"مجله علوم زراعي ايران"
جلد دوازدهم، شماره ۲ تابستان ۱۳۸۹

ارزیابی تحمل به خشکی انتهایی در ارقام بهاره و پاییزه کلزا
Evaluation of terminal drought stress tolerance in spring and winter rapeseed genotypes

امیرحسین شیرانی‌راد[۱]، معصومه نعیمی[۲] و شراره نصر اصفهانی[۳]

چکیده

شیرانی‌راد، ا. ح.، م. نعیمی و ش. نصر اصفهانی. ۱۳۸۹. ارزیابی تحمل به خشکی انتهایی در ارقام بهاره و پاییزه کلزا. **مجله علوم زراعی ایران: ۱۲ (۲) ۱۲۶-۱۱۲.**

به منظور ارزیابی ارقام کلزا در شرایط تنش خشکی انتهایی، آزمایشی در دو سال (۸۴-۱۳۸۳ و ۸۵-۱۳۸۴) به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در کرج اجرا شد. در این پژوهش، آبیاری به عنوان عامل اصلی در دو سطح شامل آبیاری معمول (۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A) و تنش خشکی به صورت قطع آبیاری از مرحله خورجین‌دهی و رقم کلزا به عنوان عامل فرعی در ۱۲ سطح شامل Licord، Okapi، SLM046، RGS003، Hyola420، Option500، Orient، Opera، Hyola401، زرفام، طلایه و ساریگل بودند. نتایج حاصل نشان داد که تنش خشکی باعث کاهش ارتفاع بوته، تعداد شاخه‌های فرعی، تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین، عملکرد دانه و عملکرد روغن و افزایش شاخص برداشت گردید، در حالی‌که تأثیر معنی‌داری بر میزان روغن دانه نداشت. ارقام کلزا از نظر کلیه صفات مورد ارزیابی، تفاوت معنی‌داری با هم داشتند. ارقام زرفام و SLM046 در شرایط آبیاری معمول به ترتیب با میانگین ۳۷۷۱ و ۳۷۲۷ کیلوگرم در هکتار و در شرایط تنش خشکی به ترتیب با میانگین ۲۷۰۵ و ۲۶۶۳ کیلوگرم در هکتار، بیشترین عملکرد دانه را داشتند و براساس شاخص تحمل به تنش (STI) به عنوان متحمل‌ترین ارقام در شرایط تنش، شناخته شدند. این دو رقم از نظر عملکرد روغن نیز در هر دو تیمار آبیاری، بالاترین میزان صفت یاد شده را به خود اختصاص دادند. براساس نتایج این آزمایش می‌توان ارقام زرفام و SLM046 را با ثبات تولید قابل قبول در شرایط معمول و نیز شرایط تنش بعد از خورجین‌دهی معرفی نمود.

واژه‌های کلیدی: تنش خشکی، خورجین، شاخص برداشت، عملکرد دانه، عملکرد روغن و کلزا.

تاریخ دریافت: ۱۳۸۷/۱۱/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۸/۱۲/۹

۱- استادیار موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج (مکاتبه کننده) (پست الکترونیک: shirani.rad@gmail.com)
۲- دانشجوی دکتری دانشگاه تهران، پردیس ابوریحان
۳- دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران

[DOR: 20.1001.1.15625540.1389.12.2.3.2]

مقدمه

پراکنش، رشد و تولید گیاهان همواره از طریق وقوع بلایای طبیعی در قالب عوامل مختلف تنش‌زای زنده و غیر زنده محدود می‌شود (Mahajan and Tuteja, 2005). ایران با میانگین بارندگی سالیانه ۲۴۰ میلی‌متر، در زمره کشورهای خشک جهان قرار دارد و تنش خشکی، خصوصاً در اواخر فصل (مراحل انتهایی رشد) یکی از مهم‌ترین و شایع‌ترین عوامل محدودکننده رشد گیاهان در مناطق خشک و نیمه خشک به شمار می‌آید (Turhan and Baser, 2004).

کلزا به عنوان یکی از مهم‌ترین دانه‌های روغنی در حدود ۱۲ درصد از میزان کل تولید جهانی دانه‌های روغنی را که در حدود ۳۷۷/۶ میلیون تن می‌باشد، به خود اختصاص داده است (FAO, 2007). علیرغم بارش‌های مناسب در طی فصول پاییز، زمستان و اوایل بهار که نیاز آبی کلزای پاییزه را در طی فصل رویشی تأمین می‌کند، در بسیاری از مناطق کشور، طی بحرانی‌ترین مراحل رشد یعنی خورجین‌دهی و پر شدن دانه، ممکن است هیچ گونه نزولات آسمانی وجود نداشته باشد و از طرفی چون این مراحل عموماً با شرایط آب و هوایی گرم اواخر بهار و اوایل تابستان مواجه می‌شوند و نیاز آبی سایر محصولات زراعی نیز بالا است، امکان طولانی شدن دوره‌های آبیاری و یا به تعویق افتادن دو تا سه آبیاری در طی مراحل حساس رشد بسیار محتمل است. اگرچه کمبود آب در بسیاری از مراحل نموی، عملکرد کلزا را کاهش می‌دهد ولی اثرات منفی تنش در طی مراحل گلدهی و نمو خورجین‌ها خیلی بارزتر می‌باشد (Sinaki *et al.*, 2007).

تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین و وزن دانه‌ها، اجزای تشکیل دهنده عملکرد در کلزا می‌باشند (Angadi *et al.*, 2003). به طور کلی وقوع تنش رطوبتی در مراحل انتهایی رشد موجب کاهش تعداد اندام‌های زایشی کلزا از جمله تعداد خورجین‌ها، تعداد دانه و همچنین وزن دانه‌ها می‌باشد (Poma *et al.*, 1999). مندهام و سالیسبوری (Mendham and Salisbury, 1995) گزارش کردند که کاهش مقدار آب در مرحله گلدهی کلزا موجب کاهش تعداد خورجین در بوته شده، اما تأخیر در بروز تنش، سبب کاهش معنی‌دار تعداد دانه در خورجین می‌شود. نتایج آزمایش فرجی و صادقی (Faraji and Sadeghi, 2001) در منطقه گنبد نشان داد که آبیاری در مرحله گلدهی و پر شدن دانه، بیشترین عملکرد دانه را تولید کرد. سینکی و همکاران (Sinaki *et al.*, 2007) مشاهده کردند که تنش کم‌آبی در طی مراحل گلدهی تا رسیدگی موجب کاهش عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و تعداد خورجین در بوته کلزا شد، اما تعداد دانه در خورجین تحت تأثیر تنش قرار نگرفت. در پژوهش صورت گرفته توسط جنسن و همکاران (Jensen *et al.*, 1996) مشخص شد که تنش خشکی در اواخر فصل باعث ریزش بیش از نیمی از خورجین‌ها در دو گونه *B. napus* و *B. rapa* گردید، در حالی‌که خورجین‌های باقی مانده دارای دانه‌های بیشتر و سنگین‌تری بودند. البته اصلاح ارقام پیشرفته برای مناطق خشک از طریق انتخاب براساس عملکرد دانه به تنهایی چندان موفقیت‌آمیز نبوده و منجر به افزایش قابل ملاحظه‌ای در عملکرد نمی‌شود و عقیده بر این است که برای بازدهی بیشتر در انتخاب ارقام سازگار و برتر باید صفاتی را که تحت شرایط کم‌آبی در افزایش عملکرد دانه مؤثر هستند، شناسایی کرد و آنها را نیز علاوه بر عملکرد دانه به عنوان معیارهای انتخاب مورد استفاده قرار داد (Izanlu *et al.*, 2005). برخی محققان وجود همبستگی مثبت و معنی‌داری را بین عملکرد دانه و تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین و وزن هزار دانه در گیاه کلزا گزارش کرده و اظهار داشته‌اند که اثر تنش خشکی بر عملکرد دانه عمدتاً از طریق کاهش تعداد دانه در خورجین آشکار می‌شود (Daneshmand *et al.*, 2006).

