولاً حدود ۱۸۰-۲۰۰ روز است درجه حرارت در تابستان نباید کمتر از ۲۰-۲۲ (به‌طور متوسط ۲۵) درجه سانتی‌گراد باشد. حدود ۴ تا ۵ ماه از دوره رشد، این گیاه به حرارت ۲۵ درجه نیاز دارد.
- حرارت هوای منطقه در بهار معتدل و باران به‌صورت رگبار نبارد.
- در زمان گلدهی، رسیدن و باز شدن کپسول‌ها، آفتاب و نور کافی وجود داشته باشد.
- آب کافی برای آبیاری پنبه موجود و هوای منطقه در تابستان خشک نباشد.
- در تابستان، به‌ویژه موقع تلقیح و رسیدن میوه‌ها، باد خشک و شدید اتفاق نیفتد و آسمان صاف و بدون ابر باشد.
- در مناطقی که باران نسبتاً زیادی می‌بارد در موقع رسیدن کپسول و برداشت محصول، مقدار رطوبت هوا و باران کمتر باشد (Moconnell et al., 1992).

۳-۴- اهمیت اقتصادی پنبه

پنبه گیاهی منحصر به فرد است که در بسیاری از تحولات تاریخی جوامع بشری نقش داشته و از معدود گیاهانی است که در دنیای قدیم و جدید اهلی شده است. پنبه کانون موفقیت انقلاب صنعتی شمال اروپا بود و در توسعه امپراتوری استعماری تأثیر عمده‌ای به جای گذاشت. پنبه در توسعه برخی از فنّاوری‌ها نیز منشأ اثر بوده است. ماشین پنبه پاک‌کنی که الیاف را از بذر جدا می‌کرد، این امکان را فراهم آورد که الیاف

پنبه در خدمت توده مردم قرار گیرد. پنبه گیاهی است که منبع الیاف و منشأ غذا برای انسان و دام است. الیافی که از پنبه حاصل می‌شود یک ماده خام صنعتی است و بنابراین یک منبع قابل‌تجدید زراعی برای رقابت با الیاف مصنوعی در صنعت نساجی محسوب می‌شود. پنبه نه تنها تأمین‌کننده الیاف برای صنعت نساجی است بلکه به عنوان یک دانه روغنی، مقام دوم را در جهان داراست. پنبه در اقتصاد و سیاست جهان، نقش عمده داشته هرچند امروزه تجارت غلات و رقابت الیاف مصنوعی با پنبه موجب شده است که این گیاه اهمیت نسبی خود را از دست بدهد، اما مصرف جهانی آن همچنان رو به افزایش است و در آینده در عرصه تجارت جهانی کماکان یک کالای با ارزش خواهد بود (نظیفی و همکاران، ۱۳۸۴).

۴- نقش گوگرد در تغذیه گیاه

گیاهان ازجمله پنبه به اندازه فسفر و حتی بیشتر از آن، به گوگرد نیاز دارند. گوگرد در ساختمان سیستین، سیستئین، متیونین، اسیدهای آمینه و پروتئین گیاه وجود دارد. هم‌چنین در فعال کردن آنزیم‌های گیاهی و برخی ویتامین‌ها ازجمله ویتامین A نقش دارد. نتایج نشان داده است که گوگرد در افزایش درصد روغن گیاهانی چون سویا و پنبه نقش مثبت داشته است. نتایج پژوهش‌ها نشان داده که به ازای هر ۱۵ قسمت نیتروژن، یک قسمت گوگرد می‌بایست در گیاه وجود داشته باشد، تا گیاه ازنظر ویژگی‌های کمی و کیفی در حد نرمال باشد (Mullins,1996). پنبه از گیاهانی است که گوگرد بیشتری در مقایسه با فسفر نیاز دارد چرا که بذرهای پنبه که حاوی مقادیر بالائی پروتئین است، از گوگرد غنی هستند. برای تولید ۱۰۰ کیلوگرم الیاف پنبه، به ۲/۵ کیلوگرم گوگرد نیاز بوده و از کل مقدار گوگرد که گیاه جذب می‌کند، نصف آن در بذر وجود دارد (Mullins,1996).

۴-۱- آزمون خاک

حد بحرانی گوگرد در خاک با روش عصاره‌گیری با مونوکلسیم فسفات ۱۵ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک می‌باشد. به عبارت دیگر خاک‌هایی که کمتر از ۱۵ میلی‌گرم در کیلوگرم گوگرد قابل جذب دارند، نیاز به اضافه کردن کودهای حاوی گوگرد دارند. منتها به دلیل فقر خاک‌های کشور از لحاظ مواد آلی، مصرف گوگرد عنصری حتماً بایستی همراه با مواد آلی، باکتری‌های اکسیدکننده گوگرد (تیوباسیلوس) به صورت عمقی و در جوار رطوبت مناسب باشد.

