نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۳، شماره ۱ ، بهار ۱۳۹۴، ص. ۸۰-۷۱

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 13, No. 1, Spring. 2015, p. 71-80

ارزیابی خصوصیات فیزیولوژیکی و عملکرد دانه ارقام کلزا در شرایط تنش خشکی پایان فصل در شرایط آب و هوایی اهواز

عبدالرضا سیداحمدی[1*] - عبدالمهدی بخشنده[2]- محمد حسین قرینه[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۰۳/۲۷
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۶/۱۹

چکیده

این تحقیق به مدت دو سال زراعی ۸۷-۱۳۸۶ و ۷۸-۱۳۸۷ در شرایط مزرعه‌ای در بخش اصلاح و تهیه نهال و بذر مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان اجرا شد. عامل اصلی شامل سطوح خشکی ۵۰، ۶۰ و۷۰ درصد تخلیه رطوبت خاک که از مرحله شروع گل دهی تا زمان رسیدگی کامل اعمال گردید و عامل فرعی سه رقم کلزای بهاره به نام های هایولا۴۰۱، شیرالی و آر.جی.اس بودند که در چهار تکرار در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی به صورت اسپلیت پلات اجرا شد. صفات مورد بررسی شامل عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، اجزا عملکرد دانه، ارتفاع بوته، قطر ساقه، طول خورجین، تعداد ساقه در بوته، درصد روغن و پروتئین بودند. نتایج نشان داد تنش خشکی سبب کاهش معنی دار عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت شد که این کاهش به ازای هر درصد تنش خشکی از ۵۰ به ۷۰ درصد تخلیه رطوبتی به ترتیب ۲، ۱/۳۵ و ۰/ ۸۱ درصد بود. میانگین دو ساله کاهش وزن هزار دانه، تعداد خورجین در بوته و تعداد دانه در خورجین در اثر تنش خشکی (تخلیه رطوبتی از ۵۰ به ۷۰ درصد) به ترتیب ۲۷، ۳۶ و ۲۰ درصد بودند. تنش خشکی سبب کاهش معنی دار ارتفاع بوته، قطر ساقه، تعداد ساقه جانبی و طول خورجین شد، به طوری‌که میانگین دو ساله کاهش آن ها به ترتیب ۱۲، ۴۶، ۳۶، و ۱۴ درصد بود. قطر ساقه و تعداد ساقه جانبی نسبت به سایر صفات اندازه گیری شده بیش‌تر تحت تاثیر تنش خشکی قرار گرفتند. تنش خشکی درصد روغن دانه را ۱۲ درصد کاهش و پروتئین دانه را ۱۸/۵ درصد افزایش داد و همچنین عملکرد پروتئین و روغن در سطح احتمال ۵ درصد به طور معنی‌داری کاهش یافت. درجمع بندی نهایی در شرایط استان خوزستان تنش خشکی انتهایی که در ماه های اسفند و فروردین که هم زمان با مرحله گل دهی و پر شدن دانه رخ می دهد منجر به کاهش عملکرد دانه و اجزای آن شده و تاثیر منفی در رشد ساقه و کمیت روغن و پروتئین دارد، بنابراین با مدیریت آبیاری و انتخاب ژنوتیپ های متحمل به خشکی و زودرس می توان تنش خشکی پایان فصل را در شرایط استان خوزستان مدیریت نمود و تولید کلزا را بهبود بخشید.

واژه های کلیدی: ارتفاع بوته، خورجین، درصد پروتئین، درصد روغن

مقدمه

گیاهان تحت تاثیر عوامل مختلف از قبیل پاتوژن‌ها، درجه‌حرارت پائین، نمک، خشکی، تنش غرقابی، گرما، و عناصر سنگین قرار گرفته و باعث می‌شود گیاهان نتوانند به پتانسیل ژنتیکی خود برسند و عملکرد آن ها کاهش می‌یابد. تصاویر ماهواره‌ای در سال ۲۰۰۰ میلادی نشان داد خسارت تنش خشکی به همراه تنش گرما بیش از ۴/۲ میلیارد دلار بود (۷). اثرات تنش خشکی در گیاه را می توان به دو گروه کلی روزنه‌ای و غیر روزنه‌ای تقسیم نمود. مولفه‌های روزنه‌ای با جریان ورود دی‌اکسید کربن و خروج آن مرتبط هستند و مطالعه آن‌ها نیازمند بررسی در شرایط کنترل شده می‌باشد و پدیده های غیر روزنه‌ای متاثر از تنش خشکی بر صفات فیزیولوژیکی گیاه نظیر سطح برگ، دوام سطح برگ و وزن ویژه برگ می‌باشد (۳). اثر تنش خشکی روی گیاه تابع ژنوتیپ، طول دوره خشکی، شرایط آب و هوایی و مرحله رشد گیاه می باشد (۲۱). زمان وقوع تنش خشکی مهم تر از شدت خشکی می باشد (۱۳). تنش خشکی در مقایسه با بسیاری از تنش‌ها به صورت ناگهانی رخ نمی‌دهد بلکه به آرامی افزایش می‌یابد، بنابراین بعد زمان از نظر بقا در شرایط تنش خشکی نقش مهمی دارد. قادری و همکاران (۲۰) گزارش‌نمودند مراحل مختلف رشد کلزا (*Brassica napus*) حساسیت‌های متفاوتی به خشکی داشته و سهم

۱- استادیار پژوهشی سازمان جهاد کشاورزی استان خوزستان
(*- نویسنده مسئول: Email: sa.seyedahmadi@gmail.com)
۲و۳- استاد و دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده علوم زراعی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین

آن در عملکرد متفاوت می‌باشد. این امر می‌تواند به آسانی به وسیله آزمایش های حذف بارندگی یا آبیاری در مراحل مختلف چرخه زندگی مشخص می‌شود. بوتر و همکاران (۸) گزارش نمودند عدم آبیاری به طور معنی‌داری باعث کاهش عملکرد کلزا شده و عملکرد دانه را بین ۴۵ تا ۵۸ درصد نسبت به آبیاری کاهش داد. کازی و همکاران (۱۳) گزارش کردند بین سطوح آبیاری و عملکرد دانه کلزا همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود دارد به طوری که ۵۴ درصد از تغییرات عملکرد دانه مربوط به تغییرات در سطوح آبیاری می‌باشد. چن و همکاران (۱۰) گزارش نمودند بین بارندگی، زمان گل دهی و رسیدن دانه همبستگی وجود دارد، به طوری که از ۲۰ اگوست تا ۲۰ جون به ازای هر میلی متر افزایش بارندگی ۵/۹ کیلوگرم در هکتار عملکرد دانه کلزا افزایش یافت. والتون و همکاران (۲۷) گزارش نمودند تنش خشکی شاخص برداشت را به طور معنی‌دار کاهش داد. توماس (۲۵) گزارش نمود اندام های هوایی گیاه نسبت به ریشه‌ها پاسخ شدیدتری به تنش خشکی نشان داده اند، که احتمالا تاثیر بیش‌تر تنش خشکی روی رشد برگ ها در مقایسه با رشد ریشه‌ها بود. تنش خشکی سبب کوتاه و نازک تر شدن ساقه، کاهش رشد برگ ها و کاهش ماده خشک کلزا شده و مشخص‌ترین اثر تنش خشکی، کاهش سطح برگ کانوپی می‌باشد (۱۹). نیلسون (۱۸) گزارش نمود بیش ترین حساسیت کلزا به کمبود آب در مرحله پر شدن دانه و حداقل حساسیت در مرحله رشد رویشی می باشد. مندهام و همکاران (۱۴) گزارش دادند در شرایط تنش خشکی ارتفاع بوته و طول ساقه کاهش یافت. احمدی و بحرانی (۵) گزارش نمودند دوره زایشی به تنش خشکی بیش ترین حساسیت را دارد. گاناسکرا و همکاران (۱۲) گزارش نمودند کمبود آب در مرحله پر شدن دانه کلزا باعث کاهش سریع سطح برگ شده که نتیجه آن کاهش تعداد شاخه‌های جانبی، کاهش تعداد خورجین در هر شاخه و کوچک شدن دانه بود (۱۷). توحیدی و همکاران (۲۶) گزارش نمودند تنش خشکی در مرحله طویل شدن ساقه و مرحله گل دهی بیش ترین خسارت را به کلزا وارد نموده و باعث کاهش تعداد خورجین در بوته شده است. تیلور و اسمیت (۲۴) گزارش نمودند کاهش عملکرد دانه در اثر کاهش رطوبت مربوط به کاهش تعداد خورجین در بوته بود. دایپن بورگ (۱۱) گزارش نمود تعداد دانه در خورجین با طول خورجین همبستگی مثبت و معنی‌داری دارد، به طوری‌که هر چه طول خورجین بلندتر باشد عملکرد دانه بیش‌تر خواهد بود. سنگ تراش و همکاران (۲۲) گزارش نمودند تنش خشکی در کلزا منجر به کاهش قطر ساقه شده است. نوری و همکاران (۱۹) گزارش نمودند بین تعداد آبیاری و ارتفاع بوته همبستگی معنی‌داری وجود دارد، به طوری‌که هر دوره آبیاری ۱۰/۵ سانتی متر ارتفاع بوته کلزا را افزایش داد. شریف و کشتا (۲۳) گزارش نمودند بین تعداد شاخه های جانبی و عملکرد دانه کلزا همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود دارد. میلر و کورنیش (۱۵) گزارش کردند تنش خشکی درصد روغن را از ۳۶/۹ درصد به ۳۱/۴ درصد کاهش داد. رائو و مندهام (۲۱) اثر آبیاری تکمیلی را روی افزایش مقدار روغن بررسی کردند، مشاهده نمودند درصد روغن از ۴۶/۳ درصد به ۴۸/۹ درصد و از ۴۷/۴ به ۵۱ درصد به ترتیب در گونه های *B.napus* , *B.rapa* افزایش یافته است. صفایی و همکاران (۴) گزارش نمودند در غلات ارقامی که قبل از گل دهی بتوانند ماده خشک بالایی را تولید و ذخیره مواد پرورده در ساقه را افزایش‌دهند جز ارقام متحمل به خشکی محسوب می شوند. اولین کار در انتخاب گیاهان برای تحمل تنش خشکی انتخاب ژنوتیپ‌ها این است که در شرایط تنش خشکی عملکرد بالایی داشته باشند (۱۶). نظر به وقوع تنش خشکی در ماه های اسفند و فروردین در استان خوزستان که مصادف با مرحله گل دهی و رسیدگی دانه کلزا است، تولید کلزا را تحت تاثیر قرار داده، بنابراین ارزیابی و بررسی عکس العمل ارقام کلزا به تنش خشکی و انتخاب ژنوتیپ برتر ضروری می باشد، لذا اجرای این تحقیق در مناطق خشک و نیمه خشک و بالاخص استان خوزستان ضروری است.

مواد و روش ها

این تحقیق طی دو سال زراعی ۸۷-۱۳۸۶ و ۸۸-۱۳۸۷ در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان در بخش اصلاح نهال و بذر اجراء شد. مرکز تحقیقات کشاورزی در عرض جغرافیائی ۲۰ : ۳۱ و طول جغرافیائی ۴۰ : ۴۸ قرار دارد که ارتفاع از سطح دریا ۲۲ متر و متوسط بارندگی سالیانه آن ۲۴۰ میلی متر می‌باشد. این تحقیق به صورت طرح بلوک های کامل تصادفی در قالب اسپلیت پلات با چهار تکرار انجام شد. عامل اصلی سطوح تنش خشکی و عامل فرعی ارقام کلزا بودند. سطوح تنش اعمال شده بر اساس ۵۰، ۶۰ و۷۰ درصد تخلیه رطوبتی قابل استفاده خاک بود. زمان اعمال تنش خشکی از شروع دوره گل دهی تا پایان مرحله رسیدگی کامل صورت گرفت. نمونه‌گیری از خاک با اوگر به قطر ۵۰ میلی متر صورت گرفت. برای اعمال تیمارهای تنش خشکی از ابتدای گل دهی تا انتهای دوره رشد مرتباً (۲۴ ساعت یکبار) از کرت های آزمایشی نمونه برداری خاک انجام گرفت، اندازه گیری میزان رطوبت خاک به روش وزنی بود (۱). نمونه های خاک بلافاصله پس از انتقال به آزمایشگاه وزن (وزن اولیه) و به مدت ۲۴ ساعت در آون و در دمای ۱۰۵ درجه سانتی گراد قرار گرفتند. نمونه های خاک توزین (وزن ثانویه) و طبق معادلعه ۱ میزان رطوبت موجود در خاک اندازه گیری شد. پس از مشخص شدن درصد رطوبت خاک در صورت تخلیه رطوبت خاک به حد مورد نظر رسید آبیاری تیمار مورد نظر صورت می گرفت.

میزان رطوبت خاک (٪)=وزن اولیه خاک _ (وزن ثانویه خاک/وزن ثانویه خاک ×۱۰۰

ارقام مورد استفاده در این تحقیق عبارت از هایولا ۴۰۱،

آر.جی.اس و شیرالی بوده که همگی بهاره و دو صفر بودند. طی دو سال زراعی ۸۷-۱۳۸۶ و ۸۸-۱۳۸۷ پس از برداشت گندم(*Triticum aestivum*) بلافاصله زمین شخم زده و قبل از کاشت زمین دیسک زده و برای تسطیح نسبی مزرعه لولرزده و بر اساس آزمون خاک (جدول۱) کود مورد نیاز هر هکتار به میزان ۱۶۰ کیلوگرم نیتروژن خالص، ۵۰ کیلوگرم فسفر خالص از منابع کودی اوره و فسفات دی آمونیوم مصرف شد. تمامی کودهای فسفاته و یک سوم از کودهای نیتروژن را به صورت پایه و قبل از کاشت مصرف گردید و ما بقی کود نیتروژن در دو مرحله به ساقه رفتن و گلدهی مصرف شد. کاشت مزرعه در هر سال در تاریخ ۲۰ آبان ماه صورت گرفت. عملیات تنک کردن در دو مرحله ۳-۲ برگی و ۶-۴ برگی انجام گرفت و تراکم مزرعه حدود ۸۰ بوته در مترمربع تنظیم گردید. برای اعمال تنش خشکی از مرحله شروع گل دهی با نصب سایبان از طریق داربست های فلزی از ورود هر گونه نزولات آسمانی تا زمان برداشت جلوگیری شد، نصب سایبان‌ها طوری بود که جریان هوای آزاد به راحتی در کرت ها جریان داشت. وضعیت بارندگی و درجه حرارت محل اجرای آزمایش در دو سال تحقیق در جدول های ۲ و۳ آورده شده است. برای اندازه‌گیری عملکرد دانه از خطوط ۴ و ۵ هر کرت پس از حذف نیم متر حاشیه از هر طرف کرت سطحی معادل ۱/۵ متر مربع برداشت انجام گرفت. تمامی بوته از کف بریده و در معرض هوای آزاد جهت خشک شدن قرار داده و به وسیله الک بذور هر کرت از سایر قسمت ها جداسازی و عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک به‌دست آمد. شاخص برداشت از تقسیم عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیک

محاسبه شد. برای اندازه‌گیری تعداد شاخه فرعی، تعداد خورجین در بوته، وزن هزار دانه، ارتفاع بوته، قطر ساقه، طول خورجین و تعداد دانه در خورجین از خطوط هفتم و دوم از هر خط ۱۰ بوته به طور تصادفی انتخاب و میانگین ۱۰ بوته به عنوان اندازه‌گیری نهایی منظور گردید. به‌منظور اندازه‌گیری وزن هزار دانه چهار نمونه ۵۰۰ عددی استفاده شد. برای اندازه‌گیری قطر ساقه از محل پایین ساقه برش داده شد و به وسیله کولیس اندازه‌گیری انجام شد. برای اندازه‌گیری ارتفاع بوته در انتهای دوره رشد از کف تا بالای گل آذین به وسیله متر اندازه گیری صورت گرفت. درصد روغن دانه از روش NMR و درصد نیتروژن دانه به روش کجلدال (۱) در آزمایشگاه ملی بخش تحقیقات دانه‌های روغنی موسسه اصلاح و تهیه نهال بذر کرج صورت گرفت. داده ها به کمک نرم افزار MSTAT-C تجزیه مرکب شد و مقایسه میانگین به روش LSD در سطح ۵ درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

عملکردبیولوژیک، عملکرددانه و شاخص برداشت

تجزیه واریانس مرکب دو ساله نشان داد اثر تنش خشکی روی عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و شاخص برداشت معنی دار بود. اثر سال و اثر متقابل سال در تنش خشکی غیر معنی دار بود (جدول۴). با افزایش تنش خشکی (تخلیه رطوبتی از ۵۰ به ۷۰ درصد) عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه کاهش یافت به طوری که میانگین عملکرد بیولوژیک از ۷۲۱۶ به ۵۳۴۸ و عملکرد دانه از ۱۹۴۲ به ۱۲۰۴ کیلو گرم در هکتار رسید که به ترتیب معادل ۲۶ و ۳۸ درصد کاهش بود (جدول۵). میانگین دو ساله عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه هایولا۴۰۱، نسبت به رقم دو شیرالی و آر.جی.اس برتری معنی‌داری داشت (جدول۵). در اثر تنش خشکی شاخص برداشت از ۲۷/۵ به ۲۲/۷ رسید که معادل ۱۷/۴ درصد کاهش بود (جدول۵). هایولا ۴۰۱ با شاخص برداشت ۲۶/۸ بیش ترین و رقم شیرالی با ۲۲/۹ کم ترین شاخص برداشت را داشت (جدول۵). کاهش عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و شاخص برداشت در اثر تنش خشکی (تخلیه رطوبتی از۵۰ به ۶۰ درصد) به ترتیب ۱۴، ۲۳ و ۹ درصد بوده و همچنین در تخلیه رطوبتی از ۶۰ به ۷۰ درصد به ترتیب ۱۳، ۱۲/۷ و ۱۱ درصد بود. بنابراین به ازای هر درصد تخلیه رطوبتی از ۵۰ به ۷۰ درصد عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و شاخص برداشت به ترتیب ۱/۳۵، ۲ و۰/۸۱ درصد کاهش یافت. به ازای هر درصد تخلیه رطوبتی از ۵۰ به۷۰ درصد عملکرد دانه در رقم شیرالی، هایولا۴۰۱ و آر.جی.اس به ترتیب ۱/۸، ۲/۲ و ۲ درصد کاهش یافت (جدول۶). وفابخش و همکاران (۳) گزارش نمودند تنش خشکی عملکرد بیولوژیک کلزا را به طور معنی‌داری کاهش داد. آنایا و هرزوگ (۶) گزارش نمودند تنش خشکی عملکرد بیولوژیک چغندر قند (*Beta vulgaris*) را بین ۱۱ تا ۴۰ درصد کاهش داد. کازی و همکاران (۱۳) گزارش نمودند عملکرد دانه کلزا در شرایط بدون تنش خشکی به طور معنی‌داری بیش‌تر از شرایط تنش متوسط یا شدید بود. صفایی و همکاران (۴) گزارش نمودند تنش خشکی عملکرد دانه برنج (*Oryza sativa*) را بین ۲۹ تا ۵۴ درصد کاهش داد گاناسکرا و همکاران (۱۲) گزارش نمودند شاخص برداشت در شرایط خشکی به طور معنی‌داری نسبت به شرایط کنترل شده کم تر بود. والتون و همکاران (۲۷) گزارش نمودند کاهش شاخص برداشت در شرایط تنش خشکی بیش‌تر مربوط به تعداد پایین خورجین بود. شاخص برداشت از تقسیم عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیک به دست می آید. این مولفه ها هر کدام تعیین کننده دیگری می باشد. شاخص برداشت رابطه مستقیم با عملکردانه و رابطه معکوس با عملکرد بیولوژیک دارد. کاهش عملکرد بیولوژیک مربوط به کاهش عملکرد دانه و عملکرد کاه و کلش است. تنش خشکی از طریق کاهش در اندازه گیاه و سطح برگ و تسریع در پیر شدن برگ ها منجر به کاهش عملکرد کاه و کلش کلزا شد. کاهش مواد ذخیره‌ای فتوسنتزی در ساقه و کاهش سطح فتوسنتز کننده برگ‌ها منجر به کاهش اندازه مخزن گردید و سبب کاهش عملکرد

دانه کلزا گردید. کاهش این دو مولفه منجر به کاهش عملکرد بیولوژیک کلزا شد. نتایج نشان داد در شرایط تنش خشکی ارقامی که شاخص برداشت بالایی داشته باشند و سهم مواد فتوسنتزی تولیده شده را به دانه بیش‌تر تخصیص بدهند برای تحمل تنش خشکی مناسب هستند. از بین ارقام مورد بررسی هایولا ۴۰۱ به علت دارا بودن شاخص برداشت و عملکرد دانه بالایی نسبت به دو رقم دیگر توانسته است شرایط تنش خشکی را بهتر تحمل نماید.

تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه درخورجین و وزن هزاردانه

تجزیه واریانس مرکب دو ساله نشان داد اثر خشکی در تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین و وزن هزار دانه معنی‌دار بود. اثر سال و اثر متقابل خشکی در سال غیرمعنی‌دار بود (جدول۴). طبق جدول مقایسه میانگین ها تنش خشکی (تخلیه رطوبتی از ۵۰ به ۷۰ درصد) تعداد خورجین در بوته را از ۸۱ به ۵۳ و تعداد دانه در خورجین را از ۱۷/۲۲ دانه به ۱۳/۷۲ کاهش داد، که به ترتیب معادل ۳۵/۸ و ۲۰ درصد بود (جدول۵). بین ارقام از نظر تعداد خورجین در بوته تفاوت معنی‌داری وجود داشت ولی از نظر تعداد دانه در خورجین تفاوت غیرمعنی‌داری بود. هایولا ۴۰۱ تعداد خورجین بیش تری نسبت به دو رقم دیگر داشت (جدول۵).

تنش خشکی وزن هزار دانه را به طور معنی‌داری کاهش داد، میانگین دو ساله کاهش وزن هزار دانه ۲۷ درصد بود (جدول۵). ارقام از نظر وزن هزار دانه تفاوت معنی‌داری داشتند (جدول۴) و هایولا ۴۰۱ با میانگین وزن هزار دانه ۳/۱ گرم بیش ترین و رقم شیرالی با وزن هزار دانه ۲/۶ گرم کم‌ترین مقدار را داشت (جدول۵).

