"مجله علوم زراعی ایران"
جلد شانزدهم، شماره۲، تابستان ۱۳۹۳

ارزیابی تنوع ژنوتیپی و فنوتیپی و تحمل به خشکی در فامیل‌های F3 بزرک در شرایط تنش خشکی
Evaluation of genotypic and phenotypic variation and drought tolerance in the F3 families of linseed under drought stress condition

پروانه عسگری نیا[۱]، آقافخر میرلوحی[۲]، قدرت اله سعیدی[۳]، علی اکبر محمدی[۴]، مهدی قیصری[۵] و وحیده سادات رضوی[۶]

چکیده

عسگری نیا، پ.، آ. میر لوحی، ق. سعیدی، ع. ا. محمدی، م. قیصری و و. سادات رضوی. ۱۳۹۳. ارزیابی تنوع ژنوتیپی و فنوتیپی و تحمل به خشکی در فامیل‌های F3 بزرک در شرایط تنش خشکی. **مجله علوم زراعی ایران. ۱۶(۲): ۱۵۰-۱۳۷.**

ارزیابی وراثت پذیری و تنوع فنوتیپی و ژنتیکی صفات مهم زراعی روی جمعیت‌های در حال تفرق در محیط‌های مختلف، از اصول برنامه‌های اصلاحی آنها می‌باشد. این پژوهش به منظور ارزیابی مقدماتی تنوع فنوتیپی و ژنتیکی صفات مختلف زراعی و بررسی اثر تنش خشکی در فامیل‌های F3 بزرک حاصل از تلاقی بین KO37 (لاین داخلی) و SP1066 (ژنوتیپ کانادایی) در دو شرایط تنش خشکی و بدون تنش در سال‌های ۱۳۹۰ و ۱۳۹۱ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه صنعتی اصفهان انجام شد. نتایج نشان داد که بیشترین میزان کاهش در اثر تنش مربوط به صفات تعداد دانه در بوته، عملکرد دانه در بوته و بهره‌وری مصرف آب بود که در ژنوتیپ SP1066 مشاهده شد. در تجزیه واریانس مرکب، بیشترین ضرایب تنوع ژنتیکی (به طور متوسط ۱۹ درصد) و فنوتیپی (به طور متوسط ۲۵ درصد) به صفات تعداد دانه در بوته، عملکرد دانه در بوته و تعدادکپسول در بوته تعلق داشت و بیشترین وراثت پذیری عمومی مربوط به صفات وزن هزار دانه (۸۶ درصد)، ارتفاع بوته (۸۵ درصد) و تعداد روز تا گلدهی (۸۱ درصد) بود. وجود تنوع ژنتیکی بالا و دارای پیوستگی و همچنین مشاهده تفکیک متجاوز برای صفات زراعی مورد ارزیابی و صفت بهره‌وری مصرف آب در بین فامیل‌های F3 در هر دو شرایط محیطی، نشان داد که می‌توان از این جمعیت تفرق یافته پایه و یا از نسل های پیشرفته حاصل از آن، در برنامه‌های اصلاحی آینده نظیر نقشه‌یابی، شناسایی QTL های کنترل کننده صفات زراعی و افزایش تحمل به خشکی در بزرک بهره‌برداری نمود.

واژه‌های کلیدی: بزرک، بهره‌وری مصرف آب، تفکیک متجاوز و تنوع ژنتیکی.

تاریخ دریافت:۱۳۹۲/۵/۲۶ تاریخ پذیرش:۱۳۹۳/۰۲/۳۱ این مقاله مستخرج از رساله دوره دکتری نگارنده اول می‌باشد

۱- دانشجوی دکترای اصلاح نباتات و ژنتیک مولکولی، دانشگاه صنعتی اصفهان
۲- استاد دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان. عضو انجمن علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران (مکاتبه کننده) (پست الکترونیک: mirlohi@cc.iut.ac.ir)
۳- استاد دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان
۴- استادیار دانشکده کشاورزی دانشگاه ولیعصر رفسنجان
۵- استادیار دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان
۶- دانشجوی کارشناسی ارشد دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان

مقدمه

بزرک (*Linum usitatissimum* L., 2n = 30)، یکی از گیاهان خاور نزدیک و متعلق به خانواده لیناسه می‌باشد که از زمان‌های قدیم تا قرن بیستم به خاطر تهیه روغن از دانه یا الیاف از ساقه آن کشت می‌شده است (Marchenkov *et al*., 2003). جنس لینوم دارای گونه‌های وحشی و اهلی می‌باشد و بزرک تنها گونه دارای کپسول‌های ناشکوفا یا نیمه شکوفا است که مناسب برای کشت می‌باشد (Getinet and Nigussie, 1997). روغن بزرک به دلیل توانایی خشک شوندگی آن (حساسیت زیاد به اکسید شدن) کاربردهای صنعتی فراوانی نظیر قابلیت استفاده در صنایع کف پوشش، نقاشی، رنگ جلا، صابون و جوهر چاپگر دارد (Marchenkov *et al*., 2003; Cullis, 2007). دانه بزرک به دلیل ارزش غذایی بالای آن (میزان بالای اسید چرب آلفا لینولنیک یا ω_3 در روغن و لیگنان) در سلامت انسان بسیار مهم می‌باشد (Marchenkov *et al*., 2003). در زمینه کاربرد بزرک به عنوان یک گیاه تولید کننده بیودیزل نیز تحقیقاتی صورت پذیرفته است (Demirbas, 2009). گیاه بزرک دارای ویژگی‌های مطلوبی از جمله نیاز کم به نیتروژن، مقاومت به تنش‌های محیطی و سازگاری به شرایط نامساعد محیطی می‌باشد و همچنین تنوع ژنتیکی زیادی برای این گونه در ایران وجود دارد. با این وجود، مطالعات ژنتیکی اندکی بر روی این گیاه در ایران انجام شده است.

