نشریه پژوهش های کاربردی زراعی
دوره۳۴- شماره ۱- پیاپند ۱۳۰ بهار ۱۴۰۰

بررسی تنوع صفات زراعی و مورفولوژیکی لاین‌های دابلدهاپلوییید گندم با استفاده از روش‌های آماری چند متغیره

Evaluation of variability of agronomic and morphological traits in doubled haploid wheat lines using multivariate statistical methods

فرشاد بختیار[1*]، حبیب اله قزوینی[2]، مصطفی آقایی سربرزه[3]

۱. استاد یار موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، ترویج و آموزش کشاورزی، کرج، ایران ، (نگارنده مسئول)
۲. دانشیار موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، ترویج و آموزش کشاورزی، کرج، ایران
۳. استاد موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، ترویج و آموزش کشاورزی، کرج، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۲/۲۱ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۰/۳۰ - شناسانهٔ برنمود رقمی:10.22092/aj.2021.341851.1457

چکیده

بختیار، ف.، قزوینی، ح.، آقایی سربرزه، م.، . بررسی تنوع ژنتیکی صفات مورفوفیزیولوژیکی لاین‌های دابلدهاپلوییید گندم با استفاده از روش‌های آماری چند متغیره
نشریه پژوهش های کاربردی زراعی دوره ۳۴ - شماره ۱- پیاپند ۱۳۰ بهار ۱۴۰۰ صفحه: ۹۲-۷۱

در این تحقیق تنوع صفات زراعی و مورفولوژیکی تعداد روز تا ظهور سنبله، روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، طول سنبله، تعداد سنبلچه، تعداد دانه در سنبله، وزن دانه در سنبله، وزن هزار دانه، ارتفاع گیاه، تراکم دانه در سنبله و عملکرد دانه ۱۵۰ لاین دابلدهاپلوییدگندم در قالب طرح آگمنت مورد بررسی قرار گرفت. محاسبه ضرایب تغییرات فنوتیپی بیانگر وجود تنوع ژنتیکی بالایی در اکثر صفات مورد مطالعه بود. برآورد همبستگی اجزاء عملکرد نشان داد که عملکرد دانه با صفت وزن هزار دانه دارای همبستگی مثبت و با صفات تعداد روز تا ظهور سنبله، روز تا رسیدگی فیزیولوژیک و تعداد سنبلچه در سنبله دارای همبستگی منفی و معنی دار بود. بررسی تحلیل عاملی نشان داد که عوامل موثر بر خصوصیات سنبله (تعداد دانه در سنبله، وزن دانه و تراکم دانه در سنبله)، زود رسی (تعداد روز تا ظهور ۵۰ درصد سنبله و تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک) و ارتفاع (تعداد سنبلچه در سنبله، طول سنبله و ارتفاع گیاه) باهم ۷۰/۵۵ درصد از واریانس داده ها را در بر داشتند. برآورد عملکرد دانه در روش رگرسیون گام به گام مشخص نمود که وزن هزار دانه مهم ترین مولفه ای بود که ارتباط نزدیک تری با عملکرد دانه داشت و به تنهایی ۱۰/۳ درصد از تغییرات آن را توجیه می کرد. تجزیه علیت برای صفت عملکرد دانه نشان داد که وزن هزار دانه و طول سنبله بالاترین اثر مستقیم را بر عملکرد دانه داشتند. نتایج نشان داد که تعدادی از لاین های مورد بررسی دارای عملکرد و صفات زراعی و مورفولوژیکی برتری نسبت به والدین و شاهدهای آزمایش بودند.

واژه های کلیدی:تحلیل عاملی، جمعیت دابلد هاپلوییید، عملکرد دانه و گندم

آدرس پست الکترونیکی نگارنده مسئول: F_bakhtiar2002@Yahoo.com

مقدمه

گندم به عنوان یکی از مهمترین دانه‌های غلات، تا به امروز جمعیت روز افزون جهان را تغذیه کرده است (Feldmann, 2001). این گیاه از نظر تولید و سطح زیر کشت، مهم ترین محصول کشاورزی ایران است و در اقتصاد و تامین غذای مردم از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد. با وجود تنوع کشت محصولات زراعی، این محصول استراتژیک همچنان در کانون توجه جهانیان قرار داشته و تحقیقات زیادی در رابطه با بهبود صفات کمی و کیفی آن در حال انجام می باشد.

تولید و انتخاب ارقام برتر با هدف افزایش عملکرد، بدون شناسایی تنوع ژنتیکی موجود در جمعیت های اصلاحی امکان پذیر نمی باشد. عدم وجود تنوع ژنتیکی برای یک صفت در یک مجموعه ژرم پلاسم به معنی تثبیت و عدم پیشرفت آن صفت می باشد. در مورد صفاتی که از لحاظ اقتصادی حائز اهمیت هستند عدم وجود تنوع ژنتیکی باعث عدم کارایی روش‌های اصلاح نباتات شده و اتخاذ هر روش اصلاحی جهت بهبود این صفات غیر موثر می‌باشد (Mohammadi *et al*., 2002).

توسعه ارقام پیشرفته با قابلیت تولید محصول بیشتر در شرایط مختلف اقلیمی به میزان تنوع ژنتیکی صفات موجود در جمعیت بستگی دارد (Ahmad *et al*., 2018). برآورد تنوع ژنتیکی ارقام زراعی از جنبه کاربردی در برنامه های به نژادی و محافظت از منابع ژنتیکی حائز اهمیت است (Staub *et al*., 1996). صفات مورفولوژیکی به سادگی و با دقت زیاد قابل اندازه گیری بوده و توارث پذیری بالایی دارند، بنابراین انتخاب بر اساس این صفات ممکن است راه مطمئن و سریعی برای غربال جوامع گیاهی و بهبود عملکرد باشد (Yildrim *et al*., 1993). همبستگی های ژنوتیپی و فنوتیپی برای نشان دادن میزان ارتباط صفات مختلف مورفوفیزیولوژیکی با بهره‌وری اقتصادی ارزشمند هستند. ضریب همبستگی در تعیین مقدار و جهت نفوذ مؤلفه‌های صفات اصلی مفید است با این حال، اهمیت نسبی تأثیرات مستقیم و غیرمستقیم این مؤلفه‌ها را ارائه نمی دهد (Da Silva *et al*., 2009). عملکرد دانه یک ویژگی کمی پیچیده است که تحت تأثیر تعدادی از صفات وابسطه به عملکرد قرار دارد (Xie, 2115). برخی از محققین یک همبستگی مثبت بین عملکرد دانه گندم و اجزاء آن مانند شاخص برداشت، عملکرد بیولوژیک، تعداد گلچه در سنبله و طول سنبله، تعداد دانه در سنبله و ارتفاع گیاه و وزن هزار دانه گزارش کرده اند(Ghaderi *et al*., 2009; Kandić *et al*., 2009; Ahmad *et al*. 2018; Khan *et al*., 2010; Leilah & Al-Khateeb, 2005). با توجه به روابط پیچیده ای که بین صفات مرتبط با عملکرد وجود دارد، تنها بر مبنای ضرایب همبستگی ساده بین صفات نمی توان در مورد روابط بین آنها قضاوت کرد، انتخاب بر اساس ضرایب همبستگی ساده بدون در نظر گرفتن روابط بین عملکرد و اجزای آن ممکن است به نژادگر را برای رسیدن به اهداف اصلی به نژادی گمراه کند بنابراین باید از روش‌های آماری چند متغیره برای شناسایی روابط بین صفات استفاده کرد(Del Moral *et*

.(*al*., 2003; Majumder *et al*., 2008

تحلیل عاملی یک روش آماری چند متغیره برای شناسایی و ساده کردن مجموعه ای از داده‌هایی پیچیده می باشدکه در آن هر عامل ترکیبی خطی از متغیرهای اصلی است. این روش برای برآورد اجزاء عملکرد، استخراج زیر مجموعه ای از متغیرهای همسان، شناخت مفاهیم اساسی داده‌های چند متغیره، شناخت ارتباطات بیولوژیک و کاربردی موجود بین صفات، کاهش تعداد زیادی از صفات همبسته به تعداد کمی از عامل‌ها و تشریح همبستگی بین متغیرها مناسب می باشد (Leilah & Al-Khateeb, 2005). در این روش متغیرها در گروه‌های بزرگتری بنام عامل‌ها (Factors) قرار می گیرند، به طوری که میزان واریانس از عامل اول به عامل های بعدی کاهش می‌یابد، از این رو متغیرهایی که در عامل های اولی قرار بگیرند، تاثیر گذاری بیشتری روی صفت متغیر وابسته دارند. برای برآورد ارزش یک متغیر کمی با توجه به رابطه آن با یک یا چند متغیر کمی دیگر می توان از روش تجزیه رگرسیون استفاده کرد (Farshadfar, 2004). به منظور تعیین نقش اجزای عملکرد در افزایش آن و بالا بردن کارایی انتخاب توسط تعداد کمی از خصوصیات به عنوان شاخص های موثر در دست یابی به اهداف اصلاحی می توان از تجزیه رگرسیون مرحله ای استفاده کرد. ارزش اصلی انتخاب مرحله به مرحله این است که می توان با استفاده از معیار آماری محاسبه شده از یک مجموعه داده، زیر مجموعه ای از متغیرهای توضیحی را انتخاب کرد. (Acquaah, *et al*.,

.(1992; Prost *et al*., 2008

از روش تجزیه مسیر می توان برای محاسبه تأثیر کمی اثرات مستقیم یا غیرمستقیم ناشی از یک صفت و یا اجزاء سایر صفات بر عملکرد دانه استفاده کرد (Rajput, 2019). این روش وسیله مؤثری برای تقسیم ضرایب همبستگی به اثرات مستقیم و غیرمستقیم فراهم کرده و روابط را به شکل معنی داری روشن می کند (Majumder *et al*., 2008).

