نشریه تولید و فرآوری محصولات زراعی و باغی
سال نهم / شماره چهارم / زمستان ۱۳۹۸

ارزیابی صفات زراعی ارقام کلزا تحت تأثیر تراکم‌های مختلف گیاه و کاربرد هیومیک اسید

محمد امیری[۱]، امیرحسین شیرانی‌راد[۲*]، سید علیرضا ولد آبادی[۳]، جهانفر دانشیان[۲] و حمیدرضا ذاکرین[۴]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۹/۱۴ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۲/۶)

چکیده

به‌منظور بررسی اثر هیومیک اسید در پایداری عملکرد دانه ارقام کلزا در تراکم‌های بوته مختلف، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار به‌مدت دو سال زراعی (۱۳۹۵-۱۳۹۳) در مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج اجرا شد که در آن تراکم بوته در سه سطح شامل (۴۰، ۶۰ و ۸۰ بوته در مترمربع)، هیومیک اسید در دو سطح شامل عدم کاربرد (محلول‌پاشی با آب خالص) و کاربرد هیومیک اسید (با غلظت سه در هزار در دو مرحله شش‌برگی و غنچه‌دهی) به‌صورت فاکتوریل در کرت‌های اصلی و شش رقم بهاره کلزا شامل RGS۰۰۳، Zafar، Julius، Jerry، Zabol10 و Hyola۴۸۱۵ درکرت‌های فرعی قرار گرفتند. نتایج حاصل نشان داد که اثر برهم‌کنش تراکم بوته × هیومیک اسید × رقم بر صفات عملکرد دانه، عملکرد روغن دانه، تعداد دانه در خوررجین، تعداد خورجین در بوته، عملکرد بیولوژیکی، شاخص برداشت و اثر متقابل دوگانه تراکم بوته × رقم بر صفات درصد روغن دانه، وزن هزار دانه، کلروفیل a، b و کل در سطح یک درصد معنی‌دار شد. به‌طور کلی افزایش تراکم بوته به‌دلیل رقابت شدید بین بوته‌ها سبب تأثیر سوء بیشتر بر صفات مورد آزمون شد. به‌طوری که در تراکم ۴۰ بوته در مترمربع و کاربرد هیومیک اسید، رقم Jerry بالاترین تعداد دانه در خورجین و تعداد خورجین در بوته را به‌ترتیب با میانگین ۲۴/۶ و ۲۰۰/۷ عدد و بیشترین وزن هزار دانه با میانگین ۴/۹ گرم را داشت. علاوه‌بر این، رقم Jerry در تراکم ۴۰ بوته در مترمربع و کاربرد هیومیک اسید با میانگین ۵۴۱۲ و ۲۱۹۶ کیلوگرم در هکتار، به‌ترتیب بیشترین عملکرد دانه و عملکرد روغن دانه را به خود اختصاص داد. بر این اساس ارقام مورد آزمون، پاسخ مثبتی به کاربرد هیومیک اسید در تراکم‌های مختلف بوته، به‌ویژه در تراکم ۴۰ بوته در مترمربع نشان دادند. همچنین رقم Jerry در تراکم ۴۰ بوته در مترمربع و کاربرد هیومیک اسید، بالاترین عملکرد دانه و عملکرد روغن دانه را به خود اختصاص داد

واژه‌های کلیدی: کلزا، هیومیک اسید، پایداری، عملکرد دانه، عملکرد روغن دانه، کلروفیل

۱، ۳ و ۴. به‌ترتیب دانشجوی دکتری، دانشیار و استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تاکستان
۲. استادان مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: Shirani.rad@gmail.com

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-30]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1398.9.4.14.9]
[DOI: 10.47176/jcpp.9.4.34631]

مقدمه

دانه‌های روغنی بعد از غلات دومین منبع مهم تأمین انرژی مورد نیاز خوراکی جوامع انسانی به‌شمار می‌روند. کلزا بعد از سویا و نخل روغنی مقام سوم را در تأمین روغن نباتی جهان دارد و از نظر پروتئین مقام پنجم را به خود اختصاص داده است (۱۵ و ۲۱). در چند سال گذشته به‌دلیل اهمیت بسیار بالای روغن خوراکی و کنجاله کلزا (*Brassica napus* L.) برای خوراک دام، سطح زیر کشت این گیاه روغنی به‌طور چشمگیری افزایش پیدا کرده است (۲۳). یکی از اهداف اصلی در زراعت، ضرورت تعیین بهترین تراکم بوته برای دستیابی به عملکرد مطلوب است. تراکم مطلوب بوته، تراکمی است که در نتیجه آن کلیه عوامل محیطی به‌طور کامل مورد استفاده گیاه قرار گرفته و در همان حال، رقابت‌های درون بوته‌ای و بین بوته‌ای در حداقل باشند تا بیشترین عملکرد ممکن با کیفیت مطلوب به‌دست آید (۱۶). انگدی و همکاران (۲)، با بررسی اثر تراکم بوته نتیجه گرفتند که در نواحی نیمه‌خشک، شرایط محیطی اثر زیادی در دامنه اثرپذیری کلزا به تراکم بوته دارد. تراکم مطلوب زمانی به‌دست می‌آید که پوشش گیاهی در شروع مرحله زایشی، حداکثر سطح برگ را برای دریافت نور داشته باشد (۱۸). به‌طور کلی به‌دلیل اهمیت شاخه‌ها در عملکرد کلزا و وجود همبستگی منفی بین تعداد شاخه و تعداد خورجین در شاخه، لزوم استفاده از تراکم مطلوب بوته ضروری است (۱۰). در تراکم‌های پایین، رقابت بین بوته‌ها کمتر بوده و با افزایش تراکم گیاهی، ارتفاع بوته‌ها و رقابت بین آنها افزایش می‌یابد، عدم نور کافی رسیده به برگ‌ها، دلیل پیری زودرس آنهاست، تراکم مطلوب می‌تواند از طریق تأثیر بر میزان تابش دریافت شده توسط برگ‌ها، پیری آنها را به تأخیر اندازد (۶). توانایی یک بوته به جبران تراکم‌های پایین‌تر از حد مطلوب به میزان منابع قابل دسترس مانند نور، آب و مواد غذایی بستگی دارد. افزایش معنی‌دار عملکرد و اجزای عملکرد کلزا (۲۸) و آفتابگردان (۱۲) با کاربرد هیومیک اسید گزارش شده است. تراکم کاشت به عوامل مختلفی مانند ویژگی‌های گیاه زراعی، طول دوره رشد، زمان و روش کاشت، تراکم گیاه، حاصلخیزی خاک، مدیریت مزرعه و روش برداشت بستگی دارد (۲۶). یکی از کودهای با اهمیت در گیاهان هیومیک اسید است. هیومیک اسید یک محصولی تجاری است که حاوی بسیاری از مواد مغذی شامل ۵۸-۴۴ درصد کربن، ۴۶-۴۲ درصد اکسیژن، ۸-۶ درصد هیدروژن، ۵-۰/۴ درصد نیتروژن و همچنین بسیاری از عناصر دیگر برای بهبودی رشد گیاه است (۸). مواد آلی دارای دو نوع اسید آلی به نام‌های اسید هیومیک و اسید فولویک و جزء هیومین هستند که از منابع مختلف نظیر خاک، پیت، زغال سنگ، هوموس و غیره استخراج می‌شوند. مقادیر بسیار کم از اسیدهای آلی به‌دلیل وجود ترکیبات هورمونی اثراتی مفید و چشمگیر در افزایش تولید و بهبود کیفیت محصولات کشارزی دارند (۳۰ و ۳۳). هیومیک اسید با وزن مولکولی ۳۰ تا ۳۰۰ کیلودالتون، دارای درصد کربن بیشتری نسبت به اسیدهای فولویک است و با عناصر میکرو ترکیبات پایدار تشکیل می‌دهد (۲۲). مقدار کلروفیل در گیاهان یکی از عامل‌های مهم حفظ ظرفیت فتوسنتزی است. آستارایی و ایوانی (۴) افزایش میزان سطح برگ و تولید کلروفیل بیشتر در برگ‌های گیاه لوبیا را در استفاده از تیمار هیومیک اسید گزارش کردند. هیومیک اسید با افزایش رشد ریشه و سطح تارهای کشنده باعث افزایش جذب عناصری چون پتاسیم، نیتروژن و آهن می‌شود (۳۴). پژوهش حاضر به‌منظور گزینش ارقامی از کلزا که پایداری عملکرد دانه بیشتری در تراکم‌های بوته مختلف دارند و همچنین نقش هیومیک اسید در افزایش این پایداری، اجرا شد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر تراکم بوته بر صفات زراعی ارقام بهاره کلزا در شرایط کاربرد هیومیک اسید، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال‌های زراعی ۱۳۹۴-۱۳۹۳ و ۱۳۹۵-۱۳۹۴ در منطقه کرج (ایران) با موقعیت طول جغرافیایی ´۶ و°۵۱ شرقی و عرض جغرافیایی ´۴۹ و°۳۵

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-30]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1398.9.4.14.9]
[DOI: 10.47176/jcpp.9.4.34631]

شمالی و ارتفاع ۱۳۱۳ متر از سطح دریا انجام شد. بر اساس میانگین داده‌های سی‌ساله هواشناسی کرج، متوسط بارندگی سالیانه منطقه ۲۴۳ میلی‌متر بود و بارندگی‌ها عمدتاً در اواخر پاییز و اوایل بهار روی می‌دهد. آمار هواشناسی محل آزمایش در طی دو سال زراعی در جدول (۱) و مشخصات خاک محل آزمایش در جدول (۲) ارائه شده است.

در این پژوهش، هیومیک اسید در دو سطح شامل عدم کاربرد (محلول‌پاشی با آب خالص) و محلول‌پاشی با غلظت سه در هزار در مراحل چهار تا شش‌برگی (کد ۱ بر اساس مقیاس BBCH) و غنچه‌دهی (کد ۵ بر اساس مقیاس BBCH)، تراکم بوته در سه سطح شامل ۴۰، ۶۰ و ۸۰ بوته در مترمربع به‌صورت فاکتوریل به‌عنوان عوامل اصلی و ارقام بهاره کلزا شامل RGS۰۰۳، Zafar، Julius، Jerry، Zabol ۱۰ و Hyola ۴۸۱۵ به‌عنوان عامل فرعی بودند. هر کرت آزمایشی شامل شش خط به طول شش متر بود. فاصله بوته‌ها روی خطوط کاشت برای تراکم‌های ۴۰، ۶۰ و ۸۰ بوته در مترمربع به‌ترتیب برابر ۸/۳، ۵/۵ و ۴/۲ سانتی‌متر در نظر گرفته شد که برای رسیدن به این تراکم در مرحله چهاربرگی اقدام به تنک و تنظیم فاصله‌ها شد. فاصله خطوط ۳۰ سانتی‌متر از هم بود که دو خط کناری به‌عنوان حاشیه در نظر گرفته شد. کودهای مصرفی بر اساس آزمون خاک عبارت بودند از: ۱) ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار فسفات آمونیوم و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاس به‌صورت پایه همزمان با آماده‌سازی بستر بذر، ۲) ۳۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره (۱۰۰ کیلوگرم در مرحله سه‌برگی، ۱۵۰ کیلوگرم در مرحله ساقه‌دهی و ۱۰۰ کیلوگرم در مرحله غنچه‌دهی) به‌صورت سرک مصرف شد. کلیه عملیات مربوط به داشت به‌جز آبیاری به‌صورت یکسان و بر اساس عرف منطقه انجام شد. دور آبیاری بر اساس ۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A در نظر گرفته شد و مقدار آب مصرفی در هر بار آبیاری ۸۰ درصد آب تبخیر شده بود. میزان آب ورودی به مزرعه آزمایشی با کنتور اندازه‌گیری شد. در مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی، تعداد ۱۰ بوته از هر کرت به‌طور تصادفی انتخاب و صفات تعداد خورجین در بوته و تعداد دانه در خورجین آنها اندازه‌گیری شدند. برای تعیین وزن هزار دانه، هشت نمونه ۱۰۰۰ تایی از هر کرت آزمایشی به‌طور تصادفی انتخاب و با استفاده از ترازوی دقیق آزمایشگاهی توزین شدند و میانگین وزن آنها به‌عنوان وزن هزار دانه ثبت شد. به‌منظور تعیین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی، بوته‌های موجود در مساحت ۴/۸ مترمربع از هر کرت آزمایشی به‌طور جداگانه کف‌بر شده و برای خشک شدن نهایی و رسیدن رطوبت دانه‌ها به ۱۲ درصد، به‌مدت یک هفته در هوای آزاد نگهداری و با ترازوی دقیق توزین و محاسبه شد. شاخص برداشت از تقسیم عملکرد دانه بر عملکرد بیولوژیکی برحسب درصد به‌دست آمد. به‌منظور تعیین درصد روغن دانه، از هر کرت یک نمونه پنج گرمی بذر انتخاب و درصد آن توسط دستگاه NMR (Nuclear Magnetic Resonance) تعیین شد (۱۴). پس از تعیین درصد روغن دانه، از حاصل ضرب آن در عملکرد دانه، عملکرد روغن دانه برحسب کیلوگرم در هکتار محاسبه شد. میزان کلروفیل برگ با استفاده از روش آرنون (۳) و حسیبی (۱۳) تعیین و با استفاده از معادله‌های (۱) و (۲) برای هر تیمار میزان کلروفیل a، b و کل برحسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ نمونه تعیین شد.

$$\text{Chlorophyll a} = (19.3\times A663 - 0.86\times A645)V/100W \quad (۱)$$

$$\text{Chlorophyll b} = (19.3\times A645 - 3.6\times A663)\,V/10 \quad (۲)$$

V= حجم محلول صاف شده (محلول فوقانی حاصل از سانتریفیوژ)
A= جذب نور در طول موج‌های ۶۶۳ و ۶۴۵ نانومتر
W= وزن تر نمونه برحسب گرم

در پایان پس از انجام آزمون بارتلت و اثبات همگن بودن واریانس‌های آزمایشی در هر سال، تجزیه واریانس مرکب با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (نسخه ۹/۱) انجام شد. مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار انجام گرفت. تجزیه اثر متقابل با استفاده از رویه برش‌دهی انجام شد.

نتایج و بحث

اثر سال بر عملکرد دانه، عملکرد روغن دانه، وزن هزار دانه،

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-30]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1398.9.4.14.9]
[DOI: 10.47176/jcpp.9.4.34631]

جدول ۱. تغییرات میانگین دما و بارندگی ایستگاه هواشناسی کرج در سال‌های زراعی ۹۵-۱۳۹۳ (بی نام، ۱۳۹۵)

		ماه									
	میانگین	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فرودین	اردیبهشت	خرداد
سال ۱۳۹۴-۱۳۹۳	بارش (میلی‌متر)	۱۲/۸	۲۳/۹	۳۱/۴	۷/۶	۱۹/۴	۱۹/۶	۴۷/۳	۲	۷/۵
	دمای ماهانه (درجه سانتی‌گراد)	۱۷/۷	۹/۳	۵/۹	۵/۲	۷/۱	۶/۴	۱۳/۹	۲۰/۲	۲۶/۴
		ماه								
	میانگین	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فرودین	اردیبهشت	خرداد
سال ۱۳۹۵-۱۳۹۴	بارش (میلیمتر)	۳/۵	۷۷/۴	۲۸/۶	۱۵/۶	۸/۷	۱۷/۸	۷۵/۵	۱۳	۰
	دمای ماهانه (درجه سانتی‌گراد)	۱۹/۴	۱۰/۵	۴/۶	۵/۱	۴/۹	۱۱/۸	۱۱/۷	۱۹/۹	۲۳/۴

تعداد دانه در خورجین، تعداد خورجین در بوته، عملکرد بیولوژیکی، کلروفیل a، b و کل در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). اثر تراکم بوته بر میزان روغن دانه در سطح پنج درصد و بر صفات عملکرد دانه، عملکرد روغن دانه، وزن هزار دانه، تعداد دانه در خورجین، تعداد خورجین در بوته، عملکرد بیولوژیکی، شاخص برداشت، کلروفیل a، b و کل در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). اثر اسید هیومیک بر صفات عملکرد دانه، عملکرد روغن دانه، وزن هزار دانه، تعداد دانه در خورجین، تعداد خورجین در بوته، عملکرد بیولوژیکی، شاخص برداشت، کلروفیل a، b و کل در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). اثر ساده رقم بر عملکرد دانه، میزان روغن دانه، عملکرد روغن دانه، وزن هزار دانه، تعداد دانه در خورجین، تعداد خورجین در بوته، عملکرد بیولوژیکی، شاخص برداشت، کلروفیل a، b و کل در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). اثر متقابل تراکم بوته × اسید هیومیک بر عملکرد بیولوژیکی در سطح پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). اثر متقابل تراکم بوته × رقم بر عملکرد دانه، میزان روغن دانه، عملکرد روغن دانه، وزن هزار دانه، تعداد دانه در خورجین، تعداد خورجین در بوته، عملکرد بیولوژیکی، شاخص برداشت، کلروفیل a، b و کل در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). اثر متقابل اسید هیومیک × رقم بر تعداد دانه در خورجین در سطح پنج درصد و بر صفات عملکرد دانه، عملکرد روغن دانه، تعداد خورجین در بوته و شاخص برداشت در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). اثر متقابل تراکم بوته × اسید هیومیک × رقم بر عملکرد دانه، عملکرد روغن دانه، تعداد دانه در خورجین، تعداد خورجین در بوته، عملکرد بیولوژیکی، شاخص برداشت در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳).

