دانشگاه گیلان
دانشکده علوم کشاورزی

تحقیقات غلات

دوره هفتم/ شماره سوم/ پاییز ۱۳۹۶ (۳۵۶-۳۴۳)

برآورد پارامترهای ژنتیکی برخی صفات مرفوفیزیولوژیک گندم نان با استفاده از تلاقی‌های دای‌آلل

محتشم محمدی[۱]، پیمان شریفی[۲*]، رحمت‌الله کریمی‌زاده[۳] و مظفر روستایی[۴]

تاریخ دریافت: ۹۵/۸/۹ تاریخ پذیرش: ۹۵/۱۰/۴

چکیده

به‌منظور برآورد پارامترهای ژنتیکی برخی صفات مورفوفیزلوژیک در گندم نان، شش ژنوتیپ گندم و بذرهای حاصل از تلاقی دای‌آلل یک‌طرفه آن‌ها در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم گچساران ارزیابی شدند. بررسی ضریب رگرسیون نشان داد که فرضیات مدل افزایشی- غالبیت برای صفات تعداد روز تا ظهور سنبله و رسیدگی فیزیولوژیک، ارتفاع بوته، طول سنبله، طول خروج سنبله از برگ پرچم و وزن هزار دانه وجود نداشت. هر دو اثر افزایشی و غیرافزایشی در کنترل ژنتیکی صفات قدرت رشد گیاهچه، طول دوره پر شدن دانه، محتوی کلروفیل، دمای کانوپی، طول دانه و عملکرد دانه نقش داشتند، اما سهم اثر غیرافزایشی نسبت به جزء افزایشی ارجحیت داشت. متوسط درجه غالبیت ژن‌ها برای این صفات به‌ترتیب برابر با ۱/۰۲، ۱/۰۵، ۱/۳۲، ۱/۴۱، ۱/۳۹ و ۱/۶۲ بود که عمل فوق غالبیت ژن‌ها را در کنترل این صفات نشان می‌دهد. نتایج حاصل از تحلیل گرافیکی هیمن نشان داد که افزایش قدرت رشد گیاهچه، عملکرد دانه، طول دانه و دمای کانوپی، به‌وسیله آلل‌های مغلوب و افزایش محتوی کلروفیل توسط آلل‌های غالب کنترل می‌شود. نقش عمل غیرافزایشی و فوق غالبیت ژن‌ها در کنترل عملکرد دانه، نشان‌دهنده امکان استفاده از پدیده هتروزیس در اصلاح این صفت مهم در ارقام جدید گندم می‌باشد. تلاقی‌های DAMARA-6 ICW99-0427-8AP-0AP-0AP-3AP-0AP × کوهدشت و PASTOR/2*SITTA//PBW343*2/KUKUNA × کوهدشت، با توجه به برخورداری از هتروزیس بالا و نیز بیشترین میزان عملکرد دانه در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در این تحقیق، جهت استفاده از پدیده هتروزیس در برنامه‌های اصلاح عملکرد دانه در گندم پیشنهاد می‌شوند.

واژه‌های کلیدی: تحلیل گرافیکی هیمن، درجه غالبیت، وراثت‌پذیری

۱- استاد پژوهش، موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گچساران، ایران
۲- دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران
۳- استادیار پژوهش، موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گچساران، ایران
۴- دانشیار پژوهش، موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مراغه، ایران
* نویسنده مسئول: peyman.sharifi@gmail.com

مقدمه

گندم نان یکی از محصولات راهبردی ایران است که ۴۵ درصد پروتئین و ۵۵ درصد از کالری مورد نیاز مردم کشور را تامین می‌نماید (Irannezhad and Shahbazian, 2005). تولید و گسترش واریته‌های جدید گندم همواره مورد توجه به‌نژادگران گندم نان در دنیا بوده است. تعیین روش‌های اصلاحی و گزینش مطلوب، شانس اصلاح و ارتقاء ژنتیکی در گندم را به‌طور چشمگیری افزایش می‌دهد. صفت عملکرد در گندم نان خیلی پیچیده و تحت تأثیر ژن‌های متعددی قرار دارد. این صفت توسط اجزای عملکرد دانه که خود دارای توارث چندژنی هستند، نیز کنترل می‌شود (Fethi and El-Gassh, 2010). از این‌رو شناخت چگونگی توارث و ارزیابی پارامترهای ژنتیکی کنترل‌کننده این صفات در اصلاح عملکرد دانه از اهمیت زیادی برخوردار است.

روش‌های متعددی برای ارزیابی پارامترهای ژنتیکی در گیاهان زراعی و از جمله گندم ابداع شده است. تجزیه دای‌آلل به‌روش هیمن (Hayman, 1954) یکی از روش‌های ارزیابی چگونگی عمل ژن‌های کنترل‌کننده صفات در والدین می‌باشد. مطالعات زیادی در زمینه چگونگی کنترل صفات مهم مورفولوژیکی در گندم با استفاده از تلاقی‌های دای‌آلل انجام پذیرفته است. در تحقیقی با استفاده از تجزیه دای‌آلل به روش هیمن نشان داده شد که در کنترل ژنتیکی صفات تعداد دانه در سنبله، وزن صد دانه و عملکرد دانه اثرات افزایشی و غیرافزایشی نقش داشتند. در حالی‌که سهم اثرات غیر افزایشی برای دو صفت تعداد دانه در سنبله و عملکرد دانه برتری داشت، برای صفت وزن صد دانه سهم اثرات افزایشی بیشتر بود (Sadeghi, 2014). طهماسبی و همکاران (Tahmasebi *et al*., 2007) با استفاده از تلاقی‌های دای‌آلل یک‌طرفه با ۸ والد گندم نان نشان دادند که سهم آثار افزایشی ژن‌ها در کنترل ژنتیکی ارتفاع بوته، طول سنبله و تعداد دانه در سنبله بیشتر بود. احمدی و همکاران (Ahmadi *et al*., 2003) در تحقیقی با استفاده از تلاقی دای‌آلل یک‌طرفه در ۸ والد گندم نان اظهار داشتند که برای صفات زمان ظهور سنبله، طول سنبله، وزن ۵۰۰ دانه و عملکرد دانه بیشترین سهم واریانس ژنتیکی به واریانس افزایشی اختصاص داشت، در حالیکه برای ارتفاع بوته سهم اثر غالبیت بیشتر بود. وندا و هوشمند (Vanda and Houshmand, 2011) گزارش دادند که در مورد صفات تعداد پنجه بارور، تعداد دانه در سنبله و عملکرد دانه اثرهای افزایشی و غالبیت دارای اهمیت بودند. در تحقیقی دیگر مشاهده شد که صفات مساحت برگ پرچم، تعداد دانه در سنبله و وزن دانه‌ها در هر بوته توسط عمل فوق غالبیت ژن‌ها کنترل می‌شوند (Ejaz-ul-Hassan and Khaliq, 2008). با استفاده از تجزیه گرافیکی داده‌های حاصل از تلاقی دای‌آلل ۵×۵ در گندم نان نشان داده شد که تعداد پنجه در بوته توسط عمل غالبیت جزئی با اثر افزایشی و صفات ارتفاع بوته، طول سنبله، طول پدانکل و عملکرد دانه توسط عمل فوق غالبیت ژن‌ها کنترل می‌شود (Kaukab *et al*., 2014). همچنین زارع‌کهن و حیدری (Zare-Kohan and Heidari, 2014) در تحقیقی با استفاده از تجزیه دای‌آلل به روش گرافیکی هیمن گزارش دادند که در کنترل ژنتیکی صفات تعداد دانه در سنبله، وزن داده‌ها در سنبله، طول سنبله و وزن صد دانه اثر افزایشی و غیر افزایشی ژن‌ها موثر بودند و عمل ژن از نوع غالبیت جزئی بود. همچنین نشان داده شد که. در ارتباط با عملکرد دانه نیز عمل ژن از نوع غالبیت نسبی (Mohammadi and Khodambashi Emami, 2008; Zare-Kohan and Heidari, 2014)، فوق‌غالبیت (Heidari *et al*., 2006; Tahmasebi *et al*., 2007; Houshmand, 2011; Vanda and Pervez *et al*., 2014) و غالبیت کامل (Nazir *et al*., 2014) گزارش شده است.

هدف از اجرای این تحقیق، برآورد نوع عمل ژن، تعداد ژن‌های کنترل‌کننده، وراثت‌پذیری عمومی و خصوصی و فراوانی آلل‌های غالب و مغلوب برای تعدادی از صفات مورفوفیزیولوژیک در گندم نان می‌باشد.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش، از بین ارقام و لاین‌های گندم تحت بررسی در ایستگاه تحقیقات کشاورزی گچساران، شش ژنوتیپ انتخاب و برای تشکیل یک مجموعه دای‌آلل یک‌طرفه، تلاقی‌های ممکن در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ بین آن‌ها انجام شد (جدول ۱). در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲، نتاج حاصل به‌همراه والدین (در مجموع ۲۱ تیمار) بر مبنای طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی ایستگاه تحقیقات کشاورزی گچساران تحت شرایط دیم کشت و از نظر چند صفت مرفوفیزیولوژیک مطالعه شدند. هر کرت آزمایشی در این مرحله شامل چهار خط کاشت به طول دو متر و فواصل خطوط ۲۵ سانتی‌متر بود.