هدف از اجرای این تحقیق بررسی برخی از صفات زراعی و مورفولوژیکی لاین های دابلد هاپلویید گندم با استفاده از روش های آماری چند متغیره و تعیین روابط بین صفات مورد مطالعه بود.

مواد و روش ها

در این تحقیق، به منظور بررسی برخی از صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی لاین‌های دابلدهاپلویید گندم از سه جمعیت ژنتیکی با شجره DH-26: Ghods*3/MV17، DH-27: Flanders/3*Ghods و DH-28: Hybrid Bersee/*3Ghods به ترتیب با ۷۵، ۴۵ و ۳۰ لاین استفاده شد. هدف اولیه از تولید این سه جمعیت انتقال مقاومت به بیماری زنگ زرد از ارقام هیبرید برسی، فلاندرز و MV17 به رقم قدس بود. در این تحقیق پس از تولید هیبریدهای F1 به منظور کوتاه کردن مدت زمان برنامه اصلاحی و افزایش کارایی انتخاب از روش دابلد هاپلوییدی استفاده شد و لاین‌های تولید شده در قالب سه جمعیت طی سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ با استفاده از طرح آگمنت بدون تکرار در پنج بلوک به همراه ارقام شاهد پارسی،

میهن، بولانی، قدس، هیبریدبرسی و MV17 در مزرعه تحقیقاتی موسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر مورد ارزیابی قرار گرفتند.

عملیات زراعی تهیه زمین شامل، شخم کلشی، شخم بهاره، یک نوبت دیسک دو نوبت ماله بطور متقاطع، کودپاشی و ایجاد فارو بود. میزان کودهای شیمیایی مصرفی با توجه به آزمون خاک و طبق فرمول کودی (K-P-N) (۵۰-۹۰-۱۲۰) تعیین شد. مقدار بذر مورد کشت بر اساس وزن هزار دانه و تراکم ۳۵۰ بوته در متر مربع محاسبه شد. در این آزمایش هر لاین/رقم در دو خط ۱ متری با فاصله خطوط ۳۰ سانتی متر بر روی هر پشته کشت گردید. روش آبیاری نشتی و شامل دو نوبت آبیاری در پاییز و پنج نوبت آبیاری در بهار بود. در این بررسی صفاتی زراعی شامل تعداد روز تا ظهورسنبله، تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، طول سنبله، تعداد سنبلچه، تعداد دانه در سنبله، وزن دانه در سنبله، وزن هزار دانه، ارتفاع گیاه، تراکم دانه در سنبله و عملکرد دانه مورد ارزیابی قرار گرفتند. به منظور انجام تجزیه های آماری از داده‌های تصحیح شده استفاده شد و کلیه محاسبات و تجزیه های آماری با استفاده از نرم افزارهای SPSS 16 و SAS 9.0 انجام شد. به منظور گروه بندی صفات و لاین های مورد بررسی از خوشه بندی سلسله مراتبی Hierarchical Cluster Analysis (HCA) به روش وارد (Ward) با استفاده از متغیرهای استاندارد شده استفاده شد به طوری که ابتدا داده های مورد بررسی از نظر واحد بر مبنای روش رتبه بندی Z استاندارد شدند و سپس مورد تجزیه قرار گرفتند.

نتایج و بحث

با توجه به نتایج بدست آمده (جدول ۱) تفاوت بین ارقام شاهد برای صفات تعداد سنبلچه در سنبله، تعداد دانه در سنبله، طول سنبله، تراکم دانه در سنبله، وزن دانه در سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، ارتفاع گیاه، تعداد روز تا ظهور سنبله و تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار بود که با نتایج سایر محققین از جمله (Kotal *et al*., 2010; Fiker *et al*., 2015 & Arya *et al*., 2017)، مطابقت داشت. همچنین ضرایب تغییرات فنوتیپی محاسبه شده (جدول ۲) نشان داد که صفات عملکرد دانه، تراکم دانه در سنبله، وزن دانه در سنبله، روز تا ظهور سنبله، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه دارای تنوع بیشتری نسبت به سایر صفات مورد مطالعه بودند. با توجه به حداقل، حداکثر و میانگین صفات مربوط به اجزاء عملکرد (تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه و عملکرد دانه)، ارتفاع (طول سنبله و ارتفاع گیاه) و زودرسی (تعداد روز تا ظهور سنبله، تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک) در جمعیت های مورد بررسی و مقایسه آن با میانگین شاهدهای آزمایش مشخص شد که برخی از لاین‌های دابلد هاپلویید نسبت به میانگین جمعیت و شاهدهای آزمایش برتری داشته و می‌توان نسبت به انتخاب آنها اقدام کرد.

ضرایب همبستگی ساده بین صفات مختلف در لاین‌های دابلد هاپلویید و ارقام شاهد در جدول ۳ نشان داده شده است. در این تحقیق همبستگی عملکرد دانه با صفت وزن هزار دانه مثبت و معنی دار بود، پژوهشگران نیز بین این

دو صفت همبستگی مثبت و معنی‌دار گزارش کرده‌اند (Dabi *et al*., 2016; Khaliq *et al*., 2004; Dutamo *et al*., 2015; Mecha *et al*., 2017). همبستگی عملکرد دانه با صفات تعداد سنبلچه در سنبله، روز تا ظهور سنبله و روز تا رسیدگی فیزیولوژیک منفی و معنی دار بود و با نتایج تحقیقات انجام شده توسط سایر پژوهشگران (Mohammad *et al*., 2005; Dutamo *et al*., 2015; Mecha *et al*., 2017) مطابقت داشت.

بین صفات طول سنبله، تعداد دانه در سنبله، وزن دانه در سنبله، تراکم دانه در سنبله و ارتفاع گیاه با عملکرد دانه همبستگی معنی داری مشاهده نشد. وزن هزار دانه دارای همبستگی منفی و معنی داری با صفات تعداد سنبلچه در سنبله، تعداد دانه در سنبله، روز تا ظهور سنبله و روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی و همبستگی مثبت و معنی داری با وزن دانه در سنبله بود. ضریب همبستگی منفی بین وزن هزار دانه و تعداد سنبلچه در سنبله و تعداد دانه در سنبله نشان دهنده این واقعیت است که با افزایش تعداد سنبلچه در سنبله و به دنبال آن تعداد دانه در سنبله از وزن هزار دانه لاین‌های مورد بررسی و ارقام شاهد کاسته می شود. در تحقیقات انجام شده توسط سایر پژوهشگران نیز به رابطه منفی بین وزن هزار دانه و تعداد دانه در سنبله گندم اشاره شده است (Sorkhi & Yazdi samadi, 1998; Kalantarzadeh, 2004; Dehghan *et al*., 2011; Baye *et al*., 2020) که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. طول سنبله با تعداد سنبلچه، تعداد دانه در سنبله، روز تا ظهور سنبله، روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی و ارتفاع گیاه همبستگی مثبت و با تراکم دانه در سنبله دارای همبستگی منفی و معنی دار بود. صفت روز تا ظهور سنبله با صفات تعداد سنبلچه در سنبله، طول سنبله و تعداد دانه در سنبله، روز تا رسیدگی فیزیولوژیک و ارتفاع گیاه دارای همبستگی مثبت و معنی دار، و با صفات وزن هزار دانه و عملکرد دانه دارای همبستگی منفی و معنی دار بود.

پژوهشگران نیز بین صفت روز تا ظهور سنبله و صفات روز تارسیدگی فیزیولوژیک، ارتفاع گیاه، تعداد سنبلچه در سنبله، تعداد دانه در سنبله و عملکرد بیولوژیک همبستگی مثبت و معنی دار و بین صفات دوره پرشدن دانه، وزن هزار دانه و شاخص برداشت همبستگی منفی و معنی دار گزارش کردند (Baye *et al*., 2020). در تحقیقات انجام شده در گندم نان (Mecha *et al*., 2017) و در گندم دوروم (Wolde *et al*., 2016) نیز بین صفت روز تا ظهور سنبله با صفات دوره پرشدن دانه، وزن هزار دانه، وزن هکتولیتر و شاخص برداشت همبستگی منفی و معنی‌دار گزارش شده است. با وجود این که تاریخ سنبله دهی واکنشی نسبت به فتوپریود می باشد عوامل محیطی نیز در بروز آن موثرند، در نتیجه اثر ژنوتیپی در ظهور آن تا حدودی پوشانده می‌شود (Poehlman, 1978). واضح است که هرچه گیاه زودتر به مرحله ظهور سنبله وارد شود، دوره پرشدن دانه نیز زود تر آغاز شده و به دنبال آن رسیدگی فیزیولوژیک نیز زودتر به وقوع می پیوندد.

