دانشگاه آزاد اسلامی واحد ارسنجان

مجله علمی پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهی
سال نهم، شماره بیست و نه، ۱۳۹۶

اثر کود گوگرد و تیوباسیلوس بر صفات کیفی و غلظت عناصر غذایی سیب‌زمینی

فرهاد گلمرادی مرنی[۱]، مرتضی برمکی[۲]، محمد صدقی[۳]، محمدجواد فیروزی[٤]

تاریخ دریافت: ۹٤/۹/۲۲ تاریخ پذیرش: ۹۵/۱/۲

چکیده

به منظور بررسی تأثیر مقادیر مختلف کود گوگرد در حضور یا عدم حضور باکتری تیوباسیلوس تیواکسیدانس (بیوسولفور) بر برخی صفات کیفی و غلظت عناصر غذایی در سیب‌زمینی رقم آگریا، آزمایشی به صورت فاکتوریل و در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار، در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ در مزرعه‌ی تحقیقاتی دانشکده‌ی علوم کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی اجرا گردید. فاکتورهای مورد بررسی شامل گوگرد در چهار سطح صفر، ۲۰۰، ۳۰۰ و ٤۰۰ کیلوگرم در هکتار و کود بیولوژیک بیوسولفور در دو سطح شاهد (عدم استفاده) و استفاده از تیوباسیلوس بودند. نتایج نشان داد که اثر کود گوگرد بر میزان نشاسته، ماده‌ی خشک و نیترات غده معنی‌دار بود. هم‌چنین اثر تیوباسیلوس، گوگرد و اثر متقابل آن‌ها بر صفات عملکرد غده در هکتار، تعداد غده در بوته، محتوای پتاسیم و فسفر غده و میزان pH خاک معنی‌دار شد. بیش‌ترین میزان عملکرد غده در هکتار، تعداد غده در بوته و محتوای فسفر و پتاسیم غده با مصرف ٤۰۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار و در شرایط استفاده از تیوباسیلوس به دست آمد. کاربرد کود گوگرد و بیوسولفور باعث کاهش pH خاک شد، به طوری که بیش‌ترین میزان pH خاک در شرایط عدم استفاده از گوگرد و تیوباسیلوس مشاهده گردید. بیش‌ترین میزان نشاسته و ماده‌ی خشک غده نیز با مصرف ٤۰۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار حاصل شد. به طور کلی کاربرد ٤۰۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار به همراه باکتری تیوباسیلوس برای افزایش کمیت و کیفیت سیب‌زمینی در خاک‌های آهکی پیشنهاد می‌شود.

واژه‌های کلیدی: بیوسولفور، پتاسیم، فسفر، کودهای زیستی، نشاسته

گلمرادی مرنی، ف.، م. برمکی، م. صدقی و م.ج. فیروزی. ۱۳۹٦. اثر کود گوگرد و تیوباسیلوس بر جذب عناصر غذایی در سیب زمینی (*Solanum tuberosum* L.). مجله اکوفیزیولوژی گیاهی. ۲۹: ۱۲٤-۱۱۳.

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران- مسئول مکاتبات. پست الکترونیک: f_golmoradi1417@yahoo.com

۲- استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

۳- دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

٤- دانش آموخته کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران

مقدمه

سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) گیاهی سرمادوست، C_3 و یک ساله از تیره‌ی بادمجانیان (*Solanaceae*) است، که غده‌های زیرزمینی آن مورد استفاده قرار می‌گیرد. طول دوره‌ی رشد آن برحسب نوع رقم، ۳ الی ٦ ماه طول می‌کشد. این گیاه نقش مهمی در تغذیه‌ی مردم جهان دارد و نشاسته و پروتئین آن قابل توجه بوده و فرآورده‌های بسیار زیادی از آن تهیه می‌شود (خواجه‌پور، ۱۳۸۳). وجود اسیدهای آمینه ضروری و ویتامین‌های گروه A، B و C در کنار مواد معدنی فسفر، کلسیم، گوگرد، منیزیم، منگنز و آهن ارزش تغذیه‌ای این محصول را افزون‌تر می‌کند (اصغری زکریا و سید شریفی، ۱۳۸۷).

بالا بودن pH خاک و فراوانی یون کلسیم در بسیاری از خاک‌های ایران سبب شده است که با وجود فراوانی برخی عناصر غذایی مانند فسفر، مقدار قابل جذب این عناصر، کم‌تر از مقدار لازم برای تأمین رشد مناسب گیاه باشد. روش متداول برای مقابله با این کمبودها، استفاده از کودهای شیمیایی است که علاوه بر هزینه زیاد و بازدهی کم، خطر آلودگی زیست محیطی را نیز به همراه دارد (سیفانتس و لیندمن، ۱۹۹۳). کودهای بیولوژیک یا زیستی از طریق مکانیسم‌های مختلف مانند تجزیه ماده آلی، افزایش دسترسی به مواد غذایی و آب برای گیاه، باز-چرخ مواد غذایی و کنترل آفات، رشد و عملکرد گیاهان را بهبود می‌بخشند (برگ و همکاران، ۲۰۱۳).

گوگرد یکی از عناصر غذایی پر مصرف و ضروری برای گیاهان می‌باشد که از لحاظ مقدار مورد نیاز گیاه، پس از سه عنصر اصلی نیتروژن، فسفر و پتاسیم (N، P و K) در مرتبه چهارم قرار دارد (ماخرجی و سینگ، ۲۰۰۲). گوگرد موجب افزایش مقاومت گیاهان به بیماری‌ها، خشکی و سرما می‌شود و هم‌چنین از تجمع نیترات در گیاهان جلوگیری می‌کند (تات، ۱۹۹۵). گوگرد یکی از اجزای ساختمانی اسیدهای آمینه سیستین، سیستئین و متیونین می‌باشد و در سنتز پروتئین‌ها و آنزیم‌ها نقش اساسی دارد (شرر، ۲۰۰۱). گوگرد ابتلا به بیماری را در گیاهان کاهش می‌دهد و در تنظیم و ساخت قند و نشاسته مؤثر است. این عنصر به صورت یون سولفات (SO_4^{2-}) جذب گیاه می‌گردد و در گیاه نیز به همین شکل انتقال می‌یابد. از آن‌جایی که گوگرد با اسیدی کردن محیط اطراف ریشه قابلیت جذب دیگر عناصر غذایی مانند آهن و روی را بالا می‌برد، مصرف این کود می‌تواند در افزایش عملکرد و تولید بسیار مؤثر باشد (ضیائیان، ۱۳۸۲).

