



بهره‌رایی کشاورزی

دوره ۱۶ ■ شماره ۱ ■ بهار ۱۳۹۳

صفحه‌های ۸۴-۶۹

تأثیر عناصر بُر، روی و گوگرد بر عملکرد دانه و ترکیب اسیدهای چرب روغن کلزا (*Brassica napus* L.)

مریم حبیبی^۱، مجید مجیدیان^{۲*}، محمد ربیعی^۳

۱. دانشجوی سابق کارشناسی‌ارشد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران
۲. استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران
۳. پژوهشگر، بخش اصلاح بذر، مؤسسه تحقیقات برنج کشور، رشت، ایران

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۳/۰۲/۲۷

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۲/۰۲/۰۵

چکیده

به منظور بررسی اثر مصرف عناصر بُر، روی و گوگرد بر عملکرد و ترکیب اسیدهای چرب روغن کلزا رقم هایولا ۴۰۱، آزمایشی به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با هشت تیمار و سه تکرار در سال زراعی ۱۳۹۰-۹۱ انجام گرفت. بیشترین عملکرد دانه و روغن به ترتیب به مقدار ۴۱۵۷/۶ و ۱۷۷۰/۲ کیلوگرم در هکتار در تیمار ترکیب بُر + روی + گوگرد، و بیشترین و کمترین مقدار روغن دانه در تیمارهای بُر + روی + گوگرد (۴۲/۵۸ درصد) و شاهد (۳۸/۳۷ درصد) به دست آمد. تیمار بُر + روی + گوگرد دارای بیشترین مقدار اسید اولئیک (۲۳۴/۸ میلی‌گرم بر گرم) و اسید لینولئیک (۲۶/۶۸ میلی‌گرم بر گرم) بود. بیشترین مقدار اسید لینولئیک (۵۵/۹۸ میلی‌گرم بر گرم) در تیمار بُر + روی به دست آمد. تیمار شاهد و ترکیب گوگرد + روی، بیشترین مقدار اسید استئاریک و پالمیتیک به ترتیب به مقدار ۶/۵ و ۱۵/۵۳ میلی‌گرم بر گرم را داشتند. با توجه به نتایج، ترکیب اسیدهای چرب کلزا تحت تأثیر عناصر غذایی قرار می‌گیرد و از آنجا که کیفیت روغن‌های خوراکی به مقدار اسیدهای چرب غیراشباع، به ویژه اسیدهای لینولئیک و لینولئیک بستگی دارد و این اسیدها جزو اسیدهای چرب ضروری برای بدن انسان هستند که باید از طریق رژیم غذایی تأمین شوند، این پژوهش توانسته است ضمن افزایش عملکرد روغن، با افزایش این اسیدهای چرب کیفیت روغن را بهبود بخشد.

کلیدواژه‌ها: اسید اولئیک، اسید لینولئیک، روغن دانه، عملکرد دانه، عناصر کم مصرف.

۱. مقدمه

نتایج مطالعات و بررسی‌های انستیتو تحقیقات تغذیه‌ای و صنایع غذایی کشور حاکی از آن است که ۲۱ درصد از انرژی روزانه مردم کشور از مصرف روغن تأمین می‌شود. از طرف دیگر، تولید دانه‌های روغنی در کشور به حداقل رسیده، به طوری که سالانه بیش از سه میلیون تن دانه روغنی، روغن خام و کنجاله وارد و بیش از ۲/۵ میلیارد دلار ارز از کشور خارج می‌شود [۷].

کلزا گیاهی از خانواده چلیپاییان، با سابقه چند هزار ساله است که پس از موفقیت‌های چشمگیر در جهان، مدت کوتاهی است که در کشور ما به عنوان یکی از امیدهای قطع وابستگی به واردات روغن با توجه بسیار روبه‌رو شده است [۱]. روغن کلزا حاوی یک پروفیل مطلوب از اسیدهای چرب اشباع شده (هفت درصد)، سطح بالای اسیدهای چرب غیراشباع تک‌باندی (حدود ۶۱ درصد) و سطح متوسط اسیدهای چرب غیراشباع چندباندی (حدود ۳۲ درصد) است [۴]. اسیدهای چرب لینولئیک و لینولنیک از اسیدهای چرب غیراشباع چندباندی به‌شمار می‌آیند و پیوندهای دوگانه بعدی آنها نسبت به اولین پیوند دوگانه ایجاد شده به سمت گروه متیل است و انسان به عنوان مصرف‌کننده قادر به سنتز آنها نیست و از طرف دیگر، کیفیت روغن به مقدار این اسیدهای چرب بستگی دارد که می‌تواند از طریق رژیم غذایی تأمین شود [۸].

گوگرد چهارمین عنصر ضروری بعد از نیتروژن، فسفر و پتاسیم است و کار اصلی آن در گیاهان، کمک به ساخت اسیدهای آمینه گوگرددار (نظیر متیونین و سیستئین)، تشکیل کلروفیل، فعال کردن آنزیم‌های تجزیه‌کننده پروتئین، شرکت در ساختار ویتامین‌های بیوتین و فعالیت ATP سولفوریلاز است [۱۰، ۲۸]. گوگرد همچنین از مواد تشکیل‌دهنده کوآنزیم آ است که زمانی که با اسید استیک ترکیب می‌شود،

استیل کوآنزیم آ به وجود می‌آید که در متابولیسم چربی‌ها اهمیت دارد [۴۳]. کاربرد توأم گوگرد و نیتروژن سبب افزایش معنادار تعداد شاخه جانبی، تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین و عملکرد روغن در کلزا در مقایسه با شاهد شد [۱۴]. مصرف گوگرد [در مسیر گلیکولیز، جدا شدن گروه کربوکسیل از پیروات تشکیل استیل کوآ به وسیله یک دستگاه چندآنزیمی کاتالیز می‌شود، که در آن سه کوآنزیم گوگردی دخالت دارند که عبارتند از تیامین پیروفسفات، دستگاه ریداکس سولفیدریل دی‌سولفید اسید لیپوئیک و گروه سولفیدریل کوآنزیم آ، پس گروه استیل، مربوط به کوآنزیم آ به چرخه اسید سه کربوکسیل (چرخه کربس) یا به مسیر ساختن اسید چرب جابه‌جا می‌شود. چسبیدن واحدهای دوکربنی به یکدیگر برای ساختن اسیدهای چرب، زنجیره بلند به مصرف موقت گروه کربوکسیل نیاز دارد که به وسیله بیوتین انجام می‌گیرد که یک کوآنزیم آن دارای گوگرد است] مقدار اسید اولئیک در دانه کلزا را افزایش می‌دهد که دلیل آن فراهمی گوگرد در زمان پر شدن دانه است که از تبدیل اسید اولئیک به اسید اروسیک و کاهش آن جلوگیری می‌کند [۲۹، ۳۲]. با کاربرد ۳۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار عملکرد دانه، مقدار روغن و پروتئین دانه در ارقام و گونه‌های مختلف براسیکا بیشترین مقدار را داشت [۳۱].

بُر در گیاه متحرک نیست، از این رو علائم کمبود آن ابتدا در برگ‌های جوان‌تر یا نقاط در حال رشد ظاهر می‌شود [۲۷]. این عنصر در سنتز و ساختمان دیواره سلولی، احتمالاً در پایداری غشای سلولی [۳۰]، جوانه زدن دانه گرده، رشد لوله گرده، تشکیل بذر، انتقال عناصر غذایی از غشاهای سلولی، شکل‌گیری پروتئین و ساخت اسیدهای نوکلئیک تأثیر دارد [۲۰]. بُر در میان عناصر کم‌مصرف، نقش مهمی در عملکرد مطلوب کلزا دارد و این گیاه به کمبود این عنصر بسیار حساس است [۵]، از نظر فیزیولوژی، بُر عنصر مهمی برای

۲. مواد و روش‌ها

به منظور ارزیابی اثر عناصر بُر، روی و گوگرد بر عملکرد و ترکیب اسیدهای چرب کلزا، آزمایشی در سال زراعی ۱۳۹۰-۹۱ در مزرعه تحقیقاتی مؤسسه تحقیقات برنج کشور واقع در شهر رشت با عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۲۷ دقیقه شمالی و طول ۴۹ درجه و ۳۷ دقیقه شرقی و با ارتفاع منفی ۷ متر از سطح دریای آزاد با آب‌وهوای مدیترانه‌ای در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با هشت تیمار و سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل ۱. شاهد (بدون مصرف گوگرد و عناصر کم‌مصرف)، ۲. عنصر روی (کلات روی به مقدار ۱/۵ کیلوگرم در هکتار)، ۳. عنصر بُر (براکس به مقدار ۱/۵ کیلوگرم در هکتار)، ۴. عنصر گوگرد (گل گوگرد به مقدار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار)، ۵. ترکیب روی + گوگرد (کلات روی به مقدار ۱/۵ کیلوگرم در هکتار + گل گوگرد به مقدار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار)، ۶. ترکیب روی + بُر (کلات روی به مقدار ۱/۵ کیلوگرم در هکتار + براکس به مقدار ۱/۵ کیلوگرم در هکتار)، ۷. ترکیب بُر + گوگرد (براکس به مقدار ۱/۵ کیلوگرم در هکتار + گل گوگرد به مقدار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار)، ۸. ترکیب گوگرد + بُر + روی (گل گوگرد به مقدار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار + براکس به مقدار ۱/۵ کیلوگرم در هکتار + کلات روی به مقدار ۱/۵ کیلوگرم در هکتار) بود. عملیات آماده‌سازی بستر بذر شامل مراحل شخم، دیسک و تسطیح در اوایل آبان ۱۳۹۰ انجام گرفت و قبل از کاشت، نمونه مرکبی از خاک مزرعه از عمق ۳۰ سانتی‌متری تهیه و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن با هدف تعیین بهترین مقدار کودی (باتوجه به آزمون خاک و نیاز گیاه کلزا) تعیین شد (جدول ۱).

رشد بافت‌ها محسوب می‌شود و در نبود این عنصر، بافت‌ها به‌طور غیرطبیعی تشکیل می‌شوند و رشد خوبی نخواهند داشت که کاهش عملکرد دانه و محتوای روغن دانه را در پی خواهد داشت [۳۲]. گزارش کرده‌اند که محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی بُر و روی تأثیر معناداری بر عملکرد دانه، مقدار روغن بذور، تعداد دانه در خورجین و تعداد خورجین در بوته داشت [۱۱]. همچنین افزایش ۴۶/۱ درصدی عملکرد کلزا در مقایسه با شاهد با کاربرد بُر گزارش شده است [۴۴].

عنصر روی به‌عنوان کوفاکتور آنزیم‌هایی همچون کربنیک آنهیدراز، دهیدروژنازها، آلدولازها، کربوکسی پپتیداز، سوپراکسید دیسموتاز، آران‌ای پلی‌مراز، ریبولوزیسی فسفات کربوکسیلاز و فسفولیپازها عمل می‌کند [۴۲]. این عنصر برای بیوسنتز تعداد بسیار زیادی از پروتئین‌ها نیز نیاز است. پیوند روی - پروتئین در حدود ۱۰ درصد از پروتئوم‌ها (مجموعه پروتئین‌ها) در سلول‌های یوکاریوت را می‌سازند و ۳۶ درصد از پیوند روی - پروتئین در بیان ژن دخالت دارد [۱۷]. عنصر روی برای سنتز تریپتوفان، پیش‌ماده سنتز ملاتونین، اسید نیکوتینیک و اکسین، ضروری است [۳۶]. با افزایش مقادیر مصرف سولفات روی در ارقام کلزا، درصد روغن، عملکرد دانه و عملکرد روغن به‌صورت معناداری افزایش می‌یابد [۱۲]. کاربرد عنصر روی بر ترکیب اسیدهای چرب در پنبه مؤثر بود و سبب کاهش اسیدهای چرب اشباع (کاپریک، میرسیستیک، پالمیتیک و استئاریک) و افزایش اسیدهای چرب غیراشباع (اولئیک و لینولئیک) شد (۴۵). اثر سه عنصر گوگرد، روی و آهن بر رشد و عملکرد گیاه گلرنگ نشان داد که کاربرد توأم گوگرد با عناصر روی و آهن سبب افزایش معنادار رشد، عملکرد و مقدار روغن دانه شد [۳۷].

هدف از پژوهش حاضر، بررسی تأثیر عناصر گوگرد، روی و بُر بر عملکرد، اجزای عملکرد دانه، روغن و ترکیب اسیدهای چرب روغن کلزا بوده است.

جدول ۱. خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک محل آزمایش

اسیدیته خاک	هدایت الکتریکی (dS/m)	کربن آلی (%)	فسفر (mg/kg)	پتاسیم (mg/kg)	بُر قابل جذب (mg/kg)	سولفات محلول (meq/li)	روی قابل جذب (mg/kg)	نیتروژن کل (%)	بافت خاک
۶/۳۳	۰/۰۲۵۵	۱/۴	۱۴/۹۷	۲۰۲/۱۵	۰/۰۲	۰/۶۴	۰/۹۴	۰/۱۲	سیلتی رسی
۶/۵-۷	< ۱/۵	> ۲	= ۱۵	> ۲۵۰	۰/۵	> ۱	۲	> ۰/۲	بهینه

نرم افزار SAS 9.9 و مقایسه میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون توکی در سطح احتمال ۵ درصد انجام گرفت.

۳. نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲) نشان داد که تیمارهای کودی اعمال شده سبب معنادار شدن تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین، وزن هزاردانه، عملکرد دانه، مقدار روغن، اسید استئاریک، اسید پالمیتیک، اسید اولئیک، اسید لینولئیک، اسید لینولنیک و اسید اروسیک در سطح احتمال ۱ درصد شد.

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین تعداد خورجین در بوته با میانگین ۱۹۵/۹ عدد متعلق به تیمار بُر + روی + گوگرد بود که در مقایسه با شاهد ۲۰۱/۲ درصد افزایش داشت (جدول ۳). یکی از اجزای مهم عملکرد در کلزا، تعداد خورجین‌های بارور در بوته است که با افزایش آن عملکرد دانه نیز بیشتر خواهد شد. تعداد خورجین با نوع رقم، تراکم کاشت و عوامل محیطی تغییر می‌کند [۲]. کاربرد بُر موجب کاهش گلچه‌های عقیم و بهبود توسعه خورجین‌ها در گیاهان تیره براسیکا می‌شود [۳۵]. تغذیه گیاه کلزا با عنصر روی سبب افزایش ذخیره هیدرات کربن دانه گرده و افزایش عمر دانه گرده و تعداد دانه گرده و در نتیجه، تشکیل خورجین بیشتر می‌شود [۴۰]. از طرف دیگر، به کارگیری مقدار متعادل گوگرد و نیتروژن سبب تولید تعداد مطلوبی خورجین در بوته می‌شود که به دلیل فراهمی بیشتر شیره پرورده است [۱۳].

هر کرت به مساحت ۱۳/۷۵ مترمربع و هشت خط کاشت به فاصله چهار سانتی متر روی ردیف و ۲۵ سانتی متر بین ردیف ایجاد شدند. بذر در تاریخ ۲۴ آبان ۱۳۹۰ کاشته شد و رقم استفاده شده هاپولا ۴۰۱ بود. کشت به صورت دستی و به مقدار ۱۰ کیلوگرم در هکتار صورت گرفت. کلیه عناصر ضروری برای گیاه (نیتروژن ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار «از منبع اوره»، فسفر ۷۵ کیلوگرم در هکتار «از منبع سوپرفسفات تریپل» و پتاسیم ۵۰ کیلوگرم در هکتار «از منبع کلرید پتاسیم» به جز سه عنصر ذکر شده به همه کرت‌ها به صورت یکسان اضافه شد. تیمارهای گوگرد، بُر و روی به صورت خاک مصرف به کرت‌های مربوط اضافه شد. برای تنظیم تراکم بوته در سطح مزرعه، گیاهچه‌های کلزا در مرحله سه تا چهاربرگی تنک شده و علف‌های هرز سبز شده در مزرعه در کل زمان آزمایش با دست حذف شد. در زمان رسیدگی فیزیولوژیک گیاه، ۱۰ بوته از هر کرت انتخاب و صفات شامل تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین و وزن هزاردانه اندازه‌گیری شد. در زمان رسیدگی کامل گیاه به منظور تعیین عملکرد دانه پس از حذف اثر حاشیه، بوته‌ها از وسط کرت که فضای عملکرد (دو متر مربع) در نظر گرفته شده بود برداشت شدند و مقدار روغن دانه به روش سوکسله (Soxtec system HT 1043)، و ترکیب اسیدهای چرب و مقدار آنها با استفاده از کروماتوگرافی گازی (مدل Unicam 4600) تعیین شد [۴۴]. تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از

تأثیر عناصر نیتروژن، روی و گوگرد بر عملکرد دانه و ترکیب اسیدهای چرب روغن کلزا (*Brassica napus* L.)

جدول ۲. تجزیه واریانس صفات گیاه کلزا رقم هایولا ۴۰۱ در تیمارهای کودی متفاوت

میانگین مربعات									
منبع تغییرات	درجه آزادی	تعداد خورجین در پشته	تعداد دانه در خورجین	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	مقدار			
						روغن دانه	استاندارد	اسید	مقدار
اسید	اسید	اسید	اسید	اسید	اسید	اسید	اسید	اسید	اسید
اروسیک	لینولیک	لینولیک	لینولیک	اولنیک	پالمیتیک	استاریک	استاریک	استاریک	مقدار
۰/۰۰۷ ^{ns}	۰/۰۷ ^{ns}	۱/۳۴ ^{ns}	۵۱/۶۹ ^{ns}	۰/۲۳ ^{ns}	۰/۸۹ ^{ns}	۰/۵۸ ^{ns}	۳۸۰۰/۶ ^{ns}	۰/۰۰۳ ^{ns}	۱/۲ ^{ns}
۰/۰۹۶ ^{**}	۱۶/۳۴ ^{**}	۴۱/۱۶ ^{**}	۱۲۲۷/۱۴ ^{**}	۳/۴۶ ^{**}	۳/۳ ^{**}	۵۰/۱ ^{**}	۶۴۹۲۷۷/۲ ^{**}	۰/۰۷ ^{**}	۲۸۹۶ ^{**}
۰/۰۰۳	۱/۵۷	۱/۱۴	۱۹/۳۷	۰/۱۲	۰/۲۹	۰/۱۶	۵۲۱۱/۷	۰/۰۱	۱/۳
۸/۹	۵/۳	۲/۲	۱۲/۲	۲/۵۲	۱۰/۴	۷/۹۷	۱۲/۰۵	۸/۰۲	۳/۷
ضریب تغییرات		۶/۹		۳/۷		۱۲/۰۵		۸/۰۲	
		(%)							

* و ** به ترتیب غیرمعدار و معدار در سطح احتمال ۱ درصد.

جدول ۳. مقایسه میانگین عناصر بُر، روی و گوگرد و برهمکنش آنها از نظر صفت‌های گیاهی کلزا (هیبرید هاپولا ۴۰۱)

تیمار	تعداد خورجین	تعداد دانه	وزن عملکرد دانه	مقدار روغن	اسید استئاریک	اسید پالمیتیک	اسید اولئیک	اسید لینولیک	اسید لینولنیک	اسید اروسیک
در بونته	در خورجین	هزار دانه (کیلوگرم)	در هکتار (گرم)	(%)	(میلی گرم بر گرم)	(میلی گرم بر گرم)	(میلی گرم بر گرم)	(میلی گرم بر گرم)	(میلی گرم بر گرم)	(میلی گرم بر گرم)
شاهد	۸۳/۴۲ ^e	۲۳/۹۳ ^c	۳/۲۲ ^f	۳۸/۳۷ ^e	۶/۵ ^a	۱۲/۶۹ ^c	۱۷۲/۱۱۵ ^f	۴۳/۵۱ ^e	۱۹/۷۵ ^d	۱/۰۱ ^a
بُر	۱۲۱/۴۲ ^d	۳۰/۱ ^b	۳/۳۸ ^e	۴۰/۴ ^{abc}	۳/۴۸ ^c	۱۲/۷۷ ^c	۱۹۵/۷ ^{de}	۴۸/۳۵ ^{bcd}	۲۳/۳۱ ^{bcd}	۰/۷ ^{bcd}
روی	۱۲۹/۵ ^d	۲۹/۷/۸ ^b	۳/۴۹ ^d	۴۰/۴ ^d	۶/۴۹ ^a	۱۳/۱ ^c	۱۸۷/۹۵ ^e	۴۵/۷۵ ^{de}	۲۱/۶ ^{de}	۰/۷۷ ^{bc}
گوگرد	۱۳۵/۱۷ ^{cd}	۳۰/۹ ^{abc}	۳۴۰۳/۰۳ ^{abcde}	۴۱/۱۳ ^{bcd}	۴/۷ ^{bc}	۱۲/۸۹ ^c	۱۹۵/۲۵ ^{de}	۴۷/۹ ^{cd}	۲۳/۰۵ ^{bcd}	۰/۸۲ ^{ab}
بُر + گوگرد	۱۴۴/۸۳ ^{cd}	۳۲/۷ ^{abc}	۳/۶۱ ^{abc}	۴۱/۹۲ ^{ab}	۴/۷ ^{bc}	۱۳/۶۵ ^{bc}	۲۱۲/۰۵ ^{bc}	۵۱/۱۵ ^b	۲۴/۲۸ ^{abc}	۰/۵۸ ^{de}
بُر + روی	۱۶۰/۰۸ ^{bc}	۳۲/۲ ^{abc}	۳/۵۸ ^{bcd}	۴۱/۶۹ ^{abc}	۶ ^{abc}	۱۴/۵۵ ^{ab}	۲۲۴/۵۵ ^{ab}	۵۵/۹۸ ^a	۲۶/۲۵ ^{ab}	۰/۴۱ ^e
گوگرد + روی	۱۸۶/۹ ^{ab}	۳۱/۸ ^{ab}	۳/۶۴ ^{ab}	۴۱/۷۱ ^{abc}	۴/۸۷ ^{bc}	۱۵/۵۳ ^a	۲۰۲/۶۵ ^{cd}	۴۸/۶۷ ^{bcd}	۲۳/۸۵ ^{abc}	۰/۶۹ ^{bcd}
بُر + گوگرد + روی	۱۹۵/۹۲ ^a	۳۴/۳۱ ^a	۳/۷ ^a	۴۲/۵۸ ^a	۴/۸ ^{bc}	۱۴/۷۷ ^a	۲۳۴/۸۱ ^a	۴۹/۷ ^{bc}	۲۶/۹۸ ^a	۰/۶۱ ^{cd}

حروف یکسان در هر ستون نشان‌دهنده عدم تفاوت معنادار در سطح درصد براساس آزمون توکی در سطوح تیماری است.

تأثیر عناصر نیتروژن، روی و گوگرد بر عملکرد دانه و ترکیب اسیدهای چرب روغن کلزا (*Brassica napus* L.)

جدول ۴. ضرایب همبستگی بین صفتهای تحت مطالعه کلزا (هیرید هایولا ۴۰۱)

صفات	ارومیک	اسید	اسید	اسید	اسید	اسید	اسید	استناریک	اسید	پالمیتیک	اولیک	اسید	مقدار روغن دانه	عملکرد دانه	وزن هزار دانه	تعداد دانه در خورجین
تعداد خورجین در بوته	-۰/۶۳**	+۰/۶۶**	+۰/۴۰*	+۰/۶۷**	+۰/۷۱**	-۰/۲۴ ^{NS}	+۰/۸۱**	-۰/۲۴ ^{NS}	+۰/۷۱**	+۰/۸۳**	+۰/۸۱**	+۰/۲۴ ^{NS}	+۰/۸۱**	+۰/۸۳**	+۰/۸**	+۰/۸**
تعداد دانه در خورجین	-۰/۷۳**	+۰/۷۲**	+۰/۶۲**	+۰/۸۰**	+۰/۵۱**	-۰/۲۹ ^{NS}	+۰/۹۴**	-۰/۲۹ ^{NS}	+۰/۵۱**	+۰/۸۵**	+۰/۸۴**	-۰/۲۹ ^{NS}	+۰/۹۴**	+۰/۸۵**	+۰/۹**	+۰/۹**
وزن هزار دانه	-۰/۶۸**	+۰/۷۴**	+۰/۵۹**	+۰/۸۰**	+۰/۶۴**	-۰/۱۶ ^{NS}	+۰/۹۲**	-۰/۱۶ ^{NS}	+۰/۶۴**	+۰/۹**	+۰/۸۸**	-۰/۱۶ ^{NS}	+۰/۹۲**	+۰/۹**	+۰/۹**	+۰/۹**
عملکرد دانه	-۰/۶۷**	+۰/۸۱**	+۰/۶۴**	+۰/۸۸**	+۰/۵۸**	-۰/۲۶ ^{NS}	+۰/۸۹**	-۰/۲۶ ^{NS}	+۰/۵۸**	+۰/۸۴**	+۰/۸۸**	-۰/۲۶ ^{NS}	+۰/۸۹**	+۰/۸۴**	+۰/۸۹**	+۰/۸۹**
مقدار روغن دانه	-۰/۷۴**	+۰/۸۱**	+۰/۶۷**	+۰/۸۴**	+۰/۵۶**	-۰/۲۴ ^{NS}	+۰/۸۹**	-۰/۲۴ ^{NS}	+۰/۵۶**	+۰/۸۴**	+۰/۸۸**	-۰/۲۴ ^{NS}	+۰/۸۹**	+۰/۸۴**	+۰/۸۹**	+۰/۸۹**
اسید استناریک	-۰/۰۹ ^{NS}	-۰/۱۲ ^{NS}	+۰/۰۳ ^{NS}	-۰/۰۹ ^{NS}	+۰/۰۱ ^{NS}											
اسید پالمیتیک	-۰/۴۷*	+۰/۵۷**	+۰/۳۷ ^{NS}	+۰/۵۱*												
اسید اولیک	-۰/۷۷**	+۰/۹۳**	+۰/۸۰**													
اسید لینولیک	-۰/۸۳**	+۰/۸۰**														
اسید لینولیک	-۰/۶۸**															

NS و ** - به ترتیب غیر معنادار و معنادار در سطح احتمال ۱ درصد.

در یک ارزیابی، تأثیرات اصلی و متقابل دو عنصر بُر و روی سبب افزایش تعداد خورجین در بوته کلزا شد که دلیل آن، تأثیر عنصر بُر در تولید بیشتر کلروفیل و ایندول استیک اسید و در نتیجه تأخیر در پیری گیاه و طولانی شدن دوره فتوسنتز است. در نتیجه رقابت بین خورجین‌های در حال شکل‌گیری برای دسترسی به مواد غذایی کاهش می‌یابد، زیرا تنش آب یا کمبود عناصر غذایی علاوه بر اینکه سبب اختلال در گلدهی می‌شود، احتمال تبدیل گل به خورجین را نیز کاهش می‌دهد. از دیگر سو، یکی دیگر از دلایلی که موجب از دست رفتن خورجین‌های بالقوه در گیاه می‌شود، گرده‌افشانی ضعیف است. براساس نتایج تحقیقات، شکل‌گیری اندام‌های جنسی نر و ماده و فرایند گرده‌افشانی بر اثر کمبود روی، مختل می‌شوند که علت آن، کاهش تولید ایندول استیک اسید است [۶]. بررسی همبستگی تعداد خورجین در بوته با دیگر پارامترهای اندازه‌گیری نشان داد که تعداد خورجین در بوته با تعداد دانه در خورجین، وزن هزاردانه، عملکرد دانه، مقدار روغن دانه، اسید پالمیتیک، اسید اولئیک، اسید لینولئیک و اسید لینولنیک همبستگی مثبت و معنادار و با اسید اروسیک همبستگی منفی و معناداری نشان داد (جدول ۴). در کلزا تعداد خورجین در بوته از صفات بسیار مهمی است که عملکرد دانه به‌شدت به آن وابسته است، هرچه تعداد خورجین در بوته بیشتر باشد، عملکرد دانه افزایش می‌یابد که همبستگی زیاد تعداد خورجین در بوته با عملکرد دانه این موضوع را اثبات می‌کند.

۱.۳. تعداد دانه در خورجین

آزمون مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۳) نشان داد که بیشترین میانگین تعداد دانه در خورجین (۳۴/۳۱ عدد) متعلق به تیمار بُر + روی + گوگرد، و کمترین میانگین تعداد دانه در خورجین (۲۳/۹۳) متعلق به تیمار شاهد بود.

(جدول ۳). اثر همه تیمارهای کودی اعمال‌شده سبب افزایش معنادار تعداد دانه در خورجین شده‌اند. تأثیرات مثبت گوگرد بر فتوسنتز و متابولیسم گیاه و تقویت گیاه در مرحله‌ی زایشی تشکیل دانه را تحریک می‌کند و در نتیجه تعداد دانه در خورجین افزایش می‌یابد. مقدار بُر برای تولید دانه و بذر، به‌طور معمول بیشتر از زمانی است که تنها برای رشد رویشی لازم است. بُر دارای تأثیرات مستقیم و غیرمستقیم بر باروری است. تأثیرات غیرمستقیم آن، احتمالاً به تغییرات مربوط به مقدار و ترکیب قند شهد ارتباط دارد، به‌گونه‌ای که سبب جلب بیشتر حشرات در زمان گرده‌افشانی می‌شود؛ تأثیرات مستقیم آن در پیوند نزدیک میان مقدار مصرف بُر و ظرفیت تولید دانه گرده به‌وسیله پرچم‌ها و نیز در تولید دانه گرده قابل رشد بازتاب دارد [۳۲]. عنصر روی در سنتز پروتئین لوله گرده به‌هنگام گرده‌افشانی شرکت می‌کند که این موضوع به افزایش عمل گرده‌افشانی و تشکیل بیشتر دانه می‌انجامد [۳۲]. در بررسی دیگر محققان مشاهده شده که مصرف گوگرد و روی سبب افزایش معنادار تعداد خورجین و تعداد دانه در خورجین می‌شود [۱۶، ۳۹]. در مطالعه‌ای دیگر، مصرف سه عنصر بُر، روی و مولیبدن به‌صورت انفرادی، دوگانه و سه‌گانه سبب افزایش معنادار عملکرد و اجزای عملکرد در کلزا شد. بیشترین تعداد دانه در خورجین در اثر سه‌گانه عناصر بُر + روی + مولیبدن به‌دست آمد [۴۴]. بررسی همبستگی تعداد دانه در خورجین با میزان خورجین در بوته، وزن هزاردانه، عملکرد دانه، مقدار روغن دانه، اسید پالمیتیک، اسید اولئیک، اسید لینولئیک و اسید لینولنیک همبستگی مثبت و معنادار، و با اسید اروسیک همبستگی منفی و معناداری نشان داد (جدول ۴). تعداد دانه در خورجین یکی از اجزای عملکرد دانه کلزا است که با افزایش آن عملکرد گیاه افزایش می‌یابد که با نتایج پژوهش‌های محققان همخوانی دارد [۹، ۱۱].

۲.۳. وزن هزاردانه

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین و کمترین وزن هزاردانه به تیمارهای بُر + روی + گوگرد و شاهد به ترتیب با میانگین $3/7$ و $3/22$ گرم تعلق داشت (جدول ۳). در یک مطالعه، افزایش وزن هزاردانه در اثر مصرف روی و آهن به نقش عنصر روی برای افزایش تولید تنظیم-کننده‌های رشد مثل ایندول استیک اسید و کربوهیدرات‌ها و متابولیسم نیتروژن که سبب افزایش عملکرد و اجزای عملکرد می‌شود و همچنین فراهم بودن عناصر کم‌مصرف و پرمصرف در مراحل بعدی رشد که سبب افزایش تجمع آسیمیلات در دانه و سنگین‌تر شدن دانه می‌شود، نسبت داده شده است [۲۶]. در آزمایش دیگری، مصرف عنصر بُر سبب افزایش تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن هزاردانه در سویا شد، که علت آن نقش بُر در تقسیم و رشد سلولی و انتقال مواد فتوسنتزی و تنظیم‌کننده‌های رشد از منبع به مخزن است [۲۴]. همچنین گزارش شده که کمبود گوگرد عملکرد دانه سویا را از طریق تأثیر بر رشد گیاه در دوره پر شدن دانه کاهش می‌دهد [۱۹].

۳.۳. عملکرد دانه

در بررسی مقایسه میانگین مشاهده شد که تیمار بُر + روی + گوگرد و شاهد با میانگین $4/157$ و $3/2795$ کیلوگرم در هکتار بیشترین و کمترین عملکرد دانه را دارا بودند (جدول ۳). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که تیمار بُر + روی + گوگرد با تیمار گوگرد + بُر با میانگین $6/3951$ کیلوگرم تفاوت معناداری نداشت، اما با تیمارهای گوگرد + روی با میانگین $9/3840$ کیلوگرم، بُر + روی با میانگین $4/3656$ کیلوگرم، گوگرد با میانگین $3/3403$ کیلوگرم، بُر با میانگین $8/3229$ کیلوگرم، روی با میانگین $5/3098$ کیلوگرم و شاهد با میانگین $3/2799$ کیلوگرم در هکتار برتری معنادار داشت. همه تیمارهای کودی از نظر صفت

عملکرد دانه، برتری معناداری بر شاهد داشتند. نتایج نشان داد که مصرف تنه‌ای عناصر بُر، روی و گوگرد بر افزایش عملکرد دانه تأثیر داشته است، ولی مصرف ترکیبی دو عنصر، افزایش بیشتری را در عملکرد دانه در مقایسه با مصرف تنه‌ای عناصر سبب شد و بیشترین عملکرد دانه در ترکیب دو عنصر در تیمار بُر + گوگرد مشاهده شد. همچنین بیشترین عملکرد دانه $6/4157$ کیلوگرم در هکتار مربوط به تیماری بود که هر سه کود را دریافت کرده بودند که نشان‌دهنده تأثیرات مفید توأم این سه عنصر بر عملکرد دانه کلزا است. در آزمایشی، تأثیرات اصلی کاربرد سولفات روی و اسید بُریک بر عملکرد دانه کلزا معنادار شد، ولی تأثیرات متقابل کاربرد این دو عنصر بر عملکرد معنادار نشد، با این حال بیشترین مقدار عملکرد دانه در اثر متقابل به دست آمد. یک توضیح محتمل در این زمینه، بهبود اجزای عملکرد در اثر کاربرد روی است. روی اثر مطلوبی بر فعالیت فتوسنتزی برگ‌ها دارد و سبب انتقال بهتر مواد فتوسنتزی می‌شود. از طرف دیگر، شکل‌گیری اندام‌های جنسی نر و ماده و فرایند گرده‌افشانی بر اثر کمبود روی، مختل شد و به کاهش عملکرد در اثر کاهش تولید ایندول استیک اسید انجامید [۴۴]. مصرف عنصر بر موجب افزایش محتوای کلروفیل و شدت فتوسنتز در برگ‌ها، افزایش تجمع ماده خشک در گیاه و بهبود انتقال مواد فتوسنتزی از اندام‌های رویشی به زایشی می‌شود (۶). متابولیسم نیتروژن و کربوهیدرات‌ها در کمبود گوگرد دچار اختلال می‌شود [۲۵]. نتایج آزمایشی نشان داد که با کاربرد سطوح مختلف گوگرد، عملکرد دانه در همه ارقام و گونه‌های براسیکا در سطح 30 کیلوگرم گوگرد خالص در هکتار حداکثر بود و مقدار روغن و پروتئین دانه در ارقام و گونه‌های مختلف براسیکا در اثر کاربرد گوگرد افزایش یافت و همه ارقام و گونه‌های براسیکا برای دستیابی به عملکرد مطلوب دانه واکنش مشابهی به گوگرد نشان دادند [۳۱].

بررسی همبستگی عملکرد دانه و وزن هزاردانه با تعداد خورجین در بوته و تعداد دانه در خورجین، مقدار روغن دانه، اسید پالمیتیک، اسید اولئیک، اسید لینولئیک و اسید لینولنیک همبستگی مثبت و معنادار، و با اسید اروسیک همبستگی منفی و معناداری نشان داد (جدول ۴). محققان [۱۱، ۹] بیان کردند که وزن هزاردانه، تعداد دانه در خورجین، تعداد خورجین در بوته و ارتفاع بوته به ترتیب بیشترین همبستگی را با عملکرد دانه داشتند و از مهم ترین صفات برای بهبود عملکرد دانه در کلزا هستند. همبستگی عملکرد دانه با وزن هزاردانه نشان دهنده نقش وزن هزاردانه بر عملکرد دانه است که از مهم ترین اجزای عملکرد به شمار می رود. از آنجا که عملکرد دانه با تعداد خورجین در بوته و تعداد دانه در خورجین همبستگی مثبت معنا داری دارد، هرچه تعداد دانه در خورجین بیشتر باشد، مخزن بزرگتری برای مواد متابولیکی تولید می شود و هر عاملی که سبب افزایش این پارامتر شود، به افزایش عملکرد دانه منجر خواهد شد. نتایج آزمایش حاضر و همبستگی عملکرد دانه با دیگر پارامترها با گزارش های [۲]، [۶] و [۱۱] همخوانی دارد.

۴.۳. مقدار روغن دانه

درصد روغن از مهم ترین خواص کمی دانه های کلزا است، زیرا دانه های این گیاه حاوی درصد زیادی روغن فاقد کلسترول هستند و عناصر معدنی در مسیرهای متابولیسمی گیاه نقش های فیزیولوژیک مهمی دارند. کمبود هر یک از عناصر معدنی می تواند مقدار روغن دانه را همانند گیاه تحت تأثیر قرار دهد. از این رو توجه به تغذیه گیاه و تأمین نیازهای آن به منظور افزایش درصد روغن دانه ها الزامی است. نتایج مقایسه میانگین داده ها نشان داد که تیمار ۱ + روی + گوگرد با میانگین ۴۲/۵۸ درصد بیشترین، و تیمار شاهد با میانگین ۳۸/۳۷ درصد کمترین مقدار روغن را

داشتند (جدول ۳). این آزمایش با نتایج به دست آمده توسط [۶] مبنی بر تأثیر دو عنصر بُر و روی بر افزایش روغن در کلزا و [۹] مبنی بر تأثیر گوگرد بر افزایش روغن در کلزا مطابقت دارد. گزارش ها علت افزایش روغن در بادام زمینی در پی مصرف عنصر بُر را به نقش این عنصر در واکنش های متابولیکی اساسی در گیاه و همچنین در تعدادی از مسیرهای متابولیکی مثل انتقال قند، تخریب، متابولیسم کربوهیدرات ها، ایندول استیک اسید، آران ای و فنول نسبت داده اند [۳۴]. گوگرد به شکل گروه تیول در ساختار کوآنزیم آ شرکت می کند که این کوآنزیم در تشکیل استیل کوآنزیم آ به عنوان شروع کننده مسیر بیوسنتزی اسیدهای چرب اهمیت ویژه ای دارد [۳۸]. کمبود گوگرد ممکن است سبب کاهش فعالیت آنزیم استیل کوآنزیم آ کربوکسیلاز و در نتیجه کاهش بیوسنتز روغن شود [۱۸]. گوگرد در ساختار کوآنزیم آ، ویتامین های ب ۱ (تیامین) و ب ۷ (بیوتین) شرکت دارد [۳]. فرم کوآنزیمی این ویتامین ها ابتدا سبب دیکربوکسیلاسیون، و سپس کربوکسیلاسیون در سلول ها می شود. با توجه به اینکه محصول فتوسنتز قند است و باید بتواند در دانه به روغن تبدیل شود، باید متابولیت سه کربنه پیرووات (محصول نهایی گلیکولیز) به استیل کوآ (متابولیت دو کربنه) ماده اولیه سازنده اسید چرب تبدیل شود. از طرف دیگر، استیل کوآ با فعالیت آنزیم استیل کوآ کربوکسیلاز به مانویل کوآ (متابولیت سه کربنه) تبدیل می شود که بیوتین در آن نقش دارد. از این رو اگر گوگرد کم باشد، تولید ماده اولیه بیوسنتز اسید چرب و مسیر بیوسنتزی آن با کاهش عملکرد مواجه می شود که ممکن است سبب افت درصد روغن شود [۳۲]. بیشترین همبستگی روغن دانه با تعداد دانه در خورجین، وزن هزاردانه و عملکرد دانه مشاهده شد (جدول ۴). به طور کلی، نتایج آزمایش حاضر نشان دهنده آن است که استفاده از سه عنصر گوگرد، روی و بُر، بر مقدار

روغن دانه اثر مثبت داشته است و این موضوع می‌تواند توجیهی برای مصرف خاکی این سه عنصر در افزایش عملکرد دانه و به تبع آن افزایش مقدار روغن دانه باشد.

۵.۳. ترکیب اسیدهای چرب

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که تیمار شاهد با میانگین ۶/۵ میلی گرم بر گرم بیشترین، و تیمار بُر با میانگین ۳/۴۸ میلی گرم بر گرم کمترین مقدار اسید استتاریک و تیمار روی + گوگرد با میانگین ۱۵/۵۳ میلی گرم بر گرم بیشترین، و تیمار شاهد با میانگین ۱۲/۶۹ میلی گرم بر گرم کمترین مقدار اسید پالمیتیک در روغن را داشتند (جدول ۳). روغن کلزا شامل انواع مختلف اسیدهای چرب اشباع و غیراشباع است. اسید پالمیتیک و اسید استتاریک از اسیدهای مهم اشباع و اسید اولئیک، اسید لینولئیک و اسید لینولنیک از اسیدهای مهم غیراشباع هستند. تأثیر تیمارهای کودی بر مقدار اسید استتاریک روندی کاهشی داشت. اثر دو عنصر روی و منگنز سبب افزایش اسید اولئیک و لینولئیک و کاهش اسید استتاریک در گلرنگ شد [۳۳]. در یک بررسی در انستیتو تحقیقاتی گیاهان زراعی مناطق نیمه خشک حاره‌ای در هند اثر دو عنصر نیتروژن و گوگرد بر ترکیب اسیدهای چرب خردل هندی نشان داد که کاربرد توأم ۱۲۵ کیلوگرم نیتروژن و ۲۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار سبب افزایش معنادار اسید پالمیتیک، اسید اولئیک، اسید لینولئیک و اسید لینولنیک، و کاهش اسید استتاریک و اسید اروسیک و گلوکوزینولات دانه شد [۴۱]. در این تحقیق، تأثیر مصرف عناصر گوگرد، روی و بُر بر مقدار اسید پالمیتیک افزایشی بوده و اثر تیمارهای روی دار بر مقدار افزایش، مؤثرتر از دو عنصر دیگر بود. در تحقیقی درباره اثر روش‌های مصرف گوگرد بر ترکیب اسیدهای چرب در شلغم روغنی گزارش شد که مقدار اسید پالمیتیک با مصرف گوگرد روندی افزایشی داشت و بیشترین افزایش

در تیمار مصرف ۲۰ کیلوگرم گوگرد در زمان کاشت و ۱۰ کیلوگرم قبل از گلدهی و ۱۰ کیلوگرم بعد از گلدهی به دست آمد [۱۵]. در آزمایش دیگری درباره گیاه کلزا، کاربرد دو عنصر روی و آهن به صورت برگ‌پاش سبب افزایش معنادار اسید پالمیتیک نسبت به شاهد شد [۲۱].

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین و کمترین مقدار اسید اروسیک در تیمار شاهد با میانگین ۱/۰۱ میلی گرم بر گرم و تیمار بُر + روی با میانگین ۰/۴۱ میلی گرم بر گرم به دست آمد (جدول ۳). در این تحقیق مصرف هر یک از عناصر گوگرد، روی و بُر سبب کاهش اسید اروسیک شد، اما مصرف ترکیبی عناصر سبب کاهش بیشتر اسید اروسیک در مقایسه با مصرف آنها به صورت جداگانه شد، از این رو نتیجه گرفته می‌شود که عناصر غذایی با اثر بر ترکیب اسیدهای چرب و کاهش اسید اروسیک سبب بهبود روغن کلزا می‌شوند. تحت تأثیر سه عنصر روی، بُر و مولیبدن بر عملکرد کمی و کیفی کلزا مشاهده شد که در بین تیمارهای تأثیرات اصلی و اثر متقابل سه عنصر بر مقدار اسید اروسیک در روغن، تنها تیمار بُر سبب کاهش معنادار اسید اروسیک در روغن شد [۴۴]. کاهش اسید اروسیک در هیبرید PGSH-51 در اثر مصرف گوگرد به دلیل تأثیر گوگرد بر طول زنجیره آنزیمی در سیستم آنزیمی است و به این وسیله موجب کاهش اسید اروسیک می‌شود.

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد (جدول ۳) که تیمار بُر + روی + گوگرد با میانگین ۲۳۴/۸۱ میلی گرم بر گرم اسید اولئیک در روغن اختلاف معناداری را در صفت مقدار اسید اولئیک در مقایسه با دیگر تیمارها نشان داد. کمترین مقدار اسید اولئیک در روغن در تیمار شاهد با میانگین ۱۱۲/۱۱۵ میلی گرم بر گرم به دست آمد. مصرف عنصر روی اثر معناداری بر اسید اولئیک و اسیدهای چرب غیراشباع نهایی (اولئیک و لینولئیک) و نسبت بین اسیدهای

چرب غیراشباع به اسیدهای چرب اشباع در پنبه داشت که دلیل آن اثر مطلوب عنصر روی بر واکنش‌های متابولیکی بنیادی در بافت‌های گیاهی است. همچنین تعداد بسیار زیادی از آنزیم‌های گیاهی، پیوند بین آنزیم و سوبسترات یا هر دو آنها به وسیله روی فعال می‌شوند [۴۵]. در ارزیابی اثر گوگرد بر ترکیب اسیدهای چرب و عملکرد کلزا مشاهده شد که اثر مقادیر مختلف گوگرد و برهمکنش رقم \times گوگرد بر عملکرد دانه و ترکیب اسیدهای چرب معنادار شد. تیمار ۴۰ کیلوگرم گوگرد خالص در هکتار و رقم مودنا از لحاظ مقدار اسید اولئیک بر تیمارهای دیگر برتری داشت [۹]. محلول‌پاشی ۱۰۰ پی‌پی‌ام بُر + ۲ درصد کلسیم در سه رقم زیتون سبب افزایش اسید اولئیک از ۵۸/۵ درصد، ۶۲/۷ درصد و ۶۴/۴ درصد به ترتیب به ۶۷/۷، ۷۱ و ۷۰/۶ درصد در سه تیمار تحت بررسی شد [۲۳].

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که تیمار بُر + روی با میانگین ۵۵/۹۸ میلی‌گرم بر گرم بیشترین اسید لینولئیک، و تیمار شاهد با میانگین ۴۳/۵۱ میلی‌گرم بر گرم کمترین اسید لینولئیک در روغن را داشتند (جدول ۳). در این آزمایش، مصرف عناصر گوگرد، روی و بُر، هم به صورت جداگانه و هم به صورت ترکیب توأم، سبب افزایش اسید لینولئیک در مقایسه با شاهد شد. در تحقیقی درباره تأثیر دو منبع گوگرد (سولفات پتاسیم و ژیبس) و زمان مصرف آنها بر دو رقم شلغم روغنی، مشخص شد که اثر هر دو منبع گوگرد سبب افزایش اسیدهای چرب غیراشباع اولئیک، لینولئیک و لینولنیک در هر دو رقم شد [۲۲]. زمانی که مصرف سولفات روی در پنبه از صفر به ۶۰ کیلوگرم در هکتار افزایش یافت، مقدار اسید لینولئیک از ۵۳/۴ به ۵۴/۵۵ درصد بهبود یافت [۴۵]. در آزمایشی دیگر، درباره اثر شش تیمار کودی شامل $T_1 - RDF$ (۴۰-۴۰-۱۲۰)، $T_2 - ۱۰$ تن در هکتار کود دامی + T_1

$T_3 - ۴۰$ کیلوگرم در هکتار گوگرد + T_2 ، $T_4 - ۲۵$ کیلوگرم در هکتار سولفات روی + T_3 ، $T_5 - ۱$ کیلوگرم در هکتار اسید بُریک + T_4 و $T_6 - RDF$ + بقایای گیاهان زراعی بر ترکیب اسیدهای چرب خردل هندی، بیشترین مقدار اسید لینولئیک در تیمار T_5 (شامل یک کیلوگرم اسید بُریک + T_4) و کمترین مقدار آن در T_1 به دست آمد [۴۱]. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد (جدول ۳) که تیمار بُر + روی + گوگرد با میانگین ۲۶/۹۷ میلی‌گرم بر گرم اسید لینولئیک در روغن اختلاف معناداری در صفت مقدار اسید لینولئیک در مقایسه با شاهد نشان داد. کمترین مقدار اسید لینولئیک در روغن در تیمار شاهد با میانگین ۱۹/۷۵ میلی‌گرم بر گرم به دست آمد. در آزمایشی به منظور بررسی روش‌های مختلف مصرف دو عنصر روی و آهن بر ترکیب اسیدهای چرب آفتابگردان، مشخص شد که مصرف خاک‌پاش دو عنصر روی و آهن سبب افزایش معنادار اسید لینولئیک در مقایسه با شاهد شد [۲۶]. در پژوهشی دیگر، برگ‌پاشی ۱۰۰ پی‌پی‌ام بُر + دو درصد کلسیم در سه رقم زیتون، سبب افزایش اسید لینولئیک در دو رقم شد، اما در یک رقم مقدار اسید لینولئیک تغییری نکرد [۲۳]. در تحقیقی نشان داده شد که با افزایش سطوح گوگرد، مقدار اسید لینولئیک در کلزا افزایش یافت و بیشترین مقدار اسید لینولئیک در اثر متقابل رقم \times گوگرد در تیمار لیکورد + ۴۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار به دست آمد [۹]. در این آزمایش، اسید لینولئیک، اسید لینولئیک و اسید اولئیک با عملکرد دانه و مقدار روغن دانه همبستگی مثبت و معنادار؛ اسید استئاریک با همه صفات همبستگی منفی و غیرمعنادار و اسید اروسیک با یکایک صفات همبستگی منفی و معناداری نشان دادند (جدول ۴). نتایج همبستگی حاضر بیانگر آن است که استفاده از سه عنصر گوگرد، روی و بُر، اثر مثبت بر مقدار اسیدهای چرب غیراشباع داشته است و

تأثیر عناصر بُر، روی و گوگرد بر عملکرد دانه و ترکیب اسیدهای چرب روغن کلزا (*Brassica napus* L.)

- این موضوع می‌تواند توجیهی برای مصرف این سه عنصر در افزایش روغن دانه و به تبع آن افزایش مقدار اسیدهای چرب غیراشباع مفید و کاهش اسید اروسیک باشد.
- نتایج این بررسی نشان داد که ترکیب اسیدهای چرب کلزا تحت تأثیر عناصر غذایی قرار می‌گیرد و با توجه به اینکه کیفیت روغن‌های خوراکی به مقدار اسیدهای چرب غیراشباع، به‌ویژه اسیدهای لینولئیک و لینولنیک بستگی دارد و این اسیدها جزو اسیدهای چرب ضروری برای بدن انسان هستند که باید از طریق رژیم غذایی تأمین شوند، این پژوهش توانسته است با افزایش اسیدهای چرب غیراشباع، کاهش اسید اروسیک و افزایش عملکرد روغن، کمیت و کیفیت روغن کلزا را بهبود بخشد.

منابع

- اسدی م. ا. و فرجی ا. (۱۳۸۸) مبانی کاربردی زراعت دانه‌های روغنی سویا، پنبه، کلزا و آفتابگردان. نشر علم کشاورزی ایران، تهران. ۸۴ ص.
- خیای م.، خورشیدی بنام م. ب. اسماعیلی آفتابداری م. آذرآبادی س. فرامرزی ع. و عمارت‌پرداز ج. (۱۳۸۹) تأثیر محلول‌پاشی سولفات روی و بور بر عملکرد و برخی صفات کیفی دانه دو رقم کلزا (*Brassica napus* L.) دانش آب و خاک. ۱(۳): ۳۲-۴۵.
- سالاردینی ع. ا. و مجتهدی م. (۱۳۶۷) اصول تغذیه گیاه (جلد دوم). مولف منگل ک. و کرکبی ا. انتشارات مرکز نشر دانشگاهی. ۳۱۵ ص.
- شریعتی ش. و قاضی شهنی زاده پ. (۱۳۷۹) کلزا. نشر آموزش کشاورزی، تهران. ۸۱ ص.
- فتحی ق.، مرادی تلاوت م. ر. و نادری عارفی ع. (۱۳۸۹) فیزیولوژی کلزا. دانشگاه شهید چمران، اهواز. ۲۴۸ ص.
- عزیزی، خ.، نوروزیان ع. حیدری س. و یعقوبی م. (۱۳۹۰) بررسی تأثیر محلول‌پاشی عناصر روی و بُر بر عملکرد دانه، اجزای عملکرد، برخی شاخص‌های رشد، میزان روغن و پروتئین بذر کلزا (*Brassica napus* L.) در شرایط اقلیمی خرم‌آباد. دانش زراعت. ۴(۵): ۱-۱۶.
- محسن‌نیا ا. و جلیلیان ج. (۱۳۹۰) اثر تنش خشکی و منابع کودی بر عملکرد و اجزای عملکرد گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.). بوم‌شناسی کشاورزی. ۴(۳): ۲۳۵-۲۴۵.
- محمدری (۱۳۸۸) بیوشیمی. مولف برگ، ج. م. تیموزکو ج. و استرایر ل. انتشارات آبیژ. ۱۱۰۳ ص.
- مصطفوی‌راد م.، طهماسبی سروسستانی ز. مدرس ثانوی س. ع. م. و قلاوند ا. (۱۳۹۰) ارزیابی عملکرد، ترکیب اسیدهای چرب و میزان عناصر ریزمغذی در ارقام پرمحصول کلزا تحت تأثیر مقادیر مختلف گوگرد. تولید گیاهان زراعی. ۴(۱): ۴۳-۶۰.
- ملکوتی م. ج. و رضایی ح. (۱۳۸۰) نقش گوگرد، کلسیم و منیزیم در افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی. نشر آموزش کشاورزی، تهران. ۱۸۱ ص.
- نوروزیان ع.، پیری خ. حیدری س. و یعقوبی م. (۱۳۸۹) مطالعه تأثیر محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی روی و بُر بر میزان روغن دانه، عملکرد و اجزای عملکرد کلزا در شرایط اقلیمی خرم‌آباد. یازدهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران: ۲۹۸۴-۲۹۸۷.
- هوشمندفر ع. ر.، مراقبی ف. ارادتمند اصلی د. افدیده ف. حیدری ف. و مراقبی ف. (۱۳۸۹) بررسی اثر مقادیر مختلف محلول‌پاشی روی بر عملکرد روغن در ارقام کلزا. گیاه و زیست‌بوم. ۶(۲۴): ۵۷-۶۵.

13. Abdul Sattar MAC, Wahid MA, Saleem MF and Hassan M (2011) Interactive effect of sulphur and nitrogen on growth, yield and quality of Canola. *Crop and Environment*. 2(1): 32-37.
14. Ahmad G, Jan A, Arif M, Tariq Jan M and Shad H (2012) Effect of nitrogen and sulfur fertilization on yield components, seed and oil yields of Canola. *Plant Nutrition*. 34(14): 2069-2089.
15. Ahmad A and Abdin MZ (2000) Effect of sulphur application on lipid, RNA and fatty acid content in developing seed of rapeseed (*Brassica napus* L.). *Plant Science*. Pp. 71-76.
16. Ahmadi M (2010) Effect of zinc and nitrogen fertilizer rates on yield and yield components of oilseed Rape (*Brassica napus* L.). *American-Eurasian Journal Agriculture and Environment Science*. 7(3): 259-264.
17. Alloway BJ (2008) Zinc in soils and crop nutrition. Second edition. Published by IZA and IFA, Brussels, Belgium and Paris, France. 139 p.
18. Altaf A, Khanand V and Abdin MZ (2000) Effect of sulphur fertilization on oil accumulation, acetyl-Co A concentration and acetyl-Co A carboxylase activity in the developing seeds of rapeseed (*Brassica napus* L.). *Australian Journal Agriculture*. 51: 1023-1029.
19. Boem FHG, Prystupa P and Ferraris G (2007) Seed number and yield determination in sulfur deficient soybean crops. *Plant Nutrition*. 30: 93-104.
20. Brown PH and Hu H (1997) Does boron play only a structural role in the growing tissues of higher plants?. *Plant and Soil*. 196: 211- 215.
21. Bybordi A and Mamedov G (2010) Evaluation of application methods efficiency of zinc and iron for Canola (*Brassica napus* L.). *Notulae Scientia Biologicae*. 2(1): 94 -103.
22. Che B, Hrastar R, Tajnsek A and Kosir IJ (2008) Impact of source and application time of sulphur on the yield, oil content and protein content in winter oilseed rape. *Acta Agriculturae Slovenica*. 91(1): 5-14.
23. Desouky IM, Haggag LF, Abd El-Migeed MMM, Kishk YFM and El-Hady ES (2009) Effect of boron and calcium nutrients sprays on fruit set, oil content and oil quality of some olive cultivars. *Agricultural Sciences*. 5(2): 180-185.
24. Devi KN, Singh LNK, Singh MS, Singh SB and Singh KK (2012) Influence of sulphur and boron fertilization on yield, quality, nutrient uptake and economics of soybean (*Glycine max*) under upland conditions. *Agriculture Science*. 12: 421-431.
25. Du Randt ML (2011) The influence of nutrient solutions on growth, seed production and seed quality of Broccoli (*Brassica napus* L. var. italic plenck). University of Stellenbosch, ph. D. Dissertation.
26. Ebrahimian E, Bybordi A and Pasban Eslam B (2010) Efficiency of zinc and iron application methods on sunflower. *Food, Agriculture & Environment*. 8(3): 783-789.
27. Fageria NK and Baligar VC (2005). Encyclopedia of soils in the environment. In: Hillel D (Ed.), Nutrient Availability. San Diego, CA: Esvier. 63- 71
28. Jamal A, Moon YS and Abdin MZ (2010)

- Sulphur –A general overview and interaction with nitrogen. Crop Science. 4: 523-529.
29. Jan A, Khan N, Khan IA and Khattak B (2002) Chemical composition of canola as affected by nitrogen and sulphur. Plant Science. 1: 519- 521.
 30. Iwai H, Hokura A, Oishi M, Chida H, Ishii T, Sakai S and Satoh S (2006) The gene responsible for borate cross-linking of pectin rhamnogalacturonan-II is required for plant reproductive tissue development and fertilization. P. Natl. Acad. Sci. USA. 103:16592–16 597.
 31. Malhi SS, Gan Y and Raney JP (2007) Yield, seed quality, and sulfur uptake of *Brassica* oilseed crops in response to sulfur fertilization. Agronomy. 99(2):570-577.
 32. Marschner H (1995) Mineral nutrition of higher plants. 2nd ed. Academic Press. New York.
 33. Movahhedy- Dehnavy M, Modarres- Sanavy SAM and Mokhtassi- Bidgoli A (2009) Foliar application of zinc and manganese improves seed yield and quality of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) grown under water deficit stress. Industrial Crop and Products. 30: 82-92.
 34. Nasef MA, Badran NM and Abd El- Hamide AF (2006) Response of peanut to foliar spray with boron and/or rhizobium inoculation. Applied Sciences Research. 2(12): 1330-1337.
 35. Nuttal WF, Ukrainetz H, Stewart JWG and Spur DT (1987) The effect of nitrogen, sulphur and boron on yield and quality of rapeseed. Soil Science. 67: 545-559.
 36. Pedler JF, Parker DR and Crowley DE (2000) Zinc deficiency- induced phytosiderophore release by the Triticaceae is not consistently expressed in solution culture. Planta. 211: 120- 126.
 37. Ravi S, Channal HT, Hebsur NS, Patil BN and Dharmatti PR (2008) Effect of sulphur, zinc and iron nutrition on growth, yield, nutrient uptake and quality of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Karantaka Journa of Agriculture Science. 21(3): 382-385.
 38. Salwa AI, Eisa MM, Abass M, and Behary SS (2010) Amelioration productivity of sandy soil by using Amino acids, sulphur and micronutrients for sesame production. American Science. 6(11): 250-257.
 39. Sharifi SR (2012) Study of yield, yield attribute and dry matter accumulation of canola (*Brassica napus* L.) cultivars in relation to sulfur fertilizer. Agriculture and Crop Sciences. 4(7): 409-4150
 40. Sharma PN, Cattejee C, Agarwala SC, and Sharma CP (1990) Zinc deficiency and pollen fertility in maize (*Zea mays*). Plant and Soil. 124: 221- 225.
 41. Shekhawat K, Rathore SS, Premi OP, Kandpal BK and Chauhan JS (2012) Advances in Agronomic management of Indian Mustard (*Brassica juncea* L. Czernj. Cosson). Agronomy. 10: 1-14.
 42. Srivastava PC and Gupta UC (1996) Trace elements in crop production. Science Publishers, Lebanon, NH. 356 PP.
 43. Walter Heldt H and Piechulla B (2011) Plant biochemistry. 4 ed. Academic Press is an imprint of Elseveir. 622 P.

44. Yang M, Shi L, Xu FS, Lu JW and Wang YH (2009) Effects of B, Mo, Zn and their interactions on seed yield of rapeseed (*Brassica napus* L.). *Pedosphere*. 19(1): 53-59.
45. Zakaria MS, Hafez SA, Basyony AE and Alkassas AER (2006) Cottonseed, protein, oil yields and oil properties as affected by nitrogen fertilization and foliar application of potassium and a plant growth retardant. *Agricultural Sciences*. 2(1): 56-65.