تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد دوازدهم، شماره اول، بهار ۱۳۹۸
۱۹۵-۱۸۱
http://dx.doi.org/10.22077/escs.2018.1208.1247

بررسی اثرات تنش خشکی آخر فصل و تاریخ کاشت بر برخی صفات زراعی ژنوتیپ‌های امیدبخش کلزای پاییزه

نادیا قره‌چائی[۱]، فرزاد پاک‌نژاد[۲*]، امیرحسین شیرانی‌راد[۳]، قاسم توحیدلو[۴]، حمید جبّاری[۵]

۱. دانشجوی دکتری زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کرج، گروه زراعت، کرج، ایران.
۲. استاد گروه زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کرج، گروه زراعت، کرج، ایران.
۳. استاد موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.
۴. استادیار گروه زراعت، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کرج، گروه زراعت، کرج، ایران.
۵. استادیار موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۹/۲۶؛ تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۶/۱۸

چکیده

به‌منظور ارزیابی عکس‌العمل‌های ژنوتیپ‌های منتخب پاییزه کلزا به تنش رطوبتی آخر فصل در شرایط کشت تأخیری، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل اسپلیت‌پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار به مدت دو سال زراعی (۹۵-۹۴ و ۹۶-۹۵) در منطقه کرج اجرا شد. در این آزمایش عامل تاریخ کاشت در دو سطح شامل کشت به‌موقع (پانزدهم مهرماه) و کشت تأخیری (پنجم آبان ماه) و عامل آبیاری شامل آبیاری معمول و قطع آبیاری از مرحله خورجین‌دهی به بعد به‌صورت فاکتوریل در کرت‌های اصلی و چهار ژنوتیپ کلزا (L1030، L1204، L1110، L1114) و یک رقم تجاری (Okapi) در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که اثر برهمکنش تاریخ کاشت و ژنوتیپ بر کلیه صفات موردبررسی به‌استثنای شاخص برداشت معنی‌دار شد و بیشترین میانگین صفات در تاریخ کاشت پانزدهم مهرماه و از ژنوتیپ L1204 به دست آمد. اعمال تنش رطوبتی بعد از مرحله خورجین‌دهی باعث کاهش عملکرد دانه شد و کمترین میانگین صفات در این شرایط متعلق به ژنوتیپ L1114 بود. در شرایط کشت تأخیری و قطع آبیاری از مرحله خورجین‌دهی ژنوتیپ L1204 با بالاترین میزان عملکرد دانه (۲۴۶۰ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد روغن دانه (۱۰۱۷ کیلوگرم در هکتار) قابلیت کشت و توسعه در این تاریخ کشت و شرایط کم‌آبی آخر فصل را دارد.

واژه‌های کلیدی: **تاریخ کاشت، عملکرد دانه، قطع آبیاری، مرحله خورجین‌دهی**

مقدمه

در شرایط طبیعی، گیاهان در معرض انواع تنش‌های زنده و غیرزنده قرارگرفته و رشد، متابولیسم و عملکرد آن‌ها به‌شدت تحت تأثیر قرار می‌گیرد (Morcy et al., 2007). در بین تنش‌های غیرزنده خشکی به‌طورجدی مهم‌ترین عامل محدودکننده رشد و تولید کلزا (*Brassica napus* L.) در ایران به شمار می‌رود (Moradshahi et al., 2004). بر اساس میزان بارندگی سالیانه، بسیاری از نواحی ایران تحت تأثیر خشکی و کمبود آب قرار دارند. هرسال در الگوی بارندگی بسیاری از نواحی دنیا ازجمله ایران تغییراتی رخ می‌دهد و با افزایش در محدودیت آب، گیاهان بیشتر تحت تأثیر خشکی قرار می‌گیرند (Qaderi et al., 2006). کلزا بعد از سویا و نخل روغنی مقام سوم را در تأمین روغن نباتی جهان دارد و ازنظر پروتئین مقام پنجم را به خود اختصاص داده است (Jabari et al., 2015). بارندگی‌های فصول پاییز، زمستان و اوایل بهار نیاز آبی کلزا را در طی فصل رویشی تأمین، اما در بسیاری از مناطق کشور بحرانی‌ترین مراحل رشد یعنی گل‌دهی و خورجین‌دهی ممکن است هیچ‌گونه نزولات آسمانی نداشته باشد، لذا میزان خسارت ناشی از تنش

* نگارنده پاسخگو: فرزاد پاک‌نژاد. پست الکترونیک: farzadpaknejad@yahoo.com

خشکی در مراحل مختلف رشد متفاوت خواهد بود. شناسایی و تعیین حساسیت مراحل رشدی گیاه نسبت به تأثیرات خشکی در مدیریت زراعی از اهمیت بالایی برخوردار است. کمبود آب در بسیاری از مراحل نموی عملکرد کلزا را کاهش می‌دهد ولی اثرات منفی تنش در طی مرحله گل‌دهی بسیار بارزتر است (Sinaki et al., 2007). اختلافات ژنتیکی نیز در تحمل به تنش خشکی در طیف وسیعی از گیاهان و همین‌طور در مورد کلزا وجود دارد (Kauser et al., 2006). در ارزیابی واکنش سه ژنوتیپ کلزا به شدت‌های مختلف تنش رطوبتی، عکس‌العمل‌های متفاوتی ازنظر صفاتی مانند ارتفاع گیاه، تعداد شاخه‌ها، عملکرد بیولوژیکی، تعداد خورجین، تعداد دانه در خورجین و عملکرد دانه مشاهده شد (Ul–Haq et al., 2014). گزینش ارقام کلزا بر اساس عملکرد روغن بالا در مرتبه نخست و همچنین دارا بودن برخی صفات مطلوب به‌ویژه زودرسی، عملکرد دانه بالا و تحمل بالا به تنش‌های زیستی و غیر زیستی سبب توسعه کشت کلزا خواهد شد (Hu et al., 2016).

تاریخ کاشت نیز عامل مهمی است که عملکرد دانه و میزان روغن دانه را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Koutroubas and Papadoska, 2005). زمان کاشت مناسب با فراهم کردن میزان رشد لازم بوته‌های کلزا و کاهش آسیب‌پذیری آن‌ها در برابر سرما باعث افزایش معنی‌دار عملکرد دانه می‌گردد (Pasebaneslam, 2011). نتایج پژوهش‌های مختلف نشان می‌دهد اعمال تاریخ‌های کاشت زود یا دیرهنگام و رژیم‌های دمایی نامطلوب در طول دوره رشد، سبب کاهش محصول و اجزای عملکرد می‌شود و بالاترین عملکرد دانه از تاریخ کاشت مناسب به دست می‌آید (Bashir, 2010). در آزمایشی تأخیر در کاشت کلزا درنتیجه کاهش دوره رشد رویشی، سبب تولید بوته‌هایی با زیست‌توده کمتر و به دلیل برخورد مرحله زایشی با درجه حرارت بالا، موجب کاهش اجزای عملکرد و عملکرد دانه گردید (Faraji et al., 2009).

با توجه به اینکه در برخی مناطق سرد و معتدل سرد کشور به دلایل مختلف، کشاورزان موفق به انجام کشت به‌موقع نمی‌شوند نیاز به بررسی واکنش و انتخاب ژنوتیپ‌های کلزا که پایداری عملکرد بالاتری در شرایط کشت تأخیری دارند، تأثیر بسزایی در توسعه کشت کلزا در کشور به‌ویژه در مناطقی که برداشت زراعت‌های بهاره دیر صورت می‌گیرد، خواهند داشت. همچنین در منطقه کرج و مناطق مشابه معمولاً در فصول پاییز و زمستان، بارندگی‌های نسبتاً خوبی انجام می‌شود (مطابق آمار هواشناسی ۱۰ ساله) که تا حدودی نیاز آبی گیاه را تأمین می‌کند. جهت صرفه‌جویی در مصرف آب به‌ویژه آب‌های آخر (مراحل گل‌دهی، خورجین‌دهی و پر شدن دانه کلزا) که مصادف با آبیاری‌های اولیه زراعت‌های بهاره است و کشاورزان عمدتاً در این مراحل، آب کافی جهت اختصاص به هردو زراعت ندارند، قطع آبیاری در این مراحل سبب ۲ تا ۳ بار صرفه‌جویی در آبیاری نسبت به شرایط معمول (شاهد) می‌گردد. جهت توسعه سطح زیر کشت کلزا، پژوهش حاضر به‌منظور بررسی واکنش ژنوتیپ‌های امیدبخش کلزا به تنش خشکی آخر فصل در شرایط کشت به‌موقع و تأخیری انجام شد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی واکنش ژنوتیپ‌های کلزا به تاریخ کاشت و تنش خشکی آخر فصل، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل اسپلیت‌پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار به مدت دو سال زراعی (۹۵-۹۴ و ۹۶-۹۵) در منطقه کرج اجرا شد. در این آزمایش عامل تاریخ کاشت شامل دو تاریخ کاشت به‌موقع (پانزدهم مهرماه) و تاریخ کاشت تأخیری (پنجم آبان ماه) و عامل آبیاری شامل آبیاری معمول و قطع آبیاری از مرحله خورجین‌دهی به بعد (این زمان در تاریخ کاشت نرمال اواسط اردیبهشت‌ماه و در تاریخ کاشت تأخیری اواخر اردیبهشت‌ماه بود) به‌صورت فاکتوریل در کرت‌های اصلی و ژنوتیپ‌های کلزا شامل چهار ژنوتیپ (L1030، L1204، L1110، L1114) و یک رقم تجاری (Okapi) در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. هر کرت آزمایشی شامل شش خط شش متری با فاصله خطوط ۳۰ سانتی‌متر و فاصله بوته روی خط چهار سانتی‌متر بود که دو خط کناری به‌عنوان حاشیه در نظر گرفته شد.

