مجله به‌نژادی نهال و بذر
جلد ۱-۲۹، شماره ۳، سال ۱۳۹۲

برآورد عمل ژن و پارامترهای ژنتیکی صفات مرتبط با کیفیت نانوایی در گندم هگزاپلوئید (*Triticum aestivum* L.)

Estimation of Gene Action and Genetic Parameters for Bread Making Quality Attributes in Hexaploid Wheat (*Triticum aestivum* L.)

فرهاد صادقی[۱]، حمید دهقانی[۲]، گودرز نجفیان[۳] و مصطفی آقائی سربرزه[۴]

۱ و ۲- به ترتیب دانشجوی سابق دکتری اصلاح نباتات و دانشیار، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ترتیبت مدرس، تهران
۳ و ۴- دانشیار، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، کرج

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۶/۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۱۰/۲۱

چکیده

صادقی، ف.، دهقانی، ح.، نجفیان، گ. و آقائی سربرزه، م. ۱۳۹۲. برآورد عمل ژن و پارامترهای ژنتیکی صفات مرتبط با کیفیت نانوایی در گندم هگزاپلوئید (*Triticum aestivum* L.). **مجله به‌نژادی نهال و بذر ۱-۲۹:** ۴۶۵ - ۴۴۳.

به منظور برآورد عمل ژن‌ها و وراثت‌پذیری صفات مرتبط با کیفیت نانوایی در گندم نان از تلاقی‌های دای‌آلل کامل شش رقم گندم تجاری به نام‌های اترک، اروند، زرین، کرج-۳، MV-17 و نوید استفاده شد. برای تهیه مواد ژنتیکی آمیزش‌های دو طرفه بین والدین در سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸ و آزمایش اصلی در یک طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ درایستگاه تحقیقاتی ماهی‌دشت کرمانشاه انجام شد. صفات مرتبط با کیفیت نانوایی یادداشت‌برداری و به روش دی‌آلل دیپلوئیدی و تریپلوئیدی تجزیه و تحلیل شدند. نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، اختلاف معنی‌داری را بین ژنوتیپ برای صفات مورد مطالعه در سطح احتمال یک درصد نشان داد. نتایج تجزیه و تحلیل گرافیکی نشان داد سهم اثر افزایشی ژن‌ها در کنترل بیشتر صفات مرتبط با کیفیت نانوایی بیش از سهم اثر غیرافزایشی است. بیشترین و کمترین میزان وراثت‌پذیری خصوصی به صفت شاخص سختی دانه و عدد فالینگ به‌ترتیب با ۷۹ درصد و ۳۱ درصد تعلق گرفت. واریانس افزایشی وابسته به جنین و اندوسپرم برای صفات درصد پروتئین دانه، سختی بذر، درصد جذب آب آرد، درصد گلوتن‌تر و شاخص گلوتن مشابه واریانس افزایشی به روش هیمن بود. اثر مادری به روش هیمن برای صفات مرتبط با کیفیت نانوایی همانند روش تجزیه تریپلوئیدی معنی‌دار بود. با توجه به این که سهم اثر افزایشی در کنترل وزن هزار دانه، درصد پروتئین دانه، درصد رطوبت دانه، سختی بذر و حجم نان بیشتر و مقدار توارث‌پذیری خصوصی این صفات نیز بالا بود، برای بهبود آن‌ها می‌توان از روش‌های اصلاحی مبتنی بر گزینش استفاده کرد. صفات درصد جذب آب آرد، شاخص گلوتن و عدد فالینگ تحت تاثیر اثر افزایشی و غیرافزایشی بودند که همراه با روش گزینش می‌توان از تلاقی والدین مناسب و گزینش با تاخیر بهره جست.

واژه‌های کلیدی: گندم نان، تجزیه و تحلیل گرافیکی هیمن، خواص نانوایی، تلاقی دی آلل، عمل ژن، وراثت پذیری.

نویسنده مسئول: dehghanr@modares.ac.ir تلفن: ۰۲۱۴۸۲۹۲۰۴۰

مقدمه

گندم نان یکی از محصولات راهبردی کشور و منبع اصلی تامین پروتئین و کالری بوده و به میزان ۴۵ درصد پروتئین و ۵۵ درصد از کالری مورد نیاز مردم کشور را تامین می‌کند. میزان نان مصرفی برای هر نفر در سال بالغ بر ۱۶۰ کیلوگرم است که با توجه به تعداد جمعیت، حدود ۱۱ میلیون تن گندم نیاز سالیانه کشور است. این در حالی است که ۳ تا ۵ میلیون تن گندم در سال وارد کشور می‌شود که در حقیقت برابر با میزان ضایعاتی است که در این بخش متحمل می‌شویم (Anonymous, 2010).

بررسی و تعیین ساختار و پارامترهای ژنتیکی برای افزایش بازدهی روش اصلاحی و نوع عمل ژن به منظور بهبود صفات مرتبط با کیفیت نانوایی ارقام گندم نان از عوامل مهم و اصلی در موفقیت برنامه‌های به‌نژادی گندم نان است.

جوشی و همکاران (Joshi *et al*., 2004) در بررسی ژنتیکی صفات کمی وکیفی ده والد گندم هگزاپلوئید به روش تلاقی دی‌آلل گزارش کردند، اجزای واریانس قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی برای همه صفات معنی‌دار بود. عمل ژن نیز در بیشتر صفات به صورت افزایشی گزارش شد. در این بررسی برای صفت پروتئین دانه رقم Raj 3077 بهترین قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی و ترکیب‌های H2285 × HO2329، HD2428 × Raj 19922 و CPAN 3004 × WH157 بهترین ترکیب‌پذیری خصوصی را نشان دادند.

بارنلارد و همکاران (Barnlard *et al*., 2001) بررسی ژنتیکی صفات کیفی گندم نان به روش تلاقی دی‌آلل به منظور تعیین توارث‌پذیری و قدرت ترکیب‌پذیری را در آفریقای‌جنوبی انجام دادند و توارث‌پذیری صفات کیفی گندم را پیچیده و به‌صورت پلی‌ژنتیک گزارش کردند. آن‌ها همچنین توارث‌پذیری خصوصی بالایی برای صفات وزن هزار دانه، رنگ دانه، هکتولیتر مشاهده کردند. در این پژوهش، همبستگی مثبت و معنی‌داری بین مقدار رسوب SDS، عدد فالینگ، هکتولیتر، حجم نان و میزان پروتئین گزارش شد.

ژو و همکاران (Xue *et al*., 2009) وراثت و قدرت ترکیب‌پذیری صفت پروتئین دانه گندم را در یک طرح تلاقی دی‌آلل ناقص با شرکت بیست ترکیب و نه ژنوتیپ گندم بررسی کردند. نتایج به دست آمده نشان داد که صفات میزان پروتئین دانه، حجم رسوب SDS و میزان گلوتن تر بیشتر به وسیله اثر افزایشی و به مقدار کمتری به وسیله اثر غیرافزایشی ژن‌ها کنترل می‌شود. میزان گلوتن خشک نیز بیشتر به وسیله اثر غیرافزایشی و به میزان کمتری توسط اثر غیرافزایشی ژن‌ها کنترل می‌شود.

کاسکن و همکاران (Coskun *et al*., 2010) بررسی ژنتیکی صفات کمی و کیفی گندم دوروم به روش تجزیه میانگین نسل‌ها را با استفاده از شش نسل و به منظور تعیین اثر و اجزاء ژنتیکی مانند

اثرافزایشی، غالبیت و اپیستازی با استفاده از ترکیب ارقام Fired-33 × Ozberk انجام دادند. آن‌ها عمل ژن‌های کنترل کننده برای صفات دمای کانوپی و حجم رسوب SDS را به صورت افزایشی و غالبیت گزارش و در برخی صفات تحت بررسی نیز اثر اپیستازی مشاهده کردند.

چودری و همکاران (Chowdhery *et al.*, 2005) و مالیک و همکاران (Malik *et al.*, 2005) گزارش کردند، درگندم هدف اصلی افزایش تولید دانه است که با صفات و اجزای عملکرد دانه مانند وزن هزار دانه و وزن هکتولیتر همبستگی دارد. این محققین گزارش دادند، وزن هزار دانه و طول سنبله به وسیله اثر افزایشی ژن‌ها کنترل می‌شوند.

در مطالعات پژوهشگران دیگر مشخص شد که اثر غیر افزایشی و اثر فوق غالبیت در کنترل طول سنبله، تعداد سنبلچه در سنبله و وزن هزار دانه دخالت دارند (Rahim *et al.*, 2006؛ Faroog *et al.*, 2006؛ Habib and Khan, 2003؛ Chowdhry *et al.*, 2005). در صفت وزن هزار دانه عمل ژن به صورت اثر افزایشی گزارش شده است (Mahmood and Chowdhry, 2002). اثر فوق غالبیت برای این صفت نیز گزارش شده است (Lonts, 1986).

تخمین توارث پذیری بالا برای عملکرد و صفات کیفیت دانه گندم توسط بعضی محققین (Riaz and Chowdhry, 2003؛ Ahmad, 1990)، توارث پذیری متوسط توسط گروهی دیگر (Subhani *et al.*, 2000؛ Mahmood and Chowdhry, 2002؛ Fida *et al.*, 2001) و توارث پذیری کم توسط آی‌جیجک و ایلدرم (Aycicek and Yildirim, 2006) گزارش شده است.

بر اساس گزارش‌های مختلف پژوهشگران توارث‌پذیری صفات کمی و کیفی دانه در گندم بالا است (Ketata *et al.*, 1976؛ Hanson, 1963). در صورتی که بعضی از محققین توارث پذیری کم را برای این صفات گزارش کرده‌اند (Fida *et al.*, 2001؛ Aycicek and Yildirim, 2006؛ Singh *et al.*, 2004).

یان و همکاران (Yan *et al.*, 1999) اثر ژنتیکی وابسته به جنین و اندوسپرم روی صفات مالت، آلفا و بتا آمیلاز در گیاه جو به روش نیمه دی‌آلل بررسی کرده و گزارش دادند که تنوع در صفات فوق متاثر از اثر ژنتیکی و محیطی است. تظاهر صفات توسط جنین و اندوسپرم کنترل می‌شود. سهم عمده‌ای از کنترل ژنتیکی صفات توسط اثر افزایشی جنینی و غالبیت اندوسپرمی انجام می‌شود.

شای و همکاران (Shi *et al.*, 2000) در بررسی ژنتیکی اثر جنینی، اندوسپرمی و مادری روی صفات اندازه و شکل بذر برنج مشاهده

کردند تظاهر و کنترل این صفات به طورعمده توسط اثر اصلی ژنتیکی انجام و واریانس اثر مادری بیش سایر اجزاء ژنتیکی بود. واریانس اثر جنینی و اندوسپرمی و اثر متقابل آن‌ها با محیط روی شکل و اندازه دانه برنج معنی‌دار بود. توارث‌پذیری صفات نسبت طول به پهنا و نسبت طول به قسمت کم عرض دانه به ترتیب ۵۸/۶ و ۹/۶۹ درصد بود.

بنابراین به دلیل تنوع در خصوصیات کمی و کیفی گندم به علت چند ژنی بودن آن‌ها لازم است به‌نژادگران شناخت دقیقی در باره ظرفیت آن در نسل های اولیه برنامه اصلاحی خود با هدف آزاد سازی رقم مناسب داشته باشند. با توجه به این که کیفیت نانوائی گندم با میزان پروتئین دانه، میزان و نوع گلوتن، سختی بذر، حجم نان، عدد فالینگ، وزن حجمی (هکتولیتر) و وزن هزار دانه رابطه مستقیم و مثبتی نشان می‌دهد، لذا ضروری است، که بررسی‌های ژنتیکی روی ویژگی‌های کمی و کیفی ارقام تجاری گندم نان کشور انجام شود. هدف از انجام این تحقیق، اطلاع از نحوه توارث صفات مرتبط با کیفیت نانوایی به منظور تعیین نوع روش اصلاحی و امکان ارزیابی و انتخاب افراد برتر در داخل جمعیت ها برای به نژادگران گندم بود.

مواد و روش‌ها

برای تهیه مواد ژنتیکی مورد نیاز و به منظور بررسی صفات مرتبط با کیفیت نانوایی در گندم نان، شش رقم تجاری انتخاب شدند. ارقام انتخابی در سال زراعی۸۹- ۱۳۸۸ در ایستگاه تحقیقاتی ماهی‌دشت، کرمانشاه کاشته شدند. آمیزش‌های دو طرفه بین شش والد یاد شده به منظور تولید نتاج حاصل از تلاقی‌مستقیم و معکوس انجام شد. در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ نیز آزمایش مقایسه کیفی بین شش والد فوق همراه با ۳۰ نتاج دورگ F_2 آن‌ها (جمعاً ۳۶ تیمار) در یک طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. در طول دوره داشت مراقبت‌های زراعی لازم از قبیل کودهی براساس آزمون خاک، آبیاری، مهار علف‌های هرز و مبارزه با آفت سن گندم انجام شد. در زمان رسیدن مزرعه، برداشت از سطح کرت‌های آزمایشی به مساحت ۱/۲ مترمربع با حذف اثر حاشیه‌ای به روش دستی انجام شد. بذرهای برداشتی به منظور اخذ نتیجه بهتر از تجزیه کیفی صفات، برای مدت یک ماه انبار شدند و صفات اندازه‌گیری شده شامل وزن هزار دانه، درصد پروتئین، درصد رطوبت، حجم نان، سختی بذر، میزان جذب آب آرد، عدد فالینگ، میزان گلوتن‌تر و شاخص گلوتن بود که در ازمایشگاه شیمی غلات موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر انجام شد. محاسبات آماری شامل تجزیه واریانس ساده و سپس تجزیه و تحلیل‌های آماری به روش جینکز و هیمن (Jinks and Hayman, 1953) انجام شد و تجزیه تریپلوئیدی روش ژو و ویر (Zhu and Weir, 1994) بر اساس مدل زیر

بود.

$$y_{ijkl} = m + 2Ao_i + Do_{ij} + 3Ae_i + 3De_{ij} + e_{ijkl}$$

در این معادله؛ y_{ijkl} در یک ست تلاقی لاین‌های خالص که شامل نوع تلاقی (k)، لاین مادری (i)، لاین پدری (j) و بلوک (l)؛ m میانگین جامعه؛ Ao، اثر افزایشی وابسته به جنین؛ Do، اثر غالبیت جنینی؛ Ae، اثر افزایشی وابسته به اندوسپرم؛ De، اثر غالبیت اندوسپرمی؛ C، اثر سیتوپلاسمی؛ Bl، اثر بلوک و eijkl، اثر باقیماند است.

برآورد اجزاء واریانس با استفاده از نرم‌افزار Dial98 (Ukai, 2006) انجام شد. اجزای واریانس شامل، واریانس افزایشی (D)، میانگین کواریانس‌های اثر افزایشی و غیرافزایشی (F)، میانگین واریانس غالبیت (H_1)، میانگین واریانس غالبیت که براساس کنش ژن‌ها تصحیح شده است (H_2) و واریانس محیطی(E) برآورد شدند (Moghddam and Amiri Oghan, 2010):

$\sqrt{\frac{H_1}{4D}}$ میانگین درجه غالبیت)

نسبت ژن‌هایی با اثر مثبت و منفی در والدین

$\frac{H_2}{4H_1}$

نسبت ژن‌های غالب به مغلوب در والدین

$$\left[\frac{1/2\sqrt{(4DH_1)+F/2}}{1/2\sqrt{(4DH_1)-F/2)}}\right]$$

وراثت‌پذیری خصوصی

$$h^2n = \frac{D/4}{D/4 + H_1/16 - F/8 + E}$$

نتایج و بحث

مشخصات زراعی و کیفیت نانوائی ارقام گندم نان مورد استفاده در جدول ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- مشخصات زراعی و کیفیت نانوایی ارقام گندم نان مورد استفاده به عنوان‌والدین (بی‌نام، ۲۰۱۰)

Table 1. Agronomic and baking quality characteristics of bread wheat cultivars used as parents (Anonymous, 2010)

Cultivar	رقم	Origin	منشاء	Grawth habit تیپ رشد		Baking quality خواص نانوایی		حجم رسوب SDS	عدد زلنی Zeleni no.	سختی دانه Grain hardness
Arvand	اروند	Iran	ایران	Spring	بهاره	Week	ضعیف	41	29	45
Atrak	اترک	Mexico	مکزیک	Spring	بهاره	Good	خوب	65	33	55
Zarrin	زرین	Turkey	ترکیه	Facultative	بینابین	Medium	متوسط	45	22	55
Karaj-3	کرج-۳	Iran	ایران	Winter	زمستانه	Good	خوب	70	34	56
MV-17		Hungry	مجارستان	Winter	زمستانه	Medium	متوسط	51	29	46
Navid	نوید	Iran	ایران	Facultative	بینابین	Week	ضعیف	46	23	47

تجزیه واریانس برای نه صفت اندازه گیری شده در جدول ۲ ارایه شده است. اثر ژنوتیپ برای کلیه صفات مرتبط با کیفیت نانوایی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود که حاکی از وجود تفاوت‌های ژنتیکی بین ارقام تجاری گندم و نتاج به دست آمده از طریق آمیزش‌های دو طرفه در صفات مورد ارزیابی بود.

نتایج آزمون مقدماتی به روش جینکز و هیمن (۱۹۵۳) نشان داد که شیب خط رگرسیون Wr روی Vr برای صفات مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری از یک نشان نداد. در مقابل اختلاف آن از صفر معنی‌دار بود. علاوه بر این معنی‌دار نبودن آزمون مقایسه میانگین مربعات Wr – Vr برای صفات نشان‌دهنده عدم وجود اثر اپیستازی ژن‌ها در کنترل این صفات بود و می‌توان تجزیه و تحلیل گرافیکی دی‌آلل را به طور کامل برای آن‌ها انجام داد (جدول ۳). تفاوت معنی‌دار شیب خط رگرسیون Wr روی Vr از یک برای صفات وزن هزار دانه، حجم نان و شاخص گلوتن نشان داد که عدم وجود اپیستازی یا اثر متقابل ژن‌های کنترل کننده این صفات صادق نیست. بنابراین اثر متقابل اپیستازی وجود دارد. برای رفع این مشکل و صادق شدن این فرض، برای صفات وزن هزار دانه و حجم نان والد زرین و برای صفت شاخص گلوتن نیز رقم نوید حذف شد و برای بار دوم تجزیه دای‌آلل و آزمون شیب خط رگرسیون Wr روی Vr انجام شد (جدول ۳). یعنی حذف رقم نوید برای این صفات باعث غیر معنی‌دار شدن شیب خط رگرسیون از یک و عدم وجود اثر اپیستازی ژن‌ها را به همراه داشت.

تجزیه واریانس به روش هیمن برای صفات مرتبط با کیفیت نانوایی در جدول ۴ نشان داده شده است. در این جدول آماره‌های a و b برای صفات وزن هزار دانه، درصد پروتئین، درصد رطوبت، حجم نان، سختی بذر، میزان جذب آب آرد، عدد فالینگ، میزان گلوتن‌تر و شاخص گلوتن بود در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. آماره a تنوع ناشی از عمل ژن‌ها با اثر افزایشی و آماره b تنوع ناشی از عمل ژن‌ها با اثر غالبیت را نشان می‌دهند. این آماره‌ها تخمینی از ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی هستند و با توجه به تنوع موجود شرایط انتخاب والد یا ترکیبی با ترکیب‌پذیری مناسب در جهت ارتقاء صفات به ویژه صفات تحت تاثیر اثر افزایشی با توارث پذیری بالا وجود دارد آماره b به اجزای b_1، b_2 و b_3 تفکیک می‌شود (Moghaddam and Amiri Oghan, 2010). جزء b_1 برای کلیه صفات اندازه گیری شده به غیر از صفت وزن هزار دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود و نشانگر اختلاف بین میانگین F_1 ها و متوسط والدها و غالبیت یک طرفه (جهت‌دار) در صفات مورد بررسی بود و وجود هتروزیس متوسط را آشکار کرد. جزء b2 برای تمام صفات در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. آماره یاد شده هتروزیس خاص مرتبط با هر والد را نشان داده و معنی‌دار

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات مرتبط با کیفیت نانوایی در ارقام والدینی گندم و نتاج F_2

Table 2. Analysis of variance for baking quality traits in parental wheat cultivars and F_2s

S.O.V.	منابع تغییرات	درجه آزادی df.	Mean squares میانگین مربعات								
			وزن هزار دانه TKW	میزان پروتئین GPC	حجم نان B.V.	رطوبت دانه MC	سختی دانه KH	درصد جذب آب WA	عدد فالینگ FN	گلوتن تر WG	شاخص گلوتن GI
Replication	تکرار	2	17.52^{**}	0.037^{ns}	14.84^{ns}	0.008^{ns}	1.56^{ns}	0.11^{ns}	1645.8^{ns}	6.92	286.6^{ns}
Genotype	ژنوتیپ	35	17.92^{**}	0.346^{**}	2954.0^{**}	0.116^{**}	19.12^{**}	1.61^{**}	3087.2^{**}	13.50^{**}	564.8^{**}
Error	خطا	70	2.52	0.015	169.8	0.009	0.60	0.06	573.3	1.56	0.6
CV.%	ضریب تغییرات	-	4.08	0.97	2.66	0.89	1.57	0.40	6.79	4.06	1.57

ns و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪.

ns and **: Not significant and significant at 1% probability level, respectively.

TKW: Thousand Kernel Weight; GPC: Grain Protein Content; B.V.: Bread Volume; MC: Moisture Content; KH: Kernel Hardness; WA: Water Absorption; FN: Falling Number; WG: Wet Gluten; GI: Gluten Index.

جدول ۳- آزمون ضریب رگرسیون Wr روی Vr و آزمون اثر اپیستازی (Wr-Vr)

Table 3. Testing of regression coefficient for Wr/Vr and epistatic effect (Wr-Vr)

Parameters	وزن هزار دانه[(۱)] TKW[(1)]	میزان پروتئین GPC	حجم نان[(۱)] B.V.[(1)]	رطوبت دانه MC	سختی دانه KH	درصد جذب آب WA	عدد فالینگ FN	گلوتن تر WG	شاخص گلوتن[(۲)] GI[(2)]
Reg. Coefficient	0.61	1.19	0.66	1.06	0.97	0.65	1.1	0.86	0.76
H_0: b = 1	1.27^{ns}	0.53^{ns}	2.12^{ns}	0.43^{ns}	0.24^{ns}	2.08^{ns}	0.52^{ns}	1.54^{ns}	2.06^{ns}
H_0: b =0	2.83^{*}	3.22^{*}	4.06^{**}	7.57^{**}	8.53^{**}	3.87^{**}	5.64^{**}	4.99^{**}	7.19^{**}
H_0: a =0	0.46^{ns}	0.94^{ns}	2.63^{ns}	5.22^{**}	2.27^{ns}	0.47^{ns}	0.65^{ns}	1.63^{ns}	0.80^{ns}
MS of Wr+Vr	0.01^{**}	106.00^{**}	610273.00^{ns}	102.90^{**}	493856.00^{ns}	46.00^{ns}	8179867.00^{**}	163471.00^{**}	329.70^{**}
MS of Wr-Vr	0.001^{ns}	0.434^{ns}	469.00^{ns}	2.10^{ns}	620485.00^{ns}	0.05^{ns}	299897.00^{ns}	11930.00^{ns}	1.40^{ns}

ns، * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪.

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

(۱): داده‌های مربوط به رقم زرین منظور نشده است.

(1): Data of cultivar Zarrin have not been considered.

(۲): داده‌های مربوط به رقم نوید منظور نشده است.

(2): Data of cultivar Navid have not been considered.

TKW: Thousand Kernel Weight; GPC: Grain Protein Content; B.V.: Bread Volume; MC: Moisture Content; KH: Kernel Hardness; WA: Water Absorption; FN: Falling Number; WG: Wet Gluten; GI: Gluten Index.

جدول ۴- تجزیه واریانس صفات مرتبط با کیفیت نانوایی در ارقام والدینی گندم و نتاج F_2 با استفاده از روش هیمن

Table 4. Analysis of variance for baking quality traits in parental wheat cultivars on F_2s using Human's method

		Mean squares میانگین مربعات								
S.O.V.	درجه آزادی df.	وزن هزار دانه TKW	میزان پروتئین GPC	حجم نان B.V.	رطوبت دانه MC%	سختی دانه KH	درصد جذب آب WA	عدد فالینگ FN	درصد گلوتن تر WG	شاخص گلوتن GI
Replication	2	17.3^{**}	0.03^{ns}	246^{ns}	0.01^{ns}	1.6^{ns}	0.09^{ns}	1339^{ns}	7.1^{*}	97.4^{ns}
a	5	74.2^{**}	1.32^{**}	9220^{**}	0.40^{**}	95.0^{**}	6.50^{**}	5004^{**}	55.8^{**}	1791.3^{**}
b	15	15.3^{**}	0.11^{**}	2057^{**}	0.06^{**}	7.9^{**}	1.10^{**}	2936^{**}	9.1^{**}	596.4^{**}
b1	1	30.6^{**}	0.09^{ns}	3902^{**}	0.65^{**}	23.0^{**}	1.40^{**}	2220^{*}	65.5^{**}	1900.1^{**}
b2	5	18.2^{**}	0.15^{**}	1441^{**}	0.04^{**}	4.5^{**}	1.40^{**}	4718^{**}	5.9^{**}	195.6^{**}
b3	9	12.0^{**}	0.07^{**}	2181^{**}	0.01^{ns}	8.1^{**}	0.84^{**}	2025^{**}	4.6^{**}	656.3^{**}
c	5	2.1^{ns}	0.40^{**}	1617^{*}	0.13^{**}	9.0^{**}	0.67^{**}	3253^{**}	4.1^{*}	137.4^{*}
d	10	1.8^{ns}	0.10^{**}	290^{ns}	0.04^{**}	3.0^{**}	0.47^{**}	1920^{**}	3.7^{*}	63.3^{ns}
Error	70	2.5	0.02	281	0.01	0.6	0.06	446	1.6	38.5
Total	107	839.7	12.79	79638	4.73	714.0	61.00	138461	598.0	16102.0

ns، * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪.

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

TKW: Thousand Kernel Weight; GPC: Grain Protein Content; B.V.: Bread Volume; MC: Moisture Content; KH: Kernel Hardness; WA: Water Absorption; FN: Falling Number; WG: Wet Gluten; GI: Gluten Index.

شدن آن نشان از تفاوت در فراوانی آلل‌های غالب و مغلوب در والدین برای تمام صفات و توزیع نامتقارن ژن‌ها بود. جزء b3 برای بیشتر صفات به غیر از درصد رطوبت دانه معنی‌دار بود. این جزء آن بخش از انحراف غالبیت را که در اصل بیشترین جزء غالبیت بود و برابر با مقدار ترکیب‌پذیری خصوصی در روش گریفینگ و معنی‌دار بود. آماره c برای وزن هزار دانه، درصد رطوبت، حجم نان، سختی بذر، میزان جذب آب آرد، عدد فالینگ، میزان گلوتن‌تر و شاخص گلوتن در سطح یک درصد معنی‌دار بود و نشان‌دهنده وجود و تاثیر اثر مادری بر صفات مورد مطالعه بود. بر اساس این نتایج، نقش اثر مادری در کنترل صفات مرتبط با کیفیت نانوایی در گندم نان مشخص شد. آماره d نیز برای بیشتر صفات به غیر از وزن هزار دانه، حجم نان و شاخص گلوتن در سطح آماری یک و پنج درصد معنی‌دار بود و تفاوت تلاقی‌های معکوس به غیر از اثر مادری را نشان داد. با توجه به نتایج فوق در برنامه به‌نژادی گندم و با هدف افزایش کیفیت نان بایستی با شناخت قبلی در انتخاب والد مادری مناسب دقت لازم را به کار برد. این دستاوردها با نتایج بیشتر محققین (Chowdhery *et al.*, 2005؛ Coskun *et al.*, 2010؛ Barnlard *et al.*, 2001؛ Takata *et al.*, 2001) مطابقت دارد. این پژوهش‌گران به نتایج مشابهی در مورد اثر آماره‌های فوق به خصوص تنوع ناشی از اثرافزایشی و غالبیت روی اجزای عملکرد از جمله وزن هزار دانه و بیشتر خواص مرتبط با کیفیت نانوایی مانند میزان پروتئین دانه، میزان گلوتن، سختی بذر دست یافتند.

برآورد شاخص‌های آماری و اجزاء ژنتیکی برای نه صفت مورد مطالعه در جدول ۵ درج شده است. نتایج تجزیه واریانس ترکیبات اجزاء ژنتیکی دراین جدول نشان داد، اثر افزایشی (D) و غالبیت ژنی (H_1 و H_2) برای صفات وزن هزار دانه، میزان پروتئین دانه، حجم نان، درصد رطوبت دانه، سختی بذر، درصد جذب آب، عدد فالینگ، شاخص گلوتن و درصد گلوتن تر در سطح احتمال ۱٪ درصد معنی‌دار بودند. نقش اثر افزایشی (D) در کنترل صفات مهم کیفی مانند وزن هزار دانه، میزان پروتئین دانه، حجم نان، درصد رطوبت دانه و سختی بذر بیش از اثر غالبیت (H) بود. این نتیجه با نتایج کتاتا و همکاران (Ketata *et al.*, 1976)، جوشی و همکاران (Joshi *et al.*, 2004) و گروس و همکاران (Groos *et al.*, 2004) مطابقت دارد. این محققین میزان پروتئین دانه را تحت کنترل ژن‌های با اثر افزایشی و غیرافزایشی گزارش کردند، اما سهم اثر افزایشی بیشتر بوده است. در صفات درصد جذب آب، عدد فالینگ، گلوتن‌تر و شاخص گلوتن سهم اثرافزایشی و غیر افزایشی مشابه بود. در این حالت همراه با روش گزینش می‌توان از تلاقی والدین مناسب و گزینش با تاخیر بهره جست این نتایج با دستاوردهای بیشتر پژوهشگران

Akram *et al.*, 2007؛ Branlard *et al.*, 2001) مطابقت دارد. آماره F برای بیشتر صفات مهمی مانند درصد پروتئین دانه، زطوبت دانه و شاخص گلوتن معنی‌دار نبود (جدول ۵). لذا غالبیت ژن‌ها برای این صفات اعتبار ندارد و این صفات بیشتر تحت کنترل اثر افزایشی ژن‌ها هستند. اکرم و همکاران (Akram *et al.*, 2007) در مورد بعضی از خصوصیات کیفی مانند تجزیه ژنتیکی پروتئین و میزان گلوتن به نتایج مشابهی دست یافتند. ژانگ و همکاران (Zhang *et al.*, 2005) گزارش کردند که میزان پروتئین، خواص رئولوژیکی خمیر و حجم رسوب به میزان بسیار زیادی تحت کنترل اثر افزایشی ژن‌ها هستند. جین و همکاران (Jin *et al.*, 2002) نیز گزارش دادند در گندم میزان پروتئین دانه توسط اثر افزایشی ژن تعیین و کنترل می‌شود و اثر افزایشی ژن یک قسمت اصلی و عمده از کل واریانس ژنتیکی بود.

رابطه $H_2/4H_1$ که نشان دهنده نسبت ژن‌های با اثر مثبت و منفی در والدین است که برای صفات حجم نان، سختی دانه، عدد فالینگ، گلوتن‌تر و شاخص گلوتن این نسبت نزدیک ۲۵ درصد بود که نشان‌دهنده فراوانی مساوی آلل‌های غالب و مغلوب برای کنترل این صفات بود. در سایر صفات این نسبت خیلی کمتر از ۲۵ درصد بود که نشان‌دهنده بیشتر بودن فراوانی آلل‌های مغلوب بود. برآورد میانگین درجه غالبیت $(H_1/2D)^{1/2}$ برای صفات وزن هزار دانه، میزان پروتئین دانه، حجم نان، درصد رطوبت دانه، سختی بذر، درصد جذب آب ، عدد فالینگ، شاخص گلوتن و درصد گلوتن تر کمتر از یک بود که نشانگر غالبیت نسبی ژن‌ها در کنترل صفات بود. برآورد ژن‌های غالب به مغلوب در والدین از طریق فرمول $[1/2(4DH_1)^{05} + F/2]/ [1/2(4DH_1)^{05} - F/2]$ بررسی شد و برای صفات وزن هزار دانه، حجم نان، دانه، سختی بذر، عدد فالینگ، شاخص گلوتن و درصد گلوتن تر معادل عدد یک و نشان از برابری آلل‌های غالب و مغلوب بود و برای صفات درصد پروتئین دانه، رطوبت دانه و درصد جذب آب بیشتر ار یک و بیشتر بودن نسبت آلل‌های غالب نسبت به مغلوب را نشان داد.

مقادیر غیر صفر $H_1 - H_2$ بر عدم تساوی فراوانی آلل‌های غالب و مغلوب در تمام مکان‌های ژنی برای صفات مورد بررسی به غیر از درصد رطوبت دانه دلالت دارد. علامت مثبت ضریب همبستگی ردیف والدینی غالبیت و $r(pr, Wr + Vr)$ نشان‌دهنده افزایشی بودن آلل‌های مغلوب برای صفت فوق است (جدول ۵).

توارث‌پذیری خصوصی صفات مورد ارزیابی مرتبط با کیفیت نان بالا بودند (جدول ۵). بنابر این امکان پیشبرد این صفات از طریق روش‌های گزینشی وجود دارد. بیشترین و کمترین میزان وراثت‌پذیری خصوصی به صفت

جدول ۵- برآورد واریانس و آماره‌های ژنتیکی صفات اندازه گیری شده بر اساس روش هیمن

Table 5. Estimate of genetic variance and statistics of traits based on Hayman's method

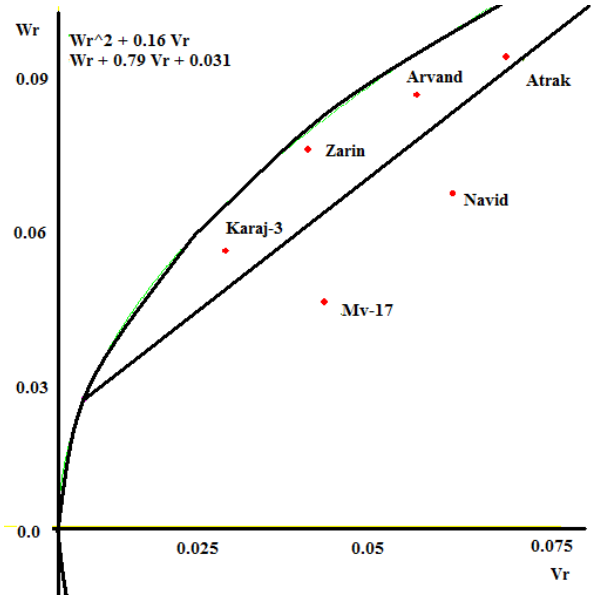
Parameter	پارامتر	وزن هزار دانه TKW	میزان پروتئین GPC	حجم نان B.V.	رطوبت دانه MC%	سختی دانه KH	درصد جذب آب WA	عدد فالینگ FN	گلوتن تر WG	شاخص گلوتن GI
D	واریانس افزایشی	16.3 ± 3.4	0.16 ± 0.03	2495 ± 494	0.91± 0.016	12.24 ± 1.5	0.58 ± 0.1	2440 ±541	5.83 ± 1.66	253.7 ± 58
H_1	واریانس غالبیت	12.0 ± 3.2	0.08± 0.03	1416 ±417	0.04 ± 0.01	5.70 ± 0.99	0.95 ± 0.13	2609± 662	5.98 ± 1.7	459.3 ±141
H_2	واریانس غالبیت	8.6 ± 2.2	0.05 ± 0.02	1192 ± 334	0.03 ± 0.01	4.90 ± 0.78	0.66 ± 0.01	1668± 424	5.05 ± 0.09	417.8 ± 117
H_1-H_2	فراوانی آلل‌های غالب و مغلوب	3.4	0.03	224	0.31	0.80	0.292	941	0.93	43.0
F	اثر متقابل اثر افزایشی و غیر افزایشی	11.8 ± 4.0	0.04± 0.03	1535 ± 507	0.05 ± 0.02	2.60 ± 1.3	0.16 ± 0.03	2883± 748	0.75± 0. 13	98.7 ± 108
h^2	اثر غالبیت در تمام مکان های ژنی	5.3 ± 3.3	0.01 ± 0.02	778 ± 485	0.12 ± 0.03	4.20 ± 1.4	0.25 ± 0.11	335 ± 375	11.85 ± 3.67	387.0 ± 202
H1/2D	نسبت واریانس غالبیت به افزایشی	0.3 ± 0.06	0.25 ± 0.06	0.38 ± 0.04	0.35 ± 0.03	0.34 ± 0.03	0.65 ± 0.05	0.53 ± 0.06	0.50± 0.09	0.6 ± 0.11
H^2/H_2	نسبت گروه ژنی کنترل‌صفت‌غالب	0.6 ± 0.37	0.33 ± 0.35	0.82 ± 0.37	3.90 ± 0.5	1.03± 0.3	0.44 ± 0.18	0.24 ± 0.22	2.80 ± 0.56	1.2 ± 0.45
$H_2/4H_1$	توزیع نسبی ژن‌های افزاینده و کاهنده	0.18	0.16	0.21	0.21	0.22	0.17	0.16	0.21	0.23
$(H_1/4\ D)^{1/2}$	میانگین درجه غالبیت	0.43	0.35	0.38	0.11	0.34	0.41	0.52	0.26	0.45
r(Pr, Wr+Vr)	جهت غالبیت	0.175^{ns}	-0.46^{ns}	-0.66^{ns}	-0.98**	0.84	0.753	0.753**	0.88**	0.541^{ns}
$\left[\frac{1/2\sqrt{(4DH\ 1)+1/2F}}{1/2\sqrt{(4DH\ 1)-1/2F)}}\right]$	توزیع نسبی ژن های غالب و مغلوب	1.01	1.51	1.00	1.19	1.00	1. 19	1.00	1.00	1.00
h^2n	توارث پذیری خصوصی	0.57 ± 0.06	0.78 ± 0.04	0.60 ± 0.06	0.63 ± 0.05	0.79 ± 0.02	0.655 ± 0.03	0.31 ± 0.07	0.61 ± 0.1	0.52 ± 0.05

TKW: Thousand Kernel Weight; GPC: Grain Protein Content; B.V.: Bread Volume; MC: Moisture Content; KH: Kernel Hardness; WA: Water Absorption; FN: Falling Number; WG: Wet Gluten; GI: Gluten Index.

۴۵۴

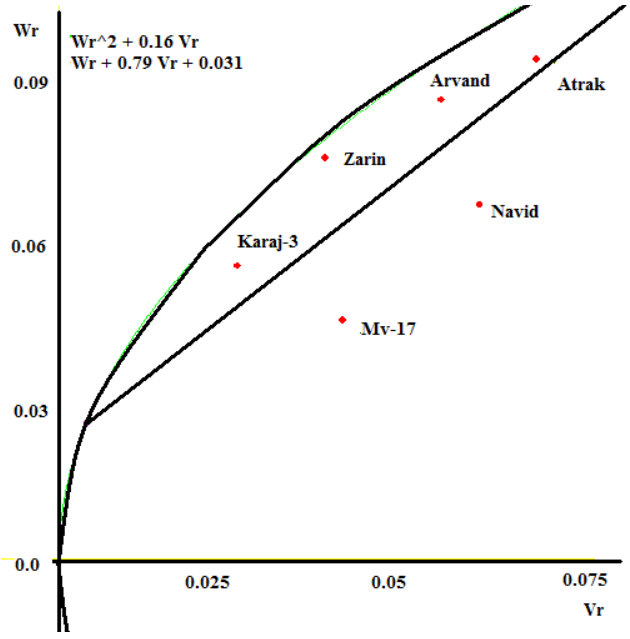
شاخص سختی دانه و عدد فالینگ به‌ترتیب با با ۷۹ درصد و ۳۱ درصد تعلق گرفت. این دستاوردها در راستای یافته‌های سایر به‌نژادگران (Habib and Khan. 2003؛ Aycicek and Yildirim, 2006؛ Groos *et al*., 2004؛ Coskun *et al*., 2010) بود.

پراکنش والدین برای صفات مورد بررسی در شکل‌های ۱ تا ۹ نشان داده شده است. خط رگرسیون Wr روی Vr برای همه صفات به جز درصد رطوبت دانه از مبداء مختصات می‌گذرد(جدول ۳). بنابر برای این صفات مذکور غالبیت کامل ژن‌های کنترل کننده مشاهده شد. برای صفت درصد جذب آب خط رگرسیون از پایین مبداء مختصات گذشت (جدول ۳). بنابر این برای صفت مذکور درجه غالبیت، فوق غالبیت برآورد شد. لذا برای بهبود این صفات می‌توان از تلاقی والدین مناسب و روش گزینش در نسل‌های پیشرفته بهره جست. پراکنش والدها در طول خط رگرسیون نشان داد که رقم اترک برای بیشتر صفات به غیر از صفت گلوتن‌تر و درصد جذب آب در دورترین نقطه نسبت به محل برخورد خط رگرسیون با محور Wr قرار گرفته است، در نتیجه بیشترین ژن‌های مغلوب برای این صفات را از دارا بود، در حالی که برای صفت شاخص گلوتن نشان از برابری ژن‌های غالب و مغلوب داشت و برای صفت درصد جذب آب که در نزدیک‌ترین نقطه به محل مذکور بود. صفت تحت اثر ژن‌های غالب قرار دارد. رقم کرج-۳ نیز در بیشتر صفات (به غیر از سختی بذر در نقطه وسط و عدد فالینگ در نزدیک‌ترین نقطه به محل برخورد خط رگرسیون با محور Wr) در دورترین نقطه از محل برخورد خط رگرسیون با محور Wr قرار گرفت. بنابر این بیشتر صفات مرتبط با کیفیت نانوایی در این رقم خوب از نظر کیفی تحت تاثیر ژن های مغلوب قرار دارند. رقم زرین برای صفات سختی بذر و میزان گلوتن‌تر در دورترین نقطه، درصد پروتئین دانه، درصد جذب آب و شاخص گلوتن در نقاط وسط و عدد فالینگ در نزدیک‌ترین نقطه به محل برخورد خط رگرسیون به محور Wr قرار گرفت. بنابر این رقم زرین برای صفات مذکور دارای ژن‌های مغلوب ، نسبت مساوی ژن‌های غالب و مغلوب و ژن‌های غالب بود. رقم MV-17 برای کلیه صفات مرتبط با کیفیت نانوایی به غیر از صفت وزن هزار دانه در نزدیک‌ترین نقطه محل برخورد خط رگرسیون با محور Wr قرار گرفت. لذا این والد دارای ژن‌های غالب در کنترل صفت مذکور بود. رقم اروند برای سه صفت میزان گلوتن‌تر، وزن هزار دانه و درصد پروتئین در دورترین نقطه، صفات سختی بذر، حجم نان، درصد جذب آب و شاخص گلوتن در نقاط حدواسط و صفات حجم نان، درصد رطوبت دانه و عدد فالینگ در نزدیک‌ترین نقطه یاد شده قرار گرفت. لذا برای این صفات دارای ژن‌های مغلوب، نسبت متعادل ژن‌های غالب و



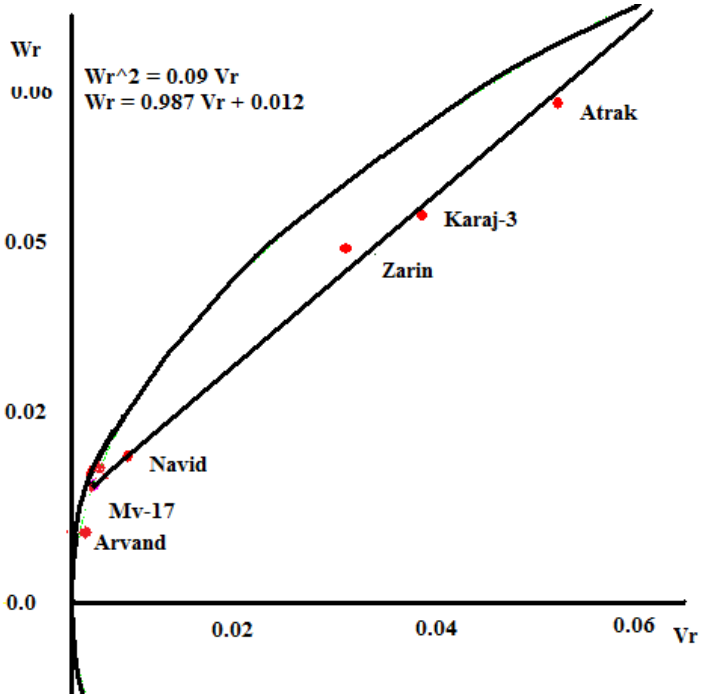
شکل ۱- سهمی محدود کننده W_r^2 به همراه پراکنش والدین برای صفت وزن هزار دانه

Fig. 1. W_r^2limiting parabola together with distribution of parents for 1000-grain weight



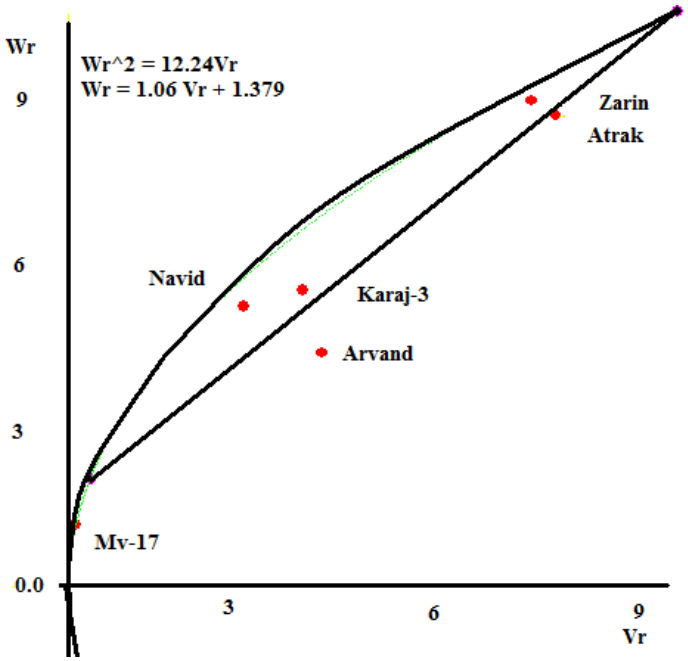
شکل ۲- سهمی محدود کننده W_r^2 به همراه پراکنش والدین برای صفت میزان پروتئین

Fig. 2. W_r^2limiting parabola together with distribution of parents for protein content



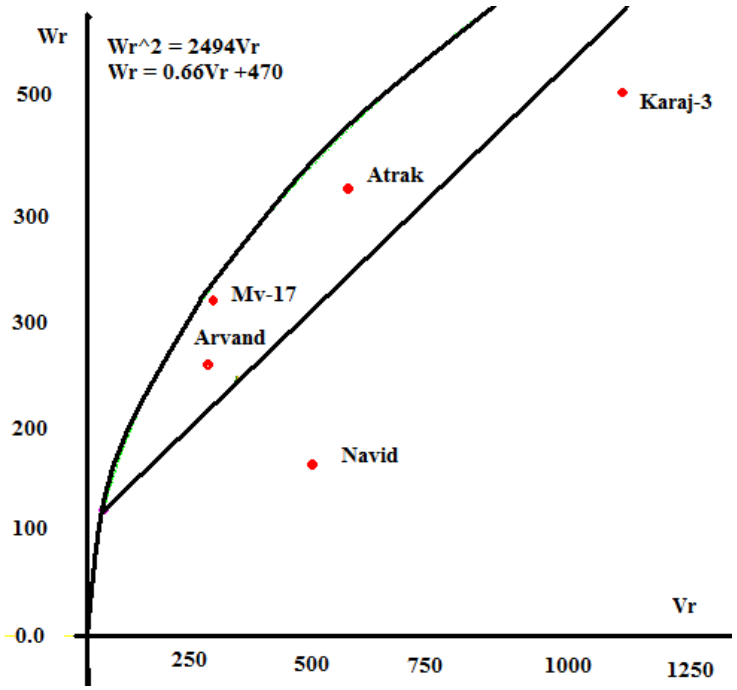
شکل ۳- سهمی محدود کننده W_r^2 به همراه پراکنش والدین برای صفت درصد رطوبت دانه

Fig. 3. W_r^2limiting parabola together with distribution of parents for moisture content



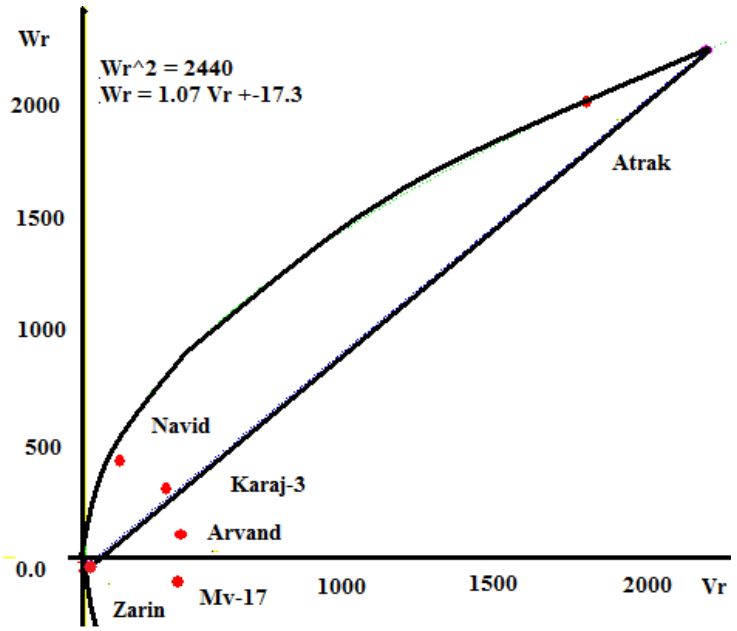
شکل ۴- سهمی محدود کننده W_r^2 به همراه پراکنش والدین برای صفت سختی بذر

Fig. 4. W_r^2limiting parabola together with distribution of parents for grain hardness



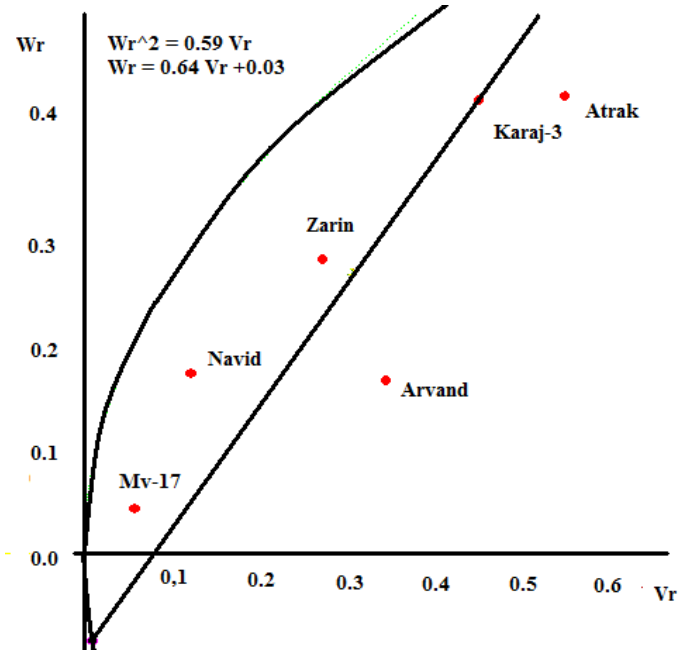
شکل ۵- سهمی محدود کننده Wr^2 به همراه پراکنش والدین برای صفت حجم نان

Fig. 5. W_r^2 limiting parabola together with distribution of parents for bread volume



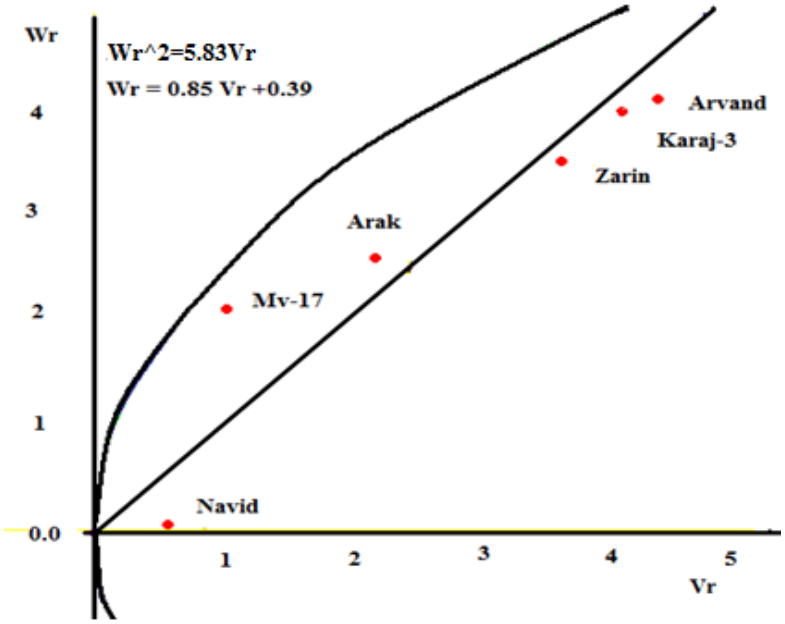
شکل ۶- سهمی محدود کننده W_r^2 به همراه پراکنش والدین برای صفت عدد فالینگ

Fig. 6. W_r^2 limiting parabola together with distribution of parents for falling number



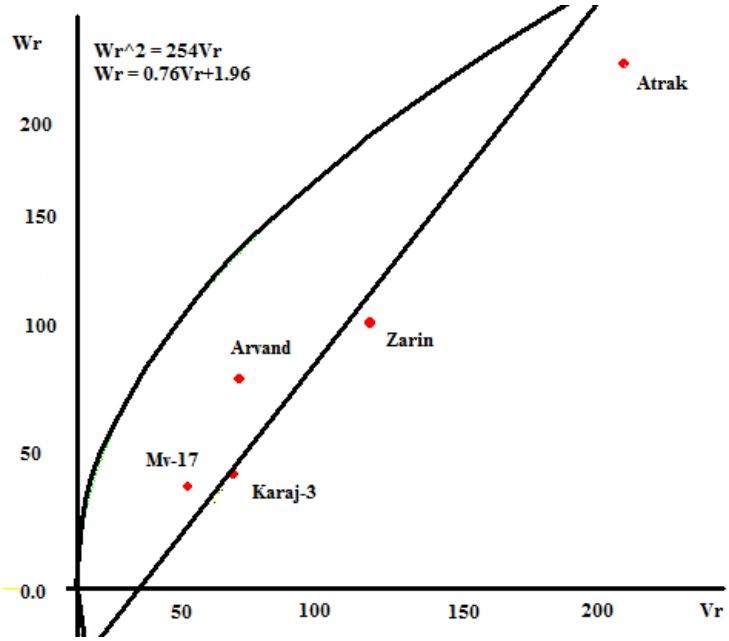
شکل ۷- سهمی محدود کننده W_r^2 به همراه پراکنش والدین برای صفت درصد جذب آب

Fig. 7. W_r^2 limiting parabola together with distribution of parents for water absorption



شکل ۸- سهمی محدود کننده W_r^2 به همراه پراکنش والدین برای صفت درصد گلوتن تر

Fig. 8. W_r^2 limiting parabola together with distribution of parents for wet gluten %



شکل ۹- سهمی محدود کننده W_r^2 به همراه پراکنش والدین برای صفت شاخص گلوتن
Fig. 9. W_r^2 limiting parabola together with distribution of parents for gluten index

مغلوب و ژن‌های غالب قرار بود. رقم نوید برای کلیه صفات مورد ارزیابی به غیر از درصد پروتئین دانه در نزدیک ترین نقطه به محل برخورد خط رگرسیون با محور Wr قرار گرفت که نشان از وجود ژن‌های غالب برای صفات مرتبط با کیفیت نانوایی داشت.

تخمین اجزاء واریانس ژنتیکی به روش تریپلوئیدی (Zhu and Weir, 1994) نشان داد که توزیع اثر ژنی وابسته به جنین و اندوسپرم برای بیشتر صفات مرتبط با کیفیت نانوایی به‌غیر ازرطوبت دانه و عدد فالینگ خیلی زیاد است (جدول ۶). واریانس اثر افزایشی ژنی وابسته به جنین برای صفت درصد جذب آب مشاهده شد، اما واریانس غیر افزایشی وابسته به جنین برای صفات درصد پروتئین دانه، درصد جذب آب آرد، درصد گلوتن‌تر و شاخص گلوتن مشاهده نشد. واریانس اثر افزایشی ژنی وابسته به اندوسپرم برای صفات درصد پروتئین دانه، سختی بذر، درصد جذب آب آرد، درصد گلوتن‌تر و شاخص گلوتن مشاهده شد. واریانس اثر غیر افزایشی وابسته به اندوسپرم برای صفات حجم نان، رطوبت دانه، سختی بذر و عدد فالینگ مشاهده نشد. واریانس اثر متقابل افزایشی ژنی وابسته به جنین و اندوسپرم در بذر گندم برای صفات مهم و کلیدی مانند درصد پروتئین دانه، سختی بذر، درصد جذب آب آرد، درصد گلوتن‌تر و شاخص گلوتن مشاهده شد. واریانس اثر غیر افزایشی در جنین برای

جدول ۶- تخمین اجزای واریانس جنینی و اندوسپرمی برای صفات مرتبط با کیفیت نانوایی در گندم نان

Table 6. Estimation of variance components of embryo and endosperm for baking quality traits in bread wheat

پارامتر Parameter	میزان پروتئین GPC	حجم نان B.V.	رطوبت دانه MC	سختی دانه KH	درصد جذب آب WA	عدد فالینگ FN	گلوتن تر WG	شاخص گلوتن GI
V_{Ao}	0.040±0.023	0.0	0.0	0.800±0.460	0.190±0.070	0.0	1.41±1.13	56±50
V_{Do}	0.0	632±131	0.040±0.010	1.650±0.760	0.0	1097±550	0.0	0.0
V_{Ae}	0.008±0.002	0.0	0.0	0.158±0.078	0.038±0.019	0.0	0.278±0.171	11.05±6.24
V_{De}	0.028±0.009	0.0	0.0	0.0	0.229±0.048	0.0	1.212±0.830	71.62±36.38
$V_{Ao.e}$	0.036±0.012	0.0	0.0	0.714±0.351	0.169±0.062	0.0	1.252±0.769	49.72±28.10
$V_{Do.e}$	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
V_{C}	0.042±0.012	116±62	0.012±0.006	0.911±0.310	0.630±0.024	273±95	0.277±0.132	5.478±2.74
V_{Ph}	0.216±0.042	958±539	0.068±0.49	5.860±2.030	0.972±0.120	1893±1547	7.520±0.275	377.6±159.2

واریانس افزایشی وابسته جنین بذر ($V_{.AO}$)، واریانس غالبیت وابسته جنین بذر ($V_{.DO}$)، واریانس افزایشی وابسته اندسپرم بذر ($V_{.Ae}$)، واریانس غالبیت وابسته اندوسپرم بذر ($V_{.De}$)، واریانس افزایشی اثر متقابل جنین و اندسپرم بذر ($V_{.Ao.e}$)، واریانس غالبیت اثر متقابل جنین و اندسپرم بذر ($V_{.Do.e}$)، واریانس سیتوپلاسمی ($V_{.C}$) و فنوتیپی ($V_{.Ph}$)

Embryo additive variance (V_{Ao}); Embryo dominance variance (V_{Do}); Endosperm additive variance (V_{Ae}), Endosperm dominance variance (V_{De}); Embryo additive interaction variance (V_{AoE}); Embryo dominance interaction variance (V_{DoE}); Cytoplasmic variance (V_C) and Phenotypic variance(V_{Ph})

TKW: Thousand Kernel Weight; GPC: Grain Protein Content; B.V.: Bread Volume; MC: Moisture Content; KH: Kernel Hardness; WA: Water Absorption; FN: Falling Number; WG: Wet Gluten; GI: Gluten Index.

صفات مرتبط با کیفیت نانوایی در جنین بیشتر از اثر ژنی اندوسپرمی بود. این نکته اهمیت اثر ژنی وابسته به جنین در بررسی‌های کیفی گندم نان را مشخص می‌کند. همچنین واریانس افزایشی وابسته به جنین و اندوسپرم برای صفات مهمی مانند درصد پروتئین دانه، سختی بذر، درصد جذب آب آرد، درصد گلوتن‌تر و شاخص گلوتن مشابه واریانس افزایشی به روش هیمن معنی‌دار بود. واریانس غالبیت وابسته به جنین نیز شبیه واریانس غالبیت به روش هیمن بود. با توجه به معنی‌دار بودن اثر مادری به روش هیمن، در روش تجزیه تریپلوئیدی زو و ویر (۱۹۹۴) نیز اثر مادری برای صفات مرتبط با کیفیت مشاهده شد.

به طور کلی نتایج فوق نشان داد، تفاوت‌های ژنتیکی معنی‌داری بین والدین و دورگ‌ها در سطح احتمال یک درصد وجود دارد. ملاحظه می‌شود که نتایج جدول تجزیه واریانس اثر ژنی (جدول ۴) و تخمین اجزای ژنتیکی صفات (جدول ۵) در خصوص سهم بیشتر اثر ژنی به صورت افزایشی با هم مطابقت دارند. برای مثال در صفات مهمی چون وزن هزار دانه، میزان پروتئین دانه، حجم نان، درصد رطوبت دانه و سختی بذر نقش اثر افزایشی بیش از سایر اثر ژنی بود. از طریق روش‌های گزینشی، انتقال و ارتقاء صفات تحت کنترل اثر افزایشی ژن‌ها به نسل بعد به سادگی امکان‌پذیر است. این نتیجه با نتایج کتاتا و همکاران (Ketata *et al*., 1976)، جوشی و همکاران (Joshi *et al*., 2004) و گروس و همکاران (Groos *et al*., 2004) مطابقت دارد. بیشتر این پژوهشگران گزارش کرده‌اند که ارقام با کیفیت در تلاقی با ارقام پرمحصول و متوسط از نظر صفات کیفی منتج به تولید ارقامی با سطح کیفی و کمی بهتر می‌شود. در این بررسی نیز ارقام با کیفیت نانوایی خوب مانند ارقام اترک، کرج-۳ و زرین دارای بهترین ترکیب‌پذیری عمومی و تلاقی‌های حاصل از آن‌ها نیز ار ترکیب‌پذیری خصوصی مناسبی برخوردار بودند (Sadeghi *et al*., 2012).

برآورد شاخص‌های آماری (جدول ۵) و نمودارهای سهمی به روش هیمن تایید دیگری بر عمل ژن‌ها در خصوص وجود اثر افزایشی و غیرافزایشی در کنترل صفات کیفی در گندم نان است. تجزیه‌های آماری و شکل‌های نموداری نشان داد که در بعضی ارقام مورد ارزیابی عمل ژن در کنترل صفت به صورت وجود ژن‌های مغلوب (در ارقام با کیفیت خوب اترک و کرج-۳) بروز کرده است و در بعضی ازقام دیگر (ارقام MV-17 و نوید) عمل ژن‌ها بیشتر به صورت وجود ژن‌های غالب بروز کرده است. در ارقام متوسط از نظر کیفیت خواص نانوایی عمل ژن‌ها در حالت تعادل وجود ژن‌های غالب و مغلوب دیده می‌شود (شکل‌های ۱ تا ۹) این نتایج ساختار مناسبی از وضعیت عمل و استقرار مناسب ژن در کنترل صفات کیفی گندم آشکار می‌سازد و کلیدی در جهت انتخاب والدها به ویژه والد مادری و چگونگی انجام تلاقی‌ها را با

هدف ارتقاء کیفیت دانه گندم است.

References

Ahmad, M. N. 1990. Heritability estimates of drought related morpho-phhysiological character in wheat (*Triticum aestivum* L.). M.Sc. (Hons.) Thesis, Agricultural University, Faisalabad, Pakistan.

Akram, Z., Ajmal, S. U., Kiani, A. S., and Jamil, M. 2007. Genetic analysis of protein, lysine, gluten and flour yield in bread wheat. Pakistan Journal of Biological Sciences 10: 1990-1995.

Anonymous 2010. Report of Professional General Country Bread Wheat, Iran. www.tapesh.com/forum/archive/index.php/t-7931.html (in Persian).

Aycicek, M., and Yildirim, T. 2006. Heritability of yield and some yield components in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes. Bangladesh Journal of Botany 35(1): 17-22.

Barnlard, A. D., Labuschagne, M. T., and van Niekerk, H. A. 2001. Heritability estimates of bread wheat quality traits in the Weastern Cape Province of South Africa. Euphytica 127: 115-122.

Chowdhry, M. A., Saeed, M. S., Khaliq, I., and Ahsan, M. 2005. Combining ability analysis for some polygenic traits in a 5x5 diallel cross of bread wheat (*Triticum aestivum* L.). Asian Journal of Plant Sciences 4(4): 405-408.

Coskun, Y., Ozberk, I., and Coskun, A. 2010. Genetic analysis for some characteristics in durum wheat (*Triticum durum* Desf.) J. Agric. Fac. HR. U., 14(1): 17-25.

Faroog, J., Imran, H, Akhtar, S., Nausherwan, I., K., and Ghulam, A. 2006. Combining ability for yield and its components in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). Journal of Agriculture and Social Sciences 4: 207–211.

Fida, M., Daniel, H., Shahzad, K., and Khan, H. 2001. Heritability estimates for yield and its components in wheat. Sarhad Journal of Agricultural Sciences 17(2): 227-234.

Groos, C., Bervas, E., and Charmet, G. 2004. Genetic analysis of grain protein content, grain hardness and dough rheology in hard x hard bread wheat progeny. Journal of Cereal Science 40: 93-100.

Habib, I., and Khan, A. S. 2003. Genetic model of some economic traits in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). Asian Journal of Plant Sciences 2(17): 1153-1155.

Jin, Z., Zhao, X., Yan, W., Sun, Y., Lin, Z., and Lee, G. 2002. Research on combining ability of protein content in grain of descendents of wheat hybrids. Journal of Anhui Agricultural Sciences 2: 43-52.

Jinks, J. L., and Hayman, B. I. 1953. The analysis of diallel crosses. Maize Genetics 43: 223-234.

Joshi, S. K, Sharma, S. N., Sighania, D. L., and Sain, R. S. 2004. Combining ability in the F1 and F2 generations of diallel cross in hexaploid wheat (*Triticum aestivum* L.). Hereditas 141(2): 115-121.

Ketata, H., Edwards, L. H., and Smith, E. L. 1976. Inheritance of eight agronomic characters in a winter wheat cross. Crop Science 16: 19-22.

Lonts, V. 1986. Mode of gene action for agronomically important characters in winter wheat. Acta Universitatis Agriculturae Brno 32: 369-374.

Mahmood, N., and Chowdhry, M. A. 2002. Ability of bread wheat genotypes to combine for high yield under varying sowing conditions. Journal of Plant Genetics and Breeding 56: 119-125.

Malik, M. F. A., Iqbal, S., and Ali, S. 2005. Genetic behavior and analysis of quantitative traits in five wheat genotypes. Pakistan Journal Agricultural Resrarch 1(4): 313-315.

Moghaddam, M., and Amiri Oghan, H. 2010. Biometrical Methods in Quantitive Genetic Analysis. Publication of Tabriz University, Tabriz, Iran (in Persian).

Rahim, M. A., Salam, A., Saeed, A., and Shakeel, A. 2006. Combining ability for flag leaf area, yield and yield components in bread wheat. Journal of Agricultural Research 44(3): 175-180.

Riaz, R., and Chowdhry, M. A. 2003. Genetic analysis of some economic traits of wheat under drought conditions. Asian Journal of Plant Sciences 2: 790-796.

Sadeghi, F., Dehghani, H., Najafian, G., and Aghaee, M. 2012. Genetic analysis of bread-making quality attributes in hexaploid wheat (*Triticum aestivum* L.). Annals of Biological Research 3(7): 3740-3749.

Shi, C., Zhu, J., Wu, J., and Fan, L. 2000. Genetic and genotype-environment interaction effects from embryo, endosperm, cytoplasm and maternal plant for rice grain shape traits of indica rice. Field Crops Research 68: 191-198.

Singh, H., Sharma, S. N., and Sain, R. S. 2004. Heterosis studies for yield and its components in bread wheat over environments. Hereditas 141 (2): 106-114.

Subhani, G. M., Chowdhry, M. A., and Gillani, S. M. M. 2000. Manifestation of heterosis in bread wheat under irrigated and drought conditions. Pakistan Journal of Biological Sciences 3(6): 971-974.

Takata, K., Yamauchi, H., Nishio, Z., and Kuwabara, T. 2001. Prediction of bread-making quality by prolonged seelling SDS-sedimentation test. Breeding Science 49: 221-223.

Ukai, Y. 2006. Analysis of full and half diallel tables (DIAL. 98). Virtual Institute of Statistical Genetics. http://Ibm. ab. a u-tokyo.ac,jp/-ukai.

Xue, X., Liang, Y. J., Yang, Z. Q., and Gao, Q. L. 2009. Analysis on heredity and combining ability of protein traits in wheat. Henan Academy of Sciences, Zhengzhou 450052, China); Hubei Agricultural Sciences Journal 1: 6-16

Yan, X., Zhu, J., Xu, S. H., and Xu, Y. 1999. Genetic effects of embryo and endosperm for four malting quality traits of barley. Euphytica 106**:** 27–34.

Zhang, L., Tian, X., Cao, L., Mu, P., Han, X., Zou, B., and Sang, W. 2005. Study of the combining ability and heterosis of the main flour quality traits in winter wheat. Acta Tritical Crops 1: 31-36.

Zhu, J., and Weir, B. S. 1994. Analysis of cytoplasmic and maternal effects: II. Genetic models for triploid endosperm. Theoretical and Applied Genetics 89(2): 160-166.