تاثیر عناصر گوگرد، بُر، روی و برهمکنش آنها بر عملکرد کمی و کیفی دانه کلزا به عنوان کشت دوم در شالیزار

مجید مجیدیان[۱]، طیبه شجاع[۲] و محمد ربیعی[۳]

۱- **نویسنده مسوول:** استادیار دانشکده کشاورزی دانشگاه گیلان (ma_najidian@yahoo.cm)

۲- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی دانشگاه گیلان

۳- مربی موسسه تحقیقات برنج کشور

تاریخ دریافت: ۹۲/۶/۱۹ تاریخ پذیرش: ۹۳/۲/۳۰

چکیده

به منظور تاثیر عناصر روی، بُر و گوگرد بر خصوصیات زراعی کمی و کیفی کلزا رقم هایولا ٤٠١، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در سال زراعی۹۰-۱۳۸۹ در مزرعه تحقیقاتی موسسه تحقیقات برنج کشور اجرا شد. تیمارهای مورد مطالعه شامل شاهد (بدون مصرف کود)، روی، بُر، گوگرد، روی+ گوگرد، روی+ بُر، بُر+ گوگرد و گوگرد+ بُر+ روی بودند. کود گوگرد به صورت گُل گوگرد، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار و کودهای روی و بُر به صورت کلات روی و براکس، ۱/۵ و ۱/۵ کیلوگرم در هکتار به زمین زراعی داده شدند. نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تاثیر تیمارهای کودی بر تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین، وزن هزاردانه و عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. کمترین میزان درصد روغن دانه و عملکرد دانه مربوط به تیمار شاهد (بدون مصرف کود) و بیشترین مربوط به تیماری بود که هر سه عنصر کودی را دریافت کرده بودند. تیمار بُر+ روی+ گوگرد دارای بیشترین میزان اسید اولئیک (۲۲۹/٦ میلی‌گرم بر گرم) و اسید لینولنیک (۲۷/۱٤ میلی‌گرم بر گرم) بود. بالاترین مقدار اسید لینولئیک (۵۵/۵۵ میلی‌گرم بر گرم) در تیمار بُر+ روی به دست آمد. تیمار بُر+ روی و ترکیب گوگرد+ روی بالاترین میزان اسید استئاریک و پالمیتیک به ترتیب به مقدار ٦/۵۲۷ و ۱۵/٤۷ میلی‌گرم بر گرم را داشتند. بیشترین مقدار اسید اروسیک با میانگین ۰/۸۷۸ میلی-گرم بر گرم در تیمار شاهد مشاهده شد. با توجه به نتایج این آزمایش مصرف کودهای بُر، گوگرد و روی همراه با کودهای پایه می‌تواند به افزایش عملکرد کمی و کیفی گیاه کلزا کمک کند.

کلید واژه‌ها: اسید اروسیک، اسید لینولئیک، تعداد دانه در خورجین، روغن دانه

مقدمه

کلزا یکی از مهم‌ترین گیاهان روغنی است که به دلیل سازگاری با شرایط اقلیمی استان گیلان، کشت دوم آن بعد از برنج مورد توجه می‌باشد. کلزا ازخانواده شب-بو یا چلیپاییان با حدود ۳۵ تا ۵۰ درصد روغن در دانه و حدود ۳۵ تا ۴۵ درصد پروتئین در کنجاله، در میان گیاهان روغنی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (سارانی و همکاران، ۱۳۸۶). از آنجا که بخش اعظم روغن مصرفی کشور از خارج وارد می‌شود و با توجه به نیاز روزافزون کشور به روغن‌های خوراکی، کشت دانه‌های روغنی مانند کلزا و مدیریت صحیح آن‌ها برای افزایش عملکرد از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و اهمیت به این موضوع می‌تواند ما را در رسیدن به هدف نهایی خود که رسیدن به خودکفایی و خوداتکایی داخلی است برساند.

رشد، عملکرد و کیفیت کلزا تحت تأثیر عوامل مختلف مدیریتی از جمله تغذیه گیاهی قرار می‌گیرد. یکی از روش‌های مفید در افزایش عملکرد گیاهان

زراعی از جمله کلزا تعیین نیاز تغذیه‌ای مناسب با توجه به ویژگی‌های فیزیولوژیک رشد و نمو آنها است. بُر و روی دو عنصر ضروری ریزمغذی می‌باشند که برای رشد و نمو گیاهان عالی مورد نیاز می‌باشند (مارشنر[1]، ۱۹۹۵). گریول و گراهام[2] (۱۹۹۷) بیان کردند کاهش روی در خاک‌ها می‌تواند سبب توقف رشد گیاه و کاهش تولید شاخه‌های جانبی شده و عملکرد دانه کلزا را ۲۰ تا ۳۰ درصد کاهش دهد. احمدی (۱۳۸۹) در بررسی تاثیر سولفات روی بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه کلزا در منطقه بوشهر بیان کرد، اثر سولفات روی بر ارتفاع بوته، تعداد شاخه‌های فرعی و تعداد دانه در خورجین معنی‌دار نبود، اما بر روی تعداد خورجین در بوته و عملکرد دانه معنی‌دار می‌باشد، و بیشترین تعداد شاخه فرعی، تعداد خورجین، وزن هزار دانه و عملکرد دانه، از تیمار ۶۰ کیلوگرم سولفات روی در هکتار به دست آمد. امیدیان و همکاران (۱۳۸۹) در بررسی اثرات زمان محلول‌پاشی سولفات روی بر خصوصیت‌های کمی و کیفی چهار رقم کلزا بیان کردند، عملکرد، اجزای عملکرد و درصد روغن تحت تاثیر زمان‌های محلول‌پاشی معنی‌دار شد.

بُر نقش بسیار مهمی در سنتز و ساختمان دیواره سلولی و احتمالاً در پایداری غشاء سلولی دارد (آوایی و همکاران[3]، ۲۰۰۶). کمبود این عنصر باعث نمو غیرطبیعی در اندام‌های زایشی (هانگ و همکاران[4]، ۲۰۰۰) و کاهش عملکرد گیاه می‌شود (نبی و همکاران[5]، ۲۰۰۶). پورتر[6] (۱۹۹۳) گزارش کرد بُر در حفظ گلدهی و تولید میوه بسیار مهم است. تحقیقات صورت گرفته نشان داده که کاربرد بُر در ابتدای مرحله ظهور خورجین و پرشدن دانه، عملکرد دانه کلزا را تحت تاثیر قرار می‌دهد. نوروزیان و همکاران (۱۳۸۹) در مطالعه تاثیر محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی بُر و روی بر عملکرد و اجزای عملکرد کلزا بیان کردند، هر دو عامل تاثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه، میزان روغن بذور، تعداد دانه در خورجین در بوته داشتند. در این آزمایش بیشترین عملکرد دانه به میزان ۳۹۵۷ کیلوگرم در هکتار مربوط به تیمار محلول‌پاشی ۱۵ کیلوگرم در هکتار سولفات روی و ۱۰ کیلوگرم در هکتار اسید بوریک بود. خیاوی و همکاران (۱۳۸۶) گزارش کردند که برهمکنش بُر و روی بر افزایش عملکرد دانه در کلزا معنی‌دار بوده است. مرادی تلاوت و فتحی[7] (۲۰۰۷) نشان دادند که کاربرد ۱۰ کیلوگرم عنصر بُر در هکتار، باعث افزایش عملکرد دانه در کلزا شد که بیشتر مربوط به افزایش تعداد دانه در خورجین بود.

