

محلول پاشی سلنیوم و روی به منظور بهبود عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های کلزا در شرایط تاریخ‌های کشت رایج و تأخیری

علیرضا گوهریان^۱، امیرحسین شیرانی راد^{۲*}، پیام معاونی^۳، حمید مظفری^۳، بهزاد ثانی^۳

تاریخ دریافت ۹۸/۷/۱۶ تاریخ پذیرش: ۹۸/۹/۱۰

۱- دانشجوی دکتری، گروه زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهر قدس، تهران

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

۳- استادیار، گروه زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهر قدس، تهران

*مسئول مکاتبه: Email: shiranirad.amirhossein@gmail.com

چکیده

اهداف: به منظور بررسی پاسخ ژنوتیپ‌های کلزا به محلول‌پاشی ریزمغذی‌ها و تاریخ کاشت آزمایشی دو ساله (۱۳۹۵-۱۳۹۳) در کرج انجام شد.

مواد و روش‌ها: آزمایش بصورت فاکتوریل-کرت خرد شده در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. عامل اول شامل سه تاریخ کاشت ۱۵ مهر (رایج)، ۲۵ مهر و ۵ آبان (تأخیری)، عامل دوم شامل چهار سطح محلول‌پاشی با آب خالص (شاهد)، سلنیوم (۱/۵ درصد)، روی (۱/۵ درصد)، سلنیوم و روی (۱/۵ درصد)، و عامل سوم پنج ژنوتیپ اس دبلویو ۱۰۲، احمدی، جی کی اچ ۲۶۲۴، جی کی-گابریلا و اکاپی بود. تاریخ کاشت و محلول‌پاشی به صورت فاکتوریل در کرت‌های اصلی و ژنوتیپها بصورت کرت خرد شده در کرت‌های فرعی قرار گرفتند.

یافته‌ها: تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین، طول خورجین، وزن دانه، بیوماس، عملکرد دانه و روغن به طور معنی‌داری تحت تأثیر تاریخ کاشت، محلول‌پاشی و ژنوتیپ قرار گرفتند. نتایج نشان داد که در تیمارهای محلول‌پاشی بیشترین عملکرد دانه و روغن به ترتیب با ۳۶۹۲ و ۱۵۱۲ کیلوگرم در هکتار مربوط به محلول‌پاشی سلنیوم و روی بود. میانگین عملکرد دانه و روغن ژنوتیپ‌های کلزا در تاریخ کاشت ۲۵ مهر ۴۵/۷ و ۴۹ درصد و در تاریخ کاشت ۵ آبان ۵۲/۵ و ۵۲ درصد نسبت به تاریخ کاشت ۱۵ مهر کاهش یافتند.

نتیجه‌گیری: نتایج نشان داد که در شرایط اقلیمی کرج در تاریخ کاشت ۱۵ مهر ژنوتیپ جی کی-گابریلا و در تاریخ‌های کاشت ۲۵ مهر و ۵ آبان ژنوتیپ جی کی اچ ۲۶۲۴ با محلول‌پاشی سلنیوم و روی می‌توانند بیشترین عملکرد دانه و روغن را تولید کنند.

واژه‌های کلیدی: رقم، عملکرد دانه، عملکرد روغن، عناصر ریزمغذی، کشت تأخیری

Foliar Application of Selenium and Zn to Improve the Yield and Yield Components of Rapeseed Genotypes under Conventional and Delayed Sowing Dates

Alireza Goharian¹, Amir Hosein Shirani Rad^{2,*}, Payam moaveni³, Hamid Mozafari³, Behzad Sani³

Received: Accepted:

1- PhD. Student, Dept. of Agronomy, Shahr-e-Ghods Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

2- Prof. of Seed and Plant Improvement Institute (SPII), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.

3- Assist Prof., Dept. of Agronomy, Shahr-e-Ghods Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

*Corresponding Author Email: shiranirad.amirhossein@gmail.com

Abstract

Background & Objective: A two-year trial (2014-2016) was carried out to investigate the response of rapeseed genotypes to foliar application and sowing date in Karaj, Iran.

Materials & Methods: Factorial-split plot arrangement of the treatments was set up as a randomized complete block design with three replications. The first factor consisted of three sowing dates of 7 October (well-timed sowing) 17 October, and 27 October (delayed), the second factor consisted of four levels of foliar application with pure water (control), selenium (1.5%), Zn (1.5%), and selenium and Zn (1.5%), and the third factor was the five genotypes including Ahmadi, SW102, Okapi, GKH2624, and GK-Gabriella. Sowing date and foliar application were factorial in main plots and genotypes as split plot in subplots.

Results: Number of silique per plant, number of grain per silique, length of silique, grain weight, biomass, and grain and oil yields were significantly affected by the sowing date, foliar application, and genotype. Among the foliar application treatments, results showed that the highest grain and oil yields with an average of 3692 and 1512 kg.ha⁻¹ were related to selenium and Zn, respectively. The average grain and oil yields of rapeseed genotypes decreased by 45.7 and 49% on 17 October and by 52.5 and 52% on 27 October compared to 7 October.

Conclusion: The results indicated that GK-Gabriella genotype sown on 7 October and GKH2624 genotype sown on 17 and 27 October treated with selenium and Zn could produce the highest grain and oil yields under Karaj climate condition.

Keywords: Cultivar, Delayed Sowing, Grain Yield, Micronutrients, Oil Yield.

مقدمه

روغنی در دنیا است. بر اساس آخرین گزارش منتشر شده از طرف سازمان جهاد کشاورزی (وزارت جهاد کشاورزی ۲۰۱۷) کل سطح زیر کشت کلزا در کشور معادل ۱۰۲ هزار هکتار می باشد که تولیدی معادل ۱۸۱ هزار تن داشته است. این در حالی است که طبق آخرین

کلزا با نام علمی *Brassica napus* L. یکی از گیاهان دانه روغنی مهم در دنیا به شمار رفته (نووساد و همکاران ۲۰۱۶ و عینی نرگسه و همکاران ۲۰۱۹a) و پس از نخل روغنی و سویا سومین محصول زراعی دانه

برای کاشت تأخیری را شناسایی و معرفی کرد، این امکان فراهم می‌شود که از شدت خسارت ناشی از سرمای ابتدای فصل کاسته و سطح زیر کشت کلزا در این مناطق افزایش یابد. در تحقیقی ناظری و همکاران (۲۰۱۸) عملکرد کمی و کیفی ارقام مختلف کلزا را در شرایط تاریخ کشت معمول (۱۵ مهر) و تأخیری (۵ آبان) در کرج ارزیابی کرده و گزارش کردند که ۲۰ روز تأخیر در کاشت کلزا موجب کاهش ۶۰ درصدی عملکرد ارقام مورد بررسی شد. در یک تحقیق دیگر مرادی اقدم و همکاران (۲۰۱۸) عملکرد کمی و کیفی پنج ژنوتیپ کلزا در دو تاریخ کاشت ۱۵ مهر و ۱۰ آبان (به ترتیب تاریخ کشت مناسب و تأخیری) را بررسی کردند و نشان دادند که ژنوتیپ‌های اس دلبیو ۱۰۲ و HW1 بیشترین عملکرد دانه (۳۸۷۷ و ۳۸۰۱ کیلوگرم در هکتار) را تولید کردند و در نتیجه برای کشت در شرایط تأخیری این ژنوتیپ‌ها را قابل توصیه دانستند.

با وجودی که عناصر ریزمغذی به طور مستقیم در متابولیسم گیاهان و تکمیل چرخه زندگی آن‌ها درگیر نیستند، این عناصر یک نقش حیاتی و مهم در بهبود رشد رویشی و زایشی گیاهان بخصوص تحت شرایط تنش‌های بیولوژیکی و محیطی ایفا می‌کنند (حاجی بلند ۲۰۱۲). روی (Zn) به عنوان یک عنصر ریزمغذی در بسیاری از فرآیندهای بیولوژیکی گیاهان نقش مهم و اساسی داشته و برای رشد و تولید مثل مناسب گیاهان و سلامت حیوان و انسان ضروری است؛ اگرچه ممکن است در مقادیر بیش از حد موجب آلودگی زنجیره‌های خاک، آب و مواد غذایی شود (لبورگ و همکاران ۱۹۹۸ و کاکمک و همکاران ۲۰۰۸). از نقطه نظر زراعی نیز افزایش محتوای روی در بذر یک عامل کیفی مطلوب به شمار می‌رود و عملکرد کمی و کیفی گیاهان زراعی در شرایط کمبود روی ممکن است کاهش یابد (نولاس و همکاران ۲۰۱۸). این عنصر یک عامل برای کاهش تنش در سیستم

گزارش سازمان خواربار و کشاورزی جهانی^۱ کل تولید کلزا در دنیا ۷۶/۲ میلیون تن می‌باشد که از سطحی معادل ۳۴/۷ میلیون هکتار به دست آمده است (فائو ۲۰۱۷). این گیاه دانه روغنی با توجه به خصوصیات زراعی مناسب خود می‌تواند به عنوان یک محصول زراعی جایگزین برای تناوب‌ها زراعی مبتنی بر غلات مخصوصا در مناطقی با اقلیم‌های خشک و نیمه خشک بکار برده شود (حمزه‌ئی و سلطانی ۲۰۱۲). کلزا عمدتاً به دلیل محتوای زیاد روغن (۴۰-۴۵ درصد) مورد توجه کشاورزان قرار می‌گیرد، و یکی از روغن‌های خوارکی و سالم به دلیل محتوای کم اسیدهای چرب اشباع شده^۲ (۷٪)، محتوای بالای اسیدهای چرب تک اشباع نشده^۳ (۶۰٪) و محتوای کافی از اسیدهای چرب چند اشباع نشده^۴ (۱۲٪) به شمار می‌رود (استارنر و همکاران ۱۹۹۹).

کلزا علیرغم اهمیتش در کاهش واردات روغن، سطح زیر کشت کمی در کشور دارد. اما با راهبردهای مختلف از جمله انتخاب ژنوتیپ مناسب می‌توان به عملکرد کمی و کیفی مطلوب دست یافت. پاسخ ژنوتیپ‌ها به محیط تحت عنوان برهمکنش ژنوتیپ × محیط شناخته می‌شود (منصور و همکاران ۲۰۱۷) و بر عملکرد و اجزای عملکرد کلزا موثر است (عینی نرگسه و همکاران ۲۰۱۹b) و مرادبیگی و همکاران (۲۰۱۹). با توجه به احتمال تأخیر در کشت کلزا به دلیل برداشت محصولات قبلی ریسک سرمایه‌گذاری ابتدای فصل افزایش می‌یابد و تاریخ کاشت به عنوان یک عامل محیطی مهم عملکرد کلزا را تحت تأثیر قرار می‌دهد (کوتروباس و پاپادوسکا ۲۰۰۵ و صفوی فرد و همکاران ۲۰۱۸b). به همین دلیل ارزیابی پاسخ ژنوتیپ‌های کلزا به کاشت تأخیری و گزینش ژنوتیپ‌هایی که پایداری عملکرد بالایی در این شرایط دارند می‌تواند اثرات قابل توجهی بر توسعه کشت این محصول زراعی داشته باشد (مرادی اقدم و همکاران ۲۰۱۹). در این شرایط اگر بتوان ژنوتیپ‌های مناسب

³ Monounsaturated Fatty Acids

⁴ Polyunsaturated Fatty Acids

¹ Food and Agriculture Organization of the United Nations

² Saturated Fatty Acids

بوته، تعداد دانه در خورجین، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، و درصد روغن کلزا شد.