جهت کنترل علف‌های هرز، از علف‌کش ترفلان به میزان ۲/۵ لیتر در هکتار قبل از کاشت به‌صورت خاک مخلوط و از وجین دستی نیز برای کنترل علف‌های هرز استفاده شد. برخی از ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک تا عمق ۳۰ سانتی‌متری در جدول ۱ و شرایط آب و هوایی و تغییرات دمایی در جدول ۲ ارائه گردیده‌اند. در پایان فصل در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک، به‌محض فراهم شدن شرایط محیطی، عملیات برداشت از هر کرت از خطوط میانی با حذف حاشیه‌ها انجام گرفت. به‌منظور تعیین صفاتی نظیر ارتفاع بوته، تعداد شاخه در بوته و تعداد خورجین در بوته، از هر کرت آزمایشی،

۱۰ بوته به‌طور تصادفی انتخاب و این صفات در آن‌ها اندازه‌گیری شد. برای تعیین تعداد دانه در خورجین، ۳۰ عدد خورجین از ۱۰ بوته موردنظر به‌طور تصادفی انتخاب و این صفت در آن‌ها محاسبه شد. به‌منظور اندازه‌گیری وزن هزار دانه بعد از برداشت محصول، ۸ نمونه ۱۰۰ تایی از بذور هر کرت آزمایشی به‌طور تصادفی انتخاب و با ضرب کردن میانگین وزن آن‌ها در عدد ۱۰، وزن هزار دانه محاسبه گردید. برای اندازه‌گیری عملکرد بیولوژیکی، پس از کف‌بر نمودن بوته‌های هر کرت آزمایشی قبل از جدا کردن دانه از خورجین، وزن کل بوته‌ها (برگ، ساقه، خورجین و دانه) تعیین‌شده و عملکرد بیولوژیکی در هکتار تعیین شد و پس از جدا کردن دانه‌ها از خورجین، عملکرد دانه محاسبه گردید و از تقسیم عملکرد دانه بر عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت به دست آمد. درصد روغن دانه با استفاده از دستگاه NMR اندازه‌گیری شد. از حاصل‌ضرب درصد روغن در عملکرد دانه در هکتار، عملکرد روغن در هکتار محاسبه شد.

با انجام آزمون بارتلت (جدول ۳) و پس از مشخص شدن عدم معنی‌داری نتیجه آزمون (به‌استثناء دو مورد که برای آن‌ها تبدیل داده‌ها انجام شد)، تجزیه واریانس مرکب با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS Ver.9 انجام شد. لازم به ذکر است که در جدول تجزیه واریانس برای بعضی از صفات خطای ب بزرگ‌تر از خطای الف به دست آمد که نشان‌دهنده وجود اثر متقابل بین تکرار و عامل اصلی است. به‌منظور مقایسه میانگین‌ها نیز از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد استفاده گردید.

جدول ۱. نتایج تجزیه خاک محل انجام آزمایش (۰ تا ۳۰ سانتیمتر)

Table 1. Soil analysis of experiment location (0-30 cm)

درصد اشباع	SP	36	درصد رس	Clay (%)	27
هدایت الکتریکی خاک	EC (dS/m)	2.22	درصد سیلت	Silt (%)	49
واکنش گل اشباع	pH	7.24	درصد شن	Sand (%)	24
درصد مواد خنثی شونده	T.N.V	10	درصد نیتروژن کل	N total	0.06
کربن آلی	O.C (%)	0.58	فسفر قابل‌جذب	P (ppm)	12.6
پتاسیم قابل‌جذب	K (ppm)	256	بافت	Texture	Clay-Loam

جدول ۲. میانگین ماهانه بارش (میلی‌متر) و دما (سانتی‌گراد) در طول فصل رشد ۹۶-۹۴

Table 2. Monthly average of precipitation (mm) and temprature (°C) during the growing season 2015- 2017.

ماه	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد
Month	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.
سال	۱۳۹۴	۱۳۹۴	۱۳۹۴	۱۳۹۴	۱۳۹۴	۱۳۹۴	۱۳۹۵	۱۳۹۵	۱۳۹۵
Year	2015	2015	2015	2015	2016	2016	2016	2016	2016
بارش Rainfall (mm)	3.5	77.4	28.6	15.6	8.7	17.8	75.5	13	0
میانگین دما Average temperature (°C)	19.4	10.5	4.6	5.1	4.9	11.8	11.7	19.9	24.2
ماه	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد
Month	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May.
سال	۱۳۹۵	۱۳۹۵	۱۳۹۵	۱۳۹۵	۱۳۹۵	۱۳۹۵	۱۳۹۶	۱۳۹۶	۱۳۹۶
Year	2016	2016	2016	2016	2017	2017	2017	2017	2017
بارش Rainfall (mm)	0	3.7	7.4	44	50.4	19.9	37.4	53.9	0
میانگین دما Average temperature (°C)	18	13	3.1	4.4	1.9	7.5	12.7	18.6	25.8

جدول ۳. نتایج آزمون بارتلت **Table 3. Bartlett test results**

صفات Traits	ارتفاع گیاه Plant height	تعداد خورجین در بوته Slique number/plant	تعداد دانه در خورجین Seed number/slique	طول خورجین Silique length	تعداد شاخه در بوته Branche Number/plant
Chi-Square	0.11	0.50	0.86	0.28	10.23**
P Value	0.73	0.47	0.35	0.59	0.001

جدول ۳. ادامه **Table 3. Continued**

صفات Traits	درصد روغن Oil content	عملکرد روغن Oil yield	عملکرد دانه Seed Yield	عملکرد بیولوژیکی Biological Yield	وزن هزار دانه 1000seed weight	شاخص برداشت Harvest index
Chi-Square	4.07*	0.31	0.14	0.0001	0.03	0.46
P Value	0.04	0.57	0.70	0.99	0.85	0.49

نتایج و بحث

ارتفاع بوته

بر اساس نتایج تجزیه واریانس اثرات ساده سال و ژنوتیپ در سطح ۱ درصد و تاریخ کاشت و آبیاری در سطح ۵ درصد بر ارتفاع بوته معنی‌دار بودند. اثرات متقابل دوگانه تاریخ کاشت، ژنوتیپ و آبیاری، ژنوتیپ و اثرات متقابل سه‌گانه سال، تاریخ کاشت، آبیاری نیز در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۴).

