دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی

ارزیابی تنوع ژنتیکی و گروه‌بندی ژنوتیپ‌های نخود (*Cicerarietinum* L.) کابلی تحت شرایط تنش خشکی انتهای فصل

ه. محمدعلی پوریامچی[۱]، م. ر. بی‌همتا[۲]، س. ع. پیغمبری[۳]، م. ر. نقوی[۲] و م. شفیعی خورشیدی[۴]

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران (نویسنده مسوول)
۲ و ۳- استاد و دانشیار دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران
۴- دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران

تاریخ دریافت: ۹۰/۸/۱۰ تاریخ پذیرش: ۹۰/۱۱/۵

چکیده

به منظور ارزیابی تنوع ژنتیکی و تعیین روابط ژنتیکی ژنوتیپ‌های نخود کابلی تحت شرایط تنش خشکی انتهای فصل، آزمایشی در قالب طرح لاتیس ساده (۸×۸) در مزرعه تحقیقاتی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران در سال زراعی ۸۹- ۱۳۸۸ اجرا گردید. براساس تجزیه به عامل‌ها در شرایط تنش خشکی، به طور کلی ۴ عامل انتخاب شدند که جمعاً ۸۱ درصد از کل تغییرات داده‌ها را توجیه کردند. عامل اول و دوم حدود ۶۴ درصد از تغییرات را توجیه کرده و شامل صفات تعداد دانه در بوته، تعداد غلاف‌های پر، وزن دانه با غلاف، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه در بوته، ارتفاع بوته، تعداد شاخه‌های اصلی، عرض شاخه، وزن ۱۰۰ دانه، طول و عرض غلاف و عرض دانه بودند. بنابراین این دو عامل را می‌توان به عنوان عامل‌های عملکرد و اجزای عملکرد معرفی کرد و ژنوتیپ‌های ۲، ۱۲، ۲۲، ۲۳، ۳۶، ۱۰۹، ۱۲۰، ۱۳۹، ۱۸۷، ۳۰۸، ۳۳۵، ۳۵۷، ۳۷۵، ۵۳۴، ۵۶۳ و ۶۲۹ به همراه ژنوتیپ‌های شاهد جم (۹۹۸) و کوروش (۹۹۹) که دارای عامل اول و دوم مثبت و بالاتری بودند، به عنوان ژنوتیپ‌های برتر با عملکرد بالا تحت شرایط تنش خشکی انتهای فصل معرفی شدند. با توجه به نتایج تجزیه خوشه‌ای براساس صفات مورفولوژیکی، ژنوتیپ‌های مورد بررسی در ۴ گروه دسته‌بندی شدند. ژنوتیپ‌های گروه سوم و چهارم از نظر اکثر صفات زراعی مورد بررسی و عملکرد، میانگین بالاتری را در میان سایر گروه‌ها و همچنین میانگین کل ژنوتیپ‌ها داشتند که اکثر ژنوتیپ‌های قرار گرفته در این گروه‌ها ژنوتیپ‌های انتخاب شده براساس تجزیه نمودار پراکنش بای‌پلات می‌باشند. بنابراین با توجه به نتایج تجزیه خوشه‌ای می‌توان از تلاقی ژنوتیپ‌های گروه سوم و چهارم و ژنوتیپ‌های شاهد جم و کوروش برای تولید هیبریدهای زودرس با عملکرد بالا اقدام نمود.

واژه‌های کلیدی: نخود کابلی، تنش خشکی، تجزیه به عامل‌ها، تجزیه واریانس چند متغیره، تجزیه خوشه‌ای

مقدمه

خشکسالی و تنش ناشی از آن از مهم‌ترین و رایج‌ترین تنش‌های محیطی است که تولیدات کشاورزی را با محدودیت مواجه ساخته و بازده استفاده از اراضی مناطق خشک را کاهش می‌دهد. براساس گزارش فائو ۹۰

درصد از کشور ایران با متوسط بارندگی ۲۴۰ میلی‌متر در نواحی خشک و نیمه خشک قرار دارد (۳). همچنین یک سوم اراضی قابل کشت در جهان از کمبود آب کافی برای کشاورزی رنج می‌برند و با تغییرات آب و هوایی و افزایش جمعیت این مشکل در آینده جدی‌تر خواهد شد (۸).تحمل به خشکی صفت کمی است و روش اندازه‌گیری مستقیمی برای آن وجود ندارد. این امر باعث مشکل شدن شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی می‌شود (۲۳).

در بین گیاهان زراعی، خانواده حبوبات از جمله نخود نقش مهمی در تأمین نیازهای غذایی جوامع بشری، چه از لحاظ کمی و چه از نظر کیفی، به ویژه در کشورهای در حال توسعه آسیایی، آفریقایی و آمریکای لاتین دارند. اگرچه تعدادی از این گیاهان به خوبی با شرایط دیم سازگاری پیدا کرده‌اند ولی ظرفیت تولید آن‌ها اغلب پائین است. گرچه ایران یکی از مراکز اصلی تنوع نخود است ولی با این وجود افزایش عملکرد نخود در ایران از پیشرفت کمی برخوردار بوده است که می‌توان با افزایش تنوع و انجام تلاقی‌های لازم این مشکل را حل کرد (۲۸). برای اصلاح ژنوتیپ‌های نخود و نیز نگهداری و حفظ ذخایر توارثی آن بررسی تنوع موجود بین ژنوتیپ‌های نخود از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (۲۲ و ۲۵) و شناسایی تنوع ژنتیکی به‌نژادگران را در امر شناسایی والدین برای انجام تلاقی‌های مطلوب یاری می‌رساند. از طرفی دیگر منابع ژنتیک گیاهان، پایه امنیت غذایی جهان بوده و برای دستیابی به غذای بیشتر لازم است تا از دامنه گسترده تنوع ژنتیک گیاهان دنیا استفاده شود.چندین روش برای اندازه‌گیری تنوع وجود دارد. با تجزیه تک متغیره هر صفت به طور جداگانه تجزیه می‌شود. اما روش‌های تک متغیره همانند تجزیه واریانس میزان تفاوت ارقام را زمانی که صفات اندازه‌گیری شده با یکدیگر ارتباط دارند را شرح نمی‌دهند (۳۰). در تجزیه تشخیص کانونیکی که یکی از روش‌های آماری چند متغیره است، همه صفات به طور همزمان در تفاوت بین ارقام مورد توجه قرار می‌گیرند. این روش، مقایسه بسیار قوی ازجمعیت‌ها را نسبت به آنچه از تجزیه تک متغیره به دست می‌آید، فراهم می‌سازد (۳۰). تجزیه تشخیص کانونیکی روشی مرکب از تجزیه مؤلفه‌های اصلی و تجزیه همبستگی کانونیک است (۲۹).

مردی و همکاران (۱۲) در بررسی تنوع ژنتیکی و شناسایی اجزای عملکرد ۴۱۸ ژنوتیپ نخود دسی نشان دادند که از لحاظ وزن دانه با غلاف و تعداد دانه در بوته تنوع زیادی بین ژنوتیپ‌ها وجود دارد. توگر و جاگیرگان (۲۷) برای ارزیابی عملکرد نخود، ۱۷ ژنوتیپ نخود کابلی را با استفاده از همبستگی‌های فنوتیپی و تجزیه به عامل‌ها مورد مطالعه قرار داده و نشان دادند که عملکرد دانه همبستگی معنی‌داری با عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، ارتفاع گیاه، تعداد شاخه و غلاف در بوته و رابطه منفی و معنی‌داری با وزن دانه دارد. یوسل و همکاران (۳۱) در بررسی ۱۵ ژنوتیپ نخود زراعی طی دو سال متوالی نشان داد که عملکرد دانه در گیاه روابط مثبت و معنی‌داری با ارتفاع اولین غلاف از سطح زمین، تعداد کل غلاف، تعداد

غلاف‌های پر و تعداد دانه در گیاه دارد. فیاض و طالبی (۵) نیز اظهار نمودند که تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت، صفات اصلی در انتخاب برای افزایش عملکرد نخود می‌باشند. کانونی و مالهوترا (۱۰) و مینا و همکاران (۱۳) نشان دادند که عملکرد دانه با تعداد غلاف در بوته، تعداد شاخه‌های ثانویه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت همبستگی مثبت معنی‌دار و با صفات تعداد روز تا گلدهی و تعداد روز تا رسیدگی همبستگی منفی معنی‌دار دارد. بنابراین تلاش برای دستیابی به ژنوتیپ‌های برتر و تعیین صفات مرتبط با سازگاری بیشتر به شرایط مختلف که افزایش عملکرد نخود را به دنبال داشته باشد، بسیار حائز اهمیت است. ارزیابی تنوع ژنتیکی برمبنای صفات مورفولوژیک، فیزیولوژیک و زراعی می‌تواند برای سازمان‌دهی ژرم‌پلاسم، گزینش والدین مناسب برای دورگ گیری و تولید جمعیت‌های در حال تفرق سودمند باشد (۶). این تحقیق به منظور بررسی تنوع الگوی ژنتیکی و گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها براساس عملکرد و صفات مورفولوژیکی با استفاده از روش‌های آماری چند متغیره (تجزیه گروه و تجزیه به مؤلفه‌های اصلی) انجام شد.