تحقیق حاضر با هدف شناسایی ژنوتیپ‌های برتر از نظر عملکرد دانه و روغن در شرایط کاشت در تاریخ‌های رایج و تأخیری و بررسی تأثیر محلول پاشی عناصر ریز مغذی (سلنیوم و روی) به منظور افزایش عملکرد دانه و روغن کلزا در کشت تأخیری انجام شد.

مواد و روش‌ها

آزمایش به صورت دو ساله (۱۳۹۴-۱۳۹۳ و ۱۳۹۵-۱۳۹۴) در مزرعه تحقیقاتی موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج انجام شد. محل آزمایش (کرج) در ارتفاع ۱۳۲۱ متر از سطح دریا با مختصات جغرافیایی $35^{\circ}59'$ عرض شمالی و $50^{\circ}75'$ طول شرقی قرار گرفته است و بر اساس آمار بلند مدت ۳۰ ساله سازمان هواشناسی، میانگین بارش سالانه آن ۲۴۳ میلی‌متر است که بارش‌ها عمدتاً در اواخر پاییز و اوایل بهار هستند. داده‌های آب و هوایی روزانه محل اجرای آزمایش در طول دوره رشد کلزا در جدول ۱ ارائه شده است.

گیاه است و هر عاملی که بر کارایی آن در گیاه تأثیر داشته باشد، رشد و متابولیسم گیاه تحت تأثیر قرار می‌گیرد (نولاس و همکاران ۲۰۱۸). در تحقیقی شهسواری و همکاران (۲۰۱۴) نتیجه گرفتند که کاربرد روی به عنوان یک عنصر ریز مغذی باعث افزایش چشمگیر عملکرد و محتوای روغن در کلزا شد. سلنیوم (Selenium) نیز به عنوان یک عنصر ریز مغذی دیگر در غلظت‌های کم می‌تواند از طریق افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی موجب افزایش مقاومت به تنش اکسیداتیو شود که این امر تأثیر مثبتی در کاهش پراکسیداسیون لیپیدها دارد (سپانن و همکاران ۲۰۰۳ و ژو و همکاران ۲۰۰۱). کاربرد سلنیوم باعث افزایش متابولیسم کربوهیدرات‌ها شده (ژو و همکاران ۲۰۰۴) و در شرایط تنش‌های محیطی از تخریب کلروفیل گیاهان جلوگیری می‌کند (سپانن و همکاران ۲۰۰۳). علاوه بر این، گلوکاتیون به عنوان یکی از اجزای مهم تشکیل دهنده کلروفیل تحت تأثیر سلنیوم قرار می‌گیرد که احتمالاً این فرآیند از طریق مکانیسم‌های تولید، موجب افزایش میزان فتوسنتز و در نتیجه افزایش عملکرد می‌شود (والادارس و همکاران ۲۰۰۸). یافته‌های بای‌بوردی (۲۰۱۶) نشان داد که کاربرد سلنیوم موجب افزایش ارتفاع بوته، تعداد خورجین در

جدول ۱- بارش، دمای کمینه و بیشینه روزانه در دو سال زراعی ۱۳۹۴-۱۳۹۳ و ۱۳۹۵-۱۳۹۴ در طول دوره

رشد کلزا در کرج

ماه	۱۳۹۳-۹۴			۱۳۹۴-۹۵		
	دمای کمینه (oC)	دمای بیشینه (oC)	بارش (mm)	دمای کمینه (oC)	دمای بیشینه (oC)	بارش (mm)
مهر	۸/۹۲	۱۹/۹۲	۵/۰۱	۱۱/۱۵	۲۳/۴۱	۳/۲
آبان	۳/۴۲	۱۲/۵۶	۳۱/۴۱	۷/۰۸	۱۵/۳۲	۷۷/۴۱
آذر	۱/۵۷	۱۰/۴۹	۲۲/۸	۰/۶۸	۸/۸۳	۲۸/۶۱
دی	۰/۰۴	۱۰/۴	۲/۹	-۰/۰۲	۹/۹۸	۱۵/۶۱
بهمن	۱/۳۰	۱۱/۷۱	۲۴/۷۲	-۰/۳۶	۱۰/۰۸	۸/۷۱
اسفند	۳/۶۶	۱۵/۱۸	۳۰/۱۴	۵/۹۳	۱۷/۱۹	۱۳/۸۱
فروردین	۹/۶۹	۲۲/۶۲	۱۴/۲	۶/۱۱	۱۷/۵۱	۷۷/۷
اردیبهشت	۱۳/۶۷	۲۹/۶۲	۹/۳۴	۱۲/۶۴	۲۷/۱۶	۱۳/۰۱
خرداد	۱۹/۳۷	۳۶/۱۸	۰/۲۱	۱۵/۶۲	۳۱/۸۲	۰/۰۲
تیر	۲۲/۸۳	۳۸/۴۸	۰	۱۹/۲۲	۳۴/۴۳	۰

همین اساس ۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص و ۷۰ کیلوگرم در هکتار P_2O_5 خالص از دو منبع کودی اوره و فسفات آمونیوم و مقدار ۱۰ کیلوگرم در هکتار K_2O قبل از کاشت و ۴۶ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص (معادل ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره) به صورت سرک در مرحله ساقه‌دهی بکار برده شد. مبارزه با علف‌های هرز از طریق کاربرد ۲/۵ لیتر در هکتار علف کش تریفلورالین قبل از کاشت و وجین دستی در طول دوره رشد کلزا انجام شد. سرانجام بذر ژنوتیپ‌های کلزا در تاریخ‌های کاشت ذکر شده با دست کاشته شد. آبیاری نیز در تمام طول فصل رشد و بر اساس ۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A انجام شد.

با نزدیک شدن بوته‌های کلزا به مرحله رسیدگی فیزیولوژیک، ۱۰ بوته از هر کرت به طور تصادفی انتخاب و صفات تعداد خورجین در بوته، طول خورجین، تعداد دانه در خورجین و وزن دانه اندازه‌گیری شدند. برای اندازه‌گیری بیوماس و عملکرد دانه کلزا، بوته‌های کلزای هر کرت آزمایشی با رعایت اثر حاشیه در مساحت ۳/۶ متر مربع از سطح زمین کف بر شده و با استفاده از ترازوی دقیق توزین شدند و عملکرد دانه و بیوماس به دست آمدند. شایان ذکر است با توجه به اینکه ژنوتیپ‌های اکاپی و اس دبلویو ۱۰۲ متوسط رس و ژنوتیپ‌های احمدی، جی کی اچ ۲۶۲۴ و جی کی-گابریلا دیررس هستند و همچنین ژنوتیپ‌ها در سه تاریخ کشت متفاوت کشت شدند، تاریخ‌های برداشت متفاوت بود. بر همین اساس با توجه به ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، تاریخ برداشت کرت‌های کاشته شده در ۱۵ مهر از ۲۸ خرداد تا ۲ تیر، کرت‌های کاشته شده در ۲۵ مهر از ۳۰ خرداد تا ۴ تیر و کرت‌های کاشته شده در تاریخ ۵ آبان از ۵ تا ۱۰ تیر متغیر بود. در این تحقیق عملکرد روغن نیز از حاصل ضرب عملکرد دانه در درصد روغن بر حسب کیلوگرم در هکتار محاسبه شد.

آزمایش بصورت فاکتوریل-کرت خرد شده در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. در تحقیق حاضر عامل اول شامل سه تاریخ کاشت ۱۵ مهر (تاریخ کاشت رایج)، ۲۵ مهر (تاریخ کاشت نسبتاً تأخیری)، و ۵ آبان (تاریخ کاشت تأخیری)، عامل دوم شامل چهار سطح محلول پاشی شامل عدم کاربرد یا محلول پاشی با آب خالص به عنوان شاهد (۰٪)، سلنیوم (۱/۵ درصد)، روی (۱/۵ درصد)، سلنیوم و روی (۱/۵ درصد)، و عامل سوم شامل پنج ژنوتیپ کلزا شامل اس دبلویو ۱۰۲ (لاین)، احمدی (رقم)، جی کی اچ ۲۶۲۴ (رقم)، جی کی-گابریلا (رقم) و اکاپی (رقم) بود، که تاریخ کاشت و محلول پاشی به صورت فاکتوریل در کرت‌های اصلی و رقم بصورت کرت خرد شده در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. به منظور اعمال تیمار محلول پاشی سلنیوم از سلنات سدیم و برای محلول پاشی روی از کلات روی در دو مرحله قبل از روزت و ساقه‌دهی برای هر تاریخ کاشت و ژنوتیپ استفاده شد. لازم به ذکر است که برای افزایش مدت زمان ماندگاری ترکیبات مختلف محلول پاشی روی بوته‌ها از ماده‌ای چسبنده و مومی به نام توین ۲۰ با نسبت ۰/۵ درصد حجمی استفاده شد. در این تحقیق، کرت‌های آزمایشی شامل شش خط ۶ متری با فواصل ۳۰ سانتی‌متری بین خطوط بودند، که دو خط کناری به عنوان حاشیه در نظر گرفته شدند. فاصله بوته‌ها در روی هر خط آزمایشی نیز ۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. شایان ذکر است که بین بلوک‌ها و کرت‌های اصلی در هر بلوک به ترتیب ۷ و ۲/۴ متر فاصله در نظر گرفته شد.

به منظور تعیین برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش، نمونه‌های خاک در دو عمق ۰-۳۰ و ۳۰-۶۰ سانتی‌متر به صورت تصادفی از سطح مزرعه گرفته شد. بر همین اساس، خاک مزرعه آزمایشی لومی رسی تشخیص داده شد. عملیات کوددهی بر اساس نتایج آزمایش خاک و توصیه کودی کلزا انجام شد. بر

نتایج و بحث

نتایج تجزیه مرکب نشان داد که اثر سال برای عملکرد دانه، عملکرد روغن، تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین، طول خورجین، وزن دانه و بیوماس معنی‌دار بود (جدول ۲)، و مقدار تمامی صفات مذکور در سال دوم آزمایش (۱۳۹۵-۱۳۹۴) بیشتر از سال اول (۱۳۹۳-۱۳۹۴) بود. اختلاف بین صفات مورد بررسی در دو سال آزمایش می‌تواند به اختلاف آب و هوای نسبت داده شود (جدول ۱).

در پایان پس از اطمینان از مفروضات آزمایشی و بعد از انجام آزمون بارتلت و اثبات همگن بودن واریانس‌های آزمایشی در هر سال، تجزیه واریانس مرکب داده‌ها با استفاده از رویه مدل خطی تعمیم یافته (GLM^۱) بر اساس مدل آماری فاکتوریل-کرت خرد شده در قالب طرح بلوک کامل تصادفی از طریق نرم افزار آماری SAS نسخه ۹/۲ انجام پذیرفت. مقایسه میانگین‌ها نیز به روش آزمون حداقل اختلاف معنی دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد و اثر متقابل تیمارها به روش برداشته انجام گردید. برای رسم شکل‌ها از نرم افزار Origin Pro استفاده شد.

