نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۹، شماره ۶، بهمن – اسفند ۱۳۹۴، ص. ۱۶۹۸-۱۶۸۸

Journal of Water and Soil
Vol. 29, No. 6, Jan.-Feb. 2016, p. 1688-1698

ارزیابی تأثیر کاربرد گوگرد و باکتریهای تیوباسیلوس بر برخی خصوصیات شیمیایی خاک و عملکرد کلزا در تناوب گندم- کلزا در دو سال متوالی

حسین بشارتی[1*]- رحیم مطلبی‌فرد[2]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۰/۲۴
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۹/۱۶

چکیده

تحقیق حاضر در ایستگاه تحقیقات کشاورزی اکباتان همدان، به مدت ۲ سال زراعی در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی با ۸ تیمار و ۳ تکرار اجرا شد. تیمارها شامل : T۱: بدون گوگرد و *تیوباسیلوس*، T۲: ۱۵۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار، T۳: T۲ + تلقیح *تیوباسیلوس* به میزان۲٪ گوگرد مصرفی ، T۴: ۳۰۰ کیلوگرم گوگرد درهکتار، T۵: T۴ + تلقیح *تیوباسیلوس* به میزان۲٪ گوگرد مصرفی ، T۶: ۶۰۰ کیلوگرم گوگرد درهکتار، T۷: T۶ + تلقیح *تیوباسیلوس* به میزان۲٪ گوگردمصرفی و T_8: توصیه کودی برمبنای آزمون‌خاک بودند. تیمارها در دو قطعه مجزا (هر قطعه شامل ۲۴ کرت به ابعاد ۲/۴ در ۱۰ متر) تحت کشت گندم و کشت کلزا اعمال شدند. نتایج دو سال آزمایش نشان‌داد که تیمارها تأثیر معنی‌داری بر pH و بیکربنات خاک نداشتند، ولی در سال اول با افزایش مصرف گوگرد روند کاهشی در مقدار بیکربنات خاک مشاهده‌گردید. اثر تیمارها بر غلظت عناصرغذایی خاک فقط در مورد روی و مس معنی‌دار گردید و تیمار T ۸ بالاترین غلظت این دو عنصر را نشان داد. تأثیر تیمارها بر عملکرد کلزا در دو سال اجرای آزمایش معنی‌دار نگردید ولی در سال اول با افزایش مصرف گوگرد روند افزایشی معادل ۸۰۰ کیلوگرم در هکتار در تیمار T_6 نسبت به شاهد مشاهده گردید. در سال اول تأثیر تیمارها بر میزان گلوکوزینولاتها و گوگرددانه و مس برگ در سطح یک درصد معنی‌دار گردید. از مجموع نتایج چنین بر می‌آید که تیمارهای مختلف گوگرد تاثیر قابل توجهی بر عملکرد کلزا و خصوصیات شیمیایی خاک مورد آزمایش نداشته‌اند. غلظت عناصر غذایی محل اجرای تحقیق نزدیک حد بحرانی آنها برای کلزا بوده و عدم افزایش عملکرد در تیمار مصرف بهینه کود (T8) می تواند موید این مطلب باشد.

واژه های کلیدی: بیکربنات، قابل جذب، گلیکوزینولات، گوگرد عنصری، مایه تلقیح

مقدمه

کلزا (*Brassica napus* L.) پس از سویا و نخل روغنی سومین گیاه روغنی عمده جهان و مهمترین گیاه روغنی در بین گونه های متعلق به جنس براسیکا می‌باشد که دانه آن حدود ۴۰ درصد روغن دارد. عمده ترین کشورهای تولید کننده این محصول در جهان به ترتیب کانادا، چین و هندوستان می‌باشند که بیش از ۶۵ درصد کلزای جهان را تولید می‌کنند . با در نظر گرفتن مصرف سرانه ۱۴ کیلوگرم روغن در کشور حدود ۹۰۰ هزار تن روغن در سال مورد نیاز می باشد. این در حالی است که فقط کمتر از ۱۰ درصد از این روغن در داخل تولید می گردد (۲۷). در سالهای اخیر گیاه کلزا در سطح جهان به عنوان یکی از مهمترین نباتات روغنی مورد توجه قرار گرفته است. با توجه به سیاست جاری وزارت کشاورزی در ترویج و توسعه این دانه روغنی در جهت جلوگیری از خروج ارز برای واردات روغن، لزوم تحقیقات همه جانبه در مورد کلزا بخصوص استفاده صحیح و بهینه از کودهای شیمیایی ضروری به نظر می رسد (۱و۲۷). در سالهای اخیر به کشت آن توجه خاصی مبذول گردیده است. سطح زیر کشت آن هر ساله به مقدار قابل توجهی افزایش می‌یابد و با توجه به بالا بودن درصد روغن آن می توان با افزایش کشت کلزا مقدار قابل توجهی از روغن مصرفی کشور را تولید نمود (۲).

گوگرد جزء ترکیبات بیشماری از جمله اسیدهای آمینه و در نتیجه پروتئین هاست. نسبت نیتروژن به گوگرد در پروتئین های 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 می تواند

۱- دانشیار موسسه تحقیقات خاک و آب، کرج
(*- نویسنده مسئول: Email: besharati1350@yahoo.com)
۲- استادیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی همدان، همدان

باعث بهبود تغذیه گیاهان شود (۷). مصرف گوگرد جهت تامین سولفات مورد نیاز گیاه یا بهبود وضعیت تغذیه‌ای گیاه در خاکهای آهکی وقتی مؤثر و ثمر بخش خواهد بود که پس از استفاده به مقدار قابل توجهی در خاک اکسید گردد (۶ و ۵).

اکسایش زیستی گوگرد در خاک بطور عمده توسط باکتری‌های جنس *تیوباسیلوس* انجام می‌شود که جمعیت و فعالیت این باکتریها در اکثر خاکهای زراعی ما به دلیل نامساعد بودن شرایط از جمله پایین بودن میزان مواد آلی، عدم استفاده قبلی گوگرد و مایه تلقیح آنها بسیار ناچیز می‌باشد. این باکتریها شیمولیتوتروف[1]، گرم منفی و میله‌ای شکل بوده و انرژی مورد نیاز خود را از اکسایش ترکیبات احیاء گوگرد بدست می‌آورند (۵و۸). لازم به ذکر است که فرآیند اکسایش شیمیایی گوگرد عنصری در خاک بسیار کند و بطئی بوده و میزان اکسیداسیون زیستی گوگرد عنصری نیز به جمعیت *تیوباسیلوس*ها، رطوبت خاک، دما، تهویه، pH و مواد آلی خاک بستگی دارد (۵ و۸).

کمبود گوگرد مانع افزایش طول رشته اسید چرب از ۱۸ اتم به ۲۲ اتم می‌گردد و در نتیجه اسید اولئیک در شرایط کمبود گوگرد افزایش می‌یابد (۱۲). نسبت نیتروژن به گوگرد در گیاهان روغنی از اهمیت خاصی برخوردار است. برای تولید حداکثر عملکرد نسبت N/S در مرحله گلدهی کلزا باید ۱۲ باشد و مصرف گوگرد مقدار گلوکوزینولاتها[2] و اسیداسپارتیک را افزایش می دهد (۱۱).

