

بررسی تنوع ژنتیکی و تجزیه عامل‌ها برای ویژگی‌های زراعی در گندم دوروم

مریم گل‌آبادی و احمد ارزانی^۱

چکیده

تنوع ژنتیکی ۳۰۰ ژنوتیپ گندم دوروم مشتمل بر ارقام بومی و ارقام و لاین‌های خارجی تهیه شده از سیمیت و ایکاردا، در مزرعه پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان در سال زراعی ۱۳۷۸-۷۹ ارزیابی گردید. در این آزمایش از صفات روز تا سنبله‌دهی، روز تا رسیدگی، ارتفاع بوته، طول سنبله، شمار دانه در سنبله، وزن دانه در سنبله، شمار سنبله در متر مربع، وزن هزار دانه، وزن حجمی، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و شاخص برداشت استفاده شد. محاسبات آماری داده‌ها شامل ضرایب هم‌بستگی ساده، رگرسیون گام به گام روی صفات زراعی مهم، تجزیه به عامل‌ها و تجزیه خوشه‌ای صفات و ژنوتیپ‌ها بر اساس صفات زراعی بود.

نتایج نشان داد که تنوع ژنتیکی چشم‌گیری برای صفات مورد بررسی، و به ویژه عملکرد دانه، شاخص برداشت، شمار سنبله در واحد سطح و شمار دانه در سنبله وجود دارد. عملکرد دانه با صفات شاخص برداشت، عملکرد بیولوژیک، تعداد روز تا رسیدگی، شمار دانه در سنبله و وزن دانه در سنبله هم‌بستگی مثبت و معنی‌داری داشت. در تجزیه عامل‌ها، شش عامل پنهانی شناسایی شد، که جمعاً ۷۶/۷ درصد از کل تنوع داده‌ها را توجیه می‌کردند. این عوامل در ارتباط با پتانسیل انتقال، جنبه‌های مختلف مخزن گ‌یاه، روابط مخزن و مصرف، قامت گ‌یاه و پتانسیل تولید پنجه بودند. تجزیه خوشه‌ای، ژنوتیپ‌ها را در شش گروه تقسیم نمود. همه گروه‌ها اختلاف معنی‌داری از نظر تمامی صفات زراعی مورد بررسی با یکدیگر نشان دادند. مقایسه میانگین صفات در گروه‌های حاصله نشان داد که ژنوتیپ‌های موجود در گروه پنجم و در پی آن گروه ششم، بیشترین میزان عملکرد دانه و شاخص برداشت را دارند، که در اهداف به‌نژادی شایان توجه می‌باشند.

واژه‌های کلیدی: گندم دوروم، اجزای عملکرد دانه، تجزیه به عامل‌ها، تجزیه خوشه‌ای

۱. به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و دانشیار اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

مقدمه

از دیر باز گندم دوروم (*Triticum turgidum* L. var. *durum* Desf.) به صورت آبی و دیم در غرب ایران کشت می شده است. گسترش اخیر صنعت ماکارونی سازی به همراه افزایش تقاضا برای گندم دوروم در کشور، پژوهش های بیشتری را، به ویژه در زمینه به نژادی آن طلب می نماید. گندم دوروم در محیط های تنش دار (Marginal environment)، که در معرض تغییرات شدید اقلیمی در طی فصل رشد هستند، نیز کشت می شود (۱۹). تنش آبی و گرما شاید مهم ترین تنش باشد که کشاورزان در نواحی مرکزی و غربی ایران با آن رو به رو هستند، و گندم دوروم در برابر این تنش ها متحمل تر از گندم نان است (۱ و ۱۹). دانه گندم دوروم دارای ویژگی منحصر به فرد برای تهیه سمولینا و در نهایت محصولات پاستا، شامل انواع ماکارونی، اسپاگتی و رشته هاست (۱۶).

تغییرات عملکرد دانه ناشی از تغییراتی است که در اجزای عملکرد، شامل شمار دانه در سنبله، وزن دانه و شمار سنبله در متر مربع ایجاد می شود (۲۱). ورما و همکاران (۲۱) بر اساس اجزای عملکرد، لاین های با عملکرد زیاد را در سه جمعیت مختلف گندم دوروم و در سه منطقه جداگانه، به رغم وجود اثر متقابل ژنوتیپ و محیط شناسایی نمودند. بنا بر گزارش کاک (۱۴) در بررسی گندم های نان و دوروم، تفاوت در عملکرد دانه در ارتباط نزدیک با وزن زیست توده و شاخص برداشت بوده است.

ادامه روند افزایش تولید محصولات گیاهی و استفاده بهینه از ذخایر ژنتیکی آن مستلزم جمع آوری، نگهداری، توصیف و ارزیابی این ذخایر است. در زمینه بررسی تنوع ژنتیکی در گندم های نان و دوروم پژوهش هایی در محیط های مختلف در سطح دنیا انجام گرفته است. جرادات (۱۱) در بررسی ۱۳۲ نژاد بومی گندم دوروم و اندازه گیری صفات مرتبط با مراحل رشدی گیاه، شامل روز تا پیدایش غلاف (بوتینگ)، شمار روز تا سنبله دهی، گرده افشانی و رسیدگی، دوره پر شدن دانه و عملکرد دانه، تنوع بسیار زیادی مشاهده نمود، به طوری که ضریب تنوع

این صفات با پیشرفت مراحل رشدی گیاه افزایش می یافت، و روز تا پیدایش غلاف کمترین تنوع (۰/۸۹ درصد)، و عملکرد دانه به عنوان ماحصل نهایی مراحل رشدی گیاه بیشترین تنوع (۱۶/۸ درصد) را نشان داد. جرادات (۱۲) در آزمایش دیگری تنوع فنوتیپی ۱۸ صفت مورفولوژیک وابسته به عملکرد را در میان نژادهای بومی گندم دوروم کشور اردن بررسی نمود. وی با استفاده از تجزیه خوشه ای نشان داد که مقدار تنوع فنوتیپی در توده های مورد بررسی زیاد است، و نژادهای مربوط به نواحی مختلف بر مبنای صفات مورفولوژیک در گروه های متفاوتی قرار دارند.

الینگز (۸) در بررسی ۸۴ رقم بومی گندم های دوروم سوریه و اندازه گیری صفات شمار روز تا سنبله دهی، طول و عرض برگ پرچم، ارتفاع بوته، ارتفاع ریشک و سنبلچه، رنگ ریشک و سنبله، شمار سنبلچه در سنبله و چروکیدگی دانه، برای توصیف روابط بین گروه های مختلف ارقام بومی، و نیز روابط بین محل های جغرافیایی آنها از تجزیه به مؤلفه های اصلی استفاده کرد و سه مؤلفه اصلی توجیه کننده ۵۱، ۲۹ و ۲۰ درصد از کل تنوع داده ها را گزارش نمود. مؤلفه اول به طور مثبتی در ارتباط با روز تا سنبله دهی، رنگ و طول ریشک و سنبله بود. در مؤلفه دوم، صفات عرض برگ پرچم و شمار سنبلچه در سنبله ضرایب بزرگ تری داشتند. در مؤلفه سوم، تنها صفت چروکیدگی دانه بار عاملی زیادی را نشان داد.

پستی و آنیچاریکو (۱۸) در چهار گروه از گندم های دوروم، و بررسی صفاتی همچون پتانسیل عملکرد، تحمل به خشکی، شمار دانه در سنبله، ارتفاع گیاه، روز تا سبز شدن، طول دوره پر شدن دانه و وزن هزار دانه با استفاده از تجزیه به مؤلفه های اصلی، دو مؤلفه را مشخص ساختند، که مؤلفه اول به طور مثبتی در ارتباط با پتانسیل عملکرد و مؤلفه دوم در ارتباط با اجزای عملکرد قرار داشت.

طالعی و بهرام نژاد (۵) در بررسی گندم های بومی غرب کشور با استفاده از تجزیه به مؤلفه های اصلی، هفت مؤلفه را شناسایی نمودند، و با استفاده از این مؤلفه ها، و از طریق تجزیه

عملکرد دانه بررسی نموده است.

مواد و روش‌ها

محل آزمایش، مواد ژنتیکی و طرح آزمایشی

این آزمایش در سال زراعی ۷۹-۱۳۷۸ در مزرعه پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان، واقع در لورک نجف‌آباد (۳۲° ۳۲' شمالی و ۵۱° ۲۳' شرقی، با ارتفاع ۱۶۳۰ متر از سطح دریا) اجرا شد. تعداد ۳۰۰ ژنوتیپ گندم دوروم مشتمل بر ارقام بومی، ارقام و لاین‌های خارجی تهیه شده از سیمیت و ایکاردا، در چارچوب طرح آگمنت بدون تکرار (Augmented design/unreplicated) با سه شاهد تکرار شده مکانی (Unreplicated spatial-replicated check design) (آلتار ۸۴، مکزیکالی، شوا) در شش بلوک ارزیابی گردید. هر ژنوتیپ در چهار ردیف به طول پنج متر و با فاصله ردیف ۲۵ سانتی‌متر کشت شد. میزان بذر مورد استفاده برابر ۴۰۰ بذر در متر مربع در نظر گرفته شد.

صفات شمار روز تا ۵۰ درصد سنبله‌دهی، شمار روز تا رسیدگی، ارتفاع بوته و طول سنبله (سانتی‌متر)، شمار سنبله در متر مربع، شمار دانه در سنبله، وزن دانه در سنبله و وزن هزار دانه (گرم)، عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه (گرم بر متر مربع)، شاخص برداشت و وزن حجمی (کیلوگرم بر هکتولتر) اندازه‌گیری شد.

تجزیه و تحلیل آماری

به منظور تعیین وضعیت یک‌نواختی زمین آزمایشی و مشخص کردن نیاز احتمالی به تعدیل داده‌های کرت‌ها، داده‌های حاصل از صفات زراعی در ارقام شاهد به عنوان تیمار در هر کدام از شش بلوک، و در چارچوب طرح بلوک کامل تصادفی تجزیه و تحلیل گردید. تصحیح پلات‌ها در کل آزمایش با تجزیه و تحلیل مکانی شاهد‌های تکراردار و با استفاده از نرم‌افزار کامپیوتری ASREML (۱۰) انجام گرفت.

تجزیه آماری یک متغیره شامل محاسبه میانگین‌ها، انحراف

خوشه‌ای، ۴۶۷ مورفوتیپ گندم دوروم را در شش گروه قرار دادند.

الینگز و ناچیت (۹) در بررسی ۱۸۵ توده بومی گندم دوروم جمع‌آوری شده از ۱۶۶ منطقه در سوریه، و با استفاده از تجزیه خوشه‌ای به منظور تعیین مناطق نسبتاً یکسان از نظر آب و هوایی مرتبط با صفات اکولوژیک زراعی، سه منطقه آب و هوایی را تعیین کردند.

پورسیاه‌بیدی (۲) با اندازه‌گیری ۱۵ صفت زراعی مختلف در ۱۰۰ لاین گندم دوروم و با استفاده از تجزیه خوشه‌ای، هفت گروه ژنوتیپ را مشخص نمود. در این گروه‌بندی، ارقام بومی در یک گروه و ارقام خارجی در گروه‌های دیگر قرار گرفتند.

به‌نژادی گندم دوروم با استفاده از ژرم‌پلاسم بومی و خارجی، به دلایل زیر حائز اهمیت است:

۱. ژنوتیپ‌های گندم دوروم سازگاری خوبی به گرما و خشکی نشان داده‌اند، به طوری که در مناطق گرم و خشک دنیا، از جمله آفریقای شمالی، کشت می‌شوند (۱ و ۱۹).
۲. دمای زیاد بهار یا تابستانه و رطوبت کم، موجب بهبود کیفیت دانه گندم دوروم می‌شود (۱۶)، که منطقه مرکزی ایران از این ویژگی برخوردار است.
۳. هر گونه اقدام اصلاحی گندم دوروم بستگی به موجودیت و دستیابی به ذخایر توارثی آن، به ویژه در مرکز تنوع یا منشأ آن در هلال حاصل‌خیز دارد، که ایران بخش قابل توجهی از این هلال حاصل‌خیز را تشکیل می‌دهد.

از این رو، بررسی تنوع ژنتیکی موجود در ژرم‌پلاسم گندم دوروم از نظر ویژگی‌های زراعی، به ویژه عملکرد دانه و اجزای آن، برای شناسایی ژنوتیپ‌های با پتانسیل مطلوب، که به عنوان والد در طرح‌های به‌نژادی به کار می‌روند، حائز اهمیت می‌باشد. بنابراین، پژوهش حاضر به ارزیابی تنوع ژنتیکی ژنوتیپ‌های گندم دوروم از نظر ویژگی‌های زراعی، از جمله ارتفاع بوته، عملکرد دانه، اجزای عملکرد، شمار دانه در سنبله، شمار سنبله در متر مربع و وزن هزار دانه پرداخته، ارتباط عملکرد دانه با دیگر صفات و نقش هر کدام از صفات ذکر شده را در تولید و بهبود

می‌دهد که مجموعه حاضر از نظر صفات عملکرد دانه و اجزای آن به همراه شاخص برداشت، از تنوع بسیار خوبی برخوردار است، و انتخاب ژنوتیپ‌های برتر برای مقاصد به‌نژادی می‌تواند بر اساس این صفات صورت گیرد.