با توجه به همزمانی حادث شدن تنش خشکی در طی

[DOR: 20.1001.1.15625540.1389.12.2.3.2]

مراحل گلدهی تا رسیدگی کلزا و متفاوت بودن زمان وقوع و شدت تنش طی سال‌های مختلف در ایران، لزوم معرفی ارقام جدید به کشاورزان که به این شرایط سازگاری داشته باشند، ضروری به نظر می‌رسد. هدف از انجام این پژوهش، ارزیابی ارقام کلزا در شرایط تنش خشکی در مراحل انتهایی رشد زایشی (خورجین‌دهی تا رسیدن کامل) به‌منظور گزینش ارقام برتر جهت توصیه در کشت پاییزه کلزا بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به منظور بررسی ارقام کلزا در شرایط تنش خشکی طی سال‌های زراعی ۸۴-۱۳۸۳ و ۸۵-۱۳۸۴ در مزرعه پژوهشی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج با موقعیت طول جغرافیایی ´۵۹ و °۳۵ شمالی و عرض جغرافیایی ´۷۵ و °۵۰ شرقی و ارتفاع ۱۳۲۱ متر از سطح دریا انجام شد. براساس میانگین داده‌های سی‌ساله هواشناسی کرج، متوسط بارندگی سالیانه منطقه ۲۴۳ میلی‌متر بوده و بارندگی‌ها عمدتاً در اواخر پاییز و اوایل بهار روی می‌دهد (جدول ۱). بافت خاک مزرعه آزمایش، لومی رسی با ۰/۴۴ درصد کربن آلی، اسیدیته ۷/۸ و هدایت الکتریکی ۱/۷۰ میلی موس بر سانتی‌متر و میزان فسفر و پتاس به ترتیب ۳/۳ و ۱۷۵ میلی‌گرم در کیلوگرم بود. آزمایش‌ها به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار اجرا شد و تیمارهای آبیاری در کرت‌های اصلی و ارقام در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. تیمار آبیاری در دو سطح، شامل آبیاری معمول براساس ۸۰ میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک تبخیر کلاس A (شاهد) و دیگری تنش خشکی به صورت قطع آبیاری در مرحله رشد زایشی (از مرحله خورجین‌دهی، کد ۵/۵ از جدول کدبندی سیلوستر- برادلی و میکپیس (Sylvester-Bradley, and Makepeac, 1984) تا مرحله رسیدگی فیزیولوژیک (کد ۶/۹) اعمال شد. ۱۲ رقم کلزا در این آزمایش مورد ارزیابی قرار گرفتند که مشخصات آنها در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۱- میزان بارندگی ماهیانه در سال‌های زراعی ۸۴- ۱۳۸۳ و ۸۵- ۱۳۸۴ در کرج

Table 1. Monthly precipitation rate (mm) in 2004-2005 and 2005-2006 cropping seasons at Karaj

Month / Year	مهر Sept.	آبان Oct.	آذر Nov.	دی Dec.	بهمن Jan.	اسفند Feb.	فروردین Mar.	اردیبهشت Apr.	خرداد May	مجموع Total
2004-05	0	16.6	27.6	36	72.7	50.3	19.6	47.6	10.1	290.5
2005-06	1.8	26.7	5.6	49.3	75.2	3.1	42.4	11.4	2.5	218

هرکرت آزمایشی شامل شش خط به طول پنج متر، فاصله خطوط ۳۰ سانتی‌متر از هم بود که دو خط کناری به عنوان حاشیه در نظر گرفته شدند. فاصله بوته‌ها روی خطوط کاشت ۴ سانتی‌متر بود. کاشت در هر دو سال در تاریخ ۱۳ مهرماه انجام گرفت و کلیه عملیات مربوط به داشت به جز آبیاری به صورت یکسان و بر اساس عرف منطقه انجام شد. آبیاری برای تیمار آبیاری معمول در هشت مرحله و برای تیمار تنش در شش مرحله صورت گرفت. در مجموع، میزان آب مصرفی برای تیمار شاهد ۵۱۲۰ متر مکعب و برای تیمار تنش ۳۸۴۰ متر مکعب در هکتار بود. با نزدیک شدن گیاه به مرحله رسیدگی فیزیولوژیک، تعداد ۱۰ بوته از هر کرت به طور تصادفی انتخاب و صفات ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی، تعداد خورجین در بوته و تعداد دانه در خورجین آنها اندازه‌گیری شدند. تعداد کل خورجین‌های هر بوته در ساقه اصلی و شاخه‌های فرعی در ۱۰ بوته انتخابی به طور مجزا و به صورت تصادفی انتخاب و تعداد دانه موجود در آنها شمارش و از جمع میانگین تعداد دانه در خورجین ساقه اصلی و شاخه فرعی، تعداد دانه

[DOR: 20.1001.1.15625540.1389.12.2.3.2]

در خورجین تعیین شد. به منظور تعیین عملکرد دانه، بوته‌های موجود در مساحت ۴/۸ متر مربع از هر کرت آزمایشی به طور جداگانه کف‌بر شده و جهت خشک شدن نهایی و رسیدن رطوبت دانه‌ها به ۱۲ درصد، به مدت یک هفته در هوای آزاد نگهداری و پس از جداسازی دانه‌ها از خورجین، وزن دانه‌ها با ترازوی دقیق توزین و عملکرد دانه بر حسب کیلوگرم در هکتار محاسبه شد. برای تعیین وزن هزار دانه، ۵ نمونه ۱۰۰۰تایی از بذرهای هر کرت آزمایشی به طور تصادفی انتخاب و با میانگین‌گیری وزن آنها، وزن هزار دانه محاسبه شد. برای اندازه‌گیری عملکرد بیولوژیک، پس از کف‌بر کردن بوته‌های هر کرت آزمایشی و قبل از جدا کردن دانه از خورجین، وزن کل بوته‌ها اندازه‌گیری و عملکرد بیولوژیک در هکتار تعیین شد و از تقسیم عملکرد دانه بر عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت به دست آمد. میزان روغن دانه‌های هر کرت آزمایشی با استفاده از دستگاه NMR Analyzer, NMR) (Brunker, Germany اندازه‌گیری و از حاصل‌ضرب میزان روغن دانه در عملکرد دانه، عملکرد روغن محاسبه شد.

جهت ارزیابی ارقام از نظر مقاومت به تنش خشکی، در ابتدا شدت تنش (SI) از رابطه زیر محاسبه شد (Fischer and Maurer, 1978):

$$SI = 1- (\overline{Y}s / \overline{Y}p) \quad (۱)$$ (شدت تنش)

جدول ۲- تیپ رشدی و مبدأ ارقام کلزای مورد ارزیابی

Table 2. Growth type and origin of rapeseed cultivars

نام Name	مبدأ Origin	تیپ رشدی Growth type	رقم Variety	هیبرید Hybrid	طول دوره رشد (روز) Growth duration (day)
Licord	Germany آلمان	Winter پاییزه	*		234- 237
Okapi	France فرانسه	Winter پاییزه	*		234- 237
SLM046	Germany آلمان	Winter پاییزه	*		235- 236
RGS003	Germany آلمان	Spring بهاره		*	219- 224
Hyola420	Canada کانادا	Spring بهاره		*	224- 231
Option500	Germany آلمان	Spring بهاره		*	227- 230
Zarfam	Iran ایران	Winter پاییزه	*		228- 230
Orient	Germany آلمان	Winter پاییزه	*		229- 233
Opera	Sweden سوئد	Winter پاییزه	*		231- 235
Talaye	Germany آلمان	Winter پاییزه	*		227- 233
Sarigol	Germany آلمان	Spring بهاره	*		219- 229
Hyola401	Canada کانادا	Spring بهاره		*	220- 226

