نشریه علمی پژوهشی دانش کشاورزی و تولید پایدار
جلد ۳۳ شماره ۱ / بهار ۱۴۰۲/ صفحات ۸۴-۶۹

The Effect of Temperature and Moisture Regimes on Agronomical and Physiological Traits of Canola Cultivars and Hybrids

Zahra Biyouk[1], Saeed Sayfzadeh[2*], Amirhossein Shiranirad[3], Hamidreza Zakerin[4*], Esmaeil Hadidi Masouleh[4]

Received: 18 October 2021 Accepted: 14 March 2022
1- Dept. of Agriculture, Faculty of Agriculture, Takestan Branch, Islamic Azad University, Takestan, Iran.
2-Assoc. Prof., Dept. Agronomy, Faculty of Agriculture, Takestan Branch, Islamic Azad University, Takestan, Iran.
3-Prof., Seed and Plant Improvement Institute (SPII), Agriculture Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.
4-Assist. Prof., Agronomy Department, Faculty of Agriculture, Takestan Branch, Islamic Azad University, Takestan, Iran.
*Corresponding Authors Emails: Saeedsayfzadeh@yahoo.com, Drzakerin5@gmail.com

Abstract

Background and Objective: This study was conducted to evaluate the effect of temperature and moisture regimes on agronomical and physiological traits of Canola cultivars in Karaj.

Materials and Methods: This experiment was performed as a factorial split-plot in a randomize complete block design with three replications in Seed and Plant Improvement Institute in Karaj for two cropping years (2014-2015 and 2015-2016). In this two years study, the planting date was in two levels including timely cultivation (September 27) and delayed cultivation (October 27), and irrigation was in two levels including normal irrigation (control) and irrigation cessation from the feeding stage in the form of factorial as the main factors, and Canola cultivars and hybrids included Kodiak, Traviata, Compass, Diffusion, Mehr2, Elvise and Tassilo were included as the sub factors and traits such as, seed oil percentage, seed yield, seed oil yield, 1000 seed weight, number of pods per plant, number of seeds per pod, biological yield, leaf proline content, leaf soluble Carbohydrates and Chlorophyll content were measure.

Results: The interaction effect of planting date × irrigation × cultivar on the seed yield, seed oil yield, biological yield was significant at the level of one percent and on the 1000 seed weight and number of seeds per pod was significant at the level of five percent. In timely planting date and normal irrigation with 6139 and 2905 kg. ha^{-1}, in timely planting date and cessation of irrigation condition from the feeding stage with 4918 and 2248 kg. ha^{-1}, in delayed planting date and normal irrigation with 3634 and 1602 kg. ha^{-1} and in delayed planting date and cessation of irrigation from the feeding stage with 2935 and 1273 kg. ha^{-1}, Tassilo had the most amount of seed yield and seed oil yield respectively in comparison with other cultivars.

Conclusion: Tassilo can be effective in the cultivation of Canola in temperate cold regions with dry and semi-arid climates and is recommended for timely and delayed cultivation conditions together with normal and late-season drought stress (cessation from the feeding stage)

Keywords: *Brasica napus* L., Delayed Cultivation, Late Season Drought Stress, Oil Content, Seed Yield

اثر رژیم های دمایی و رطوبتی بر صفات زراعی و فیزیولوژیک ارقام و هیبریدهای کلزا

زهرا بیوک[۱]، سعید سیف زاده[۲]*، امیرحسین شیرانی راد[۳]، حمیدرضا ذاکرین[۴]*، اسماعیل حدیدی ماسوله[۴]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۷/۲۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۲/۲۳
۱- گروه زراعت، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تاکستان، ایران
۲-دانشیار گروه زراعت واحد تاکستان، دانشگاه آزاد اسلامی، تاکستان، ایران
۳-مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
۴- استادیار گروه زراعت واحد تاکستان، دانشگاه آزاد اسلامی، تاکستان، ایران
*مسئول مکاتبه: Email: Saeedsayfzadeh@yahoo.com ,Drzakerin5@gmail.com

چکیده

اهداف: این پژوهش به منظور بررسی اثر رژیم های دمایی و رطوبتی بر صفات زراعی و فیزیولوژیک ارقام و هیبریدهای کلزا، در کرج اجرا گردید.

مواد و روش ها: آزمایش به صورت فاکتوریل اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج به مدت دو سال۹۴-۱۳۹۳ و ۹۵-۱۳۹۴ اجرا شد. در این تحقیق دو ساله، عامل تاریخ کاشت در دو سطح شامل کشت معمول (۵ مهر ماه) و کشت تأخیری (۵ آبان ماه)، عامل آبیاری نیز در دو سطح شامل آبیاری معمول (شاهد) و قطع آبیاری از مرحله خورجین‌دهی به بعد به صورت فاکتوریل به عنوان عوامل اصلی و ارقام و هیبریدهای کلزا شامل کودیاک، تراویاتا، کامپس، دیفیوژن، مهر، الوایس و تاسیلو به عنوان عامل فرعی بودند و صفاتی نظیر درصد روغن دانه، عملکرد دانه و روغن دانه، وزن هزاردانه، تعدادخورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین، عملکرد بیولوژیکی، پرولین، کربوهیدرات محلول در برگ و محتوای کلروفیل اندازه گیری شد.

یافته ها: اثر متقابل تاریخ کاشت × آبیاری × رقم بر صفات عملکرد دانه و عملکرد روغن دانه و عملکرد بیولوژیکی در سطح یک درصد و بر صفات وزن هزاردانه و تعداد دانه در خورجین در سطح پنج درصد معنی‌دار شد. هیبرید تاسیلودر تاریخ کاشت پنجم مهرماه و شرایط آبیاری معمول با میانگین های ۶۱۳۹ و ۲۹۰۵ کیلوگرم در هکتار، در تاریخ کاشت پنجم مهرماه و شرایط قطع آبیاری از مرحله خورجین دهی به بعد با میانگین های ۴۹۱۸ و ۲۲۴۸ کیلوگرم در هکتار، در تاریخ کاشت پنجم آبان ماه و شرایط آبیاری معمول با میانگین های ۳۶۳۴ و ۱۶۰۲ کیلوگرم در هکتار، و در تاریخ کاشت پنجم آبان ماه و شرایط قطع آبیاری از مرحله خورجین دهی به بعد با میانگین های ۲۹۳۵ و ۱۲۷۳ کیلوگرم در هکتار، به ترتیب بیشترین عملکرد دانه و عملکرد روغن دانه را در مقایسه با کلیه ارقام و هیبریدهای مورد آزمون به خود اختصاص داد.

نتیجه گیری: به طور کلی هیبرید تاسیلو در توسعه کشت کلزا در مناطق معتدل سرد با اقلیم خشک و نیمه خشک می‌تواند مؤثر باشد و قابل توصیه از تاریخ کشت معمول تا تاریخ کشت تأخیری توام با آبیاری معمول تا تنش خشکی انتهای فصل(قطع آبیاری از مرحله خورجین دهی به بعد) این مناطق می باشد.

واژه‌های کلیدی: تنش خشکی آخر فصل، درصد روغن، عملکرد دانه، کشت تأخیری، *Brasica napus* L.

مقدمه

گیاهان روغنی به عنوان منبع روغن های نباتی قادرند بخش بزرگی از نیاز روغن مورد استفاده انسان را تأمین کنند (جاشنی و همکاران ۲۰۱۷). کلزا با نام علمی (*Brassica napus* L.) به دلیل ویژگی های خاص مانند سازگاری با شرایط آب و هوایی، ارزش تناوبی بالا، کنترل علف های هرز، دارا بودن ژنوتیپ های بهاره و پاییزه و محتوای بالای روغن (۴۴-۴۰ درصد) یکی از مهمترین دانه‌های روغنی می‌باشد و نقطه امیدی برای تأمین روغن خوراکی مورد نیاز کشور به شمار می آید (رضایی زاده و همکاران ۲۰۱۲) و این اهمیت بواسطه کیفیت بالای روغن و کنجاله آن بوده که پتانسیل یک منبع تجدید شدنی سوخت‌های زیستی را نیز دارا می‌باشد (کیان و همکاران ۲۰۰۹). روغن کلزا به سبب داشتن کمترین اسیدهای چرب اشباع، میزان متعادلی از اسیدهای چرب غیراشباع و فقدان کلسترول، از کیفیت غذایی بالایی برخوردار است (استارنر و همکاران ۲۰۰۲). تنش خشکی در هر مرحله ای از زندگی گیاه بر رشد و نمو آن تأثیر گذار است، اما مقدار و شدت خسارت، ظرفیت جبران خسارت و اثر آن بر محصول نهایی به مرحله نموی که گیاه تحت تنش قرار گرفته، وابسته است (فاروق و همکاران ۲۰۰۹). تأثیر تنش خشکی بر عملکرد کلزا تابعی از ژنوتیپ، شدت و طول مدت تنش، شرایط آب و هوایی و مراحل رشد و نمو می باشد (مجیدی و همکاران ۲۰۱۵). با توجه به سازگاری گیاه کلزا با آب و هوای متفاوت در کشور ما، به این گیاه با شرایط متمایزی پرداخته می شود و در سال های اخیر توسعه سطح زیر کشت کلزا از اهمیت ویژه ای برخوردار شده است و در صورتی که امکان معرفی رقم های نو ظهور باشد که بتواند در شرایط کم آبی و تیمار های استرس مقاومت داشته باشد سطح زیر کشت کلزا تا بیش از ۶۰ هزار هکتار اضافه می شود. در یک برنامه مدیریتی آبیاری باید اطلاعات مربوط به گیاه، خاک، آب و هوا، سیستم آبیاری، روش توزیع آب و اهداف مدیریتی درنظرگرفته شوند، این موضوع به خصوص برای مناطق خشک و نیمه خشک که منابع آب بسیار محدود می باشد، حائز اهمیت است (هانسن و همکاران ۲۰۰۴). کلزا یکی از گیاهان زراعی است که به شدت وابسته به مدیریت مزرعه می باشد و عملکرد آن را می‌توان با رعایت اصول به‌زراعی و به‌نژادی بهبود بخشید. بدین منظور، علاوه بر معرفی ارقام دارای عملکرد بالا، می‌توان از حداکثر ظرفیت ژنتیکی ارقام موجود نیز در شرایط آب و هوایی مختلف استفاده نمود، که بخشی از این هدف با به کارگیری روش‌های مدیریتی نظیر کاشت در زمان مناسب به منظور ارتقای عملکرد کمی و کیفی کلزا قابل دستیابی است. افزایش در غلظت محتوی پرولین یکی از مهم‌ترین مکانیسم‌های تحمل به کم‌آبی در کلزا به شمار می‌رود. نقش اسید آمینه پرولین در پایداری غشاء سلولی به واسطه خاصیت جاروبگری گونه‌های فعال اکسیژن کاملاً روشن می‌باشد (اشرف و فولاد ۲۰۰۷).

