



## به زراعی کشاورزی

دوره ۱۶ ■ شماره ۳ ■ پاییز ۱۳۹۳  
صفحه‌های ۶۳۹-۶۲۷

# تأثیر عناصر کم‌مصرف بر عملکرد، صفات کیفی و روغن دانه ارقام زمستانه کلزا

معرفت مصطفوی‌راد<sup>۱\*</sup>، اسماعیل جدیدی<sup>۲</sup>، تقی بابایی<sup>۳</sup>

۱. استادیار، بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان گیلان، رشت، ایران  
۲. دانشجوی کارشناسی‌ارشد، گروه علوم و تکنولوژی تولید بذر، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد آشتیان، آشتیان، ایران  
۳. مربی پژوهشی، بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی، اراک، ایران.

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۳/۰۹/۲

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۲/۰۵/۰۷

### چکیده

آزمایش حاضر به منظور ارزیابی عملکرد و صفات کیفی دانه و روغن در برخی ارقام زمستانه کلزا (*Brassica napus* L.) تحت تأثیر کودهای کم‌مصرف در سال زراعی ۱۳۹۰-۹۱ به صورت کرت‌های خردشده با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در اراک اجرا شد. تیمارها شامل بدون مصرف کود، آهن، روی، منگنز، آهن + روی، آهن + منگنز، آهن + منگنز، آهن + منگنز + روی + منگنز و ارقام کلزا شامل 'زرفام'، 'اوکاپی'، 'مودنا' و 'لیکورد' به ترتیب فاکتور اصلی و فرعی بود. نتایج نشان داد که رقم 'اوکاپی' تحت تأثیر تیمارهای بدون مصرف کود (۴۱۹۴ کیلوگرم در هکتار) و تیمار روی + منگنز (۴۰۱۱ کیلوگرم در هکتار) به ترتیب، بیشترین عملکرد دانه را تولید کرد. در این پژوهش، رقم 'لیکورد' در تیمارهای شاهد و آهن + منگنز بیشترین میزان روی دانه را نشان داد. بیشترین میزان مس دانه در رقم 'مودنا' و تیمار کودی آهن + روی به دست آمد. بیشترین میزان آهن دانه در رقم 'مودنا' و تیمارهای کودی آهن و آهن + روی مشاهده شد. همچنین، بیشترین میزان منگنز دانه در رقم 'مودنا' و تیمار کودی روی + منگنز به دست آمد. به طور کلی، تیمار کودی روی + منگنز، عملکرد دانه و اسید چرب اولئیک را در رقم 'اوکاپی' افزایش داد. بدین ترتیب، این تیمارها در منطقه اراک و شرایط اقلیمی مشابه توصیه می‌شود.

**کلیدواژه‌ها:** اسیدهای چرب، عملکرد، عناصر کم‌مصرف، کلزا، کیفیت دانه.

## ۱. مقدمه

ساختمان بسیاری از آنزیم‌ها مشارکت دارند [۲۲]. در سنتز، کربوهیدرات به‌ویژه در شرایط بروز تنش خشکی در گیاهان نقش مهمی ایفا می‌کند [۳۵] و مقاومت گیاهان به تنش‌های محیطی را افزایش می‌دهد [۴]. تحقیقات نشان داد که کاربرد روی توانایی جوانه‌زنی، رویش و استقرار گیاه زراعی گندم را افزایش داد [۲۳]. همچنین، گزارش شده است که مصرف توأم روی و منگنز [۲۲] و کاربرد آهن به همراه روی [۱۴] عملکرد دانه آفتابگردان را افزایش داد. منگنز نیز رشد گیاه، تولید شاخه‌های فرعی، گل‌دهی گیاه، عملکرد دانه و سنتز روغن [۵] و میزان اسیدهای چرب [۲۴] را افزایش می‌دهد.

بدین ترتیب، مدیریت عناصر غذایی و کاربرد کم‌مصرف‌ها گام مؤثری در جهت رشد بهینه گیاه و افزایش عملکرد و پایداری تولید [۱۰، ۲۸] و تأمین عناصر کم‌مصرف [۱۶] مورد نیاز گیاه زراعی و جامعه بشری است. کاربرد عناصر کم‌مصرف به دو صورت محلول‌پاشی و مصرف خاکی انجام می‌شود، ولی شیوه محلول‌پاشی برگ‌ها در دو مرحله ساقه رفتن و قبل از گل‌دهی گیاهان زراعی بیشتر مورد توجه محققان است [۲۱، ۲۳].

هدف از انجام پژوهش حاضر، ارتقای عملکرد کمی و کیفی دانه و روغن کلزا با استفاده از کودهای کم‌مصرف در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی اراک بود.

## ۲. مواد و روش‌ها

به‌منظور ارزیابی عملکرد و صفات کیفی دانه و روغن در برخی ارقام زمستانه کلزا تحت تأثیر کودهای کم‌مصرف، آزمایشی در سال زراعی ۱۳۹۰-۹۱ در مزرعه مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی (اراک) واقع در عرض جغرافیایی ۳۴° ۵ شمالی و طول جغرافیایی ۴۲° ۴۹ شرقی و ارتفاع ۱۷۷۵ متر از سطح دریا به صورت کرت‌های خرد شده با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی و در سه تکرار انجام شد.

دانه‌های روغنی بعد از غلات، دومین منبع انرژی موردنیاز جوامع بشری محسوب می‌شود [۱۹]. کلزا<sup>۱</sup> با بیش از ۴۰ درصد روغن و ۳۶-۴۴ درصد پروتئین کنجاله از معدود گیاهان روغنی است که قابلیت کشت در شرایط اقلیمی مختلف را داراست [۴۱]. در مقیاس جهانی، سطح زیرکشت کلزا تا سال ۲۰۱۰ به بیش از ۳۰/۳۱ میلیون هکتار افزایش یافته و از نظر تولید، پس از سویا مقام دوم را داراست [۲۷]. کلزا به دلیل مصارف انسانی، صنعتی و کاربرد آن در تغذیه دام گیاهی کاملاً صنعتی محسوب می‌شود [۲۰]. همچنین، وجود سطوح قابل‌توجهی از عناصر کم‌مصرف در برگ‌های کلزا، اهمیت این گیاه را به‌عنوان سبزی خوراکی دوچندان کرده است [۳۸]. محتوای عناصر غذایی دانه [۲۸]، میزان روغن و پروتئین دانه [۴۰] و ترکیب اسیدهای چرب روغن کلزا [۳۰] فاکتورهای مهمی در تعیین کیفیت دانه و روغن کلزا گزارش شده‌اند. در ایران با مصرف سرانه ۱۷ کیلوگرم روغن، سالانه بیش از ۱ میلیون تن روغن لازم است. حدود ۹ درصد روغن مورد نیاز کشور در داخل تولید و مابقی از طریق واردات تأمین می‌شود [۱]. بدین ترتیب، ضرورت توسعه کشت کلزا بر کسی پوشیده نیست، ولی به دلیل محدودیت توسعه سطح زیرکشت لازم است به زراعت‌های فشرده و ارقام پرمحصول نیز توجه بیشتری شود [۳۴].

حدود ۱۵ میلیون هکتار از اراضی زراعی ایران [۱۰] و ۶۰ درصد زمین‌های زراعی جهان با کمبود مواد غذایی مواجه‌اند [۴۲]. کمبود عناصر روی و آهن یکی از شایع‌ترین کمبودهای عناصر کم‌مصرف در دنیا و ایران گزارش شده است [۱۳، ۲۲]. از طرف دیگر، نقش مثبت کودهای کم‌مصرف بر افزایش عملکرد دانه در آفتابگردان، کلزا و گلرنگ را محققان متعددی گزارش کرده است [۴، ۱۴، ۱۵]. یون‌های فلزی نظیر آهن، روی و منگنز در

1. *Brassica napus* L.