در این رابطه، $\overline{Y}p$ و $\overline{Y}s$ به ترتیب میانگین عملکرد دانه ارقام در شرایط آبیاری معمول و تنش می‌باشند. سپس با استفاده از عملکرد ارقام در شرایط آبیاری (Yp) و تنش (Ys)، شاخص تحمل به تنش (STI) محاسبه و به منظور بررسی ارقام از نظر مقاومت به تنش خشکی مورد استفاده قرار گرفت (Fernandez, 1992):

$$STI = (Yp \times Ys) / (\overline{Y}p)^2 \quad (۲)$$ (شاخص تحمل به تنش)

داده‌های حاصل از دو سال آزمایش با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS تجزیه واریانس مرکب شدند و میانگین داده‌ها به روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال

[DOR: 20.1001.1.15625540.1389.12.2.3.2]

پنج درصد با استفاده از نرم‌افزار آماری MSTAT-C مقایسه شدند.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که اثر سال برای تمامی صفات مورد بررسی معنی‌دار بود (جدول ۳)، که دلیل آن را می‌توان به وجود بارندگی بیشتر در سال اول آزمایش نسبت به سال دوم به ویژه در طی ماه‌های اردیبهشت و خرداد نسبت داد (جدول ۱).

ارتفاع بوته به‌طور معنی‌داری تحت تاثیر تیمار تنش قرار گرفت (جدول ۳)، با توجه به مصرف آب بیشتر و تأثیر این عامل بر رشد رویشی و افزایش فاصله بین گره‌ها، بیشترین ارتفاع بوته در شرایط آبیاری معمول به میزان ۱۲۰/۵ سانتی‌متر به‌دست آمد (جدول ۴) و تنش خشکی موجب کاهش ۱۲ درصدی صفت مذکور شد. حسن‌زاده و همکاران (Hassan-Zade *et al*., 2005). در یک آزمایش عکس‌العمل سه رقم کلزای پاییزه به چهار رژیم آبیاری [قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد، قطع آبیاری از مرحله خورجین‌دهی، قطع آبیاری از مرحله پر شدن دانه به بعد و تیمار آبیاری معمول (شاهد)] را مورد مطالعه قرار دادند و مشاهده کردند که قطع آبیاری (تنش خشکی) موجب کاهش معنی‌دار صفات مورفولوژیک (ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی و طول خورجین)، عملکرد دانه و اجزای عملکرد (تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین و وزن هزار دانه) و عملکرد روغن گردید. کاهش ارتفاع بوته 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 از نظر ارتفاع بوته نسبت داد. ارقام مورد آزمون نیز از نظر صفت مذکور در گروه‌های آماری متفاوت قرار گرفتند، به صورتی‌که رقم زرفام بیشترین و هیبرید Hyola401 کمترین ارتفاع بوته را دارا بودند. با توجه به اینکه رقم Hyola401 رقمی بهاره و زودرس می‌باشد، احتمالاً ارتفاع کمتر بوته با توجه به کوتاه بودن دوره رشد آن، قابل توجیه می‌باشد. در مقابل به نظر می‌رسد رقم زرفام نیز به دلیل پاییزه بودن و برخورداری از دوره رشد طولانی‌تر، ارتفاع بیشتری در مقایسه با ارقام زودرس داشته باشد (جدول ۴). مقایسه ترکیب‌های تیماری آبیاری و رقم مشخص کرد که ارقام کلزای مورد بررسی در سطوح مختلف آبیاری از لحاظ این صفت در گروه‌های آماری متفاوت قرار گرفتند. به طور کلی رقم Licord در تیمار آبیاری معمول و رقم زرفام در شرایط تنش بیشترین ارتفاع بوته را دارا بودند و هیبرید Hyola401 کمترین مقدار این صفت را در هر دو تیمار آبیاری به داشت (جدول ۵).

توان تولید شاخه‌های فرعی در گیاه عامل مهمی در تثبیت میزان محصول به شمار می‌آید (Nielsen, 1997). حسن‌زاده و همکاران (Hassan-Zade *et al*., 2005) وجود همبستگی مثبت و قوی بین ارتفاع بوته و تعداد شاخه فرعی با عملکرد دانه در کلزا را گزارش کرده‌اند. نیلسن (Nielsen, 1997) نیز در آزمایش خود کاهش تعداد شاخه فرعی در شرایط تنش خشکی در زمان پر شدن دانه در بوته را یکی از دلایل اصلی کاهش عملکرد دانه کلزا اعلام کرده است. اثر آبیاری بر تعداد شاخه فرعی در بوته معنی‌دار بود (جدول ۳) و قطع آبیاری از مرحله خورجین‌دهی به بعد موجب کاهش صفت مذکور از ۴/۳ به ۳/۳ گردید (جدول ۴) که با نتایج بدست آمده از آزمایش مشابه که در آن قطع آبیاری از مرحله گلدهی و خورجین‌دهی موجب کاهش تعداد شاخه فرعی در کلزا شده بود، مطابقت دارد (Hassan-Zade *et al*., 2005). با این حال دلخوش و همکاران (Delkhosh *et al*., 2005) گزارش کردند که تیمار قطع آبیاری از مرحله ساقه‌دهی تا رسیدگی محصول، تأثیری بر تعداد شاخه فرعی در کلزا نداشته است. ارقام مورد بررسی در این آزمایش از نظر صفت

[DOR: 20.1001.1.15625540.1389.12.2.3.2]

جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب صفات گیاهی ۱۲ رقم در تیمارهای آبیاری

Table 3. Combined Analysis of variance for characteristic in 12 rapeseed genotypes in irrigation treatments

			میانگین مربعات (MS)			
S.O.V	منابع تغییر	درجه آزادی d.f	ارتفاع بوته Plant height	تعداد شاخه در بوته Branch.plant $^{-1}$	تعداد خورجین در بوته Silique.plant $^{-1}$	تعداد دانه در خورجین Grain.silique $^{-1}$
Year (Y)	سال	1	20192.50 **	47.60 **	24852.1 **	7536.92 **
E_a	خطای الف	6	72.00	0.48	29.49	1.95
Irrigation (I)	آبیاری	1	9452.80**	44.66 **	45621.00 **	209.65 **
(Y × I)	سال × آبیاری	1	9.36 ^{ns}	0.05 ^{ns}	2182.95 **	0.40 ^{ns}
E_b	خطای ب	6	17.95	0.05	112.19	0.21
Variety (V)	رقم	11	2108.19**	3.81 **	1301.08 **	25.12 **
(Y × V)	سال × رقم	11	231.13**	0.91 **	529.91 **	14.76 **
(I × V)	آبیاری × رقم	11	163.59**	0.17 ^{ns}	296.54 **	1.76 **
(Y× I × V)	سال × آبیاری × رقم	11	57.40 ^{ns}	0.76 **	329.30 **	5.40 **
E	خطا	132	33.70	0.11	67.00	0.94
C.V (%)	ضریب تغییرات (درصد)		5.11	8.8	10.93	5.12

ادامه جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب صفات گیاهی ۱۲ رقم در تیمارهای آبیاری

Table 3 (Continue). Combined Analysis of variance for characteristic in 12 rapeseed genotypes in irrigation treatments

			میانگین مربعات (MS)				
S.O.V	منابع تغییر	درجه آزادی d.f	وزن هزار دانه 1000 Grain weight	عملکرد دانه Grain yield	میزان روغن Oil content	عملکرد روغن Oil yield	شاخص برداشت HI
Year (Y)	سال	1	3.00 **	74043194 **	1044.82 **	21130235 **	5284.41 **
E_a	خطای الف	6	0.02	100153	7.23	37225	15.15
Irrigation (I)	آبیاری	1	3.55 **	44338137 **	0.06 ^{ns}	8545686 **	87.43 *
(Y × I)	سال × آبیاری	1	0.01 ^{ns}	3800391 *	2.90 ^{ns}	901856 **	20.76 ^{ns}
E_b	خطای ب	6	0.03	294740	5.03	63054	9.29
Variety (V)	رقم	11	0.52 **	1393437 **	13.12 **	271180 **	49.38 **
(Y × V)	سال × رقم	11	0.10 **	711305 **	2.49 *	140829 **	42.35 **
(I × V)	آبیاری × رقم	11	0.02 ^{ns}	228908 **	1.04 ^{ns}	44422 **	19.62 **
(Y× I × V)	سال × آبیاری × رقم	11	0.02 ^{ns}	381434 **	1.72 ^{ns}	62687 **	20.16 **
E	خطا	132	0.03	67961	1.24	15046	6.98
C.V (%)	ضریب تغییرات (درصد)		4.83	9.72	2.56	10.37	12.47

ns: Non-significant

ns: غیر معنی‌دار

* and **: Significant at 5% and 1% probability levels, respectively

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

[DOR: 20.1001.1.15625540.1389.12.2.3.2]

مذکور اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نشان دادند (جدول ۴)، به طوری که رقم Opera با میانگین ۴/۷، بیشترین و رقم Okapi با میانگین ۳/۳، کمترین تعداد شاخه فرعی در بوته را دارا بودند (جدول۴).

تعداد خورجین در بوته را می‌توان یکی از مهم‌ترین اجزای تشکیل دهنده عملکرد به حساب آورد، زیرا خورجین‌ها حاوی دانه‌ها بوده و در مراحل اولیه پر شدن دانه از طریق انجام فتوسنتز در رشد و تکامل دانه‌ها مشارکت می‌کنند. در این آزمایش نیز همبستگی نسبتا بالایی میان تعداد خورجین در بوته و عملکرد دانه (r=۰/۶۴) مشاهده شد (شکل ۱). تعداد خورجین در بوته به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمار آبیاری قرار گرفت (جدول ۳). نتایج مقایسات میانگین‌ها مشخص کرد که آبیاری معمول با میانگین ۹۰/۳ نسبت به تیمار تنش خشکی (۵۹/۵) برتری معنی‌داری داشت (جدول ۴). گزارشات دیگری نیز مبنی بر تأثیر منفی تنش خشکی در مرحله خورجین‌دهی 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 ریزش آنها (نتایج ارائه نشده است) و در نهایت کاهش تعداد خورجین می‌شود. در این آزمایش ارقام مورد بررسی از لحاظ صفت یاد شده دارای اختلاف معنی‌داری با هم (در سطح احتمال یک درصد) بودند، به طوری‌که ارقام RGS003 و Okapi به ترتیب بیشترین و کمترین میزان این صفت را به خود اختصاص دادند (جدول ۴). در این آمایش کلیه اثرات متقابل سال با تیمارهای آبیاری، رقم، و آبیاری و رقم بر تعداد خورجین معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین ترکیب تیماری آبیاری و رقم، نشان داد که رقم RGS003 در هر دو تیمار آبیاری، بیشترین تعداد خورجین را تولید نمود، در حالی‌که کمترین میزان این صفت در شرایط قطع آبیاری به رقم Okapi تعلق داشت (جدول ۵). به نظر می‌رسد که دلیل آن این موضوع تولید تعداد کمتر شاخه فرعی در رقم Okapi نسبت به سایر ارقام مورد بررسی بوده است.

تعداد دانه در خورجین یکی از صفات تعیین کننده عملکرد محسوب می‌شود. هر چه تعداد دانه در خورجین بیشتر باشد، مخزن بزرگتری برای مواد فتوسنتزی تولید شده توسط گیاه ایجاد می‌شود که منجر به افزایش عملکرد می‌شود. مندهام و همکاران (Mendham et al., 1984) دریافتند که افزایش تعداد دانه در خورجین یک عامل کلیدی در افزایش عملکرد ارقام جدید می‌باشد. در این آزمایش تعداد دانه در خورجین به طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمارهای آبیاری و همچنین اثرات متقابل آبیاری و رقم قرار گرفت (جدول ۳). نتایج مقایسات میانگین‌ها نشان داد که تیمار آبیاری معمول نسبت به تیمار تنش خشکی برتری معنی‌داری داشت و موجب افزایش ۱۱ درصدی تعداد دانه در خورجین گردید (جدول ۴). به نظر می‌رسد که طی مرحله زایشی، کمبود آب باعث کاهش قدرت مخزن در جذب مواد فتوسنتزی شده و همین عامل باعث افت تعداد گلهای بارور در گیاه می‌باشد. ما و همکاران(Ma et al., 2006) نیز اظهار داشتند که تعداد دانه در خورجین در اثر تنش خشکی کاهش می‌یابد. ارقام مورد آزمون در آزمایش حاضر نیز از نظر تعداد دانه در خورجین اختلاف معنی‌داری با هم داشتند، به طوری که رقم زرفام بیشترین و هیبرید Hyola401 کمترین میزان این صفت را به خود اختصاص دادند (جدول ۴). مقایسه میانگین ترکیب تیماری آبیاری و رقم از نظر تعداد دانه در خورجین نشان داد که ارقام مورد بررسی در سطوح مختلف آبیاری در گروه‌های متفاوت آماری قرار گرفتند. با این‌حال، تحت هر دو تیمار آبیاری رقم زرفام بیشترین میزان تعداد دانه در خورجین را داشت و کمترین میزان این صفت در شرایط قطع آبیاری به هیبرید Hyola401 تعلق داشت (جدول ۵). در این آزمایش اثر جبرانی افزایش تعداد

[DOR: 20.1001.1.15625540.1389.12.2.3.2]

دانه در صورت کاهش تعداد خورجین در بوته در اثر تنش، مشاهده نشد (جدول ۴) که این نتایج با گزارشات دانشمند و همکاران (Daneshmand *et al.*, 2006) مطابقت دارد.

در این آزمایش آبیاری معمول موجب افزایش ۹ درصدی وزن هزار دانه در مقایسه با تیمار تنش شد (جدول ۴). علیرغم همزمانی رشد رویشی و زایشی در کلزا، به نظر می‌رسد که وجود آب کافی به‌ویژه در مرحله دانه‌بندی مانع از بروز رقابت برای مواد فتوسنتزی بین دانه‌ها و سایر اجزای عملکرد و همچنین اندام‌های رویشی شده باشد. کاهش وزن هزار دانه به دنبال تنش خشکی نیز احتمالاً به دلیل کاهش تولید و انتقال مواد فتوسنتزی به دانه‌ها بوده است. به نظر می‌رسد که در این شرایط گیاه حتی با انتقال مجدد ذخائر اندوخته شده خود نیز نتوانسته کاهش مواد پرورده ناشی از تنش را جبران نماید و این وضعیت منجر به کاهش وزن دانه‌ها شده است. دانشمند و همکاران (Daneshmand *et al.*, 2006) نیز گزارشات مشابهی در این زمینه ارائه کرده‌اند. ارقام کلزا از نظر وزن هزار دانه اختلاف معنی‌داری با هم داشتند و ارقام Opera و Okapi به ترتیب با میانگین‌های ۴ و ۳/۴ گرم به ترتیب بیشترین و کمترین وزن هزار دانه را داشتند (جدول ۴).

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که اختلاف عملکرد دانه در سطوح آبیاری و ارقام از نظر آماری معنی‌دار بود (جدول ۳). ارقام کلزا در شرایط آبیاری معمول عملکرد دانه بیشتری (۳۱۶۲/۵ کیلوگرم در هکتار) نسبت به تیمار تنش (۲۲۰۱/۴ کیلوگرم در هکتار) تولید کردند (جدول۴). به نظر می‌رسد که مصرف آب کافی طی مراحل مختلف نمو با اثر مثبت بر اجزای عملکرد (تعداد خورجین، تعداد دانه در خورجین و وزن دانه‌ها) منجر به بهبود عملکرد دانه کلزا می‌شود. همبستگی مثبت و معنی‌دار میان عملکرد دانه و تعداد دانه در خورجین (r=۰/۷۵) و وزن هزار دانه (r=۰/۷۸) نشان داد که تغییرات عملکرد دانه هم جهت با تغییرات این صفات بوده است (شکل ۱). با این حال سهم تأثیرپذیری تعداد دانه در خورجین (۱۱ درصد) نسبت به شرایط تنش خشکی، بیشتر از وزن هزار دانه بود (جدول ۴). قلی‌پور و همکاران (Golipoor *et al.*, 2004) اظهار داشتند هنگامی که در مرحله رشد خورجین‌ها گیاه با کمبود آب مواجه شود، انتقال مواد غذایی به دانه‌ها تقلیل یافته و عملکرد کاهش می‌یابد که ناشی از کاهش تعداد و اندازه خورجین‌ها می‌باشد. دادیور و خودشناس (Dadivar and Khodshenas, 2007) کاهش عملکرد دانه در شرایط تنش رطوبتی را متأثر از کاهش اجزای عملکرد از جمله تعداد خورجین، تعداد دانه در خورجین، ارتفاع بوته و وزن ماده خشک دانسته‌اند. گزارشات ارائه شده توسط نیلسن (Nielsen, 1997) نیز نشان دهنده وجود عکس‌العمل خطی بین عملکرد دانه و آب مصرفی در گیاه کلزا می‌باشد.

در بین ارقام کلزای مورد بررسی نیز از لحاظ این صفت اختلاف معنی‌داری وجود داشت و ارقام SLM046 و زرفام بیشترین و رقم Licord کمترین میزان عملکرد دانه را داشتند (جدول ۴). در این آزمایش کلیه اثرات متقابل سال و آبیاری، رقم و آبیاری و رقم بر عملکرد دانه معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین ترکیب تیماری آبیاری با رقم نشان داد که ارقام مورد ارزیابی در سطوح آبیاری از نظر این صفت در گروه‌های آماری متفاوت واقع شدند. در شرایط آبیاری معمول، رقم SLM046 بیشترین میزان این صفت را داشت. بیشترین میزان عملکرد دانه در شرایط تنش به رقم زرفام و کمترین میزان آن به رقم Licord تعلق داشت (جدول ۵). در شرایط تنش خشکی، رقم زرفام به‌واسطه داشتن تعداد دانه در خورجین و وزن هزار دانه بالا که هر دو از اجزای مهم عملکرد دانه در کلزا می‌باشند، حداکثر عملکرد دانه را داشت.

شاخص برداشت معیاری از کارایی انتقال

[DOR: 20.1001.1.15625540.1389.12.2.3.2]

جدول ۴- مقایسه میانگین صفات گیاهی ۱۲ ژنوتیپ کلزا در تیمارهای آبیاری

Table 4. Mean comparison of plant characteristics in 12 rapeseed genotypes in irrigation treatments

تیمار Treatment	ارتفاع بوته Plant height (cm)	تعداد شاخه در بوته Branch.plant $^{-1}$	تعداد خورجین در بوته Silique.plant^{-1}	تعداد دانه در خورجین Grain.silique^{-1}	وزن هزار دانه 1000 Grain weight (g)	عملکرد دانه Grain yield (kg.h^{-1})	میزان روغن Oil content (%)	عملکرد روغن Oil yield (kg.h^{-1})	شاخص برداشت HI (%)	شاخص مقاومت به خشکی STI
Irrigation آبیاری	120.5 a	4.3 a	90.3 a	20.0 a	3.8 a	3162.5 a	43.5 a	1393.3 a	20.5 b	-
Stress تنش	106.5 b	3.3 b	59.5 b	17.9 b	3.5 b	2201.4 b	43.5 a	971.4 b	20.9 a	-
Variety رقم										
Licord	124.1 b	4.1 c	84.8 ab	19.5 cd	3.5 def	2365.0 e	43.3 def	1093.0 d	21.1 cde	0.56 f
Okapi	116.9 d	3.3 f	57.2 g	20.2 bc	3.4 f	2560.0 de	43.6 cde	1137.0 cd	21.4 cde	0.67 def
SLM 046	124.9 ab	3. 6 de	71.2 def	20.6 b	3.7 b	3217.0 a	43.4 def	1403.0 a	22.7 bc	1.02 ab
RGS 003	100.0 f	4.3 bc	89.6 a	17.5 g	3. 6 cde	2498.0 de	43.2 def	1104.0 d	19.7 e	0.62 ef
Hyola 420	105.0 e	3.3 f	66.8 f	18.5 ef	3.7 bc	2638.0 cd	44.4 b	1195.0 c	20.0 e	0.70 def
Option 500	103.8 ef	3.8 d	68.8 ef	18.1 fg	3.6 bcd	2383.0 e	45.4 a	1099.0 d	19.5 e	0.59 ef
Zarfam	128.8 a	3.3 ef	73.3 cde	21.5 a	3.9 a	3216.0 a	44.0 bcd	1427.0 a	23.5 ab	1.09 a
Orient	122.1 bc	3.7 d	72.3 def	18. 9 de	3.6 b-e	2549.0 de	42.8 efg	1100.0 d	19.3 e	0.73 c-f
Opera	119.7 cd	4.7 a	79.2 bc	18.5 ef	4.0 a	2815.0 bc	42. 5 fg	1215.0 c	24.8 a	0.81 cd
Talaye	118.6 cd	4.5 ef	72.5 def	18.7 ef	3.7 b	2527.0 de	42.1 g	1077.0 d	19.9 e	0.63 ef
Sarigol	104.1 ef	4.5 b	85.4 a	18.0 fg	3.4 ef	2501.0 de	43.3 def	1089.0 d	20.3 de	0.75 cde
Hyola 401	93. 9 g	3.6 de	77.2 cd	17.5 g	3. 9 a	2914.0 b	44.3bc	1301.0 b	22.0 bcd	0.88 bc

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌دار ندارند

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level using Duncan Multiple Rang Test

[DOR: 20.1001.1.15625540.1389.12.2.3.2]

جدول ۵- مقایسه میانگین صفات گیاهی ۱۲ ژنوتیپ کلزا در تیمارهای آبیاری

Table 5. Mean comparison of plant characteristics in 12 rapeseed genotypes in irrigation treatments

رقم Variety	ارتفاع بوته Plant height (cm)		خورجین در بوته Silique.plant^{-1}		دانه در خورجین Grain.silique^{-1}	
	آبیاری Irrigation	تنش Stress	آبیاری Irrigation	تنش Stress	آبیاری Irrigation	تنش Stress
Licord	139.1 a	109.1 ij	104.4 ab	65.3 jkl	20.5 bc	18.5 fg
Okapi	126.4 cde	107.4 jk	70.8 ijk	43.6 p	21.4 ab	18.9 def
SLM 046	131.5 bc	118.3 fg	76.9 hi	65.4 jkl	21.4 ab	19.8 cd
RGS 003	102.8 kl	97.3 l	106.3 a	72.9 ij	18.5 fg	16.5 ij
Hyola 420	109.6 ij	100.5 l	85.9 efg	47.7 op	20.0 c	17.0 hij
Option 500	111.1 hij	96.4 l	82.3 gh	55.4 mno	18.8 ef	17.5 ghi
Zarfam	136.6 ab	121.1 ef	93.9 cde	52.7 no	22.3 a	20.7 bc
Orient	127.4 cd	116.8 fgh	83.0 fgh	61.5 lmn	19.9 cd	17.9 fgh
Opera	124.7 cd	114.8 jhi	96.3 bcd	62.1 klm	19.7 cde	17.3 hi
Talaye	127.5 cd	109.7 ij	91.8 def	53.2 no	20.3 c	17.2 hij
Sarigol	111.2 hij	97.0 l	101.1 abc	69.7 i-l	18.5 fg	17.5 ghi
Hyola 401	98.3 l	89.4 m	90.6 d-g	63.8 j-m	18.8 ef	16.2 j

رقم Variety	عملکرد دانه Grain yield (kg.h^{-1})		عملکرد روغن Oil yield (kg.h^{-1})		شاخص برداشت HI (%)	
	آبیاری Irrigation	تنش Stress	آبیاری Irrigation	تنش Stress	آبیاری Irrigation	تنش Stress
Licord	2955.0 def	1776.0 k	1297.0 def	781.0 l	20.5 c-h	21.6 b-g
Okapi	2843.0 ef	2276.0 hi	1257.0 def	1016.0 hij	19.6 e-h	23.2 bc
SLM 046	3771.0 a	2663.0 fg	1639.0 a	1168.0 fg	22.5 b-e	22.9 bcd
RGS 003	2888.0 def	2107.0 ij	1283.0 def	926.0 h-k	19.2 fgh	20.2 c-h
Hyola 420	3318.0 bc	1958.0 jk	1497.0 bc	894.0 jkl	21.5 b-g	18.4 h
Option 500	2859.0 ef	1907.0 jk	1327.0 de	871.0 kl	19.1 fgh	19.8 d-h
Zarfam	3727.0 a	2705.0 fg	1643.0 a	1211.0 ef	22.5 b-e	24.4 b
Orient	3111.0 cde	1987.0 jk	1334.0 de	866.0 kl	19.6 e-h	19.1 gh
Opera	3174.0 cd	2457.0 gh	1376.0 cd	1055.0 gh	22.0 b-g	27.6 a
Talaye	2885.0 def	2169.0 ij	1229.0 ef	925.0 h-k	18.2 h	21.7 b-g
Sarigol	2916.0 def	2086.0 ij	1273.0 def	904.0 i-l	19.7 e-h	21.1 c-h
Hyola 401	3501.0 ab	2327.0 hi	1564.0 ab	1039.0 hi	21.8 b-g	22.3 b-f

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌دار ندارند

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level using Duncan Multiple Rang Test

مواد فتوسنتزی تولید شده در گیاه به دانه است. در این آزمایش شاخص برداشت به طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمار آبیاری قرار گرفت. اثر رقم و نیز اثرات متقابل آبیاری × رقم، سال × رقم وسال × آبیاری × رقم نیز معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که قطع آبیاری (از مرحله خورجین‌دهی) با میانگین ۲۰/۹ درصد، نسبت به آبیاری معمول با میانگین ۲۰/۵ درصد، برتری معنی‌داری داشت (جدول ۴). به نظر می‌رسد که تنش خشکی رشد اندام‌های رویشی را بیشتر از عملکرد دانه کاهش داده است و به عبارتی تأثیر منفی تنش بر عملکرد دانه کمتر از عملکرد ماده خشک بوده است. در آزمایش نادری و همکاران (Naderi *et al*., 2005) تنش خشکی در شدیدترین سطح اعمال شده باعث افزایش شاخص برداشت گردید. ایشان یکی از دلایل بالاتر بودن شاخص برداشت را کاهش تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک همراه با افزایش شدت تنش خشکی دانسته‌اند. با توجه به تأثیر معنی‌دار رقم بر شاخص برداشت، مقایسه میانگین ارقام نشان داد که رقم

[DOR: 20.1001.1.15625540.1389.12.2.3.2]

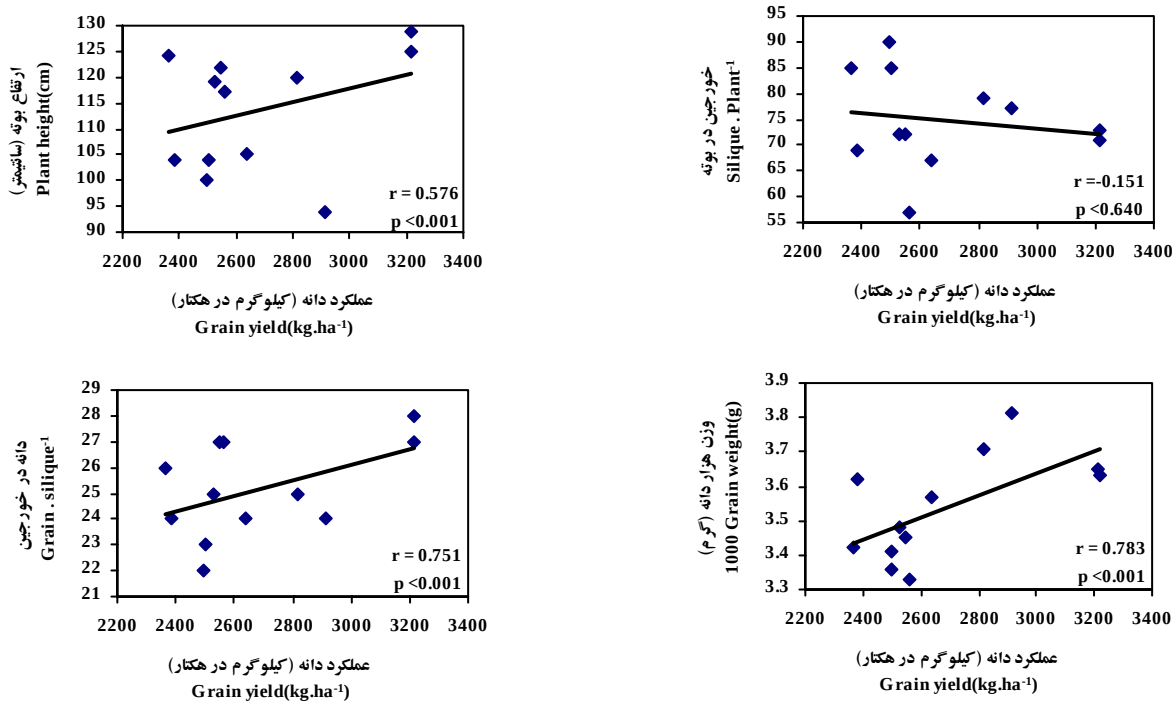
Opera با میانگین ۲۴/۸ درصد، بیشترین و رقم Orient با میانگین ۱۹/۳ درصد کمترین شاخص برداشت را داشتند (جدول ۴). مقایسه میانگین اثرات متقابل آبیاری و رقم نشان داد که در شرایط آبیاری معمول، رقم زرفام با میانگین ۲۲/۵ و در شرایط قطع آبیاری، رقم Opera با میانگین ۲۷/۶ درصد بیشترین میزان این صفت را به خود اختصاص دادند (جدول ۵).

میزان روغن دانه تحت تأثیر تنش قرار نگرفت، ولی بین ارقام کلزا اختلاف معنی‌داری از نظر این صفت مشاهده شد (جدول ۳). در کلزا تجمع روغن در دانه‌ها از منحنی سیگموئیدی پیروی می‌کند، به این ترتیب که ابتدا شدید و سپس کند و ثابت می‌شود و حدود ۱۸ روز پس از گرده‌افشانی، اولین قطرات روغن قابل تشخیص می‌باشند (Azizi *et al.*, 1999). با توجه به نحوه اجرای تیمار تنش خشکی در این پژوهش (تنش در اواخر مراحل رشد زایشی)، به نظر می‌رسد که فرایند ساخت و تجمع روغن در دانه‌ها تا زمان اعمال تنش به میزان زیادی انجام شده و از طرف دیگر بعد از اعمال تنش هنوز میزان رطوبت ذخیره شده در خاک در حد نسبتاً مطلوبی قرار داشته است، بنابراین تنش خشکی تأثیر معنی‌داری بر میزان روغن نگذاشته است. پیشتر نیز در آزمایش مشابهی مشاهده شده بود که تیمار قطع آبیاری پس از مرحله ساقه‌دهی، اثر معنی‌داری بر میزان روغن دانه نداشته است (Delkhosh *et al.*, 2005) که به نظر می‌رسد گزارش‌های مذکور نشان‌دهنده وراثت‌پذیری بالای این صفت و عدم تأثیرپذیری آن نسبت به شرایط محیطی می‌باشد. بررسی تیمارهای آبیاری، اختلاف بسیار جزئی در میزان درصد روغن دانه را نشان داد که البته معنی‌دار نبود (جدول ۴). در بین ارقام مورد بررسی، رقم Option500 با ۴۵/۴ درصد، بیشترین و رقم طلایه با ۴۲/۱ میزان کمترین درصد میزان روغن دانه را به خود اختصاص دادند (جدول ۴).

بررسی اثرات سطوح آبیاری و رقم بر عملکرد روغن نشان داد که بین سطوح آبیاری و رقم از نظر این صفت اختلاف معنی‌دار وجود داشت (جدول ۳)، به طوری‌که عملکرد روغن در تیمار شاهد با میانگین ۱۳۹۳/۳ کیلوگرم در هکتار نسبت به تیمار تنش با میانگین ۹۷۱/۴ کیلوگرم در هکتار برتری معنی‌داری داشت که علت اصلی آن تولید عملکرد دانه بالاتر در شرایط آبیاری بود. نتایج به‌دست آمده از این آزمایش با گزارشات موجود از تحقیقات مشابه مطابقت دارد (Hassan-Zade *et al.*, 2005, Dadivar and Khodshenas, 2007) ارقام کلزای مورد آزمایش از نظر این صفت در گروه‌های آماری متفاوت قرار داشتند و ارقام SLM046 و زرفام به‌واسطه تولید حداکثر عملکرد دانه توانستند بالاترین میزان عملکرد روغن را نیز کسب نمایند (جدول ۴). کلیه اثرات متقابل سال × آبیاری، سال × رقم، آبیاری × رقم و سال × آبیاری × رقم معنی‌دار بودند (جدول ۳). مقایسه میانگین اثرات متقابل آبیاری و رقم نشان داد که ارقام مورد آزمون از لحاظ این صفت در گروه‌های آماری متفاوت قرار داشتند. به طور کلی ارقام زرفام و SLM046 تحت هر دو تیمار آبیاری و تنش، بیشترین عملکرد روغن را تولید نمود و در شرایط قطع آبیاری رقم Licord کمترین میزان این صفت را به خود اختصاص داد که با توجه به عملکرد پایین رقم مذکور در شرایط تنش قابل توجیه است (جدول ۵).

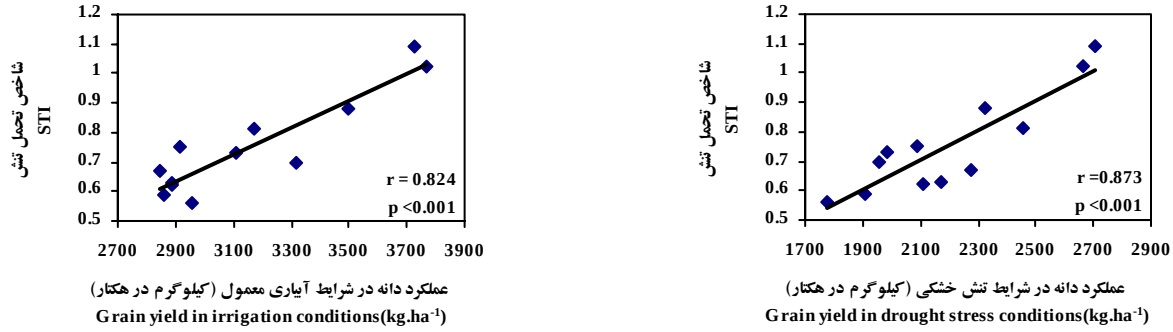
قطع آبیاری از مرحله خورجین‌دهی، شدت تنشی در حدود ۰/۲۵ ایجاد کرد که این شدت تنش با توجه به طبقه‌بندی فیشر و همکاران (Fischer *et al.*, 1978) در حد ملایم بود. طبق نظر فرناندز (Fernandez, 1992) مناسب‌ترین شاخص برای گزینش ارقام متحمل به تنش، شاخصی است که دارای همبستگی نسبتاً بالایی با عملکرد دانه در هر دو شرایط بدون تنش و تنش باشد. وی شاخص تحمل به تنش را شاخص مناسبی برای گزینش ارقام متحمل به تنش معرفی نمود، چون قادر است ارقامی را که در هر دو شرایط بدون تنش و تنش

[DOR: 20.1001.1.15625540.1389.12.2.3.2]



شکل ۱- همبستگی صفات ارتفاع بوته، تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین و وزن هزار دانه با عملکرد دانه در ۱۲ ژنوتیپ کلزا

Fig. 1. Correlation between plant height, silique.plant^{-1}, grain.silique^{-1} and 1000 grain weight characteristics and grain yield in 12 rapeseed genotypes



شکل ۲- همبستگی شاخص تحمل به تنش (STI) با عملکرد دانه در شرایط آبیاری معمول و تنش خشکی در ۱۲ ژنوتیپ کلزا

Fig. 2. Correlation between stress tolerance index (STI) and grain yield in normal irrigation and drought stress conditions in 12 rapeseed genotypes

عملکرد بالایی دارند (گروه A) را از دو گروه ارقامی که فقط در شرایط بدون تنش (گروه B) و یا فقط در شرایط تنش (گروه C) عملکرد نسبتاً بالایی دارند، تفکیک نماید. از نظر شاخص STI که مقادیر بالای آن، نشان‌دهنده تحمل ارقام می‌باشد، ارقام زرفام و SLM046 به ترتیب با عملکرد ۳۱۹۷ و ۳۰۵۸ کیلوگرم در هکتار به عنوان ارقام متحمل شناخته شدند (جدول ۴). بررسی عملکرد دانه ارقام زرفام و SLM046

[DOR: 20.1001.1.15625540.1389.12.2.3.2]

در هر دو شرایط تنش و بدون تنش نشان داد که ارقام مذکور از عملکرد بالایی در هر دو محیط برخوردار بودند و گزینش آنها براساس شاخص‌های ارزیابی به درستی صورت گرفته است (جدول ۵). همچنین نتایج به دست آمده در این آزمایش همبستگی مثبت و معنی‌داری را میان شاخص تحمل به تنش (STI) و عملکرد دانه در شرایط آبیاری معمول (۰/۸۲) و تنش خشکی (۰/۸۷) نشان داد (شکل ۲).

نتایج حاصل از ارزیابی صفات طی دو سال آزمایش نشان داد که ارقام زرفام و SLM046 دارای بیشترین عملکرد دانه و روغن در شرایط آبیاری بوده و همچنین سازگاری مناسبی نیز به شرایط تنش خشکی داشتند. بنابراین می‌توان ارقام مذکور را به دلیل داشتن شاخص برداشت مطلوب در هر دو شرایط تنش خشکی و بدون تنش و همچنین بالاترین عملکرد دانه و روغن و مناسب‌ترین اجزای عملکرد دانه به عنوان ارقام مناسب جهت کاشت در مناطقی مشابه منطقه اجرای آزمایش (کرج) که احتمال وقوع تنش رطوبتی در مراحل انتهایی رشد وجود دارد، توصیه نمود. در پایان پیشنهاد می‌شود که در برنامه‌های توسعه کشت کلزا به مسأله کمبود آب و اقتصاد آن توجه بیشتری شود، زیرا آب عامل پایدار محدودکننده سطح کشت محصولات زراعی در کشور ما بعد از شرایط اقلیمی است. لذا در کشور ما ارقامی از کلزا توان توسعه را خواهند داشت که ضمن سازگاری با شرایط اقلیمی، به آب کمتری نیز نیاز داشته باشند.

منابع مورد استفاده

References

Angadi, S. V., H. W. Cutforth. B. G. Mc Conkey. and Y. Gan. 2003. Yield adjustment by canola grown at different plant populations under semiarid conditions. Crop Sci. 43: 1358-1366.

Azizi, M., A. Soltani., and S. Khavari Khorsani. 1999. Brassica Oilseeds: Production and utilization. Jehad Daneshgahi Mashhad Press. 230 p. (In Persian).

Dadivar, M. and M. A. Khodshenas. 2007. Evaluation of water stress effect on canola (*Brassica napus* L.). J. Agric. Sci. Islamic Azad university of Iran. 12 (4): 845-853. (In Persian with English abstract).

Daneshmand, A. R., A. H. Shirani Rad. and M. R. Ardakani. 2006. Evaluation of water deficit stress on tolerance of spring rapeseed *(Brassica napus* L.) genotypes. Agron. Res. 1 (1): 48-60.

Delkhosh, B., A. H. Shirani Rad., Gh. Noor-Mohammadi. and F. Darvish. 2005. Study of drought stress effects on yield and some agronomic and physiological characteristic in rapeseed. J. Agric. Sci. 11(2): 165-176. (In Persian with English abstract).

FAO. 2007. Food outlook. Global Market Analysis. http://www.fao.Food outlook.com

Faraji, A. and S. Sadeghi. 2002. Effects of nitrogen and irrigation on yield and yield components of rapeseed varieties in Gonbad region. Agricultural research and education Press. pp: 91-92. (In Persian).

Fernandez, G. C. J. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. In: Kuo, C. G. (Ed), Proceedings of the International Symposium on Adaptation of Vegetables and Other Food Crops in Temperature and Water Stress, Publication, Tainan, Taiwan.

Fischer, R. A. and R. Maurer. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. Part 1: grain yield response. Aust. J. Agric. Res. 29: 897- 912.

Golipoor, A., N. Latifi., K. Ghasemi Golezani., H. Aliary. and M. Moghaddam. 2004. Comparison of growth

[DOR: 20.1001.1.15625540.1389.12.2.3.2]

and grain yield of rapeseed cultivars under rainfed conditions. Agric. J. Sci. Nature. Resour. 11(1): 5-13. (In Persian with English abstract).

Hassan-Zade, M., M. R. Naderi Darbaghshahi. and A. H. Shirani Rad. 2005. Evaluation of drought stress effects on yield and yield components of autumn rapeseed varieties in Isfahan region. Iran. J. Res. in Agric. 2(2): 51- 62. (In Persian with English abstract).

Izanlu, A., H. Zeynali Khanghah., A. H. Hossein-Zade., N. Majnun Hosseini. and M. Sabokdast. 2005. Evaluation of commercial soybean genotypes reflection in water stress conditions at terminal reproductive stage. Iran. J. Agric. Sci. 36(4): 1011- 1023. (In Persian with English abstract).

Jensen, C. R., V. O. Mogensen., G. Mortensen., J. K. Fieldsend., G. F. J. Milford., M. N. Andersen. and J. H. Thage. 1996. Seed glucosinolate, oil and protein contents of field- grown rape (*Brassica napus* L.) affected by soil drying evaporation demand. Field Crop Res. 47: 93-105.

Ma, Q., S. R. Niknam. and D. W. Turner. 2006. Responses of osmotic adjustment and seed yield of *Brassica napus* and *B. juncea* to soil water deficit at different growth stages. Aust. J. of Agric Res. 57(2): 221-226.

Mahagjan, S. and N. Tuteja. 2005. Cold, salinity and drought stresses: An overview. Archives of Biochem. Biophys. 444: 139-158.

Mendham, N. G., M .J. Russel. and G. C. Buzza. 1984. The contribution of seed survival to yield in new Australian cultivars od oilseed rape. J. Agric. Sci. Camb. 85: 103-110.

Mendham, N. G.. and P. A. Salisbury. 1995. Physiology: crop development, growth and yield. In: Kimber, D. S. and McGregor, D. I . (Eds). Brassica oilseed: Production and utilization. CAB International pp: 11-67.

Naderi, M. R., Gh. Noor-mohammadi., I. Majidi., F. Darvish., A. H. Shirani-Rad. and H. Madani. 2006. of summer safflower reaction to different intensities of drought stress at Isfahan region. Iran. J. Crop. Sci. 7(3): 212-225. (In Persian with English abstract).

Nielsen, D. C. 1997. Water use and yield of canola under dry land condition in the Central Great Plains. J. Prod. Agric. 10: 303-313.

Poma, I., V. Giacoma and L. Grictina. 1999. Rapeseed (*Brassica napus* L. Var. Oleifera D.C.) Ecophysiological and agronomical aspects as affected by soil water availability. 10th International Rapeseed Congress. Canberra, Australia. 1999.

Sinaki, J. M., E. Majidi Heravan., A. H. Shirani Rad., Gh. Noor-mohammadi. and G. Zarei. 2007. The effects of water deficit during growth stages of canola (*B. napus* L.). American-Eurasian. J. Agric. Environ. Sci. 2(4): 417-422.

Sylvester-Bradley, R. and R. J. Makepeac. 1984. A code for stages of development in oilseed rape (*Brassica napus* L.). Asp. Appl. Boil. 6: 398-419.

Turhan, H. and I. Baser. 2004. In vitro and in vivo water stress in sunflower (*Helianthus annus* L.). HELIA. 27: 227-236.

[DOR: 20.1001.1.15625540.1389.12.2.3.2]

Evaluation of terminal drought stress tolerance in spring and winter rapeseed genotypes

Shirani Rad, A. H.[1], M. Naeemi[2] and Sh. Nasr Esfahani[3]

ABSTRACT

Shirani Rad, A. H., M. Naeemi and Sh. Nasr Esfahani. 2010. Evaluation of terminal drought stress tolerance in spring and winter rapeseed genotypes**. Iranian Journal of Crop Sciences. 12 (2): 112-126 (in Persian).**

To evaluate terminal drought stress tolerance in rapeseed cultivars, field experiments was carried out using split plot arrangements in randomized complete block design with four replications in Karaj Research Field Station, Seed and Plant Improvement Institute, Karaj, Iran in two successive growing seasons (2004-2005 and 2005-2006). Irrigation in two levels; optimum irrigation and no-irrigation from silique formation till end of life-cycle were assigned to main plots. Rapeseed genotypes including; Licord, Okapi, SLM 046, RGS 003, Hyola420, Option500, Zarfam, Orient, Opera, Talaye, Sarigol and Hyola401 were randomized in sub-plots. Results showed that drought stress decreased plant height, number of branch.plant^{-1}, number of silique.plant^{-1}, number of grain.silique^{-1}, 1000 grain weight, grain yield, and oil yield, but increased harvest index. However, it had not significant effect on grain oil content. There were significant differences among cultivars for all measured traits. SLM046 and Zarfam in optimum irrigation had the highest grain yield (3771 kg.ha^{-1} and 3727 kg.ha^{-1}, respectively) as well as in drought stress conditions (2705 and 2663 kg.ha^{-1}, respectively). These cultivars had the highest oil yield. Therefore, Zarfam and SLM046 can be considred as stable cultivars in optimum irrigation as well as in terminal drought stress conditions.

Key words: Drought stress, Harvest index, Grain yield, Oil yield, Rapeseed and Silique.

[DOR: 20.1001.1.15625540.1389.12.2.3.2]

Received: February, 2009 Accepted: March, 2010

1- Assistant Prof., Seed and Plant Improvement Institute, Karaj, Iran (Corresponding author)
(Email: shirani.rad@gmail.com)
2- Ph.D. Studen, Aboureyhan Campus, The University of Tehran, Pakdasht, Iran
3-. M. Sc. Studen, Sciences & Research Unit of Tehran, Islamic Azad University, Tehran, Iran