جدول ۲- تجزیه واریانس مرکب صفات مورد بررسی کلزا تحت تأثیر تاریخ کاشت، محلول پاشی و ژنوتیپ

منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد دانه	عملکرد روغن	تعداد خورجین در بوته	طول خورجین	تعداد دانه در خورجین	وزن دانه	بیوماس
سال	۱	۳۲۳۹۴۳۴۸/۲**	۵۶۲۳۷۰/۱**	۹۷۷۰/۱۲*	۱۰۴/۴۰*	۴۶۴/۲۱**	۵۸/۶۹**	۲۹۶۶۲۴۷۸**
بلوک (سال)	۴	۸۹۴۱۳۳/۸	۱۶۲۱۳۸/۴	۴۹۰/۸۱	۸/۲۸	۴/۰۵	۰/۰۵	۴۳۶۵۰۰۷
تاریخ کشت	۲	۲۴۵۲۵۱۲۸۴/۲**	۵۳۱۳۰۳۸۸/۹**	۵۸۰۰۳۲/۸۹**	۳۵۷/۰۰**	۲۴۴۱/۸۷**	۱۳۰/۱۱**	۳۰۵۸۸۰۸۷۴۲**
سال×تاریخ کشت	۲	۳۱۹۹۵۲/۹ ^{NS}	۱۱۱۷۷۵/۲*	۱۱۱۶/۵۳**	۱/۵۶*	۱۳/۵۷**	۹/۴۸**	۴۸۲۴۳۴ ^{NS}
محلول پاشی	۳	۶۷۰۳۲۸۲/۹**	۱۶۲۸۱۳۶/۱**	۱۰۸۰۷/۰۵**	۲۲/۹۰**	۹۸/۱۷**	۴/۱۱**	۷۱۰۲۰۳۶۰**
سال×محلول پاشی	۳	۱۹۸۲۸۸/۲ ^{NS}	۴۱۰۵۷/۴ ^{NS}	۲۲۷/۸۹ ^{NS}	۰/۰۹ ^{NS}	۳/۲۰**	۰/۴۶**	۳۱۲۶۳۰ ^{NS}
تاریخ کشت×محلول پاشی	۶	۱۱۷۳۷۴/۱ ^{NS}	۴۳۷۷۲/۳ ^{NS}	۳۵۱/۱۱**	۰/۲۸ ^{NS}	۱/۷۲*	۰/۰۸ ^{NS}	۲۰۹۲۳۶۸**
سال×تاریخ کشت×محلول پاشی	۶	۱۲۱۵۷/۳ ^{NS}	۲۲۲۲/۷ ^{NS}	۳۷/۴۹ ^{NS}	۰/۱۶ ^{NS}	۰/۰۴ ^{NS}	۰/۰۰۲ ^{NS}	۱۳۹۸۵۵ ^{NS}
بلوک (سال×تاریخ کشت×محلول پاشی)	۴۴	۱۸۵۴۳۸/۱	۳۳۲۱۴/۹	۱۰۰/۹۱	۰/۴۶	۰/۷۳	۰/۰۸	۲۸۲۲۹۲
ژنوتیپ	۴	۴۹۱۶۹۱۲/۲**	۹۰۱۳۷۱/۶**	۹۸۹۳/۲۸**	۷/۲۱**	۴۳/۸۵**	۲/۹۶**	۶۳۸۹۳۳۹۳**
سال×ژنوتیپ	۴	۲۸۷۹/۴ ^{NS}	۱۱۹۴/۵ ^{NS}	۴۱/۷۵ ^{NS}	۰/۰۸ ^{NS}	۰/۱۲ ^{NS}	۰/۲۳*	۶۲۳۰۴۵ ^{NS}
تاریخ کشت×ژنوتیپ	۸	۱۲۹۸۸۱۲/۳**	۲۵۷۱۷۴/۸**	۳۲۳۶/۶۶**	۱/۳۹**	۱۰/۹۲**	۰/۷۶**	۲۱۱۰۲۳۶۴**
سال×تاریخ کشت×ژنوتیپ	۸	۶۶۹۴/۷ ^{NS}	۱۱۹۶/۳ ^{NS}	۵۲/۹۹ ^{NS}	۰/۰۸ ^{NS}	۰/۰۱ ^{NS}	۰/۱۱ ^{NS}	۵۲۱۲۴۳ ^{NS}
محلول پاشی×ژنوتیپ	۱۲	۵۷۱۶۰/۹ ^{NS}	۹۶۷۵/۳ ^{NS}	۲۳/۶۵ ^{NS}	۰/۲۱ ^{NS}	۰/۸۰ ^{NS}	۰/۰۰۹ ^{NS}	۱۴۸۱۱۲ ^{NS}
سال×محلول پاشی×ژنوتیپ	۱۲	۴۳۰۸۷/۱ ^{NS}	۶۳۳۹/۱ ^{NS}	۱۰/۰۴ ^{NS}	۰/۲۸ ^{NS}	۰/۳۰ ^{NS}	۰/۰۰۷ ^{NS}	۱۹۸۹۶۷ ^{NS}
تاریخ کشت×محلول پاشی×ژنوتیپ	۲۴	۱۷۳۳۱/۳ ^{NS}	۳۶۳۸/۵ ^{NS}	۲۰/۱۷ ^{NS}	۰/۰۶ ^{NS}	۰/۵۹ ^{NS}	۰/۰۰۵ ^{NS}	۱۶۵۴۰۱ ^{NS}
سال×تاریخ کشت×محلول پاشی×ژنوتیپ	۲۴	۱۱۳۹۴/۶ ^{NS}	۱۹۶۹/۷ ^{NS}	۲۵/۴۵ ^{NS}	۰/۱۳ ^{NS}	۰/۲۸ ^{NS}	۰/۰۰۴ ^{NS}	۱۱۹۷۹۲ ^{NS}
خطا	۱۹۲	۱۳۶۸۵۱/۳	۲۱۵۷۷/۷	۵۲/۱۰	۰/۱۸	۱/۰۰	۰/۰۶	۴۹۲۲۶۳
ضریب تغییرات (%)		۱۱/۰۲	۱۰/۹۴	۵/۴۹	۷/۸۳	۶/۱۸	۸/۸۶	۵/۶۳

NS، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد می باشد.

¹ General Linear Model

بیشتر و از سوی دیگر دوره رشد زایشی و در نتیجه فتوسنتز بیشتر در سال دوم آزمایش شد.

تعداد خورجین در بوته

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثرات اصلی سال، تاریخ کاشت، ژنوتیپ و همچنین برهمکنش سال × تاریخ کاشت، تاریخ کاشت × محلول پاشی، تاریخ کاشت × ژنوتیپ برای تعداد خورجین در بوته معنی‌دار بود (جدول ۲). میانگین تعداد خورجین در بوته در سال اول و دوم به ترتیب ۱۲۶/۰۵ و ۱۴۶/۴۶ بود و بیشترین مقدار در هر سال متعلق به تاریخ کاشت رایج (۱۵ مهر) بود (جدول ۳).

همان گونه که در جدول ۱ مشاهده می‌شود، در سال اول آزمایش مجموع بارندگی در طول فصل رشد کلزا ۱۴۰/۷ میلی‌متر بود در حالی که در سال دوم آزمایش ۲۳۸ میلی‌متر بارش به ثبت رسید. از طرفی دیگر، در ماه‌های پایانی فصل رشد کلزا (فروردین، اردیبهشت و خرداد) که برای عملکرد کمی و کیفی کلزا حائز اهمیت است، مقدار بارندگی در سال اول آزمایش ۶۷ درصد کمتر از سال دوم آزمایش بود (جدول ۱). علاوه بر این میانگین دما در سه ماه انتهایی فصل رشد در سال دوم آزمایش ۱/۷۵ درجه سانتی‌گراد کمتر از سال اول بود (جدول ۱)، که این میانگین دمای کمتر از یک سو باعث طول فصل رشد

جدول ۳- مقایسه میانگین برهمکنش سال و تاریخ کاشت بر صفات مختلف کلزا

سال	تاریخ کاشت	عملکرد روغن (kg.ha ⁻¹)	تعداد خورجین در بوته	تعداد دانه در خورجین	طول خورجین (cm)	وزن دانه (g)
۱۳۹۳-۱۳۹۴	۱۵ مهر	۱۹۴۲/۷۳ a	۲۰۲/۵۸ a	۱۹/۸۱ a	۶/۷۴ a	۳/۴۲ a
	۲۵ مهر	۹۴۸/۸۱ b	۹۲/۸۵ b	۱۳/۴۵ b	۴/۱۹ b	۲/۲۶ b
	۵ آبان	۷۵۸/۷۵ c	۸۲/۷۲ c	۱۱/۹۵ c	۳/۷۶ c	۱/۹۹ c
۱۳۹۴-۱۳۹۵	۱۵ مهر	۲۲۵۷/۴۵ a	۲۲۰/۰۳ a	۲۲/۸۵ a	۸/۰۷ a	۴/۸۸ a
	۲۵ مهر	۱۱۹۰/۷۳ b	۱۰۰/۱۳ b	۱۵/۴۵ b	۵/۲۰ b	۲/۷۷ b
	۵ آبان	۹۵۲/۲۱ c	۸۹/۲۳ c	۱۳/۷۲ c	۴/۶۵ c	۲/۴۴ c

میانگین‌های دارای حروف مشترک از لحاظ آماری در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند

ژنوتیپ‌های مورد بررسی در تاریخ‌های کاشت ۱۵ مهر، ۲۵ مهر و ۵ آبان به ترتیب معادل ۲۱۱/۳۰، ۹۶/۴۹ و ۸۵/۹۷ بود (جدول ۵). همان گونه که در جدول ۵ آمده است بیشترین تعداد خورجین در بوته در تاریخ کاشت رایج (۱۵ مهر) مربوط به ژنوتیپ جی کی-گابریلا بود در حالی که ژنوتیپ جی کی اچ ۲۶۲۴ در تاریخ‌های کاشت نسبتاً تأخیری (۲۵ مهر) و تأخیری (۵ آبان) بیشترین تعداد خورجین در بوته را به خود اختصاص داد.

برش‌دهی اثر متقابل تاریخ کاشت × محلول پاشی نشان داد که میانگین تعداد خورجین در بوته برای تیمارهای محلول پاشی با میانگین ۲۱۱/۳۰ متعلق به تاریخ کاشت رایج بود در حالی که تاریخ‌های کاشت ۲۵ مهر و ۵ آبان با میانگین ۹۶/۴۹ و ۸۵/۹۷ تعداد خورجین در بوته کمتری داشتند (جدول ۴). شایان ذکر است که بیشترین تعداد خورجین در بوته در هر تاریخ کاشت متعلق به تیمار محلول پاشی روی × سلینیوم بود (جدول ۴).