۴-۲- تجزیه برگ

حد بحرانی گوگرد در برگ توسط پژوهشگران گوناگون حدود ۰/۳۰ درصد در مرحله ابتدای ظهور غنچه‌های گل گزارش شده است. به‌طور کلی جدول یک برای تعیین وضعیت تغذیه‌ای گوگرد پیشنهاد می‌شود.

جدول ۱- درصد گوگرد در ماده خشک برای تعیین وضعیت تغذیه‌ای گوگرد
(Graziano and Perelli,1999)

نوع برگ	حدود طبیعی	حدود کمبود
جوان	۱/۳۳	۰/۲۰
پیر	۰/۷۵	۰/۴۰

نتایج پژوهش نشان می‌دهد بین گوگرد و فسفر اثر متقابل (مثبت) وجود دارد. ارقام مندرج در جدول ۲ گویای این امر مهم است.

جدول ۲- اثر متقابل بین گوگرد و فسفر در پنبه (Graziano and Perelli,1999)

تیمار	درصد گوگرد در برگ
شاهد (Control)	۰/۲۲
فسفر + گوگرد (P+S)	۰/۲۵
دو برابر فسفر + دو برابر گوگرد (2P+2S)	۰/۲۸
چهار برابر فسفر + چهار برابر گوگرد 4P+4S	۰/۴۰

۵- علائم کمبود گوگرد در پنبه

مشخص‌ترین علائم کمبود گوگرد در پنبه، ظهور برگ‌های رنگ پریده (سبز روشن) در قسمت‌های بالائی بوته است. تحت شرایط کمبود شدید گوگرد، رشد زایشی بوته پنبه متوقف و رشد شاخه‌های جانبی به شدت کاهش می‌یابد. علائم کمبود گوگرد معمولاً با علائم کمبود سایر عناصر غذائی در پنبه اشتباه می‌شود. بنابراین بایستی جهت مشخص شدن کمبود از تجزیه خاک، تجزیه گیاه، آزمایش‌های گلدانی و مزرعه‌ای استفاده نمود. نتایج پژوهش‌های گوناگون نشان می‌دهد مقادیر قابل جذب کمتر از ۱۵ میلی‌گرم در کیلوگرم گوگرد قابل‌جذب خاک (عصاره گیری با مونوکلسیم فسفات) باعث بروز کمبود گوگرد در پنبه می‌شود. تجزیه گیاه نیز از روش‌های مهم جهت تشخیص وضعیت تغذیه‌ای گوگرد در گیاه است. نتایج پژوهش‌های گوناگون، حد بحرانی گوگرد را در برگ برای پنبه ۲۵۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم (۰/۲۵ درصد) در مرحله ابتدای ظهور غنچه‌های گل گزارش می‌کنند. زیادی فسفر، کلسیم و منیزیم کمبود گوگرد در گیاهان من‌جمله پنبه را تشدید می‌نماید (شکل ۱).

شکل ۱- علائم کمبود گوگرد در پنبه

۶- رابطه ویژگی‌های خاک و قابلیت جذب گوگرد

ظرفیت و جذب گوگرد در خاک با افزایش pH کاهش می‌یابد. ضمناً با افزایش میزان فسفات نیز قابلیت جذب گوگرد توسط ذرات رس کاهش می‌یابد. عواملی که روی قابلیت جذب گوگرد در خاک تأثیر می‌گذارند عبارت‌اند از میزان اولیه گوگرد در خاک و دیگری شرایطی است که باعث شستشوی گوگرد از خاک می‌شود. تحت شرایط بارندگی‌های شدید، میزان قابلیت جذب گوگرد در خاک پائین خواهد بود. ماده آلی خاک نیز یکی از منابع گوگرد آلی خاک می‌باشد که در اثر معدنی شدن، گوگرد به‌صورت قابل‌جذب وارد محلول خاک می‌گردد. (Barton and Hanson,1982).

۷- تأثیر کاربرد گوگرد بر میزان پروتئین پنبه‌دانه

مصرف کودهای گوگردی علاوه بر اصلاح ویژگی‌های شیمیایی خاک (کاهش pH) و افزایش عملکرد محصولات کشاورزی، سبب افزایش درصد پروتئین دانه پنبه می‌شود و کیفیت تغذیه‌ای کنجاله پنبه را برای دام بالا می‌برد. در کیفیت تغذیه‌ای علوفه، همانطوری‌که قبلاً ذکر گردید نسبت N/S حائز اهمیت فراوان می‌باشد. این نسبت برای رشد مناسب گیاهان حدود ۱۵ می‌باشد. با توجه به این‌که قسمت اعظم گوگرد موجود در بذر به‌صورت اسیدهای آمینه حاوی گوگرد مثل متیونین، سیستئین و سیستین موجود در پروتئین‌هاست، مصرف گوگرد باعث افزایش غلظت اسیدهای آمینه مزبور در بذر پنبه می‌شود (Mullins,1996).

