مجله پژوهش‌های به زراعی
جلد ۱۵ ، شماره ۱، تابستان ۱۴۰۲

مجله پژوهش‌های به زراعی

تاثیر کاربرد کود نیتروژن، بیوچار و اسید سالیسیلیک بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام کلزا

شبنم مرادی[۱]، نورعلی ساجدی[۲]* ، حمید مدنی[۲]، مسعود گماریان[۳]، سعید چاوشی[۳]

۱- دانشجوی دکترا، گروه زراعت، واحد اراک، دانشگاه آزاد اسلامی، اراک، ایران
۲- دانشیار، گروه زراعت، واحد اراک، دانشگاه آزاد اسلامی، اراک، ایران
۳- استادیار، گروه زراعت، واحد اراک، دانشگاه آزاد اسلامی، اراک، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱/۲۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۵/۱۳

چکیده:

کلزا یکی از گیاهان روغنی مهم در جهان است و روش‌های افزایش عملکرد این محصول بسیار حائز اهمیت می‌باشد، لذا این پژوهش با هدف بررسی اثر کود نیتروژن و بیوچار (۱۰۰ درصد نیتروژن، ۱۰ تن بیوچار در هکتار توام با ۵۰ درصد نیتروژن و ۱۰ تن در هکتار بیوچار توام با ۲۵ درصد نیتروژن) و محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک (عدم مصرف و مصرف ۰/۵ میلی‌مولار) بر عملکرد و اجزای عملکرد شش رقم کلزا (آکان، آتورا، دانوب، هیدرومول، نپتون و روهان) در دو سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷ و ۹۹-۱۳۹۸ در ایستگاه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک انجام شد. نتایج نشان داد، محلول-پاشی با اسید سالیسیلیک عملکرد دانه را به میزان ۴/۵ درصد افزایش داد. بیشترین عملکرد دانه از رقم هیدرومول حاصل شد. تعداد خورجین در بوته در کاربرد ۵۰ درصد نیتروژن توام با بیوچار و محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک به میزان ۹/۲، ۱۱/۴، ۸/۶، ۵/۳،۵/۱ و۶/۶ درصد به ترتیب در ارقام نپتون، هیدرومول، آکان، روهان، آتورا و دانوب در مقایسه با کاربرد ۱۰۰ درصد نیتروژن افزایش یافت. بیشترین وزن هزار دانه (۳/۷۷ گرم) در تیمار کاربرد ۵۰ درصد نیتروژن و بیوچار و محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک در رقم نپتون به دست آمد. کاربرد ۵۰ درصد نیتروژن و بیوچار با محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک سبب افزایش وزن هزار دانه به میزان ۲۰، ۷/۹، ۱۰/۴، ۷/۹ و۳/۴ درصد به ترتیب در ارقام نپتون، هیدرومول، آکان، روهان و دانوب در مقایسه با تیمار کاربرد ۱۰۰ درصد نیتروژن و محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک شد. بیشترین تعداد دانه در خورجین از تیمار ۱۰۰ درصد نیتروژن حاصل شد. به طور کلی با کاربرد۵۰ درصد کود نیتروژن توام با ۱۰ تن در هکتار بیوچار و محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک از طریق بهبود صفات زراعی می‌توان به عملکرد مطلوب دست یافت.

واژه‌های کلیدی: اجزای عملکرد، ارقام کلزا، اسید سالیسیلیک ، بیوچار، نیتروژن

* نگارنده مسئول (n-sajedi@iau-arak.ir)

مقدمه

کلزا یکی از مهم‌ترین گیاهان زراعی است و پس از سویا، دومین گیاه روغنی یک‌ساله جهان است که به خاطر روغن خوراکی آن کشت شده و به راحتی در تناوب با غلات قرار می‌گیرد (FAO, 2018). توسعه زراعت کلزا در ایران منجر به تامین قسمت عمده ای از روغن مورد نیاز کشور خواهد شد، در حال حاضر ۹۰ درصد روغن مصرفی در ایران از طریق واردات تامین می‌شود (Fatahinejad *et al.*, 2013). نیتروژن از عناصر ضروری است که در گیاهان درساختار کلروفیل، اسیدهای آمینه، پروتئین‌ها و آنزیم‌ها شرکت می‌کند. کمبود نیتروژن می‌تواند منجر به کاهش عملکرد و پتانسیل عملکرد در گیاهان زراعی شود (Heidari *et al.*, 2020). کمبود نیتروژن باعث تاخیر در نمو رشد رویشی و زایشی و کاهش سرعت توسعه و دوام سطح برگ می‌شود و در نتیجه منجر به کاهش کارایی مصرف نور می‌گردد، به عبارت دیگر افزایش غلظت نیتروژن در بافت برگ، سرعت اسمیلاسیون کربن را افزایش می‌دهد (Barker & Pilbeam, 2007). محققان رشد و عملکرد کلزا را تحت تاثیر کود نیتروژن در تناوب با ذرت و نخود بررسی و گزارش نمودند، کاشت بقولات سبب بهبود شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک شده و این عامل سبب بهبود رشد و شاخص‌های عملکرد محصول می‌شود و ویژگی‌های رشد و عملکرد کلزا مثل ارتفاع بوته، شاخص کلروفیل، اجزای عملکرد دانه، عملکرد زیستی و دانه، شاخص برداشت و درصد پروتئین و عملکرد روغن دانه به سبب کاربرد اوره افزایش یافت (Saied & Hamzei, 2021). یکی از موادی که هم به عنوان کود و هم اصلاح کننده کاربرد دارد، بیوچار می‌باشد. استفاده از بیوچار به عنوان یک اصلاح کننده خاک می‌تواند سبب افزایش مواد آلی و ذخیره کربن شود و به کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای کمک کند (Rizwan *et al.*, 2019). همچنین کاربرد بیوچار، با توجه به افزایش حضور گروه‌های عاملی کربوکسیل، فنولیک و هیدروکسیل، قادر است آلایندگی حاصل

از عنصر سنگین را کاهش و سبب بهبود وضعیت رشد گیاه شود (Enaime *et al.*, 2020). بیوچار با تاثیر مثبتی که بر خصوصیات فیزیکی خاک از قبیل بهبود ساختمان و تهویه و افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک دارد، منجر به بهبود رشد اندام‌های هوایی و ریشه می‌شود (Chan *et al.*, 2008). اثر مقادیر مختلف بیوچار تهیه شده از برگ خرما را در یک بافت لوم رسی شنی بررسی شد و مشخص گردید اضافه کردن بیوچار به خاک موجب کاهش جرم مخصوص ظاهری خاک، افزایش تخلخل کل، تخلخل مویین و میانگین وزنی قطر خاکدانه‌ها شد (Nasimi *et al.*, 2020). گزارش کردند که اضافه کردن بیوچار تهیه شده از شلتوک برنج در خاکی با بافت لوم شنی و رسی موجب بهبود میانگین وزنی و هندسی خاکدانه‌ها شد (Ghorbani *et al.*, 2019). اسید سالیسیلیک از جمله ترکیبات فنولیکی است که اثرات فیزیولوژیکی مختلفی روی رشد گیاهان دارد (Hayat *et al.*, 2017).

