مجله به‌نژادی نهال و بذر
جلد ۱-۲۸، شماره ۱، سال ۱۳۹۱

ارزیابی تحمل خشکی ژنوتیپ‌های کلزا (*Brassica napus* L.) در شرایط مزرعه و آزمایشگاه

Evaluation of Drought Tolerance of Rapeseed (*Brassica napus* L.) Genotypes in Laboratory and Field Conditions

زینب چغاکبودی[۱]، علیرضا زبرجدی[۲] و دانیال کهریزی[۲]

۱و ۲- به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد اصلاح نباتات و دانشیار، دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی کرمانشاه

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۱۲/۱۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۶/۲۴

چکیده

چغاکبودی، ز.، زبرجدی، ع.، و کهریزی، د. ۱۳۹۱. ارزیابی تحمل خشکی ژنوتیپ‌های کلزا (*Brassica napus* L.) در شرایط مزرعه و آزمایشگاه. **مجله به‌نژادی نهال و بذر ۱-۲۸:** ۳۸ - ۱۷.

به‌منظور ارزیابی واکنش ژنوتیپ‌های کلزا به تنش خشکی، پژوهشی در مرحله جوانه‌زنی و مراحل بعدی رشد در آزمایشگاه و مزرعه در سال زراعی ۸۶-۱۳۸۵ در دانشگاه رازی انجام شد. آزمون جوانه‌زنی در شرایط کنترل شده به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در چهار سطح پتانسیل آب (صفر، ۴، ۸ و ۱۲- بار) و بررسی مزرعه‌ای در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دو شرایط تنش و عدم تنش آبی اجرا شد. در بررسی آزمایشگاهی، نتایج نشان داد که با کاهش پتانسیل اسمزی (از صفر به ۱۲- بار) اکثر صفات مربوط به جوانه‌زنی به‌طور معنی‌دار کاهش یافتند و طول ساقه‌چه بیشترین واکنش را به تغییر پتانسیل آب نشان داد. بیشترین شاخص جوانه‌زنی را ژنوتیپ Lincord داشت ولی بر اساس مجموعه صفات جوانه‌زنی مطالعه شده ژنوتیپ‌های Dante و Licord به عنوان ژنوتیپ‌های متحمل در مراحل اولیه رشد شناسائی شدند. نتایج تجزیه واریانس، اختلاف معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها از نظر کلیه شاخص‌های تحمل و عملکرد دانه (در دو شرایط محیطی) را نشان داد. تحلیل همبستگی بین عملکرد دانه در شرایط تنش و عدم تنش و شاخص‌های مقاومت نشان داد که شاخص‌های تحمل تنش (STI)، میانگین بهره‌وری هندسی (GMP) و میانگین بهره‌وری (MP) مناسب‌ترین شاخص‌های عکس‌العمل ژنوتیپ‌های کلزا در برابر خشکی بود و ژنوتیپ Zarfam بیشترین مقدار عملکرد و بیشترین مقادیر شاخص‌های STI، GMP و MP را داشت و به عنوان متحمل‌ترین ژنوتیپ با عملکرد بالا شناسایی شد.

واژه‌های کلیدی: کلزا، پلی اتیلن گلایکول، شاخص‌های مقاومت به خشکی، شاخص تنش جوانه‌زنی.

نویسنده مسئول: zebarjadiali@yahoo.com تلفن: ۰۸۳۱۸۳۲۳۷۳۱

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

کلزا (*Brassica napus* L.) به عنوان یکی از مهم‌ترین گیاهان روغنی به دلایل متعددی از اولویت خاصی برخوردار بوده و با توجه به نیاز مبرم کشور به تولید دانه‌های روغنی و روغن گیاهی سطح زیر کشت آن در حال افزایش است. جوانه‌زنی مرحله مهمی از چرخه زندگی گیاهان در محیط‌های خشک است زیرا جوانه‌زنی از نظر تعداد گیاه سبز در واحد سطح برای تولید محصول تعیین‌کننده است (Pessarakli, 1994). استفاده از بذر با کیفیت بالا برای استقرار مطلوب و ایجاد تراکم مناسب بوته‌ها در مزرعه و یکنواختی پوشش سبز و کسب عملکرد بالا، کاملاً ضروری است (Elias and Copeland, 2001). شاخص تنش جوانه‌زنی به عنوان یک شاخص سریع و اولیه در شرایط آزمایشگاه نقش مهمی در گزینش ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی دارد. در حال حاضر استفاده از مواد اسمزی به دلیل سادگی و راحتی استفاده و قابلیت تکرار و همچنین توانایی آن در ارزیابی تعداد زیادی ژنوتیپ یکی از رایج ترین شیوه‌های ایجاد تنش در گیاهان است (Mohammadi, 2000).

در میان مواد با جرم مولکولی بالا پلی اتیلن گلیکول (PEG) به دلیل ایجاد محلولی دارای شرایط طبیعی، بیشترین کاربرد را پیدا کرده است(Emmerich and Hardegree, 1991). عندلیبی و همکاران (Andalibi *et al*., 2005) در آزمایشی که به منظور بررسی اثر تنش خشکی بر شاخص‌های جوانه‌زنی شش رقم کلزا انجام شد نتیجه گرفتند که سرعت جوانه‌زنی حساس‌ترین صفت به تنش خشکی بود و نشان دادند که در ارقام متحمل تا سطح ۹ – بار بیشتر صفات کاهش معنی‌داری داشتند. مظاهری تیرانی و منوچهری کلانتری (Mazaheri Tirani and Manochehrikalantari, 2006) به منظور بررسی اثر تنش خشکی بر جوانه‌زنی بذر کلزا از پتانسیل‌های آبی برابر با ۰/۴-، ۰/۶-، ۰/۹- و ۱/۱- مگاپاسگال با استفاده از پلی اتیلن گلیکول ۶۰۰۰ استفاده کرده و نشان دادند که با افزایش تنش درصد جوانه‌زنی بذر کاهش می‌یابد.

آزمایش‌های بسیاری برای ارزیابی تحمل خشکی در مرحله جوانه‌زنی بر روی گیاهان دیگر مانند پنبه قجری و زینلی (Ghajari and Zinali, 2002)، سویا (Bouslama and Schapaugh, 1984)، (Kpoghomou *et al*., 1990)، آفتابگردان (Somers *et al*., 1983)، ذرت (Parmar and Moor, 1968)، سورگوم و ارزن (Smith *et al*., 1989)، عدس (EI-Sharkawi and Springuel, 1977)، نخود (Jamshid Moghadam and Pourdad, 2006)، گندم (Farshadfar *et al*., 2002)، گلرنگ (Jamshid Moghadam, 2002)، گندم دوروم (Falahi *et al*., 2011)، جو (Wayssi Mallamiri *et al*., 2010) و گندم نان (Farshadfar and Mohammadi, 2006)

Archive of SID

www.SID.ir

انجام شده است.

گیاهان نه تنها در محیط‌های مختلف رشد می‌کنند، بلکه توانایی سازگاری به درجات مختلفی از تنش را نیز دارند. از این‌رو در درجه اوّل بهترین راهبرد برای دستیابی به گیاه مقاوم، بررسی و جستجو پیرامون توانایی گیاهان برای تحمل به تنش‌های محیطی است. کوئیزنبری (Quisenberry, 1982) مقاومت به خشکی را توانائی یک ژنوتیپ در تولید بیشتر عملکرد نسبت به دیگر ژنوتیپ‌ها در شرایط رطوبتی یکسان تعریف کرد که این تعریف بیشتر مورد توجه به‌نژادگران گیاهی است.

فیشر و مورر (Fisher and Maurer, 1987) معیار مقاومت به خشکی، وضعیت عملکرد دانه در شرایط خشک است و بر همین اساس شاخص حساسیت به تنش (SSI) را پیشنهاد کردند. رزیل و هامبلین (Rosielle and Hamblin, 1981) شاخص تحمل (TOL) را به صورت اختلاف عملکرد محیط تنش و بدون تنش تعریف کردند و همچنین شاخص متوسط محصول‌دهی را به صورت میانگین عملکرد (MP) در دو محیط تنش و بدون تنش پیشنهاد کردند، به نظر می‌رسد ارقامی که در شرایط رطوبتی مناسب و شرایط رطوبتی محدود (تنش خشکی) عملکرد با ثبات‌تری داشته باشند و یا حداقل تفاوت عملکرد آن‌ها کم باشد احتمالاً تحمل نسبی بیشتری به خشکی خواهند داشت (Blum, 1988). مقادیر کمتر شاخص TOL مطلوب بوده و غالباً ژنوتیپ‌های گزینش شده بر اساس آن در شرایط بدون تنش پتانسیل عملکرد نسبی پائین و در صورت تنش عملکرد نسبتاً بالایی دارند (Quisenberry, 1982). فرناندز (Fernandez,1992) شاخص میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) را ارائه نمود این شاخص در مقایسه با MP در تفکیک ژنوتیپ‌ها از قدرت بالاتری برخوردار است. شاخص دیگری که توسط فرناندز (Fernandez, 1992) ارائه شده شاخص تحمل تنش (STI) است آن را معیاری برای گزینش ارقام تحمل کننده تنش خشکی پیشنهاد کرد. مقادیر بالای این شاخص نشان دهنده تحمل زیاد تنش و عملکرد بالقوه بالا است. شاخص پاسخ به خشکی (DRI) عملکرد دانه را در شرایط تنش خشکی برای تنوع در تاریخ گلدهی و عملکرد در شرایط بدون تنش تصحیح می‌کند، بنابراین اطمینان می‌دهد که ژنوتیپ‌های انتخاب شده صفات تحمل خشکی را خواهند داشت (Ouk *et al*., 2006).

هدف از اجرای این تحقیق بررسی تنوع ژنتیکی ژنوتیپ‌های کلزای پاییزه و دستیابی به ژنوتیپ‌های مناسب برای شرایط تنش خشکی بر اساس برآورد شاخص‌های مقاومت و شاخص‌های مربوط به جوانه‌زنی در شرایط مزرعه و آزمایشگاه و همچنین مقایسه نتایج به دست آمده در شرایط مزرعه و آزمایشگاه بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی ۸۶-۱۳۸۵ در دو

www.SID.ir

شرایط مزرعه وآزمایشگاه انجام شد. ژنوتیپ‌های مورد بررسی از مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج دریافت شد. در بررسی آزمایشگاهی، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در داخل اتاقک رشد با دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد با فتوپریود ۸/۱۶ (روشنایی/ تاریکی) انجام شد. ژنوتیپ یکی از فاکتورهای مورد مطالعه و فاکتور دوم سطوح پتانسیل بود که چهار سطح پتانسیل آب شامل صفر، ۴-، ۸- و ۱۲- بار در نظر گرفته شد. پتانسیل‌های مورد نظر با استفاده از نمک پلی اتیلن گلایکول ۶۰۰۰ طبق دستورالعمل میچل و کافمن (Michel and Kaufman, 1973) تهیه شد. برای پتانسیل صفر (شاهد) از آب مقطر استفاده شد. در این آزمایش از ظروف پتری استریل استفاده شد که کف آن با یک عدد کاغذ صافی واتمن شماره یک پوشیده شده بود. بذرها با محلول ۵ درصد هیپوکلریت سدیم به مدت ۱۵ دقیقه شدعفونی شدند. در هر تکرار ۵۰ عدد بذر سالم در ظروف پتری محتوی ۱۰ میلی لیتر از پتانسیل‌های فوق قرار داده شد. در دوره آزمایش به منظور جلوگیری از تغییر پتانسیل در اثر تبخیر آب، ظروف پتری به طور مرتب وزن شده و به میزان اختلاف با وزن اولیه آب مقطر به آن‌ها اضافه شد (Emmerich and Hardegree, 1991). برای ارزیابی میزان جوانه‌زنی ژنوتیپ‌ها حداکثر چهار متری تشکیل شده بود. فاصله بین ردیف‌ها

جوانه‌زنی بر حسب درصد (درصد جوانه‌زنی)، شاخص سرعت جوانه‌زنی (Promptness Index: PI) بر حسب درصد در روز در هر تکرار (Bouslama and Schapaugh, 1984) و شاخص تنش جوانه‌زنی (Germination Stress Index: GSI) از طریق فرمول زیر محاسبه شد (Maguire, 1962):

$$Gmax\ (\%) = n8 \times 50\text{-}1 \times 100$$

$$PI = nd2(1.0) + nd4(0.8) + nd6(0.6) + nd8(0.4)$$

$$GSI = \frac{PI(understress)}{PI(undernon-stress)} \times 100$$

در این روابط n8 : تعداد بذرهای جوانه‌زده تا روز هشتم

nd2, nd4, nd6 و nd8 به ترتیب تعداد بذر جوانه زده در روزهای دوم، چهارم، ششم و هشتم هستند.

در انتهای آزمایش نیز به طور تصادفی ده گیاهچه انتخاب و طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه و نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه برای هر ژنوتیپ در هر تکرار بر حسب میلی‌متر محاسبه شد.

آزمایش مزرعه‌ای در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار و در دو شرایط محیط آبیاری محدود (شرایط تنش) و آبیاری مطلوب (عدم تنش آبی) در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه رازی انجام شدهر کرت آزمایشی از چهار ردیف ۳۰ سانتی‌متر و فاصله دو کرت مجاور ۶۰

Archive of SID

www.SID.ir

سانتی‌متر بود. عملیات کاشت در اواخر شهریور ماه انجام شد. بعد از کاشت به منظور رسیدن به سطح سبز یکنواخت در هر دو قطعه آبیاری انجام شد. در مراحل بعدی، در قطعه تحت تنش خشکی آبیاری انجام نشد ولی قطعه‌ی دیگر در مراحل گلدهی و غلاف دهی آبیاری شد. در طول مدت اجرای آزمایش مراقبت‌های زراعی شامل مبارزه با علف‌های هرز به صورت دستی انجام شد. برای اندازه‌گیری عملکرد دانه با رعایت اثر حاشیه‌ای از چهار ردیف دو ردیف حذف و از دو ردیف باقیمانده پنج بوته به تصادف انتخاب و عملکرد دانه به صورت گرم در متر مربع ثبت شد. شاخص‌های مختلف مقاومت به خشکی برای هر ژنوتیپ با استفاده از روابط زیر محاسبه شدند:

$$SSI = \frac{1-(Y_s / Y_p)}{SI}$$

$$SI = \left[\frac{\overline{Y_s}}{\overline{Y_p}}\right]$$

(Fischer and Maurer, 1978)

$TOL = Y_P - Y_S$

(Rossielli and Hamblin, 1981)

$$MP = \frac{Y_s + Y_p}{2}$$

(Rossielli and Hamblin, 1981)

$$GMP = \sqrt{(y_s)(Y_p)}$$

(Fernandez, 1992)

$$STI = \left(\frac{Y_p}{\overline{Y}_p}\right)\left(\frac{Y_s}{\overline{Y}_s}\right)\left(\frac{\overline{Y}_s}{\overline{Y}_p}\right) = \frac{(Y_p)(Y_s)}{(\overline{Y}_p)^2}$$

در معادله‌های فوق، YP و YS به ترتیب عملکرد دانه هر ژنوتیپ در شرایط بدون تنش و تنش خشکی و $\overline{Y}_p$ و $\overline{Y}_s$ به ترتیب میانگین عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها در شرایط بدون تنش و تنش خشکی هستند.

شاخص پاسخ به خشکی (Response Index: DRI) برای یک ژنوتیپ خاص با استفاده از معادلهٔ تغییر یافتهٔ بیدینگر و همکاران (Bidinger *et al.*, 1987) به صورت زیر محاسبه شد:

$$DRI_i = \frac{Y_{act.i} - Y_{est.i}}{S.E.ofY_{est}}$$

دراین رابطه Y_{act} عملکرد واقعی در شرایط تنش برای هر ژنوتیپ، Y_{est} عملکرد برآورد شده برای هر ژنوتیپ در شرایط تنش و $S.E.ofY_{est}$ خطای استاندارد عملکرد دانهٔ برآورد شده برای همهٔ ژنوتیپ‌ها است.

عملکرد دانهٔ برآورد شده برای یک ژنوتیپ خاص با استفاده از رگرسیون چند گانه به صورت زیر محاسبه شد:

$$Y_{est.i} = a + bY_{p.i} + cFL_i$$

که در آن Y_{pi} عملکرد بالقوهٔ ژنوتیپ I که در شرایط بدون تنش اندازه‌گیری شده و FL_i روز تا گلدهی ژنوتیپ I در شرایط بدون تنش است و a , b , c هم پارامترهای رگرسیونی برآورد شده به روش حداقل مربعات هستند (Ouk *et al.*, 2006) برای گزینش ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی و با عملکرد بالا در هر دو محیط تنش و بدون تنش، نمودار سه بعدی (3-D plot) رسم شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها

Archive of SID

www.SID.ir

از نرم افزارهای آماری MSTAT-C، SPSS و EXCEL و مقایسه میانگین داده‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال یک درصد انجام شد.

میزان همبستگی صفات و تجزیه به مولفه‌های اصلی نیز بر روی داده‌ها انجام شد.

نتایج و بحث

. نام و شجره ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در جدول ۱ آمده است. نتایج به دست آمده از تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده در بررسی آزمایشگاهی (جدول‌های ۲ و ۳) نشان داد که ژنوتیپ‌ها نسبت به سطوح مختلف پتانسیل آب اعمال شده واکنش متفاوتی داشته اند. وجود اختلاف بین ژنوتیپ‌ها برای صفات اندازه‌گیری شده نشان‌دهنده تنوع ژنتیکی در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی در مرحله جوانه‌زنی از نظر تنش رطوبتی است.

جدول ۱- نام و شجره ژنوتیپ‌های کلزا مورد استفاده در آزمایش

Table 1. Names and pedigree of rapeseed genotypes used in the experiment

ردیف No.	ژنوتیپ Genotype	منشاء ژنوتیپ Origin	تیپ Type
1	Geronimo	Rosticafrance (European=Winter)-(Mexican-China-Canadian=Spring)	Winter
2	Celecious	Sralof	Winter
3	Milena	Germany	Winter
4	Sahra	Danisco	Winter
5	Sunday	Danisco	Winter
6	Zarfam	Iran	Winter
7	Dante	Germany	Winter
8	SLM-046	Germany	Winter
9	Talaye	Iran	Winter
10	Talent	Germany	Winter
11	ARC2	U.S.A	Winter
12	Opera	SW-sweden	Winter
13	ARC5	U.S.A	Winter
14	Licord	Germany	Winter-Spring
15	Elite	Rosticafrance (European=Winter)-(Mexican-China-Canadian=Spring)	Winter
16	Ebonite	Rosticafrance (European=Winter)-(Mexican-China-Canadian=Spring)	Winter

نتایج حاصل از محابه تجزیه همبستگی صفات مورد مطالعه در آزمون جوانه‌زنی در جدول ۴ ارائه شده است. بین صفات طول ریشه‌چه و سرعت جوانه‌زنی (۰/۵۷۷*)، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه (۰/۶۱۵*) در سطح پنج درصد همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت. بین سرعت جوانه‌زنی و حداکثر درصد جوانه‌زنی (۰/۸۵**) در سطح یک درصد نیز همبستگی

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات مختلف ژنوتیپ‌های کلزا

Table 2. Analysis of variance for different traits of rapeseed genotypes in germination test

			میانگین مربعات MS				
S.O.V.	منابع تغییرات	درجه آزادی df.	سرعت جوانه‌زنی Germination rate	طول ریشه‌چه Root lenght	طول ساقه‌چه Shoot lenght	درصد جوانه‌زنی Germination percentage	نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه Rl/Sl
Genotype (G)	ژنوتیپ	15	209.997**	27.161**	4.017**	1921.865**	7.661**
Stress (S)	تنش	3	9618.329**	26.323**	32.663**	36229.118**	23.064**
S × G	ژنوتیپ × تنش	45	78.321**	10.659**	1.037**	508.896**	3.052**
Error	خطا	128	2.613	0.048	0.011	9.618	0.046
C. V%	ضریب تغییرات		5.95	6.51	5.26	4.36	14.36

**: معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد.

**: Significant at 1% level of probability.

جدول ۳- تجزیه واریانس شاخص تنش جوانه‌زنی در سطوح مختلف تنش در آزمون جوانه‌زنی

Table 3. Analysis of variance for germination stress index in different levels of stress in germaniation test

			میانگین مربعات MS
S.O.V.	منابع تغییرات	درجه آزادی df.	شاخص تنش جوانه‌زنی Germination stress index
Genotype (G)	ژنوتیپ	15	0.224**
Stress (S)	تنش	2	1.455**
S × G	ژنوتیپ × تنش	30	0.033**
Error	خطا	96	0.006**
C.V.%	ضریب تغییرات		15.86

**: معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد.

**: Significant at 1% level of probability.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۴- ضرایب همبستگی بین صفات مختلف ژنوتیپ‌های کلزا در آزمون جوانه‌زنی تحت تنش

Table 4. Correlation of coefficients between different traits of rapeseed genotypes in germination test under stress

Traits	صفات	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Germination rate (1)	سرعت جوانه‌زنی	0.607*				
Root length (2)	طول ریشه‌چه	0.493ns	0.682*			
Shoot length (3)	طول ساقه‌چه	0.85**	0.065 ns	0.122 ns		
Germination percentage (4)	درصد جوانه‌زنی	0.894**	0.594*	0.370 ns	-0.003 ns	
Germination stress index (5)	شاخص تنش‌جوانه زنی	0.396	0.761**	0.205 ns	-0.015 ns	0.484 ns

ns، * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

ns, * and ** :Not significant, significant at the 5% and 1% levels of probability, respectively.

Archive of SID

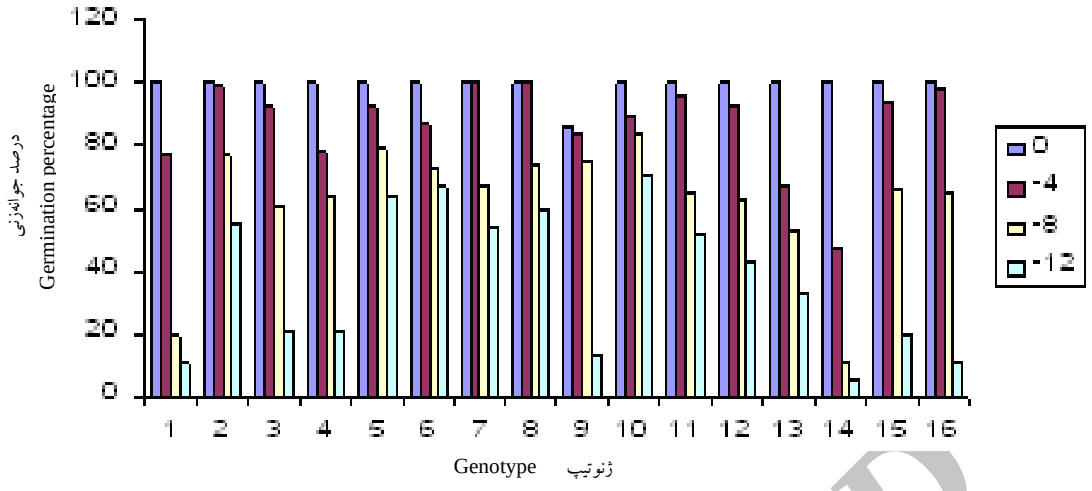
www.SID.ir

مثبت و معنی‌داری وجود داشت این نتایج با نتایج جمشید مقدم و همکاران (Jamshid Moghadam *et al.*, 2007) تطابق دارد. این نتیجه حاکی از وجود یک رابطه منطقی بین درصد جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی است به‌طوری که هر چه درصد جوانه‌زنی بیشتر باشد سرعت جوانه‌زنی نیز افزایش می‌یابد. بین صفات شاخص تنش جوانه‌زنی با سرعت جوانه‌زنی (**۰/۹۴۵)، شاخص تنش جوانه‌زنی با طول ریشه‌چه (*۰/۵۶۸) به ترتیب همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح یک و پنج درصد وجود داشت. صفاتی که همبستگی بالایی با شاخص تنش جوانه‌زنی دارند، همبستگی بالایی نیز با شاخص تحمل به خشکی دارند. لذا با توجه به این که در شرایط تنش، داشتن طول ریشه‌چه بیشتر صفت مطلوبی به شمار می‌رود و با توجه به همبستگی بالای این صفت با شاخص تنش جوانه‌زنی، ژنوتیپ‌هایی که از نظر طول ریشه‌چه مطلوب هستند مانند ژنوتیپ شماره ۲، گزینش آن‌ها برای شرایط تنش مفید است. نتایج جمشید مقدم و همکاران (Jamshid Moghadam *et al.*, 2007) حاکی از وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار بین شاخص تنش جوانه‌زنی و حداکثر درصد جوانه‌زنی بود که نتایج بدست آمده با آن تطابق داشت. همچنین بین صفات نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه و طول ریشه‌چه (**۰/۸۰۹) همبستگی مثبت معنی‌داری در سطح یک درصد مشاهده شد. نتایج به دست آمده همچنین با نتایج جمشید مقدم و پورداد (۲۰۰۶) مطابقت داشت.

اثر متقابل پتانسیل اسمزی و ژنوتیپ برای درصد جوانه‌زنی (شکل ۱) نشان داد که با کاهش پتانسیل اسمزی تا سطح ۴- بار درصد جوانه‌زنی تمامی ژنوتیپ‌ها به جز ژنوتیپ‌های شماره ۲، ۳، ۷، ۸، ۹، ۱۱ و ۱۶ به صورت معنی‌دار نسبت به شاهد کاهش یافت. با کاهش پتانسیل اسمزی تا سطح ۸- و ۱۲- بار درصد جوانه‌زنی تمامی ژنوتیپ‌ها به صورت معنی‌داری کاهش یافت. بر اساس نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل پتانسیل اسمزی و ژنوتیپ برای سرعت جوانه‌زنی مشخص شد که با کاهش پتانسیل اسمزی تا سطح ۴- بار سرعت جوانه‌زنی تمامی ژنوتیپ‌ها به غیر از ژنوتیپ شماره ۱۱ به صورت معنی‌دار نسبت به شاهد کاهش یافت، در حالی که برای سرعت جوانه‌زنی با کاهش پتانسیل اسمزی تا این سطح به جز زنوتیپ شماره ۱۱ سرعت جوانه‌زنی هیچ کدام از ژنوتیپ‌ها به صورت معنی‌داری کاهش نیافت. درصد جوانه‌زنی حساسیت بیشتری به سرعت جوانه‌زنی نسبت به تنش خشکی نشان داد به طوری‌که در پتانسیل‌های ۴- ، ۸- و ۱۲- بار درصد جوانه‌زنی ۱۲/۳۶، ۳۹/۱۸ و ۶۱/۷۸ درصد اما سرعت جوانه‌زنی ۱۶/۸۸، ۲۵/۹۹ و ۳۲/۸۰ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت. این مطلب با نتایج عندلیبی و همکاران (Andalibi *et al.*, 2005) مغایرت داشت. افزایش تنش تا سطح پتانسیل ۸- و ۱۲- بار نیز باعث کاهش معنی‌دار سرعت جوانه‌زنی تمامی زنوتیپ‌ها شد.

Archive of SID

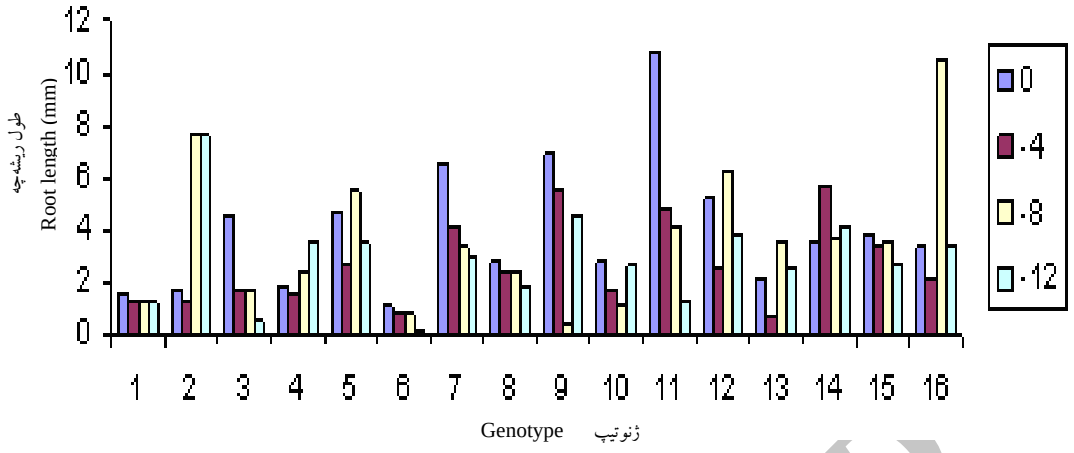
www.SID.ir



شکل ۱- مقایسه میانگین اثر متقابل بین سطوح پتانسیل اسمزی و ژنوتیپ برای درصد جوانه‌زنی در کلزا
Fig. 1. Mean comparison of interaction effects among osmotic potential levels and genotypes for germination percentage in rapeseed (LSD 5%= 4.96)

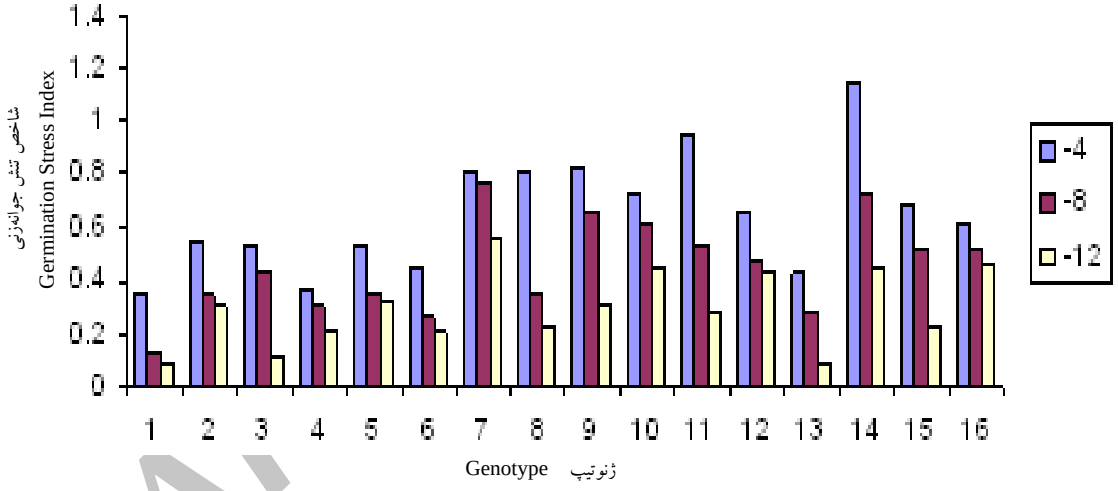
ژنوتیپ‌ها از نظر طول ریشه‌چه تنوع قابل ملاحظه‌ای نشان دادند (شکل ۲) به‌طوری‌که افزایش تنش اسمزی تا سطح ۴- بار باعث کاهش معنی‌دار طول ریشه‌چه کلیه ژنوتیپ‌ها به جز ژنوتیپ شماره ۴ نسبت به شاهد شد. در سطح پتانسیل اسمزی ۸- بار نیز تنش باعث کاهش معنی‌دار طول ریشه‌چه کلیه زنوتیپ‌ها به جز ژنوتیپ‌های شماره ۱۴ و ۱۵ شد. در سطح پتانسیل اسمزی ۱۲- بار تنش باعث کاهش معنی‌دار طول ریشه‌چه تمامی ژنوتیپ‌ها به جز زنوتیپ‌های شماره ۱۰ و ۱۶ شد. در سطح پتانسیل‌های اسمزی ۸- و ۱۲- بار طول ریشه‌چه ژنوتیپ‌های شماره ۲، ۴، ۱۳ و ۱۴ بیشتر از شاهد مشاهده شد. که این مطلب بیان کننده افزایش میزان طول ریشه‌چه ژنوتیپ‌ها برای جذب آب در شرایط تنش آبی است. مقایسه میانگین اثر متقابل بین پتانسیل اسمزی و ژنوتیپ برای طول ساقه‌چه نشان داد که با افزایش میزان تنش خشکی تا سطح ۴- بار طول ساقه‌چه کلیه ژنوتیپ‌ها به جز ژنوتیپ‌های شماره ۱، ۷ و ۱۵ کاهش معنی‌داری نسبت به شاهد نشان دادند که این مطلب بیان کننده حساسیت بیشتر ساقه‌چه نسبت به ریشه‌چه به تنش خشکی است به طوری‌که در پتانسیل‌های اسمزی ۴-، ۸- و ۱۲- طول ساقه‌چه ۰/۶۶، ۱/۳۶ و ۱/۸۹ درصد و طول ریشه‌چه ۱/۸۸، ۰/۹۴ و ۱/۶۳ درصد نسبت به شاهد کاهش نشان دادند. این نتایج توسط جمشید مقدم و همکاران (۲۰۰۷) نیز گزارش شده است. اثر متقابل بین پتانسیل اسمزی و ژنوتیپ برای شاخص تنش جوانه‌زنی معنی دار شد. با توجه به شکل ۳ با افزایش سطح پتانسیل اسمزی مقدار شاخص مذکور برای کلیه ژنوتیپ‌ها به صورت معنی‌دار کاهش یافت. در سطح پتانسل ۱۲- بار ژنوتیپ‌های شماره ۷ و ۱۴

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۲- مقایسه میانگین اثر متقابل بین سطوح پتانسیل اسمزی و ژنوتیپ برای طول ریشه‌چه در کلزا

Fig. 2. Mean comparison of interaction effects among osmotic potential levels and genotypes for root length in rapeseed (LSD 5%= 0.10)



شکل ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل بین سطوح پتانسیل اسمزی و ژنوتیپ برای شاخص تنش جوانه‌زنی در کلزا

Fig. 3. Mean comparison of interaction effects among osmotic potential levels and genotypes for Germination Stress Index in rapeseed (LSD 5%= 0.10)

بیشترین مقدار را به خود اختصاص دادند.

اثر متقابل بین پتانسیل اسمزی و ژنوتیپ برای شاخص تنش جوانه‌زنی معنی‌دار شد. با توجه به شکل ۳ با افزایش سطح پتانسیل اسمزی مقدار شاخص مذکور برای کلیه ژنوتیپ‌ها به صورت معنی‌دار کاهش یافت. در سطح پتانسل ۱۲- بار ژنوتیپ‌های شماره ۷ و ۱۴ بیشترین مقدار را به خود اختصاص دادند.

اثر متقابل برای صفت نسبت طول ریشه‌چه به ساقه‌چه نشان داد که با افزایش سطح تنش این

www.SID.ir

صفت کاهش معنی‌داری یافت به طوری‌که بیشترین میزان این صفت در پتانسیل اسمزی ۱۲- بار مربوط به ژنوتیپ‌های شماره ۲ و ۹ بود. بر اساس نتایج تجزیه واریانس در بررسی مزرعه‌ای برای صفت عملکرد دانه در شرایط دیم و آبیاری ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در سطح احتمال ۱٪ تفاوت معنی‌داری داشتند. نتایج مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن برای عملکرد دانه (جدول ۵) نشان داد که در شرایط تنش ژنوتیپ شماره ۸ بالاترین (۲۹۸۹/۱۳ گرم در مترمربع) و ژنوتیپ شماره ۱۵ کمترین (۱۲۲۵/۴ گرم در مترمربع) عملکرد را داشتند. در شرایط بدون تنش نیز ژنوتیپ شماره ۶ بالاترین (۴۲۷۶/۱ گرم در مترمربع) و ژنوتیپ شماره ۳ کمترین (۲۲۳۵/۴ گرم در مترمربع) عملکرد را داشتند. از نظر شاخص‌های بهره‌وری متوسط (MP)، میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) و میانگین هارمونیک (Harmonic Mean: HAM) به ترتیب ژنوتیپ شماره ۶ با ۳۵۷۸/۱، ۳۵۰۹/۱ و۳۴۴۱/۴۳ و ژنوتیپ شماره ۱۵ با ۱۷۴۳/۰۷، ۱۶۶۳/۹ و۱۵۸۸/۴۳ بیشترین و کمترین مقادیر را در بین سایر ژنوتیپ‌ها به خود اختصاص دادند. از نظر شاخص پایداری عملکرد (Yield Stability Index: YSI) ژنوتیپ‌های شماره ۴ و ۹ با مقدار ۰/۸۳ دارای بیشترین و ژنوتیپ شماره ۱۵ با مقدار ۰/۵۷ دارای کمترین مقدار پایداری عملکرد در بین سایر ژنوتیپ‌ها بود، بنابراین ارقامی باYSI بالاتر انتظار می‌رود که در هر دو شرایط عملکرد بالاتری داشته باشند (Bouslama and Schapaugh, 1984). از نظرشاخص پاسخ به خشکی (DRI) ژنوتیپ شماره ۳ با ۰/۹۴ بیشترین مقدار و ژنوتیپ‌های شماره ۱۲ و۱۴ با ۲/۴۱- و ۲/۵۳- کمترین مقدار را دارا بودند. ژنوتیپ شماره ۳ صفات تحمل به خشکی را داشت زیرا مقادیر کمتری از TOL و SSI را دارا بود. از نظر شاخص تحمل به تنش (STI) بیشترین مقدار (۰/۸) به ژنوتیپ‌های شماره ۶ ، ۷ و ۱۴ و کمترین مقدار (۰/۲) به ژنوتیپ شماره ۱۵ اختصاص داشت.

به طور کلی ژنوتیپ‌های دارای مقادیر بالای شاخص‌های STI، MP و GMP نشان‌دهنده تحمل بالای این ژنوتیپ‌ها نسبت به خشکی است، هر چه مقدار شاخص TOL کمتر باشد نشان‌دهنده تحمل بیشتر آن ژنوتیپ نسبت به خشکی است و بر اساس شاخص SSI که حساسیت ژنوتیپ‌ها را به شرایط تنش نشان می‌دهد هر چه مقدار این شاخص نیز کمتر باشد می‌توان آن ژنوتیپ را مناسب برای کشت در شرایط تنش معرفی کرد. لازم به ذکر است که صرفاً پایین بودن مقادیر شاخص‌های SSI و TOL برای یک ژنوتیپ به منزله مناسب بودن آن جهت کشت در شرایط تنش یعنی بالا بودن میزان عملکرد و پایین بودن حساسیت آن نسبت به شرایط تنش نیست، زیرا ژنوتیپ‌هایی یافت می‌شوند که دارای حساسیت بسیار پایینی نسبت به خشکی هستند اما عملکرد پایینی نیز دارند، لذا این ژنوتیپ‌ها فقط دارای حساسیت

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۵- شاخص‌های تحمل به خشکی و عملکرد دانه در شرایط دیم و آبیاری در کلزا

Table 5. Drought tolerance indices and seed yield in rain-fed (Y_S) and irrigation (Y_P) in rapeseed

No.	Genotype	Y_{p-2} (gm^{-2})	Y_{s-2} (gm^{-2})	DRI	YI	YSI	TOL	SSI	STI	GMP	MP
1	Geronimo	3474.33^{c}	2634.27^{ab}	-0.89	1.1	0.77	840.07	0.24	0.93	3025.20	3054.30
2	Celecious	3609.47^{c}	2894.07^{a}	-0.39	1.2	0.80	715.40	0.19	1.06	3231.63	3251.77
3	Milena	2235.40^{f}	2141.93^{bc}	0.94	0.9	0.77	93.47	0.04	0.48	2576.97	2688.67
4	Sahra	2649.07^{e}	2227.67^{bc}	0.07	0.9	0.83	421.40	0.16	0.60	2428.87	2438.37
5	Sunday	3160.57^{d}	2067.93^{cd}	-1.91	0.9	0.67	1092.63	0.34	0.66	2556.00	2614.27
6	Zarfam	2880.10^{a}	1276.10^{a}	-2.32	1.2	0.70	1604.00	0.55	0.37	3509.10	3578.10
7	Dante	4042.07^{b}	2968.60^{a}	-1.36	1.2	0.70	1073.47	0.26	1.22	3463.93	3505.33
8	SLM-046	3665.20^{c}	2989.13^{a}	-0.23	1.2	0.80	676.07	0.18	1.11	3309.80	3327.17
9	Talaye	3213.07^{d}	2731.30^{a}	0.18	1.1	0.83	481.77	0.15	0.89	2962.30	2972.20
10	Talent	2357.20^{f}	1945.40^{cd}	-0.06	0.8	0.80	411.80	0.17	0.46	2141.40	2151.30
11	ARC2	3694.93^{c}	2759.83^{a}	-1.08	1.1	0.73	935.10	0.25	1.10	3193.20	3227.37
12	Opera	2794.27^{e}	1613.93^{e}	-2.41	0.6	0.73	1180.34	0.42	0.46	2123.13	2204.10
13	ARC5	2263.87^{f}	1876.93^{cd}	-0.03	0.8	0.63	386.93	0.17	0.43	2063.57	2070.40
14	Licord	4178.93^{ab}	2734.27^{a}	-2.53	1.1	0.63	1444.67	0.34	1.16	3379.30	3456.60
15	Elite	2260.73^{f}	1225.40^{e}	-2.22	0.5	0.57	1035.33	0.46	0.28	1663.90	1743.07
16	Ebonite	3655.07^{c}	2595.13^{ab}	-1.53	1.1	0.73	1059.93	0.29	0.96	3079.13	3125.10
	C.V (%)	2.86	2.75	-	-	-	-	-	-	-	-

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌داری با هم ندارند. شاخص‌ها بر اساس میانگین داده‌ها محاسبه شده‌اند و تجزیه واریانس بر روی آن‌ها انجام نشده است.

Means in each column followed by the similar letters are not significantly different at the 5% probability level using DMRT. Indices calculated based on means.

Ys و Yp به ترتیب عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش و SSI، STI، YI، TOL، MP، GMP، YSI و DRI به ترتیب شاخص حساسیت به تنش، شاخص تحمل به تنش، شاخص عملکرد، شاخص تحمل، میانگین بهره‌وری، میانگین هندسی بهره‌وری، شاخص پایداری عملکرد و شاخص پاسخ به خشکی.

Y_S: Yield under stressed conditions
YP: Yield under non- stressed conditions
SSI: Stress Susceptibility Index
STI: Stress Tolerance Index
YI: Yield Index
TOL: Tolerance
MP: Mean of Productivity
GMP: Geometric Mean of Productivity
YSI: Yield Stability Index
DRI: Drought Response Index

Archive of SID

www.SID.ir

کم به خشکی هستند و از نظر عملکرد اصلاً ژنوتیپ‌های مطلوبی به شمار نمی‌روند (Ramireza and Kelly, 1998).

ماتریس ضرایب همبستگی بین شاخص‌های تحمل به خشکی و عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش در جدول ۶ آورده شده است. عملکرد در شرایط بدون تنش با شاخص‌های TOL، MP، GMP، HAM، STI و YI و عملکرد در شرایط تنش با شاخص‌های MP، GMP، HAM، STI و YI دارای همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح ۱٪ بودند. به طور کلی شاخص‌هایی که در هر دو شرایط تنش و بدون تنش دارای همبستگی بالایی با عملکرد بودند به عنوان بهترین شاخص شناسائی شدند. همبستگی مثبت و معنی‌دار بین TOL و عملکرد در شرایط بدون تنش (**۰/۶۷۱) و عدم همبستگی بین TOL و عملکرد در شرایط تنش (۰/۱۶۴) پیشنهاد می‌کند که انتخاب بر اساس TOLباعث کاهش عملکرد در شرایط بدون تنش می‌شود (Sio-Se Marde *et al.*, 2006). ریزا و همکاران (Rizza *et al.*, 2004) در نتایج خود ثابت کردند که انتخاب بر اساس حداقل کاهش عملکرد تنش نسبت به عملکرد غیر تنش (TOL) منجر به شکست در شناسایی بهترین ژنوتیپ‌ها می‌شود. همبستگی مثبت و معنی‌دار بین MP با عملکرد در شرایط تنش (**۰/۹۵۵) و عملکرد غیر تنش (**۰/۹۲۷) نشان می‌دهد که انتخاب بر اساس MP می‌بایستی منجر به افزایش عملکرد در هر دو شرایط شود (Houls, 2001). STI که بر مبنای GMP بنا گذارده شده، همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح ۱٪ با عملکرد در شرایط تنش (**۰/۹۶۹) و عملکرد در شرایط بدون تنش (**۰/۹۲۵) را داشت. مقادیر بالاتر STI برای یک ژنوتیپ بیانگر تحمل به خشکی و پتانسیل عملکرد بالاترآن ژنوتیپ است (Farshadfar and Shutka, 2003).

YSI همان‌طور که توسط بوسلام ذکر شده عملکرد را در شرایط تنش یک رقم وابسته به عملکرد غیر تنش آن ارزیابی می کند و می بایست یک نشانگر مقاومت به خشکی در مواد ژنتیکی باشد. بنابراین ارقامی با YSI بالاتر انتظار می‌رود که در هر دو شرایط عملکرد بالاتری داشته باشند (Bouslama and Schapaugh, 1984). در این مطالعه همبستگی منفی و معنی‌دار در سطح ۵٪ (*۰/۵۴۶-) بین شاخص پایداری عملکرد (YSI) و شاخص تحمل (TOL) وجود داشت. همبستگی شاخص YI با عملکرد تنش بسیار معنی‌دار بود (**۰/۹۹۵) همچنین این شاخص با عملکرد غیر تنش (**۰/۸۵۰) دارای همبستگی مثبت و معنی‌داری بود. با توجه به نتایج ضرایب همبستگی شاخص‌ها مشاهده می‌شود که شاخص‌های MP، HAM، STI، GMP و YI به دلیل همبستگی معنی‌دار و بالایی که با عملکرد هر دو محیط دارند شاخص‌های مناسبی هستند که می‌توانند برای دستیابی به ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در هر دو محیط به کار روند. گزینش شاخص‌های STI و GMP با

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۶- ضرایب همبستگی شاخص‌های تحمل به خشکی با عملکرد دانه در شرایط دیم و آبیاری در کلزا

Table 6. Correlation coefficients between drought tolerance indices and seed yield in rain-fed (Y_S) and irrigated (Y_P) conditions in rapeseed

	YP	YS	TOL	MP	GMP	HAM	YSI	DSI	STI	YI
YS	0.840**									
TOL	0.671**	0.164								
MP	0.927**	0.955**	0.389							
GMP	0.925**	0.969**	0.372	0.998**						
HAM	0.920**	0.979**	0.346	0.994**	0.999**					
YSI	0.14	0.413	-0.546*	0.229	0.255	0.280				
DSI	-0.058	-0.420	0.470	-0.263	-0.267	-0.309	-0.349			
STI	0.935**	0.951**	0.415	0.995**	0.994**	0.991**	0.177	-0.262		
YI	0.850**	0.995**	0.191	0.961**	0.973**	0.981**	0.375	-0.428	0.958**	
SSI	0.118	-0.402	0.758**	-0.134	-0.176	-0.214	-0.706	0.662**	-0.121	-0.374

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

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

Ys و Yp به ترتیب عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش و SSI، STI، YI، TOL، MP، GMP، YSI و DRI به ترتیب شاخص حساسیت به تنش، شاخص تحمل به تنش، شاخص عملکرد، شاخص تحمل، میانگین بهره‌وری، میانگین هندسی بهره‌وری، شاخص پایداری عملکرد و شاخص پاسخ به خشکی.

Y_S: Yield under stressed conditions
YP: Yield under non- stressed conditions
SSI: Stress Susceptibility Index
STI: Stress Tolerance Index
YI: Yield Index
TOL: Tolerance
MP: Mean of Productivity
GMP: Geometric Mean of Productivity
YSI: Yield Stability Index
DRI: Drought Response Index

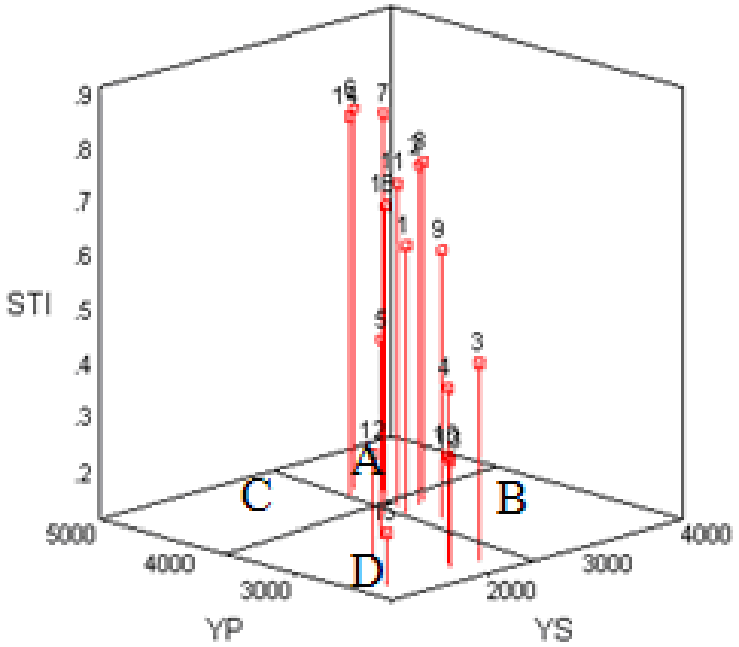
Archive of SID
www.SID.ir

یافته‌های فرناندز (Fernandez, 1992) مطابقت دارد. همچنین انتخاب شاخص‌های MP، GMP و STI به عنوان مناسب ترین شاخص‌ها در این تحقیق با نتایج فرشادفر و همکاران (Farshadfar *et al*., 2001) در مطالعه بر روی نخود کاملاً مطابقت دارد. فرشادفر و همکاران (Farshadfar *et al*., 2001) نشان دادند که در شرایط آبی و دیم بین شاخص‌های تحمل تنش، میانگین هندسی بهره‌وری، میانگین همساز و شاخص میانگین بهره‌وری با عملکرد همبستگی معنی‌داری وجود دارد و این شاخص‌ها را به عنوان مناسب‌ترین شاخص‌ها برای غربال کردن لاین‌های متحمل به خشکی در نظر گرفتند. سی و سه مرده و همکاران (Sio-Se Marde *et al*., 2006) نیز شاخص‌های STI، MP و GMP را شاخص‌های مناسبی برای شناسایی ارقام تولیدکننده عملکرد بالا در هر دو شرایط معرفی کرده‌اند. فرشادفر و شوتکا (Farshadfar and Shutka, 2003) شاخص‌هایSTI, MP و GMP را در ارزیابی لاین‌های ذرت شاخص‌های مطلوب‌تری برای مقاومت به خشکی در این لاین‌ها معرفی کردند. به نظر می‌رسد، شاخص‌هایی مانند MP، GMP، HAM، STI و YI که در این تحقیق با عملکرد در هر دو شرایط تنش و بدون تنش دارای همبستگی بالا بودند، مناسب‌ترین شاخص‌ها برای بررسی مقاومت به خشکی و رسیدن به عملکرد بالا در هر دو محیط هستند. این در حالی است که همبستگی بالا بین شاخص‌های MP و STI با هم و با عملکرد در نتایج حاصل از تحقیقات نیک خواه (Nikkhah, 1999) و نورمند و همکاران (Nourmand Moayyed *et al*., 2001) نیز مشاهده شده است.

در بررسی نمودار سه بعدی YS, YP و STI مشاهده می‌شود که ژنوتیپ‌های شماره ۲، ۶، ۷، ۸ و ۱۴ در گروه A قرار گرفته‌اند (شکل ۴). این ژنوتیپ‌ها دارای مقادیر بالای STI بودند. ژنوتیپ‌های شماره ۱۰، ۱۲، ۱۳ و ۱۵ که دارای STI متوسط و پایین بودند در گروه D قرار گرفتند. این مسئله خود بیانگر سودمندی این شاخص در جدا کردن گروه A از سایر گروه‌ها است.

تجزیه به مولفه‌های اصلی برای عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش و شاخص‌های مقاومت به خشکی انجام شد و به دلیل بیشتر بودن مقدار واریانس توجیه شده توسط دو مولفه اول (۹۱/۱۸۵ درصد) ترسیم بای پلات (شکل ۵) بر اساس این دو مولفه انجام شد. از آن‌جایی که مؤلفه اول (PC1) تغییراتی را در بر می‌گیرد که توسط مؤلفه دوم تبیین نمی‌شوند و بالعکس، از این جهت دو مؤلفه را می‌توان به‌صورت دو محور عمود بر هم نمایش داد و ژنوتیپ‌ها را بر اساس این دو مؤلفه در سطح نمودار فوق مشخص کرد. در این بررسی، اولین مؤلفه ۶۴/۴۵۷٪ از تغییرات کل داده‌ها را بیان کرد و این مؤلفه همبستگی مثبت بالایی با شاخص‌های YI، MP، GMP، HAM، STI و

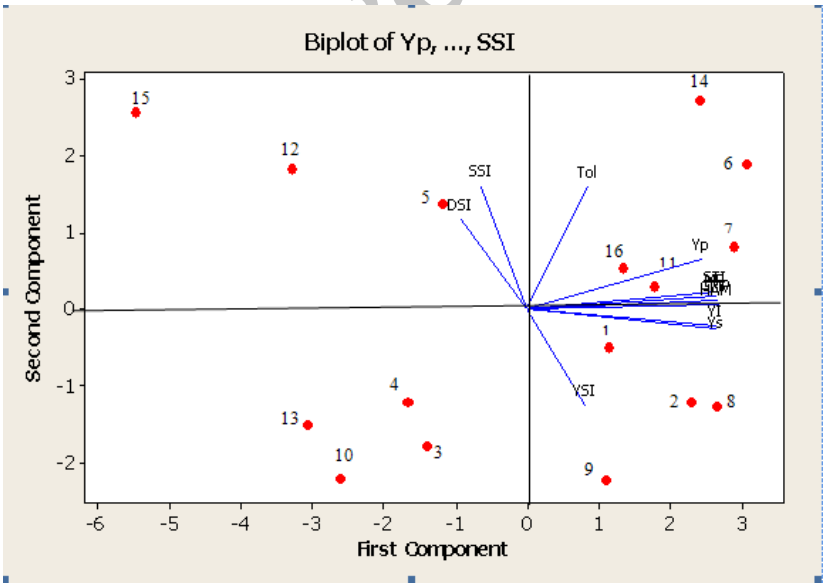
www.SID.ir



شکل ۴- گزینش ژنوتیپ‌های تحمل کننده تنش خشکی با استفاده از شاخص تحمل تنش (STI)

Fig. 4. Selection of drought tolerant genotypes using Stress Tolerance Index (STI)

For genotypes name see Table 1. برای نام ژنوتیپ‌ها به جدول ۱ مراجعه شود.



شکل ۵- نمایش بای پلات شاخص‌های تحمل به خشکی در ژنوتیپ‌های کلزا براساس دو مولفهٔ اول

Fig. 5. Biplot for drought tolerance indices in genotypes rapeseed based on first two components

For genotypes name see Table 1. برای نام ژنوتیپ‌ها به جدول ۱ مراجعه شود.

عملکرد در شرایط بدون تنش و تنش داشت و با توجه به همبستگی منفی این مؤلفه با شاخص

www.SID.ir

SSI و DSI، اگر میزان مؤلفه اول بالا گرفته شود، ژنوتیپ‌هایی انتخاب می‌شوند که دارای عملکرد بالا در شرایط بدون تنش و SSI پایین هستند. از این رو این مؤلفه می‌تواند به عنوان مؤلفه پتانسیل عملکرد و تحمل به خشکی نامگذاری شود. دومین مؤلفه ۲۶/۷۲۷ درصد از تغییرات کل داده‌ها را بیان می‌کرد و این مؤلفه همبستگی منفی با عملکرد تنش و همبستگی بسیار ضعیفی با شاخص‌های GMP، STI، MP و HAM و همبستگی مثبت بسیار بالا با شاخص‌های TOL، SSI و DSI داشت. بنابراین مؤلفه دوم را می‌توان به عنوان مؤلفه حساسیت به تنش که ژنوتیپ‌هایی با عملکرد پایین در شرایط تنش را جدا می‌کند نامگذاری کرد. با توجه به این که مقادیر بالای شاخص‌های HAM ,GMP ,STI ,MP, و مقادیر پایینTOL و SSI مطلوب است، اگر مؤلفه دوم پایین گرفته شود، ژنوتیپ‌هایی انتخاب می‌شوند که دارای GMP، STI، MP، HMP بالا و TOL و SSI پایین هستند و عملکرد بالایی در شرایط تنش تولید می‌کنند. بر اساس بای پلات ترسیم شده بر مبنای مولفه‌های اصلی اول و دوم (شکل ۵)، ژنوتیپ‌ها به گروه‌هایی تقسیم شدند که مرتبط با میانگین عملکرد و تحمل به تنش ژنوتیپ‌ها بود. این نمودار نشان داد که ژنوتیپ‌های شماره ۶، ۷، ۱۱، ۱۴، و ۱۶ در ناحیه با پتانسیل تولید بالا و حساسیت پایین به خشکی و در مجاورت بردارهای مربوط به شاخص‌های مهم تحمل به خشکی MP، GMP و STI قرار دارند (قسمت پایین و سمت راست شکل ۵، ژنوتیپ‌های شماره ۱، ۲، ۸، و ۹ در ناحیه با عملکرد پایین و حساسیت بالا به خشکی قرار گرفته‌اند (قسمت بالا و سمت راست شکل ۵).

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که با افزایش سطح تنش خشکی ارزش تمام صفات بررسی شده مرتبط با جوانه‌زنی کاهش یافتند. از پارامترهای مورد ارزیابی طول ساقه‌چه بیشترین حساسیت را به تنش خشکی نشان دادند. با استفاده از پلی اتیلن گلیکول در غلظت‌های اسمزی مختلف و اعمال شرایط تنش خشکی در آزمایشگاه و با مطالعه و مشاهده تفاوت معنی‌دار صفات آزمایشگاهی و به ویژه شاخص تنش جوانه‌زنی می‌توان ژنوتیپ‌های مورد نظر را (در بررسی آزمایشگاهی ژنوتیپ‌های شماره ۷ و ۱۴ به عنوان ژنوتیپ‌های متحمل شناسایی شدند) ابتدا در شرایط آزمایشگاه مورد تجزیه خشکی قرار داد و سپس با انتخاب ارقام برتر و متحمل به خشکی، در شرایط مزرعه برنامه‌های اصلاحی جهت بهبود کمی وکیفی ارقام را اجرا کرد. به این ترتیب با حذف ژنوتیپ‌های نامطلوب از حجم بیشتر مواد آزمایشی در مزرعه که عملیات گسترده‌تر زراعی و اصلاحی را می‌طلبد، کاسته می‌شود. و به انجام دقیق آزمایش‌ها منجر می‌شود. بر اساس این نتایج همبستگی معنی‌داری بین صفات آزمایشگاهی و مزرعه‌ای مشاهده نشد.

Archive of SID

www.SID.ir

References

Andalibi, B., Zangani, A., and Haghnazari, A. 2005. Effects of water stress on germination indices in six rapessed cultivars (*Brassica napus* L.). Iranian Journal Agricultural Sciences 2: 457-463 (in Persian).

Bidinger, F, R., Mahalakshami, V., and Rao, G. D. P. 1987. Assessment of drought resistance in pearel millet[*Pennisetum americanum* (L). Leeke]. II. Estimation of genotype response to stress. Australian Journal of Agricultural Research 38: 49-59.

Blum, A. 1988. Plant Breeding for Stress Enviroments. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA.

Bouslama, M., and Schapaugh, W. T. 1984. Stress tolerance in soybean. Part 1: Evaluation of three screening techniques for heat and drought tolerance. Crop Science 24: 933-937.

Elias, S. G., and Copeland, L. O. 2001. Physiological and harvest maturity of canola in relation to seed quality. Agronomy Journal 93: 1054-1058.

El-Sharkawi, H. M., and Springuel, I. 1977. Germination of some crop plant seed under reduced water potential. Seed Science and Technology 5: 677-688.

Emmerich, W. E., and Hardegree, S. P. 1991. Germination in polyethylene glycol solution: effect of filter paper exclusion and water loss. Crop Science 31: 454-458.

Fallahi, H. A., Alte-Jafarbai, J., and Seyedi, F. 2011. Evaluation of drought tolerance in durum wheat genotypes using drought tolerance indices. Seed and Plant Improvement Journal 27-1: 15-22 (in Persian).

Farshadfar, E., and Mohammadi, R. 2006. Evaluation of drought resistance of bread wheat genotypes using agro-physiological indices. The Scientific Journal of Agriculture (SJA). 29(1): 87-97 (in Farsi).

Farshadfar, E., Mohammadi, R., and Sutka, J. 2002. Association between field and laboratory predictors of drought tolerance in wheat disomic addition lines. Acta Agronomia Hungarica 50: 377-381.

Farshadfar, E., and Shutka, J. 2003. Multivariate analysis of drought tolerance in wheat substitution lines. Cereal Research Communications 31: 1-2.

Farshadfar, E., Zamani, M., Motallebi, M., and Imamjomeh, A. 2001. Selection for drought resistance in chickpea lines. Iranian Journal of Agricultural Sciences 32: 65-77 (in Persian).

Archive of SID

www.SID.ir

Fernandez, G. C. J. 1992. Effective selection criteria for assessing stress tolerance. pp. 257-270. In: Kuo. C, G. (ed.). Proceedings of the International Symposium on Adaptation of Vegetables and other Food Crops in Temperature and Water Stress, AVRDC Publication, Tainan, Taiwan.

Fischer, R. A., and Maurer, R. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. Part 1: Grain yield response. Australian Journal of Agricultural Research 29: 897-912.

Garavandi, M., Farshadfar, E., and Kahrizi, D. 2010. Evaluation of drough tolerance in bread wheat advanced genotypes in field and laboratory conditions. Seed and Plant Improvement Journal 26-1: 233-252 (in Persian).

Ghajari, A., and Zinali, E. 2002. Effects of salinity and drought stresses on germination and seddling growth of two cotton cultivars. Seed and Plant 4: 506-509 (in Persian).

Houls, T. 2001. Conditions under which selection for mean productivity, tolerance to environmental stress, or stability should be used to improve yield across a range of contrasting environments. Euphytica 120: 235-245.

Jamshid Moghadam, M. 2002. Evaluation of drought resistance criteria and selecting resistant chickpea (*Cicer avietinum* L.). genotypes in laboratory and field. MSc. Thesis, Shiraz University, Shiraz, Iran. p: 145.

Jamshid Moghadam, M., Pakniyat, H., and Farshadfar, E. 2007. Evaluation of drought tolerance of chickpea (*Cicer arietinum* L.) lines using agro-physilogic characteristics. Seed and Plant 23 (3): 325-342 (in Persian).

Jamshid Moghadam, M., and Pourdad, S. S. 2006. Evaluation of safflower genotypes (*Carthamus tintorius* L.) under moisture stress in controlled and field conditions. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources 10 (2): 155-167 (in Persian).

Kpoghomou, B. K., Sapra, V.T., and Beyi, C. A. 1990. Screening for drought tolerance: Soybean germination and its relationship to seedling response. Journal of Agronomy and Crop Science 164: 153-159.

Maguire, J. D. 1962. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. Crop Science 2: 176-177.

Mazaheri Tirani, M., and Monochehri Kalantari, K. 2006. Effects of the role of

Archive of SID

www.SID.ir

salicylic acid, drought stress, ethylene and interaction of three factors on seed germination of *Brassica napus*. Iranian Journal of Biology 4: 408-418(in Persian).

Michel, B. E., and Kaufman, M. R. 1973. The osmotic potential of polyetylene glycol 6000.Plant Physiology 51: 914- 916.

Mohammadi, R. 2000. Chromosomal location of genes controlling drought resistance in rye and agropyron. MSc. Thesis, Razi University, Kermanshah, Iran (in Persian).

Nikkah, H. R. 1999. Evaluation and study of heritability drought resistance in *Triticum aestivum*. MSc. Thesis. College of Agriculture, University of Tehran, Karaj, Iran (in Persian).

Nourmand Moayyed, F., Rostami, M. A., and Ghannadha, M. R. 2001. Evaluation of drought resistance indices in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). Iranian Journal of Agricultural Sciences 32: 795-805 (in persian).

Ouk, M., Basanayake, J., Tsubo, Fukai, S., Fischer, K. S., Cooper. M., and Nesbitt, H. 2006. Use of drought response index for identification of drought tolerance genotypes in rainfed lowland rice. Field Crops Research 99: 48-58.

Parmar, M. T., and Moore, R. P. 1968. Carbowax 6000, Mnitol and sodium chloride for simulating drought conditions in germination studies of corn(*Zea mays* L.) of strong and weak vigor. Agronomy Journal 60:192-195.

Pessarakli, M. 1994. Plant and Crop Stress Handbook. Marcel Deckker, New York, USA.

Quisenberry, J. E. 1982. Breeding for drought resistance and plant water use efficiency. pp. 193-212. In: Christiansen, M. N., and Lewis, C. P. (eds.), Breeding Plant for Less Favorable Enviroments Wiley Intersciences. New York, USA.

Ramireza, V. P., and Kelly, J. D. 1998. Traits related to drought resistance in common bean. Euphytica 99: 127-136.

Rizza, F., Badeckb, F. W., Cattivellia, L., Lidestric, O., De Fonzok, N., and Stancaa, A. M. 2004. Use of a water stress index to identify barely genotypes adapted to reinfed and irrigated conditions. Crop Science 42: 1441-1446.

Rosielle, A. A., and Hamblin, J. 1981. Theorical aspects of selection for yield in stress and non-stress environment. Crop Science 21: 943-946.

Sharma, R. A. 1985. Influence of drought stress on the emergence and growth chickpea seedlings. Inter. Chick. News. 12: 15-16.

Archive of SID

www.SID.ir

Sio- Se Mardeh, A., Ahmadi, A., Poustini, K., and Mohammadi, V. 2006. Evaluation of drought resistance indices under various environmental conditions. Field Crop Research 98: 222-229.

Smith, R. L., Hoveland, C. S., and Hanna, W.W. 1989. Water stress and temperature in relation to seed germination of pearl millet and sorghum.Agronomy Journal 81: 303-305.

Somers, D. A., Ullrich, S. E., and Ramsay, M. F. 1983. Sunflower germination under simulated drought stress. Agronomy Journal 75: 570-572.

Wayssi Mallamiri, I., Haghparast, R., Aghaee Sarbarzeh, M., Farshadfar, E., and Rajabi, R. 2010. Evaluation of drought tolerance of barley (*Hordeum vulgare* L.) genotypes using physiological characteristics and drought tolerance indices. Seed and Plant Improvement Journal 26-1: 43-60 (in Persian).

Archive of SID

www.SID.ir