بوگینی و همکاران (۷) در بررسی ۱۴ ژنوتیپ گندم دوروم بیشترین ضریب تنوع را در عملکرد دانه (۹/۱ درصد) گزارش نمودند. ویلاریال و همکاران (۲۲) نیز بیشترین ضرایب تغییر را در صفات عملکرد دانه و اجزای آن، شامل شمار دانه در سنبله و شمار سنبله در متر مربع، به ترتیب برابر ۷/۶، ۱۱/۷ و ۱۱/۶ درصد به دست آوردند. در پژوهش سرخی‌لله‌لو و همکاران (۴)، کمترین ضریب تنوع در صفات شمار روز تا گل‌دهی و شمار روز تا رسیدگی به دست آمد. محمد (۱۷) در شرایط شمال سودان چهار لاین دوروم از ایکاردا را به اسامی 'Somo/Auk'، 'Mrb15/Ru'، 'Sham-1' و 'Stn/Altar-84' به عنوان ارقام با قابلیت تجاری شدن و عملکرد مشابه با گندم نان و سازگاری مطلوب معرفی نمود.

جدول ۲ ضرایب هم‌بستگی ساده صفات زراعی مورد بررسی را نشان می‌دهد. عملکرد دانه و شاخص برداشت بزرگ‌ترین ضریب هم‌بستگی (۰/۹۴) را به خود اختصاص دادند. در حالی که عملکرد دانه با عملکرد بیولوژیک هم‌بستگی مثبت و معنی‌دار، ولی کم (۰/۳۳) را نشان داد. صفات شمار روز تا سنبله‌دهی، شمار روز تا رسیدگی، شمار دانه در سنبله و وزن دانه در سنبله نیز با عملکرد دانه هم‌بستگی مثبت و معنی‌دار داشتند، اگرچه مقادیر این هم‌بستگی‌ها شایان توجه نمی‌باشند. در میان اجزای عملکرد دانه، شمار دانه در سنبله از یک سو دارای هم‌بستگی مثبت و بسیار معنی‌دار با وزن دانه در سنبله (۰/۷۳) و از سوی دیگر دارای هم‌بستگی منفی و بسیار معنی‌دار (۰/۴۳) با وزن هزار دانه بود. به سخن دیگر، هر چه شمار دانه در سنبله افزایش یابد، وزن کل دانه‌های موجود در سنبله نیز زیاد می‌شود، ولی به علت کوچک‌تر شدن اندازه دانه‌ها، وزن هزار دانه کاهش می‌یابد.

با توجه به این که عملکرد دانه تنها با یکی از اجزای عملکرد

معیار، حداقل و حداکثر صفات و ضریب تغییرات صفات در بین همه ژنوتیپ‌ها برآورد گردید. از رگرسیون مرحله‌ای برای تعیین صفاتی که بیشترین تنوع عملکرد دانه و شاخص برداشت را توجیه می‌کردند، استفاده شد. بدین ترتیب که این دو صفت به عنوان متغیرهای وابسته و صفات دیگر به عنوان متغیرهای مستقل در نظر گرفته شد و در دو حالت جداگانه ارزیابی گردید. از روش چند متغیره آماری تجزیه به عامل‌ها نیز برای بررسی و درک روابط پیچیده صفات و شناسایی عوامل پنهانی استفاده شد. این تجزیه به روش مؤلفه‌های اصلی و سپس دوران عامل‌ها از طریق روش وریماکس (۱۳) و با نرم‌افزار SAS (۲۰) انجام شد.

تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌ها و صفات به منظور گروه‌بندی و کاهش حجم جامعه صورت گرفت. برای مقایسه میانگین گروه‌های حاصله، گروه‌ها به عنوان تیمار و ژنوتیپ‌های داخل آن به عنوان تکرار در نظر گرفته شد و با نرم‌افزار SAS و با برنامه مدل خطی عمومی (GLM) تجزیه گردیدند. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن و برنامه کامپیوتری SAS و با سطح احتمال پنج درصد انجام شد. تجزیه و تحلیل خوشه‌ای طبق روش وارد (۱۵) و با استفاده از متغیرهای استاندارد شده و از طریق نرم‌افزار SPSS صورت گرفت. برای تعیین تعداد گروه‌ها از آزمون T^2 کاذب هوتلینگ (The cubic clustering criterion) معیار توان سوم خوشه‌ها (Beeales F-type) (Fisher's least significant differences) و F بیل (Fisher's least significant differences) (test) کمک گرفته شد.

نتایج و بحث

نتایج آمار توصیفی شامل برآورد میانگین، انحراف معیار، حداقل و حداکثر، و ضرایب تغییرات صفات در جدول ۱ آمده است. صفات عملکرد دانه، شاخص برداشت، شمار سنبله در متر مربع و شمار دانه در سنبله، به ترتیب با ضرایب تغییرات ۲۷/۶، ۲۶، ۲۴/۸ و ۱۶/۲ درصد دارای بیشترین تنوع بودند. ولی صفات شمار روز تا سنبله‌دهی و شمار روز تا رسیدگی کمترین میزان ضریب تغییرات را داشتند (جدول ۱). این موضوع نشان

جدول ۱. میانگین، انحراف معیار، حداقل و حداکثر و ضریب تغییرات صفات زراعی در ۳۰۰ ژنوتیپ گندم دوروم مورد بررسی

صفات	میانگین ^۱	انحراف معیار	حداقل	حداکثر	ضریب تغییرات
شمار روز تا ۵۰ درصد سنبله‌دهی	۱۵۷/۸۸ ± ۰/۱۴	۱/۵۲	۱۵۵	۱۶۴	۰/۹۶
شمار روز تا رسیدگی	۱۹۸/۰۳ ± ۰/۱۸	۱/۹۳	۱۹۴	۲۰۵	۰/۹۷
ارتفاع گیاه (سانتی‌متر)	۹۳/۶۵ ± ۰/۵۲	۸/۷۱	۶۵	۱۴۰	۹/۳۴
طول سنبله (سانتی‌متر)	۶/۶۸ ± ۰/۰۴	۰/۶۹	۵	۹	۱۰/۳
شمار دانه در سنبله	۴۶/۰۱ ± ۰/۴۴	۷/۴۶	۲۶/۷۵	۷۲/۵	۱۶/۲۳
وزن دانه در سنبله (گرم)	۲/۳ ± ۰/۰۱	۰/۳۱	۱/۲	۳/۴۶	۱۳/۶۸
شمار سنبله در متر مربع	۵۴۸/۰۳ ± ۰/۰۴	۱۳۵/۱۴	۲۴۰	۱۰۵۰	۲۴/۷۶
وزن هزار دانه (گرم)	۴۵/۶۸ ± ۰/۲۳	۳/۷۶	۳۶	۵۸	۸/۲۴
عملکرد دانه (گرم بر متر مربع)	۵۹۲/۳ ± ۱۲۱/۲	۱۶۳/۶۱	۲۴۳/۵۴	۱۰۱۲/۲۵	۲۷/۶۲
عملکرد بیولوژیک (گرم بر متر مربع)	۲۱۱۱/۵ ± ۲۹/۵۷	۱۸۸/۴	۱۵۲۰/۸۳	۲۶۸۵/۴۲	۸/۹۲
شاخص برداشت (درصد)	۲۸ ± ۰/۴۳	۰/۰۷	۱۲	۴۷	۲۵/۹۹

۱. خطای معیار به میانگین اضافه و کم شده است.

جدول ۲. ضرایب هم‌بستگی ساده بین صفات زراعی مورد بررسی در ۳۰۰ ژنوتیپ گندم دوروم

صفات	روز تا ۵۰٪ سنبله‌دهی	روز تا رسیدگی	ارتفاع بوته	طول سنبله	شمار دانه در سنبله	وزن دانه در سنبله	شمار سنبله در متر مربع	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	شاخص برداشت	وزن حجمی
روز تا ۵۰٪ سنبله‌دهی	۱											
روز تا رسیدگی	-۰/۱۴	۱										
ارتفاع بوته	۰/۰۱	۰/۰۲	۱									
طول سنبله	-۰/۰۳	۰/۲**	۰/۲**	۱								
شمار دانه در سنبله	-۰/۰۷	۰/۲۳**	-۰/۱۲	۰/۲**	۱							
وزن دانه در سنبله	-۰/۱۵*	۰/۲۱**	-۰/۰۷	-۰/۱۸**	۰/۷۳**	۱						
شمار سنبله در متر مربع	۰/۰۵	۰/۰۲	۰/۱۲	-۰/۱۴*	-۰/۰۶	-۰/۰۶	۱					
وزن هزار دانه	-۰/۰۱	-۰/۱۵*	۰/۱۳*	-۰/۱۸**	-۰/۰۴	-۰/۴۳**	-۰/۰۲	۱				
عملکرد دانه	-۰/۱۹**	۰/۱۸**	۰/۰۹	-۰/۰۴	۰/۱۳*	۰/۱۷**	۰/۰۶	-۰/۰۵	۱			
عملکرد بیولوژیک	-۰/۲۲**	۰/۳۴**	۰/۱۵**	۰/۰۹	-۰/۲۴**	۰/۲۱**	۰/۱۶**	-۰/۱۱	۰/۳۳**	۱		
شاخص برداشت	-۰/۱۴*	۰/۰۷	۰/۰۶	-۰/۰۷	-۰/۰۵	۰/۱۲	-۰/۰۲	-۰/۰۱	-۰/۹۴**	۰/۰۱	۱	
وزن حجمی	۰/۰۴	-۰/۰۶	-۰/۰۹	-۰/۱۲*	۰/۰۰۱	۰/۰۶	-۰/۰۵	۰/۱۶**	۰/۳۲**	۰/۰۱	۰/۳۴**	۱

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد

بررسی و شرایط محیطی بستگی دارد. به عنوان مثال، ویلاریال و همکاران (۲۲) نبود هم‌بستگی میان عملکرد دانه و شمار دانه در سنبله، و وجود هم‌بستگی میان دو جزء دیگر عملکرد با عملکرد

دانه هم‌بستگی معنی‌دار نشان داد، و نیز با عنایت به گزارش‌های مشابهی از این هم‌بستگی‌ها، مشخص می‌شود که تعیین نقش اجزای عملکرد دانه در عملکرد احتمالاً به ژنوتیپ‌های مورد

روی عملکرد دانه هماهنگی دارد. بنابراین، مشخص می‌شود که این دو صفت در ارتباط بسیار نزدیک با یکدیگر هستند؛ و از آن جا که عملکرد دانه گندم ناشی از آثار تجمعی اجزای متشکله آن می‌باشد، و از سوی دیگر هم‌بستگی‌های منفی بین اجزای عملکرد، انتخاب توأم کلیه صفات مطلوبی را که هم‌بستگی مثبتی با عملکرد دانه دارند، با مشکل رو به رو می‌کند، بنابراین شاخص برداشت به عنوان معیاری مناسب در گزینش ژنوتیپ‌های با عملکرد دانه زیاد قابل توصیه است. در بررسی‌های کاک (۱۴) نیز مشخص شد که بهبود عملکرد به دلیل بهبود در شاخص برداشت بوده است و شاخص برداشت به عنوان صفتی مطلوب برای عملکرد بیشتر و پایدارتر در محیط‌های نوسان‌دار مورد توجه می‌باشد.

در مطالعه هم‌بستگی ساده صفات، ارتباط یک متغیر با متغیر دیگر، بدون در نظر گرفتن نقش دیگر متغیرها بررسی می‌شود. در مطالعات رگرسیون مرحله‌ای، و با توجه به ضرایب رگرسیون نیز تنها رابطه و هم‌بستگی متغیرهای مستقل با یک متغیر وابسته بررسی می‌شود، و اثر متغیرهای مستقل بر یکدیگر قابل دستیابی نیست. ولی با کمک روش‌هایی چون تجزیه به عامل‌ها، می‌توان به طور موفقیت‌آمیزی شمار زیاد متغیرهای هم‌بسته را به شمار کمتری عامل اصلی کاهش داد، و ضمن گروه‌بندی صفات، رابطه میان صفات هم‌بسته را نیز به خوبی توجه کرد. افزون بر این، ترتیب و اهمیت صفات و مقدار تنوعی که هر یک از صفات از تنوع کل توجه می‌کنند، مشخص خواهد شد.

جدول ۵ نتایج تجزیه به عامل‌ها را برای جمعیت‌های ژنتیکی مورد بررسی نشان می‌دهد. این تجزیه و تحلیل با استفاده از ۱۲ صفت زراعی، شش عامل پنهانی را شناسایی نمود، که جمعاً ۷۶/۷ درصد از کل تنوع داده‌ها را توجه می‌کردند. از این مقدار، سهم عوامل اول تا ششم به ترتیب ۲۱/۶، ۱۶/۹، ۱۱/۳، ۹/۶، ۸/۷ و ۸/۵ درصد بود.

در عامل اول متغیرهای عملکرد دانه و شاخص برداشت دارای بار عامل مثبت و زیادی بودند. این عامل به نام پتانسیل

دانه را در گندم دوروم گزارش نمودند. آمر (۶) بین عملکرد دانه و شمار دانه در سنبله و شمار سنبله در متر مربع هم‌بستگی معنی‌دار، ولی بین عملکرد دانه و وزن هزار دانه نبود هم‌بستگی را مشاهده نمود. پورسیاه‌بیدی (۲) نیز بین عملکرد دانه و تنها جزء عملکرد دانه، یعنی شمار دانه در سنبله، هم‌بستگی مثبت و معنی‌دار (۰/۲۱) یافت. با این وجود، لی و کالتسیکز (۱۵) بین عملکرد دانه و هر سه جزء عملکرد دانه هم‌بستگی زیادی به دست آوردند.

نتایج رگرسیون چندگانه، که در آن عملکرد دانه به عنوان متغیر وابسته در برابر صفات دیگر به عنوان متغیرهای مستقل در نظر گرفته شد (جدول ۳)، نشان داد که شاخص برداشت و عملکرد بیولوژیک بخش عمده‌ای از تغییرات عملکرد دانه را توجیه کرده و دارای ضریب تبیین ۹۰ درصد می‌باشند. در این زمینه، شاخص برداشت که حدود ۸۰ درصد از تغییرات عملکرد دانه را توجیه کرده است، اهمیت بیشتری دارد. بنابراین، ژنوتیپ‌هایی که دارای قسمت‌های سبزینه‌ای بیشتر و در عین حال ذخیره بیشتر مواد در دانه باشند عملکرد دانه زیادتری خواهند داشت. دیگر صفات گنجانده شده در مدل، به ترتیب اهمیت مشتمل بر شمار روز تا سنبله‌دهی، شمار سنبله در متر مربع و ارتفاع گیاه بودند. توجه بخشی از تنوع ژنتیکی عملکرد با شمار سنبله در متر مربع در این مدل نشان دهنده اهمیت این صفت در توجه بخشی از تغییرات عملکرد دانه است. این حالت به‌رغم نداشتن هم‌بستگی ساده این صفت با عملکرد دانه شایان توجه می‌باشد. ضرایب موجود در مدل رگرسیونی در واقع ضرایب رگرسیون جزء هستند، و نقش متغیر مربوطه را پس از در نظر گرفتن نقش متغیرهای دیگر نشان می‌دهند (۳).

با توجه به این که شاخص برداشت یکی از صفات هم‌بسته مهم برای به‌نژادی عملکرد دانه محسوب می‌شود (۲۱)، بررسی صفاتی که با شاخص برداشت ارتباط دارند حائز اهمیت است. نتایج رگرسیون مرحله‌ای برای شاخص برداشت به عنوان متغیر وابسته و دیگر صفات به عنوان متغیرهای مستقل در جدول ۴ آمده است. نتایج این تجزیه و تحلیل با نتایج رگرسیون مرحله‌ای

جدول ۳. نتایج رگرسیون مرحله‌ای عملکرد دانه به عنوان متغیر وابسته و دیگر صفات زراعی به عنوان متغیرهای مستقل در ژنوتیپ‌های گندم دوروم

مرحله	صفات	عرض از مبدا	ضرایب رگرسیون برای صفات					ضرب تیسین	میانگین مربعات خطا
			x ₁	x ₂	x ₃	x ₄	x ₅		
۱	شاخص برداشت (x ₁)	-۱/۵	۲۱۱۷/۹۴				۷۹/۷۴***	۲۹۴۲/۹۵	
۲	عملکرد بیولوژیک (x ₂)	-۵۸۱/۳	۲۱۱۰/۲۶	۰/۲۹			۹۰/۳۲***	۱۸۲/۱۵	
۳	روز تا ۵۰٪ سنبله‌دهی (x ₃)	-۷۹۱/۳	۲۱۱۴/۱۴	۰/۲۷	۱/۲۹		۹۲/۲۳*	۱۷۲/۰۷	
۴	شمار سنبله در متر مربع (x ₄)	-۸۰۵/۲	۲۱۱۴/۹۲	۰/۲۶	۱/۴۱	-۰/۰۱۴	۹۳/۴۱*	۱۶۴/۰۵	
۵	ارتفاع گیاه (x ₅)	-۸۰۰/۲	۲۱۱۶/۲	۰/۲۷	۱/۴۵	-۰/۰۱۳	۹۳/۴۹	۱۶۱/۷۹	
مدل نهایی									
$Y = -800/2 + 2116/2 x_1 + 0/27 x_2 + 1/45 x_3 - 0/02 x_4$									

*, **, و ***: به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۰/۵، ۱ و ۰/۱ درصد

جدول ۴. نتایج رگرسیون مرحله‌ای برای گزینش صفات توجیه کننده شاخص برداشت

مرحله	صفات	عرض از مبدا	ضرایب رگرسیون برای صفات					ضرب تیسین
			x ₁	x ₂	x ₃	x ₄	x ₅	
۱	عملکرد دانه (x ₁)	۳/۱۶	۰/۰۴۲				۷۹/۳۳***	
۲	عملکرد بیولوژیک (x ₂)	۲۷/۷	۰/۰۴۶	-۰/۰۱۳			۸۹/۵***	
۳	روز تا ۵۰٪ سنبله‌دهی (x ₃)	۳۸/۲	۰/۰۴۶	-۰/۰۱۳	-۰/۰۷۱		۹۱/۳۷**	
۴	شمار سنبله در متر مربع (x ₄)	۳۸/۸	۰/۰۴۶	-۰/۰۱۳	-۰/۰۷۱	۰/۰۰۰۷	۹۲/۴۴*	
۵	ارتفاع گیاه (x ₅)	۳۸/۶	۰/۰۴۶	-۰/۰۱۳	-۰/۰۷۳	۰/۰۰۰۶	۹۲/۴۸	
۶	روز تا رسیدگی (x ₆)	۳۲/۶	۰/۰۴۶	-۰/۰۱۳	-۰/۰۷۳	۰/۰۰۰۶	۹۲/۵۲	
مدل نهایی								
$Y = 32/6 + 0/046 x_1 - 0/013 x_2 - 0/073 x_3 + 0/0006 x_4$								

*, **, و ***: به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۰/۵، ۱ و ۰/۱ درصد

جدول ۵. ضرایب عامل‌های مشترک، واریانس‌های نسبی و تجمعی و میزان اشتراک عامل‌ها در صفات زراعی ۳۰۰ ژنوتیپ گندم دوروم

میزان اشتراک	ضرایب عامل‌های مشترک دوران یافته						صفات
	عامل اول	عامل دوم	عامل سوم	عامل چهارم	عامل پنجم	عامل ششم	
۰/۱۰۱	-۰/۱۰۱	۰/۰۲	-۰/۷۴	-۰/۱۶	۰/۱۹۸	۰/۲۵۸	روز تا ۵۰٪ سنبله‌دهی
۰/۴۴	۰/۱۶	۰/۱۶	۰/۶۱	-۰/۲۳	۰/۱۷۸	۰/۰۷۵	روز تا رسیدگی
۰/۰۹	-۰/۱۳	-۰/۱۳	۰/۰۴	۰/۲۴	۰/۸۱۲	۰/۱۷۷	ارتفاع بوته
-۰/۱۲	۰/۱۹	۰/۱۹	۰/۱۲	-۰/۳۴	۰/۶۷	-۰/۳۶	طول سنبله
۰/۰۴	۰/۸۸	۰/۸۸	۰/۰۹	-۰/۳۴	۰/۰۰۳	-۰/۰۰۲	شمار دانه در سنبله
۰/۰۶	۰/۹۱	۰/۹۱	۰/۱۶	۰/۰۹	-۰/۰۲	-۰/۰۶	وزن دانه در سنبله
۰/۰۰۳	-۰/۰۵	-۰/۰۵	۰/۰۳	-۰/۰۴	-۰/۰۱	۰/۸۸	شمار سنبله در متر مربع
-۰/۰۵	-۰/۱۶	-۰/۱۶	-۰/۰۱	۰/۸۸	۰/۰۴	-۰/۰۴	وزن هزار دانه
۰/۰۵۳	۰/۲	۰/۲	-۰/۲۷	۰/۴۳	۰/۰۹	۰/۰۲	وزن حجمی
۰/۰۹۴	۰/۰۶	۰/۰۶	۰/۲۵	-۰/۰۵	۰/۰۴	۰/۰۷	عملکرد دانه
۰/۰۸۶	۰/۲۲	۰/۲۲	۰/۶۶	-۰/۰۳	۰/۲۱	۰/۳۴	عملکرد بیولوژیک
۰/۰۹۷	-۰/۰۲	-۰/۰۲	۰/۰۵	-۰/۰۴	-۰/۰۴	-۰/۰۵	شاخص برداشت
۲۱/۵۹	۱۶/۹۱	۱۱/۳	۹/۵۵	۸/۸۶	۸/۴۸	۸/۴۸	واریانس نسبی
۲۱/۵۹	۳۸/۵	۴۹/۸۱	۵۹/۳۵	۶۸/۲۱	۷۶/۶۹	۷۶/۶۹	واریانس تجمعی

متغیرهای عملکرد دانه و اجزای عملکرد بود، ولی عامل‌های سوم، پنجم و ششم بار عاملی سنگین‌تری را در صفات مرتبط با رشد رویشی گیاه داشتند. اعمال انتخاب از طریق هر یک از عامل‌ها منجر به گزینش ژنوتیپ‌ها براساس مجموعه صفات موجود در هر یک از این عامل‌ها و با بار عاملی بیشتر می‌گردد.

لی و کالتسیکز (۱۵) با اندازه‌گیری ۱۲ صفت زراعی در نتاج F_۱ تلاقی‌های دای‌آل گندم دوروم و انجام تجزیه عامل‌ها، پنج عامل پنهانی را استخراج کردند، که این عوامل در صفات عملکرد دانه در بوته و کرت و اجزای عملکرد شمار دانه در سنبلچه و سنبله، وزن هزار دانه، شمار سنبلچه در سنبله و نسبت گلچه به دانه دارای بیشترین بار عاملی بودند.

والتون (۲۳) از تجزیه عامل‌ها در شناسایی ویژگی‌های رشدی و مورفولوژیک مرتبط با عملکرد در گندم بهاره استفاده کرد و چهار عامل را معرفی نمود، که شامل اجزای عملکرد، صفات مورفولوژیک، طول سنبله و شمار دانه در گیاه، و نیز ارتباط دانه‌های بزرگ و طول دوره پر شدن دانه با عملکرد زیاد بودند.

به منظور گروه بندی صفات زراعی مختلف و تعیین صفاتی که بیشترین ارتباط را با یکدیگر دارند، تجزیه خوشه‌ای صفات زراعی انجام و دو گروه مجزا تشخیص داده شد، که هر یک از گروه‌ها نیز به دو زیرگروه تفکیک شدند (شکل ۱). توجه به صفات موجود در هر زیرگروه به رابطه نزدیک این صفات اشاره دارد، و نتایج حاصله با نتایج ضرایب هم‌بستگی و تجزیه عامل‌ها هم‌خوانی کامل نشان می‌دهد. به طوری که صفات زیرگروه C_{۱۱} در عامل اول و زیرگروه C_{۱۲} نیز در عامل‌های چهارم و ششم بیشترین بار عاملی را نشان دادند. از سوی دیگر، صفات زیرگروه C_{۱۲} در عامل دوم و صفات موجود در زیرگروه C_{۲۲} در عامل‌های سوم و پنجم دارای بیشترین بار عاملی بودند. بنابراین، در گزینش ژنوتیپ‌ها بر اساس هر یک از صفات زراعی، می‌توان به روابط موجود میان صفات توجه داشت، و از این روابط در گزینش افراد استفاده نمود.

در گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها و شناسایی گروهی از ژنوتیپ‌ها که

انتقال نام‌گذاری گردید. در صورتی که انتخاب بر اساس عامل اول انجام شود، این انتخاب بیشترین تأثیر را در عملکرد دانه خواهد داشت، و ژنوتیپ‌های برگزیده شده بیشترین میزان عملکرد دانه را نشان خواهند داد.

عوامل دوم و چهارم بر اساس صفات شمار دانه در سنبله، وزن دانه در سنبله و وزن هزار دانه استوار بودند، و جنبه‌های مختلفی از مخزن فیزیولوژیک گیاه را نشان می‌دادند، به طوری که عامل دوم بیشتر در ارتباط با وزن و شمار دانه در سنبله قرار داشت و مخزن فیزیولوژیک تک بوته را مورد توجه قرار می‌داد. ولی در عامل چهارم وزن هزار دانه بیشترین بار عاملی مثبت را به خود اختصاص داد، که نمودی از مخزن فیزیولوژیک توده گیاهی بود. در عامل سوم صفات عملکرد بیولوژیک و روز تا رسیدگی به طور محسوسی دارای ضریب مثبت و بزرگ‌تری بودند، و شمار روز تا سنبله‌دهی در جهت منفی بر این عامل اثر گذاشت. بنابراین، می‌توان عامل سوم را تحت عنوان روابط مخزن و مصرف نام‌گذاری نمود. زیرا از یک سو عملکرد بیولوژیک، که معرف رشد و مصرف گیاهی است، قرار دارد، و از سوی دیگر شمار روز تا سنبله‌دهی با اثر منفی قرار دارد، که نشان دهنده ذخیره‌سازی بیشتر مواد و اختصاص نداشتن این مواد به رشد رویشی گیاه می‌باشد.

در عامل پنجم صفات ارتفاع بوته و طول سنبله بیشترین تأثیر را داشتند، و این عامل به عنوان قامت گیاه نام‌گذاری گردید. وجود ژنوتیپ‌هایی از قبیل PI۴۰۱۰۰، شاهسوندی، ۱-Stojocri و Haurani به ترتیب با ارتفاع بوته ۱۴۰، ۱۳۰، ۱۲۰ و ۱۲۲ سانتی‌متر، و ژنوتیپ‌هایی همچون ۸-Kirki، ۱-Dreer و ۱-Korifla با ارتفاع بوته به ترتیب ۶۵، ۷۵ و ۷۸ سانتی‌متر نشان دهنده اهمیت و تنوع این صفت در مجموعه ژنتیکی حاضر بود. همین امر باعث اختصاص یک عامل پنهانی به قامت گیاه گردیده است. در عامل ششم صفت شمار سنبله در متر مربع، و پس از آن صفات مرتبط با رشد رویشی گیاه بیشترین بار عاملی را داشتند. این عامل را می‌توان به نام عامل پتانسیل تولید پنجه نامید.

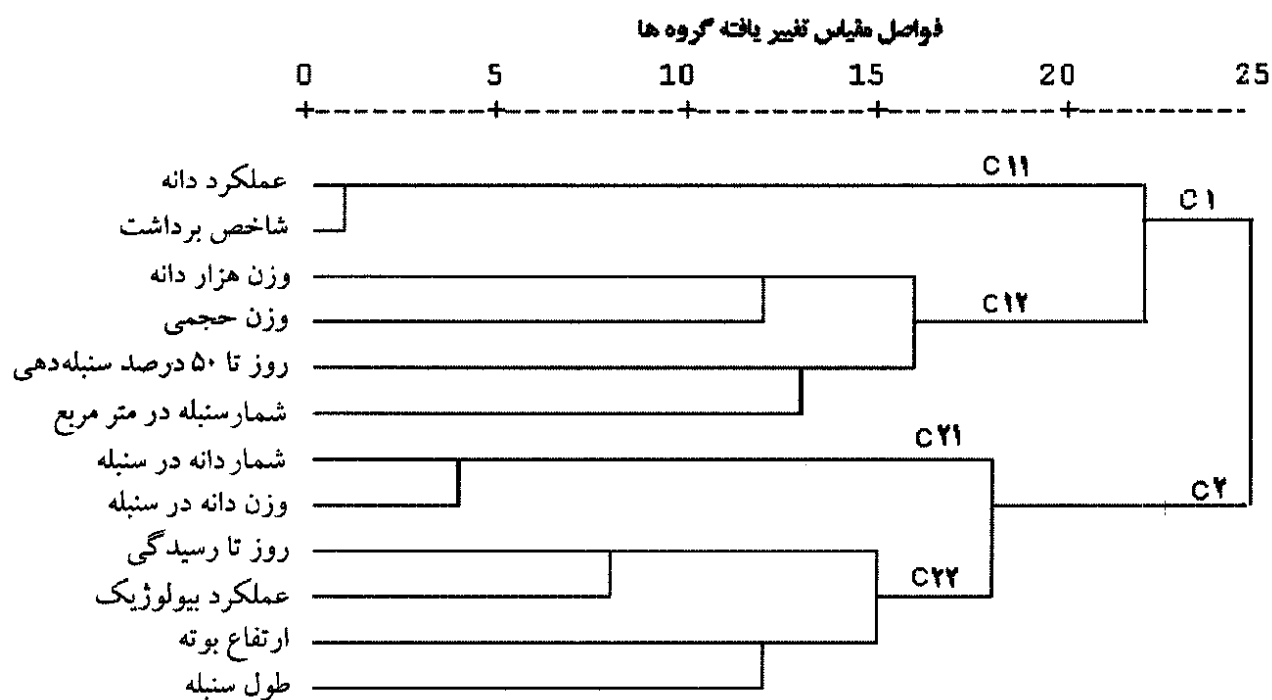
در عامل‌های اول، دوم و چهارم، بار عامل سنگین‌تر مربوط به

جدول ۶. نتایج تجزیه واریانس، مقایسه میانگین‌ها^۱ و ضرایب تنوع صفات در گروه‌های حاصل از تجزیه خوشه‌ای ۳۰۰ ژنوتیپ گندم دوروم بر اساس صفات زراعی

صفات	میانگین مربعات		ضریب تنوع	میانگین					
	داخل گروه‌ها	بین گروه‌ها		گروه اول	گروه دوم	گروه سوم	گروه چهارم	گروه پنجم	گروه ششم
روز تا ۵۰٪ سنبله دهی	۱/۱۴	۶۷/۵۶**	۰/۶۸	۱۵۷/۷۶ ^b	۱۶۲/۹۲ ^a	۱۵۷/۱۵ ^a	۱۵۷/۷۲ ^b	۱۵۷/۰۳ ^c	۱۵۷/۸۴ ^b
روز تا رسیدگی	۲/۹۷	۴۵/۰۳**	۰/۸۷	۱۹۷/۵ ^b	۱۹۶/۳۳ ^c	۱۹۶/۹۶ ^{bc}	۱۹۸/۹۷ ^a	۱۹۷/۴ ^b	۱۹۹/۱۱ ^a
ارتفاع بوته (متر)	۶۶/۱۶	۶۱۷/۴۴**	۸/۶۸	۹۶/۶۶ ^a	۸۸ ^b	۸۵/۵ ^b	۹۴/۲۲ ^a	۹۳/۳۶ ^a	۹۲/۴۱ ^a
طول سنبله (متر)	۰/۳۷	۶/۴۸**	۹/۰۷	۶/۴۵ ^b	۶/۲۱ ^c	۶/۶۶ ^{bc}	۷/۳۳ ^a	۶/۳۴ ^{dc}	۶/۷۹ ^b
شمار دانه در سنبله (گرم)	۳۳/۸۹	۱۲۸۳/۱۷**	۱۲/۳۵	۴۱/۲۵ ^c	۴۲/۳۹ ^c	۴۶/۵۵ ^b	۵۱/۲ ^a	۴۲/۴۶ ^c	۵۱/۶۳ ^a
وزن دانه در سنبله (گرم)	۰/۰۶	۲/۳۸**	۱۰/۵۳	۲/۱۲ ^c	۲/۰۹ ^c	۲/۲۹ ^b	۲/۴۹ ^a	۲/۱۰ ^c	۲/۵۸ ^a
شمار سنبله در متر مربع	۱۶۸۶۷/۰۲	۹۶۷۰۰/۴۴**	۲۳/۷	۵۹۵/۹۳ ^a	۵۵۰ ^{ab}	۴۹۰/۵ ^b	۵۰۸/۵۳ ^{ab}	۴۹۴/۱۶ ^b	۵۳۹/۴۸ ^{ab}
وزن هزار دانه (گرم)	۱۳/۳۹	۵۸/۶**	۸/۰۱	۴۶/۸۹ ^a	۴۶/۴۲ ^{bc}	۴۴/۶۱ ^b	۴۴/۸۶ ^{ab}	۴۵/۳۲ ^{ab}	۴۴/۷۲ ^b
وزن حجمی (کیلوگرم)	۱/۶۶	۳۳/۸۶**	۱/۶	۸۰/۷۴ ^{ab}	۸۰/۵ ^b	۷۸/۶۱ ^d	۸۰/۰۴ ^c	۸۱/۱۲ ^{ab}	۸۱/۴۴ ^a
عملکرد دانه (گرم بر متر مربع)	۱۳۷۳۰/۲۳	۷۵۹۵۷۸/۵۳**	۱۹/۸۷	۵۶۱/۰۰ ^c	۴۲۸/۷۲ ^c	۴۲۸/۷۲ ^c	۴۹۷/۱۲ ^d	۸۲۰/۰۶ ^a	۷۱۳/۵۱ ^b
عملکرد بیولوژیک (گرم بر متر مربع)	۲۸۹۵۰/۹	۴۰۳۳۷۶/۲۱**	۸/۰۶	۲۰۸۶/۶۴ ^a	۱۸۶۸/۹۲ ^b	۱۹۵۱/۷۸ ^b	۲۱۸۰/۰۲ ^a	۲۱۶۹/۱۷ ^a	۲۱۷۹/۸۸ ^a
شاخص برداشت (درصد)	۰/۰۰۳	۰/۱۳**	۱۹/۸۱	۲۷ ^c	۲۳ ^d	۲۲ ^d	۲۳ ^d	۳۸ ^a	۳۳ ^b

** : معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

۱. مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام گرفت و در هر ردیف تفاوت هر دو میانگین که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند از نظر آماری معنی‌دار نیست.



شکل ۱. دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای صفات زراعی

سپاسگزاری

طریق تأمین شده است، که بدین وسیله تشکر و قدردانی می‌شود.

این پژوهش جزئی از طرح ملی با شماره ثبت دبیرخانه شورای علمی پژوهشی کشور است، و عمده هزینه‌های مربوطه از این

منابع مورد استفاده

۱. ارزانی، ا. ۱۳۷۸. اصلاح گیاهان زراعی (ترجمه). مرکز نشر دانشگاه صنعتی اصفهان.
۲. پورسیاه‌بیدی، م. م. ۱۳۷۷. بررسی تنوع ژنتیکی لاین‌های گندم دوروم در منطقه اصفهان و تهیه گندم آمفی‌پلوئید. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.
۳. رضایی، ع. و ا. سلطانی. ۱۳۷۷. مقدمه‌ای بر تحلیل رگرسیون کاربردی. مرکز نشر دانشگاه صنعتی اصفهان.
۴. سرخی‌لله‌لو، ب. ب. یزدی صمدی، س. عبدمیشانی و ع. گرامی. ۱۳۷۷. بررسی رابطه عملکرد دانه با صفات کمی در ۵۰۰ لاین گندم از طریق تجزیه به عامل‌ها. علوم کشاورزی ایران ۲۹(۲): ۳۶۳-۳۷۷.
۵. طالعی، ع. و ب. بهرام‌نژاد. ۱۳۷۸. بررسی تنوع ژنتیکی موجود در گندم‌های بومی غرب کشور با استفاده از تجزیه کلاستر و تجزیه به مؤلفه‌های اصلی. علوم کشاورزی ایران ۳۰(۴): ۶۷۹-۷۰۶.
6. Amar, F. B. 2000. Genetic advances in grain yield of durum wheat under low-rainfall conditions. CAB International. <http://www.cabdirectsearch.org/cabdin/...>
7. Boggini, G., P. Tusa and E. Pogna. 1995. Bread making quality of durum wheat genotypes with some novel glutenin subunit compositions. J. Cereal Sci. 22: 103-133.
8. Elings, A. 1991. Durum wheat landraces from Syria. II. Pattern of variation. Euphytica 54: 213-243.
9. Elings, A. and M. M. Nachit. 1991. Durum wheat landraces from Syria. I. Agroecological and morphological characterization. Euphytica 53: 211-224.
10. Gilmour, A. R., B. R. Cullis, S. J. Welham and R. Thompson. 1999. ASREML reference manual. NSW Agriculture Biometric Bulletin No. 3, Australia.
11. Jaradat, A. A. 1991. Levels of phenotypic variation for developmental traits in landrace genotypes of durum wheat (*Triticum turgidum* sp. *Turgidum* L. conv. *durum* (Desf. MK.) from Jordan. Euphytica 51: 265-271.
12. Jaradat, A. A. 1991. Phenotypic divergence for morphological and yield related traits among landrace genotypes of durum wheat from Jordan. Euphytica 52: 155-164.
13. Johnson, D. E. 1998. Applied Multivariate Methods for Data Analysis. Dunbun Press, New York, USA.
14. Koc, M. O. 1996. Biomass production and grain yield of some genotypes of bread and durum wheat under coastal Mediterranean conditions. Rachis 15: 27-32.
15. Lee, J. and P. J. Kaltsikes. 1973. Multivariate statistical analysis of grain yield and agronomic characters in durum wheat. Theor. Appl. Genet. 43: 226-231.
16. Matsuo, R. R. 1996. Durum wheat: its unique pasta-making properties. PP. 169-178. In: W. Bushuk and V. F. Rasper (Eds.), Wheat Production, Properties and Quality. Chapman and Hall, London.
17. Mohamed, A. I. S. 1999. Promising durum wheat genotypes under normal and stress growing conditions in northern Sudan. Rachis 18: 64-66.
18. Pecetti, L. and P. Annicchiarico. 1998. Agronomic value and plant type of Italian durum wheat cultivars from different eras of breeding. Euphytica 99: 9-15.
19. Reeves, T. G., S. Rajaram, M. V. Ginkel, R. Trethowan, H. J. Braun and K. Cassaday. 1999. New Wheats for a Secure, Sustainable Future. Mexico D. F., CIMMYT.

20. SAS Institute. 1997. SAS User's Guide. SAS Institute Inc., Cary, NC.
21. Verma, S. R., M. Yunus and S. K. Sethi. 1998. Breeding for yield and quality in durum wheat. *Euphytica* 100: 15-18.
22. Villareal, R. L., O. Banuelos and A. Mujeed-Razi. 1997. Agronomic performance of related durum wheat (*Triticum turgidum* L.) stocks possessing the chromosome substitution T1BL.1RS. *Crop Sci.* 37: 1735-1740.
23. Walton, P. D. 1971. The use of factor analysis in determining characters for yield selection in wheat. *Euphytica* 20: 416-421.