مجله به‌زراعی نهال و بذر
جلد ۲-۲۵ ، شماره۲، سال ۱۳۸۸

ارزیابی تحمل به خشکی و گرما در دو رقم کلزا (*Brassica napus* L.)

Evaluation of Drought and Heat Tolerance in Two Rapeseed (*Brassica napus* L.) Cultivars

ابوالفضل فرجی

عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، گرگان

تاریخ دریافت: ۱۳۸۷/۵/۱۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۸/۴/۱۱

چکیده

فرجی، ا. ۱۳۸۸. ارزیابی تحمل به خشکی و گرما در دو رقم کلزا (*Brassica napus* L.). **مجله به‌زراعی نهال و بذر ۲-۲۵ (۲):** ۱۸۱ - ۱۶۹.

به منظور ارزیابی تحمل به تنش خشکی و گرما در ارقام جدید کلزا، آزمایشی در دو سال زراعی ۸۶-۱۳۸۴ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی گنبد انجام شد. آزمایش به صورت کرت های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک های کامل تصادفی در سه تکرار و در دو شرایط آبیاری تکمیلی و دیم بر روی دو رقم هایولا۴۰۱ و آرجی اس۰۰۳ و در تاریخ های مختلف کاشت اجرا شد. نتایج نشان داد که در تمام شرایط در تیمارهای تنش و بدون تنش، عملکرد دانه و درصد روغن هیبرید هایولا۴۰۱ به طور قابل توجهی بیشتر از رقم آرجی اس۰۰۳ بود. میانگین عملکرد دانه هایولا۴۰۱ و آرجی اس۰۰۳ به ترتیب در شرایط بدون تنش ۴۴۵۵ و ۳۴۸۰ کیلوگرم در هکتار، تنش خشکی ۳۷۱۸ و ۲۹۹۴ کیلوگرم در هکتار، تنش گرما ۵۸۳ و ۳۴۰ کیلوگرم در هکتار و تنش همزمان خشکی و گرما ۳۴۹ و ۲۱۷ کیلوگرم در هکتار بود. میانگین درصد روغن هیبرید هایولا۴۰۱ و رقم آرجی اس۰۰۳ نیز به ترتیب در شرایط بدون تنش ۴۴/۰ و ۴۲/۳ درصد، تنش خشکی ۴۲/۳ و ۴۰/۴ درصد، تنش گرما ۳۲/۵ و ۲۷/۷ درصد و تنش همزمان خشکی و گرما ۳۱/۲ و ۲۹/۴ درصد بود. بر اساس شاخص های تحمل به تنش، تحمل به تنش های خشکی، گرما و همزمان خشکی و گرما در هایولا۴۰۱ مناسب تر از آرجی اس۰۰۳ بود. بنابراین برای مناطق با تنش گرما و خشکی انتهای فصل رشد، هیبرید هایولا۴۰۱ مناسب تر از رقم آرجی اس۰۰۳ می باشد و برای کشت در آن مناطق توصیه می شود.

کلمات کلیدی: کلزا، تنش گرما، تنش خشکی و شاخص های تحمل به تنش، عملکرد دانه، درصد روغن.

آدرس پست الکترونیکی نگارنده مسئول: abolfazfaraji@yahoo.com

این مقاله بر اساس نتایج بدست آمده از اجرای طرح تحقیقاتی شماره ۸۶۰۶۳-۱۳-۰۰۰۰-۱۲-۰۵۶-۲ موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر تهیه شده است.

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

تنش گرما و خشکی دو عامل مهم محدود کننده تولید گیاهان زراعی هستند (Hall, 1992). طی دوره گلدهی و پر شدن دانه، تنش گرما و خشکی می تواند سبب توقف گلدهی شده و در نتیجه تشکیل دانه، درصد روغن و عملکرد دانه کاهش یابد (Jensen *et al.*, 1996; Walton *et al.*, 1999; Johnston *et al.*, 2002). گزارش شده است که دما و نزولات طی فصل رشد، تعیین کننده پتانسیل عملکرد دانه کلزا هستند (Brandt and McGregor, 1997). تنش گرما سرعت نمو گیاه را تسریع نموده و سبب کاهش طول دوره رشد و در نتیجه کاهش پتانسیل عملکرد دانه و روغن می‌شود (Nuttal *et al.*, 1992)، که در شرایط تنش‌های محیطی دیگر مانند تنش خشکی تشدید شود. روغن با ارزش‌ترین جزء دانه بوده و اگرچه میزان و ترکیب آن عمدتاً به صورت ژنتیکی تعیین می‌شود (Fieldsend *et al.*, 1991)، ولی به مقدار قابل توجهی تحت تاثیر شرایط محیطی مانند گرما و خشکی قرار می گیرد (McCartney *et al.*, 2004; Gunasekera *et al.*, 2006). نشان داده شده است که مرحله زایشی حساس‌ترین مرحله نموی کلزا به تنش گرما می‌باشد (Angadi *et al.*, 2000)، که می‌تواند ناشی از حساسیت نمو دانه‌های گرده، گرده‌افشانی و تلقیح به تنش باشد (Hall, 1992).

ارزیابی دقیق ارقام متحمل به تنش جهت انتخاب ارقام از نظر عملکرد دانه و درصد روغن حائز اهمیت است. برای گزینش ژنوتیپ‌های متحمل و برتر در شرایط تنش خشکی، شاخص حساسیت به تنش SSI به وسیله فیشر و مورر (Fischer and Maurer, 1978)، شاخص‌های تحمل TOL و بهره‌وری متوسط MP به وسیله روزیلی و هامبلین (Rosielle and Hamblin, 1981) و شاخص های تحمل به تنش STI و میانگین هندسی بهره وری GMP به وسیله فرناندز (Fernandez, 1992) پیشنهاد شدند. معیار مناسب برای شناسایی ژنوتیپ های برتر در شرایط تنش خشکی در مطالعه نارایان و میسرا (Narayan and Misra, 1989) شاخص SSI و در مطالعه کوچکی و همکاران (Koocheki *et al.*, 2006) شاخص‌های MP، GMP و STI تشخیص داده شده‌اند. نادری و همکاران (Naderi *et al.*, 1999) اظهار داشتند که شاخص SSI می تواند ژنوتیپ‌های حساس و متحمل را بدون توجه به پتانسیل عملکرد آنها مشخص کرده و جهت انتخاب ژنوتیپ‌های برتر در شرایط تنش کارایی بالایی دارد. به عبارت دیگر شاخص SSI می‌تواند ژنوتیپ‌ها را بر اساس تحمل و حساسیت آنها نسبت به تنش تقسیم‌بندی کند.

اگرچه مطالعات زیادی برای ارزیابی تحمل به تنش خشکی در گونه‌های گیاهی مانند گندم (Shafazadeh *et al.*, 2004;

Archive of SID

www.SID.ir

(Koocheki *et al.*, 2006)، نخود (Farshadfar *et al.*, 2001) و ذرت (Choukan *et al.*, 2006) انجام شده است، ولی تاکنون مطالعات کمی برای ارزیابی تحمل به خشکی و گرما در ارقام کلزا صورت گرفته است. بنابراین در قالب قسمتی از یک مطالعه دو ساله، شاخص‌های تحمل به تنش‌های خشکی، گرما و همزمان خشکی و گرما در دو رقم هایولا ۴۰۱ و آرجی اس ۰۰۳ کلزا مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در دو سال زراعی ۸۶-۱۳۸۴ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی گنبد انجام شد. ارتفاع ایستگاه از سطح دریا ۴۵ متر و مشخصات جغرافیایی آن به ترتیب ۵۵ درجه و ۱۲ دقیقه طول شرقی و ۳۷ درجه و ۱۶ دقیقه عرض شمالی است. این منطقه دارای زمستان‌های نسبتاً سرد و مرطوب و تابستان‌های گرم و خشک است. برای گیاهانی مانند کلزا، به خصوص در کشت دیر، وقوع تنش خشکی و گرمای انتهای فصل رشد در منطقه گنبد امری متداول است. آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار و در دو شرایط آبیاری تکمیلی و دیم انجام شد. ۵ تاریخ کاشت ۱۵ آبان، ۱۵ آذر، ۱۵ دی، ۱۵ بهمن و ۱۵ اسفند در کرت‌های اصلی و ۲ رقم هایولا ۴۰۱ و آرجی اس ۰۰۳ در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. در سال اول، به دلیل وجود بارندگی زیاد در اوایل فصل، تاریخ کاشت اول با ۳ روز تاخیر (۱۸ آبان) انجام شد. برای تامین آب مورد نیاز گیاه در شرایط آبیاری تکمیلی، مقدار رطوبت خاک در حالت ظرفیت مزرعه برای قطعه کاشت قبلاً تعیین شد و در طول اجرای طرح آب مورد نیاز جهت رسیدن به ظرفیت مزرعه محاسبه و سپس از طریق آبیاری با کنتور در شروع ساقه‌دهی، شروع گلدهی و شروع پرشدن دانه به کرت‌های آزمایشی داده شد (Zhang *et al.*, 1999). هر کرت شامل ۸ خط کاشت به طول ۵ متر بود. فاصله بین تکرارها سه متر، فاصله بین کرت‌های اصلی ۲ متر و فاصله بین کرت‌های فرعی یک خط نکاشت در نظر گرفته شد. بر اساس نتایج تجزیه خاک، مقادیر کودهای فسفر و پتاس به مقدار ۵۰ کیلوگرم در هکتار اکسید فسفر و اکسید پتاس قبل از کاشت به زمین داده شد. نیتروژن به مقدار ۷۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص از منبع اوره، به مقدار یک سوم قبل از کاشت، یک سوم در شروع ساقه‌دهی و یک سوم در شروع گلدهی به زمین اضافه شد.

تاریخ کاشت ۱۵ آبان در شرایط آبیاری تکمیلی، به عنوان شرایط بدون تنش، تاریخ کاشت ۱۵ آبان در شرایط دیم به عنوان معیار تنش خشکی، تاریخ کاشت ۱۵ اسفند در شرایط آبیاری تکمیلی به عنوان معیار تنش گرما و تیمار کاشت ۱۵ اسفند در شرایط دیم به عنوان معیار تنش همزمان خشکی و گرما در نظر گرفته شد. مقدار آب مورد استفاده در شرایط آبیاری تکمیلی و میانگین دمای حداکثر طی دوره گلدهی و پر شدن دانه ارقام کلزا در جدول ۱ و ۲

Archive of SID

www.SID.ir

آورده شده است. شاخص‌های تحمل به تنش از رابطه‌های ارائه شده به وسیله فیشر و مورر (Fischer and Maurer, 1978)، رزیلی و هامبلین (Rosielle and Hamblin, 1981) و فرناندز (Fernandez, 1992) برآورد شد:

$$MP = \frac{YP + YS}{2} \qquad SI = 1 - (\frac{\overline{YS}}{\overline{YP}})$$

$$SSI = \frac{1 - (\frac{YS}{YP})}{SI} \qquad STI = \frac{YP * YS}{(\overline{YP})^2}$$

$$TOL = YP - YS \qquad GMP = \sqrt{(YP)(YS)}$$

که در آن YP عملکرد دانه یا درصد روغن در شرایط بدون تنش، YS عملکرد دانه یا درصد روغن در شرایط تنش، $\overline{YP}$ میانگین عملکرد یا درصد روغن ارقام در شرایط بدون تنش، $\overline{YS}$ میانگین عملکرد یا درصد روغن ارقام در شرایط تنش، SI شدت تنش، SSI شاخص حساسیت به تنش، TOL شاخص تحمل، STI شاخص تحمل به تنش، MP شاخص بهره‌وری متوسط و GMP میانگین هندسی بهروری هستند.

نتایج و بحث

مجموع بارندگی ایستگاه تحقیقات کشاورزی گنبد طی ماه‌های آبان تا خرداد (دوره رشد کلزا) در سال ۸۵-۱۳۸۴ و ۸۶-۱۳۸۵ به ترتیب ۳۶۲ و ۴۳۳ میلی‌متر بود، که به نظر می‌رسد اگرچه برای رسیدن به حداکثر عملکرد کلزا در منطقه گنبد کافی نبود، ولی با یک توزیع تقریباً خوب می‌تواند جهت دستیابی به یک عملکرد مناسب تحت شرایط دیم قابل قبول باشد. بنابراین به طور کلی تاثیر تنش خشکی در کاهش عملکرد دانه و درصد روغن ارقام کلزا بسیار کمتر از تاثیر تنش گرما بر کاهش عملکرد دانه و درصد روغن بود. به عبارت دیگر، با توجه به این که دمای بهینه روزانه طی دوره گلدهی کلزا حدود ۲۰ درجه سانتی‌گراد (Angadi *et al.*, 1999) و طی دوره پر شدن دانه حدود ۲۷ درجه سانتی‌گراد (Morrison and Stewart, 2002) است، بنابراین در این مطالعه، دماهای بالا طی مراحل زایشی بر عملکرد دانه تاثیر منفی گذاشت (جداول ۱ و ۲).

شاخص‌های تحمل به تنش‌های خشکی، گرما و همزمان خشکی و گرما برای عملکرد دانه و درصد روغن در دو رقم هایولا ۴۰۱ آرجی اس۰۰۳ کلزا بر اساس داده‌های آزمایش محاسبه شد (جدول ۳ و ۴). در شرایط تنش‌های خشکی، گرما، همزمان خشکی و گرما و بدون تنش، عملکرد دانه هیبرید هایولا۴۰۱ به طور قابل توجهی بیشتر از رقم آرجی اس۰۰۳ بود (جدول ۳). میانگین عملکرد دانه هیبرید هایولا۴۰۱ و رقم آرجی اس۰۰۳ به ترتیب در شرایط بدون تنش ۴۴۵۵ و ۳۴۸۰ کیلوگرم در هکتار، تنش خشکی ۳۷۱۸ و ۲۹۹۴ کیلوگرم در هکتار، تنش گرما ۵۸۳ و ۳۴۰ کیلوگرم در هکتار و تنش‌های خشکی و گرما ۳۴۹ و ۲۱۷ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۳). با توجه به شاخص‌های STI، MP و GMP ژنوتیپ‌های با شاخص بزرگتر تحمل بیشتری نسبت به تنش دارند، در

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱- مقدار آب مورد استفاده (میلی‌متر) در شرایط آبیاری تکمیلی.

Table 1- Volume of water applied (mm) in supplemental irrigation conditions.

Sowing date	تاریخ کاشت	مرحله ساقه دهی Stem elongation	مرحله گلدهی Flowering	مرحله پر شدن دانه Seed filling
		2005-2006		
09 Nov.	۱۸ آبان	15	30	30
06 March	۱۵ اسفند	21	37	57
		2006-2007		
06 Nov.	۱۵ آبان	12	14	14
06 March	۱۵ اسفند	16	38	46

جدول ۲- میانگین دمای حداکثر (درجه سانتی‌گراد) طی دوره گلدهی و پر شدن دانه.

Table 2- Mean max. temperature ($^{\circ}$C) during flowering and seed filling periods.

Sowing date	تاریخ کاشت	دوره گلدهی Flowering period		دوره پر شدن دانه Seed filling period	
		هایولا۴۰۱ Hyola401	آرجی‌اس۰۰۳ RGS003	هایولا۴۰۱ Hyola401	آرجی‌اس۰۰۳ RGS003
		2005-2006			
09 Nov.	۱۸ آبان	20.0	20.9	22.3	23.1
06 March	۱۵ اسفند	28.2	29.1	35.7	36.1
		2006-2007			
06 Nov.	۱۵ آبان	16.8	17.1	20.4	20.9
06 March	۱۵ اسفند	28.6	29.4	33.9	34.5

حالی که با توجه به شاخص‌های SSI و TOL ژنوتیپ‌های با شاخص بزرگتر تحمل کمتری نسبت به تنش دارند. جدول ۳ نشان می‌دهد که با توجه به شاخص‌های STI، MP و GMP، تحمل به تنش‌های خشکی، گرما و همزمان خشکی و گرما در هیبرید هایولا۴۰۱ بیشتر از رقم آرجی اس۰۰۳ بود. برتری هیبرید هایولا۴۰۱ نسبت به رقم آرجی اس۰۰۳ در تحمل به تنش‌های گرما و همزمان خشکی و گرما به وسیله شاخص SSI نیز تائید شد، ولی این شاخص نشان می‌دهد که از نظر تحمل به خشکی رقم آرجی اس۰۰۳ برتر از هیبرید هایولا۴۰۱ بود. وضعیت تحمل دو رقم نسبت به تنش‌های خشکی، گرما و همزمان خشکی و گرما با توجه به شاخص TOL برعکس شاخص‌های STI، MP و GMP بود. با توجه به شاخص TOL رقم آرجی اس۰۰۳ برتری محسوسی نسبت به هیبرید هایولا۴۰۱ در تحمل به تنش‌های خشکی، گرما و همزمان

Archive of SID

www.SID.ir

خشکی و گرما داشت.

در تنش‌های خشکی، گرما، همزمان خشکی و گرما و بدون تنش، درصد روغن هیبرید هایولا۴۰۱ بیشتر از رقم آرجی اس۰۰۳ بود (جدول ۴). میانگین درصد روغن هیبرید هایولا۴۰۱ و رقم آرجی اس۰۰۳ به ترتیب در شرایط بدون تنش ۴۴/۰ و ۴۲/۳ درصد، تنش خشکی ۴۲/۳ و ۴۰/۴ درصد، تنش گرما ۳۲/۵ و ۲۷/۷ درصد و تنش همزمان خشکی و گرما ۳۱/۲ و ۲۹/۴ درصد بود (جدول ۴). با توجه به کلیه شاخص‌های تحمل به تنش، از نظر درصد روغن تحمل به تنش‌های خشکی، گرما و همزمان خشکی و گرما در هیبرید هایولا۴۰۱ بیشتر از رقم آرجی اس۰۰۳ بود (جدول ۴). به عنوان مثال شاخص SSI، که مقادیر کمتر آن نشان‌دهنده تحمل بیشتر رقم به تنش است، برای هیبرید هایولا۴۰۱ و رقم آرجی اس۰۰۳ به ترتیب برای شرایط تنش خشکی ۱/۰۴ و ۱/۲۱، تنش گرما ۰/۸۷ و ۱/۱۵ و تنش همزمان خشکی و گرما ۰/۹۸ و ۱/۰۳ بود (جدول ۴). همچنین شاخص STI که مقادیر بیشتر آن نشان‌دهنده تحمل بیشتر رقم به تنش است، برای هیبرید هایولا۴۰۱ و رقم آرجی اس۰۰۳ به ترتیب برای شرایط تنش خشکی ۱/۰۱ و ۰/۹۲، تنش گرما ۰/۷۷ و ۰/۶۳ و تنش همزمان خشکی و گرما ۰/۷۴ و ۰/۶۷ بود (جدول ۴).

کاهش عملکرد دانه و درصد روغن در اثر افزایش دما طی دوره پر شدن دانه در شکل ۱ و ۲ نشان داده شده است. به ازای هر درجه سانتی‌گراد افزایش میانگین دمای هوا طی دوره پر شدن دانه، عملکرد دانه هیبرید هایولا۴۰۱ و رقم آرجی اس۰۰۳ به ترتیب ۳۲۰ و ۲۹۸ کیلوگرم در هکتار کاهش یافت (شکل ۱)، که نشان‌دهنده حساسیت عملکرد دانه نسبت به افزایش دمای هوا طی دوره پر شدن دانه بود. همچنین تاثیر منفی افزایش دمای هوا روی درصد روغن کلزا به وسیله رابطه منفی و قوی بین میانگین دما طی دوره پر شدن دانه و درصد روغن نشان داده شده است (شکل ۲). این رابطه خطی قوی به ترتیب ۸۲ و ۷۷ درصد از تغییرات درصد روغن را توجیه کرد. شیب کاهش درصد روغن به ازای هر درجه سانتی‌گراد افزایش میانگین دمای هوا طی دوره پر شدن دانه در رقم آرجی اس۰۰۳ به طور قابل‌توجهی بیشتر از هیبرید هایولا۴۰۱ بود. به ازای هر درجه سانتی‌گراد افزایش میانگین دمای هوا طی دوره پر شدن دانه، درصد روغن در هیبرید هایولا۴۰۱ و رقم آرجی اس۰۰۳ به ترتیب ۱/۲۰ و ۱/۴۵ درصد کاهش یافت (شکل ۲)، که نشان‌دهنده حساسیت بیشتر درصد روغن رقم آرجی اس۰۰۳ به افزایش دمای هوا طی دوره پر شدن دانه بود. تاثیر منفی دمای بالا بر درصد روغن کلزا در نتاج مطالعه هاکینگ و همکاران (Hocking *et al.*, 1997) نیز گزارش شده است. در مطالعه آنها افزایش دمای هوا، کاهش بارندگی و وقوع دوره‌های خشکی طی مراحل زایشی سبب کاهش معنی‌دار درصد روغن کلزا شد.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۳- برآورد شاخص های تحمل به تنش برای عملکرد دانه کلزا.

Table 3- Estimation of stress tolerance indices for canola seed yield.

		GMP	MP	STI	TOL	SSI	YS	YP
		Drought stress			**تنش خشکی**			
Hyola401	هایولا۴۰۱	4070	4086	1.05	737	1.07	3718	4455
RGS003	آرجی اس۰۰۳	3228	3237	0.66	486	0.91	2994	3480
		Heat stress			**تنش گرما**			
Hyola401	هایولا۴۰۱	1612	2519	0.16	3872	0.98	583	4455
RGS003	آرجی اس۰۰۳	1088	1910	0.08	3140	1.02	340	3480
		Drought and heat stresses			**تنش خشکی و گرما**			
Hyola401	هایولا۴۰۱	1247	2402	0.10	4106	0.99	349	4455
RGS003	آرجی اس۰۰۳	869	1848	0.05	3263	1.01	217	3480

YP عملکرد دانه در شرایط بدون تنش، YS عملکرد دانه در شرایط تنش، SSI شاخص حساسیت به تنش، TOL شاخص تحمل، STI شاخص تحمل به تنش، MP شاخص بهره‌وری متوسط و GMP میانگین هندسی بهره‌وری هستند.

YP = seed yield in non-stress conditions, YS = seed yield in stress conditions, SSI = stress susceptibility index, TOL = tolerance index, STI = stress tolerance index, MP = mean productivity and GMP = geometric mean productivity.

جدول ۴- برآورد شاخص های تحمل به تنش برای درصد روغن کلزا.

Table 4- Estimation of stress tolerance indices for canola oil content.

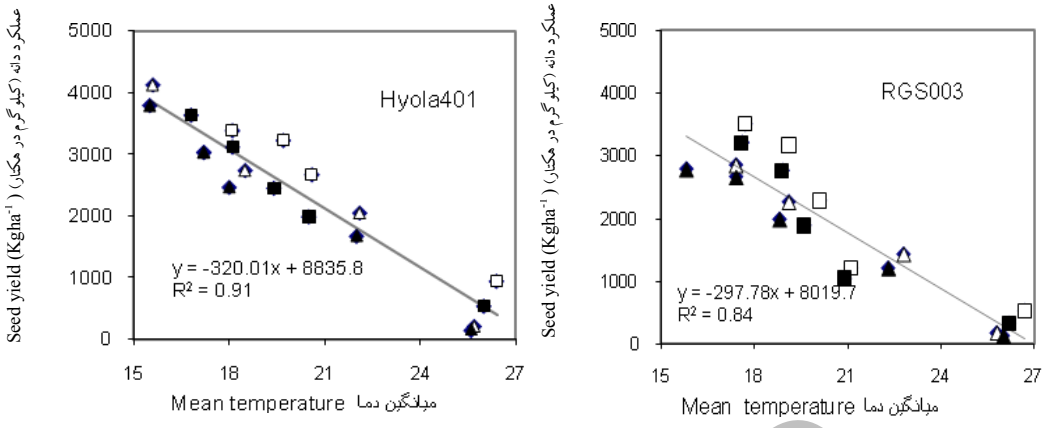
Cultivar	رقم	GMP	MP	STI	TOL	SSI	YS	YP
		Drought stress			**تنش خشکی**			
Hyola401	هایولا۴۰۱	43.1	43.2	1.01	1.7	1.04	42.3	44.0
RGS003	آرجی اس۰۰۳	41.3	41.4	0.92	1.9	1.21	40.4	42.3
		Heat stress			**تنش گرما**			
Hyola401	هایولا۴۰۱	37.8	38.2	0.77	11.5	0.87	32.5	44.0
RGS003	آرجی اس۰۰۳	34.2	35.0	0.63	14.6	1.15	27.7	42.3
		Drought and heat stresses			**تنش خشکی و گرما**			
Hyola401	هایولا۴۰۱	37.0	37.6	0.74	12.8	0.98	31.2	44.0
RGS003	آرجی اس۰۰۳	35.3	35.8	0.67	12.9	1.03	29.4	42.3

YP درصد روغن در شرایط بدون تنش، YS درصد روغن در شرایط تنش، SSI شاخص حساسیت به تنش، TOL شاخص تحمل، STI شاخص تحمل به تنش، MP شاخص بهره وری متوسط و GMP میانگین هندسی بهره وری هستند.

YP = oil content in non-stress conditions, YS = oil content in stress conditions, SSI = stress susceptibility index, TOL = tolerance index, STI = stress tolerance index, MP = mean productivity and GMP = geometric mean productivity.

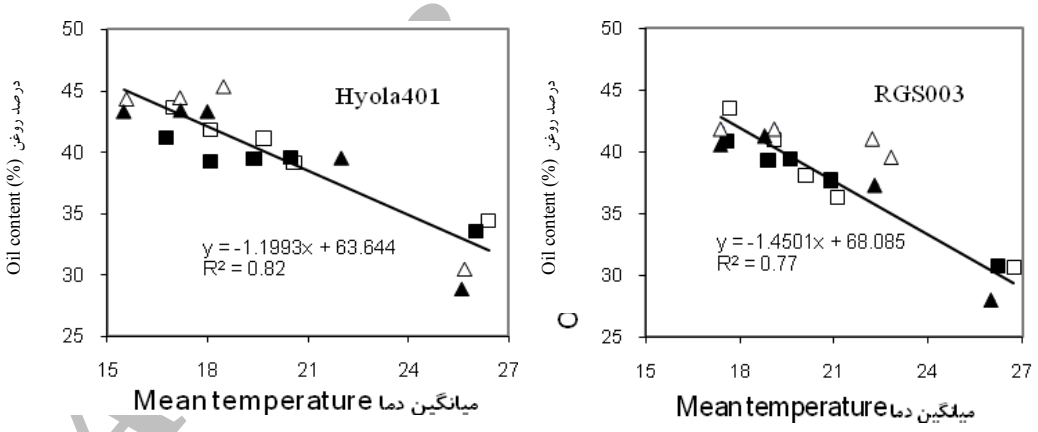
Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۱- رابطه بین میانگین دمای هوا (سانتی‌گراد) طی دوره پر شدن دانه و عملکرد دانه. مربع‌های خالی و پر به ترتیب نشان‌دهنده شرایط آبیاری و بدون آبیاری در سال ۸۵-۱۳۸۴ و مثلث‌های خالی و پر به ترتیب نشان‌دهنده شرایط آبیاری و بدون آبیاری در سال ۸۶-۱۳۸۵ هستند.

Fig. 1. Relationship between mean air temperature (°C) during seed filling period and seed yield. (□) Irrigated condition in 2005-2006; (■) Rainfed condition in 2005-2006; (Δ) Irrigated condition in 2006-2007; (▲) Rainfed condition in 2006-2007.



شکل ۲- رابطه بین میانگین دمای هوا (سانتی گراد) طی دوره پر شدن دانه و درصد روغن. مربع‌های خالی و پر به ترتیب نشان‌دهنده شرایط آبیاری و بدون آبیاری در سال ۸۵-۱۳۸۴ و مثلث‌های خالی و پر به ترتیب نشان‌دهنده شرایط آبیاری و بدون آبیاری در سال ۸۶-۱۳۸۵ هستند.

Fig. 2. Relationship between mean air temperature (°C) during seed filling period and oil percent. (□) Irrigated condition in 2005-2006; (■) Rainfed condition in 2005-2006; (Δ) Irrigated condition in 2006-2007; (▲) Rainfed condition in 2006-2007.

www.SID.ir

تنش شدید گرما طی دوره‌های حساس گلدهی و پر شدن دانه برای بوته‌های کاشته شده در تاریخ کاشت ۱۵ اسفند (جدول ۲) سبب کاهش بسیار شدید عملکرد دانه و درصد روغن ارقام کلزا نسبت به تاریخ کاشت ۱۸ و ۱۵ آبان طی دو سال انجام آزمایش شد. میانگین کاهش عملکرد دانه هیبرید هایولا۴۰۱ و رقم آرجی اس۰۰۳ در اثر تنش خشکی به ترتیب ۷۳۷ و ۴۸۶ کیلوگرم در هکتار، تنش گرما به ترتیب ۳۸۷۲ و ۳۱۴۰ کیلوگرم در هکتار و تنش همزمان خشکی و گرما به ترتیب ۴۱۰۶ و ۳۲۶۳ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۳). همچنین میانگین کاهش درصد روغن هیبرید هایولا۴۰۱ و رقم آرجی اس۰۰۳ در اثر تنش خشکی به ترتیب ۱/۷ و ۱/۹ درصد، تنش گرما به ترتیب ۱۱/۵ و ۱۴/۶ درصد و تنش همزمان خشکی و گرما به ترتیب ۱۲/۸ و ۱۲/۹ درصد بود (جدول ۴).

نکته قابل توجه در این مطالعه این بود، که اگرچه در کلیه شرایط تنش و غیر تنش میانگین عملکرد دانه و درصد روغن هیبرید هایولا۴۰۱ بیشتر از رقم آرجی اس۰۰۳ بود (جدول ۳ و ۴)، ولی در شرایط مختلف تنش میزان کاهش عملکرد دانه در هیبرید هایولا۴۰۱ به طور قابل توجهی بیشتر از رقم آرجی اس۰۰۳ بود. این مساله سبب شد که بررسی توانایی تحمل تنش عملکرد دانه ارقام کلزا به وسیله شاخص TOL نسبتاً گمراه کننده باشد (جدول ۳ و ۴). به عبارت دیگر، از آن جایی که شاخص TOL بیان کننده تغییر حاصل در شرایط تنش نسبت به شرایط بدون تنش است، ارقامی که در شرایط تنش کاهش عملکرد کمتری نسبت به شرایط بدون تنش دارند شاخص TOL کمتری داشته و در نتیجه بر اساس این شاخص باید بیان‌کننده تحمل به تنش بیشتری نیز باشند (Naderi *et al.*, 1999). بنابراین کم بودن شاخص TOL یک رقم (تحمل بیشتر رقم به تنش)، الزاماً به معنی بالا بودن عملکرد در شرایط بدون تنش نیست، بلکه ممکن است عملکرد یک رقم در شرایط بدون تنش کم بوده، ولی افت کمتری در شرایط تنش داشته باشد و در نتیجه شاخص TOL آن کم باشد، که در این مطالعه این موضوع در مورد عملکرد دانه رقم آرجی اس ۰۰۳ صادق بود. از این رو می‌توان نتیجه گرفت که در این مطالعه شاخص TOL برای گزینش بر اساس عملکرد دانه، شاخص چندان مناسبی برای ارزیابی تحمل ارقام کلزا نسبت به تنش‌های خشکی، گرما و همزمان خشکی و گرما نبود، اگرچه در مورد درصد روغن این مساله صادق نبود.

همان‌طوری که مقدم و هادی‌زاده (Moghaddam and Hadizadeh, 2002) گزارش کردند، با توجه به این که شاخص SSI علاوه بر میزان عملکرد ارقام در شرایط تنش، کاهش عملکرد ارقام در اثر تنش را نیز مدنظر قرار می‌دهد، اگر رقمی در هر دو شرایط تنش و غیر تنش دارای عملکرد بالاتری باشد، ولی درصد کاهش آن در شرایط تنش بیشتر باشد، به عنوان رقم حساس شناخته می‌شود. بنابراین،

Archive of SID

www.SID.ir

اگرچه عملکرد دانه هیبرید هایولا۴۰۱ در هر دو شرایط تنش خشکی و بدون تنش بیشتر از رقم آرجی اس۰۰۳ بود، ولی به دلیل کاهش بیشتر عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی نسبت به رقم آرجی اس۰۰۳، براساس شاخص SSI حساس‌تر از رقم آرجی اس۰۰۳ نسبت به تنش خشکی تعیین شد، که می‌تواند گمراه‌کننده باشد. امکان اشتباه در تعیین توانایی تحمل به تنش ارقام می‌تواند در اثر شاخص STI نیز صورت گیرد. با توجه به این که شاخص STI نتیجه حاصل ضرب YP×YS است، بنابراین می‌تواند نتایج گمراه کننده‌ای را به همراه داشته باشد. این مساله از آن جا ناشی می‌شود که حتی در شرایطی که عملکرد در شرایط تنش پایین باشد، در اثر زیاد بودن آن در شرایط بدون تنش، مقدار کمّی این شاخص بزرگتر می‌شود، که ظاهراً بیان‌کننده تحمل رقم به تنش است. همان طوری که به وسیله نادری و همکاران (Naderi *et al.*, 1999) نشان داده شده است، در صورتی می‌توان از شاخص STI در انتخاب ارقام متحمل به تنش استفاده کرد که رقم مربوطه عملکرد پایینی در شرایط تنش نداشته باشد. بنابراین، به طور کلی می‌توان اظهار داشت که با توجه به شاخص‌های تحمل به تنش، تحمل به تنش‌های خشکی، گرما و همزمان خشکی و گرما در هایولا۴۰۱ بیشتر از آرجی اس۰۰۳ بود. بنابراین برای مناطق با تنش گرما و خشکی انتهای فصل رشد، هیبرید هایولا۴۰۱ مناسب تر از رقم آرجی اس۰۰۳ بوده و برای کشت در آن مناطق توصیه می‌شود.

در این مطالعه، بخش بزرگی از تغییرات عملکرد دانه و درصد روغن به شرایط محیطی طی دوره‌های حساس نموی مانند دوره گلدهی و پر شدن دانه بستگی داشت. دمای هوا و آب مصرفی توسط گیاه عوامل اصلی تعیین کننده عملکرد دانه و درصد روغن در ارقام مورد مطالعه بودند. در شرایط آب و هوایی مدیترانه‌ای گرم و نیمه خشک، مانند منطقه گنبد، معمولاً شرایط آب و هوایی طی دوره رویشی مناسب بوده و سبب تجمع مقدار زیادی ماده خشک می‌شود. در چنین شرایطی، وقوع تنش خشکی و گرمای انتهای فصل رشد می‌تواند سبب کاهش معنی‌دار عملکرد دانه و درصد روغن شود. بنابراین، تاریخ کاشت مناسب جهت انطباق مراحل نموی حساس گیاه با شرایط آب و هوایی بهینه و انجام آبیاری تکمیلی طی مراحل زایشی مانند مرحله گلدهی و پر شدن دانه نیز می‌تواند از راهکارهای مناسب مدیریتی جهت کاهش آثار منفی تنش خشکی و گرما باشد.

References

Angadi, S. V., McConkey, B. G., Ulrich, D., Cutforth, H. W., Miller, P. R., Entz, M. H., Brandt, S. A., and Volkmar, K. 1999. Developing viable cropping options for the semiarid prairies. Project Report of Agriculture and Agri-Food of Canada, Swift Current, SK.

Archive of SID

www.SID.ir

Angadi, S. V., Cutforth, H. W., Miller, P. R., McConkey, B. G., Entz, M. H., Brandt, A., and Olkmar, K. M. 2000. Response of three *Brassica* species to high temperature stress during reproductive growth. Canadian Journal of Plant Sciences 80: 693-701.

Brandt, S. A. and McGregor, D. I. 1997. Canola response to growing season climatic conditions. P 322-328. In Proc. Workshop on Soils and Crops 97, Saskatoon, SK, Canada. 20-21 Feb. 1997. University Extension Press, Saskatoon, SK, Canada.

Choukan, R., Taherkhani, T., Ghannadha, M. R., and KhodaRahmi, M. 2006. Evaluation of drought tolerance in corn (*Zea mays* L.) lines with drought tolerance indices. Iranian Journal of Crop Sciences 8: 79-89.

Farshadfar, E., Zamani, M. R., Motalebi, M., and Emam-Jomeh, A. 2001. Selection for drought resistance in chickpea lines. Iranian Journal of Agricultural Sciences 32: 65-74.

Fernandez, G. C. J. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. pp 257-270. In: Kuo, C.G. (ed.). Proceeding of the International Symposium on Adaptation of Vegetables and Other Food Crops in Temperature and Water Stress. Taiwan. 13-16 August.

Fieldsend, J. K., Murray, F. E., Bilsborrow, P. E., Milford, G. F. J., and Evans, E. J. 1991. Glucosinolate accumulation during seed development in winter-sown oilseed rape *(B. napus).* In: McGregor, D.I. (ed.). Proceedings of the Eighth International Rapeseed Congress, Saskatoon, Canada. Organizing Committee, Saskatoon. Pp. 686-694.

Fischer, R. A. and Maurer, R. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield responses. Australian Journal of Agricultural Research 29: 897-912.

Gunasekera, C. P., Martin, L. D., Siddique, K. H. M., and Walton, G. H. 2006. Genotype by environment interactions of Indian mustard (*B. Juncea* L.) and canola (*B. napus* L.) in Mediterranean-type environments: II. Oil and protein concentrations in seed. European Journal of Agronomy 25: 13-21.

Hall, A. E. 1992. Breeding for heat tolerance. Plant Breeding Review 10: 129-168.

Hocking, P. J., Kirkegaard, J. A., Angus, J. F., Gibson, A. H., and Koetz, E. A. 1997. Comparison of canola, Indian mustard and linola in two contrasting environments. I. Effects of nitrogen fertilizer on dry matter production. Field Crops

Archive of SID

www.SID.ir

Research 49: 107-125.

Jensen, C. R., Mogensen, R. O., Mortensen, G., Fieldsend, J. K., Milford, G. F. J., Andersen, M. N., and Thaga, J. H. 1996. Seed glucosinolate, oil and protein contents of field grown rape (*B. napus* L.) effected by soil drying and evaporatyve demand. Field Crops Research 47: 93-105.

Johnston, A. M., Tanaka, D. L., Miller, P. R., Brandt, S. A., Nielsen, D. C., Lafond, G. P., and Riveland, N. R. 2002. Oilseed crops for semiarid cropping systems in the Northern Great Plains. Agronomy Journal 94: 231-240.

Koocheki, A. R., Yzdan-Sepas, A., and Nikkhah, H. R. 2006. Effect of terminal drought stress on grain yield and some morphologic traits in wheat genotypes. Seed and Plant 8: 14-29.

McCartney, C. A., Scarth, R., McVetty, P. B. E., and. Daun, J. K. 2004. Genotypic and environmental effects on saturated fatty acid concentration of canola grown in Manitoba. Canadian Journal of Plant Sciences 89: 749-756.

Moghaddam, A. and M.H. Hadizadeh. 2002. Response of corn (*Zea mays* L.) hybrids and their parental lines to drought using different stress tolerance indices. Seed and Plant 18: 255-272.

Morrison, M. J. and Stewart, D. W. 2002. Heat stress during flowering in summer Brassica. Crop Science 42: 797-803.

Naderi, A., Majidi-Heravan, E., Hashemi-Dezfuli, A., Rezaie, A. M., and NoorMohamadi, G. 1999. Analyzing efficiency of stress tolerance indices of crops to environmental stresses, and introducing a new stress index. Seed and Plant Journal of Agricultural Research 5: 390-402.

Narayan, D. and Misra, R. D. 1989. Drought resistance in varieties of wheat in relation to root growth and drought indices. Indian Journal of Agricultural Sciences 59: 595-598.

Nuttal, W. F., Moulin, A. P., and Townley-Smith, L. J. 1992. Yield response of canola to nitrogen, phosphorus, precipitation and temperature. Agronomy Journal 84:765–768.

Rosielle, A. T. and Hamblin, J. 1981. Theoretical aspect of selection for yield in stress and non-stress environment. Crop Sciences 21: 493-501.

Shafazadeh, M. K., Yzdan-Sepas, A., Amini, A., and Ghannadha, M. R. 2004.

Archive of SID

www.SID.ir

Study of terminal drought tolerance in promising winter and facultative wheat genotypes using stress susceptibility and tolerance indices. Seed and Plant 20: 57-71.

Walton, G., Mendham, N., Robertson, M., and Potter, T. 1999. Canola, Phenology, Physiology and Agronomy. Proceedings of the 10th International Rapeseed Congress, Canberra, Australia.

Zhang, H. P., Wang, X. Y., You, M. Z., and Liu, C. M. 1999. Water-yield relations and water use efficiency of winter wheat in the North China Plain. Irrigation Science 19: 37-45.

Archive of SID

www.SID.ir