تأثیر عناصر کم مصرف بر عملکرد، صفات کیفی و روغن دانه ارقام زمستانه کلزا

جدول ۱. ویژگی های فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

| سال زراعی    | عمق خاک (cm) | درصد اشباع  | هدایت الکتریکی (dS/m) | اسیدیته کل اشباع | درصد مواد خنثی شونده | کربن آلی (%) | نیترژن کل (%) | فسفر (ppm) |
|--------------|--------------|-------------|-----------------------|------------------|----------------------|--------------|---------------|------------|
| ۱۳۹۰-۹۱      | ۰-۳۰         | ۵۹          | ۱/۸                   | ۷/۴              | ۳۴                   | ۰/۵۵         | ۰/۰۶          | ۱۷/۵       |
| پتاسیم (ppm) | آهن (ppm)    | منگنز (ppm) | روی (ppm)             | مس (ppm)         | رس (%)               | لوم (%)      | شن (%)        | بافت خاک   |
| ۲۹۰          | ۴/۱۰         | ۳/۱۳        | ۷                     | ۰/۵۸             | ۴۲                   | ۳۳           | ۲۵            | رسی        |

کیلوگرم نیترژن خالص از منبع اوره ۴۶ درصد و ۷۵ کیلوگرم فسفر خالص در هکتار از منبع سوپرفسفات تریپل استفاده شد و تمامی کود فسفاته و یک سوم کود اوره، قبل از کاشت و یک سوم کود اوره در مرحله ساقه دهی و یک سوم باقی مانده در مرحله شروع غنچه دهی به صورت سرک استفاده و تمامی عملیات کاشت و مواظبت های زراعی مطابق دستورالعمل کاشت کلزا انجام شد [۹].

محصول نهایی، مصادف با تشکیل لایه سیاه و قهوه ای روی دانه (تغییر رنگ دانه های کلزا به سیاه یا قهوه ای)، با حذف حاشیه در سطحی معادل ۴/۸ مترمربع از هر کرت به صورت دستی برداشت، سپس خرمن کوبی انجام و عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) محاسبه شد. درصد روغن دانه به روش <sup>۱۰</sup> NMR [۴۷] و اسیدهای چرب به روش کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا<sup>۱۱</sup> [۳۷، ۴۵] و عناصر کم مصرف به روش جذب اتمی<sup>۱۲</sup> [۲] اندازه گیری شد. تجزیه واریانس داده ها با استفاده از برنامه آماری SAS و مقایسه میانگین ها به روش LSD انجام گرفت.

کودهای کم مصرف شامل بدون مصرف کود (F<sub>1</sub>)، آهن (F<sub>2</sub>)، روی (F<sub>3</sub>)، منگنز (F<sub>4</sub>)، آهن + روی (F<sub>5</sub>)، آهن + منگنز (F<sub>6</sub>)، روی + منگنز (F<sub>7</sub>)، آهن + روی + منگنز (F<sub>8</sub>) و ارقام کلزا شامل 'زرغام'<sup>۱</sup> (V<sub>1</sub>)، 'اوکاپی'<sup>۲</sup> (V<sub>2</sub>)، 'مودنا'<sup>۳</sup> (V<sub>3</sub>) و 'لیکورد'<sup>۴</sup> (V<sub>4</sub>) به ترتیب فاکتور اصلی و فرعی بودند. کودهای کم مصرف به صورت محلول پاشی در دو مرحله آغاز ساقه دهی و ظهور غنچه های گل با دز سه در هزار به ترتیب از منابع کلات آهن ۶ درصد<sup>۵</sup> تولید شرکت بیورت<sup>۶</sup> کلات روی ۱۴ درصد<sup>۷</sup> و کلات منگنز ۱۳ درصد<sup>۸</sup> از تولیدات شرکت لیبرل<sup>۹</sup> انگلیس استفاده شد. کشت به صورت جوی و پشته ای و آبیاری به روش سیفونی صورت گرفت. در هر کرت چهار خط با فاصله ۳۰ سانتی متر کشت شد. قبل از اجرای طرح، از عمق ۳۰ سانتی متری خاک مزرعه مورد نظر برای تعیین ویژگی های فیزیکی و شیمیایی آن نمونه برداری شد (جدول ۱). براساس نتایج آزمون خاک، مقدار ۱۵۰

1. Zarfam
2. Okapi
3. Modena
4. Licord
5. EDDHA
6. Biovert, S.A .
7. Zn EDTA
8. Mn EDTA
9. Librel

10. Nuclear Magnetic Resonance
11. High Performance Liquid Chromatography (HPLC)
12. Atomic Absorption

### ۳. نتایج و بحث

#### ۱.۳. عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر تیمارهای کودی، ارقام مختلف کلزا و برهم‌کنش تیمارهای کود و رقم بر عملکرد دانه در سطح احتمال ۱ درصد معنادار بود (جدول ۲). در آزمایش حاضر، رقم 'اوکاپی' در تیمارهای کودی شاهد و روی + منگنز و رقم 'لیکورد' در تیمار کودی منگنز بیشترین عملکرد دانه را داشت، ولی تفاوت معناداری نداشت. کاهش عملکرد دانه رقم 'زرغام' در اغلب تیمارهای کودی بیشتر از بقیه ارقام مورد مطالعه بود. در این راستا، تحقیقات نشان داد عملکرد دانه و فرایندهای تشکیل آن به ژنتیک، محیط، عوامل زراعی و تداخل بین آن‌ها بستگی دارد [۴۳]. همچنین، عملکرد دانه صفت پیچیده‌ای است که تحت تأثیر عوامل محیطی و رقم قرار می‌گیرد [۳۳]. ارقام مختلف کلزا از نظر قابلیت تولید محصول متفاوت [۲۵، ۳۹] و اثر عناصر کم‌مصرف بر عملکرد دانه گلرنگ [۱۱] مثبت و معنادار گزارش شده است. همچنین، نتایج نشان داد که کاربرد عنصر منگنز به تنهایی سبب ارتقای عملکرد دانه کلزا در رقم 'لیکورد' شد (جدول ۳). در آزمایش مشابهی، اثر منگنز بر عملکرد دانه گلرنگ [۶] و سویا [۱۸] مثبت گزارش شده است زیرا منگنز سرعت رشد نسبی و عملکرد گیاهان زراعی را افزایش می‌دهد [۴۴]. برخی دیگر نشان دادند که استفاده از عناصر روی، آهن و منگنز سبب افزایش عملکرد دانه در لوبیا شد [۴۶].

در این آزمایش، کاربرد توأم عناصر آهن و منگنز منجر به کاهش عملکرد دانه شد، ولی مصرف توأم عناصر روی و منگنز سبب افزایش عملکرد دانه در رقم 'اوکاپی' شد (جدول ۳). بدین ترتیب، به نظر می‌رسد که هم‌افزایی دو عنصر روی و منگنز در جهت افزایش عملکرد دانه کلزا بیش از عناصر آهن و منگنز است. به علاوه، کاربرد توأم روی و آهن نتوانست تولید دانه در کلزا را افزایش دهد.