در تحقیقی آذری(۴) سه سطح گوگرد (۰ و ۱/۵و ۳ تن در هکتار) و سه سطح فسفر(۰ ،۱۰۰و ۲۰۰کیلوگرم کود فسفری براساس P_2O_5 در هکتار) در گیاه جو در یک خاک سیلتی لوم استفاده نمود. حداکثر محصول جو معادل ۲۴۷۰ کیلوگرم در هکتار از مصرف ۲۰۰ کیلوگرم بر هکتار فسفر و ۳ تن در هکتار گوگرد بدست آمد و گوگرد با ۹۵ درصد اطمینان در افزایش عملکرد جو موثر بود(۴). شاهرخ نیا (۲۸) چهار سطح گوگرد ($kg\ ha^{-1}$ ۰ و ۵۰۰ ،۱۰۰۰ و۱۵۰۰) و سه سطح فسفر($kg\ ha^{-1}$ ۰ و ۴۵ ، ۹۰) را در گیاه پنبه در خاک آهکی استفاده کرد. بر اساس میانگین ۴ ساله آزمایش تاثیر تیمارها بر عملکرد پنبه از نظر آماری معنی دار نبود. جلیلی و همکاران (۱۱) گزارش نمودند که با مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد عنصری عملکرد کلزا از ۴۴۷۰ کیلوگرم به ۵۰۵۵ کیلوگرم افزایش یافت و این افزایش در سطح یک درصد معنی دار بود. در تحقیق مذکور تیمار مصرف ۲۰۰ کیلو گرم گوگرد عنصری در مقایسه با تیمار شاهد بدون مصرف گوگرد، غلافهای نابارور را بطور معنی داری کاهش داد.

سورندرا و همکاران (۱۸) با مصرف ۵۰۰ کیلوگرم گوگرد عنصری در بادام زمینی دریافتند که مصرف گوگرد باعث افزایش عملکرد، محتوای گوگرد، پروتئین و درصد روغن گیاه شد. میشرا و سینگ (۱۷) گزارش نمودند که با مصرف ۶۰ کیلوگرم گوگرد عنصری در هکتار علاوه بر افزایش عملکرد و بهبود کیفیت بادام زمینی، مقدار فسفر جذب شده توسط گیاه در مقایسه با شاهد افزایش یافت. واندورث و همکاران (۳۱) گوگرد را به دو کود متداول در کانادا اضافه کردند و نتیجه گرفتند که گوگرد اثر مثبتی بر عمکرد کمی و کیفی پیاز داشته است. آتو واولسن (۳) پی بردند که میزان اکسیداسیون گوگرد در خاکهای تلقیح شده با باکتری‌های *تیوباسیلوس* نسبت به خاکهای تلقیح نشده تا یازده برابر بیشتر است. مک کردی و کروس (۱۷) با تلقیح باکتریهای *تیوباسیلوس* به یک خاک سولونتزی مشاهده کردند که میزان اکسایش گوگرد، کاهش pH و مقدار سولفات تولید شده در خاک تلقیح شده به طور معنی‌داری بیشتر از خاک تلقیح نشده بود. رازتو (۲۴) تأثیر ۳۰۰ گرم سکوسترین آهن و ۱۰ و ۲۰ کیلوگرم گوگرد به ازاء هر درخت هلو را در رفع کلروز هلو مورد مطالعه قرار داد. بعد از یک سال تیمارهای ۱۰ و ۲۰ کیلوگرم گوگرد به ترتیب باعث کاهش pH از ۸/۲ به ۶/۶ و ۶/۴ گردیدند. کلباسی و همکاران (۱۲) به منظور بررسی اثر گوگرد بر جذب آهن، روی و منگنز به وسیله سه گیاه ذرت، سویا و سورگوم (در خاک لوم رسی با ۴۰ درصد آهک) دریافتند که مصرف ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد عنصری باعث کاهش معنی دار غلظت بیکربنات و pH خاک گردید و میزان آهن، روی و منگنز جذب شده توسط گیاهان به طور معنی‌دار افزایش یافت. رزا و همکاران (۲۳) طی یک آزمایش گلخانه ای، تأثیر تلقیح خاک با باکتری *تیوباسیلوس تیواکسیدانس* را بر عملکرد سورگوم و میزان جذب فسفر آن مورد بررسی قرار دادند. نتایج آزمایش آنها نشان داد که تلقیح مخلوط گوگرد و خاک فسفات با باکتری تیوباسیلوس موجب کاهش سریع pH گردیده و فسفر قابل دسترس موجود در خاک را افزایش داد. بشارتی و همکاران (۶) گزارش نمودند که مصرف گوگرد، ۳۶/۵ درصد و مصرف گوگرد به همراه *تیوباسیلوس*، ۱۳۷/۲ درصد مقدار آهن جذب شده توسط ذرت را در مقایسه با شاهد افزایش داد و بیشترین مقدار آهن جذب شده هنگامی بود که گوگرد همراه با باکتریهای اتوتروف اجباری به خاک اضافه شد. آنها همچنین گزارش نمودند که مصرف گوگرد ۵۶/۸ درصد و مصرف گوگرد همراه با مایه تلقیح *تیوباسیلوس* ۵۹ درصد مقدار روی جذب شده توسط ذرت را در مقایسه با شاهد افزایش داد.

اکسیداسیون گوگرد درخاک ضمن تأمین سولفات مورد نیاز گیاه باعث کاهش موضعی pH در اطراف ریشه و آزاد شدن عناصر غذایی مانند آهن، روی و فسفر می‌شود. باکتریهای *تیوباسیلوس* مهمترین اکسید کننده‌های گوگرد در خاک می باشند و تلقیح خاک با این باکتریها باعث افزایش سرعت اکسیداسیون گوگرد خواهد شد (۱۷، ۲۰ و ۲۳). بررسی انجام شده در بخش خاک و آب کرج نشان داد که کاربرد خاک فسفات (با حدود ۳۰ درصد P_2O_5) همراه با گوگرد، مایه تلقیح *تیوباسیلوس* و باکتریهای حل کننده فسفات می‌تواند عملکردی

1- Chemolithotroph
2- Glucosinolates

معادل سوپر فسفات تریپل را در ذرت ایجاد نماید و این تیمار باعث افزایش معنی دار جذب فسفر و آهن نسبت به شاهد گردید(۲۷). نارولا و همکاران (۲۰) تاثیر تلقیح باکتریهای *تیوباسیلوس* بر کاهش pH خاکهای قلیایی را بررسی کردند. pH اولیه خاک ۹/۸ و تیمارها شامل گوگرد، *تیوباسیلوس* و گوگرد+ *تیوباسیلوس* بودند. نتایج نشان داد که بیشترین کاهش pH مربوط به تیمار گوگرد + *تیوباسیلوس* بود بطوری که بعد از ۱۸ هفته از ۹/۸ به ۷/۶ کاهش یافت.