ارتفاع گیاه در سال اول نسبت به سال دوم برتری داشت (جدول ۵). در اغلب گیاهان ارتفاع بوته با تغییر شرایط محیطی تغییر می‌یابد. در هر دو سال کشت تأخیری و تنش خشکی از مرحله خورجین‌دهی باعث کاهش ارتفاع گیاه شد ولی میانگین این صفت در سال دوم نسبت به سال اول ۳ درصد کاهش داشت (جداول ۶ و ۷). به نظر می‌رسد تغییرات در فاکتورهای دمایی و رطوبتی توجیه‌کننده این اختلاف باشد. با توجه به نتایج ارائه‌شده در جدول ۸ بالاترین میانگین ارتفاع بوته (۱۵۸ سانتی‌متر) در تاریخ کشت ۱۵ مهرماه حاصل گردید. در تاریخ ۵ آبان بالاترین ارتفاع بوته به ژنوتیپ L1204با ۱۸ درصد کاهش نسبت به کشت به‌موقع و کمترین ارتفاع به ژنوتیپ L1114 اختصاص داشت. در بین فاکتورهای محیطی، درجه حرارت، مهم‌ترین عاملی است که طول دوره رشد و نمو و درنهایت مدت‌زمانی را که تشعشع می‌تواند جذب و تبدیل به ماده خشک شود را تعیین می‌کند. لذا با انتخاب صحیح تاریخ کاشت می‌توان کارایی گیاه را در استفاده از عوامل افزایش داد که ارتفاع بوته نیز از این امر مستثنا نیست. با قطع آبیاری از مرحله خورجین‌دهی به بعد از ارتفاع بوته‌ها کاسته شد و ژنوتیپ L1204 با ۱۵ درصد کاهش ارتفاع نسبت به شرایط آبیاری کامل بالاترین میانگین ارتفاع بوته را کسب کرد (جدول ۸). کاهش ارتفاع گیاه در اثر اعمال تنش خشکی را می‌توان به اختلال در فتوسنتز به‌واسطه کم‌آبی و کاهش تولید مواد فتوسنتزی جهت ارائه به بخش‌های در حال رشد گیاه و نهایتاً عدم دستیابی گیاه به پتانسیل ژنتیکی ازنظر ارتفاع بوته نسبت داد. محققان دیگر نیز کاهش معنی‌دار صفات مورفولوژیک گیاه کلزا (ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی و طول خورجین) را در شرایط قطع آبیاری بعد از مراحل گلدهی و خورجین‌دهی را گزارش کردند (Hasan Zadeh et al., 2005).

تعداد شاخه در بوته

در این آزمایش اگرچه اثرات تاریخ کاشت و آبیاری بر تعداد شاخه در بوته معنی‌دار نبود، اما اختلاف ژنوتیپ‌ها و اثرات متقابل دوگانه تاریخ کاشت، ژنوتیپ و سال، تاریخ کاشت در سطح ۵ درصد و سال، ژنوتیپ در سطح یک درصد معنی‌دار بود. (جدول ۴).

در هر سال، کشت تأخیری باعث کاهش تعداد شاخه در بوته شد، اما این کاهش در سال دوم ۱۱ درصد بیشتر از سال اول بود (جدول ۶). در بین ژنوتیپ‌های موردبررسی نیز در دو سال آزمایش، ژنوتیپ L1204 و L1114 به ترتیب بیشترین و کمترین تعداد شاخه در بوته را داشتند (شکل ۱). در شرایط کشت تأخیری نیز ژنوتیپ L1204، با ۳۳ درصد کاهش نسبت به کشت به‌موقع، بیشترین تعداد شاخه در بوته را کسب

کرد (جدول ۸). کاهش تعداد شاخه در بوته با تأخیر در کاشت در سایر پژوهش‌ها نیز گزارش شده است (Ozer., 2003). کلزا گیاهی رشد نامحدود است و رشد شاخه‌های فرعی در تمام طول دوره رشد می‌تواند تداوم داشته باشد. به نظر می‌رسد تعداد مطلوب شاخه در واحد سطح با رژیم رطوبتی خاک در طی رشد گیاه ارتباط نزدیکی دارد و قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد تأثیر منفی چشمگیری بر رشد شاخه‌های کلزا می‌گذارد (Ardell et al., 2001). این موضوع در مورد قطع آبیاری از خورجین‌دهی به بعد کمتر مشاهده شد که علت آن را می‌توان به کاهش چشمگیر قدرت تولید شاخه‌های فرعی در کلزا از مرحله خورجین‌دهی تا رسیدگی نسبت داد.

جدول ۴. نتایج تجزیه مرکب برخی صفات موردبررسی کلزا

Table 4. Combined analysis of some of the studied traits in canola genotypes

منابع تغییرات S. O. V	درجه آزادی df	ارتفاع بوته Plant height	تعداد شاخه در بوته Branch number	تعداد خورجین در بوته Silique number	طول خورجین Silique length	تعداد دانه در خورجین Seed number/Silique
سال Year (Y)	1	261.0**	707.94**	4021.92**	10.69*	167.15**
تکرار درون سال Rep/Year	4	2.93	1.28	67.34	0.57	1.26
تاریخ کاشت Planting date (D)	1	21140*	228.79ns	151534.5*	217.93*	3794.58*
سال ×تاریخ کاشت Y*D	1	7.93**	5.87*	322.83**	0.29ns	19.89**
آبیاری Irrigation (I)	1	9505.1*	94.98ns	49822.34*	72.08*	1080.36*
سال ×آبیاری Y*I	1	6.19**	5.59ns	139.79**	0.24ns	0.52ns
تاریخ کاشت × آبیاری D*I	1	10.72ns	0.56ns	1185.90ns	0.13ns	9.63ns
سال × تاریخ کاشت × آبیاری Y*D*I	1	28.52**	0.06ns	77.23*	0.09ns	2.22ns
خطای (الف) Error (a)	12	0.42	1.25	12.37	0.12	1.61
ژنوتیپ Genotype (G)	4	2462.**	10.18*	4413.4**	6.96**	87.53**
سال × ژنوتیپ Y* G	4	1.01ns	1.05**	6.56ns	0.01ns	0.44ns
تاریخ کاشت × ژنوتیپ D*G	4	37.69**	1.41*	830.64**	1.01**	19.64**
سال×تاریخ کاشت× ژنوتیپ Y*D* G	4	0.61ns	0.22ns	1.55ns	0.01ns	0.06ns
آبیاری × ژنوتیپ I*G	4	96.83**	0.63ns	213.15**	0.34**	2.61**
سال× آبیاری× ژنوتیپ Yr*I*G	4	0.77ns	0.23ns	0.69ns	0.01ns	0.16ns
تاریخ کاشت×آبیاری×ژنوتیپ D*I*G	4	1.83ns	0.05ns	16.96**	0.02ns	0.16ns
سال×تاریخ کاشت×آبیاری×ژنوتیپ Y*D*I*G	4	0.55ns	0.07ns	0.84ns	0.004ns	0.10ns
خطای (ب) Error b	64	2.45	0.28	22.62	0.17	1.77
ضریب تغییرات (٪) CV (%)		*3.20*	*7.63*	*4*	*8.36*	*9.19*

جدول ۴. ادامه

Table 4. Continued

منابع تغییرات S. O. V	درجه آزادی df	وزن هزار دانه 1000seed weight	عملکرد بیولوژیکی Biological yield	عملکرد دانه Seed yield	شاخص برداشت Harvest index	میزان روغن دانه Oil content	عملکرد روغن دانه Oil yield
سال Year (Y)	1	4.53**	9.93*	6.42**	220.47*	2.93^{ns}	985539.4**
تکرار درون سال (Rep/Year)	4	0.001	1.02	0.05	22.11	0.69	4702.15
تاریخ کاشت Planting date (D)	1	86.35*	1401.21*	102.33*	0.98^{ns}	150.16^{ns}	22653016*
سال ×تاریخ کاشت Y* D	1	0.09*	0.49^{ns}	0.08 ^{ns}	47.49^{ns}	6.25**	37174.1^{ns}
آبیاری Irrigation (I)	1	28.29*	548*	41.54*	1.54^{ns}	34.62^{ns}	8879528*
سال ×آبیاری Y*I	1	0.05^{ns}	0.96^{ns}	0.09^{ns}	10.81^{ns}	1.73^{ns}	6511.84^{ns}
تاریخ کاشت × آبیاری D*I	1	0.21^{ns}	9.61*	0.80 ^{ns}	0.005^{ns}	1.51^{ns}	310201.6^{ns}
سال × تاریخ کاشت × آبیاری Y*D*I	1	0.31**	0.03^{ns}	0.61 ^{ns}	33.51^{ns}	0.63^{ns}	106316.6^{ns}
خطای (الف) Error (a)	12	0.012	1.20	0.14	16.23	0.41	26899.08
ژنوتیپ Genotype (G)	4	3.36**	53.04**	3.93**	0.24^{ns}	1.10**	802289.4**
سال × ژنوتیپ Y* G	4	0.004^{ns}	0.02^{ns}	0.02^{ns}	1.44^{ns}	0.04^{ns}	3891.42^{ns}
تاریخ کاشت × ژنوتیپ D*G	4	0.46**	8.30**	0.63*	0.21^{ns}	0.37**	150707**
سال × تاریخ کاشت × ژنوتیپ Y* D* G	4	0.003^{ns}	0.02^{ns}	0.04^{ns}	1.50^{ns}	0.02^{ns}	7875.11^{ns}
آبیاری × ژنوتیپ I*G	4	0.17**	0.74*	0.07**	0.58^{ns}	0.01^{ns}	17248.41**
سال× آبیاری× ژنوتیپ Y*I*G	4	0.004^{ns}	0.11^{ns}	0.003^{ns}	0.76^{ns}	0.01^{ns}	656.81^{ns}
تاریخ کاشت× آبیاری× ژنوتیپ D*I*G	4	0.02^{ns}	0.08^{ns}	0.02^{ns}	3.24**	0.03^{ns}	4524.8^{ns}
سال× تاریخ کاشت× آبیاری× ژنوتیپ Y*D*I*G	4	0.003^{ns}	0.08^{ns}	0.01^{ns}	0.12^{ns}	0.02^{ns}	1602.3^{ns}
خطای (ب) Error (b)	64	0.04	0.92	0.44	36.86	0.21	86136.88
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)		*5.89*	*7.27*	*19.15*	*22.95*	*3.07*	*19.63*

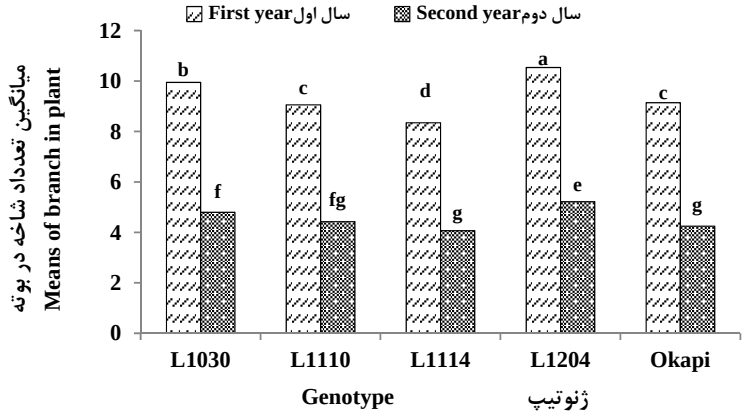
*، ** و ns به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۱ و ۵ درصد و غیر معنی‌دار.

*, ** and ns: Significant at 5 and 1% probability levels respectively and not significant.

تعداد خورجین در بوته

اثرات ساده تاریخ کاشت و آبیاری در سطح ۵ درصد و اثر سال و ژنوتیپ در سطح ۱ درصد بر این صفت معنی‌دار بود. اثرات متقابل سه‌گانه سال، تاریخ کاشت، آبیاری و تاریخ کاشت، آبیاری، ژنوتیپ نیز در سطح ۵ و ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). بر اساس نتایج مقایسات میانگین در هرسال تعداد خورجین در بوته با کشت در آبان ماه و قطع آبیاری از مرحله خورجین‌دهی کاهش یافت و بیشترین میانگین این صفت در سال اول، کشت در مهرماه و آبیاری نرمال حاصل گردید (جدول ۷). ژنوتیپ برتر L1204 بالاترین میانگین تعداد خورجین در بوته را در شرایط کشت تأخیری و قطع آبیاری از مرحله خورجین‌دهی و ژنوتیپ L1114 با ۱۸ درصد کاهش

نسبت به این ژنوتیپ کمترین میزان را به خود اختصاص داد (جدول ۹). گزارش‌هایی مبنی بر تأثیر منفی تنش خشکی در مرحله خورجین‌دهی کلزا بر تعداد خورجین در بوته ارائه شده است (Sinaki et al., 2007). به نظر می‌رسد که کمبود عرضه مواد فتوسنتزی در شرایط تنش، باعث عدم تأمین مواد فتوسنتزی به میزان کافی برای خورجین‌ها و درنتیجه ریزش آن‌ها و درنهایت کاهش تعداد خورجین می‌شود.



شکل ۱. اثر سال و ژنوتیپ بر روی تعداد شاخه در بوته

Fig 1. Effect of year and genotype on branch number in plant

جدول ۵. مقایسه میانگین اثر سال بر صفات موردبررسی در کلزا

Table 5. Mean comparison of year effect on characteristics in canola

سال Year	ارتفاع بوته Plant height (cm)	تعداد شاخه در بوته Number branch/plant	تعداد خورجین دربوته Silique number/plant	طول خورجین Silique length (cm)	تعداد دانه در خورجین Seed number/silique
سال اول First Year	132.30[a]	9.41[a]	124.71[a]	5.26[a]	15.65[a]
سال دوم Second Year	129.35[b]	4.55[b]	113.13[b]	4.66[b]	13.29[b]

سال Year	وزن هزار دانه 1000seed weight (gr)	عملکرد بیولوژیکی Biological yield (kg/ha)	عملکرد دانه Seed yield (kg/ha)	شاخص برداشت Harvest index (%)	عملکرد روغن دانه Oil yield (kg/ha)
سال اول First Year	3.54[a]	13446.77[a]	3700.23[a]	27.81[a]	1586.03[a]
سال دوم Second Year	3.15[b]	12871.39[b]	3237.55[b]	25.09[b]	1404.78[b]

طول خورجین

نتایج نشان داد که اثر سال، تاریخ کاشت و آبیاری در سطح ۵ درصد و ژنوتیپ در سطح یک درصد و برهمکنش دوگانه تاریخ کاشت، ژنوتیپ و آبیاری، ژنوتیپ نیز در سطح یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۴). کاشت در تاریخ ۵ آبان منجر به کاهش ۴۲ درصدی و قطع آبیاری از مرحله خورجین‌دهی به بعد باعث کاهش ۲۷ درصدی طول خورجین گردید. با توجه به اثرات متقابل ژنوتیپ و تاریخ کاشت، بیشترین (۴/۲۴ سانتی‌متر) و کمترین (۳/۲۷ سانتی‌متر) میانگین این صفت در شرایط کشت تأخیری به ترتیب در ژنوتیپ L1204 و L1114 مشاهده شد (جدول ۸). بر اساس نتایج مقایسات میانگین در جدول ۸ ژنوتیپ L1204، با اعمال

تنش رطوبتی بیشترین میانگین طول خورجین را نشان داد. کاهش طول خورجین نشان‌دهنده کاهش منابع ذخیره‌ای و تولید مواد فتوسنتزی در اثر تنش خشکی است و از طریق کندی رشد گره‌ها، باعث کاهش طول خورجین می‌شود. با توجه به هم‌زمانی رشد طولی ساقه با رشد شاخه‌های جانبی و توسعه خورجین‌ها بروز تنش خشکی در این مرحله نه‌تنها مواد ذخیره‌ای ساقه را کاهش می‌دهد، بلکه از توسعه اندام‌های ذخیره‌ای و شاخه‌های جانبی که تولیدکننده خورجین‌ها است جلوگیری به عمل‌آورده و به‌طور غیرمستقیم از طریق کاهش مواد فتوسنتزی و کاهش جایگاه توسعه خورجین‌ها که همان شاخه‌های فرعی می‌باشند منجر به کاهش عملکرد گیاه می‌گردد (Ahmadi and Bahrani., 2009).

جدول ۶. مقایسه میانگین اثر سال و تاریخ کاشت بر صفات موردبررسی در کلزا

Table 6. Mean comparison of year and planting date effect on characteristics in canola

سال Year	تاریخ کاشت Planting Date	ارتفاع بوته Plant height (cm)	تعداد شاخه در بوته Number branch/plant	تعداد خورجین دربوته Silique number/plant	تعداد دانه در خورجین Seed number/silique	وزن هزار دانه 1000seed weight (gr)	میزان روغن دانه Oil content (%)
سال اول First Year	۱۵ مهرماه 7th October	145.83a	11.01a	161.89a	21.68a	4.42a	43.43b
	۵ آبان ماه 27th October	118.77c	7.81b	87.54c	9.62c	2.66c	41.65c
سال دوم Second Year	۱۵ مهرماه 7th October	142.37b	5.72c	147.03b	18.51b	3.97b	44.20a
	۵ آبان ماه 27th October	116.34d	3.4d	79.24d	8.08d	2.33d	41.51c

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

same category followed by different letters are significant at p≤0.05 level Mean values of the.