گزارش شده است که اسید سالیسیلیک سرعت فتوسنتز، هدایت روزنه ای و کارایی کربوکسیلاسیون را در گلرنگ افزایش داد (Mohammadi *et al.*, 2017). گزارش شده، محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و عناصر ریزمغذی می‌تواند سبب کاهش معنی‌دار غلظت دی اکسید کربن زیر اتاقک روزنه شود در نتیجه سبب افزایش معنی‌دار شاخص سطح برگ، هدایت مزوفیلی، هدایت روزنه ای، سرعت تعرق و سرعت فتوسنتز، کاهش تنش خشکی و افزایش عملکرد دانه شود. در تحقیقی اثر تراکم بوته و محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک بر صفات زراعی و عملکرد دانه کلزا بررسی و گزارش شد، برهمکنش تراکم بوته در اسید سالیسیلیک در ژنوتیپ بر ارتفاع بوته، تعداد خورجین در ساقه اصلی و شاخه‌های فرعی، تعداد دانه در خورجین‌های اصلی و فرعی، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد روغن، عملکرد زیستی و محتوای کلروفیل کل در سطح احتمال یک درصد و بر میزان روغن دانه در سطح پنج درصد معنی‌دار بود (گنج آبادی و همکاران، ۱۴۰۰).

بنابراین هدف از انجام این تحقیق بهبود عملکرد کلزا تحت کاربرد کود نیتروژن، بیوچار و اسید سالیسیلیک بود.

مواد وروش‌ها

مشخصات محل اجرای آزمایش

به منظور مطالعه اثر تلفیق کود نیتروژن و بیوچار توام با محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام کلزا، آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک طی سال‌های زراعی ۹۸-۱۳۹۷ و ۹۹-۱۳۹۸ انجام شد. دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک واقع در کیلومتر ۵ جاده اراک- خمین در عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۵۹ دقیقه، طول جغرافیایی ۴۹ درجه و ۴۳ دقیقه با ارتفاع ۱۳۱۲ متر از سطح دریا واقع شده است. خصوصیات اقلیمی منطقه کشت و نتایج خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در جداول ۱ و ۲ ارایه شده است.

جدول ۱ - خصوصیات اقلیمی منطقه در طول فصل رشد در دو سال

	میانگین دما (درجه سانتی گراد)		بارندگی(میلی‌متر)		رطوبت نسبی(درصد)	
ماه های سال	۱۳۹۸	۱۳۹۹	۱۳۹۸	۱۳۹۹	۱۳۹۸	۱۳۹۹
سپتامبر	۲۵	۲۴/۳	۰	۰	۲۵/۵	۲۸/۴
اکتبر	۱۸	۱۹/۵	۰/۳	۲۰/۸	۴۷	۳۸/۲
نوامبر	۹/۶	۵/۸	۵/۹	۴۷/۱	۶۸	۶۶/۶۵
دسامبر	۶/۴	۴/۷	۷۱/۹	۳۹/۶	۶۶	۷۴
ژانویه	۳/۱	۲/۶۵	۸۰/۴	۲۲/۸	۶۲	۷۴/۲۵
فوریه	۴/۵	۲/۷	۷۵	۱۵/۴	۶۱/۵	۵۹/۵
مارچ	۵/۱	۸/۶	۳۰/۲	۹۴/۳	۵۶	۴۶/۶
اپریل	۱۰/۳	۱۰/۴	۲۱۴/۶	۱۲۵/۳	۵۸/۱	۵۹/۸
می	۱۶	۱۶/۹	۱۷	۲۶/۳	۴۷/۹	۴۱/۹
ژوئن	۲۳/۶	۲۴/۳۵	۰/۲	۰/۵	۳۰/۲۵	۲۴/۷
جولای	۲۸/۸	۲۶/۳۵	۰	۰/۳	۲۲/۷	۲۶/۵

جدول ۲- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

رس (درصد)	ماسه (درصد)	شن (درصد)	کربن الی(درصد)	نیتروژن (درصد)	پتاسیم قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلو گرم)	فسفر قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم)	ارزش خنثی کننده کل(درصد)	رطوبت اشباع (درصد)	اسیدیته خاک	هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	عمق خاک (سانتیمتر)
۲۴	۳۶	۴۰	۰/۹۱	۰/۰۹	۳۵۰	۲۰/۲	۱۰	۳۰/۸	۷/۵	۵/۶	۰-۶۰

تیمارهای آزمایشی

این آزمایش به صورت اسپیلت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار اجرا شد. عوامل مورد آزمایش عبارت بودند از: تلفیق کود نیتروژن و بیوچار در سه سطح شامل: کود نیتروژن بر اساس ۱۰۰ درصد میزان توصیه شده، ۱۰تن درهکتار بیوچار توام با ۵۰ درصد میزان توصیه شده کود نیتروژن و ۱۰ تن در هکتار بیوچار توام با ۲۵ درصد میزان توصیه شده کود نیتروژن (کود نیتروژن توصیه شده معادل ۳۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار یک سوم پایه و دوسوم به صورت سرک در نظر گرفته شد.)، ارقام مختلف کلزا شامل شش رقم نپتون، هیدرومول، اکاپی، روهان، اتورا و رقم دانوب بودند و اسید سالیسیلیک در دو سطح شامل عدم مصرف و محلول‌پاشی با نیم میلی‌مولار بود. تلفیق بیوچار و کود نیتروژن به عنوان عامل اصلی، ارقام به عنوان عامل فرعی و اسید سالیسیلیک به عنوان عامل فرعی فرعی در نظر گرفته شد.

عملیات زراعی و اعمال تیمارها

زمین مورد نظر ابتدا شخم عمیق و سپس دیسک زده شد تا کلوخه‌ها خرد و زمین آماده کشت شد. بذرهای ارقام کلزا در هر دو سال زراعی در تاریخ ۲۲ شهریور با دست در عمق دو تا سه سانتی‌متری خاک کشت شد. مساحت هرکرت آزمایشی شش مترمربع در نظر گرفته شد. به منظور جلوگیری از آبشویی و انتشار کود به کرت‌های اطراف، فاصله بین هر کرت آزمایشی یک متر در نظر گرفته شد. هرکرت آزمایشی شامل پنج ردیف کشت بافاصله ۰/۲۵ متر بود. تراکم بوته حدود ۶۰ بوته درمترمربع در نظر گرفته شد. ماده اولیه