انتخاب تاریخ کاشت مناسب یکی از مهمترین روش های دستیابی به عملکرد بالا در گیاهان زراعی می باشد. انتخاب زمان کاشت در هر منطقه با توجه به ویژگی آب و هوای آن، از عوامل مهم برای رسیدن به حداکثر عملکرد اقتصادی و بیولوژیکی محصولات زراعی محسوب می شود (توماس ۱۹۹۰). اهمیت تاریخ کشت در عملکرد دانه، میزان روغن و ترکیب اسیدهای چرب به اثبات رسیده است (کتروباس و پاپادوسکا ۲۰۰۵). عملکرد بیولوژیکی بالاتر با تعداد خورجین زیادتر و وزن هزار دانه بیشتر همبستگی دارد که این عوامل ارتباط بسیار بالای بین عملکرد دانه و عملکرد ماده خشک را توجیه می‌نماید (سینکی و همکاران ۲۰۰۷). از این رو، تعیین تاریخ کاشت مناسب جهت مطابقت ظهور مراحل فنولوژی گیاه با عوامل محیطی بسیار حائز اهمیت می باشد.

یکی از راهکارهای اساسی در خصوص رفع مشکل کشت همزمان کلزا و کم آبی پایان فصل، گزینش ارقام و هیبریدهای پیشرفته کلزا می باشد که تواما دو ویژگی مقاومت به سرما و یخبندان در مراحل اولیه رشد (چهار تا شش برگی) و تحمل خشکی (دو بار آبیاری کمتر) را در مراحل انتهایی رشد داشته باشند. لذا، گزینش رقم یا ارقام برتر از لحاظ صفات زراعی و فیزیولژیکی می تواند در افزایش سطح زیر کشت کلزا تا بیش از یکصد

و پنجاه هزار هکتار با حفظ کیفیت روغن و کنجاله تولیدی مؤثر باشد و این موضوع از نوآوری های توسعه ای این تحقیق می باشد. در همین راستا، این تحقیق به بررسی اثر رژیم های دمایی و رطوبتی بر صفات زراعی و فیزیولوژیکی ارقام و هیبریدهای کلزا می پردازد.

در این تحقیق با بررسی اثر تنش خشکی و تاریخ های کشت متفاوت بر هفت هیبرید متفاوت کلزا، سازگارترین هیبرید تعیین خواهد شد و اهداف اجرای این آزمایش عبارتند از:

۱) بررسی اثر تنش خشکی و تاریخ های کشت متفاوت و دیرتر از موعد بر صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی هیبریدهای کلزا

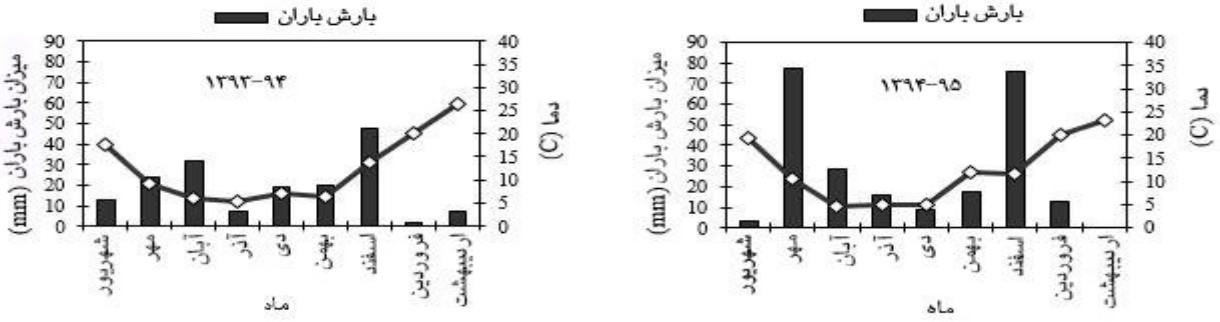
۲) ارزیابی خصوصیات رشدی مؤثر بر رشد و عملکرد تحت شرایط قطع آبیاری و تاریخ های کشت متفاوت

۳) بررسی واکنش ارقام و هیبرید های جدید کلزا به تنش خشکی و تاریخ کشت دیر هنگام از طریق ارزیابی تغییرات حاصله در عملکرد دانه و عملکرد روغن دانه

۴) گزینش ارقامی از کلزا که کمترین کاهش عملکرد دانه و روغن را در شرایط تنش خشکی و تاریخ کاشت دیر هنگام دارا می باشند.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر رژیم های دمایی و رطوبتی بر صفات زراعی و فیزیولوژیکی ارقام و هیبریدهای کلزا، آزمایشی به صورت فاکتوریل اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال‌های زراعی ۹۴-۱۳۹۳ و ۹۵-۱۳۹۴ در موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج با موقعیت طول جغرافیایی ´۶ و °۵۱ شرقی و عرض جغرافیایی ´۵۹ و °۳۵ شمالی و ارتفاع ۱۱۶۰ متر از سطح دریا اجرا گردید. براساس میانگین داده‌های سی ساله هواشناسی کرج، متوسط بارندگی سالیانه منطقه ۲۴۳ میلی‌متر بوده و بارندگی‌ها عمدتاً در اواخر پاییز و اوایل بهار روی می‌دهد. آمار هواشناسی محل آزمایش در طی دو سال زراعی در شکل ۱ ارائه شده است.



شکل ۱- میانگین دما و بارندگی محل انجام آزمایش (سالهای زراعی ۹۵-۱۳۹۳)

بافت خاک مزرعه آزمایش، لومی رسی بود و مشخصات خاک محل آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است.

در این تحقیق، عامل تاریخ کاشت در دو سطح شامل کشت معمول (۵ مهر ماه: ورود گیاه با روزت قوی به شرایط سرما و یخبندان زمستان و کشت تأخیری (۵ آبان ماه: ورود گیاه در مراحل اولیه رشد چهار برگی به شرایط سرما و یخبندان زمستان)، عامل آبیاری نیز در دو سطح شامل آبیاری معمول (آبیاری بر اساس ۸۰ میلی متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاسA و مقدار آب در هر بار آبیاری بر مبنای ۸۰ درصد آب تبخیر شده) و قطع آبیاری از مرحله خورجین‌دهی به بعد به صورت فاکتوریل به عنوان عوامل اصلی و ژنوتیپ های کلزا

شامل کودیاک[۱]، تراویاتا[۲]، کامپس[۳]، دیفیوژن[۴]، مهر۲[۵]، الویس[۶] و تاسیلو[۷] به عنوان عامل فرعی بودند. میزان آب ورودی به مزرعه آزمایش با کنتور حجمی اندازه‌گیری شد. تعداد دفعات آبیاری در کشت معمول در تیمارهای آبیاری معمول و قطع آبیاری از مرحله خورجین‌دهی به بعد به ترتیب ۸ و ۶ مرتبه و در کشت تأخیری به ترتیب ۷ و ۵ مرتبه بود. همچنین میزان کل آب مصرفی در تیمارهای مذکور در کشت معمول به ترتیب برابر با ۵۱۲۰ و ۳۸۴۰ متر مکعب در هکتار و در کشت تأخیری به ترتیب برابر با ۴۴۸۰ و ۳۲۰۰ متر مکعب در هکتار بود.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک محل آزمایش

سال	عمق خاک (cm)	بافت خاک	pH	کربن آلی OC (%)	EC ($dS.m^{-1}$)	مجموع نیتروژن N(%)	P ava. ($mg.kg^{-1}$)	K ava. ($mg.kg^{-1}$)	Sand (%)	Clay (%)	Silt (%)
۹۴-۱۳۹۳	۰-۳۰	لوم رسی	۷,۴	۰,۹۵	۱,۳۷	۰,۰۸	۱۴,۸	۲۰۲	۲۶	۲۹	۴۵
	۳۰-۶۰	لوم رسی	۷,۱	۰,۹۸	۱,۲۲	۰,۰۹	۱۵,۱	۱۷۸	۲۷	۲۶	۴۷
۹۵-۱۳۹۴	۰-۳۰	لوم	۷,۶	۰,۷۴	۱,۴۵	۰,۰۶	۱۳,۲	۲۳۵	۴۱	۲۵	۳۴
	۳۰-۶۰	لوم	۷,۸	۰,۶۷	۱,۲۶	۰,۰۷	۱۳,۶	۱۸۲	۳۹	۲۶	۳۵

