

ارزیابی مراحل رشد و برخی شاخص‌های کمی در ارقام کلزای (*Brassica napus* L.) زمستانه تحت تأثیر کودهای ریزمغذی در شرایط اقلیمی اراک

معرفت مصطفوی راد^{۱*}، اسماعیل جدیدی^۲، تقی بابائی^۳، محمد حسین انصاری^۴

^۱ استادیار و عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان گیلان
^۲ دانشجوی کارشناسی ارشد، رشته علوم و تکنولوژی تولید بذر، دانشگاه آزاد اسلامی واحد آشتیان
^۳ عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی
^۴ استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد رشت
* پست الکترونیک نویسنده مسئول: mmostafavirad@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۴/۲۰

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۱/۰۴

چکیده

کمبود عناصر غذایی خاک یکی از مهم‌ترین عوامل محدود کننده تولید محصولات زراعی می‌باشد و مدیریت تغذیه برای رشد بهینه گیاه و افزایش عملکرد و پایداری تولید ضروری است. این آزمایش، به منظور ارزیابی تأثیر کودهای ریزمغذی بر مراحل رشد و برخی شاخص‌های کمی در ارقام کلزای (*Brassica napus* L.) زمستانه در سال زراعی ۱۳۹۱-۱۳۹۰ اجرا شد. به این منظور آزمایشی به صورت طرح کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در اراک اجرا شد. کودها شامل بدون مصرف کود، آهن، روی، منگنز، آهن + روی، آهن + منگنز، روی + منگنز، آهن + روی + منگنز و ارقام کلزا شامل زرفام، اوکاپی، مودنا و لیکورد به ترتیب به عنوان فاکتور اصلی و فرعی بودند. در این تحقیق، رقم اوکاپی تحت بدون مصرف کود با میانگین ۴۱۹۴ کیلوگرم در هکتار و مصرف روی + منگنز با میانگین ۴۰۱۱ کیلوگرم در هکتار به ترتیب بیشترین عملکرد دانه را تولید کرد. رقم لیکورد در تیمار کودی منگنز با میانگین ۳۹۹۸ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد دانه را نشان داد، ولی تفاوت معنی‌داری بین سطوح تیمارهای مختلف کودی وجود نداشت. رقم اوکاپی بیشترین عملکرد زیستی را به ترتیب در تیمارهای کودی آهن + روی با میانگین ۱۳۶۶۶ کیلوگرم در هکتار و روی + منگنز با میانگین ۱۳۲۲۱ کیلوگرم در هکتار و تیمار بدون مصرف کود با میانگین ۱۲۹۴۴ کیلوگرم در هکتار نشان داد. در این آزمایش، اثرات متقابل لیکورد × تیمار منگنز، لیکورد × آهن + روی + منگنز و اوکاپی × تیمار کودی آهن + روی + منگنز به ترتیب با میانگین ۳۵/۴۶ و ۳۴/۷۷ و ۳۲/۲۳ درصد بیشترین شاخص برداشت را داشتند. به علاوه برهمکنش لیکورد × تیمار کودی آهن + روی + منگنز بالاترین تعداد خورجین در بوته با میانگین ۳۶۹/۸۶ را نشان داد. به طور کلی، عملکرد دانه و اجزای آن در ارقام کلزا، واکنش‌های متفاوتی به کودهای ریزمغذی نشان دادند. بر اساس نتایج این آزمایش، کشت ارقام اوکاپی و لیکورد و کاربرد کودهای ریزمغذی منگنز و روی + منگنز منجر به افزایش عملکرد دانه کلزا در شرایط اقلیمی اراک گردید.

واژه‌های کلیدی: رقم، صفات زراعی، عناصر غذایی، کلزا

مقدمه

دانه‌های روغنی بعد از غلات دومین منبع انرژی مورد نیاز جوامع بشری محسوب می‌شوند و کلزا سومین گیاه روغنی مهم دنیاست که سطح کشت آن در دنیا به سرعت در حال افزایش است (فائو^۱، ۲۰۱۱). کلزا 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 (رایمر^۲، ۲۰۰۲). کلزا به دلیل مصارف انسانی، صنعتی و کاربرد آن در تغذیه دام، یک گیاه کاملاً صنعتی محسوب می‌شود (باسیل و کافکا^۳، ۲۰۰۲). همچنین، وجود سطوح قابل توجه از عناصر پرمصرف و ریزمغذی در برگ‌های کلزا، اهمیت این گیاه را به‌عنوان یک سبزی خوراکی دو چندان کرده است (میلر کبرت^۴ و همکاران، ۲۰۰۹). بدین ترتیب، توسعه کشت کلزا از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. از طرفی، بخش قابل توجهی از اراضی زراعی ایران (علائی یزدی و برزگر فیروزآبادی، ۱۳۸۳) و حدود ۶۰ درصد زمین‌های زراعی جهان دچار کمبود مواد غذایی هستند (بوکویچ^۵ و همکاران، ۲۰۰۳). غنی‌سازی^۶ به معنی افزایش غلظت عناصر غذایی به‌خصوص کم‌مصرف در گیاهان می‌باشد. لذا افزایش غلظت عناصر غذایی در دانه موجب خواهد شد که علاوه بر کمک به بهبود سلامتی جامعه، بذور قوی با قدرت جوانه‌زنی بالا و رشد اولیه زیاد تولید شود (ناجی^۷، ۱۹۹۶).

انجام آزمون خاک جهت تعیین وضعیت غذایی در برخی خاک‌ها نشان می‌دهد که علی‌رغم وجود مقادیر فراوان برخی از عناصر غذایی (P, Zn, Fe, ...) در این خاک‌ها، فرم محلول و قابل جذب این عناصر کمتر از مقدار لازم برای رشد و نمو مناسب گیاه می‌باشد. کمبود عناصر غذایی یکی از عوامل محدود کننده در تولید محصول با کمیت و کیفیت بالا در این خاک‌ها محسوب می‌شود. کمبود روی و آهن یکی از شایع‌ترین

کمبودهای عناصر ریزمغذی در دنیا و ایران می‌باشند (ملکوتی و طهرانی، ۱۳۷۸). یون‌های فلزی نظیر آهن، روی و منگنز در ساختمان بسیاری از آنزیم‌ها مشارکت دارند (چاکماک^۸، ۲۰۰۰). در سنتز کربوهیدرات حتی در شرایط بروز تنش خشکی در گیاهان نقش مهمی ایفا می‌کنند (مارشنر^۹، ۱۹۹۶) و بدین ترتیب مقاومت گیاهان به تنش‌های محیطی را افزایش می‌دهند (بایبوردی، ۱۳۸۲). محققین گزارش کرده‌اند که مصرف توأم روی و منگنز (چاکماک، ۲۰۰۰) و کاربرد آهن به همراه روی (میرزاپور و همکاران، ۱۳۸۴) عملکرد دانه آفتابگردان را افزایش داد. مصرف روی در کلزا سبب افزایش عملکرد دانه، غلظت روی در دانه‌ها، ریشه‌ها و ساقه کلزا می‌گردد (گروال^{۱۰} و همکاران، ۱۹۹۷).

نقش عمده منگنز در گیاه، مشارکت آن در سیستم‌های ترکیبی است. منگنز در واکنش‌های انتقال دخیل بوده و در تولید کلروفیل نیز نقش دارد (سالاردینی و مجتهدی، ۱۳۶۷) و ملکوتی و طهرانی، (۱۳۷۸). منگنز از عناصر کم‌مصرف ضروری برای گیاهان است که در فعال ساختن آنزیم‌ها، متابولیسم کربوهیدرات‌ها، اسیدهای آمینه، تنفس و فتوسنتز در گیاه نقش مهمی بازی می‌کند (سالاردینی و مجتهدی، ۱۳۶۷). مرشدی (۱۳۷۹) طی تحقیقی که به‌صورت محلول‌پاشی آهن و روی بر گیاه کلزا داشتند، گزارش نمود که این عناصر، سبب افزایش تعداد دانه در غلاف، تعداد غلاف در بوته و افزایش عملکرد دانه و روغن در گیاه گردید. جکسون^{۱۱} (۲۰۰۳) به‌منظور بررسی اثر محلول‌پاشی روی و منگنز روی گیاه کلزا، مشاهده نمودند که کاربرد هم‌زمان عنصر روی و منگنز به‌طور عمده باعث افزایش عملکرد و اجزای عملکرد، ارتفاع گیاه، مقدار روغن و پروتئین دانه در مقایسه با شاهد گردید. انصاری و همکاران (۱۳۸۶) اثر محلول‌پاشی مس پنج درصد به همراه روی و منگنز یک درصد را بر گیاه آفتابگردان مورد آزمایش قرار داده و مشاهده نمودند که عملکرد دانه و مقدار روغن در گیاه افزایش یافت.

فانی اخلاق و همکاران (۱۳۹۰) با بررسی اثر روی و

¹ FAO

² Raymer

³ Bassil and Kaffka

⁴ Miller Cebert

⁵ Bukvic

⁶ Fortification

⁷ Nagy

⁸ Cakmak

⁹ Marschner

¹⁰ Grewal

¹¹ Jackson

صفات مهم زراعی برخی ارقام کلزای زمستانه در اراک انجام شد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثرات عناصر ریزمغذی بر مراحل رشد، عملکرد و خصوصیات زراعی برخی ارقام کلزای زمستانه، آزمایشی در سال زراعی ۱۳۹۱ - ۱۳۹۰ در مزرعه مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان مرکزی (اراک) واقع در عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۵ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۹ درجه و ۴۲ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۷۷۵ متر از سطح دریا به صورت کرت‌های خرد شده با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی انجام شد. کودها شامل بدون مصرف ریزمغذی، کاربرد ریزمغذی آهن، روی، منگنز، آهن+ روی، آهن + منگنز، روی + منگنز، آهن + روی + منگنز و ارقام کلزا شامل زرفام^۴، اوکاپی^۵، مودنا^۶ و لیکورد^۷ به ترتیب به عنوان فاکتور فاکتور اصلی و فرعی بودند. این ارقام مقاومت بالایی به سرمای زمستانه دارند و به صورت پائیزه کشت می‌شوند. رقم زرفام توسط محققان داخل کشور اصلاح شده است، ولی ارقام دیگر به ترتیب از کشورهای فرانسه، دانمارک و آلمان وارد شده است که از مهم‌ترین ارقام رایج کلزا در مناطق سرد و معتدل سرد بشمار می‌آیند (علی‌زاده و همکاران، ۱۳۸۶).