جدول ۷. مقایسه میانگین اثر سال، تاریخ کاشت و آبیاری بر صفات موردبررسی در کلزا

Table 7. Mean comparison of year, planting date and irrigation effect on characteristics in canola

سال Year	تاریخ کاشت Planting date	آبیاری Irrigation	ارتفاع بوته Plant height (cm)	تعداد خورجین دربوته Silique number/plant	وزن هزار دانه 1000seed weight (g)
سال اول First Year	۱۵ مهرماه 7th October	آبیاری معمول Normal irrigation	155.74a	187.29a	4.87a
		قطع آبیاری بعد مرحله خورجین‌دهی Irrigation termination from slique stage	135.92c	136.49c	3.96c
	۵ آبان ماه 27th October	آبیاری معمول Normal irrigation	127.11e	105.05e	3.14e
		قطع آبیاری بعد مرحله خورجین‌دهی Irrigation termination from slique stage	110.43g	70.03g	2.19g
سال دوم Second Year	۱۵ مهرماه 7th October	آبیاری معمول Normal irrigation	150.85b	168.67b	4.57b
		قطع آبیاری بعد مرحله خورجین‌دهی Irrigation termination from slique stage	133.88d	125.39d	3.38d
	۵ آبان ماه 27th October	آبیاری معمول Normal irrigation	125.20f	96.19f	2.75f
		قطع آبیاری بعد مرحله خورجین‌دهی Irrigation termination from slique stage	107.47h	62.28h	1.92h

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

.Mean values of the same category followed by different letters are significant at p≤0.05 level

جدول ۸. مقایسه میانگین برهمکنش دوگانه تاریخ کاشت، ژنوتیپ و آبیاری، ژنوتیپ بر صفات موردبررسی در ژنوتیپ‌های کلزا

Table 8. Mean Comparison of planting date, genotype and irrigation, genotype double interaction on characteristics of canola genotypes

تاریخ کاشت Planting date	ژنوتیپ Genotype	ارتفاع بوته Plant height (cm)	تعداد شاخه در بوته Branch number	تعداد خورجین دربوته Silique number	طول خورجین Silique length (cm)	تعداد دانه در خورجین Seed number/Silique
۱۵ مهرماه 7th October	L1030	151.80b	9.04a	168.77b	6.80b	22.18b
	L1110	138.79d	7.92b	147.00c	5.98c	19.17c
	L1114	130.11e	7.30c	135.34e	5.57d	17.52e
	L1204	158.96a	9.43a	179.61a	7.29a	23.61a
	Okapi	140.85c	8.12b	141.58d	5.89c	18.02d
۵ آبان ماه 27th October	L1030	122.68f	5.71e	83.07g	3.61f	8.49h
	L1110	113.78h	5.58ef	84.01g	3.64f	9.21g
	L1114	106.30i	5.11f	75.63h	3.27g	8.01i
	L1204	129.67e	6.33d	97.96f	4.24e	10.99f
	Okapi	115.34g	5.28fe	76.27h	3.30g	7.56j

Table 8. Continued **جدول ۸. ادامه**

تاریخ کاشت Planting date	ژنوتیپ Genotype	وزن هزار دانه 1000seed weight (g)	عملکرد بیولوژیکی Biological yield (kg/ha)	عملکرد دانه Seed yield (kg/ha)	میزان روغن دانه Oil content (%)	عملکرد روغن Oil yield (kg/ha)
۱۵ مهرماه 7th October	L1030	4.56b	18075b	4809b	44.07a	2125b
	L1110	3.99c	15698c	4165c	43.75b	1824c
	L1114	3.71e	14548e	3854d	43.63b	1684d
	L1204	4.84a	19273a	5118a	44.18a	2267a
	Okapi	3.88d	15284d	4013cd	43.45c	1746cd
۵ آبان ماه 27th October	L1030	2.48h	9749g	2531fg	41.45fg	1051fg
	L1110	2.55g	9814g	2560f	41.63e	1068f
	L1114	2.26i	8752i	2297h	41.58ef	957.6fg
	L1204	2.97f	11415f	3015e	41.83d	1262e
	Okapi	2.23i	8977h	2322gh	41.39g	963.9g

Table 8. Continued **جدول ۸. ادامه**

آبیاری Irrigation	ژنوتیپ Genotype	ارتفاع بوته Plant height (cm)	تعداد خورجین دربوته Silique number	طول خورجین Silique length (cm)	تعداد دانه در خورجین Seed number/silique	وزن هزار دانه 1000seed weight (g)	عملکرد بیولوژیکی Biological yield (kg/ha)	عملکرد دانه Seed yield (kg/ha)	عملکرد روغن Oil yield (kg/ha)
آبیاری معمول Normal Irrigation	L1030	147.09b	147.92b	6.03b	18.35b	4.04b	16142b	4285b	1873b
	L1110	134.05c	134.50c	5.51c	17.05c	3.72c	14785c	3903c	1698c
	L1114	127.20e	124.51e	5.15e	15.62d	3.44d	13786d	3655d	1586d
	L1204	155.90a	163.49a	6.73a	20.86a	4.52a	17716a	4733a	2077a
	Okpi	134.40c	126.07d	5.26d	15.50d	3.45d	14047d	3707d	1602d
قطع آبیاری بعد خورجین‌دهی Interruption of irrigation from slique stage	L1030	127.39e	103.92g	4.38g	12.32f	3.01f	11682f	3055f	1304f
	L1110	118.51g	96.50h	4.11h	11.33g	2.82g	10726g	2822g	1195g
	L1114	109.22h	86.46j	3.69j	9.90h	2.53i	9514i	2496i	1056i
	L1204	132.73d	114.07f	4.81f	13.74e	3.29e	12972e	3400e	1452e
	Okapi	121.79f	91.77h	3.93i	10.07h	2.66h	10214h	2628h	1108h

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

.Mean values of the same category followed by different letters are significant at p≤0.05 level

تعداد دانه در خورجین

اثر تاریخ کاشت و آبیاری در سطح ۵ درصد و اثر سال و ژنوتیپ در سطح ۱ درصد بر تعداد دانه در خورجین معنی‌دار بودند. همچنین اثرات متقابل دوگانه سال، تاریخ کاشت، ژنوتیپ، تاریخ کاشت و ژنوتیپ، آبیاری در سطح ۱ درصد معنی‌دار بودند (جدول ۴). این صفت با تأخیر در کاشت در هر دو سال کاهش زیادی نشان داد (جدول ۶). بالاترین میانگین تعداد دانه در خورجین در تاریخ کاشت ۱۵ مهرماه (۲۳/۶۱ عدد) و ۵ آبان ماه (۱۱ عدد) به ژنوتیپ L1204 اختصاص داشت. در تیمار آبیاری مطلوب نیز همین ژنوتیپ بیشترین میانگین تعداد دانه در خورجین را تولید کرد و شرایط قطع آبیاری از مرحله خورجین‌دهی به بعد باعث کاهش ۳۴ درصدی این صفت گردید (جدول ۸). تعداد دانه در خورجین از عوامل مؤثر و تعیین‌کننده عملکرد دانه در کلزا است، هر عاملی که تعداد دانه را افزایش دهد سبب بالا رفتن عملکرد دانه نیز می‌شود، البته افزایش تعداد دانه در خورجین دارای محدودیت است، زیرا که ظرفیت تولید این جزء از عملکرد بیشتر تحت تأثیر عوامل ژنتیکی است (Rao et al., 2006).

به نظر می‌رسد که طی مرحله زایشی، کمبود آب موجب کاهش قدرت مخزن در جذب مواد فتوسنتزی شده و همین عامل در افت تعداد گله‌ای بارور در گیاه مؤثر است (Mendham et al., 1984). در پژوهش دیگری نیز کاهش محسوس تعداد دانه در خورجین در شش رقم کلزا از ۲۷/۸ عدد در تیمار شاهد به ۲۳/۴ عدد در شرایط تنش کم‌آبی، در مراحل گل‌دهی و خورجین‌دهی گزارش شده است (Tohidi-Moghaddam et al., 2011).