یکی از دلایل احتمالی این امر تفاوت ارقام در سرعت انتقال یون‌های آهن و روی از طریق آوندهای آبکشی کلزاست، چون سرعت انتقال یون‌های آهن حدود ۵۰ درصد کمتر از عنصر روی گزارش شده است [۲۹]. به نظر می‌رسد سرعت انتقال یون‌های آهن به وسیله عناصر کم‌مصرف منگنز و روی کاهش می‌یابد، در حالی که ممکن است در اثر کاربرد منگنز سرعت انتقال عنصر روی از طریق آوندهای آبکشی افزایش یابد و با شرکت در فرایندهای تولید سبب ارتقای عملکرد محصول شود. با این توصیف، نتایج دیگر تحقیقات نشان داد که مصرف عناصر روی و آهن سبب افزایش عملکرد دانه کلزا شد [۲۱].

#### ۲.۳. عملکرد روغن

بر اساس نتایج تجزیه واریانس میانگین داده‌ها، اثر کود، رقم و اثر متقابل کود و رقم بر عملکرد روغن دانه در سطح احتمال ۱ درصد معنادار بود (جدول ۲). تفاوت ارقام کلزا از نظر عملکرد روغن دانه را دیگر محققان نیز گزارش کرده‌اند [۷، ۸]. در این آزمایش، اثر متقابل کود و رقم نشان داد که بیشترین عملکرد روغن در هکتار مربوط به رقم 'اوکاپی' در تیمار شاهد و تیمار کودی آهن + روی بود و تفاوت معناداری با عملکرد روغن 'لیکورد' در تیمار کودی منگنز، رقم 'اوکاپی' در تیمار کودی آهن + روی و ارقام 'مودنا' و 'لیکورد' در تیمار کودی آهن + روی + منگنز نداشت (جدول ۳). بدین ترتیب، نتایج نشان داد که واکنش ارقام مختلف کلزا به کودهای کم‌مصرف در جهت افزایش عملکرد روغن در هکتار متفاوت بود. در این آزمایش، علی‌رغم مشابه بودن درصد روغن دانه در ارقام مختلف کلزای مورد مطالعه، رقم پرمحصول 'اوکاپی' بیشترین عملکرد روغن در واحد سطح را نشان داد. به نظر می‌رسد که عملکرد روغن کلزا در واحد سطح بیشتر تابع عملکرد دانه است و افزایش عملکرد دانه سبب ارتقای

عملکرد روغن در هکتار می‌شود که با دیگر تحقیقات مطابقت داشت [۸، ۳].

### ۳.۳. درصد روغن دانه و اسیدهای چرب روغن

در این پژوهش، اثر تیمارهای کودی بر درصد روغن دانه و اسید چرب پالمیتیک در سطح احتمال ۵ درصد و بر اسید چرب اولئیک در سطح احتمال ۱ درصد معنادار بود. همچنین، بین ارقام مختلف کلزا از نظر اسیدهای چرب اولئیک و لینولئیک تفاوت معنادار در سطح احتمال ۱ درصد مشاهده شد (جدول ۲). برخلاف نتایج به‌دست آمده از تحقیق حاضر، نتایج برخی تحقیقات نشان داد که درصد روغن دانه در ارقام مختلف کلزا متفاوت بود [۷، ۸]. همچنین، دیگر تحقیقات ترکیب اسیدهای چرب روغن کلزا را بسته به نوع رقم و شرایط محیطی متفاوت نشان داد [۳، ۷، ۳۲، ۴۸]. به‌علاوه، برهم‌کنش کود و رقم بر درصد روغن دانه و اسیدهای چرب پالمیتیک و لینولئیک در سطح احتمال ۵ درصد و بر اسیدهای چرب اولئیک و لینولئیک در سطح احتمال ۱ درصد معنادار بود (جدول ۲). در این تحقیق، رقم پرمحصول 'اوکاپی' بیشترین درصد روغن دانه را در تیمار کودی آهن دارا بود، ولی تفاوت معناداری با درصد روغن دانه ارقام 'زرغام' و 'مودنا' در برخی تیمارهای کودی نداشت (جدول ۳).

میزان روغن دانه صفتی ارثی با وراثت‌پذیری بالاست و تا حدودی نیز تحت تأثیر شرایط محیطی قرار می‌گیرد [۹، ۲۶]. چنین استنباط می‌شود که با ارتقای درصد روغن دانه در ارقام پرمحصول کلزا می‌توان در آینده به‌موازات افزایش کمیت عملکرد، کیفیت محصول را نیز ارتقا داد. بیشترین میزان اسید چرب پالمیتیک در رقم 'اوکاپی' و تیمار کودی شاهد حاصل شد و تفاوت معناداری با میزان اسید چرب پالمیتیک دیگر ارقام کلزا و در اغلب تیمارهای کودی نشان نداد. همچنین، نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین اسید چرب اولئیک در رقم 'اوکاپی' و تحت تأثیر

تیمار کودی روی + منگنز به‌دست آمد، ولی در اغلب تیمارهای کودی با میزان اسید چرب اولئیک ارقام 'زرغام' و 'لیکورد' تفاوت معنادار نشان نداد (جدول ۳).

نتایج نشان داد که واکنش برخی ارقام کلزا نظیر 'اوکاپی' در راستای افزایش سنتز و تجمع اسید چرب اولئیک ممکن است بیش از ارقام دیگر باشد. بنابراین، با کاربرد کودهای کم‌مصرف بسته به نوع رقم می‌توان به موازات افزایش عملکرد دانه کلزا، کیفیت روغن را نیز از طریق ارتقای میزان اسید اولئیک افزایش داد. چون، اسید اولئیک بیشترین میزان اسیدهای چرب روغن کلزا را تشکیل می‌دهد و نقش بارزی در افزایش کیفیت روغن کلزا دارد [۱۷] احتمالاً در آینده بتوان عملکرد کمی و کیفی محصول کلزا را از طریق کاربرد برخی کودهای کم‌مصرف به‌موازات هم ارتقا داد. بیشترین میزان اسید چرب لینولئیک در رقم 'مودنا' تحت شرایط عدم مصرف کودهای کم‌مصرف حاصل شد و تفاوت معناداری با میزان اسید چرب لینولئیک ارقام دیگر کلزا در بیشتر تیمارهای کودی نداشت (جدول ۳).

در این تحقیق، میزان اسید چرب لینولئیک در ارقام کلزای 'زرغام'، 'اوکاپی' و 'لیکورد' در شرایط عدم مصرف کودهای کم‌مصرف نسبت به رقم 'مودنا' کاهش نشان داد، ولی کاربرد کودهای کم‌مصرف توانست در این ارقام میزان اسید چرب لینولئیک روغن را ارتقا دهد. علی‌رغم اینکه اسید چرب لینولئیک در ارتقای کیفیت روغن کلزا در مقایسه با اسید چرب اولئیک سهم کمتری دارد، با استفاده از کودهای کم‌مصرف در برخی ارقام کلزا می‌توان از طریق بهبود میزان اسید چرب لینولئیک روغن کلزا، کیفیت محصول را افزایش داد. در این مطالعه، رقم 'اوکاپی' بیشترین میزان اسید چرب لینولئیک را در تیمارهای شاهد و منگنز نشان داد. همچنین، نتایج نشان داد که کاربرد کودهای کم‌مصرف در دیگر ارقام کلزای مورد بررسی، میزان اسید چرب لینولئیک روغن را افزایش داد (جدول ۳).



