

مطالعه برخی خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی چند رقم کلزا با کاربرد ورمی کمپوست در شرایط تنش خشکی

اکرم فیض‌آبادی^۱، قربان نورمحمدی^{۲*} و فواد فاتحی^۳

(۱) دانشجوی دکتری گروه علوم زراعی و باغی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

(۲) استاد گروه علوم زراعی و باغی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

(۳) استادیار گروه کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران.

*نویسنده مسئول: g.noorm2019@gmail.com

این مقاله برگرفته از رساله دکتری می‌باشد.

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۸/۱۰

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۵/۰۴

چکیده

کمبود آب یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده تولید کلزا در مناطق خشک و نیمه‌خشک در ایران می‌باشد. به‌منظور بررسی اثر تنش خشکی از طریق قطع آبیاری انتهایی فصل و کاربرد ورمی کمپوست بر برخی ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیک کلزا، یک آزمایش فاکتوریل - اسپلیت در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال‌های ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵ در موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج انجام شد. فاکتورهای آزمایشی شامل رژیم آبیاری در سه سطح (آبیاری کامل در طول فصل، قطع آبیاری از مرحله خورجین دهی تا انتهای فصل و قطع آبیاری از مرحله گلدهی تا انتهای فصل) و ورمی کمپوست در دو سطح (عدم کاربرد و کاربرد ۲۰ تن در هکتار) به‌صورت فاکتوریل در کرت اصلی و ژنوتیپ در ۶ سطح (Zabol10, Jerry, Julius, Zafar, RGS003) و Hyola4815 در کرت‌های فرعی بودند. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر سال، آبیاری، ورمی کمپوست و رقم بر صفات اندازه‌گیری شده در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود. مقایسه میانگین نشان داد که بوته‌ها در سال دوم دارای ارتفاع، قطر ساقه، تعداد خورجین و مقدار کلروفیل بیشتری نسبت به سال اول بوده، اما مقدار کربوهیدرات محلول، مقاومت روزنه‌ای و دمای کانوپی گیاه در سال اول بیشتر از سال دوم بود. بیشترین ارتفاع، تعداد خورجین، کلروفیل برگ و قطر ساقه متعلق به رقم Zafar در شرایط آبیاری نرمال و کمترین مقدار در رقم Zabol10 در شرایط قطع آبیاری از مرحله گلدهی مشاهده شد. ارتفاع بوته، تعداد خورجین، مقاومت روزنه‌ای و کلروفیل برگ کلزا در شرایط کاربرد ورمی کمپوست بیشتر از شرایط عدم کاربرد ورمی کمپوست بود، اما مقادیر صفات کربوهیدرات محلول و دمای کانوپی در شرایط عدم کاربرد ورمی کمپوست بالاتر بود. بیشترین مقدار کربوهیدرات محلول در برگ متعلق به رقم Zabol10 در شرایط قطع آبیاری از مرحله گلدهی و کمترین مقدار کربوهیدرات محلول در رقم Zafar در شرایط آبیاری نرمال مشاهده شد. بالاترین مقاومت روزنه‌ای متعلق به رقم‌های Zafar در تیمار قطع آبیاری در مرحله گلدهی و کمترین در رقم Zabol10 در شرایط آبیاری نرمال بود. کمترین و بیشترین دمای کانوپی به ترتیب در شرایط آبیاری نرمال و قطع آبیاری از مرحله گلدهی مشاهده شد.

واژه‌های کلیدی: کم آبیاری، رقم، کلزا و مورفوفیزیولوژیک.

مقدمه

گیاه کلزا به دلیل ویژگی‌های خاص مانند سازگاری با شرایط آب و هوایی، ارزش تناوبی بالا، کنترل علف‌های هرز، دارا بودن ژنوتیپ‌های بهاره و پاییزه و محتوای بالای روغن در واحد سطح (۴۰-۴۴ درصد) به‌عنوان نقطه امید برای تأمین روغن خوراکی موردنیاز کشور به شمار می‌آید (رضایی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۰؛ حیدری و همکاران، ۱۳۹۴؛ مقدم و همکاران، ۱۳۹۰). درصد پایین اسیدهای چرب اشباع شده روغن کلزا نسبت به روغن‌های گیاهی دیگر سبب شده تا روغن کلزا به‌عنوان یک روغن خوراکی مفید مورد توجه قرار گیرد (سید محمدی و همکاران، ۱۳۹۱). مشخص شده است که تقریباً ۳۳ درصد از اراضی جهان مستعد خشک‌سالی بوده که تهدیدی جدی برای کشاورزی و تولید محصولات زراعی در آینده نزدیک است. خشکی تغییرات مختلفی را در رفتار مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی گیاهان ایجاد می‌کند که از جمله آن‌ها می‌توان به تغییر رابطه آب گیاه، کاهش سرعت رشد، کاهش ارتفاع ساقه، گسترش برگ، حرکت روزنه، عدم تعادل یون‌ها و عناصر غذایی و فتوسنتز اشاره کرد. میزان تغییرات بستگی به مدت‌زمان، شدت تنش و زمان وقوع آن دارد (امیری و همکاران، ۱۳۹۱؛ آراسته و فرنی، ۱۳۹۲؛ Hasanuzzaman *et al.*, 2018). در شرایط تنش خشکی، گیاهان چندین استراتژی برای پاسخ به تنش انجام می‌دهند که می‌توان به تنظیم بالا یا پایین رفتن بیان ژن‌های خاص، افزایش سطح آبسازیک اسید، تجمع املاح محلول و آنزیم‌های حفاظتی و بهبود سطح آنتی‌اکسیدانتی اشاره نمود (Li *et al.*, 2018). در بسیاری از مناطق کشت کلزای کشور در اواخر اردیبهشت و اوایل خرداد که مصادف با مراحل تشکیل خورجین و پر شدن دانه است، دما به‌سرعت افزایش پیدا کرده و باعث بروز خسارت گرم‌زدگی و تنش خشکی می‌شود (شعبانی و همکاران، ۱۳۸۸). از طرفی در این زمان به علت محدود بودن منابع آبی و اختصاص آب به زراعت‌های بهاره و تابستانه معمولاً زراعت کلزا با کمبود آب و تنش خشکی مواجه می‌شود (شیرانی‌راد و همکاران، ۱۳۹۲). یکی از راه‌حل‌های افزایش تولید محصول در شرایط محدودیت منابع آب، کاربرد ارقام مقاوم به خشکی هستند (Nemoto *et al.*, 1998). توسعه ارقام متحمل به تنش یک اولویت مهم و حیاتی برای کاهش اثرات منفی خشکی و دستیابی به سطح بالاتری از عملکرد می‌باشد (Naderi and Emam, 2014). از طرف دیگر، با مصرف روزافزون کودهای شیمیایی، توسعه کشت متراکم، استفاده از ارقام پرمصرف، عدم برگشت بقایای گیاهی به خاک و سوزاندن آن‌ها، سالیانه از مقدار ماده آلی خاک به میزان قابل‌توجهی کاسته شده و در نتیجه باعث کاهش قدرت باروری و حاصلخیزی خاک گردیده است (زوله، ۱۳۹۰؛ جمشیدی، ۱۳۹۱). یکی از راه‌های افزایش عملکرد، بهبود خواص تغذیه‌ای و فیزیکی خاک مزارع با افزودن ماده آلی به خاک می‌باشد (سماوات، ۱۳۸۹). کودهای آلی به‌ویژه کود ورمی کمپوست در مقایسه با کودهای شیمیایی دارای مقادیر زیادی مواد آلی هستند و به‌عنوان منابع غنی از عناصر غذایی به‌خصوص نیتروژن، فسفر و پتاسیم به‌شمار می‌روند که این عناصر را به مرور

زمان در اختیار گیاهان قرار می‌دهند (Chaudhry *et al.*, 1999). استفاده از ورمی‌کمپوست در کشاورزی علاوه بر افزایش فعالیت میکروارگانیسم‌های مفید خاک مانند قارچ‌های میکوریزا و میکروارگانیسم‌های حل‌کننده فسفات در جهت فراهمی عناصر غذایی موردنیاز گیاه مانند نیتروژن، فسفر و پتاسیم محلول عمل نموده و سبب بهبود رشد و عملکرد گیاه زراعی می‌گردد (Arancon *et al.*, 2004). استفاده از ورمی‌کمپوست می‌تواند اثرات مخرب تنش خشکی را در گیاهان زراعی کاهش دهد (Gholipour *et al.*, 2014). گلدهی و تشکیل خورجین‌ها از حساس‌ترین مراحل کلزا به تنش خشکی می‌باشند و در اغلب مناطق زراعی ایران که نوسانات مقدار و توزیع بارندگی آن‌ها زیاد است این نوع تنش‌ها رخ می‌دهند بنابراین برای این مناطق باید ارقامی را انتخاب کرد که بتوانند در سال‌های کم باران با تحمل خشکی، عملکرد مقرون‌به‌صرفه و پایداری تولید کرده و در شرایط مساعد رطوبتی از رطوبت ذخیره شده در خاک نیز حداکثر استفاده را انجام دهند. سیستم‌های کشاورزی متداول نشان داده‌اند که اگرچه به کمک کودهای شیمیایی در کوتاه‌مدت می‌توان به عملکردهای بالایی دست یافت، اما پایداری حاصلخیزی خاک و سلامت محیط زیست در این سیستم‌ها زیر سؤال است. محققین مهم‌ترین روش فائق آمدن بر این مشکل را رو آوردن به کشاورزی پایدار و استفاده از کودهای آلی زیستی از جمله ورمی‌کمپوست اعلام می‌کنند (شریفی عاشورآبادی، ۱۳۷۷). از این‌رو این پژوهش با هدف بررسی برخی از ارقام کلزا به کاربرد کود ورمی‌کمپوست به‌عنوان کودهای زیستی و آلی در بهبود ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیکی و عملکرد گیاه کلزا در شرایط اعمال تنش خشکی آخر فصل انجام گردید.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج با موقعیت جغرافیایی 35° و $49'$ طول شمالی و 51° و $6'$ عرض شرقی با ارتفاع ۱۳۲۱ متر از سطح دریا در سال ۹۵-۱۳۹۳ انجام شد. منطقه کرج جز مناطق آب و هوایی مدیترانه‌ای گرم و خشک بوده و بر اساس میانگین داده‌های ۳۰ ساله هواشناسی کرج، متوسط بارندگی سالیانه ۲۵۳ میلی‌متر می‌باشد. اطلاعات آب و هوایی هر دو فصل کشت کلزا در جدول ۱ نشان داده شده است. آزمایش به‌صورت فاکتوریل اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. عوامل مورد مطالعه در این پژوهش شامل رژیم آبیاری در سه سطح (آبیاری کامل در طول فصل رشد، قطع آبیاری از مرحله خورجین‌دهی و قطع آبیاری از مرحله گلدهی تا انتهای فصل رشد) و کود ورمی‌کمپوست در دو سطح (عدم کاربرد و کاربرد ۲۰ تن در هکتار) به‌صورت فاکتوریل به‌عنوان کرت اصلی و رقم در ۶ سطح (Hyola4815 و Zabol10, Jerry, Julius, Zafar, RGS003) به‌عنوان عامل فرعی بودند. عملیات آماده‌سازی زمین شامل آبیاری و شخم به‌وسیله گاواهن برگردان دار قبل از کشت، دیسک و ماله برای خرد کردن کلوخ‌ها و یکنواخت شدن وضعیت خاک مزرعه بود. بعد از آماده‌سازی زمین به‌منظور تعیین