گوگرد یکی از عناصر حیاتی برای تغذیه گیاهان است که نقش آن در گیاهان، به طور عمده ساخت پروتئین، روغن و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی است. همچنین در پایین آوردن pH موضعی خاک و افزایش قابلیت دسترسی عناصر کم مصرف مهم می‌باشد (مارشنر، ۱۹۹۵). کلزا همانند دیگر اعضاء خانواده خردل، ترکیبات متعدد گوگردی در اندام‌های رویشی و دانه گیاه کلزا وجود دارد. در میان آنها گلوکوزینولات مهمترین ترکیبی است که میزان آن در برخی از ارقام، موسوم به دو صفر، که این ارقام دارای مقادیر بسیار ناچیزی اسید اروسیک و گلوکوزینولات می‌باشند، کاهش یافته است. بنابراین گوگرد اثر مستقیمی روی کیفیت، رشد و عملکرد دانه کلزا دارد (عزیزی و همکاران، ۱۳۷۸). جکسون[8] (۲۰۰۰) گزارش نمود که نیتروژن و گوگرد عملکرد را به وسیله تاثیر گذاشتن روی پارامترهای رشد افزایش داده و در نتیجه قدرت رشد و نمو کلزا را از طریق افزایش در تعداد و وزن خورجین و دانه بالا می‌برد. وین رایت[9] (۱۹۸۴) بیان کرد، استفاده از کود گوگرد می‌تواند میزان مس در اندام‌های هوایی گیاهان را تا ۲/۵ برابر افزایش دهد. سوادکوهی و

1- Marschner
2 - Grewal & Graham
3- Iwai *et al.*
4- Huang *et al.*
5- Nabi *et al.*
6- Porter
7- Moradi Talavat & Fathi
8 - Jackson
9 - Wainwright

همکاران (۱۳۸۹) در بررسی تاثیر سطوح مختلف نیتروژن و گوگرد بر عملکرد و اجزای عملکرد کلزا گزارش کردند تفاوت معنی‌داری بین تیمارهای اعمال شده در برخی از صفت‌ها نظیر تعداد خورجین در بوته، عملکرد دانه و درصد روغن دانه مشاهده شد. هدف از این پژوهش استفاده از سه عنصر گوگرد، روی و بُر برای اولین بار در بررسی عملکرد و ترکیب اسیدهای چرب کلزا در کشت دوم در شالیزارهای شهرستان رشت بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ در شهرستان رشت و در مزرعه تحقیقاتی موسسه تحقیقات برنج کشور واقع در کیلومتر ۵ جاده رشت- تهران اجرا شد. محل آزمایش دارای عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۲۷ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۹ درجه و ۳۷ دقیقه شرقی و ارتفاع منفی ۷ متر از سطح دریا بود. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد پژوهش در جدول ۱ آمده است.

برای اجرای آزمایش، ابتدا زمین مورد نظر که حدود ۲۱×۲۰ متر، به سه بلوک تقسیم شد و سپس هر بلوک به ۸ کرت تقسیم گردید. طول هر کرت ۵ متر و عرض آن ۱/۷۵ متر انتخاب شد و هر کرت دارای ۶ خط کاشت بود که فاصله بین دو ردیف ۲۵ سانتی‌متر و روی ردیف ۴ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. کاشت بذر در تاریخ ۱۵ آبان‌ماه و رقم هایولا ۴۰۱ به صورت دستی و به میزان ۱۰ کیلوگرم در هکتار صورت گرفت. عوامل مورد مطالعه شامل عناصر روی، گوگرد و بُر بودند. آزمایش شامل هشت تیمار کودی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و هشت تیمار اجرا شد. تیمارها شامل ۱- شاهد (بدون مصرف کود) ۲- عنصر روی ۳- عنصر بُر ۴- عنصر گوگرد ۵- روی+ گوگرد ۶- روی+ بُر ۷- بُر+ گوگرد و ۸- گوگرد+ بُر+ روی، بودند. کود گوگرد به صورت گُل گوگرد (از شرکت پتروشیمی شازند اراک)، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار و قبل از کاشت و کود روی و بُر به صورت کلات روی (IFTC-Amman) و براکس (ETI-Finland)، هر کدام به میزان ۱/۵ کیلوگرم در هکتار به زمین زراعی داده شدند. پس از برداشت کلزا (۲۵ اردیبهشت ۱۳۹۰) جهت تعیین تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین و وزن هزار دانه، ۱۰ بوته از هر کرت با رعایت اثر حاشیه‌ای انتخاب و به آزمایشگاه منتقل شد. برای محاسبه وزن هزار دانه با استفاده از ترازوی (Type Fx-300 GD-Korea) با دقت ۰/۰۰۱+ گرم استفاده شد. جهت تعیین عملکرد دانه از هر کرت دو متر مربع برداشت گردید و محصول هر کرت به طور جداگانه خرمنکوبی و دانه‌ها از خورجین‌ها جدا شدند و در آون با دمای ۷۵ درجه سلسیوس قرار گرفتند تا رطوبت دانه‌ها به صفر برسد، سپس با استفاده از ترازوی دقیق توزین شد. برای تعیین میزان روغن دانه‌ها، مقدار ۵۰ گرم از بذرهای برداشت شده از سطح عملکردی هر کرت قبل از خشک کردن، انتخاب و میزان روغن به روش سوکسله (Soxtec system HT 1043-Tecator-Sweden) و ترکیب اسیدهای چرب و مقدار آنها با استفاده از کروماتوگرافی گازی (مدل Unicam 4600)، ساخت کمپانی DANI ایتالیا تعیین گردید (یانگ و همکاران[1]، ۲۰۰۹). محاسبات آماری مربوط با استفاده از نرم افزار SAS نسخه ۹/۱ و مقایسه میانگین تیمارها با استفاده از آزمون توکی انجام شد.

نتایج و بحث

عملکرد دانه: نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که میان تیمارهای آزمایشی از نظر صفت عملکرد دانه اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین تیمارهای کودی نشان داد که تیمار گوگرد+ روی+ بُر، با میانگین ۴۹۶۵ کیلوگرم در هکتار، بیشترین و تیمار شاهد با میانگین ۳۸۶۰/۶ کیلوگرم در هکتار کمترین عملکرد دانه را داشتند (جدول ۳). در توضیح این افزایش

1 - Yang *et al.*

جدول ۱- خصوصیات شیمیایی خاک محل آزمایش

بافت	نیتروژن (درصد)	فسفر (میلی گرم بر کیلوگرم)	پتاسیم (میلی گرم بر کیلوگرم)	اسیدیته خاک	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	درصد کربن آلی	سولفات محلول (میلی اکی والان بر لیتر)	روی قابل جذب (میلی گرم بر کیلوگرم)	بُر قابل جذب (میلی گرم بر کیلوگرم)
سیلتی رسی	۰/۱۲	۶۴/۸	۲۱۶	۶/۷	۰/۳	۱/۴	۰/۶۲	۰/۹۴	۰/۰۲