در این بررسی همچنین همبستگی روز تا

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات مورفولوژیکی و زراعی در ارقام شاهد

Table 1. The analysis of variance for agronomic and morphological traits in check cultivares

منابع تغیرات	درجه آزادی	میانگین مربعات MS									
S.O.V.	df	تعداد سنبلچه در سنبله Number of spikelet per spike	تعداد دانه در سنبله Number of grains per spike	طول سنبله Spike length	تراکم دانه در سنبله Grain density per spike	وزن دانه در سنبله Grain weight per spike	وزن هزار دانه Thousand kernel weight	عملکرد دانه Grain yield	ارتفاع گیاه Plant height	روز تا ظهور ۵۰٪ سنبله Days to 50 % of flowering	روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی Days to maturity
بلوک Block	4	0.60^{ns}	44.81^{ns}	0.99^{ns}	0.39^{ns}	0.17^{ns}	4.85^{ns}	0.69^{ns}	29.71^{ns}	0.3^{ns}	0.47^{ns}
شاهد Check	5	18.63^{**}	631.01^{**}	3.95^{**}	5.11^{**}	0.82^{**}	275.06^{**}	6.67^{**}	1082.83^{**}	138.62^{**}	66.46^{**}
خطا Error	20	1.68	29.78	0.56	0.23	0.09	3.68	0.55	33.82	0.82	1.96

ns ، * و ** به ترتیب، غیر معنی‌دار و معنی دار در سطح احتمال ۵ ٪ و ۱٪

ns,* and **: non significant and significant at 5% and 1% of probability levels, respectively.

جدول ۲ – برآورد آماره‌های توصیفی صفات زراعی و مورفولوژیکی مختلف در لاینهای دابل هاپلوید و ارقام شاهد آزمایش

Table 2. Evaluation of descriptive statistics of different agronomic and morphological traites in wheat doubled haploid lines and cheek cultivars

صفات	میانگین	ضریب تغییرات (٪)	انحراف معیار	حد اقل	حداکثر	میانگین ارقام شاهد Means of check cultivars							
						پارسی	میهن	قدس	MV17	هیبرید برسی	بولانی		
Traits	Mean	Coefficient of variation (%)	Standard deviation	Min	Max	Parsi	Mihan	Ghods	MV17	Hybrid Bersee	Bolani		
عملکرد دانه(t/ha)	4.63	27.28	1.26	1.03	7.96	6.09	5.14	5.9	3.57	2.95	4.99		
Grain yield (t/ha)													
وزن هزار دانه(gr)	36.07	15.10	5.43	22.38	50.46	43.31	42.54	29.37	33.76	34.85	49.64		
Thousand kernel weight (gr)													
تعداد سنبلچه در سنبله	20.96	9.78	2.05	16.20	26.67	20.26	19.42	20.34	21.3	21.58	16.25		
Number of spikelet per spike													
تعداد دانه در سنبله	57.98	16.33	9.47	26.76	95.59	52.92	59.24	64.68	62.26	48.12	34.34		
Number of grains per spike													
وزن دانه در سنبله	2.30	17.73	0.408	1.11	3.38	2.7	2.77	2.24	2.46	1.81	1.88		
Grain weight per spike													
تراکم دانه در سنبله	5.24	20.99	1.1	1.83	8.67	5	6.09	5.33	6.08	4.42	3.47		
Grain density per spike													
طول سنبله(cm)	11.14	11.31	1.26	7.53	14.53	10.58	9.7	12.16	10.3	10.89	9.87		
Spike length (cm)													
ارتفاع گیاه(cm)	90.25	11.35	10.24	60.73	126.57	84	70.4	99.4	78.8	105	105		
Plant height (cm)													
روز تا ظهور ۵۰٪ سنبله	181	16.56	3.02	176	196	178	180	181	182	192	178		
Days to %50 of flowering													
روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی	223	1.58	3.51	213	235	222	223	222	223	230	219		
Days to maturity													

رسیدگی فیزیولوژیکی با صفات تعداد سنبلچه در سنبله، طول سنبله،تعداد دانه در سنبله و روز تا ظهور سنبله مثبت و با صفات وزن هزار دانه و عملکرد دانه منفی و معنی‌دار بود. در مطالعات انجام شده درخصوص گندم نان، بین صفت روز تا رسیدگی فیزولوژیک و صفات ارتفاع گیاه، تعداد سنبلچه در سنبله، وزن هکتولیتر و عملکرد بیولوژیک همبستگی مثبت و معنی دار و صفات وزن هزار دانه و شاخص برداشت همبستگی منفی و معنی دار گزارش شد (Baye

et al., 2020). محققان همبستگی بین تعداد روز تا ظهور ۵۰ درصد سنبله را با صفت تعداد روز تا۹۰ درصد رسیدگی فیزیولوژیک در گندم دوروم مثبت و معنی دار گزارش کردند (Vaezi, 1994). وزن دانه در سنبله دارای همبستگی مثبت با تعداد دانه در سنبله، تراکم دانه و وزن هزاردانه بود. پژوهشگران در گندم دوروم بین عملکرد سنبله با تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه همبستگی مثبت و معنی داری گزارش کردند (Naghavi *et al*., 2002). تعداد دانه در سنبله با صفات تعداد سنبلچه در سنبله، طول سنبله، وزن دانه در سنبله، تراکم دانه، تعداد روز تا ظهور سنبله و روز تا رسیدگی فیزولوژیک دارای همبستگی مثبت و با وزن هزار دانه دارای همبستگی منفی و معنی‌داری بود. تعداد سنبلچه در سنبله با طول سنبله، تعداد دانه در سنبله، روز تا ظهور سنبله، روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی و ارتفاع گیاه همبستگی مثبت و با وزن هزار دانه و عملکرد دانه دارای همبستگی منفی و معنی‌دار بود. صفت تراکم دانه در سنبله با صفات تعداد دانه در سنبله و وزن دانه در سنبله دارای همبستگی مثبت و با صفات طول سنبله و ارتفاع گیاه دارای همبستگی منفی و معنی‌داری بود. همچنین صفت ارتفاع گیاه با صفات تعداد سنبلچه در سنبله، طول سنبله و روز تا ظهور سنبله دارای همبستگی مثبت و با صفت تراکم دانه در سنبله دارای همبستگی منفی و معنی‌دار بود. در این بررسی بیشترین میزان همبستگی مثبت معنی‌دار بین صفات تراکم دانه در سنبله و تعداد دانه در سنبله ۰/۸۳۶ و بیشترین همبستگی منفی معنی دار بین صفات وزن هزار دانه و روز تا ظهور سنبله ۰/۳۲۹- بود.

میزان اشتراک اولیه و بعد از استخراج عامل‌ها برای متغیرهای وارد شده در تحلیل عاملی در جدول ۴ نشان داده شده است. همانطور که ملاحظه می شود ۹۲/۲ در صد واریانس امتیازات متغیر تعداد دانه در سنبله مربوط به واریانس عامل مشترک بود. همچنین بیشتر میزان اشتراک ها بالاتر از ۵۰ درصد بود، که بیانگر توانایی عامل های تعیین شده در تبیین واریانس متغیرهای مورد مطالعه می باشد. با این وجود در بین مقادیر اشتراک تفاوت هایی نیز مشاهده شد. به طور مثال مقدار اشتراک مربوط به متغیر عملکرد دانه، ۴۷ درصد بود. مقدار ویژه، اهمیت اکتشافی عامل‌ها را در ارتباط با متغیرها نشان می دهد. پایین بودن این مقدار برای یک عامل به این معنی است که آن عامل نقش اندکی در تبیین واریانس متغیرها داشته است. نتایج تجزیه به عامل‌ها نشان داد که سه عامل اول قابلیت تبیین واریانس ها را دارند. پس از چرخش عامل‌ها با روش وریماکس (Varimax) مشخص شد که عامل اول ۲۵/۰۸ درصد، عامل دوم ۲۴/۱۶ درصد و عامل سوم ۲۱/۳۲ درصد و در مجموع سه عامل ۷۰/۵۶ درصد از واریانس کل را تبیین کردند.

شکل ۱ مقادیر ویژه را در ارتباط با عامل‌ها نشان می دهد. با توجه به این نمودار مشاهده می‌شود که از عامل سوم به بعد تغییرات مقدار ویژه کم می شود. در نتیجه می توان سه عامل اول را به عنوان عوامل مهم که بیشترین نقش را در تبیین واریانس داده ها دارند استخراج کرد.

معیار انتخاب تعداد عامل‌ها بر اساس تعداد

جدول ۳- ضرایب همبستگی صفات زراعی و مورفولوژیکی در لاینهای دابلهاپلوید گندم

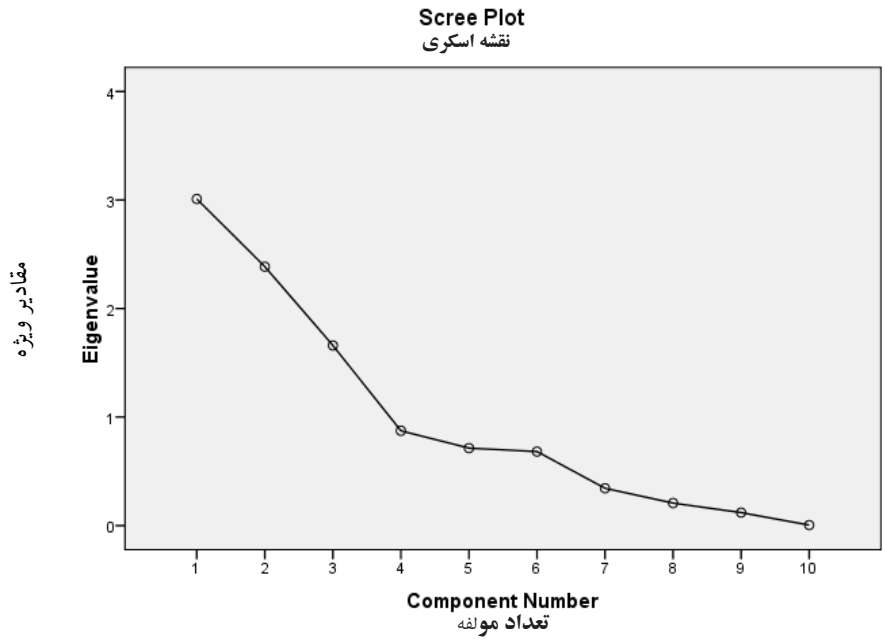
Table 3. Correlation coefficients of agronomic and morphological traits in doubled haploid wheat lines

