

بررسی تأثیر محلول پاشی عناصر روی و بور بر عملکرد دانه، اجزای عملکرد، برخی شاخص‌های رشد، میزان روغن و پروتئین بذر کلزا (*Brassica napus L.*) در شرایط اقلیمی خرم‌آباد

خسرو عزیزی^{۱*}، عادل نوروزیان^۲، سعید حیدری^۱ و محمد یعقوبی^۲

۱. استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد

۲. دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد

تاریخ وصول: ۱۳۸۸/۱۲/۳

تاریخ پذیرش: ۱۳۸۹/۹/۲۲

چکیده

به منظور بررسی تأثیر محلول پاشی عناصر روی و بور بر عملکرد دانه، اجزای عملکرد، میزان روغن و پروتئین بذر کلزا رقم اکاپی (*Brassica napus cv Okapi*)، آزمایشی مزرعه‌ای در سال ۱۳۸۷ انجام شد. این پژوهش در قالب طرح آزمایشی بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۶ تیمار و سه تکرار صورت گرفت. محلول پاشی سولفات روی (۲۲٪ روی) در چهار سطح (شاهد، ۵، ۱۰ و ۱۵ کیلوگرم در هکتار) با نسبت یک و نیم در هزار و محلول پاشی اسید بوریک (۱۷/۵٪ بور) نیز در چهار سطح (شاهد، ۵، ۱۰ و ۱۵ کیلوگرم در هکتار) با نسبت سه در هزار صورت گرفت. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثرات اصلی هر دو عامل روی و بور تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، عملکرد زیستی، میزان روغن و پروتئین بذرها، داشت و تنها اثرات اصلی روی و بور، بر وزن هزار دانه معنی دار نشد. همچنین اثر اصلی بور بر ارتفاع بوته نیز معنی دار نگردید. اثرات متقابل کاربرد روی و بور بر صفات کمی معنی دار نشد ولی در مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن مشخص گردید که بیشترین میزان عملکرد دانه به میزان ۳۹۵۷ کیلوگرم در هکتار مربوط به تیمار محلول پاشی ۱۵ کیلوگرم در هکتار سولفات روی و ۱۰ کیلوگرم در هکتار اسید بوریک بود. بررسی شاخص‌های رشد نشان داد که با کاربرد عناصر روی و بور سرعت رشد محصول، شاخص سطح برگ افزایش یافت. بیشترین شاخص سطح برگ (LAI) در تیمار کاربرد ۱۵ کیلوگرم در هکتار سولفات روی و ۱۰ کیلوگرم در هکتار اسید بوریک که بهترین تیمار بود در ۱۹۰ روز پس از کاشت به حداکثر مقدار رسید (شکل ۱). حداکثر سرعت رشد محصول (CGR) در محدوده ۱۹۰ تا ۲۰۰ روز پس از کاشت به حداکثر رسید. با توجه به تأثیر این دو شاخص فیزیولوژیکی در تشکیل عملکرد، لذا جهت دستیابی به عملکرد بیشتر بایستی در محدوده زمانی ۱۹۰ تا ۲۰۰ روز پس از کاشت کلزا به فعالیت‌های به زراعی به ویژه تامین کافی مواد غذایی و آب توجه بیشتری شود.

واژه‌های کلیدی: سولفات روی، اسید بوریک، محلول پاشی، عملکرد دانه کلزا، میزان روغن و پروتئین دانه

مقدمه

دانه‌های روغنی به دلیل درصد انرژی بالا، نقش مهمی در افزایش میزان عرضه‌ی انرژی غذایی در کشورهای در حال توسعه بر عهده دارند. از یک طرف دانه‌های گیاه روغنی کلزا، با دارا بودن بیش از ۴۰ درصد روغن خوراکی، از نظر تأمین روغن جایگاه ویژه‌ای را به خود اختصاص داده، که پس از استحصال روغن از دانه‌ها، کنجاله باقی مانده حاوی حدود ۴۳-۳۸ درصد پروتئین است که از نظر تغذیه دام بسیار با ارزش است (۱). از طرف دیگر کمبود عناصر ریزمغذی در گیاهان زراعی گسترش جهانی دارد. زراعت تک‌کشتی، مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی به ویژه کودهای نیتروژن‌دار و عدم مصرف کودهای حاوی عناصر غذایی ریز مغذی، از جمله عوامل بروز این کمبود در اغلب خاک‌های ایران می‌باشد (۱۶). اهداف مصرف ریزمغذی‌ها شامل افزایش عملکرد محصول و ارتقاء خصوصیات کیفی و غنی‌سازی محصولات کشاورزی، تولید بذر با قدرت جوانه‌زنی بالا و کاهش غلظت آلاینده‌هایی نظیر نیترات و کادمیوم در گیاه می‌باشد (۱۶). عنصر روی نقش مهمی در سنتز پروتئین دارد و پروتئین از لحاظ اهمیت دومین محصول استخراجی از کلزا به شمار می‌رود، از طرفی در گیاهانی که کمبود روی دارند، غلظت تریپتوفان و جیبرلین کاهش می‌یابد و در نهایت باعث کاهش فعالیت هورمون‌های رشد نظیر اکسین می‌شود (۹). تحقیقات نشان داد که با افزایش روی و بور در برگ، عملکرد دانه کلزا افزایش یافت، لذا در تغذیه کلزا در خاک‌های آهکی باید به این دو عنصر غذایی توجه زیادی شود (۴). محققان ثابت کردند که عملکرد دانه کلزا به طور معنی‌داری تحت تأثیر کودهای نیتروژن، بُر و روی است. عملکرد دانه کلزا با افزایش سطوح بُر، به طور تصاعدی افزایش یافت (۲۹). ژانگ (۲۰۰۱) گزارش کرد که محلول پاشی بور به همراه حشره‌کش‌هایی مثل دی‌میلین به عنوان یک استراتژی برای افزایش عملکرد دانه سویا مؤثر است. تحقیقات صورت گرفته روی دو رقم کلزا (اکاپی و SLM046) در طی دو سال نشان داد که مصرف ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار سولفور و محلول پاشی سولفات روی با غلظت چهار در هزار باعث بیشترین افزایش در عملکرد دانه، محتوای پروتئین و روغن دانه‌ها و ارتفاع بوته‌ها در ارقام کلزا شد. همچنین در میان این دو رقم، رقم اکاپی عملکرد دانه، وزن هزار دانه و محتوای پروتئین و روغن بالاتری داشت (۲۱). محسنی و همکاران (۱۳۸۵) نشان دادند که مصرف اسید

بوریک و سولفات روی بر میانگین عملکرد دانه در واحد سطح و عملکرد بلال در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار گردید.

محققان نشان دادند که در کتان کاربرد ۱۰ کیلوگرم در هکتار روی و دو کیلوگرم در هکتار بُر، باعث افزایش معنی‌داری در عملکرد دانه، تعداد غوزه در هر گیاه و وزن غوزه‌ها شد (۲۹). مرادی تلاوت و همکاران (۱۳۸۶) نیز گزارش کردند که کاربرد ۱۰ کیلوگرم بور در هکتار، باعث افزایش عملکرد دانه در کلزا شد که بیشترین افزایش مربوط به افزایش تعداد دانه در غلاف بود. تحقیقات گالاوی و همکاران (۲۰۰۷) بر روی کلزا نشان داد که محلول پاشی سولفات روی تأثیر معنی‌داری بر روی وزن هزار دانه نداشت. پورتر (۱۹۹۳) نیز بیان کرد که بوته‌های کلزا که بور را از طریق شاخ و برگ دریافت کردند، ۶/۵ درصد عملکرد دانه بیشتری در مقایسه با تیمار شاهد داشتند. با توجه به اهمیت موضوع، در این پژوهش تأثیر محلول‌پاشی عناصر ریز مغذی روی و بور بر عملکرد دانه، اجزای عملکرد و میزان روغن و پروتئین بذور کلزا در شرایط مزرعه‌ای در شهرستان خرم‌آباد مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷ در زمینی به مساحت ۹۷۷ متر مربع واقع در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه لرستان، واقع در شهرستان خرم‌آباد (کیلومتر ۱۲ جاده خرم‌آباد- اندیمشک) با طول جغرافیایی ۴۸° و ۲۲° شرقی و عرض جغرافیایی ۳۳° و ۲۹° شمالی، ارتفاع ۱۱۲۵ متر و متوسط بارندگی سالیانه ۴۷۱/۵ میلی‌متر و دمای متوسط سالیانه ۱۷ درجه سلسیوس دارای اقلیم نیمه خشک انجام گرفت. طرح آزمایشی مورد استفاده فاکتوریل با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار به اجرا درآمد. تیمارها شامل کود سولفات روی در چهار سطح (۰ (شاهد)، ۵، ۱۰ و ۱۵ کیلوگرم در هکتار) با نسبت یک و نیم گرم در هزار میلی‌لیتر آب مقطر و اسیدبوریک در چهار سطح (۰ (شاهد)، ۵، ۱۰ و ۱۵ کیلوگرم در هکتار) و با نسبت سه گرم در هزار میلی‌لیتر آب مقطر به روش محلول‌پاشی اعمال شد.

زمین قرار گرفتند تا رطوبت بذر به حدود ۱۰-۸ درصد رسید و بعد عمل خرمکوبی انجام گرفت.

بر اساس نتایج به دست آمده از آزمایش خاک مشخص گردید که میزان عناصر روی و بور موجود در خاک محل اجرای آزمایش زیر حد بحرانی (۱/۵ میلی گرم روی در کیلوگرم خاک و ۰/۸ میلی گرم بور در کیلوگرم خاک) مورد نیاز برای کلزا می باشد، به عبارتی مقدار این عناصر در خاک تامین کننده نیاز گیاه در طول فصل رشد نبود، بنابراین محلول پاشی بوته های کلزا در دو نوبت، یکی در مرحله ساقه رفتن و دیگری در شروع گل دهی کلزا انجام شد (۱۴). جهت محلول پاشی روی از کود سولفات روی ($ZnSO_4$) محتوی ۲۲ درصد روی با غلظت ۱/۵ در هزار استفاده گردید (۱۶). اسید بوریک (H_3BO_3) محتوی ۱۷/۵ درصد بور، برای حل مشکل کمبود بور، مورد استفاده قرار گرفت که برای محصولات زراعی، غلظت سه در هزار محلول پاشی این کود توصیه شده است (۱۶). محلول پاشی پس از رسیدن به مراحل مورد نظر و در بعدازظهر انجام شد.