میزان عناصر غذایی پرمصرف خاک و در نهایت نیاز کودی اقدام به نمونه‌گیری مرکب در عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر شد (جدول ۲) و بر اساس نتایج تجزیه خاک، مقدار ۵۰ کیلوگرم فسفر خالص از منبع سوپر فسفات تریپل، ۶۶ کیلوگرم پتاسیم خالص از منبع سولفات پتاسیم در مرحله پیش‌کاشت و ۱۶۰ کیلوگرم نیتروژن خالص از منبع اوره استفاده شد. به‌منظور استفاده بهینه از نیتروژن، یک‌سوم مقدار موردنیاز به‌صورت پایه و بقیه کود نیتروژن موردنیاز به‌صورت سرک در مرحله شروع ساقه رفتن و ظهور اولین غنچه‌های گل مصرف شد.

جدول ۱: بارش، دمای کمینه و بیشینه در دو سال زراعی (۱۳۹۳-۱۳۹۵) در طول فصل رشد کلزا

ماه	۱۳۹۳-۱۳۹۴		۱۳۹۴-۱۳۹۵		بارش
	دمای کمینه	دمای بیشینه	دمای کمینه	دمای بیشینه	
مهر	۹/۴۷	۲۱/۴۶	۱۳/۱۴	۲۵/۹۶	۳/۵۰
آبان	۳/۴۲	۱۲/۵۶	۶/۹۰	۱۵/۱۷	۷۷/۴۱
آذر	۱/۵۷	۱۰/۴۹	۰/۶۶	۸/۷۶	۲۸/۶۱
دی	۰/۰۴	۱۰/۰۴	-۰/۰۲	۹/۹۸	۱۵/۶۱
بهمن	۱/۳	۱۱/۷۱	-۰/۳۷	۱۰/۰۸	۸/۷۱
اسفند	۳/۶۶	۱۵/۱۸	۵/۹۳	۱۷/۱۹	۱۳/۸۱
فروردین	۹/۶۹	۲۲/۶۲	۶/۱۲	۱۷/۵۱	۷۷/۷۰
اردیبهشت	۱۳/۶۷	۲۹/۶۲	۱۲/۶۴	۲۷/۱۶	۱۳/۰۱
خرداد	۱۹/۳۷	۳۶/۱۸	۰/۲۱	۳۱/۸۲	۰/۰۲

جدول ۲: خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و ورمی کمپوست

ورمی کمپوست	سال ۱۳۹۴-۹۵	سال ۱۳۹۳-۹۴	خصوصیات خاک
۱/۰۷ درصد	۰/۰۹	۰/۱	نیتروژن کل (درصد)
۰/۷۳ درصد	۱۶۱	۱۹۲	پتاسیم (میلی‌گرم بر کیلوگرم)
۰/۶۲ درصد	۱۴/۴	۱۴/۹	فسفر قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم)
۹/۴ درصد	۰/۸۵	۰/۹۲	کربن آلی (درصد)
۷/۵	۷/۸	۷/۹	اسیدیته
۵/۰۳	۱/۳۷	۱/۴	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر)
-	لومی - رسی	لومی - رسی	بافت خاک

به‌منظور کنترل پیش‌کاشت علف‌های هرز علف‌کش ترفلان به میزان ۲/۵ لیتر در هکتار به‌طور یکنواخت در سطح مزرعه پخش شد و به‌وسیله دیسک سبک، با خاک مخلوط شد. بذر ارقام مورد استفاده کلزا از موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج تهیه و در تاریخ ۱۰ مهر در هر دو سال زراعی کشت به‌صورت مستقیم انجام شد. به‌منظور جلوگیری از نشت آب در بین کرت‌های تنش و غیر تنش، دو متر فاصله بین آن‌ها در نظر گرفته شد. برای کنترل آفت شته مومی کلم از سم سیستمیک متاسیستوکس به مقدار ۱/۵ لیتر در هکتار در مرحله شروع ساقه‌دهی استفاده شد. در این تحقیق صفات مختلف مورفولوژیکی شامل ارتفاع بوته، قطر ساقه، تعداد خورجین در ساقه اصلی، تعداد خورجین در بوته ثبت و

اندازه‌گیری شدند. به منظور تعیین صفاتی مانند ارتفاع بوته، قطر ساقه، تعداد خورجین در ساقه اصلی، تعداد خورجین در بوته، در زمان رسیدگی فیزیولوژیک، از هر کرت آزمایشی ۱۰ بوته به‌طور تصادفی انتخاب و این صفات در آن‌ها اندازه‌گیری شدند (قره‌چایی و همکاران، ۱۳۹۸). صفات فیزیولوژیک اندازه‌گیری شده شامل کربوهیدرات محلول، کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل، دمای کانوپی و مقاومت روزنه‌ای بوده که نمونه‌برداری‌ها در مرحله خورجین‌دهی کامل انجام شد. کربوهیدرات‌های محلول برگ با استفاده از ۰/۱ گرم از نمونه برگ و بر اساس روش فنل - اسید سولفوریک و قرائت در طول موج ۴۸۵ نانومتر با استفاده از اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری شد (Schlegl, 1986). به‌منظور اندازه‌گیری مقدار کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل در مرحله خورجین‌دهی از هر کرت نمونه‌برداری انجام شد (برگ‌های جوان). بلافاصله پس از نمونه‌برداری، نمونه‌ها با استفاده از فویل‌های آلومینیومی درون ظرف حاوی نیتروژن مایع قرار گرفتند. پس از انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه، مقدار کلروفیل مطابق روش ارائه شده توسط آرنون اندازه‌گیری شد (Arnon, 1949). در این روش اندازه‌گیری غلظت کلروفیل با دستگاه اسپکتروفتومتر انجام شد، به این ترتیب که مقدار جذب محلول‌ها در طول موج ۶۴۵، ۶۶۳ و ۴۷۰ نانومتر قرائت شد و مقدار کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل بر اساس رابطه‌های ۱، ۲ و ۳ محاسبه شدند (Arnon, 1949):

$$\text{Chlorophyll a} = (19.3 \times A_{663} - 0.86 \times A_{645}) V / 100W \quad \text{رابطه ۱:}$$

$$\text{Chlorophyll b} = (19.3 \times A_{645} - 3.6 \times A_{663}) V / 100W \quad \text{رابطه ۲:}$$

$$\text{Total chlorophyll (mg/ml)} = \text{Chla} + \text{Chlb} \quad \text{رابطه ۳:}$$

در این معادلات W وزن تر، A جذب نوری در طول موج‌های مختلف و V حجم محلول صاف شده می‌باشد. مقاومت روزنه‌ای توسط دستگاه پرومتر مدل Delta-T AP4, Delta-T Devices, Cambridge, UK اندازه‌گیری شد. بدین منظور قسمت میانی چند برگ جوان از بخش یک‌سوم بالایی گیاه که به‌طور کامل توسعه‌یافته بودند انتخاب شدند و در محفظه دستگاه قرار داده شدند و عدد روی دستگاه قرائت شد (مرادی اقدم و همکاران، ۱۳۹۷). به‌منظور اندازه‌گیری دمای کانوپی از دماسنج مادون‌قرمز مدل ۸۸۸۹ استفاده شد. شایان ذکر است که کلیه اندازه‌گیری‌های دمای کانوپی بین ساعات ۱۱ تا ۱۳ هر روز بود. در هر کرت آزمایشی دمای ۱۰ نقطه مختلف در کانوپی گیاهی به‌طور تصادفی اندازه‌گیری شد و در نهایت میانگین ۱۰ نقطه به‌عنوان دمای کانوپی برای هر کرت آزمایشی در نظر گرفته شد (Reynolds *et al.*, 2001). تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۲ و مقایسه میانگین تیمارها نیز با آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) انجام شدند.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته

نتایج تجزیه مرکب نشان داد که اثرات سال، آبیاری، ورمی کمپوست، رقم و همچنین برهم کنش آبیاری و رقم بر صفت ارتفاع بوته در سطح ۱ درصد معنی دار بود (جدول ۳). بوته‌ها در سال دوم دارای ارتفاع بیشتری (۱۳۲/۷ سانتی‌متر) نسبت به سال اول (۱۲۲/۰۵ سانتی‌متر) بودند (جدول ۴). میانگین درجه حرارت بیشینه در سه ماهه آخر فصل رشد (فروردین، اردیبهشت و خرداد) در سال اول و دوم به ترتیب ۳۲/۵ و ۲۹ درجه سانتی‌گراد و مقدار بارش در سه ماهه آخر فصل رشد در سال اول و دوم به ترتیب ۲۳ و ۹۰ میلی‌متر بود (جدول ۱)، به عبارت دیگر شرایط محیط رشد (دما و بارندگی) در سه ماهه آخر فصل رشد در سال دوم نسبت به سال اول مناسب‌تر بوده است و این می‌تواند علل اصلی تفاوت در ارتفاع گیاه در دو سال زراعی می‌باشد. ارتفاع کلزا در شرایط عدم کاربرد ورمی کمپوست (۱۲۳/۹ سانتی‌متر) کمتر از شرایط کاربرد ورمی کمپوست (۱۳۰/۸ سانتی‌متر) بود (جدول ۶). نتایج اثر متقابل آبیاری و رقم نشان داد که بیشترین ارتفاع بوته متعلق به رقم Zafar (۱۶۱/۱۵ سانتی‌متر) در شرایط آبیاری نرمال درحالی‌که کمترین ارتفاع بوته (۹۷/۶ سانتی‌متر) در رقم Zaboli10 در شرایط قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد مشاهده شد (جدول ۹). نتایج این تحقیق نشان داد که اعمال تنش خشکی در مرحله گلدهی و تشکیل خورجین کلزا سبب کاهش صفات ارتفاع بوته در همه ارقام گردید. یکی از مهم‌ترین نشانه‌های تنش خشکی بر گیاهان کاهش ارتفاع بوته است. اگر تنش خشکی در مراحل انتهایی رشد گیاه رخ دهد، تأثیر کمتری نسبت به تنش خشکی در مراحل ابتدایی رشد دارد (Zirgoli and Kahrizi, 2015). رشد سلول‌ها با پتانسیل آب در ارتباط است و کاهش فشار تورژانس روی تقسیم سلولی و طولی شدن سلول در گیاهان حساس به تنش اثر می‌گذارد و موجب کاهش ارتفاع بوته می‌گردد (طباطبایی و همکاران، ۱۳۹۰). همچنین نتایج این تحقیق نشان داد که کاربرد کود ورمی کمپوست باعث افزایش ارتفاع بوته گیاه کلزا گشت. کود ورمی کمپوست دارای هیومیک، فولیک و دیگر اسیدهای آلی است که توسط میکروارگانیسم‌ها تولید شده و می‌تواند موجب تحریک رشد گیاهان شود (Hosseinzadeh *et al.*, 2016). ورمی کمپوست قادر به تولید موادی شبیه به اکسین بوده (Musxolo *et al.*, 1999) و می‌تواند با تأثیر بر سنتز هورمون‌ها به‌ویژه اکسین باعث رشد و متعاقب آن ارتفاع گیاه شود. تصدیقی و همکاران (۱۳۹۴) در تحقیقی نشان دادند که در هر سطح تنش خشکی بیشترین ارتفاع بوته مربوط به کاربرد بیشترین سطح استفاده از ورمی کمپوست (۱۰ تن در هکتار) و کمترین ارتفاع بوته مربوط به عدم کاربرد استفاده از ورمی کمپوست بوده و ارتفاع بوته با افزایش شدت تنش خشکی کاهش یافت.

قطر ساقه

اثر سال، آبیاری و رقم بر صفت قطر ساقه در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود و اثر ورمی کمپوست و اثرات متقابل از لحاظ آماری معنی‌دار نبودند (جدول ۳). نتایج نشان داد که قطر ساقه در سال دوم (۱۵/۵ میلی‌متر) بیشتر از سال اول (۱۲/۷۶ میلی‌متر) بود (جدول ۴). قطر ساقه در شرایط آبیاری نرمال دارای بیشترین مقدار (۱۶/۳ میلی‌متر) در حالی که در شرایط قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد کاهش معنی‌داری نشان داد (جدول ۵). بیشترین و کمترین قطر ساقه متعلق به رقم‌های Zafar (۱۴/۷ میلی‌متر) و Zabol10 (۱۳/۵ میلی‌متر) بود (جدول ۷). قطر ساقه در گیاهان تحت شرایط تنش خشکی کاهش می‌یابد. دلیل این امر نیز می‌تواند کاهش تورژانس سلول در اثر افزایش تنش خشکی و کاهش رشد و توسعه سلول به‌ویژه در ساقه باشد (Alkire and Simon, 1993). نتایج لطفی و همکاران (۱۳۹۲) نشان داد که قطر ساقه ترخون (*Artemisia dracunculus L.*) با افزایش شدت تنش خشکی کاهش یافت. رشد زایشی سریع و کاهش رشد رویشی تحت شرایط تنش خشکی و رقابت بین اندام‌های زایشی و رویشی باعث کاهش قطر ساقه می‌شود (Zirgoli and Kahrizi, 2015).

تعداد خورجین

نتایج تجزیه مرکب نشان داد که اثر سال، آبیاری، ورمی کمپوست، رقم و هم‌چنین برهم‌کنش بین آبیاری و سال، رقم و آبیاری بر صفات تعداد خورجین در ساقه اصلی و تعداد خورجین در بوته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). تعداد خورجین در بوته (۱۵۸/۴) و تعداد خورجین در ساقه اصلی (۶۶/۶۹) در سال دوم بیشتر از سال اول بود (جدول ۴). تعداد خورجین در ساقه اصلی (۶۴/۵) و تعداد خورجین در بوته (۱۵۹/۹۹) در تیمار حاوی ورمی کمپوست در مقایسه با عدم کاربرد ورمی کمپوست بیشتر بود (جدول ۶). مقایسه میانگین اثر متقابل سال و آبیاری نشان داد که بالاترین تعداد خورجین در بوته (۲۱۱/۸) و تعداد خورجین در ساقه اصلی (۸۴/۳۵) در تیمار آبیاری نرمال در سال دوم و کمترین آن‌ها در تیمار قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد در سال اول مشاهده شد (جدول ۸). مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری و رقم نشان داد که بیشترین تعداد خورجین در ساقه اصلی (۹۳/۷) و تعداد خورجین در بوته (۳۲/۱۸) متعلق به رقم Zafar در شرایط آبیاری نرمال و کمترین آن مربوط به رقم Zabol10 در شرایط قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد بود (جدول ۹). همان‌طور که نتایج نشان داد تنش خشکی سبب کاهش تعداد خورجین در ارقام مورد بررسی کلزا گردید و کاربرد کود ورمی کمپوست باعث افزایش تعداد خورجین در گیاه شد که در تحقیقات مختلف نیز این نتایج گزارش شده است. نتایج مطالعه سعیدنژاد و همکاران (۱۳۸۹) نشان داد که با کاربرد کودهای ورمی کمپوست تعداد چتر در بوته زیره سبز افزایش یافت. نتایج تحقیق مومنی فیلی و همکاران (۱۳۹۳) نشان داد که بیشترین تعداد غلاف در بوته سویا متعلق به بیشترین

مصرف ورمی کمپوست (۱۵ تن در هکتار) بود. ورمی کمپوست نسبت به سایر کودهای بیولوژیک فراهمی بیشتر عناصر فسفر، کلسیم، پتاسیم، نیتروژن و منیزیم را باعث می‌شود (Orozco *et al.*, 1996). بنابراین دسترسی بهتر به عناصر غذایی و وجود مواد آلی در اثر کاربرد ورمی کمپوست منجر به فراهمی شرایط بهتر در زمان گلدهی و گرده‌افشانی می‌شود و در نهایت تعداد غلاف در بوته افزایش می‌یابد (جهانگیری‌نیا و همکاران، ۱۳۹۵). در گیاه کلزا غلاف‌ها در مرحله گلدهی شکل می‌گیرند و ریزش آن‌ها نیز از همین دوره شروع شده و در جریان رشد نیز ادامه می‌یابد. به نظر می‌رسد که کمبود عرضه مواد فتوسنتزی در شرایط تنش خشکی، باعث عدم تلقیح گل‌ها در زمان گرده‌افشانی، عدم تأمین مواد فتوسنتزی به میزان کافی برای خورجین‌ها و ریزش آن‌ها و در نهایت کاهش تعداد خورجین می‌شود (شهرابی فراهانی و همکاران، ۱۳۹۲).

کربوهیدرات محلول

از جمله راهبردهای گیاهان برای مقاومت در برابر تنش‌های خشکی تجمع محلول‌های سازشی شامل یون‌های فلزی ضروری (مانند K^+) و اساساً محلول‌های آلی شامل قندهای محلول (از جمله ساکاروز، گلوکز، فروکتوز، تراهالوز و رافینوز) قندهای غیر محلول (از جمله نشاسته، آمیلوز و آمیلوپکتین) و اسیدهای آمینه چهارگانه مانند پرولین و ترکیبات سولفونومی می‌باشد (Yordanov *et al.*, 2003). نتایج تجزیه مرکب نشان داد که اثرات سال، آبیاری، ورمی کمپوست، رقم و برهم‌کنش بین آبیاری و رقم در سطح آماری بر صفت کربوهیدرات‌های محلول در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که مقدار کربوهیدرات محلول گیاه در سال اول (۳۰/۹۷ میلی‌گرم در گرم وزن‌تر) بیشتر از سال دوم (۲۷/۳۷ میلی‌گرم در گرم وزن‌تر) بود (جدول ۴) که احتمالاً به دلیل شرایط مختلف دمایی در دو سال می‌باشد (جدول ۱). هم‌چنین مقدار این صفت در شرایط عدم کاربرد ورمی کمپوست (۳۰/۲۷ میلی‌گرم در گرم وزن‌تر) بیشتر از شرایط کاربرد ورمی کمپوست (۲۸/۰۷ میلی‌گرم در گرم وزن‌تر) بود (جدول ۶). مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری و رقم نشان داد که بیشترین مقدار کربوهیدرات محلول در برگ متعلق به رقم Zaboli10 (۴۰/۹ میلی‌گرم در گرم وزن‌تر) در شرایط قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد و کمترین مقدار کربوهیدرات محلول در برگ در رقم Zafar (۱۸/۲ میلی‌گرم در گرم وزن‌تر) در شرایط آبیاری نرمال مشاهده شد (جدول ۹). همان‌طور که نتایج نشان داد در شرایط تنش خشکی، مقدار کربوهیدرات در برگ همه ارقام افزایش نشان داد. مطالعات بسیاری حاکی از تغییر مقدار قندها تحت تنش خشکی است (Ma *et al.*, 2006). در اثر تنش خشکی نشاسته تجزیه شده، قسمتی یا تمامی آن از بافت‌های گیاهی ناپدید می‌گردد. کاهش میزان نشاسته در نتیجه افزایش فعالیت آمیلاز می‌باشد که پس از آن مقدار قندهای محلول افزایش پیدا می‌کند (Ma *et al.*, 2006). بروجردنیا و همکاران (۱۳۹۵) در یک تحقیق اثر تنش خشکی را بر برخی صفات فیزیولوژیک لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها گزارش کردند که با افزایش شدت تنش میزان

کربوهیدرات‌های محلول کل به‌طور معنی‌داری افزایش نشان داد. در این گزارش عنوان شد که در شرایط تنش خشکی با کاهش مقدار آب قابل دسترس، فتوسنتز کاهش یافته و متعاقب آن تولید ماده خشک گیاه نیز کاهش پیدا کرد. اگر در شرایط اعمال تنش خشکی بتوان شرایطی را ایجاد کرد که شدت تنش تعدیل شود، می‌توان انتظار داشت مقدار کربوهیدرات‌ها تغییر نشان دهد. عبداللهی و همکاران (۱۳۹۶) در تحقیق خود نشان دادند که کاربرد مقادیر کم ورمی‌کمپوست موجب کاهش میزان قندهای محلول برگ خیار شد، اما با رسیدن مقدار به ۶۰ درصد، میزان قندهای محلول مجدداً افزایش پیدا کرد.