بیوچار مورد استفاده در این آزمایش شامل چوب و شاخ و برگ گیاهان جنگلی بود که در کوره با دمای بین ۱۰۵۰-۹۰۰ درجه سانتی گراد با فرایند فعال‌سازی و پیرولیز ساخته شده بود. خصوصیات بیوچار مورد استفاده شامل ابعاد ۲۰ تا ۵۰ نانومتر، قدرت جذب آب بین ۴ تا ۴/۵ برابر و زمان ماندگاری در خاک ۸ تا ۱۰ سال، عدد یدی ۱۱۰۰-۹۵۰ میلی‌گرم برگرم، درصد خاکستر ۵-۴ درصد، رطوبت ۶ درصد و pH برابر ۸/۵ بود. قبل از کاشت بیوچار در داخل شیار در عمق ۱۰ سانتی‌متری زیر بذر قرار داده شد و با خاک مخلوط گردید. مقادیر بیوچار مصرفی بر اساس توصیه شرکت تهیه شده اعمال گردید. برای اعمال تیمارهای کود نیتروژن، یک سوم از کود نیتروژن مصرفی قبل از کاشت همراه با بیوچار به خاک اضافه شد و دو سوم باقی مانده طی دو مرحله به صورت سرک تا قبل از گلدهی به مزرعه اضافه شد. در زمان کاشت کود فسفر به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار از منبع سوپر فسفات تریپل به خاک اضافه و با خاک مخلوط گردید. به منظور محلول پاشی تیمارهای دارای اسید سالیسیلیک، مقدار مورد نیاز اسید سالیسیلیک را در نیم میلی‌لیتر اتانول حل نموده و سپس آب به آن اضافه شد تا محلول نیم میلی‌مولار اسید سالیسیلیک حاصل شود. در طول دوره آزمایش گیاهان دو مرحله شامل مرحله رزت (چهار برگ واقعی) و قبل از گل دهی (غنچه‌های گل قابل روئت ولی هنوز بسته بودند) با محلول اسید سالیسیلیک محلول پاشی شدند. در تیمارهای شاهد، محلول‌پاشی با آب معمولی صورت گرفت. آبیاری مزرعه در کل دوره آزمایش با استفاده از نوار تیپ با توجه به نیاز گیاه با فاصله ۵ تا ۷ روز یک بار انجام شد. کنترل علف‌های‌هرز در طول دوره آزمایش با دست انجام شد. خصوصیات زراعی از میانگین ۱۰ بوته محاسبه گردید.

برای محاسبه‌ی عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک از ابتدا و انتهای هر کرت آزمایشی ۰/۵ متر به عنوان حاشیه حذف شد و در هر کرت ۲ متر مربع برداشت شد و پس از برداشت ابتدا کل بوته‌ها توزین گردید و سپس دانه‌ها پس از کوبیده شدن جدا و

توسط ترازوی دقیق وزن شدند. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم افزار SAS استفاده شد و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک

نتایج جدول تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده نشان داد، اثر ساده کود نیتروژن، رقم و اثر متقابل دو گانه کود در رقم، رقم در سالیسیلیک اسید و اثر متقابل سه گانه کود در اسید سالیسیلیک در سال بر عملکرد دانه در سطح احتمال ۱ درصد و اثر ساده اسید سالیسیلیک و اثر متقابل کود و اسید سالیسیلیک بر عملکرد دانه در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد. همچنین اثر ساده کود و رقم و اثر متقابل کود در رقم بر عملکرد بیولوژیک در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد (جدول ۳).

مقایسه میانگین اثر کاربرد کود بر عملکرد دانه و بیولوژیک نشان داد، بیشترین عملکرد دانه و بیولوژیک در تیمار ۵۰ درصد کود نیتروژن و بیوچار به دست آمد. با کاربرد ۵۰ درصد کود نیتروژن توام با بیوچار نسبت به کاربرد ۱۰۰ درصد کود نیتروژن و کاربرد ۲۵ درصد کود نیتروژن و بیوچار عملکرد دانه به ترتیب ۳/۵ و ۷/۶ درصد افزایش یافت (جدول ۴). با توجه به مقایسه میانگین اثر ارقام بر عملکرد دانه و بیولوژیک، بیشترین میزان عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک در رقم هیدرومول به دست آمد که این میزان تفاوت معنی‌داری با سایر ارقام داشت و کمترین میزان در رقم روهان به دست آمد. میزان عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک در رقم هیدرومول در مقایسه با روهان به ترتیب به میزان ۵۲ و ۲۸ درصد بیشتر بود. با محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک عملکرد دانه نسبت به شاهد به میزان ۴/۵ درصد افزایش یافت. مقایسه میانگین اثر کاربرد کود در رقم نشان داد، بیشترین میزان عملکرد در رقم هیدرومول و با کاربرد ۵۰ درصد کود نیتروژن و بیوچار به دست آمد که این مقدار با سایر تیمارها تفاوت معنی‌دار داشت. همچنین در هر سطح کودی، بیشترین عملکرد دانه و

عملکرد بیولوژیک از رقم هیدرومول حاصل شد (جدول ۴).

با وجود اینکه اثر سه گانه عوامل آزمایشی بر عملکرد دانه معنی‌دار نبود با این وجود تیمارها در گروه‌ها مختلف قرار گرفتند. نتایج اثرات سه‌گانه تیمارها نشان داد، در تیمار ۱۰۰ درصد مصرف کود نیتروژن، در هر شش رقم مورد پژوهش محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک سبب افزایش عملکرد دانه در مقایسه با شاهد شد. در تیمار کاربرد ۵۰ درصد مصرف نیتروژن و بیوچار، عملکرد دانه در تمامی ارقام با محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک افزایش یافت و بیشترین میزان عملکرد دانه در رقم هیدرومول به دست آمد. در تیمار کاربرد ۲۵ درصد نیتروژن و بیوچار، محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک سبب افزایش عملکرد دانه در ارقام نپتون و هیدرومول در مقایسه با شاهد شد و بیشترین میزان عملکرد دانه نیز در این دو رقم دست آمد. بیشترین عملکرد دانه (۳۸۷۶/۶۷ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد بیولوژیکی (۱۲۶۸۷/۲ کیلوگرم در هکتار) در رقم هیدرومول تیمار شده با ۵۰ درصد نیتروژن و بیوچار و محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک مشاهده شد. در هر سطح تیمار کودی معادل با تیمار ۱۰۰، ۵۰ و ۲۵ درصد نیتروژن همراه با بیوچار، محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک باعث افزایش عملکرد دانه در تمامی ارقام شد. تحت کاربرد ۱۰۰ درصد نیتروژن و اسید سالیسیلیک، هیدرومول عملکرد دانه و بیولوژیکی بیشتری را به ترتیب ۵۲ و ۲۵ درصد نسبت به روهان نشان داد. در تیمار عدم کاربرد اسید سالیسیلیک، کاربرد ۵۰ درصد مصرف نیتروژن و بیوچار عملکرد بیولوژیکی را به ترتیب ۱۷، ۱۹/۵، ۱۷/۸، ۲۳/۷، ۲۰/۷ و ۱۶ درصد برای ارقام آکان، آتورا، دانوب، هیدرومول، نپتون و روهان در مقایسه با کاربرد کود نیتروژن به تنهایی افزایش داد (جدول ۵).

