



وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی
موسسه تحقیقات خاک و آب
(آدرس الکترونیکی: www.swri.ir)

روشهای بهبود جذب عناصر غذایی در خاکهای آهکی

قسمت دوم - کاربرد توام کوکود، مواد آلی و باکتریهای تیوباسیلوس



فریدون نورقلی پور، محمد لطف الهی و محمد جعفر ملکوتی

اعضاء هیات علمی موسسه تحقیقات خاک و آب و استاد دانشگاه تربیت مدرس

شورای عالی سیاستگذاری توسعه کاربرد مواد بیولوژیک و
استفاده بهینه از کود و سم در کشاورزی

نشریه فنی شماره ۴۶۵

انتشارات سنا، بهار ۱۳۸۴



وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی
مؤسسه تحقیقات خاک و آب
(آدرس الکترونیکی: www.swri.ir)

روشهای بهبود جذب عناصر غذایی در خاکهای آهکی

قسمت دوم - کاربرد نوام گوگرد، مواد آلی و باکتریهای تیوباسیلوس



فریدون نورقلی پور، محمد لطف‌اللهی و محمدجعفر ملکوتی
کارشناس ارشد، عضو هیات علمی مؤسسه تحقیقات خاک و آب و استاد دانشگاه تربیت مدرس

نشریه فنی شماره ۴۶۵

(شورای عالی سیاستگذاری توسعه کاربرد مواد بیولوژیک و استفاده بهینه از کود و سم در کشاورزی)

بهار ۱۳۸۴

انتشارات سنا، تهران، ایران

قید العلم بالکتابه

خوب نیست کسی روی یافته‌های علمی خود مثل مار جنب‌بزنند. امام علی (ع)

● پیش‌گفتار

خاک یکی از اجزای مهم منابع پایه است که بعنوان بستر اصلی کشت گیاه و نیز محیطی منحصر بفرد برای انواع حیات محسوب می‌شود. انسان اگر چه در مسیر تکاملی خود با دستیابی به فناوری های نوین، پیشرفت های سریع و شگفت انگیزی را به ارمغان آورده است ولی متأسفانه آثار سوء آن بتدریج با بروز اختلال و دگرگونی در شرایط تعادلی و متعارف منابع پایه، به ویژه خاک و آب همراه گردیده که موجب پدیدار شدن انواع ناهنجاریها، کاهش سطح حاصلخیزی خاکهای زراعی، افت تولید و بحران‌های زیست محیطی شده است. از این رو اکنون بیش از هر زمان دیگر، برگزیدن سیاستهای سازگار و راه حلهای منطقی برای عرضه مواد غذایی در پاسخگویی به تقاضای روزافزون جمعیت و در مسیری هماهنگ با ملاحظات زیست محیطی، احساس می‌شود. در این میان آنچه که بیش از هر عامل دیگر بویژه در سطح ملی می‌تواند در جهت تئور افکار عمومی، افزایش آگاهی جامعه، شناخت مسایل و مشکلات زیست محیطی، نیروهای مردمی را در آگاه‌تر شدن، مسیر توسعه پایدار سهیم سازد، تهیه و تدوین نشریه‌ها و کتب علمی و فنی، آموزشی، تحقیقی، ترویجی و تحلیلی است که به عنوان وسیله ارتباطی مناسب برای بیان و اشاعه مبانی نظری و ارائه راهکارهای علمی و فنی در جهت افزایش آگاهی و دانش مخاطبان بشمار می‌آیند. از آنجایی که هدف اساسی موسسه تحقیقات خاک و آب، نخست شناخت توان تولیدی منابع خاک و آب و سپس بهره‌برداری و مدیریت مناسب این منابع در راستای تولید پایدار، امنیت غذایی و سلامت جامعه می‌باشد انتشارات موسسه تحقیقات خاک و آب بر آن است تا با انتشار آثار علمی، فنی و کاربردی مورد نیاز، گامی اساسی و بنیادی در راستای رسالت خویش بردارد و در این رهگذر پذیرای پیشنهادهای سازنده، انتقادهای مسئولانه و راهنماییهای ارزنده کلیه اندیشمندان، پژوهشگران و دست‌اندرکاران نیز خواهد بود. باشد که با این گام ضمن انجام مسئولیتی خطیر، همگان را در تلاش بی‌وقفه برای پاسداری از بستر هستی فراخوانیم. ان‌شاءالله.

انتشارات موسسه تحقیقات خاک و آب

● مقدمه (اهمیت موضوع):

کلسیم، کمی مواد آلی، بالا بودن pH، و بی کربناته بودن آب آبیاری سبب گردیده تا حلالیت و در نهایت قابل استفاده بودن عناصر غذایی به ویژه فسفر و ریز مغذیها به شدت کاهش یابد. یکی از روشهای مقابله با این پدیده که در نهایت سبب افت عملکرد هکتاری محصولات کشاورزی می گردد، اسیدی کردن ریزوسفر گیاه و آب آبیاری با استفاده از اسید سولفوریک غلیظ می باشد که به دلیل خطرات احتمالی آن در مقطع فعلی (علی رغم آنکه در برخی از باغها، مزارع و گلهای زینتی با موفقیت در حال اجرا می باشد)، ولی توصیه نمی گردد. راه حل دوم و بی خطر استفاده از گوگرد به همراه مواد آلی و باکتری های اکسیدکننده گوگرد می باشد که در این نشریه به شرح مختصری از این روش اقدام می گردد.

● حذف موضعی آهک و بی کربنات: خشی نمودن آهک و یا حذف

موضعی آهک به روشهای مختلفی مانند افزودن اسید، گوگرد و باکتریهای اکسید کننده گوگرد، کود اسیدزا، جایگزین کردن خاک با مواد فاقد بی کربنات و در مواردی غنی شده با آهن و مواد اسیدزا صورت می گیرد. عموماً اسیدی کردن حجم نسبتاً کوچکی از خاک ممکن است منجر به آزاد شدن آهن موجود در خاک و در نتیجه تأمین مقدار کافی آهن برای گیاه شود ولی استفاده از اسید در شرایط مزرعه مشکل است.

محققین موسسه تحقیقات خاک و آب گزارش نمودند که با مصرف گوگرد به همراه باکتریهای تیوباسیلوس عملکرد ماده خشک و آهن جذب شده به وسیله گیاه ذرت به طور معنی داری نسبت به شاهد افزایش یافت. سمر (۱۳۷۷) در آزمایشهای خود نشان داد که جایگزین کردن بخشی از

یک خاک آهکی با کود دامی در آزمایشهای گلدانی باعث رشد بهتر ریشه‌ها، افزایش فعالیت ویژه آهن، اندازه برگ، مقدار نسبی کلروفیل برگها و بهبود کارایی فتوسیستم II گردید. با کاربرد نتایج حاصل از این بخش در آزمایش بر روی درختان باغ، چاله‌هایی به قطر ۵۰ و عمق ۴۰ سانتی‌متر حفر شد و داخل آنها با مخلوطی از کود دامی، گوگرد و سولفات آهن پر شد که در نتیجه زردبرگی آهکی درختان سیب به خوبی رفع شد که ما در ادامه از این روش به نام چالکود یاد می‌کنیم.

بختیاری و همکاران (۱۳۸۰) برای بررسی امکان استفاده مستقیم از خاک فسفات از روش چالکود به همراه باکتریهای تیوباسیلوس بر روی درخت سیب استفاده نمودند. وی در تیمارهای خود از خاک فسفات (۶۰٪) + کود حیوانی (۱۶٪) + گوگرد (۲۰٪) + سولفات روی (۴٪) و مقادیر متفاوت مایه تلقیح باکتری تیوباسیلوس استفاده نمود. نتایج نشان داد که در تمامی تیمارهای کودی، فسفر قابل استفاده درون چالکودها و برگهای درختان سیب، نسبت به شاهد دارای اختلاف معنی‌داری بود و اثر بخشی آنها مشابه تیمار سوپرفسفات تریپل بود. نامبرده کاربرد کود بیوفسفات طلایی محتوی روی با فرمول، ۶۰ درصد خاک فسفات، ۲۰ درصد گوگرد، ۱۶ درصد کود حیوانی، ۴ درصد سولفات روی و ۳۰۰ گرم مایه تلقیح تیوباسیلوس (به مقدار یک کیلوگرم برای هر درخت سیب بارده) را بعنوان جایگزین سوپرفسفات تریپل معرفی نمود.

در صورتی که از باکتریهای تیوباسیلوس برای اکسایش گوگرد استفاده می‌گردد، لازم است شرایط مناسب برای فعالیت این میکروارگانیسم‌ها مهیا گردد که از مهمترین آنها می‌توان به دما، رطوبت، تهویه، مقدار مصرف، اندازه ذرات گوگرد، pH و مواد آلی اشاره کرد. در آزمایشهای متعددی که

در باغهای سیب مراغه، زنجان و خراسان طی پنج سال اخیر انجام گرفته، مشاهده گردید که هم جمعیت باکتریهای تیوباسیلوس و هم غلظت عناصر غذایی در درون چالکودها به طور شگفت‌انگیزی افزایش یافت. به طوریکه در دو چالکود در یکی از باغ‌های سیب خدابنده با استفاده بهینه کود به همراه گوگرد آلی و باکتری‌های تیوباسیلوس، پس از یک سال از شروع آزمایش، نتایج غلظت عناصر غذایی در درون یکی از این دو چالکود به صورت مواد آلی ۱۸ درصد و غلظت فسفر، پتاسیم، آهن، منگنز، روی و مس به ترتیب ۴۱۰، ۶۶۸۰، ۴، ۲۵، ۶۴۵ و ۹ میلی‌گرم در کیلوگرم و در دیگری به ترتیب ۱۱ درصد و ۳۹۴، ۷۰۳۰، ۸، ۲۴، ۳۱۴ و ۲۷ میلی‌گرم در کیلوگرم بود. به رغم اینکه مصرف بهینه کود در چالکود سوم نیز اعمال گردید، ولی به دلیل عدم مصرف مواد آلی و باکتریهای تیوباسیلوس (علی‌رغم گذشت بیش از ۱۰ ماه هنوز ذرات زردرنگ گوگرد قابل تشخیص بود) مواد آلی ۳/۴ درصد، غلظت این عناصر کم و به ترتیب فسفر، پتاسیم، آهن، منگنز، روی و مس ۱۶۰، ۳۹۴۰، ۱، ۲، ۲۷۶ و ۴ میلی‌گرم در کیلوگرم بود.

در این نشریه سعی شده است راهکارهایی ارائه گردد که بتوان مشکل بی‌کربنات و قلیانیت خاک را تا حدی تعدیل نمود. همانطور که در متن نشریه نیز آمده عوامل دیگری نیز در جذب عناصر غذایی بوسیله گیاه موثرند که به آنها در قسمت اول این نشریه اشاره مختصری شده است. تحقیقات متعدد اثرات مثبت مصرف گوگرد در افزایش کمی و کیفی محصولات مختلف در خاکهای آهکی را نشان داده است. توصیه می‌شود برای بهبود مشکل تغذیه گیاه، گوگرد همراه با سایر کودها در خاکهای آهکی مصرف شود. از آنجا که قسمت اعظم اکسایش گوگرد در خاک

توسط میکروارگانیزم‌ها صورت می‌گیرد برای تسریع اکسایش، مواد آلی همراه با گوگرد به خاک اضافه شود تا اکسایش آن با افزایش فعالیت میکروارگانیزم‌ها، تشدید گردد. برای فعالیت میکروارگانیزم‌های اکسید کننده گوگرد، لازم است رطوبت در حد کافی در محیط وجود داشته باشد. بنظر می‌رسد چنین شرایطی را از لحاظ مواد آلی و رطوبت بهتر بتوان در داخل چالکود در کنار درختان فراهم نمود. در ابتدا باکتریهای تیوباسیلوس گوگرد را به سولفات تبدیل نموده و با تشکیل و تجمع آنیون سولفات در محیط ریشه درخت، اسیدیته موضعی در اطراف ریشه درختان پایین آمده و حل‌پذیری املاح غذایی مختلف افزایش می‌یابد.

گوگرد عنصری که به خاک اضافه می‌شود به وسیله باکتریهای اکسید کننده گوگرد اکسیده شده و به فرم سولفات در می‌آید. این فرآیند اسیدزاست و در نهایت تولید اسیدسولفوریک می‌کند و پروتون اسیدسولفوریک باعث اسیدی شدن خاک می‌گردد. میزان اثر گوگرد تبدیل آن به اسید سولفوریک وابسته به رطوبت، جمعیت و قدرت اکسیدکنندگی میکروارگانیزم‌های موجود در خاک و دما می‌باشد. سرعت این واکنش کند است. گوگرد عنصری حداقل دو سال زمان لازم دارد تا به اسید سولفوریک تبدیل شود. در نهایت، حلالیت آهن، روی و منگنز افزایش می‌یابد و زردبرگی کاهش می‌یابد.

در مطالعه‌ای که توسط محققین انجام شد تاثیر ۳۰۰ گرم سکوسترین آهن و ۱۰ و ۲۰ کیلوگرم گوگرد به ازاء هر درخت در رفع کلروز هلو مورد مطالعه قرار گرفت. بعد از یکسال مصرف ۱۰ و ۲۰ کیلوگرم گوگرد به ترتیب باعث کاهش اسیدیته از ۸/۲ به ۶/۶ و ۶/۴ گردید و بدین ترتیب زردبرگی ناشی از کمبود آهن بهبود یافت.

در مطالعات انجام شده در باغ انگور ایستگاه تحقیقات خاک و آب کرج که دارای خاک آهکی می باشد، مشاهده گردید که مصرف عناصر غذایی براساس آزمون خاک به علاوه گوگرد آلی همراه با مایه تلقیح تیوباسیلوس بیشترین عملکرد انگور بی دانه و سیاه را به ترتیب به میزان ۶۴۵۰ و ۸۴۰۰ کیلوگرم در هکتار تولید نمود که نسبت به شاهد از عملکرد بهتری برخوردار بود. در استان آذربایجان غربی نیز مصرف گوگرد معدنی و تیوباسیلوس در باغهای سیب به صورت چالکود باعث شده که pH از ۸/۴۳ در تیمار شاهد به ۷/۱۰ کاهش یابد. دو آزمایش دیگر در باغهای انگور قزوین تیمار بیشترین میزان عملکرد را در مقایسه با شاهد که تنها از عناصر ماکرو استفاده شده بود، تولید نمود.

● پیشنهادها (چه باید کرد؟)

۱- خشتی سازی pH آب آبیاری باغها و یا اسیدی کردن چالکود به دلیل فراوانی بی کربنات در آب آبیاری برای افزایش عملکرد و بهبود کیفیت الزامی است. حضور بی کربنات فراوان در آبهای آبیاری (بیش از ۲۰۰ میلی گرم در لیتر) در باغهای میوه کشور که در گذشته متأسفانه از چشم محققین پوشیده بوده و نیز فراوانی کربنات کلسیم خاکها، سبب افزایش pH شیره سلولی و نهایتاً غیر فعال شدن تعدادی از عناصر غذایی به ویژه آهن، روی و فسفر در درون آوندها می گردد. به همین دلیل علی رغم زیادی این عناصر در برگها، ممکن است علایم کمبود آنها به وضوح قابل تشخیص باشد. برای جلوگیری از وقوع چنین شرایط نامطلوب تغذیه ای، اسیدی کردن قسمتی از محیط ریشه (ریزوسفر)، مصرف ترکیبات گوگردی مخصوصاً بیوگوگرد و بیوفسفات طلایی توصیه می گردد. بدیهی است نقش

گوگرد علاوه بر اسیدی کردن ریزوسفر و اصلاح خصوصیات شیمیایی خاک (کاهش pH خاک)، نیاز گوگردی درختان میوه را که بسیار فراتر از مقدار فسفر می باشد، به صورت سولفات تامین خواهد نمود. البته تحقق این امر با کاربرد اسید سولفوریک با سهولت بیشتری انجام پذیر می باشد. منتها حمل و نقل، نگهداری و مصرف مستقیم آن بسیار دشوار و حتی از نظر حفاظتی و ایمنی بسیار دشوار بوده و هزینه بری بالایی دارد. البته لازم است علاوه بر بی کربنات، به مقدار بی کربنات سدیم باقیمانده (RSC) که ضریب شناخته شده تری نیز می باشد، اشاره نمود.

$$RSC = (CO_3H + CO_3^{2-}) - (Ca^{2+} + Mg^{2+})$$

معمولاً در آبهایی که دارای بی کربنات فراوان هستند (آبهای استخراجی در مناطق خشک و نیمه خشک)، مقدار این عدد چون از ۲۰۰ میلی گرم در لیتر بزرگتر می باشد، لذا برای آبیاری به طور اعم نامناسب می باشند. برای اصلاح این نوع آبها همان طوری که گفته شد از ترکیبات گوگردی در چالکود و یا کانالکود و یا اسیدی کردن تدریجی آب با استفاده از اسید سولفوریک رقیق می توان استفاده نمود.

۲- تحقیقات متعدد اثرات مثبت مصرف گوگرد در افزایش کمی و کیفی محصولات مختلف در خاکهای آهکی را نشان داده است. توصیه می شود برای حل مشکل تغذیه گیاه، گوگرد همراه با سایر کودها در خاکهای آهکی مصرف شود.

۳- از آنجا که قسمت اعظم اکسایش گوگرد در خاک توسط میکروارگانیسم ها صورت می گیرد برای تسریع اکسایش مواد آلی همراه با گوگرد به خاک اضافه شود تا اکسایش آن با افزایش فعالیت میکروارگانیسم ها تشدید گردد. برای فعالیت میکروارگانیسم های اکسید

کننده گوگرد لازم است رطوبت در حد کافی در محیط وجود داشته باشد. به نظر می‌رسد چنین شرایطی را از لحاظ مواد آلی و رطوبت بهتر بتوان در داخل چالکود در کنار درختان فراهم نمود. در ابتدا باکتریهای تیوباسیلوس گوگرد را به سولفات تبدیل نموده و با تشکیل و تجمع آنیون سولفات در محیط ریشه درخت، اسیدیته موضعی در اطراف ریشه درختان پایین آمده و حل‌پذیری املاح غذایی مختلف افزایش می‌یابد.

۴- لازم است تحقیقاتی در زمینه کاربرد مقادیر مختلف گوگرد و تیوباسیلوس در خاکهایی با مقادیر متفاوت آهک در محصولات باغی متفاوت انجام شود تا بهترین مقدار مصرف آنها مشخص گردد.

● **سپاسگزاری:** بدینوسیله از آقایان مهندس صفاری، مهندس باقری و سرکاران خانم‌ها هاشمی، خیرآوران و اسدزاده برای تایپ و تنظیم این نشریه و همچنین همکاران بخش خدمات فنی و انتشارات سنا تشکر و قدردانی می‌نماید.

● منابع مورد استفاده

- ۱- ایرانی‌پور، ر. و م.ج. ملکوتی. ۱۳۸۲. تأثیر گوگرد، ماده آلی، تیوباسیلوس و باکتریهای حل‌کننده فسفات بر قابلیت جذب فسفر از خاک فسفات. نشریه فنی شماره ۳۰۸. نشر آموزش کشاورزی، معاونت تحقیقات و آموزش. وزارت جهاد کشاورزی، کرج، ایران.
- ۲- بختیاری، ع. ا. م. ج. ملکوتی، ک. خاوازی و ا. بای‌وردی. ۱۳۸۰. جایگزینی بیوفسفات طلایی (خاک فسفات همراه با گوگرد، کود حیوانی تیوباسیلوس) با سوپر فسفات تریپل در باغهای سیب کشور. مجله علمی

پژوهشی خاک و آب (ویژه نامه مصرف بهینه کود)، جلد ۱۲، شماره ۱۴، صفحات ۲۳۵-۲۴۲، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، تهران، ایران.

۳- پسندیده، م. ۱۳۸۱. شناخت ناهنجاریهای تغذیه‌ای و بررسی جایگزینی بیوفسفات طلایی با کودهای وارداتی در درختان سیب. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

۴- کوچک‌زاده، ی.، م. ج. ملکوتی و ک. خاوازی. ۱۳۸۰. بررسی نقش گوگرد، تیوباسیلوس، حل‌کننده‌های فسفات و مواد آلی در تأمین فسفر مورد نیاز ذرت از خاک فسفات. مجله خاک و آب، جلد ۱۲، شماره ۱۴، ویژه نامه مصرف بهینه کود، ص ۲۵۰-۲۴۳. مؤسسه تحقیقات خاک و آب، تهران، ایران.

۵- نورقلی‌پور، ف.، م. ج. ملکوتی و ک. خاوازی. ۱۳۸۰. روشهای کاربری مستقیم خاک فسفات در مزارع و باغهای کشور. نشریه فنی ۱۹۱، وزارت جهاد کشاورزی، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، نشر آموزش کشاورزی، کرج، ایران.



Ministry of Jihad-e-Agriculture

Agricultural Research and Education Organization

Soil and Water Research Institute

Web Site: www.swri.ir

Improving Nutrient Absorption by Plants in Calcareous Soils.

Part II: by applying, sulfur, organic materials,
and thiobacillus bacteria



F. Nourgholipour, and M.J. Malakouti

**High Council of Policy Making on the Development of Biological Products Application,
Optimum Utilization of Chemical Fertilizers and Pesticides in Agriculture**

Technical Bulletin No. 465

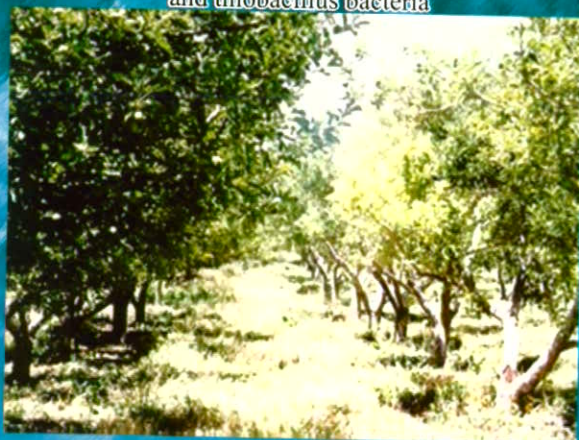
Sana Pub., Spring 2005



Ministry of Jihad-e-Agriculture
Agricultural Research and Education Organization
Soil and Water Research Institute
Web Site: www.swri.ir

Improving Nutrient Absorption by Plants in Calcareous Soils.

Part II: by applying, sulfur, organic materials,
and thiobacillus bacteria



F. Nourgholipour, M. Lotfollahi and M.J. Malakouti

Scientific members, Soil and Water Research Institute and Professor, Tarbiat Modarres University

High Council of Policy Making on the Development of Biological Products Application,
Optimum Utilization of Chemical Fertilizers and Pesticides in Agriculture

3314

Technical Bulletin No. 465

Sana Pub., Spring 2005