



ارزیابی ارقام کلزا در شرایط تنش خشکی

نعیم جمشیدی^{۱*}، امیرحسین شیرانی‌راد^۲، فاطمه تخت‌چین^۳، پریسا ناظری^۴ و مهدی غفاری^۱

چکیده

به منظور ارزیابی ارقام کلزا در شرایط تنش خشکی، آزمایشی در دو سال به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در منطقه کرج اجرا گردید. 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 ارقام به عنوان عامل فرعی در ۱۲ سطح شامل ارقام Okapi، Licord، SLM046، Hyola420، RGS003، Option500، Opera، Hyola401، Zrfam، طلایه و ساریگل بودند. نتایج نشان داد که تنش خشکی سبب کاهش ارتفاع بوته، تعداد شاخه‌های فرعی در بوته، تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین، عملکرد دانه و عملکرد روغن و افزایش شاخص برداشت گردید، در حالی که تأثیر معنی‌داری بر درصد روغن دانه نداشت. ارقام مورد آزمون از نظر تمام صفات مورد ارزیابی تفاوت معنی‌داری با هم داشتند. ارقام Zrfam و SLM046 در شرایط آبیاری معمول به ترتیب با 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. ارقام مذکور از نظر عملکرد روغن نیز تحت هر دو تیمار آبیاری بالاترین میزان صفت یاد شده را به خود اختصاص دادند. بنابراین، می‌توان ارقام Zrfam و SLM046 را به عنوان ارقامی با ثبات تولید قابل قبول در شرایط معمول و نیز شرایط تنش بعد از خورجین‌دهی معرفی نمود.

واژگان کلیدی: تنش خشکی، شاخص برداشت، عملکرد دانه، کلزا.

۱- دانشجوی دکتری زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز

۲- دانشیار موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر

۳- کارشناس معاونت غذا و دارو دانشگاه علوم پزشکی شهید بهشتی

۴- کارشناس ارشد زراعت دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج

(* نگارنده‌ی مسئول)

مقدمه

پراکنش، رشد و تولید گیاهان همواره از طریق وقوع بلایای طبیعی در قالب عوامل مختلف تنش‌زای زنده و غیرزنده محدود می‌شود (Mahajan and Tuteja, 2001). میانگین بارندگی سالیانه ۲۴۰ میلی‌متر، ایران را در زمره کشورهای خشک جهان قرار داده است و تنش خشکی، خصوصاً در اواخر فصل (مراحل انتهایی رشد) یکی از مهم‌ترین و شایع‌ترین عوامل محدود کننده 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, 2004). علیرغم بارش‌های مناسب در طی فصول پاییز، زمستان و اوایل بهار که نیاز آبی کلزای پاییزه را در طی فصل رویشی تأمین می‌کند، لذا امکان طولانی شدن دوره‌های آبیاری و یا به تعویق افتادن دو تا سه آبیاری در طی مراحل حساس رشد بسیار محتمل می‌باشد. اگرچه کمبود آب در بسیاری از مراحل نمو، 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 می‌گردد (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 می‌شود، اما تأخیر در بروز تنش، سبب کاهش معنی‌دار تعداد دانه در خورجین می‌گردد. بررسی فرجی و صادقی (Faraji and Sadeghi, 2001) 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 گردید، اما تعداد دانه در خورجین تحت تأثیر تنش قرار نگرفت. در پژوهش صورت گرفته توسط جنسن و همکاران (Jensen et al., 1996) مشخص گردید که تنش خشکی در اواخر فصل باعث ریزش بیش از نیمی از خورجین‌ها در دو گونه *B. rapa L.* و *B. napus L.* گردید، در حالی‌که خورجین‌های باقی‌مانده دارای دانه‌های بیشتر و سنگین‌تری بودند. البته اصلاح ارقام پیشرفته برای مناطق خشک از طریق انتخاب بر اساس عملکرد دانه به تنهایی چندان موفقیت‌آمیز نبوده و منجر به افزایش قابل ملاحظه‌ای در عملکرد نمی‌گردد 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 کرده‌اند و اظهار داشتند که اثر تنش خشکی بر عملکرد دانه عمدتاً از طریق کاهش تعداد دانه در خورجین آشکار می‌شود (Daneshmand et al., 2006).

گردید. ارقام نیز در ۱۲ سطح بودند که مشخصات آنها در جدول ۲ مندرج شده است.

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 شد. فاصله بذرکاری بوته‌ها روی خطوط کاشت نیز چهار سانتی‌متر منظور گردید. 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 کل، میزان آب مصرفی برای تیمار شاهد ۵۱۲۰ متر مکعب در هکتار و برای تیمار تنش حدود ۳۸۴۰ متر مکعب در هکتار بود.

پس از اینکه گیاه به مرحله رسیدگی فیزیولوژیک نزدیک شد، 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، اصلی و شاخه‌های فرعی ۱۰ بوته انتخابی به طور مجزا و به صورت تصادفی انتخاب و تعداد دانه موجود در آنها محاسبه و از جمع میانگین تعداد دانه در خورجین ساقه اصلی و شاخه فرعی، تعداد دانه در خورجین تعیین گردید. به منظور تعیین عملکرد دانه از مساحت ۴/۸ متر مربع از هر کرت آزمایشی به طور جداگانه کفبر شده و جهت خشک شدن نهایی و رسیدن رطوبت به ۱۲ درصد، به مدت یک هفته در هوای آزاد نگهداری و پس از جداسازی دانه‌ها از خورجین، وزن دانه‌ها با

با توجه به همزمانی حادث شدن تنش خشکی در طی 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) به منظور گزینش ارقام برتر جهت توصیه در کشت پاییزه کلزا بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش طی سال‌های زراعی 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، میانگین بارندگی سالانه منطقه ۲۴۳ میلی‌متر بوده و بارندگی‌ها عمدتاً در اواخر پاییز و اوایل بهار روی می‌دهد. بافت خاک زمین مورد مطالعه لومی رسی با ۴۴٪ درصد کربن آلی، اسیدیته ۷/۸ و هدایت الکتریکی ۱/۷۰ میلی‌موس بر سانتی‌متر و میزان فسفر و پتاس به ترتیب ۳/۳ و ۱۷۵ پی‌پی‌ام بود. آزمایش‌ها به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار اجرا شد و تیمار آبیاری در کرت‌های اصلی و ارقام در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. تیمار آبیاری، در دو سطح، شامل آبیاری معمول بر اساس 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 شده به شماره ۵/۵ از جدول سیلوستر- برادلی) تا مرحله رسیدگی فیزیولوژیک (کد شماره ۶/۹) اعمال

رابطه زیر محاسبه گردید:

$$SI = 1 - (\bar{Y}_s / \bar{Y}_p) \quad \text{شدت تنش}$$

(Fischer and Maurer, 1978)

که در این رابطه \bar{Y}_s ، \bar{Y}_p به ترتیب میانگین عملکرد دانه ارقام در شرایط آبیاری و تنش می‌باشد. سپس با استفاده از عملکرد ارقام در شرایط آبیاری (Y_p) و تنش (Y_s)، شاخص تحمل به تنش (STI) محاسبه و به منظور بررسی ارقام از نظر مقاومت به تنش خشکی مورد استفاده قرار گرفت:

$$STI = (Y_p \times Y_s) / (\bar{Y}_p)^2 \quad \text{شاخص تحمل به تنش}$$

(Fernandez, 1992).

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 پنج درصد با استفاده از نرم‌افزار آماری MSTATC مقایسه شدند.

ترازوی دقیق توزین و عملکرد دانه بر حسب کیلوگرم در هکتار محاسبه شد. برای تعیین وزن هزار دانه، ۵ نمونه ۱۰۰۰ تایی از بذور هر کرت آزمایشی به طور تصادفی انتخاب و با میانگین‌گیری وزن آنها، وزن هزار دانه محاسبه شد. برای اندازه‌گیری عملکرد بیوماس، پس از کفبر نمودن بوته‌های هر کرت آزمایشی و قبل از جدا کردن دانه از خورجین، وزن کل بوته‌ها تعیین و عملکرد بیولوژیک در هکتار تعیینی شد و از تقسیم عملکرد دانه بر عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت به دست آمد. درصد روغن دانه‌های هر کرت آزمایشی توسط دستگاه NMR در آزمایشگاه بخش دانه‌های روغنی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر تعیین و از حاصل ضرب درصد روغن دانه در عملکرد دانه، عملکرد روغن محاسبه گردید.

جهت ارزیابی ارقام از نظر مقاومت به تنش خشکی، در ابتدا شدت تنش (SI) از

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

Table 1 - Amount of precipitation (mm) in 2004-2005 and 2005-2006 cropping seasons at Karaj

Month	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	مجموع
Year	Sept	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	March	April	May	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

جدول ۲ - تیپ رشدی و مبدأ ارقام کلزای مورد مطالعه

Table 2 - Growth type and origin of studied rapeseed cultivars

Name نام	Origin مبدأ	Growth type تیپ رشدی	رقم Variety	هیبرید Hybrid	طول دوره رشد Growth duration
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

نتایج و بحث

(Hassan-Zade *et al.*, 2006) در بررسی خود 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) 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 گیاه در اثر اعمال تنش خشکی را می‌توان به اختلال در فتوسنتز به واسطه کم‌آبی و

تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که اثر سال برای تمامی صفات مورد بررسی معنی‌دار بود (جدول ۳)، که به دلیل وجود بارندگی بالاتر در سال اول آزمایش نسبت به سال دوم به‌ویژه در ماه‌های اردیبهشت و خرداد بوده است (جدول ۱).

ارتفاع بوته به‌طور معنی‌داری تحت 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 سانتی‌متر به‌دست آمد (جدول ۴). تنش خشکی موجب کاهش ۱۲ درصدی صفت مذکور در گیاهان گردید. حسن‌زاده و همکاران

عامل مهمی در تثبیت میزان محصول به شمار می‌آید (Nielsen, 1997). حسن‌زاده و همکاران (Hassan-Zade et al., 2006) وجود همبستگی مثبت و قوی بین ارتفاع بوته و تعداد شاخه فرعی با عملکرد دانه در کلزا را گزارش کرده‌اند. نیلسن (Nielsen, 1997) 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 معرفی کرده است. ارقام مورد بررسی در این آزمایش از نظر صفت مذکور اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نشان دادند (جدول ۴)، به طوری که رقم Opera با میانگین ۴/۷۳، بیشترین و رقم Okapi با میانگین ۳/۲، کمترین تعداد شاخه فرعی در بوته را به خود اختصاص دادند (جدول ۴).

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، 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 (۵۹/۳) برتری معنی‌داری داشت (جدول ۴). گزارش‌های دیگری نیز مبنی بر تأثیر منفی تنش خشکی در مرحله خورجین‌دهی بر تعداد خورجین در بوته ارائه شده است (Sinaki et al., 2007; Shirani Rad and Daneshain, 2006). به نظر می‌رسد کمبود عرضه مواد فتوسنتزی در شرایط تنش، باعث عدم تأمین مواد فتوسنتزی به میزان کافی برای خورجین‌ها و در نتیجه ریزش آنها و در نهایت کاهش تعداد خورجین می‌شود.

کاهش تولید مواد فتوسنتزی جهت آرایه 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 صورتی که رقم زرفام بیشترین و هیبرید Hyola401 کمترین ارتفاع بوته را به خود اختصاص دادند (جدول ۱). با توجه به این که رقم Hyola401 رقمی بهاره و زودرس می‌باشد، احتمالاً ارتفاع کمتر گیاه 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، به ارتفاع بیشتری در مقایسه با ارقام زودرس دست یافته است (جدول ۴). مقایسه ترکیب‌های تیماری آبیاری و رقم مشخص کرد که ارقام مورد بررسی در سطوح مختلف آبیاری از لحاظ ارتفاع در گروه‌های آماری متفاوت قرار گرفتند. به‌طور کلی، رقم Licord تحت تیمار آبیاری معمول و رقم زرفام در شرایط تنش بیشترین ارتفاع بوته را دارا بودند. هیبرید Hyola401 کمترین ارتفاع را تحت هر دو تیمار آبیاری به خود اختصاص داد (جدول ۵).

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 به‌دست آمده از بررسی 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., 2006). 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. قدرت تولید شاخه‌های فرعی در تولید و ساخت دانه،

سال × آبیاری × رقم نیز در سطح یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین‌ها مشخص کرد 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 موجب کاهش قدرت مخزن در جذب مواد فتوسنتزی شده و همین عامل در افت تعداد گل‌های بارور در گیاه مؤثر 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 نیز از نظر تعداد دانه در خورجین اختلاف معنی‌داری با هم داشتند، به طوری که رقم زرفام بیشترین و هیبرید Hyola 401 کمترین میزان این صفت را به خود اختصاص دادند (جدول ۴). مقایسه میانگین ترکیب تیماری آبیاری و رقم از نظر تعداد دانه در خورجین مشخص کرد که ارقام مورد بررسی در سطوح مختلف آبیاری در گروه‌های متفاوت آماری قرار گرفتند. با این حال، تحت هر دو تیمار آبیاری رقم زرفام بیشترین میزان تعداد دانه در خورجین را به خود اختصاص داد و کمترین میزان صفت یاد شده در شرایط قطع آبیاری به هیبرید Hyola 401 تعلق داشت (جدول ۵). در این بررسی اثر جبرانی افزایش تعداد دانه در صورت کاهش تعداد خورجین در بوته در اثر تنش، مشاهده نگردید (جدول ۴) که این نتایج با گزارشات دانشمند و همکاران (Daneshmand et al., 2006) مطابقت دارد.

در این بررسی تیمار آبیاری معمول موجب تولید دانه‌های بزرگ‌تر و افزایش وزن هزار دانه شد. به طوری که تیمار آبیاری معمول (شاهد) موجب افزایش ۹ درصدی وزن هزار دانه در مقایسه با تیمار تنش گردید (جدول ۴). علیرغم تداوم رشد رویشی همزمان با رشد زایشی در کلزا، به نظر می‌رسد وجود آب کافی

در این مطالعه ارقام مورد بررسی از لحاظ صفت تعداد خورجین دارای اختلاف معنی‌داری با هم در سطح احتمال یک درصد بودند؛ به طوری که ارقام RGS003 و Okapi به ترتیب بیشترین و کمترین میزان این صفت را به خود اختصاص دادند (جدول ۴). در این مطالعه کلیه اثرات متقابل سال با فاکتورهای آبیاری، رقم، و آبیاری و رقم بر تعداد خورجین معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین ترکیب تیماری آبیاری و رقم، مشخص کرد که رقم RGS003 تحت هر دو تیمار آبیاری بیشترین تعداد خورجین را تولید نمود، در حالی که کمترین میزان این صفت در شرایط قطع آبیاری به رقم Okapi تعلق داشت (جدول ۵)، که به نظر می‌رسد تولید تعداد کمتر شاخه فرعی در رقم Okapi نسبت به سایر ارقام مورد بررسی دلیل این اختلاف باشد.

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 در نهایت منجر به افزایش عملکرد می‌گردد. 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 سطوح مختلف آبیاری و همچنین اثرات متقابل آبیاری و رقم قرار گرفت. این در حالی است که اثرات متقابل سال × آبیاری و

فتوسنتزی به دانه بود. قلی‌پور و همکاران (Golipoor *et al.*, 2004) اظهار داشتند هنگامی که 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 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. گزارش‌های ارایه شده توسط نیلسن (Nielsen, 1997) بیانگر وجود عکس‌العمل خطی بین عملکرد دانه و آب مصرفی در گیاه کلزا می‌باشد. در بین ارقام 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 به خود اختصاص دادند (جدول ۴).

در این بررسی کلیه اثرات متقابل سال با آبیاری، رقم و آبیاری و رقم بر عملکرد دانه در سطح آماری معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین ترکیب تیماری آبیاری با رقم نشان داد که ارقام مورد آزمون در سطوح مختلف آبیاری از نظر این صفت در گروه‌های آماری متفاوت واقع شدند. در شرایط آبیاری معمول رقم SLM046 بیشترین میزان این صفت را به خود اختصاص داد. 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 به واسطه 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 به خود اختصاص داد. با توجه به کاهش فعالیت فتوسنتزی در صورت وقوع تنش، به نظر می‌رسد در رقم زرفام تولید تعداد متوسط خورجین با کاهش

به‌ویژه در مرحله دانه‌بندی مانع از بروز رقابت زیاد برای توزیع مواد فتوسنتزی بین دانه‌ها و سایر اجزای عملکرد و همچنین اندام‌های رویشی گردیده است. کاهش وزن هزار دانه به دنبال تنش خشکی نیز احتمالاً به دلیل کاهش جذب آب و املاح توسط گیاه و به دنبال آن کاهش ساخت و انتقال مواد فتوسنتزی و آسیمیلات‌ها به دانه‌ها بوده است که در این شرایط گیاه حتی با انتقال مجدد ذخایر اندوخته شده خود نیز نتوانسته کاهش آسیمیلات ناشی از تنش را جبران نماید و این وضعیت منجر به کاهش وزن دانه‌ها گردیده است. دانشمند و همکاران (Daneshmand *et al.*, 2006) نیز گزارشات مشابهی در این زمینه ارایه کرده‌اند. ارقام از نظر وزن هزار دانه اختلاف معنی‌داری با هم داشتند و ارقام Opera و Okapi به ترتیب با میانگین‌های ۳/۹ و ۳/۳ 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 مختلف آبیاری و ارقام از نظر آماری معنی‌دار می‌باشد (جدول ۳). ارقام در شرایط آبیاری معمول عملکرد دانه بیشتری (۳۱۶۲/۵ کیلوگرم در هکتار) نسبت به تیمار تنش (۲۲۰۱/۴ کیلوگرم در هکتار) تولید کردند (جدول ۴). به نظر می‌رسد 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 می‌گردد. همبستگی مثبت و معنی‌دار میان عملکرد دانه و تعداد دانه در خورجین (۰/۷۵) و وزن هزار دانه (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) که نشان‌دهنده وجود اختلال در تولید و انتقال مواد

درصد روغن دانه تحت تأثیر تنش قرار نگرفت ولی بین ارقام اختلاف معنی‌داری از نظر این صفت مشاهده گردید (جدول ۳). در کلزا تجمع روغن در دانه‌ها از منحنی سیگموئیدی پیروی می‌کند، به این ترتیب که ابتدا شدید و سپس کند و ثابت می‌گردد 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 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 تأثیر معنی‌داری بر میزان روغن نگذاشته است. در بررسی مشابهی نیز مشاهده شده بود که تیمار قطع آبیاری پس از مرحله ساقه‌دهی، اثر معنی‌داری بر درصد روغن دانه نداشته است (Delkosh 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 می‌داد که معنی‌دار نبود (جدول ۴). در بین ارقام مورد بررسی، رقم Option500 با ۴۵/۳۸ درصد، بیشترین و رقم طلایه با ۴۲ درصد کمترین درصد میزان روغن 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 دارد (جدول ۳)، به طوری که 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

رقابت بین اندام‌های زایشی و تخصیص مناسب و مکفی مواد فتوسنتزی به تمام خورجین‌های در حال رشد، منجر به افزایش تعداد و وزن دانه‌ها و نهایتاً ثبات بیشتر عملکرد گردیده است.

شاخص برداشت معیاری از کارایی تخصیص مواد فتوسنتزی تولید شده در گیاه به دانه است. در این بررسی شاخص برداشت به طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمار آبیاری قرار گرفت. اثر رقم و نیز اثرات متقابل آبیاری × رقم، سال × رقم و سال × آبیاری × رقم نیز از نظر آماری معنی‌دار بود (جدول ۳). مقایسه میانگین‌ها مشخص کرد که قطع آبیاری (از مرحله خورجین‌دهی) با میانگین ۲۱/۸۶ درصد نسبت به آبیاری معمول با میانگین ۲۰/۵۱ درصد، برتری معنی‌داری داشت (جدول ۳). به نظر می‌رسد تنش خشکی رشد اندام رویشی را بیشتر از عملکرد دانه کاهش داده است یا به عبارتی تأثیر منفی تنش بر عملکرد دانه کمتر از عملکرد بیوماس بوده است. در مطالعه 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 Opera با میانگین ۲۴/۸ درصد، بیشترین و رقم Orient با میانگین ۱۹/۳۳ درصد کمترین شاخص برداشت را تولید نموده‌اند (جدول ۴). همچنین، مقایسه میانگین اثرات متقابل آبیاری و رقم مشخص کرد که در شرایط آبیاری معمول رقم زرفام با میانگین ۲۲/۵۵ و در شرایط قطع آبیاری، رقم Opera با میانگین ۲۷/۶۱، بیشترین میزان شاخص برداشت را به خود اختصاص دادند (جدول ۵).

تنش 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 تعیین گردیدند (جدول ۴). بررسی عملکرد دانه ارقام زرفام و SLM046 در هر دو شرایط تنش و بدون تنش نشان داد که ارقام مذکور از عملکرد بالایی در هر دو محیط برخوردار می‌باشند و گزینش آنها توسط شاخص‌های ارزیابی به درستی صورت گرفته است (جدول ۵). همچنین، نتایج به دست آمده در این بررسی 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 مشخص کرد 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 تحت 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.

شرایط آبیاری بود. نتایج به دست آمده از این بررسی با گزارش‌های موجود از تحقیقات مشابه مطابقت دارد (Dadivar and Khodshenas, 2007; Hassan-Zade et al., 2005). ارقام مورد آزمایش از نظر عملکرد روغن در گروه‌های آماری متفاوت قرار گرفتند و ارقام SLM046 و زرفام به واسطه 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 عملکرد روغن در گروه‌های آماری متفاوت واقع شدند. به‌طورکلی، 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 عملکرد روغن را به خود اختصاص دادند که با توجه به عملکرد پایین رقم مذکور در شرایط تنش قابل توجه 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 (STI) را شاخص مناسبی برای گزینش ارقام متحمل به تنش معرفی نمود، چون قادر است ارقامی را که در هر دو شرایط بدون تنش و

جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب صفات مورد مطالعه در ارقام کلزا

Table 3- Combined Analysis of variance for studied traits in Rapeseed cultivars

میانگین مربعات (MS)						
منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	ارتفاع بوته Plant height	تعداد شاخه در بوته Plant/Branch	تعداد خورجین در بوته plant/Silique	تعداد دانه در خورجین Silique/Grain	
(years) سال	1	20192.50 **	47.60 **	24852.1 **	7536.92 **	
Error _a خطای الف	6	72.00	0.48	29.49	1.95	
(Irrigation) 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	
Error _b خطای ب	6	17.95	0.05	112.19	0.21	
(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 **	
Error خطا	132	33.70	0.11	67.00	0.94	
CV% ضریب تغییرات		5.11	8.8	10.93	5.12	

* and ** significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

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

ادامه جدول ۳

Table 3 continued

میانگین مربعات (MS)						
منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	وزن هزار دانه 1000 Grain weight	عملکرد دانه Grain yield	درصد روغن Oil percent	عملکرد روغن Oil yield	شاخص برداشت HI
(years) سال	1	3.00 **	74043194 **	1044.82 **	21130235 **	5284.41 **
Error _a خطای الف	6	0.02	100153	7.23	37225	15.15
(Irrigation) 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
Error _b خطای ب	6	0.03	294740	5.03	63054	9.29
(Variety) 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 **
Error خطا	132	0.03	67961	1.24	15046	6.98
CV% ضریب تغییرات		4.83	9.72	2.56	10.37	12.47

* and ** significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

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

جدول ۴ - مقایسه میانگین‌های اثرات اصلی صفات مورد مطالعه در ارقام کلزا

Table 4- Mean comparison of main effects of studied traits in Rapeseed cultivars

تیمار Treatment	ارتفاع بوته Plant height (cm)	تعداد شاخه در بوته plant/Branch	تعداد خورجین در بوته plant/Silique	تعداد دانه در خورجین silique/Grain	وزن هزار دانه 1000 Grain weight (g)	عملکرد دانه Grain yield (kg.h ⁻¹)	درصد روغن Oil (%)	عملکرد روغن Oil yield (kg.h ⁻¹)	شاخص برداشت HI (%)	شاخص مقاومت به خشکی STI
آبیاری Irrigation										
(I) آبیاری	120.5 a	4.3 a	90.3 a	20.0 a	3.8 a	3162.5 a	43.51 a	1393.3 a	20.5 b	-
(S) تنش	106.5 b	3.3 b	59.5 b	17.9 b	3.5 b	2201.4 b	43.55 a	971.4 b	20.9 a	-
رقم Variety										
Licord	124.1 b	4.13 c	84.83 ab	19.52 cd	3.51 def	2365 e	43.33 def	1093 d	21.07 cde	0.56 f
Okapi	116.9 d	3.28 f	57.22 g	20.16 bc	3.39 f	2560 de	43.59 cde	1137 cd	21.43 cde	0.67 def
SLM 046	124.9 ab	3.56 de	71.18 def	20.63 b	3.70 b	3217 a	43.38 def	1403 a	22.70 bc	1.02 ab
RGS 003	100 f	4.28 bc	89.64 a	17.52 g	3.56 cde	2498 de	43.22 def	1104 d	19.70 e	0.62 ef
Hyola 420	105 e	3.29 f	66.81 f	18.51 ef	3.68 bc	2638 cd	44.45 b	1195 c	19.96 e	0.70 def
Option 500	103.8 ef	3.76 d	68.84 ef	18.11 fg	3.63 bcd	2383 e	45.38 a	1099 d	19.48 e	0.59 ef
Zarfam	128.8 a	3.35 ef	73.34 cde	21.50 a	3.88 a	3216 a	44.04 bcd	1427 a	23.50 ab	1.09 a
Orient	122.1 bc	3.73 d	72.26 def	18.89 de	3.57 b-e	2549 de	42.76 efg	1100 d	19.33 e	0.73 c-f
Opera	119.7 cd	4.73 a	79.22 bc	18.51 ef	3.97 a	2815 bc	42.55 fg	1215 c	24.80 a	0.81 cd
Talaye	118.6 cd	4.46 ef	72.48 def	18.74 ef	3.71 b	2527 de	42.08 g	1077 d	19.94 e	0.63 ef
Sarigol	104.1 ef	4.48 b	85.41 a	18.02 fg	3.45 ef	2501 de	43.30 def	1089 d	20.28 de	0.75 cde
Hyola 401	93.89 g	3.59 de	77.24 cd	17.50 g	3.89 a	2914 b	44.30 bc	1301 b	22.05 bcd	0.88 bc

میانگین‌های با حروف مشترک در هر ستون از نظر آماری در سطح احتمال 5٪ اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means followed by similar letters in each column are not significantly different at 5% probability level-using Duncan Multiple Range Test (DMRT).

جدول ۵ - مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه در ارقام کلزا در شرایط آبیاری معمول و تنش

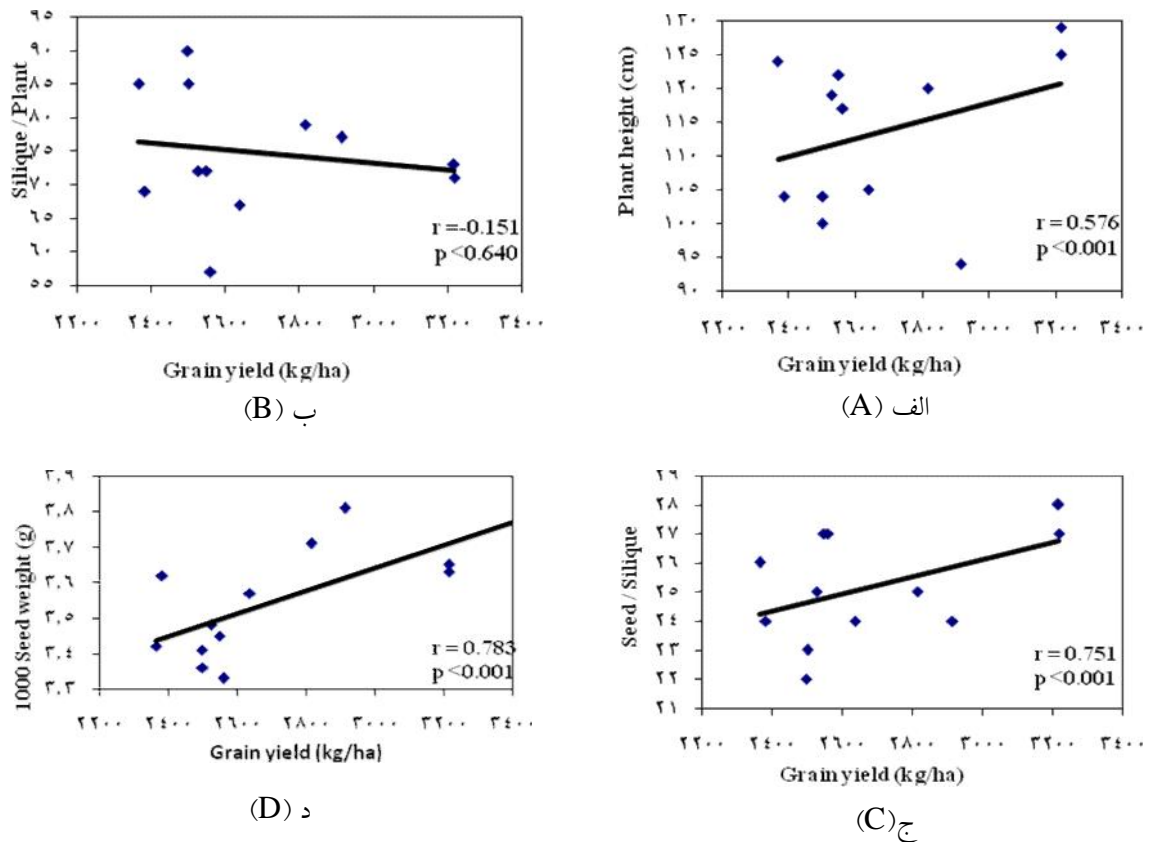
Table 5- Mean comparison of studied traits in rapeseed cultivars in normal irrigation and stress conditions

رقم Variety	ارتفاع بوته (cm) Plant height		خوریجین در بوته plant/Silique		دانه در خوریجین silique/Grain	
	آبیاری (I)	تنش (S)	آبیاری (I)	تنش (S)	آبیاری (I)	تنش (S)
Licord	139.1 a	109.1 ij	104.4 ab	65.3 jkl	20.53 bc	18.51 fg
Okapi	126.4 cde	107.4 jk	70.8 ijk	43.6 p	21.38 ab	18.94 def
SLM 046	131.5 bc	118.3 fg	76.9 hi	65.4 jkl	21.41 ab	19.85 cd
RGS 003	102.8 kl	97.3 l	106.3 a	72.9 ij	18.52 fg	16.52 ij
Hyola 420	109.6 ij	100.5 l	85.9 efg	47.7 op	20.05 c	16.97 hij
Option 500	111.1 hij	96.4 l	82.3 gh	55.4 mno	18.75 ef	17.47 ghi
Zarfam	136.6 ab	121.1 ef	93.9 cde	52.7 no	22.29 a	20.71 bc
Orient	127.4 cd	116.8 fgh	83 fgh	61.5 lmn	19.86 cd	17.91 fgh
Opera	124.7 cd	114.8 jhi	96.3 bcd	62.1 klm	19.70 cde	17.33 hi
Talaye	127.5 cd	109.7 ij	91.8 def	53.2 no	20.33 c	17.16 hij
Sarigol	111.2 hij	97 l	101.1 abc	69.7 i-l	18.55 fg	17.49 ghi
Hyola 401	98.3 l	89.4 m	90.6 d-g	63.8 j-m	18.77 ef	16.23 j

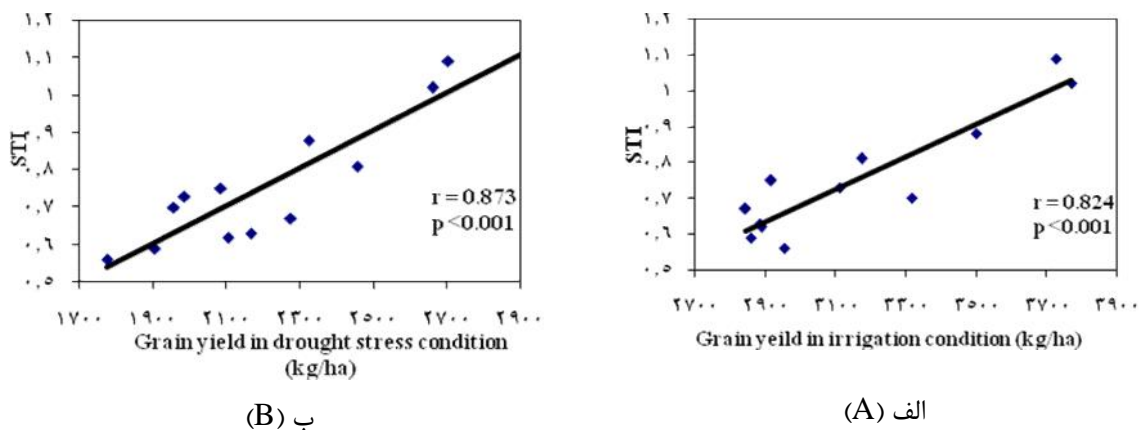
رقم Variety	عملکرد دانه Grain yield (kg.h ⁻¹)		عملکرد روغن Oil yield (kg.h ⁻¹)		شاخص برداشت HI (%)	
	آبیاری (I)	تنش (S)	آبیاری (I)	تنش (S)	آبیاری (I)	تنش (S)
Licord	2955 def	1776 k	1297 def	781 l	20.51 c-h	21.64 b-g
Okapi	2843 ef	2276 hi	1257 def	1016 hij	19.65 e-h	23.22 bc
SLM 046	3771 a	2663 fg	1639 a	1168 fg	22.49 b-e	22.90 bcd
RGS 003	2888 def	2107 ij	1283 def	926 h-k	19.20 fgh	20.20 c-h
Hyola 420	3318 bc	1958 jk	1497 bc	894 jkl	21.53 b-g	18.38 h
Option 500	2859 ef	1907 jk	1327 de	871 kl	19.15 fgh	19.82 d-h
Zarfam	3727 a	2705 fg	1643 a	1211 ef	22.55 b-e	24.45 b
Orient	3111 cde	1987 jk	1334 de	866 kl	19.61 e-h	19.06 gh
Opera	3174 cd	2457 gh	1376 cd	1055 gh	21.99 b-g	27.61 a
Talaye	2885 def	2169 ij	1229 ef	925 h-k	18.22 h	21.66 b-g
Sarigol	2916 def	2086 ij	1273 def	904 i-l	19.74 e-h	21.09 c-h
Hyola 401	3501 ab	2327 hi	1564 ab	1039 hi	21.78 b-g	22.31 b-f

میانگین‌های با حروف مشترک در هر ستون از نظر آماری در سطح احتمال 5٪ اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means followed by similar letters in each column are not significantly different at 5% probability level-using Duncan Multiple Range Test (DMRT).



شکل ۱- رگرسیون صفات الف-ارتفاع بوته، ب-تعداد خورجین در بوته، ج-تعداد دانه در خورجین و د-وزن هزار دانه با عملکرد دانه
Figure 1- Correlation between plant height (A), silique per plant (B), seed per silique (C) and 1000 grain weight (D) traits with grain yield



شکل ۲- رگرسیون شاخص تحمل به تنش (STI) با عملکرد دانه در الف- شرایط آبیاری معمول ب- تنش خشکی
Figure 2- Correlation between Stress tolerance index (STI) with grain yield in normal irrigation (A) and drought stress (B) conditions.

References

منابع مورد استفاده

- Angadi, S.V., H.W. Cutforth, B.G. McConkey, and Y. Gan. 2003. Yield adjustment by canola grown at different plant populations under semiarid conditions. *Crop Science*. 43: 1358-1366.
- Azizi, M., A. Soltani, and S. Khavari Khorsani. 1999. Brassica Oilseeds: Production and utilization. Jihad University of Mashhad Publications. Pp: 230.
- 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. *Agronomy Research*. 1(1): 48-60. (In Persian).
- Delkhosh, B., A.H. Shirani Rad, G.H. Noor-Mohamadi, and F. Darvish. 2005. Study of drought stress effects on yield and some agronomic and physiological characteristic in rapeseed. *Journal of Agricultural Science*. 11(2): 165-176. (In Persian).
- 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.
- 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. *Australian Journal of Agricultural Research*. 29:897- 912.
- Golipoor, A., N. Latifi, K. Ghasemi Golezani, H. Aliary, and M. Moghaddam. 2004. Comparison of growth and grain yield of rapeseed cultivars under rainfed conditions. *Agricultural Journal of Science, Nature Resource*. 11(1): 5- 13. (In Persian).
- 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. *Iranian Journal of Research in Agriculture*. 2(2): 51- 62. (In Persian).
- 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. *Iranian Journal of Agricultural Science*. 36(4): 1011- 1023. (In Persian).
- 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 Research*. 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. *Australian Journal of Agricultural Research*. 57(2): 221-226.

- Mahagjan, S. and N. Tuteja. 2005. Cold, salinity and drought stresses: An overview. *Archives of Biochemistry and Biophysics*. 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 of oilseed rape. *Journal of Agricultural Science Cambridge*. 85: 103-110.
- Mendham, N.G. and P.A. Salisbury. 1995. Physiology: crop development, growth and yield. In: Kimber, D.S. and D.I. MCGregor. (Eds). Brassica oilseed: Production and Utilization. CAB International. pp: 11-67.
- Naderi, M.R., G. Nour-mohammadi, E. Majidi Heravan, F. Darvish, A.H. Shirani-rad, and H. Madani. 2006. Summer safflower reaction to different intensities of drought stress at Isfahan region. *Iranian Journal of Crop Science*. 7(3): 212-225. (In Persian).
- Nielsen, D.C. 1997. Water use and yield of canola under dryland condition in the Central Great Plains. *Journal of Production Agriculture*. 10:303-313.
- Pasban Eslam, B., M.R. Shakiba, M.R. Neyshaburi, M. Moghadam, and M.R. Ahmadi. 2001. The effects of deficit water on growth rate and photosynthesis capacity. *Journal of Agricultural Science*. 11(1):147-157. (In Persian).
- Poma, I., V. Giacoma, and L. Gricina. 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.
- Shirani Rad, A.H. and J. Daneshian. 2006. Study of drought stress at different developmental stages on rapeseed cultivar. Botany, Society of America. (Abst).
- Sinaki, J.M., E. Majidi Heravan, A.H. Shirani Rad, G. Noormohamadi, and G. Zarei. 2007. The effects of water deficit during growth stages of canola (*B. napus L.*). *American-Eurasian Journal of Agricultural, Environment Science*. 2(4):417-422.
- Turhan, H. and I. Baser. 2004. In vitro and in vivo water stress in sunflower (*Helianthus annus L.*). *Helia*. 27: 227-236.

Evaluation of Rapeseed Genotypes under Drought Stress Condition

Jamshidi, N.^{1*}, A.H. Shirani rad², F. Takht chin³, P. Nazeri⁴, and M. Ghafari¹

Received: January 2012, Accepted: 21 May 2013

Abstract

To evaluate tolerance of rapeseed cultivars under drought stress conditions, a split plot experiment based on RCBD with four replications was carried out for two years at Karaj, Iran. In this experiment, the effects of irrigation treatments in two levels as main plot such as normal irrigation and cutting irrigation from silique formation till end of growth and on varieties as sub plots in 12 levels including of Licord, Okapi, SLM 046, RGS 003, Hyola420, Option500, Zarfam, Orient, Opera, Talaye, Sarigol and Hyola401 were studied. The results showed that drought stress decreased plant height, branch per plant, siliques per plant, grains per siliques, 1000 seed weight and seed content; while it increased harvest index. Drought effect on seed oil percentage was not significant. Experimental results indicated that there is significant variation in all evaluated traits. SLM 046 and Zarfam produced highest yields under normal irrigation (3771 kg/ha and 3727 kg/ha) respectively and under drought stress condition (2705 and 2663 kg/ha) respectively. Also named cultivars in two irrigation treatments had the highest oil yield. Therefore, Zarfam and SLM046 can be reported as varieties with stable yields under both normal irrigation and stress conditions at silique stage of rapeseed varieties studied.

Key words: Drought stress, Grains yield, Harvest Index, Silique, Rapeseed.

1- Former Ph.D. Student of Agronomy, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran.

2- Associate Prof., Seed and Plant Institute Improvement, Karaj, Iran.

3- University of Medicinal Science Shahid Beheshti, Tehran, Iran

4- Msc. of Agronomy, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran.

*Corresponding Author: Jamshidi_naeem@yahoo.com