قبل از اجرای آزمایش در مهرماه سال اول و دوم زمین به وسیله گاوآهن برگردان‌دار شخم زده شد. سپس جهت خردشدن کلوخ‌ها و همچنین یکنواخت شدن وضعیت خاک مزرعه، زمین مذکور دیسک زده شد، سپس اقدام به پخش علف‌کش ترفلان به میزان ۲/۵ لیتر در هکتار به‌طور یکنواخت در سطح مزرعه گردید و به وسیله دیسک سبک، علف‌کش با خاک مخلوط و در نهایت جهت تسطیح، زمین مورد نظر ماله زده شد. کودهای مصرفی براساس آزمون خاک و توصیه کودی عبارت بودند از: ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار فسفات آمونیوم و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم به صورت پایه همزمان با آماده سازی بستر بذر، ۳۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره که ۱۰۰ کیلوگرم در مرحله سه برگی، ۱۵۰ کیلوگرم در مرحله ساقه‌دهی و ۱۰۰ کیلوگرم در مرحله غنچه‌دهی به صورت سرک مصرف شد. هر کرت آزمایشی شامل شش ردیف به طول شش متر و فاصله خطوط ۳۰ سانتی‌متر از هم بود که دو ردیف کناری به عنوان حاشیه در نظر گرفته شدند و ۴ ردیف میانی آن برای تعیین کلیه مراحل فنولوژیکی گیاه و صفات مختلف مورد استفاده قرار گرفت. فاصله بوته‌ها روی خطوط کاشت ۵ سانتی-متر بود. پس از اجرای آزمایش مطابق نقشه کاشت و سبز شدن و استقرار گیاهچه، کنترل آفات به ویژه شته مومی با استفاده از سموم متاسیستوکس (۱/۵ لیتر در هکتار) و پریمور (۰/۵ لیتر در هکتار) در دو مرحله ساقه دهی و غنچه دهی انجام شد.

به‌منظور تعیین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی بوته‌های موجود در مساحت ۴/۸ مترمربع از هر کرت آزمایشی به طور جداگانه کف‌بر شد و پس از قرار دادن در آون به مدت ۷۲ ساعت با ترازوی دقیق توزین و بر حسب کیلوگرم در هکتار محاسبه شدند. به منظور تعیین درصد روغن دانه، از هر کرت یک نمونه ۵ گرمی به طور تصادفی دانه انتخاب و درصد آن با استفاده از روش

۱ Kodiak
۲ Traviata
۳ Compass
۴ Diffusion
۵ Mehr2
۶ Elvise
۷ Tassilo

اسپکترومتری و با دستگاه(Mq20, Bruker, Germany) NMR اندازه گیری شد. پس از تعیین درصد روغن دانه، از حاصل ضرب آن در عملکرد دانه، عملکرد روغن دانه بر حسب کیلوگرم در هکتار محاسبه شد. برای تعیین وزن هزار دانه، ۴ نمونه ۱۰۰۰ تایی از دانه های داخل کیسه مربوط به هر کرت آزمایشی به طور تصادفی انتخاب شدند و با استفاده از ترازوی دقیق آزمایشگاهی توزین و میانگین وزن آنها به عنوان وزن هزار دانه ثبت شد. اندازه‌گیری کربوهیدرات‌های محلول برگ بر اساس روش فنل اسیدسولفوریک دوبیس و همکاران (۱۹۵۶) انجام شد. در این روش، ۰/۲ گرم از بافت سبز برگ فریز شده به همراه ۱۰ میلی لیتر الکل اتانول ۹۵ درصد در لوله های آزمایش دربسته قرار گرفته و به مدت یک ساعت در بن ماری و در دمای ۸۰ درجه سانتی گراد حرارت داده شد. یک میلی لیتر از این نمونه ها برداشت و به آنها یک میلی لیتر فنل پنج درصد و پنج میلی لیتر اسید سولفوریک ۹۸ درصد اضافه گردید. پس از سرد شدن، میزان نور جذبی در طول موج ۴۸۳ نانومتر با دستگاه اسپکتوفتومتر خوانده شد. برای تهیه استانداردها از گلوکز خالص با وزن مولکولی ۱۹۷/۱۷ گرم بر مول استفاده شد. محلول های استاندارد شامل ۰، ۱۰۰،۳۰۰، ۵۰۰، ۱۰۰۰، ۱۵۰۰، ۲۰۰۰، ۳۰۰۰، ۴۰۰۰ و ۵۰۰۰ پی پی ام گلوکز بودند. برای تهیه محلول ۱۰۰ پی پی ام گلوکز، ۰/۰۱ گرم از گلوکز در ۱۰۰ میلی لیتر آب مقطر حل شد. بقیه استانداردها به همین ترتیب تهیه شدند. پس از اندازه گیری جذب نور استانداردها، منحنی استاندارد ترسیم و معادله خط محاسبه گردید. با قرار دادن میزان جذب نمونه های گیاهی در معادله خط، میزان کربوهیدرات بر اساس میلی گرم بر گرم وزن تر گیاه محاسبه شد. در پایان پس از اطمینان از مفروضات آزمایشی و قبل از تجزیه واریانس مرکب، آزمون بارتلت جهت همگن بودن واریانس‌ها انجام گردید. سپس تجزیه واریانس مرکب با استفاده از نرم افزار SAS نسخه ۹/۲ انجام شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. برای رسم نمودارها از نرم افزار اکسل استفاده گردید.

نتایج و بحث

اثر ساده سال برکلیه صفات مورد بررسی شامل عملکرد دانه، عملکرد روغن دانه، وزن هزاردانه، عملکرد بیولوژیکی، تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین، پرولین برگ، محتوای کلروفیل و گلوکوزینولات دانه در سطح یک درصد معنی دار بود. اثر ساده تاریخ کاشت و آبیاری بر وزن هزاردانه، عملکرد دانه، عملکرد روغن دانه و کربوهیدرات محلول در برگ در سطح پنج درصد بر میزان پرولین در سطح یک درصد معنی دار بود. تیمار ارقام بر کلیه صفات مورد بررسی در سطح یک درصد تاثیر معنی داری داشتند.

اثر متقابل تاریخ کاشت × آبیاری × رقم بر صفات عملکرد دانه، عملکرد روغن دانه و عملکرد بیولوژیکی در سطح یک درصد و بر صفات وزن هزاردانه در سطح پنج درصد معنی دار بود. اثر متقابل تاریخ کاشت × آبیاری بر کربوهیدرات محلول در برگ در سطح پنج درصد و بر میزان پرولین در سطح یک درصد معنی دار بود (جدول ۲).

جدول ۲- تجزیه واریانس مرکب (میانگین مربعات) برخی صفات هیبریدهای کلزا تحت تاثیر تنش خشکی و تاریخ کاشت