۸- اثر گوگرد بر وزن‌تر گیاه، محتوای گوگرد و نیتروژن برگ و عملکرد وش پنبه

در شرایط کمبود گوگرد، جلوگیری از ساختن پروتئین با انباشتگی نیتروژن آلی و نیترات، همبستگی دارد. میزان سولفات در گیاهان مبتلا به کمبود گوگرد، بسیار اندک است. بنابراین، میزان سولفات گیاه در مقایسه با میزان کل گوگرد، معرف حساس‌تری برای وضعیت غذایی گیاه، از نظر گوگرد است. کمبود گوگرد، مانند هنگام کمبود نیتروژن، منجر به زردی برگ می‌شود. به هرحال، برخلاف نیتروژن، گوگرد به‌طور یکنواخت، میان برگ‌های قدیم و جدید توزیع می‌شود و میزان آن، به همین ترتیب نیز

در برگ‌های جوان و پیر، تحت اثر میزان سولفات قرار می‌گیرد. افزون بر این، توزیع گوگرد در گیاهان مبتلا به کمبود آن نیز تحت تأثیر میزان نیتروژن قرار می‌گیرد. نشانه‌های کمبود گوگرد، ممکن است در برگ‌های جوان (نیتروژن فراوان) و یا در برگ‌های پیر (نیتروژن اندک) رخ دهد، این امر نشان می‌دهد که دامنه جابجایی دوباره گوگرد، از برگ‌های پیر، به میزان ظهور پیری در برگ در اثر کمبود نیتروژن بستگی دارد. نتایج مطالعه اثر غلظت سولفات (میلی‌گرم در لیتر) در محلول غذایی بر وزن خشک (گرم در بوته) گیاه پنبه و محتوای گوگرد و نیتروژن برگ پنبه (درصد وزن خشک) در جدول ۳ درج شده است.

جدول ۳- اثر غلظت سولفات (میلی‌گرم در لیتر) در محلول غذایی بر وزن خشک (گرم در بوته) گیاه پنبه و محتوای گوگرد و نیتروژن برگ پنبه (درصد وزن خشک) (Marshner.1986)

غلظت سولفات در محلول غذایی	وزن خشک برگ	سولفات برگ	گوگرد آلی برگ	نیتروژن نیتراتی برگ	نیتروژن آلی محلول برگ	نیتروژن پروتئینی برگ
۰/۱	۱/۱	۰/۰۰۳	۰/۱۱	۱/۳۹	۲/۲۳	۰/۹۶
۱	۲/۴	۰/۰۰۳	۰/۱۲	۱/۳۷	۲/۲۱	۱/۲۸
۱۰	۳/۴	۰/۰۰۹	۰/۱۷	۰/۰۶	۱/۱۹	۲/۵۶
۵۰	۴/۷	۰/۱۰	۰/۲۶	۰/۰۰	۰/۵۱	۳/۲۵
۲۰۰	۴/۷	۰/۲۶	۰/۲۵	۰/۱۰	۰/۴۵	۳/۲۰

نتایج یک آزمایش مزرعه‌ای [1] در ورامین و سمنان با هدف مطالعه اثر مقادیر مختلف گوگرد از ۰ تا ۲ هزار کیلوگرم بر ویژگی‌های کمی و کیفی پنبه رقم ورامین نشان داد که مصرف گوگرد موجب افزایش معنی‌دار عملکرد وش پنبه می‌گردد. و خصوصیات شیمیایی خاک نشان داد که مصرف گوگرد موجب کاهش معنی‌دار واکنش خاک می‌گردد (اصغرزاده و همکاران، ۱۳۹۵).

۱- نتایج طرح تحقیقاتی شماره ۹۰۰-۱۰-۱۰-۲ موسسه تحقیقات خاک و آب.

مقایسه میانگین داده‌ها در ورامین نشان می‌دهد که مصرف گوگرد اثرات مثبت معنی‌داری بر عملکرد و اجزاء عملکرد داشته و اثرات مثبت گوگرد از مقادیر ۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار شروع شده و مصرف این مقدار گوگرد در مقایسه با ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار مؤثرتر است، ولی اختلاف معنی‌داری بین مصرف ۱۰۰۰ کیلوگرم و ۲۰۰۰ کیلوگرم در هکتار در خصوص عملکرد وجود ندارد، به عبارتی نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که از نظر اقتصادی مصرف ۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد نسبت به ۲۰۰۰ کیلوگرم برتری دارد و مصرف حدود ۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار در منطقه ورامین در کشت پنبه ازنظر تغذیه‌ای و اقتصادی قابل توصیه است (اصغرزاده و همکاران، ۱۳۹۵) (شکل۲).