تأثیر عناصر کم مصرف بر عملکرد، صفات کیفی و روغن دانه ارقام زمستانه کلزا

جدول ۳. اثر متقابل کود × رقم بر میانگین صفات اندازه گیری شده در ارقام مورد مطالعه کلزا تحت تأثیر عناصر کم مصرف

| تیمار                  | F <sub>4</sub>      |                     |                     |                     | F <sub>3</sub>      |                     |                     |                     | F <sub>2</sub>      |                     |                     |                     | F <sub>1</sub>      |                     |                     |                     | صفات |
|------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|------|
|                        | V <sub>4</sub>      | V <sub>3</sub>      | V <sub>2</sub>      | V <sub>1</sub>      | V <sub>4</sub>      | V <sub>3</sub>      | V <sub>2</sub>      | V <sub>1</sub>      | V <sub>4</sub>      | V <sub>3</sub>      | V <sub>2</sub>      | V <sub>1</sub>      | V <sub>4</sub>      | V <sub>3</sub>      | V <sub>2</sub>      | V <sub>1</sub>      |      |
| عملکرد دانه (ppm)      | ۳۹۹۸ <sup>a</sup>   | ۳۳۳۳ <sup>cd</sup>  | ۳۵۲۸ <sup>c</sup>   | ۱۶۶۱ <sup>b</sup>   | ۳۴۷۳ <sup>cd</sup>  | ۱۵۲۱ <sup>b</sup>   | ۳۴۷۶ <sup>cd</sup>  | ۱۹۴۱ <sup>ab</sup>  | ۳۷۵۰ <sup>c</sup>   | ۳۸۹۶ <sup>b</sup>   | ۳۵۲۳ <sup>c</sup>   | ۱۶۹۴ <sup>b</sup>   | ۳۲۶۹ <sup>cd</sup>  | ۲۹۱۷ <sup>c</sup>   | ۴۱۹۴ <sup>ab</sup>  | ۲۴۱۱ <sup>c</sup>   |      |
| روغن دانه (%)          | ۳۵/۱۰ <sup>bc</sup> | ۳۴/۳۶ <sup>bc</sup> | ۳۶/۳۰ <sup>bc</sup> | ۳۵/۰۴ <sup>bc</sup> | ۳۶/۹۹ <sup>bc</sup> | ۳۵/۱۷ <sup>bc</sup> | ۳۶/۶۹ <sup>bc</sup> | ۳۵/۱۲ <sup>bc</sup> | ۳۵/۸۵ <sup>bc</sup> | ۳۸/۳۹ <sup>ab</sup> | ۴۲/۱۸ <sup>a</sup>  | ۳۸/۳۵ <sup>ab</sup> | ۳۶/۶۵ <sup>bc</sup> | ۳۹/۶۴ <sup>ab</sup> | ۳۵/۰۷ <sup>bc</sup> | ۳۶/۱۹ <sup>bc</sup> |      |
| عملکرد روغن (ppm)      | ۱۴۰۰ <sup>ab</sup>  | ۱۱۴۰ <sup>c</sup>   | ۱۲۶۶ <sup>bc</sup>  | ۵۸۰ <sup>f</sup>    | ۱۲۷۴ <sup>bc</sup>  | ۵۳۳ <sup>f</sup>    | ۱۲۷۴ <sup>bc</sup>  | ۶۸۱ <sup>cd</sup>   | ۹۸۵ <sup>cd</sup>   | ۱۴۹۷ <sup>d</sup>   | ۱۴۹۲ <sup>d</sup>   | ۶۵۱ <sup>e</sup>    | ۲۰۳ <sup>bc</sup>   | ۱۱۵۸ <sup>bc</sup>  | ۱۴۷۳ <sup>ab</sup>  | ۸۵۷ <sup>de</sup>   |      |
| اسید پالمیتیک (%)      | ۴/۴۰ <sup>b</sup>   | ۶/۱۲ <sup>ab</sup>  | ۵/۷۳ <sup>b</sup>   | ۴/۰۸ <sup>b</sup>   | ۵/۸۴ <sup>ab</sup>  | ۶/۸۲ <sup>ab</sup>  | ۵/۰۶ <sup>b</sup>   | ۶/۳۹ <sup>ab</sup>  | ۶/۴۷ <sup>ab</sup>  | ۵/۹۳ <sup>ab</sup>  | ۶/۸۰ <sup>ab</sup>  | ۶/۳۷ <sup>ab</sup>  | ۵/۹۵ <sup>ab</sup>  | ۵/۲۷ <sup>b</sup>   | ۷/۵۳ <sup>a</sup>   | ۵/۲۳ <sup>b</sup>   |      |
| اسید اولئیک (%)        | ۵۵/۷۴ <sup>ab</sup> | ۵۳/۰۹ <sup>bc</sup> | ۵۲/۸۰ <sup>bc</sup> | ۵۶/۸۳ <sup>ab</sup> | ۴۹/۱۴ <sup>c</sup>  | ۵۱/۳۰ <sup>bc</sup> | ۵۳/۵۱ <sup>b</sup>  | ۵۲/۹۰ <sup>bc</sup> | ۴۹/۸۶ <sup>c</sup>  | ۵۲/۴۸ <sup>bc</sup> | ۵۴/۳۰ <sup>ab</sup> | ۵۴/۶۷ <sup>ab</sup> | ۵۴/۴۳ <sup>bc</sup> | ۵۰/۶۲ <sup>bc</sup> | ۵۰/۳۴ <sup>bc</sup> | ۵۱/۳۸ <sup>bc</sup> |      |
| اسید لینولئیک (%)      | ۱۷/۴۵ <sup>b</sup>  | ۱۷/۴۳ <sup>bc</sup> | ۱۶/۲۴ <sup>bc</sup> | ۱۸/۱۹ <sup>ab</sup> | ۱۹/۷۴ <sup>ab</sup> | ۱۹/۱۲ <sup>ab</sup> | ۱۶/۸۸ <sup>bc</sup> | ۱۸/۷۲ <sup>ab</sup> | ۲۰/۳۵ <sup>ab</sup> | ۱۷/۲۳ <sup>bc</sup> | ۱۸/۱۱ <sup>b</sup>  | ۱۵/۵۱ <sup>bc</sup> | ۱۷/۹۴ <sup>b</sup>  | ۲۲/۲۹ <sup>a</sup>  | ۱۶/۴۱ <sup>bc</sup> | ۱۷/۵۹ <sup>b</sup>  |      |
| اسید لینولئیک (%)      | ۸/۰۳ <sup>c</sup>   | ۹/۱۳ <sup>bc</sup>  | ۱۳/۴۶ <sup>a</sup>  | ۷/۴۴ <sup>c</sup>   | ۱۷/۰۱ <sup>ab</sup> | ۷/۸۴ <sup>c</sup>   | ۱۰/۴۷ <sup>bc</sup> | ۹/۶۸ <sup>bc</sup>  | ۷/۱۷ <sup>c</sup>   | ۸/۲۹ <sup>c</sup>   | ۹/۲۹ <sup>bc</sup>  | ۱۰/۱۲ <sup>bc</sup> | ۷/۶۰ <sup>c</sup>   | ۸/۹۰ <sup>bc</sup>  | ۱۳/۳۴ <sup>a</sup>  | ۹/۸۸ <sup>bc</sup>  |      |
| میزان روی دانه (ppm)   | ۵۸/۲۹ <sup>ab</sup> | ۴۹/۰۶ <sup>bc</sup> | ۳۴/۹۳ <sup>c</sup>  | ۲۸/۷۷ <sup>c</sup>  | ۵۸/۰۲ <sup>ab</sup> | ۳۲/۳۳ <sup>c</sup>  | ۵۶/۲۳ <sup>ab</sup> | ۵۲/۸۷ <sup>ab</sup> | ۴۳/۳۲ <sup>bc</sup> | ۳۸/۱۶ <sup>bc</sup> | ۴۹/۹۳ <sup>b</sup>  | ۵۹/۰۱ <sup>ab</sup> | ۵۷/۹۷ <sup>ab</sup> | ۳۲/۸۴ <sup>c</sup>  | ۲۶/۴۰ <sup>c</sup>  | ۲۸/۱۸ <sup>c</sup>  |      |
| میزان مس دانه (ppm)    | ۳۶/۳۴ <sup>b</sup>  | ۲۳/۱۳ <sup>c</sup>  | ۳۷/۰۱ <sup>b</sup>  | ۳۱/۳۰ <sup>bc</sup> | ۲۷/۸۳ <sup>bc</sup> | ۴۹/۰۶ <sup>a</sup>  | ۲۳/۱۹ <sup>c</sup>  | ۲۱/۵۲ <sup>c</sup>  | ۳۵/۸۳ <sup>b</sup>  | ۳۳/۱۶ <sup>bc</sup> | ۲۱/۹۵ <sup>c</sup>  | ۲۷/۲۰ <sup>bc</sup> | ۲۳/۰۰ <sup>c</sup>  | ۵۱/۹۶ <sup>a</sup>  | ۳۰/۷۱ <sup>bc</sup> | ۳۱/۴۴ <sup>bc</sup> |      |
| میزان آهن دانه (ppm)   | ۷/۲۰ <sup>bc</sup>  | ۸/۰۶ <sup>bc</sup>  | ۶/۷۰ <sup>bc</sup>  | ۷/۲۶ <sup>bc</sup>  | ۵/۱۳ <sup>c</sup>   | ۷/۳۳ <sup>bc</sup>  | ۵/۵۶ <sup>c</sup>   | ۵/۶۰ <sup>c</sup>   | ۹/۸۶ <sup>ab</sup>  | ۹/۳۰ <sup>ab</sup>  | ۱۰/۱۶ <sup>ab</sup> | ۶/۲۳ <sup>c</sup>   | ۴/۸۰ <sup>c</sup>   | ۷/۱۰ <sup>bc</sup>  | ۹/۹۳ <sup>ab</sup>  | ۷/۱۰ <sup>bc</sup>  |      |
| میزان منگنز دانه (ppm) | ۳/۲۰ <sup>bc</sup>  | ۳/۰۶ <sup>bc</sup>  | ۲/۵۶ <sup>c</sup>   | ۲/۴۶ <sup>c</sup>   | ۲/۷۰ <sup>c</sup>   | ۲/۴۳ <sup>c</sup>   | ۴/۰۰ <sup>b</sup>   | ۳/۶۶ <sup>bc</sup>  | ۳/۵۶ <sup>bc</sup>  | ۳/۲۳ <sup>bc</sup>  | ۳/۲۳ <sup>bc</sup>  | ۲/۳۳ <sup>c</sup>   | ۳/۷۶ <sup>bc</sup>  | ۳/۷۰ <sup>ab</sup>  | ۴/۷۰ <sup>ab</sup>  | ۳/۸۰ <sup>bc</sup>  |      |