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد بیشترین میزان عملکرد دانه ارقام کلزا از کاربرد ۵۰ درصد نیتروژن و ۱۰ تن در هکتار بیوچار حاصل شد که این افزایش عملکرد ناشی از افزایش ارتفاع بوته، تعداد غلاف در بوته، وزن هزار دانه، کارایی مصرف نیتروژن

بود که احتمالاً می‌تواند در نتیجه بهبود ویژگی‌های خاک توسط بیوچار و تامین ازت مورد نیاز گیاه از طریق مصرف کود اوره باشد. کاربرد بیوچار با کاهش جرم مخصوص خاک، افزایش هدایت هیدرولیکی اشباع، افزایش تخلخل کل و همچنین افزایش مقدار آب قابل دسترس خاک، سبب بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک می‌شود. گزارش شده است که افزودن بیوچار به خاک موجب کاهش مقاومت خاک شده و تنش ناشی از تراکم خاک را کم کرد (Ghorbani & Amirahmadi, 2018). همچنین بیوچار اضافه شده به خاک به عنوان هسته یک خاکدانه همانند ذرات مواد آلی یا میکروارگانیسم‌ها عمل نموده و خاکدانه‌سازی در خاک را افزایش دهد. بیوچار ماده‌ای ارگانیک و بادوام است که نقش مهمی در کشاورزی پایدار دارد و می‌تواند در خاک برای صدها تا هزاران سال باقی بماند (Lu *et al.*, 2020) . گزارش شده است که کاربرد بیوچار منجر به افزایش عملکرد دانه ذرت به میزان ۱۶ درصد شد. آن‌ها دلیل این افزایش را ناشی از ارزش غذایی بیوچار ذکر کردند که باعث حاصلخیزی خاک می‌شود (Day *et al.*, 2005). همچنین گزارش شده است که کاربرد بیوچار به عنوان کود آلی فعالیت آنزیم‌های اسمیلاسیون نیتروژن در ریشه چغندر قند را بهبود داد (Zhang *et al.*, 2020). در تحقیق ما محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک باعث افزایش عملکرد و اجزای عملکرد شد. اسید سالیسیلیک فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان مانند پراکسیدازها، سوپر اکسید دیسموتاز و کاتالاز را تنظیم می‌کند که از اجزای اصلی سیستم‌های دفاعی گیاهان محسوب می‌شوند (Meherasa *et al.*, 2022).

تعداد خورجین در بوته

اثر ساده کود و رقم و اثر متقابل دوگانه کود در رقم و اثر متقابل سه گانه کود در رقم در اسید سالیسیلیک بر تعداد خورجین در بوته در سطح اختمال ۱ درصد و اثر ساده، اسید سالیسیلیک و اثر متقابل کود در اسید سالیسیلیک بر تعداد خورجین در بوته در سطح احتمال ۵ درصد و معنی‌دار شد

(جدول ۳). تعداد خورجین در بوته در تیمار کاربرد ۵۰ درصد نیتروژن و بیوچار تفاوت معنی‌داری با کاربرد ۱۰۰ درصد نیتروژن و ۲۵ درصد نیتروژن توام با بیوچار داشت. همچنین محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک سبب افزایش معنی‌دار تعداد خورجین در بوته کلزا شد (جدول ۴). بیشترین تعداد (۱۵۰/۵۰عدد در بوته) در رقم هیدرومول و تیمار کاربرد ۵۰ درصد نیتروژن و بیوچار و محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک و کمترین (۹۹/۵ عدد در بوته) در تیمار کاربرد ۲۵ درصد نیتروژن در رقم روهان و بدون محلول-پاشی اسید سالیسیلیک به دست آمد. تعداد خورجین در بوته در کاربرد ۵۰ درصد نیتروژن و بیوچار و محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک به میزان۹/۲، ۱۱/۴، ۸/۶، ۵/۳،۵/۱ و۶/۶ درصد به ترتیب در ارقام نپتون، هیدرومول، آکان، روهان، آتورا و دانوب در مقایسه با کاربرد تنها ۱۰۰ درصد نیتروژن افزایش یافت (جدول ۵). اثر تراکم بوته و محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک بر صفات زراعی و عملکرد دانه کلزا بررسی شد و بیان کردند برهمکنش سه جانبه تراکم بوته در اسید سالیسیلیک در ژنوتیپ بر ارتفاع بوته، تعداد خورجین در ساقه اصلی و شاخه‌های فرعی، تعداد دانه در خورجین‌های اصلی و فرعی، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد روغن، عملکرد زیستی و محتوای کلروفیل کل در سطح احتمال یک درصد و بر میزان روغن دانه در سطح پنج درصد معنی‌دار بود (گنج آبادی و همکاران، ۱۴۰۰).

جدول ۳ -تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده تحت تاثیر کود نیتروژن توام با بیوچار و محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک در ارقام کلزا

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	وزن هزار دانه	تعداد خورجین در بوته	تعداد دانه در خورجین	ارتفاع بوته
سال	۱	۷۱۷۶/۰۴ ns	۱۴۱۹۹۳۱/۳ ns	۰/۰۱۹ ns	۴۴۷/۷۸ ns	۷/۰۹۹ ns	۵/۳ ns
خطا ۱	۴	۳۴۳۳۷۶۴/۴۷	۱۰۸۹۹۹۳۷/۸	۱/۸۷۶	۲۰۶۴/۴۱	۲۸/۴۳۷	۹۴۷/۷
کود	۲	۸۸۶۵۳۶/۹۱ **	۷۶۴۳۷۴۸۱/۸ **	۱/۰۰۱ **	۱۸۶۰/۵۴ **	۲۲/۱۰۰ *	۴۰۰/۳ns
کود × سال	۲	۴۵۱۹/۷۹ ns	۷۳۵۶/۲ ns	۰/۰۰۳۴ ns	۰/۰۳ns	۰/۰۴۸ns	۱۶۶/۴ ns
خطا ۲	۸	۶۲۳۷۵۲/۶۶	۷۳۸۰۶۶/۲	۰/۱۱۸	۱۷۶/۵۵	۱۳/۶۸۱	۴۱۷/۰۴
رقم	۵	۹۲۵۶۷۹۰/۶۷ **	۳۲۸۴۳۹۷۶/۹ **	۴/۱۳۶ **	۶۱۳۹/۸۵ **	۱۷/۹۵۲ *	۴۷۸۰/۹ **
رقم × سال	۵	۵۰۴۴/۳۸ ns	۳۱۷۲۱/۹ ns	۰/۰۰۱ ns	۱/۰۸ ns	۰/۱۰۷ ns	۷۳/۱ ns
کود× رقم	۱۰	۱۴۸۶۷۴/۱۴**	۵۰۶۷۱۵/۰ **	۰/۲۱۰ **	۶۳/۱۶**	۵/۸۷۹ **	۳۴۲/۵۴ **
کود× رقم × سال	۱۰	۶۱۳۶/۴۵ ns	۳۱۵۷۰/۵ ns	۰/۰۰۰۷ ns	۰/۸۸ n.s	۰/۶۰۸ ns	۷۵/۷۶ ns
خطا ۳	۶۰	۳۲۵۲۱/۰۴	۱۴۹۵۴۷۰/۵	۰/۱۶۶	۲۸۳/۶۲	۷/۱۴۰	۲۵۸/۴۵
اسیدسالیسیلیک	۱	۹۵۸۰۰۱/۰۴*	۱۴۸۴۷۰/۲ ns	۰/۱۶۶ns	۱۹۰/۷۸*	۰/۰۸۴ ns	۵۶۰/۶۶**
اسید سالیسیلیک × سال	۱	۵۲۵۱/۰۴ ns	۱۳۴۲۶/۹ ns	۰/۰۰۱ ns	۰/۱۱ ns	۰/۱۰۳ ns	۰/۶۶ n.s
کود × اسید سالیسیلیک	۲	۹۷۷۱۹/۷۹ *	۲۶۶۱۱/۳ ns	۰/۰۰۱ ns	۳/۱۴ *	۱/۹۸۷ ns	۱۵/۸۴ ns
کود × اسید سالیسیلیک × سال	۲	۵۱۲۱/۱۸ ns	۱۲۷۳۳/۳ ns	۰/۰۰۰۱ *	۰/۰۶ ns	۱/۰۴۶ ns	۱/۹۳ ns
رقم × اسید سالیسیلیک	۵	۱۵۲۶۰۹/۳۷ **	۸۱۳۲۹/۵ ns	۰/۰۳۳ **	۶/۹۷ ns	۱/۳۴۱ ns	۹/۰۴*
رقم × اسید سالیسیلیک × سال	۵	۶۶۴۴/۹۳ ns	۲۲۱۲۰/۳ ns	۰/۰۰۱ ns	۱/۵۷ ns	۰/۳۳۵ ns	۰/۹۷ ns
کود ×رقم × اسید سالیسیلیک	۱۰	۱۱۸۴۹/۷۹ ns	۴۰۲۲۷/۳ ns	۰/۰۴۶ **	۱۰/۵۴ **	۰/۹۷۳ ns	۵/۲۹ **
کود×رقم× اسید سالیسیلیک × سال	۱۰	۵۴۱۸/۴۰ ns	۳۲۰۰۸/۴ ns	۰/۰۰۱ ns	۱/۰۶ ns	۰/۹۷۵ ns	۰/۹۷ ns
خطا ۴	۷۲	۲۹۸۸۲/۷	۱۰۵۵۷۷۵/۵	۰/۱۹۲	۳۲۵/۶۰	۷/۰۹۲	۲۵۰/۹۰
ضریب تغییرات (درصد)	-	۱۸/۱۹	۱۰/۳۱	۱۴/۴۴	۱۴/۵۲	۱۹/۸۳	۱۲/۲۶

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

وزن هزار دانه

اثر ساده کود، رقم و اثر متقابل دو گانه کود در رقم و اثر متقابل رقم در اسیدسالیسیلیک،اثر متقابل دو گانه رقم در سالیسیلیک اسید و اثر متقابل سه گانه کود در رقم در اسید سالیسیلیک بر وزن هزار دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). نتایج نشان داد بیشترین مقدار وزن هزار دانه در تیمار کاربرد ۵۰ درصد نیتروژن و بیوچار به دست آمد ولی بین تیمار ۱۰۰ درصد نیتروژن و ۲۵ درصد نیتروژن توام با بیوچار تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. بعلاوه محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک سبب افزایش معنی‌دار وزن هزار دانه کلزا در

مقایسه با شاهد شد (جدول ۴). بیشترین وزن هزار دانه (۳/۷۷ گرم) در تیمار کاربرد ۵۰ درصد نیتروژن و بیوچار و محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک در رقم نپتون به دست آمد. کاربرد ۵۰ درصد نیتروژن و بیوچار با محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک سبب افزایش وزن هزار دانه به میزان ۲۰، ۷/۹، ۱۰/۴، ۷/۹ و۳/۴ درصد به ترتیب در ارقام نپتون، هیدرومول، آکان و دانوب در مقایسه با تیمار کاربرد ۱۰۰ درصد نیتروژن و محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک شد (جدول ۴). گزارش شده است که افزایش عملکرد دانه کلزا با استفاده از اسید سالیسیلیک به تحریک فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاه که منجر به انتقال محصولات فتوسنتزی از منبع به مخزن می‌شود، مربوط می‌گردد و در ارقامی که این انتقال کارآمدتر است، عملکرد بیشتر خواهد داشت. Zhou *et al* (2019) گزارش نمودند که مصـرف اسید سالیسیلیک در گیـاه ذرت باعث افزایش وزن دانه به میزان ۹ درصد نسبت به تیمار استفاده از آب مقطر شد.

اثر سودمند اسید سالیسیلیک روی عملکرد و اجزای عملکرد به انتقال بیشتر مواد فتوسنتزی به دانه در طی دوره پر شدن دانه نسبت داده شد، بنابراین از این طریق وزن دانه بهبود یافت (Zhou *et al*., 1999) .

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر ساده سال، کود نیتروژن توام با بیوچار و محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک در ارقام کلزا

تیمارها	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد بیولوژیک (کیلو گرم در هکتار)	وزن هزار دانه (گرم)	تعداد خورجین در بوته	تعداد دانه در خورجین	ارتفاع بوته (سانتی متر)
سال						
۱۳۸۸	۳۰۱۰/۷٤ a	۹۸٦۹/۱٥a	۳/۰۲a	۱۲۲/۷۹ b	۱۳/٦۰ a	۱۲۹/۰۱ a
۱۳۸۹	۲۹۹۹/۲۱ a	۱۰۰٤۱/۳۱ a	۳/۰٤a	۱۲٥/٦۷ a	۱۳/۲٤ a	۱۲۹/۳۳ a
تیمار کودی						
۱۰۰ درصد کود نیتروژن	۳۰۰۷/۷۸ b	۹۳٦۸/٦۹ b	۲/۹۸b	۱۲۰/٥۸ c	۱۳/۹۷ a	۱۳۰/۳۸ a
٥۰ درصد کود نیتروژن+ بیوچار	۳۱۱٤/٥۱a	۱۱۱۳٤/۹۷a	۳/۱۷ a	۱۳۰/۰٤a	۱۲/۸٦ c	۱۳۰/٦۸ a
۲٥ درصد کود نیتروژن+ بیوچار	۲۸۹۲/٦٤ c	۹۳٦۲/۰۱ b	۲/۹٦ b	۱۲۲/۰۸b	۱۳/۴۳ b	۱۲٦/٤٥ a
ارقام کلزا						
نپتون	۳٥۰۱/۳۹ b	۱۰۸۰۱/۳۹ b	۳/٤۱ a	۱۳۲/۳۰ b	۱۳/۰٥ d	۱۳٥/٥٥ b
هیدرومول	۳٦٦۷/۲۲ a	۱۱۱۱۸/۲۲ a	۳/۳۸ a	۱٤۰/۱٤ a	۱۳/۲۷c	۱۱۳/٥۸d
آکان	۳۰٥٤/۷۲ c	۱۰۳۹۹/۳۱ c	۳/۱۸ b	۱۳۰/۲٥ c	۱۲/۴۲ e	۱۱۹/۹۷c
روهان	۲٤۰۱/۳۹ f	۸٦۷۸/۳۳ f	۲/٦۸ d	۱۰۳/۷۲ f	۱۴/۴٥ a	۱۲٤/۸٦c
آتورا	۲٥٤۲/۹۲ e	۹۳۱٦/٦۷ e	۲/٦٥ e	۱۱٥/٤٤ e	۱۳/۹۳b	۱۳۷/٥۰b
دانوب	۲۸٦۲/۲۲ d	۹٤٤۷/٤٤ d	۲/۹۰ c	۱۲۳/٥٥ d	۱۳/۴۱ c	۱٤۳/٥۸a
اسید سالیسیلیک						
بدون مصرف	۲۹۳۸/۳۸ b	۹۹۳٤/۰۱ a	۳/۰۱ a	۱۲۳/۲۹ b	۱۳/۴۰ a	۱۲۷/٥٦ b
محلول پاشی	۳۰۷۱/٥۷ a	۹۹۸٦/٤٤ a	۳/۰٦ a	۱۲٥/۱۷ a	۱۳/۴۴ a	۱۳۰/۷۸ a