عملکرد دانه و اجزای آن

واکنش ارقام به سطوح مختلف تراکم بوته در دو شرایط کاربرد و عدم کاربرد هیومیک اسید به‌طور معنی‌داری متفاوت بود. به‌طوری که در شرایط کاربرد هیومیک اسید در تراکم ۴۰ بوته در مترمربع، رقم Jerry با میانگین ۲۰۰/۷ عدد و در تراکم‌های ۶۰ و ۸۰ بوته در مترمربع، رقم RGS۰۰۳ به‌ترتیب با میانگین ۱۴۲/۷ و ۹۳/۶ عدد، بیشترین تعداد خورجین در بوته را به خود اختصاص دادند. کاربرد هیومیک اسید در تراکم‌های ۴۰، ۶۰ و ۸۰ بوته در مترمربع به‌ترتیب سبب افزایش ۲/۱، ۲/۵ و ۲/۴ درصدی تعداد خورجین در بوته در رقم Jerry نسبت به عدم کاربرد آن شد. در شرایط کاربرد هیومیک اسید در تراکم ۴۰ بوته در مترمربع، رقم RGS۰۰۳ با ۰/۸ درصد، در تراکم ۶۰ بوته در مترمربع، رقم Jerry با ۱/۶ درصد و در تراکم ۸۰ بوته در مترمربع، رقم Julius با ۲/۲ درصد، کمترین افت تعداد خورجین در بوته را در مقایسه با عدم کاربرد آن داشتند. کاهش تعداد خورجین در بوته در کشت‌های متراکم

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-30]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1398.9.4.14.9]
[DOI: 10.47176/jcpp.9.4.34631]

[DOI: 10.47176/jcpp.9.4.34631] [DOR: 20.1001.1.22518517.1398.9.4.14.9] [Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-30]

جدول ۲. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در عمق‌های صفر تا ۳۰ و ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متری

سال	عمق (سانتی متر)	بافت خاک	شن (درصد)	سیلت (درصد)	رس (درصد)	کربن آلی (درصد)	نیتروژن (درصد)	فسفر (میلی گرم بر کیلوگرم)	پتاسیم (میلی گرم بر کیلوگرم)	اسیدیته خاک	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)
۱۳۹۳-۱۳۹۴	۰-۳۰	لومی-رسی	۲۱	۵۰	۲۹	۰/۶۲	۰/۸	۱۳/۷	۲۶۴	۷/۴	۲/۲
	۳۰-۶۰	لومی-رسی	۲۴	۴۳	۳۳	۰/۶۵	۰/۱۱	۱۴/۵	۲۷۴	۷/۱	۱/۹
۱۳۹۴-۱۳۹۵	۰-۳۰	لومی-رسی	۲۷	۴۲	۳۱	۰/۹۰	۰/۹	۱۴/۹	۱۹۵	۷/۹	۱/۵۷
	۳۰-۶۰	لومی-رسی	۳۲	۴۰	۲۸	۰/۹۴	۰/۹۸	۱۵/۵	۲۰۶	۷/۳	۱/۳۴

جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس مرکب صفات مورد آزمون

منبع تغییرات	درجه آزادی	تعدادخورجین در بوته	تعداد دانه در خورجین	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیکی	شاخص برداشت	عملکرد روغن	درصد روغن	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل
سال	۱	۳۴۴۹۱/۵**	۱۳/۷**	۱۴/۷**	۲۸۶۵۱۲/۳**	۷۱۰۰۹۷**	۵/۹ns	۸۵۳۱۵۱**	۵۴ns	۰/۹**	۰/۰۰۳**	۰/۸**
سال × تکرار	۴	۴۰۶/۶	۸/۸	۰/۱۹	۲۴۵۱۸۸/۴	۳۳۵۶۰۹	۲/۲	۱۰۱۴۵۶/۷**	۱۷/۳	۰/۰۳	۰/۰۰۴	۰/۰۵
تراکم بوته	۲	۲۱۴۴۰۰**	۲۷۵۸/۵**	۶۲/۸**	۱۳۴۶۰۶۲/۸**	۱۷۴۶۰۴۱**	۱۳۱/۳**	۲۳۳۴۷۵**	۷۱/۹*	۹/۳**	۰/۳**	۱۲/۹**
سال × تراکم بوته	۲	۱۶۶۶**	۵/۵**	۰/۱۱*	۵۶۵۳۶/۲ns	۲۷۴۰۰۴ns	۲/۷**	۳۱۰۴۴/۵ns	۲/۷ns	۰/۰۵**	۰/۰۰۳**	۰/۰۷**
اسیدهیومیک	۱	۲۶۸۷/۵**	۳۰/۸**	۰/۷۲**	۱۷۰۹۷/۲**	۱۸۸۳۱۰**	۳/۷**	۲۹۷۵۵۶/۹**	۰/۹ns	۰/۰۸**	۰/۰۰۴**	۰/۱۲**
سال × اسیدهیومیک	۱	۳۴/۲ns	۰/۰۲ns	۰/۰۱ns	۱۷۰۵ns	۱۸۷۹ns	۱۷۰۵/۸ns	۱۸/۳ns	۰/۰۳ns	۰/۰۴ns	۰/۰۰۴ns	۰/۰۰۳ns
سال × تراکم × اسیدهیومیک	۲	۳۳۶/۹**	۲/۷*	۰/۰۹۲*	۱۴۴۰۷۴/۶ns	۳۳۷۴۷ns	۱۴۱۴۳/۱ns	۳۱۰۶۰/۹ns	۰/۲ns	۰/۰۶**	۰/۰۰۴ns	۰/۰۱ns
تراکم × اسیدهیومیک	۲	۴/۹ns	۰/۰۱ns	۰/۰۰۱ns	۱۴۱۴۳/۱ns	۱۳۸۱۸۸*	۱۴۴۰۷۴/۶ns	۲۶۱۲/۲ns	۰/۰۸ns	۰/۰۲ns	۰/۰۰۵ns	۰/۰۰۱ns
خطای a	۲۰	۲۳۴/۸	۳/۵	۰/۳۰	۳۳۶۶۱۰/۲	۶۳۹۳۱۲	۳۳۶۶۱۰/۲	۲۱۱۷۹/۱	۲۰/۵	۰/۰۱	۰/۰۰۸	۰/۰۲
رقم	۵	۷۰۱۹/۵**	۷۷/۹**	۲/۱**	۴۰۴۸۹۴/۴**	۵۲۱۸۱۳**	۴۰۴۸۹۴/۴**	۷۲۸۶۲۱/۱**	۲/۴**	۰/۳**	۰/۰۱۱**	۰/۴**
سال × رقم	۵	۴۳/۴*	۰/۳۳ns	۰/۰۱۶ns	۸۶۶۹/۸ns	۳۹۴۸۱ns	۸۶۶۹/۸ns	۲۳۶۸/۳۰ns	۰/۰۸ns	۰/۰۲ns	۰/۰۲**	۰/۰۲ns
تراکم بوته × رقم	۱۰	۲۱۷۰/۵**	۲۶/۸**	۰/۷**	۱۵۱۰۶/۵**	۱۸۱۳۲۹**	۱۵۱۰۱۶/۵**	۲۶۴۱۰۴/۵**	۰/۹**	۰/۰۹**	۰/۰۱**	۰/۱**
سال × تراکم بوته × رقم	۱۰	۳۹/۲ns	۰/۲۶ns	۰/۰۹ns	۷۶۰۹/۲ns	۲۷۴۶۶۲ns	۷۶۰۹/۲ns	۱۶۳۴/۹۲ns	۰/۰۳ns	۰/۰۲ns	۰/۰۰۹ns	۰/۰۲ns
اسیدهیومیک × رقم	۵	۱۶۱/۸**	۲/۱*	۰/۰۳ns	۹۵۸۲۴/۹**	۸۶۹۲۵۴ns	۹۵۸۲۴/۹**	۱۶۶۳۸/۷۵**	۰/۰۳ns	۰/۰۵ns	۰/۰۰۸ns	۰/۰۶ns
سال × اسیدهیومیک × رقم	۵	۷/۸ns	۰/۰۲ns	۰/۰۰۹ns	۴۲۲۷/۷ns	۴۰۳۸۹ns	۴۲۲۷/۷ns	۹۷۷/۴ns	۰/۰۲ns	۰/۰۱ns	۰/۰۰۲ns	۰/۰۰۲ns
تراکم بوته × اسیدهیومیک × رقم	۱۰	۵۲/۵**	۰/۴۹**	۰/۰۱ns	۴۱۰۵۱/۹**	۲۳۱۵۶۱/۶**	۴۱۰۵۱/۹**	۷۲۳۹/۲**	۰/۰۱ns	۰/۰۱ns	۰/۰۰۵ns	۰/۰۰۱ns
سال × تراکم بوته × اسیدهیومیک × رقم	۱۰	۲/۵ns	۰/۰۲ns	۲/۵ns	۲۲۷۵/۶ns	۱۹۳۵۳ns	۲۲۷۵/۶ns	۶۲۶/۲**	۰/۰۵ns	۰/۰۰۲ns	۰/۰۰۱ns	۰/۰۰۲ns
خطای b	۱۲۰	۳۹/۴۶	۰/۷۲	۳۹/۴۶	۴۶۹۴۳/۴	۵۲۵۶۰۷	۳/۶۵	۱۵۰۶۸/۸	۵/۲۷	۰/۰۳	۰/۰۰۳	۰/۰۰۳
ضریب تغییرات (درصد)	–	۵/۸	۵/۱۰	۵/۸	۶/۵۰	۵/۲۴	۶/۵۰	۹/۳۸	۵/۸۸	۵/۵۰	۵/۴۵	۴/۴۱

ns، * و ** به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

می‌تواند به‌دلیل انبوهی شاخ و برگ‌های سایه‌انداز، عدم دستیابی گیاهان به نور کافی و کمبود مواد غذایی باشد. به این ترتیب گیاه به‌دلیل ایجاد موازنه بین مواد فتوسنتزی حاصل و تسهیم آن بین مقصدهای مختلف گیاه، تعدادی از گل‌های تشکیل شده را حذف می‌کند. آیافر و همکاران (۱) گزارش دادند که استفاده از هیومیک اسید، تعداد خورجین در بوته را افزایش می‌دهد.

مقایسه میانگین اثر متقابل تراکم بوته × هیومیک اسید × رقم نشان داد که ارقام واکنش متفاوتی را به سطوح مختلف تراکم بوته در دو شرایط کاربرد و عدم کاربرد هیومیک اسید نشان دادند، به‌طوری که بیشترین تعداد دانه در خورجین در شرایط کاربرد هیومیک اسید در تراکم ۴۰ بوته در مترمربع را رقم Jerry با میانگین ۲۴/۶ عدد و در تراکم‌های ۶۰ و ۸۰ بوته در مترمربع را رقم RGS۰۰۳ به‌ترتیب با میانگین ۱۹/۹ و ۱۳/۴ عدد به خود اختصاص دادند. در شرایط کاربرد هیومیک اسید در تراکم ۴۰ بوته در مترمربع، ارقام RGS۰۰۳، Jerry و Hyola ۴۸۱۵ با ۰/۸ درصد، در تراکم ۶۰ بوته در مترمربع رقم Jerry با ۱/۵ درصد و در تراکم ۸۰ بوته درمترمربع هیبرید Hyola ۴۸۱۵ با ۱/۶ درصد، کمترین میزان افت تعداد دانه در خورجین را در مقایسه با عدم کاربرد آن نشان دادند (جدول ۶). با افزایش تراکم بوته تعداد دانه در خورجین کاهش یافت. افزایش رقابت بین بوته‌ها با افزایش تراکم بوته سبب عدم توزیع مناسب تشعشع نوری در جامعه گیاهی و کمبود منابع قابل دسترس می‌شود که این موضوع باعث تضعیف گیاه و عدم توانایی تولید شیره پرورده کافی برای پر کردن دانه‌ها و درنتیجه کاهش تعداد دانه در خورجین می‌شود. هیومیک اسید با افزایش فعالیت آنزیم رابیسکو سبب بهبود فعالیت فتوسنتزی گیاه و در نتیجه اثر سوء افزایش تراکم بوته بر تعداد دانه در خورجین را کاهش می‌دهد (۱۱ و ۳۱).

میانگین وزن هزار دانه در شرایط کاربرد و عدم کاربرد اسید هیومیک به‌طور معنی‌داری متفاوت بود، به‌طوری که کاربرد اسید هیومیک سبب افزایش ۲/۸ درصدی وزن هزار دانه در مقایسه با عدم کاربرد آن شد (جدول ۴). تفاوت معنی‌دار در مقایسه میانگین اثر برهم‌کنش تراکم بوته × رقم نشان داد که در تراکم ۴۰ بوته در مترمربع، رقم Jerry با میانگین ۴/۹ گرم و در تراکم ۶۰ بوته در مترمربع، رقم RGS۰۰۳ با میانگین ۳/۸ گرم و در تراکم ۸۰ بوته در مترمربع، ارقام RGS۰۰۳ و Hyola ۴۸۱۵ به‌ترتیب با میانگین‌های ۲/۹ و ۲/۸ گرم بیشترین وزن هزار دانه را به خود اختصاص دادند (جدول ۵). به‌طور کلی با افزایش تراکم بوته، وزن هزار دانه کاهش یافت. هیومیک اسید با افزایش تولید مواد فتوسنتزی و تخصیص بیشتر آنها به دانه‌های تولید شده و پر شدن بهتر دانه‌ها، سبب افزایش وزن هزار دانه شده است. در مطالعاتی کاربرد هیومیک اسید سبب افزایش وزن هزار دانه گندم و ارزن شده است (۱۱ و ۳۱). در تراکم‌های بالای کلزا، توزیع منابع در بین مقصدها (دانه‌ها) سبب کاهش بیشتر وزن هر دانه شده است که در نتیجه منجر به کاهش شدید وزن هزار دانه خواهد شد (۳۶).

بررسی واکنش ارقام به کاربرد و عدم کاربرد هیومیک اسید در تراکم‌های بوته مختلف نشان داد که در شرایط کاربرد هیومیک اسید و تراکم ۴۰ بوته در مترمربع، بالاترین عملکرد دانه مربوط به رقم Jerry با میانگین ۵۴۱۲ کیلوگرم در هکتار بود و در تراکم های ۶۰ و ۸۰ بوته در مترمربع، رقم RGS۰۰۳ به‌ترتیب با میانگین ۳۸۳۲ و ۲۵۸۷ کیلوگرم در هکتار، بیشترین میزان این صفت را تولید کرد (جدول ۶). به‌طور کلی با افزایش تراکم بوته، عملکرد دانه کلزا کاهش یافت. بر این اساس کاربرد هیومیک اسید در تراکم‌های بوته مختلف از طریق افزایش اجزای عملکرد دانه نظیر تعداد دانه در خورجین، تعداد خورجین در بوته و وزن هزار دانه سبب افت کمتر عملکرد دانه کلزا در تراکم‌های بوته مختلف در مقایسه با عدم کاربرد آن شد. موحدپور و همکاران (۲۴) نیز افزایش عملکرد دانه کلزا را با مصرف اسید هیومیک گزارش کردند. در تراکم کاشت مناسب، بهره‌مندی گیاه از عوامل محیطی افزایش یافته و حداکثر آسیمیلاسیون و عملکرد دانه حاصل خواهد شد (۲۰).

در این بررسی در هر دو شرایط کاربرد و عدم کاربرد

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-30]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1398.9.4.14.9]
[DOI: 10.47176/jcpp.9.4.34631]

جدول ۴. مقایسه میانگین وزن هزار دانه و محتوی کلروفیل برگ تحت تأثیر هیومیک اسید

تیمار	وزن هزار دانه (گرم)	کلروفیل a (میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ)	کلروفیل b (میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ)	کلروفیل کل (میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ)
هیومیک اسید				
عدم کاربرد	۳/۵^{b}	۱/۰۷^{b}	۰/۳۳^{b}	۱/۳۹^{b}
کاربرد	۳/۶^{a}	۱/۱۰^{a}	۰/۳۴^{a}	۱/۴۴^{a}

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در هر ستون فاقد اختلاف معنی‌دار آماری در سطح احتمال پنج درصد هستند.

هیومیک اسید، واکنش ارقام به سطوح مختلف تراکم بوته از نظر عملکرد بیولوژیکی متفاوت بود، به‌طوری که در شرایط کاربرد هیومیک اسید در تراکم ۴۰ بوته در مترمربع، رقم Jerry با میانگین ۲۰۸۱۵ کیلوگرم در هکتار و در تراکم‌های ۶۰ و ۸۰ بوته در مترمربع، رقم RGS۰۰۳ به‌ترتیب با میانگین ۱۶۳۰۲ و ۱۱۱۶۲ کیلوگرم در هکتار، بیشترین عملکرد بیولوژیکی را نشان دادند (جدول ۶). با افزایش تراکم بوته، رقابت بین بوته‌ها در جذب نور و عناصر غذایی زیادتر شده و در نتیجه عملکرد بیولوژیکی کاهش یافته است. این در حالی است که کاربرد هیومیک اسید سبب افت کمتر عملکرد بیولوژیکی در سطوح بالای تراکم بوته در مقایسه با عدم کاربرد آن شد (جدول ۶). تائهی و بومه (۳۲) گزارش کردند که هیومیک اسید از طریق افزایش در محتوای نیتروژن گیاه سبب افزایش رشد، ارتفاع بوته و در پی آن عملکرد بیولوژیکی می‌شود.

بررسی واکنش ارقام به کاربرد و عدم کاربرد هیومیک اسید در سطوح مختلف تراکم بوته نشان داد که در هر دو شرایط کاربرد و عدم کاربرد هیومیک اسید، بالاترین شاخص برداشت در تراکم ۴۰ بوته در مترمربع حاصل شد، به‌طوری که در شرایط کاربرد هیومیک اسید و تراکم ۴۰ بوته در مترمربع ارقام Jerry و Hyola ۴۸۱۵ به‌ترتیب با میانگین ۲۶/۰۰ و ۲۵/۹ درصد، بالاترین شاخص برداشت را به خود اختصاص دادند (جدول ۶). شاخص برداشت بیانگر میزان تسهیم مواد فتوسنتزی بین اندام های رویشی و زایشی است، دلیل افزایش شاخص برداشت در تراکم ۴۰ بوته در مترمربع با کاربرد هیومیک اسید آن است که تأثیر مثبت کاربرد هیومیک اسید در تراکم ۴۰ بوته در مترمربع بر عملکرد دانه بیشتر از عملکرد بیولوژیکی بوده است. کاهش شاخص برداشت با افزایش تراکم بوته توسط فرنیا و آراسته (۹) در کلزا نیز گزارش شده است.

واکنش ارقام به کاربرد و عدم کاربرد هیومیک اسید در تراکم‌های مختلف بوته از نظر عملکرد روغن دانه متفاوت بود، به‌طوری که در شرایط کاربرد هیومیک اسید و تراکم ۴۰ بوته در مترمربع، رقم Jerry با میانگین ۲۱۹۶ کیلوگرم در هکتار و در تراکم‌های ۶۰ و ۸۰ بوته در مترمربع، رقم RGS۰۰۳ به‌ترتیب با میانگین‌های ۱۵۱۱ و ۹۹۱ کیلوگرم در هکتار، بیشترین عملکرد روغن دانه را به خود اختصاص دادند (جدول ۶). از آنجایی که عملکرد روغن دانه از حاصل ضرب عملکرد دانه در درصد روغن دانه حاصل می‌شود (۱۷) و از طرفی همبستگی و رابطه مستقیم بین عملکرد دانه با عملکرد روغن دانه وجود دارد، بنابراین بالاترین عملکرد روغن دانه نیز در شرایط کاربرد هیومیک اسید در تراکم ۴۰ بوته در مترمربع حاصل شد.

تفاوت معنی‌دار اثر متقابل تراکم بوته × رقم نشان داد که در تراکم ۴۰ بوته در مترمربع رقم Jerry با ۴۰/۶ درصد و در تراکم ۶۰ بوته در مترمربع ارقام Jerry و RGS۰۰۳ با میانگین ۳۹/۳ درصد و در تراکم ۸۰ بوته در مترمربع رقم Zafar با میانگین ۳۸/۹ درصد، بیشترین میزان روغن دانه را به خود اختصاص دادند (جدول ۵). درصد روغن دانه، صفتی ارثی با وراثت‌پذیری بالاست که تا حدودی نیز تحت تأثیر شرایط محیط قرار می‌گیرد. تراکم بوته از طریق تأثیر نفوذ نور به داخل سایه‌انداز گیاه بر محتوی روغن گیاه اثر می‌گذارد. با افزایش تراکم بوته، نفوذ نور به داخل سایه‌انداز گیاه کاهش می‌یابد و به تناسب کاهش نفوذ

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-30]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1398.9.4.14.9]
[DOI: 10.47176/jcpp.9.4.34631]

جدول ۵. مقایسه میانگین‌های اثر متقابل تراکم بوته × رقم ارقام کلزا

تراکم بوته	رقم	روغن دانه (درصد)	وزن هزار دانه (گرم)	کلروفیل a (میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ)	کلروفیل b	کلروفیل کل
۴۰ بوته در مترمربع	RGS۰۰۳	۴۰/۲^{c}	۴/۷^{c}	۱/۵۱^{a}	۰/۴۱^{b}	۱/۹۲^{a}
	Zafar	۳۹/۸^{d}	۴/۳^{d}	۱/۴۱^{b}	۰/۳۸^{c}	۱/۸۰^{b}
	Julius	۳۹/۷^{e}	۴/۱^{e}	۱/۳۸^{b}	۰/۳۷^{c}	۱/۷۵^{b}
	Jerry	۴۰/۶^{a}	۴/۹^{a}	۱/۵۴^{a}	۰/۴۴^{a}	۱/۹۸^{a}
	Zabol۱۰	۳۹/۶^{e}	۴/۰۹^{e}	۱/۳۶^{b}	۰/۳۷^{c}	۱/۷۳^{b}
	Hyola۴۸۱۵	۴۰/۴^{b}	۴/۸^{b}	۱/۵۳^{a}	۰/۴۲^{b}	۱/۹۵^{a}
۶۰ بوته در مترمربع	RGS۰۰۳	۳۹/۳^{a}	۳/۸^{a}	۱/۲۸^{a}	۰/۳۵^{a}	۱/۶۴^{a}
	Zafar	۳۸/۶^{c}	۳/۱^{d}	۰/۹۵^{e}	۰/۳۰^{b}	۱/۲۵^{e}
	Julius	۳۸/۷^{c}	۳/۲^{d}	۰/۹۶^{d}	۰/۳۱^{b}	۱/۲۷^{d}
	Jerry	۳۹/۳^{a}	۳/۷^{b}	۱/۲۴^{b}	۰/۳۵^{a}	۱/۵۹^{b}
	Zabol۱۰	۳۸/۶^{c}	۳/۰۷^{d}	۰/۹۲^{e}	۰/۳۰^{b}	۱/۲۲^{e}
	Hyola۴۸۱۵	۳۹/۲^{b}	۳/۴^{c}	۱/۰۵^{c}	۰/۳۲^{b}	۱/۳۷^{c}
۸۰ بوته در مترمربع	RGS۰۰۳	۳۸/۶^{b}	۲/۹^{a}	۰/۸۶^{a}	۰/۲۹^{a}	۱/۱۴^{a}
	Zafar	۳۸/۹^{a}	۲/۷^{b}	۰/۷۶^{b}	۰/۲۷^{a}	۱/۰۳^{b}
	Julius	۳۷/۹^{d}	۲/۶^{bc}	۰/۶۸^{b}	۰/۲۶^{a}	۰/۹۵^{b}
	Jerry	۳۷/۷^{e}	۲/۴^{c}	۰/۶۲^{c}	۰/۲۵^{a}	۰/۸۷^{c}
	Zabol۱۰	۳۷/۹^{d}	۲/۷^{b}	۰/۷۳^{b}	۰/۲۷^{a}	۰/۹۹^{b}
	Hyola۴۸۱۵	۳۸/۲^{c}	۲/۸^{a}	۰/۷۹^{b}	۰/۲۸^{a}	۱/۰۷^{b}

حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون LSD است.

نور به طبقات و اشکوب پایینی گیاه، میزان مواد مؤثره آن نیز تحت تأثیر قرار گرفته و نقصان پیدا می‌کند (۱۷).

محتوی کلروفیل a، b و کل در مرحله خورجین‌دهی

تفاوت معنی‌دار از نظر محتوی کلروفیل a در دو شرایط کاربرد و عدم کاربرد هیومیک اسید نشان داد که کاربرد اسید هیومیک سبب افزایش ۲/۸ درصدی کلروفیل a در مقایسه با عدم کاربرد آن شد (جدول ۴). تفاوت معنی‌دار در واکنش ارقام در سطوح مختلف تراکم بوته نشان داد که در تراکم ۴۰ بوته در مترمربع ارقام Jerry، Hyola ۴۸۱۵ و RGS۰۰۳ به‌ترتیب با میانگین ۱/۵۴، ۱/۵۳ و ۱/۵۱ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ و در تراکم‌های ۶۰ و ۸۰ بوته در مترمربع رقم RGS۰۰۳ به‌ترتیب با میانگین ۱/۲۸ و ۰/۸۶ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ، بیشترین میزان کلروفیل a را نشان دادند (جدول ۵). علاوه‌بر تعداد و اندازه اندام‌های گیاهی (۳۵)، ویژگی‌های فیزیولوژیکی گیاه نیز تحت تأثیر افزایش تراکم بوته قرار می‌گیرد و این تغییرات می‌تواند به‌طور مستقیم و غیر مستقیم بر فرایند فتوسنتز و محتوی کلروفیل تأثیرگذار باشد. اسید هیومیک با قرار دادن آب و مواد غذایی بیشتر و مناسب‌تر در اختیار گیاه می‌تواند میزان کلروفیل a را افزایش دهد و انتقال مواد فتوسنتزی را تسهیل کند (۷).

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-30]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1398.9.4.14.9]
[DOI: 10.47176/jcpp.9.4.34631]

جدول ۶. مقایسه میانگین اثر متقابل هیومیک اسید × تراکم بوته × رقم

هیومیک اسید	تراکم	ارقام	تعداد خورجین در بوته	تعداد دانه در خورجین	شاخص برداشت (درصد)	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیکی (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد روغن
عدم کاربرد هیومیک اسید	۴۰ بوته در مترمربع	RGS۰۰۳	۱۸۴^{c}	۲۳/۴۱^{c}	۲۵/۶^{ab}	۵۰۰۴^{c}	۱۹۵۰۰^{c}	۲۰۰۷^{c}
		Zafar	۱۵۵^{d}	۲۱/۰۵^{d}	۲۴/۶^{c}	۴۳۰۳^{d}	۱۷۴۶۳^{d}	۱۷۰۲^{d}
		Julius	۱۴۸^{e}	۲۰/۴۵^{e}	۲۴/۲^{cd}	۴۰۷۴^{e}	۱۶۸۲۹^{e}	۱۶۰۷^{e}
		Jerry	۱۹۶^{a}	۲۴/۴۶^{a}	۲۵/۹^{a}	۵۳۱۳^{a}	۲۰۴۷۶^{a}	۲۱۴۹^{a}
		Zabol۱۰	۱۴۵^{f}	۲۰/۲۱^{f}	۲۳/۷^{d}	۳۹۴۰^{f}	۱۶۶۰۴^{f}	۱۵۵۱^{f}
		Hyola۴۸۱۵	۱۸۹^{b}	۲۳/۹۱^{b}	۲۵/۹^{a}	۵۱۶۳^{b}	۱۹۹۲۱^{b}	۲۰۹۳^{b}
	۶۰ بوته در مترمربع	RGS۰۰۳	۱۳۹^{a}	۱۹/۵۸^{a}	۲۳/۵^{a}	۳۷۸۰^{a}	۱۶۰۵۰^{a}	۱۴۸۸^{a}
		Zafar	۹۸^{e}	۱۴/۲۰^{e}	۲۳/۲^{a}	۲۶۹۵^{d}	۱۱۶۱۶^{e}	۱۰۴۱^{d}
		Julius	۱۰۰^{d}	۱۴/۵۳^{d}	۲۳/۴^{a}	۲۷۲۸^{d}	۱۱۸۶۱^{d}	۱۰۵۲^{d}
		Jerry	۱۳۳^{b}	۱۸/۹۶^{b}	۲۳/۶^{a}	۳۶۳۹^{b}	۱۵۳۸۴^{b}	۱۴۲۷^{b}
		Zabol۱۰	۹۵^{f}	۱۳/۸۳^{f}	۲۳^{a}	۲۶۱۸^{e}	۱۱۳۵۹^{f}	۱۰۰۵^{e}
		Hyola۴۸۱۵	۱۱۸^{c}	۱۶/۹۸^{c}	۲۲/۸^{b}	۳۰۶۸^{c}	۱۳۴۵۶^{c}	۱۱۹۴^{c}
	۸۰ بوته در مترمربع	RGS۰۰۳	۹۱/۴^{a}	۱۳/۱۱^{a}	۲۲/۹^{ab}	۲۴۹۳^{a}	۱۰۸۵۷^{a}	۹۵۶^{a}
		Zafar	۷۷/۲^{c}	۱۱/۲۶^{c}	۲۳/۲^{a}	۲۱۲۶^{c}	۹۱۶۰^{c}	۸۰۹^{c}
		Julius	۶۹/۲^{e}	۹/۹۵^{e}	۲۱/۹^{c}	۱۷۵۲^{e}	۷۹۹۵^{e}	۶۶۳^{e}
		Jerry	۶۰/۱^{f}	۸/۷۵^{f}	۲۱/۱^{d}	۱۴۵۷^{f}	۶۹۰۲^{f}	۵۴۷^{f}
		Zabol۱۰	۷۳/۲^{d}	۱۰/۶۶^{d}	۲۲/۶^{b}	۱۹۲۹^{d}	۸۵۲۸^{d}	۷۳۱^{d}
		Hyola۴۸۱۵	۸۱/۸^{b}	۱۱/۹۱^{b}	۲۳^{a}	۲۲۴۷^{b}	۹۷۵۲^{b}	۸۵۸^{b}
کاربرد هیومیک اسید	۴۰ بوته در مترمربع	RGS۰۰۳	۱۸۵^{c}	۲۳/۶۶^{c}	۲۵/۵^{b}	۵۰۴۰^{c}	۱۹۶۹۴^{c}	۲۰۸۳^{b}
		Zafar	۱۷۱^{d}	۲۲/۴۸^{d}	۲۵/۴^{b}	۴۷۲۳^{d}	۱۸۵۶۸^{d}	۱۸۹۴^{c}
		Julius	۱۶۵^{e}	۲۱/۹۳^{e}	۲۵/۱^{bc}	۴۵۷۰^{e}	۱۸۱۵۶^{e}	۱۸۱۵^{d}
		Jerry	۲۰۰^{a}	۲۴/۶۶^{a}	۲۶^{a}	۵۴۱۲^{a}	۲۰۸۱۵^{a}	۲۱۹۶^{a}
		Zabol۱۰	۱۶۲^{f}	۲۱/۶۵^{f}	۲۴^{c}	۴۴۶۹^{f}	۱۷۹۰۸^{f}	۱۷۷۱^{e}
		Hyola۴۸۱۵	۱۹۳^{b}	۲۴/۱۸^{b}	۲۵^{a}	۵۲۳۸^{b}	۲۰۲۰۷^{b}	۲۱۱۳^{b}
	۶۰ بوته در مترمربع	RGS۰۰۳	۱۴۲^{a}	۱۹/۹۰^{a}	۲۳/۵^{a}	۳۸۳۲^{a}	۱۶۳۰۲^{a}	۱۵۱۱^{a}
		Zafar	۱۰۹^{e}	۱۵/۷۸^{e}	۲۲/۸^{ab}	۲۹۰۹^{d}	۱۲۷۳۳^{e}	۱۱۲۸^{d}
		Julius	۱۱۱^{d}	۱۶/۲۳^{d}	۲۲/۶^{b}	۲۹۳۷^{d}	۱۲۹۷۴^{d}	۱۱۳۶^{c}
		Jerry	۱۳۶^{b}	۱۹/۲۵^{b}	۲۳/۵^{a}	۳۷۱۱^{b}	۱۵۷۸۳^{b}	۱۴۶۱^{a}
		Zabol۱۰	۱۰۶^{f}	۱۵/۲۸^{f}	۲۳/۱^{a}	۲۸۶۸^{e}	۱۲۳۷۵^{f}	۱۱۱۳^{c}
		Hyola۴۸۱۵	۱۲۱^{c}	۱۷/۳۸^{c}	۲۲/۹^{a}	۳۲۱۶^{c}	۱۴۰۰۹^{c}	۱۲۴۹^{b}
	۸۰ بوته در مترمربع	RGS۰۰۳	۹۳/۶^{a}	۱۳/۴۰^{a}	۲۳/۱^{a}	۲۵۸۶^{a}	۱۱۱۶۱^{a}	۹۹۱^{a}
		Zafar	۷۹/۶^{c}	۱۱/۶۰^{c}	۲۳/۴^{a}	۲۲۰۸^{c}	۹۴۰۹^{c}	۸۴۰^{c}
		Julius	۷۰/۸^{e}	۱۰/۳۱^{e}	۲۲/۳^{b}	۱۸۵۱^{e}	۸۲۷۴^{e}	۷۰۰^{e}
		Jerry	۶۲/۴^{f}	۹/۰۶^{f}	۲۱/۸^{c}	۱۵۶۷^{f}	۷۱۷۹^{f}	۵۸۹^{f}
		Zabol۱۰	۷۵/۴^{d}	۱۰/۹۳^{d}	۲۳/۱^{a}	۲۰۵۳^{d}	۸۸۶۰^{d}	۷۷۹^{d}
		Hyola۴۸۱۵	۸۴/۳^{b}	۱۲/۱۳^{b}	۲۳/۵^{a}	۲۳۴۱^{b}	۹۹۳۴^{b}	۸۹۳^{b}

حروف مشابه در هر ستون نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون LSD است.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-30]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1398.9.4.14.9]
[DOI: 10.47176/jcpp.9.4.34631]

کاربرد هیومیک اسید سبب افزایش سه درصدی کلروفیل b در مقایسه با عدم کاربرد آن شد (جدول ۴). مقایسه میانگین اثر متقابل تراکم بوته × رقم نشان داد که ارقام مورد آزمون در سطوح مختلف تراکم از لحاظ صفت مذکور در گروه‌های متفاوت آماری واقع شدند، به‌طوری که در تراکم ۴۰ بوته در مترمربع، رقم Jerry با میانگین ۰/۴۴ میلی گرم بر گرم وزن تر و در تراکم ۶۰ بوته در مترمربع ارقام Jerry و RGS۰۰۳ با میانگین ۰/۳۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ، بیشترین محتوی کلروفیل b را به خود اختصاص دادند (جدول ۵). پرویزی شندی و همکاران (۲۷) در بررسی اسید هیومیک بر صفات فیزیولوژیک گندم گزارش کردند که کاربرد هیومیک اسید میزان کلروفیل a و b در برگ را به‌طور معنی‌داری افزایش داد. با افزایش زیاد تراکم بوته ذرت در واحد سطح، در کلروپلاست اختلال ایجاد شده و ساختار تیلاکوئید تخریب می‌شود که این امر زمینه را برای کاهش محتوی کلروفیل در واحد سطح برگ و کاهش عملکرد در بوته فراهم می‌سازد (۲۹).

میانگین محتوی کلروفیل کل در شرایط کاربرد و عدم کاربرد هیومیک اسید به‌طور معنی‌داری متفاوت بود. کاربرد هیومیک اسید سبب افزایش ۳/۵ درصدی محتوی کلروفیل کل در مقایسه با عدم کاربرد آن شد (جدول ۴). در بین ارقام مورد بررسی تفاوت معنی‌داری از نظر محتوی کلروفیل کل در تراکم‌های مختلف بوته وجود داشت. در تراکم۴۰ بوته در مترمربع ارقام Jerry، Hyola ۴۸۱۵ و RGS۰۰۳ به‌ترتیب با میانگین ۱/۹۸، ۱/۹۵ و ۱/۹۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ و در تراکم‌های ۶۰ و ۸۰ بوته در مترمربع، رقم RGS۰۰۳ به‌ترتیب با میانگین ۱/۶۴ و ۱/۱۴ میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ بیشترین محتوی کلروفیل کل را نشان دادند (جدول ۵). افزایش تراکم بوته باعث کاهش میزان کلروفیل کل شد، به‌طوری که کمترین افت این صفت با افزایش تراکم از ۴۰ به ۶۰ بوته در مترمربع مربوط به رقم RGS۰۰۳ با ۱۴/۵ درصد و از تراکم ۶۰ به ۸۰ بوته در مترمربع مربوط به رقم zafar با ۱۷/۶ درصد بود. مجنون حسینی و همکاران (۱۹) مشاهده کردند که با افزایش تراکم، میزان کلروفیل از روند کاهشی برخوردار بود که این امر می‌تواند از عوامل درونی گیاه بر اثر رقابت بوته‌ها برای جذب عناصر غذایی خاک ناشی شود. کاربرد هیومیک اسید از طریق تأثیر مثبت فیزیولوژیکی از جمله اثر بر متابولیسم سلول‌های گیاهی و افزایش غلظت کلروفیل برگ‌ها، می‌تواند سبب افزایش عملکرد دانه شود (۲۵).

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل نشان داد که همه ارقام مورد آزمون، پاسخ مثبتی به کاربرد هیومیک اسید در تراکم‌های بوته مختلف، به‌ویژه در تراکم ۴۰ بوته در مترمربع نشان دادند. و همچنین رقم Jerry در تراکم ۴۰ بوته در مترمربع و کاربرد هیومیک اسید، بالاترین عملکرد دانه و روغن دانه را به خود اختصاص داد. بنابراین در زراعت کلزا در مناطق معتدل سرد مانند کرج، کاربرد هیومیک اسید به‌ویژه در تراکم ۴۰ بوته در مترمربع توصیه می‌شود. این موضوع به‌ویژه در ارقام هیبرید کلزا نظیر Jerry که بذر آنها وارداتی است و ارز ریزی زیادی دارند، می‌تواند ضمن صرفه‌جویی در میزان بذر مصرفی در هکتار سبب بهبود عملکرد اقتصادی این گیاه ارزشمند نیز شود.

منابع مورد استفاده

1. Aiyafar, S., H. Minab Poudineh and M. Forouzandeh. 2015. Effect of Humic Acid on Qualitative and Quantitative Characteristics and Essential Oil of Black Cumin (*Nigella sativa* L.) under Water Deficit Stress. *International Journal of Science* 4: 2. 89-102.
2. Angadi, H. W. C., B. G. McConkey and K. Gan. 2003. Yield adjustment by canola Grown at different plant population under semiarid conditions. *Candian Journal of Plant Science* 43: 96. 151-159.
3. Arnon, A. N. 1967. Method of extraction of chlorophyll in the plants. *Agronomy Journal* 6: 4.112-121.
4. Astaraei, A. R. and R. Ivani. 2008. Effect of organic sources as foliar spray and root madia on nutrition in cowpea

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-30]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1398.9.4.14.9]
[DOI: 10.47176/jcpp.9.4.34631]

plant. *Eurasian Journal of Environmental Science* 3(3): 352-356.
5. Beheshti, S. 2002. Effect conversion canopy structure for aspects ecophysiology corn hybrid varieties in correlation by radiation use efficiency and absorbtion nitrogen. Ph.D thesis . *Ferdosi Mashhad University.*
6. Golbashi, M., M. Ebrahimi, S. Khavari khorasani and R. Chukan. 2011. Evaluation of drought to tolerance of some corn hybrids in Iran. *African Journal of Agriculture Research* 5(3): 2714-2719.
7- Delfine, S., R. Tognetti, E. Desiderio and A. Alvino. 2005. Effect of foliar application of N and humic acids on growth and yield of durum wheat. *Sustainable Agriculture Research Journal* 25(3): 183-190.
8- El-Bassiony, Z. F. M., A. M. Fawzy, M. H. Abd El-Baky and A. R. Mahmoud. 2010. Response of snap bean plants to mineral fertilizers and humic acid application. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences* 6(2): 169-175.
9- Farnia, A. and E. Arasteh. 2012. Effect of drought stress and plant density on some agronomic traits of rapeseed varieties. *Crop Production under Conditions of Environmental Stresses* 4(1): 27-35. (In Farsi).
10- Gusta, L., E. Johnson, N. T. Nesbitt and K. Kikland. 2004. Effect of seeding date on canola seed quality and seed vigour. *Candian Journal of Plant Science* 84: 463-471.
11- Hagh parast, R. E., SH., Zanganeh and R. Rajabi. 2011. Checking of reaction of wheat varieties to consume organic material Humica and Humax (Include Humic and Fulvic acid) under dry conditions in Kermanshah. *In*: Proceeding of the 6th National New Idea in Agriculture. Khorasegan. Iran. Volume 12, pp 124-128. (In Farsi).
12- Hatami, H. 2017. The effect of zinc and humic acid applications on yield and yieldcomponents of sunflower in drought stress. *Journal of Advanced Agricultural Technologie* 4(1): 36-39.
13- Hasibi, P. 2006. Physiological study the effect of cold stress on seedling stage of different rice genotypes. Ph.D. Thesis. Chamran University. Ahwaz, Iran.
14- ISO 5511:1992, Oilseeds-Determination of oil content-Method using continuous-wave low-resolution nuclear magnetic resonance spectrometry (Rapid method).
15- Jaberi, H., B. Lotfi, T. Jamshidnia, A. Fathi, R. Olad and A. Abdollahi. 2015. Survey of yield of winter canola cultivars under drought stress on the yield at four different phonological stages. *Scientia Agriculture* 12(3): 144-148.
16- Khajehpour, M. R. 2006. Principles and Fundamentals of Crop Production. Jahade-e- Daneshgahi. Isfahan. (In Farsi).
17- Laansite, P., J. Joudu, V.Eremeev and E. Maeorg. 2008. Effect of sowing date and increasing sowing rates on plant density and yield of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) under Nordic climate conditions. *Acta Agriculture Scandinavica Section B-Soil and Plant Science* 58: 330-335.
18- Larry, C. P., A. B. Rosalind, J. D. Reaper and D. V. Earl. 2002. Radiation use efficiency and biomass production in soybean at different plant population densitied. *Crop Science Journal* 42: 172-177.
19- Majnon Hoseini, N., H. Mohammadi, K. Postini and H. Zinali Khanghah. 2003. Effect of plant density on agronomic characteristic, the amount of chlorophyll and repeated transfer percentage in spices of white pea. *Iranian Journal of Agriculture Science* 34(4): 1011-1019. (In Farsi).
20- Malakoti, M. J. and M. M. Tehrani. 2001. Effects of Micronutrients on the Yield and Quality of Agricultural Products. Micro-Nutrients with Macro-Nutrients. Tarbiat Modarres University, Tehran.
21- Maleki, A., A. Naderi, R. Naseri, A. Fathi, S. Bahamin and R. Maleki. 2013. Physiological performance of soybean cultivars under drought stress. *Bulletin of Environment*, *Pharmacology and Life Sciences* 2(6): 38-44.
22- Michael, K. 2001. Oxidized lignites and extracts from oxidizwd lignites in agriculture. *Soil Science* 1: 25-27.
23- Moghaddam, M. J. and S. S. Pourdad. 2011. Genotype × environment interactions and simultaneous selection for high oil yield and stability in rainfed warm areas rapeseed (*Brassica napus* L.) from Iran. *Euphytica International of Plant Breeding*. 180: 321–335.
24- Movahed Pour, F., A. Dabagh Mohammadi Nasab and R. Amini. 2013. Effect of Humic Acid and EDTA on Growth Characteristics, Grain Yield and Yield Components of Oilseed rape (*Brassica napus* L.) Under Copper Toxicity Stress. *Journal Science and Sustainable Production* 24 (4.1) pp 103-121 (In Farsi).
25- Nardi, S., D. Pizzeghello, A. Muscolo and A. Vianello. 2002. Physiological effects of humic substances on higher plants. *Soil Biology and Biochemistry Journal* 34: 1527–1536
26- Nour-Mohamadi, G., A. Siadat and A. Kashani. 2010. Cereal Crops. Shahid Chamran University, Aahwaz.
27- Parvazi Shandi, S., A. Pazoki, A. Asgharzadeh, A. Azadi and F. Paknejad. 2013. Effect of irrigation interval, humic acid and plant growth promoting rhizobacteria on physiological characteristics of Kavir cultivar wheat. *Crop Physiology Journal* 5(18): 19-33
28- Rahimi, Z., H. Mozaffari and D. Hasanpour. 2016. Study of the effect of humic acid on irrigation water on yield and yield components of rapeseed. *Agronomy and Plant Breeding Journal* 12(1): 95-106
29- Ren, B., W. Liu, J. Zhang, S. Dong, P. Liu and B. Zhao. 2017. Effects of plant density on the photosynthetic and chloroplast characteristics of maize under high-yielding conditions. *The Science of Nature Journal* 104: 120.
30- Samavat, S., M. Malakuti, S. Samavat and M. Malakooti. 2006. important use of organic acid (humic and fulvic) for increase quantity and quality agriculture productions. *Water and Soil Researchers Technical Issue* 463: 1-13.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-30]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1398.9.4.14.9]
[DOI: 10.47176/jcpp.9.4.34631]

31- Saruhan, V., A. Kusvuran and S. Babat. 2011. The effect of different humic acid fertilization on yield and yield components performances of common millet (*Panicum miliaceum* L.). *Scientific Research and Essays* 6: 663-669.
32- Thi, H. and M. Bohme. 2001. Influence of Humic acid on the growth of tomato in hydroponic systems. *Acta Horticulturae Journal* 548: 451-458.
33- Tsialtas, J. T. and N. Maslaris. 2008. Sugar beet response to N fertilization as assessed by late season chlorophyll and leaf area index measurements in a semi-arid environment. *Plant Production* 2(1): 57-66.
34- Verlinden, G., T. Coussens, A. De Vliegher and G. Baert. 2010. Effect of humic substanceson uptake by herbage and on production and nutritive value of herbage from sown grass. *Pastures and Forage Science Journal* 65: 133-144.
35- Villalobos, F. J., V. O. Sadras and E. Fereres. 2016. Plant Density and Competition. Principles of Agronomy for Sustainable Agriculture. Pp: 159 168. *In:* Villalobos, F. and E. Fereres (Ed.), Springer Press. Berlin.
36- Zabarjadi, A. R. and M. Ghobadi. 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 Farsi).

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-30]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1398.9.4.14.9]
[DOI: 10.47176/jcpp.9.4.34631]

Journal of Crop Production and Processing
Vol. 9, No. 4, Winter 2020, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

Evaluation of Agronomic Attributes of Canola Cultivars under Different Plant Densities and Application of Humic Acid

M. Amiri[1], A. H. Shirani Rad[2*], S. A. Valadabadi[3], J. Daneshyan[2] and H. R. Zakerin[4]

(Received: December 5-2018; Accepted: February 25-2019)

Abstract

To investigate the effect of humic acid application on agronomic characteristics of canola (*Brassica napus* L.) genotypes in different plant densities, a factorial split-plot experiment was performed using a randomized complete block design with three replications in the Seed and Plant Improvement Institute, Karaj, Iran. Plant density at three levels of 40, 60 and 80 plants/m^2 and humic acid at two levels of 0 (non-application) and application of 0.3% were considered the main plots and canola genotypes including RGS003, Zafar, Julius, Jerry, Zabol10 and Hyola4815 were the sub-plots. The interaction effect of plant density × humic acid × cultivar was statistically significant for seed yield, oil yield, number of seeds per pod, number of pods per plant, biological yield and harvest index. Moreover, the interaction effect of plant density × cultivar was significant for oil percentage, 1000 seed weight, chlorophyll a, chlorophyll b and total chlorophyll. Generally, increased competition at the highest plant density caused an adverse effect on the tested traits of the canola cultivars. The Jerry cultivar with 40 plants/m^2 (lowest density) and application of humic acid had the highest numbers of seeds per pod and pods per plant (with an average of 24.6 and 200.7, respectively) and 1000 seed weight (with the average of 4.9 g). Moreover, in the lowest plant density (40 plants/m^2) and application of humic acid, the Jerry cultivar had the highest amounts of seed and oil yields (with an average of 5412 and 2196 kg ha^{-1}, respectively). Accordingly, the examined canola cultivars had a positive reaction to the application of humic acid in different plant densities in particular at 40 plants/m^2. Jerry cultivar had the maximum seed and oil yield under humic acid application condition when sown at 40 plants/m^2.

Keywords: Canola, Humic acid, Stability, Seed yield, Oil yield, Chlorophyll

1, 3, 4. PhD. Student, Associate Professor and Assistant Professor, Respectively, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Takestan University, Takestan, Iran.
2. Professors, Seed and Plant Improvement Institute (SPII), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.
*: Corresponding Author, Email: Shirani.rad@gmail.com

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-30]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1398.9.4.14.9]
[DOI: 10.47176/jcpp.9.4.34631]