میانگین‌هایی که در هر ردیف دارای حروف مشابه‌اند، در سطح احتمال ۵ درصد آزمون LSD اختلاف معناداری ندارند.

معرفت مصطفوی راد و همکاران

ادامه جدول ۳. اثر متقابل کود × رقم بر میانگین صفات اندازه گیری شده در ارقام مورد مطالعه کزرا تحت تأثیر عناصر کم مصرف

| صفات                   | تیمار               |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |                     |
|------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
|                        | F <sub>8</sub>      |                     |                     | F <sub>7</sub>      |                     |                     | F <sub>6</sub>      |                     |                     | F <sub>5</sub>      |                     |                     |                     |                     |                     |                     |
|                        | V <sub>4</sub>      | V <sub>5</sub>      | V <sub>2</sub>      | V <sub>1</sub>      | V <sub>4</sub>      | V <sub>5</sub>      | V <sub>2</sub>      | V <sub>1</sub>      | V <sub>4</sub>      | V <sub>5</sub>      | V <sub>2</sub>      | V <sub>1</sub>      | V <sub>4</sub>      | V <sub>5</sub>      | V <sub>2</sub>      | V <sub>1</sub>      |
| عملکرد دانه (ppm)      | ۳۸۰۵ <sup>bc</sup>  | ۳۷۶۸ <sup>bc</sup>  | ۳۸۲۴ <sup>bc</sup>  | ۲۹۴۸ <sup>bc</sup>  | ۲۹۱۷ <sup>c</sup>   | ۳۳۲۵ <sup>d</sup>   | ۴۰۱۱ <sup>ab</sup>  | ۳۴۰۸ <sup>cd</sup>  | ۳۲۵۸ <sup>cd</sup>  | ۲۸۰۰ <sup>e</sup>   | ۳۷۶۴ <sup>bc</sup>  | ۲۰۲۴ <sup>g</sup>   | ۳۶۴۱ <sup>bc</sup>  | ۳۰۸۰ <sup>d</sup>   | ۳۷۸۳ <sup>bc</sup>  | ۲۹۰۷ <sup>e</sup>   |
| روغن دانه (%)          | ۳۷/۹۸ <sup>bc</sup> | ۳۶/۱۸ <sup>bc</sup> | ۳۴/۴۳ <sup>bc</sup> | ۳۸/۳۹ <sup>ab</sup> | ۳۳/۲۵ <sup>c</sup>  | ۳۸/۶۳ <sup>ab</sup> | ۳۷/۶۳ <sup>b</sup>  | ۳۵/۱۸ <sup>bc</sup> | ۳۶/۴۷ <sup>bc</sup> | ۳۴/۶۶ <sup>bc</sup> | ۲۵/۰۹ <sup>bc</sup> | ۳۹/۵۳ <sup>ab</sup> | ۲۶/۳۶ <sup>bc</sup> | ۳۹/۶۸ <sup>ab</sup> | ۳۵/۸۸ <sup>bc</sup> | ۳۵/۰۷ <sup>bc</sup> |
| عملکرد روغن (ppm)      | ۱۴۲۸ <sup>ab</sup>  | ۱۳۴۹ <sup>ab</sup>  | ۱۳۱۲ <sup>b</sup>   | ۱۱۳۱ <sup>cd</sup>  | ۹۷۱ <sup>d</sup>    | ۱۲۵۴ <sup>bc</sup>  | ۱۵۰۸ <sup>c</sup>   | ۱۲۰۱ <sup>bc</sup>  | ۱۱۸۸ <sup>bc</sup>  | ۹۷۱ <sup>d</sup>    | ۱۳۲۳ <sup>bc</sup>  | ۸۰۰ <sup>e</sup>    | ۱۳۲۱ <sup>b</sup>   | ۱۲۲۴ <sup>bc</sup>  | ۱۳۵۴ <sup>ab</sup>  | ۱۰۱۸ <sup>cd</sup>  |
| اسید پالمیتیک (%)      | ۶/۱۳ <sup>ab</sup>  | ۶/۸۸ <sup>ab</sup>  | ۵/۲۰ <sup>b</sup>   | ۶/۶۷ <sup>ab</sup>  | ۴/۸۷ <sup>b</sup>   | ۶/۸۲ <sup>b</sup>   | ۴/۶۲ <sup>b</sup>   | ۶/۸۹ <sup>ab</sup>  | ۵/۸۵ <sup>ab</sup>  | ۵/۵۴ <sup>b</sup>   | ۴/۴۳ <sup>b</sup>   | ۵/۷۶ <sup>b</sup>   | ۷/۲۹ <sup>ab</sup>  | ۶/۲۰ <sup>ab</sup>  | ۶/۰۱ <sup>ab</sup>  | ۵/۳۶ <sup>b</sup>   |
| اسید اولئیک (%)        | ۵۲/۶۴ <sup>bc</sup> | ۵۰/۴۴ <sup>bc</sup> | ۵۲/۸۶ <sup>bc</sup> | ۵۱/۱۲ <sup>bc</sup> | ۵۱/۷۵ <sup>bc</sup> | ۵۲/۹۵ <sup>bc</sup> | ۵۷/۵۸ <sup>c</sup>  | ۴۸/۴۸ <sup>c</sup>  | ۵۵/۷۹ <sup>ab</sup> | ۴۹/۰۱ <sup>c</sup>  | ۵۲/۴۲ <sup>bc</sup> | ۵۵/۴۵ <sup>ab</sup> | ۴۸/۴۸ <sup>c</sup>  | ۵۲/۸۸ <sup>bc</sup> | ۵۳/۳۴ <sup>bc</sup> | ۵۷/۰۴ <sup>cd</sup> |
