

ارزیابی ساختار ژنتیکی صفات مرتبط با کیفیت نانوائی در گندم نان با استفاده از روش بای پلات و دی آلل

فرهاد صادقی^۱، حمید دهقانی^{۲*}، گودرز نجفیان^۳، مصطفی آفابی^۴

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

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۸/۲۱ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۱۲/۱۴)

چکیده

به منظور برآورد خصوصیات ژنتیکی صفات مرتبط با کیفیت نانوائی از قبیل وزن هزار دانه، درصد پروتئین دانه، حجم رسوب زلنی، حجم نان، شاخص سختی بذر، درصد جذب آب آرد، عدد فالینگ، درصد گلوتن تر و ارتفاع رسوب SDS از شش رقم گندم تجاری به نام‌های اترک، ارونند، زرین، کرج-۳، MV-17، نوید و نتاج آن‌ها در قالب یک طرح تلاقی نیمه دی آلل استفاده شد. آزمایش‌ها در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در ایستگاه تحقیقاتی ماهی‌دشت کرمانشاه طی سال‌های ۸۹-۱۳۸۸ و ۹۰-۱۳۸۹ اجرا شد. داده‌های حاصل با روش بای پلات و هیمن تجزیه و تحلیل شدند. نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که بین ژنوتیپ‌ها برای کلیه صفات در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌داری وجود دارد. دو نسبت ژنتیکی $\sigma^2_{GCA} / \sigma^2_{SCA}$ و $(2\sigma^2_{GCA} + \sigma^2_{SCA}) / 2\sigma^2_{GCA}$ نشان دادند که سهم اثر افزایشی در کنترل صفات بیشتر بود. نتایج تجزیه بای پلات نشان داد که والد‌های اترک، زرین و کرج-۳ دارای بیشترین مقدار GCA در افزایش صفات مهم کیفی بودند. نتایج ترکیب‌پذیری خصوصی نشان داد که ترکیب‌های اترک × زرین، زرین × کرج-۳، و اترک × کرج-۳ دارای بیشترین مقدار SCA به منظور ارتقاء صفات کمی و کیفی بودند. آزمون‌های اپیستازی با استفاده از ضریب رگرسیون و تجزیه واریانس Wr-Vr نشان داد که مدل افزایشی-غالبیت برای صفات درصد پروتئین، حجم رسوب زلنی، سختی دانه، عدد فالینگ و درصد گلوتن تر کفایت می‌کند، اما در سایر صفات اثرات اپیستازی نیز وجود دارد. نتایج بدست آمده از تجزیه هیمن نشان داد که سهم اثرات افزایشی در کنترل صفات بیشتر از سهم اثرات غیرافزایشی است. بیشترین و کمترین میزان وراثت‌پذیری خصوصی به صفات درصد پروتئین و عدد فالینگ به ترتیب ۷۵ درصد و ۲۵ درصد تعلق گرفت. به علت انتقال ژن‌ها و اثر تجمعی آن‌ها در نسل بعد و بهبود صفات هدف، می‌توان از طریق گزینش در نسل‌های اولیه از این ارقام در افزایش صفات مرتبط با کیفیت نانوائی در برنامه اصلاح گندم نان استفاده نمود.

واژه‌های کلیدی: بای پلات، تجزیه هیمن، خواص نانوائی، عمل ژن، گندم نان، وراثت‌پذیری

مقدمه

گندم نان یکی از محصولات راهبردی کشور و منبع اصلی تأمین پروتئین و کالری بوده و به میزان ۴۵ درصد پروتئین و ۵۵ درصد از کالری مورد نیاز مردم کشور را تأمین می‌نماید. میزان نان مصرفی برای هر نفر در سال بالغ بر ۱۶۰ کیلوگرم است که با توجه به جمعیت کشور حدود ۱۱ میلیون تن گندم نیاز سالیانه 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 (Iran-Nejad and Shabaziyan, 2005).

بررسی و تعیین ساختار ژنتیکی و نوع عمل ژن به منظور بهبود صفات مرتبط با کیفیت نانواپی جهت افزایش بازدهی روش اصلاحی از عوامل مهم و اصلی در موفقیت برنامه‌های اصلاحی گندم نان است. روش تجزیه بای پلات به طور معمول برای آزمایش‌های ناحیه‌ای طراحی شده است، اما امکان کاربرد آن بر اساس داده‌های دوطرفه ژنوتیپ- تستر نیز وجود دارد. این روش بر پایه مقادیر مؤلفه‌های اصلی اول و دوم مطرح و گسترش یافته است. با استفاده از این روش در تجزیه دی‌آلل، میزان ترکیب‌پذیری عمومی (General Combining Ability, GCA) هر لاین بر اساس تصویر موقعیت روی محور X این تستر یا فاصله موقعیت لاین با محور Y در دستگاه مختصات این تستر تعیین می‌شود. در تعیین میزان ترکیب‌پذیری خصوصی (Specific Combining Ability, SCA) هر لاین با سایر لاین‌ها از تصویر موقعیت آن روی محور Y این تستر استفاده می‌شود (Yan and Hant, 2001).

جوشی و همکاران (Joshi et al., 2004) در بررسی ژنتیکی صفات کمی و کیفی ده والد گندم هگزاپلوئید به روش تلاقی دی‌آلل گزارش نمودند که اجزای واریانس ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی برای همه صفات معنی‌دار بود. اثر ژن‌ها در کنترل بیشتر صفات به صورت افزایشی گزارش شد. در این بررسی رقم Raj 3077 برای صفت درصد پروتئین دانه بهترین ترکیب‌پذیری عمومی را نشان داد. ترکیب‌های HD.HO 2329 × H 2285 و CPAN 3004 × WH 157 و Raj 1992 × 2428 برای صفت پروتئین دانه نیز بهترین ترکیب‌پذیری

خصوصی را نشان دادند. در گیاه خودگشن گندم اثر هتروتنیکی که بر اساس ترکیب‌پذیری خصوصی است، تأثیر ناچیزی در اصلاح صفات دارد. تلاقی‌هایی که دارای ترکیب‌پذیری خصوصی بالایی هستند، این حالت در نتیجه ترکیب‌پذیری عمومی برتر یکی از والدین است، که تعیین کننده تفکیک متجاوز مورد نظر است.

بارنلارد و همکاران (Barnlard et al., 2001) بررسی ژنتیکی صفات کیفی گندم نان را به روش تلاقی دی‌آلل به منظور تعیین توارث‌پذیری صفات و قدرت ترکیب‌پذیری ارقام در آفریقای جنوبی انجام دادند. آن‌ها توارث‌پذیری صفات کیفی گندم را پیچیده و تحت کنترل صفات پلی‌ژنی گزارش نمودند. این پژوهش‌گران نتیجه گرفتند که توارث‌پذیری خصوصی بالایی برای وزن هزار دانه و هکتولیترا وجود دارد و همبستگی مثبت و معنی‌داری بین مقدار رسوب SDS، عدد فالینگ، هکتولیترا، حجم نان و میزان پروتئین نیز دیده شد.

توپال و همکاران (Topal et al., 2004) با استفاده از روش تلاقی دی‌آلل کامل ۴ × ۴ روی گندم دوروم نشان دادند که وزن هزار دانه و سختی بذر تحت کنترل اثر غالبیت ژن‌ها قرار دارند. ژانگ و همکاران (Zhang et al., 2005) در تحقیقی روی ۳۰ نتاج F₁ گندم زمستانه و والدین آن‌ها به منظور ارتقای سطح کیفی گندم نان با استفاده از روش دی‌آلل، صفات میزان پروتئین دانه و خواص رئولوژی (ورآمدگی) خمیر و میزان پروتئین را بررسی نمودند. نتایج نشان داد که میزان پروتئین، خواص رئولوژی خمیر و ارتفاع رسوب SDS به میزان بسیار زیادی از اثرات افزایشی ژن‌ها متاثر است.

بر طبق گزارش برخی از پژوهش‌گران توارث‌پذیری صفات کمی و کیفی دانه در گندم بالا است (Hanson, 1963; Ketata et al., 1976). در صورتی که بعضی از محققین دیگر توارث‌پذیری کم برای این صفات گزارش نمودند (Aycicek and Yildirim, 2006; Sing et al., 2001; Fida et al., 2004). استفاده از مطالعه ژنتیکی صفات کیفی با روش دی‌آلل و بررسی ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی می‌تواند به بهبود صفات کیفی در گندم نان منجر می‌شود. در بسیاری از تلاقی‌ها یکی از والدین با ترکیب‌پذیری عمومی مناسب تعیین می‌شود. در این شرایط تفکیک متجاوز (حالت قدرت برتر از والدین)

نهال و بذر اندازه‌گیری شدند. در ابتدا تجزیه واریانس ساده و تجزیه و تحلیل‌های آماری به روش جینکز و هیمن (Jinks and Hayman, 1953) انجام شد. برآورد اجزاء واریانس با استفاده از نرم‌افزار Dial98 (Ukai, 2006) انجام شد. اجزای واریانس شامل، واریانس افزایشی (D)، میانگین کواریانس‌های اثرات افزایشی و غیرافزایشی (F)، میانگین واریانس غالبیت (H_1) و میانگین واریانس غالبیت تصحیح شده بر اساس کنش ژن‌ها (H_2) برآورد شدند. داده‌های آزمایش‌ها با استفاده از نرم‌افزار GGEbiplot نیز مورد تجزیه و تحلیل گرافیکی قرار گرفت، به این ترتیب با استفاده از مؤلفه‌های اصلی اول و دوم حاصل از ماتریس واریانس-کوواریانس، میزان ترکیب‌پذیری عمومی والدین یا موقعیت آن‌ها با محور Y در صفحه مختصات تعیین شد. در تعیین میزان ترکیب‌پذیری خصوصی نتاج F_2 با سایر ترکیب‌ها از تصویر موقعیت آن‌ها روی محور Y استفاده شد (Yan and Hant, 2001). به منظور تعیین وراثت‌پذیری خصوصی از فرمول زیر استفاده شد (Moghaddam and Amiri, 2010). برای تعیین سهم واریانس‌های افزایشی و غیر افزایشی در کنترل ژنتیکی صفات در روش دوم گریفینگ از نسبت‌های ژنی طبق رابطه ۱ و ۲ استفاده شد (Baker, 1978).

$$\text{نسبت ژنتیکی} = \frac{2\sigma_{GCA}^2}{2\sigma_{GCA}^2 + \sigma_{SCA}^2} \quad (1)$$

$$\text{نسبت ژنتیکی} = \frac{\sigma_{GCA}^2}{\sigma_{SCA}^2} \quad (2)$$

میسر می‌شود و به ارتقای صفت مورد مطالعه می‌انجامد (Cemal et al., 2009).

هدف از انجام این تحقیق، شناخت نحوه توارث صفات مرتبط با کیفیت نانویی به منظور تعیین نوع روش اصلاحی و امکان ارزیابی، تولید ترکیب‌های مناسب و انتخاب افراد برتر در برنامه‌های به‌نژادی گندم است.

مواد و روش‌ها

به منظور برآورد خصوصیات ژنتیکی صفات مرتبط با کیفیت نانویی از ژنوتیپ‌های والدینی ارقام گندم تجاری به نام‌های اترک، اروند، زرین، کرج-۳، Mv-17، نوید و ترکیب‌های حاصل از تلاقی آن‌ها استفاده و صفات مورد نظر در آن‌ها اندازه‌گیری شدند. مشخصات زراعی و کیفی ارقام استفاده شده به شرح جدول ۱ است. برای این مطالعه خصوصیات ژنتیکی وابسته به کیفیت نانویی در سال زراعی ۱۳۸۸-۱۳۸۷ با تلاقی دادن ارقام فوق، نتاج نیمه دی‌آلل تولید شدند. ژنوتیپ‌ها طی دو سال (سال‌های زراعی ۱۳۸۸-۸۹ و ۹۰-۱۳۸۹) در مزرعه پژوهشی ایستگاه تحقیقاتی ماهی‌دشت کرمانشاه ارزیابی شد. هر آزمایش با شش والد فوق و همراه با ۱۵ نتاج دورگ F_2 مربوطه (در مجموع با ۲۱ تیمار) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در هر سال کشت شدند. مشخصات هر کرت آزمایشی شامل دو خط ۲ متری با فاصله ۲۰ سانتی‌متر و فاصله بین هر بوته ۱۰ سانتی‌متر بود. دو ماه بعد از برداشت تیمارها، صفات فوق در آزمایشگاه شیمی غلات، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه

جدول ۱- صفات زراعی و کیفیت نانویی گندم‌های تجاری والدین مورد استفاده

رقم	منشاء	شجره	تیپ رشد	کیفیت نانویی
Variety	Origin	Pedigree	Growth type	Baking quality
اروند	ایران	Rsh (M1-ky×My48)	بهاره	متوسط
Arvand	Iran		Spring	Medium
اترک	مکزیک	Kauz"S"	بهاره	خوب
Atrak	Mexico		Spring	Good
زرین	ترکیه	PK15841	بینابین	خوب
Zarin	Turkey		Facultative	Good
کرج-۳	ایران	(Drc×M8p/Son64×TzPP-Y54) Nai 60	زمستانه	خوب
Karaj-3	Iran		Winter	Good
لاین Mv-17	مجارستان	Mv-17	زمستانه	ضعیف
	Hungary		Winter	Weak
نوید	آمریکا	(Kirkpinar 79) 63-112/66-2×7C	بینابین	ضعیف
Navid	America		Facultative	Weak

بود که نشان از سهم بیشتر اثر افزایشی ژن‌ها در کنترل صفات بود. این نتایج با یافته‌های سایر محققین مطابقت داشت (Jain and Singh, 1978; Joshi *et al.*, 2004; Khodadadi *et al.*, 2012). بنابراین با توجه به این که در مورد بیشتر صفات تحت بررسی نقش افزایشی ژن‌ها بیشتر بود، از این‌رو انتخاب در نسل‌های اولیه کارایی بالایی خواهد داشت.

تخمین ترکیب‌پذیری عمومی والدین (جدول ۴) حاصل از دو سال اجرای آزمایش نشان داد که والد‌های اترک و کرج-۳ بهترین ارقام ترکیب‌پذیر به منظور ارتقای صفات مرتبط با کیفیت نانوائی می‌باشند. این ارقام از مجموع نه صفت کیفی اندازه‌گیری شده در هفت صفت، واجد ترکیب‌پذیری مثبت و بسیار معنی‌داری بودند. در کنار این ارقام، رقم زرین نیز به عنوان یک رقم خوب با ترکیب‌پذیری عمومی مناسبی برای افزایش صفات کیفی بود. تولید نتاج خوب، با استفاده از والدین با قدرت ترکیب‌پذیری عمومی مثبت و بالا برای بیشتر صفات کمی و کیفی گندم در برنامه‌های تلاقی چندگانه توصیه می‌شود (Barnlard *et al.*, 2001; Zhang, *et al.*, 2009; Cemal *et al.*, 2005). رقم نوید دارای ضعیف‌ترین ترکیب‌پذیری عمومی بود. این رقم دارای ترکیب‌پذیری عمومی منفی و معنی‌داری برای هشت صفت از نه صفت مورد مطالعه بود.

تخمین ترکیب‌پذیری خصوصی ژنوتیپ‌های F₂ در دو سال اجرای آزمایش در جدول ۴ درج شده است. ترکیب‌های اروند × کرج-۳، اترک × زرین و اترک × کرج-۳ در بیشتر صفات کیفی تحت بررسی ترکیب‌پذیری خصوصی مثبت و معنی‌داری نشان دادند. این نتیجه نشان می‌دهد که ارقام با صفات کیفی خیلی خوب، در ترکیب با هم و در ترکیب با ارقام متوسط به علت کنترل صفات توسط اثر افزایشی ژن‌ها و تجمع این ژن‌ها در نسل بعد باعث ارتقای صفات کیفی مرتبط با خواص نانوائی خواهد شد که با نتایج گزارش شده توسط سایر محققین مطابقت داشت (Joshi *et al.*, 2004; Zhang *et al.*, 2005).

تجزیه همبستگی والدین و ترکیب‌های آن‌ها برای صفات مرتبط با کیفیت نانوائی در آزمایش دی‌آلل دو ساله به روش GGE biplot نیز بررسی و در شکل ۱ ارائه و ملاحظه شد که والد‌های با ترکیب‌پذیری برتر مانند اترک و کرج-۳ و نتاج حاصل از تلاقی آن‌ها (تلاقی‌های

به منظور تعیین تقارن آلل‌های غالب و مغلوب و وراثت‌پذیری خصوصی از فرمول‌های زیر استفاده شد (Moghadam and Amiri Oghan, 2010).

$$[(4DH_1)^{0.5}/2 + F] / [(4DH_1)^{0.5}/2 - F] \quad (۳)$$

$$h_n^2 = \frac{\frac{1}{2}D + \frac{1}{2}H_1 - \frac{1}{2}H_2 - \frac{1}{2}F}{\frac{1}{2}D + \frac{1}{2}H_1 - \frac{1}{4}H_2 - \frac{1}{2}F + E} \quad (۴)$$

نتایج و بحث

آزمون فرضیات تجزیه واریانس برای داده‌های هر آزمایش انجام شد، سپس تجزیه واریانس داده‌ها انجام شد (جدول ارائه نشده است). تجزیه واریانس مرکب (دو ساله) صفات مختلف مرتبط با کیفیت نانوائی در گندم نان (جدول ۲) نشان داد که اثر سال برای کلیه صفات به غیر از صفت وزن هزار دانه، در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. این امر ناشی از اثر متفاوت آب و هوایی، حاصلخیزی متفاوت قطعه زمین‌های مورد استفاده در دو سال اجرای آزمایش‌ها روی صفات مورد بررسی بود و صفات مرتبط با کیفیت نانوائی علاوه بر اثر ژنوتیپی تحت تأثیر عوامل محیطی نیز می‌باشند. اثر ژنوتیپ برای تمام صفات مورد بررسی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود که نشان‌دهنده انتخاب صحیح والدین و وجود تنوع لازم در بین ژنوتیپ‌های تولیدی حاصل از تلاقی‌ها بود. از طرفی معنی‌دار بودن اثر ژنوتیپ‌ها در تمام صفات مورد بررسی شرط لازم برای انجام تجزیه دی‌آلل را مهیا نمود. اثر متقابل سال در ژنوتیپ در بیشتر صفات از جمله درصد پروتئین، حجم نان، سختی بذر، درصد جذب آب، عدد فالینگ و ارتفاع رسوب SDS در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود.

تجزیه واریانس GCA و SCA و نسبت آن‌ها همراه با نسبت ژنتیکی برای نه صفت مرتبط با خواص کیفی نان در آزمایش نیمه دی‌آلل دو ساله در جدول ۳ ارائه شده است. اثر GCA برای کلیه صفات در سطح احتمال یک درصد و اثر SCA برای تمام صفات به غیر از صفات درصد پروتئین و درصد جذب آب در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود که نشانگر نقش اثرات افزایشی و غیرافزایشی در کنترل صفات مورد بررسی است. نسبت $\sigma^2_{GCA} / \sigma^2_{SCA}$ در کلیه صفات بیشتر از یک

جدول ۲- تجزیه مرکب دو ساله صفات مرتبط با کیفیت نانوازی در گندم نان به روش آزمایش دی آل

Table 2. Combined analysis of baking quality properties of bread wheat based using diallel trials

SOV	منابع تغییر	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean Squares									
			وزن هزار دانه	درصد پروتئین GPC	رسوب زایی ZSV	حجم نان B.V.	سختی دانه GH	درصد جذب آب WA	عدد فالینگ FN	درصد گلوش تر WG	ارتفاع رسوب SDS	
Year	سال	1	1.12 ^{ns}	18.3**	67.20**	64057.80**	151.1**	50.54**	4572.07*	172.67**	2716.07**	
R / Y	بلوک درون سال	4	4.96	0.08	0.08	109.25	0.71	0.11	2410.10	2.51	3.43	
Genotype	ژنوتیپ	20	17.87**	1.02**	8.82**	4164.67**	30.26**	2.85**	4050.20**	30.11**	158.19**	
Y × G	ژنوتیپ × سال	20	3.89 ^{ns}	0.09**	0.51 ^{ns}	780.50**	1.81**	0.47**	1329**	1.15 ^{ns}	21.64**	
Error	خطا	80	5.32	0.01	0.33	180.64	0.95	0.07	402.07	0.93	1.81	
CV (%)	ضرب پرگندگی (%)		5.91	1.86	1.74	2.62	1.66	0.42	5.59	3.19	2.24	

^{ns} * and **, non significant and significant at 0.05 and 0.01 probability levels, respectively.

Thousand Kernel Weight (TKW); Grain Protein Content (GPC); Zeleny Sedimentation Volume (ZSV); Bread Volume (BV); Grain Hardness (KH); Water Absorption (WA); Falling Number (FN); Wet Gluten (WG); Gluten Index (GI); SDS-Sedimentation Height (SDS).

^{ns} * و ** به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد.

جدول ۳- میانگین مربعات مرتبط با کیفیت نانواپی والدین و نتایج F_2 گندم نان در آزمایش دی آل کرانس در سالهای ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰

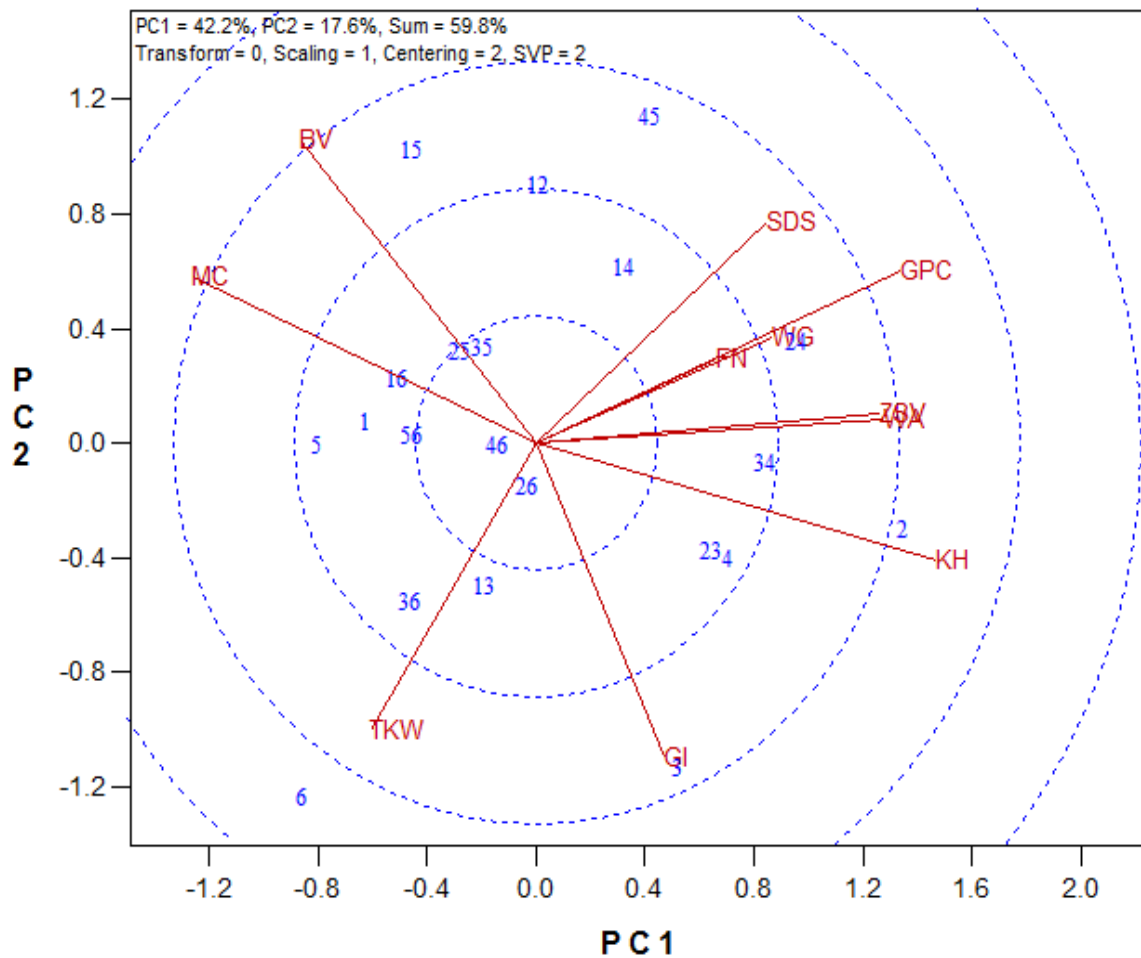
Table 3. Mean squares amounts for baking quality properties of parents and F_2 's in bread wheat of two years diallel trials in 2010 and 2011

Parameter	پارامتر	میانگین مربعات																	
		وزن هزار دانه	میزان پروتئین	حجم رسوب	حجم نان	سختی دانه	درصد جذب آب	عدد فالینگ	گلوپن تر	ارتفاع رسوب	TKW	GPC	ZEI	BV	GH	WA	FN	WG	SDS
GCA	ترکیب پذیری عمومی	27.61**	2.31**	25.89**	9865**	78.25**	6.49**	6821.24**	65.06**	217.12**									
SCA	ترکیب پذیری خصوصی	8.79**	0.25 ^{ns}	1.60**	1927**	7.66**	0.87 ^{ns}	3457.20**	12.02**	123.31**									
$\sigma^2_{GCA}/\sigma^2_{SCA}$	نسبت ژنتیکی	3.14	9.24	16.18	5.12	10.21	7.46	1.97	5.41	1.76									
$(2\sigma^2_{GCA} + \sigma^2_{SCA})/2\sigma^2_{GCA}$	نسبت ژنتیکی	0.76	0.90	0.94	0.84	0.91	0.88	0.66	0.84	0.64									

^{ns}، * و ** به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد.

^{ns}، * and **، non significant and significant at 0.05 and 0.01 probability levels, respectively.

Thousand Kernel Weight (TKW); Grain Protein Content (GPC); Zeleny Sedimentation Volume (ZSV); Bread Volume(BV); Grain Hardness (KH); Water Absorption (WA); Falling Number(FN); Wet Gluten (WG); Gluten Index (GI); SDS-Sedimentation Height (SDS).



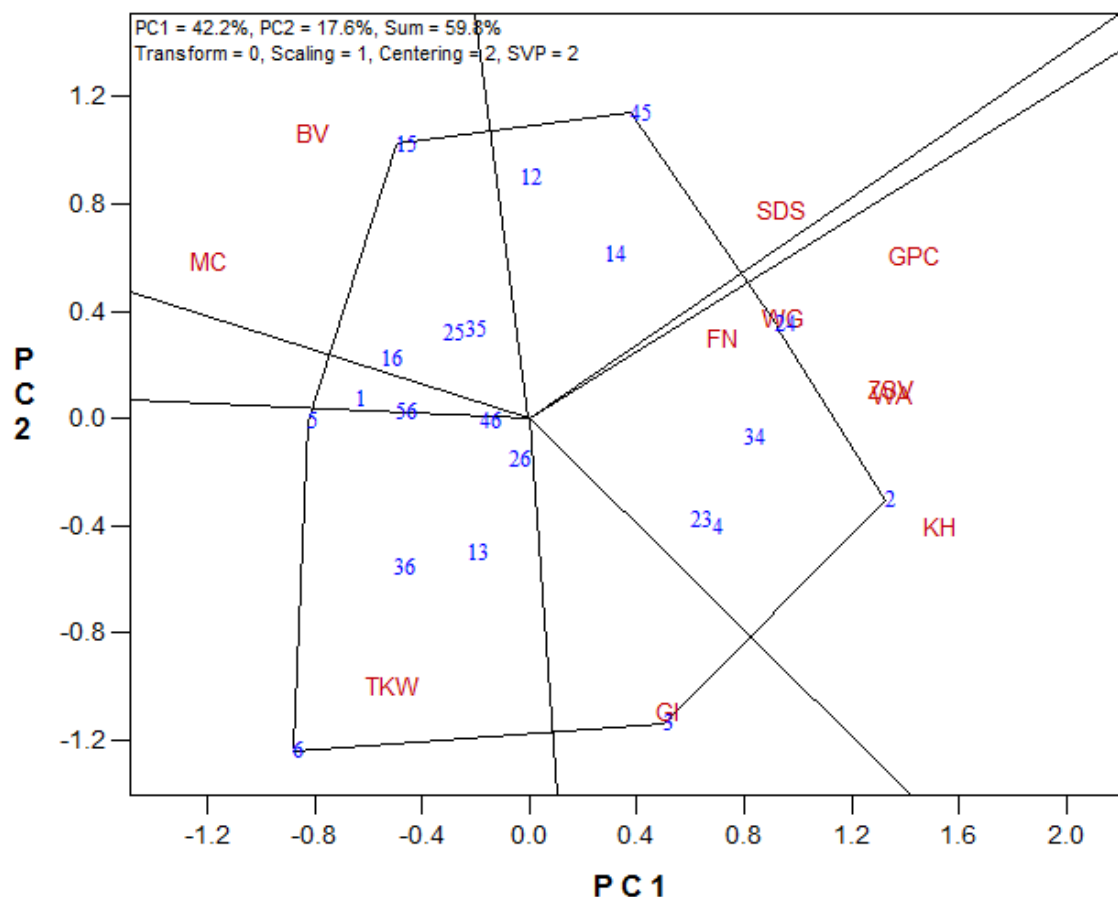
شکل ۱- نمودار همبستگی صفات کیفی در شش ژنوتیپ گندم نان در آزمایش دی آلل کراس سال‌های ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰. علائم اختصاری ارقام به ترتیب عبارت است از ۱- ارونند (Arv)، ۲- اترک (Atr)، ۳- زرین (Zar)، ۴- کرج-۳ (Kar)، ۵- Mv-17 (Mv) و ۶- نوید (Nav).

Figure 1. Correlation graphs for baking quality traits in six bread wheat parents using half diallel in 2010 and 2011. Thousand Kernel Weight (TKW); Grain Protein Content (GPC); Zeleny Sedimentation Volume (ZSV); Bread Volume (BV); Grain Hardness (HI); Water Absorption (WA); Falling Number(FN); Wet Gluten (WG); Gluten Index (GI); SDS-Sedimentation Hight (SDS).

نوید و ترکیب‌های زرین × نوید و ارونند × زرین با صفت وزن هزار دانه همبستگی بیشتری نشان دادند. ارقام Mv-17 و ارونند در کنار ترکیب‌های ارونند × نوید، ارونند × Mv-17 و Mv-17 × نوید با صفت حجم نان همبستگی نشان دادند.

تجزیه بای‌پلات بر اساس دو مؤلفه اصلی اول نشان داد که مؤلفه اول، ۴۲/۳ درصد و مؤلفه دوم، ۱۷/۶ درصد و دو مؤلفه در مجموع ۵۹/۹ درصد از کل تغییرات را توجیه می‌نمایند (شکل ۲). دستگاه مختصات به خوبی

اترک × زرین، زرین × کرج-۳، و اترک × کرج-۳ با صفات مهم و موثر در تعیین کیفیت نانوائی مانند سختی بذر، درصد جذب آب آرد، حجم رسوب زلنی و SDS، درصد پروتئین و گلوتن‌تر و عدد فالینگ همبستگی مثبت و بالایی نشان دادند. این همبستگی بین درصد پروتئین دانه، عدد فالینگ، درصد گلوتن‌مرطوب، درصد جذب آب آرد و حجم رسوب زلنی خیلی شدید بود. در مقابل، صفات فوق با صفات مهم وزن هزار دانه و حجم نان همبستگی منفی و ضعیفی نشان دادند، در حالی که ارقام



شکل ۲- نمودار بای پلات صفات کیفی در شش ژنوتیپ گندم نان در آزمایش دی آلل کراس سال‌های ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰. علائم اختصاری ارقام به ترتیب عبارت است از ۱-اروند (Arv)، ۲-اترک (Atr)، ۳-زرین (Zar)، ۴-کرج-۳ (Kar)، ۵- Mv-17 (Mv) و ۶- نوید (Nav).
 Figure 2. Biplot graphs for baking quality traits in six bread wheat parents using half diallel in 2010 and 2011. Thousand Kernel Weight (TKW); Grain Protein Content (GPC); Zeleny Sedimentation Volume (ZSV); Bread Volume (BV); Grain Hardness (HI); Water Absorption (WA); Falling Number(FN); Wet Gluten (WG); Gluten Index (GI); SDS-Sedimentation Hight (SDS).

۳، و اترک × کرج-۳ دارای بیشترین ترکیب پذیری خصوصی بودند. اگر هدف تولید نان‌های حجیم است، والدین اروند و Mv-17 که دارای بیشترین ترکیب‌پذیری عمومی بودند، مناسب هستند. همچنین ترکیب‌های اروند × Mv-17، اروند × نوید، Mv-17 × نوید و اروند × Mv-17 برای این منظور دارای بیشترین ترکیب‌پذیری خصوصی بودند. این نتایج با نتایج ژانگ و همکاران (Zhang et al., 2005) در خصوص بررسی صفات کیفی ژنوتیپ‌های گندم نان مطابقت داشت. نتایج حاصل از آزمایش نیمه دی‌آلل دو ساله نشان داد که ارقام زرین، اترک و کرج-۳ به ترتیب دارای بیشترین ترکیب‌پذیری عمومی و ترکیب‌های اترک × زرین، زرین × کرج-۳ دارای

ارزش والدین و ترکیب‌های تولیدی را با توجه به صفات در دست مطالعه مشخص نمود. ملاحظه می‌شود که ارقام اترک و کرج-۳ (والدین خوب و با کیفیت مناسب) برای صفات خیلی مهم و موثر در تعیین کیفیت نانوائی مانند سختی بذر، درصد جذب آب آرد، حجم رسوب زلنی و SDS، درصد پروتئین و گلوتن تر و عدد فالینگ دارای بیشترین مقدار GCA بودند. رقم Mv-17 و اروند نیز دارای بیشترین ترکیب‌پذیری عمومی با حجم نان و رقم نوید نیز بیشترین ترکیب‌پذیری با وزن هزار دانه را نشان داد. در این شکل به خوبی مشخص شد که ارقام خوب توان ارتقای کیفی ترکیب‌های تولیدی از نظر صفات مورد بررسی را دارند. ترکیب‌های اترک × زرین، زرین × کرج-

جدول ۴- تخمین ترکیب پذیری عمومی و خصوصی دوساله (۱۳۹۰-۱۳۸۹) نالاقی‌های مستقیم والدین و نسل F₂ صفات مرتبط با کیفیت نانایی
Table 4. Estimation of general combining ability (GCA) in the F₂ generation for some baking quality characteristics in bread wheat (2010-2011)

Genotype	Code	ژنوتیپ	وزن هزار دانه TKW (gr)	درصد پروتئین GPC (%)	رسوب زنی ZSV (ml)	حجم نان BV (cm3)	سختی بند GH	درصد جذب آب WA (%)	عدد فالیک FN (sec)	درصد گوشت تر W/G (%)	ارتفاع رسوب SDS (ml)
Arvand	1	اوند	0.3458 ns	-0.053 ns	-0.358*	13.392**	-1.392**	-0.381**	-5.183 ns	0.713**	-2.600**
Atrak	2	اترک	-0.319 ns	0.217**	0.867**	-6.283 ns	1.308**	0.533**	24.942**	0.700**	2.500**
Zarin	3	زرین	0.936**	0.110 ns	0.342*	-11.583*	1.233**	0.284*	-12.083**	-0.013 ns	-0.750 ns
Karaj-3	4	کرج-۳	-1.222**	0.237**	0.717**	-12.683**	1.283**	0.248*	1.167 ns	0.875**	3.250**
Mv-17	5	لاین-17 MV-17	-0.514 ns	-0.113 ns	-0.283*	25.492**	-1.167**	-0.287*	-1.483 ns	0.238 ns	-0.950 ns
Naavid	6	نوید	0.773*	-0.400**	-1.283**	-8.333*	-1.267**	-0.397*	-7.358 ns	-2.513**	-1.450*
Ar × At	12	اترک × اوند	-2.168*	-0.271 ns	-0.346 ns	15.139*	-1.479*	-0.103 ns	4.146 ns	-1.513*	0.900 ns
Ar × Zr	13	زرین × اوند	0.156 ns	-0.263 ns	-0.021 ns	-4.761 ns	-0.804 ns	0.256 ns	5.171 ns	-2.400**	-2.450 ns
Ar × Ka	14	کرج-۳ × اوند	1.294 ns	0.349**	1.604**	5.139 ns	0.746 ns	0.022 ns	-49.679**	-1.288*	4.150*
Ar × Mv	15	لاین-17 MV-17 × اوند	-0.894 ns	0.199 ns	-0.196 ns	-4.636 ns	1.396*	0.457 ns	18.171 ns	0.750 ns	4.350*
Ar × Nv	16	نوید × اوند	-1.041 ns	0.187 ns	-0.396 ns	5.789 ns	0.896 ns	-0.013 ns	28.846**	-0.900 ns	7.450**
At × Zr	23	زرین × اترک	1.001 ns	0.167 ns	-0.046 ns	1.514 ns	0.504 ns	0.068 ns	-26.554*	1.413*	2.450 ns
At × Ka	24	کرج-۳ × اترک	2.039*	0.219 ns	0.379 ns	0.414 ns	0.954 ns	0.648*	-13.204 ns	0.625 ns	0.750 ns
At × Mv	25	لاین-17 MV-17 × اترک	1.911*	-0.111 ns	-0.421 ns	-3.161 ns	-1.304*	-0.617*	-28.754**	-0.088 ns	2.250 ns
At × Nv	26	نوید × اترک	0.544 ns	-0.083 ns	-0.021 ns	4.864 ns	-0.604 ns	-0.307 ns	-24.079*	1.325*	1.150 ns
Zr × Ka	34	کرج-۳ × زرین	-0.896 ns	0.027 ns	-0.696 ns	-11.886*	0.321 ns	0.537 ns	17.421 ns	0.438 ns	1.500 ns
Zr × Mv	35	لاین-17 MV-17 × زرین	0.436 ns	0.097 ns	0.304 ns	2.739 ns	-1.629*	0.132 ns	-21.529 ns	-0.725 ns	7.100**
Zr × Nv	36	نوید × زرین	0.209 ns	0.224 ns	-0.096 ns	35.164**	-0.929 ns	-0.018 ns	-7.054 ns	-1.375*	-0.800 ns
Ka × Mv	45	لاین-17 MV-17 × کرج-۳	-1.646 ns	0.169 ns	-0.271 ns	7.039 ns	-0.279 ns	-0.152 ns	34.021**	1.188 ns	1.700 ns
Ka × Nv	46	نوید × کرج-۳	-0.593 ns	-0.043 ns	-0.471 ns	38.064**	0.021 ns	-0.002 ns	10.296 ns	-2.063**	-2.000 ns
Mv × Nv	56	لاین-17 MV-17 × نوید	0.219 ns	0.087 ns	-0.071 ns	2.289 ns	0.671 ns	0.653*	5.946 ns	0.175 ns	3.200 ns

ns * و ** به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد.

ns : * and **: non significant and significant at 0.05 and 0.01 probability levels, respectively.
Thousand Kernel Weight (TKW); Grain Protein Content (GPC); Zeleny Sedimentation Volume (ZSV); Bread Volume (BV); Grain Hardness (KH); Water Absorption (WA); Falling Number (FN); Wet Gluten (WG); Gluten Index (GI); SDS-Sedimentation Height (SDS).

کلیه صفات مورد بررسی در سطح اطمینان 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. آماره‌های a و b به ترتیب تخمینی از ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی هستند. جزء b_1 آماره b، مقایسه بین میانگین F_2 ها و متوسط والد‌ها را تعیین می‌نماید و نشان دهنده غالبیت یک طرفه (جهت‌دار) است. در جدول ۶ مشاهده می‌شود که آماره b_1 نیز برای کلیه صفات اندازه‌گیری شده به غیر از وزن هزار دانه در سطح اطمینان یک درصد معنی‌دار بود. در آزمایش فوق، این جزء برای کلیه صفات معنی‌دار بود و با نتایج محققین مختلف (Barnlard *et al.*, 2001; Chowdhry *et al.*, 2005; Riaz and Chowdhry, 2003; Topal *et al.*, 2004; Farooq *et al.*, 2006; Rahim *et al.*, 2006; Coskun *et al.*, 2010) مطابقت داشت. این پژوهش‌گران نیز قبلاً به نتایج مشابهی در مورد اثر آماره‌های فوق به خصوص تنوع ناشی از اثر افزایشی و

بیشترین ترکیب‌پذیری خصوصی به منظور ارتقای سطح کیفی دانه، خمیر و نان می‌باشند.

نتایج آزمون مقدماتی به روش جینکز و هیمن (Jinks and Hayman, 1953) نشان داد که شیب خط رگرسیون W_r روی V_r در آزمایش نیمه دی‌آلل برای همه صفات مورد مطالعه به غیر از وزن هزار دانه و حجم نان اختلاف معنی‌داری از یک نشان نداد (جدول ۵). علاوه بر این، معنی‌دار نبودن میانگین مربعات $W_r - V_r$ برای صفات مورد مطالعه نشان‌دهنده عدم وجود اثر اپیستازی ژن‌ها در کنترل این صفات بود. با توجه به نتایج آزمون‌های فوق، مدل افزایشی و غالبیت برای صفات درصد پروتئین، حجم رسوب زنی، سختی بذر، عدد فالینگ و درصد گلوئن‌تر کفایت نمود. برای سایر صفات این مدل صادق نبود و اثر اپیستازی یا اثر متقابل ژن‌های کنترل‌کننده این صفات وجود داشت (جدول ۵).

تجزیه واریانس هیمن برای صفات مرتبط با کیفیت نانواپی در جدول ۶ درج شده است. آماره‌های a و b برای

جدول ۵- آزمون ضریب رگرسیون W_r روی V_r و آزمون اثرات اپیستازی ($W_r - V_r$) و غالبیت ($W_r + V_r$) روی صفات مرتبط با کیفیت نانواپی در آزمایش تلاقی مستقیم سال‌های ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰

Table 5. Testing of regression coefficient for W_r/V_r and epistatic effect ($W_r - V_r$) and dominance effects ($W_r + V_r$.)

پارامتر Parameter	وزن هزار دانه TKW	میزان پروتئین GPC	حجم رسوب ZSV	حجم نان BV	سختی دانه GH	درصد جذب آب WA	عدد فالینگ FN	گلوئن تر WG	ارتفاع رسوب SDS
ضریب رگرسیون Reg. Coefficient	-0.199	1.3	0.806	0.334	1.188	1.046	1.145	0.600	0.654
$H_0: b = 0$	2.39*	2.34*	2.25*	0.93 ^{ns}	2.15*	6.885**	5.9**	2.35*	1.613 ^{ns}
$H_0: b = 1$	3.56*	0.54 ^{ns}	0.99 ^{ns}	2.05*	0.003 ^{ns}	0.26 ^{ns}	0.75 ^{ns}	0.90 ^{ns}	0.41 ^{ns}
میانگین مربعات MS of $W_r + V_r$	46.64 ^{ns}	0.09 ^{ns}	2.78*	918040 ^{ns}	173**	1.13**	9106234**	67.3**	4321**
میانگین مربعات MS of $W_r - V_r$	51.02 ^{ns}	0.004 ^{ns}	0.83 ^{ns}	3420804**	3.4 ^{ns}	0.71	896694 ^{ns}	6.04 ^{ns}	328.8*
Model Adequacy	Partial	Full	Full	Partial	Full	Full	Full	Full	Partial

^{ns}، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد.

^{ns}، * and ** ; non significant and significant at 0.05 and 0.01 probability levels, respectively.

Thousand Kernel Weight (TKW); Grain Protein Content (GPC); Zeleny Sedimentation Volume (ZSV); Bread Volume(BV); Grain Hardness (KH); Water Absorption (WA); Falling Number(FN); Wet Gluten (WG); Gluten Index (GI); SDS-Sedimentation Height (SDS).

جدول ۶- تجزیه واریانس صفات مرتبط با کیفیت نانواپی در شش ژنوتیپ گندم نان و نتاج F₂ آنها با استفاده از روش هیمن (تلاقی مستقیم) سال‌های ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰

Table 6. Analysis of variance for bread making quality attributes in 6 bread wheat parents and their F₂ using Hyman method in 2010 and 2011

منبع تغییرات SOV	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean Squares								
		وزن هزار دانه TKW	میزان پروتئین GPC	حجم رسوب ZSV	حجم نان BV	سختی دانه GH	درصد جذب آب WA	عدد فالینگ FN	گلوتن تر WG	ارتفاع رسوب SDS
تکرار Replication	4	4.7 ^{ns}	3.6**	16.75**	11975**	31.8**	10.61**	374**	34.6**	555.6**
A	5	23.1**	1.3**	21.98**	8512**	66.7**	4.1**	9267**	27.6**	233**
B	15	10.6**	0.6**	6.79**	2294**	11.5**	1.7**	2504**	24.5**	112**
b ₁	1	0.5 ^{ns}	10.0**	5.65**	9034**	22.9**	2.5**	2453*	47.8**	1024**
b ₂	5	10.1**	0.2**	3.26**	2541**	12.4**	0.7**	3937**	14.11**	67**
b ₃	9	12.0*	0.8**	8.88**	1391**	9.8**	2.2**	1715**	27.7**	36**
خطای آزمایش Error	80	5.5	0.01	1.47	265	0.9	0.13	578	1.03	6.56

^{ns}, * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد.

^{ns}, * and **; non significant and significant at 0.05 and 0.01 probability levels, respectively.

Thousand Kernel Weight (TKW); Grain Protein Content (GPC); Zeleny Sedimentation Volume (ZSV); Bread Volume (BV); Grain Hardness (KH); Water Absorption (WA); Falling Number (FN); Wet Gluten (WG); Gluten Index (GI); SDS-Sedimentation Height (SDS).

صورت افزایشی و غیرافزایشی است، اما سهم اثر افزایشی به مقدار بیشتری گزارش شده است. آماره F برای صفات درصد پروتئین، حجم نان، سختی بذر، عدد فالینگ و ارتفاع رسوب SDS مثبت و معنی‌دار بود که نشان دهنده نسبت بیشتر ژن‌های فزاینده صفت مورد مطالعه بود (جدول ۷). این آماره در صفات وزن هزار دانه، حجم رسوب زلنی، درصد جذب آب و درصد گلوتن‌تر معنی‌دار نبود و از این‌رو صفات فوق بیشتر تحت تأثیر عمل افزایشی ژن‌ها می‌باشند. رابطه H₂/4H₁ نشان دهنده نسبت ژن‌های با اثر مثبت و منفی در والدین است که این نسبت برای کلیه صفات به غیر از درصد گلوتن‌تر کمتر از ۲۵ درصد بود که نشان دهنده بیشتر بودن فراوانی آلل‌های مغلوب است. اما در صفت درصد گلوتن‌تر این نسبت نشان داد که آلل‌های غالب و مغلوب برابر هستند. متوسط درجه غالبیت (H₁/4D)^{1/2} نیز برای بیشتر صفات به غیر از وزن هزار دانه، عدد فالینگ و گلوتن‌تر و ارتفاع رسوب SDS کمتر از یک بود (جدول ۷). و نشان داد که صفات تحت غالبیت نسبی ژن‌ها بودند. برآورد نسبت ژن‌های غالب به مغلوب در والدین از طریق رابطه ۳ نشان داد که کلیه صفات مورد دارای تقارن ژن‌های غالب و

غالبیت روی اجزای صفات وزن هزار دانه و بیشتر خواص مرتبط با کیفیت نانواپی مانند میزان پروتئین دانه، میزان گلوتن، سختی بذر دست یافته بودند.

برآورد شاخص‌های آماری و اجزای ژنتیکی برای نه صفت مورد مطالعه در جدول ۷ درج شده است. نتایج تجزیه واریانس ترکیبات اجزاء ژنتیکی نشان داد که واریانس افزایشی (D) و واریانس غیرافزایشی (H₁ و H₂) برای کلیه صفات مرتبط با کیفیت نانواپی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند. نقش اثرات افزایشی نسبت به اثرات غیرافزایشی (غالبیت) به‌ویژه در صفات مهمی مانند درصد پروتئین، حجم رسوب زلنی و سختی بذر خیلی بیشتر بود. این نتیجه با نسبت $\sigma^2_{GCA} / \sigma^2_{SCA}$ (جدول ۳) و تجزیه واریانس به روش جینکز و هیمن (Jinks and Hayman, 1953) (جدول ۶) هم‌خوانی داشت. همچنین نتایج فوق با نتایج کتاتا و همکاران (Ketata et al., 1976)، جوشی و همکاران (Joshi et al., 2004)، گروس و همکاران (Groos et al., 2004) و وانگ و همکاران (Wang et al., 2007) مطابقت داشت. در گزارش این محققین آمده است که میزان پروتئین دانه تحت کنترل و اثر ژن به

جدول ۷- برآورد شاخص‌های ژنتیکی صفات اندازه‌گیری شده بر اساس روش همین در سال‌های ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰
Table 7. Estimate of genetic components of traits on Hayman method in 2010 and 2011

Parameters	پارامترها	وزن هزار دانه TKW	میزان پروتئین GPC	حجم رسوب ZSV	حجم نان BV	سختی دانه GH	درصد جذب آب WA	عدد فالیپک FN	گلوتن تر WG	ارتفاع رسوب SDS
D	واریانس افزایشی	4.55±2.00	0.26±0.03	4.19±0.86	1616±339	13.15±1.43	0.79±0.12	1741±403	5.33±0.95	45.34±6.68
H ₁	واریانس غالبیت	6.23±2.80	0.18±0.3	1.71±0.62	1391±351	6.23±1.05	0.67±0.11	2659±520	9.29±1.23	71.83±8.11
H ₂	واریانس غالبیت	4.80±2.07	0.15±0.02	1.28±0.44	1002±344	4.16±0.68	0.56±0.09	2040±375	6.92±.۸۸	60.88±6.49
F	اثر متقابل اثر افزایشی و غیر افزایشی	3.45±2.5	0.04±0.03	1.42±0.86	1243±414	8.76±1.58	0.28±0.15	1941±534	0.32±1.01	39.38±8.24
H ₂ /4H ₁	توزیع نسبی ژن‌های افزاینده و کاهنده	0.19	0.21	0.19	0.18	0.17	0.21	0.19	0.35	0.16
(H ₁ /4 D) ½	میانگین درجه غالبیت	1.17	0.83	0.06	0.93	0.69	0.92	1.23	1.32	1.26
r(P _r , W _r +V _r)	جهت غالبیت	-0.331 ^{ns}	0.449 ^{ns}	0.424 ^{ns}	-0.590 ^{ns}	0.883*	0.707 ^{ns}	0.950 ^{ns}	0.931**	-0.870*
$\left[\frac{\sqrt{\frac{(4DHD)-1/2E/2}{(4DHD)-1/2E/2}}}{\sqrt{\frac{(4DHD)-1/2E/2}{(4DHD)-1/2E/2}}} \right]$	توزیع نسبی ژن‌های غالب و مغلوب	1.03	1.24	1.05	1.00	1.03	1.14	1.00	1.00	1.00
h ² _n	توارث پذیری خصوصی	0.34 ± 0.8	0.75 ± 0.03	0.75 ± 0.04	0.53 ± 0.06	0.73 ± 0.03	0.66 ± 0.04	0.25 ± 0.06	0.65 ± 0.03	0.34 ± 0.03

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

^{ns}، * and **: non significant and significant at 0.05 and 0.01 probability levels, respectively.

Thousand Kernel Weight (TKW); Grain Protein Content (GPC); Zeleny Sedimentation Volume (ZSV); Bread Volume(BV); Grain Hardness (KH); Water Absorption (WA); Falling Number(FN); Wet Gluten (WG); Gluten Index (GI); SDS-Sedimentation Height (SDS).

گلوتن‌تر، سختی بذر و حجم رسوب زلنی، درصد جذب آب آرد و وزن هزار دانه با بیشترین مقدار GCA استفاده شود. صفات مورد نظر بیشتر تحت تاثیر اثر افزایشی ژن‌ها بودند. ترکیب‌های اترک × زرین، زرین × کرج-۳، و اترک × کرج-۳ با بیشترین مقدار SCA از نظر صفات خیلی مهم و موثر در تعیین کیفیت نانواپی مانند سختی بذر، درصد جذب آب آرد، حجم رسوب زلنی و SDS، درصد پروتئین و گلوتن تر و عدد فالینگ مورد توجه و قابل استفاده هستند. در این شرایط، برنامه‌های تلاقی والدین مناسب و انتخاب افراد برتر در نسل‌های بالاتر کاربردهای فراوانی دارند. به علت انتقال ژن‌ها و اثر تجمعی آن‌ها در نسل بعد و بهبود صفات هدف، می‌توان از طریق گزینش در نسل‌های اولیه از این ارقام در افزایش صفات مرتبط با کیفیت نانواپی در برنامه اصلاح گندم نان استفاده نمود.

سپاسگزاری

از مسئولین محترم بخش تحقیقات غلات، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج، به‌ویژه همکاران واحد شیمی و تکنولوژی به خاطر همکاری و کمک در انجام تجزیه‌های آزمایشگاهی این تحقیق صمیمانه تشکر و قدردانی می‌شود.

مغلوب بودند. اکرم و همکاران (Akram *et al.*, 2007) در بررسی خود روی خصوصیات کیفی مانند تجزیه ژنتیکی پروتئین و میزان گلوتن به نتایج مشابهی دست یافتند. ژانگ و همکاران (Zhang *et al.*, 2005) گزارش نمودند که میزان پروتئین، خواص رئولوژی خمیر و حجم رسوب به میزان بسیار زیادی تحت کنترل اثرات افزایشی ژن‌ها می‌باشند. نتایج بدست آمده از توارث‌پذیری خصوصی صفات شبیه هم بودند و مقدار آن برای بیشتر صفات بالا بود. بیشترین و کمترین میزان وراثت‌پذیری خصوصی به صفات درصد پروتئین و عدد فالینگ به ترتیب ۷۵ درصد و ۲۵ درصد تعلق گرفت. این دستاوردها در راستای یافته‌های سایر به‌نژادگران از جمله (Barnlard *et al.*, 2001; Habib and Khan, 2003; Groos *et al.*, 2004; Aycicek and Yildirim, 2006; Coskun *et al.*, 2010) بود.

بر اساس نتایج این آزمایش، روش GGE biplot به صورت گرافیکی و خیلی روشن وضعیت ترکیب‌پذیری‌ها را به نمایش گذاشت و نتایج آن با نتایج هیمن و تجزیه دی‌آلل به روش گریفینگ مطابقت داشت. توصیه می‌شود از والد اترک به منظور افزایش و ارتقای صفات مهم کیفی مانند درصد پروتئین، سختی بذر، درصد گلوتن‌تر، عدد فالینگ، درصد جذب آب آرد و حجم رسوب زلنی و از والدهای زرین و کرج-۳ در افزایش صفاتی مانند درصد

References

- 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.
- 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.
- Baker, R. J. 1978. Issues in diallel analysis. *Crop Science* 18: 533-536.
- Cemal, Y., Faheem Shehzeol, B. and Hakan, O. 2009. Genetic analysis of some physical properties of bread wheat grain. *Thark Journal. Agriculture* 33: 525-535.
- Chowdhry, M. A., Saeed, M. S., Khaliq, I. and Ahsan, M. 2005. Combining ability analysis for some polygenic traits in a 5 × 5 diallel cross of bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *Asian Journal of Plant Science* 4(4): 405-408.
- Coskun, Y., Ozberk, I. and Coskun A. 2010. Genetic analysis for some characteristics in durum wheat (*Triticum durum* Desf.) *Journal Agriculture Faculty Harran University* 14 (1): 17-25.
- Fida, M., Daniel, H., Shahzad, K. and Khan, H. 2001. Heritability estimates for yield and its components in wheat. *Sarhad Journal Agricultural* 17 (2): 227-234.
- Farooq, J., Imran, H., Akhtar, S., Nausherwan, S., Ihsan, 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.

- Groos, C., Bervas, E. and Charmet, G. 2004.** Genetic analysis of grain protein content, grain hardness and dough rheology in hard × 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.
- Hanson, W. D. 1963.** Heritability in Statistical Genetics and Plant Breeding. **National Academics of Sciences National Research Council** 982: 125-140
- Iran-Nejad, H. and Shahbaziyan, N. 2005.** Cereal cultivation. (Vol. I), Wheat. **Karenoo Publications, Tehran, Iran**, 272 P. (In Persian).
- Jain, K. and Singh, G. 1978.** Estimates of additive, dominance and additive × additive genetic variances in common wheat. In: Ramanujam, S. (Ed.). Fifth International Wheat Genetics Symposium. New Delhi, India. pp. 606-612.
- 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.
- Khodadadi, E., Aharizad, S., Sabzi, M., Shahbazi, H. and Khodadadi, E. 2012.** Combining ability analysis of bread quality in wheat. **Annals of Biological Research** 3 (5): 2464-2468.
- Moghaddam, M. and Amiri Oghan, H. 2010.** Biometrical methods in quantitative genetic analysis (Translated). Parivar Publication. pp. 130-203. (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 Science** 2: 790-796.
- Sing, 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.
- Topal, A., Aydin, C., Akgun, N. and Babaoglu, M. 2004.** Diallel cross analysis in durum wheat: Identification of best parents for some kernel physical features. **Field Crops Research** 87: 1-12.
- Ukai, Y. 2006.** Analysis of full and half diallel tables (DIAL98). **Virtual Institute of Statistical Genetics**. <http://lbn.ab.a.u-tokyo.ac.jp/~ukai>.
- Yan, W. and Hunt, L. A. 2001.** Biplot analysis of diallel data. **Crop Science** 42: 21-30.
- Wang, S. J., You, M. S., Kang, M. H., Lin, Z. J., Li, B. and Liu, G. T. 2007.** Heterosis of loaf volume and bread-making quality traits in common wheat (*T. aestivum* L.). **Acta Agriculturae Boreali-Sinica** 22 (5): 123-128
- 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.

Estimation of genetic structure traits attributes bread-making quality in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) using GGEbiplot and dialle method

Farhad Sadeghi¹, Hamid Dehghani^{2*}, Goodarz Najafian³ and⁴ Mostafa Aghae³

1 and 2. Ph. D. Student and Assoc. Prof., respectively, Dept. of Plant Breeding, Tarbiat Moderres University, 3. Research Assoc. Prof., Seed and Plant Improvement Institute, Karaj, Iran

(Received: November 11, 2012- Accepted: March 4, 2013)

Abstract

To estimate the genetic characteristics related to baking quality traits such as thousand kernel weight, grain Protein content, Zeleny sedimentation volume, bread volume, kernel hardness, water absorption, falling number, wet gluten and SDS sedimentation volume in genotype of parents and F₂ crosses, using diallel cross of six commercial cultivars such as Atrak, Arvand, Zarin, Karaj -3, Mv-17 and Navied were used. The trials (Two years) in the years, 2010 and 2011 carried out in a randomized complete block design with three replications at the research station of Mahidasht Kermanshah. The data resulting by GGE Biplot and Hayman method analyzed. The results of combined analysis of variance indicated differences between genotypes for all traits was highly significant. Two genetic ratio $\sigma^2_{GCA}/\sigma^2_{SCA}$ and $(2\sigma^2_{GCA} + \sigma^2_{SCA})/2\sigma^2_{GCA}$ showed that greater share of the gene additive effects was at the control characters. GGE Biplot analysis showed that parents of Atrak, Zarin and Karaj-3 with maximum GCA in the important quality characters are advisable. Combinations of the Atrak × Zarin, Zarin × Karaj- 3, and Atrak × Karaj -3 with maximum SCA can be used to enhance the qualitative and quantitative traits. Test of epistatic using regression coefficient and analysis of variance Wr-Vr showed that additive- dominant models for Zeleny sedimentation volume, kernel hardness, falling number and wet gluten percentage of adequacy has more, but in other traits epistatic effects exist. Also results of analysis based on Hayman method showed the prevalence of additive effect over the non-additive effect for all traits. The highest and lowest heritability of traits belonged to times of grain protein content and falling number, which was 75% and 25% respectively. By transfer of additive genes and their cumulative effects of the characteristics in next generation, can be increased the characteristics by selection in early generations of baking quality traits in bread wheat breeding program can be used.

Keywords: Baking characteristics, Biplot, Bread wheat, Gene action, Hayman's analysis, Heritability

*Corresponding author: dehghanirh@yahoo.com; dehghanr@modares.ac.ir