	تعداد سنبلچه در سنبله Number of spikelet per spike	طول سنبله Spike length	تعداد دانه در سنبله Number of grains per spike	وزن دانه در سنبله Grain weight per spike	تراکم دانه در سنبله Grain density per spike	روز تا ظهور سنبله Days to %50 of flowering	روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی Days to maturity	ارتفاع گیاه Plant height	وزن هزار دانه Thousand kernel weight	عملکرد دانه Grain yield
تعداد سنبلچه در سنبله Number of spikelet per spike	1									
طول سنبله Spike length	.537**	1								
تعداد دانه در سنبله Number of grains per spike	.293**	.269**	1							
وزن دانه در سنبله Grain weight per spike	.026	.146	.661**	1						
تراکم دانه در سنبله Grain density per spike	.008	-.294**	.836**	.558**	1					
روز تا ظهور سنبله Days to %50 of flowering	.578**	.174*	.196*	-.110	.101	1				
روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی Days to maturity	.566**	.266**	.287**	.003	.135	.756**	1			
ارتفاع گیاه Plant height	.261**	.321**	-.142	-.157	-.316**	.174*	.022	1		
وزن هزار دانه Thousand kernel weight	-.241**	-.134	-.201*	.422**	-.127	-.329**	-.303**	.110	1	
عملکرد دانه Grain yield	-197*	.086	-.066	.135	-.126	-.293**	-.246**	.112	.329**	1

* و ** به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ ٪ و ۱٪

* and **: significant at 5% and 1% of probability levels, respectively

ریشه های بزرگتر از یک بود و از آنجا که تعداد متغیرهای اولیه مورد استفاده در تجزیه به عامل‌ها برابر ده بود بر اساس رابطه $F < (P+1)/2$ (که در آن P و F به ترتیب تعداد متغیرها و عامل ها می باشند) انتخاب سه عامل با اصول ارائه شده مطابقت داشت. اختصاص صفات به عوامل مختلف بر اساس مقادیر ضرایب عاملی بعد از چرخش عامل ها صورت گرفت، به این ترتیب که ضرایب عاملی بزرگتر از نیم صرفه نظر از علامت مربوطه، به عنوان ضرایب معنی



شکل ۱ - تغییرات مقادیر ویژه در ارتباط با عاملها

Figure 1. Changes in Eigenvalues based on factors

جدول ۴ – ماتریس عاملها ی چرخش یافته (چرخش وریماکس)

Table 4. Matrix of rotated factors (varimax rotation)

صفت Trait	میزان اشتراک پس از استخراج عامل ها Communalities after extraction	عامل اول Factor 1	عامل دوم Factor 2	عامل سوم Factor 3
تعداد سنبلچه در سنبله Number of spikelet per spike	.748	.155	.464	.713
طول سنبله Spike length	.682	.067	-.006	.822
تعداد دانه در سنبله Number of grains per spike	.912	.927	.179	.146
وزن دانه در سنبله Grain weight per spike	.868	.847	-.371	.110
تراکم دانه در سنبله Grain density per spike	.894	.871	.192	-.314
روز تا ظهور سنبله Days to %50 of flowering	.705	.085	.721	.422
روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی Days to maturity	.686	.205	.680	.427
ارتفاع گیاه Plant height	.524	-.297	-.150	.643
وزن هزار دانه Thousand kernel weight	.566	.066	-.747	.060
عملکرد دانه Grain yield	.470	.004	-.658	.193

دار در نظر گرفته شدند (Moghadam *et al.*, 1994).

عامل اول که بیشترین حجم (۲۵/۰۸ درصد) از تغیرات داده‌ها را در بر گرفت دارای ضرایب مثبت برای صفات تعداد دانه در سنبله، وزن دانه در سنبله و تراکم دانه در سنبله بود که

می توان آن را عامل موثر بر خصوصیات سنبله نامید. عامل دوم که (۲۴/۱۶ درصد) از تغییرات داده ها را در بر گرفت دارای ضرایب بزرگ و مثبت برای تعداد روز تا ظهور سنبله و تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک بود که می توان آن را عامل موثر بر خصوصیات زود رسی معرفی کرد. در تحقیقات انجام شده توسط سایر پژوهشگران، فاکتورهای تعداد روز تا ظهور سنبله و تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک به عنوان عوامل موثر بر خصوصیات رسیدگی گندم در عامل‌های اول (Yildrim *et al*., 1993) ، پنجم (Golparvar *et al*., 2002) و ششم (Mohammadi *et al*., 2002) معرفی شده اند.

ظهور زود تر سنبله فرصت بیشتری را برای پر شدن دانه در اختیار گیاه قرار می دهد، تا از رطوبت موجود قبل از تنش های خشکی و افزایش دمای آخر فصل برای پر کردن دانه بهره برداری کند. به طور معمول باید همبستگی بالایی بین تعداد روز تا ظهور سنبله و تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک وجود داشته باشد که این امر به خوبی در عامل دوم مشاهده می شود. وجود ضرایب منفی در صفات وزن دانه در سنبله، وزن هزار دانه و عملکرد دانه در این عامل می‌تواند گواهی بر این مطلب باشد که با افزایش تعداد روز تا ظهورسنبله و متعاقب آن تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، به علت افزایش دمای محیط و کاهش رطوبت در دسترس، گیاه با تنش های توام دمایی و رطوبتی مواجه شده و در نهایت وزن دانه در سنبله، وزن هزار دانه و عملکرد آن کاهش می یابد. عامل سوم هم مانند عامل اول مربوط به خصوصیات سنبله و ارتفاع گیاه بود. این عامل دارای ضرایب بزرگ و مثبت برای صفات تعداد سنبلچه، طول سنبله و ارتفاع گیاه بود و ۲۱/۳۲ درصد از تغیرات داده ها را در بر گرفت. در تحقیقات انجام شده توسط سایر پژوهشگران، فاکتور طول سنبله در عامل های دوم (Mohammadi *et al*., 2002; Roustaei *et al*., 2004; Yildrim *et al*., 1993) و سوم (Golparvar *et al*., 2002) شناسایی شده و بر نقش موثرآن بر خصوصیات سنبله گندم تاکید شده است. این ضرایب نشانگر آن بود که ژنوتیپ های برخوردار از مقادیر بالای عامل سوم بدون در نظر گرفتن خصوصیات دیگر، دارای سنبله های بلند و بارور با تعداد دانه بیشتر در سنبله خواهند بود. همچنین نتایج بدست آمده از بررسی ۱۱۲ لاین گندم نشان داد که صفاتی مانند تعداد دانه در سنبله و عملکرد بیولوژیک دارای اثر مثبت و معنی داری بر عملکرد دانه بودند و سهم قابل توجهی از تغییرات را تبیین کردند(Aghaee Sarbarzeh & Amini, 2011). در مطالعه ۲۱ لاین پیشرفته گندم، تجزیه به عامل‌ها سیزده صفت مرتبط با عملکرد و کیفیت دانه را به سه عامل اصلی کاهش داد. در این بررسی عامل اول شامل صفات عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، وزن سنبله، وزن دانه در سنبله، تعداد سنبلچه در سنبله، تعداد دانه در سنبله، و طول سنبله، عامل دوم شامل صفات شاخص برداشت، وزن کاه سنبله و وزن کاه ساقه و عامل سوم شامل صفات تعداد سنبله در مترمربع، وزن هزار دانه و ارتفاع گیاه بودند. این سه عامل در مجموع ۷۶ درصد از واریانس داده‌ها را در بر داشتند (Ebrahimnjad & Rameeh,

2016) . همچنین در بررسی ۴۰ لاین پیشرفته گندم، تجزیه به عامل ها پانزده صفت مرتبط با عملکرد و کیفیت دانه را به پنج عامل اصلی رسیدگی، خصوصیات سنبله، خصوصیات دانه، کیفیت پروتئین و پنجه زنی کاهش داد (Gupta *et al*., 1999). در مجموع با توجه با نتایج حاصل از تجزیه به عامل ها می توان اظهار داشت که در لاین های دابلدهاپلوییید گندم مورد بررسی انتخاب بر اساس صفات تعداد دانه در سنبله، وزن دانه در سنبله، تراکم دانه در سنبله به همراه تعداد سنبلچه، طول سنبله و ارتفاع بیشتر گیاه و همچنین تعداد روز تا ظهور سنبله و تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک بیشتر موجب افزایش وزن هزار دانه و در نهایت عملکرد دانه خواهد شد. در برخی موارد انتخاب یک طرفه برای صفات زراعی، بدون در نظر گرفتن نقش صفات دیگر منجر به نتایج نامطلوب خواهد شد. بهبود عملکرد دانه از طریق اصلاح اجزای آن می تواند به عنوان یکی از اهداف موثر در برنامه‌های به‌نژادی مورد بهره برداری قرار بگیرد. بررسی روابط بین عملکرد و اجزای عملکرد در این میان دارای نقش مهمی است. ارتباط بین عملکرد دانه و اجزای آن پیچیده است و برخی از صفات تغییرات عملکرد دانه را بهتر از بقیه توجیه می کنند. جدول ۵ برآورد عملکرد دانه را با توجه به نقش سایر صفات در روش رگرسیون گام به گام نشان می دهد.