در آزمایش مزرعه‌ای، ده بوته به‌طور تصادفی از هر ژنوتیپ در هر تکرار انتخاب و صفات قدرت رشد گیاهچه، تعداد روز تا ظهور سنبله، تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، دوره پر شدن دانه، ارتفاع گیاه، طول سنبله، طول خروج سنبله از برگ پرچم، محتوی کلروفیل، دمای کانوپی، طول دانه، طول پدانکل، وزن صددانه و عملکرد دانه ارزیابی شدند. قدرت رشد گیاهچه به‌صورت مشاهده‌ای از ۱= ضعیف تا ۵= قوی شماره‌گذاری و مورد تجزیه قرار گرفت (Hampton and Tekrony, 1995).

جدول ۱- نام و شجره والدین مورد تلاقی در این آزمایش

Table 1. Name and pedigree of the parents crossed in this experiment

شماره والد Parent No.	نام والد Parent name
1	KARIM کریم
2	CHEN/AEGILOPSSQUARROSA(TAUS)//BCN/3/VEE#7/BOW/4/PASTOR CMSS93 B01854T- 040Y-8Y-010M-010Y-010M-10Y-0M-4KBY-0KBY-0M-0HTY
3	AFLAK افلاک
4	KOUHDASHT کوهدشت
5	PASTOR/2*SITTA//PBW343*2/KUKUNACMSS04Y00333S-099Y-099ZTM-099Y-099M-3WGY-0B
6	DAMARA-6 ICW99-0427-8AP-0AP-0AP-3AP-0AP

تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها به روش حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام گرفت. قبل از انجام تجزیه دای‌آلل با روش هیمن (Hayman, 1954)، آزمون برابری ضریب رگرسیون کوواریانس نتاج با والد مشترک آنها (Wr) روی واریانس ردیف‌ها (Vr) با یک و صفر برای صفات مورد مطالعه انجام پذیرفت (Mather and Jinks, 1977). با توجه به معنی‌دار بودن تفاوت بین ژنوتیپ‌ها و نیز صادق بودن فرضیات مدل افزایشی- غالبیت، تجزیه دای‌آلل با روش هیمن (Hayman, 1954) با استفاده از برنامه DIAL98 (Ukai, 2006) انجام گرفت.

نتایج و بحث

قبل از تجزیه داده‌ها، آزمون نرمال بودن داده‌ها به روش شاپیرو و ویلک (Shapiro and Wilk, 1965) انجام پذیرفت، که نتایج حاکی از نرمال بودن داده‌ها بود. در تجزیه واریانس برای کلیه صفات، بین تمام ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در سطح احتمال ۱٪ اختلاف معنی‌دار وجود داشت (جدول ۲). این امر، بیانگر وجود تنوع ژنتیکی بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه بود. با توجه به معنی‌دار بودن اثر ژنوتیپ برای تمامی صفات مورد مطالعه، تجزیه دای‌آلل داده‌ها انجام شد. در تطابق با نتیجه تحقیق حاضر، محققین دیگری نیز معنی‌دار بودن اثر ژنوتیپ برای عملکرد و اجزای عملکرد گندم را گزارش کردند (Ahmadi *et al*., 2003; Heidari *et al*., 2006; Mousavi *et al*., 2006; Mohammadi and Khodambashi Emami, 2008; Golparvar *et al*., 2011).

مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه نشان داد که بین والدین و همچنین تلاقی‌های حاصله تنوع وجود داشت (جدول ۳). از نظر قدرت رشد گیاهچه، والدین و تلاقی‌ها در دامنه‌ای بین ۲/۷۵ (ژنوتیپ ۵) تا ۵ (رقم کریم) واقع بودند. متوسط تعداد روز تا ظهور سنبله برای والدها و تلاقی‌ها از ۱۰۱/۵ تا ۱۱۱/۵ روز (به ترتیب برای ژنوتیپ‌های کریم و افلاک) متغیر بود. ژنوتیپ‌های ۵ (۱۴۲/۵) و افلاک (۱۴۷/۵) به‌ترتیب با بیشترین و کمترین تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک در دو حد انتهایی برای این صفت قرار داشتند و در بین تلاقی‌ها، نیز ترکیب ۵×۳ با ۱۴۸/۵ روز تا رسیدگی فیزیولوژیک نسبت به تمام ژنوتیپ‌ها دیررس‌تر بود. والدین و تلاقی‌های مورد مطالعه از نظر طول دوره پر شدن دانه از ۳۶ تا ۴۱/۵ روز متغیر بودند. طول خروج سنبله از برگ پرچم برای والدین و تلاقی‌های مربوطه از ۱۲/۴۵ سانتی‌متر (ژنوتیپ ۱) تا ۳۰/۳۵ سانتی‌متر (تلاقی ۴×۱) متغیر بود. از نظر ارتفاع بوته، دو ژنوتیپ ۱ و ۶ به‌ترتیب با ۸۲/۰ و ۱۰۸/۱ سانتی‌متر، کوتاهترین و بلندترین ژنوتیپ‌ها بودند و تمام تلاقی‌ها از نظر این صفت در دامنه فوق قرار داشتند. کمترین طول پدانکل مربوط به ژنوتیپ ۳ با مقدار ۳۰/۳ سانتی‌متر و بیشترین میزان آن مربوط به ژنوتیپ ۶

با ۳۳/۹ سانتی‌متر بود. تلاقی‌های ۶×۱ (۲۹/۶ سانتی‌متر) و ۵×۴ (۴۲/۳ سانتی‌متر) به ترتیب دارای بیشترین و کمترین میزان طول پدانکل بودند. میانگین طول سنبله در والدین مورد مطالعه از ۹/۴ سانتی‌متر (ژنوتیپ‌های ۳ و ۵) تا ۱۲/۶ سانتی‌متر (ژنوتیپ ۴) متغیر بود. تلاقی ۴×۱ با ۱۳/۲۵ سانتی‌متر و تلاقی ۵×۴ با ۷/۷۵ سانتی‌متر دارای حداکثر و حداقل طول سنبله بودند. ژنوتیپ‌های ۲ (۴۳/۷۰) و ۳ (۵۰/۷۰) دارای حداقل و حداکثر محتوی کلروفیل بودند و تلاقی ۵×۲ (۵۳/۲۰) نسبت به ژنوتیپ ۳ دارای محتوی کلروفیل بالاتری بود. از نظر دمای کانوپی، والدین دارای دامنه‌ای از ۲۳/۸ درجه سلسیوس (ژنوتیپ ۶) تا ۲۸/۲ درجه سلسیوس (ژنوتیپ ۱) متغیر بودند. برخی از تلاقی‌ها دارای دمای کانوپی کمتر از ژنوتیپ ۶ بودند. والدین مورد مطالعه از لحاظ طول دانه از ۶/۲ میلی‌متر (ژنوتیپ ۴) تا ۷/۱ میلی‌متر (ژنوتیپ ۱) متغیر بودند و هیچ‌کدام از تلاقی‌های حاصله دارای دانه‌ای با طول بالاتر یا پایین‌تر از دو والد فوق نبودند. وزن هزار دانه در والدین از ۲۴/۵۰ گرم (ژنوتیپ ۳) تا ۳۲/۵۴ گرم (ژنوتیپ ۱) متغیر بود و تمام تلاقی‌ها به جز تلاقی ۳×۲ (۲۲/۱۱ گرم) در دامنه فوق قرار داشتند. کمترین و بیشترین عملکرد دانه در والدین مورد مطالعه به ترتیب مربوط به ژنوتیپ ۳ (۲۰۱/۰ گرم در مترمربع) و ژنوتیپ‌های ۵ و ۶ (۲۶۵/۵ گرم در مترمربع) بود، برخی از تلاقی‌ها دارای عملکردی کمتر از والد ۳ بودند. تلاقی‌های ۵×۴ (۲۷۵/۵ گرم در مترمربع) و ۶×۴ (۲۷۹/۰ گرم در مترمربع) دارای عملکردی بالاتر از برترین والدین بودند.