منابع تغییر	درجه آزادی	تعداد خورجین در بوته	تعداد دانه در خورجین	وزن هزار دانه	عملکرد بیولوژیکی	عملکرد دانه	عملکرد روغن دانه	محتوای پرولین	محتوای روغن	کلروفیل	کربوهیدرات های محلول
سال	۱	۷۵۶۸,۳**	۲۶۸,۷**	۷,۸۵**	۲۵۰۱۰۴۸۸*	۱۱۳۷۰۸۸۴	۱۸۴۳۳۹۰	۳۰۸,۹**	۷,۱۶^{ns}	۲۱۷,۰^{ns}	۶۰۳,۷**
تکرار × سال	۴	۱۳۲,۷	۰,۵	۰,۰۳	۸۰۸۱۴۹	۷۰۳۴۰	۲۱۶۷۰	۱,۲	۱,۱۹	۰,۰۴۰	۰,۳
تاریخ کاشت	۱	۱۹۳۲۹۷,۸**	۵۵۰۵,۱**	۱۴۲,۶۰	۲۶۶۸۸۷۴۱۴	۱۶۱۳۱۳۸۸	۳۹۶۳۶۲۲	۲۲۱۰,۹**	۲۴۳,۵۷**	۱۴,۴۶۹*	۱۰۹۳۵,۲**
سال×تاریخ کاشت	۱	۳۷۵,۰*	۱۹,۴*	۰,۰۶^{ns}	۷۰۳۱۸۵^{ns}	۳۴۲۰۹۲^{ns}	۱۳۲۰۴۸	۹,۰**	۸,۷۵**	۰,۰۰۱^{ns}	۵۱,۱**
آبیاری	۱	۴۵۱۳۹,۳**	۱۲۱۵,۵**	۳۲,۰۶*	۶۹۶۶۲۵۵۶۱	۱۶۱۳۱۳۸۸	۱۰۸۲۸۵۳	۴۰۳,۶**	۵۰,۰۸**	۲,۶۴۴**	۲۳۹۴,۴**
سال×آبیاری	۱	۳۱۵,۴*	۰,۶^{ns}	۰,۰۱^{ns}	۱۴۷۳۰۰۲^{ns}	۳۴۲۰۹۳^{ns}	۲۸۵۰^{ns}	۰,۱^{ns}	۱,۶۵^{ns}	۰,۰۰۱^{ns}	۳,۷^{ns}
تاریخ کاشت×آبیاری	۱	۱۴۹۵,۲**	۵,۱^{ns}	۰,۳۶*	۱۲۱۳۱۳۷۵	۱۳۸۵۵۷۲*	۵۷۱۲۰۰*	۳۲,۳**	۳,۸۸*	۰,۰۳۲^{ns}	۱۴,۰*
سال×تاریخ	۱	۰,۲^{ns}	۹,۱^{ns}	۱,۰۲**	۵۲۲۲۶۶^{ns}	۱۱۷۹۲۰۰	۲۳۹۵۶۱	۳۶,۱**	۰,۱۲^{ns}	۰,۰۲۶^{ns}	۱۰۷,۱**
خطا	۱۲	۵۶,۷	۲,۹	۰,۰۶	۲۸۶۷۹۹۹	۲۷۸۸۹۶	۶۲۵۷۱	۰,۶	۰,۵۵	۰,۰۰۹	۲,۴
رقم	۶	۱۸۶۱,۳**	۵۰,۷**	۱,۲۹**	۲۷۹۲۳۸۴۱*	۱۹۴۴۰۶۳*	۴۸۳۹۲۰**	۲۱,۴**	۲,۳۵**	۰,۱۱۱**	۹۷,۷**
سال×رقم	۶	۴۸,۱^{ns}	۰,۴^{ns}	۰,۰۲^{ns}	۳۰۹۵۵۴^{ns}	۱۲۷۹۶^{ns}	۲۱۱۵^{ns}	۰,۳^{ns}	۰,۱۰^{ns}	۰,۰۱۵^{ns}	۲,۲^{ns}
تاریخ کاشت×رقم	۶	۲۵۴,۲**	۳,۰^{ns}	۰,۱۶*	۲۵۴۹۸۹۶^{ns}	۱۷۷۶۶۴^{ns}	۵۸۱۱۱^{ns}	۳,۶**	۰,۴۳^{ns}	۰,۰۰۶^{ns}	۶,۵**
سال×تاریخ	۶	۶۸,۰^{ns}	۱,۷^{ns}	۰,۰۸^{ns}	۲۰۳۳۰۰^{ns}	۵۲۳۲۲^{ns}	۱۱۹۵۱^{ns}	۰,۹^{ns}	۰,۰۹^{ns}	۰,۰۱۳^{ns}	۸,۵**
آبیاری×رقم	۶	۲۲۵,۶**	۵,۲^{ns}	۰,۱۶*	۲۸۳۸۲۱۴^{ns}	۱۷۵۶۸۸^{ns}	۳۹۹۹۵^{ns}	۲,۷**	۰,۲۱^{ns}	۰,۰۲۲*	۹,۹**
سال×آبیاری×رقم	۶	۲۶,۷**	۰,۳^{ns}	۰,۰۴^{ns}	۲۰۸۰۲۵^{ns}	۲۵۷۱۴^{ns}	۶۲۲۸^{ns}	۰,۱^{ns}	۰,۰۴^{ns}	۰,۰۰۶^{ns}	۲,۸^{ns}
تاریخ	۶	۱۷۳,۳^{ns}	۴,۹*	۰,۱۲*	۲۶۴۵۵۴۹**	۱۶۳۷۰۲**	۴۱۰۳۹**	۱,۷^{ns}	۰,۲۰^{ns}	۰,۰۱۰^{ns}	۷,۷^{ns}
سال×تاریخ	۶	۵۵,۱**	۰,۶^{ns}	۰,۰۲^{ns}	۱۲۴۲۵۱^{ns}	۱۸۳۷۲^{ns}	۳۷۵۳^{ns}	۱,۴^{ns}	۰,۱۱^{ns}	۰,۰۰۶^{ns}	۵,۴*
خطا	۹۶	۶۵,۶	۲,۶	۰,۰۶	۱۷۲۰۸۸۵	۴۷۲۵۲۹	۹۸۶۹۱	۰,۷	۰,۲۸	۰,۰۰۹	۲,۱
(%) ضریب تغییرات		۵,۷۴	۱۰,۳	۱۰,۳	۶,۶۱	۱۷,۴۹	۱۷,۷۶	۵,۰۶	۱,۱۹	۷,۲۴	۳,۶۶

* و** به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد، ns: غیر معنی دار می باشد.

عملکرد دانه

تفاوت معنی‌دار در پاسخ ارقام به تیمارهای آبیاری در شرایط تاریخ کاشت معمول و تأخیری نشان داد که در تاریخ کاشت معمول (پنجم مهر ماه) (خلعت بری و همکاران ۲۰۲۱ و صفوی فرد و همکاران ۲۰۱۸)در شرایط آبیاری معمول و قطع آبیاری از مرحله خورجین دهی به بعد، هیبرید تاسیلو به ترتیب با میانگین ۶۱۳۹ و ۴۹۱۸ کیلوگرم در هکتار، بیشترین عملکرد دانه را نشان داد. در تاریخ کاشت تأخیری (پنجم آبان ماه) و در شرایط تنش خشکی آخر فصل (قطع آبیاری از مرحله خورجین دهی به بعد) نیز همین هیبرید با میانگین ۲۹۳۵ کیلوگرم در هکتار، بیشترین عملکرد دانه را به خود اختصاص داد (جدول ۳).

مقایسه ارقام مورد آزمون در تاریخ کاشت معمول (۵ مهر ماه) نشان داد که هیبرید کامپس کمترین میزان افت عملکرد دانه (۱۵/۹ درصد) را در شرایط قطع آبیاری از مرحله خورجین دهی به بعد نسبت به آبیاری معمول داشت، در حالی که در تاریخ کاشت تأخیری (۵ آبان ماه)، خط امید بخش مهر۲ کمترین میزان افت عملکرد دانه (۱۹/۳ درصد) را در شرایط قطع آبیاری از مرحله خورجین دهی به بعد نسبت به آبیاری معمول نشان داد (جدول ۳). در گیاه کلزا مرحله گلدهی و تشکیل خورجین-ها، حساس‌ترین مراحل به تنش خشکی محسوب می-شوند (سینکی و همکاران ۲۰۰۷). فرجی و همکاران (۲۰۰۹) نیز گزارش نمودند که کشت دیرتر از موعد کلزا سبب کاهش دوره رشد و در نهایت کاهش عملکرد دانه می گردد.

جدول ۳- مقایسه میانگین‌های ترکیبات تیماری تاریخ کاشت، آبیاری، و رقم برای برخی صفات مورد مطالعه

تاریخ کاشت	آبیاری	رقم	تعداد دانه در خورجین	وزن هزار دانه (g)	عملکرد بیولوژیکی ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد دانه ($kg.ha^{-1}$)	عملکردروغن دانه ($kg.ha^{-1}$)
پنجم مهر	شاهد	Kodiak	۲۴,۵ bc	۵,۴۳ bc	۲۲۹۳۳ bc	۵۵۶۰ab	۲۵۸۹ ab
		Traviata	۲۳,۳ bcd	۵,۱۴ cd	۲۲۰۹۶ cd	۵۲۸۱b	۲۴۳۸ b
		Compass	۲۲,۸ cd	۵,۰۸ d	۲۱۸۴۲ cd	۵۲۰۵ b	۲۳۹۸ b
		Diffusion	۲۵,۰ abc	۵,۵۲ ab	۲۳۲۱۲ bc	۵۶۴۲ ab	۲۶۳۵ ab
		Mehr2	۲۱,۹ d	۴,۹۲ d	۲۱۱۱۲ d	۵۰۲۸ b	۲۳۰۶ b
		Elvise	۲۵,۴ ab	۵,۶۰ ab	۲۳۵۱۱ ab	۵۷۵۲ ab	۲۶۹۴ ab
		Tassilo	۲۷,۲ a	۵,۸۱ a	۲۴۶۳۵ a	۶۱۳۹ a	۲۹۰۵ a
	قطع آبیاری از مرحله خورجین دهی	Kodiak	۱۶,۹ cd	۴,۱۷ bc	۱۶۵۰۹ d	۳۹۷۳ bc	۱۷۷۴ bc
		Traviata	۱۵,۶d	۳,۹۸ c	۱۶۰۱۴ d	۳۷۷۰c	۱۶۷۹ c
		Compass	۱۹,۱ abc	۴,۴۳ abc	۱۸۴۵۶ bc	۴۳۷۷ abc	۱۹۷۹ abc
		Diffusion	۱۹,۴ abc	۴,۴۹ ab	۱۹۰۲۳ b	۴۴۷۴ abc	۲۰۲۵ abc
		Mehr2	۱۷,۶ bcd	۴,۲۳ bc	۱۶۸۸۶ cd	۴۰۵۳ bc	۱۸۱۶ bc
		Elvise	۱۹,۹ ab	۴,۵۹ ab	۱۹۴۷۱ ab	۴۵۶۲ ab	۲۰۷۳ ab
		Tassilo	۲۱,۵ a	۴,۸۵ a	۲۰۷۱۲ a	۴۹۱۸ a	۲۲۴۸ a
پنجم آبان	شاهد	Kodiak	۱۰,۵ c	۳,۰۲ c	۱۳۱۴۴ c	۳۱۱۴ a	۱۳۵۴ a
		Traviata	۱۱,۹ abc	۳,۳۳ abc	۱۳۸۷۶ abc	۳۲۹۵ a	۱۴۳۹ a
		Compass	۱۲,۸ abc	۳,۵۴ ab	۱۴۳۹۷ abc	۳۴۱۳ a	۱۴۹۷ a
		Diffusion	۱۳,۳ab	۳,۶۱ ab	۱۴۶۶۲ abc	۳۴۸۹ a	۱۵۳۴ a
		Mehr2	۱۱,۰bc	۳,۱۵ bc	۱۳۴۳۳ bc	۳۱۳۵ a	۱۳۶۴ a
		Elvise	۱۳,۹ a	۳,۶۹ a	۱۴۹۰۳ ab	۳۵۳۷ a	۱۵۵۹ a
		Tassilo	۱۴,۲ a	۳,۶۱ ab	۱۵۳۶۳ a	۳۶۳۴ a	۱۶۰۲ a
	قطع آبیاری از مرحله خورجین دهی	Kodiak	۶,۷ bc	۲,۵۱ bc	۱۰۰۳۹ bc	۲۳۷۱ ab	۱۰۱۶ ab
		Traviata	۵,۶ c	۲,۲۸ c	۹۴۰۶ c	۲۱۴۹ b	۹۱۸,۲ b
		Compass	۷,۰bc	۲,۶۷ ab	۹۹۸۶ bc	۲۳۱۸ b	۱۰۰۳ b
		Diffusion	۷,۸ ab	۲,۷۱ ab	۱۱۰۹۴ ab	۲۶۵۲ ab	۱۱۴۱ ab
		Mehr2	۷,۵ b	۲,۶۵ ab	۱۰۸۳۱ abc	۲۵۲۷ ab	۱۰۸۱ ab
		Elvise	۸,۲ ab	۲,۷۶ ab	۱۱۴۱۵ ab	۲۷۲۹ ab	۱۱۷۹ ab
		Tassilo	۹,۵ a	۲,۹۰a	۱۲۲۶۱ a	۲۹۳۵ a	۱۲۷۳ a

هر دو میانگین با حروف مشترک در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی داری ندارند

عملکرد روغن دانه

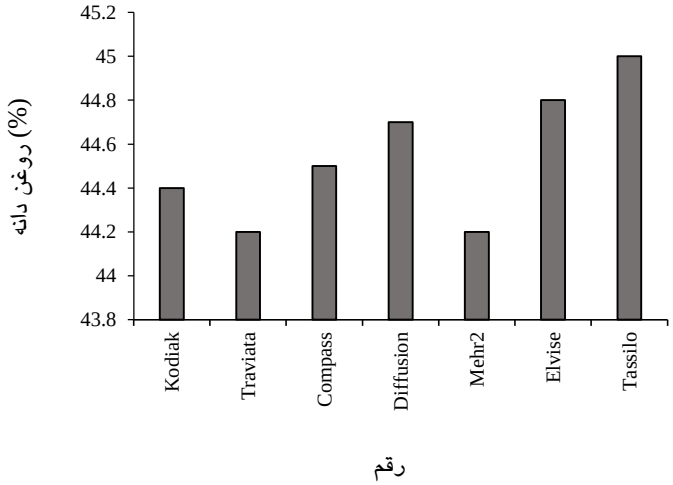
واکنش ارقام به تیمارهای آبیاری در تاریخ های کاشت معمول و تأخیری به طور معنی‌داری متفاوت بود. به‌طوری که در تاریخ کاشت معمول (پنجم مهر ماه) در شرایط آبیاری معمول و قطع آبیاری از مرحله خورجین دهی به بعد، هیبرید تاسیلو به ترتیب با میانگین ۲۹۰۵ و ۲۲۴۸ کیلوگرم در هکتار، بیشترین عملکرد روغن دانه را دارا بود، در تاریخ کاشت تأخیری (پنجم آبان ماه) در شرایط قطع آبیاری از مرحله خورجین دهی به بعد نیز همین هیبرید با میانگین ۱۲۷۳ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد روغن دانه را نشان داد (جدول ۳). با

توجه به وابستگی عملکرد روغن دانه به عملکرد دانه کلزا چنین نتیجه‌ای قابل پیش بینی بود.

نتایج مقایسه ارقام مورد آزمون در تاریخ کاشت معمول (۵ مهر ماه) نشان داد که هیبرید کامپس کمترین میزان افت عملکرد روغن دانه (۱۷/۴ درصد) را در شرایط تنش خشکی آخر فصل در مقایسه با شرایط آبیاری معمول داشت. به علاوه در تاریخ کاشت تأخیری (۵ آبان ماه) در شرایط قطع آبیاری از مرحله خورجین دهی به بعد، هیبرید تاسیلو کمترین میزان افت عملکرد دانه (۲۰/۵ درصد) را در مقایسه با شرایط آبیاری معمول دارا بود (جدول ۳). کلزا در تاریخ کاشت مطلوب با دارا بودن عملکرد دانه و درصد روغن بالا، بیشترین عملکرد روغن دانه را تولید می کند، در حالی که تأخیر در کاشت، به علت کاهش رشد گیاه، برخورد با گرما در طی مرحله پرشدن دانه ها، افزایش تنفس و کاهش مواد فتوسنتزی سبب کاهش عملکرد دانه، درصد روغن دانه و در نهایت عملکرد روغن دانه می شود (دانشیان و همکاران ۲۰۰۸).

درصد روغن دانه

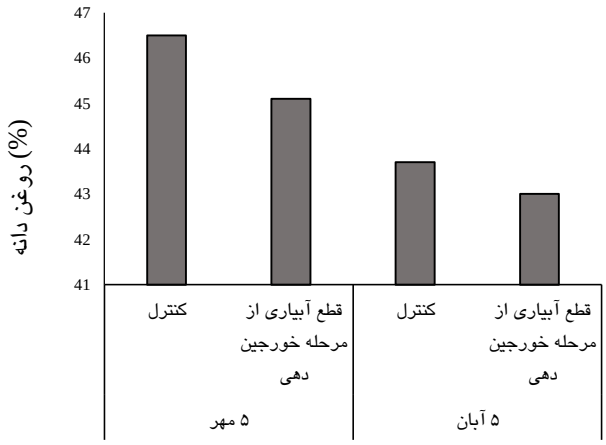
تفاوت معنی دار در ارقام مورد بررسی از نظر درصد روغن دانه مشاهده شد. به طوری که هیبرید تاسیلو با میانگین (۴۵ درصد) بیشترین میزان روغن دانه را در مقایسه با سایر ارقام به خود اختصاص داد (شکل ۲).



شکل ۲- مقایسه میانگین اثر ساده رقم بر میزان روغن دانه

مقایسه میانگین اثر متقابل تاریخ کاشت×آبیاری نشان داد که میانگین درصد روغن دانه در تاریخ کاشت معمول (پنجم مهر ماه) در تیمارهای آبیاری معمول (شاهد) و قطع آبیاری از مرحله خورجین دهی به بعد به ترتیب برابر با (۴۶/۵ و ۴۵/۱ درصد) بود (شکل ۳). این در حالی است که میانگین این صفت در تاریخ کاشت تأخیری (پنجم آبان ماه) در تیمار آبیاری معمول و تنش خشکی آخر فصل (قطع آبیاری از مرحله خورجین دهی به بعد) به ترتیب (۴۳/۷ و ۴۳ درصد) بود (شکل ۳).

بر اساس نتایج حاصل، درصد افت روغن دانه در شرایط تاریخ کاشت معمول و آبیاری معمول در مقایسه با تاریخ کاشت تأخیری و آبیاری معمول برابر با (۶ درصد) بود. به علاوه درصد افت روغن دانه در شرایط تاریخ کاشت معمول و تنش خشکی آخر فصل در مقایسه با شرایط تاریخ کشت تأخیری و تنش خشکی آخر فصل به میزان (۴/۶ درصد) بود. آدامسن و کافلت (۲۰۰۵) نیز کاهش مقدار روغن را در اثر کاشت تأخیری گزارش نمودند.



شکل ۳- مقایسه میانگین ترکیبات تیماری تاریخ کاشت × آبیاری بر میزان روغن دانه

وزن هزاردانه

واکنش ارقام به تاریخ کاشت و آبیاری تفاوت معنی داری داشت. بطوری که بیشترین میزان وزن هزار دانه مربوط به تاریخ کاشت معمول (۵ مهرماه) و شرایط آبیاری معمول و رقم تاسیلو (۵/۸۱ گرم) بود. در تاریخ کاشت ۵ آبان ماه (کشت تاخیری) و شرایط آبیاری معمول بیشترین وزن هزار دانه مربوط به رقم الوایس (۳/۶۹ گرم) و کمترین آن مربوط به رقم کودیاک (۳/۰۲ گرم) بود و در شرایط قطع آبیاری از مرحله خورجین دهی بیشترین وزن هزار دانه مربوط به رقم تاسیلو (۲/۹۰ گرم) و کمترین وزن هزار دانه مربوط به رقم تراویاتا با میانگین۲/۲۸ گرم بود (جدول ۳). توجه به برخورد مراحل پایانی رشد به‌ویژه مرحله پر شدن دانه در هر دو تاریخ کاشت، خصوصاً تاریخ کاشت زمستانه به درجه حرارت‌های بالا و بادهای گرم و خشک، در رقم آزاد گرده افشان و زودرس به‌ویژه زمان پر شدن دانه در دماهای پایین‌تر و شرایط مساعدتری انجام شده که در نهایت با گرمای کمتری مواجه شده واین امر باعث افزایش وزن هزار دانه می شود. یکی از دلایل کاهش وزن هزار دانه در اثر تأخیر کاشت، افزایش دما در طول دوره پر شدن دانه است (رابرتسون و همکاران ۲۰۰۴).