اطلاع از ماهیت و میزان تنوع ژنتیکی در هر گونه گیاهی نقش مهمی در طراحی یک برنامه اصلاحی موفق دارد. در هر جمعیت گیاهی معین، هر چه تنوع ژنتیکی بیشتر باشد، احتمال به دست آوردن نوترکیب‌های ژن مطلوب که دارای اثرات هتروتیک افزایش‌یافته هستند، بیشتر خواهد بود (Rao and Hodgkin, 2002). تاکنون تلاش‌هایی برای توصیف تنوع ژنتیکی جهت حفاظت و اصلاح ژرم پلاسم بزرک صورت گرفته است، اما اطلاعات ما درباره وراثت اکثر صفات زراعی در بزرک محدود می‌باشد. در چندین آزمایش به ارزیابی ژنتیکی صفات کمی بزرک شامل عملکرد و اجزاء عملکرد پرداخته شده است و وراثت پذیری بالایی برای اکثر صفات زراعی در بزرک گزارش شده است (Khandan and Saeidi, 2003; Kiran *et al*., 2012; Khoegade and Phillai, 1994; Mohammadi *et al*., 2010; Popescu *et al*., 1996; Singh, 2001)

واردهان و رائو (Vardhan and Rao, 2012) در ارزیابی ۳۰ ژنوتیپ مختلف بزرک در سه شرایط محیطی مختلف گزارش کردند که صفت عملکرد دانه در بوته بیشترین ضریب تنوع ژنتیکی را در هر سه محیط دارا بود و صفات تعداد روز تا رسیدگی و وزن هزار دانه وراثت پذیری بالایی را در شرایط با آبیاری معمول داشتند. میرزا و همکاران (Mirza *et al*., 2011) گزارش کردند بیشترین و کمترین ضرایب تنوع ژنتیکی و فنوتیپی به ترتیب مربوط به صفات عملکرد دانه در بوته و ارتفاع بوته بود و وراثت پذیری تمام صفات بالا بودکه بیشترین مقدار آن در صفت ارتفاع بوته مشاهده شد. سینها و واگ (Sinha and Wagh, 2013) طی ارزیابی ژنتیکی ۲۶ نمونه مختلف بزرک گزارش کردند که صفات زراعی در بزرک دارای تنوع ژنتیکی زیادی بودند. ویکاس و ناندان (Vikas and Nandan, 2013) گزارش کردند که بیشترین تنوع ژنتیکی در بزرک مربوط به صفت تعداد دانه در بوته بود. همچنین آنها وراثت پذیری بالایی را برای صفات تعداد دانه در بوته، تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول، تعداد ساقه ثانویه، وزن هزار دانه و عملکرد دانه در بوته را در بزرک گزارش کردند. خندان و سعیدی (Khandan and Saeidi, 2003) در ارزیابی ۱۰۰ لاین بزرک نتیجه گرفتند که صفات تعداد بوته در متر مربع، تعداد کپسول در بوته، عملکرد دانه

[DOR: 20.1001.1.15625540.1393.16.2.5.2]

در بوته و در واحد سطح تنوع ژنتیکی بالایی را در بزرک دارا بودند و همچنین گزارش کردند که بیشترین وراثت پذیری عمومی مربوط به صفت ارتفاع بوته وکمترین آن مربوط به صفات عملکرد دانه در بوته و تعداد انشعاب در بوته بود. پولادساز و سعیدی (Pooladsaz and Saeidi, 2010) گزارش کردند که ضرایب تنوع فنوتیپی و ژنتیکی برای صفات تعداد گیاهچه در مترمربع، میزان آلودگی به سفیدک پودری، تعداد انشعاب در بوته، تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول و عملکرد دانه در بوته در بزرک بالا بود. همچنین در مطالعه آنها وراثت پذیری عمومی بالایی برای کلیه صفات به جز تعداد روز تا ۵۰ درصد سبز شدن مشاهده شد. اکبر و همکاران (Akbar *et al*., 2003) نیز وراثت پذیری بالایی را برای صفات عملکرد دانه، ارتفاع بوته، وزن هزار دانه و تعداد کپسول در بوته در بزرک گزارش کردند.

اکثر صفات مهم زراعی نظیر عملکرد، کیفیت دانه و مقاومت به تنش‌های زیستی و غیر زیستی در بزرک ماهیتاً کمی، پلی ژن و تحت تأثیر محیط می‌باشند (Khandan and Saeidi, 2003, Khoegade and Phillai, 1994, Kiran *et al*., 2012)، بنابراین اثر متقابل ژنوتیپ و محیط تعیین کننده فنوتیپ اینگونه صفات می‌باشد. تشکیل یک جمعیت تفرق یافته برای یک یا چند صفت مورد نظر و ارزیابی وراثت پذیری و تنوع فنوتیپی و ژنتیکی صفت یا صفات مورد بررسی بر روی این جمعیت در محیط‌های مختلف، از اساسی‌ترین اصول نقشه‌یابی صفات کمی می‌باشد که در انتخاب به کمک نشانگر و کلون کردن بر پایه نقشه بسیار باارزش می‌باشد (Van Eeuwijk *et al*., 2010). یکی از جوامع مورد استفاده در نقشه‌یابی صفات کمی، جمعیت‌های تفرق یافته (نظیر F_2، F2:n، RIL وDH) حاصل از تلاقی دو والد، پلی مورفیسم برای صفت یا صفات مورد نظر، می‌باشند. هر چه والدین این جوامع از نظر صفت مورد نظر متنوع‌تر باشند و تعداد افراد مورد ارزیابی بیشتر باشند، تنوع در جمعیت بالاتر بوده و شناسایی QTL های کنترل کننده صفت مورد نظر با دقت بالاتری صورت می‌گیرد (Wu¨rschum, 2012)، ولی از آنجایی‌که در برنامه‌های نقشه‌یابی صفات کمی، تعیین ژنوتیپ نشانگری برای تعداد زیادی فرد بسیار هزینه‌بر و وقت‌گیر می‌باشد، جهت کاهش هزینه‌های ملکولی، در ابتدا ارزیابی وراثت پذیری و تنوع فنوتیپی و ژنتیکی صفت یا صفات مورد بررسی بر روی جمعیت تفرق یافته صورت گرفته و سپس فامیل‌هایی که حداقل و حداکثر مقدار را از نظر صفت مورد بررسی دارا می‌باشند، شناسایی می‌گردند و در نهایت تعیین ژنوتیپ نشانگری فقط روی فامیل‌های انتخابی صورت می‌گیرد که به این روش تعیین ژنوتیپ انتخابی (Selective genotyping) گفته می‌شود (Lin and Ritland, 1996).

در بزرک هنوز هیچ گزارشی مبنی بر ارزیابی وراثت پذیری و تنوع فنوتیپی و ژنتیکی صفات مهم زراعی (نظیر عملکرد، اجزای عملکرد و تحمل به تنش خشکی) روی جمعیت‌های در حال تفرق منتشر نشده است و متعاقبا هنوز QTL های این صفات در بزرک مکان‌یابی نشده‌اند، بنابراین هدف از انجام این پژوهش ارزیابی مقدماتی تنوع فنوتیپی و ژنتیکی صفات مختلف زراعی در بین فامیل‌های F_3 حاصل از تلاقی بین ژنوتیپ KO37 (لاین اصلاحی داخلی گزینش شده از توده بومی کردستان) و SP1066 (ژنوتیپ کانادایی) در دو شرایط تنش خشکی و بدون تنش و ارزیابی اثر تنش خشکی بر صفات مختلف زراعی در بزرک بود.

مواد و روش‌ها

چهارصد بذر F_2 حاصل از تلاقی بین KO37 (یک لاین اصلاحی داخلی گزینش شده از توده بومی کردستان) و SP1066 (یک ژنوتیپ کانادایی) به صورت فاصله‌دار در اواخر فروردین سال ۱۳۹۰ کشت شدند. بذرهای F_3 حاصل از ۱۱۹ بوته F_2 به صورت

[DOR: 20.1001.1.15625540.1393.16.2.5.2]

مجزا برداشت شدند و در اسفند سال بعد، بذرهای هر بوته F_2 به همراه دو والد در ردیف‌های مجزایی در دو شرایط تنش خشکی و بدون تنش در قالب طرح لاتیس ساده (۱۱×۱۱) با ۳ تکرار کشت شدند. هر واحد آزمایشی شامل یک ردیف به طول ذو متر بود. فاصله بین ردیف ها ۳۰ سانتی متر و فاصله بین بوته ها در ردیف یک سانتی متر در نظر گرفته شد. این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان واقع در لورک نجف آباد در ۴۰ کیلومتری جنوب غربی اصفهان در عرض جغرافیایی ۲۲ درجه و ۳۲ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۳۲ دقیقه شرقی، انجام شد. ارتفاع مزرعه از سطح دریا ۱۶۳۰ متر است. متوسط بارندگی و درجه حرارت منطقه به ترتیب ۱۴۰ میلی‌متر و ۱۴ درجه سانتی‌گراد است. بافت خاک محل آزمایش لومی رسی بوده و وزن مخصوص ظاهری لایه صفر تا ۳۰ سانتی‌متر خاک حدود ۱/۴ گرم بر سانتیمتر مکعب، متوسط اسیدیته ۷/۵، هدایت الکتریکی آن حدود ۱/۸ دسی‌زیمنس بر متر و رطوبت خاک در ظرفیت مزرعه ۲۲ درصد وزنی است. جهت تامین عناصر غذایی گیاه، میزان ۱۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن و ۴۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفات آمونیوم قبل از کاشت و مقدار ۱۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن نیز در مرحله به ساقه رفتن مورد استفاده قرار گرفت. مبارزه با علف‌های هرز نیز در طی فصل زراعی به طور دستی انجام شد.

ضریب مدیریت مزرعه (MAD) برای محیط بدون تنش برابر با ۵۰ درصد (Allen *et al*., 1998) و برای محیط با تنش خشکی برابر با ۹۰ درصد منظور گردید. دور آبیاری تیمارهای بدون تنش و تنش متفاوت، اما عمق آب آبیاری برای تیمارهای مذکور در یک دور آبیاری ثابت بود. عمق آب آبیاری در تیمار بدون تنش به منظور جایگزین نمودن کمبود رطوبت خاک تا حد FC با استفاده از رابطه زیر محاسبه گردید.

$$D_{i\,(MAD=0.5)} = (\theta_{fc} - \theta_{pwp}) \times Z_{root} \times 0.5 \quad (1)$$

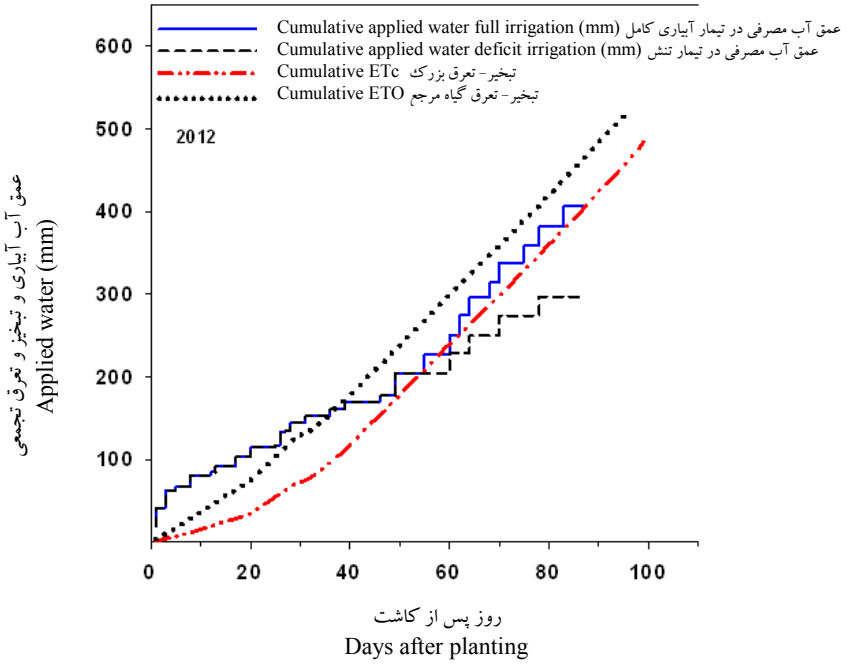
$$D_{i\,(MAD=0.9)} = (\theta_{fc} - \theta_{pwp}) \times Z_{root} \times 0.9 \quad (2)$$

$D_{i\,(MAD=0.5)}$ و $D_{i\,(MAD=0.9)}$: به ترتیب حداکثر عمق آب مجاز قابل تخلیه از خاک در تیمارهای شاهد و تنش آب بود (سانتی‌متر)، θ_{fc}: رطوبت حجمی خاک در حد ظرفیت زراعی(۲۹/۴ درصد)، θ_{pwp}: رطوبت حجمی خاک در حد پژمردگی دائم (۱۵/۴ درصد) و Z_{root} عمق توسعه ریشه (سانتی‌متر) است که در این پژوهش در ۳۰ روز اول رشد بزرک ۲۵ سانتی‌متر و پس از آن ۴۰ سانتی متر در نظر گرفته شد. سیستم آبیاری قطره ای نواری (Drip-Tape) برای آبیاری تیمارها استفاده شد، بطوری که برای هر ردیف کشت یک نوار آبیاری نصب شد. برای تامین دقیق آب تیمارهای آبیاری از کنتور حجمی با دقت لیتر استفاده شد. تا استقرار کامل گیاه آبیاری یک روز در میان برای هر دو سطح آبیاری یکسان اعمال شد و سپس قبل از آغازگلدهی (۵۵ روز پس از کشت) تیمارهای تنش اعمال شدند (شکل ۱). مقدار تبخیر-تعرق گیاه (ETc) بزرک طی دوره رشد با استفاده از داده‌های هواشناسی، رابطه فائو-پنمن- مانتیث (Allen *et al*., 1998) و ضریب گیاهی در مراحل مختلف رشد گیاه (Allen *et al*., 1998) محاسبه شد. زمانی که مقدار تجمعی ETc پس از انجام آبیاری به مقدار مجاز تخلیه آب از خاک در تیمار بدون تنش (رابطه ۱) و یا تیمار تنش (رابطه ۲) می‌رسید، آبیاری تیمار متناظر انجام می‌شد. اما عمق آب آبیاری در هر دو تیمار برابر مقدار آب مورد نیاز در تیمار بدون تنش بود. برای اطمینان از اعمال صحیح تیمارهای آبیاری بصورت دوره‌ای از دو نقطه در هر تیمار در عمق توسعه ریشه نمونه خاک تهیه و به روش وزنی رطوبت آن اندازه‌گیری و با مقادیر مورد انتظار مقایسه می‌گردید. کل آب مصرفی شامل آب آبیاری و باران در سال ۱۳۹۱ در شرایط تنش خشکی و بدون تنش به ترتیب ۲۹۹/۳ و ۴۰۸/۸ میلی‌متر بود.

صفات فنولوژیک شامل تعداد روز از کاشت تا ۵۰

[DOR: 20.1001.1.15625540.1393.16.2.5.2]

درصد گلدهی و تا رسیدگی، صفات مورفولوژیک شامل ارتفاع بوته و تعداد انشعاب در بوته، اجزای عملکرد شامل تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول، وزن هزار دانه و تعداد دانه در بوته و صفت عملکرد دانه در بوته، روی ۱۵ بوته تصادفی انتخاب شده از هر واحد آزمایشی با حذف اثر حاشیه، برای تمامی فامیل‌ها و والدین آنها اندازه‌گیری شدند و صفت بهره‌وری مصرف آب (بر حسب میلی‌گرم بر بوته) بر اساس رابطه[(عملکرد دانه در بوته / میزان آب مصرفی) ×۱۰۰۰]، محاسبه شد. تجزیه واریانس برای تمامی صفات به صورت طرح لاتیس ساده انجام شد. به دلیل آنکه کارایی نسبی طرح لاتیس نسبت به طرح بلوک کامل تصادفی برای تمامی صفات نسبتاً برابر و در ضمن نیازی به تصحیح اثر تیمارها برای اثر بلوک‌های ناقص نبود، تجزیه واریانس مرکب داده‌ها در قالب طرح بلوک کامل تصادفی برای تمامی صفات و با استفاده از داده‌های اصلی انجام شد. بر اساس امید ریاضی میانگین مربعات، واریانس ژنتیکی و فنوتیپی صفات مختلف برآورد گردید و سپس قابلیت توارث پذیری عمومی و ضرایب تنوع ژنتیکی و فنوتیپی بر اساس روش‌های پیشنهادی بورتون و دی‌وان (Burton and DeVane, 1953) محاسبه گردید. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای SAS، Excell، Sigmaplot و SPSS انجام شد.



شکل ۱- مقدار آب مصرفی و زمان انجام آبیاری در شرایط تنش خشکی و بدون تنش

Fig. 1. The amount of irrigation water applied and time to run irrigation in drought stress and non stress conditions

نتایج و بحث

بر اساس جدول تجزیه واریانس مرکب، اثر فامیل برای صفت تعداد روز تا رسیدگی در سطح احتمال پنج درصد معنی دار و برای مابقی صفات در سطح احتمال

[DOR: 20.1001.1.15625540.1393.16.2.5.2]

یک درصد معنی‌دار بود که نشان دهنده وجود تنوع ژنتیکی بین فامیل‌های F_3 برای صفات بود. همچنین اثر محیط برای تمامی صفات به جز تعداد انشعاب در بوته معنی‌دار بود. اثر متقابل فامیل و محیط برای ارتفاع بوته، عملکرد دانه در بوته و بهره‌وری مصرف آب در سطح احتمال پنج درصد و برای صفات تعداد روز تا گلدهی، تعداد روز تا رسیدگی و تعداد دانه در کپسول و تعداد انشعاب در بوته در سطح احتمال یک درصد معنی دار بودکه نشان دهنده این است که فامیل‌های مختلف از نظر این صفات نسبت به تنش رطوبتی واکنش متفاوتی داشتند (جدول ۱).

بر اساس امید ریاضی میانگین مربعات در جدول تجزیه واریانس مرکب (جدول ۲)، مقادیر بیشتر وراثت پذیری به ترتیب متعلق به صفات وزن هزار دانه (۸۶ درصد)، ارتفاع بوته (۸۵ درصد)، تعداد روز تا گلدهی (۸۱ درصد) و تعداد دانه در کپسول (۷۳ درصد) بود. بیشترین ضرایب تنوع ژنتیکی (به طور متوسط ۱۹ درصد) و فنوتیپی (به طور متوسط ۲۵ درصد) در صفات تعداد دانه در بوته، عملکرد دانه در بوته، و تعداد کپسول در بوته مشاهده شد (جدول ۲). واردان و رائو (Vardhan and Rao, 2012) نیز گزارش کردند که صفت عملکرد دانه در بوته بالاترین ضریب تنوع ژنتیکی و صفات تعداد روز تا رسیدگی و وزن هزار دانه وراثت پذیری عمومی بالایی را در بزرک داشتند. سینها و واگ (Sinha and Wahg, 2012) نیز ضرایب تنوع ژنتیکی و فنوتیپی بالایی را برای صفات عملکرد دانه در بوته و تعداد کپسول در بوته در بزرک مشاهده کردند.

بر اساس امید ریاضی میانگین مربعات در جدول تجزیه واریانس در شرایط تنش خشکی (جدول۲)، بیشترین وراثت پذیری عمومی به ترتیب متعلق به صفات تعداد روز تا گلدهی(۸۷ درصد)، ارتفاع بوته (۸۵ درصد)، تعداد دانه در کپسول (۸۲ درصد) و وزن هزار دانه (۸۱ درصد) بود. بیشترین ضرایب تنوع ژنتیکی (به طور متوسط ۲۴ درصد) و فنوتیپی (به طور متوسط ۳۲ درصد) نیز مشابه تجزیه مرکب داده‌ها، در صفات تعداد دانه در بوته، عملکرد دانه در بوته و تعدادکپسول در بوته مشاهده شد. در شرایط بدون تنش نیز بیشترین وراثت پذیری عمومی به ترتیب متعلق به صفات تعداد روز تا گلدهی (۹۲ درصد)، تعداد روز تا رسیدگی (۸۷ درصد)، ارتفاع بوته (۷۴ درصد) و وزن هزار دانه (۷۴ درصد) بود. بیشترین ضرایب تنوع ژنتیکی (به طور متوسط ۱۸ درصد) و فنوتیپی (به طور متوسط ۲۸ درصد) نیز در صفات تعداد دانه در بوته، عملکرد دانه در بوته و تعدادکپسول در بوته مشاهده شد که مطابق با نتایج تحقیقات قبلی در بزرک بود (Vardhan and Rao, 2012).

وراثت‌پذیری عمومی نسبتا بالا برای اکثر صفات مطالعه شده بر روی این جمعیت بیانگر این است که بیشتر تنوع فنوتیپی مشاهده شده تحت کنترل عوامل ژنتیکی بوده است. میرزا و همکاران (Mirza *et al*., 2011) نیز وراثت پذیری عمومی بالایی را برای صفات زراعی در بزرک گزارش کردند که بیشترین آن متعلق به ارتفاع بوته بود. وجود تنوع ژنتیکی و وراثت‌پذیری نسبتا بالای اکثر صفات مورد مطالعه بر روی فامیل‌های F_3 حاصل از تلاقی بین KO37و SP1066، نشان دهنده این است که جمعیت مورد مطالعه، یک جمعیت دارای تنوع ژنتیکی بالا بود که می‌توان از این جمعیت تفرق یافته پایه و یا نسل‌های پیشرفته حاصل از آن، در برنامه‌های اصلاحی آینده نظیرتعیین ژنوتیپ انتخابی و نقشه‌یابی، جهت شناسایی QTL های کنترل کننده صفات زراعی در بزرک بهره‌برداری نمود. همچنین تنوع ژنتیکی و وراثت‌پذیری بالا برای پیشرفت ژنتیکی ناشی از انتخاب در برنامه‌های اصلاحی بزرک نظیر تولید لاین‌های نوید بخش بزرک که دارای صفات مطلوب زراعی و تحمل به تنش خشکی می‌باشند، ضروری می‌باشد (Falconer and Mackay, 1966).

[DOR: 20.1001.1.15625540.1393.16.2.5.2]

جدول۱- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات گیاهی فامیل‌های F3 بزرک حاصل از تلاقی بین KO37 و SP1066 در شرایط تنش خشکی، بدون تنش و مرکب

Table 1. Analysis of variance for plant characteristics of F_3 families of linseed derived from a cross between KO37 and SP1066 in non- stress, drought stress and combined conditions

			میانگین مربعات (MS)									
	منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی d.f	ارتفاع بوته Plant height (cm)	تعداد انشعاب در بوته No. of stem plant^{-1}	روز تا ۵۰ درصد گلدهی Days to 50% flowering	روز تا رسیدگی Days to maturity	تعداد کپسول در بوته No. of capsules plant^{-1}	تعداد دانه در کپسول No. of seeds capsule^{-1}	تعداد دانه در بوته No. of seeds plant^{-1}	وزن هزار دانه 1000-grain weight (g)	عملکرد دانه در بوته Grain yield plant^{-1} (g plant^{-1})	بهره وری مصرف آب Water productivity (mg plant^{-1})
مرکب Combined	محیط Env.	1	3585.5**	0.1^{ns}	598.1**	2555.2**	29968.9**	298.4**	1787335.1**	19.5*	53.7**	78.2**
	تکرار در محیط R(Env)	4	565.6	0.3	8.3	21.2	1560.3	4.2	86477.5	1.7	2.1	18.4
	ژنوتیپ Gen.	120	124.6**	2.5**	22.9**	35.1*	379.6**	2.5**	19349.3**	1.1**	0.4**	3.3**
	ژنوتیپ×محیط Gen×Env	120	18.6*	1.2**	4.3**	24.2**	183.3^{ns}	0.7**	9760.9^{ns}	0.2^{ns}	0.2*	1.5*
	خطا error	480	14.5	0.8	1.3	4.6	167.3	0.4	7930.4	0.2	0.2	1.2
بدون تنش Non stress	تکرار Rep.	2	929.1**	0.6^{ns}	4.4^{ns}	40.7**	2477.7**	2.1**	88275.7**	0.4^{ns}	2.1**	12.5**
	ژنوتیپ Gen.	120	66.1**	1.7**	18.4**	53.9**	352.8**	1.0**	17619.3**	0.7**	0.4**	2.6**
	خطا error	240	17.5	0.6	1.5	6.9	234.0	0.4	10692.5	0.2	0.2	1.4
	کارایی طرح لاتیس به بلوک Efficiency		100.2	100.4	101.1	100.3	101.8	102.7	100.1	95.2	99.3	99.3
تنش خشکی Drought stress	تکرار Rep.	2	202.2**	0.03^{ns}	12.3**	1.7^{ns}	643.0**	6.3**	84677.6**	3.0**	2.2**	24.3**
	ژنوتیپ Gen.	120	77.1**	1.9**	8.8**	5.5**	210.0**	2.2**	11491.0**	0.7**	0.2**	2.3**
	خطا error	240	11.5	0.9	1.1	2.8	100.1	0.4	5168.3	0.2	0.1	1.1
	کارایی طرح لاتیس به بلوک Efficiency		101.7	96.4	100.5	100.4	95.4	105.8	100.9	94.4	100.1	100.1

ns: Not significant

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

ns : غیر معنی‌دار

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

[DOR: 20.1001.1.15625540.1393.16.2.5.2]

جدول ۲- برآورد اجزای واریانس، ضرایب تنوع فنوتیپی و ژنتیکی و وراثت پذیری عمومی صفات گیاهی مورد مطالعه در بین فامیل‌های F_3 بزرک حاصل از تلاقی بین KO37 و SP1066 در شرایط تنش خشکی (S)، بدون تنش (N) و به صورت مرکب(T)

Table 2. Estimate of variation components, genotypic and phenotypic coefficients of variation and broad sense heritability for the plant characteristics in F_3 families of linseed derived from a cross between KO37 and SP1066 in non- stress (N) and drought stress (S) conditions and average over two conditions (T)

صفات گیاهی plant characteristics	برآورد اجزای واریانس Estimate of variance components																	
	ضریب تنوع ژنتیکی Genotypic coefficient of Variation (%)			ضریب تنوع فنوتیپی Phenotypic coefficient of Variation (%)			وراثت پذیری عمومی Broad-sense heritability(%)			واریانس فنوتیپی Phenotypic variation			واریانس ژنتیکی Genotypic variation			واریانس محیطی Environmental variation		
	T	S	N	T	S	N	T	S	N	T	S	N	T	S	N	T	S	N
روز تا ۵۰ درصد گلدهی Days to 50 % flowering	2.8	2.5	3.7	3.1	2.7	3.8	81	87	92	3.81	2.92	6.15	3.09	2.55	5.65	1.30	1.11	1.49
روز تا رسیدگی Days to maturity	1.5	1.1	4.3	2.7	1.5	4.6	31	49	87	5.87	1.85	17.95	1.83	0.91	15.65	4.85	2.81	6.89
ارتفاع بوته Plant height (cm)	11.3	13.2	10.3	12.2	14.3	12.0	85	85	74	21.3	25.9	22.9	18.2	22.1	17.0	14.4	11.3	17.7
تعداد انشعاب در بوته No. of stems plant^{-1}	13.3	16.3	17.3	18.1	22.1	21.5	54	54	65	0.43	0.64	0.60	0.23	0.35	0.39	0.75	0.87	0.63
تعداد کپسول در بوته No. of capsules plant^{-1}	19.1	21.8	15.9	24.5	30.1	27.5	61	53	33	60.5	55.7	113	36.7	29.3	37.7	153	79	226
تعداد دانه در کپسول No. of seeds capsule^{-1}	7.2	11	5.5	8.5	12.1	7.1	73	82	60	0.43	0.73	0.35	0.31	0.6	0.21	0.41	0.39	0.43
تعداد دانه در بوته No. of seeds plant^{-1}	19.5	24.6	17.8	25.3	32.7	27.8	59	57	41	3159	3021	5868	1873	1715	2400	159	916	10402
وزن هزار دانه 1000-grain weight (g)	9	9.8	7.8	9.8	10.9	10.1	86	81	74	0.19	0.22	0.22	0.16	0.17	0.17	0.15	0.12	0.17
عملکرد دانه در بوته Grain yield plant^{-1}(g)	19.1	24.9	20.8	26	33.1	29.3	54	56	50	0.07	0.06	0.15	0.04	0.03	0.07	0.15	0.08	0.22

[DOR: 20.1001.1.15625540.1393.16.2.5.2]

واریانس محیطی برای تمامی صفات به جز صفات تعداد انشعاب در بوته و وزن هزار دانه در شرایط بدون تنش نسبت به شرایط تنش بیشتر بود. واریانس ژنتیکی و فنوتیپی تنها برای صفات ارتفاع بوته و تعداد دانه در کپسول در شرایط تنش خشکی بیشتر از شرایط بدون تنش بود. وراثت پذیری عمومی صفات ارتفاع بوته، تعداد کپسول، تعداد دانه در کپسول، تعداد دانه در بوته، عملکرد دانه و بهره‌وری مصرف آب در شرایط تنش رطوبتی بیشتر از شرایط بدون تنش بود. ضرایب تنوع فنوتیپی و ژنتیکی تنها در صفات تعداد روز تا گلدهی و تعداد روز تا رسیدگی در شرایط بدون تنش بیشتر از شرایط تنش بود. با توجه به اینکه تنش خشکی تنوع ژنتیکی را دراکثر صفات کاهش داده است، بنابراین تنش خشکی به صورت یک عامل محدود کننده در بروز تنوع ژنتیکی بالقوه در فامیل‌ها عمل کرده است و می‌تواند بازدهی ناشی از انتخاب را کاهش دهد.آدین و همکاران (Ud-Din *et al*., 1992) و آلاه و همکاران (Allah *et al*., 2011) نیز در ارزیابی تحمل به خشکی در گندم گزارش کردند که تنش خشکی باعث کاهش ضرایب تنوع فنوتیپی و ژنتیکی و وراثت‌پذیری عمومی برای اکثر صفات شد.

بر اساس نتایج حاصل از مقایسه میانگین صفات مورد بررسی در بین متوسط فامیل‌های F_3 و والدین جمعیت (KO37 و SP1066) در دو شرایط محیطی تنش خشکی و بدون تنش و ارزیابی میزان کاهش صفات مختلف بر اثر تنش خشکی (جدول۳) مشخص شد که میانگین تمامی صفات در شرایط تنش کمتر از بدون تنش بود و دامنه تغییرات صفات به جز برای صفات تعداد دانه در کپسول، وزن هزار دانه و بهره‌وری مصرف آب، در شرایط تنش کمتر از شرایط بدون تنش بود. ژنوتیپ SP1066 برای تمای صفات به جز صفات تعداد انشعاب در بوته، وزن هزار دانه و تعداد روز تا گلدهی بیشترین میزان کاهش را نسبت به والد ایرانی (KO37) و متوسط فامیل‌های F_3 داشت و متوسط فامیل‌های F_3 برای تمامی صفات به جز صفات ارتفاع بوته، تعداد انشعاب در بوته و وزن هزار دانه کمترین میزان کاهش را نشان دادند. بیشترین میزان کاهش مربوط به صفات تعداد دانه در بوته، عملکرد دانه در بوته و بهره‌وری مصرف آب بود که در ژنوتیپ SP1066 مشاهده شد. بر این اساس مشاهده می‌شود که ژنوتیپ SP1066 بسیار حساس به تنش خشکی بوده و تنش منجر به کاهش شدید عملکرد و بهره‌وری مصرف آب در آن می‌شود. در صورتی‌که تحمل ژنوتیپ KO37 به شرایط تنش خشکی بسیار بیشتر بود. مقایسه میانگین عملکرد دانه در بوته در شرایط تنش و بدون تنش در میان فامیل‌های F_3 و والدین آنها و مقایسه آن با میزان کاهش عملکرد دانه بر اثر تنش (شکل ۲)، میزان تنوع گسترده موجود در میان فامیل‌های F_3 از نظر تحمل به خشکی را نشان می‌دهد. بنابراین جمعیت تفرق یافته حاصل دارای پلی‌مورفیسم کافی از نظر تحمل به تنش خشکی بود.

توزیع فراوانی تمامی صفات مورد مطالعه به جز صفات تعداد روز تا گلدهی و تعداد روز تا رسیدگی در بین فامیل‌های F_3 و در هر دو شرایط تنش خشکی و تنش، دارای تنوع پیوسته بود و تفکیک متجاوز برای تمامی صفات مشاهده شد (شکل ۲). این موضوع نشان دهنده چند ژنی بودن صفات و وجود آلل‌های تاثیرگذار بر این صفات در هر دو والد می‌باشد، به طوری که ترکیبات جدید آللی در نتاج حاصل از تلاقی باعث افزایش و یا کاهش این صفات نسبت به والدین گردید که این نتایج مطابق با نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس بود و نشان دهنده کارایی بالای جمعیت موجود در نقشه‌یابی صفات زراعی در بزرک بود.

نتیجه‌گیری

نتایج کلی این آزمایش نشان داد که تفاوت زیادی بین ژنوتیپ ایرانی KO37، ژنوتیپ کانادایی SP1066 و فامیل‌های F_3 حاصل از تلاقی آنها، از نظر صفات

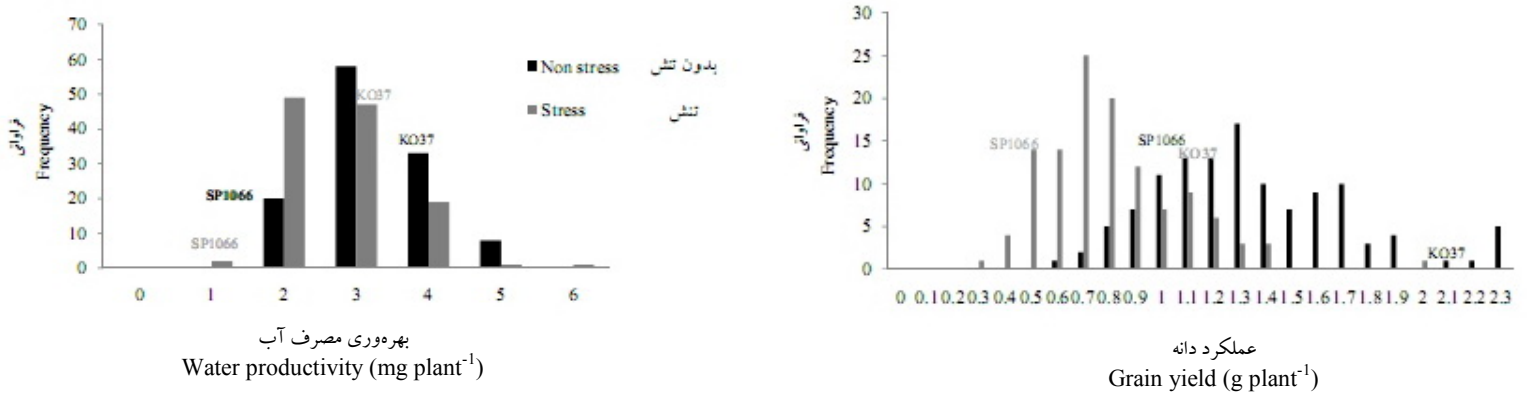
[DOR: 20.1001.1.15625540.1393.16.2.5.2]

جدول۳- درصد کاهش صفات در اثر تنش خشکی و آمار توصیفی صفات گیاهی مورد مطالعه در بین فامیل‌های F_3 بزرک حاصل از تلاقی بین KO37 و SP1066 و والدین آنها در شرایط محیطی تنش خشکی(S)، بدون تنش (N) و به صورت مرکب(T)

Table 3. Percentage of reduction due to drought stress and descriptive statistics for the plant characteristics in F_3 families of linseed derived from a cross between KO37 and SP1066 and their parental genotypes in non- stress (N) and drought stress (S) conditions and average over two conditions (T)

صفات گیاهی Plant characteristics	آماره های توصیفی Descriptive statistics																	
	حداکثر فامیل‌های F_3 Max. of F3 families			حداقل فامیل‌های F_3 Min. of F3 families			میانگین فامیل‌های F_3 Mean of F3 families			میانگین والد SP1066 Mean of SP1066			میانگین والد KO37 Mean of KO37			درصد کاهش صفت در اثر تنش Reduction (%)		
	T	S	N	T	S	N	T	S	N	T	S	N	T	S	N	فامیل‌ها Families	SP1066	KO37
روز تا ۵۰ درصد گلدهی Days to 50 % flowering	70.0	69.0	71.0	61.0	61.0	61.0	63	62.5	64.7	68	67	69	62.5	61.0	64.0	2.8	2.9	4.7
روز تا رسیدگی Days to maturity	100	95.0	105	86.3	80.1	82.7	90	88.2	91.9	92.3	88.0	96.7	90.5	88.0	93.0	4.1	9.0	5.4
ارتفاع بوته Plant height(cm)	51	48.4	55.4	28.8	26.5	28.8	37	35.5	40.0	45.0	42.0	48.0	29.5	27.0	30.0	11.2	12.5	10.0
تعداد انشعاب در بوته No. of stems plant^{-1}	6.2	6.8	7.1	2.4	2.0	2.1	3.6	3.6	3.6	3.6	3.7	3.6	4.7	4.00	5.5	0.1	0.0	27.3
تعداد کپسول در بوته No. of capsules plant^{-1}	63	55.8	70.1	12.4	9.0	15.4	32	24.8	38.5	23.5	19.0	28.0	39.5	34.0	45.0	35.8	32.1	24.4
تعداد دانه در کپسول No. of seeds capsule^{-1}	9.2	9.1	9.6	6.0	4.8	7.0	7.7	7.0	8.3	7.0	6.0	8.0	9.0	8.0	10.0	15.4	25.0	20.0
تعداد دانه در بوته No. of seeds plant^{-1}	401	367	495	115	73.1	115	221	168	275	145	80	210	251	203	300	39.0	61.9	32.1
وزن هزار دانه 1000-grain weight(g)	5.8	5.6	6.1	3.5	2.7	3.6	4.5	4.3	4.7	0.3	3.7	4.1	5.0	4.8	5.4	9.3	11.2	10.8
عملکرد دانه در بوته Grain yield plant^{-1}(g)	2.1	1.9	2.3	0.5	0.3	0.6	1.0	0.8	1.3	0.8	0.5	1.1	1.6	1.2	2.0	43.2	54.5	40.0
بهره وری مصرف آب Water productivity (mg plant^{-1})	6.4	6.4	5.6	1.2	1.1	1.4	2.9	2.5	3.2	2.2	1.6	2.7	4.3	3.7	4.9	24.5	40.5	21.8

[DOR: 20.1001.1.15625540.1393.16.2.5.2]



شکل۲- نمودارهای توزیع فراوانی فامیل‌های F_3 بزرک حاصل از تلاقی بین KO37 و SP1066 و والدین آنها برای صفات عملکرد دانه در بوته (گرم) و بهره وری مصرف آب (میلی‌گرم در بوته) در دو شرایط محیطی تنش خشکی و بدون تنش. میانگین والدین (KO37 و SP1066) در هر دو شرایط تنش خشکی و بدون تنش روی شکل مشخص شده است

Fig. 2. Diagram of distribution grain yield plant^{-1} (g) in F_3 families of linseed derived from a cross between KO37 and SP1066 in both conditions and water productivity (mg plant^{-1}). Average KO37 and SP1066 are indicated on the graph in both drought stress and

[DOR: 20.1001.1.15625540.1393.16.2.5.2]

زراعی و تحمل به خشکی وجود داشت. وجود تنوع ژنتیکی بالا و دارای پیوستگی و همچنین مشاهده تفکیک متجاوز برای صفات زراعی مورد ارزیابی، در بین فامیل‌های F_3 در هر دو شرایط محیطی، بیانگر این مطلب بود که می‌توان از این جمعیت تفرق یافته پایه و یا از نسل‌های پیشرفته حاصل از آن، در برنامه‌های اصلاحی آینده نظیر انتخاب ژنوتیپ و شناسایی مکان‌های ژنی کنترل کننده صفات زراعی و تحمل به خشکی در بزرک بهره‌برداری نمود.

سپاسگزاری

کلیه هزینه‌ها و امکانات اجرایی این طرح توسط دانشگاه صنعتی اصفهان تامین شده است که بدین وسیله صمیمانه قدردانی می گردد.

منابع مورد استفاده

References

Akbar, M., T. Mahmood, M. Anwar, M. Ali, M. Shafiq and J. Salim. 2003. Linseed improvement through genetic variability, correlation and path coefficient analysis. Int. J. Agric. Bio. 5: 303-305.

Allen, R. G., L. S. Pereira, D. Raes and M. Smith. 1998. FAO Irrigation and Drainage Paper. Crop Evapotranspiration (Guidelines for Computing Crop Water Requirements). No. 56.

Allah, S-U., A. S. Khan and W. Ashfaq. 2011. Genetic analysis of physio-morphological traits in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) under water stress conditions. Cereal Res. Commun. 39: 544–550.

Burton, G. W. and E. H. DeVane. 1953. Estimating heritability in tall fescue (*Festuca arundinaceae*) from replicated clonal material. Agron. J. 45: 478-481.

Cullis, C. A. 2007. Flax. In: Kole C (Ed.) Genome Mapping and Molecular Breeding in Plants, Vol. 2. Springer, Berlin. pp. 275–295.

Demirbas, A. 2009. Production of biodiesel fuels from linseed oil using methanol and ethanolinnon-catalytic SCF conditions. Biomass Bioenergy. 33: 113–118.

Falconer, D. S. and T. F. C. Mackay. 1966. Introduction to Quantitative Genetics. (4th Ed.), Longmans Green, Harlow, Essex, UK..

Getinet, A. and A. Nigussie. 1997. Highland Oil Crops: A Three Decade Research Experience in Ethiopia. Research report. No. 30. Institute of Agricultural Research, Addis Abeba, Ethiopia.

Khandan, A. and G. Saeidi. 2003. Investigation of agronomic traits, genetic variation and interrelationships among the traits in isolated lines from a landrace variety of flax in Isfahan. Iran. J. Agric. Sci. 35: 155-166 (In Persian with English abstract).

Khoegade, P. W. and B. Phillai. 1994. Genetic variability studies in linseed. Agric. Sci. Digest, Karnal.14: 54-56.

Kiran, V., K. Sood and S. Bhateria. 2012. Detection of genetic components of variation for yield, fibre and quality traits in flax (*Linum usitatissimum* L.). J. Agric. Sci. 4 (10): 224-231.

Lin, J-Z. and K. Ritland. 1996. The effects of selective genotyping on estimates of proportion of recombination between linked quantitative trait loci. Theor. Appl. Genet. 93: 1261-1266.

Marchenkov, A., T. Rozhmina, I. U. Schapovsky and A. D. Muir. 2003. Cultivation of Flax. In Muir, A. D.,

[DOR: 20.1001.1.15625540.1393.16.2.5.2]

and N. D. Westcott. (Eds.) Flax: The Genus Linum. CRC, New York, pp. 74-91.

Mirza, M. Y., M. A. Khan, M. Akmal, A. S. Mohmand, M. S. Nawaz, N. Nawaz and N. Ullah. 2011. Estimation of genetic parameters to formulate selection strategy for increased yield in linseed. Pak. J. Agric. Res. 24: 1-4.

Mohammadi, A. A., G. Saeidi and A. Arzani . 2010. Genetic analysis of some agronomic traits in flax (*Linum usitatissimum* L.). Austr. J. Crop Sci. 4: 343-352.

Pooladsaz, N. and G. Saeidi. 2010. Genetic variation of traits in lines from linseed landraces. Iran. J. Field Crops Res. 8: 187-193 (In Persian with English abstract).

Popescu, F., I. Marinescu and I. Vasile. 1996. Heridity of the linseed number of bolls per square meter. Romanian Agric. Res. 5: 35-41.

Rao, V. R. and T. Hodgkin. 2002. Genetic diversity and conservation and utilization of plant genetic resources. Plant Cell, Tissue Organ Culture. 68: 1–19.

Singh, D. N. 2001. Heritability and genetic advance in linseed. J. Res. Birsa Agric. Univ. 13: 73- 74.

Sinha, S. and P. Wagh. 2013. Genetic studies and divergence analysis for yield, physiological traits and oil content in linseed. Res. J. Agric. Sci. 4: 168-175.

Ud-Din, N., B. F. Carver and A. C. Clutter. 1992. Genetic analysis and selection for wheat yield in drought-stressed and irrigated environments. Euphytica, 62: 89-96.

Vardhan, K. M. V. and S. S. Rao. 2012. Genetic variability for seed yield and its components in linseed (*Linum usitatissimum* L.). Int . J. Appl. Biol. and Pharmaceut. Technol. 3: 200-202.

Van Eeuwijk, F. A., M. C. A. M. Bink, K. Chenu and S. C. Chapman. 2010. Detection and use of QTL for complex traits in multiple environments. Curr. Opinion Plant Biol. 13: 193–205.

Vikas, P., M. Nandan. 2013. Genetic variability in linseed (*Linum usitatissimum* L.). Bioinfolet - A Quarterly J. Life Sci. 10: 675: 676.

Wu¨rschum, T. 2012. Mapping QTL for agronomic traits in breeding populations. Theor. Appl. Genet. 125: 201–210.

[DOR: 20.1001.1.15625540.1393.16.2.5.2]

Evaluation of genotypic and phenotypic variation and drought tolerance in the F_3 families of linseed under drought stress condition

Asgarinia, P.[1], A. Mirlohi[2], Gh. Saeidi[3], A. A. Mohamadi[4], M. Gheysari[5] and V. S. Razavi[6]

ABSTRACT

Asgarinia, P., A.F. Mirlohi, Gh. Saeidi, A. A. Mohamadi, M. Gheysari and V. Sadat Razavi. 2014. Evaluation of genotypic and phenotypic variation and drought tolerance in the F3 families of linseed under drought stress condition. **Iranian Journal of Crop Sciences. 16(2):137-150. (In Persian).**

Evaluation of genotypic and phenotypic variation and heritability of important agronomic traits in segregating populations is one of the principles of breeding for quantitative traits. This study was conducted to assess the genotypic and phenotypic variation and drought tolerance in the F_3 families derived from a cross between KO37 (Iranian linseed cultivar) and SP1066 (Canadian linseed cultivar) at Research Farm of Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran, in 2011 and 2012. Results showed that under drought stress the highest reduction in the number of seed per plant, yield per plant and Irrigation Water Productivity belonged to SP1066 parental genotype. Combined analysis, the highest phenotypic and genotypic coefficients of variability (19% and 25%, respectively) belonged to number of seed per plant, yield per plant and number of capsules per plant. The highest heritability was estimated for 1000-seed weight (86%), plant height (85%) and days to 50% flowering (81%). The presence of high genotypic and continuous variation and also transgressive segregation for studied agronomic traits and IWUE in F_3 families under both conditions indicated that the F3 population or its advanced generations can be used in mapping, identification of QTL related to important agronomic traits and increasing drought tolerance in linseed.

Key words: Linseed, Water productivity, Transgressive segregation and Genotypic variation.

[DOR: 20.1001.1.15625540.1393.16.2.5.2]

Received: August, 2013 **Accepted: May, 2014**

1- PhD. Student, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran
2- Professor, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran (Corresponding author) (Email: mirlohi@cc.iut.ac.ir)
3- Professor, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran
4- Assistant Prof., Valiasr University of Rafsanjan, Kerman, Iran
5- Assistant. Prof., Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran
6- MSc. Student, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran