دانشگاه آزاد اسلامی واحد ارسنجان

مجله علمی پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهی
سال دوازدهم، شماره چهل و دوم، ۱۳۹۹

بررسی اثرات تراکم بوته و کاربرد روی بر برخی ویژگی های زراعی ۶ رقم کلزای پاییزه

محمد آقامحمدرضا[۱]، فرزاد پاک نژاد[۲]، امیرحسین شیرانی راد[۳]، محمدرضا اردکانی[۱]، علی کاشانی[۱]

دریافت: ۹۷/۸/۳۰ پذیرش: ۹۸/٤/۱

چکیده

به منظور ارزیابی واکنش ارقام منتخب پاییزه کلزا به تراکم بوته و کاربرد روی، آزمایشی به صورت فاکتوریل اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار به مدت دو سال زراعی (۱۳۹٤-۱۳۹۳ و ۱۳۹۵-۱۳۹٤) در موسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج اجرا شد. در این آزمایش عامل تراکم بوته در سه سطح شامل: ٦۰،٤۰ و ۸۰ بوته در متر مربع و عامل روی شامل: محلول پاشی با آب خالص (شاهد) و محلول پاشی سولفات روی با غلظت ۳ در هزار در مرحله خورجین دهی به صورت فاکتوریل در کرت‌های اصلی و شش رقم کلزا شامل: GKH3705، GKH2624، GKH0224، GK-Gabriella ، Neptune وElvis درکرت‌های فرعی قرار گرفتند. نتایج مقایسه میانگین اثر ساده محلول پاشی روی نشان داد که کاربرد روی سبب افزایش معنی دار عملکرد روغن به میزان ۵/۸ درصد شده است و همچنین با در نظر گرفتن هزینه های محلول پاشی و بهاء هر کیلوگرم کلزا، می توان گفت کاربرد روی باعث افزایش بهره وری اقتصادی به میزان ۲۹/٥٤٥/۰۰۰ ریال در هکتار شده است. در این بررسی رقم جدید GK-Gabriella در تراکم ٤۰ بوته در متر مربع ودر شرایط کاربرد روی با میانگین ٦۲۲۱ و ۲٦۲۹/٦٦ کیلوگرم در هکتار، بیشترین عملکرد دانه و عملکرد روغن دانه را به ترتیب به خود اختصاص داده است. نتایج حاصل از اندازه گیری ویژگی های کمی و کیفی ارقام مورد مطالعه نشان داد که در تراکم بوته کمتر و در شرایط کاربرد روی می توان عملکرد دانه و روغن کلزا را بهبود بخشید.

واژه‌های کلیدی: اجزای عملکرد، ارقام کلزا، عملکرد دانه، عملکرد روغن

آقامحمدرضا، م.، ف. پاک نژاد، ا. شیرانی راد، م.ر. اردکانی و ع. کاشانی. ۱۳۹۹. بررسی اثرات تراکم بوته و کاربرد روی بر برخی ویژگی های زراعی ٦ رقم کلزای پاییزه. مجله اکوفیزیولوژی گیاهی. ٤۲: ۸۰-٦٦.

۱- گروه زراعت، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران

۲- گروه زراعت، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران- مسئول مکاتبات. farzadpaknejad@gmail.com

۳- استاد موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

مقدمه

با توجه به روند روز افزون رشد جمعیت و مصرف بیش از حد روغن و با درنظر گرفتن حداقل مصرف سرانه روغن، کمبود شدید روغن در ایران امری بدیهی است که جبران این کمبود شدید از دو راه امکان پذیر است، یکی افزایش سطح زیر کشت و دیگری افزایش عملکرد گیاهان روغنی در واحد سطح (خواجه پور ۲۰۱۲). در بین گیاهان زراعی، گیاهان تولید کننده روغن از جمله کلزا (*Brassica napus* L.) نقش بسزایی در تولید روغن کشور دارند. روغن به عنوان یکی از منابع اصلی تأمین غذا و انرژی، نقش ارزنده ای در تغذیه انسان داشته و دانه های روغنی به عنوان تنها منبع تأمین کننده اسیدهای چرب اشباع نشده نقش مهمی در سلامت جامعه ایفا می کنند(شهرکی۲۰۱۱). عملکرد کلزا به پتانسیل رقم، شرایط آب و هوایی، نوع خاک و مدیریت زراعت بستگی دارد که در این میان عوامل ژنتیکی اهمیت فراوانی دارند. بنابراین انتخاب رقم مناسب برای موفقیت در تولید دانه حائز اهمیت می باشد ارقام مختلف واکنش های متفاوتی نسبت به طول روز و عوامل زراعی دارند (برادران و همکاران، ۱۳۸۵). به عبارتی دیگر عملکرد در کلزا موازنه ای بین رشد رویشی و ظرفیت تعداد گل، غلاف و دانه است و زمان پیدایش و طول دوره این مراحل اهمیت زیادی در تولید عملکرد کمی و کیفی دارد (عزیزی و همکاران (۱۳۸۵). عرب اول و همکاران (۱۳۷۹) در آزمایش های خود بر روی کلزا در خوزستان به این نتیجه رسیدند که بین ارقام اختلاف معنی داری از نظر ارتفاع بوته، ارتفاع اولین غلاف از سطح زمین، تعداد شاخه های فرعی، تعداد غلاف در گیاه، تعداد دانه در غلاف، عملکرد دانه، درصد روغن و پروتئین وجود داشت. تراکم مطلوب گیاه زراعی در واحد سطح به عنوان یک عامل مهم برای بهره مندی حداکثر گیاهان از منابع رشد محیطی در طی فصل زراعی حائز اهمیت است و از عوامل ضروری برای دستیابی به حداکثر عملکرد گیاهان به شمار می رود که از منطقه ای به منطقه دیگر بر حسب نوع رقم می تواند متفاوت باشد (زبرجدی و قبادی، ۲۰۰۹). مطابق با تحقیقات در این زمینه، لانسیته و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند که عملکرد دانه کلزا به طور معنی داری تحت تأثیر افزایش تراکم بوته قرار دارد. آن ها همچنین نشان دادند که افزایش تراکم بوته در واحد سطح سبب کاهش تعداد شاخه های جانبی در بوته شد و تعداد خورجین ها در واحد سطح مهم ترین شاخصی بود که افزایش یافت. پژوهش های متعدد نشان داده است که تراکم کاشت بهینه اثر قابل توجهی بر میزان عملکرد علوفه و دانه کلزا داشت (زبرجدی و قبادی، ۲۰۰۹؛ ایلکائی و امام، ۲۰۰۳)، اما تراکم های کاشت بسیار بالا نیز اگرچه شیوع علف هرز در مزرعه را به شدت کاهش داد (یعقوبی و آقاعلی خانی، ۲۰۱۱)، ولی تعداد شاخه های فرعی و تعداد غلاف در هر بوته را نیز به شدت کاهش داده است که نتیجه آن کاهش عملکرد دانه در هر بوته می باشد (انگدی و همکاران، ۲۰۰۳). عنصر روی برای بیوسنتز تعداد بسیار زیادی از پروتئین ها نیز نیاز است. پیوند روی-پروتئین در حدود ۱۰ درصد از پروتئوم ها (مجموعهٔ پروتئین ها) در سلول های یوکاریوت را می سازند و ۳٦ درصد از پیوند روی-پروتئین در بیان ژن دخالت دارد (الوی ۲۰۰۸). مصرف خاکی عناصر ریز مغذی، علاوه بر پائین بودن کارایی جذب آن ها توسط گیاه، از لحاظ اقتصادی نیز بسیار پرهزینه است و از این رو می توان از روش های جایگزین مانند محلول پاشی بهره جست. جذب عنصر روی توسط گیاه با دو سازوکار فعال و غیرفعال صورت می گیرد. جذب غیرفعال آن از طریق جذب الکتروستاتیکی یون های روی دیواره سلولی سلول های ریشه صورت می گیرد. جذب فعال روی، بیشتر تحت تأثیر دما و تهویه محیط ریشه می باشد و به نظر می رسد که سازوکار جذب فعال روی تأمین کننده بخش عمده روی مورد احتیاج گیاه باشد، با توجه به جذب کند عنصر روی و سایر عناصر مشابه توسط ریشه، بهتر است این عناصر از طریق اندام های هوایی در اختیار گیاه قرار داده شوند (سیاوشی و همکاران، ۲۰۰٤). به کارگیری روی اثر بسیار زیادی بر فرآیندهای پایه گیاه مثل متابولیسم و جذب نیتروژن، افزایش کیفیت پروتئین، فتوسنتز، مقاومت در مقابل تنش های زیستی و غیرزیستی و محافظت در مقابل آسیب های اکسیداتیو دارد (کاکماک ۲۰۰۸). پژوهش حاضر به منظور بررسی واکنش ارقام امیدبخش کلزا به تراکم بوته در شرایط کاربرد روی انجام شده است.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی واکنش ارقام کلزا به تراکم های مختلف بوته و کاربرد روی، آزمایشی به صورت فاکتوریل اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار به مدت دو سال زراعی (۱۳۹٤-۱۳۹۳ و ۱۳۹۵-۱۳۹٤) در منطقه کرج اجرا شد. در این آزمایش عامل تراکم بوته شامل سه سطح ٤۰، ٦۰ و ۸۰ بوته در متر مربع و عامل روی (Zn) شامل دو سطح محلول پاشی با آب خالص (شاهد) و محلول پاشی با غلظت ۳ در هزار(۳ لیتر سولفات روی در هزار لیتر آب) به صورت فاکتوریل در کرت‌های اصلی و ارقام کلزا شامل شش رقم (GKH3705، GKH2624، GKH0224، GK-Gabriella,

Neptune, Elvis) در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. در تحقیقات متعدد، تأثیر مدیریت زراعی بر عملکرد در مزارع آزمایشی، تحلیل شده است اما بررسی که منطبق بر شرایط واقعی محیط بوده و عوامل موثر مدیریت زراعی بر عملکرد را ارزیابی نماید، کمتر مورد توجه قرارگرفته است. در مطالعات گذشته اغلب محلول پاشی در دو مرحلهٔ ساقه رفتن و ابتدای گلدهی انجام شده است، که با بررسی نتایج حاصل شده مشخص می گردد که رشد رویشی بیشتر از رشد زایشی بوده است. مرحلهٔ خورجین دهی حساس ترین مرحله زایشی گیاه کلزا می باشد ومدیریت های زراعی بموقع و صحیح در این مرحله بسیار مهم بوده و بر عملکرد دانه کلزا تاثیر گذار است، لذا محلول پاشی در ابتدای مرحله خورجین دهی انجام شد. هر کرت آزمایشی شامل شش خط شش متری بود که دو خط کناری به عنوان حاشیه در نظر گرفته شد. جهت کنترل علف‌های هرز، از علفکش تریفلورالین با ماده موثره ۴۸۰ گرم بر لیتر به میزان ۲/۵ لیتر در هکتار قبل از کاشت به‌صورت خاک مخلوط و از وجین دستی نیز برای کنترل علف‌های هرز پس از کاشت استفاده شد. برخی از ویژگی های فیزیکوشیمیایی خاک در دو عمق ۳۰-۰ و۶۰-۳۰ سانتی متری در جدول ۱ و شرایط آب و هوایی و تغییرات دمایی در جدول ۲ ارائه گردیده‌اند.