شکل۲- اثر گوگرد بر عملکرد وش پنبه (ورامین)

مقایسه میانگین داده‌ها در سمنان نیز نشان می‌دهد که مصرف گوگرد اثرات مثبت معنی‌داری بر عملکرد و اجزاء عملکرد داشته و اثرات مثبت گوگرد از مقادیر ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار شروع شده، ولی اختلاف معنی‌داری بین مصرف ۵۰۰، ۱۰۰۰ و

۲۰۰۰ کیلوگرم در هکتار در خصوص عملکرد وجود ندارد، به عبارتی نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که از نظر اقتصادی مصرف ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد نسبت به ۱۰۰۰ یا ۲۰۰۰ کیلوگرم برتری دارد و مصرف حدود ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد در منطقه سمنان در کشت پنبه از نظر تغذیه‌ای و اقتصادی قابل توصیه است (اصغرزاده و همکاران، ۱۳۹۵) (شکل۳). بررسی ها در منطقه مه ولات نیز نشان داده است که در این منطقه، کاربرد گوگرد به میزان ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار همراه با باکتری‌های تیوباسیلوس، موجب افزایش معنی‌دار عملکرد وش پنبه گردیده است (عبداله‌زاده و همکاران، ۱۳۹۱). کاربرد ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد به همراه تیوباسیلوس بیشتر از کاربرد گوگرد تنها موجب افزایش سولفات قابل جذب خاک و سولفات جذب شد متوسط پنبه گردید (عبداله زاده، ۱۳۹۶).

شکل ۳- تأثیر مصرف سطوح مختلف مصرف گوگرد بر عملکرد وش پنبه در سمنان

۹- تأثیر گوگرد بر کاهش pH خاک

یکی از مسائل مهم در تغذیه پنبه در خاک‌های آهکی، عدم جذب کافی مواد غذائی به‌ویژه فسفر و عناصر کم‌مصرف (ریزمغذی‌ها) در نتیجه بالا بودن pH خاک می‌باشد. کاربرد گوگرد در اراضی آهکی و قلیائی نه به عنوان یک عنصر غذائی مورد نیاز، بلکه به علت اثرات جانبی و مفید آن در اسیدی کردن موضعی خاک و افزایش قابلیت برخی از عناصر غذائی حائز اهمیت می‌باشد. به طوری که اکسایش این عنصر در خاک مواضع کوچک و پراکنده اسیدی بوجود آورده و می‌تواند محیط مناسبی برای انحلال و جذب بیشتر عناصر کم‌مصرف را فراهم آورد. استفاده از گوگرد در خاک هنگامی مفید است که گوگرد اکسید شده و به فرم سولفات در آید. حضور جمعیت کافی از اکسیدکننده‌های گوگرد در خاک از طریق تشکیل آنیون سولفات ($SO_4^{=}$) موجب تشدید اکسیداسیون گوگرد، کاهش pH خاک، افزایش فعالیت عناصر غذائی و در نتیجه رشد گیاه می‌شود. تلقیح خاک با این باکتری‌ها باعث افزایش سرعت اکسیداسیون گوگرد خواهد شد. مصرف گوگرد همراه با این باکتری‌ها در خاک‌های قلیا و آهکی اثرات سودمندی را به دنبال خواهد داشت. در یک بررسی مشخص شده است که میزان اکسیداسیون گوگرد در خاک‌های تلقیح شده با باکتری‌های تیوباسیلوس، ۱۱ برابر بیشتر از خاک‌های تلقیح نشده است. نتایج تحقیقات مشابهی نشان داده که در یک خاک شور، تلفیق خاک با باکتری‌های تیوباسیوس، اکسایش گوگرد نسبت به شاهد تلقیح نشده به‌طور معنی‌داری افزایش پیدا می‌کند. بشارتی و صالح راستین (۱۳۸۰) گزارش نمودند با توجه به این‌که طی پژوهش‌های گوناگون، تأثیر مصرف گوگرد در افزایش بازده محصولات مختلف محرز شده است، بنابراین توصیه می‌شود در تمام خاک‌های آهکی جهت رفع مشکل تغذیه گیاه و بهبود کمی و کیفی محصولات کشاورزی، گوگرد مصرف شود. نتایج تحقیقات ایشان در خصوص ارزیابی تأثیر تیوباسیلوس بر کاهش pH خاک نشان داد که pH خاک استریل حاوی گوگرد که با باکتری‌های تیوباسیلوس تلقیح شده بود در خاک حاوی ۴ درصد آهک پس از ۷ هفته به میزان ۰/۸ درصد و در خاک حاوی ۱۲ درصد آهک به میزان ۰/۷۶ واحد پس از ۵ هفته کاهش یافت. کاهش pH در خاک با ۱۲ درصد آهک گویای این واقعیت است که تلقیح باکتری تیوباسیلوس همراه گوگرد در کاهش pH

خاک‌های آهکی بسیار مفید است. به طور کلی تلقیح صحیح خاک با باکتری تیوباسیلوس همراه گوگرد و مواد آلی، باعث کاهش pH خاک می‌شود. جدول ۴ اثرات کاربرد گوگرد را در کاهش pH خاک نشان می‌دهد.

