

تجزیه QTL برخی صفات فنولوژیک و مورفولوژیک جمعیت لاین‌های اینبرد نو ترکیب گندم حاصل از تلاقی Seri M82 و Babax تحت تنش شوری

QTL analysis of some phenological and morphological traits in Babax and Seri M82 recombinant inbred line population of wheat during salinity stress

نقیسه مهدی‌نژاد^{۱*}، منصور امید^۱، محمدرضا جلال‌کمالی^۲، محمدرضا نقوی^۱، براتعلی فاخری^۳

۱- به ترتیب دانشجوی دکتری و استادان پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران

۲- محقق ارشد مرکز بین‌المللی تحقیقات ذرت و گندم

۳- استادیار، دانشگاه زابل

Mahdinejad N^{*1}, Omidi M¹, Jalalkamali MR², Naghavi MR¹, Fakheri BA³

1. PhD Student and Professors, College of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran, Iran.
2. Principal Researcher, International Maize and Wheat Improvement Center (CIMMYT), Karaj, Iran.
3. Assistant Professor, University of Zabol, Iran.

* نویسنده مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: nafisehri@yahoo.com

(تاریخ دریافت: ۹۲/۱/۹ - تاریخ پذیرش: ۹۲/۷/۳۰)

چکیده

به منظور نقشه‌یابی QTL‌های کنترل‌کننده ۹ صفت فنولوژیک و مورفولوژیک گندم، جمعیتی شامل ۱۶۷ لاین اینبرد نو ترکیب حاصل از تلاقی Seri M82 و Babax به همراه دو والد مورد مطالعه قرار گرفتند. این تحقیق در سال زراعی ۱۳۹۰ در قالب دو طرح آلفالایس با دو تکرار تحت دو شرایط نرمال و تنش شوری اجرا شد. صفات تعداد روز از سبز شدن تا ظهور سنبله، تعداد روز از سبز شدن تا گرده افشانی، ارتفاع گیاه، تعداد سنبله در واحد سطح، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، شاخص برداشت، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند. تجزیه QTL به روش نقشه‌یابی فاصله‌ای مرکب برای هر محیط به طور مجزا و برای میانگین دو محیط انجام گرفت. بر اساس نتایج تجزیه واریانس مرکب، اثر اصلی رقم برای کلیه صفات مورد بررسی معنی‌دار بود. برای کلیه صفات تفرق برتر از والدین در دو جهت مثبت و منفی مشاهده شد. برای صفات مورد مطالعه در مجموع ۲۷ QTL بدست آمد. واریانس فنوتیپی توجیه شده به وسیله این QTL‌ها از ۵/۰ تا ۱۶/۰ درصد متغیر بود. بیشترین و کمترین واریانس فنوتیپی به ترتیب برای صفات تعداد روز تا گرده‌افشانی و وزن هزار دانه در شرایط نرمال و تنش شوری بدست آمد. LOD در دامنه ۴/۰۵-۲/۵۲ قرار داشت. بیشترین و کمترین LOD به ترتیب مربوط به QTL‌های شاخص برداشت در میانگین دو شرایط و وزن هزار دانه در شرایط تنش شوری بدست آمد. اکثر QTL‌های نقشه‌یابی شده از پایداری لازم برخوردار نبودند. لذا به نظر می‌رسد که استفاده از گزینش به کمک نشانگر در این جامعه برای صفات تحت بررسی از کارایی لازم برخوردار نباشد.

واژه‌های کلیدی

تنش شوری
جایگاه صفت کمی
عملکرد
گندم
لاین‌های اینبرد نو ترکیب

مقدمه

دانش جایگاه، تعداد و اثرات QTL ها می‌تواند اصلاح‌گران را به درک کنترل ژنتیکی صفات گیاه و کمک به عمل انتخاب برای بهبود و اصلاح گیاهان یاری کند (Broman and Speed, 1999). به دلایل مختلفی مانند وراثت‌پذیری پایین و عدم امکان گزینش تا زمان برداشت، به نژادگران همواره به دنبال یافتن خصوصیات بوده‌اند که علاوه بر وراثت‌پذیری بالا و همبستگی با عملکرد، گزینش آنها آسانتر باشد. مطالعات زیادی در خصوص شناسایی QTL های کنترل‌کننده عملکرد دانه و دیگر صفات مرتبط با آن مانند مدت زمان کاشت تا مرحله گرده‌افشانی، ارتفاع بوته، وزن دانه و تعداد دانه در شرایط محیطی مختلف از جمله تنش خشکی گزارش شده است (Huang et al. 2006; Marza et al. 2006; Snap et al. 2007; Rebetzke et al. 2008). Borner et al. (2002) پژوهش گسترده‌ای برای شناسایی QTL های مربوط به صفات مورفولوژیک، مقاومت به بیماری‌ها و آفات، عملکرد و کیفیت در جمعیت ITMI انجام دادند. در این تحقیق ۲۱۰ نوع QTL با LOD بالاتر از دو تشخیص داده شدند. این محققین برای ارتفاع، طول پدانکل و طول خوشه به ترتیب ۲۱، ۶ و ۱۰ مکان ژنی شناسایی کردند. (Suzuky Pinto (2009) مطالعه‌ای را برای شناسایی QTL های مربوط به صفات مورفولوژیک، فنولوژیک و زراعی تحت شرایط تنش خشکی بر روی جمعیت تحت مطالعه گندم (Serim82 و Babax) انجام دادند و موفق شدند ۱۰۴ QTL برای کلیه صفات شناسایی کنند. Ghaderi (2008) در ادامه تحقیقات Suzuky Pinto بر روی این جمعیت توانست چندین QTL جدید شناسایی کند. طوری که یک QTL جدید برای عملکرد دانه بر روی کروموزوم 6D، یک QTL جدید برای وزن هزار دانه بر روی کروموزوم 1D، یک QTL جدید برای تعداد دانه بر روی کروموزوم 6A، دو QTL برای صفت تعداد سنبله در متر مربع بر روی کروموزوم‌های 1B و 4B و دو QTL جدید برای ارتفاع بوته بر روی کروموزوم ID شناسایی نمود. به دلیل پیچیدگی ژنوم گندم هگزاپلوئید، اثر متقابل QTL با محیط و وابستگی QTL ها به ساختار ژنتیکی جمعیت، مطالعات بیشتری باید صورت گیرد تا بتوان با مقایسه نقشه‌های مختلف با قطعیت مکان QTL ها را شناسایی کرد. بنابراین هدف از این تحقیق تعیین مکان QTL ها برای برخی صفات فنولوژیک و

شوری در ایران و بسیاری از مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان به عنوان یک مشکل رایج کشاورزی و عامل محدودکننده رشد و عملکرد گیاهان زراعی محسوب می‌شود. شوری آب و خاک‌های زراعی از جمله عواملی هستند که مانع دستیابی به عملکرد مطلوب گیاهان زراعی می‌شوند، به گونه‌ای که بر اساس گزارش فائو (FAO 2008) در مناطق شور، این مسئله سبب کاهش ۱۰ الی ۶۰ درصدی عملکرد گیاهان زراعی شده است. در این مناطق زارعین سعی می‌کنند که با مصرف نهاده‌های بیشتر مانند کود، بذر و آب خسارت‌های ناشی از شوری را جبران کنند که گاهی اوقات هزینه این نهاده‌ها حدود ۶۵ درصد درآمد کشاورزان را شامل می‌شود. هر چند طی دهه‌های اخیر راه‌حل‌های زیادی جهت جلوگیری از کاهش عملکرد گیاهان زراعی تحت تنش شوری مورد توجه قرار گرفته ولی استفاده از روش‌های مهندسی ژنتیک به عنوان عامل اصلی موفقیت، تولید و معرفی ارقام متحمل به تنش شوری مورد شناسایی قرار گرفته است (Munns and Tester 2008). افزایش تحمل به شوری گیاهان زراعی موجب ثبات عملکرد گیاهان در خاک‌های شور شود (Munns et al. 2006). علاوه بر این، تحمل به شوری نیاز به آبشویی را کاهش داده و سبب کاهش هزینه برنامه آبیاری می‌شود (Pitman and Lauchli 2002). روش‌های مرسوم اصلاح نباتات، برای بهبود صفات زراعی در گندم دارای دستاوردهای بسیار مفیدی هستند، ولی برای انتخاب لاین‌های برتر نیاز به خلوص جوامع و دسترسی به نسل‌های پیشرفته اصلاحی می‌باشد. توسعه فن‌آوری نشانگرهای مولکولی، تهیه نقشه‌های لینکاژی ژنومی با چگالی بالا را برای بسیاری از گیاهان از جمله گندم امکان‌پذیر کرده است. با رشد سریع تهیه نقشه‌های لینکاژی متراکم بر اساس نشانگرهای مولکولی و یافتن جایگاه صفت مسئول تنوع کمی (QTL) و استفاده از آن برای گزینش به کمک نشانگر (MAS)، انتخاب در نسل‌های اولیه برنامه‌های اصلاحی امکان‌پذیر شده و کارایی آن بهبود یافته است (Han et al. 1997; Ayoub et al. 2003). در این روش تفرق همزمان صفات کمی و نشانگرهای مولکولی بررسی می‌شود و در نهایت تعداد ژن‌ها (عوامل موثر)، نوع عمل آنها، میزان اثر هریک برآورد و مکان QTL روی ژنوم شناسایی می‌شود.