جدول۱- نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه در دو عمق ۳۰-۰ و ۶۰-۳۰ سانتی متر

سال زراعی	عمق خاک	بافت خاک	پتاسیم ($mg.kg^{-1}$)	فسفر ($mg.kg^{-1}$)	نیتروژن (٪)	آهن ($mg.kg^{-1}$)	روی ($mg.kg^{-1}$)	مس ($mg.kg^{-1}$)	منگنز ($mg.kg^{-1}$)	بور ($mg.kg^{-1}$)	کربن آلی (٪)	EC (dS/m)	pH	CEC (cmol/kg)
	۳۰-	لومی-	۲۵۷	۱۰/۳	۰/۰۶	۵/۶	۰/۴	۱/۲	۰/۸	۰/۹	۰/۶۴	۱/۷	۷/۷۴	۹/۵
۱۳۹۴-	۰	رسی												
۱۳۹۳	۶۰-	لومی-	۲۷۵	۱۹	۰/۰۵	۶/۲	۰/۷	۱/۵	۱/۱	۱/۲	۰/۶۸	۱/۲۶	۷/۱	۹/۸
	۳۰	رسی												
	۳۰-	لومی-	۳۱۴	۲۰/۶	۰/۰۴	۶/۱	۰/۶	۱/۴	۱/۳	۱/۲	۰/۶۷	۱/۴۴	۷/۵	۸/۸
۱۳۹۵-	۰	رسی												
۱۳۹۴	۶۰-	لومی-	۳۳۲	۲۳/۲	۰/۰۸	۶/۶	۰/۸	۱/۷	۱/۶	۱/۴	۰/۷۰	۱/۲۳	۷/۳	۹/۲
	۳۰	رسی												

جدول ۲- تغییرات میانگین دما و بارندگی ایستگاه هواشناسی کرج در سال‌های زراعی ۹۵-۱۳۹۳. بی نام، ۱۳۹۵

	میانگین	ماه							
		مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فرودین	اردیبهشت	خرداد
سال ۹۴-۱۳۹۳	بارش (میلیمتر)	۱۲/۸	۲۳/۹	۳۱/۴	۷/۶	۱۹/۴	۱۹/۶	۴۷/۳	۲	۷/۵
	دمای ماهانه (درجه سانتی گراد)	۱۷/۷	۹/۳	۵/۹	۵/۲	۷/۱	۶/۴	۱۳/۹	۲۰/۲	۲۶/۴
	میانگین	ماه								
		مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فرودین	اردیبهشت	خرداد
سال ۹۵-۱۳۹۴	بارش (میلیمتر)	۳/۵	۷۷/۴	۲۸/۶	۱۵/۶	۸/۷	۱۷/۸	۷۵/۵	۱۳	۰
	دمای ماهانه (درجه سانتی گراد)	۱۹/۴	۱۰/۵	۴/۶	۵/۱	۴/۹	۱۱/۸	۱۱/۷	۱۹/۹	۲۳/۴

بـر اسـاس آزمـون خاک و توصیه کودی (جدول۱) اقدام به مصرف کود نیتروژن خالص به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار که یک سوم این مقدار به صورت پیش کاشت، یک سوم دیگر در شروع طویل شدن ساقه و بقیه در شروع گلدهی به خاک اضافه شد. هم چنین کودهای سولفات پتاسیم وسوپرفسفات تریپل هریک به میزان ۵۰ کیلوگرم در هکتار به صورت پیش کاشت به خاک داده شدند. نتایج به دست آمده از آزمایش خاک نشان داد که میزان عنصر روی موجود در خـاک کمتر از میزان مورد نیاز برای کلزا (۱/۵ میلی گرم روی در کیلوگرم خاک) می باشد (مرشدی و نقیبی ۱۳۸۳)، به عبارتی مقدار این عنصر در

خاک تامین کننده نیاز گیاه در طول فصل رشد نبود، بنابراین محلول پاشی بر روی بوته های کلـزا با غلظت ۳ در هزار در مرحلهٔ خورجین دهی انجام پذیرفت (ملکوتی و تهرانی، ۱۳۷۸). آبیاری به روش سیفونی انجام شد و دور آبیاری بر اساس ۸۰ میلی متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A تنظیم شد و مقدار آب مصرفی در هر بار آبیاری۸۰ درصد آب تبخیر شده معادل ٦٤٠ متر مکعب بود و میزان آب ورودی به کرت های آزمایشی با کنتور اندازه گیری شد. تعداد دفعات آبیاری ۸ مرتبه و همچنین میزان آب مصرفی ۵۱۲۰ متر مکعب در هکتار بود. در پایان فصل در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک، به محض فراهم شدن شرایط محیطی، عملیات برداشت از هرکرت از خطوط میانی با حذف حاشیه‌ها انجام گرفت. به منظور تعیین ویژگی هایی مانند ارتفاع بوته، تعداد شاخه در بوته و تعداد خورجین اصلی و فرعی در بوته، از هر کرت آزمایشی، ۱۰ بوته به طور تصادفی انتخاب و این ویژگی ها در آنها اندازه گیری شد. برای تعیین تعداد دانه در خورجین، ۳۰ عدد خورجین از ۱۰ بوته مورد نظر به طور تصادفی انتخاب و این صفت در آنها محاسبه شد. به منظور اندازه گیری وزن هزار دانه بعد از برداشت محصول، ۸ نمونه ۱۰۰ تایی از بذور هر کرت آزمایشی به طور تصادفی انتخاب و با ضرب کردن میانگین وزن آنها در عدد ۱۰، وزن هزار دانه محاسبه گردید. به منظور تعیین عملکرد دانه بوته‌های موجود در مساحت ٤/٨ متر مربع از هر کرت آزمایشی به طور جداگانه کف‌بر شده و برای خشک شدن نهایی و رسیدن رطوبت دانه‌ها به ۱۲درصد، به مدت یک هفته در هوای آزاد نگهداری و با ترازوی الکترونیکی مدل GF-6000 ساخت کشور ژاپن با دقت ±۰/۰۱ گرم توزین و محاسبه شد. در مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی، نسبت بـه تهیـه نمونه های ۲۰۰ گرمی از هر کرت آزمایشی اقدام شد و نمونه ها جهت تعیین درصد روغن توسط دستگاه رزونانس مغناطیسی هسته ای[1] با طول موج ۲۰ مگاهرتزساخته شرکت بروکر[2] اندزه گیری شد (نیوناکیس و هالواداکیس، ۲۰۰٦). از حاصل ضرب درصد روغن در عملکرد دانه در هکتار، عملکرد روغن در هکتار محاسبه شد. میزان کلروفیل برگ با استفاده از روش آرنون (۱۹٦۷) و حسیبی (۱۳۸٦) بر حسب میلی گرم بر گرم وزن تر برگ نمونه تعیین شد. دمای کانوپی با استفاده از دماسنج مادون قرمز[3] اندازگیری شد. با انجام آزمون بارتلت (جدول ۳) و پس از مشخص شدن عدم معنی‌داری نتیجه آزمون (به جزء دو مورد که برای آنها تبدیل داده ها انجام شد). تجزیه واریانس مرکب با استفاده از نرم افزار آماری SAS نسخه ۹/۱ انجام شد. با توجه به معنی دار شدن اثرات متقابل در این پژوهش، مقایسه میانگین این اثرات پس از برش دهی اثرات متقابل به روش حداقل مربعات معنی دار[4] انجام پذیرفت.

1 -Nuclear Magnetic Resonance (NMR)
2- Bruker
3 -TASCO,500-HI Japan

نتایج و بحث

اثر ساده سال بر ارتفاع بوته، تعداد شاخه در بوته، وزن هزار دانه، تعداد دانه در خورجین فرعی، طول خورجین، عملکرد دانه، عملکرد روغن، دمای کنوپی، میزان کلروفیل با احتمال خطای یک درصد معنی‌دار بود (جدول ٤). ویژگی های مورد آزمون در سال دوم نسبت به سال اول برتری داشت. در اغلب گیاهان عملکرد و اجزای عملکرد با تغییر شرایط محیطی تغییر می‌یابد (جدول۵). به نظر می‌رسد تغییرات در فاکتورهای دمایی و رطوبتی توجیه کننده این اختلاف باشد. با توجه به نتایج ارائه شده در جدول ۵ بالاترین میانگین عملکرد دانه در سال دوم با ۳۹۵۹/۷٦ کیلوگرم در هکتار حاصل گردید که نسبت به سال اول آزمایش ۷/٦۹ درصد اختلاف داشت. عملکرد روغن نیز در سال دوم با میانگین ١٦٤٢/١١ کیلوگرم در هکتار بدست آمد که ۹/١٦ درصد در سال دوم بیشتراز سال اول بود (جدول۵). در بـین فاکتورهای محیطی، درجه حرارت، مهمترین عـاملی اسـت کـه طـول دوره رشد و نمو و در نهایت مدت زمانی را که تشعشع می تواند جذب و تبدیل به ماده خشک شود را تعیین می کنـد (ویتاس و گریتنس، ۲۰۰۲). به نظر می رسد با توجه به وضعیت رطوبتی و دمایی در سال دوم آزمایش به ویژه میزان بارندگی و میزان کاهش دما در ماه های دی تا اردیبهشت (جدول۲) ذخیره رطوبتی و توان تولید ژنوتیپ های مورد مطالعه بالاتر رفته و در نتیجه عملکرد و اجزای عملکرد در سال دوم نسبت به سال اول بهبود یافته است. اثر ساده تراکم بوته بر میزان روغن دانه با احتمال خطای پنج درصد و بر صفات بر ارتفاع بوته، تعداد شاخه در بوته، وزن هزار دانه، تعداد دانه در خورجین اصلی، تعداد دانه در خورجین فرعی، طول خورجین، عملکرد دانه، عملکرد روغن، دمای کنوپی، میزان کلروفیل با احتمال خطای یک درصد معنی‌دار بود (جدول ٤). اثر ساده روی (Zn) بر صفات ارتفاع بوته، تعداد شاخه در بوته، وزن هزار دانه، تعداد دانه در خورجین فرعی، طول خورجین، عملکرد دانه، عملکرد روغن، میزان کلروفیل با احتمال خطای یک درصد و برای صفت دمای کنوپی با احتمال خطای پنج درصد معنی‌دار بوده و

4-Least Squares Means (LS Means)

در صفت درصد روغن دانه معنی دار نشد (جدول ٤). اثر ساده رقم بر صفات ارتفاع بوته، تعداد شاخه در بوته، وزن هزار دانه،تعداد دانه در خورجین اصلی، تعداد دانه در خورجین فرعی، طول خورجین، عملکرد دانه، عملکرد روغن، دمای کنوپی، میزان کلروفیل با احتمال خطای یک درصد معنی‌دار بود (جدول ٤). اثر متقابل تراکم بوته×روی تنها بر صفت ارتفاع بوته با احتمال خطای یک درصد معنی دار بود (جدول ٤). اثر متقابل تراکم بوته×رقم بر ارتفاع بوته، تعداد شاخه در بوته، وزن هزار دانه، تعداد دانه در خورجین اصلی، تعداد دانه در خورجین فرعی، طول خورجین، عملکرد دانه، درصد روغن، عملکرد روغن، دمای کنوپی و میزان کلروفیل با احتمال خطای یک درصد معنی‌دار بود (جدول ٤). اثر متقابل روی (Zn)×رقم بر صفت تعداد دانه در خورجین اصلی با احتمال خطای پنج درصد و بر صفات ارتفاع بوته، تعداد دانه در خورجین فرعی، عملکرد روغن و دمای کانوپی با احتمال خطای یک درصد معنی‌دار بود (جدول ٤). اثر متقابل تراکم بوته×روی (Zn)×رقم بر ارتفاع بوته، تعداد دانه در خورجین اصلی، تعداد دانه در خورجین فرعی، عملکرد دانه، عملکرد روغن دانه و دمای کانوپی با احتمال خطای یک درصد معنی‌دار بود (جدول ٤).

جدول ۳- نتایج آزمون بارتلت

صفات	ارتفاع	تعداد شاخه در بوته	وزن هزار دانه	تعداد دانه در خورجین اصلی	تعداد دانه در خورجین فرعی	طول خورجین	عملکرد دانه	درصد روغن	عملکرد روغن	دمای کانوپی	کلروفیل کل
Chi-Square	۳/۰۵	۳/۹٤	۰/۲۵	۱/۳۱	۰/۸۳	٤/٤۷	۰/۰۲	٦/۲۰	۰/۱۸	۷/٤۷	۲/۱۲
P value	۰/۸۰	۰/۷٤	۰/٦۱	۰/۲۵	۰/۳۵	۰/۰۳**	۰/۸۷	۰/۰۱**	۰/٦٦	۰/٦	۰/۱٤

ارتفاع بوته

عکس العمل ارقام به تیمارهای تراکم بوته در دو شرایط کاربرد و عدم کاربرد روی به طور معنی‌داری متفاوت بود. به‌طوری که در شرایط کاربرد روی در تراکم ٤۰ بوته در متر مربع رقم GK-Gabriella با میانگین ۱۵۸/۳۳ سانتی متر و در تراکم های ٦۰ و ۸۰ بوته در متر مربع رقم GKH3705 به ترتیب با میانگین ۱٤٤/٤۰ و ۱۳۳/۱٦ سانتی متر، بیشترین ارتفاع بوته را به خود اختصاص داد (جدول ۸). در شرایط عدم کاربرد روی و در تراکم ٤۰ بوته در متر مربع رقم GK-Gabriella با میانگین ۱۵٦/۹۳ سانتی متر و در تراکم های ٦۰ و ۸۰ بوته در متر مربع رقم GKH3705 به ترتیب با میانگین ۱٤۳/۵۵ و ۱۳۲/۷٦ سانتی متر، بیشترین میزان این صفت را دارند (جدول ۸). به نظر می رسد که با افزایش تراکم بوته و محدود شدن نفوذ نور به داخل جامعه گیاهی و به دلیل انبوهی شاخ و برگ های سایه انداز، رقابت برای دریافت نور بین بوته ها بیشتر شده و در نتیجه با افزایش تراکم بوته ارتفاع بوته در ارقام کم می شود (ژیائو و همکاران، ۲۰۰۸). وجود روی در مناطق مریستمی، به علت کارایی آن در تولید هورمون اکسین در کلزا، باعث رشد رویشی (افزایش ارتفاع) افزایش ساقه بندی و فتوسنتز بیشتر می شود، در این رابطه قاضیانی تفریشی (۱۳۸۳) ثابت کرد اثر مصرف روی بر ارتفاع بوته کلزا معنی دار است.

تعداد شاخه در بوته

تفاوت معنی داری از نظر تعداد شاخه در بوته در دو شرایط کاربرد و عدم کاربرد روی مشاهده شد که کاربرد روی سبب افزایش ۳/۲٦ درصد تعداد شاخه در بوته در مقایسه با عدم کاربرد آن شد (جدول ٦) مقایسه میانگین اثر متقابل تراکم بوته× رقم نشان داد که ارقام واکنش متفاوتی را تحت سطوح مختلف تراکم نشان دادند، به طوری که بیشترین تعداد شاخه در بوته در تراکم ٤۰ بوته در متر مربع را رقم GK-Gabriella با میانگین ۱۰/۸۲عدد و در تراکم های ٦۰ و ۸۰ بوته در متر مربع رقم GKH3705 به ترتیب با میانگین ۸/۷۵ و٦/٦۰ عدد را به خود اختصاص داد (جدول۷). با افزایش تراکم بوته تعداد شاخه در بوته کاهش یافت. در بیان علت این امر می توان بیان داشت که کاهش شدید فضای ممکن برای رشد گیاه کلزا در تراکم های بالاتر سبب کاهش شدید در این صفت می شود. دانش شهرکی و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند که با افزایش تراکم بوته از ٦۰ به ۱۰۰ بوته در متر مربع تعداد شاخه در بوته کاهش می یابد.