ساگار و همکاران (۲۵) بامصرف مقادیر ۰، ۲۵۰، ۵۰۰ و ۷۵۰ کیلوگرم گوگرد عنصری در هکتار دریافتند که با افزایش مصرف گوگرد مقدار روی برگ کاهش یافت ولی مقدار آهن، منگنز و مس برگ به ترتیب از ۵۹، ۸ و ۱۱ به ۷۲ ، ۱۱ و ۱۵ میلی گرم در کیلوگرم افزایش یافت. ساها و سینگ (۲۶) با تحقیق بر روی بادام زمینی نتیجه گرفتند که مصرف ۲۵۰ کیلوگرم گوگرد عنصری در هکتار مقدار کلروفیل برگ را افزایش و مقدار pH شیره سلولی و آهن برگ را کاهش داد که احتمالا این امر به علت تاثیر گوگرد بر تعادل عناصر غذایی برگ بوده است و موجب افزایش فعالیت آهن و محتوی کلروفیل برگ گردیده است. باتوجه به تاثیر مصرف گوگرد بر عملکرد و محتوای روغن دانه های روغنی و نیز با توجه به اینکه تحقیقات مزرعه ای در خصوص مصرف گوگرد بر تغذیه گیاهان روغنی در کشور معدود بوده است، لذا تحقیق حاضر به منظور بررسی اثرات گوگرد بر عملکرد، درصد روغن و جذب عناصر غذایی کلزا و نیز تأثیر آن بر خصوصیات شیمیایی خاک در تناوب گندم- کلزا، در ایستگاه تحقیقات کشاورزی اکباتان همدان، به مدت ۲ سال زراعی در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی اجرا شد

مواد و روش ها

تحقیق حاضر در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی با ۸ تیمار و سه تکرار از شهریور ماه ۱۳۸۲ در ایستگاه اکباتان مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان همدان و در سری خاک بهار با مشخصات (Fine loamy, mixed, mesic, calcixerollic xerochrepts) که سری غالب دشت بهار و ایستگاه اکباتان می‌باشد اجرا شد. با توجه به تناوب گندم – کلزا در منطقه طرح حاضر در دو سال و در دو قطعه جدا از هم اجرا گردید. در دو قطعه مجاور در یکی از قطعه ها گندم رقم الوند و در قطعه دیگر کلزا رقم SLM 1462 کشت شد و در سال دوم جای کلزا و گندم عوض شد. اثرات باقیمانده تیمارهای اعمال شده در سال اول با پلاتهای ثابت بررسی شد. پس از عملیات تهیه زمین نمونه خاک ازهر کدام از قطعات تهیه گردید و برخی خصوصیات خاک اندازه گیری شد. ویژگی‌های مهم خاک شامل بافت، pH و EC (۳۱)، بیکربنات، کربنات کلسیم معادل ، کربن آلی (۲۱)، فسفر قابل‌جذب (۱۴)، آهن، منگنز، روی و مس قابل‌جذب (۱۵) اندازه‌گیری شدند و سپس تیمارها به شرح ذیل در هر کدام از قطعات به طور جداگانه اعمال گردیدند:

T_1: شاهد (بدون گوگرد و مایه تلقیح *تیوباسیلوس*) ، T_2: ۱۵۰ کیلوگرم گوگرد عنصری پودری در هکتار، T_3: T۲ + مایه تلقیح تیوبا سیلوس به میزان۲٪ گوگرد مصرفی ، T_4: مصرف ۳۰۰ کیلوگرم گوگرد عنصری پودری در هکتار، T_5: : T۴ + مایه تلقیح *تیوباسیلوس* به میزان۲٪ گوگرد مصرفی ، T_6: مصرف ۶۰۰ کیلوگرم گوگرد عنصری پودری در هکتار، T_7: T۶ + مایه تلقیح *تیوباسیلوس* به میزان۲٪ گوگرد مصرفی ، T_8: توصیه کودی بر مبنای آزمون خاک و بدون گوگرد و مایه تلقیح *تیوباسیلوس*. لازم به ذکر است که در تیمار T۸ مصرف عناصر غذایی مورد نیاز کلزا براساس آزمون خاک مصرف شد . مایه تلقیح باکتریهای تیوباسیلوس حاوی حدود10^7 سلول باکتری *تیوباسیلوس* از گروه خنثی دوست در هر گرم مایه تلقیح بود که در بخش تحقیقات بیولوژی خاک مؤسسه تحقیقات خاک و آب تهیه گردید و به هنگام استفاده گوگرد پودر با آن مخلوط و در کرتهای مورد نظر پخش گردید. گوگرد مورد استفاده نیز گوگرد عنصری پودری(اندازه ذرات حدود۱۰۰مش) با خلوص ۹۸درصد بود.

در تمام تیمارها به جز تیمار T_8 عناصر فسفر، آهن، روی، منگنز و سولفات مصرف نگردید و در این تیمارها فقط ۲۵۰ کیلوگرم اوره به صورت یک سوم موقع کاشت و دو سوم طی دو تقسیط در بهار مصرف گردید. ضمنا در تیمار هشتم فسفر از منبع سوپرفسفات و آهن، روی و منگنز از منبع سولفات مصرف گردیدند. تمام تیمارها فقط در سال اول اعمال گردیدند و در سال دوم فقط اثرات باقیمانده تیمارهای سال قبل بر روی کلزا بررسی گردید. چون تناوب رایج در منطقه بصورت کلزا–گندم می باشد، لذا در این پژوهش تناوب مذکور لحاظ گردید تا شرایط آزمایش به شرایط طبیعی منطقه نزدیک تر و نتایج منطقی تر باشند.

در سال دوم جای گندم و کلزا در قطعات مذکور برای رعایت تناوب (و امکان داشتن کلزا در طی دو سال بر روی زمین) جابجا شد. در انجام توصیه کودی سال دوم مانند سال اول عناصر فسفر، آهن، روی، منگنز و گوگرد مصرف نگردید و کودهای مصرف شده غیر سولفاتی بودند.

در طی فصل رشد عملیات داشت نظیر آبیاری، وجین علفهای هرز و مبارزه با آفات در تمام واحدها بطور یکنواخت صورت گرفت. در اوایل اردیبهشت هر سال یک نمونه خاک از هر کدام از کرتها تهیه و نسبت به اندازه گیری pH، EC و بیکربنات آن اقدام شد و بعد از برداشت گیاه نیز یک نمونه خاک از کرتهای مختلف جهت اندازه گیری برخی عناصر غذایی از جمله سولفات تهیه گردید. در زمان شروع گلدهی کلزا از هر کدام از کرتها نمونه برگی از جوانترین برگهای کامل تهیه و نسبت به تجزیه آن اقدام شد.

جدول ۱- نتایج اندازه گیری برخی خواص فیزیکی و شیمیایی خاک قطعات آزمایشی قبل از انجام آزمایش

Table 1- The results of some soil physical and chemical properties in plots before experiment

قطعه آزمایشی Experimental plot	مس قابل جذب Available-Cu	منگنز قابل جذب Available-Mn	روی قابل جذب Available-Zn	آهن قابل جذب Available-Fe	پتاسیم قابل جذب Available-K	فسفر قابل جذب Available-P	کربن آلی OC %	کل مواد خنثی شونده T.N.V* %	pH عصاره اشباع	هدایت الکتریکی E.C $dS\ m^{-1}$	بیکربنات Bicarbonate $me\ L^{-1}$	کلاس بافت Soil Texture
	(mg kg $^{-1}$)											
قطعه کلزا در سال اول Canola plote in first year	1	11.7	1.1	6	310	11.0	0.45	13.5	8.15	0.59	0.36	لوم Loam
قطعه گندم در سال دوم Wheat plote in second year	1	11.0	1.0	5	308	11.0	0.43	14.0	8.12	0.56	0.37	لومLoam

* Total Neutralizing Value

بعد از برداشت یک نمونه دانه کلزا تهیه و نسبت به تجزیه کامل آن از نظر غلظت عناصر غذایی، درصد روغن و گلوکوزینولاتهای آن اقدام لازم صورت پذیرفت. برای تجزیه و تحلیل داده ها از نرم افزار MSTATC استفاده گردید و مقایسه میانگین ها به روش دانکن انجام شد و نمودارها با استفاده از نرم افزار Excel رسم گردیدند.

نتایج و بحث

نتایج سال اول آزمایش

نتایج اندازه‌گیری برخی از خواص فیزیکی و شیمیایی دو قطعه(میانگین نتایج دو قطعه) در جدول یک قابل مشاهده است.

نتایج مقادیر EC ، pH و بیکربنات در نمونه‌های خاک پس از برداشت محصول بیانگر آن بود که تاثیر تیمارهای مختلف بر مقدار EC، pH و بیکربنات در سطح ۵ درصد معنی دار نگردید. تیمارهای ۶۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد عنصری بدون *تیوباسیلوس*(T۶) و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد عنصری همراه با *تیوباسیلوس* (T۵) باعث بیشترین کاهش در بیکربنات خاک شدند(به ترتیب۲۲/۵ و ۲۰درصد بیکربنات را نسبت به شاهد کاهش دادند) ولی این کاهش در سطح ۵ درصد معنی دار نگردید. معنی دار شدن اثر کاربرد گوگرد به عوامل متعدد و متنوعی بستگی دارد که میزان رطوبت خاک، محتوای ماده آلی خاک، حرارت، Ph خاک ، سطح حاصلخیزی خاک و مدیریت زراعی از جمله این عوامل می باشند. عدم تاثیر گوگرد بر شاخص های مذکور احتمالا به علت عدم اکسیداسیون کافی گوگرد در خاک باشد. در بعضی از بررسی‌ها مصرف مقادیر زیاد گوگرد در خاکهای آهکی کاهش معنی‌دار pH و بیکربنات را بدنبال داشته است(۱۲،۲۰، ۲۳ و ۲۴).

تأثیر تیمارهای مختلف بر غلظت عناصر غذایی برگ و دانه کلزا در سال اول آزمایش نشان داد که تأثیرتیمارهای مختلف بر غلظت عناصر غذایی برگ فقط در مورد مس معنی دار شده است (جدول۲) که این موضوع می تواند به علت عدم اکسیداسیون کافی گوگرد، بالا بودن خاصیت بافری خاک و یا کم بودن مقدار گوگرد و مایه تلقیح مصرفی باشد. تأثیر تیمارهای مختلف بر غلظت مس برگ در سطح یک درصد معنی دار گردید، به طوری که بالاترین میزان مس برگ در تیمار T۴ با میزان ۱۵/۰۳ میلی گرم در کیلوگرم و کمترین میزان آن در تیمار T_8 (مصرف خاکی عناصر مختلف بر اساس آزمون خاک) بدست آمد. لازم به ذکر است که همه تیمارها از لحاظ غلظت مس برگ با شاهد در یک گروه آماری قرار گرفتند و با آن تفاوت معنی‌داری نشان ندادند. یکی از دلایل احتمالی این امر این است که مقدار مس قابل جذب خاک بیشتر از حدبحرانی برای کلزا می باشد(جدول۱). گوگرد کل برگ کلزا تحت تأثیر تیمارهای مختلف قرار نگرفت و تیمارهای مختلف تأثیری بر میزان گوگرد برگ نداشتند. علت این امر ممکن است به دلیل بالا بودن میزان سولفات خاک باشد. بررسی وزن خشک بخش هوایی گیاه و نیز مقدار سولفات قابل جذب خاک موید این موضوع می باشد.

تاثیر تیمارهای مختلف را بر عملکرد، درصد روغن، گلوکوزینولاتها و غلظت عناصر غذایی دانه کلزا نیز در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول۲- مقایسه میانگین اثر تیمارهای مختلف بر عملکرد،روغن و غلظت برخی عناصر در دانه کلزا در سال اول(۱۳۸۳)

Table 2- Mean comparison of the effect of different treatments on yield, oil content and concentrations of some nutrients in canola seed on first year (2004)

تیمارها Treatments	عملکرد کلزا Canola yield (kg ha^{-1})	گلوکوزینولاتها Glucosinolates (µmol g^{-1})	مس برگ Leaf Cu	مس دانه Seed Cu	روی دانه Seed Zn	گوگرد Sulfur
			(mg kg^{-1})			(%)
بدون گوگرد و *تیوباسیلوس* without S and Thiobacillus	3646 a	6.9 b	10.18 ab	2.94 ab	49.2 a	0.75 ab
۱۵۰کیلوگرم گوگرد درهکتار 150 kg S ha^{-1}	3785 a	7.2 b	13.72 ab	2.84 b	48.7 a	0.77a
۱۵۰ کیلوگرم گوگرد درهکتار+۲٪ مایه تلقیح *تیوباسیلوس* 150 kg S ha^{-1}+ 2% Thiobacillus inoculant	3837 a	8.2 b	13.9 ab	2.15 b	49.1 a	0.77 a
۳۰۰ کیلوگرم گوگرد درهکتار 300 kg S ha^{-1}	4184 a	7.8 b	15.03 a	3.45 a	48.9 a	0.76 ab
۳۰۰ کیلوگرم گوگرد درهکتار+۲٪ مایه تلقیح *تیوباسیلوس* 300 kg S ha^{-1}+ 2% Thiobacillus inoculant	3628 a	7.8 b	9.62 b	3.15 ab	50.3 a	0.74 ab
۶۰۰کیلوگرم گوگرد درهکتار 600 kg S ha^{-1}	4531 a	7.6 b	8.62 b	3.51 a	49.0 a	0.72 ab
۶۰۰ کیلوگرم گوگرد درهکتار+۲٪ مایه تلقیح *تیوباسیلوس* 600 kg S ha^{-1}+ 2% Thiobacillus inoculant	4313 a	7.9 b	11.24 ab	3.43 a	48.4 a	0.74 ab
T_8 توصیه کودی براساس آزمون خاک Fertilizer recommendation based on soil test	3316 a	13.6 a	9.55 b	3.43 a	49.3 a	0.68 b

*در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف یکسان هستند، از نظر آماری در سطح ۵٪ تفاوت معنی‌دار ندارند

Numbers followed by same letters are not significantly differents (p<0.05)

همانطور که از جدول مذکور پیداست، تاثیر تیمارهای مختلف بر عملکرد دانه کلزا در سطح ۵ درصد معنی دار نگردید ولی افزایشی حدود ۸۰۰ کیلوگرم در تیمار ششم (مصرف ۶۰۰ کیلو گرم گوگرد بدون *تیوباسیلوس*) نسبت به شاهد مشاهده گردید، و عملکرد دانه کلزا از ۳۴۴۶ کیلوگرم در هکتار در تیمار شاهد به ۴۵۳۱ کیلوگرم در هکتار در تیمار T۶ افزایش یافت (که البته این افزایش از لحاظ آماری معنی‌دار نگردید).

درصد روغن دانه تحت تأثیر تیمارهای مختلف قرار نگرفت و تفاوت محسوسی در میزان روغن تیمارهای مختلف مشاهده نگردید.

مقدار گلوکوزینولاتهای دانه که یکی از فاکتورهای مضر در کیفیت روغن است(۱) که در سطح یک درصد تحت تأثیر تیمارهای کودی قرار گرفت و تیمارT_8 با میزان گلوکزینولات ۱۳/۶ میکرو مول در گرم دانه بیشترین و تیمار T_1 با میزان ۶/۹ میکرومول در گرم دانه کمترین میزان گلوکوزینولات ها را به خود اختصاص دادند و تفاوت دو تیمار مذکور از لحاظ آماری معنی دار بود. تمام تیمارهای حاوی گوگرد محتوی گلوکوزینولات ها را نسبت به شاهد افزایش دادند (این افزایش از لحاظ آماری معنی‌دار نبود).

افزایش میزان درصد روغن و گلوکوزینولاتها در اثر مصرف گوگرد گزارش شده است(۱۶). میزان گوگرد دانه در سطح یک درصد تحت تاثیر تیمارها قرار گرفت و بالاترین میزان گوگرد مربوط به تیمار T_7 و T_3 و کمترین آن مربوط به تیمار T_8 بود و تمام تیمارها نسبت به تیمار T_8 باعث افزایش محتوی گوگرد کل دانه گردیدند. میزان فسفر، روی، مس و منگنز دانه تحت تأثیر تیمارهای مختلف قرار نگرفتند و تیمارهای مختلف از لحاظ شاخص‌های مذکور همگی در یک سطح آماری قرار گرفتند. میزان آهن دانه نیز تحت تأثیر تیمارهای مختلف قرار نگرفت ولی افزایش قابل ملاحظه ای در میزان آهن دانه در تیمارهای حاوی گوگرد نسبت به شاهد مشاهده گردید. بیشترین میزان افزایش مربوط به مصرف ۳۰۰ و ۶۰۰ کیلوگرم همراه با *تیوباسیلوس* بود ولی این افزایش در سطح ۵ درصد معنی دار نگردید.

جدول ۳ تاثیر تیمارهای مختلف را بر مقدار کل عناصر غذایی جذب شده توسط کلزا در سال اول اجرای آزمایش نشان می‌دهد. همانطورکه در این جدول مشاهده می شود تاثیر تیمارها بر مقدار مس و آهن جذب شده معنی‌دار شد. بالاترین میزان مس جذب شده مربوط به T۶ و T۷ بود. تاثیر مصرف گوگرد همراه با مایه تلقیح بیشتر از گوگرد تنها بود. اختلاف بین مس جذب شده در تیمار ۶ و ۷ با شاهد در سطح ۵ درصد معنی‌دار گردید. همچنین بالاترین میزان آهن جذب شده توسط دانه مربوط به تیمار T۷ با میزان ۵۳۷ گرم در هکتار بود که نسبت به تیمار شاهد حدود ۶۸ درصد افزایش داشت و با آن اختلاف معنی‌دار داشت. مصرف ۶۰۰ کیلوگرم گوگرد همراه با تیوباسیلوس باعث افزایش جذب آهن توسط گیاه شد که این موضوع

با نتایج تحقیقات رازتو(۲۴) و کلباسی و همکاران (۱۲) و بشارتی و همکاران (۶ و ۷) مطابقت دارد. تاثیر تیمارها برسایر عناصر غذایی جذب شده توسط کلزا از لحاظ آماری معنی‌دار نبود. تاثیر تیمارها بر فسفر، روی و منگنز جذب شده از لحاظ آماری معنی دار نبود و همه تیمارها در یک سطح آماری قرار گرفتند.

جدول۳- مقایسه میانگین اثر تیمارهای مختلف بر مقدارکل عناصرغذایی جذب شده در دانه کلزا در سال اول اجرای آزمایش

Table 3- Comparison the effect of different treatments on nutrients uptake of canola seed on first year of experiment

تیمارها Treatments	آهن جذب شده Fe uptake	مس جذب شده Cu uptake	گوگرد جذب شده Sulfur uptake
		Kg ha^{-1}	
T_1	319.4 d	12 bc	30.73 ab
T_2	329.3 cd	11.6 bc	30.63 a
T_3	353 cd	9.3 c	33.77 a
T_4	398.3 bc	16 abc	35.13ab
T_5	448.2 b	15.3 abc	36.03 ab
T_6	434.9b	18 ab	36.2 ab
T_7	537 a	19.8 a	42.5 ab
T_8	300.1 d	12.8 abc	35.2 ab

*در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف یکسان هستند، از نظر آماری در سطح ۵٪ تفاوت معنی‌دار ندارند

Numbers followed by same letters are not significantly differents (p<0.05)

جدول ۴ تأثیر تیمارهای مختلف را بر خصوصیات شیمیایی خاک کرتهای مختلف آزمایشی در پایان سال ۱۳۸۳ و بعد از برداشت سال اول کلزا و گندم نشان می‌دهد. لازم به ذکر است که نتایج، میانگین نتایج دو قطعه کلزا و گندم می‌باشند.

تأثیر تیمارهای مختلف بر هیچ کدام از شاخص های اندازه گیری شده به جز مس و روی قابل جذب خاک معنی‌دار نگردید. علت افزایش میزان مس و روی خاک در تیمار هشتم مربوط به مصرف کود حاوی این عناصر در تیمار هشتم بود که به عنوان تیمار مصرف بهینه کود در طرح قرار گرفته بود و تیمارهای مختلف گوگرد تأثیر معنی‌داری بر میزان مس و روی خاک نداشتند. احتمالاً گوگرد در خاک به مقدار کافی اکسید نشده است تا بتواند بر این فاکتورها تأثیر بگذارد. علیرغم بالا بودن مقدار مس در پایان سال اول، مقدار آن در برگ کلزا در تیمار هشتم کمترین مقدار می باشد که می تواند دال بر اثرات آنتاگونیستی مس با آهن و منگنز باشد(جدول ۴).

نتایج سال دوم آزمایش

تأثیر تیمارهای مختلف بر pH و بیکربنات خاک آزمایشی (میانگین دو قطعه) در سال دوم (۱۳۸۴) معنی دار نگردید. در حالیکه تأثیر تیمارهای مختلف بر میزان EC خاک مورد آزمایش در سطح یک درصد معنی دار گردید و تیمار T_8 با EC حدود ۰/۸۹ دسی-زیمنس بر متر بالاترین و تیمار T_4 با میزان EC ۰/۶۷۳ دسی‌زیمنس بر متر کم ترین میزان EC عصاره اشباع خاک را به خود اختصاص دادند. علت افزایش EC خاک در تیمار T_8 احتمالا مصرف کودهای مختلف به عنوان تیمار مصرف بهینه کود می باشد. البته هیچ یک از تیمارها با شاهد تفاوت معنی‌دار نشان ندادند و همگی با شاهد در یک سطح آماری قرار گرفتند (جدول ۵).

جدول ٤- مقایسه میانگین اثر تیمارهای مختلف بر خصوصیات شیمیایی خاک مورد آزمایش در سال ۱۳۸۳

Table 4- Comparison the effect of different treatments on soil chemical properties on 2004

تیمارها Treatments	مس Cu	روی Zn
	mg kg^{-1}	
T_1	1.24 b	0.9 b
T_2	0.93 b	0.72 b
T_3	0.91 b	0.73 b
T_4	0.88 b	0.58 b
T_5	0.93 b	0.99 b
T_6	1.11 b	0.79 b
T_7	0.92 b	0.89 b
T_8	2.31 a	8.75 a

*در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف یکسان هستند، از نظر آماری در سطح ۵٪ تفاوت معنی‌دار ندارند

Numbers followed by same letters are not significantly differents (p<0.05)

جدول ٥- مقایسه میانگین اثر تیمارهای مختلف بر خصوصیات شیمیایی خاک در سال دوم آزمایش

Table 5- Comparison the effect of different treatments on soil chemical properties on second year of experiment

تیمارها Treatments	بیکربنات Bicarbonate Cmol kg^{-1}	هدایت الکتریکی EC dS m^{-1}
T_1	0.57 a	0.79 abc
T_2	0.56 a	0.83 ab
T_3	0.50 a	0.67 c
T_4	0.48 a	0.67 c
T_5	0.53 a	0.73 bc
T_6	0.58 a	0.79 abc
T_7	0.59 a	0.80 abc
T_8	0.55 a	0.90 a

*در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف یکسان هستند، از نظر آماری در سطح ۵٪ تفاوت معنی‌دار ندارند

Numbers followed by same letters are not significantly differents (p<0.05)

تأثیر تیمارهای مختلف بر بیکربنات و pH خاک کرتهای آزمایشی بعد از گذشت یک سال و ۶ ماه از اعمال تیمارها معنی‌دار نگردید و با وجودی که فرصت کافی برای اکسیداسیون گوگرد وجود داشته ولی تیمارهای مختلف تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر این شاخص نداشتند. احتمالا به علت بالا بودن خاصیت بافری خاک مقدار گوگرد مصرف شده به حدی نبوده که بتواند pH و بیکربنات خاک را به‌طور معنی‌دار تحت تاثیر قرار دهد. در برخی پژوهش‌ها کاهش بیکربنات و pH خاک در نتیجه مصرف گوگرد گزارش شده است (۵ ، ۷ و ۱۲).

جدول ۶ تأثیر تیمارهای مختلف را بر غلظت عناصر غذایی برگ کلزا نشان می‌دهد. از لحاظ غلظت گوگرد برگ، تیمارها در سطح ۵ درصد تفاوت معنی دار نشان دادند . این در حالی است که از لحاظ غلظت گوگرد، فسفر، مس، آهن، منگنز و روی دانه تمام تیمارها در یک سطح آماری قرار داشتند. تیمار $T_۶$ با غلظت گوگرد ۱/۵۷ درصد بالاترین و تیمار $T_۸$ با میزان گوگرد ۱/۱۵ درصد کم ترین میزان گوگرد برگ را به خود اختصاص دادند. علت کاهش میزان گوگرد برگ در تیمار $T_۸$ شاید به دلیل اثرات متقابل بین فسفر و گوگرد باشد که احتمالاً فسفر از جذب مناسب گوگرد جلوگیری کرده است. از دیگر دلایل احتمالی می‌توان به اثر رقت به علت افزایش رشد هوایی در تیمار مصرف بهینه کود اشاره نمود. تیمارهای مختلف از لحاظ غلظت روی برگ در سطح ۵ درصد در گروههای آماری مختلف قرار گرفتند به طوری که تیمار $T_۸$ با میزان روی ۵۵/۴ میلی‌گرم در کیلوگرم بیشترین و تیمار $T_۴$ با میزان روی ۴۰/۳ میلی‌گرم در کیلوگرم کمترین غلظت روی را به خود اختصاص دادند. علت افزایش غلظت روی در تیمار $T_۸$ به علت مصرف کود روی در سال اول بوده است که اثر آن در سال دوم هم به طور جزئی مشاهده می‌شود. تأثیر تیمارهای کودی برغلظت سایر عناصر غذایی برگ در سطح ۵ درصد معنی دار نگردید (جدول ۶).

تاثیر تیمارهای مختلف بر مقدار گوگرد، روی، مس، منگنز و آهن جذب شده توسط دانه کلزا در سال دوم آزمایش معنی‌دار نشد و تمام تیمارها در یک سطح آماری قرار گرفتند.

شاخص‌های مختلف مانند عملکرد، وزن هزار دانه، درصد روغن و گلوکوزینولاتهای دانه کلزا در سال دوم آزمایش نیز در سطح ۵ درصد تحت تأثیر تیمارهای مختلف قرار نگرفتند و روند خاصی از نظر تأثیر تیمارهای گوگرد بر این شاخص ها مشاهده نگردید. احتمالا به علت درصد بالای آهک خاک (۱۴ درصد) و خاصیت تامپونی زیاد خاک، تیمارهای گوگرد نتوانسته‌اند تاثیر قابل توجهی بر این شاخص ها داشته باشند و یا میزان مصرف گوگرد به حد کافی نبوده است. آذری (۴) با مصرف ۳ تن در هکتار گوگرد توانست عملکرد جو را افزایش دهد. از علل دیگر شاید اکسیداسیون کم گوگرد در خاک باشد. جلیلی و همکاران (۱۱) با مصرف ۲۰۰ کیلوگرم گوگرد افزایش عملکرد کلزا را گزارش نمودند.

از مجموع نتایج چنین بر می آید که تیمارهای مختلف گوگرد تاثیر قابل توجهی بر عملکرد کلزا و خصوصیات شیمیایی خاک مورد آزمایش نداشته اند و این اثر در سال دوم اجرای آزمایش هم مشاهده نگردید. احتمالا میزان مصرف گوگرد یا اکسیداسیون گوگرد در این آزمایش به اندازه کافی نبوده است که بتواند بر آهک بالای خاک(۱۴ درصد) و خاصیت بافری خاک تاثیر بگذارد. همچنین غلظت عناصر غذایی محل اجرای طرح نزدیک حد بحرانی آنها برای کلزا بود و احتمالا گیاه به حد کافی عناصر را از خاک جذب کرده است و عدم افزایش عملکرد در تیمار مصرف بهینه کود (T8) می تواند موید این مطلب باشد. با توجه به عدم تغییر خصوصیات شیمیایی خاک در اثر مصرف گوگرد بهتر است به کارایی سویه‌های تیوباسیلوس مصرفی و نیز شرایط مناسب برای اکسایش گوگرد از نظر میزان مواد آلی و رطوبت خاک (کلزا یکی از محصولات کم نیاز از نظر آبیاری می باشد، با برداشت آن در اوایل تیرما دوره خشکی نسبتا طولانی مدت در اوج گرمای تابستان بر خاک حکمفرماست که می تواند بر اکسایش گوگرد توسط باکتریهای *تیوباسیلوس* تاثیر نا مطلوب بگذارد)، تحقیقات بعدی توجه شایسته مبذول گردد.

جدول ٦- مقایسه میانگین اثر تیمارهای مختلف گوگرد بر غلظت عناصر غذایی برگ کلزا در سال دوم (۱۳۸٤)

Table 6- Comparison the effect of different treatments on nutrients concentration in canola leaf on second year of experiment (2005)

تیمار Treatments	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	T_7	T_8
گوگرد برگ Leaf sulfur (%)	1.50 a	1.43 a	1.37 ab	1.41 a	1.41 a	1.57 a	1.42 a	1.15 b
روی برگ Leaf Zn ($mg\ kg^{-1}$)	48.5 ab	46.8 ab	46.7 ab	40.3b	49.5 ab	49.8 ab	45.1 b	55.4 a

*در هر ردیف میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف یکسان هستند، از نظر آماری در سطح ۵٪ تفاوت معنی‌دار ندارند

Numbers followed by same letters are not significantly differents ($p<0.05$)

منابع

1- Ahmadi, M.R., and Javidfar F. 1998. Plant nutrition of oilseed rape (Translated). Oilseeds Committee Publications, Joint Stock Company for Oilseed cultivation Development, Tehran, Iran.
2- Anonymous. 2004. Agricultural statistics of Hamedan province. Agricultural Jihad Organization of the province, Hamedan, Iran.
3- Attoe O. J., and Olson R.S. 1966. Factors affecting the rate of oxidation of elemental sulfur and that added in rock phosphate sulfur fusion. Soil Science, 101: 317-324.
4- Azari H.M. 1991. Effect of sulfur on soil phosphorus availability. Final Report of Research Project. Soil and Water Research Institute, Karaj, Iran.
5- Besharati H. 1998. Effect of sulfur application and Thiobacillus inoculation on increasing of nutrient availability in soil. M.s. thesise, soil Science Dep., Faculty of Agriculture, University of Tehran.
6- Besharati H., and Saleh-Rastin N. 2000. Effect of application of Thiobacillus spp. inoculants and elemental sulfur on iron and zinc uptake by corn under greenhouse conditions, Iranian Journal of Soil and Water Sciences, 12(7): 63-73. (in persian with english abstract)
7- Besharati H., and Saleh-Rastin N. 1999. Effect of application of Thiobacillus Spp. Inoculants and elemental sulfur on phosphorous availability, Iranian Journal of Soil and Water Sciences, 13(1): 1-17. (in persian with english abstract)
8- Besharati H., Khavazi K., and Saleh-Rastin N. 2001. Evaluation of some carriers for Thiobacilli inoculants used along with sulfur to increase uptake of some nutrients by corn and improve its performance, Iranian Journal of Soil and Water Sciences, 12(11): 1-9. (in persian with english abstract)
9- Besharati H., Natourgholipour F., Malakouti M.J., and Khavazi K. 2001. Review on the direct application of rock phosphate on the calcareous soils, Iranian Journal of Soil and Water Sciences, 12(11):20-31. (in persian with english abstract)
10- Fimes J., Vong P.C., and Guckert A. 1999. Use of labeled sulphur-35 for tracing sulfur transfers in developing of field grown oilseed rape Communication in Soil Science and Plant Analaysis, 30(1-2): 221-234.
11- Jalili F., Malakouti M.J., and Kasrai R. 2000. The role of balanced fetilizationr on yield and yield component of winter rapeseed in Khoy region, Journal of Soil and Water, 12(12): 35-42. (in persian with english abstract)
12- Kalbasi M., Filsoof F., and Rezai- Nejad Y. 1998. Effects of sulfur treatment on yield and uptake of Fe, Zn and Mn by corn, sorghum and soybean, Journal of Plant Nutrition, 11(6-11): 1353-1360.
13- Klute A. 1986. Methods of soil analysis. Part I-Physical and mineralogical methods. 2nd ed. Microbiological and chemical methods. ASA, SSSA, Madison, WI. USA.
14- Kuo S. 1996. Phosphorus. p. 869-919. In: Sparks, D.L. (eds.) Methods of soil analysis. Part 3. Chemical methods. 3rd ed. SSSA Book Series No. 5. Madison, WI. USA.
15- Lindsay W.L., and Norvell W.A. 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper, Soil Science Society of America Journal, 42: 421-428.
16- Malakouti M.J., and Rezai H. 2001. The role of sulfur, calcium and magnesium on yield increasing and improving agricultural products quality. Agricultural education press, Karaj, Iran.
17- McCready R.G.L., and Krouse H.R. 1982. Sulfur isotope fractixation during the oxidation of elemental sulfur by *Thiobacillus* in a solonetzic soil, Canadian Journal of Soil Science, 92:105-110.
18- Mclean E.O. 1982. Soil pH and lime requirement. p. 199–224. In: Page et al. (eds.) Methods of soil analysis. Part Π. Microbiological and chemical methods. 2nd ed. ASA, SSSA, Madison, WI. USA.
19- Mishra S., and Singh A. 1989. Study on sulfur and phosphorus availability and uptake of P and S by groundnut Ut. Legume Research, 12 (4): 160-164.
20- Narula N., Mishra M.M., and Vyas S.R. 1972. The effect of *Thiobacillus* inoculation on alkali soils, Indian Journal of Agricultural Chemistry, 7(1): 85-87.
21- Nelson D.W., and Sommers L.E. 1982. Total carbon, organic carbon, and organic matter. P. 539–579. In: A. L. Page et al. (eds). Methods of Soil Analysis. Part Π. Microbiological and chemical methods. 2nd ed. ASA, SSSA, Madison, WI. USA.
22- Richards L.A. 1969. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. US Salinity Laboratory Staff. Agricultural handbook. No.60.USDA.USA.
23- Rosa M.C., Muchovej J.J., and Alwarez J.V.H. 1989. Temporal relations of phosphorus fractions in an oxisol amended with rock phosphate and *Thiobacillus thiooxidans*, Soil Science Society of American Journal, 53:1096-1100.
24- Rozeto B. 1982. Treatments of iron chlorosis in peach trees, Journal of Plant Nutrition, 5:917-922.
25- Sagare B., Rewatker S., and Shawghare P. 1988. Micronutrient harvest by peanut as influenced by sulfur and phosphorus application in vertisol soils, Annals Plant Physiology, 2(2): 187-192.
26- Saha M., and Singh H. 1987. Effect of sulphur on prevention of iron chlorosis and plant composition of groundnut on alkaline calcareous soil. Journal Agriicultural Science, 109(1): 73-77.