صفات مورد اندازه گیری

- ۱- **صفات مورفولوژیکی:** ارتفاع بوته، تعداد شاخه های فرعی در هر بوته، وزن خشک گیاه، تعداد غلاف یا خورجین در بوته و شاخه های فرعی، تعداد دانه در غلاف
- ۲- **شاخص های رشد:** نظیر شاخص سطح برگ، سرعت رشد گیاه، سرعت جذب خالص، سرعت رشد نسبی، هر ۱۴ روز یک بار و به طور کلی ۸ مرحله در طی دوره رشد در مساحت ۰/۲۵ متر مربع از هر کرت اندازه گیری شدند.
- ۳- **صفات کمی:** عملکرد دانه و اجزای عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت
- ۴- **صفات کیفی:** درصد پروتئین و روغن دانه ها

شیوه اندازه گیری شاخص های رشد و برخی صفات کمی

روغن موجود در دانه ها از طریق روش سوکسله^۱ و توسط حلال آلی متانول- کلروفرم با نسبت ۱ به ۲ استخراج شد (۲۵). محتوی پروتئین خام دانه نیز، با کاربرد سیستم آنالیزور NIR 6500 اندازه گیری شد (۴۱). در این آزمایش، از بین شاخص های مختلف رشد گیاه، شاخص سطح برگ، سرعت رشد گیاه، سرعت رشد نسبی، و

جدول ۱- نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه

مقدار	خصوصیت	مقدار	خصوصیت
۳۷/۵	درصد مواد خنثی شونده (TNV)	۰/۰۶	نیتروژن کل خاک (درصد)
۸	pH	۶/۴	فسفر ($mg.kg^{-1}$)
۰/۴۵	($dS.m^{-1}$) EC	۲۸۵	پتاسیم ($mg.kg^{-1}$)
۸۵	$cmol(c) kg^{-1}$ CEC	۴	آهن * ($mg.kg^{-1}$)
۲۸	درصد رس	۶	منگنز * ($mg.kg^{-1}$)
۲۱	درصد سیلت	۰/۱۲	روی * ($mg.kg^{-1}$)
۵۱	درصد شن	۱/۱۰	مس * ($mg.kg^{-1}$)
	لوم سیلتی	۰/۵۵	بور ($mg.kg^{-1}$)

عصاره گیری با DTPA *

عملیات آماده سازی بستر بذر شامل شخم، دیسک زدن، تسطیح و مرزبندی مزرعه مورد مطالعه در اوایل مهر ماه انجام و قبل از کاشت یک نمونه مرکب از خاک مزرعه از عمق (۳۰-۰ سانتی متر) نمونه برداری و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن به روشهای استاندارد آزمایشگاهی تعیین گردید (جدول ۱). عملیات کاشت با تراکم ۱۰۰ بوته در متر مربع، پس از آماده سازی بستر بذر و اضافه کردن کودهای پایه (نیتروژن، فسفر و پتاسیم) بر اساس نتایج آزمون خاک، صورت گرفت. بذر ها توسط قارچ کش مانکوزب ضد عفونی و در کرت هایی که به صورت جوی و پشته های کم ارتفاع آماده شده بودند، بر روی پشته ها کشت شدند. کاشت بذر کلزا رقم آکاپی (Okapi) با توجه به شرایط اقلیمی خرم آباد در نیمه دوم مهر ۱۳۸۷ انجام گردید. در این آزمایش ۴۸ کرت آزمایشی هر یک به مساحت ۷/۵ مترمربع، با طول ۵ متر و عرض ۱/۵ متر در نظر گرفته شد. هر کرت با فاصله ردیف های ۲۵ سانتی متری دارای ۶ خط کاشت بود. فاصله بوته ها روی ردیف ۵ سانتی متر، فاصله بین کرت ها ۱/۵ متر و فاصله بین بلوک ها سه متر بود.

عملیات داشت شامل کنترل علف های هرز با توجه به نوع علف هرز و مبارزه با آفات و بیماری ها به موقع صورت گرفت. اولین آبیاری پس از کاشت صورت گرفت و آبیاری های بعدی از زمان استقرار گیاه (دو تا چهار برگی شدن گیاهچه) تا پایان فصل رشد بر اساس بافت خاک و شرایط آب و هوایی انجام گرفت. عملیات برداشت در ۲۴۵-۲۴۰ روز پس از کاشت هنگامی که غلاف های ساقه اصلی و شاخه های اولیه بوته ها حاوی ۵۰ تا ۶۰ درصد بذور قهوه ای تیره یا سیاه و ۳۰ تا ۴۰ درصد رطوبت بودند صورت گرفت، سپس بوته ها به مدت ۱۰-۷ روز به روی

یا کل ماده خشک واحد سطح هر کرت آزمایشی بدست آمد.

عملکرد دانه

بوسیله یک کوادرات به مساحت یک مترمربع و با حذف اثرات حاشیه در کرت‌ها، از چهار خط کاشت وسط، بوته‌ها کف بر شده و پس از آن غلاف‌های موجود در هر بوته جدا شده و در نهایت دانه‌های به دست آمده با رطوبت ۱۰ درصد از هر تیمار آزمایشی وزن شد و عملکرد نهایی به دست آمد.

تعداد غلاف در بوته

پس از برداشت، تعداد غلاف‌های به دست آمده در هر کرت شمارش شده و بر تعداد بوته‌های موجود در نمونه تقسیم شده و میانگین تعداد غلاف‌های موجود در بوته‌ها برای هر تیمار محاسبه شد.

تعداد دانه در غلاف

پس از آنکه بوته‌ها برداشت شدند، غلاف‌های موجود در بوته‌ها جدا شده و دانه‌های موجود در آن‌ها شمارش شد و بر تعداد کل غلاف‌ها تقسیم شد و به این صورت میانگین تعداد دانه در غلاف‌ها برای هر تیمار محاسبه شد.

وزن هزار دانه

وزن هزار دانه پس از انتخاب یک نمونه تصادفی از دانه‌های به دست آمده از هر تیمار با دستگاه بذرشمار^۱ شمارش گردید و بر حسب گرم به دست آمد.

داده‌های آزمایش با استفاده از روش تجزیه واریانس آزمایش فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با استفاده از نرم افزارهای MSTAT-C مورد تجزیه قرار گرفته و مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون چند دامنه ای دانکن ($p < 0.05$) صورت گرفته و نمودارها با Excel رسم گردید.

نتایج و بحث

عملکرد دانه (عملکرد اقتصادی): نتایج این آزمایش بیانگر آن بود که اثرات اصلی کاربرد کود سولفات روی و

سرعت جذب خالص، ماده خشک تولیدی در هر مرحله از رشد مورد اندازه گیری و محاسبه قرار گرفتند. جهت اندازه گیری این صفات، شش نمونه برداری ضمن فصل رشد انجام شد. نمونه برداری پس از حذف اثر حاشیه^۲ یعنی ردیف‌های کناری و ۵۰ سانتی متر ابتدا و انتهای ردیف‌ها صورت گرفت. برای این منظور از یک کوادرات ۰/۲۵ متر مربعی استفاده شد و تمام بوته‌های داخل آن را برداشت کردیم. زمان نمونه برداری پس از روزت و آغاز رشد رویشی گیاه بر اساس روزهای پس از جوانه زدن^۳ بود. نمونه برداری به صورت هر ۱۴ روز یک بار انجام شد. وزن خشک این نمونه‌ها پس از انتقال به آزمایشگاه و قرار گرفتن در داخل آون (به مدت ۴۸ ساعت تحت دمای ۷۰ درجه سانتیگراد) مورد اندازه گیری قرار گرفت و آنگاه با استفاده از روابط زیر (۱۱)، در هر مرحله پارامترهای مزبور برآورد شدند:

$$CGR = (\Delta W / \Delta T) (1/A)$$

$$RGR = (\ln W_2 - \ln W_1) / \Delta T$$

CGR: سرعت متوسط رشد محصول؛ ΔT : فاصله زمانی

دو نمونه برداری متوالی؛ ΔW : اختلاف وزن خشک ثانویه و اولیه؛ $A(W_2 - W_1)$: سطح مورد نمونه برداری؛ RGR: سرعت متوسط رشد نسبی $\ln W_1$: لگاریتم طبیعی وزن خشک اولیه؛ $\ln W_2$: لگاریتم طبیعی وزن خشک ثانویه

شاخص سطح برگ (LAI): سطح برگ با استفاده از

دستگاه اندازه گیری سطح برگ^۴ محاسبه شد.

سرعت جذب خالص: سرعت جذب خالص (NAR)

یا سرعت آسیمیلیاسیون واحد سطح عبارت است از مقدار مواد ساخته شده خالص (غالباً فتوسنتزی) در واحد سطح در واحد زمان (۱۱).

$$NAR = (W_2 - W_1) (T_2 - T_1) (\ln L_{A2} - \ln L_{A1}) (LA_2 - LA_1)$$

$LA =$ سطح برگ $W =$ وزن خشک $T =$ زمان

عملکرد بیولوژیکی

در هنگام برداشت، با استفاده از کوادرات یک مترمربعی از چهار ردیف وسط هر کرت آزمایشی یک نمونه به صورت کف بر برداشت شد و داخل کیسه‌های پارچه ای قرار گرفت. این نمونه‌ها پس از انتقال به آزمایشگاه و خشکاندن در داخل آون (۴۸ ساعت تحت دمای ۷۰ درجه سانتیگراد) توزین شدند و بدین ترتیب عملکرد بیولوژیکی

1- Soxhlet Method 2- Border effect
3- Day After Emergency (DAE)
4- Leaf area meter

اندام‌های زایشی می‌شود. بنابراین می‌تواند باعث افزایش معنی‌داری در عملکرد گردد (۳۰). یافته‌های این تحقیق با نتایج به دست آمده توسط خیابوی و همکاران (۱۳۸۶)، بای بوردی و همکاران (۲۰۰۷)، گالاوی و همکاران (۲۰۰۷)، مطابقت داشت.

وزن هزار دانه

نتایج این آزمایش نشان داد که اثرات متقابل و همچنین اثرات اصلی کاربرد کودهای سولفات روی و اسید بوریک بر وزن هزار دانه، معنی‌دار نبودند (جدول ۲). ولی در مقایسه میانگین اثرات متقابل این دو کود به روش دانکن، مشخص شد که تیمار محلول پاشی ۱۰ کیلوگرم در هکتار سولفات روی، همراه با تیمار عدم محلول پاشی اسید بوریک با میانگین وزن ۳/۴۰۳ گرم، بیشترین وزن هزار دانه را داشت ولی از نظر آماری اختلاف معنی‌داری بین تیمارهای مختلف وجود نداشت و همه تیمارها در یک گروه قرار گرفتند. کمترین وزن هزار دانه نیز مربوط به تیمار محلول پاشی پنج کیلوگرم در هکتار سولفات روی و ۱۰ کیلوگرم در هکتار اسید بوریک، به میزان ۳/۳۱۷ گرم بود (جدول ۳).

در توضیح باید گفت که دوام رشد دانه در کلزا تا حدود زیادی توسط دمای محیط تعیین می‌شود که برای تمام تیمارها در این آزمایش یکسان بوده است. اما رشد دانه‌ها به عرضه مواد فتوسنتزی و آب نیز وابسته است، ولی از آنجا که در کلزا سایر اجزاء عملکرد مانند تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف در مقایسه با اندازه دانه زودتر شکل می‌گیرند، بدیهی است که سهم بیشتری از مواد فتوسنتزی را در جهت رشد و نمو خود مصرف می‌کنند، از این رو اندازه دانه و در نتیجه وزن هزار دانه کمتر تغییر می‌کند (۸). که با نتایج به دست آمده در این آزمایش نیز مطابقت دارد و آنگونه که مشاهده شد محلول پاشی عناصر ریز مغذی روی و بور تاثیر معنی‌داری بر تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف داشتند ولی بر وزن هزار دانه تاثیری نداشتند ($p < 0.05$). مرادی تلاوت و همکاران (۱۳۸۶) نشان دادند که کاربرد بور اثر معنی‌داری بر وزن هزار دانه در کلزا نداشت. مرشدی و نقیسی (۱۳۸۳) نیز نشان دادند که محلول پاشی روی اثر معنی‌داری بر وزن هزار دانه در کلزا نداشت.

اسید بوریک بر عملکرد دانه، در سطح یک درصد معنی‌دار بود، ولی اثرات متقابل کاربرد این دو بر عملکرد معنی‌دار نبود (جدول ۲). با این وجود در بررسی مقایسه میانگین اثرات متقابل کاربرد سطوح مختلف کود سولفات روی و اسید بوریک بر این صفت، مشخص شد که تیمار محلول پاشی سولفات روی به میزان ۱۵ کیلوگرم در هکتار و ۱۰ کیلوگرم در هکتار اسید بوریک، با عملکرد ۳۹۵۷ کیلوگرم در هکتار، اختلاف معنی‌داری با تیمار شاهد داشت ($p < 0.05$). در این تحقیق کمترین عملکرد دانه نیز مربوط به تیمار شاهد برابر با ۲۸۸۳ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۳). براون و همکاران (۱۹۹۳) در توضیح نقش روی در میزان عملکرد عنوان کردند که، شکل‌گیری اندام‌های زایشی نر و ماده و فرایند گرده افشانی در اثر کمبود روی، مختل می‌شوند که منجر به کاهش شدیدی در عملکرد می‌شود. آنها این امر را به کاهش تولید ایندول استیک اسید (IAA) نسبت دادند.

کاربرد روی به طور معنی‌داری باعث افزایش عملکرد دانه گردید (جدول ۲). یک توضیح محتمل در این باره بهبود اجزاء عملکرد در اثر کاربرد روی می‌باشد. در این آزمایش میزان روی موجود در خاک زیر حد بحرانی (۱/۵ میلی گرم روی در کیلوگرم خاک) مورد نیاز برای گیاه بود. محلول پاشی روی در این آزمایش باعث تامین این عنصر برای گیاه شد. از سویی بر اساس گزارش محققین روی می‌تواند اثر مطلوبی بر فعالیت‌های فتوسنتزی برگ‌ها داشته باشد و باعث انتقال بهتر مواد فتوسنتزی می‌شود (۴۱ و ۳۳). از طرفی بر اساس نتایج تحقیقات، شکل‌گیری اندام‌های جنسی نر و ماده و فرایند گرده افشانی بر اثر کمبود روی، مختل می‌شوند که منجر به کاهش شدیدی در عملکرد می‌شود که این امر را به کاهش تولید ایندول استیک اسید (IAA) نسبت می‌دهند (۱۹). همچنین افزایش عملکرد در اثر مصرف بور شاید به علت میزان کم بور قابل دسترس برای گیاه در خاک و نقش اساسی این عنصر در گیاه باشد که در متابولیسم گیاهی و سنتز اسیدهای نوکلئیک نقش دارد. در این آزمایش میزان بور موجود در خاک زیر حد بحرانی (۰/۸ میلی گرم بور در کیلوگرم خاک) بود، لذا انتظار می‌رود که با محلول پاشی، این کمبود جبران گردد. از طرفی کاربرد بور باعث افزایش محتوی کلروفیل و شدت فتوسنتز در برگ‌ها، افزایش تجمع ماده خشک در گیاه، بهبود انتقال مواد فتوسنتزی از اندام‌های رویشی به

تعداد دانه در غلاف

نتایج به دست آمده از این آزمایش نشان داد که اثرات اصلی کاربرد سطوح مختلف کود سولفات روی و کود اسید بوریک بر این صفت در سطح یک درصد معنی دار بود ولی اثر متقابل کاربرد این دو کود بر این صفت معنی دار نشد (جدول ۲). اما در بررسی مقایسه میانگین اثرات متقابل کاربرد این کودها از نظر تعداد دانه در غلاف، مشخص شد که تیمار محلول پاشی سولفات روی به میزان ۱۵ کیلوگرم در هکتار و پنج کیلو گرم در هکتار اسید بوریک، با ۳۳/۰۴ دانه در غلاف اختلاف معنی داری با تیمار شاهد داشت ($p < 0.05$). همچنین کمترین تعداد دانه در غلاف، مربوط به تیمار محلول پاشی پنج کیلوگرم در هکتار سولفات روی و بدون محلول پاشی اسید بوریک با ۲۰/۶۷ دانه در غلاف بود (جدول ۳). افزایش تعداد دانه در غلاف با محلول پاشی کودهای سولفات روی و اسید بوریک در این آزمایش با نتایج تحقیقات مرشدی (۱۳۷۹) که گزارش کرد دو بار محلول پاشی روی (از منبع اکسید روی) و به میزان ۲/۴ کیلوگرم روی در هکتار بر روی بوته‌های کلزا (رقم طلائی) تعداد دانه در غلاف را افزایش داد و مرادی تلاوت و همکاران (۱۳۸۶) که گزارش کردند، کاربرد ۱۰ کیلوگرم بور در هکتار، باعث افزایش تعداد دانه در غلاف شد، مطابقت دارد.

در توضیح باید گفت که پس از شکل گیری غلاف‌ها مرحله افزایش طول غلاف‌ها آغاز می‌شود. دوام این مرحله ۲۰۰ تا ۳۰۰ روز درجه است و غلاف‌ها در این مرحله هترتروف هستند یعنی برای رشد به مواد فتوسنتزی نیاز دارند. در این دوره حداکثر طول غلاف حاصل می‌شود و تعداد دانه تا حدود زیادی تعیین می‌شود (۸). مشخص شده است که بور با تأثیر بر میزان کلروفیل برگ‌ها و افزایش سنتز ایندول استیک اسید باعث تاخیر در پیری گیاه و در نتیجه طولانی شدن دوره فتوسنتز می‌شود. این امر باعث بهبود تولید کربوهیدرات‌ها و انتقال آن‌ها به غلاف‌ها و دانه‌های در حال رشد می‌شود. روی نیز اثر مطلوبی بر فعالیت‌های فتوسنتزی برگ‌ها دارد (۴۱). در نتیجه این دو عنصر می‌توانند در تامین مواد غذایی مورد نیاز برای غلاف‌های در حال رشد موثر باشند. متغیرهای اصلی در این مرحله عبارتند از شاخص سطح برگ در شروع این دوره که بر اساس نتایج این تحقیق، عناصر روی و بور در افزایش آن تأثیر مثبت دارند، تعداد گل در واحد سطح و دوام گلدهی که

بور در حفظ گلدهی و همچنین میزان تشعشع و دمای محیط در این دوره تأثیر زیادی دارد (۳۴).

تعداد غلاف در بوته

نتایج تجزیه واریانس نشان می‌دهد که اثرات اصلی کاربرد سطوح مختلف کود سولفات روی و کود اسید بوریک بر تعداد غلاف در بوته، در سطح یک درصد معنی دار بود اما اثرات متقابل این دو عامل بر این صفت معنی دار نشده بود (جدول ۲). با وجود آن که در جدول تجزیه واریانس اثرات متقابل این دو عامل معنی دار نشده بود ولی مقایسه میانگین اثرات متقابل کاربرد سطوح مختلف کود سولفات روی و اسید بوریک برای این صفت نشان داد که، تیمار محلول پاشی سولفات روی به میزان ۱۵ کیلوگرم در هکتار و محلول پاشی ۱۰ کیلوگرم در هکتار اسید بوریک، با میانگین ۱۴۳/۹، بیشترین تعداد غلاف در بوته را داشت و نسبت به سایر تیمارها برتری داشت ($p < 0.05$). در این میان تیمار شاهد با تعداد ۹۳/۸۳، کمترین تعداد غلاف در بوته را داشت (جدول ۳).

مرشدی و نقیبی (۱۳۸۳) با انجام آزمایش‌هایی بر روی کلزا نشان دادند که محلول پاشی روی باعث افزایش تعداد غلاف در بوته شد. ناتال و همکاران (۱۹۸۷) نیز گزارش کردند که بور باعث کاهش تعداد گلچه‌های عقیم و بهبود توسعه غلاف‌ها در گیاهان کانولا می‌شود. تحقیقات رینبوت و بلوینس (۱۹۹۵) نشان داد که افزودن ۲/۸ کیلوگرم در هکتار بور به خاک، باعث افزایش تعداد غلاف در شاخه‌های لوبیا شد. گالاری و همکاران (۲۰۰۷) نیز با تحقیق بر روی کلزا ثابت کردند که مصرف نه کیلوگرم در هکتار سولفات روی باعث افزایش تعداد غلاف در بوته شد.

در بیان علت این امر می‌توان گفت که در کتان روی باعث انتقال بهتر مواد فتوسنتزی می‌شود و مستقیماً وزن قوزه‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهد. علاوه بر این روی از عناصر مورد نیاز در سنتز تریپتوفان است و پیش ماده مورد نیاز برای تولید ایندول ۳-استیک اسید می‌باشد (۳۳). این هورمون عامل اصلی جلوگیری از ریزش قوزه‌ها در کتان است. بنابراین در اثر کاربرد روی تعداد قوزه‌های باقی مانده در گیاه افزایش می‌یابد. می‌توان همین نقش را نیز برای روی در جلوگیری از ریزش غلاف‌ها در کلزا در نظر گرفت. رضایی و ملکوتی (۲۰۰۱) نیز بیان کردند که کاهش در میزان ریزش قوزه‌ها به علت کاربرد روی شاید به

وجود می‌آورد، احتمال تبدیل گل به غلاف را نیز کاهش می‌دهد (۸). از طرفی یکی دیگر از دلایلی که باعث از دست رفتن غلاف‌های بالقوه در گیاه می‌شود، گرده افشانی ضعیف می‌باشد (۸). بر اساس نتایج تحقیقات، شکل گیری اندام‌های جنسی نر و ماده و فرایند گرده افشانی بر اثر کمبود روی، مختل می‌شوند. آنها این امر را به کاهش تولید ایندول استیک اسید (IAA) نسبت می‌دهند (۱۹).

علت نقش روی در سنتز کربوهیدرات‌ها و جابجایی آنها در گیاه باشد. بور نیز باعث تولید بیشتر کلروفیل و IAA و در نتیجه تاخیر در پیری گیاه و در نتیجه طولانی شدن دوره فتوسنتز می‌شود. در نتیجه رقابت بین غلاف‌های در حال شکل گیری برای دسترسی به مواد غذایی کاهش می‌یابد زیرا تنش آب یا کمبود عناصر غذایی علاوه بر این که در گلدھی اختلال به

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس میانگین مربعات صفات مورد مطالعه در آزمایش تأثیر کاربرد عناصر ریزمغذی (روی و بور) بر عملکرد کمی و کیفی کلزا

میانگین مربعات									
منبع تغییرات	درجه آزادی	روغن دانه	ارتفاع بوته	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	پروتئین دانه	عملکرد زیستی	دانه در غلاف	غلاف در بوته
بلوک	۲	۱/۲۰۲	۳۶۳/۶۱۰	۰/۰۰۹	۳۹۱۶۵۰/۵۲۱*	۲/۹۳۳	۵۱۳۳۱۴۶/۵۸۳*	۱۹/۰۸۰	۴/۷۳۵
روی	۳	۲۲/۹۰۳**	۴۸۹/۶۶۵*	۰/۰۰۲ ^{ns}	۷۳۴۷۶۲/۵۰۰**	۲۲/۸۸۳**	۵۲۱۹۵۷۸/۳۰۶*	۸۰/۱۷۰**	۲۴۰۹/۹۷۴**
بور	۳	۱۴/۷۹۴*	۳۴۴/۵۲۳ ^{ns}	۰/۰۰۱ ^{ns}	۵۸۷۶۵۸/۳۳۳**	۶/۹۱۶*	۶۹۲۷۰۸۷/۰۲۸**	۸۲/۳۱۸**	۷۷۹/۲۷۱**
روی*بور	۹	۲/۴۰۴ ^{ns}	۲۳۸/۰۰۳ ^{ns}	۰/۰۰۲ ^{ns}	۲۷۴۰۵/۰۹۳ ^{ns}	۱/۳۲۸ ^{ns}	۵۰۹۹۶۱/۱۷۶ ^{ns}	۴/۷۴۹ ^{ns}	۳۲/۱۸۳ ^{ns}
خطا	۳۰	۴/۹۱۷	۱۲۱/۴۷۹	۰/۰۰۵	۱۰۴۹۹۱/۰۷۶	۱/۵۴۹	۱۲۶۵۰۸۰/۶۷۲	۷/۰۹۱	۱۰۶/۹۰۵
کل	۴۷								
C.V (%)		۵/۳۶	۱۰/۵۹	۲/۱۶	۹/۳۸	۵/۵۴	۵/۶۲	۱۰/۰۹	۸/۵۵

جدول ۳- مقایسه میانگین تیمارها برای صفات مورد مطالعه به روش دانکن (p < ۰/۰۵)

تیمارها	درصد پروتئین بذر	عملکرد زیستی Kg/ha	درصد روغن بذر	ارتفاع بوته (cm)	وزن هزار دانه (gr)	عملکرد دانه (Kg/ha)	تعداد دانه در غلاف	تعداد غلاف در بوته
Zn ₁ B ₁	۱۹/۹۹ ^f	۱۹۱۵۰ ^{cd}	۳۸/۲۰ ^d	۹۶/۶۶ ^{cd}	۳/۳۲۷ ^a	۲۸۸۳ ^k	۲۳/۱۳ ^{de}	۹۳/۸۳ ^g
Zn ₁ B ₂	۲۲/۷۱ ^{bcd}	۲۰۱۹۰ ^{abcd}	۴۰/۶۴ ^{abcd}	۹۰/۸۳ ^d	۳/۳۶۷ ^a	۳۲۱۵ ^{hij}	۲۴/۹۳ ^{cde}	۱۰۷/۴ ^{defg}
Zn ₁ B ₃	۲۰/۷۳ ^{ef}	۱۹۹۸۰ ^{abcd}	۴۰/۷۶ ^{abcd}	۱۰۱/۷ ^{bcd}	۳/۳۵۳ ^a	۳۵۱۳ ^{def}	۲۵/۸۸ ^{bcd}	۱۰۷/۶ ^{defg}
Zn ₁ B ₄	۲۰/۸۰ ^{ef}	۱۹۴۸۰ ^{bcd}	۳۸/۶۱ ^{cd}	۹۶/۱۹ ^{cd}	۳/۳۴۷ ^a	۳۱۲۷ ^{ij}	۲۳/۵۰ ^{de}	۹۹/۳۱ ^{fg}
Zn ₂ B ₁	۲۰/۸۳ ^{ef}	۱۸۳۷۰ ^d	۴۰/۲۱ ^{bcd}	۱۰۰/۷ ^{bcd}	۳/۳۸۷ ^a	۳۰۶۰ ^{jk}	۲۰/۶۷ ^c	۱۰۳/۸ ^{efg}
Zn ₂ B ₂	۲۱/۸۳ ^{cdef}	۱۹۲۹۰ ^{bcd}	۴۱/۴۶ ^{abcd}	۹۷/۶۴ ^{cd}	۳/۳۵۳ ^a	۳۴۲۸ ^{efgh}	۲۶/۰۴ ^{bcd}	۱۲۳/۸ ^{bcd}
Zn ₂ B ₃	۲۱/۷۳ ^{def}	۲۰۱۱۰ ^{abcd}	۴۱/۷۸ ^{abcd}	۱۰۱/۹ ^{bcd}	۳/۳۱۷ ^a	۳۷۳۰ ^{bcd}	۲۶/۱۳ ^{abcd}	۱۲۹/۷ ^{abc}
Zn ₂ B ₄	۲۱/۸۳ ^{cdef}	۱۹۱۳۰ ^{cd}	۴۰/۹۹ ^{abcd}	۱۰۸/۸ ^{abcd}	۳/۳۲۳ ^a	۳۲۲۳ ^{ghij}	۲۲/۹۸ ^{de}	۱۲۰/۳ ^{bcd}
Zn ₃ B ₁	۲۲/۸۰ ^{abcde}	۱۹۴۲۰ ^{bcd}	۴۱/۰۵ ^{abcd}	۱۰۵/۳ ^{abcd}	۳/۴۰۳ ^a	۳۳۲۳ ^{efghi}	۲۴/۶۳ ^{de}	۱۱۵/۴ ^{cdef}
Zn ₃ B ₂	۲۴/۱۹ ^{abc}	۲۱۰۶۰ ^{abc}	۴۲/۵۵ ^{abcd}	۱۰۵/۹ ^{abcd}	۳/۳۲۷ ^a	۳۴۹۳ ^{ef}	۳۲/۰۷ ^a	۱۳۱/۳ ^{abc}
Zn ₃ B ₃	۲۴/۲۸ ^{ab}	۲۱۰۵۰ ^{abc}	۴۲/۹۱ ^{abc}	۱۲۳/۶ ^a	۳/۳۷۷ ^a	۳۶۴۰ ^{cde}	۲۹/۸۴ ^{abc}	۱۳۶/۶ ^{ab}
Zn ₃ B ₄	۲۲/۱۶ ^{bcdef}	۲۰۶۸۰ ^{abc}	۴۳/۴۵ ^{ab}	۹۰/۶۹ ^d	۳/۳۷۷ ^a	۳۵۵۷ ^{cde}	۲۶/۴۳ ^{bcd}	۱۲۴/۶ ^{abcd}
Zn ₄ B ₁	۲۳ ^{abcde}	۱۹۰۸۰ ^{cd}	۴۰/۸۰ ^{abcd}	۱۲۰/۵ ^{ab}	۳/۳۸۰ ^a	۳۴۴۳ ^{efg}	۲۵/۸۹ ^{bcd}	۱۳۰ ^{abc}
Zn ₄ B ₂	۲۴/۲۸ ^{ab}	۲۱۷۰۰ ^a	۴۳ ^{ab}	۱۱۶/۳ ^{abc}	۳/۳۷۳ ^a	۳۹۲۳ ^{ab}	۳۳/۰۴ ^a	۱۳۶/۴ ^{ab}
Zn ₄ B ₃	۲۵/۱۳ ^a	۲۱۴۰۰ ^{ab}	۴۵/۰۱ ^a	۱۱۴/۷ ^{abc}	۳/۳۶۳ ^a	۳۹۵۷ ^a	۳۰/۷۷ ^{ab}	۱۴۳/۹ ^a
Zn ₄ B ₄	۲۳/۲۶ ^{abcd}	۲۰۰۴۰ ^{abcd}	۴۰/۸۷ ^{abcd}	۹۴/۷۷ ^{cd}	۳/۳۶۰ ^a	۳۷۶۰ ^{abc}	۲۶/۱۳ ^{bcd}	۱۳۰/۹ ^{abc}

میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک باشند، از نظر آماری اختلاف غیر معنی‌داری دارند

Zn₁: بدون مصرف سولفات روی Zn₂: ۵ کیلوگرم سولفات روی در هکتار Zn₃: ۱۰ کیلوگرم سولفات روی در هکتار Zn₄: ۱۵ کیلوگرم سولفات روی در هکتار
B₁: بدون مصرف اسید بوریک B₂: ۵ کیلوگرم اسید بوریک در هکتار B₃: ۱۰ کیلوگرم اسید بوریک در هکتار B₄: ۱۵ کیلوگرم اسید بوریک در هکتار

عملکرد زیستی

نتایج نشان داد که اثر اصلی کاربرد سطوح مختلف کود سولفات روی بر عملکرد زیستی در سطح پنج درصد معنی دار بود (جدول ۲). همچنین اثر اصلی کاربرد سطوح مختلف کود اسید بوریک بر این صفت در سطح یک درصد معنی دار بود. در این آزمایش اثر متقابل کاربرد این دو کود بر عملکرد زیستی معنی دار نشد (جدول ۲). با این وجود مقایسه میانگین اثرات متقابل کاربرد سطوح مختلف کود سولفات روی و اسید بوریک از نظر عملکرد زیستی، نشان داد که بیشترین عملکرد بیولوژیکی معادل ۲۱۷۰۰ کیلوگرم در هکتار مربوط به تیمار محلول پاشی ۱۵ کیلوگرم در هکتار سولفات روی و پنج کیلوگرم در هکتار اسید بوریک بود و نسبت به سایر تیمارها برتری داشت ($p < 0.05$). در این آزمایش کمترین میزان ماده خشک تولیدی مربوط به تیمار محلول پاشی پنج کیلوگرم در هکتار سولفات روی و بدون مصرف اسید بوریک با میانگین ۱۸۳۷۰ کیلوگرم در هکتار ماده خشک تولیدی بود (جدول ۳).

افزایش ماده خشک در اثر کاربرد عنصر روی، می تواند به علت افزایش بیوستنز اکسین (۳۹) افزایش غلظت کلروفیل، افزایش فعالیت فسفو انول پیرووات کربوکسیلاز و ریبولوز بی فسفات کربوکسیلاز، کاهش تجمع سدیم در بافت های گیاهی و افزایش کارایی جذب نیتروژن و فسفر در حضور عنصر روی باشد (۵). بور نیز نقش کلیدی در انتقال آب و مواد غذایی از ریشه به اندام های هوایی بازی می کند همچنین کاربرد بور به طرز بسیار معنی داری باعث افزایش سطح برگ، محتوی کلروفیل و شدت فتوستنز در برگ ها و در نتیجه افزایش تجمع ماده خشک در گیاه می شود (۳۰). لیانگ و شن (۱۹۹۴) نشان دادند که در کلزا عملکرد ماده خشک در محلول هایی که حاوی ۰/۲۵ (کمبود) و ۵ (سمیت) میکرو گرم در میلی لیتر بور بودند، کمتر از گیاهانی بود که در محلول حاوی ۰/۵ میکرو گرم در میلی لیتر بور رشد کرده بودند. ضیائیان و رجایی (۲۰۰۹) نشان دادند که کاربرد روی و بور به صورت معنی داری باعث افزایش عملکرد زیستی در ذرت گردید. میزان روغن بذر: همان گونه که در جدول (۲) نشان داده شده است اثر اصلی کاربرد سطوح مختلف کود سولفات روی بر میزان روغن در بذور، در سطح یک درصد اختلاف معنی دار بود. از طرفی اثر اصلی کاربرد سطوح مختلف کود اسید بوریک بر این صفت در سطح پنج درصد معنی دار بود با این حال اثرات متقابل کاربرد این کودها بر میزان روغن

بذور از لحاظ آماری معنی دار نبود. اما با مقایسه میانگین اثرات متقابل این دو کود بر میزان روغن بذور و به روش دانکن، مشخص شد که تیمار محلول پاشی ۱۵ کیلوگرم در هکتار سولفات روی و ۱۰ کیلوگرم در هکتار اسید بوریک با میانگین ۴۵/۰۱ درصد، بیشترین میزان روغن در بذور را داشت و از این نظر اختلاف معنی داری با تیمار شاهد داشت ($p < 0.05$). در این آزمایش کمترین میزان روغن در بذور به میزان ۳۸/۲۰ درصد، مربوط به تیمار شاهد بود (جدول ۳). در بیان نقش روی در افزایش میزان روغن بذور باید عنوان کرد که، کمبود روی شاید باعث جلوگیری از فعالیت تعدادی از آنزیم های آنتی اکسیدان شود که منجر به خسارات شدید و گسترده به غشاهای لیپیدی می شود و در نتیجه کمبود این عنصر باعث کاهش میزان روغن بذور می شود، اما در حضور این عنصر به دلیل بهبود فعالیت غشاهای لیپیدی میزان روغن بذور افزایش می یابد (۲۳). از طرفی ناسف و همکاران (۲۰۰۶) نیز گزارش کردند که کاربرد بور باعث افزایش توام میزان روغن و پروتئین در بادام زمینی شد. آنها در توضیح این مطلب عنوان کردند که تأثیر محلول پاشی بور ممکن است به نقش این عنصر در واکنش های متابولیکی اساسی مربوط باشد. همچنین بور در تعدادی از مسیرهای متابولیکی مثل انتقال قند، تعرق، متابولیسم کربوهیدرات ها، RNA, IAA و فنول نقش دارد. مرشدی و نقیعی (۱۳۸۳) و قاضیان تفریسی (۱۳۸۳) نشان دادند که اثر اصلی مصرف روی در کلزا باعث افزایش معنی دار درصد روغن بذرها شد. گالاوی و همکاران (۲۰۰۷) عنوان کردند که در کلزا محلول پاشی نه کیلوگرم در هکتار سولفات روی باعث افزایش محتوی روغن بذور شد. همچنین بالاترین درصد روغن و پروتئین در دانه های بادام زمینی با محلول پاشی ۳۰۰ ppm بور به دست آمد (۳۰).

میزان پروتئین بذر

نتایج به دست آمده از این آزمایش نشان داد که اثر اصلی کاربرد سطوح مختلف کود سولفات روی بر میزان پروتئین در بذر، در سطح یک درصد معنی دار بود. همچنین اثر اصلی کاربرد سطوح مختلف کود اسید بوریک بر این صفت در سطح پنج درصد معنی دار بود اما اثرات متقابل کاربرد این دو کود بر میزان پروتئین بذور معنی دار نبود (جدول ۲). با این حال با مقایسه میانگین اثرات متقابل کاربرد سطوح مختلف کود سولفات روی و اسید بوریک بر این صفت، مشخص شد که

مربوط به تیمار محلول پاشی ۱۰ کیلوگرم در هکتار سولفات روی و ۱۵ کیلوگرم در هکتار اسید بوریک با میانگین ۹۰/۶۹ سانتی متر بود (جدول ۳). قاضیان تفریسی (۱۳۸۳) نیز در تحقیقات خود ثابت کرد که اثر اصلی مصرف روی در کلزا بر ارتفاع بوته معنی دار بود.

شاخص‌های رشد

به روش‌هایی که رشد را از دیدگاه کمی ارزیابی می‌کنند، تجزیه و تحلیل رشد گفته می‌شود. این روش‌ها جهت توجیه و تفسیر واکنش گیاه نسبت به شرایط محیطی کاربرد دارند و شناخت بهتری را از انتقال مواد فتوسنتزی در گیاه نشان می‌دهند (۱۱). شاخص‌های رشد که در این پژوهش مورد بررسی قرار گرفته اند عبارتند از: تولید ماده خشک طی دوره رشد، شاخص سطح برگ (LAI)، سرعت رشد محصول (CGR)، سرعت رشد نسبی (RGR) و سرعت آسیمیلایون خالص (NAR).

شاخص سطح برگ (LAI)

شاخص سطح برگ (LAI) در کلزا بین ۲/۵ تا ۵ متغیر است. حداکثر شاخص سطح برگ در کلزا در اوایل گلدهی ایجاد می‌شود و پس از آن شاخص سطح برگ کاهش می‌یابد (۳). همان گونه که در شکل (۱) نیز مشاهده می‌شود کاربرد عناصر روی و بور باعث افزایش در شاخص سطح برگ در مقایسه با تیمار شاهد شده است که با توجه به نقش این عناصر در تامین مواد غذایی برای گیاه و نیز سنتز کلروفیل در برگ‌ها قابل توجیه می‌باشد. از طرفی روند صعودی شکل از ۱۵۰ روز پس از کاشت آغاز می‌شود که مصادف با آغاز رشد مجدد گیاه پس از مرحله روزت و زمستان گذرانی می‌باشد. بیشترین میزان سطح برگ نیز در ۱۹۰ روز پس از کاشت مشاهده شد که مصادف با مرحله گلدهی در گیاه بود. در این آزمایش از ۲۰۰ روز پس از کاشت روند نزولی شاخص سطح برگ در شکل (۱) مشاهده می‌شود که به علت ریزش برگ‌ها در اواخر دوره رشد گیاه می‌باشد.

تیمار محلول پاشی ۱۵ کیلوگرم در هکتار سولفات روی و ۱۰ کیلوگرم در هکتار اسید بوریک با میانگین ۲۵/۱۲ درصد، بیشترین میزان پروتئین در بذور را دارد ($p < 0/05$). در این آزمایش کمترین میزان پروتئین در بذور به میزان ۱۹/۹۹ درصد، مربوط به تیمار شاهد بود (جدول ۳). در بیان علت افزایش در محتوی پروتئین بذور با کاربرد عناصر ریز مغذی روی و بور باید گفت که روی به طور مستقیم در هر دو پروسه بیان ژن و سنتز پروتئین نقش دارد. محققان به این نتیجه رسیدند که شاید کمبود روی باعث جلوگیری از فعالیت تعدادی از آنزیم‌های آنتی اکسیدان می‌شود که در نتیجه باعث صدمات اکسیداتیو به مولکول‌های پروتئین، کلروفیل و اسیدهای نوکلئیک می‌شود (۲۳). از طرفی روی یکی از اجزاء اصلی در ساختار RNA پلی مرز است و در صورت نبود روی این آنزیم غیر فعال می‌شود، در نتیجه باعث کاهش میزان RNA می‌شود، این عنصر همچنین از اجزاء اصلی سازنده ریبوزوم است و برای حفظ ساختار آن مورد نیاز است. کاهش در محتوی پروتئین در اثر کمبود روی در گیاه به علت کاهش میزان RNA در گیاه است (۲۷). تاثیر محلول پاشی بور ممکن است به نقش این عنصر در واکنش‌های متابولیکی اساسی و تسریع در سنتز پروتئین مربوط باشد. از طرفی بور در سنتز یکی از بازهای سازنده RNA (اوراسیل) نقش دارد (۱۷). مرشدی (۱۳۷۹) نشان داد که دو بار محلول پاشی روی به میزان ۲/۴ کیلوگرم در هکتار بر روی بوته‌های کلزا باعث افزایش در میزان پروتئین بذور شد. ناسف و همکاران (۲۰۰۶) نیز نشان دادند که در بادام زمینی محلول پاشی بور باعث افزایش محتوی پروتئین در بذرها شد.

ارتفاع بوته

نتایج به دست آمده از این آزمایش نشان داد که اثر اصلی کاربرد سطوح مختلف کود سولفات روی بر ارتفاع بوته در سطح پنج درصد معنی دار بود ولی اثر اصلی کاربرد سطوح مختلف کود اسید بوریک از این نظر معنی دار نشد، همچنین اثرات متقابل کاربرد این دو کود بر این نیز معنی دار نشد (جدول ۲). ولی در مقایسه میانگین اثرات متقابل کاربرد دو کود برای این صفت و به روش دانکن، نتایج آزمایش نشان داد که تیمار محلول پاشی ۱۰ کیلوگرم در هکتار سولفات روی و ۱۰ کیلوگرم در هکتار اسید بوریک با میانگین ارتفاع ۱۲۳/۶ سانتی متر اختلاف معنی داری با تیمار شاهد داشت و نسبت به سایر تیمارها برتری داشت ($p < 0/05$). در این آزمایش کمترین میانگین

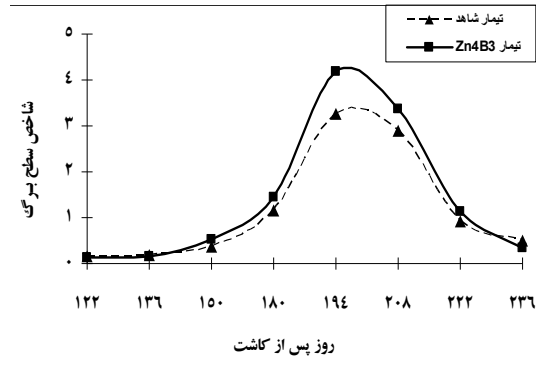
است، لذا ماده خشک تولیدی کم است. این مرحله تا ۱۵۰ روز پس از کاشت ادامه یافت (شکل ۲).

مرحله دوم: مرحله رشد سریع است که به سبب کامل شدن سایه انداز گیاه و در جذب نور بهتر و بیشتر، وزن خشک گیاه افزایش می‌یابد. روند تولید ماده خشک در طی دوره رشد نشان می‌دهد که این مرحله از ۱۵۰ روز پس از کاشت شروع شده و تا ۵۸ روز بعد از آن ادامه یافت (شکل ۲).

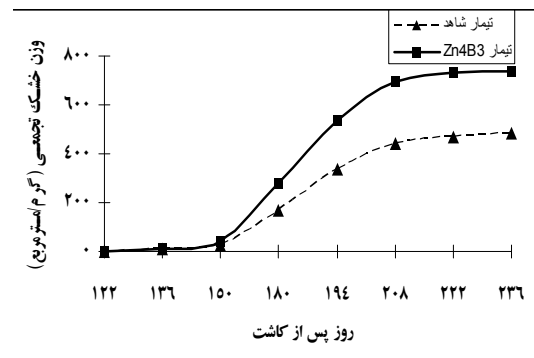
مرحله سوم: در این مرحله همزمان با انتقال مواد از اندام‌ها به دانه‌ها، به علت اشباع نوری برگ‌های جامعه گیاهی، تجمع ماده خشک در گیاه ثابت شده است (۱۱). مرحله سوم از ۲۰۸ روز پس از کاشت شروع شد و تا پایان دوره رشد کلزا ادامه یافت (شکل ۲). به طور کلی می‌توان گفت که در کلیه تیمارها سرعت تجمع ماده خشک در اوایل فصل رشد به طور آرام و تدریجی بود ولی با گذشت زمان و مصرف کود بر اثر گسترش پوشش گیاهی و افزایش سطح برگ، میزان فتوسنتز پوشش گیاهی افزایش یافت و به شیب منحنی تجمع ماده خشک شدت بیشتری گرفته و به نقطه اوج رسید، سپس ثابت شد. همانگونه که در شکل (۲) نیز مشخص است کاربرد عناصر روی و بور بر روند تولید ماده خشک در گیاه تأثیر داشتند. مرادی تلاوت و فتحی (۱۳۸۶) نشان دادند که در کلزا مصرف بور باعث افزایش وزن خشک ریشه و اندام‌های هوایی شد. تالوت و همکاران (۱۹۸۹) گزارش کردند که محلول پاشی بور باعث افزایش تجمع ماده خشک در گندم شد. برنان (۲۰۰۱) نیز با تحقیق بر روی گندم نشان دادند که مصرف روی باعث افزایش عملکرد ماده خشک شد.

سرعت رشد محصول (CGR)

سرعت رشد محصول از شاخص‌هایی است که با عملکرد گیاهان زراعی همبستگی بالایی نشان می‌دهد (۳۱) و (۳۸). در این تحقیق روند کلی تغییرات سرعت رشد محصول مشابه روند معمول در سایر گیاهان زراعی بود. مقدار سرعت رشد محصول در اوایل رشد، به دلیل کافی نبودن پوشش گیاهی، پایین بودن درصد جذب نور، کوتاه بودن طول روزها و دمای نسبتاً پایین هوا (اواخر پاییز و زمستان)، از میزان سرعت رشد محصول (CGR) کمتری برخوردار بود (شکل ۳). از ۱۵۰ روز پس از کاشت، با خروج گیاه از مرحله روزت و افزایش سطح برگ و در نتیجه بهره‌گیری بهتر از تشعشعات خورشیدی، میزان تولید



شکل ۱- شاخص سطح برگ در تیمار شاهد و تیمار Zn4B3 (سولفات روی به میزان ۱۵ کیلوگرم در هکتار و اسید بوریک به میزان ۱۰ کیلوگرم در هکتار) در آزمایش تأثیر کاربرد عناصر (روی و بور) بر عملکرد کمی، کیفی و خصوصیات رشد کلزای پاییزه



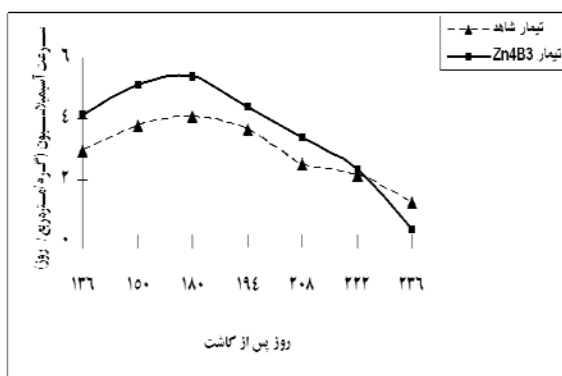
شکل ۲- روند تولید ماده خشک در طی دوره رشد در تیمار شاهد و تیمار Zn4B3 (سولفات روی به میزان ۱۵ کیلوگرم در هکتار و اسید بوریک به میزان ۱۰ کیلوگرم در هکتار) در آزمایش تأثیر کاربرد عناصر ریز مغذی (روی و بُر) بر عملکرد کمی، کیفی و خصوصیات رشد کلزای پاییزه در توصیف دلیل افزایش شاخص سطح برگ در اثر کاربرد عنصر بور باید گفت که که بور باعث تولید بیشتر کلروفیل در برگ‌های گیاه و در نتیجه افزایش سطح سبز برگ می‌شود (۴۰). از طرفی تأثیر مثبت روی بر افزایش شاخص سطح برگ به نقش آن در پروتئین سازی نسبت داده شده است (۲۲).

روند تولید ماده خشک در طی دوره رشد

بالا بودن عملکرد مشروط به تولید ماده خشک زیاد در واحد سطح می‌باشد. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که روند تجمع ماده خشک در طی دوره رشد در مراحل مختلف متفاوت است:

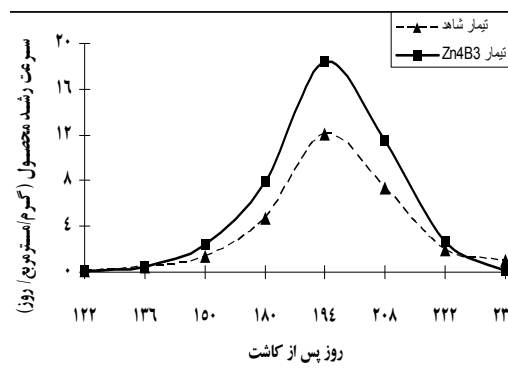
مرحله اول: مرحله رشد آهسته که چون گیاه هنوز در مرحله رشد بطنی است، شاخ و برگ چندانی تولید نمی‌کند و سایه انداز گیاه (کانوپی) به طور کامل تشکیل نشده

که شباهت خیلی زیادی به CGR دارد (۱۱). این شاخص از تقسیم سرعت رشد گیاه بر شاخص سطح برگ برای هر تیمار در هر بار نمونه برداری محاسبه گردید. چنانچه در شکل (۴) مشاهده می‌شود در اوایل رشد بوته‌ها، سرعت جذب خالص به دلیل آن که تمام سطح برگ در معرض نور خورشید بوده و فعالانه فتوسنتز می‌کنند، در حداکثر مقدار خود بوده و به تدریج با گذشت زمان با تشکیل سایه‌انداز گیاه و همپوشانی برگ‌ها، روند کاهش نشان می‌دهد. حداکثر سرعت جذب خالص NAR در فاصله ۱۵۰ تا ۱۸۰ روز پس از کشت می‌باشد. از آن جایی که سرعت جذب خالص NAR تابع مستقیم سرعت رشد محصول CGR است بنابراین با توجه به این‌که بالاترین میزان سرعت رشد محصول CGR از تیمار محلول پاشی سولفات روی به میزان ۱۵ کیلوگرم در هکتار و اسید بوریک به میزان ۱۰ کیلوگرم در هکتار حاصل شد، می‌توان انتظار داشت که حداکثر سرعت جذب خالص NAR نیز از همین تیمار به دست آید که با تیمار شاهد داشت. ۱۸۰ تا ۱۹۰ روز پس از کاشت مقدار جذب خالص روند نزولی پیدا کرد (شکل ۴). این موضوع عمدتاً ناشی از افزایش شاخص سطح برگ‌ها و افزایش تعداد برگ‌ها در بوته‌های کلزا و در نتیجه زیاد شدن سایه‌اندازی بین آن‌ها است از طرفی می‌توان گفت که با مسن شدن برگ‌ها و کاهش ظرفیت تولید مواد پرورده، تخریب تدریجی کلروفیل و کاهش غلظت آن در سطح برگ و همچنین افزایش تنفس در مقایسه با فتوسنتز در اثر نزدیک شدن به مرحله رسیدگی فیزیولوژیک نمودار روند نزولی پیدا کرد (۲).



شکل ۴- روند سرعت آسیمیلاسیون خالص در طی دوره رشد در تیمار شاهد و تیمار Zn4B3 (سولفات روی به میزان ۱۵ کیلوگرم در هکتار و اسید بوریک به میزان ۱۰ کیلوگرم در هکتار) در آزمایش تأثیر کاربرد عناصر ریزمغذی (روی و بُر) بر عملکرد کمی، کیفی و خصوصیات رشد کلزای پاییزه

ماده خشک در واحد سطح افزایش یافت و به تبع آن سرعت رشد گیاه نیز روند افزایشی یافت و در فاصله بین ۱۹۰ تا ۲۰۰ روز پس از کاشت به حداکثر رسیده است (شکل ۳). در این زمان گیاه حداکثر شاخص سطح برگ را نیز دارا بوده است. از ۲۰۰ روز پس از کاشت نیز بر اثر سایه‌اندازی اندام‌های فوقانی بر روی برگ‌ها، پیری و ریزش برگ‌ها و کاهش قدرت فتوسنتزی گیاه، سرعت رشد گیاه به سرعت کاهش یافت. بر اساس یافته‌های این تحقیق، مرحله گلدهی به دلیل سرعت رشد بیشتر، از حساسیت بیشتری برخوردار بوده و لذا جهت دستیابی به محصول بهتر و بیشتر بایستی در این مرحله به فعالیت‌های به زراعی به ویژه تأمین کافی مواد غذایی توجه بیشتری گردد. بین سرعت رشد گیاه و میزان تشعشعات جذب شده توسط برگ‌های یک گیاه رابطه مستقیم وجود دارد، به طوری که در ابتدای فصل رشد به دلیل کم بودن سطح دریافت کننده تشعشعات (برگ‌ها)، میزان دریافت نور کم است، در نتیجه ماده خشک کمتری تولید شده و سرعت رشد گیاه CGR هم پایین است، اما با رشد سریع گیاه و افزایش سطح برگ، جذب تشعشعات افزایش پیدا کرده و سرعت رشد گیاه CGR نیز افزایش می‌یابد (۲) از این رو با توجه به نقشی که عناصر روی و بور در افزایش سطح برگ دارند، طبیعی است که با محلول پاشی این عناصر سرعت رشد محصول نیز افزایش می‌یابد.



شکل ۳- روند سرعت رشد محصول در طی دوره رشد در تیمار شاهد و تیمار Zn4B3 (سولفات روی به میزان ۱۵ کیلوگرم در هکتار و اسید بوریک به میزان ۱۰ کیلوگرم در هکتار) در آزمایش تأثیر کاربرد عناصر ریزمغذی (روی و بُر) بر عملکرد کمی، کیفی و خصوصیات رشد کلزای پاییزه

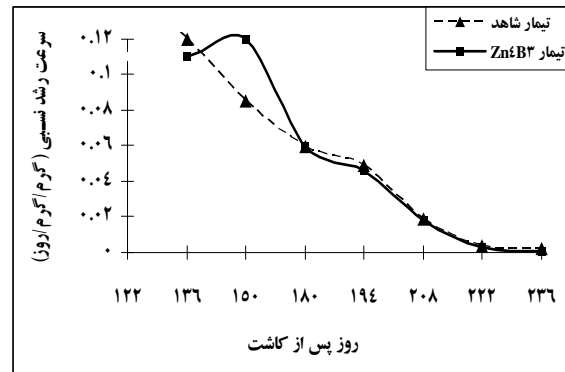
سرعت جذب خالص (NAR)

سرعت جذب خالص عبارت است از مقدار ماده خشک تولید شده در واحد سطح برگ در واحد زمان است

کامل تشعشع خورشید کافی نیست، افزایش در مقدار شاخص سطح برگ LAI تا حدی سبب افزایش در سرعت رشد نسبی گیاه می شود و از آن پس هر گونه افزایش در شاخص سطح برگ LAI نقشی در افزایش RGR نداشته و بر عکس سبب کاهش آن خواهد شد (۱۱).

نتیجه گیری

بر اساس نتایج حاصله در این پژوهش، گیاه کلزا به مصرف کودهای سولفات روی و اسید بوریک پاسخ مثبت نشان داد. به طوری که محلول پاشی ۱۵ کیلوگرم در هکتار سولفات روی و ده کیلوگرم در هکتار اسید بوریک، مناسب ترین میزان مصرف این دو عنصر به منظور نیل به اهداف کشاورزی پایدار و مصرف کمتری از کودهای شیمیایی و نیز رسیدن به عملکرد بهینه دانه و میزان روغن و پروتئین در کلزا می باشد. شاخص های رشد نظیر روند تولید ماده خشک در طی دوره رشد، شاخص سطح برگ، سرعت رشد گیاه، سرعت جذب خالص و سرعت رشد نسبی نسبت به کاربرد کودهای سولفات روی و اسید بوریک واکنش نشان دادند. در مناسب ترین تیمار کاربرد این دو عنصر به میزان پانزده کیلوگرم در هکتار سولفات روی و ده کیلوگرم در هکتار اسید بوریک، شاخص های رشد ذکر شده واکنش مثبت داشتند. با توجه به این که از ۱۹۰ تا ۲۰۰ روز پس از سبز شدن شاخص سطح برگ و سرعت رشد گیاه در حداکثر مقدار خود بودند، لذا برای کسب حداکثر عملکرد دانه و میزان روغن و پروتئین بذر کلزا، بایستی کلیه عملیاتی داشت در این محدوده زمانی به نحو احسن انجام شوند. با توجه به پایین بودن میزان روی و بور در خاک های آهکی کشور و واکنش این ترکیبات در خاک و عدم امکان جذب آن ها از طریق خاک، محلول پاشی کودهای محتوی روی و بور در اراضی خرم آباد به منظور رسیدن به عملکرد بالا مفید است. در این راستا تحقیقات بیشتر در سایر ارقام کلزا و گیاهان دیگر در شرایط اقلیمی و خاک های سایر مناطق کشور پیشنهاد می گردد.



شکل ۵- سرعت رشد نسبی در تیمار شاهد و تیمار Zn4B3 (سولفات روی به میزان ۱۵ کیلوگرم در هکتار و اسید بوریک به میزان ۱۰ کیلوگرم در هکتار) در آزمایش تأثیر کاربرد عناصر ریزمغذی (روی و بُر) بر عملکرد کمی، کیفی و خصوصیات رشد کلزای پاییزه

سرعت رشد نسبی (RGR)

سرعت رشد نسبی در طی فصل رشد، مشابه آنچه در سایر گیاهان زراعی معمول است، یک روند کلی کاهش یافته داشت (شکل ۵). در مراحل اولیه رشد به دلیل اینکه اکثر بافت های گیاه فتوسنتز کننده هستند، سرعت رشد نسبی بالا است، ولی با گذشت زمان و اضافه شدن بافت های ساختمانی که نقشی در تولید ندارند و همچنین به علت کاهش سرعت جذب خالص (NAR) و پیر شدن برگ ها، سرعت رشد نسبی RGR کاهش می یابد (۷). دلیل این کاهش، ریزش شدید برگ ها در انتهای فصل رشد و زمان رسیدگی گیاه می باشد. از طرفی کاهش شدیدتر سرعت رشد نسبی در اوایل فصل رشد نسبت به اواخر آن به دلیل قرار گرفتن برگ های پایینی در سایه می باشد. با افزایش سن گیاه سرعت رشد نسبی RGR کاهش پیدا می کند. این کاهش به آن دلیل است که قسمت های اضافه شده به گیاه بافت های ساختمانی هستند و بافت های فعال متابولیکی نیستند، به عبارت دیگر هیچ سهمی در رشد ندارند. افزایش مقدماتی در سرعت رشد نسبی RGR به این دلیل است که در مراحل اولیه رشد که تعداد و سطح برگ ها برای دریافت

منابع فارسی

- ۱- احمدی، م.ر. و ف. جاویدفر. ۱۳۷۷. تغذیه گیاه روغنی کلزا. شرکت سهامی خاص توسعه کشت دانه‌های روغنی، تهران. ۱۹۴ صفحه.
- ۲- اوزونی دوجی، ع.، م. اصفهانی، ح. سمیع زاده لاهیجی و م. ربیعی. ۱۳۸۶. اثر آرایش کاشت و تراکم بوته بر عملکرد و اجزاء عملکرد دانه دو رقم کلزای گلبرگدار و بدون گلبرگ. مجله علوم زراعی ایران، ۹(۱): ۷۶-۶۰.
- ۳- امیر مرادی، ش. ۱۳۷۸. اثرات تراکم کاشت بر عملکرد، اجزای عملکرد برخی از شاخصهای رشد ارقام کلزای پاییزه پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی دانشگاه گیلان، ۱۶۱ صفحه.
- ۴- جلیلی، ف. ۱۳۷۹. بررسی اثرات مصرف کود در عملکرد و درصد روغن دانه کلزا در کشت‌های پائیزه و بهاره در منطقه خوی. پایان نامه کارشناسی ارشد از دانشگاه تبریز، ۱۵۶ صفحه.
- ۴- خلیلی محله، ح. و م. رشدی. ۱۳۸۷. اثر محلول پاشی عناصر کم مصرف بر خصوصیات کمی و کیفی ذرت سیلویی ۷۰۴ در خوی. مجله نهال و بذر، جلد ۲۴ (۲): ۲۸۱-۲۹۳.
- ۶- خیاوی، م.، م. اسماعیلی و م. ب. خورشیدی بنام. ۱۳۸۶. برهمکنش روی و بور در عملکرد و کیفیت کلزا. مجموعه مقالات دهمین کنگره علوم خاک ایران، کرج. صفحات ۷۹۱-۷۹۲.
- ۷- صبوری، ب. ۱۳۸۶. تأثیر سطوح مختلف نیتروژن و تراکم بر عملکرد دانه و اسانس زیره سبز در خرم‌آباد. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه لرستان، ۱۲۶ صفحه.
- ۸- عزیزی، م.، ا. سلطانی و س. خوری خراسانی. ۱۳۸۵. کلزا، فیزیولوژی، زراعت، به نژادی و تکنولوژی زیستی (ترجمه). تالیف. دی کیمبر و مک گرگور. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ۲۳۰ صفحه.
- ۹- غیبی، م. ن. و م. ج. ملکوتی. ۱۳۸۳. راهنمایی تغذیه بهینه گندم. چاپ اول، انتشارات نشر آموزش کشاورزی، کرج، ۱۱۹ صفحه.
- ۱۰- قاضیان تفریسی، ش. ۱۳۸۳. بررسی اثر سطوح مختلف پتاسیم و روی بر عملکرد، اجزای عملکرد و کیفیت دانه ارقام مختلف کلزا پایان نامه کارشناسی ارشد از دانشگاه مازندران. شماره ۱، ۸۵۷ صفحه.
- ۱۱- کوچکی، ع. و غ. سرمندیا. ۱۳۸۴. فیزیولوژی گیاهان زراعی. تالیف. گاردنر، پی یرس و میشل. چاپ دوازدهم، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، مشهد، ۴۰۰ صفحه.
- ۱۲- مرادی تلاوت، م. ر.، س. ع. سیادت، ح. نادیان و ق. فتحی. ۱۳۸۶. واکنش رشد و عملکرد کلزا به سطوح مختلف نیتروژن و بور در منطقه اهواز. مجموعه مقالات دهمین کنگره علوم خاک ایران، کرج. صفحات ۴۶۶ تا ۴۶۷.
- ۱۳- مرشدی، آ. ۱۳۷۹. تأثیر محلول پاشی آهن و روی بر عملکرد، خواص کیفی و غنی سازی دانه‌های کلزا در بردسیر کرمان. مجله خاک و آب، ویژه نامه کلزا، جلد ۱۲: ۶۸-۵۸.
- ۱۴- مرشدی، آ. و ح. نقیعی. ۱۳۸۳. بررسی تأثیر سطوح مختلف محلول پاشی مس و روی بر عملکرد و خواص کیفی دانه کلزا. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، سال ۱۱، شماره ۳: ۱۵-۲۲.
- ۱۵- محسنی، س. ح.، ا. قنبری، م. ر. رمضان پور و م. محسنی. ۱۳۸۵. بررسی تأثیر مقادیر و روش‌های مصرف سولفات روی و اسید بوریک بر عملکرد، کیفیت و جذب عناصر غذایی در دو رقم ذرت دانه ای. مجله علوم کشاورزی ایران، ۱-۳۷ (۱): ۳۸-۳۱.
- ۱۶- ملکوتی، م. ج. و م. م. تهرانی. ۱۳۷۸. نقش ریز مغذی‌ها در افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی. چاپ سوم، انتشارات دانشگاه تربیت مدرس. تهران، شماره ۸۹، ۳۹۸ صفحه.

- Agronomy and Plant Breeding, Zabol University, Zabol, Iran.
- 17- میرنیا، س. خ. و ف. حبیب زاده. ۱۳۸۶. راهنمای تغذیه گیاه (ترجمه). تالیف، جی بتون جونز. انتشارات تکرنگ. ۱۳۱ صفحه.
- منابع لاتین
- 25- Joshi, N. L., P. C. Mali and A. Sexena. 1998. Effect of nitrogen and sulphur application on yield and fatty acid composition of mustard (*Brassica juncea* L.) Oil. Journal agronomy and crop Science, 180: 59-63.
- 26- Liang, Y. and Shen, Z. 1994. Interaction of silicon and boron in oilseed rape plants. Journal of Plant Nutrition, 7(2/3): 415-425.
- 27- Lohry, R. 2007. Micronutrients: functions, sources and application methods. Indiana CCA Conference Proceedings.
- 28- Makhdam, M. I., F. Ahmadi and F. I. Chaudhry. 2002. Zinc and boron fertilizer requirement for cotton grown in a caloric cambisols. Balochistan Journal of Agricultural Sciences, 3(2): 11-14, Abstract: 2004000336.
- 29- Mohammad, W., S.M. Shah., H. Nawas and M.M. Iqbal. 1999. Interactive effect of nitrogen, zinc and boron on yield and nutrient uptake by rapeseed. Pakistan Journal of Soil Science, 16(1-2): 111-114.
- 30- Nasef, M. A., N. M. Badran and A. F. Abd El-Hamide. 2006. Response of peanut to foliar spray with boron and/or rhizobium inoculation. Journal of Applied Sciences Research, 2(12): 1330-1337.
- 31- Nelson, J. E., K. D. Kephart, A. Bauer and G. F. Connor. 1992. Growth staging of wheat, barley and wild oat. American Cyanamid Company
- 32- Nuttall, W.F., H. Ukrainetz, J.W.B. Stewart and D.T. Spurr. 1987. The effect of nitrogen, sulfur and boron on yield and quality of rapeseed (*Brassica napus* L. and *Brassica campestris* L.). Can. Journal Soil Science, 67: 545-559.
- 33- Oosterhuis, D., K. Hake and C. Burmester. 1991. Foliar feeding cotton. Cotton Physiology, Today 2 (July): 1-7 Cotton Council of America.
- 34- Porter, P. M., 1993. Canola response to boron and nitrogen grown on the southeastern coastal plain. Journal of Plant Nutrient, 16(12): 2371-2381.
- 35- Rashid, A. and Ryan, J. 2004. Micronutrients constraints to crop production in soils with Mediterranean-type characteristics. A Review Journal of Plant Nutrition, 27(6): 959-975.
- 36- Reinbott, T. M. and Blevins, D.G. 1995. Response of soybean to foliar-applied boron
- 18- Alam, S. M. and Saboohi, R. 2001. Micronutrient fertilizer. Pakistan Journal of Biological Sciences, 4(11): 1446-1450.
- 19- Brennan, R. F. 2001. Residual value of zinc fertilizer for production of wheat. Australian Journal of Experimental Agriculture, 41: 541-547.
- 20- Brown, P. H., I. Cakmak and Q. Zhang. 1993. Form and function of zinc in plants. Page: 93-106. In: Robson, A. D. (Ed). Zinc in soil and plants. Kluwar Academic Publishers. Dordecht, the Netherlands.
- 21- Bybordy, A., B. Passeban Eslam and P. Zargaripour. 2007. The study effect of different amounts of sulfur and zinc on two oilseed rape cultivars. West Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research Center Tabriz (Iran). 22 P. Abstract: 26969.
- 22- Dhillon, K. S., S. K. Dhillon, B. Singh and B. D. Kansal. 1987. Effect of different levels of nitrogen on yield and chemical composition of spinach (*Spinacea oleracea* L.). Journal research Punjab agriculture, 24: 31-36.
- 23- Cakmak I. 2000. Possible roles of zinc in protecting plant cells from damage by reactive oxygen species. New Phytol, 146: 185-205.
- 24- Galavi, M., M. Heidari and M. zamani. 2007. Effects of zinc sulphate spray on quality, yield and yield components of rapeseed (*Brassica napus*). Faculty of and magnesium and soil-applied boron. Journal of Plant Nutrient, 18(1): 179-200
- 37- Rezaei, H. and M. J. Malakouti. 2001. Critical levels of iron, zinc and boron for cotton in varamin rigion. Journal Agriculture Science Technolgy, 3: 147-153.
- 38- Russel, M. P., W. W. Wilhelm, R. A. Olson and J. F. Power. 1984. Growth analysis based on degree days. Crop Science, 24:28-32.
- 39- Sharafi, S., M. Tajbakhsh, M. Majidi and A. Pourmirza. 2002. Effect of iron and zinc fertilizer on yield and yield components of two forage corn cultivars in Urmia. Soil and Water, 12: 85-94 (in Farsi).

- 40- Vitosh, M. L., D. D. Warnek and R. E. Lucas. 1997. Boron. Mishigan State University Extention Soil and Managemnt Fertilizer. Available on the <http://www.Msue.msu.EDV>.
- 41- Wang, N and J. K. Duan. 2006. Effects of variety and crude protein content on nutrients and anti-nutrients in lentil. Food chemistry, 95: 493-502.
- 42- Welch, R. M. 1995. Micronutrient nutrition of plants. CRC Crit. Rev, Plant Science, 14: 49-82.
- 43- Ziaeyan, A. H. and Rajaie, M. 2009. Combined effect of zinc and boron on yield and nutrients accumulation in corn. International Journal of Plant Production, 3(3): 35-44.
- 44- Zhang, L. 2001. Effects of foliar application of boron and dimilin on soybean yield. Experiment station, 22(16): 1-5.

The study of effect of zinc and boron foliar application on yield, yield components, seed oil and protein content and growth indices of rapeseed (*Brassica napus* L.) in Khorramabad climatic conditions

Kh. Azizi^{1,*}, A. Norouzian², S. Heydar¹, and M. Yaghubi²

1. Assistant Professor, Faculty of agriculture, Lorestan University
2. Ms student of faculty of agriculture, Lorestan University, Khorramabad

Received: 02/22/2010

Accepted: 12/13/2010

Abstract

In order to study the effects of micronutrients zinc (Zn) and boron (B) foliar application on seed yield, yield components, seed oil and protein content and growth indices of canola (*Brassica napus* cv okapi), a field experiment was conducted during 2008 growing season. The experiment was a factorial with sixteen treatments and three replications on the basis of a completely randomized block design (CRBD). Four levels (0, 5, 10 and 15 Kg.ha⁻¹) of zinc sulphate (22% Zn) at 1500 mg.L⁻¹ and four levels (0, 5, 10 and 15 Kg.ha⁻¹) of boric acid (17/5% B) at 3000 mg.L⁻¹ was applied. Sampling was carried out at the rosette stage and at the beginning of the vegetative growth to the end of the plant growth (every 14 day). Analysis of variance showed that the main effects of Zn and B on seed yield, pods/plant and seed/pod, total dry matter and seed oil and protein content was significant, however, just the main effect of Zn was significant on plant height (P<0.05). The effect of these elements on the weight of 1000 kernel was not significant. The seed maximum yield was equal to 3957 Kg.ha⁻¹ using 15 Kg.ha⁻¹ zinc sulphate and 10 Kg.ha⁻¹ boric acid. With the foliar application of Zn and B, crop growth rates (CGR), total dry matter (TDM) and leaf area index (LAI) were increased.

Keywords: Zinc sulphate, Boric acid, foliar application, Seed yield, Seed oil and protein content

* Corresponding author

E-mail: azizi_kh44@yahoo.com