مقاومت روزنه‌ای

نتایج تجزیه مرکب نشان داد که اثر سال، آبیاری، ورمی‌کمپوست، رقم و هم‌چنین برهم‌کنش بین آبیاری و سال، رقم و آبیاری در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). مقاومت روزنه‌ای در شرایط عدم کاربرد کود ورمی‌کمپوست (۱۴/۱۹ ثانیه بر سانتی‌متر) کمتر از شرایط کاربرد کود ورمی‌کمپوست (۱۴/۹۸ ثانیه بر سانتی‌متر) بود (جدول ۶). مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری و سال نشان داد که بالاترین مقدار مقاومت روزنه‌ای گیاه در تیمار قطع آبیاری در مرحله گلدهی به بعد در سال اول (۲۲/۰۴ ثانیه بر سانتی‌متر) و کمترین آن در تیمار آبیاری نرمال در سال دوم (۷/۰۲ ثانیه بر سانتی‌متر) مشاهده گردید (جدول ۸). مقایسه میانگین اثر متقابل رقم و آبیاری نشان داد که بیشترین مقدار مقاومت روزنه‌ای متعلق به رقم‌های Zafar (۲۳/۳ ثانیه بر سانتی‌متر) در تیمار قطع آبیاری در مرحله گلدهی به بعد و کمترین در رقم‌های Julius (۴/۸ ثانیه بر سانتی‌متر) در شرایط آبیاری نرمال بود (جدول ۹). همان‌طور که نتایج نشان داد مقاومت روزنه‌ای ارقام کلزا در شرایط تنش خشکی افزایش یافت. یکی از عوامل مهم در کاهش فتوسنتز، بسته شدن روزنه‌ها در شرایط کمبود آب می‌باشد که نتیجه آن کاهش هدایت روزنه‌ای و درنهایت کاهش میزان فتوسنتز می‌باشد (Lawlor and Cornic, 2002). Jiang و همکاران (۲۰۰۱) معتقدند که بسته شدن روزنه‌ها تحت تنش خشکی نتیجه تولید ABA است و از این هورمون به‌عنوان هورمون تنش یاد می‌کنند. بر اساس نتایج این تحقیق، کاربرد کود ورمی‌کمپوست سبب افزایش مقاومت روزنه‌ای گیاه شد. کودهای آلی از جمله ورمی‌کمپوست می‌توانند ماده آلی خاک را افزایش داده و درنهایت موجب حفظ رطوبت خاک شوند. در تحقیقی کمالی و گلدانی (۱۳۹۵) کاربرد کودهای مختلف (شاهد، کمپوست، دامی و ورمی‌کمپوست) را بر توده اطلسی ایرانی در شرایط تنش کم‌آبیاری ارزیابی و نتایج نشان داد که کودهای آلی تأثیر معنی‌داری بر هدایت روزنه‌ای داشت. گلدانی و همکاران (۱۳۹۵) سطوح مختلف ورمی‌کمپوست (۰، ۲۰، ۴۰، ۶۰ و ۸۰ درصد حجمی) را بر خصوصیات مورفوفیزیولوژیک ریحان را بررسی و نشان دادند که هدایت روزنه‌ای به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر سطوح کاربرد ورمی‌کمپوست قرار گرفت.

دمای کانوپی

نتایج تجزیه مرکب نشان داد که اثر سال، آبیاری، ورمی کمپوست و رقم بر صفت دمای کانوپی در سطح ۱ درصد معنی دار بود (جدول ۳). دمای کانوپی در سال اول (۳۲/۴۲ درجه سانتی گراد) بیشتر از سال دوم (۳۱/۵۹ درجه سانتی-گراد) بود (جدول ۴) که احتمالاً به دلیل شرایط دمایی بالاتر در سال اول می باشد (جدول ۱). کمترین مقدار دمای کانوپی در شرایط آبیاری نرمال (۳۰/۱۵ درجه سانتی گراد) و بیشترین مقدار دمای کانوپی در شرایط قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد (۳۳/۹۲ درجه سانتی گراد) مشاهده شد (جدول ۵). دمای کانوپی در شرایط عدم کاربرد کود ورمی کمپوست (۳۲/۲۶ درجه سانتی گراد) بیشتر از شرایط کاربرد کود ورمی کمپوست (۳۱/۷۵ درجه سانتی گراد) بود (جدول ۶). در بین ارقام مورد مطالعه بیشترین و کمترین مقدار دمای کانوپی مربوط به ارقام Zabol10 (۳۲/۵ درجه سانتی گراد) و Zafar (۳۱/۵ درجه سانتی گراد) بود (جدول ۷). دمای کانوپی وضعیت آبی گیاه را بیان می کند و گیاهان با انجام عمل تعرق، باعث پایین آمدن دمای پوشش گیاهی می شوند و هر عاملی که به نوعی بتواند میزان تبخیر و تعرق گیاه را افزایش دهد، در نهایت موجب کاهش دمای سایه انداز گیاهی می شود (شعبانی و همکاران، ۱۳۸۸)، اما در شرایط تنش خشکی، به دلیل کمبود آب و بسته بودن روزنه ها تعرق کمتری توسط گیاه صورت گرفته و دمای پوشش گیاهی بیشتر از شرایط آبیاری کامل است. پاسبان اسلام (۱۳۹۰) گزارش کرد که تنش خشکی انتهای فصل گلرنگ موجب افزایش دمای برگ شد. در گندم، قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد موجب افزایش دمای کانوپی شد. دمای کانوپی به وضعیت رطوبتی خاک بستگی دارد. ورمی کمپوست دارای قدرت جذب و نگهداری آب و عناصر غذایی و در نتیجه تخلخل زیاد، تهویه و زهکشی مناسب می باشد (Arancon *et al.*, 2004). بنابراین استفاده از ورمی کمپوست به دلیل فراهمی بهتر عناصر غذایی برای گیاه می تواند موجب گسترش بیشتر شاخ و برگ گیاهان زراعی شده و در نهایت تبخیر و تعرق بیشتری صورت پذیرد. تبخیر و تعرق بیشتر در نهایت موجب کاهش دمای کانوپی می شود.

کلروفیل

نتایج تجزیه مرکب نشان داد که اثر سال، آبیاری، ورمی کمپوست و رقم و اثر متقابل آب و رقم بر صفت کلروفیل a و کلروفیل کل معنی دار و اثر سال، آبیاری، ورمی کمپوست و اثر متقابل سال و آب بر صفت کلروفیل a و b معنی دار، اما اثر رقم بر کلروفیل b معنی دار نبود (جدول ۳). مقدار کلروفیل a (۰/۹۸ میلی گرم در گرم وزن تر)، کلروفیل b (۰/۳۵ میلی گرم در گرم وزن تر) و کلروفیل کل (۱/۳۴ میلی گرم در گرم وزن تر) در سال دوم بیشتر از سال اول بود (جدول ۴). مقدار کلروفیل کل (۱/۲۳ میلی گرم در گرم وزن تر) و کلروفیل a (۰/۹ میلی گرم در گرم وزن تر) و b (۰/۳۲ میلی گرم در گرم وزن تر) در شرایط عدم کاربرد کود ورمی کمپوست کمتر از شرایط کاربرد ورمی کمپوست بود (جدول ۶). نتایج اثر متقابل

آبیاری و سال بر صفت کلروفیل a و b نشان داد که بالاترین مقدار کلروفیل a (۱/۳۳ میلی گرم در گرم وزن تر) و b (۰/۳۷ میلی گرم در گرم وزن تر) در سال دوم و در شرایط آبیاری نرمال و کمترین مقدار در شرایط قطع آبیاری در مرحله گلدهی به بعد در سال اول مشاهده گردید (جدول ۸). تفاوت بین مقدار کلروفیل برگ در دو سال اجرای آزمایش می تواند به دلیل شرایط مختلف دمایی و بارندگی در دو سال می باشد (جدول ۱). مقایسه میانگین اثر متقابل رقم و آبیاری نشان داد که بیشترین مقدار کلروفیل a (۱/۳ میلی گرم در گرم وزن تر) و کلروفیل کل (۱/۷۵ میلی گرم در گرم وزن تر) متعلق به رقم Zafar در شرایط آبیاری نرمال و کمترین مقدار متعلق به رقم Zabol10 در شرایط قطع آبیاری در مرحله گلدهی به بعد بود (جدول ۹). نتایج این تحقیق نشان داد که تنش خشکی کلروفیل برگ را تحت تأثیر قرار داده و میزان آن را کاهش می دهد و این نتایج در گزارش های مختلف ارائه شده است. محتوای کلروفیل برگ ها یکی از عوامل کلیدی در تعیین سرعت فتوسنتز و تولید ماده خشک می باشد (Ghosh *et al.*, 2004). تنش خشکی کلروفیل برگ را تحت تأثیر قرار داده و میزان آن را کاهش می دهد. کاهش میزان کلروفیل می تواند به واسطه کاهش سنتز کمپلکس پروتئین محافظت کننده دستگاه فتوسنتزی و صدمه اکسیداتیو لیپیدها، رنگدانه و پروتئین های کلروپلاست به همراه افزایش فعالیت آنزیم کلروفیلاز در شرایط تنش خشکی باشد. کاهش سبزینگی برگ در شرایط طولانی مدت ممکن است تا حدودی به دلیل کاهش جریان نیتروژن به بافت ها و فعالیت نترات رداکتاز باشد. با کمبود رطوبت، فعالیت ریشه و در نهایت جذب نیتروژن کاهش یافته که این موضوع می تواند باعث کاهش میزان کلروفیل برگ شود. تنش آبی در مرحله گلدهی و پرشدن غلاف در ارقام مختلف کلزا باعث کاهش کلروفیل a و b شده است (Kumar and paul, 1997). بر اساس نتایج این آزمایش، تیمارهای حاوی کود ورمی کمپوست سبب افزایش مقدار کلروفیل برگ گردید که در پژوهش های دیگر نیز نتایج مشابهی حاصل شده است. افزایش میزان کود آلی به دلیل افزایش عناصر غذایی مانند نیتروژن، آهن و منیزیم که در کلروفیل سازی مؤثر هستند، منجر به افزایش محتوی کلروفیل برگ می شوند (نصراله زاده و همکاران، ۱۳۹۵). نتایج یک تحقیق نشان داد که مصرف ورمی کمپوست از صفر تا ۱۰ تن در هکتار بر غلظت کلروفیل در برگ ذرت تأثیر معنی داری داشته، به طوری که محتوی کلروفیل از ۱/۳۶ به ۱/۹۳ میلی گرم بر گرم افزایش یافت (Amyanpoori *et al.*, 2015). نصراله زاده و همکاران (۱۳۹۵) گزارش کردند که محتوای کلروفیل ذرت در شرایط کاربرد ورمی کمپوست تحت تأثیر قرار گرفت، به طوری که با افزایش مقدار ورمی کمپوست، محتوای کلروفیل برگ ها افزایش یافت.

جدول ۳: تجزیه مرکب اثر تیمارهای آبیاری، کود ورمی کمپوست و رقم بر صفات مورد مطالعه کلزا

منابع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع بوته	قطر ساقه	تعداد خورجین در بوته	تعداد خورجین در ساقه اصلی	کربوهیدرات محلول	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل	مقاومت روزنه‌ای	دمای کانوبی
سال (Y)	۱	۶۱۷۹/۳**	۴۲۳/۹**	۷۹۶۶/۷**	۵۷۴۵/۳**	۷۰۱/۰۸**	۰/۳۷**	۰/۱۲**	۰/۹۴**	۱۲۰/۶**	۳۷/۰۸**
بلوک در سال R(Y)	۴	۱۷/۹۳	۱۳/۵۶	۳۴۸/۷	۹/۶	۳۰/۷۲	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۲/۰۸	۰/۳۴
آبیاری (I)	۲	۴۳۱۷۲/۰۱**	۳۳۴/۱۳**	۲۳۹۸۰۷/۷**	۳۷۰۷۲/۹**	۵۳۸۸/۹**	۷/۵**	۰/۰۷**	۹/۱۵**	۳۵۴۶/۷**	۲۵۵/۷**
ورمی کمپوست (V)	۱	۲۶۰۷/۶**	۱۷/۹ ^{NS}	۱۲۳۹۱/۱۸**	۱۹۴۵/۳**	۲۶۱/۱**	۰/۳**	۰/۰۰۵ ^{NS}	۰/۴۳**	۳۳/۴**	۱۴/۰۵**
آبیاری × ورمی کمپوست (V×I)	۲	۳۰/۱۹ ^{NS}	۰/۰۰۲ ^{NS}	۲۳۷/۱۸ ^{NS}	۱۰/۷۴ ^{NS}	۰/۱۲ ^{NS}	۰/۰۰۷ ^{NS}	۰/۰۰۰۸ ^{NS}	۰/۰۰۰۲ ^{NS}	۳/۴۷ ^{NS}	۰/۰۷ ^{NS}
آبیاری × سال (I×Y)	۲	۵/۹ ^{NS}	۱/۰۲ ^{NS}	۳۹۲/۵*	۴۷۱/۶**	۲/۳۶ ^{NS}	۰/۰۵*	۰/۰۰۸ ^{NS}	۰/۰۲ ^{NS}	۱۴/۹ ^{NS}	۰/۶۲ ^{NS}
سال × ورمی کمپوست (V×Y)	۱	۱۱/۰۷ ^{NS}	۰/۰۲ ^{NS}	۳/۸۹ ^{NS}	۱/۰۶ ^{NS}	۰/۳۱ ^{NS}	۰/۰۰۱ ^{NS}	۰/۰۰۰۸ ^{NS}	۰/۰۰۰۱ ^{NS}	۰/۰۱ ^{NS}	۰/۰۷ ^{NS}
آبیاری × ورمی کمپوست × سال (Y×V×I)	۲	۴/۶ ^{NS}	۰/۴۵ ^{NS}	۵۳/۲ ^{NS}	۳/۷۳ ^{NS}	۰/۸۵ ^{NS}	۰/۰۰۰۴ ^{NS}	۰/۰۰۰۷ ^{NS}	۰/۰۰۰۳ ^{NS}	۰/۰۴ ^{NS}	۰/۱۳ ^{NS}
خطای اصلی: بلوک در سال و آبیاری و ورمی کمپوست R(V×Y×I)	۲۰	۱۹/۲۷	۴/۳	۱۰۹/۳۳	۳۲/۱۶	۴/۵	۰/۰۱۲	۰/۰۰۰۵	۰/۰۱	۲/۷	۱/۴۹
رقم (C)	۵	۹۹۶/۰۵*	۹/۲**	۵۹۱۵/۵**	۹۷۶/۷۹**	۱۳۹/۹**	۰/۲**	۰/۰۰۳ ^{NS}	۰/۲۵**	۶۰/۵**	۷/۴۶**
آبیاری × رقم (I×C)	۱۰	۲۳۰/۱۲**	۱/۹ ^{NS}	۱۵۸۱/۴**	۲۲۲/۳**	۳۰/۲۶**	۰/۰۴**	۰/۰۰۱ ^{NS}	۰/۰۵**	۳۵/۶**	۱/۵ ^{NS}
ورمی کمپوست × رقم (V×C)	۵	۱۱/۴ ^{NS}	۰/۰۵ ^{NS}	۵۶/۵ ^{NS}	۶/۲۹ ^{NS}	۱/۰۰۵ ^{NS}	۰/۰۰۱ ^{NS}	۰/۰۰۰۲ ^{NS}	۰/۰۰۱ ^{NS}	۰/۰۹ ^{NS}	۰/۰۴ ^{NS}
آبیاری × ورمی کمپوست × رقم (I×V×C)	۱۰	۱۱/۹ ^{NS}	۰/۰۳ ^{NS}	۷۲/۱۴ ^{NS}	۷/۳۷ ^{NS}	۰/۹۳ ^{NS}	۰/۰۰۱ ^{NS}	۰/۰۰۰۱ ^{NS}	۰/۰۰۱ ^{NS}	۱/۰۲ ^{NS}	۰/۰۲ ^{NS}
سال در رقم Y(C)	۵	۱۳/۵ ^{NS}	۰/۰۱ ^{NS}	۲۳/۱۲ ^{NS}	۱۶/۲۵ ^{NS}	۰/۰۸ ^{NS}	۰/۰۰۰۴ ^{NS}	۰/۰۰۰۶ ^{NS}	۰/۰۰۰۸ ^{NS}	۰/۴۹ ^{NS}	۰/۰۱ ^{NS}
سال × آبیاری × رقم Y(I×C)	۱۰	۱۳/۵ ^{NS}	۰/۴۹ ^{NS}	۲۴/۶۵ ^{NS}	۵/۳۶ ^{NS}	۰/۲۵ ^{NS}	۰/۰۰۰۹ ^{NS}	۰/۰۰۰۵ ^{NS}	۰/۰۰۰۲ ^{NS}	۰/۴۳ ^{NS}	۰/۰۶ ^{NS}
سال × ورمی کمپوست × رقم Y(V×C)	۵	۱۲/۴ ^{NS}	۰/۰۲ ^{NS}	۴/۲۳ ^{NS}	۰/۵۴ ^{NS}	۰/۲۸ ^{NS}	۰/۰۰۰۳ ^{NS}	۰/۰۰۰۱ ^{NS}	۰/۰۰۰۳ ^{NS}	۰/۰۱ ^{NS}	۰/۰۰۳ ^{NS}
سال × آبیاری × ورمی کمپوست × رقم Y(I×V×C)	۱۰	۵/۱۲ ^{NS}	۰/۰۷ ^{NS}	۶/۶۴ ^{NS}	۰/۴۹ ^{NS}	۰/۱۳ ^{NS}	۰/۰۰۰۶ ^{NS}	۰/۰۰۰۱ ^{NS}	۰/۰۰۰۷ ^{NS}	۰/۰۲ ^{NS}	۰/۰۲ ^{NS}
خطای کرت‌های فرعی (C)	۱۲۰	۳۲/۰۴	۳/۸	۱۰۶/۷۵	۳۵/۳	۳/۱۲	۰/۰۰۷	۰/۰۰۱	۰/۰۱	۰/۵۱	۱/۱۳
ضریب تغییرات (%)	-	۴/۴	۱۳/۷	۶/۷۸	۹/۶	۶/۰۶	۹/۲	۱۳/۰۹	۸/۶	۴/۹	۳/۳۲

*, **, NS به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و غیر معنی‌دار.

جدول ۴: اثر سال بر صفات مورد مطالعه

سال	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	قطر ساقه (میلی‌متر)	تعداد خورجین در بوته	تعداد خورجین در ساقه اصلی	کربوهیدرات محلول (میلی‌گرم در گرم وزن تر)	کلروفیل a (میلی‌گرم در گرم وزن تر)	کلروفیل b (میلی‌گرم در گرم وزن تر)	کلروفیل کل (میلی‌گرم در گرم وزن تر)	مقاومت روزنه‌ای (ثانیه بر سانتی‌متر)	دمای کانوبی (درجه سانتی‌گراد)
سال اول	۱۲۲/۰۵b	۱۲/۷۶b	۱۴۶/۲۵b	۵۶/۳۷b	۳۰/۹۷a	۰/۹b	۰/۳b	۱/۲۱b	۱۵/۳۳a	۳۲/۴۲a
سال دوم	۱۳۲/۷۴a	۱۵/۵a	۱۵۸/۴a	۶۶/۶۹a	۲۷/۳۷b	۰/۹۸a	۰/۳۵a	۱/۳۴a	۱۳/۸۴b	۳۱/۵۹b

میانگین‌های، در هر ستون که دارای حروف مشابه می‌باشند، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌داری ندارند.

جدول ۵: اثر آبیاری بر صفات مورد مطالعه

آبیاری	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	قطر ساقه (میلی‌متر)	تعداد خورجین در بوته	تعداد خورجین در ساقه اصلی	کربوهیدرات محلول (میلی‌گرم در گرم وزن تر)	کلروفیل a (میلی‌گرم در گرم وزن تر)	کلروفیل b (میلی‌گرم در گرم وزن تر)	کلروفیل کل (میلی‌گرم در گرم وزن تر)	مقاومت روزنه‌ای (ثانیه بر سانتی‌متر)	دمای کانوبی (درجه سانتی‌گراد)
آبیاری معمول یا شاهد	۱۵۲/۴a	۱۶/۳a	۲۱۱/۸a	۸۴/۳۵a	۲۰/۶۳c	۱/۲۷a	۰/۳۶a	۱/۶۳a	۷/۳c	۳۰/۱۵c
قطع آبیاری از مرحله خورجین دهی به بعد	۱۲۶/۳b	۱۴/۸b	۱۴۸/۵b	۶۱/۲۶b	۲۸/۹۵b	۰/۹۴b	۰/۳۳b	۱/۲۷b	۱۵/۰۲b	۳۱/۹۵b
قطع آبیاری از مرحله گل‌دهی به بعد	۱۰۳/۴c	۱۲c	۹۶/۶c	۳۸/۹۷c	۳۷/۹a	۰/۶۲c	۰/۲۹c	۰/۹۲c	۲۱/۳۷a	۳۳/۹۲a

میانگین‌های، در هر ستون که دارای حروف مشابه می‌باشند، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌داری ندارند.

جدول ۶: اثر ورمی‌کمپوست بر صفات مورد مطالعه

ورمی‌کمپوست	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	تعداد خورجین در بوته	تعداد خورجین در ساقه اصلی	کربوهیدرات محلول (میلی‌گرم در گرم وزن تر)	کلروفیل a (میلی‌گرم در گرم وزن تر)	کلروفیل b (میلی‌گرم در گرم وزن تر)	کلروفیل کل (میلی‌گرم در گرم وزن تر)	مقاومت روزنه‌ای (ثانیه بر سانتی‌متر)	دمای کانوبی (درجه سانتی‌گراد)
عدم کاربرد	۱۲۳/۹b	۱۴۴/۷b	۵۸/۵b	۳۰/۲۷a	۰/۹b	۰/۳۲b	۱/۲۳b	۱۴/۱۹b	۳۲/۲۶a
۲۰ تن در هکتار	۱۳۰/۸a	۱۵۹/۹a	۶۴/۵a	۲۸/۰۷b	۰/۹۸a	۰/۳۳a	۱/۳۲a	۱۴/۹۸a	۳۱/۷۵b

میانگین‌های، در هر ستون که دارای حروف مشابه می‌باشند، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌داری ندارند.

جدول ۷: اثر رقم بر صفات مورد مطالعه

رقم	ارتفاع بوته (سانتی متر)	قطر ساقه (میلی متر)	تعداد خورجین در بوته	تعداد خورجین در ساقه اصلی	کربوهیدرات محلول (میلی گرم در گرم وزن تر)	کلروفیل a (میلی گرم در گرم وزن تر)	کلروفیل کل (میلی گرم در گرم وزن تر)	مقاومت روزنه‌ای (ثانیه بر سانتی متر)	دمای کانوبی (درجه سانتی گراد)
RGS003	۱۲۹/۷b	۱۴/۴abc	۱۵۷/۰۵b	۶۴/۰۷b	۲۷/۷b	۰/۹۹a	۱/۳۲a	۱۵/۷a	۳۱/۷b
Zafar	۱۳۳/۴a	۱۴/۷a	۱۶۷/۲a	۶۷/۵a	۲۷/۱۲b	۱/۰۲a	۱/۳۶a	۱۵/۴b	۳۱/۵b
Julius	۱۲۳/۱c	۱۳/۷bc	۱۴۱/۹c	۵۷/۴c	۳۰/۶a	۰/۸۹b	۱/۲۱b	۱۳/۲d	۳۲/۳a
Jerry	۱۲۳/۵c	۱۳/۷bc	۱۴۳/۱c	۵۷/۷c	۳۰/۶a	۰/۸۸b	۱/۲۰b	۱۶/۰۲a	۳۲/۳a
Zabol 10	۱۲۱/۶c	۱۳/۵c	۱۳۸/۳c	۵۵/۶c	۳۱/۴a	۰/۸۶b	۱/۱۸b	۱۳/۲d	۳۲/۵a
Hyola 4815	۱۳۲/۸a	۱۴/۶ab	۱۶۶/۱a	۶۶/۷ab	۲۷/۳b	۱/۰۲a	۱/۳۶a	۱۳/۸c	۳۱/۵b

میانگین‌های، در هرستون که دارای حروف مشابه می‌باشند، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌داری ندارند.

جدول ۸: اثر متقابل سال و آبیاری بر صفات مورد مطالعه

سال	آبیاری	تعداد خورجین در بوته	تعداد خورجین در ساقه اصلی	کلروفیل a (میلی گرم در گرم وزن تر)	کلروفیل b (میلی گرم در گرم وزن تر)	مقاومت روزنه‌ای (ثانیه بر سانتی متر)
سال اول	آبیاری معمول	۲۰۳/۵b	۷۷/۲b	۱/۲b	۰/۳۴c	۷/۷e
	قطع آبیاری از مرحله خورجین دهی به بعد	۱۴۲/۲d	۵۵/۲d	۰/۸۹d	۰/۳۱d	۱۶/۳c
سال دوم	قطع آبیاری از مرحله گل‌دهی به بعد	۹۲/۹f	۳۶/۷f	۰/۶۱۷e	۰/۲۵e	۲۲/۰۴a
	آبیاری معمول	۲۲۰/۲a	۹۱/۵a	۱/۳۳a	۰/۳۷a	۷/۰۲f
سال دوم	قطع آبیاری از مرحله خورجین دهی به بعد	۱۵۴/۸c	۶۷/۳c	۰/۹۹c	۰/۳۵b	۱۳/۷d
	قطع آبیاری از مرحله گل‌دهی به بعد	۱۰۰/۲e	۴۱/۲e	۰/۶۳e	۰/۳۳c	۲۰/۷b

میانگین‌های، در هرستون که دارای حروف مشابه می‌باشند، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌داری ندارند.

جدول ۹: اثر متقابل آبیاری و رقم بر صفات مورد مطالعه

آبیاری	رقم	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	تعداد خورجین در ساقه اصلی	تعداد خورجین در بوته	کربوهیدرات محلول (میلی- گرم در گرم وزن تر)	کلروفیل a (میلی گرم در گرم وزن تر)	کلروفیل کل (میلی گرم در گرم وزن تر)	مقاومت روزنه‌ای (ثانیه بر سانتی‌متر)
	RGS003	۱۴۵/۳c	۷۷/۴c	۱۹۱/۷d	۲۲/۶e	۱/۱۸c	۱/۵۳۴b	۹/۱i
آبیاری معمول	Zafar	۱۶۱/۱۵a	۹۳/۷a	۲۳۶/۵a	۱۸/۳g	۱/۳a	۱/۷۵a	۶/۵j
	Julius	۱۴۶/۹bc	۷۸/۹bc	۱۹۷/۵cd	۲۱/۹ef	۱/۲۱bc	۱/۵۶b	۴/۸k
	Jerry	۱۵۱/۵b	۸۳/۶b	۲۱۰/۳b	۲۰/۷f	۱/۲۶b	۱/۶۲b	۹/۴i
	Zabol 10	۱۴۹/۴bc	۸۰/۷bc	۲۰۲/۹bc	۲۱/۳ef	۱/۲۳b	۱/۵۹b	۵/۳bk
	Hyola 4815	۱۵۹/۷a	۹۱/۶a	۲۳۱/۸a	۱۸/۷g	۱/۳۶۶a	۱/۷۳a	۸/۷i
	RGS003	۱۳۴/۰۴d	۶۸/۷d	۱۶۷/۴e	۲۵/۷d	۱/۰۵d	۱/۴c	۱۶/۶e
قطع آبیاری از مرحله خورجین	Zafar	۱۳۰/۷d	۶۴/۷d	۱۵۷/۵e	۲۷/۴d	۰/۹۹d	۱/۳c	۱۶/۲e
دهی به بعد	Julius	۱۲۲/۳e	۵۷/۸e	۱۳۸/۹f	۳۰/۵c	۰/۸۸e	۱/۲d	۱۱/۹h
	Jerry	۱۲۰/۳e	۵۵/۵e	۱۳۴/۱f	۳۱/۱c	۰/۸۵e	۱/۱۸d	۱۷/۴d
	Zabol 10	۱۱۷/۸e	۵۴/۰۵e	۱۳۰/۶f	۳۲/۰۷c	۰/۸۳e	۱/۱۶d	۱۴/۴f
	Hyola 4815	۱۳۲/۶d	۶۶/۶d	۱۶۲/۵e	۲۶/۷d	۱/۰۲d	۱/۳۶c	۱۳/۴g
	RGS003	۱۰۹/۹f	۴۶/۰۱f	۱۱۲g	۳۴/۸b	۰/۷۳f	۱/۰۴e	۲۱/۶b
قطع آبیاری از مرحله گل‌دهی به بعد	Zafar	۱۰۸/۰۵f	۴۴/۱۸f	۱۰۷/۶g	۳۵/۷b	۰/۷f	۱/۰۱e	۲۳/۳a
	Julius	۱۰۰/۲g	۳۵/۶g	۸۹/۳h	۳۹/۴a	۰/۵۶g	۰/۸۵f	۲۲/۸a
	Jerry	۹۸/۷g	۳۳/۹g	۸۵/۱h	۴۰/۱a	۰/۵۴g	۰/۸۲f	۲۱/۱b
	Zabol 10	۹۷/۶g	۳۲/۱۸g	۸۱/۵h	۴۰/۹a	۰/۵۲g	۰/۷۹f	۱۹/۹c
	Hyola 4815	۱۰۶/۲f	۴۱/۹f	۱۰۳/۹g	۳۶/۳b	۰/۶۸f	۰/۹۹e	۱۹/۲c

میانگین‌های، در هرستون که دارای حروف مشابه می‌باشند، بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌داری ندارند.

نتیجه گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که گیاه کلزا در سال دوم به دلیل شرایط محیطی مناسب تر، دارای ارتفاع، قطر ساقه، تعداد خورجین و مقدار کلروفیل بیشتری نسبت به سال اول بوده و مقدار کربوهیدرات محلول، مقاومت روزنه‌ای و دمای کانوپی گیاه در سال اول بیشتر از سال دوم بود. ارتفاع بوته، تعداد خورجین، مقاومت روزنه‌ای و کلروفیل برگ کلزا در شرایط کاربرد ورمی کمپوست بیشتر از شرایط عدم کاربرد ورمی کمپوست بود، اما مقادیر صفات کربوهیدرات محلول و دمای کانوپی در شرایط عدم کاربرد ورمی کمپوست بالاتر بود. اعمال تنش خشکی در مرحله گلدهی و تشکیل خورجین کلزا سبب کاهش صفات ارتفاع بوته، قطر ساقه، تعداد خورجین، کلروفیل برگ و افزایش کربوهیدرات محلول، مقاومت روزنه‌ای و دمای کانوپی برگ در همه ارقام گردید. بیشترین ارتفاع، تعداد خورجین، کلروفیل برگ و قطر ساقه متعلق به رقم Zafar در شرایط آبیاری نرمال و تنش خشکی و کمترین مقدار در رقم Zabol10 در شرایط قطع آبیاری از مرحله گلدهی مشاهده شد.

منابع

- امیری، ا.، قنبری، ا.، توسلی، ا.، رستگاری پور، ف. و روشنی، ش. ۱۳۹۱. بررسی صفات کمی و کیفی ارقام کلزا تحت شرایط تنش رطوبتی و شناسایی بهترین رقم بر اساس شاخص‌های مقاومت. نشریه فیزیولوژی گیاهان زراعی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. ۴ (۱۵): ۱۷-۲۸.
- آراسته، ا. و فرنیبا، ا. ۱۳۹۲. بررسی اثر تنش خشکی و تراکم بوته بر ویژگی‌های کمی و کیفی ارقام کلزا در شرایط آب و هوایی لرستان. نشریه فیزیولوژی گیاهان زراعی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. ۵ (۱۹): ۹۹-۱۱۱.
- بروجردنیا، م.، بی‌همتا، م.ر.، عالمی سعید، خ. و عبدوسی، و. ۱۳۹۵. اثر تنش خشکی بر میزان پرولین، کربوهیدرات‌های محلول، نشت الکتrolیت‌ها و محتوای آب نسبی لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.). نشریه فیزیولوژی گیاهان زراعی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. ۸ (۲۹): ۲۳-۴۱.
- پاسبان اسلام، ب. ۱۳۹۰. تأثیر تنش خشکی بر عملکرد دانه و روغن ژنوتیپ‌های پاییزه گلرنگ. نشریه علوم گیاهان زراعی ایران. ۴۲ (۲): ۲۷۵-۲۸۳.
- تصدیقی، ح.، صالحی، ا.، موحدی دهنوی، م. و بهزادی، ی. ۱۳۹۴. بررسی عملکرد، اجزای عملکرد و میزان اسانس بابونه آلمانی با کاربرد ورمی کمپوست و سطوح آبیاری مختلف. نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار. ۲۵ (۳): ۶۱-۷۸.

جمشیدی، م. ۱۳۹۱. پهنه‌بندی کربن آلی خاک به‌منظور بررسی توان خاک‌ها در انتقال و نگهداری عناصر آلاینده در

استان‌های خوزستان و فارس. گزارش نهایی موسسه تحقیقات خاک و آب، شماره ثبت ۴۲۵۶۱.

جهانگیری‌نیا، ا.، سیادت، ع.، کوچک‌زاده، ا.، مرادی تلاوت، م.ر. و سیاح‌فر، م. ۱۳۹۵. تأثیر کاربرد کودهای

ورمی‌کمپوست و میکوریزا بر عملکرد کمی و کیفی سویا در شرایط تنش کم‌آبی. نشریه به‌زراعی کشاورزی. ۱۸ (۲): ۳۳۱-

۳۱۹

حیدری، ا.، بیژن زاده، ا.، نادری، ر. و امام، ی. ۱۳۹۴. اثر تنش خشکی پایان فصل و سالیسیلیک اسید بر عملکرد

دانه و دمای سایه‌انداز گیاهی در دو رقم کلزا. نشریه فیزیولوژی گیاهان زراعی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. ۷ (۲۷):

۳۷-۵۳

رضایی‌زاده، ع.، محمدی، و.، زالی، ع.، زینالی، ح. و مردی، م. ۱۳۹۰. بررسی صفات مهم زراعی و روابط مهم

زراعی و روابط بین آن‌ها تحت شرایط آبیاری طبیعی و تنش خشکی در رگه‌های هاپلوئید مضاعف کلزا. نشریه علوم گیاهان

زراعی ایران. ۲۴ (۴): ۶۸۳-۶۹۴.

زوله، م. ۱۳۹۰. ارزیابی میزان کربن آلی خاک در استان‌های جنوبی ایران. اولین همایش ملی مباحث نوین در

کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ساوه.

سعیدنژاد، ا.ح. و رضوانی‌مقدم، پ. ۱۳۸۹. ارزیابی اثر مصرف کمپوست، ورمی‌کمپوست و کودهای دامی روی

عملکرد، اجزای عملکرد و درصد اسانس زیره سبز (*Cuminum cyminum*). نشریه علوم باغبانی. ۲۴ (۲): ۱۴۲-۱۴۸.

سماوات، س. ۱۳۸۹. نقش مدیریت مواد آلی خاک در حاصلخیزی خاک (مسائل و محدودیت‌ها). اولین کنگره

چالش‌های کود در ایران، تهران.

سید محمدی، ن.، اله دادی، ا.، سید محمدی، س.ع. و سرافراز، ع. ۱۳۹۱. تنوع برخی خصوصیات فیزیولوژیکی و

مورفولوژیکی ارقام کلزای بهاره، تحت فواصل و رژیم‌های مختلف آبیاری. نشریه فیزیولوژی گیاهان زراعی. دانشگاه آزاد

اسلامی واحد اهواز. ۴ (۱۶): ۵-۱۷.

شریفی عاشورآبادی، ا. ۱۳۷۷. بررسی حاصل‌خیزی خاک در اکوسیستم‌های زراعی. پایان‌نامه دکتری. دانشگاه آزاد

اسلامی، واحد علوم و تحقیقات.

شعبانی، ع.، کامگار حقیقی، ع.ا.، سپاسخواه، ع.، امام، ی.، هنر، ت. ۱۳۸۸. اثر تنش آبی بر ویژگی‌های

فیزیولوژیک گیاه کلزا (*Brassica napus*). نشریه علوم آب و خاک. ۱۳ (۴۹): ۳۱-۴۲.

- شهرابی فراهانی، ب.، فرهمندفر، ا.، حسنلو، ط.، شیرانی راد، ا.ح. و طباطبایی، س.ع. ۱۳۹۲. ارزیابی تحمل به خشکی چند رقم کلزا بر اساس خصوصیات فیزیولوژی و زراعی در منطقه یزد. نشریه تولید گیاهان زراعی. ۶(۴): ۷۷-۹۷.
- شیرانی راد، ا. ح.، جباری، ح. و دهشیری، ع. ۱۳۹۲. ارزیابی پاسخ ارقام بهاره کلزا (*Brassica napus L.*) به دو فصل کاشت پاییزه و بهاره. نشریه پژوهش‌های زراعی ایران. ۱۱ (۳): ۴۹۳-۵۰۵.
- طباطبایی، ع.، قاسمی، ع. و شاکری، ا. ۱۳۹۰. اثر تنش آبی بر عملکرد، اجزای عملکرد و میزان روغن ارقام کلزا. نشریه فیزیولوژی گیاهان زراعی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. ۳ (۱۲): ۴۱-۵۳.
- عبدالهی، ک.، اسماعیل پور، ب.، خرم دل، س.، راستگو، س.، پرمون، ق. ۱۳۹۶. تأثیر کاربرد ورمی کمپوست و محلول پاشی پوترسین بر برخی صفات بیوشیمیایی و خصوصیات زایشی خیار گلخانه‌ای. نشریه فرآیند و کارکرد گیاهی. ۶(۲۱): ۱۶۷-۱۵۳.
- قره‌چایی، ن.، پاک‌نژاد، ف.، شیرانی راد، ا.ح.، توحیدلو، ق. و جباری، ح. ۱۳۹۸. بررسی اثرات تنش خشکی آخر فصل و تاریخ کاشت بر برخی صفات زراعی ژنوتیپ‌های امید بخش کلزای پاییزه. نشریه تنش‌های محیطی در علوم زراعی. ۱۲ (۱): ۱۹۵-۱۸۱.
- گلدانی، م. و کمالی، م. ۱۳۹۵. ارزیابی اثر بسترهای کشت حاوی ورمی کمپوست، کمپوست و کود دامی تحت شرایط تنش خشکی در گیاه اطلسی ایرانی (*Petunia spp.*). نشریه تولیدات گیاهی (مجله علمی کشاورزی). ۳۹ (۳): ۱۰۰-۹۱.
- گلدانی، م.، کمالی، م.، محتشمی، س. و غنی، ع. ۱۳۹۵. تأثیر سطوح مختلف ورمیکمپوست بر خصوصیات مورفوفیزیولوژیک و شاخص‌های رشد دو اکوتیپ ریحان (*Ocimum basilicum L.*). نشریه پژوهش‌های خاک (علوم خاک و آب). ۳۰ (۳): ۲۶۹-۲۵۷.
- لطفی، م.، عباس‌زاده، ب. و میرزا، م. ۱۳۹۲. اثر تنش خشکی بر صفات مورفولوژیک، پرولین، قندهای محلول و عملکرد ترخون (*Atrémisia dracunculus L.*). دو ماهنامه تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. ۳۰ (۱): ۲۹-۱۹.
- مرادی اقدم، ا.، سیف‌زاده، س.، شیرانی راد، ا.ح.، ولدآبادی، س.ع. و ذاکرین، ح.ر. ۱۳۹۷. اثر قطع آبیاری بر خصوصیات فیزیولوژیکی و عملکرد دانه ارقام کلزا تحت تاریخ‌های مختلف کاشت. نشریه فیزیولوژی گیاهان زراعی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. ۱۰ (۳۸): ۷۶-۵۹.

مقدم، ا.، شیرانی راد، ا.ح.، خورگامی، ع. و رفیعی، م. ۱۳۹۰. بررسی اثرات تنش خشکی در مراحل مختلف رشد بر عملکرد دانه و میزان کلروفیل برگ‌ها در چهار رقم کلزای بهاره در شرایط آب و هوایی خرم‌آباد. نشریه فیزیولوژی گیاهان زراعی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. ۳ (۹): ۱۰۷-۱۲۱.

مؤمنی فیلی، پ.، خورگامی، ع. و سیاح‌فر، م. ۱۳۹۳. اثر کود زیستی ورمی‌کمپوست و تراکم بوته بر عملکرد و اجزای عملکرد سویا در خرم‌آباد. نشریه فیزیولوژی گیاهان زراعی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. ۶ (۲۳): ۱۱۳-۱۲۷.

نصراله‌زاده، ص.، شیرخانی، ع.، زهتاب سلماسی، س. و چوکان، ر. ۱۳۹۵. اثر کودهای زیستی و شیمیایی بر عملکرد دانه و ویژگی‌های برگ ذرت در شرایط آبیاری متفاوت. نشریه پژوهش‌های کاربردی زراعی. ۲۹ (۴): ۷۲-۹۰.

Alkire, B.H. and Simon, J.E. 1993. Water management for Midwestern peppermint (*Mentha piperita* L.) growing in highly organic soil. *Acta Horticulture*. 344: 544-556.

Amyanpoori, S., Ovassi, M. and Fathinejad, E. 2015. Effect of Vermicompost and Triple superphosphate on yield of Corn (*Zea mays* L.). *Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences*. 3(6): 494-499.

Arancon, N.Q., Edwards, C.A., Bierman, P., Welch, C. and Metzger, J.D. 2004. Influences of Vermicomposts on field strawberries: Part 1. Effects on growth and yields. *Bioresource Technology*. 93:145-153.

Arnon DI. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts: Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. *Plant physiology*. 24: 1-15.

Chaudhry, M.A., Rehman, A., Naeem, M.A. and Mushtaq, N. 1999. Effect of organic and inorganic fertilizers on nutrient contents and some properties of eroded loess soils. *Pakistan Journal of Soil Science*. 16: 63-68.

Gholipoor, M., Karamzadeh, A. and Gholami, A. 2014. Vermicompost as a soil supplement to relieve the effects of low-intensity drought stress on Chicklea yield. *ISHS Acta Horticulturae 1018: I International Symposium on Organic Matter Management and Compost Use in Horticulture*. DOI 7660/ActaHortic.2014.1018.22.

Ghosh, P.K., Ajay, K.K., Bandyopadhyay, M.C., Manna, K.G., Mandal, A.K. and Hati, K.M. 2004. Comparative effectiveness of cattle manure, poultry manure, phosphocompost and fertilizer NPK on three cropping system in vertisols of semi-arid tropics II. Dry matter yield, nodulation, chlorophyll content and enzyme activity. *Bioresources Technology*. 95: 85-93.

Hasanuzzaman, M., Nahar, K., Anee, T.I., Khan, M.I.R. and Fujita, M. 2018. Silicon-mediated regulation of antioxidant defense and glyoxalase systems confers drought stress tolerance in *Brassica napus* L. *South African Journal of Botany*. 115: 50-57.

Hosseinzadeh, S.R., Amiri, H. and Ismaili, A. 2016. Effect of vermicompost fertilizer on photosynthetic characteristics of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under drought stress. *Photosynthetica*. 54 (1): 87-92.

Jiang, Y. and Huang, B. 2001. Osmotic adjustment and root growth associated with drought preconditioning- enhanced heat tolerance in Kentucky bluegrass. *Crop Science*. 41: 1168-1173.

Kumar, A. and Singh, D.P. 1997. Use of physiological indices as a screening technique for drought tolerance in oil seed *Brassica species*. *Annals of Botany*. 81: 413-420.

Lawlor, D.W. and Cornic, G. 2002. Photosynthetic carbon assimilation and associated metabolism in relation to water deficits in higher plants. *Plant, Cell and Environment*. 25: 275-294.

Li, J., Zeng, L., Cheng, Y., Lu, G., Fu, G., Ma, H., Liu, Q., Zhang, X., Zou, X., Li, C. 2018. Exogenous melatonin alleviates damage from drought stress in *Brassica napus* L. (rapeseed) seedlings. *Acta physiologiae plantarum*, 40(3): 43.

Ma, Q. Sh., Niknam, R. and Turner, D.W. 2006. Response of osmotic adjustment and seed yield of *Brassica napus* and *Brassica juncea* to soil water deficit at different growth stages. *Australian Journal of Agricultural Research*. 57: 221-226.

Muscolo, A., Bovalo, F., Gionfriddo, F. and Nardi, F. 1999. Earthworm humic matter produces auxin-like effects on *Daucus carota* cell growth and nitrate metabolism. *Soil Biology and Biochemistry*. 31: 1303-1311.

Naderi, R. and Emam, Y. 2014. Evaluation of rapeseed (*Brassica napus* L.) cultivars performance under drought stress. *Australian Journal of Crop Science*. 8(9): 1319-1323.

Nemoto, H, Suga, R, Ishihara, M. and Okutsu, Y. 1998. Deep rooted rice varieties detected through the observation of root characteristics using the trench method. *Breeding Science*. 48: 321-324.

Orozco, F.H., Cegarra, J., Trujillo, L.M. and Roig, A. 1996. Vermicomposting of coffee pulp using the earthworm *Eisenia fetida*: Effects on C and N contents and the availability of nutrients. *Biology and Fertility of Soils*. 22: 162-166.

Reynolds, M.P., Nagarajan, S., Razzaque, M.A. and Ageeb, O.A.A. 2001. Heat tolerance In: Reynolds, M. P., J. I. Ortiz- Monasterio, and A. McNab. (eds), *Application of Physiology in Wheat Breeding*. Mexico, D. F. CIMMYT. PP: 124-136.

Schlegl, H.G. 1986. Die verwertung orangischer sauren durch chlorella lincht. *Planta*. 47: 510-521.

Yordanov, I., Velikova, V. and Tsonev, T. 2003. Plant Responses to drought and stress tolerance. *Journals of the Bulgarian Academy of Sciences*. 187-206.

Zirgoli, M. H. and Kahrizi, D. 2015. Effects of end-season drought stress on yield and yield components of rapeseed (*Brassica napus* L.) in warm regions of Kermanshah Province. *Biharean Biologist*. 9(2): 133-140.

Study of some Morphophysiological Characteristics of Several Rapeseed Cultivars Using Vermicompost Fertilizer in Drought Tension Conditions

A. Feizabadi¹, Gh. Noormohammadi^{2*} and F. Fatehi³

1) Ph. D Student of Department of Agronomy and Horticultural Science, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

2) Professor of Department of Agronomy and horticultural Science, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran, Iran.

3) Assistant Professor of Department of Agriculture, Payam Noor University, Tehran, Iran.

Corresponding author: g.noorm2019@gmail.com

This article is taken from a Ph.D. dissertation.

Received date: 25.07.2020

Accepted date: 31.10.2020

Abstract

Water deficiency is one of the most important factors limiting canola production in arid and semi-arid regions in Iran. In order to investigate the effect of drought tension through irrigation cut at the end of the season and application of vermicompost on some morphophysiological characteristics of rapeseed, a factorial-split experiment in the form of a randomized complete blocks design with three replications was carried out at Karaj Seed and Plant Improvement Research Institute in 2015 and 2016. Experimental factors include irrigation regime at three levels (full irrigation during the season, irrigation cut from the podding stage to the end of the season and irrigation cut from the flowering stage to the end of the season) and vermicompost at two levels (non-application and application of 20 tons per hectare) as the factorial in the main plot and genotype at 6 levels (RGS003, Zafar, Julius, Jerry, Zabol10 and Hyola4815) in the subplots. The results of analysis of variance showed that the effect of year, irrigation, vermicompost and cultivar on the measured traits was significant at the level of 1 percent probability. Mean comparison showed that the plants in the second year had higher height, stem diameter, number of pods and chlorophyll content than the first year, but the amount of soluble carbohydrates, stomata resistance and canopy temperature of the plant in the first year was higher than the second year. The highest height, number of pods, leaf chlorophyll and stem diameter belonged to Zafar cultivar under normal irrigation conditions and the lowest value was observed in Zabol10 cultivar under irrigation cut conditions from flowering stage. Plant height, number of pods, stomatal resistance and canola leaf chlorophyll in vermicompost application conditions were higher than non-vermicompost application conditions, but the values of soluble carbohydrates and canopy temperature were higher in vermicompost application conditions. The highest amount of soluble carbohydrates in leaves belonged to Zabol10 cultivar in the conditions of irrigation cut from flowering stage and the lowest amount of soluble carbohydrates in Zafar cultivar was observed in normal irrigation conditions. The highest stomatal resistance belonged to Zafar cultivars in irrigation cut-off treatment at flowering stage and the lowest in Zabol10 cultivar in normal irrigation conditions. The lowest and highest canopy temperatures were observed in normal irrigation conditions and irrigation cut from flowering stage, respectively.

Keywords: Deficit Irrigation, Cultivar, Rapeseed and Morphophysiological.