دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی

ارزیابی ژنتیکی خصوصیات ریشه لاین‌های دابل هاپلوئید جو در شرایط نرمال و تنش شوری

نسیبه عبداله‌زاده[۱]، رضا فتوت[۲]، فرید شکاری[۳] و سید محمد علوی سینی[٤]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، دانشگاه زنجان، (نویسنده مسوول: abdollahzadehn@yahoo.com)
۲ و ۳- استادیار و دانشیار، دانشگاه زنجان
۴- عضو هیئت علمی بخش تحقیقات زراعی باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی جنوب استان کرمان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، جیرفت، ایران

تاریخ دریافت: ۹۳/۹/۳ تاریخ پذیرش: ۹۳/۱۲/۱۰

چکیده

به‌منظور ارزیابی ژنتیکی صفات مختلف ریشه در ۵۰ لاین دابل‌هاپلوئید جو، پژوهشی در قالب آزمایشات فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی در آزمایشگاه زراعت دانشگاه زنجان اجرا شد. تجزیه واریانس داده‌ها اختلاف بسیار معنی‌داری را برای صفات سرعت انتقال مواد، درصد جوانه‌زنی، زاویه، قطر، وزن تر، وزن خشک، سطح، طول تجمعی، طول بلندترین ریشه و طول ریشه موئین نشان داد. وراثت‌پذیری خصوصی صفات اندازه‌گیری شده به جز وزن خشک ریشه (در شرایط نرمال ۱۵/۱۱ و در شرایط تنش ۲۳/٤۰) متوسط برآورد شد. بر مبنای همبستگی ژنوتیپی رابطه مثبت و کاملاً معنی‌داری در شرایط نرمال و تنش شوری بین طول بلندترین ریشه با سطح و طول تجمعی ریشه و همچنین سطح ریشه و طول تجمعی ریشه و وزن تر و خشک ریشه وجود داشت. بنابراین صفات طول تجمعی، سطح و طول بلندترین ریشه به‌عنوان صفات مناسب جهت ارزیابی و گزینش ژنوتیپ‌ها در برنامه‌های به نژادی توصیه می‌گردند.

واژه‌های کلیدی: جو، شوری، وراثت‌پذیری خصوصی، همبستگی ژنوتیپی

مقدمه

رشد و نمو گیاهان تحت تأثیر خصوصیات ژنتیکی و شرایط محیط می‌باشد. شوری به‌عنوان دومین عامل غیرزیستی است که پس از خشکی باعث کاهش عملکرد گیاهان زراعی می‌گردد (۱۹). بیش از ۸۰۰ میلیون هکتار از اراضی کشاورزی در سرتاسر جهان با مشکل شوری (۳۹۷ میلیون هکتار) و یا قلیایی (۴۳۴ میلیون هکتار) روبرو می‌باشند. این مقدار برابر با ۲۰ درصد اراضی قابل کشت و ۵۰ درصد اراضی آبی جهان می‌باشد (۱۷). حدوداً ۵۰ درصد از سطح زیر کشت محصولات کشاورزی در ایران به دلیل قرار داشتن در منطقه آب و هوایی خشک و نیمه خشک با مشکل شوری و قلیایی بودن خاک روبه‌رو است(۲۰). تولید جو در طول قرن گذشته سه برابر شده و تقاضا برای جو در حال افزایش است. جو یکی از مهم‌ترین گونه‌های مقاوم به شوری است با این‌حال رشد و عملکرد جو نیز در بسیاری از نقاط دنیا به شدت تحت تأثیر شوری است که نتیجه آن خسارت‌های شدید اقتصادی برای تولیدکنندگان است (۶). میزان تحمل به شوری تا حدود زیادی به سیستم ریشه بستگی دارد و هر چه ریشه دارای توانایی بیشتری برای جذب آب و خروج یون‌های سدیم (Na^+) و کلراید (Cl^-) باشد و دارای سیستم ریشه‌ای گسترده‌تری باشد، مطابقت دارد(۱۲). موفقیت اصلاحگران در تغییر دادن خصوصیات یک جمعیت به درجه تطابق بین ارزش ژنوتیپی و فنوتیپی بستگی دارد،وراثت‌پذیری یک مقیاس کلی درباره‌ی تطابق واریانس ژنوتیپی و واریانس فنوتیپی فراهم می‌کند (۷). اطلاعات مربوط به وراثت‌پذیری و الگوی توارث خصوصیات ریشه همواره محدود بوده است، اما مشخص شده است که این صفات بوسیله یک سیستم چندژنی کنترل می‌شود. تنوع مشاهده شده در خصوصیات ریشه گندم را به پلی‌ژن‌ها و یک ژن اصلی که طول دوره‌ی رشد رویشی را کنترل می‌کند نسبت داده‌اند. صفات سیستم ریشه‌ای به مقدار زیادی تحت تاثیر اثرات ژنتیکی افزایشی قرار می‌گیرند (۲۶). وراثت‌پذیری بالا در شرایط تنش نتیجه تنوع ژنتیکی بیشتر ژن‌های مرتبط با تحمل به شوری و یا کوچکتر بودن تنوع فنوتیپی می‌باشد (۱۳). وراثت‌پذیری متوسط به پایین برای صفات ریشه‌ای از قبیل طول ریشه، وزن خشک ریشه، انشعاب‌دهی ریشه و وزن تر ریشه (در شرایط نرمال و تنش) گزارش شد (۱۴). وراثت‌پذیری خصوصی پایینی برای طول ریشه تخمین زده شد همچنین وراثت‌پذیری عمومی و خصوصی پایینی برای صفت طول نسبی ریشه (به‌ترتیب ۳۵ و ۲۵ درصد) گزارش شد (۱۸). کارایی گزینش برای یک صفت، بستگی به سهم نسبی عوامل ژنتیکی در بروز اختلافات فنوتیپی بین ژنوتیپ‌های یک جمعیت دارد. اگر تنوع ژنتیکی نسبت به تنوع محیطی زیاد باشد قابلیت توارث بالا خواهد بود که این امر پیشرفت در اصلاح به وسیله‌ی گزینش برروی مقدار و عمق نفوذ ریشه را امکان‌پذیر می‌سازد (۲۶). هدف از پژوهش حاضر بررسی پارامترهای ژنتیکی خصوصیات ریشه گیاهچه‌های جو در شرایط نرمال و تنش شوری می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌منظور بررسی پارامترهای ژنتیکی صفات ریشه در مرحله گیاهچه‌ای برای لاین‌های دابل هاپلوئید جو در پاییز ۱۳۹۱ در آزمایشگاه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان انجام گردید. جمعیت نتاج جو حاصل از تلاقی Rec×Dom (OWB)[۱] که در دانشگاه اورگون آمریکا به صورت هاپلوئید مضاعف بدست آمده، تهیه ودر این مطالعه مورد بررسی قرار گرفت. پنجاه لاین دابل هاپلوئید از بین این

۱- Oregon wolf barely جمعیت (دارای ۹۶ لاین دابل هاپلوئیدجو) حاصل از تلاقی دو والد Rec×Dom می‌باشد.

جمعیت مورد استفاده قرار گرفتند. این لاین‌ها تحت شرایط نرمال (شاهد) و تنش شوری (۱۵۰ میلی‌مولار) به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار مورد مطالعه قرار گرفتند. بذور ابتدا با کربوکسی‌تیرام ضد عفونی و پس از جوانه‌زنی در داخل پتری‌دیش به گلدان‌هایی با قطر ۱۰ و ارتفاع ۲۰ سانتی‌متر منتقل شدند. جهت سهولت اندازه‌گیری فقط ازبستر پرلیت دانه درشت استفاده شد. آبیاری گلدان‌های شاهد با آب مقطر و گلدان‌های تحت تنش با آب شور (۱۵۰ میلی مولار) در هر روز انجام گردید. تصویربرداری از گیاهچه‌ها توسط اسکنر کانن مدل (LiDE 600F) با وضوح (۹۶۰۰×۴۸۰۰ dpi) یک روز بعد از کاشت تا روز ۱۴ام به‌مدت ۷ روز به‌صورت یک روز درمیان انجام گرفت. جهت تجزیه واریانس داده‌ها و همبستگی‌های فنوتیپی از نرم‌افزار SPSS استفاده گردید.

زاویه ریشه (نسبت به خط عمود) توسط نرم‌افزار Image j اندازه‌گیری شد مساحت، طول تجمعی، طول بلندترین ریشه با نرم‌افزار (GSA Image Analyser) محاسبه شد. جهت محاسبه سرعت انتقال مواد، بذور درون ظروف پتری کشت گردید و در روز سوم و ششم کشت، کلئوپتیل بذور جوانه‌زده شده را جدا کرده، وزن بذور خشک بدست آمد سپس با این دو عدد و وزن خشک اولیه بذر معادله رگرسیون خطی توسط نرم‌افزار اکسل محاسبه و بر اساس شیب خط، سرعت انتقال بدست آمد. درصد جوانه‌زنی با استفاده از فرمول (Ni/S) × GP = 100 محاسبه گردید. در این فرمول GP درصد جوانه‌زنی و Ni تعداد بذور جوانه‌زده در روز iام وS تعداد کل بذور کشت شده می‌باشد (۳). طول تارهای کشنده و قطر ریشه، با عکس برداری از طریق میکروسکوپ و استفاده از نرم افزار Image j دو صفت مذکور اندازه‌گیری گردید.

برآوردهای واریانس محیطی، واریانس ژنتیکی، واریانس افزایشی و وراثت‌پذیری خصوصی بر مبنای میانگین ژنوتیپ‌ها با استفاده از امید ریاضی میانگین مربعات در دو شرایط تنش وفاقد تنش محاسبه شد. واریانس محیطی و ژنتیکی به‌ترتیب از $\sigma^2_e = \frac{MS_e}{r}$، $\sigma^2_g = \frac{MS_L - \sigma^2_e}{ra}$ (r = تکرار، MS_L = میانگین مربعات لاین‌ها و a=۲ که برابر سطح تنش و شاهد است) و واریانس افزایشی با استفاده از فرمول $\sigma_A{}^2=\frac{\sigma^2_G}{2}$ (۱۱) و از حاصل تقسیم واریانس افزایشی به واریانس ژنتیکی وارثت‌پذیری خصوصی محاسبه گردید ($h^2_N = \frac{\sigma^2_A}{\sigma^2_g}$). پس از محاسبه واریانس‌ها و کوواریانس‌های ژنتیکی در نرم‌افزار Excel برای هر صفت در نهایت با استفاده از رابطه زیر همبستگی ژنوتیپی محاسبه شد (۸).

$$r_g = \frac{\sigma^2_{gxy}}{\sqrt{\sigma^2_{gx} \times \sigma^2_{gy}}}$$

ضریب تغییرات ژنتیکی و فنوتیپی نیز با استفاده از فرمول‌های زیر محاسبه گردید.

$$\text{ضریب تغییرات فنوتیپی} = \frac{\sqrt{\text{واریانس فنوتیپی}}}{\text{میانگین صفت}} \times ۱۰۰$$

$$\text{ضریب تغییرات ژنتیکی} = \frac{\sqrt{\text{واریانس ژنتیکی}}}{\text{میانگین صفت}} \times ۱۰۰$$

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اختلاف میان ژنوتیپ‌ها از لحاظ صفات سرعت انتقال مواد، درصد جوانه‌زنی، زاویه، قطر، وزن تر، وزن خشک، سطح، طول تجمعی، طول بلندترین ریشه و طول ریشه موئین معنی‌دار بود (جدول ۱). بر این اساس، تنوع کافی بین ژنوتیپ‌ها از لحاظ صفات مورد مطالعه وجود دارد. بین سطوح شوری در جدول تجزیه واریانس اختلاف معنی‌داری دیده شد، شوری موجب کاهش صفات مورد مطالعه ریشه شد. همچنین تفاوت معنی‌داری بین اثرمتقابل لاین × شوری برای تمام صفات دیده شد (جدول ۱) درنتیجه ضرایب همبستگی فنوتیپی و ژنوتیپی، واریانس‌های محیطی، افزایشی، فنوتیپی، ضریب تغییرات ژنتیکی و فنوتیپی و وراثت‌پذیری خصوصی برای هر دو محیط نرمال و تنش شوری محاسبه گردید. ضریب تغییرات نیز معیار مناسبی از واریانس میان صفات مختلف فراهم می‌کند. ضریب تغییرات ژنتیکی و فنوتیپی بالا برای صفات طول بلندترین ریشه، سطح، طول تجمعی، وزن تر و وزن خشک ریشه در شرایط نرمال و تنش مشاهده شد (جدول ۲). ضریب تغییرات فنوتیپی اندکی بیشتر از ضریب تغییرات ژنتیکی برآورد شد که این امر نشان دهنده تأثیر ناچیز محیط بر روی این صفات می‌باشد. ضریب تغییرات ژنتیکی بالا برای صفات مطرح شده به این موضوع اشاره می‌کند که این صفات کمتر تحت تأثیر محیط قرار می‌گیرند و بیشتر تحت کنترل ژنتیک گیاه می‌باشند. صفت وزن خشک ریشه با توجه به ضریب تغییرات ژنتیکی بالا در هر دو محیط نرمال و تنش شوری وراثت‌پذیری خصوصی پایینی نشان می‌دهد، پایین بودن وراثت‌پذیری می‌تواند ناشی از اثر محیط بر روی این صفت باشد، اختلاف بسیار بالای ضریب تغییرات ژنتیکی و فنوتیپی در هر دو محیط این موضوع را تایید می‌کند. برآوردهای مربوط به واریانس محیطی، افزایشی، فنوتیپی و وراثت‌پذیری خصوصی در هر دو شرایط نرمال و تنش شوری در جدول ۳ آمده است. واریانس افزایشی درصد جوانه‌زنی در شرایط نرمال دارای علامت منفی بود که در جدول برابر صفر منظور گردید. منفی بودن این برآوردها مربوط به خطای نمونه‌برداری است (۱۱). وراثت‌پذیری‌های محاسبه شده برای کلیه صفات به جز وزن خشک ریشه، در هر دو شرایط محیطی متوسط برآورد شد که این مطلب اهمیت استفاده از این صفات در برنامه‌های اصلاحی به دلیل کنترل با اثر

افزایشی نسبتا خوب ژن‌ها را تأئید می‌کند. وراثت‌پذیری طول بلندترین ریشه و طول تجمعی ریشه در شرایط تنش شوری به‌ترتیب ۴۹/۱۳ و ۴۳/۲۸ برآورد شد خان و همکاران (۱۳) وراثت‌پذیری بالایی را در شرایط تنش شدید شوری برای صفت طول ریشه محاسبه کردند در این تحقیق وراثت‌پذیری قطر ریشه در شرایط نرمال و تنش شوری به‌ترتیب ۴۱/۱۹ و ۳۹/۳۶ بدست آمد وراثت‌پذیری بالایی (۰/۵۴) برای قطر ریشه نیز گزارش شده است (۷). وراثت‌پذیری تارهای کشنده در دو محیط نرمال و تنش بین ۴۱/۵۹ تا ۴۶/۶۸ برآورد گردید این در حالی است که وراثت‌پذیری برای تارهای کشنده بین ۰/۳۳ تا ۰/۴۴ گزارش شده، درنتیجه انتخاب برای افزایش طول تارهای کشنده امکان‌پذیر است (۹). زاویه ریشه در شرایط تنش شوری (۴۶/۷۳) دارای وراثت‌پذیری بیشتری نسبت به شرایط نرمال (۳۸/۴۸) بود در واقع وراثت‌پذیری بالا در شرایط تنش می‌تواند نتیجه تنوع ژنتیکی بیشتر ژن‌های مرتبط با تحمل به شوری و یا کوچکتر بودن تنوع فنوتیپی باشد، از طرفی استدلال می‌شود که قبلا به دلیل عدم انتخاب تنوع ناشناخته مانده است، بنابراین درصورت کاربرد تنش ممکن است وراثت‌پذیری افزایش پیدا کند (۱۳). در مطالعه‌ای بر روی طول ریشه گندم در سه سطح شوری، اثر ژن‌های افزایشی در کنترل تحمل در دو سطح شوری مشخص گردید (۲۳) وراثت‌پذیری وزن خشک ریشه در شرایط نرمال (۱۵/۱۱) و تنش شوری (۲۳/۴۰) به‌ترتیب پایین و متوسط به پایین برآورد شد. به نظر می‌رسد صفت وزن خشک ریشه در تحمل به شوری تحت تأثیر مجموعه‌ای از ژن‌های بزرگ و کوچک اثر است بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که محیط بر روی این صفت شدیداً تأثیر گذار است. برآورد همبستگی‌های ژنوتیپی و فنوتیپی بین صفات مختلف گیاهان زراعی زمانی‌که انتخاب بر اساس دو یا تعداد بیشتری صفت و به‌طور همزمان بر مبنای شاخص انتخاب صورت می‌گیرد، حائز اهمیت است (۱۰). برآورد ضرایب همبستگی فنوتیپی و ژنوتیپی در دو شرایط نرمال و تنش به‌ترتیب در جداول (۴ و ۵) آورده شده است. روند کلی بیانگر میزان بیشتر همبستگی ژنوتیپی نسبت به همبستگی فنوتیپی بود. خان و همکاران (۱۵) و نیز علی و همکاران (۱) گزارش نمودند که در مورد اغلب صفات، میزان همبستگی ژنوتیپی بیش‌تر از همبستگی فنوتیپی بود. از آنجا که اجزای همبستگی‌های فنوتیپی یعنی همبستگی ژنوتیپی، ناشی از پلیوتروپی (کنترل دو یا چند صفت توسط یک ژن) و لینکاژ (پیوستگی) و همبستگی محیطی ناشی از تأثیر مشابه یا متفاوت عوامل اقلیمی بر دو یا چند صفت می‌باشد (۲۵)، بنابراین نتایج این پژوهش نشان‌دهنده تأثیر هر دو گروه عوامل ژنتیک و محیط در به وجود آمدن همبستگی صفات در این مطالعه می‌باشد، ضمن این‌که تأثیر عوامل ژنتیکی بیشتر است. همبستگی ژنوتیپی و فنوتیپی بالایی در محیط نرمال و تنش شوری بین صفت طول بلندترین ریشه با سطح ریشه و طول تجمعی ریشه مشاهده شد، همبستگی ژنوتیپی و فنوتیپی برای طول بلندترین ریشه با سطح ریشه در شرایط نرمال به ترتیب ۰/۹۲ تا ۰/۹ تخمین زده شد در صورتی که در شرایط تنش این ضرائب بین ۰/۶۲ تا ۰/۵۸ برآورد شد. همبستگی ژنوتیپی و فنوتیپی در شرایط نرمال برای طول بلندترین ریشه و طول تجمعی ۰/۹۴ تا ۰/۹۲ = r تخمین زده شد همچنین این ضرائب در شرایط تنش به ترتیب ۰/۷۹ و ۰/۶۹ برآورد شد. در واقع افزایش تنش شوری باعث افزایش تنفس گیاه شده زیرا مقدار زیادی از Na^+ که از محلول خارجی وارد سلول‌های ریشه می‌شود، احتمالاً دوباره از طریق ناقل‌های غشای پلاسمایی به بیرون بازگردانده می‌شود و این فرآیند احتمالاً انرژی زیادی مصرف می‌کند و کاهش سرعت رشد ریشه و در نتیجه عمق نفوذ گیاه را در پی داشته است (۲۴). گیاهانی که ریشه اصلی طویل‌تر و تعداد ریشه‌های جانبی بیشتری دارند نسبت به گیاهانی که این خصوصیت را کمتر دارند، تحمل بیشتری به تنش شوری دارند (۲۲). به‌طورکلی، ارقام مقاوم به خشکی و شوری، نسبت به ارقام حساس، از ریشه‌های حجیم‌تر، طویل‌تر و نسبت بالاتر ریشه به اندام هوایی (R/S) برخوردار می‌باشند (۲۷). همبستگی ژنوتیپی و فنوتیپی مثبت و کاملاً معنی‌داری بین وزن تر ریشه و وزن خشک آن در هر دو محیط بدون تنش و دارای تنش شوری برآورد شد. همبستگی ژنوتیپی این صفات در شرایط نرمال و تنش شوری به ترتیب ۰/۸۹ و ۰/۸ و همبستگی فنوتیپی به ترتیب در شرایط نرمال و تنش شوری ۰/۵۴ و ۰/۷۶ برآورد شد وزن خشک ریشه تحت تأثیر ژنوتیپ و شدت تنش شوری است شاید بتوان کاهش یافتن وزن تر و خشک ریشه را در شوری‌های بالا به اختصاص کربن تولید شده به سایر مسیرهای متابولیک مؤثر در تحمل به تنش مربوط دانست (۵،۴).

در این آزمایش همبستگی ژنوتیپی مثبت و معنی‌داری بین سرعت انتقال مواد بذر و درصد جوانه‌زنی (r=/۳۵) در شرایط تنش مشاهده شد، آنچه مسلم است بذر بعد از جذب آب و جوانه‌زنی از مواد غذایی اندوخته در درون خود استفاده می‌کند، بنابراین شوری با تأثیر بر سرعت کارایی استفاده از ذخایر و کارایی تبدیل ذخایر بذر به گیاهچه در جوانه‌زنی موثر خواهد بود (۲۱،۲). همبستگی ژنوتیپی مثبتی بین زاویه ریشه و وزن تر ریشه در شرایط تنش شوری (r=۰/۴) مشاهده گردید، ذکر این نکته ضروری است که ژنوتیپ‌های با پراکنش افقی ریشه در سطح خاک، قادر هستند از عناصر غذایی که بطور عمده در لایه‌های سطحی خاک قرار گرفته‌اند به نحو مطلوبی استفاده نمایند (۱۶). در نتیجه گیاهچه در مقابله با تنش شوری می‌تواند مؤثرتر عمل نماید. در کل با توجه به نتایج پژوهش حاضر صفات طول تجمعی، سطح و طول بلندترین ریشه به‌خاطر وراثت‌پذیری خصوصی نسبتا بالا و همبستگی ژنوتیپی و فنوتیپی بالا در شرایط نرمال و تنش، از آنجائیکه محیط اثر کمتری بر این صفات دارد و تنوع مشاهده شده بیشتر تحت کنترل ژنتیک می باشد به‌عنوان ویژگی‌های مناسب جهت ارزیابی و گزینش ژنوتیپ‌ها در برنامه‌های به‌نژادی تحت شرایط نرمال و تنش شوری پیشنهاد می‌شود.

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس صفات مورد بررسی ریشه در لاین‌های جو تحت تنش شوری

Table 1. Analysis of variance root traits in barley lines under salt stress

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات								
		زاویه	سرعت انتقال مواد	درصد جوانه‌زنی	قطر ریشه	طول بلندترین ریشه	طول ریشه موئین	سطح ریشه	طول تجمعی ریشه	وزن تر	وزن خشک
لاین	۴۹	۶۴۲/۱**	۰/۹۶**	۱۳۶۶/۴۲**	۷۳۸۵/۳۹**	۱۱۵۰۷۳/۵۳**	۲۷۲۸/۵۶**	۱۴۳/۶۸**	۴۷/۹۱**	۶۹۰۲/۱۰**	۱۴۸/۵۲**
شوری	۱	۲۳۲۷۳/۳۲**	۱/۳۰**	۱۸۲۵/۳۳**	۱۱۸۹۹/۰۶**	۶۲۲۴۸۵۱/۷۳**	۱۱۹۲/۱۹**	۵۱۴۷/۸۸**	۱۲۰۵/۵**	۲۰۲۰۷۷/۸۴**	۲۴۱۴/۲۳**
لاین × شوری	۴۹	۵۳۳/۷۲**	۰/۶۸**	۴۷۹/۰۷**	۵۹۶۶/۵۱**	۸۶۲۷۴/۹۷**	۳۹۵۱/۳۴**	۱۱۶/۱۲**	۳۲/۱۶**	۴۱۹۲/۷۱**	۸۵/۳۸*
اشتباه آزمایشی	۲۰۰	۵۱/۲۳	۰/۱۱	۵۵	۶۸۳/۲۴	۲۸۳/۹۷	۲۱۱/۷	۲/۰۱	۲۰/۸۴	۱۰۷۳/۶۹	۶۰/۱۶
ضریب تغییرات (٪)	–	۷/۹۵	۰/۳۶	۸/۲۳	۲۹/۰۴	۱۸/۷۲	۱۶/۱۶	۱/۵	۵/۰۷	۳۶/۴	۸/۶۱

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

جدول ۲- ضریب تغییرات ژنتیکی و فنوتیپی در شرایط فاقد تنش (اعداد بالایی) و شرایط تنش (اعداد پایینی)

Table 2. The coefficient of genetic and phenotypic variations in non-stress conditions (top numbers) and stress condition (low numbers)

صفات	زاویه ریشه	سرعت انتقال مواد	درصد جوانه‌زنی	قطر ریشه	طول بلندترین ریشه	طول ریشه موئین	سطح ریشه	طول تجمعی ریشه	وزن تر ریشه	وزن خشک ریشه
ضریب تغییرات ژنتیکی	۱۴/۲۲	۳۰/۸۳	۲۲/۹۵	۲۴/۰۵	۴۶/۹۹	۲۸/۵۶	۵۶/۳۸	۶۱/۲۲	۶۳/۰۵	۵۷/۴۶
	۱۹/۹۲	۳۱/۵۳	۲۳/۵۷	۱۴/۹۴	۴۳/۱۷	۳۰/۱۵	۵۰/۳۸	۵۰/۴۷	۳۸/۱۳	۳۹/۲۷
ضریب تغییرات فنوتیپی	۱۵/۲۱	۳۸/۳۵	۲۴/۸۸	۲۶/۵۷	۴۷/۱۲	۳۲/۶۰	۵۷/۴۱	۶۲/۴۰	۶۸/۱۱	۷۴/۵۳
	۱۶/۷۳	۳۸/۷۰	۲۵/۸۹	۱۷/۷۱	۴۳/۷۳	۳۱/۷۱	۵۳/۰۹	۵۵/۸۳	۵۴/۵۵	۶۲/۶۱

جدول ۳- برآورد واریانس محیطی، واریانس افزایشی، واریانس فنوتیپی و وراثت‌پذیری خصوصی (بر مبنای میانگین ژنوتیپ‌ها) صفات ریشه در ۵۰ لاین جو درشرایط فاقد تنش (اعداد بالایی) و شرایط تنش (اعداد پایینی)

Table 3. The estimated environmental variance, additive variance, phenotypic variance and Narrow sense heritability (based on the average genotypes) root traits in barley lines 50 non-stress conditions (top numbers) and stress conditions (low numbers)

صفت	σ^2_e	σ^2_A	σ^2_{ph}	h^2_N
زاویه ریشه	۸۲/۹۲	۴۷/۶۰	۱۲۳/۶۸	۳۸/۴۸
	۱۷/۵۴	۴۱/۷۵	۸۹/۳۴	۴۶/۷۳
طول بلندترین ریشه	۳۲۴/۴۳	۱۴۴۱۵/۰۵	۲۸۹۳۸/۲۵	۴۹/۸۱
	۲۴۳/۵۲	۲۳۱۶/۶۵	۴۷۱۴/۴۹	۴۹/۱۳
طول تجمعی ریشه	۰/۸۸	۵/۶۳	۱۱/۵۷	۴۸/۷۳
	۰/۸۰	۰/۸۹	۲/۰۵	۴۳/۲۸
سطح ریشه	۲/۶۹	۱۸/۳۰	۳۷/۵	۴۸/۸۰
	۱/۳۳	۳/۰۱	۶/۴۶	۴۶/۵۷
طول ریشه موئین	۳۱۰/۲۴	۲۵۶/۰۶	۶۱۵/۵۴	۴۱/۵۹
	۱۱۳/۱۶	۲۶۵/۳۰	۵۶۸/۳۱	۴۶/۶۸
قطر ریشه	۹۵۷/۵۱	۷۴۶/۳۷	۱۸۱۱/۹۰	۴۱/۱۹
	۴۰۸/۹۷	۲۵۲/۴۱	۶۴۱/۱۴	۳۹/۳۶
وزن تر ریشه	۱۷۰۷/۸۴	۶۴۰/۶۹	۱۸۵۰/۶۶	۳۴/۶۱
	۴۳۹/۵۵	۱۰۴/۹۲	۳۵۶/۳۷	۲۹/۴۴
وزن خشک ریشه	۱۱۱/۷۱	۸/۰۶	۵۳/۳۶	۱۵/۱۱
	۸/۶۲	۱/۳۹	۵/۶۶	۲۳/۴۰
درصد جوانه زنی	۰/۲۲	۰	۰/۰۹	۰
	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۳	۴۳/۵۴
سرعت انتقال مواد	۰/۱۲	۰/۰۵	۰/۱۴	۳۶/۵۷
	۰/۱۱	۰/۰۵	۰/۱۳	۳۷/۹۸

جدول ۴- ضرایب همبستگی ژنوتیپی (اعداد بالای قطر) و همبستگی فنوتیپی (اعداد پائین قطر) در شرایط نرمال

Table 4. Genotype correlation coefficients (numbers above the diameter) and phenotypic correlation (lower numbers in diameter) under normal conditions

	زاویه ریشه	سرعت انتقال مواد	درصد جوانه‌زنی	قطر ریشه	طول بلندترین ریشه	طول ریشه موئین	سطح ریشه	طول تجمعی ریشه	وزن تر ریشه	وزن خشک ریشه
زاویه ریشه	۱	-۰/۱۳^{ns}	-۰/۰۴^{ns}	-۰/۲^{ns}	۰/۰۹^{ns}	-۰/۱^{ns}	۰/۱۶^{ns}	۰/۱۹^{ns}	-۰/۰۳^{ns}	-۰/۰۸^{ns}
سرعت انتقال مواد	-۰/۶۱**	۱	۰/۰۲^{ns}	۰/۱^{ns}	-۰/۰۲^{ns}	-۰/۰۱^{ns}	-۰/۰۲^{ns}	-۰/۰۱^{ns}	۰/۲^{ns}	۰/۱۷^{ns}
درصد جوانه‌زنی	-۰/۴۴**	-۰/۰۱^{ns}	۱	۰/۳*	۰/۰۵^{ns}	۰/۱۳^{ns}	۰/۰۵^{ns}	۰/۰۳^{ns}	۰/۰۲^{ns}	۰/۰۵^{ns}
قطر ریشه	-۰/۲۶**	۰/۶۶**	۰/۲۱**	۱	۰/۰۶^{ns}	-۰/۱۱^{ns}	۰/۱۸^{ns}	۰/۰۹^{ns}	۰/۳۲*	۰/۴۳**
طول بلندترین ریشه	۰/۱۴^{ns}	-۰/۰۳^{ns}	۰/۰۴^{ns}	۰/۰۵^{ns}	۱	۰/۱۵^{ns}	۰/۹۲**	۰/۹۴**	۰/۰۶^{ns}	۰/۱۱^{ns}
طول ریشه موئین	۰/۵۷**	-۰/۰۳^{ns}	۰/۱۱^{ns}	-۰/۰۹^{ns}	۰/۱۳^{ns}	۱	۰/۱۹^{ns}	۰/۲۳^{ns}	-۰/۱۳^{ns}	-۰/۱۵^{ns}
سطح ریشه	۰/۳۶**	-۰/۰۴^{ns}	۰/۰۴^{ns}	۰/۱۴^{ns}	۰/۹**	۰/۱۶*	۱	۰/۹۸**	۰/۰۵^{ns}	۰/۱۵^{ns}
طول تجمعی ریشه	۰/۶۷**	-۰/۰۰۲^{ns}	۰/۰۳^{ns}	۰/۰۶^{ns}	۰/۹۲**	۰/۲۱**	۰/۹۴**	۱	۰/۰۴^{ns}	۰/۱^{ns}
وزن تر ریشه	۰/۴۱**	۰/۰۱^{ns}	۰/۰۸^{ns}	۰/۲۶**	۰/۰۷^{ns}	-۰/۱۳^{ns}	-۰/۰۸^{ns}	-۰/۰۳^{ns}	۱	۰/۸۹**
وزن خشک ریشه	-۰/۷۷**	-۰/۲۹*	۰/۱۷^{ns}	۰/۱۵^{ns}	۰/۱۲^{ns}	-۰/۰۹^{ns}	۰/۱۳^{ns}	۰/۱^{ns}	۰/۵۴**	۱

**، * و ns: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد و ۵ درصد و عدم معنی‌داری

جدول ۵- ضرایب همبستگی ژنوتیپی (اعداد بالای قطر) و همبستگی فنوتیپی (اعداد پائین قطر) در شرایط تنش

Table 5. Genotype correlation coefficients (numbers above the diameter) and phenotypic correlation (lower numbers in diameter) under stress conditions

	زاویه ریشه	سرعت انتقال مواد	درصد جوانه‌زنی	قطر ریشه	طول بلندترین ریشه	طول ریشه موئین	سطح ریشه	طول تجمعی ریشه	وزن تر ریشه	وزن خشک ریشه
زاویه ریشه	۱	۰/۱۶^{ns}	۰/۰۳^{ns}	۰/۱۵^{ns}	۰/۰۵^{ns}	-۰/۱۸^{ns}	۰/۲^{ns}	۰/۲۱^{ns}	۰/۴**	۰/۲۸*
سرعت انتقال مواد	۰/۱۲^{ns}	۱	۰/۳۵*	۰/۱۷^{ns}	۰/۱^{ns}	-۰/۰۹^{ns}	۰/۱۱^{ns}	۰/۰۹^{ns}	۰/۲۱^{ns}	۰/۱۲^{ns}
درصد جوانه‌زنی	۰/۰۳^{ns}	۰/۲۵*	۱	۰/۲۵*	۰/۰۸^{ns}	-۰/۰۸^{ns}	۰/۱۴^{ns}	۰/۱۲^{ns}	-۰/۰۱^{ns}	۰/۱۱^{ns}
قطر ریشه	۰/۱۱^{ns}	۰/۱۴^{ns}	۰/۱۱^{ns}	۱	۰/۱۵^{ns}	۰/۱^{ns}	۰/۲۹*	۰/۳۴*	-۰/۰۵^{ns}	۰/۰۶^{ns}
طول بلندترین ریشه	۰/۰۵^{ns}	۰/۰۹^{ns}	۰/۰۷^{ns}	۰/۱۱^{ns}	۱	۰/۲۲^{ns}	۰/۶۳**	۰/۷۹**	-۰/۰۶^{ns}	-۰/۲^{ns}
طول ریشه موئین	-۰/۱۶^{ns}	۰/۰۵^{ns}	-۰/۶۱**	۰/۰۹^{ns}	۰/۲^{ns}	۱	-۰/۰۰۳^{ns}	۰/۰۱^{ns}	-۰/۱۱^{ns}	۰/۰۹^{ns}
سطح ریشه	۰/۱۶^{ns}	۰/۱^{ns}	۰/۱۵	۰/۲۲^{ns}	۰/۵۸**	-۰/۰۱^{ns}	۱	۰/۷۵**	۰/۰۵^{ns}	-۰/۰۵^{ns}
طول تجمعی ریشه	۰/۱۷^{ns}	۰/۰۶^{ns}	۰/۰۸^{ns}	۰/۲۲^{ns}	۰/۶۹**	۰/۰۰۵^{ns}	۰/۶۳**	۱	۰/۱۷^{ns}	۰/۰۳^{ns}
وزن تر ریشه	۰/۲۶*	۰/۰۹^{ns}	۰/۰۱^{ns}	-۰/۰۲^{ns}	-۰/۲۲^{ns}	-۰/۱^{ns}	۰/۰۷^{ns}	۰/۲۸*	۱	۰/۸**
وزن خشک ریشه	۰/۲۱^{ns}	۰/۰۳^{ns}	۰/۱^{ns}	۰/۰۰۹^{ns}	-۰/۱^{ns}	۰/۰۰۶^{ns}	-۰/۰۲^{ns}	-۰/۰۳^{ns}	۰/۷۶**	۱

**، * و ns: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد و ۵ درصد و عدم معنی‌داری

منابع

1. Ali, F., B. Sikdar, A.K. Roy and O.I. Joarder. 2005. Correlation and genetic variation of twenty different genotypes of lablab bean, (*Lablab perpureus* L.), Sweet. Bangladesh Journal of Botany, 34: 125-128.
2. Alizadeh, A. 2012. Relationship water and soil and plant. 1th edn. 3th Inc. Mashhad University Jahad publications. Mashhad, Iran, 472 pp (In Persian).
3. Bajji, M., J.M. Kinet and S. Lutts. 2002. Osmotic and ionic effects of NaCl on germination, early seedling growth, and ion content of *Atriplexhalimus* (Chenopodiaceae). Canadian journal of botany, 80: 297-304.
4. Bchini, H., M.B. Naceur, R. Sayar, H. Khemira and L.B. Kaab-Bettaeïb. 2010. Genotypic differences in root and shoot growth of barley (*Hordeum vulgare* L.) grown under different salinity levels. Hereditas, 147: 114-122.
5. Borzouei, A., M. Kafi, H. Khazaei and M. Mousavi Shalmani. 2012. Effect of irrigation water salinity on root traits of two salt-sensitive and salt-tolerant wheat cultivars and its relationship with yield in greenhouse. Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture, 2: 95-107 (In Persian).
6. Chen, Z., S. Shabala, N. Mendham, I. Newman, G. Zhang and M. Zhou. 2008. Combining ability of salinity tolerance on the basis of NaCl-induced K flux from roots of barley. Crop Science, 48: 1382-1388.
7. Dabholkar, A. 1992. Elements of Biometrica Genetics. 1st edn, Ashok Kumar Mittal Ltd. New Delhi, 493 pp.
8. Falconer, D.S. 1983. Introduction to Quantitative Genetics. Longman Pub., London.
9. Gahoonia, T.S. and N.E. Nielsen. 2004. Root traits as tools for creating phosphorus efficient crop varieties. Plant and Soil, 260: 47-57.
10. Houshmand, S., A. Arzani and S.A. Maibody. 2004. Influences of drought and salt stress on grain quality of durum wheat. Proceedings of the 17th Eucarpia General Congress, pp: 383-386. Tulln, Austria.
11. Kearsey, M.J. 1993. Biometrical genetics in breeding. In M.D. Hayward, N.O. Bosemark, I. Romagosaand M. Cerezo (Eds.), Plant Breeding, pp: 163-183. Springer Netherlands.
12. Kamrava S., N.A. Babaeian Jelodar and N.A. Bagheri. 2016. Evaluation of Some Soybean Genotypes (Glycine max) under Salt Stress. Journal of Crop Breeding, 8: 57-63.
13. Khan, A.A., S.A. Rao and T. McNeilly. 2003. Assessment of salinity tolerance based upon seedling root growth response functions in maize (*Zea mays* L.). Euphytica, 131: 81-89.
14. Khan, F.A., S. Ali, A. Shakeel, A. Saeed and G. Abbas. 2006. Correlation analysis of some quantitative characters in *Brassica napus* L. Journal of Agriculture Research, 44: 7-14.
15. Khan, I.A., S. Habib, H.A. Sadaqat and M.H.N. Tahir. 2004. Comparative evaluation and analysis of seedling traits for drought tolerance in maize. International Journal of Agriculture and Biology (Pakistan) 6: 246-251.
16. Manschadi, A.M., G.L. Hammer and J.T. Christopher. 2008. Genotypic variation in seedling root architectural traits and implications for drought adaptation in wheat (*Triticum aestivum* L.). Plant and Soil, 303: 115-129.
17. Nakhoda, B., H. Leung, M.S. Mendioro, G. Mohammadi-nejad and A.M. Ismail. 2012. isolation, characterization, and field evaluation of rice (*Oryza sativa* L.) mutants with altered responses to salt stress. Field Crops Research, 127: 191-202.
18. Ortiz, R. and A. Golmirzaie. 2003. Genetic parameters for agronomic characteristics. early and intermediate breeding populations of true potato seed. Hereditas, 139: 212-216.
19. Rengasamy, P. 2010. Soil processes affecting crop production in salt-affected soils. Functional Plant Biology, 37: 613-620.
20. Shahin Kaleybar, B., Gh. Ne'matzadeh., S.H.R. hashemy., H. askary and S. Kabirnotaj. 2013. Physiological and Genetic Responses of Halophyte *Aeluropus Littoralis* to Salinity. Journal of Crop Breeding, 5(12):15-29
21. Soltani, A., M. Gholipoor and E. Zeinali. 2006. Seed reserve utilization and seedling growth of wheat as affected by drought and salinity. Environmental and Experimental Botany, 55: 195-200.
22. Steppuhn, H., M.T. Van Genuchten and C. Grieve. 2005. Root-Zone Salinity. Crop Science, 45: 221-232.
23. Tahira, W.M., M. Ibrahim and A. Salam. 2006. Inheritance of salt tolerance as measured via root length in spring wheat (*Triticum aestivum* L.) under different salinity levels. Journal of Crop Improvement, 16: 131-139.
24. Tester, M. and R. Davenport. 2003. Na^+ tolerance and Na^+ transport in higher plants. Annals of Botany. 91: 503-527.
25. Tsegaye, D., D. Tadesse, D. Yigzaw and S. Getnet. 2012. Genetic variability, correlation and path analysis in durum wheat germplasm (*Triticum durum*). Agricultural Research and Reviews, 1: 107-112.
26. Waines, J.G. and B. Ehdaie. 2007. Domestication and crop physiology: roots of green-revolution wheat. Annals of Botany, 100: 991-998.
27. Wittenmayer, L. and W. Merbach. 2005. Plant responses to drought and phosphorus deficiency: contribution of phytohormones in root-related processes. Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 168: 531-540.

Genetic Evaluation of Root Traits for Doubled Haploid Lines of Barely in Normal and Salt Stress Conditions

Nasibeh Abdollahzadeh[1], Reza Fotovat[2], Farid Shekari[3] and Seyed Mohammad Alavi Siney[4]

1- Graduate M.Sc., University of Zanjan, (Corresponding Author: abdollahzadehn@yahoo.com)
2- and 3- Assistant Professor and Associated Professor, University of Zanjan
4- Faculty Member of Horticulture Crops Research Department, South Kerman Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Jiroft, Iran.
Received: November 24, 2014 Accepted: March 1, 2015

Abstract

To evaluation of genetic parameters of rooting traits in 50 doubled haploid barley lines, a factorial experiment based on CRD was carried out at the agronomy lab of the Zanjan University. Analysis of variance showed significant differences for all rooting traits:material transfering speed, germination percent, angle, diameter, fresh and dry weight, surface area, cumulative length, the length of the longest root and the hairy root length. The calculated narrow sense heritability was medium for all studied rooting traits except dry root weight (15.11 and 23.40 in normal and stress conditions). Based on the genotypic correlations, it was found that there were positive and highly significant association normal and salt stress conditions, especialy between trait the length of the longest root and traits cumulative root length, root surface and fresh dry root weight. Since, the length of the longest root and cumulative root length and root surface offered as suitable traits for evaluating and selecting the genotypes in breeding programms.

Keywords: Barley, Genotypic Correlation, Narrow Sense Heritability, Salinity