عملکرد می‌توان گفت عنصر روی می‌تواند اثر مطلوبی بر فعالیت‌های فتوسنتزی برگ‌ها داشته باشد (ولچ[1]، ۱۹۹۵). عنصر روی با افزایش جزیی در تعداد شاخه در بوته، تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین و وزن هزار دانه سبب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه شد. کمبود عنصر روی بر متابولیسم کربوهیدرات اثر می‌گذارد و باعث خسارت به ساختار دانه‌های گرده گیاه و کاهش عملکرد گیاه می‌شود (فانگ و همکاران[2]، ۲۰۰۸). کاربرد بُر نیز باعث افزایش محتوی کلروفیل و شدت فتوسنتز در برگ‌ها، افزایش تجمع ماده خشک در گیاه، بهبود انتقال مواد فتوسنتزی از اندام‌های رویشی به اندام-های زایشی می‌شود، بنابراین باعث افزایش معنی‌داری در عملکرد می‌گردد (ناسف و همکاران[3]، ۲۰۰۶) . عنصر بُر نقش بسیار مهمی در سنتز و ساختمان دیواره سلولی و احتمالاً در پایداری غشاء سلولی دارد (آوایی و همکاران، ۲۰۰۶). کمبود بُر باعث نمو غیرطبیعی اندام‌های زایشی (هانگ و همکاران[4]، ۲۰۰۰) و کاهش عمکرد گیاه می-شود (نبی و همکاران[5]، ۲۰۰۶). به نظر می‌رسد گوگرد از طریق تاثیر بر افزایش تعداد خورجین باعث افزایش عملکرد شده است. ماسونی و همکاران[6] (۱۹۹۶) گزارش کردند که روی باعث افزایش عملکرد دانه می‌شود. در گزارشی دیگر هیتولت و همکاران[7] (۲۰۰۲) بیان کردند که محلول‌پاشی مس، منگنز، روی و آهن باعث افزایش عملکرد دانه در سویا می‌شود. در مطالعات که توسط چک‌مَک و همکاران[8] (۱۹۹۹) انجام شد به این نتیجه رسیدند که همه‌ی روش‌های کاربرد روی در گیاهان در افزایش عملکرد دانه همواره معنی‌دار بوده است. ساین و همکاران[9] (۱۹۷۵) مشاهده کردند که عنصر روی در افزایش عملکرد دانه در کلزا نقش بسیار معنی‌داری بازی می‌کند. با توجه به جدول مقایسه میانگین (جدول ۳) کاربرد عناصر گوگرد، روی و بُر به تنهایی باعث افزایش عملکرد دانه به میزان ۱۶/۵، ۶ و ۱۳/۵ درصد نسبت به تیمار شاهد شد و ترکیب دوگانه کودی باعث افزایش بیشتر عملکرد دانه نسبت به کاربرد تنهای آنها شد و بیشترین افزایش عملکرد دانه به میزان ۲۹ درصد در تیمار گوگرد+ بُر+ روی دیده شد. میزان عملکرد دانه در تیمار (گوگرد+ بُر) و تیمار (گوگرد+ روی) و تیمار (روی+ بُر) به ترتیب ۲۴/۵، ۲۳ و ۲۰ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش داشته است. کاربرد این ترکیبات تاثیری بر اسیدیته خاک به دلیل بالا بودن ظرفیت بافری خاک نداشت، به دلیل معنی‌دار نشدن اثر اسیدیته اعداد ذکر نشده است.

وزن هزار دانه: نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که میان تیمارهای آزمایشی از نظر صفت وزن هزار دانه اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد وجود داشت (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین تیمارهای کودی نشان داد که تیمار بُر+ روی+ گوگرد، با میانگین ۵/۷۴ گرم، بیشترین و تیمار شاهد با میانگین ۴/۸۲ گرم کمترین وزن هزار دانه را داشتند (جدول ۳). با توجه به جدول مقایسه میانگین (جدول ۳) کاربرد عناصر گوگرد، روی و بُر به تنهایی باعث افزایش وزن هزار دانه

1 - Welch
2 - Fang *et al.*
3 - Nasef *et al.*
4 - Huang *et al.*
5 - Nabi *et al.*
6 - Masoni *et al.*
7 - Heitholt *et al.*
8 - Cakmak *et al.*
9 - Singh *et al.*

به میزان ۴/۵، ۲/۵ و یک درصد نسبت به تیمار شاهد شد و ترکیب دوگانه کودی باعث افزایش بیشتر وزن هزاردانه نسبت به کاربرد تنهایی آنها شد و بیشترین افزایش وزن هزاردانه نسبت به تیمار شاهد به میزان ۱۹ درصد در تیمار سه کودی دیده شد. نتایج این آزمایش با تحقیقات مِی و همکاران[1] (۲۰۰۹) که به بررسی تاثیر سه عنصر بُر، مولیبدن و روی در کلزا انجام دادند و باعث افزایش وزن هزاردانه در اثر این سه عنصر شد، مطابقت داشت.

تعداد دانه در خورجین: تعداد دانه در خورجین یکی از اجزای مهم عملکرد محسوب می‌شود. از آنجا که دانه‌ها محل ذخیره مواد تولید شده هستند، به نظر می‌رسد که هر چه تعداد دانه‌ها در خورجین بیشتر باشد، مخزن بزرگتری برای ذخیره مواد بوجود آید (ماکینو و همکاران[2]، ۱۹۸۸). نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که میان تیمارهای آزمایشی از نظر صفت تعداد دانه در خورجین اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت (جدول ۲). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که تیمار (گوگرد+ روی+ بُر) با میانگین ۲۹/۷ عدد، بیشترین تعداد خورجین در بوته و تیمار (شاهد) با میانگین ۲۴/۳ عدد، کمترین تعداد خورجین در بوته را داشت (جدول ۳). افزایش تعداد دانه در خورجین در اثر کودهای روی و بُر شاید به این دلیل باشد که بُر نقش کلیدی در انتقال آب و مواد غذایی از ریشه به اندام‌های هوایی بازی می‌کند (ریهم و همکاران[3]، ۱۹۹۸). تولید بیشتر کلروفیل و IAA باعث تاخیر در پیری گیاه و در نتیجه طولانی شدن دوره فتوسنتز می‌شود. این امر باعث بهبود تولید کربوهیدرات‌ها و انتقال آنها به دانه‌های در حال رشد می‌شود (ویتوش و همکاران[4]، ۱۹۹۷). روئی و همکاران[5] (۱۹۹۷) نشان دادند که گوگرد نسبت اندام‌های زایشی به کل ماده خشک گیاهی را افزایش می‌دهد و کمبود گوگرد سبب توقف رشد اندام‌های زایشی و حتی منجر به عقیمی خورجین‌ها می‌شود. با توجه به جدول مقایسه میانگین (جدول ۳) کاربرد عناصر گوگرد، روی و بُر به تنهایی باعث افزایش تعداد دانه در خورجین به میزان ۱۲/۵، ۶ و ۱۱/۵ درصد نسبت به تیمار شاهد شد و ترکیب دوگانه کودی باعث افزایش بیشتر تعداد دانه در خورجین نسبت به کاربرد تنهایی آنها شد و بیشترین افزایش تعداد دانه در خورجین نسبت به تیمار شاهد به میزان ۲۲/۵ درصد در تیمار سه کودی دیده شد. لذا استفاده از ترکیب دوتایی و سه‌تایی عناصر دارای اثرات بسیار بیشتری بر تعداد دانه در خورجین نسبت به استفاده هر یک از عناصر به تنهایی است (جدول ۳).