جدول ۹. مقایسه میانگین برهمکنش سه گانه تاریخ کاشت، آبیاری و ژنوتیپ بر صفات موردبررسی در ژنوتیپ‌های کلزا

Table 9. Mean Comparison of planting date, irrigation and genotype triple interaction on characteristics of canola genotypes

تاریخ کاشت Planting date	آبیاری Irrigation	ژنوتیپ Genotype	تعداد خورجین دربوته Silique number/plant	شاخص برداشت Harvest index (%)
۱۵ مهرماه 7th October	آبیاری معمول Normal Irrigation	L1030	194.7^{b}	26.87^{ad}
		L1110	168.7^{c}	26.41^{cg}
		L1114	157.1^{e}	26.50^{cg}
		L1204	208.5^{a}	27.15^{a}
		Okapi	161.0^{d}	26.34^{dg}
	قطع آبیاری از مرحله خورجین‌دهی به بعد Interruption of irrigation from slique stage	L1030	142.9^{g}	26.15^{eh}
		L1110	125.4^{h}	26.84^{ad}
		L1114	113.5^{k}	26.60^{ae}
		L1204	150.7^{f}	26.03^{fgh}
		Okapi	122.2^{i}	26.58^{bf}
۵ آبان ماه 27th October	آبیاری معمول Normal Irrigation	L1030	101.2^{l}	26.13^{eh}
		L1110	100.4^{l}	26.40^{cg}
		L1114	91.9^{m}	27.14^{abc}
		L1204	118.5^{j}	26.35^{cg}
		Okapi	91.2^{m}	26.41^{cg}
	قطع آبیاری از مرحله خورجین‌دهی به بعد Interruption of irrigation from slique stage	L1030	65.0^{p}	26.90^{abc}
		L1110	67.7^{o}	25.96^{gh}
		L1114	59.4^{r}	25.59^{h}
		L1204	77.4^{n}	26.80^{ad}
		Okapi	61.4^{q}	25.98^{gh}

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

same category followed by different letters are significant at $p\leq0.05$ level Mean values of the.

وزن هزار دانه

وزن دانه‌ها از اجزای تشکیل‌دهنده عملکرد در کلزا است. بر اساس نتایج تجزیه واریانس اثر تاریخ کاشت و آبیاری در سطح ۵ درصد و سال و ژنوتیپ در سطح ۱ درصد بر وزن هزار دانه معنی‌دار بودند و اثرات متقابل تاریخ کاشت، ژنوتیپ و آبیاری، ژنوتیپ و سال، تاریخ کاشت، آبیاری در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). در هر دو سال آزمایش با تأخیر در کاشت و اعمال تنش خشکی از وزن هزار دانه کاسته شد و میزان این کاهش در سال دوم ۱۱ درصد بیشتر از سال اول بود (جدول ۷). با توجه به نتایج جدول ۸ بیشترین میانگین وزن هزار دانه در تاریخ کاشت ۱۵ مهرماه و کمترین در تاریخ ۵ آبان ماه حاصل گردید. وزن هزار دانه آخرین جزء عملکرد است که در گیاه شکل می‌گیرد. طبیعی است که هرقدر که دانه زودتر تشکیل گردد و بیشتر روی بوته بماند، فرصت بیشتری برای انباشت مواد ذخیره‌ای می‌یابد که در تاریخ کشت‌های زود نسبت به دیر اتفاق می‌افتد. قطع آبیاری از مرحله خورجین‌دهی نیز باعث کاهش وزن هزار دانه در ژنوتیپ‌های موردمطالعه شد. بر اساس مقایسه میانگین برهمکنش دوگانه تیمارها، با اعمال تنش خشکی آخر فصل، بیشترین میانگین وزن هزار دانه در ژنوتیپ L1204 مشاهده گردید (جدول ۸). به نظر می‌رسد که کاهش وزن هزار دانه در شرایط تنش خشکی و در دهه اول آبان ماه به علت کوتاه شدن دوره پر شدن دانه و پیری زودرس است. در آزمایش‌های دیگری نیز کاهش وزن هزار دانه در شرایط تنش خشکی و کشت تأخیری به علت کوتاه شدن دوره پر شدن دانه گزارش شده است که با نتایج این آزمایش همخوانی دارد (Echarte et al., 2006). در شرایط تنش خشکی بسته شدن روزنه‌ها و کاهش سرعت فتوسنتز منجر به تولید دانه‌های کوچک‌تر و درنتیجه کاهش وزن هزار دانه کلزا خواهد شد (Sadaqat et al., 2003). البته مرحله پر شدن دانه‌ها در کلزا بیش از فتوسنتز به انتقال مواد ذخیره‌شده در گیاه وابسته است. یکی از اثرات تنش خشکی آخر فصل اختلال در انتقال مواد ذخیره‌شده به دانه‌ها است (Azizi et al., 2000).

عملکرد بیولوژیکی

اثرات ساده سال، تاریخ کاشت و آبیاری در سطح ۵ درصد و ژنوتیپ در سطح ۱ درصد بر عملکرد بیولوژیک معنی‌دار بود و اثرات متقابل تاریخ کاشت، ژنوتیپ در سطح یک درصد و آبیاری، ژنوتیپ و تاریخ کاشت، آبیاری در سطح ۵ درصد معنی‌دار بودند (جدول ۴). اثر متقابل عامل آبیاری با تاریخ کاشت نشان‌دهنده کاهش میزان عملکرد بیولوژیکی تحت شرایط کشت تأخیری و تنش خشکی است (شکل ۲). بالاترین میانگین عملکرد بیولوژیکی در تاریخ کاشت ۱۵ مهرماه به ژنوتیپ L1204 اختصاص داشت. همین ژنوتیپ در تاریخ کاشت ۵ آبان ماه نیز، بالاترین عملکرد بیولوژیکی را داشته و ژنوتیپ L1110 با ۱۵ درصد کاهش نسبت به این ژنوتیپ در اولویت بعدی قرار دارد. تاریخ کاشت‌ها ازنظر ایجاد شرایط لازم برای ایجاد طول دوره رشد برای لاین‌ها باهم تفاوت دارند لذا این باعث شده است که اختلافاتی در بین عملکردها وجود داشته باشد که در این تحقیق تاریخ کاشت اول با توجه به طولانی بودن دوره رشد، فراهم نمودن فرصت لازم برای گیاه به‌منظور تولید کانوپی مناسب، استفاده از حداکثر مواد فتوسنتزی و تولید حداکثر ماده خشک توانسته است بیوماس مناسب را تولید نماید و تاریخ کاشت دوم با توجه به کوتاه بودن دوره رشد، کاهش درجه حرارت، تولید ذخیره مواد فتوسنتزی کاهش‌یافته و درنتیجه عملکرد بیولوژیک هم به‌نوبه خود کاهش یافته است. به نظر می‌رسد که کاشت به‌موقع در ابتدای فصل سبب خواهد شد تا بوته‌ها ضمن استقرار مناسب، از ذخیره کافی مواد غذائی برخوردار شوند و قدرت بقای گیاه در زمستان افزایش یابد. از طرفی، ماده خشکی که در طول دوره رشد رویشی در اندام‌های گیاه تجمع می‌یابد، در انتهای فصل رشد که شرایط نامناسب حرارتی مانع از تولید اسیمیلات کافی می‌شود، در مرحله پر شدن دانه‌ها نقش مهمی در افزایش وزن دانه دارد (Sajan et al., 2004).

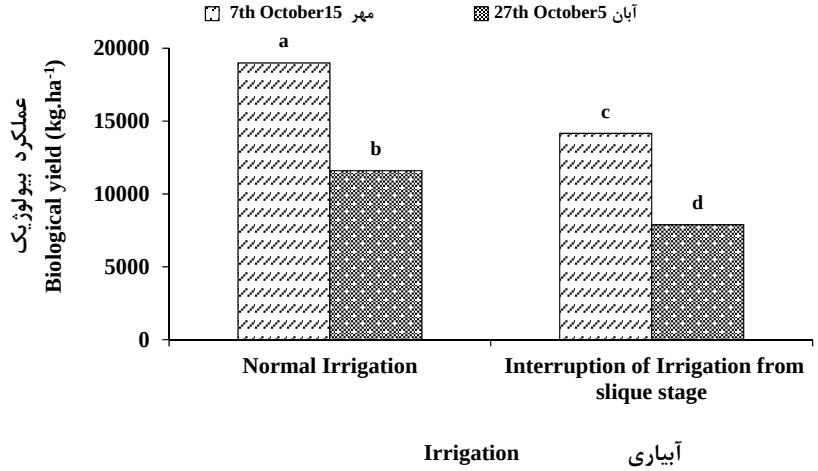
عملکرد بیولوژیکی همه ژنوتیپ‌ها در شرایط آبیاری کامل بالاتر از شرایط قطع آبیاری بود و ژنوتیپ L1204 به‌عنوان ژنوتیپ برتر در تیمار قطع آبیاری با ۲۶ درصد کاهش، بیشترین عملکرد بیولوژیکی در این شرایط (۱۲۹۷۲ کیلوگرم در هکتار) را به خود اختصاص داد (جدول ۸).

عملکرد دانه

اثر سال و ژنوتیپ در سطح ۱ درصد و اثر تاریخ کاشت و آبیاری در سطح ۵ درصد و اثرات متقابل دوگانه تاریخ کاشت، ژنوتیپ و آبیاری، ژنوتیپ به ترتیب در سطح ۵ و ۱ درصد بر عملکرد دانه معنی‌دار بود (جدول ۴). سال اول آزمایش نسبت به سال دوم از عملکرد دانه بالاتری برخوردار بود (جدول ۵).

شرایط مناسب‌تر بارندگی در ماه‌های آبان و آذر و افزایش پتانسیل ارقام در مرحله روزت، دمای مناسب در اسفندماه و افزایش طول دوره گلدهی می‌توانند علل بروز این اختلافات باشند. تأخیر در کاشت سبب کاهش معنی‌دار عملکرد دانه در همه ژنوتیپ‌ها شد و ژنوتیپ L1204 با ۴۱ درصد کاهش عملکرد نسبت به تاریخ کاشت بهنگام بالاترین میانگین عملکرد را احراز کرد. ژنوتیپ L1114 نیز کمترین میانگین عملکرد دانه در شرایط کشت تأخیری را نشان داد (جدول ۸). تأخیر در کشت کلزا سبب می‌شود که دوره رسیدگی گیاه با دمای بالای محیط مواجه شده و این امر باعث افزایش میزان تنفس خورجین‌ها می‌شود که درنتیجه کاهش مواد فتوسنتزی و کاهش وزن دانه‌ها و درنهایت کاهش عملکرد را به دنبال خواهد داشت (Rafiei et al., 2011).

با توجه به نتایج مقایسات میانگین عملکرد دانه در جدول ۸ قطع آبیاری از مرحله خورجین‌دهی در مقایسه با آبیاری مطلوب سبب کاهش عملکرد دانه شد. ژنوتیپ L1204 که میانگین برتر بود کاهش ۲۸ درصدی عملکرد دانه در این شرایط را نشان داد. هنگامی‌که در مرحله رشد خورجین‌ها، گیاه با کمبود آب مواجه گردد، انتقال مواد غذایی به دانه‌ها تقلیل یافته و عملکرد کاهش می‌یابد که ناشی از کاهش تعداد و اندازه خورجین‌ها است (Gholipour et al., 2002). در تاریخ کاشت به‌موقع به دلیل برقراری تعادل رشدی بین دو فاز رویشی و زایشی گیاه، توانایی و تحمل به خشکی انتهای فصل بیشتر بوده و تولید ماده خشک و عملکرد دانه افزایش می‌یابد. اثر تنش رطوبتی در مراحل زایشی گیاه با نقصان در باروری گل‌ها و انتقال مواد سنتز شده به مقصد (دانه‌ها) همراه است که در گیاه کلزا به‌صورت ریزش خورجین، کاهش تعداد دانه در خورجین، کاهش وزن هزار دانه و درنهایت کاهش عملکرد دانه در واحد سطح همراه خواهد بود (Dadivar and Khodshenas, 2007).



شکل ۲. اثر آبیاری و تاریخ کاشت بر عملکرد بیولوژیکی

Fig. 2. Irrigation and planting date effect on biological yield

شاخص برداشت

نتایج تجزیه مرکب داده‌ها نشان داد که اثرات سه‌گانه برهمکنش تاریخ کاشت، آبیاری و ژنوتیپ بر شاخص برداشت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). بالاترین میزان شاخص برداشت (۲۷/۱۵ درصد) به ژنوتیپ L1204 در کاشت به‌موقع و تحت شرایط آبیاری نرمال تعلق داشت. در شرایط کشت تأخیری و قطع آبیاری بعد از خورجین‌دهی نیز بیشترین میانگین این صفت در ژنوتیپ‌های L1030 و L1204و پایین‌ترین میزان در ژنوتیپ L1114 مشاهده شد (جدول ۹). گزارش شده است ارقامی که از شاخص برداشت

بالایی برخوردارند، در شرایط تنش خشکی سهم بیشتری از فرآورده‌های فتوسنتزی را به دانه‌ها اختصاص داده و عملکرد بالاتری تولید می‌کنند (Valdiani et al, 2003). در این آزمایش نیز ارقام برتر ازنظر شاخص برداشت، از عملکرد دانه زیاد برخوردار بودند. کاهش شاخص برداشت در برخی از ارقام کلزا در شرایط تنش خشکی در مراحل رشد رویشی، گل‌دهی و پر شدن دانه‌ها گزارش شده است (Jensen et al., 1996).

درصد روغن دانه

یکی از صفات مهم و تأثیرگذار در انتخاب لاین برتر کلزا ازنظر هر بهنژادگر میزان درصد روغن است. بر اساس نتایج مشخص گردید که اختلاف بین ژنوتیپ‌های موردبررسی و اثر متقابل سال، تاریخ کاشت و تاریخ کاشت، ژنوتیپ در سطح ۱ درصد معنی‌دار است (جدول ۴). اثر متقابل ژنوتیپ‌های مورد ارزیابی با تاریخ کاشت نشان داد که همه ژنوتیپ‌ها در تاریخ کاشت مهرماه از میانگین بالاتری نسبت به شرایط کشت تأخیری برخوردار بودند. بالاترین میانگین درصد روغن به ژنوتیپ L1204در تاریخ کاشت ۱۵ مهرماه اختصاص داشت و کمترین میانگین به ژنوتیپ اوکاپی در تاریخ کاشت ۵ آبان ماه اختصاص داشت. همچنین ژنوتیپ L1204 با ۴۱/۸۳ درصد روغن دانه رتبه اول را در تاریخ کاشت ۵ آبان ماه احراز کرد (جدول ۸). علت کاهش درصد روغن در کشت‌های تأخیری را می‌توان تغییرات درجه حرارت در مرحله پر شدن دانه‌ها و کاهش فتوسنتز خالص ذکر کرد. در این حالت، درصد کمتری از مواد ساخته‌شده و کربوهیدرات‌ها به روغن تبدیل می‌شوند. هر چه طول دوره گلدهی تا رسیدن بیشتر باشد، زمان بیشتری برای سنتز روغن وجود دارد و درنتیجه درصد آن افزایش می‌یابد (Gecgel et al., 2007).

عملکرد روغن دانه:

میزان سودآوری کلزا بستگی به میزان روغن تولیدشده در واحد سطح دارد (Robertson and Holland., 2004). چنانچه در جدول ۴ آمده است اثرات ساده سال، ژنوتیپ، تاریخ کاشت و آبیاری در سطوح احتمال ۱ و ۵ درصد و اثرات متقابل دوگانه تاریخ کاشت، ژنوتیپ و آبیاری، ژنوتیپ نیز در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود. تأخیر در کاشت سبب کاهش عملکرد روغن دانه گردید و بالاترین میانگین عملکرد روغن دانه در تاریخ کاشت ۱۵ مهرماه به ژنوتیپ L1204 تعلق داشت. بیشترین و کمترین میانگین عملکرد روغن دانه در تاریخ کاشت ۵ آبان ماه نیز به ترتیب در ژنوتیپ‌های L1204 و L1114 مشاهده شد (جدول ۸). دما یکی از عوامل محیطی مؤثر بر عملکرد روغن دانه، محسوب می‌شود که با افزایش آن افت شدیدی در میزان آن آشکار می‌شود. این اثر کاهنده دما بر عملکرد روغن در تاریخ کاشت‌های تأخیری مشهودتر است (Darby et al., 2013). به ازای هر درجه سانتی‌گراد افزایش دما در زمان گلدهی و پر شدن دانه، میزان روغن دانه ۱/۷ درصد کاهش می‌یابد (Robertson et al., 2004). قطع آبیاری بعد از خورجین‌دهی سبب کاهش عملکرد روغن دانه گردید که میزان این کاهش در ژنوتیپ‌های موردمطالعه نسبت به شرایط آبیاری مطلوب حدود ۳۰ تا ۳۵ درصد است و ژنوتیپ L1204 با بیشترین میزان عملکرد روغن ژنوتیپ برتر در این شرایط است (جدول ۸). در این پژوهش عملکرد روغن در مقایسه با درصد روغن دانه، بیشتر تحت تأثیر کمبود رطوبت خاک قرار گرفت. به نظر می‌رسد که دلیل این امر ناشی از کنترل بیشتر درصد روغن دانه توسط عوامل ژنتیکی و تأثیرپذیری بالای عملکرد روغن از تغییرات عملکرد دانه نسبت به درصد روغن بوده است (Zarei et al., 2010).