مواد و روشها

در این تحقیق، از میان ۴۶۹ ژرم‌پلاسم نخود کابلی براساس آزمایشی که در سال ۱۳۸۷ در قالب طرح آگمنت اجرا شده بود (۱۴)، ۶۲ ژنوتیپ نخود کابلی به همراه دو شاهد محلی (کوروش و جم) (جدول ۱) از کلکسیون حبوبات پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران- کرج انتخاب و در قالب طرح لاتیس ساده (۸×۸)، در مزرعه تحقیقاتی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران واقع در دولت آباد کرج با عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۵۶ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۵۸ دقیقه شرقی با ارتفاع ۱۱۱۲/۵ از سطح دریا در سال ۱۳۸۹ کشت شدند.

کاشت بذر به صورت دستی انجام گرفت به طوری که هر کرت آزمایشی شامل دو خط به طول ۲ متر و با فاصله خطوط ۵۰ سانتی متری و فاصله بذور روی خطوط ۱۰ سانتی‌متر و عمق بذر حدود ۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. در مراحل داشت، برای مبارزه با علف‌های هرز، وجین دستی صورت گرفت.تنش خشکی به صورت قطع آبیاری از مرحله گلدهی تا پایان دوره رشد اعمال گردید.زمانی که حدوداً ۹۰ درصد بوته‌های کرت‌ها رسیده بودند، پس از حذف ۰/۵ متر از ابتدا و انتهای هر کرت به عنوان اثر حاشیه‌ای، نمونه‌برداری از مابقی بوته‌های موجود صورت گرفت. سپس براساس تعداد بوته در هر کرت، عملکرد دانه برای هر کرت تصحیح گردید.

جدول ۱- اسامی و منشاء ۶۴ ژنوتیپ نخود کابلی مورد بررسی

منشاء	شماره ژنوتیپ	کد ژنوتیپ	منشاء	شماره ژنوتیپ	کد ژنوتیپ
جیرفت	12-071-03846	318	کرج	12-071-01834	2
تربت جام	12-071-03852	323	کرج	12-071-01952	12
تربت جام	12-071-03854	325	کرج	12-071-01972	16
تربت جام	12-071-03859	328	کرج	12-071-02090	22
تربت جام	12-071-03871	335	قزوین	12-071-01837	23
تربت جام	12-071-03884	345	اصفهان	12-071-02270	29
تربت جام	12-071-03899	356	اصفهان	12-071-02316	36
تربت جام	12-071-03900	357	قوجلن	12-071-02351	38
تربت جام	12-071-03915	369	شیراز	12-071-02740	56
تربت جام	12-071-03916	370	اردبیل	12-071-02940	59
تربت جام	12-071-03922	375	ممغان	12-071-06678	109
تربت جام	12-071-03946	394	کرج	12-071-03585	120
تربت جام	12-071-03753	403	ارومیه	12-071-03718	128
اصفهان	12-071-04043	466	ارومیه	12-071-03746	129
دره قز	12-071-04052	473	تربت جام	12-071-03885	139
دره قز	12-071-04053	474	کرج	12-071-03641	154
اصفهان	12-071-04063	478	ارومیه	12-071-03686	187
اردبیل	12-071-04084	490	ارومیه	12-071-03703	198
فائو	12-071-04091	492	ارومیه	12-071-03725	216
ارومیه	12-071-06885	508	ارومیه	12-071-03746	233
ارومیه	12-071-06888	511	ارومیه	12-071-03749	235
ارومیه	12-071-06889	512	ارومیه	12-071-03750	236
ارومیه	12-071-06903	525	ارومیه	12-071-03753	239
اردبیل	12-071-06912	534	جیرفت	12-071-03760	245
میانه	12-071-06931	552	جیرفت	12-071-03776	259
ارومیه	12-071-06934	555	جیرفت	12-071-03788	269
خوی	12-071-06942	563	جیرفت	12-071-03805	284
ماهان	12-071-06985	606	جیرفت	12-071-03811	289
اصفهان	12-071-07007	629	جیرفت	12-071-03831	306
بم	12-071-07021	642	جیرفت	12-071-03832	307
جم	شاهد	998	جیرفت	12-071-03833	308
کوروش	شاهد	999	جیرفت	12-071-03845	317

*: کد و شماره ژنوتیپ‌ها در بانک ژن پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران.

صفات مورد بررسی شامل: تعداد روز تا گلدهی، تعداد روز تا غلاف‌دهی، تعداد شاخه‌های اصلی، عرض شاخه اصلی در گره اول (میلی‌متر)، تعداد گره، ارتفاع بوته (سانتی‌متر)، طول غلاف (میلی‌متر)، عرض غلاف (میلی‌متر)، طول دانه (میلی‌متر)، عرض دانه (میلی‌متر)، تعداد دانه در غلاف، تعداد دانه در هر بوته، تعداد غلاف‌های پر، وزن دانه با غلاف (گرم)، وزن صد دانه (گرم)، عملکرد دانه در بوته (گرم)، عملکرد بیولوژیک هر بوته (گرم)، شاخص برداشت (درصد) بود که پس از میانگین‌گیری مشاهدات برای صفات مورد بررسی، مورد تجزیه آماری قرار گرفتند. برای آزمون نرمال بودن داده‌ها و یکنواختی

واریانس‌ها از نرم‌افزار Minitab 16، برای تجزیه خوشه‌ای، تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و ترسیم نمودارهای دو بعدی از نرم‌افزارهای SPSS 19، SAS 9.1 و STATGRAPHICS 16 استفاده گردید. ضرایب عامل‌ها پس از چرخش وریماکس (Varimax) بر مبنای تجزیه به مؤلفه‌های اصلی برآورد شدند. البته در ابتدا به منظور تشخیص مناسب بودن داده‌ها برای تحلیل عاملی از دو شاخص KMO (کایزر- میر- اولکین) و آزمون کرویت بارتلت استفاده شد. همچنین برای تعیین اعتبار داده‌ها (Data Validation)، داده‌ها به دو قسمت تصادفی تقسیم شدند و سپس تجزیه به عامل‌ها برای هر قسمت به طور جداگانه انجام شد. با توجه به اینکه نتایج در دو گروه یکسان بود بنابراین تغییر افراد روی نتایج تأثیری نداشته و می‌توان یک جمع‌بندی کلی داشت. برای تأیید صحت گروه‌بندی انجام شده، از تجزیه واریانس چند متغیره، تجزیه تابع تشخیص استفاده شد. همچنین برای بررسی تفاوت گروه‌ها از لحاظ صفات مختلف، مقایسه میانگین گروه‌ها برای صفات مورد بررسی انجام گردید.

نتایج و بحث

تعیین ضرایب همبستگی ساده

شناخت رابطه بین عملکرد دانه و صفات مورفولوژیک در اجرای برنامه‌های گزینشی اهمیت زیادی دارد. با توجه به نتایج تجزیه همبستگی بین صفات مورد بررسی (جدول ۲)، عملکرد دانه در بوته به ترتیب با وزن دانه با غلاف، عملکرد بیولوژیک، عرض شاخه اصلی، تعداد غلاف‌های پر، ارتفاع بوته، وزن ۱۰۰ دانه، تعداد دانه در بوته، طول و عرض دانه همبستگی مثبت معنی‌دار و با تعداد دانه در غلاف، تعداد روز تا گلدهی و تعداد روز تا غلاف‌دهی همبستگی منفی نشانداد. البته بیشترین ضرایب همبستگی بین عملکرد بیولوژیک و وزن دانه با غلاف ($r=۰/۹۰^{**}$)، طول و عرض غلاف ($r=۰/۸۹^{**}$)، عملکرد دانه در بوته و وزن دانه با غلاف ($r=۰/۸۵^{**}$) و تعداد غلاف پر در بوته و تعداد دانه در بوته ($r=۰/۸۳^{**}$) بود.