تعداد خورجین در بوته: نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که میان تیمارهای مورد آزمایش از نظر صفت تعداد خورجین در بوته اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت (جدول ۲). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که تیمار (گوگرد+ روی+ بُر) با میانگین ۳۱۹/۷ عدد، بیشترین تعداد خورجین در بوته و تیمار (شاهد) با میانگین ۱۹۹/۷ عدد، کمترین تعداد خورجین در بوته را داشت (جدول ۳). با توجه به جدول مقایسه میانگین (جدول ۳) کاربرد عناصر گوگرد، روی و بُر به تنهایی باعث افزایش تعداد کل خورجین در بوته به میزان ۳۲/۵، ۲۵/۵ و ۱۴ درصد نسبت به تیمار شاهد شد و بیشترین افزایش تعداد کل خورجین در بوته به میزان ۶۰ درصد در تیمار گوگرد+ بُر+ روی دیده شد. کود گوگرد موجب افزایش ارتفاع گیاه شد که به علت نفوذ بیشتر نور در داخل پوشش گیاهی و افزایش تعداد شاخه‌ی فرعی در بوته، باعث افزایش تعداد خورجین در بوته نیز گردید. بنابراین افزایش سطح سبز گیاهی و تعداد شاخه‌های فرعی در گیاه منجر به افزایش تولید مواد فتوسنتزی و تولید

1 - Mei *et al.*
2 - Makino *et al.*
3 - Rehem *et al.*
4 - Vitosh *et al.*
5 - Roe *et al.*

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس صفت‌های مورد مطالعه در آزمایش

منبع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد دانه	وزن هزار دانه	دانه در خورجین	خورجین در بوته	میزان روغن دانه	میانگین اسید استئاریک	مربعات اسید پالمیتیک	اسید اولئیک	اسید لینولئیک	اسید لینولنیک	اسید اروسیک
بلوک	۲	۲۶۱۱۷/۴۱	۰/۰۰۵	۰/۲۹	۷۷۷۷/۵۴	۷/۷۳	۴/۳۹	۱/۲۳	۲۴۰/۷	۲۱/۱۱	۱۱/۳۷	۰/۱۰۶
تیمار	۷	۴۱۸۴۶۲/۶۷**	۰/۳۹**	۹/۱۸**	۴۶۸۵/۸**	۲۷/۵۳**	۱/۴۸*	۳/۳۷**	۱۵۸۵/۲**	۵۳/۰۶**	۲۸/۹۱**	۰/۰۶۴**
خطا	۱۴	۳۰۵۳۹/۳۴	۰/۰۰۲۸	۰/۲۹	۲۵۹/۵۴	۰/۳۴	۰/۸۳	۰/۳۱۸	۸۸/۸۲	۱/۹۴	۳/۵۹	۰/۰۰۱۵
ضریب تغییرات (درصد)	-	۱۸/۸	۱۶/۱	۱۳/۹	۱۶/۱	۱۵/۵	۱۶/۶	۴/۱	۴/۷	۱۲/۸	۸/۱	۵/۷

ns، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ ٪

جدول ۳- مقایسه میانگین عناصر بُر، روی و گوگرد از نظر صفت‌های گیاهی کلزا (هیبرید هایولا ۴۰۱)

تیمار	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	افزایش (درصد)	وزن هزاردانه (گرم)	افزایش (درصد)	تعداد دانه در خورجین	افزایش (درصد)	تعداد خورجین در بوته	افزایش (درصد)	روغن دانه (درصد)	افزایش (درصد)
شاهد	۳۸۶۰/۶^{d}	صفر	۴/۸۲^{e}	صفر	۲۴/۳۰^{d}	صفر	۱۹۹/۷^{e}	صفر	۳۳/۶۵^{f}	صفر
بُر	۴۳۷۷/۹^{bc}	۱۳/۵	۴/۸۶^{e}	۱	۲۷^{bc}	۱۱/۵	۲۲۷/۷^{de}	۱۴	۳۷/۸۹^{d}	۱۳
روی	۴۰۹۱/۶^{cd}	۶	۴/۹۴^{de}	۲/۵	۲۵/۷۰^{cd}	۶	۲۵۰/۳^{cd}	۲۵/۵	۳۵/۴۷^{e}	۵/۵
گوگرد	۴۴۹۶/۱^{ac}	۱۶/۵	۵/۰۴^{cd}	۴/۵	۲۷/۳۰^{b}	۱۲/۵	۲۶۴$^{b-d}$	۳۲/۵	۳۹/۳۷^{cd}	۱۷
بُر+گوگرد	۴۸۰۸/۷^{ab}	۲۴/۵	۵/۵۷^{b}	۱۵/۵	۲۷/۷۰^{b}	۱۴	۲۸۲/۳$^{a-c}$	۴۱/۵	۴۰/۰۲^{bc}	۱۹
بُر+روی	۴۶۲۰/۸^{ab}	۲۰	۵/۱۷^{c}	۷/۵	۲۷/۳۰^{b}	۱۲/۵	۲۷۲/۷$^{b-d}$	۳۷	۴۱/۲۶^{ab}	۲۳
گوگرد+روی	۴۷۴۴/۹^{ab}	۲۳	۵/۵۸^{b}	۱۶	۲۹/۳۰^{a}	۲۱	۳۰۶/۳^{ab}	۵۳/۵	۴۰/۵۴^{bc}	۲۰/۵
بُر+گوگرد+روی	۴۹۶۵^{a}	۲۹	۵/۷۴^{a}	۱۹	۲۹/۷۰^{a}	۲۲/۵	۳۱۹/۷^{a}	۶۰	۴۲/۶۶^{a}	۲۷

در هر ستون تیمارهایی که حداقل یک حرف مشترک دارند، تفاوت معنی‌داری از نظر آزمون توکی در سطح احتمال ۵ ٪ ندارند.

خورجین در گیاه در واحد سطح می‌شود. در گیاه کتان، عنصر روی باعث انتقال بهتر مواد فتوسنتزی می‌شود و مستقیماً وزن قوزه‌ها را تحت تاثیر قرار می‌دهد. علاوه بر این عنصر روی پیش‌ماده مورد نیاز برای تولید ایندول ۳- استیک اسید می‌باشد. این هورمون عامل اصلی جلوگیری از ریزش قوزه‌ها در کتان است. می‌توان همین نقش را نیز برای روی در جلوگیری از ریزش خورجین‌ها در کلزا در نظر گرفت (راتیناول و همکاران[1]، ۲۰۰۰). همچنین گرده افشانی ضعیف از دلایلی است که باعث از دست رفتن خورجین‌های بالقوه در گیاه می‌شود (عزیزی و همکاران، ۱۳۷۸). بر اساس نتایج تحقیقات، شکل‌گیری اندام‌های جنسی نر و ماده و فرآیند گرده‌افشانی بر اثر کمبود روی، مختل می‌شوند. آنها این امر را به کاهش تولید ایندول استیک اسید نسبت می‌دهند (براون و همکاران[2]، ۱۹۹۳). همچنین محققان بیان کردند که بُر یک عنصر ضروری برای جوانه‌زنی دانه‌های گرده و رشد لوله گرده می‌باشد (مارشنر[3]، ۱۹۹۵). آنها معتقدند که جذب ناچیز بُر در خاک، باعث اختلال در امر گرده‌افشانی و در نتیجه عقیم شدن گیاه می‌شود (ویتوش و همکاران[4]، ۱۹۹۴).

میزان روغن دانه: نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که تیمار بُر+ روی+ گوگرد با میانگین ۴۲/۶۶ درصد بیشترین و تیمار شاهد با میانگین ۳۳/۶۵ درصد کمترین میزان روغن را داشتند (جدول ۳). نتایج این

1 - Rathinavel *et al.*

2 - Brown *et al.*
3 - Marschner
4 - Vitosh *et al.*

آزمایش با نتایج بدست آمده توسط عزیزی و همکاران (۱۳۹۰) مبنی بر تأثیر دو عنصر بُر و روی بر افزایش روغن در کلزا و مصطفوی‌راد و همکاران (۱۳۹۰) مبنی بر تأثیر گوگرد بر افزایش روغن در کلزا مطابقت داشت. ناسف و همکاران[1] (۳۴) علت افزایش روغن در بادام زمینی را با مصرف عنصر بُر به نقش این عنصر در واکنش‌های متابولیکی اساسی در گیاه و همچنین در تعدادی از مسیرهای متابولیکی مثل انتقال قند، تعرق، متابولیسم کربوهیدرات‌ها، ایندول استیک اسید، RNA و فنول نسبت داده‌اند. گوگرد به شکل گروه تیول در ساختار کوآنزیم آ شرکت می‌کند که این کوآنزیم در تشکیل استیل کوآنزیم آ به عنوان شروع کننده مسیر بیوسنتزی اسیدهای چرب نقش ویژه‌ای دارد (سالوا و همکاران[2]، ۲۰۱۰)، کمبود آن می‌تواند باعث کاهش فعالیت آنزیم استیل کوآنزیم آ کربوکسیلاز و در نتیجه منجر به کاهش بیوسنتز روغن گردد (التاف و همکاران[3]، ۲۰۰۰). گوگرد در ساختار کوآنزیم آ، ویتامین‌های ب ۱ (تیامین) و ب ۷ (بیوتین) شرکت دارد (سالاردینی و مجتهدی، ۱۳۶۷). فرم کوآنزیمی این ویتامین‌ها به ترتیب سبب دکربوکسیلاسیون و کربوکسیلاسیون در سلول‌ها می‌گردد. با توجه به اینکه محصول فتوسنتز قند است و باید در دانه بتواند به روغن تبدیل شود باید متابولیت سه کربنه پیروات (محصول نهایی گلیکولیز) به استیل کوآ (متابولیت ۲ کربنه) ماده اولیه سازنده اسید چرب تبدیل شود. از طرفی استیل کوآ با فعالیت آنزیم استیل کوآ کربوکسیلاز به مانونیل کوآ (متابولیت سه کربنه) تبدیل می‌شود که بیوتین نقش دارد. لذا اگر گوگرد کم باشد تولید ماده اولیه بیوسنتز اسید چرب و مسیر بیوسنتزی آن با کاهش عملکرد مواجه می‌شود و می‌تواند سبب افت درصد روغن شود (مارشنر[4]، ۱۹۹۵). به طور کلی نتایج آزمایش حاضر نشان‌دهنده آن است که استفاده از سه عنصر گوگرد، روی و بُر اثر مثبت بر میزان روغن دانه داشته است و این موضوع می‌تواند توجیهی برای مصرف خاکی این سه عنصر در افزایش عملکرد دانه و به تبع آن افزایش میزان روغن دانه باشد.

ترکیب اسیدهای چرب: به طورکلی روغن‌ها و چربی‌ها از اسیدهای چرب اشباع شده و اشباع نشده حاصل می‌شوند. از اسیدهای چرب اشباع شده می‌توان به اسیدهای چرب بوتریک، کاپریک، میرستیک، لوریک، پالمتیک، استئاریک، لینوسریک و غیره و از اسیدهای چرب اشباع نشده به اسیدهای چرب اولئیک، اروسیک، لینولئیک، لینولنیک، آراشیدونیک و غیره اشاره نمود. براساس نتایج تجزیه واریانس عناصر غذایی بر اسیدهای چرب روغن دانه تأثیر معنی‌دار گذاشت. نتایج بدست آمده از این آزمایش نشان داد که تاثیر تیمارهای آزمایشی بر صفت اسید استئاریک دانه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). مقایسه میانگین داده-ها نشان داد که تیمار بُر+ روی با میانگین ۶/۵۲۷ میلی گرم بر کیلوگرم بیشترین و تیمار بُر با میانگین ۴/۵۴۲ میلی گرم بر کیلوگرم کمترین میزان اسید استئاریک در روغن را داشتند (جدول ۴). اثر دو عنصر روی و منگنز سبب افزایش اسید اولئیک و لینولئیک و کاهش اسید استئاریک در گلرنگ شد (پدلر و همکاران[5]، ۲۰۰۰). نتایج یک بررسی در انستیتو تحقیقاتی گیاهان زراعی مناطق نیمه خشک حاره‌ای در هند نشان داد که اثر دو عنصر نیتروژن و گوگرد بر ترکیب اسیدهای چرب خردل هندی با کاربرد توأم ۱۲۵ کیلوگرم نیتروژن و ۲۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار باعث افزایش معنی‌دار اسید پالمیتیک، اولئیک، لینولئیک و لینولنیک و کاهش اسید استئاریک و اروسیک و گلوکوزینولات دانه شد (زکریا و همکاران[6]، ۲۰۰۶).

اسید پالمیتیک: نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تاثیر تیمارهای آزمایشی بر صفت

1 - Nasef *et al.*
2 - Salwa *et al.*
3 - Altaf *et al.*
4 - Marschner
5 - Pedler *et al.*
6 - Zakaria *et al.*

اسید پالمیتیک دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که تیمار روی+ گوگرد با میانگین ۱۵/۴۷ میلی گرم بر کیلوگرم بیشترین و تیمار گوگرد+ بُر با میانگین ۱۲/۷۴ میلی گرم بر کیلوگرم کمترین میزان اسید پالمیتیک در روغن را داشتند (جدول ۴). تاثیر مصرف عناصر گوگرد، روی و بُر بر میزان اسید پالمیتیک افزایشی بود، و اثر تیمارهای حاوی روی بر میزان افزایش آن مؤثرتر از دو عنصر دیگر می‌باشد. به طور مثال گوگرد یک ماده متشکله کوآنزیم آ می‌باشد، و زمانی که با اسید استیک ترکیب می‌شود استیل کوآنزیم آ به وجود می‌آید که نقش مهمی در متابولیسم چربی‌ها بازی می‌کند (والترهلد و پایکولا[1]، ۲۰۱۱). احمد و آبدین[2] (۲۰۰۰) در مطالعه اثر روش‌های مصرف گوگرد بر ترکیب اسیدهای چرب و مقدار در شلغم روغنی گزارش کردند 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 بدست آمد. در آزمایشی دیگر که بر روی گیاه کلزا انجام شد، کاربرد دو عنصر روی و آهن به صورت برگ‌پاش سبب افزایش معنی‌داراسید پالمیتیک نسبت به شاهد (بای بوردی و مامیدو[3]، ۲۰۱۰).

اسید اولئیک: نتایج این بررسی نشان داد (جدول ۲) که تاثیر تیمارهای آزمایشی بر صفت میلی گرم بر کیلوگرم اسید اولئیک در روغن در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد (جدول ۴) که تیمار بُر+ روی+ گوگرد با میانگین ۲۲۹/۶ میلی گرم بر کیلوگرم اسید اولئیک در روغن اختلاف معنی‌داری را در صفت مقدار اسید اولئیک نسبت به سایر تیمارها نشان داد. کمترین مقدار اسید اولئیک در روغن در تیمار شاهد با میانگین ۱۵۸/۳ میلی گرم بر کیلوگرم بدست آمد. مصرف عنصر روی اثر معنی‌داری بر اولئیک اسید و اسیدهای چرب غیراشباع نهایی (اولئیک و لینولئیک) و نسبت بین اسیدهای چرب غیراشباع به اسیدهای چرب اشباع در پنبه شد، که بدلیل اثر مطلوب عنصر روی بر واکنش‌های متابولیکی بنیادی در بافت‌های گیاهی است. همچنین تعداد بسیار زیادی از آنزیم‌های گیاهی، پیوند بین آنزیم و سوبسترا و یا هر دوی آنها به‌وسیله عنصر روی فعال می‌شوند (زکریا و همکاران[4]، ۲۰۰۶). در ارزیابی اثر گوگرد بر ترکیب اسیدهای چرب و عملکرد کلزا مشاهده شد اثر مقادیر مختلف گوگرد و برهمکنش رقم×گوگرد بر عملکرد دانه و ترکیب اسیدهای چرب معنی‌دار شد. تیمار ۴۰ کیلوگرم گوگرد خالص در هکتار و رقم مودنا از لحاظ میزان اسید اولئیک بر تیمارهای دیگر برتری داشت (محمدی، ۱۳۸۸). کاربرد محلول‌پاشی ۱۰۰ پی‌پی‌ام بُر + ۲ درصد کلسیم در سه رقم زیتون سبب افزایش اسید اولئیک از ۵۸/۵ میلی گرم بر کیلوگرم ، ۶۲/۷ میلی گرم بر کیلوگرم و ۶۴/۴ میلی گرم بر کیلوگرم به‌ترتیب به ۶۷/۷ میلی گرم بر کیلوگرم ، ۷۱ میلی گرم بر کیلوگرم و ۷۰/۶ میلی گرم بر کیلوگرم درسه تیمار مورد بررسی شد (دوی و همکاران[5]، ۲۰۱۲). افزایش اسید چرب اولئیک دارای چندین مزیت برای سلامتی انسان می باشد، روغن با سطوح بالاتر اسید چرب اولئیک باعث کاهش کلسترول خون می شود. از این رو باعث کاهش بیماری های قلبی-عروقی[6] می‌شود. چنین روغنی از نظر شیمیایی نسبت به روغن معمولی پایدارتر می‌باشد. چون حساسیت کمتری به اکسیدشدن دارد. همچنین کاربرد روغن با میزان بیشتر اسید چرب اولئیک ممکن است کیفیت مواد غذایی (گوشت) را بهبود بخشد (کورن ول[7]، ۲۰۰۰).

اسید لینولئیک: تاثیر تیمارهای آزمایشی بر صفت اسید لینولئیک در روغن در سطح احتمال یک درصد

1 - Walter Heldt & Piechulla
2 - Ahmad & Abdin
3 - Bybordi & Mamedov
4 - Zakaria *et al*.
5 - Devi *et al.*
6 - Cardiovascular
7 - Cormwell

معنی‌دار شد (جدول ۲). نتایج حاصل از مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که تیمار بُر+ روی با میانگین ۵۵/۵۵ میلی گرم بر کیلوگرم بیشترین و تیمار شاهد با میانگین ۴۱/۴۱ میلی گرم بر کیلوگرم اسید لینولئیک در روغن را داشتند (جدول ۴). مصرف عناصر گوگرد، روی و بُر به صورت تنها و هم به صورت ترکیب توأم سبب افزایش اسید لینولئیک نسبت به شاهد شد. در یک مطالعه که اثر دو منبع گوگرد (سولفات پتاسیم و ژیپس) و زمان مصرف آنها بر دو رقم شلغم روغنی مورد بررسی قرار گرفت، نتایج نشان داد که اثر هر دو منبع گوگرد سبب افزایش اسیدهای چرب غیر اشباع اولئیک، لینولئیک و لینولنیک در هر دو رقم شد (دسوکی و همکاران[1]، ۲۰۰۹). زمانی که میزان مصرف سولفات روی در پنبه از صفر به ۶۰ کیلوگرم در هکتار افزایش یافت مقدار اسید لینولئیک از ۵۳/۴ درصد به ۵۴/۵۵ درصد بهبود یافت (زکریا و همکاران[2]، ۲۰۰۶). در آزمایشی دیگر 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 بوریک + T_4 و T_6- RDF + بقایای گیاهان زراعی بر ترکیب اسیدهای چرب خردل هندی نشان داد که بیشترین مقدار اسید لینولئیک در تیمار T_5 (شامل یک کیلوگرم اسید بوریک + T_4) و کمترین مقدار آن در T_1 بدست آمد (زکریا و همکاران، ۲۰۰۶).

اسید لینولنیک: نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد (جدول ۲) که تاثیر تیمارهای آزمایشی بر صفت درصد اسید لینولنیک در روغن در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد (جدول ۴) که تیمار بُر+ روی+ گوگرد با میانگین ۲۷/۱۴ میلی گرم بر کیلوگرم اسید لینولنیک در روغن اختلاف معنی‌داری را در صفت مقدار اسید لینولنیک نسبت به شاهد نشان داد. کمترین مقدار اسید لینولنیک در روغن در تیمار شاهد با میانگین ۱۷/۱۱ میلی گرم بر کیلوگرم بدست آمد. در آزمایشی که به منظور بررسی روش‌های مختلف مصرف دو عنصر روی و آهن بر ترکیب اسیدهای چرب آفتابگردان انجام شد، نتایج نشان داد که استفاده خاک کاربرد دو عنصر روی و آهن سبب افزایش معنی‌دار اسید لینولنیک نسبت به شاهد شد (فاجریا و بالیگار[3]، ۲۰۰۵). در مطالعه دیگر با کاربرد برگ‌پاشی ۱۰۰ پی‌پی‌ام بُر + ۲٪ کلسیم در سه رقم زیتون سبب افزایش اسید لینولنیک در دو رقم شد، اما در یک رقم مقدار اسید لینولنیک تغییری نکرد (دوی و همکاران[4]، ۲۰۱۲). مصطفوی‌راد و همکاران (۱۳۹۰) نشان دادند با افزایش سطوح گوگرد مقدار اسید لینولنیک در کلزا افزایش یافت و بیشترین مقدار اسید لینولنیک در اثر متقابل رقم×گوگرد در تیمار لیکورد + ۴۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار بدست آمد.

اسید اروسیک: از آنجایی که مقدار مجاز اسید چرب اروسیک، طبق استاندارد اعلام شده توسط مرجع کدکس حداکثر یک درصد کل اسیدهای چرب موجود می‌تواند باشد و در این آزمایش چون رقم مورد آزمایش از ارقام دوصفر و دارای میزان اسید اروسیک کم می‌باشد لذا می‌توان اثرات تیمارهای مختلف در این آزمایش را بر اسید چرب اروسیک معنی‌دار دانست. نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد (جدول ۲) که تاثیر تیمارهای آزمایشی بر صفت درصد اسید اروسیک در روغن در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد (جدول ۴) که بیشترین و کمترین مقدار اسید اروسیک در تیمار شاهد با میانگین/۰ میلی گرم بر کیلوگرم و تیمار بُر+ روی با میانگین ۰/۴۳۲ میلی گرم بر کیلوگرم بدست آمد. مصرف هر یک از عناصر گوگرد، روی و بُر سبب کاهش اسید اروسیک شد، اما مصرف ترکیبی عناصر سبب کاهش ۸۷۸ بیشتر

1 - Desouky *et al.*
2 - Zakaria *et al.*
3 - Fageria & Baligar
4 - Devi *et al.*

جدول ٤- مقایسه میانگین عناصر بُر، روی، گوگرد و برهمکنش آنها بر میزان اسیدهای چرب درکلزا رقم هایولا ٤٠١

