تأثیر سطوح بـور و روی بر عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم کلزای زمستانه در منطقه قزوین

جعفر شهابی‌فر[۱*] و رضا خوش نظر پرشکوهی[۲]

۱*- بخش تحقیقات خاک و آب مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان قزوین، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، قزوین، ایران، shahabifar1@yahoo.com

۲- بخش تحقیقات آبخیزداری و بهره‌وری منابع خاک و آب مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان تهران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ورامین، ایران، khoshnazar5@gmail.com

*نویسنده مسئول: جعفر شهابی فر

تاریخ دریافت: آذر ۱۳۹۸ تاریخ پذیرش: بهمن ۱۳۹۸

Effect of Boron and Zinc Levels on Yield and Yield Components of Two Winter Rapeseed Cultivars in Qazvin Region

Jafar Shahabifar[*1] and Reza khoshnazar porshokouhi [2]

1*- Soil and Water Research Section, Qazvin Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research Education and Extension Organization(AREEO), Qazvin, Iran, shahabifar1@yahoo.com

2- Watershed Research and Productivity of Soil and Water Resources Department, Qazvin Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural *Research*,Education and Extension *Organization*(AREEO), Varamin, Iran, khoshnazar5@gmail.com

*Corresponding author: Jafar Shahabifar

Received: November 2019 Accepted: February 2020

چکیده

بور و روی به‌عنوان دو عنصر غذایی ضروری و کم‌مصرف نقش‌های مهم در کمیت و کیفیت محصولات کشاورزی ایفا می‌نمایند. به‌منظور تأثیر عناصر بور و روی بر عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم کلزا طرحی تحقیقاتی در قالب آزمایشات فاکتوریل در پایه بلوک‌های کامل تصادفی بر روی دو رقم کلزا (Regent *Cobra و SLMO46)، سه سطح بـور، صفر، ۱۵ و ۳۰ کیلوگرم اسید بوریک در هکتار (B_{30}،B_{15}،B_0) و سه سطح روی، صفر، ۲۵ و ۵۰ کیلوگرم سولفات روی در هکتار (Zn_{50} ،Zn_{25}،Zn_0) در ایستگاه اسماعیل‌آباد قزوین اجرا شد. صفات موردمطالعه شامل ارتفاع گیاه، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن هزار دانه، درصد روغن، عملکرد روغن و عملکرد دانه بود. نتایج داده‌ها نشان داد که در رقم Regent*Cobra بیشترین میزان عملکرد دانه و روغن با تیمار B_{15} (۱۵ کیلوگرم اسید بوریک در هکتار) به میزان ٤۰۲۷ کیلوگرم در هکتار حاصل گردید. با تیمار B_{30} افزایش تعداد غلاف در بوته و ارتفاع بوته با افزایش ۹/۵ و ۱/۲ درصدی نسبت به شاهد دیده شد. عملکرد روغن با کاربرد تیمارهای B_{15} و B_{30} به ترتیب ۱۰۸ و ۱٤۷ کیلوگرم در هکتار نسبت به شاهد افزایش نشان داد. ارتفاع بوته با کاربرد Zn_{25} و Zn_{50}(کاربرد ۲۵ و ۵۰ کیلوگرم سولفات روی در هکتار) به ترتیب ٦/۹۷ و ٦/۳۰ درصد و درصد روغن به ترتیب ٦/۹۷ و ۸/٤۱ درصد نسبت به شاهد همراه بود. در رقم Regent*Cobra، بیشترین میزان عملکرد دانه با کاربرد B_{15} به میزان ٤۰۲۷ کیلوگرم در هکتار حاصل گردید. در رقم SLM046 بیشترین عملکرد دانه با کاربرد B_{15} به میزان ٤٦٤۵ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. در این رقم عملکرد روغن با B_{30} بیشترین مقدار به میزان ۲۱۷۰ کیلوگرم در هکتار رسید؛ بنابراین با کاربرد کودهای ریزمغذی حاوی عناصر بور و روی می‌توان تأثیر آن را در افزایش عملکرد دانه و روغن شاهد بود.

کلمات کلیدی: اسید بوریک، سولفات روی، عملکرد، کلزا، کیفیت

فصلنامه گیاه و زیست فناوری ایران

سال ۱۳۹۸، دوره ۱٤، شماره ٤، صص ۱۰-۱

Abstract

Boron and zinc are two essential nutrients that are essential for the quantity and quality of agricultural products.This search is conducted in order to study the effect of boron and zinc elements on yield and yield components of two canola cultivars, as a factorial experiment based on randomized complete block design. Two canola varieties (Regent * Cobra and SLMO46), three levels of boron: 0, 15 and 30 kg boric acid ha^{-1} (B_0, B_{15}, B_{30}) and three zinc levels: Zero, 25 and 50 kg zinc sulfate ha^{-1} (Zn_0, Zn_{25}, Zn_{50}) were carried out at Ismail Abad station in Qazvin. The studied traits included plant height, number of pods per plant, number of seeds per pod, 1000 seed weight, oil percentage, oil yield and grain yield. The results showed that in Regent *Cobra, the highest grain and oil yield was obtained with B_{15} (15 kg boric acid per hectare) at 4027 kg ha^{-1}. By applying of 30 kg ha^{-1} boric acid, number of pods per plant and plant height were increased by 9.5 and 1.2%, respectively. Oil yield increased with B15 and B30 treatments, 108 and 147 kg ha^{-1}, respectively. With 25 and 50 kg ha^{-1} zinc sulphate, Plant height increased was 6.97 and 6.30%, and the percentage of oil was 6.97 and 8.41% respectively, respectively. In Regent*Cobra cultivar, the highest grain yield was obtained with the application of B_{15} at 4027 kg ha^{-1}. In SLM046 cultivar, the highest grain yield was obtained using B15 at 4645 kg ha^{-1}.In this cultivar, the oil yield with B30 reached 2170 kg ha^{-1}.Therefore, application of micronutrient fertilizers containing boron and zinc can be affected by increasing grain and oil yield in compare with control.

Keywords: Boric Acid, Quality, Rapeseed, Zinc Sulfate, Yield.

فصلنامه گیاه و زیست فناوری ایران

سال ۱۳۹۸، دوره ۱٤، شماره ٤، صص ۱۰-۱

مقدمه و کلیات

کلزا به دلیل دارا بودن میزان روغن زیاد (۴۵-۴۰ درصد) ازجمله گیاهانی است که کشت آن به‌منظور تولید روغن اخیراً موردتوجه جدی قرارگرفته و سطح زیر کشت آن همه‌ساله رو به افزایش است (Barth, 2007). کمبود عناصر ریزمغذی ازجمله روی کمی عناصر ریزمغذی در تولیدات کشاورزی، یکی از علل ظهور و گسترش بیماری‌های مختلف و حالات روانی در جوامع انسانی است که عمدتاً به دلیل کمبود یا عدم مصرف کودهای حاوی این عناصر غذایی در کشاورزی می‌باشد؛ بنابراین امروزه افزایش غلظت عناصر غذایی در بخش خوراکی گیاهان، یکی از راه-های تأمین سلامتی افراد جامعه به شمار می‌آید (سپهر و ملکوتی، ۱۳۸۳). مصرف روی در کلزا سبب افزایش عملکرد دانه، غلظت روی در دانه‌ها، ریشه‌ها و ساقه کلزا می‌گردد (Grewal and Graham, 1999). تحقیقات نشان داده است که بور و روی برهم اثرمتقابل داشته و با افزایش مقدار روی، جذب بور کاهش می‌یابد (Grant and Bailey, 1998 ;,Harsham *et al.,* 1998). مصرف روی در کلزا سبب افزایش عملکرد دانه، غلظت روی در دانه‌ها، ریشه‌ها و ساقه کلزا می‌گردد. تنوع ژنتیکی در کلزا ازلحاظ تحمل گیاه به کمبود روی و بور موردبررسی قرارگرفته به‌طوری‌که محققان عقیده دارند که علت متفاوت بودن رقم‌های کلزا در کارآیی جذب روی و بور مربوط به قدرت جذب متفاوت این عناصر توسط ریشه گیاه می‌باشد (Holmes,1980) . پژوهشگران در بررسی بور مولیبدن و روی و برهم‌کنش آن‌ها بر عملکرد دانه دو رقم کلزا نشان دادند که کاربرد بور در یک خاک شنی سبب افزایش ۴۶/۱ درصد عملکرد نسبت به تیمار شاهد شد و نسبت به تیمارهای دو عنصر دیگر به‌تنهایی عملکرد قابل‌توجه بیشتری داشت (Yang *et al.,* 2009). محققین در بررسی تأثیر نیتروژن و روی بر عملکرد و اجزای عملکرد کلزا نشان دادند که کاربرد روی باعث تأثیر معنی‌دار عملکرد دانه، تعداد غلاف و افزایش شاخه‌های جانبی شد (Ahmadi, 2010). در تحقیقی تحت عنوان نقش تغذیه بهینه در عملکرد و اجزای عملکرد کلزا در کشت‌های پاییزه و بهاره درخوی گزارش نمودند که در تیمارهایی که در آن‌ها از عناصر ریزمغذی مانند روی و بور استفاده‌شده بود تأثیر قابل‌توجهی بر عملکرد روغن در هر دو کشت نسبت به شاهد داشتند (جلیلی و ملکوتی، ۱۳۸۰). مصرف عناصر ریزمغذی روی و منگنز سبب افزایش وزن توده گیاهی و درنتیجه افزایش تولید هیدروکربن‌ها می‌شود و درنهایت روغن دانه نیز افزایش می‌یابد (Marchner, 1998). پژوهشگران در لهستان گزارش دادند که کلزا (رقم زمستانه) بسیار حساس به کمبود بور بوده و مصرف کودهای حاوی بور به‌ویژه اسید بوریک موجب افزایش عملکرد دانه شده و محتوی روغن دانه را افزایش داد. مقادیر بیشتر بور ممکن است سبب ایجاد مسمومیت شده لذا از تماس آن با بذر باید اجتناب ورزید. (Grant and Baily, 1993). در پژوهشی در کرت‌های تیمار شده با فسفر، برگ پاشی با محلول بور، عملکرد دانه را به ۷۵ درصد افزایش داد که علت آن افزایش تعداد گل‌ها (۳۲ درصد) و افزایش زیاد در تعداد غلاف‌ها (۱۱۶ درصد) بود (Ni *et al.,* 1998).

تحقیقات انجام شده در خاک‌های آهکی پاکستان نتیجه‌گیری کردند که کاربرد بور عملکرد دانه کلزا را افزایش می‌دهد، به‌طوری‌که بیشترین میزان عملکرد نسبت به تیمار شاهد ٤٣ درصد بود (Rashid and *et al.*, 1994). نظر به اینکه بیش از ۹۰ درصد روغن نباتی کشور از خارج و با صرف هزینه‌های بالایی تأمین می‌گردد، کشت و توسعه گیاهان روغنی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. پائین بودن غلظت عناصر غذایی نظیر کلسیم، منیزیم، گوگرد، آهن، منگنز، روی و مس در مواد غذایی کشور مسئله‌ساز شده است. بور و روی به‌عنوان دو عنصر غذایی ضروری و کم‌مصرف نقش‌های مهم و اساسی در کمیت و کیفیت محصولات کشاورزی ایفا می‌نمایند که ازجمله آن‌ها می‌توان به لقاح و تشکیل میوه و ساخت پروتئین و فعال کردن آنزیم‌ها و افزایش روغن استحصالی اشاره کرد. از طرف دیگر کمبود ذاتی عناصر ریزمغذی در خاک‌های تحت کشت کشور و عواقب و صدمات ناشی از این کمبودها بر عملکرد و کیفیت محصولات کشاورزی ازجمله کلزا ضرورت انجام این پژوهش را با اهداف بررسی تأثیر سطوح بور و روی در عملکرد و کیفیت کلزا، معرفی بهترین تیمار کودی ریزمغذی حاوی عناصر بور و روی برای ارقام مورد آزمایش، بررسی واکنش رقم-های کلزا به سطوح مختلف ریزمغذی‌های بور و روی در استان قزوین مهیا ساخت.

فرآیند پژوهش

این تحقیق در سال ۱۳۹۰ در ایستگاه تحقیقاتی اسماعیل‌آباد قزوین اجرا گردید. ابتدا از خاک مزرعه موردنظر نمونه‌برداری مرکب سطحی (عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری) و پس از انتقال به آزمایشگاه هوا خشک‌شده و از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شد. برخی از ویژگی‌های خاک‌ها شامل میزان رس به روش پی‌پت، اسیدیته و هدایت الکتریکی در سوسپانسیون ۱:۵ خاک به آب (Rowell, 1994) کربنات کلسیم معادل به روش تیتراسیون برگشتی با اسیدکلریدریک ۲ نرمال (Anghiononi *et al.*, 1996)، میزان کربن آلی به روش اکسیداسیون تر (Walkey and Black, 1934)، غلظت بور و روی در خاک به روش آزومتین H و با عصاره گیری DTPA و قرائت با دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شدند (احیایی، ۱۳۸۲). (جدول ۱). تیمارهای آزمایش شامل دو رقم کلزا به نام‌های Regent*Cobra و SLM046 که بر اساس آزمایشات مقایسه ارقام به‌عنوان رقم‌های مناسب برای کشت در استان انتخاب‌شده بودند، سه سطح بور (صفر، ۱۵ و ۳۰ کیلوگرم در هکتار اسید بوریک) و سه سطح روی (صفر، ۲۵ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات روی خشک) به‌صورت آزمایشات فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا گردید. ۱۱۰ کیلوگرم در هکتار اوره در سه تقسیط (پایه و دو سرک)، ۲۱۵ کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل و ۹۵ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم به‌صورت پایه استفاده شد. ابعاد کرت‌ها ۲/٤×۵ مترمربع بود که هر کرت شامل ٤ پشته و روی هر پشته دو خط کشت به فاصله ۳۰ سانتی‌متر و درمجموع ۸ خط شد. آب آبیاری مزرعه از منبع چاه بوده که بر اساس نیاز آبی گیاه مورداستفاده قرار گرفت. قبل از عملیات آبیاری تجزیه کیفی آب تعیین و نتایج آن در جدول

۲ آمده است. عملیات تنک در ٤-۲ برگی و عملیات وجین به‌صورت دستی انجام گردید. در طول دوره رشد از صفاتی همچون تعداد روز تا سبز شدن، تعداد روز تا شروع و خاتمه گلدهی، ارتفاع گیاه، تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف یادداشت‌برداری به عمل آمد. به‌منظور تعیین صفات رویشی و اجزای عملکرد دانه، تعداد ٦ بوته از هر کرت به‌صورت تصادفی در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک انتخاب و برداشت شد. سپس صفات مورد بررسی شامل ارتفاع بوته، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف مورد ارزیابی قرار گرفتند. در برداشت نهایی از سطحی معادل ٤ مترمربع از هر کرت با حذف اثرات حاشیه‌ای از ٤ ردیف میانی، عملکرد دانه، درصد روغن، عملکرد روغن و وزن هزار دانه در هرکدام از تیمارها اندازه‌گیری شد. آنالیز داده‌ها با نرم‌افزارهای آماری و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

جدول۱- برخی ویژگی های فیزیکی وشیمیایی خاک مورد بررسی

Table 1. Some physical and chemical properties determine the soil

عمق خاک Depth Cm	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC dS m^{-1}	کربنات کلسیم فعال TNV	کربن آلی OC	نیتروژن کل Nt	بافت Texture	فسفر P_2O_5	پتاسیم K_2O	آهن Fe	منگنز Mn	مس Cu	روی Zn	بور B
			%				mg kg^{-1}						
۰-۳۰	۷/۸	۰/۹۸	۷/۰	۰/٤۷	۰/۰۵	لوم	٤/٦۲	۲۷۵/۰	۵/۲٤	۱۰/۵٤	۱/۸	۰/۷۱	۰/٤۰

جدول ۲- نتایج کیفی آب آبیاری قبل از اجرای آزمایش

Table 2. Results of irrigation water quality analysis before testing

اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC dS m^{-1}	بیکربنات HCO_3^-	کلسیم+منیزیم Ca+Mg	سدیم Na^+	کلر Cl^-	بور B	تسبت جذب ی سدیم SAR
		(meq L^{-1})					
۷/۵	۰/۵۷	٤/۵	۱/٤	۵/۳۸	۰/٤۵	۰/۲۰	٦/٤۰

نتایج و بحث

تأثیر بور: نتایج جدول ۳ نشان می‌دهد که با کاربرد ۱۵ کیلوگرم اسید بوریک در هکتار مقدار عملکرد دانه به میزان ۱۵۸ کیلوگرم در هکتار و با کاربرد ۳۰ کیلوگرم اسید بوریک این میزان به ۲۷۷ کیلوگرم در هکتار رسید؛ بنابراین کاربرد بور تأثیر معنی‌داری در افزایش عملکرد محصول داشته و با افزایش میزان آن تا ۳۰ کیلوگرم در هکتار با افزایش ۷/۱ درصدی نسبت به عدم کاربرد آن (شاهد) که ازنظر آماری معنی‌دار شد، رسید. با کاربرد ۱۵ کیلوگرم اسید بوریک در هکتار وزن هزار دانه به میزان ۰/۱٦ گرم و با کاربرد ۳۰ کیلوگرم اسید بوریک ۰/۳۳ گرم رسید. کاربرد بور تأثیر معنی‌داری در افزایش عملکرد محصول داشته ولی در افزایش آن به میزان ۳۰ کیلوگرم در هکتار تفاوت معنی‌داری دیده نشد. در بررسی تعداد غلاف در بوته و ارتفاع بوته تنها سطح بالای بور (کاربرد ۳۰ کیلوگرم اسید بوریک در هکتار) اختلاف معنی‌دار با شاهد به میزان ۹/۵ و ۱/۲ درصد دیده شد. عملکرد روغن در واحد سطح تحت تأثیر هردو سطح بور به‌کاررفته شده بود، به‌طوری‌که با کاربرد ۱۵ و ۳۰ کیلوگرم اسید بوریک در هکتار این صفت به ترتیب ۱۰۸ و ۱٤۷ کیلوگرم در هکتار نسبت به شاهد افزایش نشان داد.

جدول ۳- تاثیر مقادیر بور بر عملکرد و اجزای عملکرد کلزا

Table 3- Influence of zinc values on yield and yield components of rapeseed

عملکرد روغن	ارتفاع بوته	تعدادغلاف در بوته	وزن هزاردانه	عملکرد دانه	تیمار
Oil yield (Kg ha^{-1})	Bush height (cm)	Number of pods per bush	1000 weight grain g	Grain yield (Kg ha^{-1})	Treatments
۱۷۳۸ ^{b}	۱۳۷/۵ ^{b}	۱٤٦/۷ ^{b}	٤/۱۲ ^{b}	۳۹۰٦ ^{b}	Control
۱۸٤٦^{a}	۱۳۷/۲ ^{b}	۱٤۰/۷ ^{b}	٤/۲۸ ^{a}	٤۰۸۵^{ab}	B_{15}
۱۸۸۵ ^{a}	۱۳۹/۲ ^{a}	۱٦۰/۷^{a}	٤/٤۵ ^{a}	٤۱۸۳ ^{a}	B_{30}

بور به دلیل تأثیر بر رویش دانه گرده، رشد لوله گرده، انتقال قندها جلوگیری از تخریب و آسیب به بافت‌های گیاهی شده و بدین ترتیب باعث افزایش اجزای عملکرد شامل وزن هزار دانه، تعداد غلاف در بوته و ارتفاع بوته شده و منجر به افزایش عملکرد دانه شده است. افزایش وزن هزار دانه با مصرف عناصر ریزمغذی به دلیل اثرات مثبت این عناصر بر انتقال آسیمیلات، فعالیت آنزیم‌های فتوسنتزی، تشکیل کلروفیل و بهبود رشد گیاه می‌باشد (موحدی دهنوی و همکاران، ۱۳۸۸). افزایش وزن هزار دانه در کلزا توسط خیاوی و همکاران (۱۳۸۹) گزارش‌شده است. پژوهشگران با کاربرد روی و آهن به‌صورت خاکی (قبل از کشت) و محلول‌پاشی افزایش عملکرد دانه، محتوای روغن و پروتئین دانه را گزارش کردند (Bybordi and Mamedov, 2010). افزایش تعداد غلاف در گیاه، با مصرف عنصر روی به دلیل نقش حیاتی آن در آنزیم‌های فعال در فرآیندهای زیستی در گیاهان است که سبب افزایش اجزاء عملکرد می‌شود (Gobarah *et al.,* 2006). گرچه بور به‌تنهایی تأثیر معنی‌داری در میزان روغن نداشت، اما با کاربرد آن عملکرد روغن در واحد سطح افزایش یافت که نشان‌دهنده تأثیر این عنصر بر عملکرد دانه بوده است. پژوهشگران نشان دادند که با مصرف بور میزان عملکرد روغن افزایش یافت (کشاورز و ملکوتی، ۱۳۷۸). Verma و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند که افزایش اجزاء عملکرد به‌ویژه وزن هزار دانه در خردل هندی با مصرف بور به دلیل تأثیر مثبت آن بر افزایش میزان فتوسنتز و متابولیسم کربوهیدرات‌ها می‌باشد.

تأثیر روی: مقایسه میانگین اثر روی بر عملکرد دانه، ارتفاع بوته درصد روغن و عملکرد روغن نشان‌دهنده تأثیر معنی‌دار کاربرد روی نسبت به شاهد بوده، اما سطوح ۲۵ و ۵۰ کیلوگرم سولفات روی در هکتار با یکدیگر اختلاف آماری نداشتند (جدول ٤). در بررسی کاربرد ۲۵ و ۵۰ کیلوگرم سولفات روی در هکتار بر صفت عملکرد دانه به ترتیب ۹/۵۰ و ٦/۲۹ درصد افزایش عملکرد دانه نسبت به شاهد دیده شد. افزایش اجزای عملکرد در خصوص ارتفاع بوته با کاربرد سطوح ۲۵ و ۵۰ کیلوگرم سولفات روی در هکتار به ترتیب ٦/۹۷ و ٦/۳۰ درصد و برای صفت درصد روغن به ترتیب ٦/۹۷ و ۸/٤۱ درصد نسبت به شاهد بود (جدول ٤). بدیهی است عملکرد روغن در واحد سطح به تأسی از درصد روغن و عملکرد دانه افزایش پیدا کرد. این افزایش نسبت به شاهد برای کاربرد ۲۵ و ۵۰ کیلوگرم سولفات روی در هکتار به ترتیب ۱۵/۲۵ و ۱۷/۱۳ درصد نسبت به شاهد بود (جدول ٤). میزان غلظت روی قابل‌جذب در خاک می‌تواند عامل محدودکننده در عملکرد کلزا

گردد (ملکوتی و تهرانی، ۱۳۷۵). با توجه به پایین بودن غلظت روی در خاک که کمتر از حد بحرانی که ۱ میلی‌گرم روی قابل‌جذب بر کیلوگرم خاک(بلالی، ۱۳۷۹) خاک مورد آزمایش ذاتاً دچار کمبود روی بوده لذا با عرضه کافی این عنصر میزان عملکرد محصول دانه افزایش‌یافته است. افزایش عملکرد محصول کلزا با کاربرد روی توسط پژوهشگران در چین گزارش شد (Zhonggui, *et al.*, 1998). با کاربرد روی درصد و عملکرد روغن در واحد سطح افزایش یافت. نظر به اینکه روی در فعل‌وانفعالات آنزیمی گیاه شرکت دارد و قادر به ساخت‌وساز چربی‌ها و افزایش میزان آن‌هاست، از این طریق می‌تواند درصد روغن را در گیاه افزایش داده است. با افزایش وزن توده گیاهی موجب افزایش تولید کربوهیدرات‌ها و درنهایت، افزایش درصد روغن دردانه می‌گردند (Grewal and Graham, 1999) که به دنبال آن افزایش عملکرد روغن را در واحد سطح در پی خواهد داشت (Babhulkar *et al.*, 2000). محققین در توضیح نقش روی در میزان عملکرد عنوان کردند که شکل‌گیری اندام‌های زایشی نر و ماده و فرآیند گرده‌افشانی در اثر کمبود روی مختل می‌شوند که منجر به کاهش شدید در عملکرد می‌شود. آن‌ها این امر را به کاهش تولید ایندول استیک اسید نسبت داده‌اند (Brown *et al.*, 1993).

جدول ٤- تاثیر مقادیر روی بر عملکرد و اجزای عملکرد کلزا

Table 4- Influence of zinc values on yield and yield components of rapeseed

تیمار	عملکرد دانه	ارتفاع بوته	درصد روغن	عملکرد روغن
Treatments	Grain yield (Kg ha^{-1})	Bush height (cm)	Oil prcentage (٪)	Oil yield (Kg ha^{-1})
Control	٣٨٤٧ ^{b}	١٣١/٧ ^{b}	٤١/٦ ^{b}	١٦٠٠^{b}
Zn_{25}	٤٢١٢ ^{a}	١٤٢/٢ ^{a}	٤٤/٥ ^{a}	١٨٧٤^{a}
Zn_{50}	٤٠٨٩ ^{a}	١٤٠/٠ ^{a}	٥٤/١ ^{a}	١٨٤٤ ^{a}

برهم‌کنش رقم و بور: مقایسه میانگین برهم‌کنش رقم و بور بر صفات عملکرد دانه، تعداد غلاف، ارتفاع بوته و عملکرد روغن در جدول ۵ آمده است.در رقم Regent*Cobra با کاربرد بور تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه دیده نشد، اما کاربرد ۳۰ کیلوگرم اسید بوریک در هکتار میزان عملکرد بیشتری از سایر تیمارها نشان داد. صفاتی از قبیل تعداد غلاف و ارتفاع بوته تحت تأثیر تیمار بور قرارگرفته و با کاربرد ۳۰ کیلوگرم اسید بوریک در هکتار تعداد غلاف در بوته و ارتفاع بوته به ترتیب ۱۱۱/۳ عدد و ۳/۳ سانتی‌متر افزایش معنی‌داری نسبت به شاهد یافت. در رقم SLM046 عملکرد دانه کلزا به میزان بور به‌کاربرده شده بستگی داشت و با کاربرد سطوح ۱۵ و ۳۰ کیلوگرم اسید بوریک در هکتار به ترتیب افزایش عملکرد معنی‌داری با ۳۵۹ و ٦٥٠ کیلوگرم در هکتار دانه کلزا در مقایسه با شاهد حاصل شد. عملکرد روغن نیز به ترتیب ۲۰۷ و ۳۰۳ کیلوگرم در هکتار نسبت به شاهد افزایش معنی‌داری یافت.

جدول ۵- تاثیر مقادیر بور بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام کلزا

Table 5. Influence of boron content on yield and yield components of rapeseed cultivars

عملکرد روغن	ارتفاع بوته	تعداد غلاف در بوته	عملکرد دانه	تیمار	رقم
Oil yield (Kg ha^{-1})	Bush height (cm)	Number of pods per bush	Grain yield (Kg ha^{-1})	Treatments	Variety
۱۷٤۹ ^{b}	۱۳٦/۷ ^{c}	۱۸۳/۱ ^{b}	۳۹۸۹ ^{bc}	Control	
۱۷٤۰ ^{b}	۱۳۹/٤ ^{ab}	۱۷۹/۸ ^{b}	٤۰٤۳ ^{b}	B_{15}	Regent*cobra
۱۷۳۱ ^{b}	۱٤۰/۰ ^{a}	۲۹٤/٤ ^{a}	۳۹٤٦ ^{bc}	B_{30}	
۱۷۳٦ ^{b}	۱۳۸/۳ ^{b}	۱۱۰/۳ ^{c}	۳۷٦۹ ^{c}	Control	
۱۹٤۳ ^{a}	۱۳۵/۰ ^{d}	۱۰۱/۷ ^{c}	٤۱۲۸ ^{b}	B_{15}	SLM046
۲۰۳۹ ^{a}	۱۳۸/۳ ^{b}	۱۲۲/۹ ^{c}	٤٤۱۹ ^{a}	B_{30}	

برهم‌کنش رقم و روی: مقایسه میانگین داده‌های به‌دست‌آمده از برهم‌کنش رقم و سطوح به‌کاربرده شده روی در برخی صفات موردبررسی در جدول ٦ آمده است. نتایج داده‌ها نشان می‌دهد که کاربرد هر دو سطح به‌کاربرده شده روی (۲۵ و ۵۰ کیلوگرم سولفات روی در هکتار) بر صفت ارتفاع بوته در رقم Regent*Cobra افزایش به ترتیب افزایش عملکردی معادل ۸/٤۲ و ۷/۵۹ درصد نسبت به شاهد داشت؛ اما کاربرد ۵۰ کیلوگرم سولفات روی در هکتار عملکرد دانه را به میزان نسبت به شاهد ۱۹/۱۱ درصد به‌طور معنی‌داری افزایش داد. اندازه ارتفاع بوته در رقم SLM046 تحت تأثیر کاربرد ۲۵ کیلوگرم سولفات روی در هکتار قرار گرفت که با افزایش ۷/۵۹ درصد نسبت به شاهد همراه بود.

جدول ٦- تاثیر مقادیر روی بر ارتفاع بوته و عملکرد روغن در ارقام کلزا

Table 6. Influence of zinc values on plant height and oil yield in rapeseed cultivars

عملکرد روغن	ارتفاع بوته	تیمار	رقم
Oil yield (Kg ha^{-1})	Bush height (cm)	Treatments	Variety
۲۸۳۱ ^{b}	۱۳۱/۷ ^{c}	Control	
۳۰۸٤ ^{ab}	۱٤۲/۸ ^{a}	Zn_{25}	Regent*cobra
۳۳۷۲ ^{a}	۱٤۱/۷ ^{a}	Zn_{50}	
۲۸۸۸ ^{b}	۱۳۱/۷ ^{c}	Control	
۳۲۲۱ ^{ab}	۱٤۱/۷ ^{a}	Zn_{25}	SLM046
۳۰۹٤ ^{ab}	۱۳۸/۳ ^{b}	Zn_{50}	

برهم‌کنش بور و روی در ارقام موردبررسی: مقایسه میانگین اثر بـور و روی بر صفات عملکرد دانه، ارتفاع بوته و عملکرد روغن در جدول ۷ آمده است. میانگین داده‌های حاصل از عملکرد دانه و عملکرد روغن ناشی از برهم‌کنش بور و روی در رقم Regent*Cobra در شکل ۱ (a) و رقم SLM046 (b) نشان داده‌شده است. نتایج نشان می‌دهد که در رقم Regent*Cobra، کاربرد عناصر بور و روی به‌تنهایی و یا توأم تأثیر معنی‌داری بر میزان عملکرد دانه کلزا در مقایسه با شاهد داشته است و بیشترین میزان عملکرد دانه با کاربرد ۱۵ کیلوگرم اسید بوریک در هکتار به میزان ٤۰۲۷ کیلوگرم در هکتار حاصل گردید که با سایر تیمارهای کودی به‌جز تیمار ۱۵ کیلوگرم اسید بوریک در هکتار و ۵۰ کیلوگرم سولفات روی در هکتار تفاوت معنی‌داری نداشت. در بررسی داده‌های مرتبط با عملکرد روغن در این رقم نتایج مشابه دیده شد. در رقم SLM046 درحالی‌که بیشترین عملکرد دانه با کاربرد ۳۰ کیلوگرم اسید بوریک در هکتار به میزان ٤٦٤۵ کیلوگرم در هکتار به دست آمد که با کاربرد ۱۵ کیلوگرم اسید بوریک در هکتار به میزان ٤۱۵۰ کیلوگرم در هکتار تفاوت معنی‌داری داشت.

در مصرف توأم مقادیر بور و روی عملکرد دانه تحت تأثیر تیمارهای کودی قرار نگرفت، اما کاربرد تیمارهای کودی جداگانه و یا توأم عملکرد دانه را به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش داد. عملکرد روغن با کاربرد ۳۰ کیلوگرم اسید بوریک در هکتار بیشترین مقدار به میزان ۲۱۷۰ کیلوگرم در هکتار رسید که با تیمارهای ۱۵ کیلوگرم اسید بوریک در هکتار و ۵۰ کیلوگرم سولفات روی در هکتار و ۳۰ کیلوگرم اسید بوریک و ۵۰ کیلوگرم سولفات روی در هکتار تفاوت معنی‌داری نداشت. کاربرد کودهای ریزمغذی بور و روی به‌تنهایی و یا توأم اختلاف عملکرد معنی‌داری را نسبت به شاهد نشان داد. بیشترین عملکرد روغن با کاربرد ۳۰ کیلوگرم اسید بوریک در هکتار به میزان ۲۱۷۰ کیلوگرم در هکتار به دست آمد که با کاربرد ۱۵ کیلوگرم اسید بوریک و ۲۵ کیلوگرم سولفات روی در هکتار تفاوت آماری نداشت. همچنین با کاربرد توأم ۳۰ کیلوگرم اسید بوریک و ۲۵ کیلوگرم سولفات روی (B_{30}+Zn_{25}) و ۳۰ کیلوگرم اسید بوریک و ۵۰ کیلوگرم سولفات روی (B_{30}+Zn_{50}) در هکتار تفاوت معنی‌داری نشان نداد. با کاربرد کودهای ریزمغذی بور و روی به‌تنهایی و یا توأم اختلاف عملکرد معنی‌داری نسبت به شاهد به دست آمد. دلیل عملکرد کمتر دانه و روغن در کاربرد توأم بور و روی نسبت به کاربرد تنهای این عناصر خاصیت آنتاگونیستی (غیر هم‌افزایی) آن‌ها برهم می‌باشد.

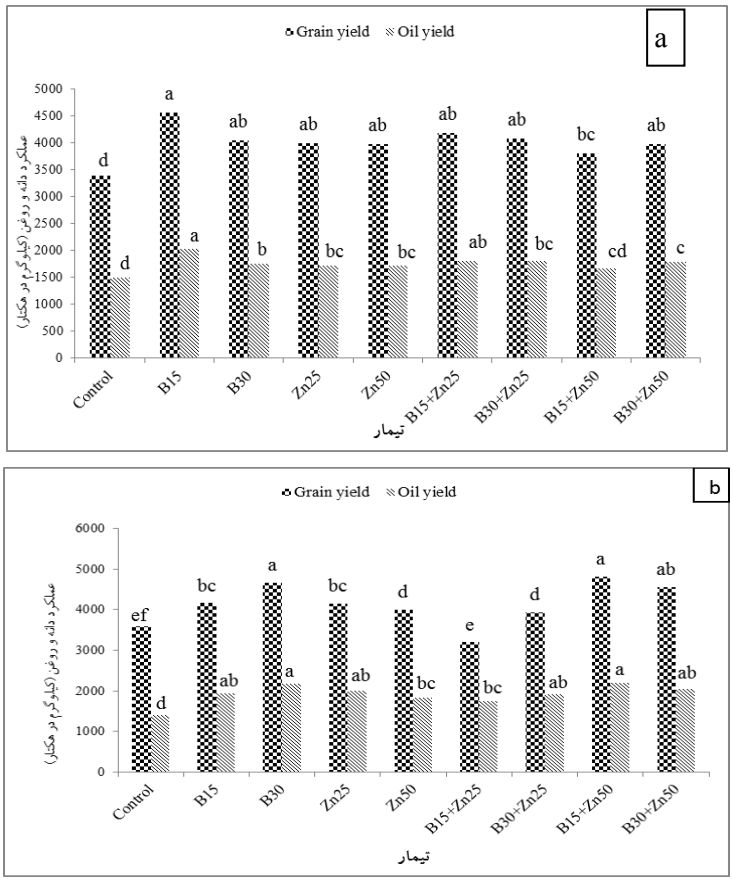

Fig.1. The interaction of Boron and Zinc ongrain yield and oil yield of Rrgent*Cobra (a) and SLM046 (b)

شکل ۱- برهمکنش بور و روی بر عملکرددانه و روغن(a) Rrgent*Cobra و (b) SLM046

نتیجه‌گیری کلی

در گیاهان روغنی میزان عملکرد دانه از یک‌سو و میزان روغن استحصالی از سوی دیگر ازجمله صفات مهم بوده که ارتقای آن‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. نظر به نقش عناصر ریزمغذی از قبیل بور و روی و با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از انجام این پژوهش کاربرد این عناصر می‌توان منجر به افزایش عملکرد دانه و روغن و درنتیجه افزایش عملکرد روغن در واحد سطح گردد. به استناد نتایج به‌دست‌آمده از این مطالعه با کاربرد ۲۵ کیلوگرم سولفات روی در هکتار می‌توان میزان روغن استحصالی را به میزان قابل‌توجهی بالا برد. رقم SLM046 اثرپذیری بیشتری از رقم Regent*Cobra نسبت به کاربرد بور نشان داد. ارقام مورداستفاده در آزمایش با کاربرد ۲۵ کیلوگرم سولفات روی در هکتار بیشترین عملکرد دانه را از خود نشان دادند؛ بنابراین کاربرد این دو عنصر برای افزایش عملکرد دانه و روغن درکشت کلزا در شرایط مشابه خاک و اقلیم توصیه می‌گردد.

منابع

۱) بلالی، م. ۱۳۸٤. تأثیر عناصر کم‌مصرف و اثر متقابل آن‌ها برافزایش تولید گندم آبی. نشریه فنی شماره ۱۲۰۳. موسسه تحقیقات خاک و آب، تهران، ایران.

۲) جلیلی، ف. ملکوتی، م ج. و کسرایی، ر. ۱۳۸۰. نقش تغذیه بهینه در عملکرد و اجزای عملکرد کلزا در کشت‌های پاییزه و بهاره درخوی. مجموعه مقالات تغذیه بهینه دانه‌های روغنی. انتشارات خانیران. ٤٦٤ صفحه.

۳) خوش‌نظر پرشکوهی، ر. ۱۳۸۰. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی "بررسی سازگاری و مقایسه عملکرد ارقام کلزا در مناطق سرد و معتدل. مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی قزوین . شماره ثبت ۸۲/۱۰۷٦-۸۲/۱۲/۵.

٤) خیاوی، م. خورشی، م.ب. اسماعیلی آفتابدری، م. آذرآبادی، س. فرامرزی، ا. و امرارپرداز، ج. ۱۳۸۹. تاثیر محلولپاشی بور و روی بر عملکرد و برخی خص.صیات کیفی دو رقم کلزا . مجله دانش آب وخاک. دوره ۳، شماره ۲۰، ص. ٤٥-۳۱.

۵) سپهر، ا. و ملکوتی، م ج. ۱۳۸۳. نقش گوگرد در تغذیه دانه‌های روغنی. کتاب مجموعه مقالات تغذیه بهینه دانه‌های روغنی گامی مؤثر در نیل به خودکفایی روغن در کشور .انتشارات خانیران، ٤٦٤ صفحه.

٦) علی احیائی، م. و بهبهانی زاده، ع. ۱۳۷۲. شرح روش‌های تجزیه شیمیایی خاک. جلد اول .نشریه فنی شماره ۸۹۳ مؤسسه تحقیقات خاک و آب .تهران .ایران.

۷) کشاورز، پ. و ملکوتی، م ج. ۱۳۸۲. . جایگاه بور در تغذیه بهینه گیاهان. معاونت باغبانی وزارت جهاد کشاورزی. تهران. ایران.

۸) ملکوتی، م ج. و تهرانی، م م.۱۳۷۸. نقش ریزمغذی‌ها در افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی. "عناصر خرد با تأثیر کلان " انتشارات دانشگاه تربیت مدرس. تهران. ایران.

9) Ahmadi, M. 2010. Effect of zinc and nitrogen fertilizer rates on yield and yield components of oilseed rape (*Brassieca napus L.)*. World Applied Sciences Journal, 10(3): 298-303.

10) Anghiononi, I. Baligar, VC. and Wright, R.J. 1996. Phosphorus sorption isotherm characteristics and availability parameters of Appalachian acidic soils. Communication of Soil Science and Plant Analysis, 27: 2033-2048.

11) Babhulkar, P.S. Kar, D. Badole, WP. and Balpande, SS. 2000. Effect of sulphur and zinc on yield, quality and nutrient uptake by safflower in Vertisols. Journal of the Indian Society of Soil Science, 48: 541- 543.

12) Barth, CA. 2007. Rapeseed for human nutrition, present knowledge and future options. Proc. of the 12th Int. Rapeseed Cong., Sustainable Development in Cruciferous Oilseed Crops Production, 26-30 March, Wuhan, China, 5: 3-5.

13) Brown, PH. Cakmak I. and Zhang Q. 1993. Form and function of zinc plants. In: Robson. A.D., (ed.). In Zinc in Soils and Plants. Springer Netherlands, 93-106.
14) 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.
15) Gobarah, ME. Mohamed, MH. and Tawfik, MM. 2006. Effect of phosphorus fertilizer and foliar spraying with zinc on growth, yield and quality of groundnut under reclaimed sandy soils. Journal of Applied Science Research, 2(8): 491- 496.
16) Grant, CA. and Bailey, L.D. 1993. Fertility management in canola production. Canadaian journal of plant science. 73. 65-67.
17) Grant, CA. and Baily, L.D. 1998. Fertility management in canola production. Canadian Journal of Plant Science, 73(3): 651-670.
18) Grewal, HS. and Graham, R. 1999. Residual effect of subsoil zinc and oilseed rape genotype on the grain yield and distribution of zinc in wheat. Plant and Soil. 207: 29- 36.
19) Harsham, SG. Graham, RD. and Stangoulis, J. 1998. Zinc-boron interaction effects in oilseed rape. Journal of Plant Nutrition 21:2231-2243.
20) Holmes, MRJ. 1980. Nutrition of the Oilseed Rape Crop. Applied Science Publishers Barking. Essex.UK.
21) Marshner, H. 1998. Mineral nutrition of higher plants. Academic press. UK.
22) Movahhedy – Dehnavi, M. Modarres Sanavy, SA. and Mokhtassi- Bidgoli, A. 2009. Foliar application of zinc and manganese improves seed yield and quality of sunflower *(Carthamus tinctorius L.)* grown under water deficit stress. Industrial Crop Production. 30(1): 82-92.
23) Ni, J.J. Wu, P. Lou, AC. and Tao, QN. 1998. Rice seedling tolerance to phosphorus stress in solution culture and soil .Nutrient Cycling Agroecosystems. 51:95-99.
24) Rashid, A. Rafique, E. and Bughio, N. 1994. Diagnosing boron deficiency in rapeseed and mustard by plant analysis and soil testing. Communication of Soil science and Plant Analysis. 25(7 and 8): 2883-2697.
25) Rowell, DL. 1994. Soil Science: Methods and Application. Longman Group, Harlow.
26) Verma, CK. Prasad, K. and Yadav, D. 2012. Studies on response of sulphur, zinc and boron levels on yield, economics and nutrients uptake of mustard (*Brassica napus* (L.) Czernj and Cosson). Crop Research, 44(1-2): 75-78.
27) Walkey, A. and Black, IA. 1934. An examination of Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid in soil analysis.1. Experimental. Soil Science, 79: 459-465.
28) Yang, M. Shi, L. Xu, F.S. 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.
29) Zhonggui, L. Grewal, HS. and Graham, RD. 1998. Dry Matter production and uptake of zinc and phosphorus in two oilseed rape genotypes under differential rates of zinc supply. Plant Nutrition, 2: 25-38.