پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد۸ شمارهٔ۱، نیمهٔ اول ۱۳۹۶، صفحهٔ ۹۶-۸۳

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 8, No. 1, 2017, p. 83-96
DOI: 10.22067/ijpr.v8i1.48717

تنوع ژنتیکی و روابط بین برخی صفات زراعی ژنوتیپ‌های نخود (*Cicer arietinum* L.) تحت شرایط بدون تنش و تنش خشکی انتهای فصل

مریم رضایی‌نیا[1]، محمدرضا بی‌همتا[2*]، سیدعلی پیغمبری[2]، علیرضا عباسی[2] و فاطمه قراجه‌داغی[1]

۱- دانشجویان کارشناسی‌ارشد اصلاح نباتات، دانشگاه تهران

۲- اعضای هیئت علمی دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۶/۱۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۸/۲۷

چکیده

به‌منظور ارزیابی تنوع ژنتیکی و شناسایی روابط بین عملکرد با برخی صفات مورفولوژیکی در ژنوتیپ‌های نخود در دو شرایط تنش و بدون تنش خشکی، آزمایشی در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ بر روی ۲۸ژنوتیپ نخود به‌همراه دو رقم شاهد جم و کوروش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه تهران اجرا شد. با توجه به نتایج حاصل از همبستگی‌های فنوتیپی، تجزیه رگرسیون و علیت، صفات وزن غلاف کامل در بوته، وزن۱۰۰دانه و تعداد دانه در بوته از جمله صفات تأثیرگذار بر بهبود عملکرد دانه بودند که صفت وزن غلاف کامل در بوته به‌عنوان صفت مرتبط با عملکرد دانه معرفی شد. بر اساس تجزیه به عامل‌ها تحت شرایط بدون تنش و تنش به‌ترتیب سه و چهار عامل انتخاب شدند که در مجموع ۶۹/۳۹ و ۸۹/۶۶درصد از کل تغییرات داده‌ها را توجیه کردند. در هر دو شرایط عامل‌های اول و دوم که شامل صفات وزن ۱۰۰دانه، تعداد دانه درغلاف، عملکرد دانه در بوته، تعداد دانه در بوته، وزن غلاف کامل در بوته، طول و عرض غلاف و روز تا گلدهی و غلاف‌دهی بودند، بیشترین درصد تغییرات داده‌ها را توجیه کردند. بر اساس پراکنش ژنوتیپ‌ها در نمودار بای‌پلات در شرایط بدون تنش ژنوتیپ‌های ۲۹، ۲۲، ۴۷۴، ۲۳۹، ۳۷۰ و شاهد جم (۹۹۸)، و در شرایط تنش خشکی ژنوتیپ‌های ۵۰۸، ۲۳۶ به‌همراه شاهد جم (۹۹۸) و کورش(۹۹۹) که از نظر عامل‌های اول و دوم مثبت و بالاتر بودند، به‌عنوان ژنوتیپ‌های برتر انتخاب شدند. با توجه به نتایج تجزیه خوشه‌ای در شرایط بدون تنش و تنش ژنوتیپ‌های مورد بررسی به‌ترتیب در سه و چهار گروه قرار گرفتند.

واژه‌های کلیدی: تجزیه به عامل‌ها، تجزیه خوشه‌ای، تجزیه علیت، صفات مورفولوژیکی

مقدمه

حبوبات نقش مهمی در تأمین نیازهای غذایی انسان ایفا می‌کنند و در بین حبوبات به لحاظ اهمیت غذایی، نخود سومین محصول جهانی است که در ۴۸کشور جهان با سطحی بیش از ۱۱/۱۲میلیون هکتار و تولیدی بیش از هشت میلیون تن کشت می‌شود. اما باوجود وسعت کشت بالای این گیاه، تولید کل در اکثر کشورهای تولیدکننده نخود بسیار کم است و یک شکاف عمیق بین پتانسیل تولید (پنج تن در هکتار) و تولید واقعی (۰/۸تن در هکتار) وجود دارد (FAO, 2008). از دلایل مهم پایین‌بودن عملکرد نخود در ایران کشت ارقام کم محصول (اغلب توده‌های بومی) و حساسیت آن‌ها به تنش‌های مختلف محیطی است.

پدیده خشکی عارضه‌ای فوق‌العاده پیچیده است که با توجه به تغییرات اقلیمی جهانی و کاهش بارندگی‌های سالیانه بیش از سایر تنش‌ها باعث کاهش عملکرد گیاهان زراعی می‌گردد (Bernier *et al*., 2007). تحمل به خشکی صفتی است کمّی و روش اندازه‌گیری مستقیمی برای آن وجود ندارد. این موضوع باعث مشکل‌شدن شناسایی ژنوتیپ‌های مقاوم به خشکی می‌شود (Takeda & Matsuoka, 2008). اما به‌نظر می‌رسد عملکرد دانه در شرایط بدون تنش و تنش خشکی اولین قدم برای انتخاب ژنوتیپ‌ها برای استفاده در کارهای به‌نژادی در شرایط تنش خشکی باشد (Farshadfar *et al*., 2001). از آن‌جایی که فاکتورهای محیطی و ژنتیکی اجزاء اصلی تعیین‌کننده عملکرد و کیفیت در گیاهان هستند، هدف اصلی در انتخاب معیارهای اصلاحی، باید بیشتر روی اثر فاکتورهای ژنتیکی متمرکز شود (Ciftci *et al*., 2004).

هدف از انجام برنامه‌های به‌نژادی، انتخاب بهترین ژنوتیپ‌ها است و به‌منظور دست‌یابی به این هدف، باید جامعه مورد مطالعه از نظر صفات مورد بررسی دارای تنوع مطلوب باشد و آگاهی از این تنوع خود نیازمند ارزیابی ژرم‌پلاسم

* **نویسنده مسئول:** تلفن همراه: ۰۹۱۲۱۵۹۴۳۳۸، pomato1960@yahoo.com

می‌باشد (Broughton *et al*., 2003). تعیین همبستگی بین صفات مختلف با عملکرد اقتصادی بوته و تعیین روابط علت و معلولی بین آن‌ها، این توانایی را به اصلاح‌گر می‌دهد تا مناسب‌ترین و منطقی‌ترین نسبت بین اجزاء را که منتهی به عملکرد بیشتر می‌گردد، انتخاب نماید (Mardi *et al*., 2003).

معلوم شده است که مهم‌ترین اجزای عملکرد دانه نخود شامل تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن متوسط دانه می‌باشد. بر اساس نتایج مطالعه‌ای گزارش شده که عملکرد دانه در نخود را می‌توان با انتخاب ایدئوتیپ‌هایی که تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته و وزن ۱۰۰دانه بیشتری دارند، بهبود بخشید (Zali *et al*., *2011*). نتایج نشان داد که عملکرد دانه با تعداد غلاف در بوته، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و تعداد شاخه‌های ثانویه همبستگی مثبت و معنی‌دار و با تعداد روز تا گلدهی و غلاف‌دهی همبستگی منفی و معنی‌داری دارد (Meena *et al*., 2010; Ali *et al*., 2012). در مطالعه تعیین ارتباط بین عملکرد و اجزای عملکرد نخود با استفاده از روش‌های مختلف آماری، ارتفاع بوته، عملکرد بیولوژیک و تعداد غلاف در بوته مهم‌ترین صفات مؤثر بر عملکرد در نخود بودند؛ بنابراین با انتخاب برای این صفات می‌توان به عملکرد بالا در نخود دست یافت (Kayan & Adak, 2012). تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری‌شده نشان داد که عملکرد بوته، تعداد شاخه‌های اولیه و شاخص برداشت به‌ترتیب با ۲۲/۸۹، ۲۲/۲و ۱۹/۴۹درصد بیشترین تغییرات ژنتیکی در بین توده‌های نخود را داشتند. نتایج تجزیه به عامل‌ها به روش حداکثر درست‌نمایی نیز شش عامل پنهانی‌که جمعاً ۷۵/۸۲درصد از کل تنوع داده‌ها را توجیه کردند، نشان داد (Fazeli & Cheghamirza, 2011). در آزمایشی نتایج نشان داد که وزن غلاف با دانه و تعداد کل غلاف به‌ترتیب بیشترین اثر مستقیم و غیر مستقیم را بر عملکرد بوته دارد (Mardi *et al*., 2003). در آزمایشی دیگر نتایج نشان داد که تعداد دانه در بوته و وزن ۱۰۰دانه دارای اثر مستقیم و مثبت بر عملکرد دانه بودند. نتایج تجزیه رگرسیون نیز نشان داد که تعداد دانه در بوته و وزن صد دانه ۹۶درصد از تنوع کل را توجیه می‌کند (Yucel *et al*., 2006).

آبیاری تکمیلی، به‌ویژه در مرحله پُرشدن غلاف، موجب افزایش عملکرد اقتصادی می‌شود (Acquaah *et al*., 1991). نتایج بررسی‌های Ganjali *et al*, (2011) نشان داد که صفت روز تا گلدهی عمدتاً ژنتیکی بوده و تأثیر عوامل محیطی، به‌ویژه شرایط رطوبتی خاک بر این صفت ناچیز است. طبق اظهار نظر آنان وجود دامنهٔ وسیع کاهش عملکرد ناشی از تنش خشکی در پژوهش انجام شده (۲۳ تا ۸۶درصد)، نشان‌دهنده تنوع بالای موجود میان ژنوتیپ‌ها در پاسخ به تنش خشکی بود. در نهایت بیان شده است که در محیط تنش همبستگی منفی و معنی‌دار میان روز تا گلدهی و عملکرد دانه، مؤید اتخاذ راهبرد فرار از خشکی در ژنوتیپ‌های زودگل‌ده است. در بررسی چندساله روی حبوبات (نخود، نخود فرنگی و ماش) گزارش شده است که همبستگی بالایی بین مصرف آب و عملکرد دانه وجود دارد، به‌طوری‌که بالاترین پاسخ مربوط به گیاه نخود بود و هر میلی‌متر افزایش در مصرف آب سبب افزایش عملکرد به‌میزان ۱۰/۶کیلوگرم در هکتار می‌گردد (Nielsen, 2001).

این تحقیق به‌منظور بررسی و شناسایی تنوع ژنتیکی میان ژنوتیپ‌های نخود مورد آزمایش موجود در کلکسیون حبوبات پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران و همچنین شناسایی صفات مرتبط با عملکرد دانه برای انتخاب بهترین ژنوتیپ‌ها صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌منظور بررسی تنوع ژنتیکی صفات مورفولوژیکی و شناسایی اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های نخود در سال زراعی ۱۳۹۲-۱۳۹۱ در مزرعه آموزشی و پژوهشی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران انجام شد. ۲۸ژنوتیپ نخود به‌همراه دو رقم شاهد (جم و کوروش) از کلکسیون حبوبات پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران انتخاب (جدول ۱) و در یک آزمایش به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار، در دو شرایط بدون تنش (نرمال) و تنش خشکی کشت گردید. کشت در اسفندماه سال ۱۳۹۱ به‌صورت دستی در هر کرت آزمایشی که شامل سه خط دو متری با فاصله ۵۰سانتی‌متر بین هر ردیف و فاصله‌ی حدود ۱۰سانتی‌متر بین بوته‌ها و عمق کاشت پنج سانتی‌متر بود، صورت گرفت. اولین آبیاری پس از کاشت به‌عنوان تاریخ کاشت درنظرگرفته شد. آبیاری هر دو قطعه بدون تنش و تنش خشکی پس از کاشت، هر هفت روز یک بار معادل ۷۰میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیرصورت گرفت، اما آبیاری قطعه تحت تنش خشکی با گلدهی تقریباً ۳۰درصد بوته‌های مربوط به هر ژنوتیپ قطع شد. یادداشت‌برداری‌ها در طول فصل رشد صورت گرفت. با رسیدگی کامل بوته‌ها در تیر ماه ۱۳۹۲ پس از حذف اثر حاشیه در هر کرت، هفت بوته به‌صورت تصادفی به‌عنوان نمونه برداشت شد.

جدول ۱- اسامی و منشأ ۳۰ژنوتیپ نخود مورد بررسی
Table 1. Names and origin of studied 30 chickpea genotypes

شماره ژنوتیپ Genotype No.	کد ژنوتیپ Genotype Code	منشأ	Origin	شماره ژنوتیپ Genotype No.	کد ژنوتیپ Genotype Code	منشأ	Origin
308	12-071-03833	جیرفت	Jiroft	508	12-071-06885	ارومیه	Urmia
198	12-071-03703	ارومیه	Urmia	22	12-071-02090	کرج	Karaj
357	12-071-03900	تربت جام	Torbat Jam	474	12-071-04053	درگز	Dare Gaz
239	12-071-03753	ارومیه	Urmia	128	12-071-03718	ارومیه	Urmia
139	12-071-03885	تربت جام	Torbat Jam	289	12-071-03811	جیرفت	Jiroft
345	12-071-03884	تربت جام	Torbat Jam	999	Control	کوروش(شاهد)	Korosh
466	12-071-04043	اصفهان	Esfahan	36	12-071-02316	اصفهان	Esfahan
29	12-071-02270	اصفهان	Esfahan	2	12-071-01834	کرج	Karaj
38	12-071-02351	قوچان	Gochan	394	12-071-03946	تربت جام	Torbat Jam
552	12-071-06931	میانه	Miyaneh	306	12-071-03831	جیرفت	Jiroft
129	12-071-03746	ارومیه	Urmia	370	12-071-03916	تربت جام	Torbat Jam
236	12-071-03750	ارومیه	Urmia	245	12-071-03760	جیرفت	Jiroft
606	12-071-06985	ماهان	Mahan	375	12-071-03922	تربت جام	Torbat Jam
629	12-071-07007	اصفهان	Esfahan	478	12-071-04063	اصفهان	Esfahan
998	Control	جم(شاهد)	Jam	109	12-071-06678	ممغان	Mamghan

صفات مورد بررسی شامل: تعداد روز تا گلدهی، تعداد روز تا غلاف‌دهی، تعداد شاخه اصلی، ارتفاع بوته (سانتی‌متر)، طول و عرض غلاف (میلی‌متر)، وزن غلاف کامل در بوته (گرم) تعداد دانه در بوته، عملکرد دانه در بوته (گرم)، وزن ۱۰۰دانه (گرم) و تعداد دانه در غلاف بود. تجزیه‌های آماری از قبیل آزمون نرمال‌بودن داده‌ها و یکنواختی واریانس‌ها، تجزیه واریانس داده‌ها، همبستگی، رگرسیون و تجزیه علیت، تجزیه به عامل‌ها و تجزیه خوشه‌ای با استفاده از نرم‌افزارهای SAS 9.2، Minitab 16، Path 74 و SPSS 19 انجام شد. در تجزیه رگرسیونی صفت عملکرد به‌عنوان متغیر وابسته و بقیه صفات به‌عنوان متغیرهای مستقل مورد ارزیابی قرار گرفتند. سپس با استفاده از رگرسیون گام‌به‌گام مهم‌ترین صفات مؤثر بر عملکرد، مشخص شد و بر روی متغیرها، تجزیه علیت انجام گرفت. ضرایب عامل‌ها پس از چرخش وریماکس[1] بر مبنای تجزیه به مؤلفه‌های اصلی برآورد شدند. به‌منظور اطمینان از صحت داده‌ها برای تحلیل عاملی از دو شاخص KMO (کاریزر- میر- اولکین) و آزمون کرولیت بارتلت استفاده شد. همچنین داده‌ها به دو قسمت تصادفی تقسیم شدند و سپس تجزیه به عامل‌ها برای هر قسمت به‌طور جداگانه انجام شد. تجزیه خوشه‌ای به روش Ward و با استفاده از مربع فاصله اقلیدوسی انجام شد.

نتایج و بحث

تعیین ضرایب همبستگی ساده

به‌منظور ارزیابی رابطه بین صفات مورد بررسی و تعیین میزان تغییرات مشترک آن‌ها از لحاظ فنوتیپی، ضرایب همبستگی فنوتیپی صفات مختلف در شرایط بدون تنش و تنش خشکی محاسبه شد (جدول ۲). نتایج حاصل از مطالعات پیشین نشان می‌دهد که همبستگی بین عملکرد دانه نخود با سایر صفات ثابت نیست (Yousefi *et al*., 1997; Ozdemir, 1996).

نتایج حاصل از تحلیل همبستگی در شریط بدون تنش نشان داد که عملکرد دانه در بوته با صفات وزن غلاف کامل در بوته، تعداد دانه در بوته و وزن ۱۰۰دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری دارد. بیشترین ضریب همبستگی بین وزن غلاف کامل در بوته با عملکرد دانه در بوته ($r=۰/۸۵^{**}$)، وزن غلاف کامل در بوته با تعداد دانه در بوته ($r=۰/۷۱^{**}$) و بین طول غلاف با عرض غلاف ($r= ۰/۶۶^{**}$) مشاهده شد. سایر محققان (Mardi *et al*., 2003; Ali *et al*., 2012; Kayan & Adak, 2012) نیز همبستگی معنی‌داری بین عملکرد دانه و صفات فوق گزارش کردند.

در شرایط تنش عملکرد دانه در بوته با صفات وزن غلاف کامل در بوته و تعداد دانه در بوته همبستگی مثبت و معنی‌داری نشان داد. بیشترین ضریب همبستگی در این شرایط بین عملکرد دانه در بوته و وزن غلاف کامل در بوته

[1] Varimax

(r=۰/۹۸**)، طول غلاف و عرض غلاف (r= ۰/۹۴**)، تعداد روز تا گلدهی و غلاف‌دهی (r= ۰/۸۳**) مشاهده شد (جدول ۲). بین عملکرد دانه در بوته و وزن ۱۰۰دانه همبستگی معنی‌داری مشاهده نشد. Kanouni & Malhotr (2003) نیز در مطالعه بر روی ژنوتیپ‌های نخود نشان دادند که بین عملکرد دانه با تعداد غلاف در بوته، تعداد شاخه‌های ثانویه، عملکرد بیولوژیکی و شاخص برداشت همبستگی فنوتیپی مثبت و معنی‌دار دارد، ولی در مطالعات آنان بین عملکرد دانه و وزن ۱۰۰دانه همبستگی معنی‌داری مشاهده نشد که با نتایج این پژوهش مطابقت داشت. در اغلب موارد گزارش شده است که دو صفت عملکرد دانه و وزن ۱۰۰دانه همبستگی مثبتی با یکدیگر دارند (Sharma & Maloo, 1988; Sing *et al*.,1990; Acikgoz & Acikgoz, 1994).

به‌نظر می‌رسد هر صفت کمّی، صرف‌نظر از آثار منفی یا مثبت آن بر گیاه، به نوعی در شکل‌گیری عملکرد دانه نقش داشته باشد. این نقش می‌تواند به‌صورت مستقیم و یا از طریق سایر صفات ایفا گردد. در شرایط تنش خشکی بین وزن ۱۰۰دانه با تعداد دانه در بوته و تعداد دانه در غلاف همبستگی منفی و معنی‌داری وجود داشت. گزارش شده است که با افزایش تعداد دانه و غلاف در بوته، وزن (اندازه) دانه کاهش می‌یابد (Singh *et al*., 1990). همبستگی بین تعداد دانه در غلاف با تعداد دانه در بوته مثبت و معنی‌دار بود که با نتایج Yousefi *et al*, (1997) و Kanouni & Malhotra (2003) مطابقت داشت. ولی در آزمایش دیگری خلاف این موضوع گزارش شده است (ICARDA,1997). Singh *et al*, (1990) اظهار داشتند که ژنوتیپ‌های با پتانسیل عملکرد بالا توانایی تولید تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در بوته بیشتری در شرایط مطلوب دارند. وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار بین عملکرد دانه و صفات ذکر شده در آزمایشات دیگری نیز گزارش شده است (Yucel *et al*., 2006; Meena *et al*., 2010; Malik *et al*., 2010; Toker & Cagirgan, Rezaeyan Zadeh *et al*., 2011 ;2004).

تجزیه رگرسیون و علیت

با توجه به نتایج رگرسیون گام‌به‌گام تحت شرایط بدون تنش خشکی، صفات وزن غلاف کامل در بوته و وزن ۱۰۰دانه وارد مدل رگرسیونی شدند که در مجموع ۷۶/۹درصد از تغییرات مربوط به عملکرد را توجیه می‌کردند که وزن غلاف کامل در بوته بیشترین اثر مستقیم و غیر مستقیم را بر عملکرد دانه در بوته داشت و به‌عنوان صفت مرتبط با عملکرد معرفی شد (جدول ۳). در شرایط تنش خشکی نیز صفات وزن غلاف کامل در بوته، تعداد دانه در بوته و وزن ۱۰۰دانه به‌ترتیب وارد مدل شدند که در مجموع ۹۱/۹درصد از تغییرات مربوط به عملکرد را توجیه کردند. تجزیه علیت با استفاده از صفاتی که وارد معادله رگرسیونی شدند، صورت گرفت که صفاتی که در رگرسیون مرحله‌ای وارد مدل شده بودند، به‌عنوان متغیرهای عاملی در نظر گرفته شدند. تحت شرایط تنش خشکی نیز وزن غلاف کامل در بوته بیشترین اثر مستقیم و غیرمستقیم را بر عملکرد دانه در بوته داشت (جدول ۴) و می‌توان آن را به‌عنوان صفت مهم برای دست‌یافتن به ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در شرایط تنش معرفی کرد.

در مطالعه Mardi *et al*, (2003)، Viakumar (1991) و Uddin *et al*, (1990) وزن غلاف کامل و تعداد بذر در بوته، به‌عنوان مهم‌ترین صفات تأثیرگذار بر عملکرد بوته اعلام شدند. Yucel *et al*, (2006) با توجه نتایج تجزیه علیت نشان داد که تعداد دانه در بوته و تعداد غلاف‌های پُر به‌ترتیب بیشترین تأثیر مثبت را بر عملکرد دانه داشتند.

تجزیه به عامل‌ها

ضرایب همبستگی ممکن است اطلاعات کاملی از ارتباط بین صفات مختلف را ارائه نکند و از آنجایی‌که در مطالعه همبستگی صفات ارتباط یک متغیر با متغیر دیگر بدون درنظرگرفتن نقش دیگر متغیرها بررسی می‌شود، رابطه و همبستگی متغیرهای مستقل با یکدیگر قابل دست‌یابی نیست و با توجه به روابط پیچیده‌ای که بین صفات مرتبط با عملکرد وجود دارد، نمی‌توان فقط بر مبنای ضرایب همبستگی ساده بین صفات در مورد روابط بین آن‌ها قضاوت کرد. بنابراین به‌منظور درک روابط داخلی صفات و تعیین گروهی متغیرهای با بیشترین همبستگی از تجزیه به عامل‌ها استفاده گردید.

تجزیه به عامل‌ها، با استفاده از روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و بر مبنای مقادیر ویژه بزرگتر از یک و ضرایب عاملی بزرگتر از ۰/۵ صرف‌نظر از علامت مربوطه، به‌عنوان ضرایب معنی‌داری پس از چرخش وریماکس انجام شد. تحت شرایط بدون تنش سه مؤلفه اصلی انتخاب شدند که حدود ۶۹/۳۹درصد از کل تنوع را توجیح کردند (جدول ۵). عامل اول با توجیه ۳۰/۳۲درصد از تغییرات شامل صفات طول و عرض غلاف با بار مثبت و روز تا گلدهی و غلاف‌دهی با بار منفی بود. عامل دوم با توجیه ۲۶/۷۸درصد از تغییرات شامل ضرایب عاملی مثبت و معنی‌دار برای صفات وزن غلاف کامل در بوته، تعداد دانه و عملکرد دانه در بوته و ضریب عاملی منفی و معنی‌دار برای صفت تعداد دانه در غلاف بود و لذا عامل عملکرد نامیده شد.

جدول ۲- ضرایب همبستگی ساده صفات مورد بررسی ژنوتیپ‌های نخود در شرایط بدون تنش(پایین قطر) و تنش خشکی (بالای قطر)

Table 2. Simple correlation coefficients between traits and yield in chickpea genotypes under non-stress (down) and drought stress (up) condition

Traite	صفات	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1.Branches/plant	تعداد شاخه	1	0.10^{ns}	-0.006^{ns}	-0.07^{ns}	-0.05^{ns}	0.02^{ns}	-0.07^{ns}	-0.13^{ns}	-0.08^{ns}	0.17^{ns}	0.26^{ns}
2.Plant height(cm)	ارتفاع	0.44*	1	0.18^{ns}	–0.06^{ns}	0.15^{ns}	0.33^{ns}	-0.42*	0.09^{ns}	-0.04^{ns}	-0.21^{ns}	-0.28^{ns}
3.Seed and pod weight(g)	وزن غلاف کامل در بوته	0.35^{ns}	0.23^{ns}	1	0.79**	0.98**	0.06^{ns}	0.25^{ns}	0.11^{ns}	0.04^{ns}	0.29^{ns}	0.26^{ns}
4.Seeds/plant	تعداد دانه در بوته	0.23^{ns}	0.22^{ns}	0.71**	1	0.81**	-0.50**	0.64**	-0.35^{ns}	-0.35^{ns}	0.59**	0.58**
5.Yield/plant(g)	عملکرد دانه در بوته	0.34^{ns}	0.33^{ns}	0.85**	0.65**	1	0.03^{ns}	0.27^{ns}	0.07^{ns}	-0.005^{ns}	0.33^{ns}	0.26^{ns}
6.100-seed weight(g)	وزن ۱۰۰ دانه	0.51*	0.45*	0.17^{ns}	0.03^{ns}	0.37*	1	-0.73**	0.75**	0.69**	-0.64**	-0.63**
7.seeds per pod	تعداد دانه در غلاف	-0.02^{ns}	-0.02^{ns}	-0.31^{ns}	-0.44*	-0.26^{ns}	0.22^{ns}	1	-0.62**	-0.56**	0.61**	0.53**
8.Pod length(cm)	طول غلاف	0.28^{ns}	0.11^{ns}	-0.07^{ns}	-0.27^{ns}	0.15^{ns}	0.60**	0.28^{ns}	1	0.94**	-0.60**	-0.58**
9.Pod width(cm)	عرض غلاف	0.18^{ns}	-0.12^{ns}	-0.08^{ns}	-0.16^{ns}	-0.02^{ns}	0.28^{ns}	-0.004^{ns}	0.66**	1	0.53**	-0.48**
10.Day to 50% flowering	روز تا۵۰درصد گلدهی	-0.09^{ns}	-0.16^{ns}	0.21^{ns}	0.13^{ns}	-0.02^{ns}	-0.35^{ns}	-0.05^{ns}	–0.47**	-0.30^{ns}	1	0.83**
11.Day to 50% poding	روز تا۵۰درصد غلاف‌دهی	-0.23^{ns}	0.01^{ns}	0.01^{ns}	0.11^{ns}	-0.21^{ns}	-0.37^{ns}	-0.03^{ns}	–0.58**	-0.57**	0.64**	1

ns،* و **: به‌ترتیب عدم اختلاف آماری معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

ns,*and **: Not-significant, Significant at 5% & 1% probability level, respectively

جدول ۳- تجزیه ضرایب علیّت برای عملکرد دانه در شرایط بدون تنش خشکی

Table 3. Path analysis for grain yield in chickpea genotypes under non-drought stress condition

Traite	صفات	ضریب همبستگی Correlation Coff.	اثر مستقیم Direct effect	اثر غیرمستقیم از طریق Indirect effect via	
				1	2
Seed and pod weight	وزن غلاف کامل در بوته	0.85	0.81	-	0.04
100-seed weight	وزن ۱۰۰ دانه	0.37	0.23	40.1	-

جدول ۴- تجزیه ضرایب علیّت برای عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی

Table 4. Path analysis for grain yield in chickpea genotypes under drought stress condition

Traite	صفات	ضریب همبستگی Correlation Coff.	اثر مستقیم Direct effect	اثر غیرمستقیم از طریق Indirect effect via		
				1	2	3
Seed and pod weight	وزن غلاف کامل	0.98	0.76	-	0.21	0.01
Seeds/plant	تعداد دانه	0.81	0.27	0.60	-	-0.06
100-seed weight	وزن ۱۰۰دانه	0.03	0.12	0.05	-0.13	-

با توجه به منفی‌بودن تعداد دانه در غلاف می‌توان گفت که دو و یا سه بذری‌بودن باعث می‌شود که بذرها اندازه کوچک‌تر و درنتیجه وزن کمتر و با عملکرد رابطه منفی داشته باشد. عامل سوم با توجیه ۱۲/۲۸درصد از تغییرات شامل ضرایب عاملی مثبت و معنی‌دار برای صفات تعداد شاخه، ارتفاع بوته و وزن ۱۰۰دانه بود.

در شرایط تنش خشکی چهار عامل انتخاب شدند که در مجموع ۸۹/۶۶درصد از تغییرات را توجیه کردند (جدول ۵). عامل اول با توجیه ۴۴/۸۶درصد از تغییرات شامل صفات وزن ۱۰۰دانه و طول و عرض غلاف با ضرایب عاملی مثبت و معنی‌دار و تعداد دانه در غلاف، تعداد روز تا گلدهی و غلاف‌دهی با ضرایب عاملی منفی و معنی‌دار بود. عامل دوم که ۲۳/۴۲درصد ازتغییرات را توجیه نمود، صفات وزن غلاف کامل در بوته، تعداد دانه و عملکرد دانه در بوته با ضرایب عاملی مثبت و معنی‌دار را شامل شد. بنابراین این عامل را می‌توان عامل مؤثر بر عملکرد نام‌گذاری کرد. در صورتی‌که انتخاب بر اساس این عامل صورت گیرد، بیشترین تأثیر را بر عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی خواهد داشت. عامل‌های سوم و چهارم که به‌ترتیب ۱۱/۸۱ و ۹/۵۵درصد از تغییرات را به‌خود اختصاص دادند، دارای ضرایب عاملی مثبت و معنی‌دار برای صفات ارتفاع بوته و تعداد شاخه بودند.

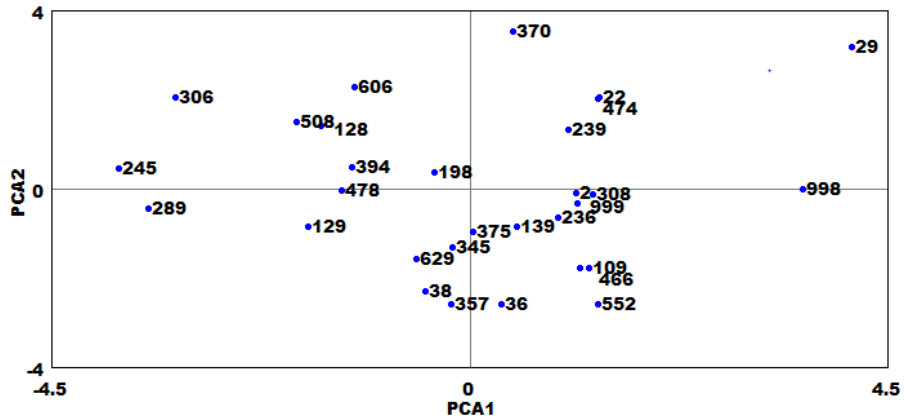
استفاده از روش‌های چندمتغیره تجزیه به عامل‌ها در شناسایی عوامل مستقلی که به‌طور جداگانه بر صفات مهم گیاهی مؤثر هستند، دارای اهمیت بوده و روزبه‌روز گسترش می‌یابد. با توجه به استفاده از چرخش وریماکس که واریانس بین عوامل را حداکثر می‌نماید، عواملی که درصد بیشتری از تغییرات بین صفات را توجیه نمایند، از اهمیت بیشتری برخوردار می‌باشند و بایستی مورد بررسی قرار گیرند. سایر محققان (Ebrahimi *et al.*, 2011; Alipuor *et al.*, 2011; Sabkdast & Khyalparast, 2008; *et al.*, 2006; Yucel) نیز در بررسی‌های خود برای نشان دادن صفات مؤثر بر عملکرد دانه از تجزیه به عامل‌ها استفاده کرده‌اند.

با توجه به‌این‌که در هر دو شرایط بدون تنش و تنش خشکی، 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 به‌دست‌آوردن پراکنش و شناسایی ژنوتیپ‌های برتر در دستگاه مختصات استفاده شد. تحت شرایط بدون تنش (شکل ۱)، ژنوتیپ‌های ۲۹، ۲۲، ۴۷۴، ۲۳۹، ۳۷۰ و ۹۹۸ که از نظر عامل‌های اول و دوم مثبت و بالاتر بودند، عملکرد دانه در بوته بیشتری در شرایط بدون تنش نشان دادند. تحت شرایط تنش خشکی نیز موقعیت ژنوتیپ‌ها براساس دو عامل اصلی اول و دوم بررسی شد (شکل۲) و ژنوتیپ‌های ۵۰۸، ۲۳۶ به‌همراه ژنوتیپ‌های شاهد جم (۹۹۸) و کورش(۹۹۹) که دارای عامل اول و دوم مثبت و بالاتری بودند، عملکرد دانه در بوته بیشتری تحت شرایط تنش خشکی نیز نشان دادند.

جدول۵- تجزیه به عامل‌ها در ژنوتیپ های نخود تحت شرایط بدون تنش و تنش خشکی

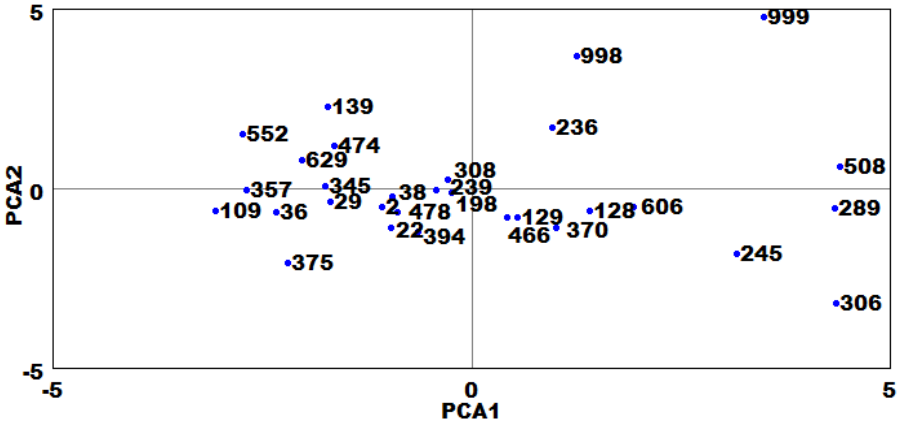
Table 5. Principal component analysis in chickpea genotypes under non-stress and drought stress conditions

Traite	صفات	عامل اول (First Factor)		عامل دوم (Second Factor)		عامل سوم (Third Factor)		عامل چهارم (Forth Factor)
		نرمال non-stress	تنش stress	نرمال non-stress	تنش stress	نرمال non-stress	تنش stress	تنش stress
Pod length	طول غلاف	0.79	0.96	-0.18	0.07	0.35	-0.03	-0.10
Pod width	عرض غلاف	0.82	0.95	-0.01	0.02	-0.08	-0.19	-0.02
Day to 50% flowering	روز تا گلدهی	-0.69	-0.66	0.12	0.38	-0.13	-0.31	0.33
Day to 50% poding	روز تا غلاف‌دهی	-0.88	-0.61	-0.08	0.34	-0.07	-0.38	0.45
Seed and pod weight	وزن غلاف کامل	-0.10	-0.70	0.86	0.98	0.31	0.08	0.03
Seeds/plant	تعداد دانه	-0.20	-0.43	0.82	0.86	0.13	-0.14	-0.05
Yield/plant	عملکرد دانه	0.12	-0.02	0.75	0.98	0.43	0.07	-0.01
Seeds per pod	تعداد دانه در غلاف	0.01	-0.70	-0.70	0.32	0.35	-0.44	-0.14
100-seed weight	وزن ۱۰۰ دانه	0.42	0.86	-0.01	-0.03	0.77	0.33	0.03
Plant height	ارتفاع	-0.11	0.08	0.12	0.12	0.78	0.95	0.07
Branches/plant	تعداد شاخه	0.19	-0.03	0.24	-0.06	0.68	0.10	0.94
Eigen values	مقادیر ویژه	3.34	4.94	2.95	2.58	1.35	1.30	1.05
Proportion of variance	درصد واریانس نسبی	30.32	44.86	26.78	23.43	12.28	11.82	9.56



شکل ۱- پراکنش ژنوتیپ‌های نخود بر اساس عامل اول و دوم ژنوتیپ‌های نخود تحت شرایط بدون تنش خشکی

Fig. 1. Distribution of chickpea genotypes on the basis of the first and the second components under non-drought stress condition



شکل ۲- پراکنش ژنوتیپ‌های نخود بر اساس عامل اول و دوم ژنوتیپ‌های نخود تحت شرایط تنش خشکی

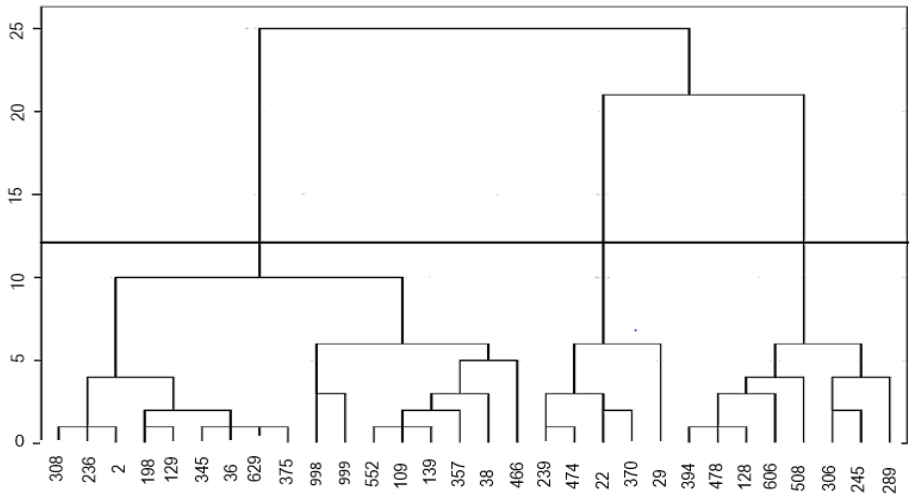
Fig. 2. Distribution of chickpea genotypes on the basis of the first and the second components under drought stress condition

تجزیه خوشه‌ای

نتایج گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها با روش ward و با استفاده از فاصله مربع اقلیدوسی در شرایط بدون تنش و تنش خشکی در شکل‌های ۳ و ۴ نشان داده شده است. بر اساس نتایج مذکور، ژنوتیپ‌ها در شرایط بدون تنش در سه کلاستر قرار گرفتند (شکل ۳) که ۱۷ژنوتیپ به‌همراه ارقام جم (۹۹۸) و کورش (۹۹۹) در کلاستر اول، پنج ژنوتیپ در کلاستر دوم و هشت ژنوتیپ در کلاستر سوم قرار گفتند. به‌منظور بررسی صحت گروه‌بندی‌های به‌دست‌آمده از روش تجزیه خوشه‌ای، از تابع تشخیص استفاده گردید (جدول۶). نتایج نشان داد که میزان موفقیت گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها هنگامی‌که ژنوتیپ‌ها در سه گروه قرار می‌گیرند ۱۰۰درصد می‌باشد که نشان از درستی گروه‌بندی دارد. همچنین به‌منظور بررسی بهتر گروه‌ها، برای تک‌تک صفات مورد بررسی به‌صورت جداگانه تجزیه واریانس یک‌طرفه انجام شد، به‌طوری‌که بین گروه‌ها در کلیه صفات مورد بررسی به‌جز تعداد دانه در غلاف اختلاف معنی‌داری مشاهده گردید. بنابراین ژنوتیپ‌های قرارگرفته در درون گروه‌ها نسبت به ژنوتیپ‌های قرارگرفته در گروه‌های متفاوت از نظر این صفات شباهت بیشتری با هم داشته و گروه‌بندی صحیح بوده است.

با توجه به نتایج حاصل از مقایسه میانگین برای هر کلاستر (جدول ۷)، ژنوتیپ‌های گروه اول کمترین میانگین عملکرد را داشتند، ولی نسبت به دو گروه دیگر زودرس‌تر بودند. ژنوتیپ‌های گروه دوم از نظر اکثر صفات و عملکرد دانه میانگین بیشتری نسبت به دو گروه دیگر و میانگین کل داشتند که ژنوتیپ‌های قرارگرفته در این گروه، ژنوتیپ‌های انتخاب‌شده در نمودار بای‌پلات می‌باشند. از آنجایی‌که زودرسی یکی از اهداف مهم اصلاحی در نخود بوده (Singh & Saxena,

1999; Siddique *et al*., 2003)، بنابراین از ژنوتیپ‌های موجود در این دو کلاستر می‌توان برای انتخاب ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا و زودرس در برنامه‌های تلاقی بعدی بهره گرفت. برای تعیین اختلاف ژنتیکی بین گروه‌ها، باید فاصله ژنتیکی بین آن‌ها محاسبه گردد. این اطلاعات برای تعیین والدین مناسب در برنامه‌های دورگ‌گیری مفید است. با استفاده از ماتریس تشابه بر اساس ضریب فاصله مربع اقلیدسی مشخص شد که ژنوتیپ‌های ۲۹ و ۲۸۹ دارای بیشترین فاصله ژنتیکی(۸۴/۴۶) بودند، در حالی‌که ژنوتیپ‌های ۳۰۸ و ۲۳۶ دارای کمترین فاصله ژنتیکی(۲/۴۷) بودند. بنابراین در برنامه‌های اصلاحی مربوط به انتقال صفات کیفی بین ارقام از طریق تلاقی برگشتی می‌توان از ژنوتیپ‌های با فاصله ژنتیکی کم و برای برنامه اصلاحی جهت دست‌یابی به هتروزیس بالا می‌توان از ژنوتیپ‌های با فاصله ژنتیکی بالا جهت تلاقی با همدیگر استفاده نمود.



شکل ۳- دندوگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌های نخود در شرایط بدون تنش خشکی

Fig. 3. Dendrogram of clustering chickpea genotypes under non-drought stress condition

در شرایط تنش ژنوتیپ‌های مورد بررسی در چهار کلاستر قرار گرفتند. در این شرایط نیز برای اطلاع از صحت گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها از تابع تشخیص برای چهار (جدول۸) و دو کلاستر استفاده شد. با توجه به نتیجه تابع تشخیص در هر دو حالت میزان موفقیت تابع ۱۰۰درصد بود، ولی با توجه به نتایج مقایسه میانگین و تجزیه واریانس مشاهده شد که وقتی ژنوتیپ‌ها در چهار کلاستر قرار می‌گیرند، اختلاف بیشتری بین صفات در گروه‌های مختلف وجود دارد. بنابراین ژنوتیپ‌های موردنظر در چهار کلاستر قرار داده شدند که ۹ژنوتیپ در کلاستر اول، ۱۵ژنوتیپ در کلاستر دوم، دو رقم جم و کورش در کلاستر سوم و چهار ژنوتیپ در کلاستر چهارم قرار گرفتند (شکل ۴).

جدول۶- نتایج تابع تشخیص برای صحت گروه‌بندی ژنوتیپ‌های نخود تحت شرایط بدون تنش خشکی

Table 6. Result of discriminant analysis to confirmation chickpea genotype classification under non-drought stress condition

گروه‌بندی (Grouping)		اعضای گروه (Group)			جمع کل (Total)
		1	**2**	**3**	
مجموع (Sum)	1	17	0	0	17
	2	0	5	0	5
	3	0	0	8	8
درصد(%)	1	100	0	0	100
	2	0	10	0	100
	3	0	0	100	100

جدول ۷- مقایسه میانگین و انحراف معیار صفات گروه‌ها در تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌های نخود تحت شرایط بدون تنش خشکی

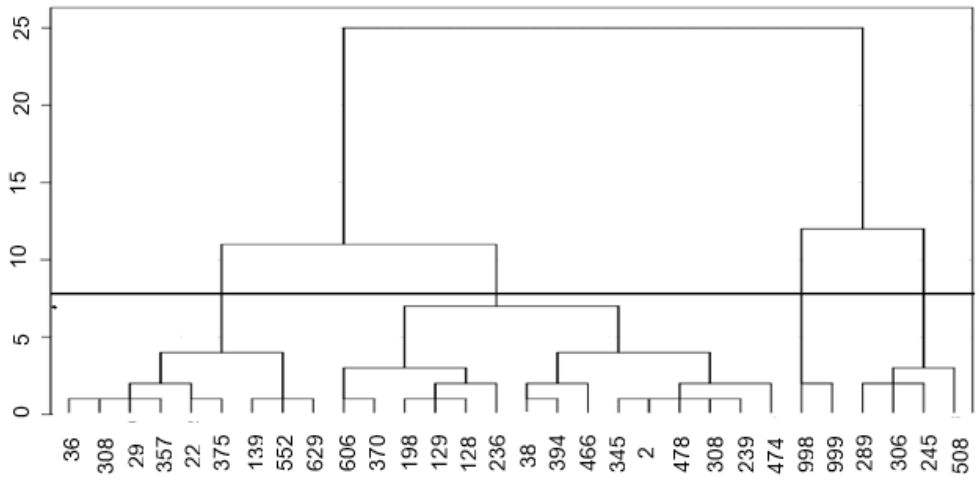
Table 7. Cluster analysis results in chickpea genotypes under non-drought stress condition

Traite	صفات	کلاستر اول Cluster I	کلاستر دوم Cluster II	کلاستر سوم Cluster III	میانگین کل Total mean
		17	5	8	
Branches.plant	تعداد شاخه	2.60^{ab}±0.21	2.95^{a}±0.64	2.41^{b}±0.29	2.62
Plant height	ارتفاع	37.82^{ab}±2.89	40.79^{a}±2.55	36.10^{b}±2.73	38.02
Seed and pod weight	وزن غلاف کامل در بوته	24.21^{b}±5.39	41.26^{a}±7.19	29.48^{b}±4.27	28.40
Seeds.plant	تعداد دانه در بوته	74.86^{c} ±17.70	155.08^{a}±16	108.80^{b}±29.91	96.84
Yield.plant	عملکرد دانه در بوته	17.94^{b}±5.78	29.18^{a}±4.88	19.72^{b}±4.67	20.31
100-seed weight	وزن ۱۰۰ دانه	21.55^{a}±4.15	23.57^{a}±3.38	16.15^{b}±3.47	20.53
Seeds per pod	تعداد دانه در غلاف	1.05^{a}±0.15	0.94^{a}± 0.11	0.90^{a}±0.22	0.99
Pod length	طول غلاف	19.76^{a} ±1.42	19.84^{a}±1.17	16.77^{b}± 1.31	19.08
Pod width	عرض غلاف	10.62^{a}±1.84	10.25^{ab}±0.93	8.76^{b}±0.40	10.12
Day to 50% flowering	روز تا ۵۰درصد گلدهی	75.27^{b}±2.71	75.80^{b}±1.26	78.30^{a}±3.17	75.93
Day to 50% poding	روز تا ۵۰درصد غلاف‌دهی	86.41^{b}±1.83	87.07^{ab}± 1.38	88.50^{a}±1.41	86.96

*در هر ردیف، مقادیری با حروف غیرمشترک، اختلاف معنی‌داری با هم دارند (آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد)

*Means by the uncommon letter in each row are significantly different according to Duncan's multiple range tests (5%)

نتایج تجزیه واریانس یک‌طرفه نشان داد که بین گروه‌ها در کلیه صفات مورد بررسی به‌جز تعداد شاخه اختلاف معنی‌داری وجود داشت. با توجه به مقایسات میانگین و انحراف معیار برای هر کلاستر(جدول ۹)، مشخص شد که ژنوتیپ‌های گروه اول ژنوتیپ‌هایی زودرس هستند و کمترین میانگین را از نظر وزن غلاف با دانه، تعداد دانه و عملکرد دانه دارند. بنابراین ژنوتیپ‌های این گروه را می‌توان به‌عنوان ژنوتیپ‌های زودرس در این تحقیق معرفی کرد. ژنوتیپ‌های گروه دوم از نظر اکثر صفات حد متوسطی را نشان دادند و نزدیک به میانگین کل بودند. ژنوتیپ‌های موجود در گروه سوم از نظر وزن غلاف با دانه، تعداد دانه، عملکرد دانه، تعداد دانه در غلاف بیشترین مقدار را به‌خود اختصاص دادند. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که ژنوتیپ‌های موجود در کلاستر سوم اهمیت به‌سزایی در برنامه‌های گزینش برای دست‌یابی به عملکرد بالاتر و برنامه‌های تلاقی بعدی دارند. ژنوتیپ‌های موجود در کلاستر چهارم نسبت به سه گروه دیگر دیررس‌تر بودند. با توجه به اهمیت عملکرد دانه و زودرسی که از اهداف مهم اصلاحی نخود می‌باشد، می‌توان از تلاقی ژنوتیپ‌های موجود در گروه سوم و گروه اول برای تولید ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا و زودرس استفاده کرد. در شرایط تنش نیز ژنوتیپ‌های ۹۹۹ (کوروش) و ۱۰۹ دارای بیشترین فاصله ژنتیکی(۸۴,۷۳) و ژنوتیپ‌های ۳۴۵ و ۲ دارای کمترین فاصله ژنتیکی (۴۸,۱) بودند.



شکل ۴- دندوگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌های نخود در شرایط تنش خشکی

Fig. 4. Dendrogram of clustering chickpea genotypes under drought stress condition

جدول۸- نتایج تابع تشخیص برای صحت گروه‌بندی ژنوتیپ‌های نخود تحت تنش خشکی

Table 8. Result of discriminant analysis to confirmation chickpea genotype classification under drought stress condition

گروه‌بندی (Grouping)		اعضای گروه (Group)				جمع کل (Total)
		1	2	3	4	
مجموع (Sum)	1	9	0	0	0	17
	2	0	15	0	0	5
	3	0	0	2	0	8
	4	0	0	0	4	
درصد(٪)	1	100	0	0	0	100
	2	0	100	0	0	100
	3	0	0	100	0	100
	4	0	0	0	100	100

جدول ۹- مقایسه میانگین و انحراف معیار صفات گروه‌ها در تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌های نخود تحت شرایط تنش خشکی

Table 9. Cluster analysis results in chickpea genotypes under drought stress condition

Traits	صفات	کلاستر اول Cluster 1	کلاستر دوم Cluster 2	کلاستر سوم Cluster 3	کلاستر چهارم Cluster 4	میانگین کل Total mean
		9	15	2	4	
Branches/plant	تعداد شاخه	2.43^{a}±0.08	2.42^{a}±۰.۲۴	2.26^{a}±0.27	2.43^{a}±۰.۲۲	2.41
Plant height	ارتفاع	34.57^{ab}±1.04	36.81^{a}±2.43	34.84^{ab}±1.17	32.15^{ab}±2.36	35.38
Seed and pod weight	وزن غلاف کامل در بوته	16.12^{b}±4.69	17.81^{b}± 2.56	31.88^{a}±3.63	18.18^{b}±5.29	18.29
Seeds.plant	تعداد دانه در بوته	39.24^{c}±9.24	56.48^{c}± 10.39	130.71^{a}±32.99	91.05^{b}±3.19	60.87
Yield.plant	عملکرد دانه در بوته	10.86^{b}±3.44	12.84^{b}± 1.90	26.56^{a}±1.92	3.28^{b}±3.82	13.22
100-seed weight	وزن ۱۰۰ دانه	26.11^{a}±3.47	22.35^{a}±3.62	22.03^{a}±5.70	14.92^{b}±1.79	22.33
seeds per pod	تعداد دانه در غلاف	0.83^{c}±0.07	0.93^{c}±0.10	1.00^{b}±0.08	1.21^{a}±0.04	0.94
Pod length	طول غلاف	20.47^{a}±0.78	18.08^{b}±0.88	19.82^{a}±0.06	15.11^{c}±1.21	18.52
Pod width	عرض غلاف	10.86^{a}±0.30	9.06^{c}±0.47	10.05^{b}±0.29	8.13^{d}±0.53	9.54
Day to 50% flowering	روز تا ۵۰درصد گلدهی	74.70^{b}±1.54	76.31^{b}±1.96	80.00^{a}±2.36	80.92^{a}±2.70	76.69
Day to 50% poding	روز تا ۵۰درصد غلاف‌دهی	85.11^{b}±1.49	^{b}85.38±.1.72	87.67^{a}±0.47	89.50^{a}±0.84	86

*در هر ردیف، مقادیری با حروف غیرمشترک، اختلاف معنی‌داری با هم دارند (آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد)

*Means by the uncommon letter in each row are significantly different according to Duncan's multiple range tests (5%)

نتیجه‌گیری

نتایج همبستگی‌های فنوتیپی، رگرسیون مرحله‌ای، تجزیه علیت صفات مورد بررسی در ژنوتیپ‌های نخود تحت دو شرایط بدون تنش و تنش خشکی نشان داد که صفات وزن غلاف کامل در بوته، تعداد دانه در بوته و وزن ۱۰۰دانه، از جمله صفات مهم و تأثیرگذار بر عملکرد دانه در بوته در هر دو شرایط بودند که برای گزینش ژنوتیپ‌هایی با عملکرد دانه بالا می‌توان گزینش هم‌زمانی را برای این صفات انجام داد. با توجه به این‌که بیشترین تنوع برای این صفات در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی مشاهده شد، بنابراین می‌توان با انتخاب و اصلاح برای این صفات، عملکرد دانه در بوته را به‌نحو مطلوبی افزایش داد. در هر دو شرایط عامل‌های اول و دوم که بیشترین درصد تغییرات داده‌ها را توجیه کردند، به‌عنوان عامل‌های عملکرد و اجزای عملکرد معرفی شدند که پس از ترسیم بای‌پلات در شرایط بدون تنش ژنوتیپ‌های ۲۹، ۲۲، ۴۷۴، ۲۳۹، ۳۷۰ و شاهد جم (۹۹۸)، و در شرایط تنش خشکی ژنوتیپ‌های ۵۰۸، ۲۳۶ به‌همراه شاهد جم (۹۹۸) و کورش(۹۹۹) که از نظر عامل‌های اول و دوم مثبت و بالاتر بودند، به‌عنوان ژنوتیپ‌های برتر انتخاب شدند. با توجه به نتایج تجزیه خوشه‌ای در شرایط بدون تنش و تنش ژنوتیپ‌های مورد بررسی به‌ترتیب در سه و چهار گروه قرار گرفتند که در تمایز ژنوتیپ‌ها بر اساس صفات موردنظر به‌صورت مطلوب عمل کرد و پراکنش ژنوتیپ‌ها بر اساس نمودار بای‌پلات را تأیید می‌کرد.

منابع

1. Acikgoz, N., and Acikgoz, N. 1994. Path analysis for evaluation of characters affecting seed yield in chickpeas at different sowing time. Crop Science Congress 2: 121-125.
2. Acquaah, G., Adams, M.W., and Kelly, J.D. 1991. Identification of effective indication of erect plant arquitecture in dry bean ideotype. Crop Science 31: 261-264.
3. Ali Pour Yamchi, H., Bihamta, M.R., Peighambari, S.A., Naghavi, M., and Shafiee Khorshidi, M. 2011. Evaluation of genetic diversity and classification of Kabuli chickpea genotypes in late season drought stress .Journal of Crop Breeding 3(7): 53-70. (In Persian with English Summary).
4. Ali, Q., Ahsan, M., Khan, N.H., Ali, F., Elahi, M., and Elahi, F. 2012. Genetic analysis for various quantitative traits of chickpea (*Cicer arietinum* L.). International Journal for Agro Veterinary and Medical Sciences 6(1): 51-57.
5. Bernier, J., Altin, G.N., Serraj, R., Kumar, A., and Spaner, D. 2007. Review: Breeding upland rice for drought resistance. International Rice Research Institute. 33P.
6. Broughton, W.J.G., Hernández, M., Blair, S., Beebe, P., and Vanderleyden, J. 2003. Beans (*Phaseolus* spp) model food legume. Plant Soil 252: 55-128.
7. Chaghamirza, K., and Farshadfar, E. 2005. Study of relationships between yield and yield components in chickpea. Abstracts of the 9th Iranian Congress of Crop Science and Plant Breeding, College of Agriculture, Unicersity of Tehran, Karaj, Iran. (In Persian).
8. Cheghamirza, S. 2007. Evaluation of Genetic Diversity in Chickpea using Agronomic Traits. MSc. Thesis, Faculty of Agriculture, Islamic Azad University of Kermanshah, Kermanshah, Iran (In Persian).
9. Ciftci, V., Togay, N., Togay, Y., and Dogan, Y. 2004. Determining relationships among yield and some yield components using path coefficient analysis in chickpea (*Cicer arietinum* L.). Asian Journal of Plant Sciences 3(5): 632-635.
10. Ebrahimi, M., Bihamta, M.R., Hossein zadeh, A.H., Khiyalparast, F., and Golpashi, M. 2010. Evaluation of reaction yield and yield components of white bean genotypes under water stress. Iranian Journal of Field Crops Research 8: 347-358. (In Persian).
11. FAO. 2008. Food Outlook, Global Market Analysis. http://www.fao.Food outlook.com.
12. Farshadfar, A., Zamani, M.R., Motallebi, M., and Emam Jomae, A. 2001. Selection for drought resistance in chickpea lines. Iranian Journal of Agricultural Sciences 32 (4): 65-77. (In Persian).
13. Fazeli, F., and Cheghamirza, K. 2011. Genetic variation in Iranian chickpea (*Cicer arietinum* L. Kabuli type) based on agronomic traits and RAPD marker. Seed and Plant Improvement Journal 1-27(4): 555-579. (In Persian).
14. Ganjeali, A., Porsa, H., and Bagheri, A. 2011. Response of yield and morphophysiological characteristics of earliness chickpea genotypes (*Cicer arietinum* L.) under drought stress. Iranian Journal of Pulses Research 2(1): 65-80. (In Persian with English Summary).
15. ICARDA. 1997. Food Legume Improvement Program: Annual Report 1996. Aleppo. Syria: ICARDA.
16. Kanouni, H., and Malhotra, R.S. 2003. Genetic variation and relationships between traits in chickpea (*Cicer arietinum* L.) lines under dryland conditions. Iranian Journal of Field Crop Science 5(3):185-193. (In Persian with English Summary).
17. Kayan, N., and Adak, M.S. 2012. Associations of some characters with grain yield in Chickpea (*Cicer arietinum* L.). Pakistan Journal Botany 44(1): 267-272.
18. Malik, S.R., Bakhsh, A., Asif, M.A., Iqbal, U., and Iqbal, S.M. 2010. Assessment of genetic variability and interrelationship among some agronomic traits in chickpea. International Journal of Agriculture and Biology 12(1): 81-85.
19. Mardi, M., Taleei, A.R., and Omidi, M. 2003. Study of genetic diversity and identification of yield components in desi chickpea. Iranian Journal of Agricultural Science 34(2): 345-351. (In Persian).
20. Meena, H.P., Kumar, J., Upadhyaya, H.D., Bharadwaj, C., Chauhan, S.K., Verma, A.K., and Rizvi, A.H. 2010. Chickpea mini core germplasm collection as rich sources of diversity for crop improvement. Journal of SAT Agricultural Research 8: 1-5.
21. Nielsen, D.C. 2001. Production function for chickpea, field pea, and lentil in the central great plains. Agronomy Journal 93: 563-569.
22. Ozdemir, S. 1996. Path coefficient analysis for yield and its components in chickpea. International Chickpea and Pigeonpea Newsletter 3: 9-21.
23. Rezaeyan Zadeh, E., Parsa, M., Ganjali, A., and Nezami, A. 2011. Responses of yield and yield components of chickpea cultivars (*Cicer arietinum* L.) to supplemental irrigation in different phenology stages. Journal of Water and Soil 25(5): 1080-1095. (In Persian with English Summary).

24. Sabokdast, M., and Khyalparast, F. 2008. A study of relationship between grain yield and yield components in Common bean cultivars (*Phaseolus vulgaris* L.). Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural of Resource 11(42) : 123-134. (in Persian).
25. Sharma, P.P., and Maloo S.R. 1988. Correlation and path coefficient analysis in Bengal gram (*Cicer arietinum* L.). Journal of Maharashtra Agriculture University 75(3-4): 95-98.
26. Siddique, K.H.M., Loss S.P., and Thomsons, B.D. 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.
27. Singh, K.B., and Saxena, M.C.1999. Studies on drought tolerance. Annual Report, ICARDA, Aleppo, Syria. pp: 108-113.
28. Singh, K.B., Bejiga, G., and Malhotra, R.S. 1990. Associations of some characters with seed yield in chickpea collection. Euphytica 49: 83-88.
29. Takeda, S., and Matsuoka, M. 2008. Genetic approaches to crop improvement: responding to environmental and population change. Nature 9: 444-457.
30. Toker, G., and Cagirgan, M.I. 2004. The use of phenotypic correlations and factor analysis in determining characters for grain yield selection in chickpea (*Cicer arietinum* L.). Hereditas 140: 226-228.
31. Uddin, M.J., Hamid, M.A., Rahman, A.R.M.S., and Newaz, M.A. 1990. Variability, correlation and path analysis in chickpea (*Cicer arietinum* L.) in Bangladesh. Bangladesh Journal, Plant Breeding and Genetics 3: 51-55.
32. Viakumar, C., Salmath, P.M., Goud, J.V., and Parameshw, R. 1991. Genetic variability and genotype environment interaction in Chickpea. Journal of Maharashtra Agriculture University 16(1): 37-39.
33. Yousefi, B., Kazemi Arbat, H., RahimZadeh Khoyi, F., and Moghadam, M. 1997. Study for some agronomic traits in chickpea cultivars under two irrigation regimes and path analysis of traits under study. Journal of Agricultural Sciences 147-162. (In Persian with English Summary).
34. Yucel, D.O., Anlarsal, A.E., and Yucel, C. 2006. Genetic variability, correlation andpath analysis of yield, and yield components in chickpea (*Cicer arietinum* L.). Turkish Journal of Agriculture and Forestry 30: 183-188.
35. Zali, H., Farshadfar, E., and Sabaghpour, S.H. 2011. Genetic variability and interrelationships among agronomic traits in chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes. Crop Breeding Journal 1(2): 127-132.

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 8, No. 1, 2017, p. 83-96

Genetic diversity and relationships between some agronomic traits of chickpea genotypes (*Cicer arietinum* L.) under non-stress and terminal drought stress conditions

Rezaeinia[1], M., Bihamta[2*], M.R., Peyghambari[2], S.A., Abbsi[2], A.R. & Gharajedaghi[1], F.

1- MSc Student, College of Agronomy, University of Tehran
2- College of Agronomy, University of Tehran

Received: 06 September 2015
Accepted: 18 November 2015

DOI: 10.22067/ijpr.v8i1.48717

Introduction

Legumes are one of the most important sources of protein in the diet of many people in developing countries and are the second largest source of human food. Chickpea (*Cicer arietinum* L.) ranks 2nd in cultivated area of legumes in the world. Low chickpea performance in Iran with respect to environmental conditions and inaccessibility to adequate water and appropriate genotype and little breeding works has been done on it. Since the main components of genetic and environmental factors that determine the yield and quality of plants, the main purpose of the selection of breeding indices, should focus more on the effects of genetic factors. Genetic diversity in chick pea collection can be used in breeding program for selection of genotype with desirable agronomic traits. Studying relationships between agronomic traits would assist breeders to identify the effective traits and use proper selection intensity in their breeding programs.

Material & Methods

In order to evaluate the genetic diversity and identify relationships between yield with other morphological traits, in chickpeas genotype, 28 Kabuli genotypes with two controls i.e. Jam and Kourosh, under non-stress and terminal drought stress condition, an experiment was carried out in a complete block design with three replications on research farm of University of Tehran in 2013.

Results & Discussion

For most of the traits, results showed that there were significant differences among genotypes which revealed genetic variation among them. The results of phenotypic correlation under non-stress condition showed that seed yield per plant had significant and positive correlation with seed and pod weight per plant, number of seeds per plant and 100 seed weight. Results under drought stress condition showed that seed yield per plant with seed and pod weight and number of seeds per plant had significant and positive correlation at 1% probability level. According to the results of phenotypic correlations, stepwise regression, path analysis in both conditions (non-stress and with terminal stress), it could be concluded that, the traits such as seed and pod weight per plant, 100-seed weight, and number of seeds per plant were most important and effective traits affecting yield and considering that among the genotypes. Since most variation was observed among genotypes for these traits, therefore selecting and breeding for them could be ideal for improving yield. Based on factor analysis under the non-stress condition, the three factors were selected that explained 69.3 percent of the total variations. The first, second, and third factors were explained 30.32, 26.78 and 12.28 percent of the variations, respectively. The second factor that included five traits (seed and pod weights per plant, number of seeds per plant, seed yield per plant and number of seed per pod) was introduced as the components of yield. Under the terminal drought stress condition, four factors selected that totally were explained 89.6 percent of the variations. The first, second, third and fourth factors were explained as 44.86, 23.43, 11.82 and 9.56 percent of the variations, respectively. In these conditions also, the

∗**Corresponding Author:** pomato1960@yahoo.com; Mobile: 09121594338

second factor that included four traits (seed and pod weights per plant, number of seeds per plant and seed yield per plant) was introduced as components of yield. Therefore, these two factors used to identify genotypes with high yield and yield components, in non-stress condition the genotypes 22,474,239,370 and control genotype Jam (No. 998), and in stress condition the genotypes 508,236 with two control genotypes Jam (No. 998) and Kourosh (No, 999) were selected as high yield and component yield genotypes. According to the results of cluster analysis based on the square Euclidian distance and Ward method, under non-drought stress condition the genotypes classified in 3 clusters. The genotypes of second cluster had high yield comparing with the other clusters and total genotypes average. According to the results of cluster analysis under drought stress condition, the genotypes classified in 4 clusters that the genotypes of third cluster, in seed and pod weights per plant, number of seeds per plant, seed yield per plant and number of seed per pod traits had the highest average comparing with other clusters and total genotypes average. According to the result of cluster analysis, the genotypes in third cluster with two control genotypes (Jam and Kourosh) could be use for produce hybrids and getting yield hybrids.

Conclusion

According to the results, the studied chickpea germplasm, are valuable resources, in addition to possess new traits provide high diversity for breeders to improve of the new varieties.

Key words: Cluster analysis, Factor analysis, Morphological traits, Path-analysis