| اسید لینولئیک (%)      | ۱۷/۹۳ <sup>b</sup>  | ۱۸/۷۹ <sup>ab</sup> | ۲۲/۱۷ <sup>ab</sup> | ۱۷/۷۷ <sup>b</sup>  | ۲۰/۶۶ <sup>ab</sup> | ۱۶/۵۶ <sup>bc</sup> | ۱۳/۲۸ <sup>c</sup>  | ۱۶/۹۲ <sup>bc</sup> | ۱۶/۸۳ <sup>ab</sup> | ۲۱/۸۱ <sup>ab</sup> | ۱۹/۲۹ <sup>ab</sup> | ۱۴/۶۹ <sup>bc</sup> | ۱۹/۰۸ <sup>ab</sup> | ۱۸/۶۶ <sup>ab</sup> | ۱۵/۹۷ <sup>bc</sup> | ۱۹/۸۶ <sup>ab</sup> |
| اسید لینولئیک (%)      | ۹/۹۰ <sup>bc</sup>  | ۷/۳۱ <sup>c</sup>   | ۷/۷۱ <sup>c</sup>   | ۹/۸۶ <sup>bc</sup>  | ۷/۸۴ <sup>c</sup>   | ۱۰/۷۸ <sup>bc</sup> | ۱۰/۳۲ <sup>bc</sup> | ۱۰/۹۴ <sup>bc</sup> | ۷/۲۶ <sup>c</sup>   | ۹/۸۱ <sup>bc</sup>  | ۸/۰۶ <sup>c</sup>   | ۱۱/۲۲ <sup>ab</sup> | ۱۲/۵۳ <sup>ab</sup> | ۱۱/۱۴ <sup>ab</sup> | ۱۱/۳۶ <sup>ab</sup> | ۷/۸۶ <sup>c</sup>   |
| میزان روی دانه (ppm)   | ۴۵/۲۳ <sup>bc</sup> | ۵۷/۳۷ <sup>ab</sup> | ۴۴/۹۳ <sup>bc</sup> | ۵۹/۲۲ <sup>ab</sup> | ۴۰/۶۲ <sup>bc</sup> | ۳۳/۱۳ <sup>c</sup>  | ۴۱/۲۸ <sup>bc</sup> | ۵۵/۷۵ <sup>ab</sup> | ۴۶/۳۲ <sup>b</sup>  | ۶۶/۵۱ <sup>a</sup>  | ۴۵/۸۰ <sup>bc</sup> | ۴۲/۲۳ <sup>bc</sup> | ۳۸/۲۸ <sup>bc</sup> | ۴۷/۰۲ <sup>bc</sup> | ۴۲/۴۰ <sup>bc</sup> | ۳۸/۹۶ <sup>bc</sup> |
| میزان مس دانه (ppm)    | ۳۰/۵۵ <sup>bc</sup> | ۲۳/۱۰ <sup>c</sup>  | ۳۲/۶۸ <sup>bc</sup> | ۲۸/۸۲ <sup>bc</sup> | ۲۶/۵۳ <sup>bc</sup> | ۴۸/۰۸ <sup>ab</sup> | ۲۲/۸۹ <sup>c</sup>  | ۲۴/۳۳ <sup>c</sup>  | ۳۵/۰۶ <sup>bc</sup> | ۲۹/۹۰ <sup>bc</sup> | ۳۰/۶۴ <sup>b</sup>  | ۳۶/۰۸ <sup>b</sup>  | ۳۷/۴۹ <sup>b</sup>  | ۳۴/۲۹ <sup>bc</sup> | ۳۴/۱۵ <sup>bc</sup> | ۴۴/۳۶ <sup>ab</sup> |
| میزان آهن دانه (ppm)   | ۵/۹۶ <sup>c</sup>   | ۴/۵۰ <sup>c</sup>   | ۶/۹۳ <sup>bc</sup>  | ۵/۱۶ <sup>c</sup>   | ۸/۰۳ <sup>bc</sup>  | ۱۱/۱۳ <sup>ab</sup> | ۷/۸۳ <sup>bc</sup>  | ۵/۴۳ <sup>c</sup>   | ۸/۱۶ <sup>bc</sup>  | ۴/۴۶ <sup>c</sup>   | ۷/۳۶ <sup>bc</sup>  | ۶/۷۳ <sup>bc</sup>  | ۸/۸۰ <sup>b</sup>   | ۹/۲۳ <sup>ab</sup>  | ۸/۴۳ <sup>bc</sup>  | ۱۰/۸۰ <sup>ab</sup> |
| میزان منگنز دانه (ppm) | ۲/۹۰ <sup>bc</sup>  | ۵/۱۶ <sup>ab</sup>  | ۳/۱۳ <sup>bc</sup>  | ۳/۸۶ <sup>bc</sup>  | ۴/۵۶ <sup>ab</sup>  | ۴/۸۶ <sup>ab</sup>  | ۳/۵۶ <sup>bc</sup>  | ۵/۴۰ <sup>b</sup>   | ۳/۵۳ <sup>bc</sup>  | ۳/۵۳ <sup>bc</sup>  | ۴/۰۳ <sup>b</sup>   | ۳/۵۶ <sup>bc</sup>  | ۵/۵۳ <sup>ab</sup>  | ۴/۴۳ <sup>ab</sup>  | ۳/۶۳ <sup>bc</sup>  | ۳/۵۳ <sup>bc</sup>  |

میانگین‌هایی که در هر ردیف دارای حروف مشابه‌اند، در سطح احتمال ۵ درصد آزمون LSD اختلاف معناداری ندارند.

F1 = Chack F<sub>2</sub> = Fe F<sub>3</sub> = Zn F<sub>4</sub> = Mn F<sub>5</sub> = Fe + Zn F<sub>6</sub> = Fe + Mn F<sub>7</sub> = Zn + Mn F<sub>8</sub> = Zn + Fe + Mn V<sub>1</sub> = Zarfam, V<sub>2</sub> = Okapi, V<sub>3</sub> = Modena, V<sub>4</sub> = Licord



دانه ناشی از اختلافات ژنتیکی آن‌هاست. بنابراین، بسته به نوع رقم، افزایش جذب و تجمع عناصر کم‌مصرف دانه سبب افزایش کیفیت عملکرد کلزا می‌شود [۴۹].

به‌علاوه، رقم 'مودنا' در تیمارهای کودی شاهد، روی و روی + منگنز و رقم 'زرفام' در تیمار کودی آهن + روی بیشترین میزان مس دانه را نشان داد، ولی تفاوت معناداری نداشت (جدول ۳). واکنش ارقام کلزا به کودهای کم‌مصرف از نظر جذب و تجمع مس در دانه کلزا متفاوت بود. براساس نتایج تحقیق حاضر، در مناطقی که خاک‌های زراعی با کمبود مس مواجه‌اند یا امکان استفاده از کودهای حاوی عنصر مس وجود ندارد، کشت رقم 'مودنا' توصیه می‌شود. نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که رقم 'مودنا' بیشترین میزان آهن دانه را در تیمار کودی روی + منگنز داشت (جدول ۳).

تیمارهای کودی بسته به نوع رقم، میزان عناصر کم‌مصرف دانه کلزا را تحت تأثیر قرار داد که این امر ناشی از واکنش متفاوت ارقام کلزا به عناصر غذایی مختلف است. به‌علاوه، در شرایط عدم کاربرد کود، میزان آهن دانه در رقم 'اوکاپی' بیش از ارقام دیگر بود، ولی تفاوتی با ارقام 'زرفام' و 'مودنا' نداشت. به‌نظر می‌رسد که در شرایط کمبود آهن کارایی رقم 'اوکاپی' برای جذب و تجمع آهن در دانه بیش از ارقام دیگر باشد. در این پژوهش، ارقام 'مودنا'، 'لیکورد' و 'زرفام' در تیمارهای کودی آهن + روی و روی + منگنز و رقم 'اوکاپی' در تیمار کودی شاهد بیشترین میزان منگنز دانه را دارا بود که نشان‌دهنده بالا بودن کارایی رقم 'اوکاپی' در جذب منگنز در مقایسه با ارقام دیگر است (جدول ۳). بدین ترتیب، ارقام مختلف کلزا قابلیت‌های متفاوتی در جذب و تجمع عناصر غذایی کم‌مصرف در دانه دارد [۴۹] و مقادیر قابل توجهی از عناصر کم‌مصرف مورد نیاز در رژیم غذایی انسان را تأمین می‌کند.

براساس نتایج به‌دست آمده از تحقیق حاضر، اسید چرب لینولنیک را می‌توان از شاخص‌های مهم افزایش عملکرد دانه در ارقام پرمحصول کلزا نظیر 'اوکاپی' برشمرد، زیرا اسید لینولنیک برای افزایش فعالیت فتوسنتزی گیاه [۳۱] و توسعه دانه گرده کلزا [۳۶] مهم و ضروری گزارش شده است.

### ۴.۳. غلظت عناصر کم‌مصرف دانه

در این آزمایش، اثر کود بر محتوای عنصر روی دانه در سطح احتمال ۵ درصد و بر غلظت عناصر آهن و منگنز دانه در سطح احتمال ۱ درصد معنادار بود. اثر رقم بر میزان عناصر مس و آهن دانه به‌ترتیب در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد معنادار نشان داد. همچنین، برهم‌کنش تیمارهای کودی و رقم از نظر محتوای عناصر کم‌مصرف روی، مس، آهن و منگنز دانه، تفاوت معنادار در سطح احتمال ۱ درصد نشان داد (جدول ۲). محققان بسته به نوع رقم، میزان تجمع عناصر کم‌مصرف در دانه کلزا را متفاوت گزارش کرده‌اند [۳، ۴۹]. حال آنکه برخی محققان دیگر تفاوت معناداری بین ارقام مختلف کلزا از نظر محتوای عنصر روی در دانه مشاهده نکردند [۳۸، ۳۹]. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که رقم 'لیکورد' در تیمار کودی آهن + منگنز بیشترین میزان روی دانه را داشت (جدول ۳). در تیمار شاهد نیز رقم 'لیکورد' در مقایسه با ارقام کلزای مورد بررسی بیشترین میزان روی دانه را داشت. در آزمایش مشابهی، بیشترین میزان غلظت عناصر غذایی کم‌مصرف در رقم 'لیکورد' گزارش شده است [۱۲].

در این تحقیق، استفاده از کود حاوی عنصر روی نتوانست میزان روی دانه را در رقم 'اوکاپی' نسبت به رقم 'لیکورد' افزایش دهد. بدین ترتیب، به‌نظر می‌رسد که کارایی ارقام در جذب و تجمع عنصر روی در دانه کلزا متفاوت است و بخشی از تفاوت ارقام کلزا در میزان روی

#### ۴. نتیجه گیری

به طور کلی، عملکرد دانه و صفات کیفی روغن و دانه کلزا واکنش های متفاوتی به کودهای کم مصرف نشان داد. هم افزایی دو عنصر روی و منگنز در جهت افزایش عملکرد دانه و بهبود اسید چرب غیراشباع اولئیک در روغن کلزا مثبت و بیش از تیمارهای دیگر بود. بدین ترتیب، با استفاده از عنصر کم مصرف منگنز و کاربرد توأم روی و منگنز و کشت رقم 'اوکاپی' در اراک و شرایط اقلیمی مشابه می توان کمیت و کیفیت دانه و روغن کلزا را بهبود بخشید. به علاوه، محصول کلزا بسته به نوع رقم و قابلیت متفاوت ارقام در جذب و ذخیره عناصر کم مصرف در دانه نقش بسزایی در تأمین عناصر غذایی مورد نیاز رژیم غذایی جامعه بشری ایفا می کند.

#### منابع

۱. آزاد مرزآبادی م (۱۳۹۱) ارزیابی عملکرد کمی و کیفی، اسیدهای چرب، عناصر کم مصرف و جوانه زنی بذر ارقام پیشرفته کلزا (*Brassica napus L.*) در اراک. دانشگاه آزاد اسلامی آشتیان. پایان نامه کارشناسی ارشد. ۹۶ ص.
۲. احمدوند م ر و نجف پور ذ (۱۳۸۶) محاسبه و تحلیل شاخص های فیزیکی مزیت نسبی تولید دانه های روغنی در ایران در سال ۱۳۸۴. مجموعه مقاله های دومین سمینار علمی کاربردی دانه های روغنی و روغن های نباتی ایران، تهران. صص. ۵۰۰-۵۰۸.
۳. احیایی ع م و بهبهانی زاده ع ا (۱۳۷۲) شرح روش های تجزیه خاک. جلد اول، نشریه شماره ۸۹۳، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، تهران، ایران.
۴. بایوردی ا (۱۳۸۲) اثر آهن، منگنز، روی و مس بر کیفیت و کمیت گندم تحت تنش شوری. علوم خاک و آب. ۱۷: ۱۵۰-۱۴۰.
۵. بایوردی ا و ملکوتی م ج (۱۳۸۲) اثرات سطوح ازت و منگنز بر عملکرد و کیفیت دو رقم کلزای پاییزه در شهرستان اهر، آذربایجان شرقی. علوم آب و خاک. ۱: ۳-۷.
۶. حسنلویی ف، یارنیا م، رحیم زاده ف و حسین زاده مقبلی ع ح (۱۳۸۷) اثر کاربرد عناصر کم مصرف در مراحل مختلف رشد بر عملکرد و اجزای عملکرد گلرنگ. علوم کشاورزی. ۴: ۲۳-۲۵.
۷. خاتمیان اسکویی ف (۱۳۸۹) مقایسه ۱۶ رقم کلزا از نظر کمی و کیفی در منطقه اراک. دانشگاه تربیت مدرس تهران، پایان نامه کارشناسی ارشد، ۹۰ ص.
۸. عابدیان ح ر (۱۳۸۹) بررسی تأثیر منابع مختلف نیتروژن بر عملکرد، اجزای عملکرد و درصد روغن پنج رقم کلزای زمستانه در منطقه اراک. دانشگاه آزاد اسلامی بروجرد، پایان نامه کارشناسی ارشد، ۱۳۸ ص.
۹. عزیز ی م، سلطانی ا و خاوری خراسانی س (۱۳۸۵) کلزا، فیزیولوژی، زراعت، به نژادی و تکنولوژی زیستی (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، چاپ سوم، ۲۳۲ ص.
۱۰. علائی یزدی ف و برزگر فیروزآبادی غ (۱۳۸۳) مدیریت تغذیه گیاه در خاک های آهکی. چاپ اول، نشر آموزش کشاورزی، ۵۱ ص.
۱۱. قدیری ع، جلیلی ف، نصراله زاده ا، فرشیدفر ر و نیکنام م (۱۳۹۱) اثرات محلول پاشی عناصر کم مصرف و اوره روی برخی خصوصیات گلرنگ. خلاصه مقالات دوازدهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. دانشگاه آزاد اسلامی کرج.
۱۲. مصطفوی راد م (۱۳۸۹) ارزیابی اثرات مدیریت تغذیه