مردی و همکاران (۱۲) نیز در بررسی ژنوتیپ‌های دسی نخود، همبستگی بسیار معنی‌داری بین عملکرد دانه در بوته با وزن دانه با غلاف ($r=۰/۹۷^{**}$) و عملکرد بیولوژیک ($r=۰/۹۶^{**}$) مشاهده کردند. توکر (۲۶)، شبیری و همکاران (۱۹)، فرشادفر و فرشادفر (۴)، ثمن و همکاران (۱۸)، فیاض و طالبی (۵)، طالبی و همکاران (۲۴)، مالیک و همکاران (۱۱) و مینا و همکاران (۱۳) نیز همبستگی معنی‌داری بین صفات فوق و عملکرد دانه گزارش کرده‌اند.

گولر و همکاران (۷) نیز با بررسی روابط بین بین عملکرد و اجزای عملکرد ۵ رقم نخود همبستگی بالایی بین عملکرد دانه در بوته و تعداد غلاف در بوته ($r=۰/۸۵$) و عملکرد بیولوژیک ($r=۰/۸۰$) مشاهده کردند. بنابراین به نظر می‌رسد کاهش رشد و تجمع مواد غذایی در بخش رویشی طی تنش خشکی کاهش عملکرد را به دنبال داشته است.

جدول ۲- ضرایب همبستگی بین صفات مورد بررسی در ژنوتیپ‌های نخود کابلی تحت شرایط تنش خشکی

صفات	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵	۱۶	۱۷
۱- تعداد روز تا ٪۵۰ گلدهی	۱																
۲- تعداد روز تا ٪۵۰ غلاف‌دهی	۰/۷۷۳**	۱															
۳- تعداد دانه در بوته	۰/۲۴۰*	۰/۱۴۷	۱														
۴- تعداد غلاف پر در بوته	۰/۱۷۲	۰/۰۹۵	۰/۸۲۵**	۱													
۵- وزن ۱۰۰ دانه	-۰/۴۰۹**	-۰/۲۹۸*	-۰/۴۵۴**	-۰/۱۵۶	۱												
۶- وزن دانه با غلاف	-۰/۰۸۹	-۰/۱۰۸	۰/۵۵۵**	۰/۷۸۹**	۰/۳۴۷*	۱											
۷- عملکرد بیولوژیک	۰/۰۷۸	۰/۰۲۴	۰/۵۷۳**	۰/۷۵۵**	۰/۲۴۲	۰/۹۰۳**	۱										
۸- عملکرد دانه در بوته	-۰/۲۱۰	-۰/۱۷۰	۰/۴۶۴**	۰/۵۸۹**	۰/۵۴۲**	۰/۸۴۸**	۰/۷۶۲**	۱									
۹- شاخص برداشت	-۰/۳۹۶**	-۰/۲۸۱*	-۰/۲۶۳*	-۰/۳۷۲**	۰/۲۹۹*	-۰/۳۱۳**	-۰/۵۳۶**	۰/۰۷۶	۱								
۱۰- ارتفاع بوته	-۰/۱۹۰	-۰/۲۲۷	۰/۱۸۱	۰/۴۶۱**	۰/۴۲۰**	۰/۶۷۰**	۰/۶۸۶**	۰/۵۸۸**	-۰/۲۹۶*	۱							
۱۱- تعداد شاخه‌های اصلی	۰/۰۴۴	۰/۰۶۴	۰/۴۷۲**	۰/۶۰۸**	-۰/۰۰۳	۰/۵۴۰**	۰/۶۰۱**	۰/۴۳۰**	-۰/۳۳۴**	۰/۵۱۰**	۱						
۱۲- عرض شاخه اصلی	۰/۰۰۰	-۰/۰۴۷	۰/۳۸۹**	۰/۵۷۸**	۰/۳۳۸**	۰/۷۸۸**	۰/۸۰۴**	۰/۶۴۱**	-۰/۳۷۷**	۰/۶۱۶**	۰/۵۴۲**	۱					
۱۳- تعداد دانه در غلاف	۰/۰۷۰	۰/۰۲۵	۰/۲۳۱*	-۰/۳۱۹*	-۰/۵۲۹**	-۰/۴۱۵**	-۰/۳۳۲**	-۰/۲۷۰*	۰/۱۷۳	-۰/۵۳۲**	-۰/۳۱۰**	-۰/۳۳۲**	۱				
۱۴- طول غلاف	-۰/۱۹۳	-۰/۱۹۱	-۰/۲۱۵	-۰/۰۵۹	۰/۶۴۳**	۰/۴۳۳**	۰/۴۴۲**	۰/۴۲۴**	-۰/۱۷۹	۰/۴۶۵**	۰/۰۸۰	۰/۵۱۹**	-۰/۲۵۶*	۱			
۱۵- عرض غلاف	-۰/۲۵۳*	-۰/۲۴۳	-۰/۲۲۱	-۰/۰۳۲	۰/۶۸۳**	۰/۴۴۵**	۰/۴۱۴**	۰/۴۵۶**	-۰/۱۰۵۸	۰/۳۷۴**	۰/۰۶۴	۰/۴۹۴**	-۰/۲۹۱*	۰/۸۸۵**	۱		
۱۶- طول دانه	-۰/۳۹۵**	-۰/۳۹۸**	-۰/۱۶۳	۰/۱۵۶	۰/۶۴۲**	۰/۴۸۵**	۰/۳۶۶**	۰/۴۶۲**	-۰/۰۲۷	۰/۶۱۷**	۰/۲۶۴*	۰/۴۹۷**	-۰/۵۸۳*	۰/۵۱۶**	۰/۴۷۴**	۱	
۱۷- عرض دانه	-۰/۲۴۷*	-۰/۱۸۲	-۰/۱۶۲	-۰/۰۴۵	۰/۶۹۰**	۰/۴۷۳**	۰/۳۹۸**	۰/۵۳۰**	-۰/۰۵۹	۰/۵۰۰**	۰/۰۹۱	۰/۴۲۴**	-۰/۳۸۶**	۰/۷۴۸**	۰/۶۷۰**	۰/۶۴۷**	۱

ns، * و **. به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

تجزیه به عامل‌ها

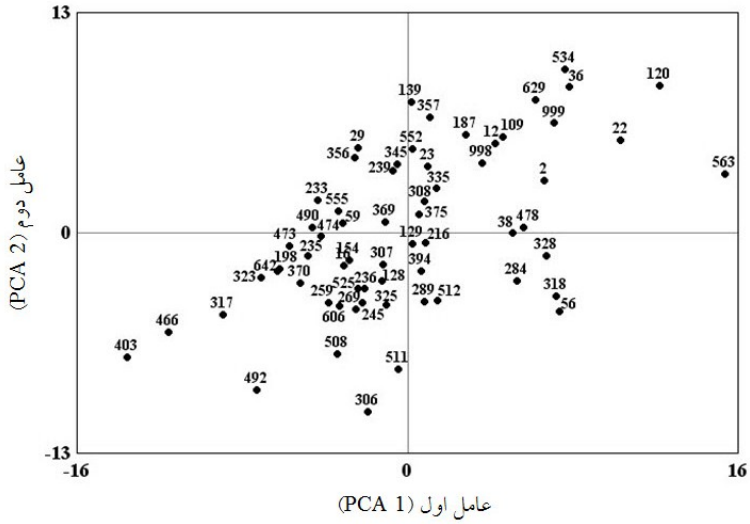
تجزیه به عامل‌ها قبل از تجزیه خوشه‌ای، به منظور دسته‌بندی صفات، تعیین میزان اهمیت و ارتباط هر یک از آنها در ایجاد تغییرات کل داده‌ها و همچنین تعیین اهمیت متغیرهایی که در گروه‌ها نقش دارند، انجام گردید. از طریق این تجزیه و تحلیل می‌توان به تأثیر شرایط محیطی بر اهمیت و گروه‌بندی صفات مختلف پی برد. با توجه به اینکه مقدار KMO برابر ۰/۷۶۳ بدست آمد، لذا همبستگی‌های موجود بین داده‌ها برای تحلیل عاملی مناسب می‌باشد و همچنین آزمون کرویت بارتلت نیز بسیار معنی‌دار بود (χ^2=۱۳۰۲/۸۱۵) که وجود همبستگی کافی بین متغیرها را نشان داد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت، داده‌ها برای تحلیل عاملی مناسب می‌باشند. براساس تجزیه به عامل‌ها در شرایط تنش خشکی، به طور کلی ۴ عامل انتخاب شدند که جمعاً حدود ۸۱ درصد از کل تغییرات داده‌ها را توجیه کردند (جدول ۳). عامل اول بیش از ۴۱ درصد از تغییرات را توجیه کرد و شامل صفات تعداد دانه در بوته، تعداد غلاف‌های پر، وزن دانه با غلاف، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه در بوته، ارتفاع بوته، تعداد شاخه‌های اصلی و عرض شاخه اصلی با ضرایب عاملی مثبت می‌باشد و عامل دوم حدود ۲۳ درصد از تغییرات را توجیه کرد و شامل صفات وزن ۱۰۰ دانه، طول و عرض غلاف و عرض دانه با ضرایب عاملی مثبت بود. بنابراین این دو عامل را می‌توان به عنوان عامل‌هایعملکرد و اجزای عملکرد معرفی کرد که با توجه به ضرایب عاملی عامل‌ها، ژنوتیپ‌های انتخاب شده براساس این عامل‌ها عملکرد و اجزای عملکرد بالایی خواهند داشت. عامل سوم حدود ۱۰ درصد از تغییرات را توجیه کرد و صفات فنولوژیک تعداد روز تا گلدهی و غلاف‌دهی با ضریب عاملی مثبت و شاخص برداشت با ضریب عاملی منفی در این عامل قرار داشتند و عامل چهارم ۷ درصد از تغییرات را توجیه کرد و شامل صفت تعداد دانه در غلاف با ضریب عاملی منفی و طول دانه با ضریب عاملی مثبت بود.

میزان اشتراک نیز بخشی از واریانس یک متغیر است که به عامل‌های مشترک مربوط می‌شود که هر چه بیشتر باشد نشان دهندهٔ دقت بیشتر در برآورد واریانس متغیر مربوطه می‌باشد (۹). به طوری که در جدول ۳ ملاحظه می‌گردد میزان اشتراک اکثر صفات بالاست. این امر نشان می‌دهد که تعداد عامل مورد انتخاب مناسب بوده و عامل‌های منتخب توانسته‌اند تغییرات صفات را به نحو مطلوبی توجیه نمایند.به طوری که ملاحظه می‌گردد (جدول ۳) میزان اشتراک برای صفات مورد بررسی بالا بوده و در بین آنها، صفات تعداد دانه در بوته (۰/۹۶)، عملکرد بیولوژیک (۰/۹۳)، وزن غلاف با دانه (۰/۹۲) و تعداد غلاف‌های پر (۰/۹۱) بیشترین دقت برآورد را داشتند.

نقوی و جهانسوز (۱۵) و مردی و همکارن (۱۲) عاملی را به عنوان عامل عملکرد معرفی کردند که شامل صفات تعداد دانه در بوته، عملکرد دانه در بوته، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن ۱۰۰ دانه بود.

جدول ۳- تجزیه به عامل‌ها با چرخش وریماکس برای ژنوتیپ‌های نخود کابلی تحت شرایط تنش خشکی

صفات	عامل اول	عامل دوم	عامل سوم	عامل چهارم	میزان اشتراک
عملکرد دانه در بوته	۰/۷۴۴	۰/۴۵۳	-۰/۲۷۹	۰/۰۳۳	۰/۸۳۷
تعداد دانه در بوته	۰/۸۶۲	-۰/۲۹۱	۰/۱۱۷	-۰/۳۴۶	۰/۹۶۰
تعداد غلاف پر در بوته	۰/۹۲۰	-۰/۱۶۳	۰/۱۳۱	۰/۱۴۰	۰/۹۰۹
وزن دانه با غلاف	۰/۸۶۲	۰/۳۷۹	-۰/۰۳۷	۰/۱۹۱	۰/۹۲۴
عملکرد بیولوژیک	۰/۸۵۸	۰/۳۷۲	۰/۱۸۶	۰/۱۵۵	۰/۹۳۲
ارتفاع بوته	۰/۵۵۷	۰/۳۴۱	-۰/۰۹۱	۰/۵۴۷	۰/۷۳۳
تعداد شاخه‌های اصلی	۰/۶۸۶	-۰/۰۸۷	۰/۱۰۷	۰/۳۵۶	۰/۶۱۶
عرض شاخه اصلی	۰/۷۰۵	۰/۴۶۳	۰/۱۰۷	۰/۱۹۷	۰/۷۶۱
طول غلاف	۰/۰۹۸	۰/۹۳۶	۰/۰۱۴	۰/۰۹۹	۰/۸۹۶
عرض غلاف	۰/۰۹۹	۰/۹۱۰	-۰/۰۸۱	۰/۰۶۶	۰/۸۴۹
عرض دانه	۰/۱۴۱	۰/۸۰۰	-۰/۱۱۲	۰/۲۶۰	۰/۷۴۰
وزن ۱۰۰ دانه	-۰/۰۵۰	۰/۷۳۹	-۰/۳۵۹	۰/۳۸۸	۰/۸۲۹
تعداد روز تا ۵۰٪ گلدهی	۰/۳۰۰	-۰/۱۶۱	۰/۸۷۲	-۰/۱۳۵	۰/۸۰۶
تعداد روز تا ۵۰٪ غلاف‌دهی	-۰/۰۳۷	-۰/۱۲۴	۰/۸۲۹	-۰/۱۰۰	۰/۷۱۴
درصد شاخص برداشت	-۰/۳۳۶	-۰/۰۵۱	-۰/۶۷۹	-۰/۲۱۱	۰/۶۲۰
تعداد دانه در غلاف	-۰/۱۳۸	-۰/۲۰۰	-۰/۰۵۱	-۰/۸۸۷	۰/۸۴۸
طول دانه	۰/۲۱۶	۰/۴۷۰	-۰/۳۲۵	۰/۶۳۳	۰/۷۷۳
مقادیر ویژه	۶/۹۷۹	۳/۸۶۶	۱/۷۰۷	۱/۱۹۵	-
سهم تجمعی	۴۱/۰۵۲	۶۳/۷۹۵	۷۳/۸۶۷	۸۰/۸۶۷	-

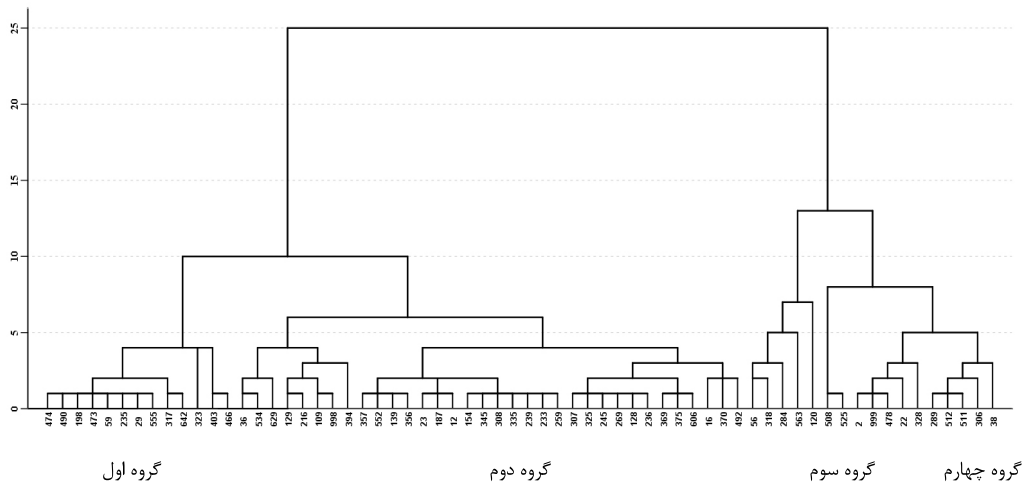


شکل ۱- پراکنش ژنوتیپ‌های نخود کابلی براساس دو عامل اصلی اول و دوم تحت شرایط تنش خشکی.

با توجه به این که دو عامل اصلی اول و دوم بیشترین تغییرات واریانس داده‌ها را توجیه کردند و صفات عملکرد دانه و اجزای عملکرد در این عامل‌ها قرار داشتند، از این دو عامل جهت به دست آوردن پراکنش و شناسایی ژنوتیپ‌ها برتر در دستگاه مختصات استفاده شد. موقعیت ژنوتیپ‌ها براساس دو عامل اصلی اول و دوم بررسی شد (شکل ۱) و ژنوتیپ‌های ۲، ۱۲، ۲۲، ۲۳، ۳۶، ۱۰۹، ۱۲۰، ۱۳۹، ۱۸۷، ۳۰۸، ۳۳۵، ۳۵۷، ۳۷۵، ۵۳۴، ۵۶۳ و ۶۲۹ به همراه ژنوتیپ‌های شاهد جم (۹۹۸) و کوروش (۹۹۹) که دارای عامل اول و دوم مثبت و بالاتری بودند، عملکرد دانه در بوته بیشتری نیز نشان دادند.