کود گوگرد با اکسید شدن و تولید اسید سولفوریک می‌تواند شرایط لازم را برای کاهش pH خاک منطقه‌ی ریزوسفر و افزایش جذب عناصر غذایی و در نهایت افزایش عملکرد محصولات را فراهم نماید (ایرشاد و همکاران، ۲۰۱۱). تأثیر مثبت گوگرد بر عملکرد می‌تواند به نقش مستقیم گوگرد در تغذیه گیاه از یک طرف و به تأثیر گوگرد و تیوباسیلوس در کاهش pH خاک و انحلال عناصر تثبیت شده در خاک‌های آهکی و در نهایت افزایش جذب عناصر توسط گیاه از طرف دیگر مربوط باشد (روزا، ۱۹۸۹).

باکتری‌های تیوباسیلوس تیواکسیدانس[1] اغلب شیمیولیتوتروف هستند و از ترکیبات احیا شده‌ی گوگرد به عنوان منبع کسب انرژی استفاده می‌کنند (کلی و هاریسون، ۱۹۸۹). چاپمن (۱۹۹۰) بیان کرد که به طور معمول تعداد و تنوع باکتری‌های تیوباسیلوس در خاک‌های زراعی به دلیل کمبود فرم-های احیا شده‌ی گوگرد به عنوان منبع غذایی مورد نیاز آن‌ها و شرایط نامساعد اکثر خاک‌های کشاورزی، بسیار محدود است که با مصرف گوگرد، تعداد باکتری‌های تیوباسیلوس در خاک افزایش می‌یابند. از آن‌جا که اکسایش گوگرد، فرآیندی عمدتاً بیولوژیک محسوب می‌شود، تحقق این امر مستلزم وجود میکروارگانیسم‌های اکسید کننده‌ی گوگرد است که باکتری‌های تیوباسیلوس از مهم‌ترین انواع آن‌ها هستند (تات، ۱۹۹۵).

بسیاری از محققان گزارش کرده‌اند مصرف گوگرد و تیوباسیلوس با تولید اسید سولفوریک در نتیجه‌ی اکسایش گوگرد، باعث کاهش pH خاک و افزایش قابلیت جذب فسفر و سایر عناصر ریزمغزی در خاک‌های آهکی می‌شوند (گارسیا، ۱۹۹۱). در بیش‌تر موارد گوگرد و تیوباسیلوس باعث افزایش عملکرد و همین‌طور غلظت و جذب عناصر غذایی توسط گیاه شده است (کاپلن و ارمان، ۱۹۹۸). کلباسی و همکاران (۱۹۸۸) در آزمایشی در خاک آهکی مقادیر صفر، ۱۰۰، ۲۰۰ و ٤۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد به محصولات زراعی سورگوم، سویا و ذرت اضافه کردند. نتایج نشان داد که مصرف گوگرد یک روش مؤثر و ارزان برای رفع کلروز، افزایش جذب عناصر غذایی و افزایش عملکرد در خاک‌های آهکی است. سپهوند (۱۳۸۲) در بررسی اثر مقادیر مختلف گوگرد (۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار) همزمان با کاشت، گزارش کرد. تیمارهای گوگرد بر عملکرد دانه‌ی سویا در سطح احتمال ۱ درصد اثر معنی‌داری ایجاد کرد. سلیم‌پور و همکاران (۲۰۱۰) نیز به نقش

1- Thiobacillus thiooxidans

مؤثر باکتری تیوباسیلوس در افزایش جذب فسفر و عملکرد کلزا در خاک‌های آهکی اشاره کردند.

از آن‌جا که اطلاعات کمی در مورد کاربرد هم‌زمان کود گوگرد و باکتری تیوباسیلوس در سیب‌زمینی در دسترس است، این آزمایش با هدف بررسی تأثیر سطوح مختلف کود گوگرد و باکتری تیوباسیلوس بر عملکرد، کیفیت غده و غلظت عناصر غذایی در سیب‌زمینی انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ در مزرعه‌ی آموزشی و تحقیقاتی دانشکده‌ی علوم کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی اجرا گردید. اردبیل از نظر مختصات جغرافیایی در عرض جغرافیایی ۳۸ درجه و ۱۵ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ٤٨ درجه و ۱۵ دقیقه شرقی و در ارتفاع ۱۳۵۰ متر بالاتر از سطح دریا واقع شده است. میانگین بارش سالانه اردبیل حدود ۲۹۵ میلی‌متر و دارای اقلیم نیمه خشک سرد است.

آزمایش به صورت فاکتوریل و در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار انجام شد. فاکتور اول کود گوگرد گرانوله در چهار سطح صفر، ۲۰۰، ۳۰۰ و٤٠٠ کیلوگرم در هکتار و فاکتور دوم کود بیولوژیک بیوسولفور (باکتری تیوباسیلوس تیواکسیدانس) در دو سطح شاهد (عدم استفاده) و استفاده از تیوباسیلوس بودند. باکتری تیوباسیلوس تیواکسیدانس از شرکت فناوری زیستی مهر آسیا تهیه گردید و بر اساس میزان توصیه شرکت با هر ۵۰ کیلوگرم کود گوگرد گرانوله، یک کیلوگرم بیوسولفور مخلوط شد و هنگام کاشت غده‌ها به صورت نواری در کرت‌های آزمایشی، بر اساس تیمارهای کودی ذکر شده در این آزمایش استفاده شد.

کودهای نیتروژنه، فسفره و پتاسه مورد نیاز با توجه به نتایج آزمون خاک (جدول ۱) به طور یکسان در همه‌ی کرت‌ها مورد استفاده قرار گرفتند. به طوری که کودهای سوپرفسفات تریپل (۱۰۰Kg/ha) و سولفات پتاسیم (۹۰ Kg/ha) قبل از کاشت و کود اوره (۳۰۰ Kg/ha) در سه مرحله با مقادیر یکسان (قبل از کاشت، قبل از غده‌دهی و اوایل گل‌دهی) مصرف شدند. عملیات نهایی تهیه زمین شامل شخم بهاره، دیسک‌زنی، تسطیح زمین، کوددهی و ایجاد جوی و پشته در فروردین ماه سال ۱۳۹۱ انجام گرفت. غده‌های بذری شامل رقم آگریای سیب‌زمینی با وزن تقریبی ٦٠-٥٠ گرم به صورت جوی و پشته‌ای کشت گردید. فاصله‌ی بین ردیف‌های کشت ۷۰ سانتی‌متر و فاصله‌ی بوته بر روی ردیف‌ها ۲۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد و هر کرت شامل ٤ ردیف کاشت به طول ۱۰ متر بود. در پایان آزمایش پس از رسیدگی محصول، در هر کرت آزمایشی ابتدا دو ردیف کناری و نیم متر از بالا و پایین ردیف‌ها به عنوان اثر حاشیه‌ای کرت‌ها حذف شدند و ۱۰ بوته از ردیف‌های میانی هر کرت به طور تصادفی انتخاب و برخی از صفات کمی و کیفی غده‌های سیب-زمینی اندازه‌گیری شدند.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

عمق نمونه برداری (cm)	شوری (ds/m)	pH خاک	درصد کربن	فسفر قابل جذب(ppm)	پتاسیم قابل جذب(ppm)	درصد آهک	درصد نیتروژن	درصد اشباع	بافت خاک
۰-۳۰	۳/۲۱	۸/۲	۱/۷۱	۱۲	۲۱۰	۱۸/۰٦	۰/۰٥٦	٤٦	لوم شنی

برای اندازه‌گیری کلسیم و پتاسیم غده‌ها از روش ویلیام (۲۰۰۰) استفاده شد. اندازه‌گیری فسفر و نیترات غده بر مبنای وزن خشک و به روش جونز (۲۰۰۱) انجام گرفت. برای اندازه‌گیری pH خاک، پس از برداشت سیب زمینی، از همه‌ی کرت‌ها نمونه-هایی از خاک از عمق مناسبی انتخاب و گِل اشباع نمونه‌ها تهیه گردید. سپس pH خاک در همه‌ی کرت‌های آزمایشی توسط دستگاه pH متر محاسبه گردید. در هر کرت، برای تعیین عملکرد غده و اجزای عملکرد، نمونه برداری در سطح ۲ متر مربع انجام گرفت و نتایج حاصل به کل هکتار تعمیم داده شد.

برای اندازه‌گیری میزان نشاسته، نمونه‌های غده ابتدا رنده شده و به میزان سه برابر به پالپ، آب افزوده شد و با پارچه‌ی توری صاف شدند. پس از دو فاز شدن محلول حاصل، توسط کاغذ صافی و قیف بوخنر صاف و در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد خشک و میزان نشاسته محاسبه شد (یقبانی و محمدزاده، ۱۳۸٤). برای تعیین درصد ماده‌ی خشک غده، نمونه‌های کاملاً ریز شده، پس از توزین در آون الکتریکی با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ٤٨ ساعت قرار گرفتند (هاگمن و مارتنسن، ۲۰۰۹).

در این آزمایش تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام گرفت و برای مقایسه‌ی میانگین صفات مورد ارزیابی از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد. رسم شکل‌ها نیز با بهره‌گیری از نرم‌افزار Excel انجام پذیرفت.

نتایج و بحث

میزان فسفر غده

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که کود گوگرد، باکتری تیوباسیلوس و اثر متقابل کود گوگرد و تیوباسیلوس بر میزان فسفر غده در سطح احتمال ۱ درصد تأثیر معنی‌داری داشتند (جدول ۲). بر اساس نتایج مقایسه میانگین داده‌ها (شکل ۱)، بیش‌ترین میزان فسفر غده (۰/۳۹ درصد) از تیمار ۴۰۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار و در شرایط استفاده از باکتری تیوباسیلوس به دست آمد و کم‌ترین میزان فسفر غده (۰/۲۷ درصد) نیز در تیمار شاهد (عدم استفاده از گوگرد و بیوسولفور) مشاهده شد. هم‌چنین تیمار ۳۰۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار و در شرایط عدم استفاده از باکتری تیوباسیلوس با تیمارهای ۲۰۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار و در شرایط استفاده و عدم استفاده از باکتری تیوباسیلوس در یک گروه آماری قرار دارند. هم‌چنین تیمار ۲۰۰ کیلوگرم کود گوگرد در هکتار و در شرایط عدم استفاده از باکتری تیوباسیلوس با تیمار شاهد و تیماری که فقط باکتری تیوباسیلوس مصرف شده است، از لحاظ فسفر غده با هم اختلاف معنی‌داری ندارند. نتایج نشان می‌دهد با افزایش مصرف توأم گوگرد و تیوباسیلوس، میزان فسفر غده افزایش یافته است. به نظر می‌رسد کاهش pH خاک توسط کود گوگرد و تیوباسیلوس، شرایط بهتری را برای جذب فسفر که به مقدار اسیدیته خاک وابسته بوده، فراهم کرده است. باکتری تیوباسیلوس و گوگرد قادرند با کاهش میزان اسیدیته‌ی اطراف خود و نیز به کمک فرآیندهای آنزیمی، فسفر نامحلول خاک را به صورت اسیدهای آلی فسفره و فسفر سبک آزاد کرده و تحرک و جذب این عنصر را در خاک افزایش دهند (ملکوتی و سپهر، ۱۳۸۳). بسیاری از محققین گزارش کرده‌اند اکسیداسیون گوگرد و تولید اسید سولفوریک باعث کاهش pH خاک و افزایش دسترسی به فسفر و عناصر کم مصرف می‌شود و باکتری تیوباسیلوس باعث تسریع این فرایند می‌شود (تیسدال و همکاران، ۱۹۹۳). گودرزی (۱۳۸۳) گزارش کرد که مصرف گوگرد در خاک‌های آهکی سبب افزایش غلظت فسفر در بافت گندم شد.

شکل ۱- مقایسه میانگین اثر متقابل گوگرد و تیوباسیلوس بر میزان فسفر غده

میزان کلسیم و پتاسیم غده

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، اثر کود گوگرد، تیوباسیلوس و اثر متقابل آن‌ها بر میزان کلسیم غده، معنی‌دار نبود، ولی میزان پتاسیم غده به طور معنی‌داری تحت تأثیر کود گوگرد، تیوباسیلوس و اثر متقابل آن‌ها قرار گرفت (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها (شکل ۲) نشان داد که بیش‌ترین میزان پتاسیم غده (۲/۵۲ درصد) مربوط به تیمار مصرف توأم ۴۰۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار و باکتری تیوباسیلوس می‌باشد و کم‌ترین میزان پتاسیم غده (۱/۹۸ درصد) از تیمار شاهد (عدم استفاده از گوگرد و بیوسولفور) حاصل شد. هم‌چنین تیمار ۴۰۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار و در شرایط عدم استفاده از باکتری تیوباسیلوس با تیمار ۳۰۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار و در شرایط استفاده از باکتری تیوباسیلوس از نظر پتاسیم غده اختلاف معنی‌داری ایجاد نکردند. تیمار ۳۰۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار و در شرایط عدم استفاده از باکتری تیوباسیلوس با تیمارهای ۲۰۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار و در شرایط استفاده و عدم استفاده از تیوباسیلوس در

یک گروه آماری قرار دارند. تیمار شاهد نیز با تیماری که فقط باکتری تیوباسیلوس مصرف شده است در گروه مشترک قرار گرفته و با سایر تیمارها اختلاف معنی‌داری داشتند. خاک محل اجرای آزمایش دارای اسیدیته بالایی بود، در چنین وضعیتی گیاه از نظر عناصر غذایی در تعادل نمی‌باشد. به نظر می‌رسد استفاده هم‌زمان از گوگرد و تیوباسیلوس با کاهش اسیدیته خاک، وضعیت تغذیه‌ای متعادلی برای گیاه ایجاد کرده است. این امر سبب بهبود سیستم فتوسنتزی گیاه شده که نتیجه آن تولید انرژی بیشتر برای گیاه می‌باشد و از این طریق غلظت عناصری مانند پتاسیم را که به صورت فعال و با صرف انرژی جذب گیاه می‌شوند، افزایش داده است. گوگرد به دلیل اکسید شدن توسط تیوباسیلوس و تولید اسید سولفوریک، پتانسیل لازم برای کاهش اسیدیته خاک را دارا بوده، لذا می‌تواند به خصوص در منطقه‌ی ریزوسفر در انحلال مواد غذایی نامحلول و آزاد شدن عناصر ضروری مؤثر واقع شود. لذا گوگرد به عنوان یک ماده اسیدزا به منظور افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی در خاک‌های آهکی کاربرد دارد (کایا و همکاران، ۲۰۰۹). میزان پتاسیم غده سیب-زمینی بر روی اندازه آن تأثیر دارد و کیفیت غده‌ی سیب‌زمینی را تا حد زیادی تحت تأثیر قرار می‌دهد (شارما و سود، ۲۰۰۱).

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر گوگرد و تیوباسیلوس بر برخی صفات کمی و کیفی سیب‌زمینی

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات								
		فسفر غده	کلسیم غده	پتاسیم غده	pH خاک	نیترات غده	عملکرد غده	تعداد غده در بوته	نشاسته غده	ماده خشک غده
تکرار	۲	۰/۰۰۳^{ns}	۰/۰۰۲^{ns}	۰/۰۰٤^{ns}	۰/۰۰۹^{ns}	٦۷/٦^{ns}	۱۳/۰۷**	۰/۱۸*	۰/۵۳^{ns}	۰/۳۲^{ns}
کود گوگرد (S)	۳	۰/۰۱**	۰/۰۰۲^{ns}	۰/۱۹**	۰/۸۱**	٦۲۷۲**	٤۳۳/٦**	۱٤/۹٦**	۱۷/٦**	۲۲/۱۲*
تیوباسیلوس(BS)	۱	۰/۰۰۹**	۰/۰۰۲^{ns}	۰/۱**	۰/۰۷**	٤۰۵*	۱۱۰/۸**	۲/۲٦**	۲/۸۵^{ns}	۰/۹۱^{ns}
S × BS	۳	۰/۰۰۹**	۰/۰۰۲^{ns}	۰/۰۲*	۰/۰۱۲*	۱۵/۳^{ns}	۱۸/۹٤**	۰/۲۸**	۳/۱۸^{ns}	۳/۲^{ns}
خطای آزمایشی	۱٤	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۱۷	۰/۰۰۵	۰/۰۰۲	۸۳/۷۱	۱/۹۸	۰/۰۳	۲/٤۲	٦/۱٦
ضریب تغییرات (٪)	–	٤/۰۲	۱۳/۱۸	۳/۲۵	۱/٦٦	۵/٤۷	۳/۲۵	۲/۳۲	۱۱/۹۵	۱۳/٤۲

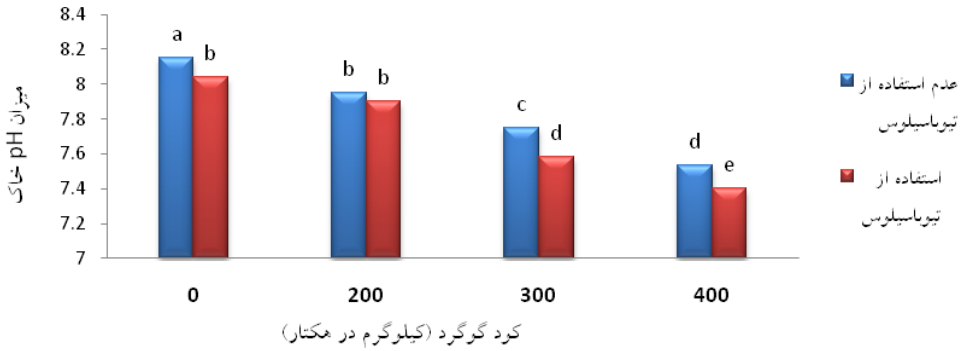
ns، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

شکل ۲- مقایسه میانگین اثر متقابل گوگرد و تیوباسیلوس بر میزان پتاسیم غده

pH خاک

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان می‌دهد که اثر کود گوگرد، تیوباسیلوس و اثر متقابل آن‌ها بر میزان pH خاک معنی-دار است. بر اساس مقایسه میانگین‌ها، بیش‌ترین میزان pH خاک (۸/۱) به تیمار شاهد (عدم استفاده از کود گوگرد و بیوسولفور) تعلق گرفت و کم‌ترین آن (۷/٤) از تیمار ٤۰۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار و در شرایط استفاده از تیوباسیلوس به دست آمد (شکل ۳). تیماری که فقط باکتری تیوباسیلوس مصرف شده با تیمارهای ۲۰۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار و در شرایط استفاده و عدم استفاده از باکتری تیوباسیلوس در یک گروه آماری قرار

دارند. هم‌چنین میان تیمار ۳۰۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار و در شرایط استفاده از تیوباسیلوس با تیمار ٤۰۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار و در شرایط عدم استفاده از تیوباسیلوس از نظر pH خاک اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. بر اساس نتایج به دست آمده، مصرف هم‌زمان گوگرد و باکتری تیوباسیلوس کارایی بهتری در کاهش pH خاک دارند، به طوری که با افزایش میزان کود گوگرد و تیوباسیلوس، اسیدیته خاک بیشتر کاهش یافته است. گوگرد در خاک و در حضور باکتری‌های اکسید کننده‌ی گوگرد (تیوباسیلوس)، به اسید سولفوریک تبدیل شده و موجب کاهش pH خاک می‌شود (کاپلن و ارمان، ۱۹۹۸). وین رایت (۱۹۹٤) بیان کرد گوگرد وقتی در خاک مؤثر خواهد بود که باکتری‌های اکسید کننده‌ی گوگرد (تیوباسیلوس) در خاک حضور داشته باشند تا در اثر اکسایش بیولوژیکی گوگرد، اسید سولفوریک تولید شود که این امر موجب کاهش pH خاک، آزاد شدن عناصر غذایی برای گیاه و افزایش عملکرد محصول می‌شود. کیل هام (۱۹۹٤) بیان کرد از گوگرد به منظور کاهش pH خاک‌های قلیایی و آهکی و افزایش حلالیت عناصر تثبیت شده در این خاک‌ها استفاده می‌شود. شرط بهره گیری از توان بالقوه‌ی گوگرد، حضور ریز جانداران اکسید کننده‌ی این ماده به ویژه باکتری‌های جنس تیوباسیلوس در خاک می‌باشد. استامفورد و همکاران (۲۰۰۳) طی آزمایشی گزارش کردند که کاربرد گوگرد و تیوباسیلوس نسبت به گچ، pH و EC خاک را بیشتر کاهش داد.



شکل ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل گوگرد و تیوباسیلوس بر میزان pH خاک

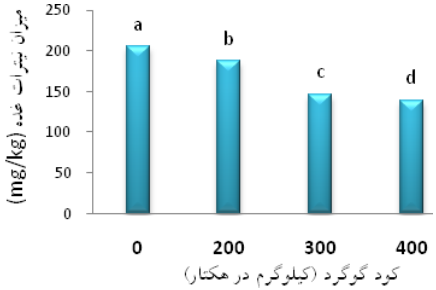
نیترات غده

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها بیانگر این است که میزان نیترات غده تحت تأثیر سطوح مختلف کود گوگرد و تیوباسیلوس قرار گرفت، ولی اثر متقابل آن‌ها از نظر این صفت معنی‌دار نشد (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر کود گوگرد نشان داد که بیش‌ترین میزان نیترات غده (۲۰٤ میلی‌گرم بر کیلوگرم) متعلق به تیمار شاهد بود و کم‌ترین آن (۱۳۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم) از تیمار ٤۰۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار به دست آمد (شکل ٤). مقایسه میانگین اثر باکتری تیوباسیلوس بیانگر آن است که کم‌ترین میزان نیترات غده با مصرف تیوباسیلوس به دست آمد (شکل ۵). بنابراین، مصرف گوگرد و باکتری تیوباسیلوس مقدار نیترات غده را کاهش داده است. کاهش نیترات ممکن است به این دلیل باشد که گیاه به علت کاهش اسیدیته خاک توانسته عناصر غذایی بیشتری جذب کند و با رشد و فتوسنتز بیشتر، عملکرد بهتری داشته باشد. با توجه به این‌که کود نیتروژن یکسانی در همه‌ی کرت‌ها مصرف شده بود، تیمارهایی که عملکرد غده بیشتری داشتند، در نهایت نیتروژن کمتری به صورت نیترات در غده ذخیره کرده‌اند. حد بحرانی سمیت نیترات در سیب‌زمینی ۲۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم می‌باشد (ملکوتی، ۱۳۷۵). تجمع نیترات در سیب‌زمینی بستگی به عوامل مختلفی از جمله مقدار و نوع کود نیتروژن، دوره رشد، شدت نور، دما و زمان برداشت دارد. به دلیل آثار زیان‌بار نیترات، لازم است میزان نیترات در محصولات در حداقل مقدار ممکن باشد (ملکوتی، ۱۳۸۰).

عملکرد غده

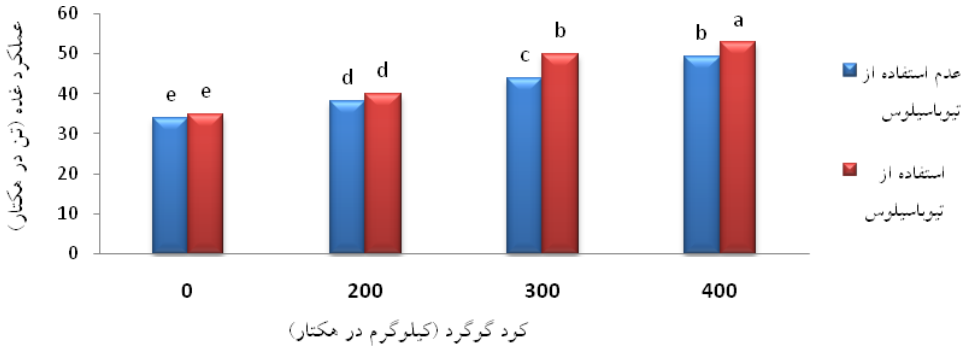
نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که کود گوگرد، باکتری تیوباسیلوس و اثر متقابل آن‌ها در سطح احتمال ۱ درصد بر عملکرد غده در هکتار معنی‌دار است (جدول ۲). بر اساس نتایج مقایسه میانگین داده‌ها (شکل ٦)، بیش‌ترین میزان عملکرد غده در هکتار (۵۲/۷٤ تن در هکتار) از تیمار ٤۰۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار و در شرایط استفاده از باکتری تیوباسیلوس به

دست آمد و کم‌ترین آن (۳۳/۷۶ تن در هکتار) نیز به تیمار شاهد (عدم استفاده از کود گوگرد و بیوسولفور) تعلق گرفت. بر اساس نتایج به دست آمده، تیمار ۳۰۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار به همراه تیوباسیلوس با تیمار ٤۰۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار و در شرایط عدم استفاده از تیوباسیلوس، در یک گروه آماری قرار دارند. هم‌چنین بین تیمار ۲۰۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار و در شرایط استفاده از باکتری تیوباسیلوس و تیمار ۲۰۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار و در شرایط عدم استفاده از باکتری تیوباسیلوس از نظر عملکرد غده اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد و تیمار شاهد با تیماری که فقط باکتری تیوباسیلوس استفاده شده بود، در یک گروه آماری قرار گرفت. به نظر می‌رسد با افزایش میزان کود گوگرد و تیوباسیلوس، عمل اکسیداسیون بیولوژیکی گوگرد بیشتر شده، به طوری که قابلیت جذب عناصر غذایی توسط سیب‌زمینی بیشتر گردیده و با رشد بهتر ریشه و اندام هوایی، عملکرد غده افزایش یافته است. شرفی و همکاران (۲۰۱۱) گزارش نمودند که به شرط وجود ماده آلی در خاک، استفاده از تیوباسیلوس و کود گوگرد می‌تواند نقش مؤثری در افزایش عملکرد دانه کلزا داشته باشد. به گزارش بشارتی و همکاران (۱۳۸۹) تیوباسیلوس و گوگرد بر عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و مقدار فسفر جذب شده توسط بخش هوایی گندم تاثیر مثبت گذاشت. محنت‌کش (۱۳۸۲) به منظور بررسی اثر گوگرد و تیوباسیلوس بر عملکرد کمی و کیفی کلزا، آزمایشی به مدت دو سال انجام داد. نتایج نشان داد که مصرف گوگرد به همراه تیوباسیلوس باعث افزایش عملکرد دانه گردید. گانگاردهارا و همکاران (۱۹۹۰) در بررسی سطوح مختلف کود گوگرد در آفتابگردان گزارش دادند که مصرف گوگرد، عملکرد دانه و غلظت ریزمغذی ها را به طور معنی‌داری افزایش داد، به طوری که عملکرد دانه از ۹٦۰ به ۲۳۰۰ کیلوگرم در هکتار افزایش یافت.



شکل ٤- مقایسه میانگین اثر کود گوگرد بر نیترات غده

شکل ٥- مقایسه میانگین اثر تیوباسیلوس بر نیترات غده



شکل ٦- مقایسه میانگین اثر متقابل گوگرد و تیوباسیلوس بر عملکرد غده در هکتار

تعداد غده در بوته

بر اساس نتایج تجزیه واریانس ارایه شده (جدول ۲)، اثر گوگرد، باکتری تیوباسیلوس (بیوسولفور) و اثر متقابل آن‌ها در سطح احتمال ۱ درصد بر تعداد غده در بوته معنی‌دار است. بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها (شکل ۷)، بیش‌ترین تعداد غده در بوته (۹/۸۵ عدد) مربوط به تیمار مصرف ٤۰۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار و در شرایط استفاده از تیوباسیلوس می‌باشد و کم‌ترین تعداد غده در بوته (۵/٦۲ عدد) متعلق به تیمار شاهد است. بر

اساس نتایج (شکل ۷)، تیمار ٤۰۰ کیلوگرم کود گوگرد در هکتار و در شرایط عدم استفاده از باکتری تیوباسیلوس با تیمار ۳۰۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار و در شرایط استفاده از تیوباسیلوس در یک گروه آماری قرار دارد. هم‌چنین تیمار ۲۰۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار و در شرایط استفاده از باکتری تیوباسیلوس با تیمار ۲۰۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار و در شرایط عدم استفاده از باکتری تیوباسیلوس از نظر تعداد غده در بوته اختلاف معنی‌داری ایجاد نکردند. تشکیل غده‌ی سیب‌زمینی در اثر ذخیره شدن کربوهدرات به خصوص نشاسته در آخرین گره استولون می‌باشد. گوگرد و تیوباسیلوس با کاهش pH خاک، جذب فسفر و پتاسیم را بیشتر کرده و باعث افزایش میزان و مدت فتوسنتز شده و با انتقال کربوهیدرات از برگ‌ها به غده‌ها باعث تشکیل غده‌ها می‌شوند (خلدبرین و همکاران، ۱۳۸۰). کاربرد باکتری‌های اکسید کننده‌ی کود گوگرد (تیوباسیلوس) موجب افزایش عملکرد، پروتئین و روغن دانه‌ی کنجد شد (ال هاباشا و همکاران، ۲۰۰۷). جهان و همکاران (۲۰۱۳) نیز اظهار داشتند که کاربرد گوگرد و کود بیولوژک بیوسولفور در مقایسه با شاهد، منجر به افزایش معنی‌دار عملکرد دانه و شاخص برداشت کنجد به ترتیب تا ۲۵ و ۳٦ درصد شد.

شکل ۷- مقایسه میانگین اثر متقابل گوگرد و تیوباسیلوس بر تعداد غده در بوته

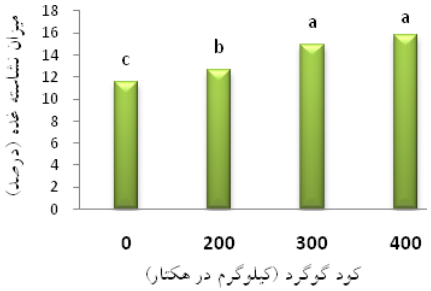
نشاسته غده

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که اثر کود گوگرد بر میزان نشاسته غده در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار است، ولی اثر تیوباسیلوس و اثر متقابل آن‌ها از نظر این صفت معنی‌دار نشد. با بررسی اثر سطوح کود گوگرد مشخص شد که بیش‌ترین میزان نشاسته غده (۱۵/۸۳ درصد)، با مصرف ٤۰۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار به دست آمد که با تیمار ۳۰۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار در یک گروه آماری قرار داشت و کم‌ترین نشاسته غده (۱۱/۵۲ درصد) به تیمار شاهد اختصاص یافت (شکل ۸). به نظر می‌رسد وجود گوگرد در خاک، موجب بهبود شرایط رشد و افزایش غلظت کلروفیل و فتوسنتز برگ شده و در اثر آن باعث افزایش ذخیره‌ی نشاسته در غده‌ی سیب‌زمینی شده است. وجود گوگرد در گیاه باعث افزایش فتوسنتز و از این طریق باعث افزایش کربوهیدرات‌ها می‌شود (سانگال و همکاران، ۱۹۹۸). نشاسته مهم‌ترین ماده سیب‌زمینی را تشکیل می‌دهد و یکی از شاخص‌های مهم در کیفیت سیب‌زمینی است. در تبدیل قند به نشاسته، فسفر یک عنصر مهم به شمار می‌آید. تأمین فسفر مورد نیاز گیاه از طریق کاهش pH خاک توسط گوگرد، باعث تسهیل در تبدیل قندها به نشاسته می‌شود (ملکوتی و همکاران، ۱۳۷۳).

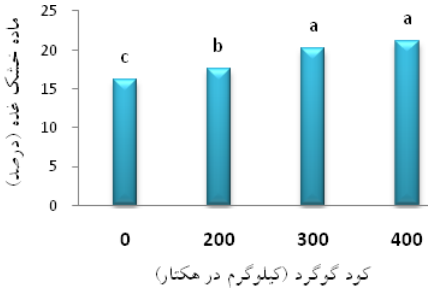
ماده خشک غده

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، میزان ماده خشک غده به طور معنی‌داری تحت تأثیر کود گوگرد قرار گرفت، ولی تیوباسیلوس و اثر متقابل گوگرد و تیوباسیلوس در میزان ماده خشک غده اختلاف معنی‌داری ایجاد نکردند (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها (شکل ۹) نشان داد که بیش‌ترین میزان ماده خشک غده (۲۱/۱۳ درصد) از تیمار ٤۰۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار و کم‌ترین آن (۱٦/۲۵ درصد) از تیمار شاهد حاصل شد. طبق گزارش ابی و همکاران (۲۰۰۲) مصرف گوگرد باعث افزایش ماده خشک پیاز می‌شود. درصد ماده خشک تحت شرایط محیطی مختلف تغییر می‌کند. باید در نظر داشت که برای یک رقم خاص، درصد ماده خشک غده سیب‌زمینی همیشه ثابت نیست (موسی‌پور، ۲۰۰۵). کودهای بیولوژیک و گوگرد باعث

افزایش رشد گیاه می‌شوند. هم‌چنین تأمین فسفر مورد نیاز گیاه توسط گوگرد، باعث افزایش سنتز مواد ذخیره‌ای کربوهیدرات به ویژه نشاسته شده و موجب افزایش ماده خشک غده‌ی سیب-زمینی می‌شود (اکیلوف، ۲۰۰۷). بشارتی و همکاران (۲۰۰۱) نشان دادند که کاربرد گوگرد اثر معنی‌داری بر عملکرد ذرت داشته و باعث افزایش ماده‌ی خشک شده است. بشارتی و همکاران (۲۰۰۷) در آزمایش گلخانه‌ای مشاهده کردند که بیش-ترین ماده خشک اندام‌های هوایی در ذرت، با کاربرد کود گوگرد به دست آمد.



شکل ۸- مقایسه میانگین اثر گوگرد بر نشاسته غده



شکل ۹- مقایسه میانگین اثر گوگرد بر ماده خشک غده

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که کاربرد کود گوگرد و باکتری تیوباسیلوس تیواکسیدانس باعث کاهش pH خاک و افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی به ویژه فسفر و پتاسیم گردید. هم-چنین در غده‌های تولیدی در اثر مصرف گوگرد و تیوباسیلوس در مقایسه با تیمار شاهد، نیترات کمتری مشاهده شد. به طوری که میزان نیترات غده، زیر آستانه‌ی سمیت قرار داشت که باعث افزایش کیفیت و ارزش غذایی غده‌ها می‌شود. عملکرد غده در هکتار و تعداد غده در بوته نیز با کاربرد هم‌زمان گوگرد و تیوباسیلوس افزایش یافت. به طور کلی با توجه به آهکی و قلیایی بودن بیشتر اراضی کشاورزی و پایین بودن قابلیت جذب عناصر غذایی در آن‌ها، مصرف هم‌زمان کود گوگرد و باکتری تیوباسیلوس برای کاهش pH خاک، بهبود شرایط خاک، افزایش عملکرد و افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی از خاک توصیه می‌شود.

منابع

اصغری زکریا، ر. و ر. سیدشریفی. ۱۳۸۷. زراعت و اصلاح سیب‌زمینی. انتشارات مهد تمدن. ۱٦٥ صفحه.

بشارتی، ح.، ا. سادات نوری، ا. بردیا، ح. ایران نژاد، ع. اکبری و ع. فلاح. ۱۳۸۹. بررسی کارایی گوگرد و مایه تلقیح باکتری‌های تیوباسیلوس بر عملکرد گندم در خاک‌های آهکی. مجله‌ی تحقیقات منابع آب و خاک ایران. جلد ٤١، شماره ۱: ۱۳۰-۱۲۱.

خلدبرین، ب. و ط. اسلام‌زاده. ۱۳۸۰. تغذیه‌ی معدنی گیاهان عالی (ترجمه). نویسنده: هورست مارشنر. انتشارات دانشگاه شیراز. ۹٤٥ صفحه.

خواجه‌پور، م. ر. ۱۳۸۳. تولید نباتات صنعتی. انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه صنعتی اصفهان. ٥٦٤ صفحه.

سپهوند، م. ۱۳۸۲. بررسی تمایز مقادیر مختلف گوگرد به صورت مصرف خالی بر عملکرد دانه و کیفیت دانه‌ی سویا. سومین همایش ملی توسعه‌ی کاربرد مواد بیولوژیک و استفاده‌ی بهینه از کود و سم در کشاورزی. نشر آموزش کشاورزی. کرج، تهران. ص ۹۹-۹۸.

ضیائیان، ع. ۱۳۸۲. استفاده از عناصر کم مصرف در کشاورزی. وزارت جهاد کشاورزی. سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی، معاونت آموزش و تجهیز نیروی انسانی. نشر آموزش کشاورزی. ۲۰۷ صفحه.

گودرزی، ک. ۱۳۸۳. بررسی اثرات گوگرد و کمپوست بر افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی خاک و عملکرد گندم. روش‌های نوین تغذیه‌ی گندم (مجموعه‌ی مقالات). وزارت جهاد کشاورزی. تهران، ایران.

محنت کش، ع. ۱۳۸۲. بررسی مصرف گوگرد و تیوباسیلوس و ماده‌ی آلی بر عملکرد کمی و کیفی کلزا. هشتمین کنگره‌ی علوم خاک ایران. ص ۸٦-۸٤.

ملکوتی، م. ج. ۱۳۷٥. کشاورزی پایدار و افزایش عملکرد با بهینه‌سازی مصرف کود در ایران. انتشارات نشر آموزش کشاورزی کرج، ایران.

ملکوتی، م. ج. و ا. سپهر. ۱۳۸۳. تغذیه‌ی بهینه‌ی دانه‌های روغنی. انتشارات خانیران. ٤٥٢ صفحه.

ملکوتی، م. ج. و م. نفیسی. ۱۳۷۳. مصرف کود در اراضی فاریاب و دیم (ترجمه). چاپ دوم. انتشارات دانشگاه تربیت مدرس. ٢٤٢ صفحه.

ملکوتی، م. ج. و م. نفیسی. ۱۳۸۰. عزم ملی برای تولید کود در کشور. انتشارات تحقیقات آب و خاک.

یقبانی، م. و ج. محمدزاده. ۱۳۸٤. بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی نشاسته ارقام غالب سیب‌زمینی منطقه‌ی گلستان. فصلنامه‌ی علوم و صنایع غذایی ایران. دوره ۲، شماره ٤: ۷۹-۷۱.

Abbey, L., D. C. Joyce, J. Aked and B. Smith. 2002. Genotype , sulfur nutrition and soil type effects on growth and dry matter production of spring onion. Journal of Horticultural Science and Biotechnol. 77 (3): 340-345.

Besharati, H., K. Khavazi and N. Saleh-Rastin. 2001. Evaluation of some carriers for Thiobacillus inoculants used along with sulfur to increase uptake of some nutrients by corn and improve its performance. Plant Soil Sci. 92: 672-673.

Besharati, H., K. Atashnama and S. Hatami. 2007. Biosuper a phosphate fertilizer in a calcareous soil with low available phosphorus. African J. Biotechnol. 6(11): 1325-1329.

Berg, G., C. Zachow, J. Phillips and R. Tilcher. 2013. Next-generation bio-products sowing the seeds of success for sustainable agriculture. Agron. J. 3: 648–656.

Chapman, S. J. 1990. Thiobacillus population in some agricultural soils. Soil Biol Biochem. 22: 479-482.

Cifuentes, F. R and W. C. Lindemann. 1993. Organic matter stimulation of elemental sulfur oxidation in calcareous soil. Soil Sci. Soc. Am. J. 57: 727-731.

Ekelof, J. 2007. Potato yield and tuber set as affected by phosphorus fertilization. Master project in the Hort. Sci. programme. 2: 20 p (30 ECTS).

EL-Habbasha, S. F., M. S. Abdel Salam and M. O. Kabesh. 2007. Response of two sesame varieties (*Sesame indicum* L). to partial replacement of chemical fertilizers by Bio-organic fertilizers. Res. J. Agric. Biol. Sci. 3: 563-571.

Gangardhara, G. A., H. M. Manju and T. Satyanarayana. 1990. Effect of Sulfur on yield oil content of sunflower and uptake of micronutrients by plants. Indian Soc. Soil Sci. 38(4): 692-695.

Garcia, J. R. O. 1991. Isolation and Characterization of Aciditiobacillus thiooxidans and Aciditiobacillus ferrooxidans from mineral mines. Revista demicrobiologia. 20: 1-6.

Hagman, J. E and A. Martenssen. 2009. Cultivation practices and potato cultivars suitable for organic potato production. Potato Res. 53: 120-133.

Irshad, A. H., S. Fayaz-Ahmad and P. Sultan. 2011. Effect of Sulfur dioxide on the biochemical parameters of spinach (Spinacea oleracia). J. Sci. 9: 1. 24-27.

Jahan, M. M., M. Aryaei, B. Amiri and H. R. Ehyaei. 2013. The effect of plant growth promoting Rhizobacteria (PGPR) on quantitative and qualitative characteristics of (*Sesamum indicum* L) with cover crops of Lathyrus sp and Persian clover (*Trifolium resopinatum* L.). J. Agroecol. 5: 1–15.

Jones, J. B. 2001. Laboratory guide for conduction soil tests and plant analysis. CRC press LLC, U. S.

Kalbasi, M., F. Filsoof and Y. Rezaei-nejad. 1988. Effect of Sulfur treatment on yield and uptake of Fe, Zn and Mn by corn, sorghum and soybean. J. Plant Nutrition. 11(6-11): 1353-1360.

Kaplan, M and S. Orman. 1998. Effect of elemental sulfur and sulfur containing waste in a calcareous soil. Turkey. J. Plant Nutr. 21(8):1655-1665.

Kaya, M., Z. Kucukyumuk and I. Erdal. 2009. Effects of elemental sulfur containing waste on nutrient concentrations and grown on calcareous soil. African J. Biotechnol. 8(18): 4481-4489.

Kelly, D. P and A. P. Harrison. 1989. Genus Thiobacillus. 1942-1858. In J.T. Staley (ed). Bergeys Manual of Systematic Bacteriology. YoI. ^{39}th ed. Williams and Wilkins, Baltimore. U.S.A.

Kilham, K. 1994. Soil Ecology, Cambridge university press. pp:141-150.

Mousapour, Y. 2005. Evaluation of quantitative and qualitative characteristics of potato new cultivars in spring cultivation. Project final report, Seed and plant Improvement Institute.

Mukherjee, D and R. K. Singh. 2002. Influence Sulfur, iron and silicon nutrition on growth and yield of irrigated mustard. Haryana J. Agron. 18 (1 and 2): 2-50.

Rosa, M. C., J. J. Muchovej and V. H. Alvarez. 1989. Temporal relations of phosphorus fractions in an oxisoil amended with phosphate and Thiobacillus thiooxidatons. Soil Sci. Soc. Am. J. 53: 1096-1100.

Salimpour, S., K. Khavazi, H. Nadian, H. Besharati and M. Miransari. 2010. Enhancing phosphorous availability to canola (*Brassica napus* L.) using P solubilizing and sulfur oxidizing bacteria. Aust. J. Crop Sci. 4: 330-334.

Sangale, P. B., G. D. Palil and S. Y. Daftardar. 1998. Effect of foliar application of zinc, iron and boron on yield of safflower. J. Moharashtra Agricultural Universities. 6: 65-66.

Scherer, H. W. 2001. Sulphure in crop production. Europ. J. Agron. 14: 81-111.

Sharafi, S., H. Abbas Dokht, M. R. Chaeechi, M. R. Ardakani and S. Ghasemi. 2011. Evaluation of effect of variety, seed inoculation with Thiobacillus and various forms of nitrogen application on yield and yield components of winter rapeseed. Iran J. Field Crop Sci, 41: 459–468.

Sharma, R. C and K. C. Sud. 2001. Potassium Management for Yield and Quality of Potato. CPRI, Shimla-171 001 (HP): 363-381.

Stamford, N. P., D. R. Santos, A. M. M. Monura, C. E. Santos and A. D. Freitas. 2003. Biofertilizer with natural phosphate, sulphur and Accidithio bacillus in a soil with low available-p. Scientia Agricola. 60(4): 767-773.

Tate, R. L. 1995. The sulfur and related biogeochemical cycle. P. 359-372. In soil microbiology. John Willey & Sons ins, New York.

Tisdale, S. L., W. L. Nelson, J. D. Beaton and J. L. Havlin. 1993. Soil Fertility and fertilizers. 5th ed. Mcmillon Publishing Co. New York.

Wainwright, M. 1984. Sulfur oxidation in soils. Advances in Agronomy. 37: 346-396.

William, H. 2000. Official methods of analysis of AOAC international. 17 nd ed. USA: AOAC International: Pages 36: 14, 37:7-8.

Effect of sulfur fertilizer and thiobacillus on qualitative traits and nutrients concentration of potato (*Solanum tuberosum* L.)

F. Golmoradi Marani[1], M. Barmaki[2], M. Sedghi[3], M.J. Firoozi[1]

Received: 2015-12-13 Accepted: 2016-3-21

Abstract

In order to study the effect of different amounts of sulfur fertilizer in the presence or absence of *Thiobacillus thiooxidans* bacteria (biosulfur) on qualitative traits and nutrients concentration in Potato cv. Agria, a factorial experiment was conducted based on randomized complete blocks design with three replications in research farm of the faculty of agricultural sciences, university of Mohaghegh Ardabili, during growing season of 2011-2012. The experimental factors contain sulfur fertilizer in four levels 0, 200, 300 and 400 kg ha^{-1} and biosulfur as biofertilizer in two levels control (without application) and using Thiobacillus. The results showed that the effect of sulfur fertilizer on the starch, dry matter and nitrate of tuber, also Thiobacillus, sulfur fertilizer and their interaction on the tuber yield, number of tuber per plant, potassium and phosphorus content of tubers and the soil pH were significant. The highest amount of tuber yield, number of tuber per plant and phosphorus and potassium content of tubers was obtained by application of 400 kg ha^{-1} Sulfur and terms of using Thiobacillus bacteria. The application of sulfur fertilizer and biosulfur was reduced soil pH, so that the highest rate of soil pH was observed in terms without application of sulfur and Thiobacillus bacteria. The highest starch and dry matter content of tubers was resulted by using 400 kg ha^{-1} of Sulfur. Generally the application of 400 kg ha^{-1} sulfur with Thiobacillus bacteria recommended to increase the quantity and quality of potato in a calcareous soils.

Keywords: Biofertilizers, biosulfur, phosphorus, potassium, starch

1- Graduated Student of Agronomy, Faculty of Agricultural Sciences, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
2- Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
3- Associated Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran