

تأثیر سطوح و منابع مختلف نیتروژن و گوگرد بر عملکرد، غلظت عناصر غذایی و روغن کلزا (*Brassica napus* L.)

رحیم مطلبی فرد^{۱*}، فریدون نورقلی پور^۲

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۸/۱۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۹/۲۵

چکیده

نیتروژن و گوگرد از جمله عناصری هستند که در رشد دانه‌های روغنی به ویژه کلزا نقش مهمی دارند. این پژوهش برای بررسی اثر سطوح مختلف نیتروژن و گوگرد بر عملکرد و اجزای عملکرد، غلظت و عملکرد روغن و عناصر غذایی کلزا (*Brassica napus* L.) رقم اکاپی به صورت آزمایش فاکتوریل و در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار و در دو سال به صورت مزرعه‌ای در همدان اجرا شد. فاکتور اول نیتروژن در دو سطح (N₁) ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار، (N₂) ۲۴۰ کیلوگرم در هکتار از منبع اوره و فاکتور دوم گوگرد در چهار سطح (S₀) بدون مصرف گوگرد (S₁) ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار از گوگرد پودری غنی شده با باکتری تیوباسیلوس به صورت ۲ درصد وزنی گوگرد، (S₂) ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار از منبع سولفات آمونیوم، (S₃) ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار از منبع گچ بود. نتایج نشان داد که تأثیر نیتروژن مصرفی بر غلظت نیتروژن برگ و غلظت و جذب نیتروژن دانه در سطح احتمال یک درصد و بر گوگرد دانه در سطح احتمال پنج درصد معنادار و بر دیگر صفات، غیرمعنادار بود. اثر سطوح گوگرد مصرفی بر غلظت گوگرد برگ، عملکرد دانه و روغن و جذب نیتروژن و گوگرد دانه در سطح احتمال یک درصد و بر غلظت نیتروژن برگ و روغن دانه در سطح احتمال پنج درصد معنادار بود. بیشترین عملکرد دانه، عملکرد روغن دانه، جذب گوگرد و نیتروژن دانه و غلظت گوگرد برگ و غلظت روغن دانه به ترتیب به میزان ۵۰۶۹، ۲۱۳۵، ۹۹/۵ و ۲۳/۳ کیلوگرم در هکتار و ۰/۹۵ و ۴۲/۱ درصد از مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد همراه با مایه تلقیح تیوباسیلوس به دست آمد. اثر متقابل نیتروژن و گوگرد مصرفی، فقط بر غلظت نیتروژن برگ و دانه معنادار بود. برای رشد مطلوب کلزا در خاک‌های دارای ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی مشابه خاک استفاده شده در این تحقیق، کاربرد ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن همراه با ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد غنی شده با باکتری تیوباسیلوس، توصیه می‌گردد و مصرف توأم این دو عنصر غذایی، باعث افزایش بیشتر عملکرد خواهد شد.

واژه‌های کلیدی: روغن، کلزا، گوگرد، عملکرد، نیتروژن

مطلبی فرد ر، نورقلی پور ف. ۱۴۰۰. تأثیر سطوح و منابع مختلف نیتروژن و گوگرد بر عملکرد، غلظت عناصر غذایی و روغن کلزا (*Brassica napus* L.). تحقیقات کاربردی خاک. جلد ۹، شماره ۲. صفحه: ۳۱-۴۶.

۱-استادیار پژوهش، بخش تحقیقات خاک و آب، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان شرقی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تبریز، ایران

۲-استادیار پژوهش، بخش تحقیقات شیمی، حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاهی، موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

*پست الکترونیک: motalebifard@gmail.com

مقدمه

کلزا (*Brassica napus* L.) از گیاهان روغنی است که در راستای توجه به خوداتکایی روغن در کشور در سال‌های اخیر، کشت آن مورد توجه قرار گرفته است. بر اساس اطلاعات موجود (آمارنامه کشاورزی سال ۹۵-۱۳۹۴)، سطح زیر کشت کلزا در کشور حدود ۵۲۰۰۰ هکتار می‌باشد و میانگین کشوری عملکرد آن ۱۴۶۳ کیلوگرم در هکتار می‌باشد. از مجموع حدود ۹۰۰ هزار تن روغن مورد نیاز در سال، کمتر از ده درصد آن در داخل کشور تولید می‌شود. با توجه به بالا بودن درصد روغن دانه این گیاه، می‌توان با افزایش مساحت کشت و نیز میزان تولید در واحد سطح، مقدار قابل توجهی از روغن مصرفی کشور را تولید نمود (Besharati & Motalebifard, 2016).

رشد، نمو و عملکرد گیاهان ممکن است تحت تأثیر کمبود یا فزونی عرضه هر یک از عناصر غذایی و یا مواد سمی قرار بگیرد. نیتروژن مهمترین عنصر غذایی در تولید گیاهان زراعی به شمار می‌آید و کمبود آن در اکثر خاک‌ها دیده می‌شود. این عنصر به عنوان ترکیب ضروری دیواره سلول‌ها، پروتئین‌های سیتوپلاسمی، اسید نوکلئیک، کلروفیل و بخش بزرگی از سایر اجزای سلول، نقش اصلی را در بیوشیمی گیاه به عهده دارد (Leghari *et al.*, 2016). به دلیل پویایی نیتروژن در خاک، مدیریت مصرف آن از قبیل میزان، نوع، زمان و دفعات مصرف از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است تا حداکثر عملکرد کمی و کیفی حاصل شده و اثرهای تخریبی نیز بر محیط زیست، ایجاد ننماید (Bouchet *et al.*, 2016).

کلزا در مقایسه با گندم نیاز بیشتری به نیتروژن دارد و برای تولید یک تن دانه کلزا حدود ۶۰ کیلوگرم نیتروژن عنصری نیاز دارد (Rathke *et al.*, 2005). از طرف دیگر این گیاه نیاز فراوانی به گوگرد دارد که در ساخت اسیدهای آمینه متیونین و سیستین، تشکیل کلروفیل، سنتز ویتامین B و بیوتین، فعال کردن آنزیم‌ها، تشکیل عامل سولفیدریل در کوآنزیم A و چرخه کربس، سوخت و ساز و تجزیه اسیدهای چرب و تشکیل روغن، دارای نقش‌های زیادی می‌باشد (Malakouti & Sepehr, 2004; Malhi *et al.*, 2005). برای تولید یک تن دانه کلزا حدود ۲۰ کیلوگرم گوگرد از خاک جذب می‌شود (Igbal *et al.*, 2011). گوگرد نقش مهمی در سنتز پروتئین‌ها ایفا کرده و بنابراین مصرف و متابولیسم نیتروژن در گیاهان را تحت

تأثیر قرار می‌دهد. بر این اساس کلزا به مقدار بیشتری از گوگرد نسبت به گندم نیاز دارد که مقدار پروتئین دانه آن نیز بیشتر بوده و نسبت گوگرد به نیتروژن آن نیز بالا است. همچنین هر تن کلزا ۴ تا پنج برابر گندم گوگرد جذب می‌نماید. عناصر نیتروژن و گوگرد علاوه بر نقش بیوشیمیایی مستقل، در تنظیم کارکرد یکدیگر نیز، نقش مؤثری دارند (McGrath & Zhao, 1996). گیاه نمی‌تواند مصرف زیاده از حد هر یک از این دو عنصر را استفاده کند، چرا که به ازای مصرف یک عنصر باید عنصر دیگر را نیز با نسبت مناسب مصرف کند (Rathke *et al.*, 2005). لذا وجود مقدار و نسبت کافی نیتروژن و گوگرد در درون گیاه ضروری است. نسبت نیتروژن به گوگرد (N:S) در پروتئین‌های گیاهی حدود ۱:۱۵ می‌باشد ولی این نسبت در گیاه کلزا حدود ۱:۱۰ است (Nemeth *et al.*, 2009). گرانت و بیلی (Grant & Bailey, 1993) حد مطلوب نسبت N:S در کلزا را در مرحله گلدهی حدود ۱۲ گزارش نمودند. افزایش کاربرد نیتروژن باعث افزایش نیاز کلزا به پتاسیم و گوگرد می‌شود (Rathke *et al.*, 2005). همچنین میزان گلیکوز-ینولات که بعنوان یک صفت نامطلوب در کلزا مطرح می‌باشد از فراهمی نیتروژن و گوگرد تأثیر می‌پذیرد و بهره‌مندی زیاد گیاه از گوگرد، باعث بالا رفتن سطح گلیکوزینولات می‌گردد (Malhi *et al.*, 2005). اکثر محققان گزارش نموده‌اند که مقدار روغن کلزا با افزایش میزان نیتروژن کاهش یافته و مصرف نیتروژن دارای اثر مثبت بر پروتئین دانه کلزا بود (Rathke *et al.*, 2005). هرچند برخی دیگر مانند هوکینگ و همکاران (Hocking *et al.*, 1997) و برنان و همکاران (Brennan *et al.*, 2000) معتقدند که مقادیر زیاد نیتروژن همیشه بر میزان روغن کلزا تأثیر نمی‌گذارد. احمد و همکاران (Ahmad *et al.*, 2007) تأثیر سطوح مختلف نیتروژن (۴۰، ۶۰ و ۸۰ کیلوگرم در هکتار) و سطوح مختلف گوگرد (صفر، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ کیلوگرم در هکتار) را بر ویژگی‌های کیفی کلزا مورد بررسی قرار دادند. مقدار روغن با مصرف گوگرد به‌طور معنادار افزایش ولی با مصرف نیتروژن کاهش نشان داد. بهمنیار و کاظمی پشته‌مساری (Bahmanyar & Kazemi Poshtmasari, 2010) با بررسی تأثیر گوگرد و نیتروژن بر ویژگی‌های کیفی سه رقم کلزا گزارش کردند که مصرف نیتروژن عملکرد، پروتئین دانه و نسبت نیتروژن به گوگرد را

در زمینه تأثیر گوگرد بر کلزا مؤثر باشد. همچنین با توجه به تغییرات اقلیمی و نوع رقم‌ها، اثر افزایش مقدار نیتروژن مصرفی (بیشتر از مقدار توصیه شده قبلی منطقه) نیز بررسی گردید.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در ایستگاه اکباتان مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی همدان و در سری خاک بهار (Fine mixed, mesic active calcixerepts) و به مدت دو سال اجرا شد. ارتفاع این ایستگاه از سطح دریا به‌طور متوسط ۱۷۵۰ متر بوده و دارای اقلیم نیمه خشک و سرد کوهستانی می‌باشد. سردترین ماه سال در ایستگاه بهمن‌ماه با متوسط دمای ۲/۳ درجه سلسیوس و گرمترین ماه سال مرداد ماه با میانگین دمای ۲۳/۴ درجه سلسیوس است. میانگین بارش سالانه بلند مدت ۲۹۸/۲ میلی‌متر، میانگین تبخیر و تعرق سالانه به روش بلینی کریدل بیش از ۱۵۰۰ میلی‌متر، میانگین تعداد روزهای یخبندان در طول سال ۱۲۹ روز، بیشترین سرعت باد ۷۵ تا ۸۵ کیلومتر در ساعت با جهت جنوب-غربی و غربی و میانگین ساعت آفتابی سالانه برابر با ۲۸۹۸/۲ ساعت به‌دست آمده است (Motalebifard & Soltani, 2018).

برای رعایت اصل یکنواختی ماده آزمایشی در سال دوم محل اجرای پژوهش جابجا گردید و در یک قطعه دیگر اجرا شد. هر سال یک قطعه زمین به ابعاد ۲۴×۲۰ مترمربع انتخاب شد و از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر، نمونه مرکب خاک تهیه و پس از هواخشک نمودن، برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن شامل فسفر قابل جذب خاک به‌روش اولسن (Jones, 2001)، پتاسیم قابل جذب خاک به‌روش عصاره‌گیری با استات آمونیوم یک نرمال (Jones, 2001)، بافت خاک به‌روش هیدرومتری دو زمانه (Gee & Bauder, 1986)، کربن آلی به‌روش اکسایش تر (Nelson & Sommers, 1996)، pH خاک در سوسپانسیون ۱:۱ آب به خاک (Mclean, 1982)، قابلیت هدایت الکتریکی (EC) محلول ۱:۱ آب به خاک (Jones, 2001)، کربنات کلسیم معادل خاک به‌روش خنثی‌سازی با اسید و تیتراژ کردن با سود (Richards, 1954) و مقدار سولفات خاک به روش مونوکلسیم فسفات، اندازه‌گیری شد (Jones, 2001).

افزایش ولی درصد روغن را کاهش داد. مصرف گوگرد باعث افزایش عملکرد، درصد روغن و گوگرد دانه گردید. بهترین عملکرد با مصرف ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد و ۲۲۵ کیلوگرم نیتروژن به دست آمد. جان و همکاران (Jan *et al.*, 2010) هم، افزایش روغن و گلیکوزینولات‌ها را با مصرف گوگرد مشاهده کردند. ولی افزایش مصرف نیتروژن باعث کاهش درصد روغن گردید. ایشان تعادل مناسب مصرف گوگرد و نیتروژن را بر درصد روغن کلزا مؤثر دانستند. فاروق و همکاران (Farooq *et al.*, 2018) هم برای دستیابی به بیشترین عملکرد و اجزای عملکرد کلزا، مصرف توأم گوگرد و نیتروژن را مؤثر دانستند و بیشترین مقدار عملکرد را از مصرف ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن و ۴۰ کیلوگرم گوگرد عنصری در هکتار به‌دست آوردند. نتایج مشابه در پژوهش نزیمانا و آگنباگ (Ngezimana & Agenbag, 2015) مشاهده گردید. میرزاشاهی و همکاران (Mirzashahi *et al.*, 2010) در منطقه دزفول بر روی رقم بهاره کلزا، عملکرد بهینه را از کاربرد ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن و ۱۰۰ کیلوگرم گوگرد از منبع سولفات آمونیوم به‌دست آوردند.

بدون شک مدیریت مصرف متعادل و موثر کود برای حصول به حداکثر عملکرد و افزایش کیفیت، ضروری است. در کشت این گیاه نیز علاوه بر نیتروژن کافی، نیاز به مصرف مقدار مناسب گوگرد برای تولید مناسب محصول است. بررسی منابع انجام شده نشان داد که تاکنون تحقیقات متعددی در زمینه مدیریت مصرف نیتروژن کلزا در کشور انجام گرفته است (Malakouti & Sepehr, 2004; Rahimian, 2011; Mostafavi-Rad *et al.*, 2012; Mirzashahi, 2014; Besharati & Motalebifard, 2016) ولی در این بررسی‌ها به اثر برهمکنشی تغذیه نیتروژن و گوگرد، اشاره‌ای نشده است. در صورتی که تغییرات در جذب نیتروژن و توزیع مجدد نیتروژن و گوگرد، خصوصیات کیفی دانه را زیر تأثیر قرار می‌دهد. در مورد نقش گوگرد در جنبه‌های کمی و کیفی کلزا در مناطق مختلف کشور نیز اطلاعات اندکی موجود است. لذا با توجه به کمبود و ناقص بودن اطلاعات در خصوص موضوع در منطقه و پاسخگویی به سوالات مطرح شده از سوی بخش اجرا، این پژوهش با هدف رسیدن به عملکرد دانه و روغن بیشتر در محصول کلزا، اجرا گردید. در این پژوهش از منبع سولفات گوگرد نیز در کنار منبع عنصری استفاده شد که می‌تواند در برطرف نمودن ابهام

(Noorgholipoor *et al.*, 2014). مایه تلقیح تیوباسیلوس با دو برابر اندازه خودش آب مخلوط و بر روی گوگرد پودری پخش و یکنواخت گردید. مخلوط حاصل روز بعد در سطح هر کدام از کرتها پخش و عملیات شخم انجام شد. ابتدا پشته‌های ۶۰ سانتی‌متری توسط دستگاه فاروئر احداث و بعد در روی هر پشته، دو ردیف کلزا رقم اکاپی با دست کشت گردید. سطح هر کرت با ابعاد $5 \times 2/4$ متر برابر ۱۲ متر مربع بود. میزان آب مصرفی بر اساس نیاز آبی و شرایط اقلیمی منطقه و با استفاده از مدل پنمن مانتیس تعیین شد. کلیه عملیات زراعی در مرحله داشت شامل مبارزه با علف‌های هرز، دفع آفات، کنترل بیماری‌ها، وجین و سله شکنی به طور منظم و یکنواخت برای تمامی کرت‌ها انجام گرفت. در مرحله قبل از گلدهی نمونه گیاه از $1/3$ میانی بخش هوایی تهیه و عناصر نیتروژن و گوگرد در آن اندازه‌گیری شد. در زمان برداشت مقدار عملکرد تعیین و روغن به روش سوسسله (Pritchard, *et al.*, 2000) و عناصر نیتروژن دانه به روش کج‌دال (Jones, 2001) و گوگرد دانه به روش هضم با اسید پرکلریک و آب اکسیژنه در بالن و اندازه‌گیری به روش کدورت سنجی (Emami, 1998) بلافاصله اندازه‌گیری شد. تحلیل آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای SPSS و MSTATC انجام شد. ابتدا آزمون نرمال بودن توزیع داده‌ها انجام و در صورت نیاز از تبدیل مناسب برای داده‌های غیرنرمال استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها با آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام و شکل‌ها با نرم‌افزار Excel رسم شد.

نتایج و بحث

برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در این پژوهش در جدول ۱ ارائه شده است.

عملیات آماده‌سازی زمین شامل شخم برگردان، دیسک و ماله کشی انجام شد. این پژوهش به صورت آزمایش فاکتوریل، در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی و در سه تکرار و در دو سال زراعی انجام شد. نیتروژن به عنوان فاکتور اول در دو سطح (N_1) ۱۸۰، (N_2) ۲۴۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن عنصری از منبع اوره و فاکتور دوم گوگرد شامل چهار سطح: (S_0) بدون مصرف گوگرد، (S_1) ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد پودری غنی شده با دو درصد وزنی مایه تلقیح تیوباسیلوس (دارای جمعیت $10^8 \times 1/1$ سلول در هر گرم مایه تلقیح)، (S_2) ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد از منبع سولفات آمونیوم، (S_3) ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد از منبع گچ $(CaSO_4 \cdot 2H_2O)$. مایه تلقیح مورد استفاده در پژوهش از بخش تحقیقات بیولوژی خاک مؤسسه تحقیقات خاک و آب تهیه گردید. مقدار اکسایش در گوگرد پودری تلقیح شده با توجه به نتایج تحقیقات انجام شده (Tisdale *et al.*, 1984)، ۵۰ درصد در نظر گرفته شد. بنابراین برای تامین ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد اکسیدی، مقدار ۲۰۰ کیلوگرم گوگرد پودری مصرف شد ولی به دلیل اکسیده بودن گوگرد در دو منبع سولفات آمونیوم و گچ، مقدار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد از این مواد مصرف شد. گوگرد پودری، گچ و سولفات آمونیوم پیش از کشت، استفاده شد. نیتروژن در سه تقسیم در مراحل پیش از کشت، خروج از روزت و قبل از گلدهی، استفاده شد. تقسیم اول نیتروژن در تیمار حاوی سولفات آمونیوم، همان سولفات آمونیوم در نظر گرفته شد. تقسیم اول سایر سطوح گوگرد و دو تقسیم بعدی تمام سطوح گوگرد از منبع اوره مصرف گردید. برای حذف اثر نیتروژن در کود سولفات آمونیوم، نیتروژن موجود در آن محاسبه و از کل توصیه کودی سطوح نیتروژن کسر گردید. بر اساس نتایج تجزیه خاک (جدول ۱)، ۱۵۰ کیلوگرم کود سوپرفسفات‌تریپل، همزمان با کشت، مصرف شد

جدول ۱- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در پژوهش

Table 1. Some physical and chemical properties of the studied soil

Soil depth	Texture	CCE	available	OC	pH (1:1)	(1:1) EC (dS m ⁻¹)	available	available	available
			N (%)				P	K	SO ₄ ²⁻
first year	SL	9.2	0.03	0.35	8.1	0.97	9.4	340	3.75
second year	L	10.9	0.04	0.45	8.2	1.3	14	475	4.22

عملکرد دانه

همانطور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود اثر اصلی گوگرد بر عملکرد دانه کلزا در سطح احتمال یک درصد معنادار بود، ولی اثر اصلی نیتروژن و اثر متقابل دوجانبه نیتروژن و گوگرد بر عملکرد کلزا در سطح احتمال پنج درصد معنادار نشد. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که مصرف گوگرد باعث افزایش عملکرد دانه کلزا گردید، به طوری که بیشترین مقدار عملکرد کلزا (۵۰۶۹ کیلوگرم در هکتار) از مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد عنصری و کمترین آن (۴۲۰۵ کیلوگرم در هکتار) از عدم مصرف

گوگرد، به دست آمد (جدول ۳). مصرف ۲۰۰ کیلوگرم گوگرد عنصری، باعث افزایش ۲۰ درصدی عملکرد کلزا در مقایسه با شرایط عدم مصرف آن شد. مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد از منبع سولفات آمونیوم و گچ نیز به ترتیب باعث افزایش حدود ۵ و ۱۰ درصدی عملکرد کلزا شدند. تفاوت تأثیر سولفات آمونیوم و گچ بر عملکرد دانه کلزا، در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار نبود و این دو منبع گوگردی از نظر عملکرد کلزا در یک گروه آماری قرار گرفتند.

جدول ۲ - تجزیه واریانس (میانگین مربعات) ویژگی‌های اندازه‌گیری شده کلزا در دو سال اجرای آزمایش

Table 2. Variance analysis of measured attributes of canola in two years experiment

Sources of Variation	Degree of freedom	Leaf N	Leaf S	Leaf N/S	Grain N	Grain S	Grain oil	Grain yield	N uptake	S uptake	Oil yield
(Y) Year	1	0.95 **	0.1 **	7.3 **	0.34 **	0.05 ns	146 *	1090224 **	44.8 ns	31 ns	909426 **
Y × Rep	4	0.25 **	0.04 **	1.43 **	0.10 *	0.005 ns	4.88 ns	150165 ns	209.4 ns	11.2 ns	37305 ns
(N) Nitrogen	1	8.4 **	0.00 ns	9.88 **	0.86 **	0.03 *	6.51 ns	81181 ns	2581 **	49.6 ns	295 ns
N×Y	1	0.52 **	0.02 ns	0.15 ns	0.09 ns	0.01 ns	3.59 ns	62208 ns	71 ns	48.8 ns	1.02 ns
(S) Sulfur	3	0.19 *	0.07 **	0.91 *	0.02 ns	0.01 ns	24.1 *	1637162 **	771 **	106.7 **	576467 **
S×Y	3	0.11 ns	0.009 ns	0.63 ns	0.01 ns	0.003 ns	24.5 *	128675 ns	81.6 ns	7.5 ns	20504 ns
N×S	3	0.16 **	0.01 ns	0.16 ns	0.11 *	0.007 ns	6.12 ns	285332 ns	107.8 ns	37.2 ns	112912 ns
Y×N×S	3	0.004 ns	0.007 ns	0.20 ns	0.12 *	0.003 ns	4.45 ns	155102 ns	297.6 ns	13.2 ns	7347 ns
Error	28	0.047	0.009	0.24	0.03	0.005	7.15	116063	107.6	16.2	40839
C.V. (%)		6.8	10	13.1	8.9	16.4	6.7	7.4	11.7	11.7	11

ns, * and ** are non-significant, significant at $p \leq 0.05$ and $p \leq 0.01$, respectively

در هکتار نیتروژن، تفاوت عملکرد سطوح مختلف گوگرد ۲۸ درصد و در شرایط مصرف ۲۴۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، تفاوت سطوح ۱۳ درصد بود. کلزا گیاهی با نیاز بالا به گوگرد می‌باشد. این عنصر دارای نقش‌های زیادی در ساخت اسیدهای آمینه متیونین و سیستین، تشکیل کلروفیل، سنتز ویتامین B و بیوتین و تولید پروتئین می‌باشد به همین دلیل در شرایطی مانند این پژوهش که سولفات خاک پایین است (جدول ۱)، مصرف مناسب گوگرد باعث بهبود رشد و افزایش عملکرد کلزا می‌گردد.

اثر متقابل دوجانبه گوگرد و نیتروژن بر عملکرد کلزا در سطح احتمال پنج درصد، معنادار نبود (جدول ۲) ولی بیشترین عملکرد از تیمار کاربرد ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد عنصری (۵۲۵۸ کیلوگرم در هکتار) و کمترین آن از تیمار به کارگیری ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و عدم مصرف گوگرد (۴۱۰۴ کیلوگرم در هکتار) به دست آمد که بیانگر اختلاف حدود ۲۸ درصدی بین این دو تیمار بود (شکل ۱). در هیچ یک از سطوح گوگرد، تفاوت معنادار بین مقادیر نیتروژن مصرفی مشاهده نگردید. در شرایط مصرف ۱۸۰ کیلوگرم

جدول ۳- مقایسه میانگین ویژگی‌های اندازه‌گیری شده کلزا در سطوح مختلف نیتروژن و گوگرد

Table 3. Means Comparison of canola measured attributes under different levels of nitrogen and sulfur

Factor	Levels (kg ha ⁻¹)	Leaf N	Leaf S	Tuber Yield (kg ha ⁻¹)	Leaf N/S	Grain N	Grain S	Grain oil	N uptake	S uptake	Oil yield
		%				%			kg ha ⁻¹		
Sulfur	S0	3.03 b	0.77 b	4205 c	4.06 a	1.97 a	0.39 b	38.6 b	82.5 b	16.3 c	1628 c
	S1	3.18 ab	0.95 a	5069 a	3.41 b	1.98 a	0.46 a	42.1 a	99.5 a	23.3 a	2135 a
	S2	3.28 a	0.91 a	4408 bc	3.66 ab	1.88 a	0.44 ab	40.1 ab	83.1 b	19.5 bc	1770 bc
	S3	3.31 a	0.99 a	4602 b	3.84 ab	1.88 a	0.47 a	40.1 ab	91.2 ab	21.5 ab	1850 b
Nitrogen (kg ha ⁻¹)	180	2.78 b	0.88 a	4530 a	3.29 b	1.82 b	0.46 a	40.6 a	81.8 b	21.2 a	1848 a
	240	3.62 a	0.88 a	4612 a	4.20 a	2.09 a	0.42 a	39.9 a	96.4 a	19.1 a	1843 a

($p < 0.05$) Numbers followed by the same letter are not significantly different

S0: without S; S₁=200 kg ha⁻¹ powder sulphur inoculated with Thiobacillus inoculant, S₂=100 kg ha⁻¹ S from (NH₃)₂SO₄ and S₃=100 kg ha⁻¹ S from CaSO₄

رطوبت خاک، ذکر شده است (Malakouti & Sepehr, 2004; Besharati & Motalebifard, 2016)

با مصرف نیتروژن بیشتر، عملکرد کلزا افزایش یافت ولی

این افزایش معنادار نشد. در این پژوهش دو سطح نیتروژن

در نظر گرفته شده بود که سطح اول معادل توصیه کودی

مورد نیاز کلزا بود (Noorgholipoor *et al.*, 2014). ولی

با توجه به اثر متقابل ذکر شده در مقدمه در مورد گوگرد

و نیتروژن، سطح دوم که ۳۰ درصد بیشتر از سطح اول

بود نیز در نظر گرفته شد تا در صورت وجود اثر متقابل

مثبت بین گوگرد و کلزا در افزایش عملکرد مؤثر باشد که

با توجه به نتایج، افزایش عملکرد هم حادث شد ولی در

سطح احتمال ۵ درصد معنادار نبود. در بررسی طاهرخانی

و گلچین (Taherkhani & Golchin, 2006) افزایش

عملکرد کلزا حتی در شرایط مصرف ۲۴۰ کیلوگرم در

هکتار نیتروژن در منطقه سرد زنجان، مشاهده گردید. ولی

این افزایش مقدار کاربرد در منطقه همدان در میانگین

دوسال، بر عملکرد دانه معنادار نبود. عدم تأثیر نیتروژن

بر عملکرد دانه با نتایج پژوهش لگاری و همکاران

(Leghari *et al.*, 2016) مطابقت نداشت.

البته پاسخ گیاه کلزا به گوگرد به میزان گوگرد موجود در

خاک، فرم گوگرد قابل جذب برای گیاه، عمق توسعه

ریشه، فعالیت باکتری های اکسید کننده گوگرد و میزان

مواد آلی خاک، بستگی دارد. بیشترین عملکرد کلزا در

سطح مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد عنصری، می

تواند بیانگر اکسیده شدن گوگرد توسط باکتری های

تیوباسیلوس تلقیح شده با کود و تبدیل گوگرد به فرم قابل

جذب (SO₄²⁻) برای گیاه باشد.

افزایش عملکرد کلزا با مصرف گوگرد با نتایج تحقیقات

زیادی از جمله نزیمانا و آگنباگ (Ngezimana & Farooq *et al.*, 2015)

و فاروق و همکاران (Agenbag, 2015) مطابقت دارد. هرچند در مطالعاتی نیز عدم تأثیر

گوگرد بر عملکرد کلزا گزارش شده است. دلایل عدم تأثیر

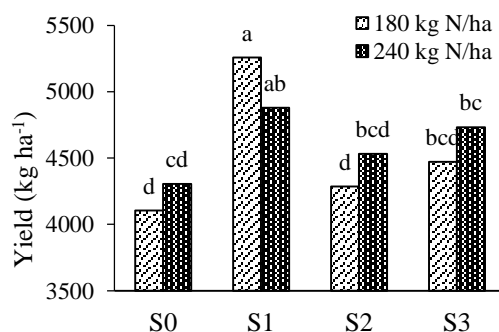
گوگرد بر عملکرد کلزا مواردی مانند آهک بالای خاک و

خاصیت تامپونی زیاد آن، عدم مصرف مقدار مناسب

گوگرد و عدم اکسایش کافی گوگرد در خاک به دلایلی

مانند کارایی پایین سویه‌های تیوباسیلوس مصرفی و

شرایط نامناسب اکسایش گوگرد از نظر میزان مواد آلی و



شکل ۱- اثر منابع مختلف گوگرد در شرایط متغیر نیتروژن بر عملکرد کلزا

Table 1. Effect of sulfur different sources under different nitrogen condition on canola yield

بین منابع گوگرد مصرفی، تفاوتی از نظر غلظت نیتروژن برگ، وجود نداشت. بیشترین مقدار نیتروژن برگ با مقدار ۳/۳۱ درصد از مصرف ۱۰۰ کیلوگرم گوگرد از منبع گچ و کمترین آن از شرایط عدم مصرف گوگرد (۳/۰۳ درصد) مشاهده گردید. بهمنیار و کاظمی پست-مساری (Bahmanyar & Kazemi Poshtmasari, 2010) نیز افزایش نیتروژن برگ را با مصرف مقادیر گوگرد، گزارش نمودند. به نظر می‌رسد مصرف گوگرد به دلیل اثرهایی که بر رشد کلزا داشته، باعث افزایش غلظت گوگرد برگ گردیده است و با بالا رفتن غلظت گوگرد برگ در اثر مصرف گوگرد به دلیل ارتباط نزدیکی که بین گوگرد و نیتروژن برگ وجود دارد، ممکن است غلظت نیتروژن برگ هم به تبع آن افزایش یافته باشد. همچنین با توجه به نقشی که گوگرد در بیوسنتز اسیدهای آمینه و تولید ترکیبات نیتروژنه دارد، ممکن است مصرف گوگرد باعث افزایش مصرف نیتروژن و جذب آن شده باشد (Marschner, 1995). همانطور که در شکل ۲ مشاهده می‌گردد، تأثیر معنادار گوگرد بر افزایش غلظت نیتروژن برگ در سطح مصرف ۲۴۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن عنصری اتفاق افتاد. در حالی که در شرایط مصرف ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، تفاوت معنادار بین سطوح مختلف گوگرد، وجود نداشت. همانگونه که ذکر شد گوگرد نقش مهمی در سنتز پروتئین، ایفا کرده و بنابراین مصرف و متابولیسم نیتروژن در گیاهان را زیر تأثیر قرار می‌دهد. گیاه نمی‌تواند مصرف زیاده از حد این دو عنصر را استفاده کند، چرا که به ازای مصرف یک عنصر باید عنصر دیگر را نیز با نسبت صحیح مصرف کند. شاید به این دلیل است که با مصرف گوگرد اضافی، نیتروژن برگ هم افزایش یافته است. همچنین افزایش کاربرد نیتروژن باعث افزایش نیاز کلزا به گوگرد می‌شود (Rathke et al., 2005).

جدول (۳) تأثیر سطوح مختلف گوگرد را بر غلظت گوگرد برگ کلزا نشان می‌دهد. مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد از منبع گچ با غلظت گوگرد برگ ۰/۹۹ درصد بیشترین و عدم مصرف گوگرد با میزان گوگرد ۰/۷۷ درصد کمترین میزان گوگرد برگ را به خود اختصاص دادند. تفاوت غلظت گوگرد برگ در شرایط مصرف و عدم مصرف گوگرد، حداقل ۱۸ درصد بود و تفاوت نوع گوگرد مصرفی از نظر غلظت گوگرد برگ معنادار نبود. غلظت

نتایج بررسی ضرایب همبستگی بین ویژگی‌ها نشان داد که همبستگی مثبت و معنادار بین عملکرد دانه کلزا و غلظت گوگرد برگ ($r=0/83^*$)، جذب گوگرد دانه ($r=0/82^*$)، غلظت روغن دانه ($r=0/96^*$) و عملکرد روغن ($r=0/99^*$) وجود داشت. مجموع همبستگی‌ها نشان می‌دهد گوگرد مهمترین تأثیر را در بهبود عملکرد کلزا داشت (جدول ۴).

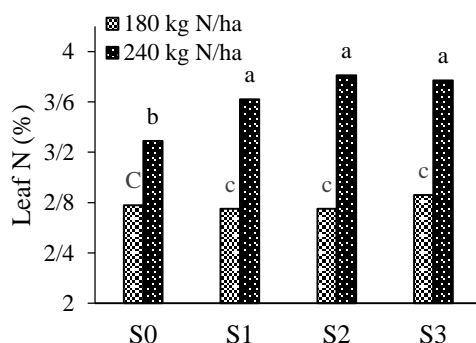
غلظت نیتروژن و گوگرد برگ

تجزیه واریانس نتایج نشان داد که اثر اصلی گوگرد و نیتروژن و اثر متقابل دوجانبه آنها بر غلظت نیتروژن برگ و اثر اصلی گوگرد مصرفی بر غلظت گوگرد برگ در سطح احتمال پنج درصد، معنادار بود ولی اثر اصلی نیتروژن مصرفی و اثر متقابل دوجانبه نیتروژن و گوگرد مصرفی بر غلظت گوگرد برگ در سطح احتمال پنج درصد معنادار نبود (جدول ۲). با افزایش نیتروژن مصرفی، غلظت نیتروژن برگ، افزایش یافت و بیشترین غلظت نیتروژن برگ از شرایط مصرف ۲۴۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و به مقدار ۳/۶۴ درصد به دست آمد که نسبت به شرایط مصرف ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن ۳۰ درصد افزایش یافت (جدول ۳). نمت و همکاران (۲۰۰۹) گزارش کردند که در زمان گلدهی، غلظت نیتروژن برگ کلزا در محدوده ۲/۹-۳/۸ درصد قرار دارد که غلظت نیتروژن برگ در این پژوهش هم در این محدوده قرار داشت. افزایش غلظت نیتروژن برگ به دنبال افزایش مصرف آن به دلیل در دسترس بودن و عرضه بیشتر نیتروژن بود. با توجه به اینکه حتی در شرایط مصرف ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن عنصری، غلظت نیتروژن برگ در محدوده کفایت برای کلزا قرار داشت (Malhi & Nyborg, 1986) افزایش بیشتر نیتروژن مصرفی اگرچه غلظت نیتروژن برگ را افزایش داد ولی این افزایش، باعث افزایش عملکرد نگردید. با توجه به اینکه در تمام سطوح غلظت نیتروژن در دامنه کفایت قرار داشت مصرف نیتروژن اضافی غلظت را افزایش داده است ولی تأثیری بر عملکرد ایجاد نکرده است. تأثیر نیتروژن مصرفی بر افزایش غلظت نیتروژن برگ با نتایج پژوهش طاهرخانی و گلچین (Taherkhani & Golchin, 2006) مطابقت داشت.

مصرف گوگرد باعث افزایش غلظت نیتروژن برگ گردید. و تفاوت مصرف و عدم مصرف گوگرد معنادار بود ولی

آن به بخش هوایی گیاه شده است. تأثیر گوگرد مصرفی بر غلظت گوگرد برگ با نتایج پژوهش بالینت و رنگل (Balint & Rengel, 2011) و بشارتی و مطلبی فرد (Besharati & Motalebifard, 2016) مطابقت داشت. عدم تأثیر نیتروژن مصرفی بر غلظت گوگرد برگ هم با نتایج پژوهش نمت و همکاران (Nemeth *et al.*, 2009) مطابقت داشت.

گوگرد برگ در تمام تیمارهای پژوهش در محدوده مناسب پیشنهادی (۱-۵ درصد) برای برگ کلزا قرار داشت (Nemeth *et al.*, 2009). با توجه به اینکه سولفات فرم قابل جذب و انتقال گوگرد در آوند است (Marschner, 1995)، به نظر می رسد عرضه مقادیر مناسب سولفات و یا تولید آن در تیمارهای گوگرد عنصری باعث افزایش جذب سولفات و به تبع آن انتقال



شکل ۲- اثر منابع مختلف گوگرد در شرایط متغیر نیتروژن بر غلظت نیتروژن برگ

Table 2. Effect of sulfur different sources under different nitrogen condition on leaf N concentration

دوجانبه نیتروژن و گوگرد به ترتیب بر غلظت و جذب نیتروژن دانه در سطح احتمال پنج درصد معنادار نگردید (جدول ۲). غلظت نیتروژن دانه با ۱۵ درصد افزایش از ۱/۸۲ درصد در شرایط مصرف ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به ۲/۰۹ درصد در سطح مصرف ۲۴۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن رسید (جدول ۳). جذب نیتروژن دانه هم مشابه غلظت نیتروژن آن با افزایش نیتروژن مصرفی روند افزایشی داشت. به طوری که از حدود ۸۲ کیلوگرم در هکتار در سطح ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن مصرفی به حدود ۹۶ کیلوگرم در شرایط کاربرد ۲۴۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار رسید که بیانگر اختلاف ۱۸ درصدی بین این دو سطح نیتروژن مصرفی بود (جدول ۳).

تأثیر گوگرد مصرفی بر جذب نیتروژن دانه روند متفاوتی داشت در حالی که در شرایط مصرف ۲۴۰ کیلوگرم گوگرد عنصری جذب نیتروژن نسبت به شرایط عدم مصرف گوگرد ۲۲ درصد افزایش یافت ولی تغییر جذب نیتروژن در شرایط مصرف گوگرد از منبع سولفات آمونیوم و گچ نسبت به شرایط عدم مصرف آن معنادار نبود. در واقع فقط مصرف گوگرد عنصری باعث افزایش جذب نیتروژن دانه گردید. با توجه به اینکه غلظت نیتروژن دانه در این

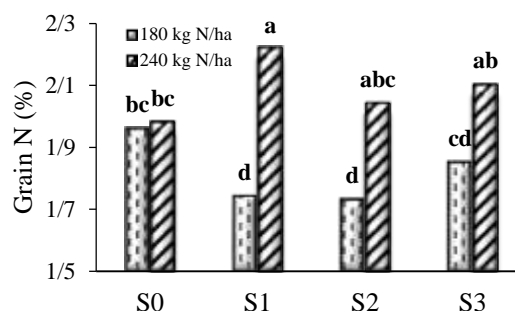
N/S برگ کلزا نیز تحت تأثیر معنادار مقادیر نیتروژن و گوگرد مصرفی قرار گرفت (جدول ۲). با افزایش نیتروژن مصرفی نسبت N/S افزایش و با مصرف گوگرد نسبت N/S کاهش یافت و بیشترین اثر را بر این نسبت گوگرد عنصری همراه با تیوباسیلوس داشت (جدول ۳). همبستگی مثبت و معنادار بین نسبت N/S و عملکرد دانه وجود نداشت. نمت و همکاران (Nemeth *et al.*, 2009) گزارش نمودند که نسبت N/S بر عملکرد دانه مؤثر است ولی در این پژوهش این اثر مشاهده نگردید. نتایج بررسی ضرایب همبستگی بین ویژگی‌ها نشان داد که همبستگی مثبت و معنادار بین غلظت نیتروژن برگ کلزا و غلظت گوگرد دانه ($r=0/83^*$)، و غلظت روغن دانه ($r=-0/89^{**}$) و بین غلظت نیتروژن برگ و غلظت نیتروژن دانه ($r=0/84^{**}$) و نسبت N/S ($r=-0/79^*$) وجود داشت (جدول ۴).

غلظت و جذب نیتروژن دانه

اثر اصلی نیتروژن و اثر متقابل دوجانبه نیتروژن و گوگرد بر غلظت نیتروژن دانه معنادار بود همچنین اثر اصلی نیتروژن و گوگرد در سطح احتمال یک درصد بر جذب نیتروژن دانه معنادار بود. اثر اصلی گوگرد و اثر متقابل

جذب نیتروژن را با مصرف گوگرد گزارش نمود و دلیل آن را افزایش توازن تغذیه‌ای در اثر مصرف گوگرد دانست. همچنین با مصرف گوگرد و تولید اسیدهای آمینه گوگرد دار ممکن است نیاز داخلی به نیتروژن افزایش و غلظت نیتروژن دانه نیز افزایش یافته باشد (Barker & Pilbean, 2007). با این حال نمت و همکاران (Nemeth *et al.*, 2009) گزارش نمودند که نیتروژن دانه خیلی تحت تأثیر نیتروژن مصرفی قرار نگرفت و بیشتر به توان تخلیه نیتروژن برگ به سمت دانه یا فاکتور انتقال در رقم بر می‌گردد. و هر رقمی که فاکتور انتقال بیشتری داشته باشد غلظت نیتروژن دانه در آن نیز بیشتر است. هرچند بهمنیار و پشت‌مساری (Bahmanyar & Kazemi, 2010) افزایش غلظت نیتروژن دانه را تا مقادیر ۲۲۵ کیلوگرم نیتروژن عنصری مشاهده نکردند و افزایش غلظت نیتروژن دانه فقط در سطح ۲۲۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن عنصری مشاهده نمودند. با ارزیابی ضرایب همبستگی بین ویژگی‌ها مشخص شد بیشترین تأثیر را بر نسبت N/S برگ غلظت نیتروژن دانه داشته است ($r = -0.81^*$) و این اثر حتی از اثر نیتروژن و گوگرد برگ که در محاسبه این ویژگی دخیل هستند (جدول ۴) بیشتر بود.

سطح گوگرد تفاوت معناداری با شرایط عدم مصرف گوگرد نداشت دلیل اصلی افزایش جذب نیتروژن در این سطح گوگرد، افزایش عملکرد با مصرف گوگرد عنصری بود (جدول ۳). شکل ۳ نشان می‌دهد در شرایط عدم مصرف گوگرد مصرف نیتروژن تأثیری بر غلظت نیتروژن دانه نداشت. بیشترین افزایش غلظت نیتروژن دانه با مصرف نیتروژن در شرایط مصرف گوگرد عنصری مشاهده شد و افزایش ۲۷ درصدی را نشان داد. که نشان می‌دهد گوگرد عنصری مصرف شده اکسیده شده و توانسته است با فراهم نمودن گوگرد و تغییر در شرایط خاک غلظت نیتروژن دانه را افزایش دهد. در شرایط مصرف سولفات آمونیوم و گچ هم افزایش مصرف نیتروژن غلظت نیتروژن دانه را به‌طور معنادار افزایش داد. در شرایط مصرف ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، مصرف گوگرد باعث کاهش غلظت نیتروژن دانه شد. در حالی که در شرایط نیتروژن مصرفی بیشتر (۲۴۰ کیلوگرم در هکتار) افزایش غلظت نیتروژن دانه با مصرف گوگرد مشاهده گردید. رضاپور و همکاران (Rezapour *et al.*, 2004) نیز گزارش نمودند در شرایط مصرف نیتروژن کافی از منبع اوره، مصرف ۸۰ کیلوگرم گوگرد عنصری باعث افزایش غلظت نیتروژن دانه گردید. میرزاشاهی (Mirzashahi, 2014) هم افزایش



شکل ۳- اثر منابع مختلف گوگرد در شرایط متغیر نیتروژن بر غلظت نیتروژن دانه

Table 3. Effect of sulfur different sources under different nitrogen condition on grain nitrogen concentration

جذب گوگرد دانه معنادار بود و اثر اصلی نیتروژن و اثر متقابل دوجانبه نیتروژن و گوگرد مصرفی بر جذب نیتروژن دانه در سطح احتمال پنج درصد معنادار نبود (جدول ۲). با افزایش مصرف نیتروژن غلظت گوگرد دانه کاهش نشان داد و از ۰/۴۶ درصد در شرایط مصرف ۱۸۰ کیلوگرم

غلظت و جذب گوگرد دانه

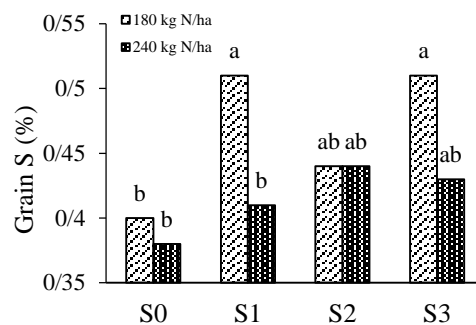
نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر اصلی نیتروژن بر غلظت گوگرد دانه در سطح احتمال پنج درصد معنادار بود ولی اثر اصلی گوگرد و اثر متقابل دوجانبه دو فاکتور نیتروژن و گوگرد بر این ویژگی در سطح احتمال پنج درصد معنادار نبود. همچنین فقط اثر اصلی گوگرد بر

وزنی مایه تلقیح تیوباسیلوس با ۲۳/۳ کیلوگرم در هکتار جذب گوگرد در دانه بهترین سطح گوگرد بود. با مصرف گوگرد غلظت گوگرد در دسترس در خاک افزایش یافت و باعث افزایش غلظت آن در بخش هوایی گردید. افزایش غلظت سولفات در بخش هوایی احیاء آن و ورود گوگرد به ترکیبات آلی را افزایش داد (Barker & Pilbean, 2007) و این ترکیبات در آوند آبکش به محل ذخیره (دانه) منتقل شده و غلظت و جذب گوگرد دانه را افزایش دادند. تأثیر مصرف گوگرد بر افزایش غلظت گوگرد دانه با نتایج پژوهش رضاپور و همکاران (Rezapour et al., 2004)، بشارتی و مطلبی فرد (Besharati & Motalebifard, 2016) مطابقت داشت و بهمنیار و پشت‌مساری (Bahmanyar & Kazemi Poshtmasari, 2010) افزایش غلظت گوگرد دانه را فقط در شرایط مصرف ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد مشاهده کردند و در مقادیر کمتر مصرف، تأثیری بر غلظت گوگرد دانه مشاهده نشد. در پژوهش محمدی و جعفرزاده (Mohammadi & Jafarzadeh, 2009) از بین منابع مختلف گوگرد فقط تأثیر گوگرد عنصری مصرفی بر غلظت گوگرد دانه معنادار بود و کارامانوس و همکاران (Karamanos et al., 2005) عدم تأثیر گوگرد مصرفی را بر غلظت گوگرد دانه گزارش نمودند

همانطور که در شکل ۴ مشاهده می‌شود در هر دو سطح نیتروژن عدم مصرف گوگرد کمترین غلظت گوگرد دانه را دارا بود. فقط در شرایط مصرف گوگرد عنصری همراه با تیوباسیلوس غلظت گوگرد دانه با افزایش نیتروژن مصرفی کاهش معنادار یافت. این تفاوت با توجه به شکل ۱ قابل توجیه است. با توجه به اینکه در شرایط مصرف ۲۴۰ کیلوگرم نیتروژن و ۲۰۰ کیلوگرم گوگرد عنصری عملکرد کلزا حدود ۸ درصد کاهش نشان داد؛ این کاهش عملکرد به دلیل اثر رقت باعث کاهش غلظت گوگرد دانه گردید. نتایج بررسی ضرایب همبستگی بین ویژگی‌ها مشخص نمود که همبستگی مثبت و معنادار بین غلظت و جذب گوگرد دانه ($r=0/9^{**}$) وجود دارد و غلظت گوگرد دانه با غلظت گوگرد برگ همبستگی مثبت و معنادار داشت ($r=0/83^*$).

نیتروژن در هکتار به ۰/۴۲ درصد در کاربرد ۲۴۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار رسید که نشانگر حدود ۱۰ درصد کاهش در غلظت گوگرد برگ با مصرف نیتروژن بود. جذب گوگرد دانه هم با افزایش نیتروژن مصرفی ۱۱ درصد افزایش یافت ولی این افزایش معنادار نبود (جدول ۲). با توجه به اینکه با مصرف نیتروژن بیشتر عملکرد مقداری کاهش یافت، یکی از دلایل کاهش غلظت گوگرد دانه می‌تواند افزایش عملکرد دانه و اثر رقت باشد هرچند کاهش گوگرد دانه باعث نشد غلظت گوگرد دانه به کمتر از مقادیر توصیه شده توسط محققینی مانند نمت و همکاران (Nemeth et al., 2009) تقلیل یابد (۰/۴۱ درصد). همچنین کاهش غلظت گوگرد در دانه می‌تواند به دلیل نقش نوع تغذیه نیتروژن در احیای سولفات در داخل برگ و به تبع آن مصرف و ورود گوگرد به ساختار ترکیبات باشد (Marschner, 1995). نمت و همکاران (Nemeth et al., 2009) هم در پژوهش خود گزارش نمودند که مصرف نیتروژن باعث کاهش غلظت گوگرد دانه گردید.

مصرف گوگرد اثر معنادار در سطح احتمال پنج درصد بر غلظت گوگرد دانه نداشت (جدول ۲) ولی مقایسه میانگین‌ها نشان داد که سطوح مختلف گوگرد مصرفی از نظر غلظت گوگرد در سطح پنج درصد در گروه‌های آماری مختلف قرار گرفتند. همه سطوح مصرف گوگرد به طور معنادار غلظت گوگرد را در مقایسه به شرایط عدم مصرف گوگرد افزایش دادند. بیشترین غلظت گوگرد دانه (۰/۴۷ درصد) در شرایط مصرف ۱۰۰ کیلوگرم گوگرد از منبع گچ و کمترین آن (۰/۳۹ درصد) از شرایط عدم مصرف گوگرد به دست آمد. تفاوت معناداری بین منابع مختلف گوگرد مصرفی از نظر غلظت گوگرد دانه وجود نداشت و همه در یک گروه آماری قرار داشتند (جدول ۳). همانطور که در جدول (۳) مشاهده میشود با مصرف گوگرد، غلظت گوگرد دانه حداقل ۱۵ و بیشترین ۲۰ درصد نسبت به شرایط عدم مصرف گوگرد افزایش یافت. روند مشابه تأثیر گوگرد مصرفی بر غلظت گوگرد دانه در جذب گوگرد دانه هم مشاهده گردید. و همه منابع گوگرد مصرفی جذب گوگرد در دانه را نسبت به عدم مصرف گوگرد حداقل ۲۰ و بیشترین ۴۳ درصد افزایش دادند. مصرف ۲۰۰ کیلوگرم گوگرد عنصری همراه با دو درصد



شکل ۴- اثر منابع مختلف گوگرد در شرایط متغیر نیتروژن بر غلظت گوگرد دانه

Table 4. Effect of sulfur different sources under different nitrogen condition on grain sulfur concentration

حضور دارد و در تولید ترکیبات مهمی مانند کوآنزیم A، ویتامین B، بیوتین، لیپوئیک اسید و سولفولپید نقش دارد (Malik et al., 2004 & Imran et al., 2015). رحمان و همکاران (Rehman et al., 2013) گزارش کردند که گوگرد نقش بسیار مهمی در تولید ترکیب‌های گیاهی از جمله اسید آمینه‌ها و انواع روغن دارد. در تشکیل دانه کلزا و سنتز روغن آن نقش دارد. فیمز و همکاران (Fimes et al., 2000) هم گزارش کردند گوگرد برای تولید محتوی روغن و نوع روغن و ترکیب اسید چرب آن در کلزا مؤثر است. احمد و همکاران (Ahmad et al., 2007)، بهمنیار و پشت‌مساری (Bahmanyar & Kazemi Poshtmasari, 2010) و جان و همکاران (Jan et al., 2010) افزایش غلظت روغن کلزا را با مصرف گوگرد گزارش نموده‌اند.

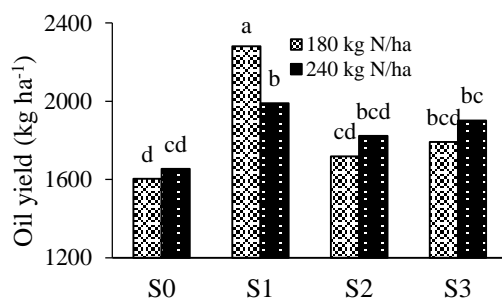
افزایش نیتروژن مصرفی باعث کاهش روغن دانه گردید هرچند این کاهش معنادار نبود (جدول ۳) این کاهش غیر معنی‌دار شاید به این دلیل باشد که در شرایط وجود نیتروژن بیشتر کربوهیدرات‌ها به مصرف تولید پروتئین می‌رسند و کربوهیدرات لازم برای تولید روغن دانه کاهش می‌یابد (Rathke et al., 2005). در شکل ۵ تغییرات عملکرد روغن کلزا تحت اثر ترکیبات تیماری گوگرد و نیتروژن مشاهده می‌شود. همانگونه که دیده می‌شود تأثیر نیتروژن بر کاهش عملکرد روغن فقط در شرایط مصرف گوگرد از منبع تیوباسیلوس معنادار بود و در سایر سطوح و منابع گوگرد مصرفی، بین سطوح نیتروژن تفاوت معنادار وجود نداشت. دلایل مختلفی برای کاهش روغن با مصرف نیتروژن اشاره شده است که از جمله آنها می‌توان به اثر رقت و رابطه معکوس مابین پروتئین و روغن دانه

غلظت و عملکرد روغن دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر اصلی گوگرد در سطح احتمال پنج درصد بر غلظت روغن دانه و در سطح احتمال یک درصد بر جذب روغن دانه معنادار بود. ولی اثر اصلی نیتروژن و اثر متقابل دوجانبه دو فاکتور نیتروژن و گوگرد بر غلظت و عملکرد روغن دانه در سطح احتمال پنج درصد معنادار نبود. (جدول ۲).

مصرف گوگرد باعث افزایش غلظت روغن در دانه کلزا گردید. تمام منابع گوگرد مصرفی باعث افزایش روغن دانه شدند ولی این افزایش فقط برای مصرف گوگرد عنصری همراه با مایه تلقیح تیوباسیلوس معنادار بود. تفاوت نوع گوگرد مصرفی بر روغن دانه معنادار نبود. بیشترین غلظت روغن دانه از مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد عنصری (۴۲/۱ درصد) و کمترین آن از شرایط عدم مصرف گوگرد (۳۸/۶ درصد) به دست آمد. مصرف گوگرد از منابع گوگرد عنصری، سولفات آمونیوم و گچ به ترتیب باعث افزایش ۹، ۴ و ۴ درصدی روغن دانه در مقایسه با عدم مصرف گوگرد گردیدند (جدول ۳). عملکرد روغن هم‌روندی تقریباً مشابه غلظت روغن دانه داشت و تمام منابع گوگرد مصرفی عملکرد روغن را در مقایسه با شرایط عدم مصرف گوگرد افزایش دادند. فقط اختلاف بین گوگرد عنصری و گوگرد از منابع سولفاتی در عملکرد روغن در سطح احتمال ۵ درصد معنادار گردید. که این اختلاف به دلیل افزایش بیشتر عملکرد در شرایط مصرف گوگرد عنصری همراه با مایه تلقیح تیوباسیلوس بود. تأثیر گوگرد بر افزایش روغن دانه کلزا در پژوهش‌های زیادی مشاهده شده است. گوگرد در تولید اسیدهای چرب در کلزا نقش اساسی دارد (Kalbasi et al., 1998; Besharati & Motalebifard, 2016) در ساختمان تعدادی از روغن‌ها

و کاهش کربوهیدرات موجود برای تشکیل روغن (Kutcher *et al.*, 2005)، تأخیر رسیدگی و نسبت دانه-های سبز در اثر مصرف نیتروژن، افزایش تشکیل پروتئین (Holmes, 1980 & Rathke *et al.*, 2005) اشاره نمود.



شکل ۵- اثر منابع مختلف گوگرد در شرایط متغیر نیتروژن بر عملکرد روغن کلزا

Table 5. Effect of sulfur different sources under different nitrogen condition on canola oil yield

از ارزیابی ضرایب همبستگی بین ویژگی‌ها مشخص شد همبستگی مثبت و معنادار بین غلظت روغن و عملکرد برگ گوگرد برگ ($r=0/89^{**}$)، غلظت گوگرد دانه ($r=0/71^*$) و جذب گوگرد دانه ($r=0/92^{**}$) وجود داشت. همبستگی بین غلظت و عملکرد روغن دانه ۹۵ درصد بود (جدول ۴).

جدول ۴- ضرایب همبستگی بین ویژگی‌های اندازه‌گیری شده

Table 4. Correlation coefficient between measured attributes

	Oil uptake	Oil percent	ratio N/S	S uptake	Gran S	Leaf S	N uptake	Grain N	Leaf N	yield
yield	0.99 **	0.90 **	-0.33	0.82 *	0.51	0.83 **	0.66	0.05	0.18	1
Leaf N	0.07	-0.14	0.79 *	-0.19	-0.39	0.16	0.76 *	0.84 **	1	
Grain N	-0.07	-0.31	0.81 *	-0.39	-0.58	0.16	0.88 **	1		
N uptake	0.56	0.32	0.41	0.23	-0.12	0.41	1			
Leaf S	0.85 **	0.89 **	-0.47	0.83 *	0.66	1				
Gran S	0.57	0.71 *	-0.72 *	0.9 **	1					
S uptake	0.87 **	0.92 **	0.65	1						
N/S ratio	-0.45	-0.67	1							
Oil percent	0.95 **	1								
Oil uptake	1									

* and ** are significant at $p \leq 0.05$ and $p \leq 0.01$, respectively

مصرفی نقش مهمی در ویژگی‌های رشدی و کیفی کلزا دارد. بهترین منبع گوگرد مصرفی، گوگرد عنصری همراه با ۲ درصد مایه تلقیح تیوباسیلوس بود که نسبت به منابع دیگر تفاوت چشمگیر داشت. تفاوت گچ و سولفات آمونیوم از نظر تأمین گوگرد و ویژگی‌های اندازه‌گیری شده معنادار نبود. به طوری که برای رشد مطلوب کلزا در خاک‌های مشابه خاک استفاده شده در این تحقیق، مصرف ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن همراه با ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد تلقیح شده با دو درصد مایه تلقیح تیوباسیلوس توصیه می‌گردد.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج نشان داد که اثر اصلی نیتروژن و گوگرد مصرفی بر بسیاری از ویژگی‌های اندازه‌گیری شده معنادار بود. نیتروژن مصرفی باعث افزایش معنادار غلظت نیتروژن برگ و دانه و جذب نیتروژن دانه و کاهش معنادار غلظت گوگرد دانه گردید. مصرف گوگرد باعث افزایش عملکرد دانه، غلظت و عملکرد روغن، نیتروژن و گوگرد برگ و غلظت و جذب گوگرد دانه گردید. اثر متقابل گوگرد و نیتروژن مصرفی فقط بر غلظت نیتروژن برگ و دانه معنادار بود. نتایج نشان داد در شرایط مختلف نیتروژن ممکن است نیاز به گوگرد متفاوت باشد و نوع گوگرد

Reference

- Ahmad G., Jan A., Arif M., Janm T., and Khattak R.A. 2007. Influence of nitrogen and sulfur fertilization on quality of canola (*Brassica napus* L.) under rainfed conditions. *Journal of Zhejiang University Science*, 8(10): 731-737.
- Anonymous. 2013. Agricultural Statistics. Ministry of Agriculture-Jahade, Tehran, Iran. (In Persian)
- Bahmanyar M.A., and Kazemi Poshtmasari H. 2010. Influence of nitrogen and sulfur on yield and seed quality of three canola cultivars. *Journal of plant Nutrition*, 33: 953-965.
- Balint T., and Rengel Z. 2011. Nitrogen and sulfur uptake and re-mobilization in canola genotypes with varied N- and S-use efficiency differ at vegetative and maturity stages. *Crop and Pasture Science*, 62: 299-312.
- Barker A.V., and Pilbeam D.J. 2007. Handbook of Plant Nutrition. CRC Press, Taylor and Francis Group, Boca Raton, USA.
- Besharati H., and Motalebifard R. 2016. Evaluation of the effect of sulfur application and *Thiobacillus* on some soil chemical characteristics and yield of canola in wheat-canola rotation system. *Journal of Water and Soil*, 29(6): 1688-1698. (In Persian)
- Brennan R.F., Mason M.G., and Walton G.H. 2000. Effect of nitrogen fertilizer on the concentrations of oil and protein in canola (*Brassica napus*) seed. *Journal of Plant Nutrition*, 23(3): 339-348.
- Bouchet A.S., Laperche A., Bissuel-Belaygue C., Snowdon R., Nesi N., and Stahl A. 2016. Nitrogen use efficiency in rapeseed. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 36(2): 38.
- Emami A. 1398. Evaluation and comparison of plant sulfur measurement methods. SWRI final report no: 1030
- Farooq M., Bakhtiar M., Ilyas N., Khatri U., Hussain P., Kakar K., Rahmatullah Khan M., Shah S., and Ullah N. 2018. Sulfur and nitrogen management for improving yield and yield attributes of canola (*Brassica napus* L.). *International Journal of Fauna and Biological Studies*, 5(3): 179-185.
- Fismes J., Vong P.C., Guckert A., and Frossard E. 2000. Influence of sulfur on apparent N-use efficiency, yield and quality of oilseed rape (*Brassica napus* L.) grown on a calcareous soil. *European Journal of Agronomy*, 12: 127-141.
- Gee G.W., and Bauder D. 1986. Particle size analysis. In: Dane JH and Topp GC (Ed.). Methods of Soil Analysis: Part 4. *Soil Science Society of America Journal*. Madison, WI, USA. pp. 255-292
- Grant C.A., and Bailey L.D. 1993. Fertilizer management in canola production. *Canadian Journal of Plant Science*, 73:651-670.
- Hocking P.J., Kirkegaard J.A., Angus J.F., Gibson A.H., and Koetz E.A. 1997. Comparison of canola, Indian mustard and Linola in two contrasting environments. I. Effects of nitrogen fertilizer on dry-matter production, seed yield and seed quality. *Field Crops Research*, 49(2):107-125.
- Holmes M.R.J. 1980. Nutrition of the Oilseed Rape Crop. Applied Science Publisher, Barking Essex, England.
- Imran A.A.K., Inamullah H.Z., Fayaz A., Syed T.S., Amjad U., and Irfanullah B. 2015. Yield and yield attributes of canola cultivars as influence by sulfur level under Swat valley conditions. *Pure Applied Biology*, 4(3): 296-301.
- Jan A., Ahmad G., Arif M., Jan M.T., and Marwat K.B. 2010. Quality parameters of canola as affected by nitrogen and sulfur fertilization. *Journal of Palnt Nutrition*, 33: 381-390.
- Jones J. 2001. Laboratory Guide for Conducting Soil Tests and Plant Analysis. CRC Press, LLC. USA.
- Iqbal M., Weerakoon S., Geethanjali H., Peiris P., and Weerasena O. 2011. Changes in the fatty acids in seeds of interspecific hybrids between *Brassica napus* and *Brassica juncea*. *Crop and Pasture Science*, 62(5): 390-395.
- 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.
- Karamanos R.E, Goh T.B., and Poisson D.P. 2005. Nitrogen, Phosphorus and sulphur fertility of hybrids vs. conventional canola. *Jouranal of plant nutrition*, 28 (7): 1145-1161.
- Kutcher H.R., Malhi S.S., and Gill K.S. 2005. Topography and management of nitrogen and fungicide affects diseases and productivity of canola. *Agronomy Journal*, 97(2): 533-541.

- Leghari S.J., Wahocho N.A., Laghari G.M., HafeezLaghari A., MustafaBhabhan G., HussainTalpur K., Bhutto T.A., Wahocho S.A., and Lashari A.A. 2016. Role of nitrogen for plant growth and development: A review. *Advances in Environmental Biology*. 10(9): 209-219.
- Malakouti M.J. Sepehr E. 2004. Balanced nutrition of oil crops: an approach towards self-sufficiency in oil "a compilation of papers". Khaniran Press, Iran. (In Persian)
- Marschner H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. (2nd Ed.). Academic Press, USA.
- Malhi S.S., and Nyborg M. 1986. Increase in mineral N in soils during winter and loss of mineral N during early spring in North Central Alberta. *Canadian Journal of Soil Science*, 66(3): 397-409.
- Malhi S.S., Schoenau J.J., and Grant C.A. 2005. A review of sulphur fertilizer management for optimum yield and quality of canola in the Canadian Great Plains. *Canadian journal of plant science*, 85(2): 297-307.
- Malik M.A., Khan H.Z., and WahidGrowth M.A. 2004. Seed yield and oil content response of canola (*Brassica napus* L.) to varying levels of sulphur. *International Journal of Agricultural Biology*, 6(6): 1153-1155.
- Mclean E.O. 1982. Soil pH and lime requirement. Pp. 199-224. In: Page AL, Miller RH, and Keeney DR (Ed.). Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties. *Soil Science Society of America Journal*. Book Ser. 5. Madison, WI, USA.
- McGrath S.P., and Zhao F.J. 1996. Sulfur uptake, yield responses and the interactions between nitrogen and sulfur in winter oilseed rape (*Brassica napus*). *Journal of Agricultural Sciences*, 20: 53-62.
- Mizashahi K. 2014. Effects of nitrogen sulfur zinc and boron on yield and yield components of canola and nitrogen use efficiency. *Iranian Journal of Soil Science*, 28(2): 255-264. (In Persian)
- Mirazshahi K., Pishdarfaradaneh M., and Nourgholipour F. 2010. Effects different rates of nitrogen and sulphur application on canola yield in north of Khuzestan. *Journal of Research in Agricultural Science*, 6(2): 107-112.
- Mohammadi M., and Jafarzadeh S. 2009. Effect of nitrogen and sulfur usage on grain yield and oil content of caola in Sharkord region. Pp. 1136-1138. Proceedings of the seventh Iranian Soil Science Congress. 12-15 July, Gorgan, Iran.
- Mostafavi-Rad M., Tahmasebi-Sarvestani Z., M Modares-Sanavy S.A., and Ghalav and A. 2012. Evaluation of some agronomic traits of rapeseed (*Brassica napus* L.) as affected by different sulphur application rates. *Iranian Journal of Field Crop research*, 10(3):495-503. (In Persian)
- Motalebifard R., and Soltani H. 2018. Effect of irrigation water pH on chemical fertilizers effectiveness and pests and diseases control of potato. SWRI final report no: 2134.
- Nelson D.W. and Sommers L.E. 1996. Total carbon, organic carbon and organic matter. pp. 967-1010. In: Sparks DL, Page AL, Helmke PA, Loeppert RH, Soltanpour PN, Tabatabaei MA, Johnson CT, and Sumner ME (Ed.). Methods of Soil Analysis. Part 3, Chemical Methods. *Soil Science Society of America Journal*. Book Ser. 5. Madison, WI, USA.
- Nemeth T., Máthé - Gáspár G., Radimszky L., and Gyori Z. 2009. Nitrogen and sulfur content of canola grown on a calcareous chernozem soil. *Communications in soil science and plant analysis*, 40(1-6): 825-834.
- Ngezimana W. and Agenbag G.A. 2015. The effect of nitrogen and sulphur on the agronomical and water use efficiencies of canola (*Brassica napus* L.) grown in selected localities of the Western Cape province, South Africa. *South African Journal of Plant and Soil*, 32(2): 71-76.
- Noorgholipoor F., Rezaei H., Mirzashahi K., Gheibi M.N., Haghighatnia H., Ramazanpoor M.R., Arzanesh M.H., Asadi Rahmani H., Mirzapoor M.H., Zamani S.A., Mohamadikia R., and Tehrani M.M. 2014. Guidelines for Integrated Soil Fertility and Plant Nutrition Management of Canola. Sana Press, Karaj, Iran. (In Persian)
- Pritchard F.M., Eagles H.A., Norton R.M., Salisbury P.A., and Nicolas M. 2000. Environmental effects on seed composition of Victorian canola. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 40: 679-685.
- Rahimian Z. 2012. Effect of sulfur and thiobacillus with organic matter on quantitative and qualitative traits of canola. *Crop Physiology Journal*, 3(12): 19-27. (In Persian)

- Rathke G.W., Christen O., and Diepenbrock W. 2005. Effects of nitrogen source and rate on productivity and quality of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) grown in different crop rotations. *Field Crops Research*, 94(2-3): 103-113.
- Rehman H., Iqbal Q., Farooq M., Wahid A., Afzal I., Shahzad M., and Basra A. 2013. Sulphur application improves the growth, seed yield and oil quality of canola. *Acta Physiologi Plantarum*, 35: 2999-3006.
- Rezapour T., Mostafavi Rad M., and Nobahar A. 2004. The interaction effects between nitrogen sources and sulphur rates on agronomic indices and nutrient elements content in seeds of winter rapeseed (*Brassica napus* L.). pp. 1-5. Proceedins of 1st International and 13th Iranian Crop Science Conference. 24-26 August, Karaj, Iran.
- Richards L.A. 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. US Salinity Laboratory Staff, Agricultural Handbook No 60, USA.
- Scherer H.W. 2001. Sulphure in crop production. *European Journal of Agronomy*, 14: 81-111.
- Taherkhani M., and Golchin A. 2006. The effects of nitrogen different rates on oil yield and seed quality and potassium and phosphorus uptake of winter canola, SLM046. *Agroecology Journal*, 2(2): 77-85. (In Persian)
- Tisdale S.L., Nelson W.L., and Beaton J.D. 1984. Soil Fertility and Fertilizers. Fourth Edition, Mcmillon Publishing Company, New York.

Effects of Nitrogen and Sulphur Different Levels and Sources on Yield, Nutrients Concentration and Oil Content of Canola (*Brassica napus L.*)

Rahim Motalebifard^{1*}, Fereydun Nourgholipour²

(Received: December, 2019

Accepted: November, 2020)

Abstract

Nitrogen and sulfur are the most effective nutrients in oil seed production, especially, canola. In order to study the effects of different levels of nitrogen and sulphur on seed yield, yield components, seed oil, and leaf and seed nutrients content of canola (*Brassica napus L.*) a factorial experiment was carried out in a randomized complete block design with eight treatments and three replications for two years. The first factor consisted of two nitrogen levels ($N_1=180$ and $N_2=240$ kg. ha⁻¹ net nitrogen) and second factor had four sulphur levels ($S_0=0$, $S_1=200$ kg ha⁻¹ powder sulphur inoculated with Thiobacillus inoculant, $S_2=100$ kg ha⁻¹ from $(NH_3)_2SO_4$ and $S_3=100$ kg ha⁻¹ from $CaSO_4$). The results showed that effect of the nitrogen levels were significant on leaf nitrogen concentration, and seed nitrogen concentration and uptake at 0.01-probability level and seed sulphur at 0.05 probability level but was not significant on other measured attributes. Effect of the sulphur levels were significant on leaf sulphur concentration, seed and oil yield and seed sulphur concentration and uptake at 0.01 probability level and leaf nitrogen and seed oil concentration at 0.05 probability level. The maximum seed and oil yield, seed nitrogen and sulphur uptake, leaf sulphur and seed oil concentration were obtained from S_1 level with 5069, 2135, 99.5 and 23.3 kg per ha and 0.95 and 42.1 percent, respectively. The two way interactions of nitrogen and sulphur were significant on leaf and seed nitrogen concentration. In general, the application of 180 kg nitrogen and 200 kg inoculated sulphur with two percent Thiobacillus inoculant would be recommended to achieve the optimum growth of canola in similar soils.

Keywords: Canola, Nitrogen, Oil, Sulphur, Yield

Motalebifard R. and Nourgholipour F. 2021. Effects of nitrogen and sulphur different levels and sources on yield, nutrients concentration and oil content of canola (*Brassica napus L.*). *Applied Soil Research*, 9(2): 31-46.

1. Research Assistant Professor of Soil and Water Research Department, East Azerbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Tabriz, Iran

2. Research Assistant Professor of Chemistry and Fertility of Soil and Plant Nutrition Research Department, Soil and Water Research Institute, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

* Corresponding Author Email: motalebifard@gmail.com