تعداد خورجین در بوته

میانگین اثر ساده سال، تاریخ کاشت و آبیاری و رقم بر تعداد خورجین در بوته در سطح یک درصد معنی‌دار بود. به علاوه اثر متقابل تاریخ کاشت × آبیاری، تاریخ کاشت × رقم و آبیاری × رقم درسطح یک درصد بر این صفت معنی دار شد. در بین اجزای عملکرد دانه کلزا، تعداد خورجین در بوته حساس‌ترین جزء عملکرد به تنش خشکی است (قبادی و همکاران ۲۰۰۶). با این وجود تفاوت معنی‌داری در بین ارقام از نظر تعداد خورجین در بوته در سطوح مختلف آبیاری در دو تاریخ کاشت مورد مطالعه وجود داشت. مقایسه میانگین اثر متقابل تاریخ کاشت × رقم بر تعداد خورجین در بوته نشان داد که در هر دو تاریخ کاشت ۵ مهرماه و ۵ آبان، بیشترین تعداد خورجین در بوته، به ترتیب با میانگین های ۱۹۳/۵ و ۱۱۵/۹ اعداد مربوط به رقم تاسیلو بوده است (جدول ۴).

جدول ۴- نتایج مقایسه میانگین‌های ترکیبات تیماری تاریخ کاشت × رقم برای برخی صفات کلزا

تاریخ کاشت	رقم	تعداد خورجین در بوته	کربوهیدرات های محلول ($Mg.\ g\ FW^{-1}$)
۵ مهرماه	Kodiak	۱۷۰,۹c	۳۲,۵ ab
	Traviata	۱۶۳,۰c	۳۴,۱ a
	Compass	۱۷۰,۰c	۳۲,۵ ab
	Diffusion	۱۸۰,۵ b	۳۰,۶ bc
	Mehr2	۱۶۲,۱c	۳۴,۴ a
	Elvise	۱۸۳,۹b	۲۹,۹ cd
	Tassilo	۱۹۳,۵ b	28.1 d
۵ آبان ماه	Kodiak	۹۹,۳ c	۵۰,۱ a
	Traviata	۹۹,۶ c	۴۹,۷ ab
	Compass	۱۰۸,۰ abc	۴۷,۷ bcd
	Diffusion	۱۱۰,۴ ab	۴۶,۹ cde
	Mehr2	۱۰۲,۹ bc	۴۹,۰abc
	Elvise	۱۱۲,۹ a	۴۶,۲ de
	Tassilo	۱۱۵,۹ a	۴۵,۲ e

هر دو میانگین با حروف مشترک در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی داری ندارند

مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری × رقم نشان داد که در شرایط آبیاری معمول و قطع آبیاری از مرحله خورجین دهی به بعد بیشترین میانگین این صفت، به ترتیب با میانگین های ۱۷۰/۱ و ۱۳۹/۲ عدد، مربوط به رقم تاسیلو بوده است (جدول ۵).

جدول ۵- نتایج مقایسه میانگین‌های اثر متقابل آبیاری × رقم بر برخی صفات کلزا

آبیاری	رقم	تعداد خورجین در بوته	پرولین ($\mu M.\ gFW^{-1}$)	کربوهیدرات های محلول ($Mg.\ g\ FW^{-1}$)
آبیاری معمول	Kodiak	۱۵۳,۵ bc	۱۸,۴ bc	۳۷,۳ ab
	Traviata	۱۵۲,۲ c	۱۸,۱ bc	۳۷,۱ ab
	Compass	۱۵۲,۵ bc	۱۸,۲ bc	۳۶,۷ bc
	Diffusion	۱۶۲,۷ ab	۱۹,۱ ab	۳۴,۸ cd
	Mehr2	۱۴۴,۳ c	۱۷,۵ c	۳۹,۰ a
	Elvise	۱۶۵,۸ a	۱۹,۵ ab	۳۴,۰d
	Tassilo	۱۷۰,۱ a	۲۰,۳ a	۳۳,۱ d
قطع آبیاری از مرحله خورجین دهی	Kodiak	۱۱۶,۸ de	۱۴,۹ cd	۴۵,۳ ab
	Traviata	۱۱۰,۴ e	۱۳,۹ d	۴۶,۷ a
	Compass	۱۲۵,۵ bc	۱۵,۷ abc	۴۳,۵ bc
	Diffusion	۱۲۸,۲ bc	۱۶,۱ abc	۴۲,۷ c
	Mehr2	۱۲۰,۷ cd	۱۵,۳ bcd	۴۴,۴ abc
	Elvise	۱۳۰,۹ b	۱۶,۳ ab	۴۲,۱ cd
	Tassilo	۱۳۹,۲ a	۱۷,۱a	۴۰,۲ d

هر دو میانگین با حروف مشترک در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی داری ندارند

در شرایط آبیاری معمول کمترین تعداد خورجین در بوته مربوط به رقم مهر۲ با میانگین (۱۴۴/۳ عدد) و در شرایط قطع آبیاری از مرحله خورجین دهی، کمترین تعداد خورجین در بوته مربوط به رقم تراویاتا با میانگین (۱۱۰/۴ عدد) بود. در کشت پاییزه به‌دلیل اینکه مراحل گل‌دهی و نمو خورجین‌ها در شرایط مناسب محیطی چون درجه حرارت و رطوبت واقع شدند، تعداد گلچه بیشتری تبدیل به خورجین شد. اصولا تعداد خورجین در بوته در میان اجزاء عملکرد کلزا حساسیت بالایی به تنش کم‌آبی دارد و اعمال تنش کم‌آبی در مراحل گل‌دهی و خورجین‌دهی گیاه کلزا به‌واسطه ریزش شدیدتر گل و خورجین سبب کاهش قابل توجه در تعداد خورجین در بوته می‌گردد (شهسواری و همکاران ۲۰۱۴b). در آزمایشی گزارش شده است که تنش کم آبی سبب کاهش ۱۲ درصدی تعداد خورجین در بوته در دور آبیاری ۱۵ روز در مقایسه با دور آبیاری هفت روز گردید (زارع و همکاران ۲۰۱۰). دین و همکاران (۲۰۱۱) نیز کاهش محسوس تعداد خورجین پر در پنج رقم کلزا را در شرایط قطع آبیاری از گل‌دهی در مقایسه با قطع آبیاری از خورجین‌دهی گزارش کرده‌اند. توحیدی مقدم (۲۰۰۹) نیز کاهش محسوس تعداد کل خورجین در شش رقم کلزا را در شرایط قطع آبیاری گل‌دهی گزارش نموده‌اند که با نتایج این آزمایش همخوانی دارد.

تعداد دانه در خورجین

در تاریخ کاشت ۵ مهر ماه و شرایط آبیاری معمول بیشترین تعداد دانه در خورجین مربوط به رقم تاسیلو (۲۷/۲) و کمترین تعداد مربوط به رقم مهر۲ (۲۱/۹) بود. در شرایط قطع آبیاری از مرحله خورجین دهی به بعد، بیشترین تعداد دانه در خورجین مربوط به رقم تاسیلو (۲۱/۵) و کمترین تعداد مربوط به رقم تراویاتا (۱۵/۶) بود (جدول ۳). در تاریخ کاشت ۵ آبان ماه و شرایط آبیاری معمول بیشترین تعداد دانه در خورجین مربوط به رقم تاسیلو (۱۴/۲) و کمترین آن مربوط به رقم کودیاک (۱۰/۵) بود. در شرایط قطع آبیاری از مرحله خورجین دهی نیز بیشترین تعداد دانه در خورجین مربوط به رقم تاسیلو (۹/۵) و کمترین تعداد مربوط به رقم تراویاتا با میانگین ۵/۶ بود. تنش با کاهش فراهمی اسیمیلات منجر به کاهش عملکرد دانه از طریق افزایش سقط گلچه، دانه و خورجین می گرد (دیپن بروک ۲۰۰۰). این موضوع نشان دهنده تاثیر ژنتیک و تغییرات محیطی بر این صفت می باشد. داشتن شاخ و برگ بیشتر (عملکرد ماده خشک بالاتر)، منجر به تعداد خورجین زیادتر و وزن هزار دانه بیشتر می‌شود که این عوامل ارتباط بسیار بالای بین عملکرد دانه و عملکرد ماده خشک را توجیه می‌نماید. کاهش فتوسنتز و در نتیجه کاهش تولید ماده خشک طی دوره گل‌دهی و تشکیل دانه می‌تواند از طریق کاهش یک یا تعداد بیشتری از اجزای عملکرد بر عملکرد دانه تأثیر بگذارد. شهسواری و همکاران (۲۰۱۴b) گزارش کردند که تنش خشکی، عملکرد ماده خشک در کلزا را به طور معنی‌داری کاهش می‌دهد. فرجی و همکاران (۲۰۰۹) گزارش کردند که تیمار دیم (بدون آبیاری) به ترتیب باعث کاهش ۲۱ و ۱۸ درصدی ماده خشک و عملکرد دانه ارقام کلزا در مقایسه با تیمار آبیاری مطلوب گردید.