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی داری ندارند.

تعداد دانه در خورجین

نتایج تجزیه واریانس صفت تعداد دانه در خورجین نشان داد، اثر ساده کود و رقم بر تعداد دانه در خورجین در سطح احتمال ۵ درصد و اثر متقابل دوگانه کود در رقم بر تعداد دانه در خورجین در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). نتایج اثر ساده تیمارها نشان داد، بیشترین تعداد دانه در خورجین در تیمار ۱۰۰ درصد کود نیتروژن حاصل شد، بیشترین تعداد دانه در خورجین به ترتیب از ارقام روهان و آتورا ، در تیمار ۵۰ درصد نیتروژن و بیوچار، رقم روهان و درتیمار کاربرد ۲۵ درصد نیتروژن توام با بیوچار رقم اتورا دارا بودند، با توجه به نتایج در هر سطح کودی ذکر شده این ارقام از تعداد خورجین در بوته کمتر و وزن هزار دانه پایین‌تری برخوردار بودند (جدول ۴). صفات تعداد دانه در خورجین و وزن هزار دانه از

اجزای تشکیل دهنده عملکرد کلزا می‌باشند (Angadi *et al.*, 2003). گزارش شده است که محلول پاشی با ۲۰۰ میکرومولار اسید سالیسیلیک، رشد و عملکرد ارقام کلزا را افزایش داد و این افزایش در رقم لیکورد بیشتر بود، آن‌ها نتیجه گرفتند که اثر مفید کاربرد اسید سالیسیلیک به نوع گونه‌ها یا ارقام بستگی دارد (Keshavarz & Modarres sanavy, 2016). نتایج ما با نتایج تحقیق مذکور در خصوص اثر اسید سالیسیلیک بر ارقام مطابقت دارد. به علاوه بهبود عملکرد دانه با مصرف اسید سالیسیلیک به تاثیر مثبت آن از طریق افزایش تعداد خورجین و تعداد دانه در خورجین و وزن دانه نسبت داده شده است، به همین دلیل اسید سالیسیلیک به طور مستقیم و غیر مستقیم می‌تواند از طریق تاثیر بر اجزای عملکرد، عملکرد دانه را تحت تاثیر قرار دهد (Dolatabadian *et al.*, 2009).

ارتفاع ساقه اصلی

اثر ساده رقم، اثر متقابل دوگانه کود در رقم و اثر متقابل سه گانه کود در رقم در اسید سالیسیلیک بر ارتفاع بوته درسطح احتمال۱درصد و اثراسید سالیسیلیک و اثرمتقابل رقم در اسیدسالیسیلیک بر ارتفاع بوته در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). ارقام تفاوت معنی‌داری برای صفت ارتفاع ساقه اصلی نشان دادند. بعلاوه کاربرد اسید سالیسیلیک سبب افزایش ارتفاع ساقه اصلی کلزا در مقایسه با شاهد شد (جدول ۴) بیشترین ارتفاع ساقه (۱۵۳ سانتی‌متر) در تیمار کاربرد ۵۰ درصد نیتروژن و بیوچار و محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک در رقم نپتون مشاهده شد (جدول ۴). گزارش شده است که کاربرد ترکیبی بیوچار و کود نیتروژن باعث بهبود زیست توده ساقه و برگ در ۴۵ و ۶۰ روز پس از کاشت از طریق تحریک رشد گیاهچه‌های کلزا به دلیل بهبود مواد آلی و غلظت نیتروژن خاک شد. نرخ تولید مثل میکروبی با استفاده از بیوچار افزایش یافته است (Khan *et al.*, 2020).

افزایش فعالیت میکروبی به دلیل استفاده از بیوچار به دلیل تشکیل آمونیاک در طی تجزیه زیستی است (Wang *et al.*, 2020). بیوچار، مانند قندهای با کربن بالا، محتوای نیتروژنی را که به راحتی از خاک جذب می‌شود، بی‌حرکت می‌کند و بنابراین ابزاری موثر و موفق در احیای محیط زیست است (Horel *et al.*, 2018). در نتیجه، استفاده از بیوچار می‌تواند رشد و عملکرد را با بهبود شرایط خصوصیات خاک و افزایش کارایی مصرف عناصر غذایی بهبود بخشد (Saha *et al.*, 2019).

جدول ۵- مقایسه میانگین اثرمتقابل سه گانه کود، رقم و اسید سالیسیلیک بر صفات زراعی، عملکرد و اجزای عملکرد کلزا