نتایج مقایسه میانگین برهمکنش تاریخ کاشت ×

ژنوتیپ نشان داد که میانگین تعداد خورجین در بوته

جدول ۴- مقایسه میانگین بر همکنش تاریخ کاشت و محلول پاشی بر صفات مختلف کلزا

تاریخ کاشت	محلول پاشی	تعداد خورجین در بوته	تعداد دانه در خورجین	بیوماس (kg.ha ⁻¹)
۱۵ مهر	شاهد	۱۹۴/۳۱ c	۲۰/۱۰ c	۱۶۹۸۰/۴ c
	سلنیوم	۲۱۵/۵۳ b	۲۱/۵۵ b	۱۸۵۴۸/۰ b
	روی	۲۰۶/۴۲ b	۲۱/۰۷ bc	۱۷۹۰۳/۳ b
	سلنیوم و روی	۲۲۸/۹۷ a	۲۲/۶۰ a	۱۶۹۸۰/۴ a
۲۵ مهر	شاهد	۸۶/۵۵ b	۱۳/۳۶ b	۹۳۳۱/۱ c
	سلنیوم	۱۰۰/۶۱ a	۱۴/۸۶ a	۱۰۴۳۸/۳ ab
	روی	۹۱/۹۴ b	۱۴/۰۱ b	۹۸۳۸/۲ bc
	سلنیوم و روی	۱۰۶/۸۷ a	۱۵/۵۸ a	۱۱۰۰۵/۶ a
۵ آبان	شاهد	۷۴/۹۸ c	۱۱/۴۵ c	۷۹۱۱/۱ c
	سلنیوم	۸۷/۱۷ b	۱۲/۷۳ b	۸۸۴۹/۸ b
	روی	۸۴/۰۴ b	۱۲/۸۶ b	۹۰۲۶/۸ b
	سلنیوم و روی	۹۷/۷۱ a	۱۴/۳۰ a	۱۰۰۹۷/۹ a

میانگین‌های دارای حروف مشترک از لحاظ آماری در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند

جدول ۵- مقایسه میانگین بر همکنش سال و محلول پاشی بر تعداد دانه در خورجین و وزن دانه

سال	محلول پاشی	تعداد دانه در خورجین	وزن دانه (g)
۱۳۹۳-۱۳۹۴	شاهد	۱۴/۰۲ b	۲/۳۷ b
	سلنیوم	۱۵/۱۳ ab	۲/۵۵ ab
	روی	۱۴/۹۷ ab	۲/۵۶ ab
	سلنیوم و روی	۱۶/۱۶ a	۲/۷۴ a
۱۳۹۴-۱۳۹۵	شاهد	۱۵/۹۱ b	۳/۰۴ b
	سلنیوم	۱۷/۶۳ ab	۳/۴۴ ab
	روی	۱۶/۹۹ b	۳/۲۷ ab
	سلنیوم و روی	۱۸/۸۳ a	۳/۷۱ a

میانگین‌های دارای حروف مشترک از لحاظ آماری در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند

طریق کاهش تعداد روز تا گلدهی و طول دوره گلدهی تحت تأثیر قرار می‌دهد (طهران و همکاران ۲۰۱۱). در واقع زمانی که کاشت کلزا با تأخیر مواجه می‌شود، در بهار دوره رشد فعال و مراحل زایشی گیاه با گرمای انتهای فصل مواجه شده و در تعداد روزهای کمتری در مقایسه با تاریخ کاشت بهینه فصل رشد به پایان می‌رسد. ناظری و همکاران (۲۰۱۸) نیز در تحقیقی تأثیر تاریخ‌های کاشت را بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام مختلف کلزا مورد بررسی قرار داده و گزارش کردند که تأخیر در

در این تحقیق تأخیر در کاشت کلزا موجب کاهش تعداد خورجین در بوته شد. تعداد خورجین در بوته یکی از اجزای مهم عملکرد دانه کلزا به شمار می‌رود که ظرفیت تشکیل دانه را فراهم کرده و به دلیل دارا بودن پوسته سبز و انجام فتوسنتز، بخشی از مواد لازم برای پر شدن دانه را فراهم می‌کند (شیرانی راد و همکاران ۲۰۱۳). کاهش تعداد خورجین در بوته می‌تواند به علت طول دوره زایشی کمتر کلزا در شرایط تأخیر در کاشت باشد. تغییر تاریخ کاشت رشد و عملکرد نهایی کلزا را از

میانگین تعداد دانه در خورجین تیمارهای محلول پاشی در سال دوم آزمایش (۱۷/۳۴) در مقایسه با سال اول آزمایش (۱۵/۰۷) بود (جدول ۵).

نتایج مقایسه میانگین برهمکنش تاریخ کاشت × محلول پاشی نشان داد که میانگین تعداد دانه در خورجین تیمارهای محلول پاشی در تاریخ‌های کاشت ۱۵ مهر، ۲۵ مهر و ۵ آبان به ترتیب معادل ۲۱/۳۳، ۱۴/۴۵ و ۱۲/۸۳ بود (جدول ۴) و بیشترین تعداد دانه در خورجین در هر تاریخ کاشت متعلق به تیمار محلول پاشی توام سلنیوم و روی بود در حالی که کمترین مقدار مربوط به عدم محلول پاشی (شاهد) بود.

همان گونه که جدول ۶ نشان می‌دهد تعداد دانه در خورجین ژنوتیپ‌های مورد بررسی با تأخیر در کاشت روند کاهشی داشت به طوری که میانگین این تعداد دانه در خورجین ژنوتیپ‌ها در تاریخ‌های کاشت ۱۵ مهر، ۲۵ مهر و ۵ آبان به ترتیب معادل ۲۱/۳۳، ۱۴/۴۵ و ۱۲/۸۳ بود.

خورجین‌های کلزا حاوی ۳۰ (کلارک ۱۹۷۹) تا ۴۰ (راکو ۱۹۷۸ و مورگان ۱۹۸۲) عدد دانه هستند و پس از گرده‌افشانی بسته به رقم، میزان سقط و عوامل محیطی تنوع بسیاری در توزیع و تعداد بذرها از دست رفته قابل مشاهده است (بسسورنر و اودنباچ ۱۹۸۷). تأخیر در کاشت موجب کاهش تعداد دانه در خورجین کلزا شد. در شرایط کاشت تأخیری دما در طول دوره رشد کلزا می‌تواند یکی از عوامل مهم و تأثیرگذار باشد که باعث تأثیر منفی بر تعداد دانه در خورجین می‌شود (ناظری و همکاران ۲۰۱۸). تأخیر در کاشت باعث تأخیر در زمان گلدهی کلزا می‌شود (اوزون و همکاران ۲۰۰۹) و هنگامی که گیاه دیرتر از زمان بهینه وارد مرحله گلدهی و زایشی شود، برای تکمیل چرخه زایشی خود در روزهای گرم انتهای فصل قرار می‌گیرد و در نهایت عملکرد و اجزای عملکرد را تحت تأثیر منفی خود قرار می‌دهد (فرجی و همکاران ۲۰۰۹). بدیهی است اگر گیاه دوره رشد زایشی کوتاه‌تری داشته باشد فرصت کمتری برای تولید

کاشت به طور معنی‌داری باعث کاهش تعداد خورجین در بوته ارقام کلزا شد. اختلاف بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی از نظر تعداد خورجین در بوته نیز می‌تواند به علت تفاوت در ساختار ژنتیکی آن‌ها باشد. در تحقیقی که توسط عینی نرگسه و همکاران (۲۰۱۹b) به انجام رسید گزارش شد که ۱۷ ژنوتیپ مورد بررسی کلزا از نظر تعداد خورجین در بوته با هم تفاوت آماری معنی‌داری داشتند. همان گونه که نتایج نشان داد تیمارهای محلول پاشی در هر تاریخ کاشت موجب افزایش تعداد خورجین در بوته ژنوتیپ‌های کلزا شدند. از طرفی دیگر و در شرایط تأخیر در کاشت کلزا، با محلول پاشی عناصر ریزمغذی تعداد خورجین در بوته بیشتری حاصل شد. هاشم و همکاران (۲۰۱۳) در تحقیقی با بررسی تأثیر محلول پاشی سلنیوم بر عملکرد کمی و کیفی کلزا نشان دادند که تعداد خورجین در بوته در تیمار کاربرد سلنیوم بیشتر از شرایط عدم کاربرد بود. به گزارش شجاع و همکاران (۲۰۱۸) تعداد خورجین در بوته کلزا به طور معنی‌داری تحت تأثیر کاربرد عناصر روی، بور و گوگرد قرار می‌گیرد. این محققین نشان دادند که بیشترین افزایش در تعداد خورجین در بوته (۶۰ درصد) در تیمار کاربرد همزمان روی، بور و گوگرد حاصل شد.

تعداد دانه در خورجین

بر اساس تجزیه واریانس مرکب داده‌های آزمایش، اثرات اصلی سال، تاریخ کاشت، محلول پاشی و ژنوتیپ و برهمکنش دوگانه سال × تاریخ کاشت، سال × محلول پاشی، تاریخ کاشت × محلول پاشی، تاریخ کاشت × محلول پاشی، تاریخ کاشت × ژنوتیپ برای تعداد دانه در خورجین معنی‌دار بود (جدول ۲).

برش‌دهی اثر متقابل سال × تاریخ کاشت نشان داد که میانگین تعداد دانه در خورجین تاریخ‌های کاشت در سال دوم آزمایش با میانگین ۱۷/۳۴ بیشتر از سال اول آزمایش با میانگین ۱۵/۰۷ بود (جدول ۳). مقایسه میانگین اثر متقابل سال × محلول پاشی نیز حاکی از بیشتر بودن

عناصر ریزمغذی در هر سه تاریخ کاشت موجب افزایش تعداد دانه در خورجین ژنوتیپ‌های کلزا شدند. همچنین در شرایط تأخیر در کاشت کلزا با محلول پاشی عناصر ریز مغذی بویژه سلنیوم و روی تعداد دانه در خورجین بیشتری به ثبت رسید. یافته‌های هاشم و همکاران (۲۰۱۳) در بررسی پاسخ خصوصیات کمی و کیفی کلزا به محلول پاشی سلنیوم نشان داد که تعداد دانه در خورجین کلزا با محلول پاشی سلنیوم افزایش خواهد یافت. در تحقیقی که توسط شجاع و همکاران (۲۰۱۸) انجام شد، پاسخ کمی و کیفی کلزا به کاربرد سه عنصر روی، بور و گوگرد بررسی و گزارش شد که تعداد دانه در خورجین با کاربرد این عناصر افزایش داشت و بیشترین درصد افزایش (۲۲/۲ درصد) مربوط به کاربرد توأم روی، بور و گوگرد بود.

دانه‌های بیشتر در اختیار دارد. اصغری و همکاران (۲۰۱۸) در تحقیقی دریافته‌اند که تأخیر در کاشت کلزا موجب کاهش معنی‌دار تعداد دانه در خورجین شد. ژنوتیپ‌های مورد بررسی نیز از نظر تعداد دانه در خورجین با هم اختلاف داشتند. رائو و مندهام (۱۹۹۱) دریافته‌اند که توانایی ژنوتیپ‌های کلزا برای تشکیل تعداد دانه در خورجین متفاوت است و صفت مذکور از عوامل مهم و تأثیرگذار بر عملکرد نهایی دانه قلمداد می‌شود. شایان ذکر است که تعداد دانه در خورجین دارای محدودیت است و عوامل ژنتیکی تأثیر بیشتری نسبت به عوامل محیطی دارند (سید احمدی و همکاران ۲۰۱۵). صفوی فرد و همکاران (۲۰۱۸b) در تحقیق خود گزارش کردند که ۵ ژنوتیپ مورد مطالعه از نظر صفت تعداد دانه در خورجین با هم اختلاف آماری معنی‌داری داشتند. تیمارهای محلول پاشی در مقایسه با عدم محلول پاشی

جدول ۶- مقایسه میانگین برهمکنش تاریخ کاشت و ژنوتیپ بر صفات مختلف کلزا

تاریخ کاشت	ژنوتیپ	عملکرد دانه (kg.ha ⁻¹)	عملکرد روغن (kg.ha ⁻¹)	تعداد خورجین در بوته	تعداد خورجین (cm)	وزن دانه (g)	بیوماس (kg.ha ⁻¹)
۱۵ مهر	احمدی	۴۸۹۷/۵ b	۲۰۵۱/۱۰ b	۲۰۶/۹۸ b	۷/۲۳ bc	۴/۰۸ ab	۱۷۷۷۸/۰ b
	اس دلیلیو ۱۰۲	۴۸۳۱/۹ b	۲۰۱۸/۳۲ b	۱۹۹/۷۴ b	۷/۲۳ bc	۴/۰۲ ab	۱۷۳۲۰/۲ b
	اکاپی	۵۲۷۲/۹ a	۲۲۳۳/۱۰ a	۲۲۸/۲۹ a	۷/۶۶ ab	۴/۳۶ a	۱۹۵۹۷/۴ a
	جی کی اچ ۲۶۲۴	۴۶۲۰/۳ b	۱۹۲۱/۹۸ b	۱۸۸/۸۲ c	۷/۰۴ c	۳/۸۷ b	۱۶۴۶۲/۶ c
	جی کی-گابریلا	۵۳۵۶/۰ a	۲۲۷۵/۹۳ a	۲۳۲/۷۱ a	۷/۸۷ a	۴/۴۲ a	۲۰۰۷۶/۵ a
۲۵ مهر	احمدی	۲۳۸۶/۵ b	۹۳۲/۱۷ b	۸۳/۷۶ c	۴/۳۱ b	۲/۲۶ b	۹۱۷۵/۰ b
	اس دلیلیو ۱۰۲	۲۲۸۰/۹ b	۸۸۹/۱۷ b	۸۰/۲۳ c	۴/۲۱ b	۲/۱۹ b	۸۸۴۹/۲ b
	اکاپی	۲۳۶۴/۲ a	۱۱۳۵/۱۱ a	۱۰۲/۳۳ b	۴/۸۷ a	۲/۶۰ a	۱۰۵۷۷/۱ a
	جی کی اچ ۲۶۲۴	۳۰۶۸/۰ a	۱۲۲۴/۳۷ a	۱۱۰/۱۳ a	۵/۰۶ a	۲/۸۰ a	۱۱۲۶۷/۵ a
	جی کی-گابریلا	۲۹۳۶/۹ a	۱۱۶۸/۰۴ a	۱۰۶/۰۰ ab	۵/۰۱ a	۲/۷۲ a	۱۰۸۹۷/۵ a
۵ آبان	احمدی	۲۰۸۶/۶ b	۷۴۵/۴۴ b	۷۴/۶۲ c	۳/۸۵ b	۱/۹۹ b	۸۱۰۷/۰ b
	اس دلیلیو ۱۰۲	۱۹۹۴/۲ b	۷۱۱/۰۶ b	۷۱/۴۸ c	۳/۷۷ b	۱/۹۳ b	۷۸۱۹/۱ b
	اکاپی	۲۵۰۴/۲ a	۹۰۷/۷۳ a	۹۱/۱۸ b	۴/۳۶ a	۲/۲۹ a	۹۳۴۵/۹ a
	جی کی اچ ۲۶۲۴	۲۶۸۲/۴ a	۹۷۹/۱۰ a	۹۸/۱۴ a	۴/۵۷ a	۲/۴۷ a	۹۹۵۵/۹ a
	جی کی-گابریلا	۲۵۶۷/۸ a	۹۳۴/۰۶ a	۹۴/۴۶ ab	۴/۴۸ a	۲/۴۰ a	۹۶۲۹/۰ a

میانگین‌های دارای حروف مشترک از لحاظ آماری در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

طول خورجین

تاریخ کاشت ۱۵ مهر در هر دو سال آزمایش بیشترین طول خورجین را به خود اختصاص داد (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین برای صفت طول خورجین نشان داد که تیمارهای محلول پاشی به طور معنی‌دار طول خورجین کلزا را تحت تأثیر قرار دادند به طوری که تیمارهای محلول پاشی سلنیوم، روی، سلنیوم و روی نسبت به عدم محلول پاشی (شاهد) باعث افزایش ۱۵/۶، ۶/۶ و ۲۳/۶ درصدی طول خورجین شدند (جدول ۷).

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌های حاصل از آزمایش حاکی از معنی‌دار بودن اثرات اصلی سال، تاریخ کاشت، محلول پاشی و ژنوتیپ و برهمکنش دوگانه سال \times تاریخ کاشت و تاریخ کاشت \times محلول پاشی بر طول خورجین بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که میانگین طول خورجین تاریخ‌های کاشت در سال اول و دوم آزمایش به ترتیب ۴/۸۹ و ۵/۹۷ سانتی‌متر بود که

جدول ۷- مقایسه میانگین اثر محلول پاشی بر صفات مختلف کلزا

طول خورجین (cm)	عملکرد روغن (kg.ha ⁻¹)	عملکرد دانه (kg.ha ⁻¹)	محلول پاشی
۴/۸۸ d	۱۱۸۲/۸۲ c	۳۰۳۸/۰ d	شاهد
۵/۶۴ b	۱۳۴۲/۲۷ b	۳۴۱۶/۷۲ b	سلنیوم
۵/۲۰ c	۱۳۳۰/۳۵ b	۳۲۸۰/۰۸ c	روی
۶/۰۳ a	۱۵۱۲/۲۲ a	۳۶۹۱/۹۶ a	سلنیوم و روی

میانگین‌های دارای حروف مشترک از لحاظ آماری در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند

مهم است که در جهت تثبیت دوباره کربن حاصل از تنفس دیواره خورجین و انتقال آن به دانه‌های در حال رشد عمل می‌کند (ما و همکاران ۲۰۰۱). تأخیر در کاشت می‌تواند طول دوره رویشی، طول دوره گلدهی، طول دوره زایشی و در نهایت طول رشد گیاه را کاهش دهد (دوری و همکاران ۲۰۱۵). زمانی که خورجین‌ها مدت زمان کمی برای توسعه در اختیار داشته باشند، طول آن‌ها تحت تأثیر قرار می‌گیرد و در نهایت کاهش می‌یابد. قره چائی و همکاران (۲۰۱۹) در بررسی تأثیر دو تاریخ کاشت ۱۵ مهر و ۵ آبان بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام مختلف کلزا گزارش کردند که طول خورجین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در تاریخ کاشت ۱۵ مهر (رایج) به طور معنی‌داری بیشتر از تاریخ کاشت ۵ آبان (تأخیری) بود. اختلاف ژنوتیپ‌ها همانند سایر صفات به دلیل اختلاف در ساختار ژنتیکی است. در همین راستا قاسمیان اردستانی و همکاران (۲۰۱۹) در تحقیقی دریافتند که طول خورجین ارقام مختلف کلزا با هم اختلاف آماری معنی‌داری داشت. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که محلول پاشی عناصر

برش‌دهی اثر متقابل تاریخ کاشت \times ژنوتیپ نشان داد که طول خورجین تمامی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه با تأخیر در کاشت روند کاهشی داشت (جدول ۶). بر همین اساس میانگین طول خورجین ژنوتیپ‌ها در تاریخ‌های کاشت ۱۵ مهر، ۲۵ مهر و ۵ آبان به ترتیب معادل ۷/۴، ۴/۷ و ۴/۲ سانتی‌متر بود (جدول ۶). شایان ذکر است که بیشترین طول خورجین در تاریخ کاشت ۱۵ مهر متعلق به ژنوتیپ جی کی-گابریلا و در تاریخ‌های کاشت ۲۵ مهر و ۵ آبان متعلق به ژنوتیپ جی کی اچ ۲۶۲۴ بود.

طول خورجین در کلزا تعیین کننده تعداد دانه در هر خورجین است و از این طریق بر عملکرد گیاه تأثیر می‌گذارد (امیدیان و همکاران ۲۰۱۲). خورجین‌های کلزا به عنوان سطوح فتوسنتزی فعال از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند و معمولاً یک سوم وزن دانه‌های کلزا از طریق فتوسنتز خورجین‌ها تأمین می‌شود و بین مساحت دیواره‌های خورجین کلزا و تعداد دانه در خورجین همبستگی مثبت و معنی‌دار وجود دارد (سیرین و مورگان ۱۹۹۶). خورجین یک اندام فتوسنتزی

روی و سلینیوم واکنش مثبت کلزا را در پی داشت به طوری که طول خورجین کلزا در تیمارهای محلول پاشی در مقایسه با عدم محلول پاشی افزایش یافت. در تحقیقی که توسط امیدیان و همکاران (۲۰۱۲) انجام شد، اثر محلول پاشی سولفات روی در دو مرحله ساقه‌دهی و گلدهی بر عملکرد کمی و کیفی ارقام کلزا بررسی و گزارش شد که علی‌رغم افزایش طول خورجین به میزان ۰/۸ سانتی‌متر (محلول پاشی در مرحله ساقه‌دهی) و ۱/۱ سانتی‌متر (محلول پاشی در مرحله گلدهی) اختلاف آماری معنی‌داری بین تیمارهای محلول پاشی مشاهده نشد. در مطالعه‌ای دیگر توسط داودی و همکاران (۲۰۱۸) اثر سلینیوم بر عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های مختلف کلزا در تاریخ‌های کاشت مرسوم و تأخیری ارزیابی و گزارش شد که طول خورجین کلزا در شرایط محلول پاشی سلینیوم به طور معنی‌داری بیشتر از شرایط عدم محلول پاشی به دست آمد.

وزن دانه

نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد اثرات اصلی سال، تاریخ کاشت، محلول پاشی و ژنوتیپ و برهمکنش

دوگانه سال × تاریخ کاشت، سال × محلول پاشی، سال × ژنوتیپ و تاریخ کاشت × ژنوتیپ بر وزن دانه معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج نشان داد که میانگین وزن دانه کلزا در هر سه تاریخ کاشت در سال اول آزمایش با میانگین ۲/۵۵ گرم کمتر از سال دوم آزمایش یا میانگین ۳/۳۶ گرم بود (جدول ۳). همچنین برهمکنش سال × تاریخ کاشت نشان داد که وزن دانه کلزا در تاریخ کاشت ۱۵ مهر در هر دو سال آزمایش بیشتر از تاریخ‌های کاشت ۲۵ مهر و ۵ آبان بود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین برهمکنش سال × محلول پاشی نیز حاکی از بیشتر بودن میانگین وزن دانه تیمارهای محلول پاشی در سال دوم آزمایش (۳/۳۶ گرم) در مقایسه با سال اول آزمایش (۲/۵۵ گرم) بود (جدول ۵). لازم به ذکر است که در هر دو سال آزمایش تیمار محلول پاشی سلینیوم و روی بیشترین وزن دانه را به خود اختصاص داد (جدول ۵). در نهایت برهمکنش سال × ژنوتیپ نیز حاکی از بیشتر بودن میانگین وزن دانه ژنوتیپ‌های مورد بررسی در سال دوم آزمایش (۳/۱۶ گرم) در مقایسه با سال اول آزمایش (۲/۵۵ گرم) بود (جدول ۸).

جدول ۸- مقایسه میانگین بر همکنش سال و ژنوتیپ بر وزن دانه

وزن دانه (g)		
ژنوتیپ	۱۳۹۳-۱۳۹۴	۱۳۹۴-۱۳۹۵
احمدی	۲/۴۲ ab	۲/۱۴ ab
اس دبلیو ۱۰۲	۲/۳۸ b	۳/۰۴ b
اکاپی	۲/۶۶ ab	۲/۵۲ ab
جی کی اچ ۲۶۲۴	۲/۵۹ ab	۳/۵۰ ab
جی کی-گابریلا	۲/۷۳ a	۲/۶۲ a

میانگین‌های دارای حروف مشترک از لحاظ آماری در سطح احتمال پنج

درصد اختلاف معنی‌داری ندارند

برش‌دهی اثر متقابل تاریخ کاشت و ژنوتیپ نشان داد که میانگین وزن دانه کلزا در تاریخ‌های کاشت ۱۵ مهر، ۲۵ مهر و ۵ آبان به ترتیب معادل ۴/۱۵، ۲/۵۱ و ۲/۲۱ گرم بود و ژنوتیپ جی کی-گابریلا در تاریخ کاشت ۱۵

مهر و ژنوتیپ جی کی اچ ۲۶۲۴ در تاریخ‌های کاشت ۲۵ مهر و ۵ آبان بیشترین وزن دانه را داشتند (جدول ۶). عملکرد دانه کلزا تابع سه جزء عملکرد شامل تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین و وزن دانه

عنوان یکی از اجزای مهم عملکرد نهایی کلزا است. هاشم و همکاران (۲۰۱۳) در پژوهشی دریافته‌اند که با محلول پاشی سلنیوم در غلظت‌های ۰، ۲/۵، ۵ و ۱۰ میلی‌گرم در لیتر در مقایسه با عدم محلول پاشی وزن دانه کلزا افزایش خواهد یافت. شجاع و همکاران (۲۰۱۸) در بررسی اثرات روی، بور و گوگرد بر عملکرد و اجزای عملکرد کلزا نشان دادند که وزن دانه با کاربرد این عناصر افزایش یافت و بیشترین مقدار افزایش (۱۹/۱ درصد) در مقایسه با عدم کاربرد این عناصر مربوط به کاربرد هر سه عنصر بود.

بیوماس

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌های حاصل از آزمایش حاکی از معنی‌دار بودن اثرات اصلی سال، تاریخ کاشت، محلول پاشی، ژنوتیپ و برهمکنش دوگانه تاریخ کاشت × محلول پاشی و تاریخ کاشت × ژنوتیپ بر بیوماس بود (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر اصلی سال نشان داد که بیوماس در سال دوم آزمایش ۱۵/۷ درصد بیشتر از سال اول آزمایش بود (جدول ۹).

می‌باشد (مورات و سیفتسی ۲۰۰۷). وزن تک دانه آخرین جزء عملکرد به شمار می‌رود و در طی مراحل نمو گیاه حاصل می‌گردد (دیبینبرگ ۲۰۰۰). وزن دانه به سرعت و طول دوره پر شدن دانه بستگی دارد و از فتوسنتز جاری و انتقال مجدد مواد ذخیره‌ای تأمین می‌گردد. همان‌گونه که نتایج نشان داد تأخیر در کاشت باعث کاهش وزن دانه ژنوتیپ‌های کلزا شد. با توجه به موارد ذکر شده، اینگونه استنباط می‌شود که با تأخیر در کاشت، دوره رشد کلزا بخصوص دوره رشد زایشی به دلیل افزایش دمای انتهای فصل رشد کاهش یافته و موجب کاهش وزن دانه شده است. دوری و همکاران (۲۰۱۵) در گزارشی دریافته‌اند که با تأخیر در کاشت، وزن دانه کلزا به دلیل افزایش دما به بالاتر از ۲۷ درجه سانتی‌گراد در مرحله پر شدن دانه، کاهش یافت. اختلاف وزن دانه ژنوتیپ‌ها نیز به دلیل اختلاف ساختار ژنتیکی است که توسط عینی نرگسه و همکاران (۲۰۱۹b) در بررسی پاسخ فیزیولوژیک و زراعی ژنوتیپ‌های کلزا در شرایط تنش خشکی انتهای فصل در شرایط آب و هوایی کرج گزارش شده است. در هر دو سال آزمایش محلول پاشی عناصر ریز مغذی موجب افزایش وزن دانه کلزا شد که نشان دهنده تأثیر مثبت محلول پاشی در افزایش وزن دانه به

جدول ۹- مقایسه میانگین اثر سال بر عملکرد دانه و بیوماس کلزا

سال	عملکرد دانه (kg.ha ⁻¹)	بیوماس (kg.ha ⁻¹)
۱۳۹۳-۱۳۹۴	۳۰۵۶/۷۱ b	۱۱۵۴۹/۸ b
۱۳۹۴-۱۳۹۵	۳۶۵۶/۶۶ a	۱۳۳۶۴/۶ a

میانگین‌های دارای حروف مشترک از لحاظ آماری در سطح احتمال

پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند

سه تاریخ کاشت مورد مطالعه تیمار محلول پاشی سلنیوم و روی بیشترین مقدار بیوماس تولیدی را به خود اختصاص داد.

برش‌دهی اثر متقابل تاریخ کاشت و ژنوتیپ نشان داد که میانگین بیوماس ژنوتیپ‌ها با تأخیر در کاشت روند کاهشی داشت به طوری که مقدار صفت مذکور برای

نتایج برش‌دهی اثر متقابل تاریخ کاشت × محلول پاشی نشان داد که میانگین بیوماس تیمارهای محلول پاشی در تاریخ کاشت ۱۵ مهر با میانگین ۱۷۶۰۳/۰۲ کیلوگرم در هکتار بیشتر از تاریخ‌های کاشت ۲۵ مهر با میانگین ۱۰۱۵۳/۳ کیلوگرم در هکتار و ۵ آبان با میانگین ۸۹۷۱/۴ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۴). همچنین در هر

و روی نشان داد که بیوماس تولیدی کلزا در شرایط کاربرد این عناصر بیشتر از زمانی بود که زئولیت و روی استفاده نشدند.

عملکرد دانه

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که محلول پاشی توأم سلنیوم و روی بیشترین عملکرد دانه را با میانگین ۳۶۹۲ کیلوگرم در هکتار به خود اختصاص داد و در مقایسه با تیمارهای شاهد، محلول پاشی سلنیوم و محلول پاشی روی به ترتیب ۱۷/۷، ۷/۶ و ۱۱/۲ درصد عملکرد دانه بیشتری تولید کرد (شکل ۲).

مقایسه میانگین اثرات متقابل تاریخ کاشت و ژنوتیپ نشان داد که عملکرد دانه ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در تاریخ کاشت رایج ۴۵/۷ و ۵۲/۵ درصد در مقایسه با تاریخ‌های کاشت ۲۵ مهر و ۵ آبان بیشتر بود (جدول ۵). نتایج مقایسه میانگین حاکی از برتری ژنوتیپ‌های جی کی-گابریلا و اکاپی در تاریخ کاشت رایج (۱۵ مهر) با میانگین عملکرد ۵۳۵۵ و ۵۲۷۳ کیلوگرم در هکتار، ژنوتیپ‌های جی کی اچ ۲۶۲۴ و جی کی-گابریلا در تاریخ کاشت نسبتاً تأخیری (۲۵ مهر) با میانگین عملکرد ۳۰۶۸ و ۲۹۳۶ کیلوگرم در هکتار، و ژنوتیپ‌های جی کی اچ ۲۶۲۴، جی کی-گابریلا و اکاپی در تاریخ کاشت تأخیری (۵ آبان) با میانگین عملکرد ۲۶۸۲، ۲۵۶۷ و ۲۵۰۴ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۵).

محلول پاشی عناصر ریز مغذی (سلنیوم، روی، و سلنیوم و روی) در تاریخ‌های کاشت مورد بررسی باعث افزایش عملکرد دانه کلزا شد، که حاکی از تأثیر مطلوب آن‌ها در افزایش فتوسنتز بوته‌های کلزا و در نهایت عملکرد دانه است (شجاع و همکاران ۲۰۱۸). در شرایط محلول پاشی، سایر صفات مورد بررسی شامل تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین، طول خورجین، وزن دانه و بیوماس نیز افزایش نشان دادند که

تاریخ‌های کاشت ۱۵ مهر، ۲۵ مهر و ۵ آبان به ترتیب معادل ۱۸۲۶۴/۹۴، ۱۰۱۵۳/۲۶ و ۸۹۷۱/۳۸ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۶). اگرچه ژنوتیپ جی کی-گابریلا در تاریخ کاشت ۱۵ مهر بیشترین مقدار بیوماس را تولید کرد، در تاریخ‌های کاشت ۲۵ مهر و ۵ آبان ژنوتیپ جی کی اچ ۲۶۲۴ از نظر صفت مذکور برتر از سایر ژنوتیپ‌های مورد بررسی بود (جدول ۶).

در تاریخ کاشت بهینه شرایط محیطی مطلوب برای مراحل زایشی می‌تواند تجمع ماده خشک را در گیاه افزایش داده و در نهایت عملکرد دانه بیشتری تولید خواهد شد (فرجی و همکاران ۲۰۰۹). اسپچت و همکاران (۱۹۸۶) در تحقیقی گزارش کردند که برای دستیابی به ماده خشک زیاد، رشد رویشی کافی یک پیش نیاز اساسی است که گیاه در مراحل رشد زایشی بتواند بیوماس و عملکرد بالایی تولید کند. در تحقیق حاضر نیز در شرایط کاشت در تاریخ ۱۵ مهر (رایج) بوته‌های کلزا دوره رشد رویشی کافی را برای این مهم در اختیار داشته‌اند و در نهایت توانسته‌اند بیشترین بیوماس را در مقایسه با دو تاریخ کاشت دیگر داشته باشند. در ارتباط با تفاوت بیوماس بین ژنوتیپ‌ها، عینی نرگسه و همکاران (۲۰۱۹) گزارش کردند که بیوماس تولیدی ۱۷ ژنوتیپ مورد بررسی در شرایط آب و هوایی کرج با هم اختلاف آماری داشت. محلول پاشی سلنیوم و روی در هر تاریخ کاشت موجب افزایش بیوماس کلزا شد. همچنین در شرایط تأخیر در کاشت کلزا، با محلول پاشی این عناصر شرایط رشدی کلزا بهبود یافت و در نتیجه بیوماس تولیدی نسبت به عدم محلول پاشی افزایش چشمگیری نشان داد. حاجی بلند و همکاران (۲۰۱۴) تأثیر تیمار سلنیوم را بر تحمل به تنش خشکی در کلزا را مورد بررسی قرار داده و گزارش کردند که در شرایط عدم تنش خشکی، کاربرد سلنیوم به عنوان یکی عنصر ریز مغذی موجب افزایش ماده خشک تولیدی در کلزا شد. شهسواری (۲۰۱۹) در تحقیقی با بررسی کاربرد زئولیت

جدول ۱۰- همبستگی بین صفات مختلف کلزا

تعداد خورجین در بوته	طول خورجین	تعداد دانه در خورجین	وزن دانه	بیوماس	عملکرد دانه
۰/۸۹**	طول خورجین				
۰/۹۴**	تعداد دانه در خورجین	۰/۹۲**			
۰/۸۹**	وزن دانه	۰/۹۲**			
۰/۹۷**	بیوماس	۰/۹۱**	۰/۹۱**		
۰/۹۴**	عملکرد دانه	۰/۹۱**	۰/۹۱**	۰/۹۶**	
۰/۹۵**	عملکرد روغن	۰/۹۱**	۰/۹۱**	۰/۹۶**	۰/۹۹**

** معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد

در نهایت موجب افزایش عملکرد دانه شد. نتایج تجزیه همبستگی نیز نشان داد که عملکرد دانه کلزا با این صفات رابطه مثبت و معنی‌داری دارد (جدول ۱۰).

فانگ و همکاران (۲۰۰۸) در بررسی تأثیر محلول پاشی سلنیوم، روی، و آهن گزارش کردند که عملکرد دانه برنج در مقایسه با عدم محلول پاشی عناصر ریزمغذی به طور چشمگیری افزایش یافت. از سوی دیگر، در تاریخ‌های کاشت نسبتاً تأخیری و تأخیری، تیمارهای محلول پاشی عملکرد دانه بیشتری نسبت به تیمار عدم محلول پاشی داشتند که نشان دهنده افزایش مقاومت به سرمای کلزا در شرایط کاربرد عناصر ریزمغذی بود. سپیراسکا و همکاران (۲۰۱۵) گزارش کردند که سلنیوم بواسطه فعال کردن سیستم آنتی‌اکسیدانی در سلول‌های گیاهی در برابر تنش‌های محیطی از جمله خشکی، ماوراء بنفش، و دماهای بالا / پایین مورد توجه است. همچنین در صورت کمبود روی (Zn) تشکیل گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) تشدید می‌شود، در حالی که کاربرد روی (Zn) نقش حفاظتی در برابر تنش سرما در گیاهان دارد (کاکمک ۲۰۰۶). شایان ذکر است که دامنه حفاظتی عناصر ریز مغذی از جمله سلنیوم و روی بسته به عامل تنش و ژنوتیپ متفاوت است.