جدول ۴ -تغییرات کاهش pH ناشی از کاربرد گوگرد عنصری

(Kaplan and Orman 1998)

مصرف گوگرد (کیلوگرم در هکتار)					
هفته	**۲۰۰**	**۱۰۰۰**	**۱۵۰۰**	**۲۰۰۰**	**میانگین**
۵	۷/۵۷	۷/۴۷	۷/۴۶	۷/۴۴	۷/۴۹
۱۰	۷/۵۸	۷/۴۲	۷/۳۴	۷/۳۵	۷/۴۲
۳۸	۷/۷۲	۷/۷۵	۷/۷۱	۷/۶۴	۷/۷۱
۵۸	۷/۷۹	۷/۷۱	۷/۷۰	۷/۶۴	۷/۷۱

- میزان آهک خاک ۳۷/۳ درصد و pH اولیه ۷/۸۸ بوده است.

۱۰- اثر گوگرد بر کاهش مصرف کودهای شیمیایی حاوی فسفر

فسفر یکی از عناصر پرمصرف است که برای گیاهان ازجمله پنبه ضروری است. همه‌ساله مقادیر متنابهی منابع شیمیایی فسفر برای جبران کمبود فسفر قابل جذب خاک در زراعت پنبه مصرف می‌گردد. این در حالی است که قابلیت جذب فسفر خاک شدیداً به واکنش خاک وابسته است و بیشترین قابلیت جذب فسفر در محدوده pH ۶/۵ رخ می‌دهد. به دلیل وجود آهک فراوان در خاک‌های مناطق خشک و بالا بودن pH خاک، بخش اعظم منابع شیمیایی حاوی فسفر که به عنوان کود مصرف می‌شود، از فرم قابل جذب خارج می‌شود و با ترکیب با کلسیم خاک، به فسفات‌های نامحلول تبدیل می‌شود. حال چنان چه بتوانیم با فرآیندی، pH خاک را در محدوده ریزوسفر کاهش دهیم، فسفات‌های نامحلول خاک به فرم قابل‌جذب گیاه در خواهند آمد. نتایج مطالعات انجام شده نشان داده است که با مصرف گوگرد، می‌توان از مصرف کودهای شیمیایی حاوی فسفر کاست. نتایج نشان می‌دهد که از نظر اقتصادی مصرف حدود ۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار در منطقه ورامین در کشت پنبه از نظر تغذیه‌ای و اقتصادی قابل

توصیه است و مصرف این مقدار گوگرد حداقل می‌تواند بدون کاهش تولید، مصرف فسفر را ۳۵ درصد کاهش دهد (اصغرزاده و همکاران، ۱۳۹۵).

۱۱- لزوم استفاده از مایه تلقیح تیوباسیلوس به همراه گوگرد آلی

گیاهان گوگرد را به‌صورت یون سولفات جذب می‌کنند. به عبارت دیگر،گوگرد مصرفی در خاک بایستی ابتدا به سولفات تبدیل شود تا مورد استفاده گیاه قرار گیرد. تبدیل گوگرد به سولفات یک فرآیند بیولوژیک است و توسط باکتری‌های تیوباسیلوس صورت می‌پذیرد. متأسفانه فعالیت و یا جمعیت باکتری‌های فوق در خاک کم است و به همین خاطر می‌بایست این باکتری‌ها را به صورت دستی و جداگانه به خاک اضافه نمود. مایه تلقیح تیوباسیلوس حاوی یک سری باکتری‌های اکسیدکننده گوگرد می‌باشد که قادرند در شرایط مناسب از نظر رطوبت و درجه حرارت، گوگرد را اکسیده کرده و در نتیجه به‌طور موضعی باعث کاهش pH خاک و متعاقب آن افزایش قابلیت جذب عناصری نظیر فسفر، آهن، روی و همچنین تأمین گوگرد (سولفات) مورد نیاز گیاهان گردند. نتایج آزمایش‌های متعدد حاکی از آن است که مصرف صحیح مایه تلقیح تیوباسیلوس در شرایط خاک‌های آهکی، افزایش عملکرد پنبه را به دنبال خواهد داشت.

دستورالعمل استفاده: یک بسته مایه تلقیح تیوباسیلوس را با ۲۵ کیلوگرم گوگرد پودری، گوگرد آلی گرانوله و یا ساری کود همراه با مواد آلی (گوگرد کشاورزی گرانوله) مخلوط و به میزان ۳۰۰ الی ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار قبل از کاشت مصرف نمایید.

۱۱-۱- کود دهی با گوگرد

کمبود گوگرد در پنبه، با اضافه کردن گچ یا گوگرد عنصری برطرف می‌شود. انتخاب یک منبع گوگرد به چندین عامل ازجمله قابلیت جذب، قیمت، مدت زمان برطرف شدن علائم کمبود پس از اضافه کردن گوگرد به pH خاک بستگی دارد. میزان جذب گوگرد، نیتروژن، فسفر و پتاس توسط کتان با عملکرد ۱۶۰۰ کیلوگرم در هکتار به ترتیب ۹، ۹۶، ۱۳ و ۷۲ کیلوگرم در هکتار می‌باشد (لطف‌اللهی و همکاران، ۱۳۸۴). منابع رایج گوگرد به شرح ذیل می‌باشند.

۱۱-۱-۱-گوگرد عنصری: گوگرد عنصری برای این‌که قابل‌جذب گیاه باشد، پس از اضافه کردن به خاک بایستی اکسید و به سولفات تبدیل شود تا توسط گیاه قابل جذب باشد. این اکسیداسیون توسط باکتری‌های خاک مثل تیوباسیلوس صورت می‌پذیرد. زمان مصرف گوگرد عنصری بسیار مهم بوده و بایستی ۳ تا ۴ هفته قبل از کاشت همراه با مواد آلی و باکتری‌های تیوباسیلوس به صورت عمقی مصرف شود.

۱۱-۱-۲- بیوگوگرد طلائی: این کود محتوی ۱۰۰ درصد گوگرد پودری می‌باشد و هربسته ۲۵ کیلوگرمی، نیم کیلوگرم مایه تلقیح تیوباسیلوس دارد که لازم است قبل از مصرف، کاملاً با محتویات کیسه مخلوط گردد.

۱۱-۱-۳- بیوفسفات طلائی محتوی روی: این کود حاوی خاک، فسفات تغلیظ شده، مواد آلی، باکتری‌های اکسیدکننده گوگرد و سولفات روی می‌باشد که برای مصرف به صورت چالکود در باغ‌های میوه و در زراعت‌های گوناگون قبل از کاشت مناسب می-باشد.

۱۱-۱-۴-گچ: گچ خالص دارای ۱۸/۶ درصد گوگرد می‌باشد. گچ مورد استفاده در کشاورزی حاوی ۱۳ تا ۱۵ درصد گوگرد می باشد و حلالیت آن ۲/۵ گرم در لیتر می‌باشد.

۱۱-۱-۵- تیوسولفات آمونیوم: این کود دارای ۲۶ درصد گوگرد می‌باشد که نصف آن به فرم سولفات و بقیه آن گوگرد عنصری می‌باشد. این کود عمومی‌ترین کود سولفوره مایع می‌باشد. تیوسولفات آمونیوم را می‌توان از طریق سیستم آبیاری به خاک افزود. ویژگی‌های سایر منابع گوگرد نیز در جدول ۵ آورده شده است.

جدول ۵- ویژگی‌های منابع گوگرد

نام منبع	درصد گوگرد	نام منبع	درصد گوگرد
سولفات آمونیوم	۲۴	سوپرفسفات ساده	۱۲
سولفات کلسیم	۱۵	سولفات آهن	۱۵

سولفات منیزیم	۲۳	سولفات منگنز	۱۳
سولفات مضاعف پتاسیم و منیزیم	۲۸	سولفات روی	۱۴
سولفات پتاسیم	۱۸	سولفات مس	۱۴

۱۲- پیشنهادها (چه باید کرد؟)

۱- با توجه به اثربخشی مصرف گوگرد همراه با تیوباسیلوس و مواد آلی در کاهش pH خاک، مصرف ۵۰۰- ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار این کود در مزارع پنبه همگانی گردد.

۲- کودهای فسفاته و ریزمغذی ها همراه با گوگرد قبل از کاشت پنبه مصرف شوند تا در اثر کاهش موضعی pH، از تثبیت فسفر و عناصر ریزمغذی جلوگیری شود.

۱۳- منابع

۱. اصغرزاده، ا. ۱۳۹۵. بررسی تأثیر گوگرد و مایه تلقیح باکتری‌های اکسیدکننده گوگرد بر عملکرد و جذب عناصر غذایی پنبه و برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک. گزارش نهایی. مؤسسه تحقیقات خاک و آب، کرج، ایران.

۲. امیرمکری، ه. ۱۳۸۲. صنعت گوگرد ایران، تحولات عرضه و تقاضا تا سال ۱۳۸۵. سمینار ملی تولید و مصرف گوگرد در کشور، مشهد، ایران.

۳. بشارتی کلایه، ح. ۱۳۷۷. بررسی اثرات کاربرد گوگرد همراه با گونه‌های تیوباسیلوس در افزایش جذب برخی از عناصر غذائی در خاک. پایان‌نامه کارشناسی ارشد خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.

۴. بشارتی، ح. و صالح راستین، ن. ۱۳۸۰. بررسی تأثیر کاربرد مایه تلقیح باکتری‌های تیوباسیلوس همراه با گوگرد در افزایش قابلیت جذب فسفر. از کتاب ضرورت تولید صنعتی کودهای بیولوژیک در کشور (مجموعه مقالات)، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، تهران، ایران.

۵. بی‌نام. ۱۳۸۲. برنامه و خلاصه مقالات سمینار ملی تولید و مصرف گوگرد در کشور. انجمن مهندسین شیمی ایران- شرکت ملی گاز ایران، مشهد، ایران.

۶. جلیلی، ف.، ملکوتی، م.ج. و کسرایی، ر. ۱۳۷۹. نقش تغذیه متعادل در عملکرد و اجزاء عملکرد کلزا در کشت پاییزه در خوی، مجله خاک و آب، جلد ۱۳، شماره ۱۳۷۹، تهران.

۷. خواجه پور، م.ر. ۱۳۶۵. اصول و مبانی زراعت. انتشارات جهاد دانشگاهی اصفهان.

۸. رمضانپور، م.ر، ملکوتی، م.ج. و نادیان، ح. ۱۳۸۲. اثر کودهای منیزیمی، گوگردی و کلسیمی بر خصوصیات کمی و کیفی پنبه در داراب. تغذیه متعادل دانه‌های روغنی راهی به سوی خودکفایی در تولید روغن در کشور (مجموعه مقالات)، انتشارات سنا، تهران، ایران.

۹. سید معصومی، س.ی.، ولی‌زاده، م.، آقایف، ی. و مقدم، م . ۱۳۷۷. مطالعه گونه‌های زراعی پنبه از لحاظ سیتوژنتیکی و پروتئین‌های ذخیره‌ای بذر. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز. ایران.

۱۰.عبداله زاده، م.، شاهین شاهسونی، خ.، عباسپور، ع و رحیمی. م. ۱۳۹۱. بررسی تاثیر گوگرد و روی بر عملکرد پنبه و برخی پارامترهای خاک، همایش ملی خاک، کشاورزی پایدار، ملایر، دانشگاه ملایر.

۱۱.عبداله زاده، م.، شاهین شاهسونی، خ.، عباسپور، ع و رحیمی. م. ۱۳۹۶. مطالعه برهم‌کنش گوگرد و روی بر عملکرد و جرا ء عملکرد پنبه و برخی پارامترهای خاک.نشریه تولید گیاهان زراعی، جلد دهم. شماره چهارم.

۱۲.لطف‌اللهی م.، سپهر، ا. و ملکوتی، م.ج. ۱۳۸۴. نقش گوگرد در افزایش عملکرد کمی و کیفی محصولات کشاورزی در کشور، قسمت سوم: دانه‌های روغنی نشریه فنی شماره ۴۶۹. انتشارات سنا، تهران، ایران.

۱۳.ملکوتی، م.ج. ۱۳۸۳. گزارش پیشرفت پروژه گوگرد (ترویج مصرف گوگرد در کشاورزی ایران). مؤسسه تحقیقات خاک و آب.

۱۴.ملکوتی، م.ج و رضایی، ح. ۱۳۸۰. نقش گوگرد، کلسیم و منیزیم در افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی، نشر آموزش کشاورزی، کرج، ایران.

۱۵. ملکوتی، م.ج. و سپهر، ا. ۱۳۸۲. تغذیه متعادل دانه‌های روغنی راهی به سوی خودکفایی در تولید روغن در کشور (مجموعه مقالات)، انتشارات سنا، تهران، ایران.

۱۶.ملکوتی، م.ج. و نفیسی، م. ۱۳۸۲. ضرورت ارتقا بخشیدن به جایگاه تغذیه‌ای، اصلاحی گوگرد در دستیابی به افزایش تولیدات کشاورزی در ایران، سمینار ملی تولید و مصرف گوگرد در کشور، مشهد، ایران.

۱۷.ملکوتی، م.ج. و همایی، م. ۱۳۸۲. حاصلخیزی خاک‌های مناطق خشک «مشکلات و راه حل‌ها»، چاپ دوم با بازنگری کامل، ۶۰۰ صفحه، انتشارات دانشگاه تربیت مدرس. تهران، ایران.

۱۸.ملکوتی، م.ج. و سپهر، ا. ۱۳۸۲. تغذیه بهینه دانه‌های روغنی گامی مؤثر در نیل به خودکفایی روغن در کشور «مجموعه مقالات». انتشارات خانیران. تهران، ایران.

۱۹.ملکوتی، م.ج. و رضایی، ح.۱۳۸۰. نقش گوگرد، کلسیم و منیزیم در افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی. نشر آموزش کشاورزی، کرج، ایران.

۲۰.ملکوتی، م.ج. ۱۳۸۳. تغذیه متعادل گندم راهی به سوی خودکفایی در کشور و تأمین سلامت جامعه- مجموعه مقالات. چاپ دوم. ۵۴۴ صفحه. انتشارات نشر آموزش کشاورزی. کرج، ایران.

۲۱.نظیفی، ا.، مجیدی، ا.، وزان، س. و سید معصومی، س.ی. ۱۳۸۴. بررسی واکنش ژنوتیپ های مختلف پنبه نسبت به سرزنی و ترکیب پیکس در مراحل مختلف رشد. پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد واحد کرج.

۲۲.یخچالی، ب. ۱۳۶۶. گزارش پروژه تکثیر و نگهداری باکتری‌های اکسیدکننده گوگرد. مرکز پژوهش و خدمات علمی وزارت نفت.

23.Kaplan, M and Oorman, S. 1998. Effect of elementalsulfur and solfur containing waste in a calcareous soil in turlcey .J. plant nutrition, 21(8): 1655-1665.

24.Marshner, H. 1986. Mineral nutrition of higher plants. Academic press, London.

25.Mullins, G.L. 1996. Cotton response to the rate and source of sulfur on a sandy coastal plain soil. Proceedings Beltwide Cotton Conferences, Nashville, TN, USA, January, 2: 1432-1435.

26.Wainwright, M. 1984. Sulfur oxidation is Soils .Advances in Agronomy, 34:346-396.

27.Barton, M.J. and Hanson, R.G. 1982. Sulphur fertilizer effect on cotton: 1. Nitrogen and sulphur status and petiole nitrate-nitrogen. Communications-in-Soil-Science-and-Plant-Analysis. 13(10): 819-834.

28.Feig, S. 1973. Effect of supplementary aeration on the growth of Thiobacillus in shaken cultures. Can. J. Microbial. 19:306-307.

29.Freney, J.R., Melville, G.E. and Williams, C.H. 1970. The determination of carbon bonded sulfur in soil. Soil Sci. 109:318-319.

30.Khurana, M.P.S., Dhillon, N.S. and Nayyar, V.K. 1995. Critical level of sulphur deficiency and response of Indian mustard (Brassica juncea) to sulphur application in alluvial soil. Indian J. Agric. Sci. 65 (7): 528-30.

31.Kuenen, J.G. 1989. Colorless sulfur Bacteria. P. 1834-1836. In J. 1. Staley (ed.). Bergey's manual of systematic bacteriology, Vol. 3. 9th. William & Wilkins, Baltimore.

32.Laishley, E.J., Rae, K., Dillman, A.M. and Bryant, R.D. 1988. Characterization of a new less acidophilic Thiobacillus isolate (Thiobacillus capsulatus). Can. J. Microbial. 34: 960-966.

33.Lettl, A., Langkarmer, O. and Lochman, V. 1981. Dynamics of oxidation of inorganic sulphur compounds in upper soil horizons of spruce forests. Folia Microbiol. 26: 24-28.

34.Mediterranean crops, Paper presented at the Meeting of Working Groups I and III of COST Action 829. Fundamental, Agronomical and Environmental Aspects of Sulfur Nutrition and Assimilation in Plants,Naples, January 8 - 10, 1999.

35.Moconnell, J.S., Bajer, W.H. Frizzell, B.S. and Varvil, J.J. 1992. Response of cotton to nitrogen fertilization and early multiple application of mepilunt chloride. J.plant nut. 5: 457- 488.

36.Nuttall, W.F., Boswell, C.C., Sinc, A.G., Sot, A.P. Moulin, L.J. Towenley smith. and Gallway, G.L. 1993. The effect of time application and placement of sulphur fertilizer source on yield of wheat, canola and barley. Common, soil sci., plant Anal., 24(17&18):2193-2202.

37.Rupela, O.P. and Tauro, P. 1973. Utitlization of thiobacillus to reclaim alkali soils. Soil Biol. Biochem. 5: 899-901.

38. Vaduvanshi, N.P.S. and Vadav, D.V. 1995. Effect of rate and source of sulphur or spring sugarcane (Saccharum Officinarum). 65 (6): 445-447.

Islamic Republic of Iran

MINISTRY OF AGRICULTURE – JAHAD
Agricultural Research, Education and Extension Organization
Soil and Water Research Institute

Role of sulfur in increasing the quantitative and qualitative yield of cotton

Mohsen Seilsepour and Ahmad AsgharZadeh

2019