کود	رقم	اسید سالیسیلیک	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد بیولوژیک (کیلو گرم در هکتار)	وزن هزار دانه (گرم)	تعداد خورجین در بوته	تعداد دانه در خورجین	ارتفاع بوته (سانتی متر)
۱۰۰ درصد کودنیتروژن	نپتون	بدون مصرف	۳۲۴۰ kj	۱۰۰۵۰ j	۳/۲۱ hi	۱۲۶/۳۳ kl	۱۳/۱۹ hj	۱۳۴/۸۳ kl
		محلول پاشی	۳۷۲۸/۳۳ b	۱۰۱۹۸/۳۳ gi	۳/۱۴ kl	۱۲۹/۶۶ h	۱۴/۹۸ ab	۱۳۴/۸۳j
	هیدرومول	بدون مصرف	۳۴۷۵/۷e	۱۰۲۱۰/۳۳ fi	۳/۲۳ gi	۱۳۵/۰۰ f	۱۳/۶۹ bh	۱۳۶/۱۶ hi
		محلول پاشی	۳۷۸۱/۶۷ b	۱۰۴۴۷/۷ dg	۳/۴۰ e	۱۳۵ e	۱۴/۱ af	۱۰۸/۸۳ w
	آکان	بدون مصرف	۲۹۹۹/۳ ij	۹۸۶۶/۷ kj	۳/۰۲ n	۱۲۵/۳۳ m	۱۳/۰۹ dm	۱۱۱/۸۳ u
		محلول پاشی	۳۰۴۳/۳۳ i	۹۸۶۸/۳۳ kj	۳/۱۷ jk	۱۲۷/۱۶ jl	۱۲/۳۵ hn	۱۱۷/۳۳ s
	روهان	بدون مصرف	۲۳۰۶/۶۷ r	۸۲۰۵ n	۲/۷۰ uv	۱۰۰/۳۳ w	۱۴/۳۳ae	۱۲۰/۵ q
		محلول پاشی	۲۴۸۳/۳۳ pq	۸۳۰۳ n	۲/۴۴ wx	۱۰۵/۱۶v	۱۴/۹۶ ab	۱۲۰/۲ q
	آتورا	بدون مصرف	۲۵۷۱/۶۷ p	۸۷۱۳/۳ m	۲/۶۷ vw	۱۱۲/۱۶ s	۱۴/۳۵ ae	۱۲۱/۱۶ pq
		محلول پاشی	۲۶۷۰/۱ o	۸۷۷۱/۷ m	۲/۷۴ ut	۱۱۳/۸۳ r	۱۴/۴۳ ad	۱۴۴/۱۶ e
	دانوب	بدون مصرف	۲۸۵۸/۳۳ km	۸۸۷۶/۷ m	۲/۸۷ pq	۱۱۷/۵۰ p	۱۴/۰۲ ag	۱۴۵/۵ d
		محلول پاشی	۲۹۴۰/۳ jk	۸۹۱۳/۳ m	۲/۹۱ op	۱۱۹/۵۰ o	۱۴/۱۷ af	۱۵۰/۵ b
۵۰ درصد کود نیتروژن+ بیوچار	نپتون	بدون مصرف	۳۳۶۳/۳ f	۱۲۱۳۳/۳ b	۳/۶۹ b	۱۳۷/۵۰ de	۱۱/۴۳ n	۱۵۳/۸۳ a
		محلول پاشی	۳۷۱۶/۶۷ bc	۱۲۱۲۱ kl	۳/۷۷ a	۱۴۱/۶۷ c	۱۱/۶۸ mn	۱۳۴/۳۳ jk
	هیدرومول	بدون مصرف	۳۷۵۳/۳۳ b	۱۲۶۳۲/۳۳ a	۳/۶۲ c	۱۴۷/۰۰ b	۱۲/۰۹ kn	۱۴۰/۱ g
		محلول پاشی	۳۸۷۶/۶۷ a	۱۲۶۸۷/۲ a	۳/۶۷b	۱۵۰/۵۰a	۱۱/۸۴ln	۱۱۶/۳۳s
	آکان	بدون مصرف	۳۲۵۸/۳۳ gh	۱۱۵۷۷/۵ c	۳/۲۵ gi	۱۳۷/۱۶ de	۱۲/۱۴ jn	۱۲۰/۱۶ q
		محلول پاشی	۳۴۰۰/۱ ef	۱۱۵۸۵/۳۳ c	۳/۵۰ d	۱۳۸/۱۶ d	۱۲/ ۰۹Kn	۱۱۸/۶۷ r

۱۰۰ درصد کود نیتروژن+ بیوچار	روهان	بدون مصرف	۲۵۵۰/۳ pq	۹۴۸۸/۳ l	۲/۷۷ st	۱۰۷/۵۰ t	۱۲/۸۲ ac	۱۲۴/۳۳ o
		محلول پاشی	۲۶۷۶/۷ no	۹۵۴۰/۱۶ l	۲/۵۹ x	۱۰۸/۵۰ t	۱۵/۳۶ a	۱۲۴/۱۶ o
	آتورا	بدون مصرف	۲۴۹۲/۵ pq	۱۰۳۲۳/۳ eh	۲/۶۷ vw	۱۱۶/۱۶ q	۱۳/۵۱ cj	۱۲۶/۰۱ n
		محلول پاشی	۲۵۳۶/۶۷ pq	۱۰۵۹۸/۳ d	۲/۶۷ vw	۱۲۰/۱۶ o	۱۳/۲۹ dk	۱۳۷/۳۳ h
	دانوب	بدون مصرف	۲۸۳۳/۳۳ lm	۱۰۶۵۴/۳ d	۲/۸۳ qr	۱۲۹/۱۶ h	۱۳/۹۱۹ dl	۱۳۸/۸۳ g
		محلول پاشی	۲۹۱۶/۶۷ gl	۱۰۴۵۸/۷ df	۳/۰۱ n	۱۲۷/۵۰ jk	۱۲/۹۵ em	۱۴۷ c
	نپتون	بدون مصرف	۳۳۴۳/۳۳ g	۱۰۰۸۳/۳ hj	۳/۲۸ g	۱۲۸/۱۶ ij	۱۳/۴۱ ck	۱۳۳/۳۳ k
		محلول پاشی	۳۶۱۶/۶۷ d	۱۰۲۲۱/۷ ci	۳/۳۴ f	۱۳۱/۰۰ g	۱۳/۵۹ bi	۱۳۴/۶۶ j
	هیدرومول	بدون مصرف	۳۴۹۳/۳۳ e	۱۰۲۵۸/۳ ei	۳/۲۱ hj	۱۳۶/۵۰e	۱۳/۸۶ bj	۱۱۰/۳۳ v
		محلول پاشی	۳۶۲۳/۳۳ dc	۱۰۴۷۴/۲ de	۳/۱۸ ik	۱۳۶/۸۳ de	۱۴/۰۶ af	۱۱۴/۰۰ t
	آکان	بدون مصرف	۲۸۶۵/۷ m	۹۸۶۸/۳ kj	۳/۰۷ m	۱۲۵/۸۳ lm	۱۲/۶۴ gn	۱۱۶/۶۳ s
		محلول پاشی	۲۷۶۶/۶۷ mo	۹۶۳۰/۳۳ kl	۳/۱۱ lm	۱۲۷/۸۳ ij	۱۲/۲۳ in	۱۲۲/۳۳ p
	روهان	بدون مصرف	۲۲۰۰/۳ s	۸۲۵۱/۷ n	۲/۵۹ x	۹۹/۵۰ w	۱۴/۲۴ ae	۱۲۷/۳۳ m
		محلول پاشی	۲۱۹۱/۶۷ s	۸۲۸۱/۱۶ n	۲/۸۱ rs	۱۰۱/۳۳ v	۱۳/۰۳em	۱۳۰/۶۶ l
	آتورا	بدون مصرف	۲۵۲۰/۳ pq	۸۷۴۱/۷ m	۲/۵۹ x	۱۱۵/۵۰ q	۱۳/۹۶ ag	۱۲۷/۸۳ m
		محلول پاشی	۲۴۶۶/۶۷ q	۸۷۵۱/۷ m	۲/۵۴ y	۱۱۴/۸۳ qr	۱۴/۰۷ af	۱۳۱/۶۶ l
	دانوب	بدون مصرف	۲۷۷۱/۶۷ mn	۸۸۷۸/۳ m	۲/۸۳ qr	۱۲۲/۶۶ n	۱۳/۳۲ dk	۱۳۳/۱۶ k
		محلول پاشی	۲۸۵۳/۳۳ km	۸۹۰۳/۳ m	۲/۹۴ o	۱۲۵/۰۰ m	۱۲/۸۱fn	۱۳۵/۵ ij

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

نتیجه گیری

نتایج این تحقیق نشان داد با کاربرد۵۰ درصد نیتروژن مورد نیاز گیاه توام با بیوچار و محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک صفات زراعی، عملکرد و اجزای عملکرد دانه ارقام کلزا بهبود یافتند. رقم هیدرومول واکنش بهتری به تیمارهای بکار برده شده در مقایسه با سایر ارقام نشان داد. بطور کلی با کاربرد تلفیقی ۵۰ درصد نیتروژن توام با ۱۰ تن در هکتار بیوچار توام با دو مرحله محلول‌پاشی با غلظت ۰/۵ میلی‌مولار در رقم هیدرومول می‌توان به عملکرد کمی مطلوب کلزا در شرایط اقلیمی مورد آزمایش دست یافت.

منابع

گنج آبادی، ف.، ا. ح. شیرانی راد، ب. ثانی، و ح. مظفری. ۱۴۰۰. اثر تراکم بوته و محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک بر صفات زراعی و عملکرد دانه ژنوتیپ‌های کلزا. نشریه علوم زراعی ایران. ۱ (۲۳). ۹۶-۸۱.

Angadi, S.V., H.W. Cutforth, B.G. McConkey, and Y. Gan. 2003. Yield adjustment by canola grown at different plant populations under semiarid conditions. Crop Science, 43: 1358-1366.

Barker, A.V. and D.J. Pilbeam. 2007. Handbook of Plant Nutrition. Taylor and Francis Group.

Chan, K., L. Van Zwieten, I. Meszaros, A. Downie, and S. Joseph. 2008. Using poultry litter biochars as soil amendments. Soil Research, 46(5): 437-444.

Day, D., R.J. Evans, J.W. Lee, and D. Reicosky. 2005. Economical CO_2, SOx, and NOx capture from fossil-fuel utilization with combined renewable hydrogen production and large-scale carbon sequestration. Energy, 30(14): 2558-2579.

Dolatabadian, A., S.A.M. Modarres Sanavy, and M. Sharifi. 2009. Effect of salicylic acid and salt on wheat seed germination. Acta Agriculturae Scandinavica Section b -Soil and Plant Science, 59: 456-464.

Enaime, G., A. Bacaoui, A. Yaacoubi, and M. Lubken. 2020. Biochar for wastewater treatment—conversion technologies and applications. Applied Sciences, 10(10): 3492.

FAO. 2018. Foodoutlook. Global Market Analysis. In. http://www.fao.foodoutlook.com.

Fatahinejad, A., A. Siadat, M. Esfandiari, R. Moghadasi, and A. Moezzi. 2013. The Effect of phosphorus fertilizer on yield, oil and canola protein in dryland agriculture in different soil phosphorus groups. Journal of Crop Physiology, 18: 83-100.

Ghorbani, M., and E. Amirahmadi. 2018.. Effect of rice husk biochar on some physical characteristics of soil and corn growth in a loamy soil. Iranian Journal of Soil Research, 32(3): 305-318.

Hayat, S., Q. Fariduddin, B. Ali, and A. Ahmad. 2017. Effect of salicylic

acid foliar application and the application of biofertilizers on the performance of physiological characteristics and the antioxidant defense system of bean plants under drought stress conditions. Crop Physiology Journal, 13(51): 21-39.

Mohammadi, L., F. Shekari, J. Saba, and E. Zangani. 2017. Effects of priming with salicylic acid on safflower seedlings photosynthesis and related physiological parameters. Journal of Plant Physiology and Breeding. 7(1): 1-13.

Nasimi, P., A. Karimi, and H. Motaghian. 2020. Effects biochar produced from date palms on saturated hydraulic conductivity and moisture coefficients of sandy clay loam soil. Iranian Water Research Journal. 13(3)*:*161-171.

Keshavarz, H. and S. A.M. Modarres Sanavy. 2016. How Salicylic Acid Modulate Photosynthetic Pigments, Yield and Yield Components of Canola Plant. Journal of Genetic Resources. 2(1):1-9.

Rizwan, M., S. Ali, M.Z. Rehman, M. Adrees, M. Arshad, M. F. Qayyum, L. Ali, A. Hussain, S.A.S. Chatha, and M. Imran. 2019. Alleviation of acid on growth and enzyme activities of wheat seedlings. Acta Agronomica Hungarica, 53: 433-437.

Heidari, N., F. Shekari, A. Golchin, and N. Sehati. 2020. Interaction of nitrogen stress and salicylic acid on the physiological characteristics of borage. Journal of Plant Process and Function, *8*(34): 37-50.

Horel, A., I. Potyo, T. Szili-Kovacs, and S. Molnar. 2018. Potential nitrogen fixation changes under different land uses as influenced by seasons and biochar amendments. Arab J Geosci, 11:1-10.

Khan, Z., K. Zhang, M.N. Khan, S. Fahad, and Z. Xu, L. Hu. 2020. Coupling of biochar with nitrogen supplements improve soil fertility, nitrogen utilization efficiency and rapeseed growth. Agronomy, 10:1661.

Lu, L., W.Yu, Y. Wang, K. Zhang, X. Zhu, Y. Zhang, and B. Chen. 2020. Application of biochar-based materials in environmental remediation: From multi-level structures to specific devices. Biochar, 2:1-31.

Meherasa, H., A. Farnia, M. Jafarizadeh, and Sh. Nakhjavan. 2022. Studying the effect of salicylic

biochar-based organic fertilizer on nitrogen assimilation, antioxidant capacities, and photosynthesis of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) under saline-alkaline stress. Agronomy, 10(10): 1562.

Wang, Y., J. Zheng, X. Liu, Q. Yan, and Y. Hu. 2020. Short-term impact of fire-deposited charcoal on soil microbial community abundance and composition in a subtropical plantation in China. Geoderma, 359:113992.

Zhou, Y. J., Y.N. Chang, J.Q. You, S.Z. Li, W. Zhuang, and C.J. Cao. 2019. Cold-pressed Canola Oil Reduces Hepatic Steatosis by Modulating Oxidative Stress and Lipid Metabolism in KM Mice Compared with Refined Bleached Deodorized Canola Oil. Journal of food science, 84(7): 1900-1908.

cadmium accumulation in maize (*Zea mays* L.) by foliar spray of zinc oxide nanoparticles and biochar to contaminated soil. Environmental Pollution, 248: 358-367.

Saha, A., B. Basak, N. Gajbhiye, K. Kalariya, and P. Manivel. 2019. Sustainable fertilization through co-application of biochar and chemical fertilizers improves yield, quality of Andrographis paniculata and soil health. Industrial Crops and Products. 140*:* 111607.

Saied, M. and G. Hamzei. 2021. Investigating the growth and performance of rapeseed under the influence of nitrogen fertilizer in rotation with corn and peas. Journal of plant production studies, 28(1). 91-81.

Zhang, P., F.Yang, H. Zhang, L. Liu, X. Liu, J. Chen, X. Wang, Y. Wang, and C. Li. 2020. Beneficial effects of