27- Salimpour S., Mirzashahi K., Daryashenas A., and Malakouti M.J. 2000. Effect of dose and method application of zinc sulfate on oilseed rape in Safiabad-e-Dezful, Journal of Soil and Water, 12(12): 22-27 (in Persian with english abstract).
28- Surendra S., and Singh A. 1991. Direct and residual effect of pyrites on yield, sulphur content and quality characters of groundnut, Journal Indian Society of Soil Science, 39(2): 328-331.
29- Tabatabai M. A. 1986. Sulfur in Agriculture. Am. Soc. Agron. Madison, WI., U. S. A.
30- Tavassoli A.R., Besharati H., Khavazi K., and Rejali F. 2001. The effect of phosphate fertilizers, sulfur and Thiobacillus inoculants on the corn root colonization by mycorrhizae Iranian Journal of Soil and Water Sciences. 12(11):10-20. (in persian with english abstract)
31- Wandworth S. K., and Kentsille B. 2001. The effect of added sulfur on the production of onions in Noja Scotia./ URL/ http/ www.gov .ns.ca/nsaf/elibrary/archive.

Journal of Water and Soil
Vol. 29, No. 6, Jan.-Feb. 2016, p. 1688-1698

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۹، شماره ۶، بهمن –اسفند ۱۳۹۴، ص. ۱۶۹۸_۱۶۸۸

Evaluation of the Effect of Sulfur Application and *Thiobacillus* on Some Soil Chemical Characteristics and Yield of Canola in Wheat-Canola Rotation System

H. Besharati[1*]- R. Motalebifard[2]

Received: 14-01-2015
Accepted: 07-12-2015

Introduction: After soybean and palm oil, canola is third important oil seed in the world which belongs to the genus Brassicaceae, that its seeds contain about 40% oil. The per capita consumption of oil in Iran is about 14 kg, so approximately 900 thousand tons of oil will be required for each year. However, only less than 10% of this oil is produced in the country. In recent years, special attention has been paid to canola cultivation in order to increase oil production, so during recent years an apparent increase in canola cultivated lands is significant. In most of these canola cultivated lands, the soil is calcareous therefore; some available nutrients such as phosphorus, iron and zinc are less than the amounts required by plants. Increasing qualitative and quantitative yield of canola in calcareous soils is a priority to canola cultivation improvement. Sulfur plays an important role in oil content of oily seed crops. On the other hands sulfur oxidation in calcareous soils can improve some nutrients availability. The present study was designed to investigate the effect of sulfur on yield, oil content and nutrients uptake and also its impact on soil chemical properties with 8 treatments, in 3 replications.

Materials and Methods: This study was conducted in Ekbatan research station in Hamedan province for 2 years as completely randomized block design with 8 treatments and 3 repetitions. The treatments were: T1: Control (Without sulfur and *Thiobacillus*), T2: Application of 150 kg sulfur per ha, T3: T2+ *Thiobacillus* inoculums (2% of applied sulfur), T4: Application of 300 kg sulfur per ha, T5: T4+ *Thiobacillus* inoculums (2% of applied sulfur), T6: Application of 600 kg sulfur per ha, T7: T6+ *Thiobacillus* inoculums (2% of applied sulfur) T8: Fertilizing based on soil test without sulfur and *Thiobacillus*. Thiobacillus inoculant containing about 10^7 cells of Thiobacillus bacteria which belonged to neutrophile Thiobacilli were prepared at soil biology Dep. of Soil and Water Research Institute. In this research treatments were applied in two separate sites (each site contains 24 plots which their dimensions were 2.4×10 meter). For evaluating the residual effect of treatments, the experiment was carried out in constant plots in second year. Phosphorus, iron, zinc, manganese and sulfate, were not applied to any of the treatments except for T_8, and the above mentioned treatments were just received 250 kg urea. These all treatments were applied only in the first year and on the second year of experiment their Residual effects on canola were evaluated. During the growing season agricultural practices such as irrigation, weed and pest control in all units were managed uniformly. Soil chemical data were obtained by analyzing of Ec, pH and bicarbonate each year in May. The leaf and seed samples were taken for essential analysis. When plants growth completed, each plot was harvested separately then canola yield and also the phosphorus, iron and zinc content of shoots and grain were measured.

Results: The results of two years indicated that the treatments had no significant effects on pH and bicarbonate of soil while increasing sulfur application rate, caused a decrease in soil bicarbonate content. In addition to that, the treatments did not affect the yield of canola significantly. In the first year of experiment, treatments had shown significant effects (P=0.01) on glucosinolates, seed sulfur and Cu of leaf, whereas no effect determination was occurred about indices of leaf and seed of canola. the results also suggested an increase of 800 kg in the sixth treatment (600 kg sulfur consumption without *Thiobacillus*) and canola seed yield of treatment T6 enhancedfrom 3446 kg to 4531 kg per ha. Fertilization treatment (T8) could not increase canola yield, so it confirms that the nutrient concentration in experiment sites were near the critical level for canola.

Conclusion: In total results revealed that different sulfur treatments have no significant and considerable impacts on canola yield and soil chemical properties, and the effects was not observed in the second year of experiment, too. Probably the sulfur consumed or sulfur oxidation in the experiments was not enough to cope with high lime (14%) and buffering capacity of the soil. Also probably the nutrient concentration in test sites

1- Associate Professor of Soil and Water Research Institue, Karaj, Iran
(*- Corresponding Author Email: besharati1350@yahoo.com)
2- Assistant Professor of Hamedan Agricultural and Natural Research and Education Center, Hamedan, Iran

were more than critical level for canola and plants absorbed enough nutrients from the soil. No increase in canola yield in fertilization treatments (T8) can confirm this opinion, though. It also seems that there were no favorable conditions (soil moisture) for the oxidation of sulfur in the soil.

Keywords: Available, Bicarbonate, Elemental Sulfur, Glucosinolate, Inoculum