تیمار	اسید استئاریک	اسید پالمتیک	اسید اولئیک	اسید لینولئیک	اسید لینولنیک	اسید اروسیک
	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	۶/۱۱۲^{ab}	۱۳/۲۷^{c}	۱۵۸/۳^{e}	۴۱/۴۱^{e}	۱۷/۱۱^{d}	۰/۸۷۸^{a}
بُر	۴/۵۴۲^{b}	۱۳/۱۸^{c}	۱۹۷/۱^{cd}	۴۸/۰۳^{cd}	۲۳/۲۵^{bc}	۰/۶۴۱^{cd}
گوگرد	۶/۰۹۶^{ab}	۱۲/۸۸^{c}	۱۸۸/۳^{d}	۴۶/۰۶^{d}	۲۲/۰۵^{c}	۰/۸۱۵^{ab}
روی	۵/۰۷۸^{ab}	۱۳/۷۷^{bc}	۱۹۳/۶^{d}	۴۷/۰۳^{cd}	۲۲/۵۱^{c}	۰/۷۵^{b}
بُر+ گوگرد	۴/۸۳۳^{ab}	۱۲/۷۴^{c}	۲۱۱/۸^{bc}	۵۲/۳۲^{b}	۲۳/۶۵$^{a-c}$	۰/۵۷۹^{de}
بُر+روی	۶/۵۲۷^{a}	۱۴/۶۷^{ab}	۲۲۷/۶^{ab}	۵۵/۵۵^{a}	۲۶/۵۸^{ab}	۰/۴۳۲^{f}
گوگرد+روی	۵/۱۵۱^{ab}	۱۵/۴۷^{a}	۲۰۳/۲^{cd}	۴۸/۵۸^{cd}	۲۴/۴۵$^{a-c}$	۰/۶۶۱^{c}
بُر+گوگرد+ روی	۵/۵۱۴^{ab}	۱۵/۱۴^{a}	۲۲۹/۶^{a}	۴۹/۴۸^{c}	۲۷/۱۴^{a}	۰/۵۵۷^{e}

در هر ستون تیمارهایی که حداقل یک حرف مشترک دارند، تفاوت معنی‌داری از نظر آزمون توکی در سطح احتمال ۵٪ ندارند.

اسید اروسیک نسبت به مصرف آنها به‌صورت جداگانه شد. در این تحقیق عناصر غذایی باعث کاهش میزان اسید اروسیک شد. در اثرات عناصر به تنهایی، عنصر بُر باعث کاهش میزان اسید اروسیک نسبت به گوگرد و روی شد و عنصر روی نیز باعث اختلاف معنی‌دار نسبت به شاهد گردید اما در عنصر گوگرد تفاوت معنی‌دار مشاهده نشد. کمترین میزان اسید اروسیک در تیمار بُر+ روی مشاهده شد. نتایج این تحقیق نشان داد که میزان اسید چرب اروسیک عمدتا تحت کنترل ژنوتیپ‌هاست و عناصر غذایی اثرات کمی بر روی میزان اسید اروسیک کلزا دارند (جدول ۴). در اثر سه عنصر روی، بُر و مولیبدن بر عملکرد کمی و کیفی کلزا مشاهده شد که در بین تیمارهای اثرات اصلی و اثر متقابل سه عنصر بر مقدار اسید اروسیک در روغن، تنها تیمار بُر سبب کاهش معنی‌دار اسید اروسیک در روغن شد (یانگ و همکاران[1]، ۲۰۰۹). کاهش اسید اروسیک در هیبرید PGSH-51 در اثر مصرف گوگرد بدلیل تاثیر گوگرد بر طول زنجیره آنزیمی در سیستم آنزیمی می‌باشد و بدین وسیله باعث کاهش اسید اروسیک می‌شود.

نتایج این بررسی نشان داد که مصرف عناصر گوگرد، روی و بُر سبب افزایش عملکرد و اجزای عملکرد، مقدار روغن دانه و درصد اسیدهای چرب نسبت به شاهد شد. همچنین ترکیب اسیدهای چرب در کلزا نسبت به کاربرد عناصر گوگرد، روی و بُر واکنشی مثبت نشان داده و کیفیت آن با افزایش اسیدهای غیراشباع و کاهش اسید اروسیک ارتقاء یافت. با توجه به نتایج این آزمایش مصرف کودهای بُر، گوگرد و روی همراه با کودهای پایه می‌تواند به افزایش عملکرد کمی و کیفی گیاه کلزا در کشت دوم در شالیزارهای شمال کشور کمک کند.

سپاس گزاری

این طرح طبق قرارداد شماره ۲۷-۷۸۴ تاریخ ۹۰/۳/۲ توسط معاونت پژوهشی دانشگاه گیلان تامین اعتبار شده است. بدین وسیله از معاونت محترم پژوهشی دانشگاه گیلان که هزینه‌های اجرای این طرح را فراهم نموده‌اند صمیمانه قدردانی می‌شود.

1 - Yang *et al.*

منابع

۱. احمدی، م. ۱۳۸۹. بررسی تاثیر نیتروژن و سولفات روی بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه کلزا در بوشهر. یازدهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. تهران. ۲۴۵۱-۲۴۵۳.

۲. امیدیان، ا.، سیادت، س.ع.، ملکی، ا.ع. و ناصری، ر. ۱۳۸۹. بررسی اثرات زمان محلول‌پاشی سولفات روی بر خصوصیات کمی و کیفی چهار رقم کلزا در منطقه سرابله. یازدهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. تهران. ۳۰۵۲-۳۰۵۵.

۳. خیاوی، م.، اسماعیلی، م. و خورشیدی، ب. ۱۳۸۶. برهمکنش روی و بُر بر عملکرد و کیفیت کلزا. دهمین کنگره علوم خاک. ایران. کرج. ۷۹۱-۷۹۲.

۴. سارانی، ش.ا.، شریفی‌تهرانی، احمدزاده، ع.م. و جوان‌نیکخواه، م. ۱۳۸۶. کارایی باکتری‌های سودوموناس در کنترل بیولوژیکی *Rhizoctonia solani* عامل مرگ گیاهچه کلزا. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۴۲ الف: ۲۶۱-۲۷۰.

۵. سالاردینی، ع.ا. و مجتهدی، م. ۱۳۶۷. اصول تغذیه گیاه (جلد دوم). مولف منگل ک. و کرکبی ا. انتشارات مرکز نشر دانشگاهی. ۳۱۵ ص.

۶. سوادکوهی، م.ع.، پیردشتی، ه.ا. و منصوری، ا. ۱۳۸۹. تاثیر سطوح مختلف نیتروژن و گوگرد بر عملکرد واجزای آن در کلزا (*Brassica napus* L.). یازدهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. ۲ تا ۴ مرداد ماه ۱۳۸۹. ۳۱۶۴-۳۱۶۶.

۷. عزیزی، خ.، نوروزیان، ع.، حیدری، س. و یعقوبی، م. ۱۳۹۰. بررسی تاثیر 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. مجله دانش زراعت. ۴ (۵): ۱-۱۶.

۸. عزیزی، م.، سلطانی، ا. و خاوری‌خراسانی، س. ۱۳۷۸. کلزا (فیزیولوژی، زراعت، به نژادی، تکنولوژی زیستی). ترجمه، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۲۳۰ ص.

۹. محمدی، ر. ۱۳۸۸. بیوشیمی. مولف برگ، ج. م. تیموزکو ج. و استرایر ل. انتشارات آییژ، ۱۱۰۳ ص.

۱۰. مصطفوی‌راد، م.، طهماسبی سروستانی ز.، مدرس ثانوی س.ع.م. و قلاوند، ا. ۱۳۹۰. ارزیابی عملکرد، ترکیب اسیدهای چرب و میزان عناصر ریزمغذی در ارقام پرمحصول کلزا تحت تاثیر مقادیر مختلف گوگرد. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی، ۴ (۱):۴۳-۶۰.

۱۱. نوروزیان، ع.، پیری، خ.، حیدری، س. و یعقوبی، م. ۱۳۸۹. مطالعه تاثیر محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی روی و بر بر میزان روغن دانه، عملکرد و اجزای عملکرد کلزا در شرایط اقلیمی خرم آباد. یازدهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. تهران. ۲۹۸۴-۲۹۸۷.

12. Ahmad, A., and Abdin, M.Z. 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.

13. Altaf, A., Khanand, V., and Abdin, M.Z. 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.

14. Brown, P.H., Cakmak, I., and Zhang, Q. 1993. Form and function of zinc in plants. Journal of Plant Nutrition. p. 93-106. In: Robson, A. D. (ed). Zinc in soil and plants. Kluwar Academic Publishers. Dordecht, the Netherlands, 478 p.

15. 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.

16. Cakmak, I., Kalayci, M., Ekis, H., Brauni, J., Kilinc, Y., and Yilmaz, A. 1999. Zn Deficiency as a practical problem in plant and human nutrition in Turkey: a NATO-science for stability project. Field Crop Research, 60: 175-188.

17. Cormwell, G.L. 2000. An animal nutritionalist's view p. 57-82.In C.F. Murphy and D.M. Peterson (ed.). Designing crops for added value. Agronomy, Monogr. 40. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI., 323 p.

18. Desouky I.M., Haggag, L.F., Abd El-Migeed M.M., Kishk, Y.F.M., and El-Hady, E.S. 2009. Effect of boron and calcium nutrients sprays on fruit set, oil content and oil quality of some olive cultivars. World Journal Agricultural Sciences, 5(2): 180-185.

19. Devi, K.N., Singh, L.N.K., Singh, M.S., Singh, S.B., and Singh, K.K. 2012. Influence of sulphur and boron fertilization on yield, quality, nutrient uptake and economics of soybean (*Glycine max*) under upland conditions. Journal of Agriculture Science, 12: 421-431.

20. Fageria, N.K., and Baligar, V.C. 2005. Encyclopedia of soils in the environment. *In*: Hillel D (Ed.), Nutrient Availability. San Diego, CA: Esevier, pp: 63-71.

21. Fang, Y., Wang, L., Xin, Z., Zhao, L., An, X., and Hu, Q. 2008. Effect of foliar application of zinc, selenium, and iron fertilizers on nutrients concentration and yield of rice grain in China. Journal Agriculture Food Chemistry, 56: 2079–2084.

22. Grewal, H.S., Lu, Z., and Graham, R.D. 1997. Influence of sub soil zinc on dry matter production, seed yield and distribution of zinc in oilseed rape genotypes differing in zinc efficiency. Plant Soil, 192: 181-189.

23. Heitholt, J.J., Sloan, J.J., and Mackown, C.T. 2002. Copper, Manganese, and Zinc fertilization effects on growth of soybean on a calcareous soil. Journal Plant Nutrition, 25: 1727-1740.

24. Huang, L.B., Pant, J., Dell, B., and Bell, R.W. 2000. Effects of boron deficiency on anther development and floret fertility in wheat (*Triticum aestivum* L. 'Wilgoyne'). Annual Botany, 85: 493–500.

25. 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. Academic Science. USA., 103: 16592-16597.

26. Jackson, G.D. 2000. Effects of nitrogen and sulfur on canola yield and nutrient uptake. Agronomy Journal, 92: 644-648.

27. Makino, A., Mae, T., and Ohira, K. 1988. Relationships between nitrogen and the limiting factors for the photosynthetic rate under ambient air conditions in soybean leaves. Comparison with Wheat and rice. Journal of Soil Science Plant Nutrition, 59: 377-381.

28. Moradi Talavat, M.R., and Fathi, G.H.A. 2007. Different response of rapeseed genotype to boron. Science Journal of Agriculture, 30(4b): 125-137.

29. Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. 2nd ed. Academic Press. New York, 356 p.

30. Masoni, A., Evacoli, A., and Mavoti, M. 1996. Spectral of leaves deficient in iron, sulphur, Magnesium and manganese. Agronomy Journal, 88(6): 937-943.

31. Mei, Y., Lei, S.H., Fang-Sen, X., Jian-wei, L.U., and Yun-Hua, W. 2009. Effect of B, Mo, Zn, and Their Interactions on Seed Yield of Rapseed (*Brassica napus* L.). Journal Soil Science Society of China, 19(1): 53-59.

32. Nabi, G., Rafique, E., and Salim, M. 2006. Boron nutrition of four sweet pepper cultivars grown in boron-deficient soil. Journal Plant Nutrition, 29: 717–725.

33. Nasef, M.A., Badran, N.M., and Abd El-Hamide, A.F. 2006. Response of Peanut to Foliar Spray with Boron and/or rhizobium inoculation. Journal of Applied Science Research, 2(12): 1330-1337.

34. Pedler, J.F., Parker, D.R., and Crowley, D.E. 2000. Zinc deficiency- induced phytosiderophore release by the Triticaceae is not consistently expressed in solution culture. Planta, 211: 120- 126.

35. Porter, P.M. 1993. Canola response to boron and nitrogen grown on the southeastern coastal plain. Journal of Plant Nutrition, 16(12): 2371-2381.

36. Rathinavel, K., Dharmalingam, C., and Paneersel vam, S. 2000. Effect of micronutrient on the productivity and quality of cotton seed cv. TCB 209 (*Gossypium barbadense* L.). Madrase Agriculture Journal, 86: 313-316

37. Rehem, G.W., Fendter, W.E., and Overdahi, C.J. 1998. Boron for Minnesota soils. University of Minnesota Extension Service. Available online at http://www.Extantion Umn. Edv.

38. Roe, N.E., Stoffella, P.J., and Greatz, D. 1997. Comparison of canola (*Brassica campestris* L.) and (*Brassica napus* L.) oilseed rape using different growth regulators plant population densities and irrigation treatments. Journal of Agriculture Science, 77: 177-187.

39. Salwa, A.I., Eisa, M.M., Abass, M., and Behary, S.S. 2010. Amelioration productivity of sandy soil by using Amino acids, sulphur and micronutrients for sesame production. Journal of American Science, 6(11): 250-257.

40. Vitosh, M.L., Warnek, D.D., and Lucas, R.E. 1997. Boron. Michigan State University Extension Soil and Management Fertilizer. Available on the http://www.msue.msu.EDV.

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

42. Walter Heldt, H., and Piechulla, B. 2011. Plant biochemistry. 4 ed. Academic Press is an imprint of Elseveir, 622 p.

43. Welch, R.M. 1995. Micronutrient nutrition of plants. CRC Crit. Review Plant Science Journal, 14:49-82.

44. Yang, M., Shi, L., Xu, F.S., Lu, J.W., 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.

45. Zakaria, M.S., Hafez, S.A., Basyony, A.E., and Alkassas, A.E.R. 2006. Cottonseed, protein, oil yields and oil properties as affected by nitrogen fertilization and foliar application of potassium and a plant growth retardant. World Journal Agricultural Sciences, 2(1): 56-65.