عملکرد بیولوژیکی کل بوته

میانگین عملکرد بیولوژیکی در تاریخ های کاشت معمول (پنجم مهر ماه) و تأخیری (پنجم آبان ماه) به طور معنی‌داری متفاوت بود (جدول ۳). در تاریخ کاشت ۵ مهر ماه و شرایط آبیاری معمول بیشترین عملکرد بیولوژیکی مربوط به رقم تاسیلو (۲۴۶۵۳ کیلوگرم در هکتار) و در شرایط قطع آبیاری از مرحله خورجین دهی به بعد، بیشترین عملکرد بیولوژیکی مربوط به رقم تاسیلو (۲۰۷۱۲ کیلوگرم در هکتار) بود. در تاریخ کاشت ۵ آبان ماه (تاخیری) و در هر دو شرایط آبیاری معمول و قطع آبیاری از مرحله خورجین دهی، بیشترین میزان عملکرد بیولوژیکی مربوط به رقم تاسیلو به ترتیب با میانگین های ۱۵۳۶۳ و ۱۲۲۶۱ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۳). داشتن شاخ و برگ بیشتر (عملکرد ماده خشک بالاتر)، منجر به تعداد خورجین زیادتر و وزن هزار دانه بیشتر می‌شود که این عوامل ارتباط بسیار بالای بین عملکرد دانه و عملکرد ماده خشک را توجیه می‌نمایند. کاهش

فتوسنتز و در نتیجه کاهش تولید ماده خشک طی دوره گل‌دهی و تشکیل دانه می‌تواند از طریق کاهش یک یا تعداد بیشتری از اجزای عملکرد بر عملکرد دانه تأثیر بگذارد. سینکی و همکاران (۲۰۰۷) گزارش کردند که تنش خشکی عملکرد ماده خشک در کلزا را به طور معنی‌داری کاهش می‌دهد. گان و همکاران (۲۰۰۹) نیز از آزمایشات خود نتیجه گرفتند که عملکرد بیولوژیکی در شرایط دیم به طور معنی‌داری کمتر از شرایط آبیاری مطلوب بود، به طوری‌که در طی دو سال آزمایش عملکرد بیولوژیک از ۵۸۰۹ و ۵۳۳۸ کیلوگرم در هکتار در شرایط آبیاری مطلوب به ۳۱۹۲ و ۴۸۱۷ کیلوگرم در هکتار در شرایط دیم تقلیل یافت.

پرولین برگ

میانگین غلظت پرولین در تاریخ های کاشت معمول (پنجم مهر ماه) و تأخیری (پنجم آبان ماه) به طور معنی-داری متفاوت بود. در تاریخ کاشت ۵ مهرماه میزان پرولین برگ بیشتر از محتوی پرولین برگ در تاریخ کاشت ۵ آبان ماه، به ترتیب به میزان ۲۰/۸ و ۱۳/۶ میکرومول بر گرم وزن تر برگ بود. نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری × رقم نشان داد که در هر دو شرایط آبیاری معمول و قطع آبیاری از مرحله خورجین دهی به بعد، بیشترین میزان پرولین به ترتیب با میانگین های ۲۰/۳ و ۱۷/۱ میکرومول بر گرم وزن تر برگ مربوط به رقم تاسیلو بود (جدول ۵). پرولین محلول، می تواند حلالیت پروتئین‌های مختلف را تحت تأثیر قرار داده و جلوی غیرطبیعی شدن آلبومین را بگیرد. به نظر می-رسد با افزایش شدت تنش کم‌آبی در طول زمان و کاهش شدید پتانسیل اسمزی، گیاه با تجمع اسمولیت‌هایی نظیر پرولین سعی در کاهش اثرات مخرب تنش خشکی بر سلول‌ها دارد، بنابراین میزان پرولین به شدت افزایش یافته و متعاقب آن تنظیم اسمزی در سلول‌ها صورت گرفته است. گزارش شده است که اعمال تنش اسمزی در سطح ۱/۵- مگاپاسکال سبب افزایش معنی‌دار محتوی پرولین در ریشه و ساقه ارقام کلزا گردید (شهسواری و همکاران ۲۰۱۴a). نقش اسید آمینه پرولین در پایداری غشاء سلولی به واسطه خاصیت جاروبگری گونه‌های فعال اکسیژن کاملاً روشن می‌باشد (اشرف و فولاد ۲۰۰۷).

کربوهیدرات محلول در برگ

مقایسه میانگین اثر متقابل تاریخ کاشت × رقم نشان داد که در تاریخ کاشت ۵ مهر ماه بیشترین میزان کربوهیدرات محلول در برگ مربوط به رقم کامپس (۳۲/۵ میلی گرم بر گرم وزن تر برگ) و در تاریخ کاشت ۵ آبان ماه بیشترین میزان مربوط به کودیاک (۵۰/۱) میلی گرم بر گرم وزن تر برگ بود (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل آبیاری × رقم نشان داد که درشرایط آبیاری معمول بیشترین میزان کربوهیدرات محلول در برگ مربوط به رقم مهر۲ (۳۹ میلی گرم بر گرم وزن تر برگ) و در شرایط قطع آبیاری از مرحله خورجین دهی به بعد بیشترین میزان کربوهیدرات محلول برگ مربوط به رقم تراویاتا (۴۶/۷ میلی گرم بر گرم وزن تر برگ) بود (جدول ۵). تجمع کربوهیدرات محلول و سایر مواد محلول سازگار (مانند پرولین) به عنوان اسمولیت نشان دهنده تقاضای زیاد به کربوهیدرات در گیاهان تحت شرایط کاهش تثبیت کربن می‌باشد (ژو و همکاران ۲۰۰۸). تحت تاثیر تنش خشکی، افزایش فعالیت آنزیم آمیلاز موجب تجزیه نشاسته و تبدیل آن به واحدهای کوچک‌تر به هنگام تنش کمبود آب می‌گردد (اینگرام و بارتلس ۱۹۹۶). بر اساس نتایج تحقیقات صورت گرفته قندهای محلول می‌توانند نقش مهمی در تنظیم اسمزی سلول ها در کلزا از طریق تجمع مقدار زیادی مواد محافظت کننده اسمزی مانند قندهای محلول ایفا نمایند. نتایج تحقیقات پیشین بر روی محصولات مختلف (مستاجرانی و رحیمی ایچی ۲۰۰۸، ما و همکاران۲۰۰۶ و شارما و کوهاد ۲۰۰۶) نتایج به دست آمده از این آزمایش را مبنی بر افزایش کربوهیدرات محلول در برگ تحت تنش رطوبتی تأیید می نماید.

محتوای کلروفیل

در هر دو شرایط آبیاری معمول و قطع آبیاری از مرحله خورجین دهی، رقم تاسیلو به ترتیب با میانگین ۱/۵۲ و ۱/۳۴ میلی گرم بر گرم وزن تر برگ، بیشترین میزان کلروفیل را به خود اختصاص داد (جدول ۴). به

نظر می‌رسد که دلیل کاهش میزان کلروفیل در شرایط تنش خشکی، افزایش تخریب این رنگیزه‌ها و یا کاهش ساخت آنها و نیز اختلال در فعالیت آنزیم‌های مسئول سنتز رنگدانه‌های فتوسنتزی باشد. به علاوه ممکن است کاهش در پروتئین‌های غشایی خاص در شرایط تنش خشکی، افزایش در فعالیت آنزیم کلروفیلاز و پراکسیداز از عوامل مؤثر در کاهش کلروفیل در شرایط تنش خشکی باشد. همچنین کاهش سبزینگی برگ ممکن است تا حدودی به دلیل کاهش جریان نیتروژن به بافت‌ها و تغییر در فعالیت آنزیم هایی مثل نیترات ریداکتاز باشد (هن و لی ۲۰۰۵). مطالعه واکنش‌های فیزیولوژی و زراعی کلزا به تنش کم‌آبی نشان داده است که کمبود رطوبت خاک در مراحل گل‌دهی و خورجین‌دهی سبب کاهش ۱۳ تا ۴۵ درصدی میزان کلروفیل در ارقام مختلف کلزا در مقایسه با تیمار آبیاری مطلوب شده است (دین و همکاران ۲۰۰۱).

نتیجه گیری

نتایج این تحقیق نشان داد در شرایط قطع آبیاری و تاریخ کشت دیرتر از موعد (۵ آبان) هیبرید تاسیلو بالاترین عملکرد دانه (۲۹۳۵ کیلوگرم در هکتار) را به خود اختصاص داد و کمترین عملکرددانه مربوط به هیبرید تراویاتا (۲۱۴۹ کیلوگرم در هکتار) بود. همچنین در تاریخ کاشت ۵ آبان ماه و قطع آبیاری از مرحله خورجین دهی نیز هیبرید تاسیلو بیشترین عملکرد روغن را در شرایط تنش نسبت به سایر هیبریدها از خود نشان داد (۱۲۷۳ کیلوگرم در هکتار) و کمترین میزان مربوط به هیبرید تراویاتا (۹۱۸,۲ کیلوگرم در هکتار) بود. نتایج این تحقیق نشان داد رقم تاسیلو با بالاترین عملکرد دانه (۲۹۳۵ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد روغن دانه (۱۲۷۳ کیلوگرم در هکتار) و همچنین غلظت پرولین بالا برای مقابله با تنش خشکی و به سبب عکلکرد کمی و کیفی قابل قبول برای توسعه کشت کلزا در کشت تاخیری مناطق معتدل سرد با اقلیم های خشک و نیمه خشک قابل توصیه می باشد.