تجزیه خوشه‌ای

به منظور تعیین قرابت ژنوتیپ‌ها و گروه‌بندی آن‌ها بر مبنای صفات مورد بررسی، تجزیه خوشه‌ای به روش UPGMA و با استفاده از مربع فاصله اقلیدوسی انجام شد. ۶۴ ژنوتیپ مورد بررسی در ۴ گروه دسته‌بندی شدند (شکل ۲) که ۱۳ ژنوتیپ در گروه اول، ۳۴ ژنوتیپ در گروه دوم، ۵ ژنوتیپ در گروه سوم و ۱۲ ژنوتیپ در گروه چهارم قرار گرفتند. به منظور تأیید اختلافات بین گروه‌ها، تجزیه واریانس چند متغیره بر پایه طرح کاملاً تصادفی نامتعادلبرای صفات مورد نظر انجام شد، به طوری که، گروه‌ها به عنوان تیمار و ژنوتیپ‌های داخل گروه‌ها به عنوان تکرار در نظر گرفته شدند.نتایج تجزیه چند متغیره نشان داد که هر چهار آمارهٔ ویلکس لامبدا (Wilks' Lambda) (۰/۰۱۸)، اثر پیلای (Pillai's Trace) (۱/۷۸۱)، اثر هتلینگ (Hotelling's Trace) (۱۷/۳۳۸) و بالاترین ریشه روی (Roy's Largest Root) (۱۵/۵۳۸) در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شدند. بنابراین بطور قاطع می‌توان نتیجه گرفت که بین بردارهای میانگین‌ها اختلاف معنی‌داری وجود داشته است. بنابراین ژنوتیپ‌های قرار گرفته در درون گروه‌ها نسبت به ژنوتیپ‌های قرار گرفته در گروه‌های متفاوت از نظر این صفات شباهت بیشتری با هم داشته و گروه‌بندی صحیح بوده است.از طرفی دیگر به منظور بررسی صحت گروه‌بندی‌های به دست آمده از روش تجزیه خوشه‌ای، از تابع تشخیص استفاده گردید که نتایج گروه‌بندی تابع تشخیص در جدول (۴) آمده است. نتایج تجزیه تابع تشخیص نشان داد که تمامی ژنوتیپ‌ها به طور صحیح گروه‌بندی شده‌اند و میزان موفقیت تابع تشخیص برای تمامی گروه‌ها ۱۰۰ درصد است که این مقدار را میزان موفقیت کل تابع تشخیص گویند. میزان موفقیت نشان می‌دهد که تابع تشخیص تا چه حد در گروه‌بندی یا تشخیص بین گروه‌ها موفق بوده است.



شکل ۲- دندروگرام مربوط به گروه‌بندی ژنوتیپ‌های نخود کابلی با استفاده از صفات زراعی تحت شرایط تنش خشکی.

جدول ۴- نتایج تابع تشخیص برای صحت گروه‌بندی ژنوتیپ‌های نخود کابلی تحت شرایط تنش خشکی

گروه‌بندی			اعضای گروه				جمع کل
			۱	۲	۳	۴	
اصلی	مجموع	۱	۱۳	۰	۰	۰	۱۳
		۲	۰	۳۴	۰	۰	۳۴
		۳	۰	۰	۵		۵
		۴	۰	۰	۰	۱۲	۱۲
	درصد	۱	۱۰۰	۰	۰	۰	۱۰۰
		۲	۰	۱۰۰	۰	۰	۱۰۰
		۳	۰	۰	۱۰۰		۱۰۰
		۴	۰	۰	۰	۱۰۰	۱۰۰

در تجزیه تابع تشخیص کانونیکی دو متغیر کانونیک اول که مقادیر ویژه بالاتر از یک داشتند در مجموع ۹۸/۱ درصد واریانس موجود را تبیین نمودند که می‌تواند به عنوان معیاری مطمئن جهت انتساب ارقام جدید به گروه صحیح مورد استفاده قرار گیرد. هر متغیر کانونیکی، ترکیب خطی مجموعه متغیرهای پیش‌بینی کننده و متغیرهای مجموعه اندازه‌گیری شده را محاسبه می‌کند (۲۹). همبستگی‌های کانونیکی بسیار معنی‌دار بین ژنوتیپ‌ها با اولین متغیر کانونیک (R_c=۰/۹۶۹) و دومین متغیر کانونیک (R_c=۰/۷۲۲) نشان دهنده این است که متغیرهای کانونیک تفاوت بین ارقام را به خوبی توجیه می‌کنند (جدول ۵).

ضرایب تشخیص استاندارد شده کانونیکی،

همبستگی خطی ساده بین متغیرهای اصلی و متغیرهای کانونیکی را محاسبه می‌کند. لذا ضرایب تشخیص استاندارد شده کانونیکی منعکس کننده واریانسی مشترکی است که متغیرهای اندازه‌گیری شده با متغیرهای کانونیک دارند و می‌تواند در ارزیابی توجیه نسبی هر متغیر در هر معادله کانونیک مورد تفسیر قرار گیرد (۱). رنشر (۱۷) نیز توصیه می‌کند که برای تفسیر توابع تشخیص از ضرایب تشخیص استاندارد شده استفاده شود. این ضرایب تاثیرات هر صفت را پس از حذف اثرات سایر صفات در توابع تشخیص به دست می‌دهد. در حقیقت اثرات خالص هر صفت را در تابع تشخیص محاسبه می‌کند. ضرایب استاندارد شده کانونیکی صفات تعداد دانه در بوته، وزن ۱۰۰ دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، تعداد شاخه اصلی، عرض شاخه اصلی و طول غلاف و بذر در اولین معادله تشخیصی کانونیکی قابل توجه است (جدول ۵). همچنین ضرایب صفات تعداد غلاف پر در بوته، وزن دانه با غلاف، عملکرد دانه در بوته، ارتفاع بوته، تعداد دانه در غلاف و عرض دانه در دومین معادله تشخیص کانونیکی زیاد است (جدول ۵) که این نتایج حاکی از این است که این صفات بیشترین تأثیر را در تنوع بین ژنوتیپ‌ها دارند. و در سومین معادله تشخیص کانونیکی، صفات فنولیکی تعداد روز تا گلدهی و تعداد روز تا غلاف‌دهی ضرایب بالایی نشان دادند. با توجه به قرارگیری عملکرد و اجزای عملکرد در متغیرهای کانونیکی معنی‌دار اول و دوم، از این متغیرها برای گروه‌بندی ارقام استفاده شد (شکل ۳). همانطور که ملاحظه می‌گردد، ۴ گروه کاملاً مجزا به دست آمد و درهر گروه تنوع ژنتیکی درون گروهی کمی نسبت به تنوع ژنتیکی بین گروهی دارد در حقیقت ارقام هر گروه فاصله ژنتیکی کمیبا یکدیگر دارند. سپس به منظور تطبیق فاصله بین گروه‌ها، فواصل بین گروه‌ها به وسیله فاصله ماهالانوبیس (D^2) محاسبه گردید که در جدول (۶) آمده است. همانطور که مشاهده می‌گردد (جدول ۶ و شکل ۳) بیشترین فاصله بین گروه‌های ۱ و ۳ و کمترین فاصله بین گروه‌های ۱ و ۲ مشاهده گردید. همچنین با توجه به شکل (۳)، ژنوتیپ‌های گروه سوم از نظر متغیرهای کانونیکی اول و دوم بیشترین مقدار را به خود اختصاص داده‌اند. ژنوتیپ گروه چهارم نیز از نظر متغیر کانونیکی اول وضعیت خوبی داشتند بنابراین با توجه به اینکه ژنوتیپ‌های گروه سوم (شامل شاهد کوروش) و چهارم که دارای عملکرد و اجزای عملکرد خوبی بوده و در عین حال فاصله ژنتیکی متوسطی را دارند می‌توان در برنامه‌های به‌نژادی جهت ایجاد ارقام هیبرید از تلاقی بین این گروه‌ها استفاده کرد.

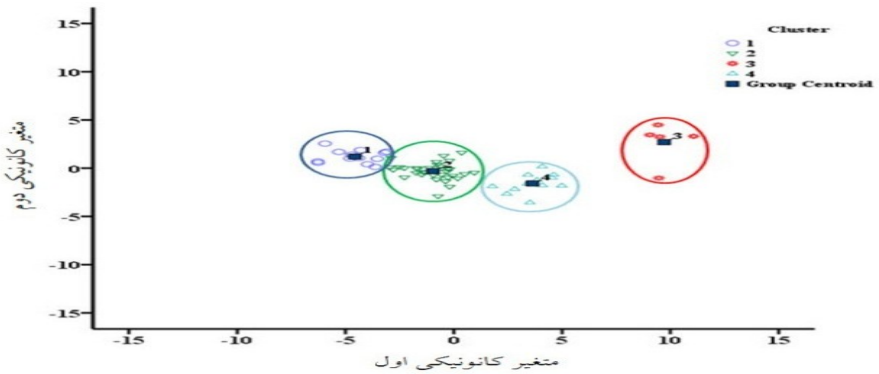
جدول ۵- ضرایب استاندارد کانونیکی صفات اندازه‌گیری شده در ژنوتیپ‌های نخود کابلی تحت شرایط تنش خشکی

صفات	متغیرهای کانونیکی		
	۱	۲	۳
تعداد روز تا ۵۰٪ گلدهی	-۰/۲۹۵	-۰/۱۴۳	۰/۹۷۰
تعداد روز تا ۵۰٪ غلاف‌دهی	-۰/۲۳۲	-۰/۲۵۲	۱/۱۶۶
تعداد دانه در بوته	۱/۱۴۵	-۰/۴۵۳	-۰/۷۶۳
تعداد غلاف پر در بوته	۱/۳۹۱	۱/۴۷۲	۰/۷۰۷
وزن ۱۰۰ دانه	۲/۳۴۹	۲/۱۴۲	-۱/۱۵۶
وزن دانه با غلاف	۰/۴۵۴	۰/۷۸۹	-۰/۱۷۹
عملکرد بیولوژیک	۱/۱۹۵	۰/۴۴۶	۰/۰۹۱
عملکرد دانه در بوته	-۳/۰۷۰	-۳/۴۵۸	۰/۵۱۷
شاخص برداشت	۰/۷۶۶	۰/۲۳۹	۰/۳۴۶
ارتفاع بوته	-۰/۱۸۰	-۰/۳۹۳	۰/۲۷۹
تعداد شاخه‌های اصلی	۰/۳۸۶	۰/۰۰۸	-۰/۱۰۲
عرض شاخه اصلی	-۰/۸۱۵	۰/۲۵۷	۰/۱۷۷
تعداد دانه در غلاف	۱/۱۰۹	۱/۴۶۴	۰/۲۷۴
طول غلاف	۰/۶۲۰	-۰/۰۵۸	-۰/۳۲۳
عرض غلاف	-۰/۳۶۴	-۰/۲۱۹	۰/۷۶۶
طول دانه	۰/۲۴۴	-۰/۰۶۷	۰/۰۹۳
عرض دانه	-۰/۱۱۴	۰/۴۰۲	۰/۳۰۵
مقادیر ویژه	۱۵/۵۳۸	۱/۴۷۴	۰/۳۲۶
درصد سهم تجمعی	۸۹/۶	۹۸/۱	۱۰۰/۰
همبستگی کانونیکی	۰/۹۶۹**	۰/۷۷۲**	۰/۴۹۶

**: بالاترین همبستگی مشاهده شده بین هر صفت و متغیر کانونیکی

جدول ۶- فواصل ماهالانوبیس بین گروه‌ها تحت شرایط تنش خشکی

گروه	۱	۲	۳	۴
۱	۰			
۲	۳۲/۷۵۹	۰		
۳	۱۰۶/۸۱۳	۷۴/۳۱۸	۰	
۴	۶۷/۵۴۸	۳۶/۰۸۴	۴۱/۸۲۸	۰



شکل ۳- گروه‌بندی ژنوتیپ‌های نخود کابلی براساس متغیرهای کانونیک معنی‌دار تحت شرایط تنش خشکی.

به منظور بررسی بهتر گروه‌ها، برای تک تک صفات مورد بررسی به صورت جداگانه تجزیه واریانس یک طرفه انجام شد. به طوری که ملاحظه می‌گردد بین گروه‌ها در کلیه صفات مورد بررسی به جز صفات تعداد روز تا گلدهی، تعداد روز تا غلاف‌دهی، تعداد دانه در غلاف و طول و عرض غلاف و بذر اختلاف معنی‌داری مشاهده گردید (جدول ۷).

جدول ۷- تجزیه واریانس گروه‌ها براساس صفات مورد بررسی تحت شرایط تنش خشکی

صفات	واریانس بین گروهی	واریانس درون گروهی
درجه آزادی	۳	۶۰
تعداد روز تا ۵۰٪ گلدهی	۷/۷۸۶	۶/۹۳۷
تعداد روز تا ۵۰٪ غلاف‌دهی	۳/۲۴۰	۵/۹۱۱
تعداد دانه در بوته	۱۰۹۵۶/۳۸۶	۸۳/۰۸۲
تعداد غلاف پر در بوته	۷۶۲۷/۵۵۵	۹۲/۳۹۹
وزن ۱۰۰ دانه	۷۸/۸۵۹	۲۰/۴۳۲
وزن دانه با غلاف	۴۴۹/۶۶۳	۲۵/۷۵۳
عملکرد بیولوژیک	۱۲۲۱/۹۶۱	۷۴/۳۲۸
عملکرد دانه در بوته	۱۲۳/۰۴۱	۱۰/۲۹۸
شاخص برداشت	۰/۰۲۳	۰/۰۰۶
ارتفاع بوته	۴۳/۸۹۱	۱۴/۲۳۶
تعداد شاخه‌های اصلی	۱/۱۲۷	۰/۱۱۷
عرض شاخه اصلی	۳/۳۷۹	۰/۵۰۶
تعداد دانه در غلاف	۰/۱۲۳	۰/۰۴۹
طول غلاف	۴/۰۶۸	۳/۱۶۶
عرض غلاف	۱/۷۴۲	۰/۹۰۳
طول دانه	۰/۴۴۶	۰/۳۸۸
عرض دانه	۰/۴۲۷	۰/۲۵۷

ns، * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

بدیهی است که اگر میانگین یک صفت در یک خوشه از میانگین آن صفت در سایر خوشه‌ها و همچنین میانگین کل بالاتر باشد بدین مفهوم است که ژنوتیپ‌های آن گروه برای آن صفت ارزش بیشتری دارند. همانطور که در نتایج مقایسه میانگین صفات برای گروه‌ها ملاحظه می‌گردد (جدول ۸)، ژنوتیپ‌های گروه اول نسبت به سایر گروه‌های زودرس‌تر هستند ولی از نظر عملکرد و سایر صفات زراعی ارزش کمتری را نسبت به سایر گروه‌ها و میانگین کل نشان دادند. ژنوتیپ‌های گروه دوم از نظر اکثر صفات زراعی مورد بررسی ارزش متوسط و نزدیک به میانگین کل ژنوتیپ‌ها را نشان دادند.

جدول ۸- تجزیه خوشه‌ای در ژنوتیپ‌های نخود کابلی تحت شرایط تنش خشکی

صفات	گروه ۱	گروه ۲	گروه ۳	گروه ۴	میانگین کل
تعداد ژنوتیپ	۱۳	۳۴	۵	۱۲	۶۴
تعداد روز تا ۵۰٪ گلدهی	۹۰/۹۲^{a} ±۲/۲۷	۹۰/۶۸^{a} ±۲/۴۰	۹۱/۹۰^{a} ±۰/۸۲	۹۲/۱۷^{a} ±۳/۸۴	۹۱/۱۰±۲/۶۴
تعداد روز تا ۵۰٪ غلاف‌دهی	۹۸/۸۱^{a} ±۲/۴۰	۹۹/۶۸^{a} ±۲/۳۶	۹۹/۶۰^{a} ±۱/۵۲	۹۹/۹۶^{a} ±۲/۹۰	۹۹/۵۵±۲/۴۰
تعداد دانه در بوته	۵۵/۹۵^{d} ±۶/۹۱	۷۹/۲۷^{c} ±۹/۷۵	۱۳۱/۶۸^{a} ±۱۲/۰۱	۱۱۳/۷۱^{b}±۸/۲۷	۸۵/۰۸±۲۴/۵۳
تعداد غلاف پر در بوته	۴۶/۷۲^{d}±۷/۹۰	۶۸/۹۸^{c}±۹/۴۱	۱۲۰/۳۸^{a} ±۱۰/۲۲	۸۶/۶۷^{b}±۱۱/۵۱	۷۱/۷۸±۲۱/۲۴
وزن ۱۰۰ دانه	۱۴/۶۱^{a}±۳/۸۵	۱۵/۸۵^{a} ±۴/۹۲	۱۰/۳۰^{b}±۳/۷۴	۱۱/۸۱^{ab}±۴/۲۰	۱۴/۴۱±۴/۸۲
وزن دانه با غلاف	۱۰/۹۸^{c}±۲/۹۲	۱۸/۳۰^{b}±۵/۰۱	۲۹/۲۳^{a}±۷/۳۷	۲۰/۴۹^{b}±۶/۰۱	۱۸/۰۷±۶/۷۸
عملکرد بیولوژیک	۲۴/۰۶^{c}±۶/۰۶	۳۵/۶۰^{b}±۸/۵۲	۵۳/۵۲^{a}±۹/۵۸	۴۰/۸۵^{b}±۱۰/۶۹	۳۵/۶۴±۱۱/۳۶
عملکرد دانه در بوته	۱۰/۳۸^{b}±۲/۳۳	۱۵/۴۵^{a} ±۳/۳۱	۱۶/۸۶^{a} ±۳/۷۶	۱۷/۳۸^{a}±۳/۴۹	۱۴/۸۹±۳/۹۶
شاخص برداشت	۴۴/۲۴^{a} ±۸/۸۲	۴۴/۴۹^{a} ±۶/۹۸	۳۲/۰۷^{b}±۷/۶۴	۴۳/۷۳^{a}±۷/۹۰	۴۳/۳۳±۸/۱۲
ارتفاع بوته	۳۳/۲۰^{b}±۴/۰۷	۳۶/۴۱^{ab}±۳/۳۴	۳۸/۲۳^{a} ±۴/۲۰	۳۶/۲۱^{ab}±۴/۴۴	۳۵/۸۶±۳/۹۶
تعداد شاخه‌های اصلی	۳/۰۴^{c}±۰/۳۱	۳/۳۸^{b}±۰/۳۱	۳/۹۰^{a} ±۰/۳۹	۳/۵۹^{b}±۰/۴۳	۳/۳۹±۰/۴۱
عرض شاخه اصلی	۴/۴۲^{b}±۰/۴۱	۴/۹۸^{b}±۰/۶۴	۶/۰۹^{a} ±۱/۶۲	۵/۰۱^{b}±۰/۶۱	۴/۹۶±۰/۸۰
تعداد دانه در غلاف	۱/۲۴^{ab}±۰/۲۹	۱/۱۶^{ab}±۰/۱۷	۱/۱۰^{c}±۰/۱۱	۱/۳۵^{a}±۰/۲۸	۱/۲۱±۰/۲۳
طول غلاف	۱۹/۵۷^{a} ±۱/۲۴	۲۰/۰۷^{a} ±۱/۸۰	۱۹/۳۷^{a} ±۲/۳۰	۱۸/۹۵^{a} ±۱/۹۷	۱۹/۷۰±۱/۷۹
عرض غلاف	۹/۳۲^{a} ±۰/۵۸	۹/۶۸^{a} ±۰/۸۶	۹/۳۰^{a} ±۱/۱۰	۸/۹۴^{a} ±۰/۸۱	۹/۴۴±۰/۹۷
طول دانه	۷/۶۵^{a} ±۰/۶۵	۷/۸۷^{a} ±۰/۵۸	۷/۸۵^{a} ±۰/۷۶	۷/۵۱^{a} ±۰/۶۶	۷/۷۶±۰/۶۳
عرض دانه	۵/۸۲^{a}±۰/۵۰	۶/۰۷^{a} ±۰/۴۹	۵/۸۳^{a} ±۰/۴۰	۵/۷۴^{a} ±۰/۵۸	۵/۹۴±۰/۵۱

ژنوتیپ‌های گروه سوم و چهارم از نظر اکثر صفات زراعی مورد بررسی و عملکرد میانگین بالاتری را در میان سایر گروه‌ها و همچنین میانگین کل ژنوتیپ‌ها داشتند ولی با توجه به صفات فنولوژیک، نسبت به سایر گروه‌ها دیررس‌تر بودند که البته این مقدار از نظر آماری معنی‌دار نمی‌باشد. البته از آنجاییکه زودرسی یکی از اهداف مهم اصلاحی در نخود بوده و در بسیاری از مناطق تولید نخود، کوتاه بودن روز تا گلدهی و بلوغ زودرس یک امتیاز محسوب می‌شود (۲۰ و ۲۱). بنابراین ژنوتیپ‌های این دو گروه را می‌توان به عنوان ژنوتیپ‌های برتر از نظر عملکرد و اجزای عملکرد معرفی کرد. با توجه به نتایج فواصل ماهالانوبیس (جدول ۶) و پراکنش ژنوتیپ‌ها در فضای بای‌پلات (شکل ۱) می‌توان از تلاقی ژنوتیپ‌های گروه اول و سوم برای تولید ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا و زودرس‌تر اقدام نمود. نظامی و همکاران (۱۶) در بررسی ژنوتیپ‌های نخود تیپ دسی، ۷۰ ژنوتیپ نخود دسی را در ۹ گروه دسته‌بندی کردند که خوشه ۱ با ۲۹ ژنوتیپ و خوشه ۹ با یک ژنوتیپبه ترتیب بزگترین و کوچکترین خوشه‌ها بودند. دو- ودی و گابریل (۲) نیز در بررسی که روی تنوع ژنتیکی ۲۵ ژنوتیپ نخود انجام دادند، ژنوتیپ‌های مورد بررسی در ۶ گروه قرار

گرفتند و بیشترین فاصله را بین ژنوتیپ‌های گروه ۳ و ۴ مشاهده کردند.

به طور کلی نتایج نشان می‌دهد که تحت شرایط تنش خشکی بین ارقام مورد بررسی تنوع ژنتیکی معنی‌داری وجود دارد و برخی از ژنوتیپ‌ها با داشتن توان تولید بالا و یا صفات مطلوب دیگر می‌توانند در برنامه‌های به‌نژادی مورد استفاده قرار گیرند و منشأ تولید واریته‌های اصلاح شده باشند. تجزیه تابع تشخیص کانونیکی نیز در محاسبه میزان تنوع و شناسایی صفات بسیار موثر در تنوع ژنوتیپ‌های نخود کابلی موفق عمل کرد. صفات وزن ۱۰۰ دانه، تعداد غلاف‌های پر، تعداد دانه در غلاف، تعداد دانه در بوته، وزن دانه با غلاف از جمله صفات مهم و تأثیرگذار بر عملکرد دانه در بوته بوده و می‌توان با گزینش برای این صفات، عملکرد دانه را افزایش داد و همچنین با توجه به اینکه بیشترین تنوع برای این صفات در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی مشاهده شد بنابراین با انتخاب و اصلاح برای این صفات می‌توان عملکرد دانه در بوته را به نحو مطلوبی افزایش داد و در این بررسی با توجه به عامل‌ها و صفات مورد بررسی ژنوتیپ‌هایگروه سوم (۵۶، ۱۲۰، ۲۸۴، ۳۱۸ و ۵۶۳) و چهارم (۲، ۲۲، ۳۸، ۲۸۹، ۳۰۶، ۳۲۸، ۴۷۸، ۵۰۸، ۵۱۱، ۵۱۲، ۵۲۵ و ۹۹۹ (شاهد کورورش) به عنوان ژنوتیپ‌های برتر در شرایط تنش خشکی شناخته شدند. علاوه بر این، استفاده از روش تجزیه خوشه‌ای در تمایز ژنوتیپ‌ها به به زیر گروه‌های مشابه بر اساس صفات مورفولوژیکی و زراعی نیز به صورت مطلوب عمل کرد.

تشکر و قدردانی

بخشی از بودجه این تحقیق از محل طرح تحقیقاتی دانشکده علوم و مهندسی کشاورزی دانشگاه تهران با شماره طرح ۷۱۰۱۰۱۰/۱/۰۴ مصوب مورخ ۸۹/۱۲/۱۶ تحت عنوان "بررسی تنوع ژنتیکی ژنوتیپ‌های لوبیای معمولی و نخود کابلی کلکسیون بانک ژن دانشکده کشاورزی با نشانگر SSR" و همچنین وزارت علوم، قطب‌های علمی کشور و قطب علمی تحقیقات حبوبات دانشگاه تهران تأمین شده که تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.

منابع

1. Cruz-Castillo, J.G., S. Ganeshanandam, B.R. MacKay, G.S. Lawes, C.R.O. Lawoko, and D.J. Woolley. 1994. Applications of canonical discriminant analysis in horticultural research. Hort Science, 29: 1115-1119.
2. Dwevedi, K.K. and M.L. Gaibriyal. 2009. Assessment of genetic diversity of cultivated chickpea (*Cicerarietinum* L.). Asian Journal of Agricultural Sciences 1: 7-8.
3. FAO. 2010. FAOSTAT. Available in http://faostat.fao.org/[28 May 2010].

4. Farshadfar, M. and E. Farshadfar. 2008. Genetic variability and path analysis of chickpea (*Cicerarientinum* L.) landraces and lines. J. of Applied Sci., 8(21): 3951-3956.
5. Fayyaz, F. and R. Talebi. 2009. Determining relationships among yield and some yield components using path coefficient analysis in chickpea (*Cicerarietinum* L.). Iranian Journal of Agricultural Research. 7(1): 135-141. (In Persian)
6. Foundra, M.Z., M. Hernandez, R. Lopez, L. Fernandez, A. Sanchez, J. Lopez and I. Ravelo. 2000. Analysis of the variability in collected peanut (*Arachishypogaea* L.) cultivars for the establishment of core collection. PGR Newsletter. 137: 1540-1544.
7. Guler, M., M. Sait Adak and H. Ulkan. 2001. Determining relationships among yield and some yield components using path coefficient analysis in chickpea (*Cicerarietinum* L.). European Journal of Agronomy, 14: 161-166.
8. Houerou, L. 1996. Climate change, drought and desertification. Journal of Arid Environments 34: 133-185.
9. Jackson, J.E. 1991. A user's guide to principal components. Wiley Interscience. New York, USA 569 pp.
10. Kanouni, H. and R.S. Malhotera. 2003. Genetic variation and relationships between traits in Chickpea (*Cicerarientinum* L.) lines under dryland conditions. Iranian J. of Crop Sci., 5(3): 185-191. (In Persian)
11. Malik, S.R., A. Bakhsh, M.A. Asif, U. Iqbal and S.M. Iqbal. 2010. Assessment of genetic variability and interrelationship among some agronomic traits in chickpea. International Journal of Agriculture and Biology, 12(1): 81-85.
12. Mardi, M., A. Taleei and M. Omidi. 2003. A study of genetic diversity and identification of yield components in Desi chickpea. Iranian Journal of Agricultural Science, 34(2): 345-351. (In Persian)
13. Meena, H.P., J. Kumar, H.D. Upadhyaya, C. Bharadwaj, S.K. Chauhan, A.K. Verma and A.H. Rizvi. 2010. Chickpea mini core germplasm collection as rich sources of diversity for crop improvement. SAT eJournal. 8: 1-5.
14. Mohammad Ali Pour, H., M. Dashtaki, M.R. Bihamta, S.A. Peighambary and M.R. Nagavi. 2010. Evaluation of genetic diversity in Kabuli chickpea germplasm using agronomic and physiological traits. Abstracts of 11th Iranian Congress of Agronomy and Plant Breeding. Vol. 2: Breeding. 47 pp. (In Persian)
15. Naghavi, M.R. and M.R. Jahansouz. 2005. Variation in the agronomic and morphological traits of Iranian chickpea accessions. Journal of Integrative Plant Biology. 47(3): 375-379.
16. Nezami, A., F. Pouramir, S. Momeni, H. Porsa, A. Ganjeali and A. Bagheri. 2010. Evaluation of phenologic, morphologic and yield characteristics of chickpea germplasms in Ferdowsi University of Mashhad Seed Bank I. Deci type chickpeas. Iranian Journal of Pulses Research, 1(2): 21-36. (In Persian)
17. Rencher, A.C. 2002. Methods of Multivariate Analysis. John Wiley and Sons, Inc.
18. Saman, M., A. Sepehri, G. Ahmadvand and S.H. Sabaghpour. 2010. Season final drought stress effects on yield and yield component on five chickpea genotypes. Iranian Journal of Agricultural Science. 41(2): 259-269. (In Persian)
19. Shobeiri, S., K. Ghassemi-Golezani and J. Saba. 2006. Effect of water deficit on phenology and yield of three chickpea cultivars. Agricultural Science, 16(2): 137-147. (In Persian)
20. Siddique, K.H.M., S.P. Loss and B.D. Thomsons. 2003. Cool seasons grain legume in dry land Mediterranean environment of Western Australia: Significance of early

flowering. pp: 151-163. In: N.P. Saxena (Ed.), Management of Agriculture Drought "Agronomic and Genetic Options". Science Publishers Inc, NH, USA.
21. Singh, K.B. and M.C. Saxena. 1990. Studies on drought tolerance. Annual Report, ICARDA, Aleppo, Syria. pp: 108-113.
22. Suzuki, F. and S. Konno. 1982. Regional report on grain legumes production in Asia. Tokyo, Japan: Asian Productivity Organization. pp: 19-93.
23. Takeda, S. and M. Matsuoka. 2008. Genetic approaches to crop improvement: responding to environmental and population change. Nature 9: 444-457.
24. Talebi, R., F. Fayyaz and F. BabaeianJeldor. 2007. Correlation and path coefficient analysis of yield and yield component of chickpea (*Cicerarietinum* L.) under dry land condition in the west of Iran. Asian Journal of Plant Sciences, 6(7): 1151-1154.
25. Tilman, D. and D. Wedin. 1996. Productivity and sustainability influenced bybiodiversity in grassland ecosystem. Nature: 718-720.
26. Toker, C. 2004. Evaluation of yield criteria with phenotypic correlations and factor analysis in chickpea, Plant Soil Sci., 54: 45-48.
27. Toker, G. and M.I. Cagirgan. 2004. The use of phenotypic correlation and factor analysis in determining characters for grain yield selection in chickpea (*Cicerarietinum* L.), Hereditas 140: 226-228.
28. Van Rheenen, H.A. 1993. How to accelerate the genetic improvement of a recalcitrant crop species such as chickpea. Crop Sci., 65: 414-417.
29. Vaylay, R. and E. Van Santen. 2002. Application of canonical discriminant analysis for the assessment of genetic variation in tall fescue. Crop Sci., 42:534-539.
30. Yeater, K.M., G.A. Bollero, D.G. Bullock, A.L. Rayburn, and S. Rodriguez-Zas. 2004. Assessment of genetic variation in hairy vetch using canonical discriminant analysis. Crop Sci., 44: 185-189.
31. Yucel, D.Ö., A.E. Anlarsal and C. Yucel. 2006. Genetic variability, correlation and path analysis of yield, and yield components in chickpea (*Cicerarietinum L.*). Turk. J. Agri. For., 30: 183-188.

Evaluation of Genetic Diversity and Classification of Kabuli Chickpea Genotypes in late Season Drought Stress

H. Mohammad Ali Pour Yamchi[1], M.R. Bihamta[2], S.A. Peighambari[3], M. Naghavi[2] and M. Shafiee Khorshidi[4]

1- M.Sc. Student, College of Agronomy University of Tehran (Corresponding author)
2 and 3- Professor and Associate Professor, College of Agronomy, University of Tehran
4- M.Sc. Student, College of Agronomy, University of Tehran

Abstract

In order to evaluate genetic diversity and determine genetic relationship of 64 Kabuli chickpea genotypes under late season drought stress, an experimental design was carried out in a simple lattice design (8×8) in 2011 on the research field of college of Agriculture and natural resource of Tehran University. Based on factor analysis, four factors were selected that in total 81 percent of the total variation was explained. The first and second factors were explained 64 percent of variation that including yield and yield component traits. Therefor these two factor used to identify genotypes with high yield and yield components and genotypes 2, 12, 22, 23, 36, 109, 120, 139, 187, 308, 335, 345, 357, 375, 474, 534, 563 and 629 with two control genotypes Jam (998) and korosh (999) were selected as high yield and component yield genotypes. According to the result of cluster analysis based on morphological traits, the genotypes were classified in 4 clusters. The genotypes of third and fourth cluster in most of agronomic traits and grain yield per plant had high average in compare with other clusters and genotype average. According to result of cluster analysis, we can use third and fourth cluster genotypes and two control genotypes (jam and korosh) for produce hybrids with early maturity and high yield.

Keywords: Kabuli Chickpea, Drought Stress, Factor Analysis, Multivariate Analysis of Variance, Cluster Analysis