جدول ۱- نتایج آزمون خاک مزرعه تنش خشکی در مزرعه

	درصد اشباع بازی	هدایت الکتریکی ($mmoh\ cm^{-1}$)	اسیدیته خاک	کربن‌آلی (٪)	فسفر قابل جذب (ppm)	پتاسیم قابل جذب (ppm)	بافت خاک رس	لای	شن
سال اول	۵۳	۳/۰۶	۷/۷۲	۰/۵۸	۱۳/۲	۳۲۵	۵۲/۹	۴۱/۹	۶/۲
سال دوم	۵۴	۳/۲	۷/۶۱	۰/۷۱	۱۲/۰۵	۳۷۹	۵۲/۳۲	۴۲/۳	۵/۳۸

جدول ۲- مشخصات هواشناسی محل اجرای آزمایش در سال زراعی ۸۷-۱۳۸۶ (منبع سازمان هواشناسی استان خوزستان)

	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت
میانگین حداکثر درجه حرارت (سانتی گراد)	۳۹	۳۲	۲۱/۵	۱۴/۹	۱۸/۶	۲۶/۱	۳۴/۲	۳۹/۱
میانگین حداقل درجه حرارت (سانتی گراد)	۲۲	۱۹/۷	۱۱/۱	۵/۱	۸/۱	۱۱/۸	۱۹/۱	۲۴
میانگین درجه حرارت (سانتی گراد)	۳۰/۶	۲۴/۴	۱۶/۳	۱۰	۱۳/۳	۱۹	۲۶/۷	۳۱/۵
مجموع بارندگی ماهیانه (میلی متر)	–	–	۳۸/۶	۳۱/۴	۲۲/۵	۱/۱	۱/۲	–
مجموع تبخیر ماهیانه (میلی متر)	۲/۳	۱۵۴/۸	۹۳/۴	۵۸/۴	۱۰۱/۸	۱۷۴/۷	۲۵۸/۲	۳۳۱/۷
تعداد روزهای بارانی (روز)	–	–	۶	۶	۴	۱	۱	–
رطوبت نسبی (درصد)	۳۵	۳۷	۵۷	۶۳	۵۹	۳۸	۳۲	۲۴
تعداد ساعات آفتابی (ساعت)	۲۹۰	۲۵۱/۵	۱۷۷/۱	۱۹۲/۶	۱۹۰/۲	۱۹۲/۶	۲۴۴/۵	۲۶۶/۶

جدول ۳- مشخصات هواشناسی محل اجرای آزمایش در سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷ (منبع سازمان هواشناسی استان خوزستان)

	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت
میانگین حداکثر درجه حرارت (سانتی گراد)	۳۸/۴	۲۷/۶	۲۲/۱	۱۸/۵	۲۱/۲	۲۶/۱	۲۸/۴	۳۷/۸
میانگین حداقل درجه حرارت (سانتی گراد)	۲۲/۴	۱۶/۱	۹/۸	۶/۲	۱۰/۴	۱۳/۳	۱۵/۷	۲۴/۳
میانگین درجه حرارت (سانتی گراد)	۳۰/۴	۲۱/۹	۱۵/۹	۱۲/۳	۱۵/۸	۱۹/۷	۲۲	۳۱/۱
مجموع تبخیر ماهیانه (سانتی گراد)	۲۶۴	۱۱۷	۶۶/۵	۷۹/۲	۹۴/۳	۱۷۴	۲۱۳/۹	۳۲۵/۵
مجموع بارندگی ماهیانه (میلی متر)	–	۳۹/۷	۱۵/۴	–	۳۰/۳	۳/۳	۱۸/۷	۳/۸
تعداد روزهای بارانی (روز)	–	۳	۱	–	۹	۱	۶	۲
رطوبت نسبی (درصد)	۳۲	۵۴	۵۸	۵۳	۵۷	۴۲	۴۶	۲۸
تعداد ساعات آفتابی (ساعت)	۲۸۵	۲۱۰	۲۳۱	۲۰۱	۱۷۱	۲۰۱	۲۳۵/۶	۱۹۲/۲

کاهش تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین و وزن هزار دانه به ازای هر درصد تخلیه رطوبتی از ۵۰ به ۷۰ درصد به ترتیب ۲/۲، ۱/۲۸ و۱/۳۴ درصد بود. در بین اجزای عملکرد دانه تعداد خورجین در بوته با کاهش ۲/۲ درصد به ازای هر یک درصد تخلیه رطوبت حساسیت بیش‌تری نسبت به تنش خشکی نشان داد (جدول ۹). تیلور و اسمیت (۲۴) گزارش نمودند کاهش عملکرد دانه کلزا در اثر کاهش رطوبت مربوط به کاهش تعداد خورجین در بوته بود و تعداد خورجین در بوته نقش اصلی را در کاهش عملکرد دانه دارد. یافته های به دست آمده در این تحقیق نشان داد تنش خشکی در طول دوره زایشی به خصوص در مرحله خورجین بندی از طریق کاهش دانه های گرده و از بین بردن گل ها شد و در مرحله پر شدن دانه از طریق کاهش طول دوره پرشدن دانه منجر به کاهش وزن دانه گردید. اجزا عملکرد دانه در کلزا شامل تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین و وزن هزار دانه می باشد. میانگین کاهش دو ساله این اجزا به ترتیب ۳۵، ۲۰ و۲۷ درصد بود. بیش ترین کاهش در بین اجزای عملکرد مربوط به تعداد خورجین در بوته بود. تنش خشکی در مرحله رشد طولی ساقه و گل دهی منجر به کاهش تعداد گل های بارور در طول دوره خورجین بندی گردید که منجر به کاهش تعداد خورجین در هر بوته شد. تنش خشکی در مرحله پر شدن دانه با تاثیر روی وزن هزار دانه و کاهش اندازه آن ها سبب تولید دانه با وزن پایین تر گردید. تاثیر تنش خشکی روی تعداد دانه در خورجین نسبت به تعداد خورجین در بوته و وزن هزار دانه کم تر بود. تعداد دانه در خورجین بیش‌تر تحت تاثیر عوامل ژنتیکی است و کم تر از تعداد خورجین در بوته و وزن هزار دانه تحت شرایط تنش محیطی قرار می گیرد.

اثر متقابل تنش خشکی با عملکرد دانه ، شاخص برداشت و وزن هزاردانه معنی دار بود (جدول۴). همانطور که در جدول۶ نشان داده شده است واکنش همه ارقام نسبت به افزایش شدت تنش دارای روند کاهشی است. با افزایش تنش خشکی عملکرد دانه و اجزای عملکرد دانه بطور خطی کاهش یافت. جدول ۶ نشان میدهد رقم هایولا ۴۰۱ هم تحت شرایط بدون تنش و هم تحت شرایط تنش خشکی دارای عملکرد دانه و شاخص برداشت بالاتری نسبت به دو رقم دیگر می باشد که حاکی از پتانسیل بالاتر این رقم می باشد. اما تحمل به تنش خشکی در ارقام متفاوت است. در رقم شیرالی به ازای هر واحد افزایش شدت تنش خشکی، عملکرد به میزان ۲۴۹/۵ کیلوگرم در هکتار کاهش می‌یابد در حالی که کاهش عملکرد دانه به ازای هر واحد افزایش شدت تنش خشکی در ژنوتیپ‌های RGS و هایولا به ترتیب ۳۷۵/۵ و ۴۸۲ کیلوگرم در هکتار می‌باشد که این وضعیت حاکی از تحمل به خشکی رقم شیرالی نسبت به دو رقم دیگر می‌باشد. پیشنهاد می‌شود گزینش براساس تعداد خورجین زیاد و شاخص برداشت بالا میتواند شاخص مناسبی برای مطالعات تنش خشکی در کلزا باشد.