سپاسگزاری

از اساتید محترم راهنما و مشاور، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تاکستان و مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج که در اجرای این طرح نهایت همکاری را با ما داشتند صمیمانه تشکر و قدردانی میشود.

منابع مورد استفاده

Adamsen FJ and Coffelt TA. 2005. Planting dates effects on flowering, seed yield, and oil content of rape and crambe cultivars. Industrial Crops and Products, 21: 293-307.

Ashraf M, Ashfaq M and Ashraf MY. 2002. Effect of increased supply of potassium on growth and nutrient content in pearl millet under water stress. Biologia Plantarum, 45: 141-144.

Ashraf M and Foolad MR. 2007. Roles of glycinebetaine and proline in improving plant abiotic stress tolerance. Environmental and Experimental Botany, 59: 206-216.

Ashraf M and Harris PJC. 2004. Potential biochemical indicators of salinity tolerance in plants. Plant Science, 166: 3-16.

Bates CJ, Waldren RP and Teare ID. 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. Plant and Soil, 39: 205-207.

Daneshyan AM, Ahmadzadeh AR, Shahriar HA and Khanizadeh AR. 2008. Effect of sowing dates on grain and biological yield, oil and meal protein percentage in three cultivars of rape (*Brassica napus* L.). Research Journal of Biological Sciences, 3: 729-732.

Diepenbrock W. 2000. Yield analysis of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.), a review. Field Crops Research, 67: 35-49.

Din J, Khan SU, Ali I and Gurmani AR. 2011. Physiological and agronomic response of canola varieties to drought stress. Journal of Animal and Plant Sciences, 21: 78-82.

Dubois M, Gilles KA, Hamilton JK, Rebers PA and Smith F. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. Analytical Chemistry, 28: 350-356.

Faraji A. 2009. Estimating of planting and supplemental irrigation on dry matter distribution in canola cultivars (*Brassica napus* L.). Journal of Crop Breeding, 1: 29-42.

Faraji N, Latifi N, Soltani A and Shiranirad AH. 2009. Seed yield and water use efficiency of canola (*Brassica napus* L.) as affected by high temperature stress and supplemental irrigation. Agricultural Water Management, 96: 132-140.

Farooq M, Wahid A, Kobayashi N, Fujita D and Basra SMA. 2009. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. Agronomy for Sustainable Development, 29: 185-212.

Gan Y, Campbell CA, Liu L, Basnyat P and McDonald CL. 2009. Water use and distribution profile under pulse and oilseed crops in semiarid northern high latitude areas. Agricultural Water Management, 96: 337-348.

Ghobadi M, Bakhshandeh M, Fathi G, Gharineh MH, Alami-Said K, Naderi A and Ghobadi ME. 2006. Short and long periods of water stress during different growth stages of canola (*Brassica napus* L.): effect on yield, yield components, seed oil and protein contents. Journal of Agronomy, 5(2): 336-341.

Han HS and Lee KD. 2005. Plant growth promoting Rhizobacteria effect on antioxidant status, photosynthesis, mineral uptake and growth of lettuce under soil stress. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences, 1: 210-215.

Hanson B, Schwankl L and Fulton A. 2004. Scheduling Irrigation: When and How Much Water to Apply. Division of Agriculture and Natural Resources. Publication University of California. University of California Davis. PP. 202.

Ingram J and Bartels D. 1996. The molecular basis of dehydration tolerance in plants. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology, 47: 377-403.

Khalatbari AH, Valadabadi SAR, Shiranirad AH, Sayfzadeh S, Zakerin HR. 2021. Response of six winter rapeseed hybrids to drought stress at different planting dates. Iranian Journal of Field Crop Science, 51:121-131

Koutroubas SD and Papadoska DK. 2005. Adaptation, seed yield and oil content of safflower in Greece. VIth. International Safflower Conference, Istanbol 6-10 June p. 161-167.

Lee B, Munoz-Mayor A, Sharkhuu A, Miura K, Zhu JK, Bressan RA and Hasegawa PA. 2004. AtHKT1 facilitates Na+ homeostasis and K+ nutrition in plant. Plant Physiology, 136: 2500-2511.

Ma GH, Bunn E, Dixon K and Flemati G. 2006. Comparative enhancement of germination and vigor in seed and somatic embryos by the smoke chemical 3-methyl-2H-furo 2,3-c pyran-2-one in Baloskion tetraphyllum (Restionaceae). In Vitro Cellular and Developmental Biology – Plant, 42: 305- 308.

Majidi MM, Jafarzadeh M, Rashidi F and Mirlohi A. 2015. Effect of drought stress on yield and some physiological traits in canola varieties. Journal of Plant Process and Function, 3: 59-70.

Mostajerani A and Rahimi-Eichi V. 2008. Drought stress effects on root anatomical characteristics of rice cultivars (*Oryza sativa* L.). Pakistan Journal of Biological Sciences, 11: 2173-2183.

Omidian A, Siadat SA, Naseri R and Moradi M.2012. Effect of foliar application of Zn sulphate on grain yield, oil and protein of four canola cultivars. Iranian Journal of Crop Sciences, 14(1): 16-28. (In Persian).

Qiang-yun S, Turakainen M, Sappanen M and Makela P. 2008. Effects of Selenium on Maize ovary development at pollination stage under water deficit. Agricultural Sciences in China, 7: 1298-1307.

Qian W, Li Q, Noack J, Sass O, Meng J, Frauen M and Jung C. 2009. Heterotic patterns in rapeseed (*Brassica napus* L.): II crosses between European winter and Chinese semi-winter lines. Plant Breeding, 128: 466-470.

Robertson MJ and Holland JF. 2004. Production risk of canola in the semi-arid subtropics of Australia. Australian Journal of Agricultural Research, 55: 525-538.

Robertson MJ, Holland JF and Bambach R. 2004. Response of canola and Indian mustard to sowing date in the belt of north-eastern Australia. Australian Journal of Experimental Agriculture, 44: 43-52.

Robertson MJ, Holland JF, Bambach R and Cawthray S. 1999. Response of canola and Indian mustard to sowing date in risky Australian environment. Proceeding of the 10th International Rapeseed Congress, Canberra, Australia.

Robertson MJ, Holland JF and Bambach R. 2004. Response of canola and Indian mustard to sowing date in the grain belt of north-eastern Australia. Australian Journal of Experimental Agriculture, 44: 43-52.

Safavifard N, Heidari Sharifabad H, Shiranirad AH, Majidihervan E, Daneshyan J. 2018. Investigation of the possibility of winter planting of spring oilseed rape cultivars in cold-temprature Karaj region under terminal water deficit stress condition. Seed and Plant Production, 34:23-38.

Starner DE, Hamama AA and Bhardwaj HL. 2002. Prospects of canola as an alternative winter crop in Virginia. In: J. Janick and A. Whipkey (eds.), Trends in new crops and new uses. ASHS Press, Alexandria, VA. p. 127-130.

Shahsavari N, Jais HM and Shirani Rad AH. 2014a. Effect of zeolite and zinc on the biochemical characteristics of canola upon drought stress. Sains Malaysiana, 43: 1549-1555.

Shahsavari N, Jais HM and Shirani Rad AH. 2014b. Responses of canola morphological and agronomic characteristics to zeolite and zinc fertilization under drought stress. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 45: 1813–22.

Sharma P and Dubey RS. 2005. Modulation of nitrate reductase activity in rice seedlings under aluminium toxicity and water stress: role of osmolytes as enzyme protectant. Journal of Plant Physiology, 162: 854-864.

Sharma HC. 2002. More potash is needed for high yield and quality of oilseeds crops in India. Indian Journal of Agricultural Sciences, 60: 205-210.

Sharma KD, Kuhad MS and Nandwal AS. 1992. Possible role of potassium in drought tolerance in Brassica. Journal of Potassium Research, 8: 320-327.

Sharma KD and Kuhad MS. 2006. Influence of Potassium level and soil moisture regime on biochemical metabolites of brassica species. Brassica Journal, 8: 71-74.

Sinaki MJ, Majidi Heravan E, Shirani Rad AH, Noormohamadi G and Zarei G. 2007. The effects of water deficit during growth stages of canola (*B. napus* L.). American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences, 2: 417-422.

Thomas, D.L., 1990. Planting date effect and double cropping potential of rape in the south eastern U.S. Applied Agric. Res. 13: 205-211.

Tohidi Moghadam HR, Shirani Rad AH, Nour-Mohammadi G, Habibi D, Modarres-Sanavy SAM and Mashhadi-Akbar-Boojar M. 2009. Response of six oilseed rape genotypes to water stress and hydrogel application. Pesquisa Agropecuária Tropical, 39: 43-50.

Xue G, Lynne McIntyre C, Glassop D and Shorter R. 2008. Use of expression analysis to dissect alterations in carbohydrate metabolism in wheat leaves during drought stress. Plant Molecular Biology, 67: 197-214.

Zarei G, Shamsi H and Dehghani SM. 2010. The effect of drought stress on yield, yield components and seed oil content of three autumnal rapeseed cultivars (*Brassica napus* L.). Journal of Research in Agricultural Science, 6: 29-37.