21. Baybordi 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. Cakmak I (2000) Possible roles of zinc in protecting plant cells from damage by reactive oxygen species. *New Phytology*. 146: 185-205.
23. Cakmak I (2008) Enrichment of cereal grains with zinc. Agronomic or genetic biofortification. *Plant and Soil*. 302: 1-17.
24. Constanopoulus G (1970) Lipid metaobolism of manganese deficient algae. I: Effect of manganese deficiency on the greening and the lipid composition of *Euglena gracilis*. *Plant Physiology*. 45: 76-80.
25. Daneshvar M, Tahmasebi Sarvestani Z and Modarres Sanavy SAM (2008) Different irrigation and nitrogen fertilizer treatments on some agro-physiological traits in rapeseed (*Brassica napus* L.). *Pakistan Journal of Biological Science*. 11: 1530-1540.
26. Dela Vega AJ and Hall AJ (2002) Effect of planting date, genotype and their interaction on sunflower yield. I. Determinats of oil-corrected grain yield. *Crop Science*. 42: 1191-1201.
27. FAO (Food and Agriculture Organization) (2010) Available at <http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx>. access 01. 12. 2012.
28. Heckman JR, Sims JJ, Beegle DB, Coale FJ, Herbert SJ, Bruulsema TV and Bamka WJ (2003) Nutrient removal by corn grain harvest. *Journal of Agronomy*. 95: 587-591.
29. Hocking PJ and Mason L (1993) Accumulation, distribution and redistribution of dry matter and mineral nutrients in fruits of canola. *Australian Journal of Agricultural Science*. 44: 1377-1388.
- تلفیقی بر صفات کمی و کیفی برخی ارقام کلزای زمستانه سازگار به مناطق سردسیر در اراک. رساله دوره دکتری رشته زراعت، دانشگاه تربیت مدرس تهران، ۱۶۵ ص.
۱۳. ملکوتی م ج و طهرانی م م (۱۳۷۸) نقش ریزمغذی‌ها در افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی. انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، تهران. ۲۹۹ ص.
۱۴. میرزاپور م ح، کوچه‌باغی ا ح، وکیل ر و نعیمی م ر (۱۳۸۴) اثر کاربرد کلات آهن بر رشد و عملکرد آفتابگردان رقم رکورد در خاک‌های شور قم. اولین کنگره بین‌المللی دانه‌های روغنی در گرگان.
۱۵. یاری ل، مدرس‌ثانوی س ع م و سروش‌زاده ع (۱۳۸۲) اثر محلول‌پاشی منگنز و روی بر صفات کیفی پنج رقم گلرنگ بهاره. علوم خاک و آب. ۱۸: ۱۴۳-۱۵۱.
16. Adediran JA, Taiwo LB, Akande MO, Sobulo RA and Idowu OJ (2004) Application of organic fertilizer for sustainable maize and cowpea yield in Nigeria. *Plant Nutrition*. 27: 1163-1181.
17. Ahmad A and Abdin MZ (2000) Effect of sulphur application on lipid, RNA and fatty acid content in developing seeds of rapeseed (*Brassica campestris* L.). *Plant Science*. 150: 71-76.
18. Alley MM, Rich CI, Hawkins GW and Martens DC (2008) Correction of Mn deficiency of soybeans. *Journal of Agronomy*. 70: 35-38.
19. Basalma D (2008) The correlation and path analysis of yield and yield components of different winter rapeseed (*Brassica napus* L.) cultivars. *Research Journal of Agricultural and Biological Science*. 4: 120-125.
20. Bassil BS and Kaffka SR (2002) Response of safflower (*Brassica napus* L.) to saline soils and irrigation. *Agricultural Water Management*. 54: 81-92.

30. Hu J, Li G, Struss D and Quiros CF (1999) SCAR and RAPD markers associated with 18-carbon fatty acids in rapeseed (*Brassica napus* L.). Plant Breeding. 118: 145-150.
31. 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 desaturation. Plant Physiology. 90: 1134-1142.
32. Jan A, Khan N, Khan IA and Khattak B (2002) Chemical composition of canola as affected by nitrogen and sulphure. Asian Journal of Plant Science. 1: 519-521.
33. Lopez Pereira M, Trapani N and Sadras N (2000) Genetic improvement of sunflower in Argentina between 1930 and 1995. Field Crops Research. 87: 167-178.
34. 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.). Agriculturae Conspectus Scientificus. 73(1): 13-18.
35. Marschner H (1996) Mineral Nutrition of Higher Plants. P: 356. Academic Press Inc., London, UL.
36. Mc-Conn M and Browse J (1996) The critical requirement for linolenic acid is pollen development, net photosynthesis, in an Arabidopsis mutant. The Plant Cell. 8: 403-416.
37. Metcalf LC, Schmitz AA and Pelka JR (1966) Rapid preparation of methyl esters from lipid for gas chromatography analysis. Analytical chemistry. 38: 514-515.
38. Miller-Cebert RL, Sistani NA and Cebert E (2008) Comparative mineral composition among canola cultivars and other cruciferous leafy greens. Food Composition and Analysis. 22: 112-116.
39. Nasri M, Khalatbari M, Zahedi H, Paknejad F and Tohidi-Moghadam HR (2008) Evaluation of Micro and Macro Elements in Drought Stress Condition in Cultivars of Rapeseed (*Brassica napus* L.). American Journal of Agricultural and Biological Sciences. 3(3): 579-583.
40. Rathke GW, Christen O and Diepenbrock W (2005) Effects of nitrogen source and rate on productivity and quality of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) grown in different crop rotations. Field Crops Research. 94: 103-113.
41. Raymer PL (2002) Canola: an emerging oilseed crop. Pp. 122-126. In: Trends in new crops and new uses. Ganick, J. and Whipkey, A. (eds.). ASHS Press. Alexandria, VA.
42. Rukvic G, Antunovic M, Popovic S and Rastija M (2003) Effect of P and Zn fertilization on biomass, yield and its uptake by maize lines (*Zea mays* L.). Plant, Soil and Environment. 49: 505-510.
43. Sidlauskas G and Bernotas S (2003) Some factors affecting seed yield of spring oilseed rape (*Brassica napus* L.). Agronomy Research. 1(2): 229-243.
44. Sultana N, Ikeda T and Kashem MA (2001) Effect of foliar spray of nutrient solutions on photosynthesis, dry matter accumulation and yield in seawater stressed rice. Environmental and Experimental Botany. 46: 129-140.
45. Thies W (1974) New methods for the analysis of rapeseed constituents. Pp. 275-282. Proceedings of the 4<sup>th</sup> Rapeseed Congress. GCIRC Giessen.
46. Teixeira IR, Borem A, De Andrade Araujo GA and Fontes RLF (2004) Manganese and zinc leaf application on common bean grown on a Cerrado soil. Scientia Agricola (Piracicaba, Braz.) 61(1): 77-81.
47. Tiwari PN, Gambhir PN and Rajan TS (1974) Rapid and non-destructive determination of seed

- oil by pulsed NMR technique. American Oil Chemistry Society. 51: 104-109.
48. Voldeng HD, Cober ER, Hume DJ, Gillard C and Morrison MJ (1997) Fifty eight years of genetic improvement of short season soybean cultivars in Canada. Crop Science. 37: 428-431.
49. 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.