جدول ٤-تجزیه واریانس مرکب عملکرد بیولوژیک ، عملکرد دانه، شاخص برداشت و اجزای عملکرد و ارقام کلزا در شرایط تنش خشکی انتهایی در مزرعه

		میانگین مربعات						
منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد بیولوژیک	عملکرددانه	شاخص برداشت	وزن هزاردانه	تعداد خورجین در بوته	تعداد دانه در خورجین	تعداد ساقه در بوته
سال	۱	۵۹۰۱۲۷^{ns}	۱۴۸۵۰۸^{ns}	۴/۲۲^{ns}	۰/۰۱^{ns}	۰/۱۲^{ns}	۲/۱۴^{ns}	۰/۰۳^{ns}
اشتباه a(تکراردر سال)	۶	۱۵۸۳۰۴	۱۱۲۹۰۴	۳/۵۵	۰/۰۳۷	۱/۲۱	۲/۱۴	۰/۰۷۶
تنش خشکی	۲	۲۱۲۹۴۸۹۲**	۳۲۹۲۶۴۴۱۴**	۱۲۳/۲۸**	۴/۹۵**	۱۲۹/۰۱**	۱۲۸/۹۷**	۱۹/۵۸**
تنش × سال	۲	۱۷۴۴۴۶^{ns}	۱۱۸۹۹^{ns}	۶/۵۹^{ns}	۰/۰۲۴^{ns}	۳/۸۴^{ns}	۳/۳۵^{ns}	۰/۲۱۳^{ns}
اشتباه b	۱۲	۴۵۵۱۷۲	۴۷۴۰۳	۲/۸۱	۰/۰۶۸	۸۵/۵۲	۵/۵۳	۰/۱۶۲
رقم	۲	۱۷۱۰۳۱۳۵**	۲۴۴۹۷۸۳**	۹۸/۳**	۱/۳۷**	۲۵۴/۶۶**	۲۱/۱۷**	۰/۳۵^{ns}
رقم × سال	۲	۴۵۸۵۷۸^{ns}	۶۸۷۷^{ns}	۲/۲۴^{ns}	۰/۰۳۳^{ns}	۲/۶۰^{ns}	۲/۹۵^{ns}	۰/۰۴۷^{ns}
رقم × تنش	۴	۳۶۷۷۱۷^{ns}	۱۱۳۶۰۹**	۸/۷۹*	۰/۳۳۶*	۲/۸۷^{ns}	۱/۷۲^{ns}	۰/۳۲**
رقم × تنش × سال	۴	۳۵۵۵۲۲^{ns}	۵۴۵۴^{ns}	۵/۱^{ns}	۰/۰۱۴^{ns}	۱/۰۷۶^{ns}	۲/۲۷^{ns}	۰/۱۰۴^{ns}
اشتباه C	۳۶	۴۴۸۶۹۸	۳۶۹۹۶	۱/۹۸	۰/۰۵۶۹	۵۹/۷۶	۳/۷۸۳	۰/۰۶۸۶
CV(%)		۶/۱۵	۵/۳۸	۵/۶۸	۴/۸۵	۴/۶	۵/۵۶	۸/۷۲

* و **- به ترتیب معنی دار درسطح احتمال ۵ و ۱ ٪ و ns غیر معنی دار

جدول ۵- مقایسه میانگین عملکرد بیولوژیک ، عملکرد دانه، شاخص برداشت و اجزای عملکرد ارقام کلزا در شرایط تنش انتهایی مزرعه ای

تیمار ها	عملکرد بیولوژیک ($kg\ ha^{-1}$)	عملکرد دانه ($kg\ ha^{-1}$)	شاخص برداشت	وزن هزاردانه (g)	تعداد خورجین در بوته	تعداد دانه در خورجین	تعداد ساقه در بوته
تنش							
۵۰درصد FC	۷۲۳۱a	۱۹۴۲a	۲۶/۸۵a	۳/۷۰۳a	۸۱/۸۷a	۱۷/۸۳a	۴/۹۶a
۶۰درصد FC	۶۲۲۸b	۱۵۱۶a	۲۴/۳۴b	۲/۷۱۳a	۶۲/۷۲b	۱۷/۰۴a	۴/۰۶b
۷۰درصد FC	۵۳۴۸c	۱۴۰۴c	۲۲/۵۱c	۲/۴۱b	۴۹/۹۳c	۱۳/۴۶b	۳/۱۹c
ارقام							
شیرالی	۵۵۲۰c	۱۲۹۸c	۲۳/۶۸b	۲/۶۱b	۵۶/۳۶c	۱۵/۵۴b	۴/۰۹a
هایولا ۴۰۱	۷۱۹۹a	۱۹۴۶a	۲۷/۰۳a	۳/۰۷a	۷۴/۸۵a	۱۷/۳a	۴/۱۹a
آر.جی.اس	۶۰۵۵b	۱۴۱۸b	۲۳/۴۲b	۲/۷۴b	۶۳/۳b	۱۵/۴۹b	۳/۹۵b

در هر ستون و هر عامل میانگین های دارای حروف مشابه با استفاده از آزمونLSD در سطح احتمال ۵٪ دارای اختلاف معنی دارنیستند

جدول ٦- اثر متقابل سطوح تنش خشکی و ارقام عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، شاخص برداشت و اجزای عملکرد دانه ارقام کلزا در شرایط تنش خشکی انتهایی در مزرعه

	عملکرد بیولوژیک ($kg\ ha^{-1}$)	عملکرد دانه ($kg\ ha^{-1}$)	شاخص برداشت	تعدادخورجین دربوته	تعداد دانه در خورجین	وزن هزار دانه (g)	تعدادساقه در بوته	ارتفاع بوته (cm)
شیرالی								
۵۰(درصد تخلیه رطوبتی)	۶۳۵۱c	۱۵۵۱c	۲۴/۴۰cd	۶۹cd	۱۷ab	۳/۱۳b	۵/۰a۵	۱۲۷a
۶۰(درصد تخلیه رطوبتی)	۵۴۵۴e	۱۲۹۰e	۲۳/۷۰de	۵۶e	۱۶ab	۲/۴۸cd	۴/۲۰b	۱۱۸b
۷۰(درصد تخلیه رطوبتی)	۴۸۵۰f	۱۰۵۲e	۲۱/۹۶fg	۴۴f	۱۴c	۲/۳۳d	۳/۰۰c	۱۱۵b
هایولا ۴۰۱								
۵۰(درصد تخلیه رطوبتی)	۸۱۱۸a	۲۴۴۸a	۳۰/۰۰a	۹۸a	۲۰a	۳/۸۱a	۵/۱۳a	۱۳۲a
۶۰(درصد تخلیه رطوبتی)	۷۳۲۱b	۱۹۰۶b	۲۶/۰۰b	۷۰bc	۱۸a	۲/۹bc	۴/۰۰b	۱۱۷b
۷۰(درصد تخلیه رطوبتی)	۶۱۵۹d	۱۴۸۳cd	۲۴/۰۰de	۵۷e	۱۴c	۲/۵۲cd	۳/۳۸c	۱۱۵b
آر. جی اس								
۵۰(درصد تخلیه رطوبتی)	۷۲۲۳b	۱۸۲۶b	۲۵/۷۰bc	۸۰b	۱۷ab	۲/۹۷cb	۴/۸۶a	۱۳۴a
۶۰(درصد تخلیه رطوبتی)	۵۹۰۸d	۱۳۲۵de	۲۲/۹۰ef	۶۲cd	۱۷ab	۲/۷۶cd	۳/۹۱b	۱۱۷b
۷۰(درصد تخلیه رطوبتی)	۵۰۳۵f	۱۰۷۵e	۲۱/۳۰G	۴۹e	۱۳c	۲/۴۸cd	۳/10c	۱۱۴b

در هر ستون میانگین های دارای حروف مشابه با استفاده از آزمونLSD در سطح احتمال ۵٪ دارای اختلاف معنی دارنیستند

جدول ۷- تجزیه واریانس مرکب برخی صفات ارقام کلزا درشرایط تنش خشکی انتهایی در مزرعه

		میانگین مربعات						
منابع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع بوته	طول‌خورجین	قطر ساقه	روغن	پروتئین	عملکرد روغن	عملکرد پروتئین
سال	۱	۲۱۶/۵^{ns}	۰/۱۶۲^{ns}	۹/۵۶^{ns}	۱/۰۱^{ns}	۱/۰۸^{ns}	۳۱۷۳۷^{ns}	۹۲۶۱^{ns}
اشتباه a(تکرار در سال)	۶	۴۰/۶	۰/۰۷۸	۳/۰۴۸	۱۱/۵	۱/۹۹	۲۵۵۳	۵۱۱
تنش	۲	۱۷۸۲**	۵/۷۹**	۴۲/۷۳**	۱۳۱**	۲۳/۸**	۹۲۶۰۶۵**	۹۷۵۶۳**
تنش × سال	۲	۹/۶^{ns}	۰/۰۵۹^{ns}	۱/۴۶^{ns}	۲/۱۵^{ns}	۰/۷۸^{ns}	۳۴۶۴/۵^{ns}	۸۱۱^{ns}
اشتباه b	۱۲	۱۰۴	۰/۱۲۵	۱/۳۴	۱/۵	۴/۰۵	۲۷۹۵۴	۵۵۶۰^{ns}
رقم	۲	۲۸/۹۶ ^{ns}	۱/۲۵*	۰/۵۹^{ns}	۵/۴**	۱۴/۰۴**	۵۹۹۲۳۱**	۱۵۹۲۷۸**
رقم × سال	۲	۲۶/۶^{ns}	۰/۱۴^{ns}	۰/۱۶^{ns}	۰/۰۱^{ns}	۰/۰۸^{ns}	۱۲۵۴^{ns}	۸۸۴/۸^{ns}
رقم × تنش	۴	۴۴/۲^{ns}	۰/۰۳۶*	۰/۲۵^{ns}	۴/۸*	۳/۳۴*	۳۴۶۹۰^{ns}	۸۰۸۱^{ns}
رقم × تنش × سال	۴	۳۰/۷^{ns}	۰/۰۰۸^{ns}	۱/۲۴^{ns}	۰/۱۴^{ns}	۰/۰۱۵^{ns}	۱۰۹۶^{ns}	۳۲۰/۷^{ns}
اشتباه مرکب	۳۶	۵۷/۱۳	۰/۱۴	۰/۶۲	۰/۵۸	۰/۵۸	۹۷۱۲۹۴	۷۵۰۴/۱
CV(%)		۴/۲	۵/۹۹	۵/۶۴	۴.۸	۳/۸۷	۵/۴	۵/۹۱

* و **- به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ ٪ و ns غیر معنی دار

طول خورجین، ارتفاع بوته، تعداد ساقه های جانبی و قطر ساقه

تجزیه واریانس مرکب دو ساله نشان داد اثر تنش خشکی روی طول خورجین، ارتفاع بوته، تعداد ساقه های جانبی و قطر ساقه غیر معنی‌دار بود. اثر سال و اثر متقابل سال و خشکی غیر معنی دار بود (جدول۷). با افزایش تنش خشکی قطر ساقه کاهش یافت به طوری که میانگین قطر ساقه در اثر تنش خشکی (تخلیه رطوبتی از ۵۰ به ۷۰ درصد) از ۱۰/۲۷ به ۵/۵۷ میلی متر و ارتفاع بوته از ۱۳۱ به ۱۱۵ سانتی متر کاهش یافت که به ترتیب مقدار ۴۵/۸ و ۱۲/۲ درصد بود (جدول۸). ارقام مورد بررسی از نظر ارتفاع بوته و قطر ساقه با یکدیگر تفاوت معنی داری نداشتند (جدول۸). در اثر تنش خشکی (تخلیه رطوبتی از ۵۰ به ۷۰ درصد) میانگین تعداد شاخه های فرعی از ۴/۱۲ به ۳/۲۳ و طول خورجین را از ۵/۱۴ سانتی متر به ۴/۵۳ سانتی متر کاهش یافت که به ترتیب معادل ۳۴/۵ و ۱۲/۵ درصد بود (جدول۸). ارقام مورد بررسی از نظر طول خورجین با هم با تفاوت معنی‌داری داشتند ولی از نظر ارتفاع بوته با یکدیگر تفاوت معنی‌داری نداشتند (جدول۷) و هایولا ۴۰۱ شاخه های جانبی بیش‌تری نسبت به دو رقم دیگر داشت (جدول۸).

جدول ۸- مقایسه میانگین برخی صفات ارقام کلزا درشرایط تنش خشکی انتهایی در مزرعه‌ای

تیمارها	ارتفاع بوته (cm)	طول خورجین (cm)	قطر ساقه (mm)	روغن(٪)	پروتئین(٪)	عملکرد روغن (kg ha^{-1})	عملکرد پروتئین (kg ha^{-1})
تنش							
۵۰درصد	۱۳۰/۷a	۵/۴۷a	۱۰/۲۷a	۴۴/۸۱a	۲۳/۵۰b	۸۷۳/۴۵a	۴۵۶/۸۲a
۶۰درصد	۱۱۷/۱b	۵/۱b	۸/۸b	۴۲/۴۸b	۲۴/۳۶b	۶۴۴/۷۹b	۳۶۸/۵۱b
۷۰درصد	۱۱۴/۸b	۴/۵c	۷/۵۷c	۴۰/۱c	۲۷/۸۱a	۴۸۱/۷۸c	۳۳۲/۹۶c
ارقام							
شیرالی	۱۱۹/۶a	۴/۷۸b	۸//۷۴b	۴۲/۱۹a	۲۶/۱۰a	۵۵۰/۰۵b	۳۳۰/۴۲b
هایولا ۴۰۱	۱۲۱/۳a	۵/۲۳a	۹/۰۵a	۴۳/۰۲a	۲۴/۹۴b	۸۶۴/۵۱a	۴۷۹/۹۴a
آر.جی.اس	۱۲۱/۷a	۵/۰۶a	۸/۸۵b	۴۲/۲۰a	۲۴/۶۵b	۵۹۸/۰۱b	۳۴۱/۸۵b

در هر ستون و برای هرعامل میانگین های دارای حروف مشابه با استفاده از آزمونLSD در سطح احتمال ۵٪ دارای اختلاف معنی دارنیستند

جدول ۹- اثر متقابل سطوح تنش خشکی و ارقام روی برخی صفات ارقام کلزا در شرایط درمزرعه

	ارتفاع بوته cm)	طول‌خورجین (cm)	قطر ساقه (میلی متر)	روغن(٪)	پروتئین(٪)	عملکرد روغن (kg ha^{-1})	عملکرد پروتئین (kg ha^{-1})
شیرالی							
۵۰(درصد تخلیه رطوبتی)	۱۲۷a	۵/۱۷bc	۱۰/۱۱a	۴۴/۵۱b	۲۳/۵cd	۶۹۱cd	۳۶۵bcd
۶۰(درصد تخلیه رطوبتی)	۱۱۸b	۴/۸۷cd	۸/۳۹d	۴۱/۸۹d	۲۵/۶bc	۵۴۲ef	۳۳۱cd
۷۰(درصد تخلیه رطوبتی)	۱۱۵b	۴/۳۱f	۷/۷۳d	۴۰/۲e	۲۹/۱۳a	۴۱۸g	۳۰۳d
هایولا ۴۰۱							
۵۰(درصد تخلیه رطوبتی)	۱۳۲a	۵/۷۵a	۱۰/45a	۴۶/۱۳a	۲۳/۸۴cd	۱۱۲۹a	۵۸۳a
۶۰(درصد تخلیه رطوبتی)	۱۱۷b	۵/۲۵ab	۹/۱۷b	۴۲/۵۳cd	۲۳/۷۸cd	۸۱۰b	۴۵۲b
۷۰(درصد تخلیه رطوبتی)	۱۱۵b	۴/۷df	۷/۵۲e	۴۰/۴۱e	۲۷/۲ab	۶۰۰de	۴۰۳bc
ار. جی اس							
۵۰(درصد تخلیه رطوبتی)	۱۳۴a	۵/۵۱ab	۱۰/۲۴a	۴۳/۷۹bc	۲۳/۱۳d	۸۰۰bc	۴۲۱b
۶۰(درصد تخلیه رطوبتی)	۱۱۷b	۵/۱۷bc	۸/۸۴c	۴۳/۱۴bcd	۲۳/۷۹cd	۵۸۲de	۳۲۱cd
۷۰(درصد تخلیه رطوبتی)	۱۱۴b	۴/۴۹ef	۷/۴۷e	۳۹/۷۷e	۲۷/۰۵ab	۴۲۸fg	۲۹۱d

