مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی
جلد چهارم، شماره اول، بهار ۹۰
۴۳-۶۰
ejcp.gau@gmail.com

ارزیابی عملکرد، ترکیب اسیدهای چرب و میزان عناصر ریزمغذی بذر در ارقام پرمحصول کلزا تحت‌تأثیر مقادیر مختلف گوگرد

معرفت مصطفوی‌راد[۱]، *زین العابدین طهماسبی سروستانی[۲]، سیدعلی محمد مدرس‌ثانوی[۲] و امیر قلاوند[۲]

[۱]دانشجوی دکتری رشته زراعت دانشگاه تربیت مدرس و عضو هیات‌علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اراک، [۲]عضو هیات‌علمی دانشگاه تربیت مدرس

چکیده

ابتدا به‌منظور تعیین ارقام پرمحصول کلزا، دو آزمایش مزرعه‌ای در سال‌های زراعی ۱۳۸۷-۱۳۸۵ در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی، اراک اجراء شد و ۱۵ رقم زمستانه کلزا در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی و در سه تکرار مورد مقایسه قرار گرفتند. ارقام لیکورد، مودنا و اوکاپی به‌ترتیب، بیش‌ترین عملکرد دانه در هکتار را داشتند. در مرحله دوم، به‌منظور ارزیابی عملکرد دانه، ترکیب اسیدهای چرب و میزان عناصر ریزمغذی بذر در ارقام پرمحصول کلزا تحت‌تأثیر مقادیر مختلف گوگرد، آزمایشی در سال زراعی ۱۳۸۸-۱۳۸۷ در همان منطقه به‌صورت فاکتوریل با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. تیمارها شامل ارقام کلزا دارای سه سطح V_1 (اوکاپی)، V_2 (مودنا) و V_3 (لیکورد) و مقادیر گوگرد دارای سه سطح S_1 (صفر)، S_2 (۴۰) و S_3 (۸۰) کیلوگرم گوگرد خالص در هکتار) بودند. اثر متقابل رقم × میزان گوگرد بر تمامی صفات اندازه‌گیری شده معنی‌دار بود. اثر متقابل ۴۰ کیلوگرم گوگرد × رقم مودنا بیش‌ترین میزان اسید اولئیک و میزان مس در بذر را داشت. اثر متقابل ۸۰ کیلوگرم گوگرد × رقم لیکورد بالاترین عملکرد دانه، عملکرد روغن و میزان آهن در بذر را نشان داد. در این پژوهش، بین عملکرد کمی و کیفی رابطه معکوس وجود داشت.

واژه‌های کلیدی: کلزا، گوگرد، اسیدهای چرب، عناصر ریزمغذی

* مسئول مکاتبه: tahmaseb@modares.ac.ir

مقدمه

کلزا (*Brassica napus* L.) از دانه‌های روغنی عمده جهان در دهه‌های اخیر به‌شمار می‌رود. سطح زیر کشت کلزا در جهان از ٨/٢ میلیون هکتار در سال ١٩٧٠ به بیش از ٣٠/٢ میلیون هکتار تا سال ٢٠٠٧ افزایش یافته است (فائو، ٢٠٠٧). مهم‌ترین هدف تولیدکنندگان و به‌نژادگران کلزا، افزایش عملکرد دانه در واحد سطح می‌باشد که این صفت به‌شدت تحت‌تأثیر شرایط محیطی و اثر متقابل محیط و رقم قرار می‌گیرد (مرجانویک و همکاران، ٢٠٠٨). همچنین روغن با ارزش‌ترین جزء دانه کلزا است. میزان و ترکیب روغن کلزا به‌طور عمده به‌صورت ژنتیکی تعیین می‌شود (فیلسند و همکاران، ١٩٩١) ولی به مقدار قابل‌توجهی نیز تحت تأثیر شرایط محیطی قرار می‌گیرد. با بررسی تأثیر شرایط محیطی بر درصد روغن کلزا در یک ناحیه مدیترانه‌ای مشاهده شده است که اثر ژنوتیپ، محیط و اثر متقابل آن‌ها بر درصد روغن کلزا معنی‌دار بود (گونازکرا و همکاران، ٢٠٠٦). بررسی و تعیین سازگاری ارقام مختلف کلزا در مناطق مختلف کشور جهت افزایش کمی و کیفی عملکرد دانه، لازم است. راه‌کارهای مختلفی برای افزایش تولید دانه کلزا وجود دارد. یکی از راه‌کارهای مؤثر در این راستا، یافتن تیپ‌های ایده‌آل و متناسب با شرایط اقلیمی هر منطقه است (جیانگ و همکاران، ١٩٩٤). به این ترتیب گزینش ارقام پرمحصول و سازگار با شرایط اقلیمی منطقه جهت دست‌یابی به عملکرد مطلوب دانه و روغن کلزا ضروری است.

گوگرد نقش مهمی در ترکیب شیمیایی دانه ایفا می‌کند و درصد روغن (چاودری و همکاران، ١٩٩٢) و گلوکوزینولات دانه را افزایش می‌دهد (عبدل و فیاضول، ٢٠٠٦) و کاربرد مقدار مناسبی از گوگرد در مناطقی که با فقر گوگرد مواجه هستند می‌تواند عملکرد کلزا را ٤ برابر افزایش دهد (مک‌گارت و ژائو، ١٩٩٦). گوگرد یکی از اجزای ساختمانی اسیدهای آمینه سیستئین و متیونین می‌باشد و در سنتز پروتئین‌ها و آنزیم‌ها نقش اساسی دارد. بنابراین فراهمی ناکافی گوگرد می‌تواند عملکرد و کیفیت محصول کلزا را تحت‌تأثیر قرار دهد (شرر، ٢٠٠١). نشان داده شده است که با افزایش کاربرد گوگرد، میزان پروتئین دانه به مقدار زیادی افزایش یافت (ناتال و همکاران، ١٩٨٧). در مطالعات مشابهی، افزایش اندک و بعضاً مقداری کاهش در میزان پروتئین دانه نیز گزارش شده است (مالهی و گیل، ٢٠٠٢؛ گرانت و همکاران، ٢٠٠٣). ترکیب اسیدهای چرب در ارقام مختلف کلزا بسته

به شرایط اقلیمی منطقه، متفاوت گزارش شده است (ولدنگ و همکاران، ۱۹۹۷). مهم‌ترین اسیدهای چرب بذور کلزا شامل لینولئیک، لینولنیک، اولئیک، استئاریک و پالمیتیک اسید می‌باشد (ماتسون و گراندی، ۱۹۸۵). همبستگی منفی بین اسیدهای چرب پالمیتیک و اولئیک وجود دارد (مولر و شیرهولت، ۲۰۰۲) و گزینش برای افزایش اسیداولئیک سبب کاهش اسیدپالمیتیک می‌شود. همچنین رابطه معکوس بین میزان اسیدهای چرب اولئیک و لینولئیک در آفتابگردان (فلاجلا و همکاران، ۲۰۰۲) و کلزا (عبدل و فیاضول، ۲۰۰۶) گزارش شده است. افزایش گوگرد در خاک میزان گلوکوزینولات دانه را افزایش می‌دهد چون گلوکوزینولات و پروتئین مسیر بیوسنتزی مشترکی دارند (بلوخینا و همکاران، ۲۰۰۳). اغلب خاک‌های زراعی ایران به‌دلایل متعددی از قبیل قلیایی بودن، کمبود مواد آلی و حلالیت کم عناصر ریزمغذی، دچار کمبود آهن، روی و منگنز می‌باشند. از طرفی دانه‌های روغنی نیاز بالایی به عناصر ریزمغذی به‌ویژه آهن، منگنز، بور و روی دارند (ملکوتی و تهرانی، ۲۰۰۱). نیاز کلزا به عنصر روی دو برابر گندم گزارش شده است (ناتال و همکاران، ۱۹۹۳). به این ترتیب کاربرد گوگرد می‌تواند از طریق بهبود اسیدیته خاک در محیط ریشه گیاه، نقش مهمی در فراهمی و جذب عناصر ریزمغذی ایفا نماید. اگرچه کلزا برای تولید روغن و پروتئین کنجاله استفاده می‌شود، وجود سطوح معنی‌داری از عناصر ریزمغذی در کلزا سبب شده است تعیین و شناسایی فاکتورهای مختلف تغذیه از بافت‌های رویشی کلزا به‌عنوان سبزی خوردن محور بسیاری از پژوهش‌ها قرار گیرد، چون کلزا می‌تواند مقادیر قابل‌توجهی از عناصر پرمصرف و کم‌مصرف مورد نیاز در رژیم غذایی را تأمین نماید (میلر و همکاران، ۲۰۰۹). هدف از انجام این پژوهش بررسی اثرات مقادیر مختلف گوگرد بر عملکرد، ترکیب اسیدهای چرب و محتوی عناصر ریزمغذی بذر در سه رقم کلزای پرمحصول زمستانه در شرایط اقلیمی سرد اراک بود.

مواد و روش‌ها

به‌منظور ارزیابی و مقایسه عملکرد و برخی صفات مهم زراعی در ارقام زمستانه کلزای (*Brassica napus* L.) سازگار با مناطق سرد و خشک ایران و تعیین ارقام پرمحصول کلزا، ابتدا در طی سال‌های زراعی ۱۳۸۶-۱۳۸۵ و ۱۳۸۷-۱۳۸۶ تعداد ۱۵ رقم کلزای دو صفر تیپ زمستانه در

مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اراک واقع در عرض جغرافیایی ٣٤ درجه و ٥ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ٤٩ درجه و ٤٢ دقیقه شرقی و ارتفاع ١٧٧٥ متر از سطح دریا در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار کشت شدند. سپس آزمایش دیگری در سال زراعی ١٣٨٨-١٣٨٧ در همان منطقه به‌صورت فاکتوریل با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی و در سه تکرار جهت بررسی اثرات مقادیر مختلف گوگرد بر عملکرد، ترکیب اسیدهای چرب روغن و میزان عناصر غذایی ریزمغذی در بذور سه رقم کلزای پرمحصول زمستانه انجام شد. تیمارها شامل ارقام کلزا دارای سه سطح V_1 (اوکاپی)، V_2 (مودنا) و V_3 (لیکورد) و مقادیر گوگرد دارای سه سطح S_1 (صفر)، S_2 (٤٠ کیلوگرم در هکتار) و S_3 (٨٠ کیلوگرم گوگرد خالص در هکتار) بودند. هر کرت شامل ٢ پشته ٦٠ سانتی‌متری و ٦ خط کشت به فاصله ١٥ سانتی‌متر و به‌طول ٦ متر بود و در تمام آزمایش‌ها مقدار ١٥٠ و ٧٥ کیلوگرم به‌ترتیب نیتروژن و فسفر خالص در هکتار از منبع اوره و سوپر فسفات تریپل استفاده شد و تمامی عملیات زراعی کلزا براساس روش‌های متداول انجام شد. پس از رسیدگی با حذف حاشیه، محصول کلزا با دست برداشت و میزان عملکرد دانه در هکتار بر مبنای رطوبت ١٢ درصد و درصد روغن دانه به روش NMR[1] (تایواری و همکاران، ١٩٧٤)، پروتئین دانه‌های آسیاب شده کلزا با دستگاه اینفراماتیک[2] (غلامحسینی و همکاران، ٢٠٠٧) و گلوکوزینولات و اسیدهای چرب به روش کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا[3] (کایوشیک و اگنیورتی، ١٩٩٩) و عناصر ریزمغذی به روش جذب اتمی[4] (نصری و همکاران، ٢٠٠٨) اندازه‌گیری شدند. پس از انجام آزمون بارتلت و اطمینان از متجانس بودن واریانس اشتباه آزمایشی، تجزیه واریانس مرکب داده‌های آزمایش‌های اول و تجزیه واریانس ساده داده‌های آزمایش دوم با استفاده از برنامه آماری SAS و مقایسه میانگین‌ها به روش LSD انجام گرفت.

1- Nuclear Magnetic Resonance
2- Inframatic 8620 Percor
3- High Performance Liquid Chromatography
4- Atomic Absorption

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که اثر سال بر عملکرد و دیگر صفات اندازه‌گیری شده معنی‌دار بود. به این ترتیب می‌توان دریافت که بیشترین تفاوت عملکرد از سالی به سال دیگر ناشی از تغییرپذیری سالیانه محیط رشد می‌باشد. ارقام مختلف کلزا از نظر ارتفاع بوته، طول دوره رشد، تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین، وزن هزاردانه و عملکرد دانه و روغن تفاوت معنی‌داری داشتند (جدول ۱). نصری و همکاران (۲۰۰۸) نشان دادند که اثر رقم بر صفات عملکرد و اجزای عملکرد تفاوت‌های معنی‌دار داشت. مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۲) نشان داد که ارقام لیکورد، مودنا و اوکاپی به‌ترتیب در مقایسه با دیگر ارقام بیش‌ترین عملکرد دانه را دارا بودند که می‌تواند ناشی از تفاوت ژنتیکی ارقام در استفاده از منابع رشد در راستای افزایش عملکرد دانه در واحد سطح باشد. در این پژوهش، رقم لیکورد از نظر تعداد خورجین در بوته (۱۹۹/۷۵)، وزن هزاردانه (٤/٤٠٣ گرم)، عملکرد دانه (۳۷۹٤/٦۷ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد روغن (۲۸۹۵/٤٤ کیلوگرم در هکتار) به‌ترتیب بر ارقام مودنا و اوکاپی برتری داشت. تعداد خورجین در بوته و وزن هزاردانه به‌ترتیب از فاکتورهای مهم افزایش عملکرد کلزا گزارش شده است (تیلور و اسمیت، ۱۹۹۲). در این مطالعه رقم آناتول و لیکورد از نظر تعداد خورجین در بوته تفاوت معنی‌دار نداشتند ولی با توجه به وجود مکانسیم جبرانی بین اجزای عملکرد (جنسن و همکاران، ۱۹۹٦)، رقم لیکورد تعداد دانه بیش‌تری در هر خورجین داشت از طرفی طول دوره رشد لیکورد بیش‌تر از آناتول بود و به این ترتیب عملکرد دانه بیش‌تری نسبت به آناتول تولید کرد. چنین استنباط می‌شود که تولید تعداد مناسبی از خورجین‌ها که بتوانند چرخه رشد خود را به‌طور طبیعی کامل کنند، می‌تواند نقش بارزی در افزایش عملکرد دانه ایفا کنند و در زراعت کلزا تنها بالا بودن تعداد خورجین در بوته نیز نمی‌تواند دست‌یابی به عملکرد بالا را تضمین کند.

جدول ۱- تجزیه واریانس مرکب صفات اندازه‌گیری شده در ارقام کلزا

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات (MS)								
		ارتفاع بوته	تعداد شاخه‌های فرعی	دوره رشد	تعداد خورجین در بوته	تعداد دانه در خورجین	وزن هزاردانه	عملکرد دانه	عملکرد روغن
سال	۱	٦٦٣/١٤**	١/٠٠٣**	٤٢٢/٥٠**	٥٥٥٥/٤٥**	٣٩/٣٠٩**	٠/١١٢**	٣٧٧٨١/٥١**	٣٠٦٥٨٣/٧٦**
(سال) تکرار	٤	٠/٢٦	٠/٣٢	٠/٠٣٣	٠/٣٩٧	٠/٠١٩	٠/٠٠٥٨	٢٢٠/٠٤	٩٧٢٨/٠٦٨
واریته	١٤	٧٤٨/٦٩**	٧/٨٧٥ ns	٧١/٤٢٤**	٧٥٤٦/٧٣**	٨٨/٥٨٧**	٠/٤٩٠**	٨٩١١٢٩/٠٩**	٤٩٤٢٤٨/٢٣٨**
سال × واریته	١٤	٢٣٩/٨٢**	٠/٢٧٩ ns	٢٠/٠٢٣٨**	٤٨٠/٠٢**	٧/٢٦٧**	٠/٠٣٣٢**	١٨٤٢٢١/٤٢**	٨٨٣٧٣/٥٥٧**
خطا	٥٦	٠/١٥٧	٠/٢٠٠٨	٠/٢١٤	٠/٤٦٢	٠/٠١٤٧	٠/٠٠٥٣	٣٥١/٤١	٨٠٨٧/٧٢٣
C.V.% ضریب تغییرات		٠/٣٥	٢/٩٧	٠/٠٥٦	٠/٥٨	٠/٤٤	١/٩٦	٠/٦٢	٥/٦٩

*معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد، **معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد، ns غیرمعنی‌دار.

جدول ۲- میانگین صفات اندازه‌گیری شده در ارقام مختلف کلزا در تجزیه مرکب

	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	تعداد شاخه‌های فرعی	دوره رشد (روز)	تعداد خورجین در بوته	تعداد دانه در خورجین	وزن هزاردانه (گرم)	عملکرد دانه (کیلوگرن در هکتار)	عملکرد روغن (کیلوگرن در هکتار)
سال								
۱۳۸۵-۱۳۸۶	۱۱۶/۹۳^{a}	٤/٦٥٨^{b}	۲٦٤/۲۷^{a}	۱۰۸/۸٤^{b}	۲۸/۰۸^{a}	۳/٦۷٤^{b}	۳۰۱٤/٤۹^{b}	۳۰٤/٥٦^{b}
۱۳۸٦-۱۳۸۷	۱۱۱/٥^{b}	٤/۸٦۹^{a}	۲٥۹/۹۳^{b}	۱۲٤/٥٥^{a}	۲٦/۷٦^{b}	۳/۷٤٥^{a}	۳۰٥٥/٤۷^{a}	۲٤۲۱/۲۹^{a}
واریته								
Anatol	۹۱/۳۷^{l}	٦/٤۰^{b}	۲٥۱/٥۰۰^{j}	۱۹۹/۷٥^{a}	۲۱/۸۳^{k}	۳/٥۳۸^{f}	۲۲٥٦/۸۳^{m}	۱۸۰۹/٥۰^{h}
Billy	۱۱۰/۳۸^{h}	٥/۰٥^{de}	۲٦۳/۰۰^{e}	۱۱۲/۲۲^{c}	۲۹/۲٥^{b}	۳/٦٥۸^{de}	۲٥۹٦/٥۰^{l}	۲۰۳٤/٤٥^{g}
Talayeh	۱۲۰/۹۷^{d}	٥/۰۰^{e}	۲٦۰/٥۰۰^{i}	۸٤/٦۳^{k}	۳۸/۱٦۷^{a}	۳/٥۲۳^{f}	۲۹۰٦/۱۷^{h}	۲۲۲۲/۱۳^{ef}
GK Helena	۱۳٤/۰۸^{a}	۳/۸٦٦^{i}	۲٦٥/٥۰۰^{a}	۱۱۲/۲۳^{c}	۲۱/٦۷۱^{l}	۳/۸۳۰^{c}	۳۰۰۷/٥۰^{f}	۲۳۰۰/٤۷^{de}
Gkh 1103	۱۱۷/۲۷^{e}	۲/۷۳۳^{k}	۲٦٤/۱۷^{d}	۹۹/۰۱۷^{h}	۲۸/۷۳^{d}	۳/٦٥۱^{de}	۳۱۸۰/٥۰^{e}	۲٤۹۳/۰٦^{bc}
GKH 305	۱۱٥/۹۸^{f}	٥/۲۳۳^{c}	۲٦٥/۰۰^{b}	۹۱/۰۸۳^{i}	۲٦/۰۰^{i}	۳/٦۲۳^{e}	۳۱۷٦/٦۷^{e}	۲٥۰۹/۰٦^{bc}
Licord	۱۳۲/۲۳^{b}	٦/٦۰۰^{a}	۲٦۱/٥۰۰^{g}	۱۹۹/۷٥^{a}	۲۸/۳۲^{e}	٤/٤۰۳^{a}	۳۷۹٤/٦۷^{a}	۲۸۹٥/٤٤^{a}
Lilian	۱۰٦/۳۷^{i}	٤/۲٦۷^{g}	۲٦٤/۰۰^{d}	۸۹/۱٦۷^{j}	۲۷/۹۲^{f}	۳/٤۳۸^{g}	۳۲٤٦/۳۳^{d}	۲٥۷۹/۰۰^{b}
Lioness	۱۱۳/۹٥^{g}	۳/٦۱۷^{j}	۲٦٥/٥۰۰^{a}	۱۰۷/۷۸^{e}	۲۸/۹۳^{c}	۳/٥۳۷^{f}	۲۷٥۹/۳۳^{k}	۲۲۱۳/۷۲^{ef}
Modena	۱۰۳/۰۲^{k}	٤/۱۱۷^{gh}	۲٦۲/۰۰^{f}	۱۰٤/۷۰^{f}	۲٦/٥۷^{h}	۳/٤٥٥^{fg}	۳٦٥٥/۰۰^{b}	۲۸٦۰/۳۷^{a}
Oase	۱۱۷/٦^{e}	٤/۷۸۳^{f}	۲٦۲/۰۰^{f}	۱۳۲/۰۸۳^{b}	۲۸/۲٦^{e}	۳/٥۱٥^{fg}	۲۸٥٦/۱۷^{i}	۲۳۲۳/۲٥^{de}
Okapi	۱۰٥/۳۳^{j}	٦/٦٦۷^{a}	۲٦۰/٥۰۰^{h}	۱۰۲/۹٥^{g}	۲۷/۲٦^{g}	۳/٥۱۸^{fg}	۳۲۷٦/٦۷^{c}	۲۱۳۹/۰۸^{fg}
Opera	۱۰٥/٤٥^{j}	٥/۱٦۷^{cd}	۲٦۰/۸۳^{h}	۱۰۲/٤۲^{g}	۲٦/٦۱^{h}	٤/۱۱۲^{b}	۲۸۱۹/۸۳^{j}	۲۲۲۸/۲۳^{ef}
SLM046	۱۲۲/۸^{c}	٤/۱۰۰^{h}	۲٦۱/۰۰^{h}	۱۰۲/٤۲^{g}	۲۸/۰٦^{e}	۳/۷۲۳^{d}	۲۹۷۳/۳۳^{g}	۲۳۹٤/٦٦^{cd}
Zarfam	۱۱٦/٤۲^{f}	۳/۸٥^{i}	۲٦٤/٥۰^{c}	۱۱۰/٦۷^{d}	۲۳/٦۸^{j}	٤/۱۱۷^{b}	۳۰۱۹/۱۷^{f}	۲٤٤۰/٦٥^{bcd}

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد آزمون LSD ندارند.

در این پژوهش رقم طلایه بیش‌ترین تعداد دانه در خورجین را دارا بود اما تعداد خورجین در بوته، وزن هزاردانه و عملکرد کم‌تری نسبت به رقم لیکورد داشت که بیانگر نقش کم‌تر تعداد دانه در خورجین در افزایش عملکرد دانه در مقایسه با دیگر اجزای عملکرد می‌باشد. نتایج این پژوهش با یافته‌های تحقیقاتی تیلور و اسمیت (١٩٩٢) مطابقت دارد. در آزمایش سوم، نتایج تجزیه واریانس نشان داد که ارقام کلزا بر تمامی صفات اندازه‌گیری شده به استثنای اسید چرب لینولنیک تأثیر بسیار معنی‌دار داشت و همچنین اثر مقادیر مختلف گوگرد و برهم‌کنش رقم × گوگرد بر عملکرد دانه، ترکیب اسیدهای چرب و دیگر صفات مورد مطالعه بسیار معنی‌دار بود (جدول ٣). که با نتایج محققان دیگر مطابقت داشت (جان و همکاران، ٢٠٠٢؛ گرانت و همکاران، ٢٠٠٣؛ مالهی و گیل، ٢٠٠٦؛ مالهی و همکاران، ٢٠٠٧). مقایسه میانگین‌ها (جدول ٤) نشان داد که رقم لیکورد از نظر عملکرد دانه و روغن، گلوکوزینولات کنجاله، اسیدهای چرب استئاریک و لینولنیک و میزان عناصر ریزمغذی آهن، روی، مس و منگنز بر ارقام دیگر برتری داشت. در این پژوهش رقم اوکاپی کم‌ترین عملکرد دانه و بیش‌ترین میزان اسیدهای چرب پالمیتیک و اولئیک را دارا بود. نتایج نشان می‌دهد که عملکرد کمی و کیفی روغن کلزا روند معکوسی دارند. همچنین به‌نظر می‌رسد که ارقام پربازده کلزا در مقایسه با ارقام کم‌محصول، محتوی گلوکوزینولات بیش‌تری هستند و به این ترتیب گزینش در جهت کاهش گلوکوزینولات ممکن است با کاهش عملکرد توأم باشد. به‌علاوه چنین استنباط می‌شود که فراهمی و جذب عناصر ریزمغذی مورد مطالعه، بسته به نوع رقم می‌تواند نقش بارزی در شکوفایی پتانسیل عملکرد ژنتیکی کلزا در واحد سطح داشته باشد. در این پژوهش بر خلاف نتایج جان و همکاران (٢٠٠٢)، از نظر اسید چرب لینولئیک تفاوت معنی‌داری در بین ارقام کلزا مشاهده نشد ولی اقام کلزا از نظر اسید لینولنیک و سایر اسیدهای چرب تفاوت معنی‌داری داشتند. در این آزمایش، با کاربرد گوگرد تا ٤٠ کیلوگرم در هکتار، عملکرد دانه و روغن (کیلوگرم در هکتار) در ارقام اوکاپی و مودنا افزایش یافت و سپس روند نزولی پیدا کرد در حالی‌که عملکرد لیکورد تا میزان ٨٠ کیلوگرم گوگرد در هکتار روند افزایشی داشت (جدول ٥). این امر می‌تواند بیانگر تفاوت در نیاز فیزیولوژیک ارقام مختلف کلزا به گوگرد و یا قابلیت بیش‌تر رقم لیکورد در جذب منابع رشد در راستای افزایش عملکرد باشد. مالهی و همکاران (٢٠٠٧) گزارش کرده‌اند که عملکرد دانه در تمام گونه‌های کلزا در سطح ٣٠ کیلوگرم

گوگرد خالص در هکتار حداکثر بود و میزان روغن و پروتئین دانه در ارقام و گونه‌های مختلف کلزا در اثر کاربرد گوگرد افزایش یافت و تمامی گونه‌ها و ارقام کلزا جهت دست‌یابی به عملکرد مطلوب دانه واکنش مشابهی به گوگرد نشان دادند. به موازات افزایش کاربرد گوگرد در خاک، میزان گلوکوزینولات کنجاله نیز افزایش پیدا کرد، چون گلوکوزینولات یک ترکیب گوگردی است (فیسمس و همکاران، ۲۰۰۰). به‌علاوه تیمار ٤٠ کیلوگرم گوگرد خالص در هکتار از نظر اسیدهای چرب استئاریک و اولئیک بر تیمارهای دیگر برتری داشت. با توجه به این‌که بخش اعظمی از روغن کلزا را اسید چرب اولئیک تشکیل می‌دهد و از فاکتورهای مهم کیفیت روغن کلزا به‌شمار می‌رود، با کاربرد مقدار ٤٠ کیلوگرم گوگرد خالص در هکتار می‌توان به افزایش نسبی عملکرد دانه و کیفیت روغن کلزا دست یافت. در این راستا نشان داده شده است که کاربرد مقادیر مناسب گوکرد، کارایی مصرف منابع به‌وسیله گیاه زراعی را در جهت افزایش عملکرد، تغییر می‌دهد (کرامر و همکاران، ۲۰۰۲). در این پژوهش گوگرد تأثیر بیش‌تری بر روی سنتز اسید اولئیک داشت (فلاجلا و همکاران، ۲۰۰۲) و در تیمار ٤٠ کیلوگرم گوگرد در هکتار میزان اسید اولئیک حداکثر بود، چون فراهمی گوگرد در زمان پر شدن دانه از تبدیل اسید اولئیک به اسید اروسیک و کاهش آن جلوگیری می‌کند (جان و همکاران، ۲۰۰۲). با این‌حال، با افزایش کاربرد گوگرد تا ۸۰ کیلوگرم در هکتار مقدار اسیدهای چرب اولئیک و لینولئیک کاهش ولی لینولنیک افزایش پیدا کرد. در این راستا، ترکیب اسیدهای چرب در ارقام مختلف کلزا بسته به نوع شرایط محیطی، متفاوت گزارش شده است (ولدونگ و همکاران، ۱۹۹۷). همانند یافته‌های تحقیقاتی دیگر محققان، در این آزمایش نیز روند متفاوتی از تأثیر گوگرد بر ترکیب اسیدهای چرب روغن کلزا مشاهده گردید (گوارت و لمی، ۲۰۰۰؛ دانیل و همکاران، ۲۰۰۱). میزان عناصر ریزمغذی مس و روی در بذر تا سطح ٤٠ کیلوگرم گوگرد در هکتار افزایش یافت ولی در تیمار ۸۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار، محتوی عناصر ریزمغذی مس و روی روند کاهشی و میزان آهن و منگنز بذر روند افزایشی نشان داد. افزایش میزان آهن و منگنز بذر در اثر افزایش کاربرد گوگرد تا ۸۰ کیلوگرم در هکتار می‌تواند ناشی از کاهش اسیدیته و فراهمی و جذب بیش‌تر آن‌ها در خاک توسط گیاه باشد. مقادیر مختلف گوگرد و اثر متقابل رقم × گوگرد نیز تأثیر معنی‌داری بر تمامی صفات مورد مطالعه داشت که با یافته‌های جان و همکاران (۲۰۰۲) و مالهی و همکاران (۲۰۰۷) هماهنگی دارد

(جدول ٥). اثر متقابل ٤٠ کیلوگرم گوگرد × رقم مودنا بیش‌ترین میزان اسید اولئیک و میزان مس در بذر و اثر متقابل ٨٠ کیلوگرم گوگرد × رقم لیکورد بالاترین عملکرد دانه، عملکرد روغن و میزان آهن در بذر و اثر متقابل تیمار شاهد گوگرد × رقم اوکاپی بیش‌ترین میزان اسید چرب لینولئیک را نشان داد (جدول ٥). حال آن‌که بیش‌ترین تجمع منگنز و روی در بذر کلزا به اثر متقابل٤٠ کیلوگرم گوگرد × رقم لیکورد اختصاص داشت. بنابراین بسته به نوع رقم، افزایش جذب و تجمع عناصر ریزمغذی در بذر سبب افزایش کمیت و کیفیت عملکرد کلزا می‌شود (یانگ و همکاران، ٢٠٠٩) و می‌تواند مقادیر قابل‌توجهی از عناصر ریزمغذی مورد نیاز در رژیم غذایی انسان را تأمین نماید (میلر و همکاران، ٢٠٠٩). در حالی‌که برخی محققان، گزارش کرده‌اند که تفاوت معنی‌داری از نظر محتوی عناصر ریزمغذی آهن، روی و مس، در بین ارقام کلزا وجود نداشت (میلر و همکاران، ٢٠٠٩؛ نصری و همکاران، ٢٠٠٨). همچنین همبستگی منفی بین عملکرد دانه با اسیدهای چرب اولئیک و لینولئیک وجود داشت که بیانگر وجود رابطه معکوس بین عملکرد کمی و کیفی کلزا می‌باشد. در این آزمایش عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌دار با اسیدهای چرب استئاریک و لینولنیک داشت (جدول ٦). به‌نظر می‌رسد که فاکتورهای مزبور نقش مهمی در عملکرد دانه کلزا دارند. به‌ویژه بالا بودن عملکرد دانه در رقم لیکورد ممکن است ناشی از بالا بودن درصد اسید لینولنیک باشد، چون این اسید چرب نقش مهمی در فتوسنتز ایفا می‌کند (هاگلی و همکاران، ١٩٨٩) و برای توسعه دانه گرده ضرورت دارد (مک‌کن و بروس، ١٩٩٦). اولئیک اسید با اسیدهای چرب لینولئیک، لینولنیک و پالمیتیک همبستگی منفی و معنی‌دار داشت. در این راستا نتایج مشابهی در آفتابگردان (فلاجلا و همکاران، ٢٠٠٢) و کلزا (مولر و شیرهولت، ٢٠٠٢؛ عبدل و فیاضول، ٢٠٠٦) گزارش شده است بنابراین گزینش برای افزایش اسید اولئیک سبب کاهش اسیدهای چرب مزبور می‌شود. به‌طورکلی نتایج نشان داد که کاربرد گوگرد، فراهمی و جذب عناصر ریزمغذی را افزایش می‌دهد و در افزایش کمیت و کیفیت عملکرد کلزا تأثیرگذار است و رقم لیکورد قابلیت بالایی در جذب عناصر ریزمغذی در راستای افزایش عملکرد در واحد سطح دارد.

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده در ارقام کلزا تحت‌تأثیر مقادیر مختلف گوگرد

		میانگین مربعات (MS)											
منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	درصد روغن	درصد پروتئین	عملکرد روغن (کیلوگرم در هکتار)	گلوکوزینولات (میکرومول در گرم)	پالمیتیک (درصد)	استاریک (درصد)	اولئیک (درصد)	لینولئیک (درصد)	لینولنیک (درصد)	آهن (میلی گرم در کیلوگرم)	منگنز (میلی گرم در کیلوگرم)	مس (میلی گرم در کیلوگرم)	روی (میلی گرم در کیلوگرم)
تکرار	۲	۵۴۱۹/۱^{ns}	۰/۰۰۸^{ns}	۰/۰۰۴^{ns}	۲۶۱/۳^{ns}	۰/۰۱۳*	۰/۰۰۰۰۰۶^{ns}	۰/۰۰۰۱^{ns}	۰/۰۰۰۳^{ns}	۰/۰۰۰۹^{ns}	۰/۰۰۰۱^{ns}	۰/۲۳^{ns}	۱/۲۱۲^{ns}	۰/۰۰۵^{ns}	۰/۰۵۶۴^{ns}
واریته	۲	۵۱۴۹۸۲۷۴**	۲/۹۲۶**	۱۰۳۰/۳۳**	۹۷۴۷/۶**	۱/۸۲۵**	۰/۰۳۴**	۰/۰۲۲**	۰/۰۴۶**	۰/۰۰۶^{ns}	۰/۷۵۶۸**	۴۷۲۶/۱۳**	۷۴۷/۳۵**	۳/۱۸۳**	۹۱/۱۵۱**
مقدار گوگرد	۲	۶۹۶۳۱۸۷۳**	۰/۲۴۲**	۱/۵۸۸**	۱۱۰۰۹۲/۳**	۱۳۳/۵۶۳**	۰/۰۴۸**	۰/۰۰۷**	۲/۴۷۷**	۱/۳۵۰**	۱/۲۸۲۱**	۵۸۵۴۸۱/۹۱**	۷۵/۶۲۵**	۲/۵۲۴**	۴۲/۴۸۳**
واریته × مقدار گوگرد	۴	۱۹۵۰۴۸۸**	۲/۲۰۸**	۰/۸۱۷**	۲۵۳۰۴/۱**	۱/۳۵۱**	۰/۰۲۸**	۰/۰۰۵**	۱/۰۸۴**	۰/۰۸۱**	۰/۴۹۵**	۸۹۴۵۴/۹۰**	۸۶۵/۳۳**	۲/۱۶۵**	۱۸۳۱۴**
خطا	۱۶														
ضریب تغییرات (CV%)		۱/۲۷	۰/۳۰	۰/۷۰	۱/۴۸	۰/۵۴	۰/۳۴	۰/۵۶	۰/۰۱	۰/۵۱	۰/۰۶	۰/۳۴	۰/۵۰	۲/۵۲	۰/۵۰

*معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد، **معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد، ^{ns}غیرمعنی‌دار.

جدول ٤- میانگین اثر مقادیر مختلف گوگرد بر عملکرد دانه و روغن، ترکیب اسیدهای چرب روغن و تجمع عناصر غذایی ریزمغذی در بذور کلزا

تیمار	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	درصد روغن (درصد)	درصد پروتئین t (درصد)	عملکرد روغن (کیلوگرم در هکتار)	گلوکوزینولات (میکرومول در گرم)	پالمیتیک (درصد)	استئاریک (درصد)	اولئیک (درصد)	لینولئیک (درصد)	لینولنیک (درصد)	آهن (میلی گرم در کیلوگرم)	منگنز (میلی گرم در کیلوگرم)	مس (میلی گرم در کیلوگرم)	روی (میلی گرم در کیلوگرم)
V_1	۳۲۱۵/۸۱^{c}	٤۲/٥۳^{c}	۲٥/۳۰^{a}	۱۳٦٦/٤۲^{c}	٦/٦٥٤٤^{b}	٤/۳۰٤^{a}	۲/۱٦۷٤^{c}	٦٦/۷۲۸^{a}	۱۷/۲٤۳^{a}	۷/۹۳٥^{c}	۲۹۰/۸۹^{c}	۱۷۲/۸٤^{c}	٥/۲٥۸^{c}	٥٦/۳۷٦^{b}
V_2	۳۲۷٥/۸۹^{b}	٤۳/۱۹^{a}	۲۱/٤۳^{c}	۱٤۱٤/۹۹^{b}	٦/۳۸٤^{c}	٤/۲٥۱^{b}	۲/۲۰٥^{b}	٦٦/٦۹٤^{b}	۱۷/۲٤۷^{a}	۸/۰۲۲^{b}	۳٥٦/۲۰۷^{b}	۱۸۱/۲۱۳^{b}	٥/۷٥٥^{b}	٥٤/۸۷٤^{c}
V_3	۳٤۷۹/۳۳^{a}	٤۲/۸۰^{b}	۲٤/۰۳^{b}	۱٤۸٥/۹۰^{a}	٦/۸۹۱^{a}	٤/۲۳٦^{c}	۲/۲۲٤^{a}	٦٦/٤٦٦^{c}	۱۷/۲۱٤^{a}	۸/۲٥۹^{a}	۳٦٥/٦۲^{a}	۱۸۲/٥٤^{a}	٥/۹۱۷^{a}	٥۸/٥۲۳^{a}
S_1	۳۱۷٤/۳۰^{c}	٤۲/۹٤^{a}	۲۳/۸۹^{a}	۱۳٦۳/۸۳^{c}	٤/۱۳۳^{c}	٤/۳۰۳^{a}	۲/۱۸۷^{b}	٦٦/٤۸٥^{b}	۱۷/٤٦۹^{a}	۷/۸۹۹^{c}	۲۱۹/٤۷^{c}	۱۷۷/۰۲۷^{c}	٥/۲۹۳^{c}	٥٥/۷۰۷^{c}
S_2	۳٤۹۳/٥۲^{a}	٤۲/۷۷^{a}	۲۳/٦۷^{b}	۱٤۹۰/۷۹^{a}	۷/٤۳۱^{b}	٤/۲۱۸^{c}	۲/۲۱۸^{a}	٦٦/۹۷۷^{a}	۱۷/۰۲٦^{c}	۷/۹۹۹^{b}	۲۹۰/٦۸^{b}	۱۷۹/۲٦٦^{b}	٥/۸٥۸^{a}	٥۸/۰۱۳^{a}
S_3	۳۳۰۳/۲۲^{b}	٤۲/۷۹^{b}	۲۳/۳۳^{c}	۱٤۱۲/۹٤^{b}	۸/۳٦٦^{a}	٤/۲۷۲^{b}	۲/۱۹۱^{b}	٦٦/٤۲٦^{c}	۱۷/۱۹۸^{b}	۸/۳۱۷^{a}	۵۰۲/٥٦^{a}	۱۸۰/۳۰۱^{a}	٥/۷۷۹^{b}	٥٦/۰۰٤^{b}

میانگین‌ها با حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد آزمون LSD ندارند.

V_1، V_2 و V_3 ارقام کلزا به‌ترتیب اوکاپی، مودنا و لیکورد و S_1، S_2 و S_3 مقدار گوگرد به‌ترتیب صفر، ٤۰ و ۸۰ کیلوگرم در هکتار.

جدول ۵- مقایسه میانگین اثرات متقابل بین مقادیر مختلف گوگرد و ارقام کلزا

تیمار	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	درصد روغن (درصد)	درصد پروتئین (درصد)	عملکرد روغن (کیلوگرم در هکتار)	گلوکوزینولات در مگاول (میلی‌مول)	پالمیتیک (درصد)	استئاریک (درصد)	اولئیک (درصد)	لینولئیک (درصد)	لینولنیک (درصد)	آهن در کیلوگرم (میلی گرم)	منگنز در کیلوگرم (میلی گرم)	مس در کیلوگرم (میلی گرم)	روی در کیلوگرم (میلی گرم)
S_1V_1	۲۹۸۷/۱۱^{f}	۴۲/۹۴^{bc}	۲۵/۵۹^{a}	۱۲۸۳/۳۶^{e}	۴/۳۱۱^{h}	۴/۳۵۷^{a}	۲/۱۷۴^{e}	۶۶/۵۴۳^{c}	۱۷/۵۳۹^{a}	۷/۷۲۹^{i}	۲۵۶/۹۱۳^{e}	۱۸۲/۷۷^{c}	۵/۰۳۸^{e}	۵۵/۴۲^{ef}
S_1V_2	۳۲۵۸/۱۱^{d}	۴۳/۰۱^{b}	۲۱/۵۳^{e}	۱۴۰۲/۶۲^{c}	۳/۳۹۴^{i}	۴/۳۰۳^{c}	۲/۱۷۰^{ef}	۶۶/۳۸۸^{f}	۱۷/۴۸۹^{a}	۷/۹۹۲^{e}	۲۴۹/۸۱۶^{f}	۱۷۵/۹۳^{e}	۵/۲۶^{d}	۵۳/۷۹^{g}
S_1V_3	۳۲۷۷/۶۷^{d}	۴۲/۸۹^{bc}	۲۴/۳۶^{c}	۱۴۰۵/۵۱^{c}	۴/۶۹۱^{g}	۴/۲۴۵^{e}	۲/۲۱۷^{e}	۶۶/۵۲۴^{d}	۱۷/۳۸۵^{b}	۷/۹۷۷^{f}	۱۵۱/۶۸۳^{h}	۱۷۲/۳۳^{f}	۵/۵۸^{b}	۵۷/۹۱^{b}
S_2V_1	۳۵۲۰/۰۰^{b}	۴۱/۸۲^{e}	۲۵/۶۳^{a}	۱۴۷۱/۳۶^{b}	۷/۳۸۷^{e}	۴/۲۳۶^{e}	۲/۱۶۱^{f}	۶۷/۲۵۵^{b}	۱۶/۹۸۱^{e}	۷/۷۵۳^{h}	۲۵۶/۱۱^{c}	۱۶۳/۱۹^{g}	۵/۳۷^{cd}	۵۷/۴۳^{c}
S_2V_2	۳۴۰۳/۷۸^{c}	۴۳/۵۳^{a}	۲۱/۵۴^{e}	۱۴۸۱/۵۳^{b}	۷/۲۶۸^{f}	۴/۱۵۶^{g}	۲/۲۳۷^{b}	۶۷/۳۱۹^{a}	۱۶/۹۶۶^{e}	۷/۸۸۹^{g}	۲۳۶/۵۱^{g}	۱۸۶/۲۰^{b}	۶/۵۳^{a}	۵۵/۲۲^{f}
S_2V_3	۳۵۵۶/۷۸^{b}	۴۲/۹۷^{b}	۲۳/۸۴^{d}	۱۵۱۸/۵۷^{a}	۷/۶۳۹^{d}	۴/۲۶۱^{d}	۲/۲۵۵^{a}	۶۶/۳۵۸^{h}	۱۷/۱۳۴^{d}	۸/۴۵۶^{a}	۳۷۹/۴۲^{c}	۱۸۸/۴۱^{a}	۵/۶۷^{b}	۶۱/۳۹^{a}
S_3V_1	۳۱۴۰/۳۳^{e}	۴۲/۸۲^{c}	۲۴/۶۷^{b}	۱۳۴۴/۵۶^{d}	۸/۲۶۶^{c}	۴/۳۱۸^{b}	۲/۱۶۷^{ef}	۶۶/۳۸۶^{f}	۱۷/۲۱۳^{cd}	۸/۳۲۴^{c}	۳۵۹/۶۵^{d}	۱۷۲/۵۵^{f}	۵/۳۶^{cd}	۵۶/۱۳^{d}
S_3V_2	۳۱۶۵/۷۸^{e}	۴۳/۰۱^{b}	۲۱/۳۱^{f}	۱۳۶۰/۸۲^{d}	۸/۴۹۰^{a}	۴/۲۹۵^{c}	۲/۲۰۸^{cd}	۶۶/۳۷۴^{g}	۱۷/۲۵۶^{c}	۸/۲۸۳^{d}	۵۸۲/۲۹^{a}	۱۸۱/۴۹^{d}	۵/۴۷^{c}	۵۵/۶۱^{e}
S_3V_3	۳۶۰۳/۵۶^{a}	۴۲/۵۹^{d}	۲۴/۰۰^{d}	۱۵۳۳/۶۱^{a}	۸/۳۴۲^{b}	۴/۲۰۱^{f}	۲/۱۹۹^{d}	۶۶/۵۱۷^{e}	۱۷/۱۲۵^{d}	۸/۳۴۳^{b}	۵۶۵/۷۵^{b}	۱۸۶/۸۶^{b}	۶/۵۰^{a}	۵۶/۲۷^{d}

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد آزمون LSD ندارند.

V_1، V_2 و V_3 ارقام کلزا به‌ترتیب اوکاپی، مودنا و لیکورد و S_1، S_2 و S_3 مقدار گوگرد به‌ترتیب صفر، ۴۰ و ۸۰ کیلوگرم در هکتار.

جدول ٦- ضرایب همبستگی بین صفات اندازه‌گیری شده در ارقام کلزا تحت‌تأثیر مقادیر مختلف گوگرد

	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	درصد روغن	درصد پروتئین	عملکرد روغن (کیلوگرم در هکتار)	گلوکوزینولات (میکرومول در هکتار)	پالمیتیک (درصد)	استئاریک (درصد)	اولئیک (درصد)	لینولئیک (درصد)	لینولنیک (درصد)	آهن (میلی گرم در کیلوگرم)	منگنز (میلی گرم در کیلوگرم)	مس (میلی گرم در کیلوگرم)	روی (میلی گرم در کیلوگرم)
عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	۱													
درصد روغن	-۰/۰۸۷^{ns}	۱												
درصد پروتئین	-۰/۰٤۷^{ns}	-۰/۰٤۱۹**	۱											
عملکرد روغن (کیلوگرم در هکتار)	۰/۹۸**	۰/۰۹۲^{ns}	-۰/۱۲۳^{ns}	۱										
گلوکوزینولات (میکرومول در هکتار)	۰/۲۶^{ns}	-۰/۱۷۷^{ns}	-۰/۰٤۱^{ns}	۰/۱۷۷^{ns}	۱									
پالمیتیک (درصد)	-۰/۵۱۱**	۰/۱٦٤^{ns}	۰/۰۸۷^{ns}	-۰/٤۷۲**	-۰/۱۳٤^{ns}	۱								
استئاریک (درصد)	۰/٤۰۱**	۰/۱۲۷^{ns}	۰/۳۰۳**	۰/٤۰٦**	۰/۰۳۱^{ns}	-۰/٤۵٦**	۱							
اولئیک (درصد)	-۰/۰۲۷^{ns}	-۰/۱۵٦^{ns}	۰/۰۳۳^{ns}	-۰/۰٦۷^{ns}	۰/۱٦۷^{ns}	-۰/۲۳٦*	-۰/۱۳٤^{ns}	۱						
لینولئیک (درصد)	-۰/۵۵۳**	-۰/۰۰۵^{ns}	۰/۱۲۹^{ns}	-۰/۵۳۳**	-۰/۳۸۱**	۰/۵۲۹**	-۰/٤۸۸**	-۰/۳٦۲**	۱					
لینولنیک (درصد)	۰/٤۸٤**	۰/۱۲۲^{ns}	-۰/۱۳۲^{ns}	۰/۵۰٦**	۰/۲۵۹*	-۰/۳٤۰**	۰/٤۱۸**	-۰/٦۳٤**	-۰/٤۰۰**	۱				
آهن (میلی گرم در کیلوگرم)	۰/۰۳۷^{ns}	-۰/۰۹۹^{ns}	-۰/۰۵۹^{ns}	۰/۰۲۸^{ns}	۰/۵٤۱**	۰/۰۰۸^{ns}	-۰/۳۱٤**	-۰/۲۹۰**	-۰/۰٤۱^{ns}	۰/۳۸۳**	۱			
منگنز (میلی گرم در کیلوگرم)	۰/۰٤۹^{ns}	۰/۳۷۱**	-۰/۲۹۲**	۰/۱۱۳^{ns}	۰/۱۳۹^{ns}	۰/۰۸۸^{ns}	۰/۲۸۱*	-۰/۳۳۹*	-۰/۱٤۳^{ns}	۰/۰٦۸^{ns}	۰/۲٤۳*	۱		
مس (میلی گرم در کیلوگرم)	۰/۱۵۵^{ns}	-۰/۲٤۸*	-۰/۱۲۳^{ns}	۰/۱۱۷^{ns}	۰/۲۱۳^{ns}	-۰/٤۱۸**	۰/۱۳۸^{ns}	۰/۱٤۷^{ns}	-۰/۰۹۸^{ns}	-۰/۰۱۱^{ns}	۰/۲٦٦*	۰/۳۹۹**	۱	
روی (میلی گرم در کیلوگرم)	۰/۰۵۵^{ns}	-۰/۰۰۷^{ns}	۰/۱۵۹^{ns}	۰/۰۲۹^{ns}	۰/۲۰۸^{ns}	۰/۰٦٤^{ns}	-۰/۰۹۹^{ns}	۰/۱٦۲^{ns}	-۰/۰۱۹^{ns}	-۰/۰٤۲^{ns}	-۰/۰٤۸^{ns}	-۰/۱۵۷^{ns}	-۰/۱۷۱^{ns}	۱

*معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد، **معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد، ns غیرمعنی‌دار.

منابع

Abdul, M., and Fayyazul, H. 2006. Effects of sulphur on fatty acid accumulation in *Brassica* cultivars. Int. J. Agric. Biol. 5: 588-592.

Blokhina, O., Virolainen, E., and Fagerstedt, K.V. 2003. Antioxidants, oxidative damage and oxygen deprivation stress: A review. Annu Bot, 91: 179-194.

Chaudhary, S.K., Gogulwar, N.M., and Singh, A.K. 1992. Effect of sulphur and nitrogen on seed yield and oil content of mustard (*Brassica juncea* L.). Indian J. Agron. 37: 839-840.

Daniel, J., Miralles, B., Ferro, C., and Slafer, A. 2001. Developmental responses to sowing date in wheat, barley and rapeseed. Field Crops Res. 71: 3. 211-223.

Fieldsend, J.K., Murray, F.E., Bilsborrow, P.E., Milford, G.F.J., and Evans, E.J. 1991. Glucosinolate accumulation during seed development in winter sown oilseed rape (*B. napus*), P 686-694. In: McGregor, D.I. (ed.). Proceedings of the Eighth International Rapeseed Congress, Saskatoon, Canada.

Fismes, J., Vong, P.C., Guckert, A., and Frossard, E. 2000. Influence of sulfure on apparent N-use efficiency, yield and quality of oilseed rape (*Brassica napus* L.) grown on a calcareous soil. Europ J. Agron. 12: 127-141.

Flagella, Z., Rotunnon, T., Tarantino, E., Di-Caterina, R., and Decaro, A. 2002. Changes in seed yield and oil fatty acid composition of high oleic sunflower (*Helianthus annus* L.) hybrids in relation to sowing date and water regime. Europ J. Agron. 17: 3. 221-230.

Food and Agriculture Organization (FAO). 2007. Available at http://www. faostat.fao.org /site/567/efault.aspx.Last acssess on 01.12.2008.

Gholamhoseini, M., Ghalavand, A., Modarres Sanavy, S.A.M., and Jamshidi, E. 2007. Effects of zeolite compost application in loamy sand field on grain yield and other traits of sunflower. Environ. Sci. 5:(1) 23-36(in Persian).

Govarts, C., and Lemey, J. 2000. Characterization of triglycerides isolated from Jojoba oil. J. Amer. Oil Chem. Soc. 77: 1325-1328.

Grant, C.A., Clayton, G.W., and Johnston, A.M. 2003. Sulphur fertilizer and tillage effects on canola seed quality in the black soil zone of western Canada. Can. J. Plant Sci. 83: 745-758.

Gunasekera, C.P., Martin, L.D., Siddique, K.H.M., and Walton, G.H. 2006. Genotype by environment interactions of Indian mustard (*B. Juncea* L.) and canola (*Brassica napus* L.) in Mediterranean-type environments: II. Oil and protein percents in seed. Europ J. Agron. 25: 13-21.

Hugly, S., Kunt, L., Browse, J., and Somerville, C. 1989. Enhanced thermal tolerance of photosynthesis and altered chloroplast ultrastructure in a mutant of Arabidopsis deficient in lipid desaturastion. Plant Physiol, 90: 1134-1142.

Jan, A., Khan, N., Khan, I.A., and Khattak, B. 2002. Chemical composition of canola as affected by nitrogen and sulphure. Asian J. Plant Sci. 1: 519-521.

Jensen, C.R., Mogensen, V.O., Mortensen, G., and Fieldsen, J.K. 1996. Seed glucosinolate, oil and protein contents of field grown rape (*Brassica napus* L.) affected by soil drying and evaporative demand. Field Crops Res., 47: 93-105.

Jiang, J., Frieb, B., and Gill, B. 1994. Recent advances in alien gene transfer in wheat. Euphytica. 73: 199-212.

Kaushik, N., and Agnihorti, A. 1999. High performance liquid chromatographic method for separation and quantification of intact glucosinolates. Chromatographia. 49: 4. 281-284.

Kramer, A.W., Timothy, A.D., Horwath, W.R., and Kessel, C.V. 2002. Combining fertilizer and organic input synchronize N supply in alternative cropping system in California. Agric, Ecosys. Environ. 91: 233-243.

Malakoti, M.J., and Tehrani, M.M. 2001. Effects of Micronutrients on the Yield and Quality of Agricultural Products 'Micro Nutrients with Macro Effects'. Second Impression, Tarbiat Modares University Press, 299p. (In Persian)

Malhi, S.S., Gan, Y., and Raney, J.P. 2007. Yield, seed quality and sulphure uptake of *Brassica* oilseed crops in response to sulfur fertilization. Agron. J. 99: 570-577.

Malhi, S.S., and Gill, K.S. 2002. Effectiveness of sulphate-S fertilization at different growth stages for yield, seed quality and S uptake of canola. Can. J. Plant Sci. 82: 665-674.

Malhi, S.S., and Gill, K.S. 2006. Cultivar and fertilizer S rate interaction effects on canola yield, seed quality and S uptake. Can. J. Plant Sci. 86: 91-98.

Marjanovic-Jeromela, A., Marinkovic, R., Mijic, A., Zdunic, Z., Ivanovska, S., and Jankulovska, M. 2008. Correlation and path analysis of quantitative traits in winter rapeseed (*Brassica napus* L.). Agric. Conspectus Sci, 73: 1. 13-18.

Mattson, F.H., and Grundy, S.M. 1985. Comparison of the effect of dietary saturated, monounsaturated and polyunsaturated fatty acids on plasma lipids and lipoproteins in men. J. Lipid Res. 26: 194-202.

Mc Conn, M., and Browse, J. 1996. The critical requirement for linolenic acid is pollen development, net photosynthesis, in an Arabidopsis mutant. Plant Cell. 8: 403-416.

Mc Grath, S.P., and Zhao, F.J. 1996. Sulphur uptake, yield response and the interaction between N and S in winter oilseed rape (*Brassica napus* L.). J. Agric. Sci. 126: 53-62.

Miller, R.L., Sistani, N.A., and Cebert, E. 2009. Comparative mineral composition among canola cultivars and other cruciferous leafy greens. J. Food Compos. Anal. 22: 112-116.

Moller, C., and Schierholt, A. 2002. Genetic variation of palmitate and oil content in a winter oilseed rape doubled haploid population segregating for oleat content. Crop Sci. 42: 379-384.

Nasri, M., Khalatbari, M., Zahedi, H., Paknejad, F., and Tohidi-Moghadam, H.R. 2008. Evaluation of Micro and Macro Elements in Drought Stress Condition

in Cultivars of Rapeseed (*Brassica napus* L.). Amer. J. Agric. Biol. Sci. 3: 3. 579-583.

Nuttall, W.F., Boswell, C.C., Sinc, A.G., Moulin, S.A., Townley-Smith, L.J., and Gallway, G.L. 1993. The effect of time application and placement of sulphur fertilizer source on yield of wheat, canola and barley. Common. Soil Sci. Plant Anal. 24: 2143-2202.

Nuttall, W.F., Ukrainetz, H., Stewart, J.W.B., and Spurr, D.T. 1987. The effect of nitrogen, sulphur and boron on yield and quality of rapeseed (*Brassica napus* L. and *Brassica campestris* L.). Can. J. Soil Sci. 67: 545-559.

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

Taylor, A.J., and Smith, C.J. 1992. Effect of sowing date and seeding rate on yield and yield Components of irrigated Canola (*Brassica napus* L.) grown on a red-brown earth in south eastern Australia. Aust. J. Agric. Res. 43: 1629-1641.

Tiwari, P.N., Gambhir, P.N., and Rajan, T.S. 1974. Rapid and non-destructive determination of seed oil by pulsed NMR technique, J. Amer. Oil Chem. Soc. 51: 104-109.

Voldeng, H.D., Cober, E.R., Hume, D.J., Gillard, C., and Morrison, M.J. 1997. Fifty eight years of genetic improvement of short season soybean cultivars in Canada. Crop Sci. 37: 428-431.

Yang, M., Shi, L., Xu, F.S., Lu, J.W., and Wang, Y.H. 2009. Effects of B, Mo, Zn, and their interactions on seed yield of rapeseed (*Brassica napus* L.). Pedosphere, 19: 1. 53-59.

EJCP., Vol. 4 (1): 43-60
ejcp.gau@gmail.com

Evaluation of yield, fatty acids combination and content of micro nutrients in seeds of high yielding rapeseed varieties as affected by different sulphur rates

M. Mostafavi-Rad[1], *Z. Tahmasebi-Sarvestani[2], S.A. Mohammad Modarres-Sanavy[2] and A. Ghalavand[2]

[1]Ph.D. Student of Agronomy Dept., Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University and Scientific Member of Agricultural and Natural Resources Research Center of Markazi Province, Arak, Iran, [2]Scientific member of Agriculture Faculty, Tarbiat Modares University

Abstract

First of all, in order to determine the high yielding rapeseed varieties, two field experiments were performed in 2006-2008 cropping seasons in Agricultural and Natural Resources Research Center of Markazi Province, Arak (34º 5´ N; 49º 42´ E, and 1775 m above sea level), Iran. In this research, 15 winter rapeseed varieties were compared in a randomized complete block design with three replications. Means comparison showed that Licord, Modena and Okapi had the greatest seed yield, resptctively. In second phase, in order to assesment of the effects of different sulphur (S) rates on seed yield, fatty acids composition and seed micro nutrient content in three high yielding winter rapeseed varieties, the other experiment carried out during 2008-2009 cropping seasons at the same site. Experimental design was a factorial arrangement based on randomized complete block with three replications. Three rapeseed varieties (V_1=Okapi, V_2=Modena and V_3=Licord) and three rates of sulphur (S_1=0, S_2=40 and S_3=80 kg S/ha) comprised the experimental factors. The interactions between sulphur×varieties were significant for seed yield, fatty acids and other measured traits. The interactions between 40 kg/ha Sulphur×Modena had the highest ratio of oleic acid, seed Cu content. The interaction effect between 80 kg/ha sulphur×Licord showed the highest seed and oil yield and seed Fe content. In this research, there was inverse relastionship beween quantitative and qualitative yield.

Keywords: Rapeseed; Sulphur; Fatty acids; Micro nutrient

* Corresponding Author; E-mail: tahmaseb@modares.ac.ir