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات مورفوفیزیولوژیک گندم نان در دای‌آلل ناقص ۶×۶

Table 2. Analysis of variance for wheat morpho-physiological traits in 6×6 partial diallel

منابع تغییرات Source of variance	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean square						
		PL	SL	PH	GFP	DM	DH	SGV
تکرار Replication	2	0.88^{ns}	0.028^{ns}	0.38^{ns}	0.095^{ns}	0.095^{ns}	0.001^{ns}	0.023^{ns}
ژنوتیپ Genotype	20	26.20^{**}	4.56^{**}	129.81^{**}	4.02^{**}	5.75^{**}	12.82^{**}	0.911^{**}
خطای آزمایش Error	40	0.19	0.16	0.58	0.54	0.29	0.3	0.061

^{ns}، * و **: به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ ٪ و ۱ ٪.

صفات مورد مطالعه عبارت‌اند از: PL طول پدانکل، SL طول سنبله، PH ارتفاع بوته، GFP طول دوره پرشدن دانه، DM روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، DH روز تا ظهور سنبله، SGV قدرت رشد گیاهچه.

^{ns}, * and **: Not-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

The traits studied are including: PL, peduncle length; SL, spike length; PH, plant height; GFP, Grain-filling period; DM, days to maturity; DH, days to heading; SGV, seedling growth vigor.

جدول ۲- ادامه

Table 2. Continued

منابع تغییرات Source of variance	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean square					
		GY	TGW	GL	CT	CC	ELS
تکرار Replication	2	44.02^{ns}	0.548^{ns}	0.0022^{ns}	10.01^{ns}	0.012^{ns}	0.015^{ns}
ژنوتیپ Genotype	20	3561.88^{**}	12.44^{**}	0.115^{**}	3.15^{**}	13.01^{**}	28.28^{**}
خطای آزمایش Error	40	109.72	0.169	0.0021	1.04	0.995	0.16

^{ns}، * و **: به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ ٪ و ۱ ٪.

صفات مورد مطالعه عبارت‌اند از: GY عملکرد دانه، TGW وزن هزار دانه، GL طول دانه، CT دمای کانوپی، CC محتوی کلروفیل، ELS طول خروج سنبله از برگ پرچم.

^{ns}, * and **: Not-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

The traits studied are including: GY, grain yield; TGW, thousand grain weight; GL, grain length; CT, canopy temperature; CC, chlorophyll content; ELS, extrusion length of spike from flag leaf.

جدول ۳- میانگین اندازه‌گیری شده صفات مورفوفیزیولوژیک گندم در شش والد و تلاقی‌های حاصل از آن‌ها

Table 3. The measured mean of wheat morpho-physiological traits in the six parents and their crosses

والدین Parents		GY	TGW	GL	CT	CC	PL	SL	PH	ELS	GFP	DM	DH	SGV
J	I													
1	1	260.00	32.54	7.15	28.18	45.40	30.50	9.45	82.00	12.45	41.50	143.00	101.50	5.00
2	2	206.00	26.75	6.75	25.85	43.70	31.00	10.00	86.80	22.90	40.50	145.00	104.50	3.25
3	3	201.00	24.50	6.55	25.58	50.70	30.35	9.40	85.50	21.40	36.00	147.50	111.50	3.25
4	4	255.00	27.66	6.20	24.20	50.25	33.40	12.60	86.80	26.55	39.00	145.50	106.50	4.00
5	5	265.50	28.47	6.50	24.43	49.55	30.50	9.40	89.30	22.00	40.00	142.50	102.50	2.75
6	6	265.50	30.47	6.35	23.80	45.25	33.95	12.40	108.15	25.50	41.00	144.50	103.50	4.75
2	1	195.50	28.44	6.30	24.35	44.00	31.00	10.05	93.30	20.50	40.00	144.50	104.50	3.00
3	1	190.00	28.28	6.50	23.90	50.55	33.50	11.05	86.80	24.40	39.00	147.00	108.00	3.00
4	1	248.50	30.25	6.55	23.95	48.95	33.60	13.25	104.80	30.35	41.50	145.50	104.00	4.25
5	1	179.00	32.05	6.85	23.33	48.00	33.00	9.40	101.30	23.50	41.50	145.50	104.00	4.00
6	1	155.00	27.35	6.55	24.90	47.60	29.60	13.00	92.80	23.90	39.00	145.50	106.50	3.75
3	2	191.00	22.11	6.80	22.40	48.00	37.85	12.60	95.50	27.70	39.00	147.00	108.00	3.00
4	2	175.50	26.43	6.40	23.35	50.60	34.85	12.20	93.15	24.50	38.50	145.00	106.50	3.75
5	2	190.50	27.47	6.80	22.43	53.20	30.20	12.45	87.00	23.70	38.50	144.50	106.00	3.00
6	2	235.50	26.21	6.80	23.60	47.60	32.30	10.10	102.50	28.70	40.50	144.00	103.50	4.00
4	3	261.00	24.99	6.60	23.38	50.30	33.15	10.30	96.00	23.70	39.00	142.50	103.50	4.50
5	3	156.50	25.63	6.45	23.70	50.20	34.60	11.15	95.30	23.00	38.50	148.50	110.00	3.75
6	3	162.00	27.48	6.70	23.43	48.10	41.45	9.60	106.00	22.65	40.00	144.00	104.00	5.00
5	4	275.50	27.31	6.35	24.48	49.65	42.35	7.75	104.15	28.20	38.00	142.00	104.00	4.25
6	4	279.00	25.63	6.50	24.88	52.15	32.50	10.20	97.30	23.50	40.50	143.50	103.00	4.00
6	5	239.00	29.74	7.00	24.03	50.85	39.00	11.70	108.00	28.40	41.50	145.00	103.50	3.75
Min	حداقل	155.00	22.11	6.20	22.40	43.70	29.60	7.75	82.00	12.45	36.00	142.00	101.50	2.75
Max	حداکثر	279.00	32.54	7.15	28.18	53.20	42.35	13.25	108.15	30.35	41.50	148.50	111.50	5.00
Mean	میانگین	218.40	27.61	6.60	24.20	48.79	33.75	10.86	95.35	24.17	39.67	144.86	105.19	3.81
Standard deviation	انحراف معیار	42.20	2.49	0.24	1.26	2.55	3.62	1.52	8.10	3.76	1.42	1.70	2.53	0.68
$LSD_{1\%}$	حداقل اختلاف معنی‌دار	29.81	1.17	0.13	2.90	2.84	1.26	1.16	2.16	1.16	2.01	1.54	1.56	0.70

صفات مورد مطالعه عبارت‌اند از: GY عملکرد دانه، TGW وزن هزار دانه، GL طول دانه، CT دمای کانوپی، CC محتوی کلروفیل، PL طول پدانکل، SL طول سنبله، PH ارتفاع بوته، ELS طول خروج سنبله از برگ پرچم، GFP طول دوره پرشدن دانه، DM روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، DH روز تا ظهور سنبله، SGV قدرت رشد گیاهچه.

The traits studied are including: GY, grain yield; TGW, thousand grain weight; GL, grain length; CT, canopy temperature; CC, chlorophyll content; PL, peduncle length; SL, spike length; PH, plant height; ELS, extrusion length of spike from flag leaf; GFP, Grain-filling period; DM, days to maturity; DH, days to heading; SGV, seedling growth vigor.

نتایج بررسی ضریب رگرسیون Wr (کوواریانس نتاج هر ردیف با والدهای غیر مشترک) روی Vr (واریانس نتاج هر ردیف) در جدول ۴ نشان داد که ضریب رگرسیون برای صفات طول دوره پر شدن دانه، محتوی کلروفیل، دمای کانوپی، طول دانه و عملکرد دانه دارای اختلاف معنی‌دار با صفر و فاقد اختلاف معنی‌دار با یک بود. بدین ترتیب، پیش‌فرض‌های لازم برای تجزیه دای‌آلل به روش هیمن مبنی بر عدم وجود اپیستازی یا اثرات متقابل ژن‌های غیرآللی کنترل‌کننده صفات در والدین در مورد این صفات صادق بود. اما در مورد صفات قدرت رشد گیاهچه، تعداد روز تا ظهور سنبله و رسیدگی فیزیولوژیک، ارتفاع بوته، طول خروج سنبله از برگ پرچم و وزن هزار دانه این ضریب فاقد اختلاف معنی‌دار با صفر و یک بود.

برای صفت طول سنبله ضریب رگرسیون دارای اختلاف معنی‌دار با یک و فاقد اختلاف معنی‌دار با صفر بود. برای صفت قدرت رشد گیاهچه پس از حذف والد سوم، فرضیات مدل برقرار گردید. ولی برای سایر صفات با حذف هیچکدام از والد یا والدین شرایط حاکم بر مدل افزایشی- غالبیت فراهم نگردید و لذا این صفات از ادامه تجزیه‌های دای‌آلل، برآورد پارامترهای ژنتیکی و تجزیه گرافیکی حذف شدند. بنابراین، با توجه به اینکه فرض‌های مدل افزایشی- غالبیت برای مواد اصلاحی مورد بررسی از نظر صفات قدرت رشد گیاهچه، طول دوره پر شدن دانه، محتوی کلروفیل، دمای کانوپی، طول دانه و عملکرد دانه صادق بود، تجزیه دای‌آلل به روش هیمن و گرافیکی برای آنها انجام پذیرفت. در تطابق با نتیجه تحقیق حاضر، سایر محققین نیز پس از حصول اطمینان از صادق بودن فرضیات مدل افزایشی- غالبیت به تجزیه داده‌ها با استفاده از روش هیمن و گرافیکی در گندم پرداختند (Mohammadi and Khodambashi Emami, 2008; Sadeghi, 2014).

جدول ۴- آزمون معنی‌دار ضرایب رگرسیون Wr روی Vr برای صفات مورفوفیزیولوژیک گندم در شش والد و تلاقی‌های حاصل از آن‌ها

Table 4. Significant test of regression coefficients of Wr/Vr for wheat morpho-physiologic traits in the six parents and their crosses

Trait	صفت	$b \pm s_b$	t-value (H_0: $\beta=0$)	t-value (H_0: $\beta=1$)
Seedling growth vigor	قدرت رشد گیاهچه	0.88 ± 0.229	3.84^{*}	0.51^{ns}
Grain-filling period	طول دوره پرشدن دانه	1.020 ± 0.220	4.636^{**}	-0.091^{ns}
chlorophyll content	محتوی کلروفیل	0.974 ± 0.073	13.342^{**}	0.356^{ns}
Canopy temperature	دمای کانوپی	1.070 ± 0.137	7.810^{**}	-0.511^{ns}
Grain length	طول دانه	1.091 ± 0.115	9.487^{**}	-0.791^{ns}
Grain yield	عملکرد دانه	0.684 ± 0.228	2.995^{**}	1.379^{ns}

ns، * و **: به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ ٪ و ۱ ٪.

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

تجزیه دای‌آلل بر اساس روش هیمن (Hayman, 1954) نشان داد که میانگین مربعات اثر افزایشی (a) و اثر غالبیت (b) برای صفات قدرت رشد گیاهچه، طول دوره پر شدن دانه، محتوی کلروفیل، دمای کانوپی، طول دانه و عملکرد دانه معنی‌دار بود (جدول ۵)، که بیانگر نقش واریانس افزایشی و غالبیت در کنترل این صفات است (Roy, 2000). این نتایج با یافته‌های محققین دیگر (Arshad and Choowdhry, 2003; Heidari *et al*., 2006; Nazeer *et al*., 2011; Abdul Rehman Rashid *et al*., 2012; Sadeghi, 2014) مبنی بر وجود اثر افزایشی و غیرافزایشی ژن‌ها در کنترل ژنتیکی عملکرد و اجزای آن در گندم مطابقت دارد. میانگین مربعات اثر غالبیت جهت‌دار (b_1) برای صفات محتوی کلروفیل، دمای کانوپی و عملکرد دانه معنی‌دار بود و به این مفهوم است که در نتیجه وجود غالبیت در مکان‌های ژنی کنترل‌کننده این صفات، بین والدین و تلاقی‌های حاصل از آنها تفاوت وجود داشت. این جزء مقایسه بین F_1ها و متوسط والدها را تعیین می‌کند و حاکی از غالبیت یک‌طرفه (جهت‌دار) بوده و متوسط هتروزیس را آشکار می‌سازد (Sharma, 1998).

اثر معنی‌دار تقارن ژن‌های غالب و مغلوب (b_2) برای صفات قدرت رشد گیاهچه، طول دوره پر شدن دانه، محتوی کلروفیل، دمای کانوپی، طول دانه و عملکرد نشان می‌دهد که ژن‌های کنترل‌کننده این صفات در ارقام مورد مطالعه از تقارن برخوردار نبودند و پارامتر H_1 بزرگتر از H_2 بود

(Roy, 2000). این آماره هتروزیس خاص وابسته به هر والد را نشان می‌دهد و معنی‌دار شدن آن به مفهوم تفاوت فراوانی آلل‌های غالب و مغلوب در والدین بوده و والدین با تعداد بیشتر آلل‌های غالب و یا مغلوب برای هر کدام از صفات می‌توانند شناسایی شوند (Singh and Singh, 1992). شناسایی والدین بر اساس دارا بودن بیشترین آلل‌های غالب و مغلوب توسط تجزیه گرافیکی انجام و در شکل‌های ۱ تا ۶ ارائه شده است. باقیمانده اثرات ژنتیکی غیرافزایشی (b_3) برای قدرت رشد گیاهچه، طول دوره پر شدن دانه، محتوی کلروفیل، طول دانه و عملکرد دانه معنی‌دار شد (Mather and Jinks, 1985). غالبیت جهت‌دار (b_1) همانند دو نوع دیگر غالبیت می‌تواند در فرآیند تولید دورگ در گندم مورد استفاده اصلاح‌گران قرار گیرد.

نتایج حاصل از برآورد پارامترهای ژنتیکی در جدول ۶ ارایه شده است. این نتایج نشان می‌دهد که هر سه جزء واریانس افزایشی (D)، واریانس غالبیت (H_1) و شکل دیگر واریانس غیرافزایشی (H_2) برای صفات قدرت رشد گیاهچه، طول دوره پر شدن دانه، محتوی کلروفیل، دمای کانوپی، طول دانه و عملکرد دانه معنی‌دار بودند. مقدار درجه غالبیت $(H_1/D)^{0.5}$ نیز برای صفات قدرت رشد گیاهچه، طول دوره پر شدن دانه، محتوی کلروفیل، دمای کانوپی، طول دانه و عملکرد دانه از یک بالاتر بود که دلالت بر وجود اثر فوق غالبیت ژن‌ها در کنترل این صفات دارد. مقدار مثبت پارامتر F (شاخصی برای نشان دادن فراوانی نسبی آلل‌های غالب و مغلوب) و همچنین برآورد نسبت ژن‌های غالب ($kd/(kd+kr)$) که بیانگر فراوانی بیشتر آلل‌های غالب نسبت به آلل‌های مغلوب در والدین است (Leng and Hong, 2004) برای صفات قدرت رشد گیاهچه، طول دوره پر شدن دانه، محتوی کلروفیل، دمای کانوپی، طول دانه و عملکرد دانه صادق بود که نشان می‌دهد در کنترل ژنتیکی این صفات تعداد آلل‌های غالب در مقایسه با آلل‌های مغلوب بیشتر بود. مقادیر نسبت ژنتیکی برآورد شده (h^2/H_2) نشان داد که در کنترل ژنتیکی دمای کانوپی حداقل دو گروه ژنی دخالت داشتند. در حالی که در کنترل ژنتیکی صفات قدرت رشد گیاهچه، طول دوره پر شدن دانه، محتوی کلروفیل، طول دانه و عملکرد دانه حداقل یک گروه ژنی عمده نقش داشتند. نسبت $H_2/4H_1$ بیانگر تقارن فراوانی آلل‌های غالب و مغلوب در تمام مکان‌های ژنی کنترل‌کننده برای یک صفت می‌باشد (Roy, 2000). با توجه به اینکه این نسبت برای تمام صفات مورد مطالعه کمتر از ۰/۲۵ بود، چنین استنتاج می‌گردد که فراوانی آلل‌های غالب و مغلوب در مکان‌های ژنی کنترل‌کننده این صفات مساوی نبود.

جدول ۵- تجزیه واریانس دای‌آلل برای صفات مورفوفیزیولوژیک گندم در شش والد و تلاقی‌های حاصل از آن‌ها

Table 5. Analysis of diallel data for wheat morpho-physiological traits in the six parents and their crosses

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	SGV	GFP	CC	CT	GL	GY
تکرار Replication	2	0.03 ^{ns}	0.09 ^{ns}	0.01 ^{ns}	10.01**	0.001^{ns}	44.13 ^{ns}
اثر افزایشی Additive effect (a)	5	1.67**	9.38**	26.92**	3.38*	0.19**	5086.34**
اثر غالبیت Dominance effect (b)	15	0.45**	1.87**	8.28**	3.07*	0.09**	3053.73**
اثر غالبیت جهت‌دار Directional dominance effect (b_1)	1	0.20 ^{ns}	0.04^{ns}	30.67**	20.06**	0.01^{ns}	9485.75**
اثر تقارن ژن‌های غالب و مغلوب Gene distribution among the parents (b_2)	5	0.72**	1.74**	4.30**	3.67*	0.17**	2225.14**
باقیمانده اثرات غیر افزایشی Effects of specific genes (b_3)	9	0.28**	2.14**	8.01**	0.85	0.05**	2799.39**
خطای آزمایش Experimental error	40	0.07	0.55	1.00	1.04	0.0022	109.72

^{ns}، * و **: به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ ٪ و ۱ ٪.

صفات مورد مطالعه عبارت‌اند از: SGV قدرت رشد گیاهچه، GFP طول دوره پرشدن دانه، CC محتوی کلروفیل، CT دمای کانوپی، GL طول دانه، GY عملکرد دانه.

^{ns}, * and **: Not-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

The traits studied are including: SGV, seedling growth vigor; GFP, Grain-filling period; CC, chlorophyll content; CT, canopy temperature; GL, grain length; GY, grain yield.

جدول ۶- برآورد پارامترهای ژنتیکی برای صفات مورفوفیزیولوژیک گندم در شش والد و تلاقی‌های حاصل از آن‌ها

Table 6. Estimation of genetic parameters for wheat morpho-physiologic traits in the six parents and their crosses

Genetic parameters	پارامترهای ژنتیکی	SGV	GFP	CC	CT	GL	GY
Additive variance (D)	واریانس افزایشی	0.88 ± 0.17	3.72 ± 0.90	8.67 ± 1.99	2.05 ±1.10	0.11 ± 0.02	856.75 ± 207.19
Dominance variance (H_1)	واریانس غالبیت	0.93 ± 0.20	4.09 ± 0.94	15.04 ± 2.47	4.09 ±1.72	0.21 ± 0.03	5919.97 ± 515.5
Dominance variance (H_2)	شکل دیگر واریانس غیرافزایشی	0.65 ± 0.14	3.46 ± 0.73	13.58 ± 2.07	2.9 ± 1.17	0.14 ± 0.02	4279.99 ± 406.3
Relative frequency of dominant and recessive alleles (F)	کواریانس آثار افزایشی و غالبیت	0.79 ± 0.19	2.59 ± 1.07	4.21 ± 2.24	2.69 ± 1.64	0.14 ± 0.03	188.6 ± 209.7
Degree of dominance $(D/H_1)^{0.5}$	درجه غالبیت	1.02 ± 0.10	1.05± 0.13	1.32 ± 0.15	1.41 ± 0.38	1.39 ± 0.09	2.62 ± 0.34
Proportion of dominance genes (kd/(kd+kr))	نسبت ژن‌های غالب	0.71 ± 0.02	0.67 ± 0.04	0.59 ± 0.04	0.73 ± 0.05	0.74 ± 0.02	0.52 ± 0.03
Number of effective factors (h^2/H_2)	تعداد فاکتورهای موثر	0.116 ± 0.15	-0.04 ± 0.07	0.83 ± 0.25	2.66 ± 0.76	0.005 ± 0.04	0.74 ± 0.14
Average direction of dominance (h)	متوسط جهت غالبیت	-0.28 ± 0.15	-0.06 ± 0.39	3.11 ± 0.54	-2.59 ± 0.57	0.047 ± 0.04	-55.44 ± 5.59
Heritability of parents (D/(D+E))	وراثت‌پذیری والدین	0.97 ± 0.01	0.94 ± 0.02	0.94 ± 0.02	0.79 ± 0.10	0.97 ± 0.01	0.64 ± 0.02
Broad-sense heritability	وراثت‌پذیری عمومی	0.92 ± 0.02	0.88 ± 0.03	0.93 ± 0.02	0.65 ± 0.08	0.84 ± 0.01	0.67 ± 0.01
Narrow-sense heritability	وراثت‌پذیری خصوصی	0.49 ± 0.06	0.44 ± 0.06	0.43 ± 0.05	0.18 ± 0.08	0.32 ± 0.04	0.38 ± 0.03
Proportion of dominance and recessive genes	نسبت ژن‌های دارای آثار مثبت و منفی	0.17	0.21	0.23	0.18	0.17	0.18

صفات مورد مطالعه عبارت‌اند از: SGV قدرت رشد گیاهچه، GFP طول دوره پرشدن دانه، CC محتوی کلروفیل، CT دمای کانوپی، GL طول دانه، GY عملکرد دانه.

The traits studied are including: SGV, seedling growth vigor; GFP, Grain-filling period; CC, chlorophyll content; CT, canopy temperature; GL, grain length; GY, grain yield.

جدول ۷- نسبت‌های غالبیت در والدین برای صفات مورفوفیزیولوژیک گندم در شش والد و تلاقی‌های حاصل از آن‌ها

Table 7. Dominance ratios of parents for wheat morpho-physiological traits in the six parents and their crosses

والدین* Parents*	قدرت رشد گیاهچه Seedling growth vigor	طول دوره پر شدن دانه Grain-filling period	محتوی کلروفیل Chlorophyll content	دمای کانوپی Canopy temperature	طول دانه Grain length	عملکرد دانه Grain yield
1	0.51	0.71	0.42	0.12	0.46	0.58
2	0.80	0.76	0.013	0.57	0.87	0.87
3	-	0.46	0.77	0.75	0.92	0.72
4	0.99	0.71	0.95	1.03	0.84	0.51
5	0.51	0.43	0.94	1.04	0.60	0.22
6	0.82	0.92	0.46	0.88	0.73	0.24

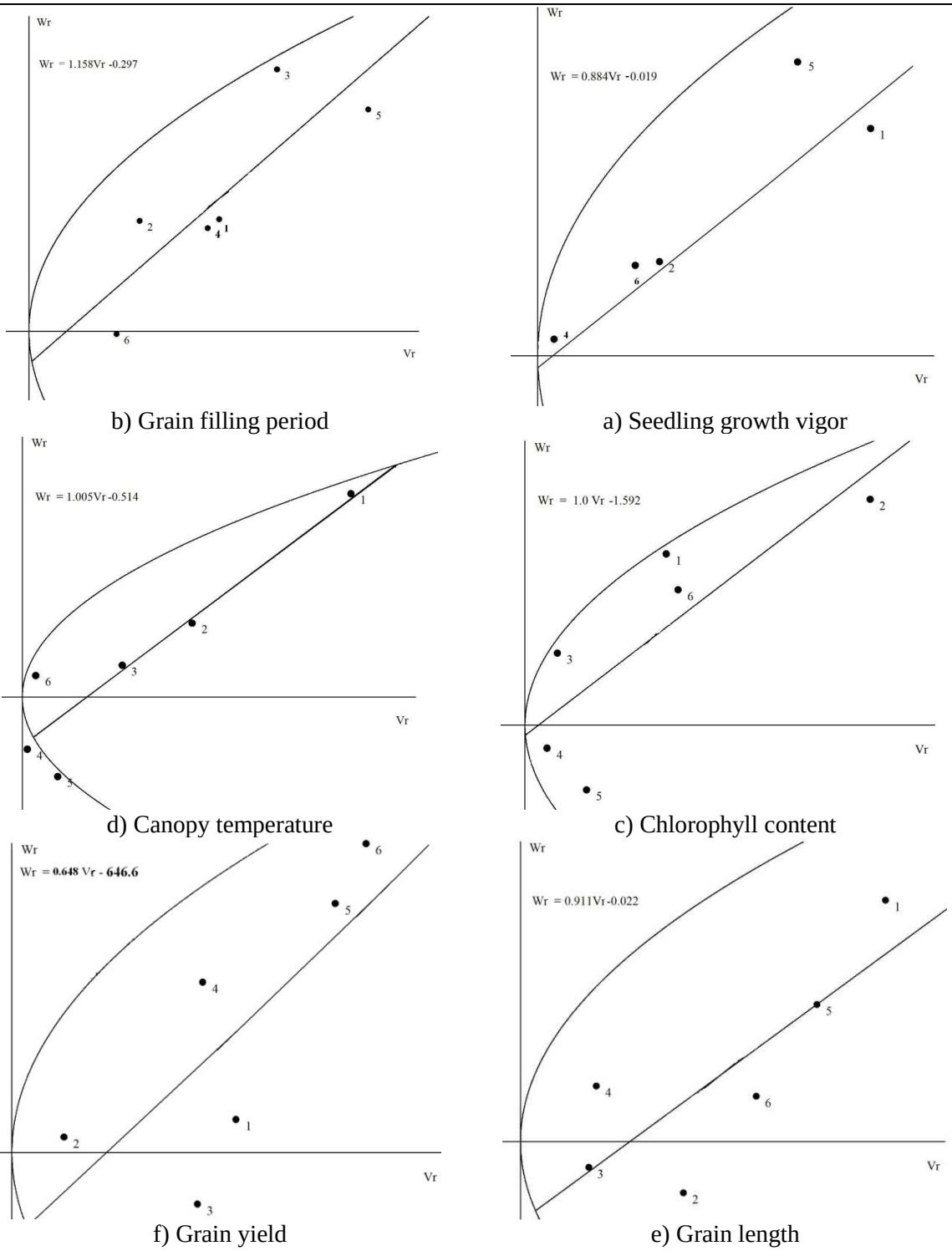
* والدین مورد مطالعه در جدول ۱ ارایه شده‌اند. * The parents studied are presented in Table 1.

میزان وراثت‌پذیری عمومی برای صفات قدرت رشد گیاهچه، طول دوره پر شدن دانه، محتوی کلروفیل، دمای کانوپی، طول دانه و عملکرد دانه بالا برآورد شد. بیشترین میزان وراثت‌پذیری عمومی مربوط به محتوی کلروفیل (۰/۹۳) و کمترین مقدار مربوط به دمای کانوپی (۰/۶۵) بود. وراثت‌پذیری عمومی بالا برای قدرت رشد گیاهچه، طول دوره پر شدن دانه، محتوی کلروفیل و طول دانه ناشی از تاثیر بیشتر واریانس ژنتیکی در مقایسه با واریانس محیطی و ناچیز بودن تأثیر محیط بر این صفات با توجه به ماهیت آنها و کنترل ژنتیکی آنها توسط تعداد معدودی ژن می‌باشد. میزان وراثت‌پذیری خصوصی برای صفات قدرت رشد گیاهچه، طول دوره پر شدن دانه، محتوی کلروفیل،

طول دانه و عملکرد دانه متوسط و برای دمای کانوپی کم بود، بطوریکه کمترین (۰/۱۸) و بیشترین (۰/۴۹) میزان آن به‌ترتیب مربوط به صفات دمای کانوپی و قدرت رشد گیاهچه بود. میزان وراثت‌پذیری عمومی و خصوصی برای صفت عملکرد دانه به ترتیب برابر با ۰/۶۷ و ۰/۳۸ بود. از آنجا که عملکرد صفتی کمّی است که توسط تعداد زیادی ژن کنترل می‌شود و از طرفی تحت تأثیر عوامل محیطی نیز قرار دارد، پس در مواد اصلاحی مورد مطالعه در تحقیق حاضر با توجه به وراثت‌پذیری عمومی متوسط، انتخاب در نسل‌های اولیه در جهت بهبود آن مفید نمی‌باشد. همچنین با عنایت به وراثت‌پذیری خصوصی متوسط برای عملکرد دانه، قسمت اعظم اجزای واریانس ژنتیکی در نسل‌های اولیه تفرق، نمی‌تواند با استفاده از گزینش تثبیت شود و بهتر است انجام گزینش به منظور بهبود ژنتیکی این صفت به نسل‌های پیشرفته اصلاحی و افزایش سهم اثرات افزایشی ژنها موکول گردد. برخلاف نتیجه تحقیق حاضر، اقبال و همکاران (Eqbal *et al*., 2007) و حیدری و همکاران (Heidari *et al*., 2006) نیز میزان بالایی از وراثت‌پذیری عمومی را برای عملکرد دانه در گندم گزارش نمودند. همچنین نتیجه تحقیق حاضر مبنی بر نقش بیشتر اثرات غیر افزایشی ژن‌ها در کنترل عملکرد دانه با تحقیقات برخی از محققین (Singh *et al*., 2004; Heidari *et al*., 2006; Mohammadi and Khodambashi Emami, 2008; Sadeghi, 2014) مبنی بر نقش عمل غیر افزایشی ژن‌ها در کنترل ژنتیکی عملکرد دانه گندم مطابقت داشته و با نتایج سایر محققین (Mahmood and Chowdhry, 2000; Al – Hamdany, 2010) که عنوان نموده‌اند عمل افزایشی ژن‌ها در کنترل این صفت نقش مهمتری دارد، در تضاد است. دلیل این امر می‌تواند ناشی از وجود تفاوت در والدین و شرایط محیطی مورد مطالعه باشد. با توجه به برآورد پارامترهای ژنتیکی مورد نظر، برای صفات قدرت رشد گیاهچه، طول دوره پر شدن دانه و محتوی کلروفیل سهم واریانس غیر افزایشی نسبت به واریانس افزایشی بیشتر بود و گزینش در نسل‌های اولیه به منظور بهبود این صفات، بازده ژنتیکی نسبتاً متوسطی را دربر داشته باشد و در نتیجه نمی‌توان از گزینش در نسل‌های اولیه تفرق برای این صفات، بازده گزینشی مطلوبی انتظار داشت. البته با توجه به اینکه میزان وراثت‌پذیری خصوصی صفات فوق به ترتیب برابر با ۰/۴۹، ۰/۴۴ و ۰/۴۳ و بیشتر از وراثت‌پذیری خصوصی عملکرد دانه است، به نظر می‌رسد که بازده گزینشی صفات فوق بیشتر از بازده ژنتیکی عملکرد دانه باشد و امکان استفاده از این صفات در برنامه‌های اصلاحی گزینش غیر مستقیم وجود داشته باشد. پایه‌گذاری انتخاب موثر (Efficient selection) بر مبنای صفات ساده در برنامه‌های به‌نژادی از اصول مهم و اساسی است، که با یک انتخاب ساده بر اساس یک صفت ساده که دارای وراثت‌پذیری بالایی بوده و توسط ژن‌های کمی کنترل می‌شود، می‌تواند عملکرد را به میزان زیادی بهبود بخشد (Kumar, 2006).

شکل ۱- a مربوط به صفت قدرت رشد گیاهچه می‌باشد که در آن ژنوتیپ‌های شماره ۴ (کوهدشت) و ۱ (کریم) در نزدیک‌ترین و دورترین نقطه از مبدأ مختصات قرار داشتند. بنابراین رقم کوهدشت حاوی بیشترین آلل‌های غالب بود، در صورتی‌که رقم کریم و لاین شماره ۲ (ژنوتیپ ۵) بیشترین آلل‌های مغلوب کنترل‌کننده این صفت را دارا بودند. ژنوتیپ‌های ۲ و ۶ که در بین ژنوتیپ‌های فوق قرار داشتند، دارای ترکیبی از آلل‌های غالب و مغلوب بودند. با توجه به عدم کفایت مدل افزایشی- غالبیت برای قدرت رشد گیاهچه رقم افلاک (ژنوتیپ ۳) از تجزیه‌داده‌ها حذف شده بود. بیشترین و کمترین مقدار نسبت غالبیت برای صفت قدرت رشد گیاهچه به ترتیب مربوط به ژنوتیپ‌های ۴ (۰/۹۹) و ۱ (۰/۵۱) بود که نشان می‌داد بیشترین آلل‌های غالب در ژنوتیپ ۴ (رقم کوهدشت) و کمترین مقدار آن در ژنوتیپ‌های ۱ و ۵ قرار داشتند. چون خط رگرسیون محور Wr و سهمی محدودکننده را در بخش منفی قطع نمود، عمل ژن برای آن به شکل فوق غالبیت برآورد گردید.

شکل ۱- b نشان می‌دهد که ژنوتیپ‌های ۶ و ۵ که در نزدیک‌ترین و دورترین نقطه از مبدأ مختصات واقع بودند، دارای بیشترین آلل‌های غالب و مغلوب در بین ژنوتیپ‌های والدینی برای کنترل صفت دوره پر شدن دانه بودند. خط رگرسیون، محور Wr را در پایین مبدأ مختصات قطع نمود که بیانگر عمل فوق غالبیت ژن‌ها در کنترل ژنتیکی این صفت است. بیشترین (۰/۹۲) و کمترین (۰/۴۳) میزان نسبت غالبیت نیز به ترتیب در ژنوتیپ‌های ۶ و ۵ قرار داشتند.



شکل ۱- رگرسیون Wr روی Vr برای صفات مورد مطالعه در گندم
Figure 1. Regression of Wr/Vr for the studied traits in wheat

برای صفت محتوی کلروفیل (شکل ۱- c)، ژنوتیپ ۲ با کمترین میزان این صفت (۴۳/۷) در دورترین نقطه از مبدأ مختصات و ژنوتیپ‌های ۳ و ۴ با بیشترین مقادیر این صفت (به‌ترتیب ۵۰/۲۵ و ۵۰/۷۰) در نزدیکترین نقطه از محور مختصات قرار داشتند. بنابراین، ژنوتیپ ۲ دارای بیشترین آلل‌های مغلوب و ژنوتیپ‌های ۳ و ۴ دارای بیشترین آلل‌های غالب بودند. از آنجا که ژنوتیپ‌های ۳ و ۴ دارای بیشترین میزان محتوی کلروفیل بودند، بنابراین می‌توان اظهار داشت که افزایش محتوی کلروفیل در ژنوتیپ‌های گندم مورد مطالعه با آلل‌های غالب کنترل می‌شود. برای این صفت نیز

خط رگرسیون، محور Wr را در پایین مبدأ مختصات قطع کرد که بیانگر عمل فوق غالبیت ژن‌ها در کنترل آن است. بیشترین برآورد نسبت غالبیت (۰/۹۵) نیز مربوط به ژنوتیپ ۵ و کمترین آن (۰/۰۱۳) مربوط به ژنوتیپ ۲ بود.

برای صفت دمای کانوپی، ژنوتیپ ۱ (با نسبت غالبیت برابر با ۰/۱۲) و با حداکثر دمای کانوپی (۲۸/۲ درجه سلسیوس) در دورترین نقطه نسبت به مبدأ مختصات قرار داشت و بیشترین آلل‌های مغلوب را داشت (شکل ۱- d). از طرفی ژنوتیپ‌های ۴، ۵ و ۶ (با نسبت‌های غالبیت به‌ترتیب برابر با ۱/۰۳، ۱/۰۴ و ۰/۸۸) که کمترین فاصله را با مبدأ مختصات داشتند و دارای کمترین مقادیر دمای کانوپی بودند (به‌ترتیب برابر با ۲۴/۲، ۲۴/۴ و ۲۳/۸ درجه سلسیوس) دارای بیشترین آلل‌های غالب برای کنترل این صفت بودند. بنابراین، می‌توان اظهار نمود که افزایش دمای کانوپی توسط آلل‌های مغلوب و کاهش آن توسط آلل‌های غالب کنترل می‌شود. همچنین محل تقاطع خط رگرسیون و محور Wr برای این صفت بیانگر نقش فوق غالبیت ژن‌ها در کنترل ژنتیکی این صفت بود (شکل ۱- d).

پراکندگی والدها برای طول دانه در طول خط رگرسیون نشان داد که ژنوتیپ ۱ با بیشترین طول دانه (۷/۱۵ میلی‌متر) و کمترین نسبت غالبیت (۰/۴۶) دورترین والد از محل تقاطع خط رگرسیون با محور Wr بود و دارای حداکثر تعداد ژن‌های مغلوب بود (شکل ۱- e). همچنین ژنوتیپ با نسبت غالبیت بالا (۰/۸۴) و کمترین طول دانه (۶/۲۰ میلی‌متر) نزدیکترین ژنوتیپ به مبدأ مختصات بود و بیشترین آلل غالب را داشت. بدین ترتیب، افزایش طول دانه با آلل‌های مغلوب و کاهش آن با آلل‌های غالب کنترل شده است. برای این صفت خط رگرسیون محور Wr را در پایین مبدأ مختصات قطع کرده است و در کنترل این صفت عمل فوق غالبیت ژن‌ها مؤثر بود (شکل ۱- e).

برای صفت عملکرد دانه (شکل ۱- f) ژنوتیپ‌های ۵ و ۶ با بیشترین عملکرد دانه (۲۶۵) در دورترین نقطه و ژنوتیپ‌های ۲ و ۳ با کمترین عملکرد دانه (به‌ترتیب با مقادیر ۲۰۶ و ۲۰۱) در نزدیکترین نقطه به مبدأ مختصات قرار داشتند. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که افزایش عملکرد دانه در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه تحت تأثیر آلل‌های مغلوب است. نسبت‌های غالبیت (جدول ۷) نیز نشان می‌دهند که ژنوتیپ ۲ دارای بیشترین آلل‌های غالب و ژنوتیپ ۵ دارای بیشترین آلل‌های مغلوب بودند. همچنین قطع شدن خط رگرسیون محور Wr در پایین مبدأ مختصات بیانگر عمل فوق غالبیت ژن‌ها در کنترل این صفت است. برخی مطالعات قبلی نیز به عمل فوق غالبیت ژن‌ها در کنترل عملکرد دانه اشاره کرده‌اند (Heidari *et al*., 2006; Nazeer *et al*., 2011; Vanda and Houshmand, 2011; Pervez *et al*., 2014; Kaukab *et al*., 2014). در حالی‌که مطالعات دیگری عمل غالبیت ناقص (Mohammadi and Khodambashi Emami, 2008; Zare-Kohan and Heidari, 2014) یا غالبیت کامل (Nazeer *et al*., 2014) را در کنترل ژنتیکی این صفت گزارش کردند.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که اثر ژنوتیپ برای تمام صفات مورد مطالعه معنی‌دار بود. بر اساس آزمون مقدماتی دای‌آلل، وجود مدل افزایشی- غالبیت برای مواد اصلاحی مورد بحث از نظر صفات قدرت رشد گیاهچه، طول دوره پر شدن دانه، محتوی کلروفیل، دمای کانوپی، طول دانه و عملکرد دانه صادق بود. برای این صفات، چون واریانس غیرافزایشی نسبت به واریانس افزایشی سهم بیشتری در کنترل این صفات داشت، بنابراین برای اصلاح آن‌ها استفاده از پدیده هتروزیس می‌تواند مؤثر باشد. همچنین میزان وراثت‌پذیری خصوصی برای صفات قدرت رشد گیاهچه، طول دوره پر شدن دانه، محتوی کلروفیل، طول دانه و عملکرد دانه متوسط برآورد شد که نشان‌دهنده نقش هر دو اثر افزایشی و غیرافزایشی ژن‌ها در کنترل این صفات است. در نتیجه برای استفاده از بخش افزایشی اثر ژن‌ها در اصلاح این صفات، بهتر است گزینش در نسل‌های پیشرفته اصلاحی و پس از افزایش سهم اثر افزایشی ژن‌ها انجام شود و سپس لاین‌های گزینش شده تلاقی یابند تا از سهم اثر غیرافزایشی ژن‌ها نیز استفاده شود. از طرف دیگر، نتایج تجزیه گرافیکی برای صفات قدرت رشد گیاهچه، طول دوره پر شدن دانه، محتوی کلروفیل، دمای کانوپی، طول دانه و عملکرد دانه نشان داد که خط رگرسیون، محور Wr و سهمی محدودکننده را در بخش منفی قطع کرد که نشان دهنده عمل فوق غالبیت ژن‌ها در کنترل آن‌ها بود. پراکندگی والدین مورد مطالعه برای این صفات در طول خط رگرسیون بیانگر تنوع ژنتیکی و نیز وجود ژن‌های غالب و مغلوب در والدین مورد مطالعه برای این صفات بود. ژنوتیپ ۱ دارای بیشترین آلل‌های مغلوب برای صفات قدرت رشد گیاهچه، دمای کانوپی و طول دانه و نیز بیشترین مقادیر برای این صفات بود. همچنین ژنوتیپ ۴ (کوهدشت) دارای

بیشترین آلل‌های غالب برای صفات قدرت رشد گیاهچه، محتوی کلروفیل، دمای کانوپی و طول دانه بود. ژنوتیپ‌های ۵ و ۶ با بیشترین عملکرد دانه دارای آلل‌های مغلوب بیشتری بودند و می‌توان نتیجه گرفت که افزایش عملکرد دانه در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه تحت تأثیر آلل‌های مغلوب است. رقم کوهدشت (۴) در میانه منحنی واقع بود و دارای ترکیبی مساوی از آلل‌های غالب و مغلوب بود و در تلاقی با دو ژنوتیپ ۵ و ۶، تلاقی‌هایی با بیشترین عملکرد در بین تمام ژنوتیپ‌ها تولید کرد. بنابراین، امکان بهره‌گیری از تلاقی‌های ۶×۴ و ۵×۴ جهت دستیابی به نتاجی با عملکرد مناسب وجود دارد. در این بررسی، هتروزیس مشاهده شده برای عملکرد دانه ناشی از عمل فوق غالبیت ژن‌های مربوطه است، با توجه به وجود آثار افزایشی (علاوه بر آثار غیرافزایشی) در ژرم‌پلاسم تحت بررسی در این پژوهش و اثر تجمعی در انتقال ژن‌ها به نسل بعد، علاوه بر استفاده از هتروزیس، می‌توان از طریق گزینش در نسل‌های پیشرفته‌تر اصلاحی، صفت عملکرد دانه را در برنامه اصلاح گندم بهبود بخشید. بنابراین، در مجموع دو برنامه پیشنهادی برای بهبود عملکرد دانه، شامل استفاده از پدیده هتروزیس و اقدام به گزینش در نسل‌های پیشرفته اصلاحی است، اما با توجه به نتایج این تحقیق، بهره‌گیری از هتروزیس توصیه می‌شود. در مورد سایر صفاتی که تجزیه دای‌آلل در مورد آن‌ها انجام شد نیز گزینش در نسل‌های پیشرفته اصلاحی توصیه می‌شود.

References

Abdul Rehman Rashid, M., Salam Khan, A. and Iftikha, R. 2012. Genetic studies for yield and yield related parameters in bread wheat. **American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences** 12 (12): 1579-1583.

Ahmadi, J., Zali, A., Yazdi Samadi, B., Talaie, A., Ghannadha, M. R. and Saiedi, A. 2003. A study of combining ability and gene effect in bread wheat under drought stress conditions by diallel method. **Iranian Journal of Agriculture Science** 34: 1-8. (In Persian with English Abstract).

Al-Hamdany, A. T. A. 2010. Genetic analysis of F_2 Diallel crosses in durum wheat. **Mesopotamia Journal of Agriculture** 38: 77-84.

Arshad, M. and Chowdhry, M. S. 2003. Genetic behavior of wheat under irrigated and drought stress environment. **Asian Journal of Plant Science** 2: 58-64.

Ejaz-ul-Hassan, S. and Khaliq, I. 2008. Quantitative inheritance of some physiological traits for spring wheat under two different population densities. **Pakistan Journal of Botany** 40 (2): 581-587.

Eqbal, M., Nabavi, A., Salmon, D. F., Yang, R. C. and Spane, D. 2007. Simultaneous selection for early maturity, increased grain yield and elevated grain protein content in spring wheat. **Plant Breeding** 126: 244-250.

Fethi. B. and El-Gassh, M. 2010. Epistasis and genotype by environment interaction of grain protein content in durum wheat. **Genetic and Molrculer Biology** 33 (1): 125-130.

Hampton, J. G. and Tekrony, D. M. 1995. Handbook of vigour test methods. International Seed Testing Association Press, Zürich. 177 p.

Hayman, B. I. 1954. The analysis of variance of diallel tables. **Biometrics** 10: 235-244.

Heidari, B., Saeedi, G., Seyyed-Tabatabaei, B. A. and Soenaga, K. 2006. Evaluation of genetic diversity and estimation of heritability of some quantity traits in double haploid lines of wheat. **Iranian Journal of Agricultural Science** 37 (2): 347-356. (In Persian with English Abstract).

Golparvar, A. R., Mottaghi, S. and Lotfifar, O. 2011. Diallel analysis of grain yield and its components in bread wheat genotypes under drought stress conditions. **Plant Production Tecnology** 11 (1): 51-63.

Griffing, B. 1956. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. **Australian Journal of Biological Science** 9: 463-493.

Irannezhad, H. and Shahbazian, N. 2005. Crops. Vol. 1: Wheat. Carnot publications. Tehran, Iran. 272 p. (In Persian).

Jones, M. 1965. Analysis of variance of the half-diallel table. **Hereditas** 20: 117-121.

Kaukab, S., Muhammad Sajjad, S. and Aziz, R. 2014. Genetic analysis for yield and some yield traits in spring wheat. **Universal Journal of Agricultural Research** 2 (7): 272-277.

Kumar, D. 2006. Breeding for drought resistance. In: Ashraf, M. and Harris, P. J. C. (Eds.). Abiotic stresses: Plant resistance through breeding and molecular approaches. International Book Distributing Co., India. pp: 145-175.

Leng, Y. and Hong, D. L. 2004. Grain quality and genetic analysis of hybrids derived from different ecological types in Japonica rice (*Oryza sativa* L.). **Rice Science** 11: 165-170.

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.

Mohammadi, S. and Khodambashi Emami M. 2008. Graphical analysis for grain yield of wheat and its components using diallel crosses. **Seed and Plant Improvement Journal** 24 (3): 475-486. (In Persian with English Abstract).

Mather, K. and Jinks, J. L. 1977. Introduction to biometrical genetics. Cornell University Press, Ithaca, NY. Pp: 73-80.

Mather, K. and Jinks, J. L. 1985. Biometrical genetics. Chapman and Hall, London. pp: 125-133.

Mousavi, S. S., Yazdi Samadi, B., Zali, A. A. and Ghanadha, M. R. 2006. Studying GCA and SCA effects of quantitative traits of wheat in normal and water stress conditions. **Iranian Journal of Agriculture Science** 37 (1): 227-238. (In Persian with English Abstract).

Nazeer, W., Farooq, J., Tauseef, M., Ahmed, S., Khan, M. A., Mahmood, K., Hussain, A., Iqbal, M. and Nasrullah, H. M. 2011. Diallel analysis to study the genetic makeup of spike and yield contributing traits in wheat (*Triticum aestivum* L.). **African Journal of Biotechnology** 10 (63): 13735-13743.

Nazir, A., Khaliq, I., Farooq, J., Mahmood, K., Mahmood, A., Hussain, M. and Shahid, M. 2014. Pattern of inheritance in some yield related parameters in spring wheat (*Triticum aestivum* L.). **American Journal of Biology and Life Sciences** 2 (6): 180-186.

Roy, D. 2000. Plant breeding analysis and exploitation of variation. Alpha Science International LTD. 701 p.

Pervez, M. W., Khaliq, I., Hussain, S., Ali, S., Rehman, M., Khalid, R., Khalid, M. S., Aisha, G. and Hussain, S. 2014. Inheritance mechanism of some morphological characters in hexaploid wheat. **Scientia Agriculturae** 7 (3): 150-156.

Sadeghi, F. 2014. Estimation of genetic structure of yield and yield components in bread wheat (*Triticum Aestivum* L.) using diallel method. **Journal of Crop Breeding** 6: 101-113.

Sharma, R. 1998. Statistical and biometrical techniques in plant breeding. Publication of H.S. Poplai for New Age International Limited, New Delhi. pp: 178-197.

Shapiro, S. S. and Wilk, M. B. 1965. An analysis of variance test for normality (complete samples). **Biometrics** 52: 591-611.

Singh, H., Sharma, S. N. and Sain, R. S. 2004. Combining ability for some quantitative characters in hexaploid wheat (*Triticum aestivum* L. *em. Thell*). **Crop Science** 45: 68-72.

Singh, R. P. and Singh, S. 1992. Estimation of genetic parameters through generation means analysis in bread wheat. **Indian Journal of Genetics and Plant Breeding** 52: 369-375.

Tahmasebi, S., Khodambashi, M. and Rezai, A. 2007. Estimation of genetic parameters for grain yield and related traits in wheat using diallel analysis under optimum and moisture stress conditions. **Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources (Water and Soil Science**) 11 (1) : 229-241. (In Persian with English Abstract).

Vanda, M. and Houshmand, S. 2011. Estimation of genetic structure of grain yield and related traits in durum wheat using diallel crossing. **Iranian Journal of Crop Sciences** 13 (1): 206-218. (In Persian with English Abstract).

Ukai, Y. 2006. DIAL98. Programs for the analyses of a full and half diallel table. University of Tokyo, Japan. Available from: http://lbm.ab.a.u-tokyo.ac.jp/~ukai/dial98.html.

Zare-Kohan, M. and Heidari, B. 2014. Diallel cross study for estimating genetic components underlying wheat grain yield. **Journal of Biology and Environment Science** 8 (22): 37-51.

University of Guilan
Faculty of Agricultural Sciences

Cereal Research
Vol. 7, No. 3, Automn 2017 (343-356)

Evaluating the genetic parameters for some morpho-physiological traits in wheat using diallel analysis

Mohtasham Mohammadi[1], Peyman Sharifi[2*], Rahmatallah Karimizadeh[3] and Mozafar Rostaei[4]

Received: October 30, 2016 Accepted: December 24, 2016

Abstract

To assess the genetic parameters of morpho-physiological traits in wheat, six bread wheat genotypes and their partial diallel progenies were evaluated in a randomized complete block design with three replications at Gachsaran Agricultural Research Station, Gachsaran, Iran, in 2013-14 cropping season. Regression coefficient indicated there were not the assumptions of additive-dominance model for number of days to flowering and maturity, plant height, spike length, 1000-grain weight and extrusion length of spike from flag leaf. Both dditive and non-additive gene effects played an important role in controlling the seedling growth vigor, grain-filling period, chlorophyll content, canopy temperature, grain length and grain yield, but the role of non-additive was superior the additive gene effects. The average degree of dominance were 1.02, 1.05, 1.32, 1.41, 1.39 and 1.62 for above mentioned traits, respectively, which showed the role of over-dominance gene action in their controles. The results of Hayman's graphical analysis indicated that increasing seedling growth vigor, grain yield, grain length and canopy temperature by recessive alleles and chlorophyll content by dominant alleles were controlled. The role of non-additive and over-dominance gene action in controlling grain yield showed the possibility of using the heterosis to improve this important trait in new wheat varieties. The hybrids Kouhdasht × (DAMARA-6 ICW99-0427-8AP-0AP-0AP-3AP-0AP) and Kouhdasht × (PASTOR/2*SITTA// PBW343*2/KUKUNA) due to the high heterosis and also the highest grain yield among the all studied genotypes in this research, it is recommended to use heterosis phenomenon for increasing grain yield in wheat breeding programs.

Keywords: Degree of dominance, Hayman's graphical analysis, Heritability

1. Research Prof., Dryland Agricultural Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Gachsaran, Iran
2. Assoc. Prof., Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Rasht Branch, Islamic Azad University, Rasht, Iran
3. Research Assist. Prof., Dryland Agricultural Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Gachsaran, Iran
4. Research Assoc. Prof., Dryland Agricultural Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Maragheh, Iran
* Corresponding author: peyman.sharifi@gmail.com