در هر ستون میانگین های دارای حروف مشابه با استفاده از آزمونLSD در سطح احتمال ۵٪ دارای اختلاف معنی دارنیستند

طبق جدول ۹ به ازای هر درصد تخلیه رطوبتی از ۵۰ به ۷۰ درصد طول خورجین، ارتفاع بوته، قطر ساقه و تعداد ساقه جانبی، به ترتیب ۰/۸۳، ۰/۶۲، ۱/۴ و۲ درصد کاهش یافتند. قطر ساقه، تعداد ساقه در بوته با کاهش ۱/۴ و۲ درصد بیش‌تر از سایر مولفه های مربوط به ساقه کاهش یافتند. ارقام مورد بررسی کاهش مولفه های مربوط به ساقه مشابه یکدیگر بودند و تفاوت زیادی نداشتند (جدول۹). دیپن بورگ (۱۱) گزارش نمود تعداد دانه در خورجین با طول خورجین همبستگی مثبت و معنی‌داری دارد. به طوری که هر چه طول خورجین بلندتر باشد، عملکرد دانه بیش‌تر خواهد بود. قادری و همکاران (۲۰) گزارش نمودند واکنش به کمبود آب بوسیله کوتاه و نازک‌تر کردن ساقه صورت می گیرد. سنگ تراش و همکاران (۲۲) گزارش نمودند تنش خشکی در کلزا منجر به کاهش قطر ساقه شد. نوری و همکاران (۱۹) گزارش نمودند بین تعداد دفعات آبیاری و ارتفاع بوته همبستگی معنی‌داری وجود دارد، شریف و کشتا (۲۳) گزارش نمودند بین تعداد شاخه‌های جانبی و عملکرد دانه کلزا همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود دارد. نتایج این تحقیق نشان داد در تمام ارقام مورد بررسی با افزایش تنش خشکی ارتفاع بوته کاهش یافت، و کاهش رشد ساقه مهم ترین اثر تنش خشکی بود. در بررسی اثر تنش خشکی روی مولفه های رشد ساقه که شامل ارتفاع بوته، قطر ساقه و تعداد ساقه در بوته بودند، نتایج نشان داد بیش ترین کاهش مربوط به قطر ساقه و تعداد ساقه در بوته بود که نشان دهنده کاهش منابع ذخیره و تولید مواد فتوسنتزی در اثر تنش خشکی می باشد. تنش خشکی از طریق کندی رشد در گره‌ها،کاهش توسعه و دوام سطح برگ و باعث کاهش ارتفاع بوته شد. با توجه به هم زمانی رشد طولی ساقه با رشد شاخه های جانبی و توسعه خورجین ها بروز تنش خشکی در این مرحله نه تنها مواد ذخیره‌ای ساقه را کاهش داده بلکه از توسعه اندام های ذخیره‌ای و شاخه های جانبی که تولید کننده خورجین ها می باشد جلوگیری به عمل آورده و بطور غیرمستقیم از طریق کاهش مواد فتوسنتزی و کاهش جایگاه توسعه خورجین ها که همان شاخه های فرعی می باشند منجر به کاهش عملکرد گیاه شد.

درصد روغن و پروتئین و عملکرد روغن و پروتئین

اثر خشکی بر درصد روغن و پروتئین دانه معنی دار بود ولی اثر سال و اثر متقابل خشکی و سال غیرمعنی‌دار بود (جدول۷). تنش خشکی (تخلیه رطوبتی از ۵۰ به ۷۰ درصد) میانگین دو ساله درصد روغن را از ۴۴/۸۱ به ۴۰/۱۳ درصد کاهش و درصد پروتئین دانه از۲۳/۵۰ به ۲۷/۸۱ افزایش داد که معادل ۱۱/۵ درصد کاهش و ۱۸/۵ درصد افزایش بود. در بین ارقام مورد بررسی هایولا ۴۰۱ و شیرالی به ترتیب بیش‌ترین درصد روغن و پروتیئن را داشتند (جدول۸). اثر تنش خشکی بر عملکرد روغن و پروتئین در تجزیه واریانس مرکب دو ساله معنی دار بود. اثر سال و اثر متقابل سال و خشکی غیرمعنی دار بود (جدول۶). طبق جدول مقایسه میانگین ها کاهش عملکرد روغن پروتئین دانه به ترتیب ۴۵ و ۲۷ درصد بود (جدول۸). میانگین عملکرد روغن هایولا ۴۰۱ نسبت به دو رقم دیگر بیش‌تر بود. درصد کاهش روغن و افزایش پروتئین دانه به ازای هر درصد تخلیه رطوبتی از ۵۰ به ۷۰ درصد به ترتیب ۰/۵۴ و ۰/۹۳ درصد بود و همچنین عملکرد روغن و پروتئین به ترتیب ۱/۴۳ و ۲/۱۴ کاهش یافتند. در بین ارقام مورد بررسی رقم شیرالی بیش ترین کاهش در درصد روغن و پروتئین در اثر تخلیه رطوبتی از خود نشان داد که نشان دهنده حساسیت آن به تنش خشکی می باشد (جدول۹). اثر متقابل تنش خشکی با درصد روغن و پروتیین و طول خورجین معنی دار بود (جدول۷). همانطور که در جدول ۹ نشان داده شده است با افزایش شدت تنش روند

کاهشی در درصد روغن و طول خورجین و روند افزایش در درصد پروتئین رخ داده است. رقم هایولا ۴۰۱ هم تحت شرایط بدون تنش و هم تحت شرایط تنش خشکی درصد روغن و طول خورجین بالاتری نسبت به دو رقم دیگر داشت (جدول۹) که حاکی از پتانسیل بالاتر این رقم نسبت به دو رقم دیگر است. رقم هایولا ۴۰۱ به ازای هر واحد افزایش شدت تنش خشکی، درصد روغن و طول خورجین آن نسبت به دو رقم دیگر کمتر بوده که حاکی از تحمل به خشکی بیشتر آن نسبت به دو رقم دیگر می باشد. حسن زاده و همکاران (۲) گزارش کردند تنش خشکی درصد روغن را از ۵۲/۱۱ درصد به ۴۷/۸۹ درصد کاهش داد. مندهام و رائو (۲۱) گزارش نمودند رفع تنش خشکی و افزایش آبیاری تکمیلی درصد روغن را از ۴۶/۳ درصد به ۴۸/۹ درصد افزایش داده است. چمپولیور و مرین (۹) گزارش نمودند تنش خشکی به خصوص از مرحله گرده افشانی تا پر شدن دانه میزان پروتئین را افزایش و درصد روغن را کاهش داد.