(Zakizadeh (سانتی متر) (Nourkhalaj et al. 2009)، ارتفاع گیاه (سانتی متر) (Zakizadeh et al. 2010)، تعداد سنبله در واحد سطح (Zafarnaderi et al. 2013)، تعداد دانه در سنبله (Asgari et al. 2012)، وزن هزار دانه (گرم) (Zafarnaderi et al. 2013)، شاخص برداشت (Aharizad et al. 2012)، عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم/هکتار) (Zakizadeh et al. 2010) و عملکرد دانه (کیلوگرم/هکتار) (Zafarnaderi et al. 2013) مورد اندازه‌گیری و تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. اندازه‌گیری‌های بوته و سنبله بر روی سه نمونه تصادفی از یک متر مربع وسط هر کرت و سطح برداشت برای عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک از کل کرت (۳ متر مربع) انجام گرفت.

پس از میانگین‌گیری از داده‌های نمونه‌های مورد اندازه‌گیری از هر پلات تجزیه‌های آماری برای کلیه صفات شامل تجزیه واریانس مرکب برای دو شرایط تنش‌شوری و بدون تنش با رویه Mixed Model نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۲ انجام گرفت. اثر بلوک‌های ناقص و تکرارها تصادفی در نظر گرفته شد. همبستگی ساده فنوتیپی بین صفات برای میانگین دو شرایط نرمال و تنش‌شوری محاسبه شد. آماره‌های ساده (آماره‌های توصیفی) برای هر صفت به طور مجزا روی میانگین شرایط نرمال و تنش‌شوری محاسبه شد. اختلاف بین والدین ($P_1 - P_2$) با LSD حاصل از تجزیه واریانس والدین و اختلاف بین میانگین والدین و میانگین رگه‌های اینبرد نو ترکیب ($\bar{x}_{RIL} - \bar{x}_P$)، پیشرفت ژنتیکی در جهت مثبت ($GG_P = B_{RIL} - B_P$) و منفی ($GG_N = W_{RIL} - W_P$) با LSD حاصل از تجزیه واریانس رگه‌های اینبرد نو ترکیب به همراه والدین مقایسه شدند. ضرایب تنوع ژنتیکی (GCV)، محیطی (ECV) و فنوتیپی (PCV) از تجزیه واریانس ژنوتیپ‌ها حاصل شد. بدین منظور ابتدا واریانس‌های ژنتیکی، فنوتیپی و محیطی با مساوی قرار دادن اجزای مورد انتظار (امید ریاضی) واریانس‌ها با میانگین مربعات مربوط محاسبه شد. سپس ضرایب تنوع ژنتیکی، محیطی و فنوتیپی از نسبت انحرافات معیار به میانگین تعیین شد. توارث-پذیری عمومی صفات و پیشرفت ژنتیکی (حاصلضرب دیفرانسیل گزینش استاندارد شده، قابلیت توارث و انحراف معیار فنوتیپی) نیز محاسبه شد.

مورفولوژیک، برآورد میزان تاثیر هر یک و تعیین نشانگرهای مولکولی پیوسته با آنها برای پیشنهاد جهت گزینش به کمک نشانگر می‌باشد.

مواد و روش‌ها

جمعیت مورد مطالعه شامل نسل F_{8,9} لاین‌های اینبرد نو ترکیب حاصل از تلاقی دو رقم هگزاپلوئید خالص بهاره و نیمه پا کوتاه گندم به نام‌های SeriM82 (نسبتا حساس به خشکی و تنش‌های محیطی با تاریخچه انتخاب M31 IBWSN S-1 MX196-97) و Babax (متحمل به تنش خشکی و تنش‌های محیطی با تاریخچه انتخاب CM920666-J-0Y-0M-0Y-4M-0Y-0MEX-48BBB-0Y) است. این ارقام و ۱۶۷ لینه اینبرد نو ترکیب حاصل از تلاقی آنها (Olivares-villegas et al. 2007) در قالب طرح آزمایشی آلفا لاتیس با دو تکرار در پنج بلوک و هر بلوک شامل ۳۴ کرت در آذر سال ۱۳۹۰ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی شهرستان زابل با مختصات جغرافیایی بین ۶۰ درجه و ۱۵ دقیقه تا ۶۱ درجه و ۵۰ دقیقه طول جغرافیایی و ۳۰ درجه و ۵۰ دقیقه شرقی تا ۳۱ درجه و ۲۸ دقیقه عرض جغرافیایی شمالی و با ارتفاع ۴۸۰ متر از سطح دریای آزاد کاشت شد. این منطقه دارای اقلیمی بیابانی با تابستان بسیار خشک و زمستان ملایم است. میانگین دمای سالانه ۲۱/۷، حداکثر مطلق دما ۴۹ و حداقل مطلق آن ۷- درجه سانتی‌گراد می‌باشد. میانگین سالانه رطوبت نسبی ۳۹/۲۰ درصد و میانگین بارندگی ۵۳ و تبخیر سالانه ۴۰۰۰-۵۰۰۰ میلی‌متر است. کاشت ارقام بر اساس تراکم ۴۵۰ بذر در متر مربع صورت گرفت. هر لاین در ۶ ردیف، با طول ۳ متر و فاصله بین ردیف ۲۰ سانتی‌متر کشت شد. در طول فصل زراعی مراقبتهای زراعی لازم شامل مصرف کود سرک، وجین علف‌های هرز، کنترل آفات و بیماری‌ها از مزرعه به طور مطلوب انجام پذیرفت. آبیاری بر اساس نیاز و مرحله رشد گیاه و شرایط آب و هوایی منطقه ۵-۴ مرتبه در طول فصل زراعی انجام شد. آبیاری آزمایش نرمال با آب رودخانه و آبیاری آزمایش تنش شوری با آب شور چاه (۱۳/۵ دسی‌زیمنس) انجام شد. نه صفت شامل تعداد روز از کاشت تا ظهور سنبله (Aharizad et al. 2012)، تعداد روز از کاشت تا گرده‌افشانی

سایر صفات مقادیر کمتری را نشان داد. اختلاف بین میانگین لاین-های نوترکیب خالص و میانگین والدین برای کلیه صفات مورد بررسی غیرمعنی‌دار بود. در نتیجه لاین‌های نوترکیب خالص مورد مطالعه نماینده کل لاین‌های خالص ممکن حاصل از تلاقی Serim82 و Babax بود و صفات مورد بررسی عمدتاً با اثرات جمع‌پذیر ژن‌ها کنترل می‌شدند. میانگین والدین برای کلیه صفات مورد بررسی در دامنه تغییرات نتاج قرار گرفتند و ژنوتیپ‌های برتر از هر والد طیف وسیعی از تنوع صفات مورد مطالعه در نتاج را نشان داد. به عبارت دیگر بهترین لاین‌های اینبرد نوترکیب از نظر کلیه صفات مورد بررسی برتر از بهترین والد بود و اختلاف آنها برای اکثر صفات معنی‌دار بود. از طرف دیگر بدترین لاین‌های اینبرد نوترکیب از نظر کلیه صفات مورد بررسی بدتر از بدترین والد بود و اختلاف آنها برای بیشتر صفات معنی‌دار بود. این مسئله، بر وجود تفرق برتر از والدین در دو جهت مثبت و منفی دلالت دارد. در نتیجه، آلل‌های زیادی بین دو لاین والدینی برای کنترل صفات مربوط به تنش شوری پراکنده شده‌اند. تفکیک متجاوز از والدین بیانگر آنست که آلل‌های هر دو والد در نمود صفات دخالت دارند و ترکیب آنها به مقادیر بالاتر یا پایین‌تر از والدها منجر شده است. ضرایب تنوع فنوتیپی برای کلیه صفات مورد بررسی بیشتر از ضرایب تنوع ژنتیکی بودند. ولی در بسیاری از حالات این دو تفاوت کمی داشتند. این مسئله، نشان‌دهنده اثرات کم عوامل محیطی در برآورد آنهاست. ضریب تنوع محیطی صفت شاخص برداشت بیشتر از ضرایب تنوع ژنتیکی آن بود. لذا، محیط نقش عمده‌ای در ظهور این صفات داشت و انتخاب برای اصلاح چنین صفاتی موثر نخواهد بود. بیشترین مقدار وراثت‌پذیری مربوط به صفت تعداد سنبله در متر مربع و کمترین مقدار وراثت-پذیری به ترتیب مربوط به صفت شاخص برداشت بود. توارث-پذیری بالا صفات بدان معناست که صفت به مقدار زیادی توسط ژن‌های افزایشی کنترل می‌شود و انتخاب برای اصلاح چنین صفتی مفید است. با توجه به تنوع موجود برای اکثر صفات، استنباط شد که انتخاب برای بهبود آنها موثر خواهد بود. با این حال، کارایی انتخاب بستگی به مقدار توارث‌پذیری و پیشرفت ژنتیکی موردانتظار دارد. صفاتی که دارای توارث‌پذیری و پیشرفت ژنتیکی بالا هستند، ممکن است تحت کنترل عمل جمع‌پذیر ژن‌ها

نقشه لینکاژی نشانگرهای مولکولی شامل 249 نشانگر AFLP، ۷۴ نشانگر SSR و ۲۶۴ نشانگر DArT بود که توسط McIntyre et al. (2010) تهیه شده است. تجزیه QTL به طور مجزا برای هر یک از شرایط تنش شوری، نرمال و میانگین (Siahsar et al. 2009) (Siahsar and Narouei 2010); Taleei et al. 2009 انجام گرفت. برای تعیین QTLها و برآورد اندازه اثرات آنها، از روش نقشه‌یابی فاصله‌ای مرکب (CIM) استفاده شد. حداقل LOD برای شناسایی QTLها ۲/۵ و حداقل فاصله پویش دو سانتی مورگان در نظر گرفته شد. نشانگرهای پس زمینه (Cofactor) با رگرسیون مرحله‌ای (Stepwise regression) تعیین شدند. علاوه بر تعیین جایگاه و میزان اثر هر QTL، واریانس فنوتیپی که توسط هر یک از QTLها و نیز توسط مجموع QTLها در یک مدل رگرسیون چندگانه توجیه می‌شد، محاسبه شد. قله‌های LOD موقعیت QTL را نشان داد. اثرات QTL در قله موقعیت QTL و حدود اعتماد ۹۵ درصد QTLها بدست آمد. تجزیه QTL با نرم‌افزار WinQTL Cartographer 2.5 انجام گرفت.

نتایج و بحث

بررسی توزیع فراوانی داده‌های فنوتیپی حاکی از وجود توزیع نرمال در همه صفات بود (فرض اولیه تجزیه QTL). تجزیه واریانس مرکب ۱۶۷ لاین خالص نوترکیب گندم و والدین آنها در جدول ۱ نشان داده شده است. اثر رقم برای کلیه صفات مورد بررسی بسیار معنی‌دار ($P < 0/01$) بود. این مسئله نشان‌دهنده تنوع بالا در داخل جمعیت بود. از آنجا که این جامعه لاین‌های نوترکیب خالص می‌باشند، لذا تنوع موجود در این جمعیت غالباً ناشی از اثرات افزایشی است. اثر محیط برای تمام صفات در سطح احتمال یک درصد ($P < 0/01$) معنی‌دار بود. اثر متقابل محیط × رقم برای اکثر صفات معنی‌دار نبود. در نتیجه عکس‌العمل ارقام در مناطق مختلف یکسان بوده است. به عبارت دیگر هر رقم در مناطق مختلف وضعیت خود را حفظ کرده است. برآورد آماره-های آماری ساده برای صفات مورد بررسی روی میانگین تیمارها در جدول ۲ نشان داده شده است. Babax نسبت به Serim82 برای صفاتی چون ارتفاع گیاه، تعداد سنبله در متر مربع، تعداد دانه در سنبله، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه مقادیر بیشتر و برای

جدول ۱- تجزیه واریانس مرکب ۱۶۷ لاین خالص نوترکیب گندم و والدین آنها برای ۹ صفت مورفولوژیک و فنولوژیک.

| میانگین مربعات | | | | درجه آزادی | منابع تغییرات |
|--------------------------|---------------------|--------------------|--------------------|------------|-------------------|
| Spike (m ⁻²) | PLH (cm) | DAnth | DHE | | |
| ۶۰۵۹۵۹/۱۱** | ۷۲۴۸/۱۷** | ۵۷۳/۱۵** | ۲۱/۶۱** | ۱ | محیط |
| ۳۲۴۷/۶۱ ^{ns} | ۵۳۱/۵۶** | ۵/۷۰ ^{ns} | ۶۹/۰۵** | ۲ | تکرار (محیط) |
| ۶۳۶۲/۹۰ ^{ns} | ۱۴۵/۹۵** | ۳/۱۶ ^{ns} | ۲/۸۲ ^{ns} | ۱۶ | بلوک (تکرار×محیط) |
| ۱۴۶۴۲/۲۸** | ۸۸/۰۳** | ۱۵/۱۴** | ۱۱/۸۵** | ۱۶۸ | ژنوتیپ |
| ۴۱۷۵/۸۷ ^{ns} | ۳۰/۶۲ ^{ns} | ۳/۵۹* | ۶/۷۸** | ۱۶۸ | ژنوتیپ×محیط |
| ۴۰۱۷/۰۶ | ۴۶/۸۴ | ۲/۷۹ | ۲/۵۷ | ۳۲۰ | خطا |
| ۱۶/۴۸ | ۱۴/۵۸ | ۱/۴۲ | ۱/۴۳ | | ضریب تغییرات (%) |
| ۷۵/۵۶ | ۶۷/۹۴ | ۸۱/۴۹ | ۸۱/۱۹ | | ضریب تبیین |

ns * و ** به ترتیب عدم اختلاف معنی دار و معنی دار بودن در سطوح احتمال پنج و یک درصد. (DHE) (تعداد روز تا سنبله دهی؛ DAnth) (تعداد روز تا گرده افشانی؛ PLH) ارتفاع گیاه؛ spike) تعداد سنبله در متر مربع.

ادامه جدول ۱- تجزیه واریانس مرکب ۱۶۷ لاین خالص نوترکیب گندم و والدین آنها برای ۹ صفت مورفولوژیک و فنولوژیک.

| میانگین مربعات | | | | | درجه آزادی | منابع تغییرات |
|--------------------------|---------------------|---------------------|--------------------------|---------------------|------------|-------------------|
| GY (Kgha ⁻¹) | HI (%) | TGW (g) | BY (Kgha ⁻¹) | GN spike | | |
| ۷۵۹۲۳۸۷/۱۹** | ۴۰۹/۳۸** | ۳۶۰۹/۵۸** | ۳۶۱۵۳۹۷۱/۳۹** | ۴۴۰۴/۸۱** | ۱ | محیط |
| ۱۴۸۷۹۸/۹۸** | ۸۰/۴۳ ^{ns} | ۱۵/۵۴ ^{ns} | ۴۱۶۰۳۴/۲۰* | ۳۹/۳۳ ^{ns} | ۲ | تکرار (محیط) |
| ۵۱۶۳۲/۳۲* | ۳۵/۷۵ ^{ns} | ۱۲/۹۵ ^{ns} | ۳۰۴۹۲۱/۷۰** | ۶۵/۲۸ ^{ns} | ۱۶ | بلوک (تکرار×محیط) |
| ۷۵۱۱۳/۶۲** | ۵۹/۵۵** | ۴۸/۲۶** | ۳۷۰۷۶۴/۱۵** | ۹۹/۸۵** | ۱۶۸ | ژنوتیپ |
| ۲۹۹۶۲/۲۸ ^{ns} | ۴۱/۴۴** | ۵/۹۶ ^{ns} | ۱۰۰۶۷۶/۸۷ ^{ns} | ۲۷/۹۲ ^{ns} | ۱۶۸ | ژنوتیپ×محیط |
| ۲۷۸۷۰/۴۴ | ۲۲/۳۰ | ۲۴/۹۲ | ۱۱۸۲۰/۱۰ | ۴۵/۲۷ | ۳۲۰ | خطا |
| ۲۶/۷۶ | ۱۱/۷۸ | ۱۶/۲۰ | ۲۲/۱۷ | ۲۱/۲۱ | | ضریب تغییرات (%) |
| ۷۴/۶۴ | ۷۱/۸۷ | ۶۲/۱۲ | ۷۶/۱۵ | ۶۵/۱۲ | | ضریب تبیین |

ns * و ** به ترتیب عدم اختلاف معنی دار و معنی دار بودن در سطوح احتمال پنج و یک درصد. (GN spike) (تعداد دانه در سنبله؛ BY) عملکرد بیولوژیک؛ (TGW) وزن هزار دانه؛ (HI) شاخص برداشت؛ (GY) عملکرد دانه.

وجود دارد. توارث پذیری بالا و پیشرفت ژنتیکی کم برای صفات تعداد روز تا گرده افشانی، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه نشان داد که اثرات غیر جمع پذیر ژنها سهم قابل ملاحظه ای را در توارث این صفات دارا می باشند و انتخاب در چنین مواردی موثر نخواهد بود. همبستگی های ساده فنوتیپی ۱۶۷ لاین خالص نوترکیب به همراه والدین شان برای نه صفت در میانگین دو شرایط نرمال و تنش شوری (Siahsar et al. 2009; Taleei et al. 2009; Siahsar and Narouei 2010) در جدول ۳ نشان داده شده است. بیشترین همبستگی به صفات عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه

باشند و انتخاب برای آنها مفید باشد. علاوه بر این، برآورد بالای قابلیت توارث و بازده ژنتیکی ممکن است به دلیل واریانس محیطی پایین صفات باشد. وراثت پذیری کم همراه با پیشرفت ژنتیکی کم نشان می دهد که صفت به مقدار زیادی تحت تاثیر عوامل محیطی است و انتخاب موثر نخواهد بود (Farahadfar 2010). در شدت انتخاب ۵ درصد میزان بازده ژنتیکی مورد انتظار به ترتیب از ۲/۲۸ تا ۱۸۵/۰۰ متغیر بود. صفت تعداد سنبله در متر مربع دارای توارث پذیری و بازده ژنتیکی بالایی بودند، بنابراین در توارث پذیری این صفت احتمالاً کنترل ژنتیکی جمع پذیر

جدول ۲- آماره‌های ساده ۹ صفت در ۱۶۷ لاین خالص نوترکیب و والدین‌شان برای میانگین دو شرایط نرمال و تنش شوری

| GY (Kgha ⁻¹) | HI (%) | TGW (g) | BY (Kgha ⁻¹) | GN spike | Spike m ⁻² | PLH (cm) | DAnth | DHE | |
|--------------------------|---------------------|---------------------|--------------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---|
| ۷۶۲/۲۳ | ۳۸/۵۱ | ۳۶/۱۵ | ۱۹۶۶/۰۰ | ۳۶/۵۰ | ۳۴۰/۰۰ | ۵۱/۲۵ | ۱۱۶/۵۰ | ۱۱۳/۵۰ | Babax (P ₁) |
| ۴۹۰/۰۹۰ | ۴۴/۹۹ | ۳۵/۰۸ | ۱۰۸۹/۵۰ | ۳۳/۰۰ | ۳۰۴/۷۵ | ۴۱/۰۰ | ۱۱۹/۵۰ | ۱۱۴/۵۰ | Seri M82 (P ₂) |
| ۲۷۲/۱۴** | -۶/۴۸* | -۱/۰۷ ^{ns} | ۸۷۶/۵۰** | ۳/۵۰ ^{ns} | ۳۵/۲۵ ^{ns} | ۱۰/۲۵* | -۳/۰۰** | -۱/۰۰ ^{ns} | P ₁ - P ₂ |
| ۶۲۶/۱۵ | ۴۱/۷۵ | ۳۵/۶۱ | ۱۵۲۷/۷۵ | ۳۴/۷۵ | ۳۲۲/۳۷ | ۴۶/۱۲ | ۱۱۸/۰۰ | ۱۱۴/۰۰ | $\bar{x}_P = (P_1 + P_2) / 2$ |
| ۴۲۱/۹۴ | ۳۱/۲۲ | ۱۶/۸۰ | ۱۰۴۲/۲۲ | ۱۸/۵۰ | ۲۲۱/۰۰ | ۳۶/۰۰ | ۱۰۵/۰۰ | ۹۸/۵۰ | Worst RIL |
| ۱۰۱۹/۰۹ | ۵۶/۴۴ | ۴۰/۷۱ | ۲۵۳۰/۷۵ | ۴۳/۲۵ | ۵۴۴/۰۰ | ۵۶/۰۰ | ۱۲۲/۲۵ | ۱۱۶/۵۰ | Best RIL |
| ۵۹۷/۱۵ | ۲۵/۲۲ | ۹/۴۱ | ۱۴۸۸/۵۳ | ۲۴/۷۵ | ۳۲۳/۰۰ | ۲۰/۰۰ | ۱۷/۲۵ | ۱۸/۰۰ | Range |
| ۶۲۳/۶۳ | ۴۰/۰۵ | ۳۰/۶۷ | ۱۵۵۰/۶۹ | ۳۱/۶۷ | ۳۸۵/۴۷ | ۴۶/۹۰ | ۱۱۷/۴۲ | ۱۱۲/۰۹ | \bar{x}_{RIL} |
| ۱۳۷/۱۷ | ۳/۹۲ | ۳/۶۲ | ۳۰۱/۱۱ | ۴/۹۷ | ۶۱/۹۰ | ۴/۸۰ | ۲/۰۰ | ۱/۷۷ | SD _{RIL} |
| ۲۱/۹۹ | ۹/۷۸ | ۱۱/۸۰ | ۱۹/۴۲ | ۱۵/۶۹ | ۱۶/۰۵ | ۱۰/۲۳ | ۱/۷۰ | ۱/۵۷ | CV _{RIL} |
| -۲/۵۲ ^{ns} | -۱/۷۰ ^{ns} | -۴/۹۴ ^{ns} | ۲۲/۹۴ ^{ns} | -۳/۰۸ ^{ns} | ۶۳/۱۰ ^{ns} | ۰/۷۸ ^{ns} | -۰/۵۸ ^{ns} | -۱/۹۱ ^{ns} | $\bar{x}_{RIL} - \bar{x}_P$ |
| -۶۸/۱۵ ^{ns} | ۲/۷۱* | -۱۸/۲۸* | -۴۷/۲۸ ^{ns} | -۸/۰۰** | -۸۳/۷۵* | -۵/۰۰ ^{ns} | -۱۱/۱۵** | -۱۵/۰۰** | GG _N =W _{RIL} -W _P |
| ۲۵۶/۸۶** | ۱۱/۴۵* | ۱۴/۵۶ ^{ns} | ۵۶۴/۷۵* | ۱۰/۲۵ ^{ns} | ۲۰۴/۰۰** | ۴/۷۵ ^{ns} | ۲/۷۵* | ۲/۰۰ ^{ns} | GG _P =B _{RIL} -B _P |
| ۳۴/۰۷ | ۱۰/۶۲ | ۱۳/۵۳ | ۳۳/۵۲ | ۲۶/۷۴ | ۲۷/۸۳ | ۱۶/۱۵ | ۲/۸۹ | ۲/۰۰ | GCV(%) |
| ۴۳/۶۴ | ۱۷/۶۶ | ۱۷/۱۹ | ۴۰/۱۹ | ۳۴/۱۴ | ۳۲/۳۴ | ۲۱/۷۷ | ۳/۴۵ | ۲/۷۸ | PCV(%) |
| ۲۶/۷۶ | ۱۱/۷۸ | ۱۰/۳۹ | ۲۲/۱۷ | ۲۱/۲۱ | ۱۶/۴۷ | ۱۴/۵۹ | ۱/۴۲ | ۱/۴۲ | ECV(%) |
| ۳۷/۲۵ | ۵/۲۶ | ۱۴/۹۹ | ۲۶/۴۵ | ۱۶/۳۱ | ۱۸۵/۰۰ | ۱۳/۹۱ | ۵/۸۶ | ۲/۲۸ | GC _{5%} |
| ۰/۶۰ | ۰/۳۶ | ۰/۶۲ | ۰/۶۹ | ۰/۶۱ | ۰/۷۴ | ۰/۵۵ | ۰/۷۰ | ۰/۵۱ | h ² |

(Pcv) ضریب تنوع فنوتیپی؛ (Gcv) ضریب تنوع ژنوتیپی؛ (Ecv) ضریب تنوع محیطی؛ (GC_{5%}) بازده زنتیکی برای ۵ درصد گزینش؛ (h²) توراث پذیری خصوصی؛ (DHE) تعداد روز تا سنبله دهی؛ (DAnth) تعداد روز تا گرده افشانی؛ (PLH) ارتفاع گیاه؛ (spike) تعداد سنبله در متر مربع؛ (GN spike) تعداد دانه در سنبله؛ (BY) عملکرد بیولوژیک؛ (TGW) وزن هزار دانه؛ (HI) شاخص برداشت؛ (GY) عملکرد دانه.

جدول ۳- ضرایب همبستگی ساده برای ۹ صفت فنولوژیک و مورفولوژیک در لینه‌های اینبرد نوترکیب گندم حاصل از تلاقی Babax و SeriM82

| HI (%) | TGW (g) | BY (Kgha ⁻¹) | GN spike | Spike (m ⁻²) | PLH (cm) | DAnth | DHE | |
|---------|----------------------|--------------------------|---------------------|--------------------------|---------------------|----------------------|----------------------|----------|
| | | | | | | | ۰/۷۸۶** | DAnth |
| | | | | | | -۰/۰۳۳ ^{ns} | -۰/۰۶۱ ^{ns} | PLH |
| | | | | | ۰/۳۲۶** | -۰/۲۹۱** | -۰/۳۱۶** | Spike |
| | | | | -۰/۰۳۱ ^{ns} | -۰/۳۷۴** | ۰/۳۰۹** | ۰/۲۶۴** | GN spike |
| | | | ۰/۱۴۶* | ۰/۳۸۰** | ۰/۳۰۹** | -۰/۰۳۵ ^{ns} | -۰/۰۵۹ ^{ns} | BY |
| | | -۰/۰۵۶ ^{ns} | ۰/۰۳۷ ^{ns} | -۰/۰۱۷ ^{ns} | ۰/۰۱۱ ^{ns} | ۰/۰۹۷ ^{ns} | ۰/۰۹۱ ^{ns} | TGW |
| | -۰/۰۶۰ ^{ns} | -۰/۰۰۴ ^{ns} | ۰/۲۱۹** | ۰/۱۵۳* | ۰/۱۲۹ ^{ns} | ۰/۰۹۳ ^{ns} | ۰/۰۸۹ ^{ns} | HI |
| ۰/۴۱۷** | -۰/۰۷۳ ^{ns} | ۰/۸۹۷** | ۰/۲۴۷** | ۰/۳۹۹** | ۰/۳۵۱** | ۰/۰۱۸ ^{ns} | -۰/۰۱۲ ^{ns} | GY |

ns * و ** به ترتیب عدم تفاوت معنی دار و معنی دار بودن در سطوح احتمال پنج و یک درصد. (DHE) تعداد روز تا سنبله دهی؛ (DAnth) تعداد روز تا گرده افشانی؛ (PLH) ارتفاع گیاه؛ (spike) تعداد سنبله در متر مربع؛ (GN spike) تعداد دانه در سنبله؛ (BY) عملکرد بیولوژیک؛ (TGW) وزن هزار دانه؛ (HI) شاخص برداشت؛ (GY) عملکرد دانه.

را توجیه کردند. این QTLها به ترتیب دارای اثر افزایشی ۳۸/۱۱- و ۳۶/۱۸- بودند و با نشانگرهای *aac/cac-5* و *wPt-2095* لینکاژ داشتند. QTLهای مذکور با بعضی از QTLهای سایر صفات هم مکان می‌باشند، چنان که عملکرد بالا با افزایش عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، تعداد روز تا گرده‌افشانی و تعداد روز تا سنبله‌دهی همراه است. (Huang et al. 2003) با بررسی عملکرد و اجزا عملکرد و هفت صفت زراعی در جمعیت *F1*، *BC2*، حاصل از تلاقی یک گندم زمستانه و یک لاین ساختگی گندم، در مجموع ۳۵ QTL برای عملکرد و اجزا آن روی کروموزوم‌های *1A*، *1B*، *2A*، *2B*، *3B*، *4D*، *5A*، *5B*، *5D*، *6A*، *7A*، *7B* و *7D* شناسایی کرد. برخی از QTLهای مذکور دارای اثرات پلیوتروپیک بوده و در چندین صفت تکرار شدند. فقط ۶ QTL از مجموع ۳۵ QTL گزارش شده دارای LOD بیشتر از ۳ بودند. (Marza et al. 2005) با بررسی یک جمعیت *RIL* گندم حاصل از تلاقی *clarkxning 7840* در بیش از یک محیط و با ارزیابی هر یک از محیط به طور مجزا ۲۰۶ QTL اصلی را برای ۱۵ صفت شامل عملکرد و اجزا آن و صفات زراعی مهم گندم گزارش کردند. QTLهای عملکرد دانه و اجزا آن در این تحقیق روی کروموزوم‌های *1A*، *1B*، *2B*، *3B*، *4A*، *4B*، *5A*، *5B*، *6B*، *7A* و *7D* ژنوم گندم نان قرار داشتند. برای صفات فنولوژی تعداد روز تا گرده‌افشانی و تعداد روز تا سنبله دهی ۵ QTL بر روی کروموزوم‌های *2D* و *1B* شناسایی شد که بین ۵ تا ۱۶ درصد از واریانس فنوتیپی را توجیه کردند. (Shindo et al. 2003) QTLهایی را برای زمان گلدهی بر روی کروموزوم‌های *7A* گزارش کرده‌اند که حساسیت نوری و زمان گلدهی را کنترل کردند. برای تعداد دانه در سنبله، یک QTL برای شرایط نرمال و یکی برای شرایط تنش شوری شناسایی شد. که هر دو ۷ درصد از واریانس فنوتیپی را تبیین کرده‌اند. دو QTL به ترتیب بر روی کروموزوم‌های *6B* و *3B* برای شرایط نرمال و شوری شناسایی شد. QTL تعداد دانه در سنبله برای شرایط نرمال با QTL عملکرد بیولوژیک هم مکان بود. (Marza et al. 2006) نیز در بررسی یک جمعیت *RIL* حاصل از تلاقی *Ning 7840* و

($r=0/897^{**}$) تعلق داشت. همبستگی صفت تعداد روز تا سنبله دهی و تعداد روز تا گرده‌افشانی بالا و بسیار معنی‌دار بود ($r=0/786^{**}$). همبستگی‌های بالای بین صفات ممکن است ناشی از هم مکانی QTLهای کنترل‌کننده آنها باشد. علاوه بر این، ممکن است تنوع یک صفت تنوع صفات دیگر را تشریح نماید (Siahsar et al. 2008)

QTL های کنترل کننده صفات فنولوژیک مربوط به ۱۶۷ لاین خالص نوترکیب گندم حاصل از تلاقی *Seri M82* و *Babax* در شرایط بدون تنش و اعمال تنش در جدول ۴ و شکل ۱ و برای میانگین آنها (Siahsar et al. 2009; Taleei et al. 2009; Siahsar and Narouei 2010) در جدول ۵ و شکل ۱ نشان داده شده است. برای صفات مورد بررسی در مجموع ۲۷ عدد QTL (۱۲ عدد برای شرایط نرمال، ۵ عدد برای شرایط تنش شوری و ۱۰ عدد برای میانگین دو شرایط) بدست آمد. واریانس فنوتیپی توجیه شده به وسیله این QTLها از ۵/۰ تا ۱۶/۰ درصد متغیر بود. بیشترین و کمترین واریانس فنوتیپی به ترتیب برای صفات تعداد روز تا گرده افشانی، وزن هزار دانه در شرایط نرمال و تنش شوری بدست آمد. LOD در دامنه ۴/۰۵-۲/۵۲ قرار داشت. بیشترین و کمترین LOD به ترتیب مربوط به QTL های شاخص برداشت و وزن هزار دانه در میانگین دو شرایط نرمال و تنش شوری و شرایط تنش شوری بود.

در شرایط نرمال دو QTL برای عملکرد دانه (*Q2gy* و *Q1gy*) بر روی کروموزوم‌های *2(1B)* و *7A(19)* به ترتیب در جایگاه‌های ۵۷/۵۰ و ۶۹/۰ سانتی مورگان شناسایی شد که در مجموع ۱۵/۰۳ درصد از واریانس فنوتیپی این صفت را توجیه کردند. این QTL ها به ترتیب با نشانگرهای *Gwm413* و *wPt-1748* پیوستگی داشتند و دارای اثر افزایشی ۸۹/۷۰ و ۸۰/۶۹ بودند. در شرایط تنش شوری هیچ QTL برای عملکرد دانه شناسایی نشد. در میانگین دو شرایط نرمال و تنش شوری برای عملکرد دانه دو QTL (*Q1larm* و *Q2larm*) روی کروموزوم‌های *8(3B)* و *17(6B)* در جایگاه ۱۱۸/۵۱ و ۲۷/۶۱ سانتی مورگان شناسایی شدند که در مجموع ۱۴/۲۰ درصد از واریانس فنوتیپی این صفت

برخوردار باشند (Yadav et al. 2003). این مسئله به ویژه برای اصلاح‌گران گندم نیز صدق می‌کند، چرا که این محصول چند منظوره در اقصی نقاط جهان با شرایط اقلیمی متفاوت کشت می‌شود. برای مقاصد اصلاحی اولین مسئله پایداری در ظهور QTL های نقشه‌یابی شده‌ای است که ممکن است کاندیدای گزینش به کمک نشانگر باشند. پایداری QTL ها در محیط‌ها و زمینه‌های ژنتیکی مختلف، مهمترین بخش گزینش به کمک نشانگر است. برای ارزیابی پایداری اثرات QTLها، جامعه نقشه‌کشی باید در شرایط محیطی و زمینه‌های ژنتیکی متفاوت مورد مطالعه قرار گیرد. در دو شرایط مورد مطالعه و میانگین آنها، اکثر QTLهای نقشه‌یابی شده از پایداری لازم برخوردار نبودند. به عبارت دیگر برای یک صفت در دو شرایط مورد بررسی و میانگین آنها، QTLهای متنوعی به دست آمد. یا اینکه، محل قرارگیری آنها کمی تفاوت داشت و یا اثرات آلی آنها متفاوت بود. در تجزیه QTL ممکن است محل قرارگیری یک QTL در جایگاه خاصی تعیین شود، در حالی که محل قرارگیری واقعی آن تا چندین سانتی‌مورگان از آن فاصله داشته باشد (Kearsey and Farquhar 1998). در تجزیه QTL تکرار آزمایش در چند محیط می‌تواند از اهمیت خاصی برخوردار باشد چرا که، بعضی از QTLها محیط اختصاصی هستند و در صورت عدم تکرار در محیط شناسایی نخواهند شد. گرچه جامعه گیاهی، نرم‌افزار، تابع نقشه‌کشی و تعداد و نوع نشانگرهای مورد استفاده نیز عواملی هستند که ممکن است نتایج بدست آمده یکسان نباشند (Siahsar and Narouei 2010). اثر QTL×E در مطالعات زیادی (Lu et al. 1996; Yadav et al. 2003; Cogan et al. 2005) مشاهده شده است. عوامل محیطی از جمله شوری اندازه‌های کمی صفات را تحت تاثیر قرار می‌دهند. به عبارت دیگر میزان تنوع ممکن است در درجات متفاوت شوری متنوع باشد و موجب ناپایداری QTL ها شدند. علاوه بر این مقادیر متفاوت خطا در آزمایشات متفاوت نیز ممکن است موجب ناپایداری QTL شود. لذا برای اینکه بتوان از QTLها در جهت بهبود ارقام زراعی استفاده کرد، نیاز به مطالعات زیادی در سال‌ها، مکان‌ها، زمینه‌های ژنتیکی متفاوت و همچنین جمعیت‌های مختلف می‌باشد. آثار آلی مثبت و منفی مربوط به QTLها، توجیه‌کننده

Clark تعداد ۸ QTL را برای تعداد دانه بر روی کروموزوم‌های 1A، 1B، 2B، 3B، 2D، 6A و 4B شناسایی کردند. Ghaderi et al. (2008) نیز سه QTL بر روی کروموزوم‌های 1D، 4D و 6B با اثرات افزایشده آلی نشات گرفته از هر دو والد Babax و Seri M82 در شرایط تنش خشکی مشاهده کردند. تعداد یک QTL برای شرایط نرمال، دو QTL برای شرایط تنش شوری و یک QTL برای میانگین دو شرایط نرمال و شوری برای شاخص برداشت شناسایی شد که بر روی کروموزوم‌های 3B، 2D و 7A قرار گرفته است. این QTLها به ترتیب در جایگاه ۱۱۸/۵۱، ۷۰/۷۱، ۹۹/۳۱ و ۹۹/۳۱ برای شرایط نرمال، شوری و میانگین دو شرایط واقع شده است و به ترتیب دارای اثر افزایشی ۱/۴۷، -۱/۲۲، ۱/۳۵ و -۱/۱۶ برای شرایط نرمال، شوری و میانگین دو شرایط بود. (Quarrie et al. 2006) نیز با بررسی بر روی یک جمعیت هاپلوئید مضاعف Chinese Spring×SQ1 یک QTL برای شاخص برداشت را بر روی کروموزوم 7A گزارش کردند که افزایش شاخص برداشت در این QTL با QTL کنترل-کننده عملکرد دانه بالا همپوشانی داشت. (Ghaderi et al. 2008) نیز تعداد ۵ QTL برای شاخص برداشت بر روی کروموزوم‌های 1B، 1D، 5A، 6B و 7A لینه‌های اینبرد حاصل از تلاقی دو والد Seri M82 و Babax در شرایط تنش خشکی شناسایی کردند. آنها عنوان کردند که ال‌های افزایشده برای QTLهای شناسایی شده صفت شاخص برداشت، از هر دو والد Seri M82 و Babax به ارث رسیده‌اند که حکایت از داشتن ال‌های مفید هر دو والد برای این دو صفت دارند. در شرایط نرمال سه QTL برای عملکرد بیولوژیک بر روی کروموزوم‌های 4A و 6B به ترتیب در جایگاه های ۱۰۶/۳۱، ۱۹/۱۱ و ۲۷/۶۱ شناسایی شد که در مجموع ۲۰ درصد از واریانس فنوتیپی این صفت را توجیه کردند. این QTL ها به ترتیب با نشانگرهای actcag-4، aac-caa-2 و wpt-2095 پیوستگی داشتند و دارای اثر افزایشی ۱۰۸/۷۲، -۱۲۴/۳۷ و ۱۰۶/۸۵ بودند. برای عملکرد بیولوژیک در شرایط میانگین دو شرایط یک QTL روی کروموزوم 6B شناسایی شد. از مهمترین اهداف اصلاح‌گران نباتات، اصلاح ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا و کیفیت برتر است که در محیط‌های متفاوت از پایداری لازم

جدول ۴-QTL های ۹ صفت مربوط به ۱۶۷ لاین خالص نوترکیب گندم در شرایط نرمال و تنش شوری

| R ² | اثر آلی (افزایشی) | | LOD | | موقعیت | نزدیکترین نشانگر | نام کروموزوم | QTL | صفت | |
|----------------|-------------------|---------|-------|-------|--------|------------------|--------------|--------|--------|---------------------|
| | تنش | نرمال | تنش | نرمال | | | | | | |
| ۸/۰ | - | ۰/۵۹ | - | ۳/۳۴ | - | ۵۷/۱۱ | aca/caa-3 | 2(1B) | Q1dhen | DHE |
| ۹/۰ | - | ۰/۶۰ | - | ۳/۴۴ | - | ۶۴/۹۱ | agg/cat-18 | 2(1B) | Q2dhen | |
| ۵/۰۱ | - | ۰/۵۱ | - | ۲/۵۷ | - | ۵۷/۵۱ | gwm413 | 2(1B) | Qdfln | Danth |
| ۱۶/۰ | - | -۰/۷۵ | - | ۳/۲۹ | - | ۴۶/۵۱ | gwm132a | 6(2D) | Qdfln | |
| ۸/۱۰ | - | ۰/۷۸ | - | ۳/۴۲ | - | ۳۷/۵۱ | wPt-5281 | 2(1B) | Qdsts | |
| - | ۹/۱۲ | - | ۱۸/۲۵ | - | ۲/۸۷ | ۱۱/۱۱ | wPt-1770 | 3(1D) | Qdkhs | Spikem ² |
| ۷/۰ | - | -۱/۴۷ | - | ۲/۵۴ | - | ۲/۰۱ | wPt-3774 | 17(6B) | Qdfln | Gn-Spike |
| - | ۷/۱ | - | -۲/۲۱ | - | ۲/۹۷ | ۱۱۲/۲۱ | wPt-1940 | 8(3B) | Qdmas | |
| ۷/۰ | - | -۱۰۸/۷۲ | - | ۲/۸۲ | - | ۱۰۶/۳۱ | act-cag-4 | 10(4A) | Qdmin | BY |
| ۸/۱ | - | -۱۳۴/۳۷ | - | ۳/۶۳ | - | ۱۹/۱۱ | aac-caa-2 | 17(6B) | Q2dmin | |
| ۶/۰ | - | ۲۷/۶۱ | - | ۲/۷۴ | - | ۲۷/۶۱ | wPt-2095 | 17(6B) | Q3dmin | |
| - | ۵/۰ | - | ۰/۸۶ | - | ۲/۵۲ | ۱۸/۸۱ | wmc0532 | 7(3A) | Qgfps | TGW |
| ۱۳/۲ | - | -۱/۴۷ | - | ۳/۶۶ | - | ۱۱۸/۵۱ | aac-cac-5 | 8(3B) | Q1dkhn | H1 |
| - | ۵/۲۳ | - | ۱/۲۲ | - | ۲/۸۳ | ۷۰/۷۱ | wPt-0298 | 6(2D) | Qphts | |
| - | ۷/۱ | - | -۱/۳۵ | - | ۳/۲۰ | ۹۹/۳۱ | aag-ctg-7 | 19(7A) | Qphts | |
| ۶/۰ | - | ۸۹/۷۰ | - | ۲/۷۰ | - | ۵۷/۵۰ | gwm413 | 2(1B) | Qgyn | GY |
| ۹/۰۳ | - | ۸۰/۶۹ | - | ۲/۸۶ | - | ۶۹/۰۰ | wPt-1748 | 19(7A) | Qgyn | |

(DHE) (تعداد روز تا سنبله دهی؛ DANth) (تعداد روز تا گرده افشانی؛ PLH) (ارتفاع گیاه؛ spike) (تعداد سنبله در متر مربع؛ GN spike) (تعداد دانه در سنبله؛ BY) عملکرد بیولوژیک؛ (TGW) (وزن هزار دانه؛ HI) شاخص برداشت؛ (GY) عملکرد دانه.

دو ژن یا اثر پلیوتروپی یک ژن است. پلیوتروپی به طور همزمان دو یا چند صفت (اجزای فرعی صفات) را کنترل می‌کند و وقتی یک صفت انتخاب شود، موجب کاهش یا افزایش همزمان صفات همبسته می‌شود. در پلیوتروپی همبستگی بین صفات هرگز شکسته نمی‌شود (Siahsar and Narouei 2010)

همبستگی‌های مثبت و منفی موجود بین صفات بود (جدول‌های ۴ و ۵). به عبارت دیگر، آثار آلی هم علامت موجب همبستگی مثبت و آثار آلی با علامت مخالف موجب همبستگی منفی صفات شد. هم مکانی چند QTLها موجب همبستگی‌های بالای صفات شده است. هم مکانی بین QTLها بواسطه لینکاژ بین

جدول ۵- QTL های ۹ صفت مربوط به تنش اسمزی در مرحله جوانه زنی در ۱۶۸ لاین خالص نوترکیب گندم در میانگین شرایط نرمال و تنش اسمزی

| صفت | QTL | نام کروموزوم | نزدیکترین نشانگر | موقعیت QTL | LOD | اثر افزایشی | R ² |
|-------|--------|--------------|------------------|------------|------|-------------|----------------|
| DHE | Qdf1m | 2(1B) | agg/cac-3 | ۶۵/۴۱ | ۳/۹ | ۰/۷۷ | ۹/۰ |
| Danth | Q1dmam | 2(1B) | wPt-5281 | ۳۹/۵۱ | ۲/۸۱ | ۰/۶۰ | ۸/۰۱ |
| | Q2dmam | 2(1B) | aca-cac-5 | ۵۳/۴۱ | ۲/۵۶ | ۰/۶۶ | ۸/۰ |
| | Q3dmam | 2(1B) | agg-cac-3 | ۶۵/۴۱ | ۲/۶۷ | ۰/۶۳ | ۶/۲۱ |
| | Qdmam | 19(7A) | aag-ctg-7 | ۹۹/۳۱ | ۲/۷۸ | -۰/۷۱ | ۷/۱ |
| BY | Qnnum | 17(6B) | wPt-4930 | ۲۷/۴۱ | ۲/۷۶ | -۸۰/۵۵ | ۸/۰ |
| TGW | Qmlm | 7(3A) | wmc0532 | ۱۸/۸۱ | ۲/۶۰ | ۰/۹۱ | -۶/۲ |
| HI | Qhim | 19(7A) | aag-ctg-7 | ۹۹/۳۱ | ۴/۰۵ | -۱/۱۶ | ۸/۲ |
| GY | Qlarm | 8(3B) | aac-cac-5 | ۱۱۸/۵۱ | ۳/۲۲ | -۳۸/۱۱ | ۷/۹ |
| | Q2larm | 17(6B) | wPt-2095 | ۲۷/۶۱ | ۲/۷۴ | -۳۶/۱۸ | ۶/۳ |

DHE) تعداد روز تا سنبله دهی؛ DANth) تعداد روز تاگرده افشانی؛ PLH) ارتفاع گیاه؛ spike) تعداد سنبله در متر مربع؛ GN spike) تعداد دانه در سنبله؛ BY) عملکرد بیولوژیک؛ TGW) وزن هزار دانه؛ HI) شاخص برداشت؛ GY) عملکرد دانه.

Babax به منظور اصلاح و جدا سازی لاین‌های برتر جهت آزاد سازی برای استفاده معمول درست نشده است.

(Siahsar et al. 2008). همچنین ژن‌های خوشه‌ای صفات متفاوت ممکن است موجب همپوشانی QTLها شوند. با این وجود، برای فهم این که ماهیت نواحی کنترل‌کننده بیشتر از یک صفت، ناشی از پلیوتروپی، لینکاژ ژنی یا ژن‌های خوشه‌ای است، نقشه با چگالی بالا برای نقشه‌یابی مورد نیاز می‌باشد. اگرچه برای صفات فنولوژیک و فیزیولوژیک لاین‌های اینبرد گندم در این تحقیق QTLهای زیادی در دو شرایط نرمال و تنش شوری تعیین شد و پاره‌ای از آنها از پایداری لازم برخوردار بودند، ولی به نظر می‌رسد که بیشتر آنها در شرایط متفاوت مورد بررسی از پایداری لازم برخوردار نباشند و در بعضی از موارد پایداری آنها کم بود. بنابراین بازده گزینش به کمک نشانگر در این جامعه محدود خواهد بود. چرا که محیط نقش بسزایی در تظاهر فنوتیپی صفات دارد و جامعه حاصل از Seri M82 و

منابع

- Aharizad S, Sabzi M, Mohammadi SA, Khodadadi E (2012) Multivariate analysis of genetic diversity in wheat (*Triticum aestivum* L.) recombinant inbred lines using agronomic traits. *Annals of Biological Research* 3:2118-2126.
- Asgari HR, Cornelis W, Van Damme W (2012) Salt stress effect on wheat (*Triticum aestivum* L.) growth and leaf ion concentrations. *International Journal of Plant Production* 6:195-208.
- Ayoub M, Armstrong E, Bridger G, Fortin MG, Mather DE (2003) Marker-based selection in barley for a QTL region affecting alpha amylase activity of malt. *Crop Science* 43: 556-561.

- Blanco A, Mangini G, Giancaspro A, Giove S, Colasuonno P, Simeone R, Signorile A, De Vita P, Mastrangelo AM, Cattivelli L, Gadaleta A (2011) Relationships between grain protein content and grain yield components through quantitative trait locus analyses in a recombinant inbred line population derived from two elite durum wheat cultivars. *Molecular Breeding* 10:1007-1032.
- Broman KW, Speed TP (1999) A review of methods for identifying QTLs in experimental crosses. *Statistical Molecular Biology Genetics, IMS Lecture. Notes Monograph Series* 33: 42-114.
- Borner A, Schumann E, Furst A, Coster H, Leithold B, Roder MS, Weber WE (2002) Mapping of quantitative trait loci determining agronomic important characters in hexaploid wheat. *Theoretical Applied Genetics* 105: 921-936.
- Cogan NOI, Smith KF, Yamada T, Francki MG, Vecchies AC, Jones ES, Spangenberg GC, Forster JW (2005) QTL analysis and comparative genomics of herbage quality traits in perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.). *Theoretical Applied Genetics* 110: 364-380.
- FAO (2008) FAOSTAT. Land and plant nutrition management service. Available at <http://www.fao.org/ag/Agl/agll/spuch>.
- Farshadfar E (2009) *New Discussions Biometrical Genetics*. Islamic Azad University Press. Kermanshah. Iran. (In farsi)
- Ghaderi MGh (2008) Mapping of quantitative trait loci associated with drought tolerance in wheat. Dissertation. University of Tehran. Iran (In farsi).
- Ghaderi MG, Zeinalikhanghah H, Hosseinzadeh AH, Taleii AR, Naghavi MR (2008) Evaluation of relationships between grain yield, yield components and the other characteristics associated with grain yield in bread wheat using multivariate statistical analysis. *Iranian Journal of Crop Research* 7:572-582 (in Persian).
- Han F, Romagosa I, Ullrich SE, Jones BL, Hayes PM, wesenberg D (1997) Molecular marker-assisted selection for malting quality traits in barley. *Molecular Breeding* 3: 427-437.
- Huang XQ, Cloutier S, Lycar L, Radovanovic N, Humphreys DG, Noll JS, Somers DJ, Brown PD (2006) Molecular dissection of QTLs for agronomic and quality traits in a doubled haploid population derived from two Canadian wheats (*Triticum aestivum* L.). *Theoretical Applied Genetics* 113:753-766.
- Kearsey MJ, Farquhar AGL (1998) QTL analysis in plants: where are we now? *Heredity* 80:137-142.
- Lu C, Shen L, Tan Z, Xu Y, He P, Chen Y, Zhu L (1996) Comparative mapping of QTL for agronomic traits in rice across environments using a doubled haploid population. *Theoretical Applied Genetics* 93: 1211-1217.
- Marza F, Bai GH, Carver BF, Zhou WC (2006) Quantitative trait loci for yield and related traits in the wheat population Ning7840 Clark. *Theoretical Applied Genetics* 112: 688-698.
- McIntyre CL, Mathews KL, Rattey A, Drenth J, Ghaderi M, Reynolds M, Chapman SC, Shorter R (2010) Molecular detection of genomic regions associated with grain yield and yield components in an elite bread wheat cross evaluated under irrigated and rainfed conditions. *Theoretical Applied Genetics* 120: 527-541.
- Munns R, James RA, Lauchli A (2006) Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. *Journal of Experimental Botany* 57:1025-1043
- Munns R, Tester (2008) Mechanisms of salinity tolerance. *Annual Review of Plant Biology* 59:651-681
- Nourkhalaj K, Khodarahmi M, Amini A, Esmaeilzadeh M, Sadegh fulmoghadam R (2009) Study on correlation and causation relations of morphological traits in synthetic wheat lines. *Agronomy Journal* 6:7-17 (in Persian).
- Olivares-Villegas JJ, Reynolds MP, McDonald GK (2007) Drought adaptive attributes in the Seri/Babax hexaploid wheat population. *Functional Plant Biology* 34:189-203.
- Pitman MG, Lauchli A (2002) Global impact of salinity and agricultural ecosystems. In: Lauchli A, Lutge U (eds.). *Salinity :Environment-Plants-Molecules*. Dordrecht: Kluwer 3-20.
- Quarrie SA, Quarrie SP, Radosevic R, Rancic D, Kaminska A, Barnes JD, Leverington M, Ceoloni C, Dodig D (2006) Dissecting a wheat QTL for yield present in a range of environments: from the QTL to candidate genes. *Journal of Experimental Botany* 57:2627-2637.
- Rebetzke GJ, Condon AG, Richard RA, Farquhar GD (2005) Inheritance of reduced carbon isotope discrimination in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *Euphytica* 150:97-106.
- Shindo C, Tsujimoto H, Sasaki T (2003) Segregation analysis of heading traits in hexaploid wheat utilizing recombinant inbred lines. *Heredity* 90: 56-63.
- Siahsar BA, Taleii AR, Peighambari SA, Naghavi MR (2008) Mapping QTL of forage quality-related traits of barley. *Iranian Journal of Field Crop Science* 40: 35-45 (in farsi).
- Siahsar BA, Peighambari SA, Taleii AR, Naghavi MR, Nabipour A, Sarrafi A (2009) QTL analysis of forage quality traits in barley (*Hordeum vulgare* L.). *Cereal Research Communications* 37: 479-488.
- Siahsar BA, Narouei M (2010) Mapping QTLs of physiological traits associated with salt tolerance in Steptoe×Morex doubled haploid lines of barley at seedling stage. *Journal of Food, Agriculture Environment* 8: 751-759.
- Snap JW, Foulkes MJ, Simmonds J, Leverington M, Fish LJ, Wang Y, Ciavarrella M (2007) Dissecting gene×environmental effects on wheat yields via QTL and physiological analysis. *Euphytica* 154: 401-408.
- Suzuky Pinto R, Matthew P, Reynolds KL, Mathews C, McIntyre L, Olivares-Villegas JJ, Chapman SC (2010) Heat and drought adaptive QTL in a wheat population designed to minimize confounding agronomic effects. *Theoretical Applied Genetics* 121:1001-1021.

Taleei A, Siah SAR BA, Peighambari SA (2009) QTL mapping of forage quality-related traits in barley. In: Bio-Science and Bio-Technology. Springer, Berlin, Heidelberg (Book Chapter).

Yadav RS, Bidinger FR, Hash CT, Yadav YP, Yadav OP, Bhatnagar SK, Howarth CJ (2003) Mapping and characterization of QTL×E interactions for traits determining grain and stover yield in pearl millet. Theoretical Applied Genetics 106L: 512-520.

Zafarnaderi N, Aharizad S, Mohammadi SA (2013) Relationship between grain yield and related agronomic traits in bread wheat recombinant inbred lines under water deficit condition. Annals of Biological Research 4:7-11.

Zakizadeh M, Esmaeilzadeh Moghaddam M, Kahrizi D (2010) Study on genetic variation and relationship between plant characteristics and grain yield in long spike bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes using multivariate analysis. Iranian Journal of Crop Sciences 12:18-30 (in persian)

Archive of SID