منبع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع بوته	تعداد شاخه در بوته	وزن هزار دانه	تعداد دانه در خورجین اصلی	تعداد دانه در خورجین فرعی	طول خورجین	عملکرد دانه	درصد روغن دانه	عملکرد روغن دانه	دمای کانوپی	میزان کلروفیل
سال	۱	۴۶/۵۰**	۰/۸**	۱۴/۷۵**	۱۳/۷^{ns}	۳۴۴۹۱/۵**	۰/۹**	۳۷۸۵/۹**	۵۴^{ns}	۸۵۳۱۵۱**	۲۵/۸۳**	۰/۸**
تکرار در داخل سال	۴	۸/۹۴	۰/۰۵	۰/۲	۸/۸	۴۰۶/۶	۰/۰۳	۳۲۳۶/۲	۱۷/۳	۱۰۱۴۵۶/۷	۱۰/۷۳	۰/۰۵
تراکم بوته	۲	۱۱۶/۶**	۱۲/۹**	۶۲/۹**	۲۷۵۸/۵**	۲۱۴۴۰۰**	۹/۳**	۱۷۷۹/۸**	۷۱/۹*	۲۳۳۴۷۴۵۴**	۳۹۷/۱۷**	۱۲/۳۸**
سال×تراکم بوته	۲	۰/۵۲^{ns}	۰/۰۷^{ns}	۰/۱۱^{ns}	۵/۵^{ns}	۱۶۶۶^{ns}	۰/۰۵^{ns}	۷۴۵۳/۱^{ns}	۲/۷^{ns}	۳۱۰۴۴/۵^{ns}	۱/۲۳^{ns}	۰/۰۶^{ns}
روی	۱	۲۶/۲۷**	۰/۱۲**	۰/۷۲**	۳۰/۸**	۲۶۸۷/۵**	۰/۰۸**	۲۲۵۸*	۰/۹^{ns}	۲۹۷۵۵۶/۹**	۴/۳۶*	۰/۱۱**
سال×روی	۱	۰/۰۱^{ns}	۰/۰۰۳^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۰۲^{ns}	۳۴/۲^{ns}	۰/۰۴^{ns}	۲۲۶۲^{ns}	۰/۰۳^{ns}	۱۸/۸^{ns}	۰/۰۱^{ns}	۰/۰۰۰۴^{ns}
سال×تراکم×روی	۲	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۰۱^{ns}	۰/۰۹*	۲/۷*	۳۳۶/۹**	۰/۰۶**	۱۹۰۰۵/۱^{ns}	۰.۲^{ns}	۲۶۱۲/۸^{ns}	۰/۱۰^{ns}	۰/۰۰۹**
تراکم×روی	۲	۲۱۸/۸**	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۰۱^{ns}	۴/۹^{ns}	۰/۰۲^{ns}	۱۸۶۳۰/۴^{ns}	۰/۰۸^{ns}	۳۱۰۶۰/۹^{ns}	۰/۰۲^{ns}	۰/۰۰۰۱^{ns}
خطایa و b	۲۰	۸۳/۳	۰/۰۲	۰/۳۰	۳/۵	۲۳۴/۸	۰/۰۱	۴۴۴۷/۱	۲۰/۵	۲۱۱۷۹	۷/۰۶	۰/۰۳
رقم	۵	۱۷۱/۱**	۰/۴**	۲/۱۲**	۷۷/۹**	۷۰۱۹/۵**	۰/۳**	۵۳۴۹/۴**	۲/۴**	۷۲۸۶۲۱/۱**	۱۲/۳۴**	۰/۳۵**
سال×رقم	۵	۰/۰۲^{ns}	۰/۰۲^{ns}	۰/۰۰۲^{ns}	۰/۳۳^{ns}	۴۳/۴^{ns}	۰/۰۲^{ns}	۱۱۴۴۷/۵^{ns}	۰/۰۸^{ns}	۲۳۶۸^{ns}	۰/۱۱^{ns}	۰/۰۰۲^{ns}
تراکم بوته×رقم	۱۰	۳۹/۶۶**	۰/۱**	۰/۷**	۲۶/۸**	۲۱۷۰/۵**	۰/۰۹**	۱۹۹۵۱/۳**	۰/۹**	۲۶۴۱۰۴/۵**	۵/۵۹**	۰/۱۳**
سال×تراکم بوته×رقم	۱۰	۰/۰۳^{ns}	۰/۰۲^{ns}	۰/۰۰۹^{ns}	۰/۲۶^{ns}	۳۹/۲^{ns}	۰/۰۲^{ns}	۱۰۰۵۰/۶^{ns}	۰/۰۳^{ns}	۱۶۳۴/۲^{ns}	۰/۰۳۷^{ns}	۰/۰۰۲^{ns}
روی ×رقم	۵	۳۹/۶۶**	۰/۰۶^{ns}	۰/۰۳^{ns}	۲/۱*	۱۶۱/۸**	۰/۰۵^{ns}	۱۲۶۵/۶**	۰/۰۳^{ns}	۲۶۴۱۰۴/۵**	۰/۱۹**	۰/۰۰۶^{ns}
سال×روی×رقم	۵	۰/۰۰۹^{ns}	۰/۰۰۲^{ns}	۰/۰۰۹^{ns}	۰/۰۲^{ns}	۷/۸^{ns}	۰/۰۱^{ns}	۵۵۶۳/۲^{ns}	۰/۰۲ ^{ns}	۱۶۳۴/۲^{ns}	۰/۰۰۹^{ns}	۰/۰۰۰۲^{ns}
تراکم بوته×روی×رقم	۱۰	۹/۳۹**	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۰۱۲^{ns}	۰/۴۹**	۵۲/۵**	۰/۰۱^{ns}	۵۴۳۰/۳**	۰/۰۱^{ns}	۷۲۳۹/۲**	۰/۳۶**	۰/۰۰۱^{ns}
سال×تراکم بوته×روی×رقم	۱۰	۰/۰۰۹^{ns}	۰/۰۰۲^{ns}	۰/۰۰۹^{ns}	۰/۰۲^{ns}	۲/۵^{ns}	۰/۰۰۲^{ns}	۲۹۸۴/۷^{ns}	۰/۰۵^{ns}	۶۲۱/۳**	۰/۰۰۷^{ns}	۰/۰۰۰۲^{ns}
خطایc	۱۲۰	۸۰/۴۷	۰/۰۰۳	۰/۰۵	۱/۶۸	۱/۶۳	۰/۰۳	۴۶/۹۴	۵/۲۷	۱۵۰۶۸/۸	۲/۲۰	۰/۰۱۴
ضریب تغییرات (درصد)	---	۶/۴۷	۴/۴۱	۶/۳۵	۶/۴۹	۷/۹۶	۵/۵۰	۶/۵۰	۵/۸۸	۹/۳۸	۴/۸۴	۴/۴۲

جدول۴- نتایج تجزیه مرکب ویژگی های مورد بررسی

ns، *و ** به ترتیب عدم معنی داری، معنی داری با احتمال خطای پنج و یک درصد

وزن هزار دانه

نتایج مقایسات میانگین وزن هزار دانه نشان از تفاوت معنی دار دو شرایط کاربرد و عدم کاربرد روی (Zn) دارد، به طوری که کاربرد روی سبب افزایش ۳/۲۷ درصدی وزن هزار دانه در مقایسه با عدم کاربرد آن شد (جدول ٦). تفاوت معنی دار در مقایسه میانگین اثر متقابل تراکم بوته×رقم نشان داد که در تراکم ٤٠ بوته در متر مربع رقم GK-Gabriella با میانگین ۵/۰۷ گرم، در تراکم ٦٠ بوته در متر مربع رقم GKH3705 با میانگین ۳/۹۲ گرم و در تراکم ۸۰ بوته در متر مربع رقم GKH3705 با میانگین ۲/۹ گرم بیشترین وزن هزار دانه را به خود اختصاص دادند (جدول۷). به طور کلی با افزایش تراکم بوته، وزن هزار دانه در تمامی ارقام کاهش یافت. روی با تأثیر بر انتقال مواد فتوسنتزی از برگ ها به دانه ها، سبب افزایش وزن هزار دانه کلزا شد. در توضیح تأثیر روی بر صفت وزن هزار دانه باید گفت که رشد دانه ها به عرضه مواد فتوسنتزی و آب وابسته است، ولی از آنجا که در کلزا سایر اجزاء عملکرد مانند تعداد غلاف در بوته وتعداد دانه در غلاف در مقایسه با اندازه دانه زودتر شکل می گیرند، بدیهی است که سهم‌بیشتری از مواد فتوسنتزی را در جهت رشد و نمو خود مصرف می کنند، از این رو اندازه دانه و در نتیجه وزن هزار دانه کمتر تغییر می کند (عزیزی و همکاران، ۱۳۸۵). زبر جدی و قبادی (۲۰۰۹) گزارش کردند که در تراکم های بالای کلزا، توزیع منابع در بین مخازن (دانه ها) سبب کاهش بیشتر وزن هر دانه شده که در نتیجه منجر به کاهش شدید وزن هزار دانه خواهد شد.

جدول۵- مقایسه میانگین های اثر ساده سال برخی از ویژگی های موردبررسی

تیمار	ارتفاع بوته	تعداد شاخه در بوته	وزن هزار دانه	تعداد دانه در خورجین فرعی	طول خورجین	عملکرد دانه	عملکرد روغن	دمای کانوپی	کلروفیل کل
سال									
۱۳۹۳-۱۳۹٤	b۱۳۵/۸۳	b۱٤/٤۰	b۳/۳٤	b۱۵/۵٤	b۵/۵۲	b۳٦۹۵/۰۳	b۱٤۹۱/٦۹	b۳۰/۳٤	b۱/۳۲
۱۳۹٤-۱۳۹۵	a۱٤٤/۱۵	a۱۸/٤۷	a۳/۸٦	a۱٦/۵٦	a٦/۸۸	a۳۹۵۹/۷٦	a۱٦٤۲/۱۱	a۳۱/۰۳	a۱/٤٤

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون فاقد اختلاف معنی‌دار آماری در سطح احتمال پنج درصد با آزمون حداقل تفاوت معنی دار[1] هستند

جدول٦- مقایسه میانگین های اثر ساده روی (Zn) صفات تعداد شاخه در بوته، طول خورجین، وزن هزاردانه، درصد روغن دانه و کلروفیل

تیمار	تعداد شاخه در بوته	طول خورجین (سانتی متر)	وزن هزار دانه (گرم)	درصد روغن دانه	کلروفیل (میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ)
روی(Zn)					
عدم کاربرد	a۷/۷۰	a٦/۰۷	b۳/۵٤	۳۹/۵٦a	b۱/۳٦
کاربرد	a۷/۹٦	a٦/۳۳	a۳/٦٦	a٤۰/۷۰	a۱/٤۱

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون فاقد اختلاف معنی‌دار آماری در سطح احتمال پنج درصد با آزمون حداقل تفاوت معنی دار هستند

1 -Least Significant Difference (LSD)

تعداد دانه در خورجین اصلی

در این بررسی در هر دو شرایط کاربرد و عدم کاربرد روی (Zn) واکنش ارقام به سطوح مختلف تراکم از نظر تعداد دانه در خورجین اصلی متفاوت بود (جدول ۸)، به طوری که در شرایط کاربرد روی در تراکم ٤٠ بوته در متر مربع رقم GK-Gabriella با میانگین ۲۸/۸٦ عدد و در تراکم های ٦٠ و ۸٠ بوته در متر مربع رقم GKH3705 به ترتیب با میانگین ۲۳/٤۱ و ۱٦/۱٠ عدد بیشترین تعداد دانه در خورجین اصلی را نشان دادند (جدول۸). در شرایط عدم کاربرد روی (Zn) در تراکم ٤٠ بوته در متر مربع رقم GK-Gabriella با میانگین ۲۸/٥٠ عدد و در تراکم های ٦٠ و ۸٠ بوته در متر مربع، رقم GKH3705 با میانگین های ۲۳/٠٦ و ۱٥/۸۱ عدد بیشترین میزان این صفت را به خود اختصاص دادند (جدول۸). با افزایش تراکم بوته، رقابت بین بوته ها در جذب نور و عناصر غذایی زیادتر گردیده و در نتیجه تعداد دانه در خورجین اصلی کاهش یافته است. این در حالی است که کاربرد روی سبب افت کمتر تعداد دانه در خورجین اصلی در سطوح بالای تراکم بوته در مقایسه با عدم کاربرد آن گردید. گرانت و همکاران (۲۰۰۳) بیان داشتند که عنصر روی در صورتی که به صورت محلول پاشی استفاده شود، سبب افزایش ساقه بندی، تعداد دانه در خورجین وعملکرد دانه می شود.

جدول۷- مقایسه میانگین های اثر متقابل تراکم بوته×رقم ارقام کلزا (به روش برش دهی)

تراکم بوته	رقم	تعداد شاخه در بوته	طول خورجین (سانتی متر)	وزن هزار دانه (گرم)	درصد روغن دانه	کلروفیل کل (میلی گرم در گرم وزن تر)
٤٠ بوته در متر مربع	GKH3705	b۱٠/۳٥	c۸/٦۹	c٤/۸۳	a٤٠/۲	a۱/۸۷
	GKH2624	c۹/٥۸	d۷/۹٥	d٤/۳۷	b۳۹/۸	b۱/۷٥
	GKH0224	cd۹/۳۱	e۷/۷۲	e٤/۲۳	b۳۹/۷	b۱/۷۱
	GK-Gabriella	a۱٠/۸۲	a۹/۲٤	a٥/٠۷	a٤٠/٦	a۱/۹٦
	Neptune	d۹/۲٠	f۷/٦٠	f٤/۱۷	b۳۹/٦	b۱/٦۹
	Elvis	ab۱٠/٥٥	b۸/۹٠	b٤/۹۳	a٤٠/٤	a۱/۹٠
LSD (0.05)		۱/۲٠	۱/۲٦	٠/٤۷	۳/۱٠	٠/۱٠
٦٠ بوته در متر مربع	GKH3705	a۸/۷٥	a۷/۱٥	a۳/۹۲	a۳۹/۳	a۱/٥۹
	GKH2624	۷/۱٦	d٥/٥۳	e۳/۱۸	b۳۸/٦	c۱/۲۱
	GKH0224	bv/۲۹	d٥/٦٤	d۳/۲۳	b۳۸/۷	c۱/۲۳
	GK-Gabriella	a۸/٥٥	b٦/۸۸	b۳/۷۸	a۳۹/۳	a۱/٥٤
	Neptune	۷/۰۳	e٥/٤۱	f۳/۱۳	b۳۸/٦	c۱/۱۸
	Elvis	bv/۸٦	c٦/۲۲	c۳/٤٦	a۳۹/۲	b۱/۳٤
LSD (0.05)		٠/۸۱	٠/۹٦	٠/٥٠	۳/۰۹	٠/۱۲
۸٠ بوته در متر مربع	GKH3705	٦/٦٠	a٤/۹۹	a۳/۰۱	b۳۸/٦	a۱/۱۲
	GKH2624	٥/۸٤	c٤/۲۱	c۲/۷۹	۳۸/۹a	ab۱
	GKH0224	٥/٤۳	e۳/۷٥	e۲/٦٥	c۳v/۹	b٠/۹۲
	GK-Gabriella	٤/۹۲	f۳/۲٥	f۲/٤۷	c۳v/۷	c٠/۸٤
	Neptune	٥/٦٥	d٤/٠۳	d۲/۷۳	b۳v/۹	b٠/۹۷
	Elvis	٦/۱٠	b٤/٤۲	b۲/۸٥	ab۳۸/۲	ab۱/٠٤
LSD (0.05)		٠/٥٥	٠/٥۸	٠/۳۸	۲/۷۹	٠/۱۱

حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی دار بر اساس آزمون حداقل تفاوت معنی دار می باشد.

تعداد دانه در خورجین فرعی

عکس العمل ارقام به کاربرد و عدم کاربرد روی(Zn) در سطوح مختلف تراکم بوته نشان داد که در شرایط کاربرد روی و تراکم ٤٠ بوته در متر مربع رقم GK-Gabriella با میانگین ۲۳/۸٥ عدد، در تراکم های ٦٠ و ۸٠ بوته در متر مربع رقم GKH3705 به ترتیب با میانگین ۱۹/۱۱ و ۱۲/٥۱ عدد بالاترین

تعداد دانه در خورجین فرعی را نشان دادند (جدول ۸). در شرایط عدم کاربرد روی و تراکم ٤٠ بوته در متر مربع رقم GK-Gabriella با میانگین ۲۳/۷۳ عدد، در تراکم ٦٠ و ۸٠ بوته در متر مربع رقم GKH3705 به ترتیب با میانگین ۱۸/۷٦ و ۱٦/۲۸ عدد بالاترین تعداد دانه در خورجین فرعی را به خود اختصاص دادند (جدول ۸). علت کم شدن تعداد دانه در خورجین فرعی از تراکم بوته کم به زیاد این است که با افزایش تراکم بوته مواد فتوسنتزی تخصیص کمتری یافته و انتقال این مواد نیز با کاهش مواجه شده است و در نتیجه تشکیل دانه کاهش یافته است (جوانمرد و همکاران، ۲۰۰۹). فانی اخلاق و دانشیان (۱۳۹۵)، اظهار نمودند تغذیه گیاه با روی به دلیل افزایش ذخیره کربوهیدرات دانه گرده، باعث افزایش طول عمر دانه گرده شده، در نتیجه منجر به افزایش گرده افشانی و تشکیل تعداد دانه بیشتری در خورجین می شود.

طول خورجین

تفاوت معنی داری از نظر اندازه طول خورجین در دو شرایط کاربرد و عدم کاربرد روی (Zn) مشاهده شد که کاربرد روی سبب افزایش ٤/۱۰ درصدی طول خورجین در مقایسه با عدم کاربرد آن شد (جدول ٦). عکس العمل ارقام به سطوح مختلف تراکم بوته نشان داد که در تراکم ٤٠ بوته در متر مربع رقم GK-Gabriella با میانگین ۹/۲٤ سانتی متر و در تراکم های ٦٠ و ۸٠ بوته در متر مربع رقم GKH3705 به ترتیب با میانگین ۷/۱۵ و ٤/۹۹ سانتی متر بیشترین میزان طول خورجین را دارند (جدول ۷). رحمان و همکاران (۲۰۰۹) بیان داشتند که طول خورجین صفتی است که به صورت غیرمستقیم بر عملکرد تاثیر می گذارد و ارقام کلزا که دارای طول خورجین بزرگتری می باشند دارای عملکرد بیشتری می باشند. دلیل این امر آن است که طول خورجین با افزایش سطح فتوسنتز تعداد دانه در خورجین را افزایش داده و سبب افزایش طول خورجین می شود (لیچ و همکاران، ۱۹۹۹). با افزایش تراکم طول خورجین کاهش یافت که علت آن را می توان به دلیل افزایش رقابت بوته ها در جذب نور و سایه اندازی بوته ها به واسطه افزایش حجم شاخ و برگ در تراکم های بالاتر و نقصان در فتوسنتز دانست (آزنی داوجی، ۲۰۰٦). در مطالعه محبوبی و همکاران (۱۳۹٦) کاربرد روی تأثیر معنی داری بر صفت طول خورجین نداشت.

عملکرد دانه

بررسی عکس العمل ارقام به کاربرد و عدم کاربرد روی در تراکم های مختلف بوته نشان داد که در شرایط کاربرد روی و تراکم ٤٠ بوته در متر مربع بالاترین عملکرد دانه در رقم GK-Gabriella با میانگین ٦۲۲۱ کیلوگرم در هکتار بدست آمد و در تراکم های ٦٠ و ۸٠ بوته در متر مربع رقم GKH3705 به ترتیب با میانگین ٤٤٠۵ و ۲۹۷۳/۵٠ کیلوگرم در هکتار حاصل شده است (جدول ۸). در شرایط عدم کاربرد روی و تراکم ٤٠ بوته در متر مربع رقم GK-Gabriella با میانگین ٦۱۰۸ کیلوگرم در هکتار و در تراکم های ٦٠ و ۸٠ بوته در متر مربع رقم GKH3705 به ترتیب با میانگین های ٤۳٤٤/٦٦ و ۲۸٦٦/۳۳ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد دانه را داشتند (جدول ۸). عملکرد دانه ارقام این پژوهش تحت تآثیر فاکتور تراکم بوته قرار گرفته و با افزایش تراکم بوته شدیداً کاهش یافته است. بر این اساس کاربرد روی در تراکم های مختلف بوته از طریق افزایش اجزای عملکرد نظیر تعداد دانه در خورجین اصلی و فرعی سبب افت کمتر عملکرد دانه کلزا در تراکم های بوته مختلف در مقایسه با عدم کاربرد آن شد. نتایج این پژوهش با یافته های بای بوردی و ممدوح (۲۰۱۰) که نشان دادند استفاده از عنصر روی موجب افزایش عملکرد دانه در گیاه کلزا می گردد مطابقت دارد. به عنوان یک اصل کلی، همواره در تراکم های بیش از تراکم مطلوب، افزایش رقابت درون گونه ای سبب کاهش عملکرد شده و در تراکم های کمتر از حد مطلوب، نقصان بهره مندی و استفاده از امکانات محیطی نظیر نور، آب و موادغذایی منجر به افت عملکرد محصول می شود(مارتین و دئو، ۲۰۰۰). در تراکم کاشت مناسب بهره مندی گیاه از عوامل محیطی افزایش یافته و حداکثر آسیمیلاسیون و عملکرد دانه حاصل خواهد شد (ملکوتی و تهرانی، ۲۰۰۱).

درصد روغن دانه

تفاوت معنی دار از نظر درصد روغن دانه در دوشرایط کاربرد و عدم کاربرد روی ملاحظه شد که کاربرد روی سبب افزایش ۲/۸ درصدی، درصد روغن دانه در مقایسه با عدم کاربرد آن شد (جدول٦). نتایج مقایسات میانگین اثر متقابل تراکم بوته×رقم نشان داد که در تراکم ٤٠ بوته در متر مربع ارقام GK-Gabriella، Elvis و GKH3705 به ترتیب با میانگین ٤٠/٦، ٤٠/٤ و٤٠/۲ درصد و در تراکم٦٠ بوته در متر مربع ارقام GKH3705، GK-Gabriella و Elvis به ترتیب با میانگین ۳۹/۳، ۳۹/۳ و ۳۹/۲ درصد و در تراکم ۸٠ بوته در متر مربع ارقام GKH2624 و Elvis به ترتیب با میانگین ۳۸/۹ و ۳۸/۲

درصد بیشترین میزان روغن دانه را به خود اختصاص دادند (جدول ۷). نتایج تحقیقات نشان داده است که کمبود روی باعث جلوگیری از فعالیت آنزیم‌هـای کاتالاز، پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز می شود و عدم فعالیت این آنزیم ها منجر بـه خسارات شدید و گسترده بـه غشای لیپیدی می‌شود و همچنین کمبود عنصر روی در گیاهان می تواند موجب تولید گونه های واکنش پذیر اکسیژن (ROS) گردیده و از سنتز پروتئین جلوگیری نماید (کاکماک، ۲۰۰۸؛ کوماوات و همکاران، ۲۰۰۶). عنصر روی می تواند به عنوان تثبیت کننده و محافظ غشاهای حیاتی در برابر تنش اکسیداتیو و خسارت پراکسیداتیو عمل کند. همچنین، از طریق عدم پیوستگی غشای پلاسما و همچنین تغییر نفوذپذیری غشاء تأثیرات عنصر روی بر غشای سلولی اعمال می گردد (حسن وهمکاران، ۲۰۰۵). از این رو کمبود عنصر روی می‌تواند باعث کاهش میزان روغن دانه شود (کاکماک، ۲۰۰۸). درصد روغن دانه صفتی ارثی با وراثت‌پذیری بالا می‌باشد تا حدودی نیز تحت تأثیر شرایط محیط قرار می‌گیرد. تراکم بوته از طریق تأثیر نفوذ نور به داخل سایه انداز گیاه بر محتوی روغن گیاه اثر می گذارد. با افزایش تراکم بوته، نفوذ نور به داخل سایه انداز گیاه کاهش می یابد و به تناسب کاهش نفوذ نور به طبقات و اشکوب پایینی گیاه، میزان مواد موثره آن نیز تحت تأثیر قرار گرفته و نقصان پیدا می کند (لانسیته و همکاران، ۲۰۰۸).

عملکرد روغن دانه

واکنش ارقام به کاربرد و عدم کاربرد روی در تراکم های مختلف بوته از نظر عملکرد روغن دانه متفاوت بود. به طوری که در شرایط کاربرد روی و تراکم ٤٠ بوته در متر مربع رقم GK-Gabriella با میانگین ٢٦٢٩/٦٦ کیلوگرم در هکتار و در تراکم های ٦٠ و ٨٠ بوته در متر مربع رقم GKH3705 به ترتیب با میانگین های ١٨٠٩/١٦ و ١١٨٧ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد روغن دانه را به خود اختصاص دادند (جدول ٨). در شرایط عدم کاربرد روی رقم GK-Gabriella با میانگین ٢٥٧٣/٥٠ کیلوگرم در هکتار و در تراکم های ٦٠ و ٨٠ بوته در متر مربع رقم GKH3705 به ترتیب با میانگین ١٧٨٢/٣٣ و ١١٤٥کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد روغن دانه را نشان دادند (جدول ٨). از آنجایی که عملکرد روغن از حاصل ضرب عملکرد دانه در درصد روغن دانه حاصل می شود (لانسیته و همکاران، ۲۰۰۸) و از طرفی همبستگی و رابطه مستقیم بین عملکرد دانه با عملکرد روغن وجود دارد، بنابراین بالاترین عملکرد روغن نیز در شرایط کاربرد روی و تراکم ٤٠ بوته در متر مربع حاصل شده است.

دمای کانوپی

در این بررسی تفاوت معنی‌داری از نظر دمای کانوپی در سطوح مختلف روی (Zn) مشاهده شد. مقایسه میانگین اثر متقابل تراکم بوته×رقم×روی نشان می دهد که ارقام مورد آزمون در سطوح مختلف فاکتورهای آزمایش از لحاظ صفت مذکور در گروه‌های متفاوت آماری واقع شدند. درشرایط کاربرد روی و در تراکم ٤٠ و ٦٠ بوته در متر مربع رقم Neptune به ترتیب با میانگین ٢٨/٨٦ و ٣١/١٨ سانتی گراد و در تراکم ٨٠ بوته در متر مربع رقم GK-Gabriella با میانگین ٣٤/٣٣ سانتی گراد بیشترین دمای کانوپی را به خود اختصاص دادند (جدول ٨). در شرایط عدم کاربرد روی و در تراکم ٤٠ بوته در متر مربع ارقام Neptune و GKH0224 به ترتیب با میانگین ٢٩/٣٦ و ٢٩/٢٦ سانتی گراد، در تراکم ٦٠ بوته در متر مربع رقم Neptune با میانگین ٣١/٦٦ سانتی گراد و در تراکم ٨٠ بوته در متر مربع رقم GK-Gabriella با میانگین ٣٤/٥٣ سانتی گراد بیشترین دمای کانوپی را به خود اختصاص دادند (جدول٨). افزایش درجه حرارت کانوپی به دلیل افزایش تنفس و کاهش تعرق اتفاق می افتد. افزایش درجه حرارت کانوپی در مرحله پر شدن دانه اهمیت ویژه ای پیدا می کند، زیرا در زمان پر شدن دانه به دلیل افزایش تشعشع و درجه حرارت و کاهش رطوبت نسبی محیط، کاهش درجه حرارت کانوپی شرایط را برای پر شدن دانه فراهم می کند. با کاهش آب، روزنه گیاهان به تدریج بسته شده، تعرق کاهش یافته و دمای کانوپی افزایش می یابد. تعرق باعث می شود که درجه حرارت کانوپی بیشتر از درجه حرارت محیط تنزل پیدا کند، میزان این کاهش با هدایت روزنه ای ارتباط دارد که مستقیما به وسیله مکانیزم های خود تنظیمی مانند متابولیت های فتوسنتزی و انتقال آوندی، تحت اثر قرار می گیرد. تراکم های مطلوب باعث سایه اندازی، حفظ رطوبت خاک، کاهش تبخیر از سطح خاک، افزایش راندمان مصرف آب و افزایش رطوبت نسبی کانوپی می شود، در نتیجه دمای کانوپی کمتر می شود (آنتونی و رنه ۲۰۰۸). تحقیقات نشان می دهد کاربرد عناصرغذایی پتاسیم، روی و بور موجب افزایش شاخص سطح برگ در گیاه گندم شد (زارع و همکاران ۲۰۱۳؛ معینیان و همکاران، ۲۰۱۱ و خان و همکاران، ۲۰۰۸) که می تواند دلیلی بر تأثیر مثبت این عناصر بر بالا رفتن میزان تبخیر و تعرق و کاهش دمای سایه انداز گیاهی نسبت به محیط باشد.

جدول۸- مقایسه میانگین اثر متقابل روی(Zn)×تراکم بوته×رقم (به روش برش دهی)

روی (Zn)	تراکم	ارقام	ارتفاع (سانتی متر)	تعداد دانه در خورجین اصلی	تعداد دانه در خورجین فرعی	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد روغن دانه (کیلوگرم در هکتار)	دمای کانوپی (سانتی گراد)
عدم کاربرد روی (Zn)	۴۰ بوته در متر مربع	GKH3705	۱۵۳/۷۸c	۲۷/۲۳d	۲۲/۸۰c	c۵۷۵۲	b۲۴۰۳/۸۳	۲۸/۰۳c
		GKH2624	۱۴۷/۶۸d	۲۴/۵۱e	۲۰/۴۳d	d۴۹۴۶/۳۳	c۲۰۳۸/۸۳	۲۹/۰۶b
		GKH0224	e۱۴۶/۲۰	f۲۴	۱۹/۷۱e	e۴۶۸۳/۵۰	d۱۹۲۴/۳۳	۲۹/۲۶a
		GK-Gabriella	۱۵۶/۹۳a	۲۸/۵۰a	۲۳/۷۳a	a۶۱۰۸	a۲۵۷۳/۵۰	۲۷/۵۵d
		Neptune	۱۴۵/۰۶f	۲۳/۶۸c	۱۹/۵۰f	e۴۵۲۹/۸۳	e۱۸۵۷/۸۳	۲۹/۳۶a
		Elvis	۱۵۵/۳۵b	۲۷/۷۶b	۲۳/۲۸b	b۵۹۳۴/۸۳	a۲۵۰۶	۲۷/۸۱c
	LSD (0.05)		۱۳/۲۲	۱/۷۹	۲/۱۵	۵۲۳/۴۲	۲۴۱/۱۴	۱/۶۲
	۶۰ بوته در متر مربع	GKH3705	۱۴۳/۵۵a	۲۳/۰۶a	۱۸/۷۶a	a۴۳۴۴/۶۶	a۱۷۸۲/۳۳	۲۹/۶۶f
		GKH2624	۱۳۴/۱۸e	۱۷/۱۰e	۱۳/۱۸e	d۳۰۹۸/۶۶	d۱۲۴۷/۳۳	۳۱/۵۶b
		GKH0224	۱۳۴/۹۳d	۱۷/۴۸d	۱۳/۵۳d	d۳۱۳۵/۶۶	d۱۲۶۰	۳۱/۴۰c
		GK-Gabriella	۱۴۲/۱۰b	۲۲/۴۱b	۱۸/۰۸b	b۴۱۸۲/۶۶	b۱۷۰۸/۸۳	۲۹/۹۱e
		Neptune	۱۳۳/۶۶f	۱۶/۵۸f	۱۲/۹۰f	e۳۰۰۹/۳۳	e۱۲۰۳	۳۱/۶۶a
		Elvis	۱۳۸/۳۸c	۱۹/۹۶c	۱۶/۲۸c	c۳۵۲۷/۵۰	c۱۴۳۰/۵۰	۳۰/۷۳d
	LSD (0.05)		۱۲/۹۰	۱/۷۶	۱/۲۱	۳۵۰/۳۷	۱۷۸/۹۶	۱/۷۲
	۸۰ بوته در متر مربع	GKH3705	۱۳۲/۷۶a	۱۵/۸۱a	۱۲/۱۱a	a۲۸۶۶/۳۳	a۱۱۴۵	۳۱/۸۸f
		GKH2624	۱۲۹/۵۱c	۱۳/۶۶c	۱۰/۴۱c	c۲۴۴۳/۸۳	c۹۶۹/۳۳	۳۲/۸۶d
		GKH0224	۱۲۷/۶۱e	۱۲/۱۶e	۹/۱۰e	e۲۰۱۴	ev۹۴/۵۰	۳۳/۷۰b
		GK-Gabriella	۱۲۵/۶۸f	۱۰/۷۱f	۷/۹۰f	f۱۶۷۴/۶۶	f۶۵۵/۳۳	۳۴/۵۳a
		Neptune	۱۲۸/۴۶d	۱۳/۰۶d	۹/۷۰d	d۲۲۱۷/۱۶	d۸۷۵/۳۳	۳۳/۳۳c
		Elvis	۱۳۰/۵۵b	۱۴/۴۸b	۱۰/۹۶b	b۲۵۸۳/۸۳	6b۱۰۲۸/۱۶	۳۲/۵۰e
	LSD (0.05)		۷/۸۸	۰/۹۵	۱/۰۱	۲۰۶/۸۱	۱۱۷/۲۶	۲/۰۱
کاربرد روی (Zn)	۴۰ بوته در متر مربع	GKH3705	۱۵۴/۴۰c	۲۷/۵۰c	۲۳/۰۳c	c۵۷۹۳/۶۶	c۲۴۴۰/۶۶	۲۷/۹۳d
		GKH2624	۱۵۱/۴۳d	۲۶/۱۸d	۲۱/۸۳d	d۵۲۴۹	d۲۲۶۷/۶۶	۲۸/۴۳c
		GKH0224	۱۴۹/۸۸e	۲۵/۵۸e	۲۱/۲۸e	e۵۲۵۳/۳۳	e۲۱۷۳/۸۳	۲۸/۷۵b
		GK-Gabriella	۱۵۸/۳۳a	۲۸/۸۶a	۲۳/۸۵a	a۶۲۲۱	a۲۶۲۹/۶۶	۲۷/۴۰f
		Neptune	۱۴۹/۲۵f	۲۵/۲۳f	۲۱/۰۱f	f۵۱۳۸	de۲۱۲۱/۵۰	۲۸/۸۶a
		Elvis	۱۵۶/۳۰b	۲۸/۰۸b	۲۳/۵۵b	b۶۰۲۰/۶۶	b۲۵۳۰/۱۶	۲۷/۷۰e
	LSD (0.05)		۱۲/۶۲	۲/۴۵	۲/۲۴	۵۴۵/۱۲	۲۵۸/۷	۱/۷۷
	۶۰ بوته در متر مربع	GKH3705	۱۴۴/۴۰a	۲۳/۱۴a	۱۹/۱۱a	a۴۴۰۵	a۱۸۰۹/۱۶	۲۹/۵۰f
		GKH2624	۱۳۶/۷۰e	۱۸/۹۱e	۱۴/۸۳e	d۳۳۴۳/۶۶	d۱۳۵۱	۳۱/۱۰b
		GKH0224	۱۳۷/۰۸d	۱۹/۳۱d	۱۵/۳۸d	d۳۳۷۶/۱۶	d۱۳۶۰/۶۶	۳۰/۹۸c
		GK-Gabriella	۱۴۲/۷۸b	۲۲/۷۳b	۱۸/۳۶b	b۴۲۶۵/۸۳	b۱۷۴۹/۱۶	۲۹/۸۱e
		Neptune	۱۳۶/۱۶f	۱۸/۳۳f	۱۴/۳۳f	e۳۲۹۷/۶۶	e۱۳۳۲/۶۶	۳۱/۱۸a
		Elvis	۱۳۹/۱۶c	۲۰/۴۱c	۱۶/۷۰c	c۳۶۹۷/۵۰	c۱۴۹۵/۵۰	۳۰/۴۵d
	LSD (0.05)		۱۳/۱۵	۱/۸۴	۱/۵۴	۲۸۳/۵۴	۱۷۱/۷۶	۱/۲۷
	۸۰ بوته در متر مربع	GKH3705	۱۳۳/۱۶a	۱۶/۱۰a	۱۲/۵۱a	a۲۹۷۳/۵۰	a۱۱۸۷	۳۱/۷۶f
		GKH2624	۱۲۹/۹۸c	۱۴/۰۵c	۱۰/۷۳c	c۲۵۳۸/۵۰	c۱۰۰۵/۸۳	۳۲/۶۶d
		GKH0224	۱۲۸/۰۸e	۱۲/۵۸e	۹/۴۱e	e۲۱۲۸	e۸۳۹	۳۳/۵۵b
		GK-Gabriella	۱۲۶/۲۶f	۱۱/۱۱f	۸/۲۰f	f۱۸۰۱	f۷۰۶	۳۴/۳۳a
		Neptune	۱۲۹/۰۱d	۱۳/۲۸d	۱۰/۰۵d	d۲۳۶۰	d۹۳۳/۸۳	۳۳/۰۱c
		Elvis	۱۳۱/۰۳b	۱۴/۶۳b	۱۱/۲۸b	b۲۶۹۰/۸۳	b۱۰۷۰	۳۲/۳۵e
	LSD (0.05)		۹/۱۰	۱/۴۰	۱/۰۴	۲۵۵/۸۵	۹۸/۸۸	۱/۸۹

حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی دار بر اساس آزمون حداقل تفاوت معنی دار می باشد

با توجه به نتایج بدست آمده از صفت دمای کانوپی می توان بیان داشت با افزایش تراکم بوته دمای کانوپی افزایش معنی داری یافته وارقامی که دارای دمای کانوپی بیشتری هستند، عملکرد دانه و روغن کمتری دارند هم چنین کاربرد روی سبب جلوگیری از افزایش شدید دمای کانوپی شده است. نتایج این مطالعه با یافته های آرائوس و همکاران (۲۰۰۸) که نشان داند هنگامی که فشار بخار هوا بیشتری وجود دارد، دمای کانوپی افزایش یافته و عملکرد دانه کاهش می یابد در توافق است.

میزان کلروفیل در مرحله خورجین دهی

میانگین میزان کلروفیل در شرایط کاربرد و عدم کاربرد روی به طور معنی‌داری متفاوت بود. کاربرد روی سبب افزایش ۳/۵ درصدی میزان کلروفیل در مقایسه با عدم کاربرد آن شد (جدول ٦). در بین ارقام مورد بررسی تفاوت معنی‌داری از نظر میزان کلروفیل در تراکم های مختلف بوته وجود داشت. در تراکم٤٠ بوته در متر مربع ارقام GK-Gabriella ، Elvis و GKH3705 به ترتیب با میانگین ۱/۹٦، ۱/۹۰ و ۱/۸۷ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ بیشترین میزان کلروفیل را دارا بودند ، در تراکم ٦٠ بوته در متر مربع ارقام GKH3705 و GK-Gabriella به ترتیب با میانگین ۱/۵۹ و ۱/۵٤ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ ودر تراکم ۸۰ بوته در متر مربع ارقام GKH3705، Elvis و GKH2624 به ترتیب با میانگین ۱/۱۲، ۱/۰٤ و ۱ میلی گرم بر گرم وزن تر برگ بیشترین میزان کلروفیل را نشان دادند (جدول ۷). مجنون حسینی و همکاران (۲۰۰۳) مشاهده کردند که با افزایش تراکم، میزان کلروفیل از روند کاهشی برخوردار بود که این امر می تواند از عوامل درونی گیاه بر اثر رقابت بوته ها برای جذب عناصر غذایی خاک ناشی شود. در مطالعه وانگ و دان مشخص‌شده است که روی با تاثیر بر میزان کلروفیل برگ‌ها وافزایش سنتز ایندول استیک اسید باعث تاخیر در پیری گیاه و در نتیجه طولانی شدن دوره فتوسنتزمی شود. این امر باعث بهبود تولید کربوهیدرات ها و انتقال آنها به غلاف ها ودانه های درحال رشد شده و عملکرد و ماده خشک در گیاه را افزایش می دهد (ونگ و دان، ۲۰۰٦).

نتیجه گیری

نتایج آزمایش نشان داد که کلیه ارقام مورد آزمون، پاسخ مثبتی به کاربرد روی در تراکم های بوته مختلف، به ویژه در تراکم ٤٠ بوته در متر مربع نشان دادند. افزایش تراکم بر روی عملکرد و اجزای عملکرد تأثیرگذار بود که بیانگر واکنش متفاوت ارقام نسبت به تراکم های مختلف بوته است به نحوی که در تراکم ٤٠ بوته در متر مربع رقم GK-Gabriella و در تراکم ٦٠ و ۸۰ بوته در متر مربع، رقم GKH3705 دارای بالاترین عملکرد دانه و روغن می باشند. اگرچه اثرات ساده سال در بعضی از صفات معنی دار بود اما واکنش ارقام در هر دو سال نسبت به فاکتورهای آزمایش یکسان بود. با توجه به معنی دار شدن اثر ساده محلول پاشی بر عملکرد دانه می توان نتیجه گرفت یکبار محلول پاشی در مرحلهٔ خورجین دهی می تواند نیاز گیاه را تأمین نماید. بررسی اثر ساده محلول پاشی روی بر عملکرد روغن نشان می دهد که کاربرد روی بر عملکرد روغن معنی دار بوده و کاربرد روی نسبت به عدم کاربرد روی ۵/۸ درصد (به طور دقیق ۸۹/۹۰ کیلوگرم) عملکرد روغن را بهبود داده است. هزینه محلول پاشی ۱/۹۲۰/۰۰۰ ریال بوده و در حال حاضر نیز قیمت هر کیلوگرم روغن کلزا ۳۵۰/۰۰۰ ریال می باشد. بنابراین در این مطالعه کاربرد روی توانسته است ۲۹/۵٤۵/۰۰۰ ریال بهره وری اقتصادی درهکتار بوجود بیاورد. شایان ذکر است این میزان از بهره وری برای دو سال آزمایش می باشد. در انتها برآیند نتایج بدست آمده نشان داد که رقم جدید GK-Gabriella در تراکم ٤٠ بوته در متر مربع و در شرایط کاربرد روی دارای بالاترین عملکرد دانه و روغن بوده و به عنوان مناسب ترین رقم جهت کشت در منطقه کرج معرفی می گردد.

منابع

برادران، ر، مجیدی هروان، ا، درویش، ف و عزیزی، م.۱۳۸۵. بررسی روابط همبستگی و تجزیه ضرایب مسیر مابین عملکرد و اجزای عملکرد در کلزا (*Brassica napus* L.). علوم کشاورزی، سال ۱۲، شماره ٤، صفحه ۸۱۹-۸۱۱.

حسیبی، پیمان. ۱۳۸٦. بررسی فیزیولوژیکی اثر تنش سرما در مرحله گیاهچه ای ژنوتیپ های مختلف برنج. رساله دکتری تخصصی. دانشگاه شهید چمران اهواز. صفحه۱٤۵.

عرب اول، م.، کامبوزیا، ج.، رضائی، ع. و ابراهیمی، م.ع. ۱۳۷۹. بررسی اثر تاریخ کاشت روی خصوصیات فیزیولوژیکی و عملکرد چند رقم کلزا در منطقه خوزستان. خلاصه مقالات ششمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران، دانشگاه مازندران، بابلسر. صفحه ۱۵۳.

عزیزی، م.، ا. سلطانی و ش. خوری خراسانی. ۱۳۸۵.کلزا، فیزیولوژی، زراعت، به نژادی و تکنولوژی زیستی (ترجمه). تالیف. دی کیمبر و مک گرگور. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، صفحه ۲۳۰.

فانی اخلاق، ا، دانشیان، ج،۱۳۹۵. تأثیر کاربرد روی و منگنز بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام کلزای پاییزه در گیلان.مجله یافته های نوین کشاورزی،سال ۱۰، شماره۳ صفحه ۱۹۱-۱۷۹.

قاضیان تفریشی، ش. ۱۳۸۳. بررسی اثر سطوح مختلف پتاسیم و روی بر عملکرد، اجزای عملکرد وکیفیت دانه ارقام مختلف کلزا پایان نامه کارشناسی‌ارشد از دانشگاه مازندران . شماره۱، صفحه ۸۵۷.

محبوبی، م.، یوسف ناصری، م.، صلاحی،م ومصنعی،ه.،۱۳۹٦. تأثیر سطوح مختلف گوگرد و روی بر رشد، عملکرد و اجزای عملکرد کلزا رقم RGS در منطقه گنبد. مجله پژوهش های به زراعی، سال نهم،شماره ۱، ۳۸-۱۹.

مرشدی، آ.و ح.نقیبی.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، شماره۳: ۱۵-۲۲.

ملکوتی، .ج .م و.م. تهرانی.۱۳۷۸. نقش‌ریز مغذی ها در افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی. چاپ سوم، انتشارات دانشگاه تربیت مدرس. شماره ۸۹ صفحه۳۹۸.

Alloway B.J. 2008. Zinc in soils and crop nutrition. Second edition. Published by IZA and IFA, Brussels, Belgium and Paris, France. 139 p.

Angadi, H. W. C., McConkey, B. G. and K. Gan. 2003. Yield adjustment by canola Grown at different plant population under semiarid conditions. J. Agro. Crop Science. 43: 1358-1366.

Anonymous. 2016. Iran Metrological Organization, Karaj station. Average temperature and precipitation data during 2014-2016 growing season.

Araus, J. L., Slafer, G. A., Royo, C. and Serret, M. D. 2008. Breeding for yield potential and stress. Adaptation in cereals. Critical Reviews in Plant Sciences 27:377–412.

Arnon, A. N. 1967. Method of extraction of chlorophyll in the plants. Agronomy Journal, 23:112-121.

Baybordy A, Mamedov G. 2010. Evaluation of Application methods efficiency of zinc and iron for canola (*Brassica napus* L.). Not. Science Biology, 2(1):94-103.

Cakmak, I. 2008. Enrichment of cereal grains with zinc: Agronomic or genetic biofortification. Plant and Soil. 302(1-2):1-17.

Danesh-Shahraki, A., Kashani, A., Mesgarbashi, M., Nabipour, M., and Koohi-Dehkordi, M. 2008. The effect of plant densities and time of nitrogen application on some agronomic characteristic of rapeseed. Pajouhesh and Sazandegi 79: 10-17. (In Persian with English Summary).

Eilkaee, M., Emam, Y. 2003. The effect of plant density on yield and yield components of two winter rapeseed cultivar (*Brassica napus* L.). Iranian Agricultural Science. 34(3), 509-515. (In Persian with English Summary).

Grant, C.A., g. w. Clayton, and A.M. Johnston. 2003. Sulphur fertilizer and tillage effects on canola seed quality in the Black soil zone of western Canada. Canadian Journal of Plant Science 83:745-758.

Grant, G. A., and Baily. L.D. 1998. Fertility management in canola. Production. Canadian Joplin Science. 73:651-870.

Hassan, M. J., Zhang, G., WU, F., Wei, K., and Chen, Z. (2005) Zinc alleviates growth inhibition and oxidative stress caused by cadmium in rice. Journal of Plant Nutrition Soil Science 168: 255-261.

Javanmard, H., Shirani Rad, A., Bani Taba, A. and Naderi Darbaghshahi, M. 2009. Effect of planting pattern on yield and yield components of spring rapeseed in Esfahan. Proceedings of 10th Crop Science Congress of Iran. Seed and Plant Improvement Institute, Karaj, Iran.

Khajehpour, M. 2012. Industrial Plants Edit 5th 564 pp Jahad-e-Daneshgahi industrial unit of Isfahan. Isfahan, Iran.

Khan, M.A., Fuller, M.P., and Baluch, F.S. 2008. Effect of Soil Applied Zinc Sulphate on Wheat (Triticum aestivum L.) Grown on a Calcareous Soil in Pakistan. Cereal Res. Communications., 36: 4. 571–582.

Kumawat, R. N., Rathore, P. S., Nathawat, N. S. and M. Mahata. 2006. Effect of sulfur and iron on enzymatic activity chlorophyll content of Mungbean. Journal of Plant Nutrition 29: 1451- 1467.

Laansite, P., Joudu, J., Eremeev, V., and Maeorg, E. 2008. Effect of sowing date and increasing sowing rates on plant density and yield of winter oil seed rape (*Brassica napus* L.) under Nordic climate conditions. Acta Agriculture Scandinavica Section B-Soil and Plant Science 58(4): 330-335.

Leach, J.E., H.J. Stevenson, A.J. Rainbow and L.A.Mullen.1999. Effects of high plant populations on the growth and yield of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.). International Journal of agriculture sciences. 132(2):173-180.

Malakouti, M. J. and Tehrani, M. M. 2001. Effects of Micronutrients on Yield and Quality of Agricultural Products 'Micro Nutrients with Macro Effects'. Second edn. Tarbiat Modares Univ.Press, 299-308.

Martin, R.J., and Deo, B. 2000. Effect of plant population on *Calendula officinalis* flower production. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science 28(1): 37-44.

Moeinian, M.R., Zargari, K., and Hassanpour, J. 2011. Effect of boron foliar spraying application on quality characteristics and growth parameters of wheat grain under drought stress. American-Eurasian J. Agri. Enviro. Sci., 10 (4): 593-599.

Niaounakis, M. and Halvadakis, C.P. 2006. Olive processing waste management: Literature review and patent survey pergamon press oxford, 10 (4):95-100.

Ozoni Davaji, A.2006. Effects of plant density and planting pattern on yield, yield components and growth indices of apetalous flowers and petalled rapeseed (*Brassica napus* L.). M. Sc. Thesis. Faculty of agriculture college, Guilan University. Iran. 133 p.

Rahman, I., Ahmad, H., Sirajuddin, I., Ahmad, I., Abbasi, F.M., Islam, M., Ghafoor, S., 2009. Evaluation of rapeseed genotypes for yield and oil quality under rainfed conditions of district Mansehra. African Journal of Biotechnology. 8 (24), 6844-6849.

Shahraki, M. 2011. Technical Instruction of Rapeseed Cultivation in Sistan and Balouchestan Province. Agriculture Department of Sistan and Balouchestan Province. Zahedan, Iran 57 pp. (In Persian)

Siavashi, K., R. Soleimani and M. J. Malakouti. 2004. Effect of zinc sulfate application times and methods on grain yield and protein content of chickpea in rainfed conditions. Iran. J. Soil Water. 18(1): 42-49. (In Persian with English summary).

Vetaas, O.R. and Gerytnes, J.A. 2002. Distribution of vascular plant species richness and endemic richness along the Himalayan elevation gradient in Nepal. Global Ecology and Biogeography, 11:291-301.

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.

Xiao, X., Xu, X. and Yang, F. 2008. Adaptive responses to progressive drought stress in two Populus cathayana populations. Silva Fennica. 42: 705–719.

Yaghoubi, S., and Aghaalikhani, M. 2011. Effect of control durations and weeds natural population interference on yield and yield components of rapeseed (*Brassica napus* L.). Iranian Journal of Field Crops Research 9(4): 659-669. (In Persian with English Summary).

Zabarjadi, A.R., and Ghobadi, M. 2009. Response of yield and yield components of canola cultivars to different seeding rates in dryland conditions of Kermanshah province. Journal of Plant Production and Technology 9(1): 45-53. (In Persian with English Summary).

Zare, M., Zadehbagheri, M., and Azarpanah, A. 2013. Influence of potassium and boron on some traits in wheat (*Triticum aestivum* cv. Darab 2). Int. J. Biotechnol., 2: 141-153.

Study of plant density and zinc application on some agronomic characteristics of 6 winter canola cultivars

M. Agha Mohammad Reza[1], F. Paknejad[1], A.H. Shirani Rad[2], M.R. Ardakani[1], A. Kashani[1]

Received: 2018-11-21 Accepted: 2019-6-22

Abstract

In order to evaluate the reactions of advanced winter canola cultivars to the plant density with zinc application, an experiment was done within a factorial split-plot arrangement based on RCBD with 3 replications during two years (2015-2016 and 2016-2017) in the seed and plant improvement institute, Karaj, Iran. The experiment factors were plant density including 40, 60 and 80 plants/m^2, zinc application including non-application and application zinc sulphat at concentration 0.3% in silique stage were considered main plots and six canola cultivars as sub plots consisted of GKH3705, GKH2624, GKH0224, GK-Gabriella, Neptune and Elvis. The results showed that the simple effect of zinc application increased of oil yield by 5.8% and also, considering the charge of zinc foliar application and rate of oil rapeseed can be said zinc application has increased the economic productivity by 29/545/000 Rials per hectare. In this research, GK-Gabriella cultivar in the 40 plants/m^2 and zinc application condition with an average of 6221 and 2629/66 kg/ha, had highest seed and oil yield respectively. The results of quantitative and qualitative traits of the cultivars in this study showed that the fewer plant density and in the application conditions, the desired seed and oil yield could be achieved.

Key words: Canola cultivars, oil yield, seed yield, yield components

1- Department of Agronomy, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran
2- Professor of Seed and Plant Improvement Institute (SPII), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran