علوم گیاهان زراعی ایران
دورهٔ ۴۷، شمارهٔ ۱، بهار ۱۳۹۵ (ص ۱۶۳-۱۵۵) DOI: 10.22059/ijfcs.2016.57868

برآورد تنوع ژنتیکی، وراثت‌پذیری و رابطهٔ بین عملکرد دانه و اجزای وابسته در ژنوتیپ‌های نخود پاییزه در شرایط دیم

همایون کانونی*
دانشیار پژوهشی، بخش تحقیقات اصلاح و تهیهٔ نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کردستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، سنندج، ایران
(تاریخ دریافت: ۱۳۹٤/۷/۸ - تاریخ تصویب: ۱۳۹٤/۸/۱۳)

چکیده

به‌منظور برآورد تنوع، وراثت‌پذیری، روابط بین صفات و تأثیر مستقیم و غیرمستقیم بین عملکرد دانه و اجزای عملکرد، چهارده رگهٔ (لاین) نخود سفید به مدت سه سال (۹۳-۱۳۹۰) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار، ارزیابی شدند. نتایج تجزیهٔ مرکب گویای معنی‌دار بودن تفاوت بین ژنوتیپ‌ها در اغلب صفات بود. بالاترین مقدار ضریب تغییرات فنوتیپی به ترتیب برای عملکرد دانه، شمار غلاف در بوته و شمار دانه در بوته و بالاترین مقدار ضریب تغییرات ژنوتیپی به ترتیب برای عملکرد دانه، عملکرد زیست‌توده (بیولوژیک) و ارتفاع بوته به دست آمد. این نتایج مبین این نکته بود که اصلاح این صفات از راه گزینش محتمل است. وراثت‌پذیری بالا همراه با بهرهٔ ژنتیکی میانگین بالا برای عملکرد دانه، شمار دانه در غلاف و وزن صددانه نشان داد که گزینش فنوتیپی برای این صفات می‌تواند مؤثر باشد. عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌دار با عملکرد زیست‌توده و شمار شاخه‌های اولیه داشت؛ لذا این صفات را می‌توان برای گزینش ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در نخود استفاده کرد. تجزیهٔ مسیر آشکار ساخت که شمار دانه در بوته و به دنبال آن شمار شاخهٔ اولیه ، وزن صددانه و عملکرد زیست‌توده تأثیر مستقیم مثبتی بر عملکرد دانه داشتند. همچنین می‌توان شمار شاخه‌های اولیه، شمار شاخه‌های ثانویه و شمار روز تا گلدهی را به‌عنوان معیار گزینش غیرمستقیم برای عملکرد دانهٔ بالاتر به کار برد.

واژه‌های کلیدی: بهرهٔ ژنتیکی، تجزیهٔ علیت، نخود، وراثت‌پذیری، همبستگی.

مقدمه

از کل حبوبات تولیدی جهان، ۱۲درصد مربوط به نخود است (Yadav *et al*., 2015). در مقیاس جهانی، نخود زراعی (*Cicer arietinum* L.) پس از نخودفرنگی و لوبیا مقام سوم را ازلحاظ تولید و سطح زیر کشت دارد. بنا بر آخرین آمار سازمان خواروبار و کشاورزی (فائو)، تولید و سطح زیر کشت نخود ایران در سال ۲۰۱۳ میلادی به ترتیب ۲۹۵ هزار تن و ۵۵۰ هزار هکتار و میانگین عملکرد دانهٔ آن ۵۱۹ کیلوگرم در هکتار بوده است (FAOSTAT, 2013). نخود نقش مهمی در برنامهٔ غذایی مردم کشورهای درحال توسعه داشته و منبع پروتئینی باارزشی برای تهیدستان جامعه که توانایی خرید تولیدات دامی را ندارند، است. از سوی دیگر، نخود همانند دیگر گیاهان خانوادهٔ لگومینوز، با تثبیت نیتروژن اتمسفر تولید در نظام‌های زراعی را بهبود بخشیده و باشکستن چرخهٔ زندگی آفات و بیماری‌ها، عملکرد گیاهان موجود در تناوب زراعی (به‌ویژه غلات) را افزایش می‌دهد (Kanouni & Malhotra, 2003). در مناطق معتدل سردسیر، نخود به‌طور سنتی در بهار کشت می‌شود. لذا مراحل گلدهی

* تلفن: ۰۹۱۸۳۷۱۴۳۱۵
E-mail: hkanouni@yahoo.com

و رسیدگی گیاه با تنش گرما و خشکی روبه‌رو شده و از عملکرد محصول تا حد زیادی کاسته می‌شود. در سال‌های اخیر، با ایجاد و معرفی رقم‌های جدید مقاوم به سرما و برق‌زدگی، امکان کشت نخود در پاییز فراهم شده و با افزایش کارایی مصرف آب، تولید و پایداری عملکرد نخود به‌طور شایان توجهی بهبود یافته است (Güler *et al*., 2001; Mallu *et al*., 2015).

پیشرفت در اصلاح نباتات به وجود تنوع بستگی دارد، چراکه ژنوتیپ‌های برتر از درون جمعیت‌های یکنواخت و همگن (هموژن) شایان گزینش نیستند (Allard & Hansche, 1964). در آغاز یک برنامهٔ بهنژادی، آگاهی از ماهیت و میزان تنوع ژنتیکی صفات به تنظیم برنامهٔ بهنژادی و تلاش برای اصلاح رقم‌های برتر کمک می‌کند. Singh *et al*. (1990) بر این باورند که اصلاحگران نخود باید برآوردهای وراثت‌پذیری و بهرهٔ ژنتیکی را با هم در نظر بگیرند، زیرا وراثت‌پذیری به‌تنهایی معیار خوبی برای تعیین میزان تنوع ژنتیکی شایان استفاده نیست. اینکه آیا تفاوت‌های مشاهده‌شده مابین افراد برآیندی از تفاوت‌ها در آرایش ژنتیکی آن‌هاست و یا دلیل آن تأثیر محیطی است، به وراثت‌پذیری مربوط می‌شود و پیشرفت ژنتیکی برای اصلاح با گزینش از طریق مقایسهٔ بین جمعیت مبدأ و جمعیت جدید استفاده می‌شود (Yücel *et al*., 2006).

بهنژادگران همیشه به دنبال ایجاد تنوع ژنتیکی و یا بهره‌برداری از تنوع موجود برای گزینش انواع مطلوب بوده‌اند. عملکرد دانه نتیجهٔ صفات چندی است که با یکدیگر و با عملکرد دانه همبسته هستند و با تجزیهٔ رابطهٔ مابین صفات و همبستگی آن‌ها با عملکرد دانه می‌توان یک معیار گزینشی مناسب برقرار کرد. ضریب همبستگی از دو جزء تشکیل شده است، یک جزء، تأثیر مستقیم متغیر مستقل روی متغیر تابع و جزء دوم، اثرگذاری‌های غیرمستقیم متغیر مستقل است. سودمندی تجزیهٔ علیت آن است که امکان تقسیم‌بندی ضریب‌های همبستگی به اجزای آن را فراهم می‌کند (Dewey & Lu, 1959).

اطلاعات به‌دست‌آمده از بررسی تنوع ژنتیکی، وراثت‌پذیری و همبستگی بین صفات مختلف پایهٔ کار بهنژادگران برای اصلاح ژنوتیپ‌های نخود با ظرفیت عملکرد بالاتر است. گزینش بر مبنای یک صفت چندژنی (پلی‌ژنیک) مانند عملکرد دانه، به‌طورمعمول کارایی بالایی ندارد، ولی گزینش بر مبنای اجزای آن می‌تواند سودمند باشد (Moghaddam *et al*., 1997).

در این تحقیق، رابطهٔ بین صفات، اجزای واریانس، ضریب تغییرات فنوتیپی و ژنتیکی، وراثت‌پذیری عمومی و پیشرفت ژنتیکی برای عملکرد دانه و برخی صفات کمّی در چهارده ژنوتیپ نخود تعیین شدند. همچنین برای ارزیابی صفاتی که به‌طور مستقیم و غیرمستقیم عملکرد دانه را تحت تأثیر قرار می‌دهند تجزیهٔ علیت انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به مدت سه سال زراعی (۹۳-۱۳۹۰) در ایستگاه سارال کردستان واقع در ۶۵ کیلومتری جادهٔ سنندج-سقز اجرا شد. این ایستگاه در ′۴۰ °۳۵ عرض شمالی و ′۰۷ °۴۷ طول شرقی واقع شده و ارتفاع آن از سطح دریا برابر با ۲۱۲۰ متر است. محل اجرای آزمایش خاک زراعی عمیق با بافت میانگین و ساختمان دانه‌ای کلوخه‌ای داشت. میانگین درازمدت بارندگی و دمای ایستگاه سارال به ترتیب برابر با ۳۹۷ میلی‌متر و ۱۷/۰۸ درجهٔ سلسیوس است. وضعیت آب و هوایی ایستگاه یادشده در سال‌های اجرای این تحقیق در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱. شرایط آب و هوایی ایستگاه سارال در سال‌های اجرای آزمایش

Table 1. Weather conditions of Saral station during years of the experiment conduction

Year	Temperature (°C)		Precipitation (mm)
	Min	Max	
2001-2	-16.05	36.66	305.11
2002-3	-20.41	30.18	352.80
2003-4	-18.22	32.80	280.49

چهارده رگهٔ (لاین) نخود موردنظر در این تحقیق، شامل دوازده ژنوتیپ حاصل از تلاقی بین رگه‌های آزمایشی با منشأ مرکز بین‌المللی تحقیقات برای مناطق خشک (ایکاردا) و دو رقم جم و سفید محلی کردستان بودند (جدول۲). این رگه‌ها در قالب آزمایش بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار کشت شدند. مساحت

واحدهای آزمایشی ۴/۸ مترمربع بود که چهار ردیف ۴متری کاشت را در خود جای دادند. فاصلهٔ ردیف‌ها و بوته‌ها از یکدیگر به‌ترتیب ۳۰ و ۱۰سانتی‌متر بود. عملیات زراعی مطابق با توصیه‌های فنی و به‌زراعی انجام شد.

جدول ۲. فهرست رگه‌های نخود آزمایشی
Table 2. List of experimental chickpea lines

No.	Line	Pedigree
1	Urmia-01	(S 00787* FLIP 98-28C)* ILC 1929
2	Urmia-02	(S 00791* FLIP 98-23C)* ICCV2
3	Urmia-03	FLIP 98-131C* FLIP 99-47C
4	Urmia-04	FLIP 97-195C* FLIP 97-23C
5	Urmia-05	FLIP 98-128C* FLIP 97-102C
6	Urmia-06	FLIP 97-220C* FLIP 98-178C
7	Urmia-07	FLIP 98-131C* FLIP 98-50C
8	Urmia-08	FLIP 97-220C* FLIP 98-178C
9	Urmia-09	FLIP 98-130C* Lebanese market
10	Urmia-10	(FLIP 97-81C* FLIP 97-25C)*ICCV2
11	Urmia-11	(FLIP 97-149C* FLIP 97-26C)* ICCV2
12	Urmia-12	(FLIP 98-28C* FLIP 98-22C)* ICCV2
13	Check (Djam)	--
14	Local check	--

در طول فصل زراعی از یازده صفت مختلف یادداشت‌برداری شد. شمار روز از کاشت تا هنگامی‌که ۵۰درصد از بوته‌های دو ردیف وسطی هر کرت (پلات) دست‌کم یک گل داشته باشند به‌عنوان شمار روز تا گلدهی (DF) برای هر واحد آزمایشی ثبت شد. شمار روز از کاشت تا مرحله‌ای که ۹۰درصد از بوته‌های هر کرت به حد رسیدگی فیزیولوژیک برسند یعنی هنگامی‌که غلاف‌ها رنگ‌دانهٔ خود را از دست داده و آغاز به خشک شدن کنند، به‌عنوان معیار شمار روز از کاشت تا رسیدگی کامل (DM) در نظر گرفته شد. میانگین ارتفاع پنج بوتهٔ تصادفی انتخاب‌شده از دو ردیف وسطی هر کرت در زمان رسیدگی فیزیولوژیک به‌عنوان ارتفاع بوته (PHT) برحسب سانتی‌متر ثبت شد. شمار شاخه‌های اولیه (PBN) با میانگین‌گیری شمار شاخهٔ اولیهٔ پنج بوتهٔ تصادفی انتخاب‌شده از دو ردیف وسطی هر کرت بدون احتساب ساقهٔ اصلی به دست آمد. میانگین شمار شاخه‌های ثانویهٔ پنج بوتهٔ تصادفی انتخاب‌شده از دو ردیف وسطی هر کرت که از شاخه‌های اولیه منشأ گرفته باشند با عنوان شمار شاخه‌های ثانویه (SBN) منظور شد. برای اندازه‌گیری شمار غلاف در بوته (PPLT)، پنج بوته به‌تصادف از دو ردیف میانی هر واحد آزمایشی انتخاب و میانگین آن برای هر کرت ثبت شد. شمار دانه در غلاف برای پنج بوتهٔ انتخاب‌شده تصادفی از دو ردیف میانی هر واحد آزمایشی و میانگین آن برای هر کرت، شمار دانه در غلاف (SPOD) را مشخص کرد. شمار دانه در بوته (SPLT) از میانگین پنج بوتهٔ تصادفی انتخاب‌شده از دو ردیف میانی هر واحد آزمایشی به دست آمد. میانگین وزن پنج نمونهٔ ۱۰۰تایی تصادفی از بذر تولیدی از هر کرت برحسب گرم برای وزن صددانه (100SW) ثبت شد. عملکرد زیست‌توده یا بیولوژیک (BYLD) با توزین کل اندام‌های هوایی برداشت‌شده در هر کرت برحسب گرم و تبدیل آن به کیلوگرم در هکتار تعیین شد. عملکرد دانهٔ تولیدی از هر کرت آزمایشی برحسب کیلوگرم در هکتار به‌عنوان عملکرد دانه در واحد سطح (SYLD) ثبت شد.

پس از آزمون بارتلت، تجزیهٔ واریانس مرکب انجام شد و میانگین صفات به روش کمترین اختلاف‌های معنی‌دار (LSD) مقایسه شدند. سپس اجزای واریانس با امید ریاضی میانگین مربعات و بر پایهٔ فرمول‌های پیشنهادی توسط Roy (2000) به شرح جدول ۳ محاسبه شدند.

جدول ۳. جدول تجزیه و برآورد اجزای واریانس
Table 3. Analysis and estimation of variance components

Sources of variation	Degree of freedom	Expected mean square
Genotype (M_1)	g-1	$\sigma_e^2 + r\,\sigma_{yg}^2 + ry\,\sigma_g^2$
Genotype × Year (M_2)	(g-1) (y-1)	$\sigma_e^2 + r\,\sigma_{yg}^2$
Error (M_3)	y(r-1) (g-1)	σ_e^2

$$\sigma_e^2 = M_3$$
$$\sigma_g^2 = \frac{M_1 - M_2}{ry}$$
$$\sigma_{yg}^2 = \frac{M_2 - M_3}{r}$$
$$\sigma_p^2 = \frac{\sigma_e^2}{ry} + \frac{\sigma_{yg}^2}{y} + \sigma_g^2$$

وراثت‌پذیری عمومی به‌عنوان درصدی از نسبت واریانس ژنتیکی به واریانس فنوتیپی محاسبه شد. گفتنی است که واریانس‌های ژنتیکی و فنوتیپی با فرمول‌های بالا و بر مبنای میانگین ژنوتیپ به دست می‌آیند.

پیشرفت ژنتیکی به‌صورت درصد مطلق از میانگین (GA_m)، با در نظر گرفتن گزینش ۵درصد از ژنوتیپ‌های برتر برابر با روش نشان داده‌شده به‌وسیلهٔ Johnson *et al.* (1955) برآورد شد.

$$GA_m = K\left(\frac{\sigma_g^2}{\sigma_p}\right) \times \frac{100}{\bar{x}}$$

که در آن K دیفرانسیل گزینش، σ_g^2 واریانس ژنتیکی و σ_p انحراف معیار فنوتیپی برای صفات هستند.

همبستگی‌های فنوتیپی و ژنتیکی بین عملکرد دانه در بوته و دیگر صفات با استفاده از روش‌های استاندارد پیشنهادی Miller *et al.* (1958) از ماتریس واریانس و کوواریانس متناظر برآورد شدند.

$$r_{p(xy)} = \frac{Cov_{p(xy)}}{\sqrt{\sigma_{px}^2 \times \sigma_{py}^2}}$$
$$r_{g(xy)} = \frac{Cov_{g(xy)}}{\sqrt{\sigma_{gx}^2 \times \sigma_{gy}^2}}$$

تجزیهٔ علیت به روش Dewey & Lu (1959) انجام و اثرگذاری‌های مستقیم و غیرمستقیم صفات بر عملکرد دانه تعیین شدند. تجزیه‌های آماری با نرم‌افزار SAS نسخهٔ ۹/۱ (SAS Institute, 2010) و برنامهٔ PLABSTAT (Utz, 2011) صورت گرفت.

نتایج و بحث

بخشی از تجزیهٔ واریانس مرکب و میانگین صفات یادداشت‌برداری‌شده در جدول ۳ درج شده‌اند. به‌طوری‌که ملاحظه می‌شود، تفاوت بین ژنوتیپ‌های آزمایشی ازلحاظ شمار روز از کاشت تا گلدهی، شمار روز تا رسیدگی، ارتفاع بوته، شمار دانه در غلاف، وزن صددانه، عملکرد زیست‌توده و عملکرد دانه معنی‌دار بود. نمود برخی از صفات طی سال‌های مختلف، متفاوت بود و لذا تأثیر متقابل ژنوتیپ× سال برای شمار روز از کاشت تا گلدهی، شمار روز تا رسیدگی، ارتفاع بوته، وزن صددانه و عملکرد دانه معنی‌دار به دست آمد. هرچند رگهٔ Urmia-11 با عملکرد ۱۳۴۷/۶ کیلوگرم در هکتار برتری شایان‌توجهی نسبت به اغلب ژنوتیپ‌های آزمایشی داشت، ولی با شاهد جم (۱۳۷۲/۳ کیلوگرم در هکتار) در یک کلاس آماری قرار گرفت.

برآورد مشخصه (پارامتر)های ژنتیکیِ عملکرد و اجزای آن نشان داد که برای همهٔ صفات اندازهٔ ضریب تغییرات فنوتیپی از مقادیر متناظر آن‌ها برای ضریب تغییرات ژنتیکی بالاتر بود (جدول ۴)، که به نظر می‌رسد علت آن تأثیر محیط بر بیان این صفات باشد. بالاترین ضریب تغییرات فنوتیپی مربوط به عملکرد دانه (۲۵/۷۳)، شمار غلاف در بوته (۹/۸۲)، شمار دانه در بوته (۹/۵۹) و شمار شاخهٔ اولیه (۸/۲۱) بود. مقادیر بالای ضریب تغییرات فنوتیپی برای شمار غلاف در بوته و شمار دانه در بوته با گزارش‌های دیگر همخوانی داشت (Sabaghpour *et al*., 2012; Zali *et al*., 2010; Lotfi Aghmioni *et al*., 2015).

بیشترین مقدار ضریب تغییرات ژنتیکی در عملکرد دانه (۲۲/۹۲)، عملکرد زیست‌توده (۶/۹۳) و ارتفاع بوته (۵/۸۴) مشاهده شد. بالا بودن GCV برای این صفات نشان می‌دهد که می‌توان آن‌ها را با گزینش اصلاح کرد. نتایج همسانی توسط Karimizadeh *et al*. (2014) و Arshad *et al*. (2004) گزارش شده است.

در این بررسی، وراثت‌پذیری عمومی در دامنهٔ ۲/۳۲درصد برای شمار غلاف در بوته تا ۷۹/۴۲درصد برای عملکرد دانه برآورد شد (جدول ۴). هرچند میزان وراثت‌پذیری برای صفتی مانند عملکرد دانه تا حدودی غیرمنطقی به نظر می‌رسد. وراثت‌پذیری برای برخی از صفات مانند شمار غلاف در بوته، شمار شاخهٔ اولیه و شمار شاخهٔ ثانویه کم بود و دلیل آن را می‌توان به بزرگ بودن واریانس فنوتیپی آن‌ها نسبت داد که ناشی از اثرگذاری‌های محیطی است. بنا به باور Singh *et al*.

(1990) اگر وراثت‌پذیری یک صفت خیلی بالا باشد (بیش از ۸۰درصد) گزینش برای آن به نسبت آسان خواهد بود و دلیل آن رابطهٔ نزدیک ژنوتیپ و فنوتیپ و سهم به نسبت کوچک محیط در شکل دادن فنوتیپ است. از سوی دیگر، Pearson *et al.* (2007) وراثت‌پذیری بیش از ۶۰درصد، پیشرفت ژنتیکی بالای ۱۰ و GA_m بیش از ۲۰درصد را به‌عنوان معیار سنجش صفات عنوان کرده‌اند.

جدول ۴. تجزیهٔ واریانس و میانگین صفات نخود در ۱۴ رگه و رقم نخود تیپ کابلی در شرایط کشت پاییزهٔ کردستان (۹۳-۱۳۹۰)

Table 4. Analysis of variance and mean of characteristics in 14 chickpea lines and varieties at autumn sowing conditions in Kurdistan (2001-04)

Traits / Genotypes	DF	DM	PHT (cm)	PBN	SBN	PPLT	SPOD	SPLT	BYLD (kg/ha)	100SW (g)	SYLD (kg/ha)
Urmia-01	207.00	256.42	22.75	6.92	15.75	10.88	0.95	20.83	1624.9	39.25	1034.7
Urmia-02	206.42	256.33	19.45	6.17	14.33	12.70	0.97	17.17	1371.2	37.31	584.2
Urmia-03	206.67	254.83	22.83	6.42	13.50	11.15	0.95	18.33	1591.5	39.11	746.3
Urmia-04	205.08	254.33	23.30	6.42	14.25	12.50	0.95	12.25	1729.1	36.95	1171.8
Urmia-05	207.00	257.25	21.13	6.04	13.75	10.78	0.95	18.30	1508.4	38.35	625.2
Urmia-06	206.92	255.75	21.82	6.92	14.75	10.68	0.94	20.50	1695.1	38.71	912.0
Urmia-07	206.67	256.17	20.60	6.66	15.33	11.42	0.89	20.00	1710.0	37.82	928.6
Urmia-08	205.42	255.92	22.27	6.25	14.08	10.90	0.91	20.67	1682.2	40.91	977.3
Urmia-09	206.00	255.33	21.10	6.67	13.92	10.30	0.89	21.83	1542.8	39.19	796.9
Urmia-10	205.17	255.33	22.32	5.17	13.75	12.87	1.00	17.92	1723.5	37.11	744.1
Urmia-11	205.17	252.50	20.48	6.33	13.92	12.43	0.96	22.17	1720.3	38.62	1347.6
Urmia-12	206.58	256.25	21.20	6.25	15.08	9.10	0.86	20.42	1527.3	41.73	920.6
Djam	205.00	255.42	17.83	7.50	14.50	12.53	0.96	19.92	2021.3	34.61	1372.3
Local check	207.75	255.50	20.33	7.00	15.42	12.53	0.95	24.58	1705.6	40.48	1044.3
$LSD_{5\%}$	1.68	1.06	1.72	1.51	2.18	3.12	0.07	4.96	362.51	1.75	302.86
Mean Square of: Genotype (13) †	29.51**	15.42**	26.08**	3.43	9.64	15.29	0.02**	45.37	269950*	39.63**	693401**
Genotype×Year (26)	10.17**	6.96**	7.27*	2.53	6.69	14.93	0.01	31.42	112174	9.66*	142706
Error (117)	4.31	1.72	4.54	2.48	7.25	9.89	0.01	37.63	91029	4.96	120315

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

* and **: Significant at 1 and 5 percent probability levels respectively.

اختصارها: †: درجهٔ آزادی، DF: شمار روز از کاشت تا گلدهی، DM: شمار روز از کاشت تا رسیدگی، PHT: ارتفاع بوته، PBN: شمار شاخه‌های اولیه، SBN: شمار شاخه‌های ثانویه، PPLT: شمار غلاف در بوته، SPOD: شمار دانه در غلاف، SPLT: شمار دانه در بوته، BYLD: عملکرد زیست‌توده، 100SW: وزن صددانه، SYLD: عملکرد دانه.

Abbreviations: †= degree of freedom, DF= days to flowering, DM= days to maturity, PHT= plant height, PBN= primary branches number, SBN= secondary branch number, PPLT= number of plods per plant, SPOD= number of seeds per pod, SPLT = number of seeds per plant, SPLT= number of seeds per plant, BYLD= biological yield, SYLD= seed yield.

جدول ۵. مشخصه‌های ژنتیکی عملکرد و اجزای عملکرد رگه‌های نخود در کشت پاییزهٔ کردستان

Table 5. Genetic parameters of seed yield and its contributing traits in chickpea lines at autumn sowing of Kurdistan province

Trait	Mean ± SE	σ_g^2	σ_{ge}^2	σ_p^2	PCV (%)	GCV (%)	h^2 (%)	GA	GA_m
DF	206.20 ±1.47	1.61	1.47	2.46	0.76	0.62	65.54	2.12	1.03
DM	255.52 ±0.38	0.70	1.31	1.28	0.44	0.33	54.85	1.28	0.50
PHT	21.24 ±0.25	1.57	0.68	2.17	6.88	5.84	72.09	2.19	10.22
PBN	6.51 ±0.25	0.07	0.01	0.29	8.21	4.19	26.07	0.29	4.41
SBN	14.59 ±0.24	0.25	-0.14	0.80	6.14	3.39	30.54	0.56	3.86
PPLT	11.49 ±0.31	0.03	1.26	1.27	9.82	1.50	2.32	0.05	0.47
SPOD	0.94 ±0.01	0.001	0.001	0.002	5.15	4.56	78.26	0.08	8.31
SPLT	20.28 ±0.49	1.16	-1.55	3.78	9.59	5.32	30.75	1.23	6.07
BYLD	1653.80 ±35.31	13148	5286.25	22495.83	9.07	6.93	58.45	180.58	10.91
100SW	38.58 ±0.29	2.50	1.24	3.30	4.71	4.09	75.62	2.83	7.34
SYLD	943.28 ±40.81	45891.25	597.68	5778.42	25.73	22.92	79.42	393.27	42.09

اختصارها: SE: خطای معیار، σ_g^2: واریانس ژنوتیپی، σ_{ge}^2: واریانس سال × ژنوتیپ، σ_p^2: واریانس فنوتیپی، PCV: ضریب تغییرات فنوتیپی، GCV: ضریب تغییرات ژنوتیپی، h^2: وراثت‌پذیری عمومی، GA: پیشرفت ژنتیکی، GA_m: پیشرفت ژنتیکی برحسب درصد از میانگین، DF: شمار روز از کاشت تا گلدهی، DM: شمار روز از کاشت تا رسیدگی، PHT: ارتفاع بوته، PBN: شمار شاخه‌های اولیه، SBN: شمار شاخه‌های ثانویه، PPLT: شمار غلاف در بوته، SPOD: شمار دانه در غلاف، SPLT: شمار دانه در بوته، BYLD: عملکرد زیست‌توده، 100SW: وزن صددانه، SYLD: عملکرد دانه.

Abbreviations: SE= Standard error, σ_g^2= genetic variance, σ_{ge}^2= genotype× year variance, σ_p^2 =phenotypic variance, PCV= phenotypic coefficient of variation, GCV= genetic coefficient of variation, h^2 =broad sense heritability, GA= genetic advance, GA_m= genetic advance percentage of mean, DF= days to flowering, DM= days to maturity, PHT= plant height, PBN= primary branches number, SBN= secondary branch number, PPLT= number of plods per plant, SPOD= number of seeds per pod, SPLT = number of seeds per plant, SPLT= number of seeds per plant, BYLD= biological yield, SYLD= seed yield.

در این تحقیق، شمار روز از کاشت تا گلدهی، ارتفاع بوته، شمار دانه در غلاف، وزن صددانه و عملکرد دانه وراثت‌پذیری بالای ۶۰ درصد داشتند. میزان پیشرفت ژنتیکی برای عملکرد زیست‌توده و عملکرد دانه بیش از ۱۰ و GA_m تنها برای عملکرد دانه بیش از ۲۰ درصد بود. GA_m در شدت گزینش ۵درصد برای عملکرد دانه بالا بود (۴۲/۰۹درصد) و به دنبال آن عملکرد زیست‌توده (۱۰/۹۱) و ارتفاع بوته (۱۰/۲۲) قرار گرفتند. به باور Balcha (2014) در افزایش بهرهٔ گزینشی، وراثت‌پذیری همراه با پیشرفت ژنتیکی به‌طورمعمول نسبت به برآورد وراثت‌پذیری به‌تنهایی، مؤثرتر است. این تحقیق آشکار ساخت که برای عملکرد دانه، عملکرد زیست‌توده و ارتفاع بوته، هم وراثت‌پذیری و GA_m بالا و به‌هم‌پیوسته بودند. اصلاح صفاتی با این ویژگی‌ها نسبت به دیگر صفات ساده‌تر است. البته وراثت‌پذیری عملکرد دانه در نخود به‌طورمعمول کمتر از ۵۰درصد گزارش شده است (Pearson *et al*., 2007; Tabasum *et al*., 2010; Yadav *et al*., 2015). بالا بودن وراثت‌پذیری عملکرد دانه در این تحقیق می‌تواند ناشی از اثرگذاری‌های محیطی تنش سرما و نایکنواختی در تحمل رگه‌های آزمایشی به سرمای زمستان باشد.

همبستگی‌های فنوتیپی و ژنتیکی بین صفات در جدول ۵ نشان داده شده‌اند. در این بررسی، همبستگی فنوتیپیِ عملکرد دانه با شمار شاخهٔ اولیه، شمار شاخهٔ ثانویه و عملکرد زیست‌توده مثبت و معنی‌دار و همبستگی آن با شمار روز تا رسیدگی منفی و معنی‌دار بود. Zali *et al*. (2011) رابطهٔ بین عملکرد دانه و شمار شاخه‌های اولیه و ثانویه را مثبت و معنی‌دار اعلام کردند. وجود همبستگی منفی و معنی‌دار بین عملکرد دانه و شمار روز تا گلدهی و رسیدگی در شرایط دیم توسط Kanouni & Malhotra (2003) نیز گزارش شده است. همبستگی فنوتیپی وزن صددانه با شمار غلاف در بوته و شمار دانه در غلاف منفی و معنی‌دار بود. گزارش‌های چندی، وجود چنین رابطه‌ها مابین اجزای عملکرد نخود را تأیید می‌کنند (Kanouni & Malhotra, 2003; Yadav *et al*., 2015; Singh *et al*., 1995).

بین شمار دانه در بوته و ارتفاع بوته همبستگی منفی و معنی‌دار به دست آمد. همچنین رابطهٔ بین شمار دانه در غلاف و شمار غلاف در بوته مثبت و معنی‌دار بود. همبستگی فنوتیپی شمار شاخهٔ اولیه و شمار شاخهٔ ثانویه مثبت و معنی‌دار بود. همبستگی‌های ژنتیکی بین صفات همسان همبستگی‌های فنوتیپی بودند؛ به‌جز رابطهٔ بین عملکرد دانه و شمار شاخه‌های ثانویه که در اینجا معنی‌دار نبود. تفاوت بین مقادیر همبستگی‌های فنوتیپی و ژنتیکی به اثرگذاری‌های محیط نسبت داده شده است (Miller *et al*., 1958).

جدول ۶. ضریب‌های همبستگی فنوتیپی (زیرقطر) و ژنتیکی (بالای قطر) مابین صفات در ۱۴ ژنوتیپ‌های نخود در کشت پاییزهٔ استان کردستان

Table 6. Phenotypic (below diagonal) and genetic (above diagonal) correlation coefficients among agronomic characteristics of 14 genotypes of chickpea at autumn sowing of Kurdistan province

Trait	DF	DM	PHT	PBN	SBN	PPLT	SPOD	SPLT	BYLD	100SW	SYLD
DF		0.39	-0.03	0. 13	0.04	0.25	0.30	-0.22	0.04	-0.23	-0.31
DM	0.44		-0.02	0.01	0.19	-0.36	-0.17	0.01	-0.34	0.15	-0.54*
PHT	-0.05	-0.02		-0.23	-0.41	-0.31	-0.05	-0.55*	-0.11	-0.04	0.14
PBN	0.15	0.01	-0.41		0.69**	-0.05	-0.18	0.35	0.44	-0.11	0.53*
SBN	0.05	0.25	-0.44	0.74**		0.01	-0.09	0.19	0.46	-0.16	0.44
PPLT	0.26	-0.42	-0.34	-0.08	0.03		0.55*	-0.22	-0.39	-0.61*	0.23
SPOD	0.31	-0.25	-0.09	-0.22	-0.15	0.79**		-0.22	0.16	-0.55*	0.02
SPLT	-0.23	0.01	-0.56*	0.37	0.31	-0.24	-0.27		0.06	0.45	0.12
BYLD	0.07	-0.37	-0.19	0.44	0.51	-0.39	0.21	0.09		-0.45	0.68**
100SW	-0.36	0.15	-0.07	-0.12	-0.20	-0.65**	-0.58*	0.48	-0.47		-0.17
SYLD	-0.35	-0.59*	-0.20	0.54*	0.52*	0.26	0.02	0.18	0.79**	-0.21	

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

* and **: Significant at 1 and 5 percent probability levels respectively

اختصارها: DF: شمار روز از کاشت تا گلدهی، DM: شمار روز از کاشت تا رسیدگی، PHT: ارتفاع بوته، PBN: شمار شاخه‌های اولیه، SBN: شمار شاخه‌های ثانویه، PPLT: شمار غلاف در بوته، SPOD: شمار دانه در غلاف، SPLT: شمار دانه در بوته، BYLD: عملکرد زیست‌توده، 100SW: وزن صددانه، SYLD: عملکرد دانه.

Abbreviations: DF= days to flowering, DM= days to maturity, PHT= plant height, PBN= primary branches number, SBN= secondary branch number, PPLT= number of plods per plant, SPOD= number of seeds per pod, SPLT = number of seeds per plant, SPLT= number of seeds per plant, BYLD= biological yield, SYLD= seed yield.

ازآنجایی‌که ضریب‌های همبستگی اطلاعات روشنی از رابطه‌های علت و معلولی بین صفات بیان نمی‌کنند، لازم است برآورد ضریب‌های همبستگی به تأثیر مستقیم و غیرمستقیم تقسیم شوند تا شدت اثرگذاری‌های متغیرهای مستقل بر متغیر وابسته مشخص شوند (Dewey & Lu, 1959). در این تحقیق، ضریب‌های همبستگی ژنتیکی صفات با عملکرد دانه به اثرگذاری‌های مستقیم و غیرمستقیم تجزیه و نتایج در جدول ۶ نشان داده شده است. تأثیر مستقیم شمار شاخه‌های اولیه (۱/۱۴)، شمار غلاف در بوته (۰/۴۹)، شمار دانه در بوته (۱/۶۴)، عملکرد زیست‌توده (۰/۹۹) و وزن صددانه (۱/۰۹) بر عملکرد دانه مثبت بود. Yadav *et al.* (2015) نیز تأثیر مستقیم اجزای عملکرد در نخود را شایان‌توجه ارزیابی کرد. از سوی دیگر، شمار روز از کاشت تا گلدهی (۱/۲۸-)، شمار روز از کاشت تا رسیدگی (۱/۴۶-)، ارتفاع بوته (۱/۰۷-)، شمار شاخه‌های ثانویه (۰/۱۴-) و شمار دانه در غلاف (۰/۸۳-) تأثیر مستقیم منفی بر عملکرد دانه داشتند. بنابراین، گزینش ژنوتیپ‌های زودرس در افزایش عملکرد نخود در شرایط دیم می‌تواند بسیار مؤثر باشد (Kanouni & Malhotra, 2003; Mallu *et al.*, 2015).

تأثیر مستقیم مثبت وزن صددانه و عملکرد زیست‌توده بر عملکرد دانه با نتایج تحقیقات دیگر همخوانی داشت (Singh *et al.*, 1995; Arshad *et al.*, 2004; Yucel *et al.*, 2006). بیشترین تأثیر مستقیم مثبت بر عملکرد دانه مربوط به شمار دانه در بوته بود، ولی این تأثیر توسط اثرگذاری‌های غیرمستقیم آن با دیگر صفات خنثی شد؛ به‌طوری‌که همبستگی بین شمار دانه در بوته و عملکرد دانه معنی‌دار نبود. عملکرد زیست‌توده که همبستگی ژنتیکی مثبت با عملکرد دانه داشت تأثیر مستقیم شایان‌توجهی نیز بر عملکرد نشان داد. همچنین می‌توان شمار شاخه‌های اولیه، شمار شاخه‌های ثانویه و شمار روز تا گلدهی را به‌عنوان معیار گزینشی غیرمستقیم برای عملکرد دانهٔ بالاتر به کار برد. میزان باقی‌مانده (۰/۱۸۳) نشان می‌دهد، صفاتی که تحت تجزیهٔ علیت ژنتیکی قرار گرفتند، ۸۱/۷۰ درصد از تغییرات عملکرد دانه را توجیه کردند.

جدول ۷. اثرگذاری‌های مستقیم و غیرمستقیم ده صفت بر عملکرد دانهٔ ژنوتیپ‌های نخود

Table 7. Direct and indirect effects of 10 characteristics on seed yield of chickpea genotypes

Trait	Direct Effect	Indirect effects via									
		DF	DM	PHT	PBN	SBN	PPLT	SPOD	SPLT	BYLD	100SW
DF	0.28		0.44	0.92	-0.86	-0.66	0.83	-0.31	-0.58	-1.14	0.78
DM	-1.46	.12		0.06	-0.56	-0.09	1.09	0.15	0.14	-0.88	0.89
PHT	-1.07	-0.24	-0.46		1.01	0.79	0.11	-0.38	-0.43	0.54	0.27
PBN	1.14	-0.08	-0.19	-0.33		-0.29	0.9	-0.13	0.54	0.17	-0.39
SBN	0.14	0.17	-0.03	-0.40	0.51		-0.23	0.25	-0.12	0.38	-0.24
PPLT	0.49	-0.14	-0.09	-0.34	0.17	0.14		-0.41	-0.22	0.16	0.46
SPOD	0.13	-0.08	-0.17	0.16	0.23	0.05	0.19		-0.14	-0.24	-0.11
SPLT	0.99	0.01	0.08	-0.67	-0.39	-0.22	0.21	-0.23		0.07	0.26
BYLD	1.64	-0.11	-0.14	-0.09	-0.07	-0.99	0.19	0.22	0.15		-0.13
100SW	1.09	0.80	0.21	0.51	-0.42	-0.41	-1.00	-0.57	-0.48	0.11	

Residual =0.183 باقی‌مانده = ۰/۱۸۳

اختصارها: DF: شمار روز از کاشت تا گلدهی، DM: شمار روز از کاشت تا رسیدگی، PHT: ارتفاع بوته، PBN: شمار شاخه‌های اولیه، SBN: شمار شاخه‌های ثانویه، PPLT: شمار غلاف در بوته، SPOD: شمار دانه در غلاف، SPLT: شمار دانه در بوته، BYLD: عملکرد زیست‌توده، 100SW: وزن صددانه، SYLD: عملکرد دانه.

Abbreviations: DF= days to flowering, DM= days to maturity, PHT= plant height, PBN= primary branches number, SBN= secondary branch number, PPLT= number of plods per plant, SPOD= number of seeds per pod, SPLT = number of seeds per plant, SPLT= number of seeds per plant, BYLD= biological yield, SYLD= seed yield.

نتیجه‌گیری

اصلی‌ترین هدف بهنژادگران نخود افزایش عملکرد دانه است. عملکرد و اجزای آن، صفات چند ژنی هستند که به‌شدت تحت تأثیر محیط و دیگر عامل‌های شناخته‌شده و ناشناخته قرار دارند. در صفات موردبررسی، واریانس فنوتیپی از واریانس ژنتیکی بیشتر بود و این نشان می‌دهد که این صفات بیشتر تحت تأثیر عامل‌های محیطی قرار دارند. بنا بر نتایج تجزیهٔ همبستگی، زودرسی در شرایط دیم اهمیت بسزایی داشته و هم‌زمان نشدن مرحلهٔ دانه‌بندی نخود

با تنش خشکی انتهای فصل موجب افزایش عملکرد دانه می‌شود. تجزیهٔ علیت نشان داد که اجزای عملکرد شامل شمار غلاف در بوته، شمار دانه در بوته و وزن صددانه سهم بسزایی در عملکرد دانه داشتند. درنتیجه، برای اصلاح عملکرد دانهٔ نخود درکشت پاییزهٔ دیم استان کردستان لازم است روی توسعهٔ رگه‌های زودرس نخود که شمار غلاف در بوته، شمار دانه در بوته و وزن صددانه بیشتری دارند، تأکید شود.

سپاسگزاری

انجام این تحقیق بدون همکاری کارکنان ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی سارال کردستان مقدور نبود لذا از تلاش این عزیزان سپاسگزاری می‌شود. رگه‌های بررسی‌شده از برنامهٔ اصلاح نخود مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان غربی دریافت شد و لازم است از آقای دکتر علی سعید بابت این همکاری، تشکر و قدردانی می‌گردد.

REFERENCES

1. Allard, R.W. & Hansche, P.E. (1964). Some parameters of population variability and their implication in plant breeding. In: Norman AG, (Ed). *Advances in Agronomy*, Academic Press, New York. pp. 281-325.
2. Arshad, M., Bakhsh, A. & Ghafoor, A. (2004). Path coefficient analysis in chickpea (*Cicer arietinum* L.) under rainfed conditions. *Pakistan Journal of Botany*, 36(1), 75-81.
3. Balcha, A. (2014). Genetic variation for grain yield of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in sole and maize/bean intercropping systems. *Asian Journal of Crop Science*, 6(2), 158-164, 2014.
4. Dewey, D.R. & Lu, K.H. (1959). A correlation and path coefficient analysis of components of crested wheat grass seed production. *Agronomy Journal*, 51, 515-518.
5. FAOSTAT. (2013). *Statistics Database*. Food and Agriculture Organization, USA.
6. Güler, M., Adak, M.S. & Ulukan, H. (2001). Determining relationships among yield and some yield components using path coefficient analysis in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *European Journal of Agronomy*, 14, 161- 166.
7. Johnson, H.W., Robinson, H.F. & Comstock R.E. (1955). Estimates of genetic and environmental variability in soybeans. *Agronomy Journal*, 47, 314-318.
8. Kanouni, H. & Malhotra, R.S. (2003).Genetic variation and relationships between traits in chickpea (*Cicer arietinum* L.) lines under dryland conditions. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 5(3), 185-194. (in Farsi)
9. Karimizadeh, R., Mohammadi, M. & Sadeghzadeh, D. (2014). Study on variation, heritability and correlations of traits in some chickpea genotypes. Proceedings of *13th Iranian symposium* of *crop breeding and production congress and third seed science and technology*, August, 26-28, 2014, Karaj, Iran. (in Farsi)
10. Lotfi Aghmioni, M., Aghaei, M.J., Vaezi, Sh. & Majidi Heravan, E. (2015). Evaluation of genetic diversity, heritability and genetic progress in Kabuli type chickpea genotypes. *Iranian Journal of Pulses Research*, 6(1), 100-107. (in Farsi)
11. Mallu, T.S., Mwangi, S.G., Nyende, A.B., Ganga Rao, N.V., Odeny, D.A., Rathore, A. & Kumar, A. (2015). Assessment of genetic variation and heritability of agronomic traits in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *International Journal of Agronomy and Agricultural Research*, 6(1), 77-88.
12. Miller, P.A., William, C., Robinson, H.F. & Comstock, R.E. (1958). Estimates of genotypic and environmental variances and co-variances in upland cotton and their implications in selection. *Agronomy Journal*, 50, 126-131.
13. Moghaddam, M., Ehdaie, B. & Waines, J.G. (1997). Genetic variation and interrelationships of agronomic characters in landraces of bread wheat from southeastern Iran. *Euphytica*, 95, 361-369.
14. Pearson, D.C., Rosielle, A.A. & Boyd, W.J.R. (2007). Heritabilities of five wheat quality traits for early generation selection. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 21(3), 512-515.
15. Roy, D. (2000). *Plant breeding, analysis and exploitation of variation*. Alpha Science International, RG UK, Pp. 701.
16. Sabaghpour, S.H., Ghadami, M. & Kumar, J. (2012). Heritability and genetic advance of quantitative characters in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi)*, 95, 77-83. (in Farsi)
17. SAS Institute, Inc. (2010). *SAS/STAT 9.2 user's guide*. SAS Institute, Inc., Cary, NC.
18. Singh, K.B., Geletu, B. & Malhotra, R.S. (1990). Association of some characters with seed yield in chickpea collections. *Euphytica*, 49, 83- 88.
19. Tabasum, A., Saleem, M. & Aziz, I. (2010). Genetic variability, trait association and path analysis of yield and yield components in Mungbean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek). *Pakistan Journal of Botany*, 42(6), 3915-3924.

20. Utz, H.F. (2011). *PLABSTAT, A computer program for statistical analysis of plant breeding experiments*. Institute of plant breeding, seed science and population genetics, University of Hohenheim, Germany.
21. Yadav, P., Tripathi, D.K., Kafeel Khan, K. & Yadav, A.K. (2015). Determination of genetic variation and heritability estimates for morphological and yield traits in chickpea (*Cicer arietinum*) under late sown conditions. *The Indian Journal of Agricultural Sciences*, 85(7), 116-129.
22. Yücel, D.Ö., Anlarsal, A.E. & Yücel C. (2006). Genetic variability, correlation and path analysis of yield and yield components in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 30, 183-188.
23. Zali, H., Farshadfar, E. & Sabaghpour, S.H. (2010). Genetic variability and interrelationships among agronomic traits in chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes. *Crop Breeding Journal*, 1(2), 127-132.

Genetic variability, heritability, and interrelationships between seed yield and related components of chickpea genotypes under dryland conditions

Homayoun Kanouni*
Research associate, Seed and Plant Improvement Dept., Kurdistan Agricultural and Natural Resources, Research and Education Center, AREEO, Sanandaj, Iran
(Received: Sep. 30, 2015 - Accepted: Nov. 4, 2015)

ABSTRACT

The present investigation was carried out to study the variability, heritability, correlations and path coefficient analysis in 14 Kabuli type chickpea genotypes during three successive cropping seasons (2011-14), in a randomized complete block design with four replications. Combined analysis suggested significant differences between genotypes for most of characteristics. The highest phenotypic coefficients of variation (PCV) were obtained for seed yield, number of pods per plant, and number of seeds per plant, respectively. Furthermore, the highest genotypic coefficients of variation (GCV) were determined for seed yield, biomass yield and plant height, respectively. These results revealed that these traits could be improved via selection. High heritability coupled with high genetic advance as percentage of mean was observed for seed yield, number of seeds per pod and 100 seeds weight showed that phenotypic selection for these traits might be effective. Seed yield had positive and significant correlations with biomass yield and number of primary branches, thus selection for these traits could improve seed yield in chickpea. Number of seeds per plant, followed by number of primary branches, 100 seeds weight and biomass yield had positive high direct effects on seed yield. Meanwhile, number of primary branches, number of secondary branches and number of days to flowering could be used as an indirect selection criterion for higher seed yield.

Keywords: Chickpea, correlations, genetic gain, heritability, path analysis.

* Corresponding author E-mail: hkanouni@yahoo.com Tel: +98 918 3714315