همان گونه که نشان داده شد، تأخیر در کاشت کلزا در بین ژنوتیپ‌ها و تیمارهای مختلف محلول پاشی موجب کاهش عملکرد دانه کلزا شد. تأخیر در کاشت موجب نمو سریع‌تر محصول زراعی شده، تعداد روز از

سبز شدن تا گلدهی و رسیدگی فیزیولوژیک، و همچنین طول دوره گلدهی و پر شدن دانه کاهش می‌یابد که باعث تأثیر منفی بر عملکرد نهایی شده و عملکرد دانه کاهش می‌یابد (فرجی و همکاران ۲۰۰۹). عملکرد بیشتر در تاریخ کاشت مطلوب می‌تواند به شرایط رشدی بهتر گیاه نسبت داده شود که به بوته‌های گیاه کمک می‌کند تا رشد سریع‌تری داشته باشند و قبل از سرمای زمستان به مرحله روزت برسند (پاسبان اسلام ۲۰۰۸). از سوی دیگر کاشت به موقع باعث کاهش تنش خشکی و گرمای انتهای فصل می‌شود و عملکرد دانه بالاتری تولید می‌شود (هابکوت ۱۹۹۷ و موریسون و استیوارد ۲۰۰۲ و ترنر ۲۰۰۴ و گاناسکرا و همکاران ۲۰۰۶). بدیهی است که هر چقدر تاریخ کاشت با تأخیر بیشتری مواجه شود، افت عملکرد بیشتری را موجب می‌شود. مرادی اقدم و همکاران (۲۰۱۹) گزارش کردند که کاشت تأخیری ارقام کلزا در تاریخ ۱۰ آبان نسبت به تاریخ کاشت رایج در ۱۵ مهر موجب کاهش ۳۸/۴ درصدی عملکرد دانه شد. فرجی و همکاران (۲۰۰۹) در تحقیقی با بررسی ۵ تاریخ کاشت ۱۸ آبان (به عنوان تاریخ کاشت مطلوب)، ۱۵ آذر، ۱۵ دی، ۱۵ بهمن، و ۱۵ اسفند در شرایط آب و هوایی گلستان نتیجه گرفتند که کاشت ژنوتیپ‌های کلزا پس از تاریخ بهینه به ترتیب موجب کاهش ۱۸، ۱۹/۶، ۳۱/۳، ۷۷/۵ درصدی عملکرد دانه شد.

عملکرد روغن

اثرات اصلی تاریخ کاشت، محلول پاشی و ژنوتیپ و همچنین برهمکنش دو گانه ژنوتیپ \times تاریخ کاشت معنی دار شد (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین تیمار محلول پاشی نشان داد که محلول پاشی توأم سلنیوم و روی باعث دستیابی به بیشترین عملکرد روغن با میانگین ۱۵۱۲ کیلوگرم در هکتار شد و در مقایسه با تیمارهای شاهد، محلول پاشی روی و محلول پاشی سلنیوم به ترتیب ۲۱/۸، ۱۲ و ۱۱/۲ درصد عملکرد روغن بیشتری تولید کرد (شکل ۲). افزایش عملکرد روغن در شرایط محلول پاشی عناصر ریز مغذی می‌تواند نتیجه اسیمیلاسیون بیشتر در دوره پر شدن دانه باشد که با افزایش فتوسنتز خورجین‌ها در ارتباط است (شهباز و همکاران ۲۰۱۸). زمان فشمی و همکاران (۲۰۱۸) در تحقیقی پاسخ واریته‌های مختلف کلزا را به محلول پاشی سلنیوم مورد بررسی قرار داده و گزارش کردند که عملکرد روغن واریته‌های کلزا در شرایط محلول پاشی سلنیوم ۵/۸ بیشتر از عدم محلول پاشی بود. شهبازی (۲۰۱۹) در بررسی تأثیر ژنوتیپ و روی بر عملکرد کمی و کیفی کلزا نشان داد که اگرچه محلول پاشی روی باعث افزایش عملکرد روغن کلزا شد، اما استفاده توأم از ژنوتیپ و روی عملکرد روغن بیشتری تولید کرد.

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بالاترین عملکرد روغن در بین تاریخ‌های کاشت با میانگین عملکرد ۱۹۴۲/۷۵ و ۲۲۵۷/۴۳ کیلوگرم در هکتار روغن برای سال‌های اول و دوم آزمایش مربوط به تاریخ کاشت رایج بود و تاریخ‌های کاشت نسبتاً تأخیری و تأخیری افت عملکرد چشمگیری نسبت به تاریخ کاشت رایج داشتند (جدول ۷). نتایج برش‌دهی اثرات متقابل تاریخ کاشت و ژنوتیپ نشان داد که عملکرد روغن از ۷۱۱ کیلوگرم در هکتار برای ژنوتیپ اس دلبلیو ۱۰۲ در تاریخ کاشت ۵ آبان تا ۲۲۷۵ کیلوگرم در هکتار برای ژنوتیپ جی کی-گابریلا در تاریخ کاشت ۱۵ مهر متغیر بود. شایان ذکر است درصد روغن ژنوتیپ‌های احمدی، اس دلبلیو ۱۰۲، اکاپی،

جی کی اچ ۲۶۲۴ و جی کی-گابریلا به ترتیب معادل ۳۸/۷۹، ۳۸/۶۸، ۳۹/۳۱، ۳۹/۲۴ و ۳۹/۴۶ درصد بود. همچنین کاشت کلزا در تاریخ‌های ۲۵ مهر و ۵ آبان نسبت به تاریخ ۱۵ مهر باعث ۴۹ و ۵۲ درصد افت عملکرد روغن تمام ژنوتیپ‌های مورد بررسی شد (جدول ۵). اختلاف عملکرد روغن ژنوتیپ‌ها به دلیل خصوصیات منحصر به فرد هر ژنوتیپ است که باعث عملکردهای متفاوت می‌شود (ناصری و همکاران ۲۰۱۲). اختلاف عملکرد روغن بین ژنوتیپ‌ها توسط صفوی فرد و همکاران (۲۰۱۸) برای کلزا گزارش شده است. کاهش عملکرد روغن در شرایط تأخیر در کاشت احتمالاً به دلیل دمای بالاتر در طول دوره پر شدن دانه است که می‌تواند باعث کوچک شدن اندازه بذرها و در نتیجه عملکرد روغن کمتر شود (ناظری و همکاران ۲۰۱۸). البته عملکرد روغن به طور مستقیم تحت تأثیر عملکرد دانه و محتوای روغن قرار می‌گیرد، که دلایل کاهش این صفات پیشتر مورد بحث قرار گرفت. کاهش عملکرد روغن کلزا توسط آدامسن و کافلت (۲۰۰۵) میری و باقری (۲۰۱۳) و مرادی اقدم و همکاران (۲۰۱۹) گزارش شده است.

نتیجه‌گیری نهایی

تحقیق حاضر محلول پاشی عناصر ریزمغذی (سلنیوم و روی) را بر عملکرد روغن، عملکرد دانه و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های مختلف کلزا در تاریخ‌های کاشت رایج و تأخیری مورد ارزیابی قرار داد. نتایج به دست آمده نشان دادند که تأخیر در کاشت موجب کاهش عملکرد روغن، عملکرد دانه و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های کلزا شد. در این تحقیق بیشترین عملکرد دانه و روغن در شرایط کاشت در تاریخ ۱۵ مهر حاصل شد. محلول پاشی عناصر ریزمغذی باعث بهبود عملکرد دانه و روغن ژنوتیپ‌های کلزا شد. بیشترین عملکرد دانه و روغن در تاریخ کاشت ۱۵ مهر متعلق به ژنوتیپ جی کی-گابریلا بود در حالی که ژنوتیپ جی کی اچ ۲۶۲۴ در تاریخ‌های کاشت ۲۵ مهر و ۵ آبان از نظر عملکرد دانه و روغن برتر

توصیه است، اما در شرایط تأخیر در کاشت کلزا لازم است ژنوتیپ جی کی اچ ۲۶۲۴ با محلول پاشی توام سلنیوم و روی استفاده شود.

از سایر ژنوتیپ‌ها بود. به عنوان نتیجه کلی می‌توان بیان کرد که در تاریخ کاشت رایج منطقه (۱۵ مهر) برای دستیابی به بیشینه عملکرد دانه و روغن کاشت ژنوتیپ جی کی-گابریلا و محلول پاشی سلنیوم و روی قابل

منابع مورد استفاده

- [FAO] Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2017. FAOSTAT Data. www.faostat.fao.org.
- [MAJ] Ministry of Agriculture Jihad, 2017. Agricultural statistics, 2013-2014, volume 1. Available at: <http://www.maj.ir/Portal/Home/.pdf>.
- Adamsen FJ and Coffelt TA. 2005. Planting Date Effects on Flowering, Seed Yield and Oil Content of Rape and Crambe Cultivars. *Industrial Crops and Products*, 21: 293–307.
- Asghari BH, Majidi Heravan E, Alizadeh B, Heidari Sharif Abad H and Madani, H. 2018. Oil Content, Seed Yield and Morphological Changes of Canola Cultivars in Response to Different Sowing Dates. *Crop Research*, 53(1&2): 38-44.
- Beschorner M and Odenbach W. 1987. Fertility of Zero-Erucic and Double Low Winter Rape Cultivars in Relation to Light Intensity and Genotype. In: *Proceedings of the International Rapeseed Conference*, 7: 52-56.
- Bybordi A. 2016. Influence of Zeolite, Selenium and Silicon upon Some Agronomic and Physiologic Characteristics of Canola Grown under Salinity. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 47: 832-850.
- Cakmak 2006. Role of Mineral Nutrients in Tolerance of Crop Plants to Environmental Stress Factors. *Plant and Cell Physiology*, 38: 35-48.
- Cakmak I. 2008. Enrichment of Cereal Grains with Zinc: Agronomic or Genetic Biofortification? *Plant Soil*. 302:1–17.
- Clarke JM. 1978. The Effects of Leaf Removal on Yield and Yield Components of *Brassica napus* Rape. *Canadian Journal of Plant Science*, 58: 1103-1105.
- Davoudi A, Shekari B, Shirani Rad A, Farahvash F and Rashidi V, 2018. Effect of Selenium on Yields, Yield Components and Oil Yield of Different Rapeseed Genotypes under Normal and Delayed Planting Conditions. *Journal of Plant Ecophysiology*, 10(34): 121-131. (In Persian).
- Diepenbrock W. 2000. Yield Analysis of Winter Oilseed Rape: a review. *Field Crops Research*. 67: 35-49.
- Doori S, Moradi Telavat MR, Siadat SA and Bakhshandeh A, 2015. Effect of Delayed Planting and Foliar Application of Nitrogen on Canola Seed and Oil Yield in Ahvaz Conditions. *Iranian Journal of Cop Sciences*, 7 (2): 128-138. (In Persian).
- Eyni-Nargeseh H, Aghaalikhani M, Shirani Rad AH, Mokhtassi-Bidgoli A and Modares Sanavy S.A.M. 2019a. Late Season Deficit Irrigation for Water-Saving: Selection of Rapeseed (*Brassica napus*) Genotypes Based On Quantitative and Qualitative Features. *Archives Agronomy and Soil Science*, doi.org/10.1080/03650340.2019.1602866
- Eyni-Nargeseh H, Aghaalikhani M, Shirani Rad AH, Mokhtassi-Bidgoli A and Modares Sanavy, S.A.M, 2019b. Physiological and Agronomic Response of Rapeseed (*Brassica napus* L.) Genotypes to Late-Season Drought Stress under Karaj Climatic Condition. *Sustainable Agriculture and Production Science*, 29(2): 79-95. (In Persian).
- Eyni-Nargeseh H, Aghaalikhani M, Shirani Rad AH, Mokhtassi-Bidgoli A and Modares Sanavy, S.A.M, 2019c. Response of New Genotypes of Rapeseed (*Brassica napus*) to Late Season Withholding

- Irrigation under Semi-Arid Climate. *Journal of Plant Productions (Scientific Journal of Agriculture)*, 41(4): 55-68. (In Persian).
- Fang Y, Wang L, Xin Z, Zhao L, An X and Hu Q. 2008. Effect of Foliar Application of Zinc, Selenium, and Iron Fertilizers on Nutrients Concentration and Yield of Rice Grain in China. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 56: 2079–2084.
- Faraji A, Lattifi N, Soltani A and Shirani-rad A.H. 2009. Seed Yield and Water Use Efficiency of Canola. (*Brassica napus* L.) As Affected by High Temperature Stress and Supplemental Irrigation. *Agricultural Water Management*, 96: 132–140.
- Ghasemian Ardestani H, Jahan M and Shirani Rad AH, 2019. Evaluation of morphological traits, yield and yield components of selected varieties of canola in autumn and winter cultivation under different irrigation regimes. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 12(1): 153-163. (In Persian).
- Gharechaei N, Paknejad F, Shirani Rad AH, Tohidloo, Gh and Jabbari, H, .2019. Study of Late Season Drought Stress and Planting Date on Some Agronomic Traits of Advanced Winter Canola Genotypes.. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 12(1): 181-195. (In Persian).
- Gunasekera CP, Martin LD, Siddique KHM and Walton GH. 2006. Genotype by Environment Interactions of Indian Mustard (*Brassica Juncea* L.) and Canola (*Brassica napus* L.) in Mediterranean Type Environments II. Oil and Protein Concentrations in Seed. *European Journal of Agronomy*, 25: 3–21.
- Habekotte B, 1997. Evaluation of Seed Yield Determining Factors of Winter Oilseed Rape (*B. napus* L.) By Means of Crop Growth Modeling. *Field Crops Research*, 54: 137–151.
- Hajiboland R, Kivanfar N, Jodmand A, Rezaee H and Yousefnejad M, 2014. Effect of Selenium Treatment on Stress Tolerance in Rapeseed. *Journal of Plant Research*, 4: 557-568. (In Persian).
- Hamzei J and Soltani J. 2012. Deficit Irrigation of Rapeseed for Water-Saving: Effects on Biomass Accumulation, Light Interception and Radiation Use Efficiency under Different N Rates. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 155: 153-160.
- Hashem H.A, Hassanein R.A, Bekheta M.A and El-Kady F.A. 2013. Protective Role of Selenium in Canola (*Brassica Napus* L.) Plant Subjected to Salt Stress. *Egyptian Journal of Experimental Biology (Botany)*, 9(2): 199-2011.
- Koutroubas S.D and Papadoska D.K. 2005. Adaptation, Grain Yield and Oil Content of Safflower in Greece. *Proceedings of the 5th International Safflower Conference*, 10: 161–166.
- Lebourg A, Sterckeman T, Ciesielski H and Proix N. 1998. Trace Metal Speculation in Three Unbuffered Salt Solutions Used to Assess Their Bioavailability in Soil. *Journal of Environmental Quality*, 27 584–590.
- Ma Q, Bhboudian M.H, Turner N.C and Palta J.A. 2001. Gas Exchange by Pods and Subtending Leaves and Internal Recycling of CO₂ by Pods of Cheakpea (*Cicer arietinum* L.) Subjected to Water Deficits. *Journal of Experimental Botany*, 52: 123-131.
- Mansour E, Abdul-Hamid M.I, Yasin M.T, Qabil N and Attia, A. 2017. Identifying Drought-Tolerant Genotypes of Barley and Their Responses to Various Irrigation Levels in A Mediterranean Environment. *Agricultural Water Management*, 194: 58-67.
- Miri Y and Bagheri H 2013. Evaluation Planting Date on Agronomical Traits of Canola. *International Research Journal of Basic and Applied Science*, 4 (3): 601–603.
- Moradbeigi L, Gholami A, Shirani Rad A.H, Abbasdokht H and Asghari H, 2019. Effect of Drought Stress and Delay Cultivation on Grain Yield, Oil Yield and Fatty Acids Composition in Canola. *Sustainable Agriculture and Production Science*, 29 (2): 135-151. (In Persian).
- Moradi Aghdam A, Sayfzadeh S, Shirani Rad A.H, Valadabadi S.A, and Zakerin H.R. 2019. The Assessment of Water Stress and Delay Cropping on Quantitative and Qualitative Traits of Rapeseed Genotypes. *Industrial Crops and Products*, 131: 160-165.

- Morgan DG. 1982. The Regulation of Yield Components in Oilseed Rape (*Brassica napus* L.). Journal of the Science of Food and Agriculture, 33: 1266-1268.
- Morrison MJ and Stewart DW. 2002. Heat Stress during Flowering in Summer Brassica. Crop Science, 42: 797-803.
- Murat T and Ciftci V. 2007. Relationships between Yield and Some Yield Components in Rapeseed (*Brassica napus* L.). Pakistan Journal of Botany, 39(1): 81-84.
- Naseri R, Kazemi E, Mahmoodian L, Mirzae A and Soleymanifard A. 2012. Study on Effect of Different Plant Density on Seed Yield, Oil and Protein Content of Four Canola Cultivars in Western Iran. Intentional Journal of Agriculture & Crop Science, 4(2): 70-78.
- Nazeri P, Shirani Rad A.H, ValadAbadi S.A, Mirakhori M and Hadidi Masoule, E. 2018. Effect of Sowing Dates and Late Season Water Deficit Stress on Quantitative and Qualitative Traits of Canola Cultivars. Outlook on Agriculture, 47(4):291-297.
- Noulas Ch, Tziouvalekas M and Karyotis Th. 2018. Zinc in Soils, Water and Food Crops. Journal of Trace Elements in Medicine and Biology, 49: 252-260
- Nowosad K, Liersch A, Poplawska W and Bocianowski J. 2016. Genotype by Environment Interaction for Seed Yield in Rapeseed (*Brassica Napus* L.) Using Additive Main Effects and Multiplicative Interaction Model. Euphytica, 208:187-194.
- Omidian A, Siadat S.A, Naseri R and Moradi M. 2012. Effect of Foliar Application of Zinc Sulphate on Grain Yield, Oil and Protein Content in Four Rapeseed (*Brassica napus* L.) Cultivars. Iranian Journal of Crop Sciences, 14(1): 16-28. (In Persian).
- Rakow G 1978. Zur Formulierung von Zuchtzielen fu Èr Ko Èrnerraps. Fat Science Technology, 80: 93-99.
- Rao G and Mendham NJ. 1991. Comparison of Chinoli *B. Compestris* and *B. Napus* Oilseed Rape Using Different Growth Regulators, Plant Population Densities and Irrigation Treatments. Journal of Agricultural Science, 117: 177-187.
- Safavi Fard N, Heidari Sharif Abad H, Shirani Rad AH, Majidi Heravan E and Daneshian J. 2018a. Effect of Drought Stress on Qualitative Characteristics of Canola Cultivars in Winter Cultivation. Industrial Crops and Products, 114:87-92.
- Safavi Fard N, Heidari Sharif Abad H, Shirani Rad AH, Majidi Heravan E and Daneshian J, 2018b. Investigation of the Possibility of Winter Planting Of Spring Oilseed Rape Cultivars in Cold-Temperate Karaj Region under Terminal Water Deficit Stress Conditions. Seed and Plant Production, 34-2(1): 23-38. (In Persian).
- Seppanen M, Turakianen M and Hartikainen H. 2003. The Effect of Selenium on Photo Oxidative Stress Tolerance in Potato. Plant Science, 165: 311-319.
- Seyed Ahmadi A, Bakhshandeh A and Garineh MH, 2015. Evaluation Physiological Characteristics and Grain Yield Canola Cultivars under End Seasonal Drought Stress in Weather Condition of Ahvaz. Iranian Journal of Field Crops Research, 13 (1): 71-80. (In Persian).
- Shahbaz K, Sumera A, Jie K, Noman A, Shahid M, Din M, Ali A and Zhou G. 2018. Alteration in Yield and Oil Quality Traits of Winter Rapeseed by Lodging at Different Planting Density and Nitrogen Rates. Nature Scientific Reports, 8: 634-464.
- Shahsavari N. 2019. Effects of Zeolite and Zinc on Quality of Canola (*Brassica napus* L.) under Late Season Drought Stress. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 50(9): 1117-1122.
- Shahsavari N, Jais H.M and Shirani Rad A.H. 2014. Responses of Canola Morphological and Agronomic Characteristics to Zeolite and Zinc Fertilization under Drought Stress. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 45 (13): 1813-1822.
- Shirani Rad AH, Abbasian A and Aminpanah H. 2013. Evaluation of Rapeseed (*Brassica napus* L.) Cultivars for Resistance against Water Deficit Stress. Bulgarian Journal of Agricultural Science, 19 (2): 266-273.

- Shoja T, Majidian M and Rabiee M. 2018. Effects of Zinc, Boron and Sulfur on Grain Yield, Activity of Some Antioxidant Enzymes and Fatty Acid Composition of Rapeseed (*Brassica napus* L.). *Acta Agriculturae Slovenica*, 111: 73-84.
- Sieprawska A, Kornas A and Filek M. 2015. Involvement of Selenium in Protective Mechanisms of Plants under Environmental Stress Conditions-Review. *Acta Biologica Cracoviensia Seies Botanica*, 57: 9-20.
- Sirin Vasa A and Morgan D.G. 1996. Growth and Development of Pod Wall in Spring Rapeseed (*Brassica napus* L.) As Related to the Presence of Seeds and Exogenous Phytohormones. *Journal of Agricultural Science*, 127: 487-500.
- Specht J.E, Williams J.H, Weidenbenner C.J. 1986. Differential Responses of Soybean Genotypes Subjected to a Seasonal Soil Water Gradient. *Crop Science*, 26: 922-934.
- Starner D.E, Hamama A.A and Bhardwaj L. 1999. Canola Oil Yield and Quality As Affected by Production Practices in Virginia. In: Janick J, editor. *Perspectives on new crops and new uses*. Alexandria (VA): ASHS Press; p. 254-256.
- Turhan H, Gul MK, Egesel CO and Kahriman F. 2011. Effect of Sowing Time on Grain Yield, Oil Content, and Fatty Acids in Rapeseed (*Brassica Napus* Subsp. *Oleifera*). *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 35: 225-234.
- Turner NC. 2004. Agronomic Option for Improving Rainfall Use Efficiency of Crops in Dry land Farming Systems. *Journal of Experimental Botany*, 55: 2413-2425.
- Uzun B, Zengin U, Furat S and Akdesir O. 2009. Sowing Date Effects on Growth, Lowering, Seed Yield and Oil Content of Canola Cultivars. *Asian Journal of Chemistry*, 21: 1957-1965.
- Valladares A, Flores E and Herrero A. 2008. Transcription Activation by Ntca and 2 Oxoglutarate of Three Genes Involved in Heterocyst Differentiation in the Cyanobacterium *Anabaena* Sp. Strain PCC 7120. *Journal of Bacteriology*, 190: 6126-6133.
- Xue T, Hartikainen H and Piironen V. 2001. Antioxidative and Growth-Promoting Effect of Selenium on Senescing Lettuce. *Plant Soil*, 237: 55-61.
- Zhu YG, Huang Y, Hu Y, Liu Y and Christie P. 2004. Interaction between Selenium and Iodine Uptake by Spinach (*Spinacia oleracea* L.) In Solution Culture. *Plant & Soil Journal*, 261: 99-105.