با توجه به نتایج بدست آمده وزن هزار دانه

جدول ۵- معادلات برآورد میانگین عملکرد دانه بر مبنای رگرسیون گام به گام

Table 5. Equations of estimation of grain yield mean based on stepwise regression

مرحله	معادله	ضریب همبستگی چند گانه	ضریب تعیین تعدیل شده
Step	Equation	R	Standardized coefficient of determination
1	$GY = 0.077TKW + 1.823$	0.329	0.103
2	$GY = -0.088DHE + 0.061TKW + 18.280$	0.383	0.135
3	$GY = 0.166SL - 0.098DHE + 0.064TKW + 18.138$	0.415	0.159

TKW، DHE و SL به ترتیب نشان دهنده وزن هزار دانه، روز تا ظهور سنبله و طول سنبله می باشند.

TKW, DHE and SL represent thousand kernel weight, days to %50 of flowering and spike length, respectively

جدول ۶ - تجزیه ضرایب همبستگی به اثرهای مستقیم و غیر مستقیم برای عملکرد دانه در لاینهای دابلدهاپلوییید گندم

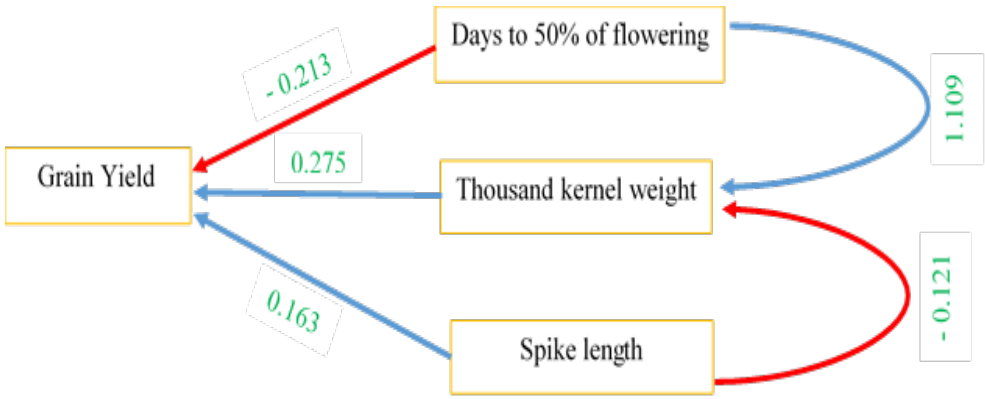
Table 6. The decomposition of correlation coefficients into direct and indirect effects for grain yield in doubled haploid lines of wheat

صفت Trait	اثرمستقیم Direct effect	اثرغیر مستقیم از طریق Indirect effect through			ضریب همبستگی با عملکرد دانه Coefficients of correlation with grain yield
		X_1	X_2	X_3	
X_1=وزن هزار دانه	0.275	-	-	-	0.329^{**}
X_1=Thousand kernel weight X_2=روز تا ظهور سنبله	-0.231	1.109	-	-	-0.293^{**}
X_2=Days to %50 of flowering X_3=طول سنبله	0.163	-0.121	-	-	0.086^{ns}
X_3= Spike length					

مهم‌ترین مولفه‌ای بود که ارتباط نزدیک‌تری نسبت به سایر صفات با عملکرد دانه داشت و به تنهایی۱۰/۳ درصد از تغییرات آن را توجیه کرد. پس از وزن هزاردانه، در مراحل بعدی به ترتیب روز تا ظهور سنبله و طول سنبله به مدل رگرسیون وارد شدند و در نهایت این متغیرها ۱۵/۹ درصد از تغییرات عملکرد دانه را توجیه کردند. سایر صفات مورد مطالعه تاثیر معنی داری در مدل رگرسیون نداشتند.

در این تحقیق از ضرایب همبستگی عملکرد دانه با صفاتی که وارد رگرسیون گام به گام شده بودند استفاده شده، به طوری که عملکرد دانه به عنوان برآیند و صفات وزن هزار دانه، طول سنبله و روز تا ظهور سنبله به عنوان متغیرهای علّی یا سببی در نظر گرفته شدند. به منظور تفسیر بهتر نتایج بدست آمده از رگرسیون گام به گام، تجزیه علیت برای صفت عملکرد دانه انجام شد. وزن هزار دانه بالاترین اثر مستقیم (۰/۲۷۵) را بر عملکرد دانه داشت و ضریب همبستگی آن با عملکرد دانه بالا و معنی دار بود (جدول ۶)، (شکل۲).

گزارشات نشان می دهد که وزن هزار دانه دارای حداکثر تأثیر مستقیم و مثبت بر عملکرد ژنوتیپ های گندم دوروم(Khan *et al*., 2013) می باشد که با نتیجه این تحقیق مطابقت دارد. طول سنبله بعد از وزن هزار دانه بیشترین اثر مستقیم (۰/۱۶۳) را بر عملکرد دانه داشت و همبستگی این صفت با عملکرد دانه غیر معنی دار بود. صفت تعداد روز تا ظهور سنبله دارای اثر مستقیم منفی(۰/۲۳۱-) بر عملکرد دانه بود. همچنین میزان همبستگی این صفت با عملکرد دانه نیز منفی و معنی دار بود. با توجه به اثر مستقیم بیشتر وزن هزار دانه نسبت به طول سنبله این صفت اثر بارزتری بر عملکرد دانه داشت. صفت وزن هزار دانه دارای همبستگی منفی غیر معنی دار با صفت طول سنبله و همبستگی منفی و معنی دار با صفت تعداد روز تا ظهور سنبله بود. در نتیجه افزایش وزن هزار دانه همراه با افزایش طول سنبله می تواند موجب افزایش عملکرد دانه باشد. در بررسی انجام شده بر روی ۲۴ ژنوتیپ گندم صفات طول غلاف، تعداد دانه در سنبله، طول سنبله و وزن هزار دانه دارای اثر مستقیم و مثبت بر عملکرد دانه و صفات تعداد پنجه در مترمربع، میزان کلروفیل و تعداد روز تا



شکل ۲ – تجزیه علیت برای عملکرد دانه در لاین های دابل هاپلویید گندم

Figure 2. Path analysis of grain yield in wheat doubled haploid lines

جدول ۷- برآورد آمارههای توصیفی صفات زراعی و مورفولوژیکی لاینهای برتر جمعیت های دابلد هاپلویید و ارقام شاهد آزمایش

Table 7. Evaluation of descriptive statistics of agronomic and morphological traits in superior wheat doubled haploid lines and check cultivars

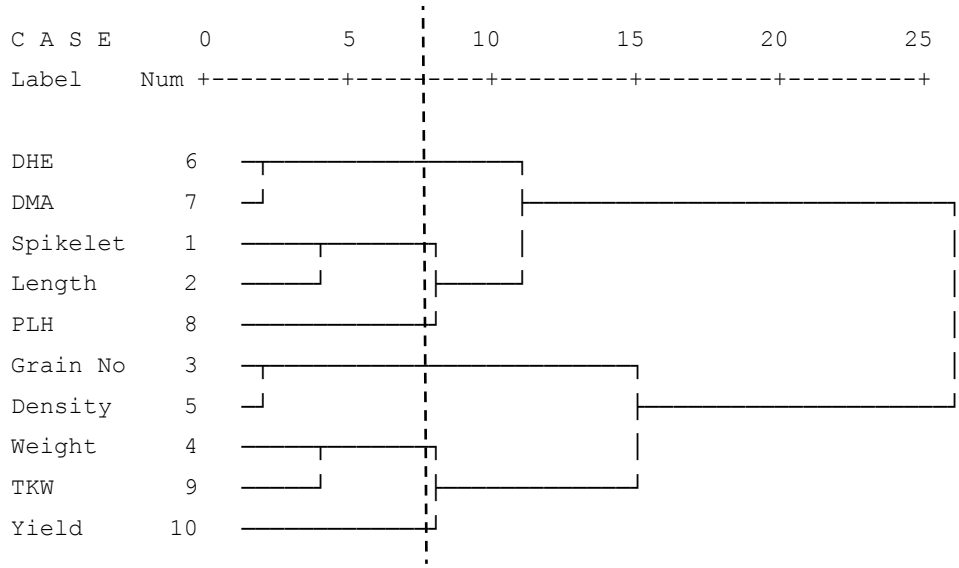
صفات Traits	جمعیت DH-26 DH-26 Population				جمعیت DH-27 DH-27 Population				جمعیت DH-28 DH-28 Population				میانگین شاهدها Means of check cultivars
	DH-26-8	DH-26-25	DH-26-48	میانگین Average	DH-27-6	DH-27-14	DH-27-25	میانگین Average	DH-28-9	DH-28-11	DH-28-30	میانگین Average	
عملکرد دانه (t/ha) Grain yield (t/ha)	7.543	7.360	7.493	4.885	6.315	6.092	6.268	4.394	5.957	6.778	6.487	4.417	4.773
وزن هزار دانه (gr) Thousand kernel weight (gr)	37.12	38.00	32.28	34.59	41.33	37.79	37.81	37.25	39.60	42.24	42.92	38.21	38.91
ارتفاع گیاه (cm) Plant height (cm)	87	93	88	90	90	100	100	94	85	85	80	85	90
روز تا ظهور ۵۰٪ سنبله Days to %50 of flowering	182	181	177	181	181	181	181	181	179	179	181	180	182
روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی Days to maturity	224	222	220	222	220	223	223	223	221	222	222	223	223
درصد پروتئین دانه Grain protein%	12.6	13.2	12.6	13	12.9	12.7	13.4	13	12.9	12.9	12.7	13	13
سختی دانه Hardest Index	53	55	54	54	52	53	55	53	54	57	53	53	54

سنبله دهی دارای اثر مستقیم و منفی بر عملکرد دانه گزارش شدند (Baranwal *et al*., 2012).

انجام تجزیه خوشه ای بر مبنای ۱۰ صفت مورد مطالعه و قطع نمودار شاخه درختی (Dendrogram) با ضریب تشابه ۱۰٪ در مقیاس تغییر یافته، صفات مورد بررسی را در چهار گروه اصلی رتبه بندی کرد (شکل ۳). گروه اول مربوط به صفات زود رسی شامل تعداد روز تا ظهور سنبله و تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک بود. گروه دوم، صفات مربوط به خصوصیات ارتفاع گیاه شامل، طول سنبله، تعداد سنبلچه در سنبله و ارتفاع گیاه بود. گروه سوم، صفات مربوط به خصوصیات سنبله شامل تعداد دانه در سنبله و تراکم دانه در سنبله بود و گروه چهارم شامل صفات وزن دانه در سنبله، وزن هزار دانه و عملکرد دانه بود. با توجه به جدول ۳ نتایج این گروه بندی همبستگی صفات مورد مطالعه در این تحقیق را تایید می نماید.

به منظور تعیین قرابت و گروه بندی ژنوتیپ‌های مورد بررسی در ارتباط با صفات اندازه گیری شده نیز ابتدا داده های مورد بررسی از نظر واحد بر مبنای روش رتبه بندی Z استاندارد شدند و سپس مورد تجزیه قرار گرفتند. تجزیه خوشه ای انجام شده بر مبنای ۱۰ صفت مورد بررسی و قطع نمودار شاخه درختی در محدوده ضریب تشابه ۱۰٪ در مقیاس تغییر یافته، ژنوتیپ‌ها را در چهار گروه اصلی رتبه بندی کرد (داده ها به دلیل زیاد بودن تعداد ژنوتیپ‌ها نشان داده نشده اند).

در گروه اول ۵۹ ژنوتیپ، معادل۳۷/۸۲ درصد ازکل ژنوتیپ‌های مورد بررسی قرار گرفتند که از لحاظ میانگین صفات عملکرد دانه، وزن دانه در سنبله و تراکم دانه در سنبله و وزن هزار دانه بیشترین میزان و از نظر ارتفاع گیاه کمترین مقدار را در بین گروه ها داشتند. میانگین عملکرد این گروه از ژنوتیپ‌ها (۵/۳۰) نسبت به میانگین عملکرد تصحیح شده شاهدهای آزمایش(۴/۴۹) افزایش داشت.



شکل ۳- گروه بندی صفات ارزیابی شده با استفاده از روش تحلیل خوشه ای وارد

Figure 3. Classification of evaluated traits using Ward's method of cluster analysis

همچنین میانگین عملکرد این گروه از ژنوتیپ‌ها از گروه های دوم (۴/۷۶) ، سوم (۳/۶۶) و چهارم (۴/۱۳) بیشتر بود. در گروه دوم ۲۵ ژنوتیپ، معادل۱۶/۰۳ درصد ازکل ژنوتیپ‌های مورد بررسی قرار گرفتند که از لحاظ میانگین صفات تعداد روز تا ظهور سنبله و تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک کمترین میزان را داشتند و به عنوان زودرس ترین ژنوتیپ ها شناسایی شدند. میانگین عملکرد این گروه از ژنوتیپ‌ها (۴/۷۶) نسبت به میانگین تصحیح شده عملکرد شاهدهای آزمایش (۴/۴۹) افزایش داشت. همچنین میانگین عملکرد این گروه از ژنوتیپ‌ها از گروه های سوم (۳/۶۶) و چهارم (۴/۱۳) بیشتر بود. از تعداد شش شاهد آزمایش، پنج شاهد شامل MV17 ، بولانی، میهن و هیبرید برسی در این گروه قرار گرفتند. در گروه سوم ۱۳ ژنوتیپ، معادل ۸/۳۳ درصد ازکل ژنوتیپهای مورد بررسی قرار گرفتند که از لحاظ میانگین صفات تعداد سنبلچه در سنبله، طول سنبله، تعداد دانه در سنبله و ارتفاع گیاه بیشترین میزان را در بین گروه ها داشتند. رقم شاهد پارسی نیز در این گروه قرار گرفت. میانگین عملکرد این گروه از ژنوتیپ ها (۳/۶۶) نسبت به میانگین عملکرد شاهدهای آزمایش (۴/۴۹) کاهش داشت و از سه گروه دیگر کمتر بود. در گروه چهارم ۵۹ ژنوتیپ، معادل ۳۷/۸۲ درصد ازکل ژنوتیپ های مورد بررسی قرار گرفتند که از لحاظ میانگین صفات مورد بررسی هیچ گونه برتری نسبت به میانگین سایر گروه ها در آن مشاهده نشد. میانگین عملکرد این گروه از ژنوتیپ‌ها (۴/۱۳) نسبت به میانگین تصحیح شده عملکرد شاهدهای آزمایش (۴/۴۹) کاهش داشت. با توجه به نتایج تجزیه خوشه ای انجام شده در مجموع گروه اول در رابطه با صفات مورد بررسی از وضعیت بهتری نسبت به سایر گروه‌ها برخوردار بود.

در مجموع نتایج این تحقیق نشان داد که اکثر صفات مورد مطالعه در سه جمعیت دابلدهاپلویید گندم از تنوع ژنتیکی قابل ملاحظه ای برخوردار بودند. براساس تجزیه های آماری چند متغیره مورد استفاده در این تحقیق مشخص شد که عملکرد دانه با صفت وزن هزار دانه دارای همبستگی مثبت معنی داری بود. بر اساس تجزیه رگرسیون گام به گام نیز وزن هزار دانه به عنوان مهم ترین صفت موثر بر عملکرد دانه شناخته شد. تجزیه علیت صفات مورد بررسی نیز نتایج سایر تجزیه ها را تایید نمود و نشان داد که در جمعیت های ژنتیکی مورد استفاده صفات طول سنبله و وزن هزار دانه بالاترین اثر مستقیم را بر عملکرد دانه داشتند. نتایج تجزیه عاملی نیز نشان داد که سه عامل موثر بر خصوصیات زود رسی، طول سنبله و ارتفاع بوته بیشترین واریانس داده ها را در توجیه نمودند.

بررسی عملکرد دانه در لاین‌های دابلدهاپلویید مورد مطالعه نشان داد که جمعیت DH-26 با میانگین عملکرد دانه ۴/۸۸۵ تن در هکتار نسبت به میانگین عملکرد دانه کل لاین‌های مورد بررسی با ۴/۶۳۰ تن در هکتار و میانگین عملکرد دانه شاهدهای آزمایش با ۴/۷۷۳ تن در هکتار از برتری نسبی قابل ملاحظه ای برای این صفت برخوردار است. در این جمعیت سه لاین با شماره های DH-26-8، DH-26-48 و DH-26-

25 به ترتیب با عملکردهای دانه ۷/۵۴۳، ۷/۴۹۳ و ۷/۳۶۰ تن در هکتار بیشترین میزان عملکرد دانه را در بین همه لاین‌های مورد بررسی به خود اختصاص دادند. وزن هزار دانه این لاین‌ها در حد قابل قبول و به ترتیب ۳۷/۱۲، ۳۲/۲۸ و ۳۸/۰۰ گرم بود. از نظر صفت ارتفاع گیاه دو لاین DH-26-8 و DH-26-48 به ترتیب با ارتفاع ۸۷ و ۸۸ سانتیمتر دارای ارتفاع کمتری نسبت به میانگین ارتفاع کل لاین های مورد بررسی و میانگین ارتفاع شاهدهای آزمایش به ترتیب با ۹۰/۲۵ و ۹۰ سانتیمتر بودند. همچنین در این جمعیت هر سه لاین DH-26-8، DH-26-25 و DH-26-48 به ترتیب با ۱۸۲، ۱۸۱ و ۱۷۷ روز، از تعداد روز تا ظهور ۵۰٪ سنبله کمتر و یا در حد میانگین کل لاین های مورد بررسی با ۱۸۱ روز و میانگین شاهدهای آزمایش با ۱۸۲ روز برخوردار بودند. از نظر صفت روز تا رسیدگی فیزیولوژیک دو لاین DH-26-25 و DH-26-48 به ترتیب با تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک ۲۲۲ و ۲۲۰ روز دارای تعداد روز تا رسیدگی کمتری نسبت به میانگین کل روز تا رسیدگی فیزیولوژیک لاین‌های مورد بررسی با ۲۲۳ روز و میانگین روز تا رسیدگی فیزیولوژیک شاهدهای آزمایش با ۲۲۳ روز بودند.

میانگین عملکرد دانه در لاین‌های دابلدهاپلویید جمعیت DH-27 برابر با ۴/۳۹۴ تن در هکتار بود که نسبت به میانگین عملکرد دانه کل لاین‌های مورد بررسی با ۴/۶۳۰ تن در هکتار و میانگین عملکرد دانه شاهدهای آزمایش با ۴/۷۷۳ تن در هکتار کاهش داشت. در این جمعیت سه لاین با شماره های DH-27-6، DH-27-25 و DH-27-14 به ترتیب با عملکرد دانه ۶/۳۱۵ ، ۶/۲۶۸ و ۶/۰۹۲ تن در هکتار بیشترین میزان عملکرد دانه را در بین لاین‌های جمعیت DH-27 به خود اختصاص دادند. وزن هزار دانه این لاین ها در حد قابل قبول و به ترتیب ۴۱/۳۳، ۳۷/۸۱ و ۳۷/۷۹ گرم بود. از نظر صفت ارتفاع گیاه لاین DH-27-6 با ارتفاع ۹۰ سانتیمتر دارای ارتفاع گیاهی برابر با میانگین ارتفاع شاهدهای آزمایش بود. همچنین در این جمعیت هر سه لاین DH-27-6، DH-27-14 و DH-27-25 با ۱۸۱ روز، از تعداد روز تا ظهور ۵۰٪ سنبله کمتری نسبت به میانگین شاهدهای آزمایش با ۱۸۲ روز برخوردار بودند. از نظر صفت روز تا رسیدگی فیزیولوژیک نیز لاین DH-27-6، با تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک ۲۲۰ روز دارای تعداد روز تا رسیدگی کمتری نسبت به میانگین کل روز تا رسیدگی فیزیولوژیک لاین‌های مورد بررسی با ۲۲۳ روز و میانگین روز تا رسیدگی فیزیولوژیک شاهدهای آزمایش با ۲۲۳ روز بود.

در لاین های جمعیت DH-28 میانگین عملکرد دانه ۴/۴۱۷ تن در هکتار بود که نسبت به میانگین عملکرد دانه کل لاین‌های مورد بررسی با ۴/۶۳۰ تن در هکتار و میانگین عملکرد دانه شاهدهای آزمایش با ۴/۷۷۳ تن در هکتار کاهش داشت. در این جمعیت سه لاین با شماره های DH-28-11، DH-28-30 ، DH-28-9 به ترتیب با عملکرد دانه ۶/۷۷۸ , ۶/۴۸۷ و ۵/۹۵۷ تن در هکتار بیشترین میزان عملکرد دانه را در بین لاین‌های جمعیت DH-28 به خود اختصاص دادند. متوسط وزن هزار دانه لاین های دابلد هاپلویید در جمعیت DH-28 بیشتر از متوسط

وزن هزار دانه در دو جمعیت دیگر و برابر با ۳۸/۲۱ گرم و وزن هزار دانه سه لاین برتر آن به ترتیب ۴۲/۲۴ ، ۴۲/۹۲ و ۳۹/۶۰ گرم بود.

از نظر صفت ارتفاع گیاه لاین DH-28-30 با ارتفاع ۸۰ سانتیمتر دارای کمترین ارتفاع، نسبت به میانگین ارتفاع گیاه کل لاین های مورد بررسی و میانگین ارتفاع شاهدهای آزمایش با ۹۰ سانتیمتر بود. همچنین در این جمعیت هر سه لاین DH-28-9، DH-28-11 و DH-28-30 به ترتیب با ۱۷۹، ۱۷۹ و ۱۸۱ روز، از تعداد روز تا ظهور ۵۰٪ سنبله کمتری نسبت به میانگین کل لاین های مورد بررسی با ۱۸۱ روز و میانگین شاهدهای آزمایش با ۱۸۲ روز برخوردار بودند. از نظر صفت روز تا رسیدگی فیزیولوژیک لاین DH-28-9 با تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک ۲۲۱ روز دارای تعداد روز تا رسیدگی کمتری نسبت به میانگین کل روز تا رسیدگی فیزیولوژیک لاین‌های مورد بررسی با ۲۲۳ روز و میانگین روز تا رسیدگی فیزیولوژیک شاهدهای آزمایش با ۲۲۳ روز بود. لاین های برتر این سه جمعیت از نظر صفات درصد پروتئین دانه و سختی دانه نیز از مقادیر قابل قبولی برخوردار بودند (جدول۷).

از تنوع ژنتیکی موجود در لاین‌های دابلدهاپلویید این بررسی که حاصل والدین واجد صفات زراعی مطلوب و خصوصاً مقاوم به بیماری زنگ زرد (Bakhtiar *et al*., 2015) می‌باشند می توان در انتخاب ژنوتیپ های برتر بهره مند شد. استفاده از نتایج این بررسی می تواند نقش مهمی در گزینش ژنوتیپ های دارای صفات زراعی و مورفولوژیکی برتر و موثر بر عملکرد دانه در برنامه‌های به نژادی گندم کشور داشته باشد.

References

Acquaah, G., Adams, M. W., and Kelly, J. D. 1992. A factor analysis of plant variabeles associated with architecture and seed in dry bean. *Euphytica*, 60: 171-177.

Aghaee Sarbarzeh, M., and Amini, A. 2011. Genetic variability for agronomic traits in bread wheat genotype collection of Iran. *Seed and plant improvement journal*, 27-1(4):581-589 (in Persian).

Ahmad, T., Kumar, A., Pandey, D., and Prasad, B. 2018. Correlation and path coefficient analysis for yield and its attributing traits in bread wheat (Triticum aestivum L. em Thell). *Journal of Applied and Natural Science*, 10(4), 1078–1084. https://doi.org/10.31018/jans.v10i4.1867

Arya, V. K., Singh, J., Kumar, L., Kumar, R., Kumar, P., and Chand, P. 2017. Genetic variability and diversity analysis for yield and its components in wheat (Triticum aestivum L.). *Indian Journal of Agricultural Research*, 51(2), 128–134.

Bakhtiar, F., Farshadfar, E., Aghaee Sarbarzeh, M., Afshari, F., and Ghazvini, H. 2015. Evaluation of resistance to stripe rust in doubled haploid lines of bread wheat. *Seed and plant improvement journal*, 31: 679-698 (in Presian).

Baranwal, D., Mishra, V. K., Vishwakarma, M. K., Yadav, P. S., and Arun, B. 2012. Studies on genetic variability, correlation and path analysis for yield and yield contributing traits in wheat (T. Aestivum L. Em Thell.) *Plant Archives,* 12(1): 99-104

Baye, A., Berihun, B., Bantayehu, M., and Derebe, B. 2020. Genotypic and phenotypic correlation and path coefficient analysis for yield and yield-related traits in advanced bread wheat (*Triticumaestivum* L.) lines, *Cogent Food and Agriculture,* 6(1), 1752603

Dabi, A., Mekbib, F., and Desalegn, T. 2016. Estimation of genetic and phenotypic correlation coefficients and path analysis of yield and yield contributing traits of bread wheat (Triticum aestivum L.) genotypes. *International Journal Natural Resource Ecology Management*, 1(4), 145–154.

Da Silva, F. L., Pedrozo, C. Â., Barbosa, M. H. P., Resende, M. D. V., Peternelli, L. A., Costa, P. D. A., and Vieira, M. S. 2009. Path analysis for yield components of sugarcane via BLUP. *Revista Ceres*, 56(3), 308–314.

Dehghan, A., Khodarahmi, M., Majidi Harvan, A., and Pakzad, F. 2011. Genetic variation of morphological and physiological traits in durum wheat lines. *Seed and Plant Improvement Journal*, 27: 103-120 (in Presian).

Del Moral, L. F., Rharrabti, Y., Villegas, D., and Royo, C. 2003. Evaluation of grain yield and its components in durum wheat under Mediterranean conditions. *Agronomy Journal*, 95(2), 266–274. https://doi.org/10.2134/agronj2003.0266

Dutamo, D., Alamerew, S., Eticha, F., and Assefa, E. 2015. Path coefficient and correlation studies of yield and yield associated traits in bread wheat (Triticum aestivum L.) germplasm. *World Applied Sciences Journal*, 33(11), 1732–1739.

Ebrahimnjad, S., and Rameeh, V. 2016. Correlatino and factor nanalysis of grain yield and some important component characters in spring bread wheat genotypes *Cercetări Agronomice în Moldova*, Vol. XLIX, No. 1 (165) / 2016: 5-15.

Farshadfar, E. 2004. Multivariate principles and procedures of statistics. Taghbostan puplication. (In Persian).

Feldmann, M. 2001. Origin of cultivated wheat. In A. P. Bonjean & W. J. Angus (Eds.), the world wheat book. A history of wheat breeding (pp. 3–56). Lavoiser Publishing.

Fikre, G., Alamerew, S., and Tadesse, Z. 2015. Genetic variability studies in bread wheat (Triticum aestivum L.) genotypes at kulumsa agricultural research center, south east Ethiopia. Journal of Biology, *Agriculture and Healthcare*, 5(7), 89–98.

Ghaderi, M., Zeinaali, K. H., Hosseinzadeh, A. H., Taleei, A. R., and Naghavi, M. R. 2009. Evaluation of relationshipsbetween grain yield, yield components and the other characteristics associated with grain yield in bread wheat using multivariate statistical analysis. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 7- 2: 573-582.

Golparvar, A. R., Ghannadha, M. R., Zali, A., and Ahmadi, A. 2002. Evaluation of some morphological traits as selection criteria for improvement of bread wheat. *Iranian Journal of Crop sciences*, 4- 3: 202-207 (in Persian).

Gupta, A. K., Mittal, R. K., and Ziauddin, A. Z. 1999. Association and factor analysis in spring wheat. *Annals of Agricultural Research*, 20: 481-485.

Kalantarzadeh, M. 2004. Evaluation of quantitative and qualitative characters of bread wheat in relation with high molecule glutenin by multivariate statistical methods. MSc. Thesis, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran (in Persian)

Kandić, V., Dodig, D., Jović, M., Nikolić, B., and Prodanović, S.2009. Importance of physiological traits in wheatbreeding under irrigation and drought stress. *Genetika*, 41(1), 11–20. https://doi.org/10.2298/GENSR0901011K

Khan, A. J., Azam, F., and Ali, A. 2010. Relationship of morphological traits and grain yield in recombinant inbred wheat lines grown under drought conditions. *Pakistan Journal of Botany*, 42(1), 259–267.

Khan, A. A., Alam, M. A., Alam, M. K., Alam, M. J., and Sarker, Z. I. 2013. Correlation and path analysis of durum wheat (Triticum turgidum L. var. Durum). B*angladesh Journal of Agricultural Research*, 38(3), 515–521. https://doi.org/10.3329/bjar.v38i3.16978

Khaliq, I. H. S. A. N., Parveen, N. A. J. M. A., and Chowdhry, M. A. 2004. Correlation and path coefficient analyses in bread wheat. *International Journal of Agriculture and Biology*, 6(4), 633–635.

Kotal, B. D., Das, A., and Choudhury, B. K. 2010. Genetic variability and association of characters in wheat (Triticum aestivum L.). *Asian Journal of Crop Science*, 2(3), 155–160. https://doi.org/10.3923/ajcs.2010.155.160

Leilah, A. A., and Al-Khateeb, S. A. 2005. Statistical analysis of wheat yield under drought

conditions. *Journal of Arid Environments*, 61(3), 483–496. https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2004.10.011

Majumder, D. A. N., Shamsuddin, A. K. M., Kabir, M. A., and Hassan, L. 2008. Genetic variability, correlated response and path analysis of yield and yield contributing traits of spring wheat. *Journal of the Bangladesh Agricultural University*, 6(2), 227–234.

Mecha, B., Alamerew, S., Assefa, A., Dutamo, D., and Assefa, E. 2017. Correlation and path coefficient studies of yield and yield associated traits in bread wheat (Triticum aestivum L.) genotypes. *Advances in Plants and Agriculture Research*, 6(5), 1–10.

Moghadam, M., Mohammadi Shooty, M., and Aghaee Sarbarzeh, M. 1994. Introduction to multivariate statistical methods. Publisher: Pishtaz-e- Alme. PP 208. (in Persian).

Mohammad, T., Haider, S., Amin, M., Khan, M. I., and Zamir, R. 2005. Path coefficient and correlation studies of yield and yield associated traits in candidate bread wheat (Triticum aestivum L.) lines. *Suranaree Journal of Science and Technology*, 13(2), 175–180.

Mohammadi, M., Ghannadha, M. R., and Taleei, A. 2002. Study of genetic variation within Iranian local bread wheat lines using multivariate techniques. *Seed and plant improvement journal*, 18: 328-347 (in Presian).

Naghavi, M. R., Shahbaze Poorshahbazi, A., and Talei, A. 2002. Study of genetic variation in durum wheat germplasm for some morphological and agronomic characteristics. *Iranian journal of crop Sciences*, 4: 81-86 (in Persian).

Poehlman, J. M. 1987. Breeding Field Crops. An Avi Pub. Van Nostrand Rainhold. New York, USA.

Prost, L, Makowski, D., and Jeuffroy, M.H. 2008. Comparison of stepwise selection and Bayesian model averaging for yield gap analysis. *Ecological Modelling*, 219: 66–76

Rajput, R. S. 2019. Path analysis and genetic parameters for grain yield in bread wheat (Triticum aestivum L.). *Annual Research and Review in Biology*, 1–8. https://doi.org/10.9734/arrb/2019/v31i330050

Roustaei, M., Sadeghzadeh, D., Zad Hassan, E., and Arshad, Y. 2003. Factor analysis for studying characteristic relations influencing grain yield of local bread wheat in maragheh cold dryland area. *Journal of Agricultural Science*, 13- 1: 1-10 (in Persian).

Sorkhi, B., and Yazdi Samadi, B. 1998. Study of Genetic variation between grain yield and quantitative traits in 500 bread wheat lines by factor analysis. *Iranian Jornal of Agricalture Sciences*, 29- 2: 363-373 (in Pesian)

Staub, J. E., Serquen, F. C., and Gupta, P. K. 1996. Genetic marker map construction and their application in plant breeding. *American Society for Horticul Science*, 31: 729-740.

Vaezi, S. 1994. Study of genetic variation and geographical diversity for quantitative and qualitative characters of Iranian local collection of durum wheat. MSc. Thesis, College of Agriculture, University of Tehran, Karaj, Iran (in Persian).

Wolde, T., Eticha, F., Alamerew, S., Assefa, E., Dutamo, D., and Mecha, B. 2016. Trait

associations in some durum wheat (Triticum durum L.) accessions among yield and yield related traits at Kulumsa, south eastern Ethiopia. *Advances in Crop Science and Technology*, 4(4), 234. https://doi.org/10.4172/ 2329-8863.1000234

Xie, Q. 2015. Physiological and genetic determination of yield and yield components in a bread wheat× spelt mapping population [Doctoral dissertation]. University of Nottingham

Yildrim, M., Budak, N., and Arshas, Y. 1993. Factor analysis of yield and related traited in bread wheat. *Turkish Journal of Field Crope*, 1:11-15.

Evaluation of variability of agronomic and morphological traits in doubled haploid wheat lines using multivariate statistical methods

Farshad Bakhtiar[1*], Habibollah Ghazvini[2], Mostafa Aghaee Sarbarzeh[3]

1. Assistant Professor, Seed and plant Improvement Institute, Agriculture Research Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran . (Corresponding author)
2. Associate Professor, Seed and plant Improvement Institute, Agriculture Research Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran
3. Professor Seed and plant Improvement Institute, Agriculture Research Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran

Received: May 2020 Accepted: January 2021- DOI: 10.22092/aj.2021.341851.1457

Extended Abstract

Bakhtiar, F., Ghazvini, H., Aghaee Sarbarzeh, M., Evaluation of variability of agronomic and morphological traits in doubled haploid wheat lines using multivariate statistical methods
Applied Research in Field Crops Vol 34, No. 1, 2021 13-15: 71-92(in Persian)

Introduction

To date, wheat counts as one of the most important cereal grains, feeding the increasing world population (Feldmann, 2001). Evaluation of the genetic diversity of wheat genotypes will provide a great opportunity to improve its yield quality and increase its grain output. The results of previous studies on wheat have shown correlations among grain yield and its components such as number of tillers, spike length, grain number per spike, thousand-kernel weight and harvest index. However, because of complex relations among different traits and their interactions with grain yield of wheat, simple correlations of these traits can not be directly and unequivocally used to clarify those relationships. Therefore, different statistical techniques can be employed in modeling the crop yield, including correlation, regression, path analysis, factor analysis, factor components, and cluster analysis (Leilah & Al-Khateeb 2005). The goal of this study was to identify variability in grain yield and some agronomic and morphological traits and their relationship

Email address of the corresponding author: F_bakhtiar2002@Yahoo.com

among 150 doubled haploid wheat lines.

Materials and Methods

In this study, morphological and phenotypic traits of 150 doubled haploid wheat lines derived from three different crosses: 1) DH-26: Ghods*3/MV17, 2) DH-27: Flanders/3*Ghods, 3) DH-28: Hybrid Bersee/*3Ghods, which consisted of 75, 45 and 30 individuals, respectively, were evaluated. The experiment was conducted using an augmented design with six check cultivars including Parsi, Mihan, Bolani, Ghods, Hybrid Bersee and MV17, which were repeated over five blocks. Some agronomic traits such as days to %50 of flowering, days to maturity, spike length, number of spikelets per spike, number of grains per spike, grain weight per spike, thousand kernel weight, plant height, grain density per spike and grain yield of DH lines as well as check cultivars were evaluated. DH lines were classified with hierarchical cluster analysis using Ward method as well as using multivariate statistical methods such as factor analysis, stepwise regression and path analysis. Statistical procedures were carried out using SAS 9.0 and SPSS 16 software packages.

Results and Conclusion

The analysis of variance showed that there were significant differences for days to %50 of flowering, days to maturity, spike length, number of spikelets per spike, number of grains per spike, grain weight per spike, thousand kernel weight, plant height, grain density per spike and grain yield. The determination of coefficients of variations for phenotypic and physiological traits of all three DH populations indicated that most of the studied traits had a high genetic variability. Evaluation of grain yield among different population showed that DH-26 population with an average grain yield of 4.885 T/ha had higher grain yield compared to other two populations, although within each population several lines with higher yields and superior agronomic and morphological traits than their parents and control cultivars were identified. The coefficients of correlations among yield components showed that grain yield had a positive and significant correlation with grain weight per spike and thousand-kernel weight while its correlation with days to 50% of flowering, days to maturity and number of spikelets per spike was negative and

significant. The results of factor analysis indicated that three major factors effective on earliness, spike and plant height explained %68.47 of the total variation. The results of stepwise regression analysis showed that thousands kernel weight had the most important effect on grain yield and explained 8.8% of the variation. The path analysis of data indicated that, number of spikelets per spike and thousand-kernel weight had the highest direct effects on grain yield. The current genetic variability of DH lines, which are derived from parents with good agronomic traits, especially yellow rust resistance (Bakhtiar *et al*., 2015), can be employed for the selection of the superior genotypes that possess all beneficial characteristics.

Keywords: Doubled Haploid Population, Grain Yield, Path Analysis and Wheat.

References:

Bakhtiar, F., Farshadfar, E., Aghaee Sarbarzeh, M., Afshari, F., and Ghazvini, H. 2015. Evaluation of resistance to stripe rust in doubled haploid lines of bread wheat. *Seed and plant improvement journal*, 31: 679-698 (in Presian).

Feldmann, M. 2001. Origin of cultivated wheat. In A. P. Bonjean & W. J. Angus (Eds.), the world wheat book. A history of wheat breeding (pp. 3–56). Lavoiser Publishing.

Leilah, A. A., and Al-Khateeb, S. A. 2005. Statistical analysis of wheat yield under drought conditions. *Journal of Arid Environments,* 61(3), 483–496. https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2004.10.011