نتیجه گیری کلی

در جمع بندی نهایی اثر تنش خشکی روی درصد روغن منفی بوده و منجر به کاهش درصد روغن شده است. تنش خشکی انتهایی فصل که مصادف با دوره گل دهی و پرشدن دانه و همراه با درجه حرارت بالای ماه های اسفند و فروردین بوده، علاوه بر تاثیر منفی بر محتوای روغن و پروتئین، عملکرد دانه را نیز کاهش داده است. از آن جایی که بین درصد روغن و پروتئین دانه همبستگی منفی وجود دارد، کاهش درصد روغن با افزایش درصد پروتئین همراه بود اگر چه در اثر تنش خشکی درصد پروتئین افزایش یافت ولی کاهش عملکرد دانه آنقدر زیاد بوده که افزایش پروتئین جبران کاهش عملکرد دانه را ننموده و در نتیجه عملکرد پروتئین دانه در واحد سطح نیز کاهش یافت. تنش خشکی از طریق کاهش عملکرد دانه و درصد روغن منجر به کاهش عملکرد روغن دانه شد. بنابراین در شرایط آب و هوایی خورستان با مدیریت صحیح آبیاری و تامین نیاز آبی گیاه به خصوص در مراحل انتهای رشد که مصادف با ماه های اسفند و فروردین است و انتخاب ژنوتیپ های متحمل به خشکی و نسبتا زودرس برای مدیریت تنش خشکی ضروری است و با مدیریت جامع امکان هدایت این تنش در جهت افزایش تولید کلزا وجود دارد.

سپاسگزاری

بدین وسیله از همکاری و مساعدت بخش اصلاح نهال و بذر مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان به ویژه آقایان مهندس لک زاده و آینه و رییس بخش دانه های روغنی موسسه اصلاح بذر کرج آقای مهندس منصوری تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

۱- تاندون، اچ. ال. اس. ۱۳۸۱. روش های تجزیه خاک ها ، گیاهان ، آب ها و کود ها. ترجمه تواللی[1] ح و الف. سمنانی: انتشارات دانشگاه شهید چمران.۲۱۹صفحه.

۲- حسن زاده، م.، ا. ح. شیرانی، م. درباغ شاهی، ب. م. نصیری و ح. مدنی. ۱۳۸۴. بررسی اثر تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام پرمحصول کلزای پاییزه. مجله علوم کشاورزی ۲: ۲۴-۱۷.

۳- وفابخش، ج.، م. نصیری محلاتی، ع. کوچکی و م. عزیزی. ۱۳۸۸. اثرتنش خشکی بر کارایی مصرف آب و عملکرد ارقام کلزا. پژوهش های زراعی ایران. ۷: ۲۹۵-۳۰۲.

۴- صفائی چائی کار، ص.، ب. ربیعی، ح. سمیع‌زاده و م. اصفهانی. ۱۳۸۶. ارزیابی تحمل ژنوتیپ‌های برنج (*Oryza sativa L.*) به تنش خشکی انتهای فصل. علوم زراعی ایران. ۹ (۴): ۳۳۱-۳۱۵.

5- Ahmadi, M. and M. J. Bahrani. 2009 .Yield and yield components of rapeseed as influenced by water stress at different growth stages and nitrogen levels . American-Eurasian Journal. Agriculture. & Environment. Science. 5 (6): 755-761.

6- Anyia, A. O. and H. Herzog. 2004. Water-use efficiency, leaf area and leaf gas exchange of cowpeas under mid-season drought. European Journal of Agronomy, Amsterdam, 20(4):327-339.

7- Bray, E. A., J. Bailey-Serres, and E. Weretilnyk. 2000. Responses to abiotic stresses, In,american society of plant biologists, Rockville, MD, pp. 124 -158.

8- Buttar, G. S., H. S. Thind and M. S. Aujla. 2006. Methods of planting and irrigation at various level nitrogen affect the seed yield and water use efficiency in transplanted oil seed rape (*Brassica napus L.*). Agriculture. Water Management. 85: 253-260.

9- Champolivier, L., and A. Merrin. 1996. Effects of water. stress applied at different growth stages to *Brassica napus L.* var. oleifera on yield, yield components and, seed quality. European Journal of Agronomy 5: 153-160.

10- Chen, C., G. Jackson, K. Neill, D. Wichman, G. Johnson, and D. Johnson. 2005. Determining the feasibility of

early seeding canola in the northern great plains. Agronomy. Journal. 97:1252–1262.
11- Diepenbrock, W. 2000. Yield analysis of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.). A review. Field Crops Research., 67: 35-49.
12- Gunasekara, C. P., L. D. Martin, R. J. French, K. H. M. Siddique, and G. H. Walton. 2003. Effects of water stress on water relations and yield of Indian mustard (*Brassica juncea* L.) and canola (*Brassica napus* L.) 11th Australian Agronomy Conference, Geelong. Australia
13- Kazi, B. R., F. C. Oad, G. H. Jamro, L. A. Jamil and A. A. Lakho. 2002. Correlation study between irrigation frequencies and brassica plant character. Journal of Applied Sciences. 6: 625-627.
14- Mendham, N. J. and P. A. Salisbury. 1995. Physiology, crop development, growth and yield. In: Kimber, D.S.and D.I. McGregor. (Ed.). Brassica Oilseeds: Production and utilization. CAB International. London. pp: 11-64.
15- Mailer, S., and G. M. Cornish. 1987. Effects of water stress on glicosinolate and oil contents in the rage rape (*Brassica napus* L.) and turnip rape (*B. rapa* L.) Aust. Journal. Exp. Agriculture, 27: 707- 711.
16- Mittler, R. 2006. Abiotic stress, the field environment and stress combination. Plant Science 11(1):9-15.
17- Mostajeran, A. and V. Rahimi-Eichi. 2008. Drought stress effects on root anatomical characteristics of rice cultivars (Oryza sativa L.) Pakistan Journal of Science, 11(18): 2173-2183.
18- Nielsen, D. C. 1996. Potential of canola as a dryland crop in northeastern Colorado. ASHS Press, Alexandria,. p. 281-287.
19- Noori, S. A., H. Khalaj, A. H. Rad, I. Alahdadi, G. A. Akbari and M. R. Abadi. 2007. Investigation of seed vigor and germination of canola cultivars under less irrigation in padding stage and after it. Pakestan Journal Biology Science .10(17):2880-2884.
20- Qaderi, M. M., M. Kurepin, V. Leonid and R. David. 2006. Growth and physiological responses of canola (*Brassica napus*) to three components of global climate change: temperature, carbon dioxide and Drought. physiologia plantarum 4: 710-721.
21- Roa, M. S, and N. J. Mandham. 1991. Soil plant-water relations of oilseed rape *(B.napus, B.compestris*), Journal. Agriculture. Science.combridge.117:197-205.
22- Sangtarash, M. H., M. M. Qaderi, C. C. Chinnappa and D. M. Reid. 2009. Differential sensitivity of canola (*Brassica napus*) seedlings to ultraviolet-B radiation, water stress and abscisic acid .envirmental and expriemental 2 :212-219.
23- Sharief, A. E. and M. M. Keshta. 2006. Influence of sowing date and plant density on growth and yield of canola (*Brassica napus, L*) under salt affected soils in Egypts. Scientific Journal of King Faisal University (Basic and Applied Sciences) 3(1):65-78
24- Taylor, A. J. and C. J. Smith. 1992. Effect of sowing date and seeding rate on yield and yield components of irrigation canola growth on a red-brown earth in South Eastern Australia, Aust. Journal. Agriculture. Reserach., 7: 1629-164.
25- Thomas, H. 1990. Osmotic adjustment in Lolium perenne L .its heritability and the nature of solute accumulation. Annals of Botany. 46:581-587.
26- Tohidi-M, H. R., A. H. Shirani-Rad, G. Nour-Mohammadi, D. Habibi, S. A. M. Modarres-anavy, M. Mashhadi-Akbar-Boojar, A. Dolatabadian. 2009. Response of six oil seed rape genotype to water stress and hydrogical application. L Pesq. Agropec. Trop., Goiânia. 3: 243-250.
27- Walton, G., N. Mendham, M. Robertson and T. Potter. 2006. Phenology, physiology and agronomy journal of Agronomy 5(1)1-4.