نتیجه‌گیری کلی

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده تاریخ کاشت و تنش خشکی اکثر صفات مورد ارزیابی را تحت تأثیر قرارداد. اعمال تنش خشکی بر روی عملکرد و اجزای عملکرد تأثیرگذار بود که بیانگر واکنش یکنواخت تمام ژنوتیپ‌ها نسبت به تغییرات شرایط رطوبتی است. بالاترین میانگین عملکرد دانه در شرایط آبیاری کامل و قطع آبیاری از مرحله خورجین‌دهی، به ژنوتیپ L1204 و کمترین میانگین به ژنوتیپ L1114 اختصاص داشت. کشت تأخیری سبب کاهش اکثر صفات در ژنوتیپ‌های موردمطالعه شد و کمترین میانگین عملکرد دانه تحت این شرایط از ژنوتیپ L1114 به دست آمد. بالاترین میانگین عملکرد دانه در تاریخ کاشت به‌موقع، کشت تأخیری و شرایط کشت تأخیری و تنش خشکی آخر فصل (۲۴۶۰ کیلوگرم در هکتار) به ژنوتیپ L1204 تعلق داشت. اگرچه اثرات ساده و متقابل سال در بعضی از صفات معنی‌دار بود اما واکنش ژنوتیپ‌ها در هر دو سال آزمایش یکسان بود. در انتها با برآیند نتایج به‌دست‌آمده ژنوتیپ L1204 با داشتن برتری در تمام صفات مطالعه شده جهت کاهش خسارت ناشی از کشت تأخیری و کمبود آب در مراحل پایانی رشد گیاه توصیه می‌شود.

منابع

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

Ardell, D.H., Brian, J.W., Alfred, L.B., 2001. Tillage and Nitrogen fertilization influence on grain and soil nitrogen in an annual cropping system. Agronomy Journal. 93, 836- 841.

Azizi, M., Soltani, A., Khavari Khorasani, S., 2000. Canola (Physiology, Agronomy, Breeding, Biotechnology). Ferdowsi University of Mashhad Publication. 230p. [In Persian].

Bashir, M.U., Akbar, N., Iqbal, A., Zaman, H., 2010. Effect of different sowing date on yield and yield components of direct seed coarse rice. Pakistan Journal of Agricultural Science. 74(4), 361- 365.

Dadivar, M., Khodshenas, M.A., 2007. Evaluation of water stress effect on canola (*Brassica napus*). Journal of Agricultural Sciences, 12 (4): 745-853. [In Persian with English summary].

Darby, H., Harwood, H., Cummings, E., Madden, R., Monahan, S., 2013. Winter canola planting date trial. Technical Report, University of Vermont, USA. 10 P.

Echarte, L., Andrade, F.H., Sadras, V.O., Abbate, P., 2006. Grain weight and its response to source manipulations during grain filling in Argentinean maize hybrids released in different decades. Field Crops Research. 96, 307-312.

Faraji, A., Latifi, N., Soltani, A., Shirani– Rad. A.H., 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.

Gecgel, U., Demirci, M., Esendal, E., Tasan, M., 2007. Fatty acid composition of the oil from developing seeds of different cultivars of sofflower (*Carthamus tinctorius* L.). Journal of the American Oil Chemists' Society. 84, 47- 54.

Gholipour, A., Latifi, K., Ghasemi, H., Moghaddam, M., 2002. Comparison of growth and yield of canola cultivars under rainy conditions. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources. 11(1), 5-13. [In Persian with English summary].

Hassanzadeh, M., Naderi M., Shirani Rad, A., 2005. Effect of drought stress on yield and yield components of autumn canola varieties in Isfahan region. Iranian Journal of Research in Agricultural. 2(2), 51-62. . [In Persian with English summary].

Hu, Q., Wei, H., Yin, Y., Zhang, X., Liu, L., Shi, J., Zhao, Y., Qin, L., Chen, C., Hanzhong, W., 2016. Rapeseed research and production in China. The Crop Journal. 5(2), 127–135.

Jabari, H., Lotfi, B., Jamshidnia, T., Fathi, A., Olad, R., Abollahi, A., 2015. Survey of yield of winter canola cultivars under drought stress on the yield at four different phonological stages. Sciatica, 12(3), 144- 148.

Jensen, C.R., Mogensen, V.O., Mortensen, G., Fieldsend, J.K., Milford, G.F.J., Andersen, M.N., Thage, J.H., 1996. Glucosinolate, oil and protein contents of field -grown rape affected by soil drying and evaporative demands. Field Crops Research. 47, 93-105.

Kauser, R., Athar, H.R., Ashraf, M., 2006. Chlorophyll fluorescence: A potential indicator for rapid assessment of water stress tolerance in canola (*Brassica napus* L.). Pakistan Journal of Botany. 38(5), 1501– 1509.

Koutroubas, S.D. Papasoska, D.K., 2005. Adaptation, grain yield and oil content of safflower in Greece. Proceedings of the 5th International Safflower Conference, Istanbul.

Mendham, N.G., Russel, M.J. Buzza, G.C., 1984. The contribution of seed survival to yield in new Australian cultivars of oilseed rape. Journal of Agricultural Science Cambridge. 85, 103-110.

Moradshahi, A., Salehi Eskandari, B., Kholdebarin, B., 2004. Some physiological responses of canola (*Brassica napus* L.) to water dificit stress under laboratory conditions. Iranian Journal of Science and Technology. 28, 43- 50. . [In Persian with English summary].

Morcy, M.R., Jouve, L., Hausman, J.F.O., Hoffmann, L., Stewart, M.D., 2007. Alternation of oxidative and carbohydrate metabolism under abiotic stress in two rice (*Oryza sativa* L.) genotypes contrasting in chilling tolerance. Journal of Plant Physiology. 164, 157- 167.

Ozer, H., 2003. Sowing date and nitrogen rate effects on growth, yield components of two

summer rapeseed cultivars. European Journal of Agronomy. 19, 453- 463.

Pasebaneslam, B., 2011. Investigating the possibility of canola delay planting in East Azarbaijan. Agronomy Journal of Plant and Seed Science. 27(3), 269- 284. [In Persian with English summary].

Qaderi, M.M., Kurepin, L.V., Reid, M.D., 2006. Growth and physiological responses of canola (*Brassica napus*) to three components of global climate change: temprature, carbon dioxide and drought. Physiologia Plantarum. 128, 710- 721.

Rafiei, S., Delkhosh, B., Shirani Rad, A.H., Zandi, P., 2011. Effect of sowing dates and irrigation regimes on agronomic traits of Indian mustard in semi- arid area of Takestan. Journal of American Science. 7(10), 721- 728.

Rao, J.D., Fritschi, F.B., Heartherly, L.G., 2006. Large applications of fertilizer N at planting affects seed protein and oil concentration and yield and yield in the early soybean production system. Field Crops Reserch. 99(1), 67-74.

Robertson, M.J., Holland, J.F., Bambach, R., 2004. Response of canola andIndian mustard to sowing date in the grain belt of north-eastern Australia. Australian Journal of Experimental Agriculture. 44(1), 43-52.

Sadaqat, H., Tahir, M.H.N., Hussain, M.T., 2003. Physiogenetic Aspects of Drought Tolerance in canola (*Brassica napus*). International Journal of Agriculture and Biology. 5(4), 611- 614.

Sajan, A.S., Pawar, K.N., Dhanaleppagol, M.S., Briadar, B.D., 2004. Influence of water stress treatment on seed quality of sorghum genotypes. Crop Research Hisar. 27, 46-49.

Sinaki, J., Majidi Heravan, M.E., Shirani Rad, A.H., Noormohammadi, Gh., Zarei, Gh., 2007. The effects of water deficit during growth stages of canola (*Brassica napus* L.). American. Eurasian. Journal of Agriculture and Environmental Science. 2, 417- 422.

Tohidi-Moghaddam, H.R., Zahedi, H., Ghooshchi, F., 2011. Oil quality of canola cultivars in response to water stress and super absorbent polymer application. Pesquisa Agropecuaria Tropical (Agricultural Research in the Tropics). 41 (4), 579- 586.

Ul- Haq, T., Anser, A., Sajid, M.N., Maqbol, M M., Ibrahim, M., 2014. Performance of canola cultivars under drought stress induced by restricted irrigation at different growth stages. Soil and Environment. 33(1), 43– 50.

Valdiani, A.R., Tajbakhsh, M., Zardashtee, M.R., 2003. Study of agronomic and productivitycharacters of oilseed rape cultivars at orumieh. Agricultural science. 14: 2. 31-43. [In Persian with English summary].

Zarei, G., Shamsi, H., Dehghani, S.M., 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.