برای تأمین نیاز گیاهان زراعی، مقدار ۴۰ کیلوگرم در هکتار سولفات روی، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سولفات آهن و ۴۰ کیلوگرم در هکتار سولفات منگنز به صورت خاکی مورد استفاده قرار گرفت (ملکوتی و طهرانی، ۱۳۷۸). همچنین، محلول‌پاشی کودهای ریزمغذی در دو مرحله آغاز ساقه‌دهی و ظهور غنچه‌های گل با دز سه در هزار به ترتیب از منابع کلات آهن^۸ شش درصد تولید شرکت بیورت^۹ کلات روی^{۱۰} ۱۴ درصد و کلات منگنز

منگنز بر ارقام کلزا Hyola 308 و Hyola 401 و RGS006 در استان گیلان، گزارش کردند که تعداد خورجین در گیاه و تعداد دانه در خورجین با تیمار کاربرد سولفات روی به همراه سولفات منگنز در رقم هایولا ۴۰۱ بیشترین تعداد خورجین در گیاه و تعداد دانه در خورجین را داشت.

نقش مثبت کودهای ریزمغذی بر افزایش عملکرد دانه در گندم، ذرت، آفتابگردان؛ کلزا و گلرنگ توسط محققین متعددی گزارش شده است (بایوردی، ۱۳۸۲؛ مرشدی و همکاران، ۱۳۷۹؛ میرزاپور و همکاران، ۱۳۸۴؛ لبلانسه^۱ و همکاران، ۱۹۹۷). در این راستا، سلیم پور و همکاران (۱۳۷۹) کاربرد توأم محلول‌پاشی و مصرف خاکی عناصر ریزمغذی را برای ارتقاء عملکرد گیاه کلزا مثبت و مطلوب گزارش کرده‌اند. محلول‌پاشی برگی در دو مرحله ساقه رفتن و قبل از گل‌دهی گیاه روغنی کلزا توصیه شده است (بایوردی و ممدوف^۲، ۲۰۱۰؛ چاکماک، ۲۰۰۸). بدین ترتیب، مدیریت عناصر غذایی جهت رشد بهینه گیاه و افزایش عملکرد و پایداری تولید ضروری است (علائی یزدی و برزگر فیروزآبادی، ۱۳۸۳؛ حکمان^۳ و همکاران، ۲۰۰۳). محققان برای تأمین نیاز گیاهان زراعی، مقدار ۴۰ کیلوگرم در هکتار سولفات روی، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سولفات آهن و ۴۰ کیلوگرم در هکتار سولفات منگنز توصیه کرده‌اند. همچنین، می‌توان از محلول‌پاشی سولفات روی، سولفات آهن و سولفات منگنز به میزان سه در هزار در دو نوبت خروج از ریزت و قبل از گلدهی استفاده کرد (ملکوتی و طهرانی، ۱۳۷۸).

سطح زیر کشت کلزا در شهرستان اراک ۱۱۰۰ هکتار با میانگین ۱۷۶۵ کیلوگرم در هکتار می‌باشد. ارقام مورد کشت در این استان عبارت‌اند از اوکاپی، طلایه، زرگل و لیکورد (آمارنامه سالیانه کشاورزی، ۱۳۹۲). سطح کشت کلزا در سطح ایران ۸۰ هزار هکتار می‌باشد. به دلیل پایین بودن فراهمی میزان عناصر ریزمغذی در خاک منطقه، این تحقیق با هدف بررسی اثرات کاربرد عناصر ریزمغذی بر مراحل فنولوژیک و

⁴ Zarfam

⁵ Okapi

⁶ Modena

⁷ Licord

⁸ EDDHA

⁹ Biovert, S.A

¹⁰ Zn EDTA

¹ Leblance

² Baybordi and Mamedov

³ Heckman

آنتاگونیست بین آهن و روی در خاک و گیاه و بالا بودن محدودیت جذب روی در خاک‌های قلیایی، از تیمار کودی حاوی روی نیز استفاده گردید.

در طی دوره انجام آزمایش، صفات مهم زراعی از قبیل طول مراحل رشد کلزا بر حسب روز از زمان کاشت، ارتفاع بوته (با استفاده از متر پارچه‌ای)، دوره رویش گیاه از زمان کاشت تا برداشت محصول، تعداد شاخه‌های فرعی در بوته، تعداد خورجین در بوته و تعداد دانه در خورجین با انتخاب ۱۰ بوته به‌طور تصادفی از هر کرت اندازه‌گیری شد. برداشت نهایی محصول در تاریخ ۱۱ تیرماه، مصادف با تغییر رنگ دانه، با حذف حاشیه در سطحی معادل ۴/۸ مترمربع از هر کرت به‌صورت دستی انجام گرفت و ابتدا عملکرد زیستی محاسبه شده و سپس خرمن‌کوبی انجام و عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) محاسبه شد. وزن هزار دانه بر اساس قوانین انجمن بین‌المللی آزمون بذر، ایستا (ISTA) اندازه‌گیری گردید (دراپر^۲، ۱۹۸۵).

۱۳ درصد از تولیدات شرکت لیبرل^۱ انگلیس انجام گرفت.

کشت به‌صورت جوی و پشته‌ای، در تاریخ ۲۰ مهرماه و آبیاری به روش سیفونی صورت گرفت. در هر کرت دو پشته ۶۰ سانتی‌متری قرار داشت. در کناره‌های هر پشته دو خط به طول ۶ متر و با فاصله ۳۰ سانتی‌متر کشت شدند. بدین ترتیب، در کرت چهار خط کشت گردید و فاصله بوته روی ردیف ۵ سانتی‌متر و تراکم کاشت کلزا به‌طور تقریبی ۶۷ بوته در مترمربع بود. تمامی عملیات کاشت و مواظبت‌های زراعی مطابق دستورالعمل کاشت کلزا انجام شد. در طول دوره رشد مراقبت‌های زراعی شامل آبیاری با دور ۷-۸ روز و مبارزه با علف‌های هرز به‌صورت دستی انجام شد. قبل از اجرای طرح، از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک مزرعه موردنظر برای تعیین خواص فیزیکی و شیمیایی آن (جدول ۱) نمونه‌برداری شد.

جدول ۱- مشخصات خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

عمق خاک (سانتی‌متر)	درصد اشباع	هدایت الکتریکی (dS/m)	اسیدیته کل اشباع	درصد مواد خنثی شونده	کربن آلی	نیترژن کل	فسفر	پتاسیم	آهن	منگنز	روی	مس	بافت خاک
۰-۳۰	۵۹	۱/۸	۷/۴	۳۴	۰/۵۵	۰/۰۶	۱۷/۵	۲۹۰	۴/۱۰	۳/۱۳	۰/۷	۰/۵۸	رسی

شاخص برداشت نیز از طریق فرمول زیر محاسبه گردید:

شاخص برداشت = عملکرد دانه / عملکرد زیستی × ۱۰۰
تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از برنامه آماری SAS 9.1 و مقایسه میانگین‌ها به روش LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

تعداد روز تا شروع گل‌دهی

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲) نشان داد که اثر نوع کود ریزمغذی بر تعداد روز تا شروع گل‌دهی معنی‌دار نبود، ولی ارقام مختلف کلزا و اثر متقابل کود × رقم بر تعداد روز تا شروع گل‌دهی به ترتیب در سطح

بر اساس نتایج آزمون خاک، مقدار ۱۵۰ کیلوگرم نیترژن خالص از منبع اوره ۴۶ درصد و ۷۵ کیلوگرم فسفر خالص در هکتار از منبع سوپر فسفات تریپل استفاده شد و تمامی کود فسفات و ۱/۳ کود اوره، قبل از کاشت و ۱/۳ کود اوره در مرحله ساقه‌دهی و ۱/۳ باقی‌مانده در مرحله شروع غنچه‌دهی به‌صورت سرک مورد استفاده قرار گرفت.

حد بحرانی عناصر غذایی روی، آهن و منگنز به ترتیب ۲، ۵ و ۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک زراعی گزارش شده است (ملکوتی و طهرانی، ۱۳۷۸). بر اساس نتایج آزمون خاک (جدول ۱) میزان عناصر غذایی آهن و منگنز کمتر از حد بحرانی بود. ولی به دلیل وجود رابطه

² Draper

¹ Librel

نشان داد.

دوره رویش گیاه

در این آزمایش، اثر کود، رقم و اثر متقابل کود × رقم بر دوره رویش گیاه (تعداد روز از کاشت تا رسیدگی محصول کلزا) تفاوت معنی‌داری بود (جدول ۲) که با یافته‌های تحقیقاتی عابدیان (۱۳۸۹) مطابقت داشت. بیشترین طول دوره رشد کلزا در ارقام زرفام و اوکاپی و تیمار کودی روی + منگنز مشاهده گردید. نتایج نشان داد که کاربرد آهن، روی و منگنز سبب تأخیر در وقوع مراحل نموی کلزا شدند. بر مراحل فنولوژیک کلزا داشت (جدول ۳).

طول دوره رسیدگی

اثر کود، رقم و برهمکنش کود و رقم بر طول دوره رسیدگی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). خاتمیان اسکوتی (۱۳۸۹) و عابدیان (۱۳۸۹) به ترتیب اثر رقم و کود را بر طول دوره رسیدگی معنی‌دار گزارش کرده‌اند. در این راستا، اثر متقابل کود و رقم غیر معنی‌دار گزارش شده است (عابدیان، ۱۳۸۹). بالاترین طول دوره رسیدگی در رقم مودنا در تیمار کودی آهن + منگنز مشاهده گردید که تفاوت معنی‌داری با طول دوره رسیدگی رقم زرفام در تیمار کودی منگنز و ارقام زرفام و اوکاپی در تیمار کودی روی + منگنز نداشت (جدول ۳). نتایج نشان داد که طول دوره رسیدگی (دوره زمانی بین ظهور خورجین تا رسیدگی دانه) به‌تنهایی برای افزایش عملکرد دانه کافی نیست و عواملی نظیر محدودیت مبدأ و شرایط محیطی بسته به رقم می‌تواند عملکرد کلزا را تحت تأثیر قرار دهد.

ارتفاع گیاه

در این تحقیق، اثر تیمارهای کود، رقم و اثر متقابل کود × رقم بر ارتفاع بوته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). در این راستا، موسوی‌نیا و همکاران (۲۰۱۲)، خاتمیان اسکوتی (۱۳۸۹) و عابدیان (۱۳۸۹) نیز نتایج مشابهی گزارش کرده‌اند. ارقام زرفام و لیکورد در تیمار کودی شاهد، رقم اوکاپی در تیمارهای

احتمال پنج و یک درصد معنی‌دار بود. نتایج مشابهی نیز توسط عابدیان (۱۳۸۹) معنی‌دار گزارش شده است. این اختلاف تا حدودی ناشی از خصوصیات ژنتیکی و واکنش ارقام به عوامل محیطی می‌باشد (فرجی، ۱۳۸۴). مقایسه میانگین تعداد روز تا شروع گلدهی نشان داد که در رقم زرفام تیمار کودی منگنز + آهن + روی، در رقم اوکاپی تیمار کودی منگنز، در رقم مودنا تیمار کودی آهن و در رقم لیکورد تیمار کودی منگنز + آهن، دارای بیشترین تعداد روز تا شروع گلدهی بودند.

نتایج نشان داد که کاربرد کودهای ریزمغذی بر حسب نوع رقم در اغلب موارد گل‌دهی کلزا را به تعویق انداخت (جدول ۳). این امر ممکن است ناشی از تحریک رشد رویشی کلزا در اثر کاربرد کودهای ریزمغذی باشد. چون روی در سنتز پیش ماده اکسین نقش مؤثری دارد (اپستین^۱، ۱۹۷۲).

طول دوره گل‌دهی

در این تحقیق، اثر کود، رقم و برهمکنش کود و رقم بر طول دوره گل‌دهی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). خاتمیان اسکوتی (۱۳۸۹) و عابدیان (۱۳۸۹) اثر رقم و کود بر طول دوره گل‌دهی را به ترتیب معنی‌دار گزارش کرده‌اند. به‌علاوه برهمکنش کود و رقم بر طول دوره گل‌دهی غیر معنی‌دار گزارش شده است (عابدیان، ۱۳۸۹). ارقام اوکاپی و مودنا در تیمار کودی شاهد بالاترین طول دوره گل‌دهی را نشان دادند، ولی تفاوت معنی‌داری نداشتند. بدین ترتیب، کودهای ریزمغذی با افزایش تعداد روز تا شروع گل‌دهی و کاهش تعداد روز تا پایان گل‌دهی، سبب کاهش طول دوره گل‌دهی گردید (جدول ۳).

در این آزمایش، رقم اوکاپی در تیمار شاهد و رقم لیکورد در تیمار منگنز بیشترین عملکرد دانه را نشان دادند، ولی تفاوت معنی‌داری نداشتند (جدول ۳). بر اساس نتایج این آزمایش، به نظر می‌رسد رقم اوکاپی در مقایسه با ارقام دیگر مورد مطالعه نیاز کمتری به عناصر ریزمغذی دارد. به همین دلیل، واکنش آن به کودهای ریزمغذی کمتر از ارقام دیگر بود و در تیمار عدم مصرف کودهای ریزمغذی (شاهد) بیشترین عملکرد دانه را

¹ Epstein

بالا بودن تعداد شاخه فرعی همیشه منجر به افزایش عملکرد دانه کلزا نمی‌شود، ولی به‌طور کلی افزایش تعداد شاخه فرعی بسته به شرایط محیطی می‌تواند از طریق افزایش تعداد خورجین در بوته محصول کلزا را افزایش دهد. چون بین تعداد شاخه فرعی و تعداد خورجین در بوته رابطه مثبت وجود دارد (اسکاریسبریک^۶ و همکاران، ۱۹۸۱). نتایج نشان داد که اثر متقابل رقم لیکورد در تیمارهای ریزمغذی منگنز و آهن + روی + منگنز بیشترین تعداد شاخه فرعی را به خود اختصاص داد ولی اثر متقابل ارقام زرفام و اوکاپی با تیمار عدم مصرف ریزمغذی (شاهد) بالاترین تعداد شاخه فرعی را نشان داد که بیانگر واکنش متفاوت ارقام به کودهای ریزمغذی در تولید شاخه فرعی می‌باشد (جدول ۳).

تعداد خورجین در بوته

اثر تیمارهای کود، رقم و برهمکنش کود و رقم بر تعداد خورجین در بوته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). اثر مثبت رقم و نوع کود بر تعداد خورجین در بوته کلزا توسط دیگر محققان نیز گزارش شده است (خاتمیان اسکویی، ۱۳۸۹ و عابدیان ۱۳۸۹). نتایج نشان داد که رقم لیکورد بالاترین تعداد خورجین در بوته را در تیمار کودی آهن + روی + منگنز داشت. در این آزمایش، رقم لیکورد با بیشترین تعداد خورجین در بوته، بالاترین عملکرد دانه را نشان داد؛ به عبارت دیگر اثر متقابل لیکورد و تیمار ریزمغذی آهن + روی + منگنز بیشترین تعداد خورجین در بوته و عملکرد دانه را نشان داد (جدول ۳). تعداد خورجین در بوته از مهم‌ترین صفات برای افزایش عملکرد دانه گزارش شده است (باسالما^۷، ۲۰۰۸). از سوی دیگر، عناصر ریزمغذی ارتفاع بوته و شاخه‌های فرعی را افزایش می‌دهد و بدین ترتیب تعداد خورجین بیشتری روی بوته تشکیل می‌شود (موحدی دهنوی و همکاران، ۲۰۰۹؛ تالوت^۸ و همکاران، ۲۰۰۶). نتایج این پژوهش با یافته‌های تحقیقاتی خاتمیان اسکویی (۱۳۸۹) و عابدیان (۱۳۸۹)

کودی شاهد، آهن، آهن + روی و روی + منگنز و رقم مودنا در تیمارهای کودی آهن و آهن + روی بیشترین ارتفاع بوته را داشتند (جدول ۳). در آزمایش مشابهی، اثر عناصر ریزمغذی بر ارتفاع بوته گلرنگ مثبت گزارش شده است (موسوی‌نیا و همکاران، ۱۳۹۰؛ موحدی دهنوی^۱ و همکاران، ۲۰۰۹). نتایج نشان داد که واکنش ارتفاع بوته به کودهای ریزمغذی متفاوت بود.

چون عناصر ریزمغذی آهن، روی و منگنز در ساختمان بسیاری از آنزیم‌ها مشارکت دارند (چاکماک^۲، ۲۰۰۰). در سنتز کربوهیدرات حتی در شرایط بروز تنش خشکی (مارشسز، ۱۹۹۶) و در تولید کلروفیل (سالاردینی و مجتهدی، ۱۳۶۷؛ ملکوتی و طهرانی، ۱۳۷۸) نقش دارند. بدین ترتیب، یا افزایش توان فتوسنتزی گیاه می‌تواند منجر به افزایش رشد طولی گیاه شوند. همچنین، عنصر روی در سنتز پیش ماده اکسین نقش مؤثری دارد که منجر به افزایش رشد طولی گیاه می‌شود (اپستین^۳، ۱۹۷۲). خلیلی محله و رشیدی (۱۳۸۷) نیز نشان دادند که کمبود روی به علت تأثیر سوء بر بیوسنتز اکسین می‌تواند باعث کاهش ارتفاع بوته و عملکرد آن شود. رشد مناسب بوته‌های کلزا برای دستیابی به عملکرد مطلوب ضروری گزارش شده است (رایمر^۴، ۲۰۰۲).

تعداد شاخه فرعی

نتایج نشان داد که اثر تیمارهای کود، ارقام مختلف کلزا و برهمکنش کود و رقم بر تعداد شاخه فرعی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲) که با یافته‌های امیدیان و همکاران (۱۳۹۱) و احمدی^۵ (۲۰۱۰) مطابقت داشت. ارقام زرفام و اوکاپی در تیمار کودی شاهد و رقم لیکورد در تیمارهای کودی منگنز و آهن + روی + منگنز بیشترین تعداد شاخه فرعی را داشتند (جدول ۳). مصطفوی راد (۱۳۸۹) گزارش کرد که مصرف عناصر ریزمغذی موجب افزایش تعداد شاخه‌های فرعی ارقام کلزا گردید. نتایج نشان داد که

¹ Movahhedy Dehnavy

² Cakmak

³ Epstein

⁴ Raymer

⁵ Ahmadi

⁶ Scarisbrick

⁷ Basalma

⁸ Thalooh

مشابه بود. بنابراین به نظر می‌رسد که کاربرد کودهای ریزمغذی از طریق افزایش تعداد خورجین در بوته، سبب افزایش عملکرد کلزا می‌شوند.

جدول ۲- میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس مراحل رشد و صفات کمی اندازه‌گیری شده در ارقام کلزای مورد مطالعه تحت تأثیر عناصر ریزمغذی

منابع تغییرات	درجه آزادی	تعداد روز تا شروع گلدهی	طول دوره گلدهی	طول دوره رویش	طول دوره رسیدگی	ارتفاع بوته	تعداد شاخه‌های فرعی
بلوک	۲	۱۰/۱۵ ^{**}	۲۸/۹۰ ^{**}	۴۶/۳۴ ^{**}	۱۸/۰۳ ^{**}	۱۳۵/۷۷ ^{**}	۰/۳۴ ^{ns}
کود	۷	۱/۷۰ ^{ns}	۹۴/۷۱ ^{**}	۳۹/۷۷ ^{**}	۸۸/۹۷ ^{**}	۲۲۱/۷۵ ^{**}	۰/۹۲ ^{**}
خطای اصلی	۱۴	۱/۲۷	۲/۱۳	۰/۴۶	۱/۵۴	۱۱/۱۷	۰/۰۵
رقم	۳	۱/۵۱ [*]	۱۰/۸۴ ^{**}	۱۱/۳۴ ^{**}	۴۱/۳۰ ^{**}	۷۹/۷۹ ^{**}	۱/۳۴ ^{**}
اثر متقابل کود × رقم	۲۱	۲/۲۵ ^{**}	۱۱/۰۸ ^{**}	۱۸/۶۲ ^{**}	۲۱/۴۴ ^{**}	۲۴۴/۹۲ ^{**}	۲/۳۵ ^{**}
خطای فرعی	۴۸	۰/۴۶	۰/۷۷	۰/۳۹	۱/۰۷	۱۲/۷۱	۰/۱۲
ضریب تغییرات	-	۰/۳۱	۳/۲۵	۰/۲۳	۳/۶۸	۲/۹۷	۴/۶۲

ns، * و ** به ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد

جدول ۲- ادامه

منابع تغییرات	تعداد خورجین در بوته	تعداد دانه در خورجین	وزن هزار دانه	عملکرد زیستی	عملکرد دانه	شاخص برداشت	عملکرد روغن
بلوک	۴۶۲/۹۷ [*]	۱/۹۵ ^{ns}	۰/۰۰۱ ^{ns}	۴۳۴۹۱۱ ^{ns}	۵۰۰۵۳ ^{ns}	۱/۲۳ ^{ns}	۲۵۵۱۹/۴۵ ^{ns}
کود	۶۹۱۵ ^{**}	۶/۹۲ ^{**}	۰/۲۳ ^{**}	۱۲۹۱۳۹۹۵ ^{**}	۱۱۱۵۵۰۶ ^{**}	۱۹/۳۰ ^{**}	۱۵۴۹۵۲/۱۸ ^{**}
خطای اصلی	۱۶۱/۵	۲/۱۶	۰/۰۲۳	۵۹۴۶۸۴	۴۹۷۵۲	۰/۳۵	۱۱۱۰۳/۱۷
رقم	۱۸۵۶۸/۶۲ ^{**}	۴۸/۹۷ ^{**}	۰/۰۳۱ ^{ns}	۴۶۱۶۲۹۸۲ ^{**}	۸۳۵۰۰۵۵ ^{**}	۸۴/۰۵ ^{**}	۱۰۸۶۷۹۹/۲۲ ^{**}
اثر متقابل کود × رقم	۱۱۷۷۱/۸۶ ^{**}	۴/۲۳ [*]	۰/۱۳۴ ^{**}	۸۰۱۰۸۹۱ ^{**}	۸۲۵۴۷۸ ^{**}	۷۵/۱۸ ^{**}	۱۲۵۱۰۸/۲۲ ^{**}
خطای فرعی	۱۲۴/۴۳	۲/۰۴	۰/۰۱۶	۳۴۹۳۸۵	۳۰۵۳۲	۰/۶۸	۱۰۱۱۰/۰۱
ضریب تغییرات	۶/۰۷	۵/۱۵	۳/۵۹	۵/۵۴	۵/۵۵	۲/۸۱	۸/۷۳

ns، * و ** به ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد

تعداد دانه در خورجین

قرار می‌گیرد (فرجی، ۱۳۸۴). در این راستا، نقش مثبت کودهای ریزمغذی بر تعداد دانه در کلزا و گلرنگ توسط دیگر محققین گزارش شده است (مرشدی و همکاران، ۱۳۷۹؛ یاری و همکاران، ۱۳۸۴).

همچنین، مرشدی و نقیعی (۱۳۸۳) دریافتند که عنصر روی سبب افزایش تعداد دانه در خورجین گردید. آنان گزارش کردند که روی در سنتز پروتئین لوله‌گرده شرکت کرده و سبب ذخیره آن در این اندام می‌گردد که این امر منجر به افزایش گرده‌افشانی و تشکیل بیشتر دانه می‌شود.

در این تحقیق، تیمارهایی که بالاترین تعداد دانه در خورجین را دارا بودند، بالاترین عملکرد دانه را نشان

در این آزمایش، اثر تیمارهای مورد بررسی بر تعداد دانه در خورجین معنی‌دار بود (جدول ۲). تالوت و همکاران (۲۰۰۶) و عابدیان (۱۳۸۹) به ترتیب نشان دادند که اثر متقابل کود و رقم بر اجزای عملکرد لوبیا و کلزا معنی‌دار بود. در این مطالعه، اثر کودهای ریزمغذی بر تعداد دانه در خورجین بر حسب نوع رقم، متفاوت بود. نتایج مقایسه میانگین (جدول ۳) نشان داد که رقم زرفام در تیمار کودی آهن + منگنز و رقم اوکاپی در تیمارهای کودی شاهد، آهن، روی، آهن + روی و آهن + روی + منگنز و رقم مودنا در تیمار کودی روی بیشترین تعداد دانه در خورجین را داشتند.

(۱۳۸۴) و سینگ^۵ و همکاران (۱۹۹۳) گزارش کردند که کاربرد کودهای ریزمغذی، به ترتیب وزن خشک گلرنگ و کلزا را افزایش داد.

ندادند (جدول ۳). محققین بر این عقیده‌اند که تعداد دانه در خورجین سهم کمتری در ارتقاء محصول کلزا دارد (فاراتولا^۱ و همکاران، ۲۰۰۴).

عملکرد دانه

اثر تیمارها بر عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). محققان نشان دادند که ارقام مختلف کلزا تحت تأثیر کودهای مختلف، عملکردهای متفاوتی داشتند (دانشور^۶ و همکاران، ۲۰۰۸ و نصری^۷ و همکاران، ۲۰۰۸). سیدلاuskas و برنوتاس^۸ (۲۰۰۳) گزارش کردند که عملکرد دانه و فرآیندهای تشکیل آن به ژنتیک، محیط، عوامل زراعی و تداخل بین آن‌ها بستگی دارد. در این آزمایش رقم اوکاپی در تیمارهای کودی شاهد و روی + منگنز و رقم لیکورد در تیمار کودی منگنز بیشترین عملکرد دانه را داشتند، ولی تفاوت معنی‌داری نداشتند. در این آزمایش، عملکرد دانه رقم زرفام تحت تأثیر اغلب تیمارهای ریزمغذی کمتر از بقیه ارقام مورد مطالعه بود و واکنش قابل توجهی به عناصر ریزمغذی در راستای افزایش عملکرد دانه نشان نداد.

بر اساس نتایج به دست آمده، بهبود اجزای عملکرد به‌ویژه تعداد خورجین در بوته تحت تأثیر تیمارهای شاهد و روی + منگنز در رقم اوکاپی و کاربرد منگنز در رقم لیکورد را می‌توان عامل مهم افزایش عملکرد ارقام فوق برشمرده (جدول ۳). به‌علاوه، انتظار می‌رفت که با افزایش طول دوره رشد، تولید محصول ارتقاء یابد، ولی این ایده در مورد تمامی ارقام کلزا نظیر زرفام صادق نبود که این امر می‌تواند ناشی از محدودیت شرایط محیطی برای تشکیل خورجین‌های بالغ در گیاه و تفاوت ژنتیکی ارقام در استفاده از منابع رشد در راستای افزایش عملکرد محصول کلزا باشد (آلیاری و شکاری، ۱۳۷۹).

همچنین، نتایج این آزمایش نشان داد که طول دوره رسیدگی محصول (دوره زمانی بین ظهور خورجین تا رسیدگی دانه) به‌تنهایی سبب افزایش عملکرد دانه

وزن هزار دانه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل کود × رقم، بر وزن هزار دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). خاتمیان اسکوئی (۱۳۸۹) اثر رقم و عابدیان (۱۳۸۹) اثر رقم و برهمکنش کود × رقم بر وزن هزار دانه را معنی‌دار گزارش کرده‌اند. دگنهارت و کوندرا^۲ (۱۹۸۱) گزارش کردند که وزن هزار دانه با ثبات‌ترین جزء عملکرد کلزا می‌باشد. ارقام اوکاپی و مودنا به ترتیب در تیمار کودی منگنز و آهن + روی + منگنز بیشترین وزن هزار دانه را داشتند، ولی تفاوت معنی‌داری نشان ندادند. ولی اثر متقابل ارقام اوکاپی و مودنا با تیمارهای ریزمغذی منگنز و آهن + روی + منگنز از نظر وزن هزار دانه با ارقام مورد مطالعه دیگر معنی‌دار بود (جدول ۳). به نظر می‌رسد که افزایش وزن هزار دانه در اثر مصرف کود به دلیل افزایش مواد ذخیره شده باشد که موجب سرازیر شدن مواد پرورده به سمت دانه می‌گردد (امیدیان و همکاران، ۱۳۹۱). با این توصیف، کمبل و کوندرا^۳ (۱۹۷۸) بر خلاف یافته‌های گوش و موخوپادهیای^۴ (۱۹۹۴)، وزن هزار دانه را از فاکتورهای مهم ارتقاء عملکرد دانه در کلزا گزارش کرده‌اند.

عملکرد زیستی

در این پژوهش، اثر تیمارهای مورد مطالعه بر عملکرد زیستی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). اثر رقم بر عملکرد زیستی توسط عابدیان (۱۳۸۹) نیز معنی‌دار گزارش شده است. نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که رقم اوکاپی در تیمارهای کودی شاهد، آهن + روی + منگنز، بیشترین و رقم مودنا در تیمار کودی روی، کمترین عملکرد زیستی را به خود اختصاص دادند (جدول ۳). یاری و همکاران

⁵ Singh

⁶ Daneshvar

⁷ Nasri

⁸ Sidlauskas and Bernotas

¹ Faratulla

² Degenhardt and Kondra

³ Campbell and Kondra

⁴ Ghosh and Mukhopadhyay

نمی‌شود. به نظر می‌رسد عواملی نظیر محدودیت مبدأ و شرایط محیطی بسته به رقم عملکرد کلزا را تحت تأثیر قرار می‌دهد.

جدول ۳- اثر متقابل کود × رقم بر میانگین صفات اندازه‌گیری شده در ارقام مورد مطالعه کلزا

لیکورد	آهن			شاهد			تیمار		صفات
	مودنا	اوکاپی	زرغام	لیکورد	مودنا	اوکاپی	زرغام	زرغام	
۲۲۲ b	۲۲۳/۳۳ a	۲۲۱/۶۶ bc	۲۲۱/۳۳ bc	۲۲۲ b	۲۲۰/۶۷ c	۲۲۰ c	۲۲۲b	۲۲۲b	تعداد روز تا شروع گل‌دهی
۲۷/۳۳ de	۲۸ d	۲۴ fg	۲۴/۶۶ f	۲۶/۳۳ e	۳۲ ab	۳۳/۳۳ a	۳۰/۶۶ bc	۳۰/۶۶ bc	طول دوره گل‌دهی
۲۷۶/۳۳ ef	۲۷۶/۳۳ ef	۲۷۵/۳۳ f	۲۷۵/۳۳ f	۲۷۵/۳۳ f	۲۷۴/۶۶ f	۲۷۴/۳۳ f	۲۷۶/۳۳ e	۲۷۶/۳۳ e	دوره رویش (تعداد روز تا رسیدگی)
۲۷ d	۲۵ e	۲۹/۶۶ bc	۲۹/۳۳ c	۲۷ d	۲۲ f	۲۱ f	۲۳/۶۶ ef	۲۳/۶۶ ef	طول دوره رسیدگی
۱۲۳/۹۳ bc	۱۲۸/۴۶ ab	۱۳۱/۶۶ ab	۱۱۱/۴۳ d	۱۳۰/۲۰ a	۱۱۹/۰۶ c	۱۳۳/۵ a	۱۲۸/۴۳ ab	۱۲۸/۴۳ ab	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)
۷/۸۳ bc	۶/۷۶ d	۶/۹۰ cd	۷/۵۶ c	۶/۹۰ d	۶/۴۳ d	۸/۶۰ ab	۹/۰۳ a	۹/۰۳ a	تعداد شاخه‌های فرعی
۲۹۰/۶۰ c	۱۴۹/۶۳ gh	۱۰۲/۹۶ i	۲۰۰/۸۶ f	۲۴۰/۷۰ d	۱۴۲/۳۰ h	۱۴۲/۲۳ h	۳۱۸/۹۶ b	۳۱۸/۹۶ b	تعداد خورجین در بوته
۲۶/۳۶ c	۲۷/۰۳ bc	۲۹/۷۶ ab	۲۸/۸۹ b	۲۶/۸۹ bc	۲۵/۴۶ c	۲۹/۴۴ ab	۲۷/۵۶ bc	۲۷/۵۶ bc	تعداد دانه در خورجین
۳/۶۱ cd	۳/۶۷ c	۳/۲۶ d	۳/۶۳ cd	۳/۶۸ c	۳/۵۲ cd	۳/۵۹ cd	۳/۵۶ cd	۳/۵۶ cd	وزن هزار دانه (گرم)
۱۰۷۲۲ cd	۱۲۳۸۸ bc	۱۲۴۴۴ b	۶۶۶۶ fg	۱۰۵۵۵ cd	۱۰۳۸۸d	۱۲۹۴۴ a	۸۶۶۶ e	۸۶۶۶ e	عملکرد زیستی (کیلوگرم در هکتار)
۲۷۵۰ e	۳۸۹۶ b	۳۵۴۳ c	۱۶۹۴ h	۳۲۶۹ cd	۲۹۱۷ e	۴۱۹۴ a	۲۴۱۱ f	۲۴۱۱ f	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)
۲۵/۶۵ fg	۳۱/۴۸ c	۲۸/۴۶ e	۲۵/۳۵ g	۳۰/۹۷ cd	۲۸/۰۷ ef	۳۲/۴۳ bc	۲۸/۸۹ ef	۲۸/۸۹ ef	شاخص برداشت (درصد)
۹۸۵cd	۱۴۹۷a	۱۴۹۲a	۶۵۱ef	۲۰۳bc	۱۱۵۸bc	۱۴۷۲ab	۸۵۷de	۸۵۷de	عملکرد روغن (کیلوگرم در هکتار)

میانگین‌هایی که در هر ردیف دارای حروف مشابه می‌باشند اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد آزمون LSD ندارند.

جدول ۳- ادامه

لیکورد	منگنز			روی			تیمار		صفات
	مودنا	اوکاپی	زرغام	لیکورد	مودنا	اوکاپی	زرغام	زرغام	
۲۲۰/۶۶ c	۲۲۳ ab	۲۲۲/۶۶ ab	۲۲۰/۶۶ c	۲۲۱/۶۶ bc	۲۲۲ b	۲۱/۶۶ bc	۲۲۱/۶۶ bc	۲۲۱/۶۶ bc	تعداد روز تا شروع گل‌دهی
۲۵ ef	۲۲/۳۳ g	۲۲/۶۶ g	۲۵/۳۳ ef	۲۴/۶۶ f	۲۹/۶۶ c	۲۵/۶۶ ef	۲۳/۶۶ fg	۲۳/۶۶ fg	طول دوره گل‌دهی
۲۷۵ f	۲۷۵/۶۶ ef	۲۷۶/۶۶ e	۲۷۹ c	۲۷۵ f	۲۷۶ ef	۲۷۶/۶۶ e	۲۷۶ ef	۲۷۶ ef	دوره رویش (تعداد روز تا رسیدگی)
۲۹/۶۶ bc	۳۰/۶۶ bc	۳۱/۳۳ b	۳۳ ab	۲۸/۶۶ cd	۲۴/۳۳ e	۲۹/۳۳ c	۳۰/۶۶ bc	۳۰/۶۶ bc	طول دوره رسیدگی
۱۱۵/۹۳ cd	۱۲۳/۲۰ bc	۱۰۸/۹۶ de	۱۱۵/۰۶ cd	۱۱۴/۸۰ cd	۱۲۵/۱۳ bc	۱۰۶/۶۶ de	۱۲۱/۸۰ bc	۱۲۱/۸۰ bc	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)
۸/۹۳ a	۷/۶۳ c	۷/۲۳ cd	۶/۷۶ d	۷/۶۰ c	۶/۷۶ d	۸/۲۳ b	۶/۴۶ d	۶/۴۶ d	تعداد شاخه‌های فرعی
۲۵۳/۰۶ d	۱۸۸/۱۳ f	۱۵۹/۷۰ gh	۲۱۹/۳۶ e	۱۴۳/۳۳ h	۱۲۷/۱۰ hi	۱۹۳/۸۳ f	۱۳۰/۱۰ hi	۱۳۰/۱۰ hi	تعداد خورجین در بوته
۲۸/۳۱ bc	۲۷/۴۸ bc	۲۸/۶۷ bc	۲۷/۷۹ bc	۲۷/۹۸ bc	۲۹/۹۱ ab	۳۱/۴۴ a	۲۵/۷۲ c	۲۵/۷۲ c	تعداد دانه در خورجین
۳/۴۰ d	۴/۱۰ ab	۳/۶۶ c	۳/۳۲ d	۳/۳۰ d	۳/۴۰ d	۳/۳۰ d	۳/۶۶ c	۳/۶۶ c	وزن هزار دانه (گرم)
۱۱۲۷۷ cd	۱۰۷۷۷ cd	۱۱۲۸۸ cd	۶۲۲۲ g	۱۱۸۳۳ bc	۴۹۴۴ h	۱۰۷۷۷ cd	۷۳۳۳ f	۷۳۳۳ f	عملکرد زیستی (کیلوگرم در هکتار)
۳۹۹۸ a	۳۳۳۳ cd	۳۵۲۸ c	۱۶۶۱ h	۳۴۷۳ cd	۱۵۲۱ h	۳۴۷۶ cd	۱۹۴۱ gh	۱۹۴۱ gh	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)
۳۵/۴۶ a	۳۰/۸۰ cd	۳۰/۹۹ cd	۲۶/۶۹ fg	۲۹/۳۴ d	۳۰/۷۵ cd	۳۲/۲۷ b	۲۶/۴۶ fg	۲۶/۴۶ fg	شاخص برداشت (درصد)
۱۴۰۰ab	۱۱۴۰c	۱۲۶۶bc	۵۸۰f	۱۲۸۰bc	۵۳۳f	۱۲۷۴bc	۶۸۲ef	۶۸۲ef	عملکرد روغن (کیلوگرم در هکتار)

میانگین‌هایی که در هر ردیف دارای حروف مشابه می‌باشند اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد آزمون LSD ندارند.

جدول ۳- ادامه

لیکورد	آهن + منگنز			آهن + روی			تیمار	صفات
	مودنا	اوکاپی	زر فام	لیکورد	مودنا	اوکاپی		
۲۲۳/۳۳ a	۲۲۲/۶۶ ab	۲۲۱/۳۳ bc	۲۲۲/۶۶ ab	۲۲۲ b	۲۲۲/۳۳ ab	۲۲۱/۳۳ bc	۲۲۱/۶۶ bc	تعداد روز تا شروع گل‌دهی
۲۷/۶۶ de	۲۵/۶۶ ef	۲۶/۳۳ e	۲۲/۶۶ g	۲۳/۶۶ fg	۲۳/۳۳ fg	۲۴/۶۶ f	۲۴/۶۶ f	طول دوره گل‌دهی
۲۸۲/۳۳ b	۲۸۲/۳۳ b	۲۷۷/۳۳ d	۲۷۶/۶۶ e	۲۷۶/۶۶ e	۲۷۴/۶۶ f	۲۷۴/۳۳ f	۲۷۵ f	دوره رویش (تعداد روز تا رسیدگی)
۳۱/۳۳ b	۳۴ a	۲۹/۶۶ bc	۳۱/۳۳ b	۳۱ bc	۲۹ c	۲۸/۳۳ cd	۲۹ c	طول دوره رسیدگی
۱۱۴/۳۰ cd	۱۲۲/۸۰ bc	۱۳۱/۶۳ ab	۱۰۴/۷۶ e	۱۲۲/۳۶ bc	۱۳۱/۰۳ ab	۱۰۷/۸۳ de	۱۲۳/۹۰ bc	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)
۷/۹۶ bc	۷/۹۰ bc	۷/۵۶ c	۷/۶۶ c	۷/۶۳ c	۷/۶۳ c	۶/۹۶ d	۸/۰۶ bc	تعداد شاخه‌های فرعی
۲۰۱/۳۶ ef	۱۶۴/۲۰ g	۱۳۰/۳۶ hi	۱۸۹/۳۰ f	۱۳۳/۵۶ hi	۲۱۲/۸۳ ef	۲۱۴ ef	۲۰۶/۶۰ ef	تعداد خورجین در بوته
۲۷/۱۵ bc	۲۷/۵۷ bc	۲۹/۰۵ b	۲۹/۳۳ ab	۲۵/۷۰ c	۲۷/۴۳ bc	۳۰/۲۹ ab	۲۶/۷۲ bc	تعداد دانه در خورجین
۳/۵۵ cd	۳/۶۵ cd	۳/۵۴ cd	۳/۵۲ cd	۳/۵۸ cd	۳/۵۴ cd	۳/۵۸ cd	۳/۴۴ d	وزن هزار دانه (گرم)
۱۱۴۴۴ c	۱۱۱۱۰ cd	۱۱۴۴۴ c	۷۵۵۵ f	۱۲۲۷۷ bc	۱۰۲۷۷ d	۱۳۶۶۶ a	۱۱۶۱۰ bc	عملکرد (کیلوگرم در هکتار)
								زیستی
۳۲۵۸ cd	۲۸۰۰ e	۳۷۶۴ bc	۲۰۲۴ g	۳۶۴۱ bc	۳۰۸۰ d	۳۷۷۳ bc	۲۹۰۷ e	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)
۲۸/۴۶ e	۲۵/۰۷ g	۳۲/۸۵ b	۲۶/۷۹ f	۲۹/۶۴ de	۲۹/۹۴ d	۲۷/۶۲ f	۲۵/۰۶ g	شاخص برداشت (درصد)
۱۱۸۸bc	۹۷۱d	۱۳۲۳bc	۸۰۰e	۱۳۲۱b	۱۲۲۴bc	۱۳۵۴ab	۱۰۱۸cd	عملکرد روغن (کیلوگرم در هکتار)

میانگین‌هایی که در هر ردیف دارای حروف مشابه می‌باشند اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد آزمون LSD ندارند.

جدول ۳- ادامه

لیکورد	روی + آهن			روی + منگنز			تیمار	صفات
	مودنا	اوکاپی	زر فام	لیکورد	مودنا	اوکاپی		
۲۲۱/۳۳ bc	۲۲۱/۳۳ bc	۲۲۱ bc	۲۲۳/۳۳ a	۲۲۲/۳۳ ab	۲۲۱ bc	۲۲۲ b	۲۲۱/۳۳ bc	تعداد روز تا شروع گل‌دهی
۳۰/۶۶ bc	۳۱ bc	۳۱/۳۳ b	۲۸/۶۶ cd	۲۹/۶۶ c	۳۱ bc	۲۹ cd	۲۹/۶۶ c	طول دوره گل‌دهی
۲۷۵/۳۳ f	۲۷۸/۳۳ d	۲۷۵ f	۲۸۲ b	۲۷۵/۶۶ ef	۲۷۵/۳۳ f	۲۸۳/۶۶ a	۲۸۳/۳۳ ab	دوره رویش (تعداد روز تا رسیدگی)
۲۳/۳۳ e	۲۶ de	۲۲/۶۶ f	۳۰ bc	۲۳/۶۶ e	۲۳/۳۳ e	۳۲/۶۶ ab	۳۲/۳۳ ab	طول دوره رسیدگی
۱۰۹/۷۳ de	۱۱۸/۱۶ c	۱۱۹/۴۰ c	۱۱۳/۶۰ cd	۱۲۶/۹۶ b	۱۰۳/۹۳ e	۱۲۹/۵۳ ab	۱۲۰/۷۳ bc	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)
۸/۷۶ ab	۶/۵۶ d	۶/۷۰ d	۶/۶۶ d	۵/۵۳ e	۷/۹۰ bc	۶/۸۶ d	۷/۳۶ cd	تعداد شاخه‌های فرعی
۳۶۹/۸۶ a	۱۱۵/۸۶ i	۱۶۶/۲۰ g	۱۵۸/۴۰ gh	۱۰۲/۷۶ i	۲۰۷/۴۶ ef	۱۵۴/۴۳ gh	۱۴۲/۶۰ h	تعداد خورجین در بوته
۲۵/۴۶ c	۲۶/۴۷ c	۳۱/۳۱ a	۲۸/۴۶ bc	۲۴/۴۸ c	۲۵/۸۰ c	۲۸/۵۴ bc	۲۶/۰۸ c	تعداد دانه در خورجین
۳/۵۵ cd	۳/۸۰ bc	۴/۲۴ a	۳/۹۲ b	۳/۷۸ bc	۳/۴۴ d	۳/۷۹ bc	۳/۹۱ b	وزن هزار دانه (گرم)
۱۱۱۱۰ cd	۱۲۳۸۸ bc	۱۰۹۹۹ cd	۱۱۷۷۷ bc	۱۰۸۸۸ cd	۱۰۶۱۱ cd	۱۳۲۲۱ ab	۱۱۱۱۰ cd	عملکرد زیستی (کیلوگرم در هکتار)
۳۸۰۵ bc	۳۷۲۸ bc	۳۸۲۴ bc	۲۹۴۸ de	۲۹۱۷ e	۳۲۳۵ d	۴۰۱۱ ab	۳۴۰۸ cd	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)
۳۲/۲۳ a	۳۰/۱۰ d	۳۴/۷۷ a	۲۵/۰۵ g	۲۶/۸۰ f	۳۰/۴۸ cd	۲۹/۵۷ d	۳۰/۶۵ cd	شاخص برداشت (درصد)
۱۴۲۸ab	۱۳۴۹ab	۱۳۱۲b	۱۱۳۱cd	۹۷۱d	۱۲۵۴bc	۱۵۰۸a	۱۲۰۱bc	عملکرد روغن (کیلوگرم در هکتار)

میانگین‌هایی که در هر ردیف دارای حروف مشابه می‌باشند اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد آزمون LSD ندارند.

شاخص برداشت

اثر تیمارهای کودی، رقم و برهمکنش کود \times رقم بر شاخص برداشت در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود (جدول ۲) که با نتایج عابدیان (۱۳۸۹) مطابقت داشت. در این تحقیق بیشترین شاخص برداشت در رقم لیکورد و تیمارهای کودی منگنز و آهن + روی + منگنز به دست آمد، ولی تفاوت معنی داری با شاخص برداشت در رقم اوکاپی و تیمار کودی آهن + روی + منگنز نداشت (جدول ۳). در این آزمایش، استفاده از منگنز به تنهایی توانست شاخص برداشت را افزایش دهد. نتایج مشابهی نیز توسط حسنلوئی^۴ و همکاران (۲۰۰۸) گزارش شده است. محققان گزارش کرده اند که منگنز در فعالیت آنزیمها، متابولیسم کربوهیدراتها، سنتز اسیدهای آمینه، فرآیندهای تنفس، فتوسنتز و انتقال در گیاه (سالاردینی و مجتهدی، ۱۳۶۷؛ مرشدی ۱۳۷۹) نقش بارزی ایفا می کند و رشد نسبی و عملکرد گیاهان زراعی (سلطانا و همکاران، ۲۰۰۱) را افزایش می دهد.

عملکرد روغن

بر اساس نتایج تجزیه واریانس میانگین داده ها، اثر کود، رقم و اثر متقابل کود و رقم بر عملکرد روغن دانه در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود (جدول ۲). تفاوت ارقام کلزا از نظر عملکرد روغن دانه را دیگر محققان نیز گزارش کرده اند (خاتمیان اسکویی، ۱۳۸۹ و عابدیان، ۱۳۸۹). 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 معنی داری 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 کم مصرف 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 پر محصول اوکاپی بیشترین عملکرد روغن در واحد سطح را نشان داد. به نظر می رسد که عملکرد روغن کلزا در واحد سطح بیشتر

در ادامه بررسی نتایج نشان داد که افزایش عملکرد زیستی در برخی تیمارها سبب افزایش عملکرد دانه کلزا گردید و در برخی تیمارها تأثیر بارزی بر عملکرد دانه نداشت، ولی کمترین عملکرد زیستی کلزا با کمترین عملکرد دانه توأم بود. به نظر می رسد که برای دستیابی به عملکرد بالا حد مطلوبی از عملکرد زیستی لازم است. چون عملکرد زیستی بالا نیز از طریق اختصاص بیشتر مواد فتوسنتزی به رشد رویشی و کاهش تخصیص مواد پرورده به اندامهای زایشی، می تواند به تقلیل عملکرد اقتصادی منجر گردد.

لوپز پیرا و تراپانی^۱ (۲۰۰۰) نشان دادند که عملکرد دانه صفت پیچیده ای است که تحت تأثیر عوامل محیطی و رقم قرار می گیرد. نتایج نشان داد که کاربرد عنصر منگنز به تنهایی سبب ارتقاء عملکرد دانه کلزا در رقم لیکورد گردید. در آزمایش مشابهی، اثر منگنز بر عملکرد دانه گلرنگ (حسنلویی و همکاران، ۲۰۰۸) و سویا (آلی^۲ و همکاران، ۱۹۷۸) مثبت گزارش شده است. چون چون منگنز سرعت رشد نسبی و عملکرد گیاهان زراعی را افزایش می دهد (سلطانا^۳ و همکاران، ۲۰۰۱). در این پژوهش، کاربرد توأم آهن و منگنز منجر به کاهش عملکرد دانه شد، ولی مصرف توأم روی و منگنز سبب افزایش عملکرد دانه در رقم اوکاپی گردید (جدول ۳). بر اساس نتایج این آزمایش، به نظر می رسد که اثر مثبت هم افزایی دو عنصر روی و منگنز بر دوره رشد و افزایش تعداد خورجین و دیگر اجزای عملکرد و ارتقاء عملکرد دانه کلزا بیش از عناصر آهن و منگنز می باشد. به علاوه، کاربرد توأم روی و آهن نتوانست منجر به تولید حداکثر دانه در کلزا شود، در حالی که بایبوردی و ممدوف (۲۰۱۰) نشان دادند که مصرف روی و آهن سبب افزایش عملکرد دانه کلزا گردید. از نتایج چنین استنباط می شود که اثر کودهای حاوی عناصر ریزمغذی بر رشد و عملکرد کلزا بسته به شرایط خاک و اقلیم منطقه و نوع رقم می تواند متفاوت باشد. بدین ترتیب، به نظر می رسد که عملکرد یک گیاه زراعی بیشتر تحت تأثیر متقابل رقم و محیط می باشد.

¹ Lopez Pereira and Trapani

² Alley

³ Sultana

⁴ Hassanlui

ارتقاء عملکرد دانه کلزا به میزان ۳۹۹۸ کیلوگرم در هکتار گردید. به‌علاوه، هم‌افزایی روی + منگنز بر عملکرد دانه کلزا مثبت و بیش از تیمارهای دیگر بود. بدین ترتیب، کاربرد کود حاوی عنصر غذایی منگنز و یا استفاده توأم کودهای حاوی عناصر روی و منگنز سبب افزایش عملکرد دانه ارقام کلزای اوکاپی و لیکورد به ترتیب تا سطح ۳۹۹۸ و ۴۱۹۴ کیلوگرم در هکتار در شرایط اقلیمی اراک شد.

تابع عملکرد دانه می‌باشد و افزایش عملکرد دانه سبب ارتقاء عملکرد روغن در هکتار می‌شود که با نتایج عابدیان (۱۳۸۹) و آزاد مرزآبادی (۱۳۹۱) مطابقت داشت.

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی، عملکرد دانه و اجزای آن در ارقام کلزا، واکنش‌های متفاوتی به کودهای ریزمغذی نشان دادند. بر اساس نتایج این آزمایش، منگنز به‌تنهایی سبب

منابع

- امیدیان، ا.، س.ع. سیادت، ر. ناصری و م. مرادی. ۱۳۹۱. اثر محلول‌پاشی سولفات روی بر عملکرد، میزان روغن و پروتئین دانه چهار رقم کلزا. مجله علوم زراعی ایران، ۱۴(۱): ۱۶-۲۸.
- انصاری، م. ح.، حسینی، ع. و رضازاده، ب. ۱۳۸۶. اثر محلول‌پاشی کودهای ریزمغذی بر عملکرد دانه، برخی صفات زراعی و درصد روغن آفتابگردان. دهمین کنگره علوم خاک، کرج. ایران.
- آیاری، ه. و شکاری، ف. ۱۳۷۹. دانه‌های روغنی. انتشارات عمیدی تبریز. ۱۸۲ صفحه.
- بایبوردی، ا. ۱۳۸۲. اثر آهن، منگنز، روی و مس بر کیفیت و کمیت گندم تحت تنش شوری. مجله خاک و آب، ۱۷: ۱۴۰-۱۵۰.
- آمارنامه سالیانه کشاورزی ۱۳۹۲. سازمان جهاد کشاورزی استان مرکزی.
- خاتمیان اسکوتی، ف. ۱۳۸۹. مقایسه ۱۶ رقم کلزا از نظر کمی و کیفی در منطقه اراک. پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته، دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس تهران، ۹۰ صفحه.
- خلیلی محله، ج. و م. رشیدی. ۱۳۸۷. اثر محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف بر خصوصیات کمی و کیفی ذرت سیلویی ۷۰۴ در خوی. مجله به‌نژادی نهال و بذر، ۲۴(۲): ۲۹۳-۲۸۱.
- سالاردینی، ع. و مجتهدی، م. ۱۳۶۷. اصول تغذیه گیاه. چاپ اول، (ترجمه). مرکز نشر دانشگاهی تهران، ۳۱۵ صفحه.
- سلیم‌پور، س.، میرزاشاهی، ک.، دریاشناس، ع.، ملکوتی، م. ج. و رضایی، ح. ۱۳۷۹. بررسی میزان و روش مصرف سولفات روی در زراعت کلزا در صفی اباد دزفول. مجله خاک و آب، ۱۲(۱۲): ۲۶-۲۲.
- عابدیان، ح.ر. ۱۳۸۹. بررسی تأثیر منابع مختلف نیتروژن بر عملکرد، اجزای عملکرد و درصد روغن ۵ رقم کلزای زمستانه در منطقه اراک. پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته زراعت دانشگاه آزاد اسلامی بروجرد، ۱۳۸ صفحه.
- علائی یزدی، ف. و برزگر فیروزآبادی، غ. ۱۳۸۳. مدیریت تغذیه گیاه در خاک‌های آهکی. چاپ اول، نشر آموزش کشاورزی، ۵۱ صفحه.
- علی‌زاده، ب.، خادم حمزه، ح.، محمدی، ا. ع.، شیر اسماعیلی، غ.، ناصر قدیمی، ف. و مصطفوی راد، م. ۱۳۸۶. بررسی و مقایسه ارقام جدید زمستانه کلزا در مناطق سرد و معتدل سرد. گزارش نهایی پروژه مصوب شماره ۸۶۰۷۱-۰۰۰۰-۱۳-۱۰۰-۱۲۰۰۰۰-۰، بخش تحقیقات دانه‌های روغنی، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر.

- فانی اخلاق، ا.، دانشیان، ج.، شهدی، ع.، و ربیعی، م. ۱۳۹۰. تأثیر روی و منگنز بر ارقام کلزا در استان گیلان. اولین همایش ملی مباحث نوین در کشاورزی، ساوه.
- فرجی، ا. ۱۳۸۴. مطالعه عملکرد، خصوصیات زراعی و همبستگی صفات هیجده رقم کلزای بهاره در منطقه گنبد. مجله نهال و بذر، ۲۱: ۳۹۶-۳۸۵.
- مرشدی، ا.، ملکوتی، م. ج.، نقیبی، ح. و رضایی، ح. ۱۳۷۹. تأثیر محلول پاشی آهن و روی بر عملکرد، خواص کیفی و غنی سازی دانه های کلزا در بردسیر کرمان. مجله علوم خاک و آب. ۱۲: ۶۷-۵۶.
- مرشدی، آ.و.ج. نقیبی. ۱۳۸۳. بررسی تأثیر سطوح مختلف محلول پاشی مس و روی بر عملکرد و خواص کیفی دانه کلزا. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۱(۳): ۲۲-۱۵.
- مصطفوی راد، م. ۱۳۸۹. ارزیابی اثرات مدیریت تغذیه 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 صفحه.
- ملکوتی، م.ج. و طهرانی، م.م. ۱۳۷۸. نقش ریز مغذی ها در افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی. انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران. ۲۹۹ صفحه.
- موسوی نیا، م.، کاظمی اربط، ح. و یارنیا، م. ۱۳۹۱. اثر زمان و نحوه مصرف عناصر ریزمغذی بر عملکرد و اجزای عملکرد گلرنگ رقم پدیده. دوازدهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران، کرج، دانشگاه آزاد اسلامی کرج.
- میرزاپور، م.ح.، کوچه باغی، ا. ح.، وکیل، ر. و نعیمی، م. ۱۳۸۴. اثر کاربرد کلات آهن بر رشد و عملکرد آفتابگردان رقم رکورد در خاک های آهکی شور در قم. اولین کنگره بین المللی دانه های روغنی. گرگان.
- یاری، ل.، مدرس ثانوی، س.ع.م. و سروش زاده، ع. ۱۳۸۴. اثر محلول پاشی منگنز و روی بر خواص کیفی ۵ رقم گلرنگ بهاره. مجله خاک و آب، ۱۸: ۱۵۱-۱۴۳.
- Ahmadi, M. 2010. Effect of zinc and nitrogen fertilizer rates on yield and yield components of oilseed rape (*Brassica napus* L.). American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science, 7(3): 259-264.
- Alley, M.M., Rich, C.I., Hawkins, G.W., and Martens, D.C. 1978. Correction of Mn deficiency of soybeans. Agronomy Journal, 70: 35-38.
- 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.
- Bassil, E.S., and Kaffka, S.R. 2002. Response of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) to saline soils and irrigation: I. consumptive water use. Agricultural Water Management, 54: 67-80.
- Baybord, 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.
- Bukvic, G., Antunovic, M., Popovic, S., and Rastija, M. 2003. Effect of P and Zn fertilisation on biomass, yield and its uptake by maize lines (*Zea mays* L.). Plant, Soil and Environment, 49: 505-510.
- Cakmak, I. 2000. Possible roles of zinc in protecting plant cells from damage by reactive oxygen species. New Phytologist, 146: 185-205.
- Cakmak, I. 2008. Enrichment of cereal grains with zinc. Agronomic or genetic biofortification. Plant and Soil, 302: 1-17.

- Campbell, D.C., and Kondra, Z.P. 1978. Relationship among growth patterns, yield components and yield of rapeseed. *Canadian Journal of Plant Science*, 58: 87-93.
- Daneshvar, M., Tahmasebi Sarvestani, Z., and Modarres Sanavy, S.A.M. 2008. Different irrigation and nitrogen fertilizer treatments on some agro-physiological traits in rapeseed (*Brassica napus* L.). *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 11: 1530-1540.
- Degenhardt, D.F., and Kondra, Z.P. 1981. The influence of seeding date and seeding rate on seed yield and growth characters of five genotype of *B. napus*. *Canadian Journal of Plant Science*, 61: 184–189.
- Draper, S.R. 1985. International rules for seed testing. *Seed Science and Technology*, 13: 342-343.
- Epstein, E. 1972. Mineral nutrition of plants: principles perspectives. New Yourk, Wiely, 357-362.
- Faratulla, H., Sardar, A. and Farman, U. 2004. Comparative yield potential and quality characteristics of advanced lnes of rapeseed. *International Journal of Agriculture and Biology*, 6: 203–205.
- FAO (Food and Agriculture Organization). 2011. Available at <http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx>. access 01. 12. 2014.
- Ghosh, D.C., and Mukhopadhyay, D. 1994. Growth and productivity of Indian rapeseed (*Brassica napus* L.) grown under short and mild winter condition of west Bengal. *Indian Journal of Agricultural Research*, 28: 239-244.
- Grewal, H.S., Stangoulis, J.C., Potter, T.D., and Graham, R.D. 1997. Zinc efficiency of oilseed rape (*Brassica napus* and *B. juncea*) genotypes. *Plant and Soil*, 191: 123-132.
- Hassanlui, F., Yarnia M., Rahimzadeh, F., and Hosseinzadeh Moghbeli, A.H. 2008. Effect of micronutrient application on several stages on yield and yield components of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Journal of Agricultural Science*, 4: 23-25.
- Heckman, J.R., Sims, J.T., Beegle, D.B., Coale, F.J., Herbert, S.J., Bruulsema, T.W., and Bamka, W.J. 2003. Nutrient removal by corn grain harvest. *Agronomy Journal*, 95: 587-591.
- Jackson, G.D. 2003. Effect of zinc and manganese on canola yield and nutrient uptake. *Agronomy Journal*, 92: 644-649.
- Leblance, D.V., Gupta, U.C., and Christie, B.R. 1997. Zinc nutrition of silage corn grown on acid podzol. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 20: 345-355.
- Lopez Pereira, M., and Trapani, N.S.V. 2000. Genetic improvement of sunflower in Argentina between 1930 and 1995. *Field Crops Research*, 67: 215-221.
- Marschner, H. 1996. Mineral Nutrition of Higher Plants. P: 356. Academic Press Inc., London, UL.
- Miller Cebert, R.L., Sistani, N.A., and Cebert, E. 2009. Comparative mineral composition among canola cultivars and other cruciferous leafy greens. *Journal of Food Composition and Analysis*, 22: 112-116.
- Movahhedy Dehnavy, M., Modares Sanavy, S.A.M., and Mokhtassi Bidgoli, A. 2009. Foliar application of zinc and manganese improves seed yield and quality of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) grown under water deficient stress. *Industrial Crops and Products*, 30: 82-92.
- Nagy, K. 1996. The Role of Food Fortification in Combating Micronutrient, Deficiencies. *Micronutrient deficiencies in the ARAB middle east countries*, 23.

- Nasri, M., Khalatbari, M., Zahedi, H., Paknejad, F., and Moghadam, H.R. 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.
- Raymer, P.L. 2002. Canola: an emerging oilseed crop. Trends in new crops and new uses. In: Ganick, J., and Whipkey, A. (ed), ASHS Press. Alexandria, VA. Pp: 122-126.
- Scarlsbrick, D.H. Daniels, R.W., and Alcock, M. 1981. Effect of sowing date on the yield and yield components of spring oilseed rape. Journal of Agricultural Science, 97: 189-195.
- Sidlauskas, G., and Bernotas, S. 2003. Some factors affecting seed yield of spring oilseed rape (*Brassica napus* L.). Agronomy Research, 1(2): 229-243.
- Singh, A.P., Sakal, A., Singh, R.B., and Hogal, N.S. 1993. Seed and oil yield of mustard varieties as affected by zinc application in calcareous soil. Annual Agricultural Research, 14: 457-462.
- Sultana, N., Ikeda, T., and Kashem, M.A. 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.
- Thalooth, A.T., Tawfik, M.M., and Mohamed, H.M. 2006. A comparative study on the effect of foliar application of zinc, potassium and magnesium on growth, yield and some chemical constituents of mungbean plants grow under water stress conditions. World Journal of Agricultural Sciences, 2: 37-46.

Evaluation of growth stages and some quantitative indices in winter rapeseed (*Brassica napus* L.) varieties as affected by micro nutrient fertilizers under climatic condition of Arak

Marefat Mostafavi Rad^{1,*}, Esmail Jadidi², Taghi Babaei³, Mohammad Hossain Ansari⁴

¹ Assistant Professor and Scientific Member of Agriculture and Natural Resources Research Center of Guilan Province, Rasht, Iran

² M.Sc. Student, Department of Science and Seed Technology, Ashtian Branch, Islamic Azad University, Ashtian, Iran

³ Scientific Member of Agricultural and Natural Resources Research Center of Markazi Province, Arak, Iran

⁴ Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Rasht Branch, Islamic Azad University, Rasht, Iran

*Corresponding author E-mail address: mmostafavirad@gmail.com

Received: 2015.01.24

Accepted: 2015.07.11

Abstract

Deficiency of soil nutrient elements is one of the most important restricting factors of crop production. Hence, management of nutrition is necessary for optimizing of plant growth, yield increment and sustainability of crop production. In order to evaluate growth stages and some quantitative indices in winter rapeseed (*Brassica napus* L.) cultivars as affected by micronutrient fertilizers, a field experiment was performed in 2010-2011 cropping seasons as a split plot arranged in randomized complete block design with three replications in Arak, Iran. Eight micronutrient fertilizers (Zero as control, Fe, Zn, Mn, Fe + Zn, Fe + Mn, Zn + Mn, Fe + Zn + Mn) and four rapeseed cultivars (Zarfam, Okapi, Modena and Licord) were randomized in main plots and subplots, respectively. The result showed that, Okapi cultivar had the highest grain yield under no fertilization treatment (4194 kg/ha) and Zn + Mn (4011 kg/ha) treatments, respectively. Licord cultivar produced the highest grain yield (3998 kg/ha) at Mn treatment, but there were no significant differences between fertilizer levels. Okapi variety showed the highest biological yield as affected by Fe + Zn (13666 kg/ha), Zn + Mn (13221 kg/ha) and control (12944 kg/ha) treatments, respectively. In this experiment, the interaction between Licord Mn, Licord (Fe + Zn + Mn) and Okapi (Fe + Zn + Mn) had the highest harvest index (35.46, 34.77 and 32.23 percent), respectively. In addition, the interaction between Licord (Fe + Zn + Mn) showed the highest silique number (369.86) per plant. In general, seed yield and its component in rapeseed varieties showed different responses to micronutrient fertilizers. According to the results of this experiment, cultivation of Okapi and Licord varieties and application of Mn and Mn + Zn fertilizers cased to enhance seed yield of canola in Arak climatic conditions.

Keywords: Agronomic traits, Nutrient elements, Rapeseed, Variety