Iranian Journal of Field Crop Science
Vol 48, No 2, Summer 2017 (465-481)
DOI: 10.22059/ijfcs.2017.200415.654044

علوم گیاهان زراعی ایران
دورهٔ ۴۸، شمارهٔ ۲، تابستان ۱۳۹۶ (ص ۴۸۱-۴۶۵)

بررسی تنوع ژنتیکی نخودهای زراعی تیپ کابلی (*Cicer arietinum* L.) بر پایهٔ صفات ریخت‌شناسی با استفاده از روش‌های آماری چندمتغیره

خدابخش گودرزوند چگینی[1]، محمدرضا بی‌همتا[2*]، رضا فتوت[3]، منصور امیدی[2] و علی‌اکبر شاه نجات بوشهری[4]
۱. کارشناس پژوهش‌های کاربردی، مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آب در اراضی دیم دانشگاه تهران (مرکزکوهین)
۲ و ٤. استاد و استادیار، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران، کرج
۳. استادیار، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان
(تاریخ دریافت: ۱۳۹٤/۱۲/۱ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۵/۱۲)

چکیده

در این پژوهش رابطه‌های چند متغیّره بین ویژگی‌های ریخت‌شناختی (مورفولوژیک) ٦٤ نژادگان (ژنوتیپ) نخود کابلی در دو محیط تنش خشکی و بدون تنش در قالب طرح لاتیس ساده ۸×۸ در مزرعهٔ تحقیقاتی دیم کوهین، دانشگاه تهران در سال ۱۳۹۳ بررسی شد. در محیط بدون تنش نژادگان‌های کرج-۳٦۲۸ و کرج- ۳٦۵۵ به ترتیب با عملکرد دانه ۱۳۸۷/۹٤۷ و ۳۵۲/۰۷٤ و در محیط تنش نژادگان‌های کرج-۳٦۲۸ و کرج-۳٦٤۵ به ترتیب با عملکرد دانه ٦۹۸ و ٦۹٤/۵ کیلوگرم در هکتار رتبه‌های برتر بودند. عملکرد دانه در شرایط بدون تنش با وزن غلاف، عملکرد زیست‌توده، شمار غلاف، چگالی طولی، شمار دانه، قطر ریشه، ارتفاع بوته، شمار شاخهٔ فرعی، وزن خشک شاخه‌ها، شمار غلاف پوک، شاخص برداشت، شمار شاخهٔ اصلی و وزن دانهٔ دوقلو و در شرایط تنش با صفات وزن غلاف، شمار غلاف، عملکرد زیست‌توده، شمار دانه، چگالی طولی، شاخص برداشت، قطر ریشه، ارتفاع بوته و درصد رسیدگی همبستگی مثبت و معنی‌دار داشت. نتایج تجزیهٔ رگرسیون گام‌به‌گام در شرایط بدون تنش هشت صفت در هشت مرحله و در شرایط تنش سه صفت در سه مرحله وارد مدل کرده که صفت وزن غلاف نخستین صفت در مدل در هر دو شرایط بود. بر پایهٔ نتایج تجزیهٔ علیّت، در محیط بدون تنش عملکرد زیست‌توده و شمار غلاف بیشترین اثر مستقیم بر عملکرد دانه را داشتند. در تحلیل عاملی در شرایط بدون تنش و تنش به ترتیب با توجیه ۸۵/٦٦ و ۸٦/۲۵ درصد از کل تغییرپذیری‌ها چهار عامل شناسایی شدند. در تجزیهٔ خوشه‌ای شمار ٦٤ نژادگان در پنج گروه قرار گرفتند.

واژه‌های کلیدی: تجزیهٔ خوشه ای، تجزیهٔ علیّت، تجزیهٔ رگرسیون گام‌به‌گام، تحلیل عاملی، ضریب همبستگی، مقایسهٔ عملکرد دانه، نخود کابلی.

Study of genetic variation of Kabuli chickpea genotypes (*Cicer arietinum* L.) using morphological traits with statistical multivariate analysis

Khodabakhsh Goodarzvand Chegini[1], Mohammad Reza Bihamta[2*], Reza Fotovat[3], Mansour Omidi[2] and Ali Akbar Shahnejant Boushehri[4]
1. Applied Research Expert, Soil and Water Conservation Research Center at University of Tehran (Kuhin Dry Lands), Iran
2, 4. Professor and Assistant Professor, University College of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran
3. Assistant Professor, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Iran
(Received: Feb. 20, 2016 - Accepted: Aug. 2, 2016)

ABSTRACT

In this study relationships between morphological characteristics of 64 chickpea genotypes under non- stress and stress conditions was evaluated in 8*8 simple lattice designs on the Research Field of Koohin,Tehran University). The Karaj3628 and Karaj3655 genotypes respectively with 1387.947 and 1352.074 Kg/hac under Non-stress and Karaj3628 and Karaj3645 genotypes with 698 and 694.5 Kg/hac respectively under stress conditions had the highest seed yields. There were significant positive correlation between SY* with PW, BY, NP, LD, NS, RD, PH, NSB, DBW, EPN, HI, NPB and DSW in non- stress condition and there were significant positive correlation between SY with PW, PN, NS, LD, HI, RD, PH and MP in stress condition. Stepwise regression results showed that 8 independent variables entered into models in non-stress condition and 3 independent variables entered into models in stress condition, so that PW was first in both of them. Path coefficient analysis revealed that BY and NP had the highest positive direct effect on seed yield under non-stress condition. Factor analysis explained 85.66 % in non stress and 86.25 % total of variation in stress conditions with four factors. In cluster analysis 64 genotypes clustered in five groups.

Keywords: Correlation analysis, cluster analysis, factor analysis, mean comparison of seed yield, path analysis, stepwise regression.

List of abbreviations:
* SY: seed yield; PH: plant high; BY: biological yield; RD: root diameter's; PN: number of pods per plant; PW: pod weight; NS: number of seeds per plant; SW: seed weight; NPB: Number of primary branches; NSB: Number of secondary branches; DSPP: double seed per plant; DSW: double seed weight; LD: length density; DBW: dry branches weight; HI: harvest index and; EPN: empty pod number per plant; HSW: 100 seeds weight; IP: immaturity percent; MP: maturity percent.

* Corresponding author E-mail: mrghanad@ut.ac.ir

مقدمه

نخود (*Cicer arietinum* L.) یکی از گیاهان زراعی خانوادهٔ لوبیاسانان (Leguminosae) و از بقولات مهم سرمادوست است که در سطحی نزدیک به ۱۰ میلیون هکتاری در سراسر جهان کشت شده، در میان گیاهان زراعی و دانه‌ای یک‌ساله، مقام چهاردهم در سطح و شانزدهم در تولید را دارد. بااین‌حال، در میان حبوبات، از نظر سطح با ۱۵/۳ درصد مقام دوم و از نظر تولید با ۱۴/۶ درصد، پس از لوبیای معمولی (*Phaseolus vulgaris* L.) و نخودفرنگی (*Pisum sativum* L.) در رتبهٔ سوم قرار دارد (Knights *et al*., 2007).

گیاهان زراعی توارث کمی داشته و برهمکنش بالایی با عامل‌های محیطی دارند. بنابراین، محاسبهٔ تنوع موجود در مواد اصلاحی و تعیین سهم نژادگانی (ژنوتیپی)، محیطی و برهمکنششان ضرورت دارد (Shukla *et al*., 2005). اصلاح عملکرد نیازمند دانش عمیقی از دامنهٔ تنوع ذخایر توارثی (ژرم‌پلاسم) قابل دسترس، وابستگی بین ویژگی‌های کمی با عملکرد، میزان تأثیر محیط بر این عامل‌ها، وراثت‌پذیری و بازدهٔ ژنتیکی مواد اصلاحی دارد. میزان تنوع در محصول برای تعیین محدودهٔ گزینش در برنامه‌های اصلاحی آن گیاه است (Bhargava *et al*., 2007). به‌نژادگران گیاهی و متخصصان فیزیولوژی گیاهان زراعی بر این باورند که برای بازدهی بیشتر در اصلاح رقم‌های سازگار به مناطق خشک و نیمه‌خشک، نخست باید صفاتی را که در شرایط کم‌آبی در افزایش عملکرد دانه مؤثرند، شناخت و آنگاه آن‌ها را افزون بر عملکرد دانه به‌عنوان معیارهای انتخاب استفاده کرد (Singh & Saxena, 1999). اگرچه آبیاری و عملیات زراعی مناسب هدررفت محصول را تا میزان معینی کاهش می‌دهد، تأثیر تنش خشکی بر عملکرد اغلب وابسته به ساختار ژنتیکی گیاه زراعی (مقاومت و حساسیت) دارد (Turner, 2004).

اصلاح رقم‌های پر محصول نیازمند اطلاع دقیق از وجود تنوع (واریانس) ژنتیکی برای عملکرد و اجزای آن است. تنوع مشاهده‌شده برآورد ترکیبی از علت‌های ژنتیکی و محیطی است، که تنها اولی وراثت‌پذیر است (Ajmal *et al*., 2009). عملکرد ویژگی پیچیده‌ای است که ناشی از اثر متقابل بین شماری از صفات گیاهی بوده و هر یک به‌نوبهٔ خود تحت تأثیر ساختار ژنتیکی و محیطی هستند (Malik *et al*., 2010). با استفاده از همبستگی و تجزیهٔ علیّت بیان شد که شمار غلاف در بوته و وزن صددانه سهم عمده‌ای در عملکرد دارند (Noor *et al*., 2003). تعیین ضریب‌های همبستگی بین عامل‌ها و اجزای عملکرد برای گزینش تیپ‌های مطلوب گیاهان برای اصلاح سودمند نخود مهم هستند و عملکرد زیست‌توده مهم‌ترین ویژگی مؤثر در عملکرد دانهٔ نخود است (Guler *et al*., 2001). بررسی واکنش نژادگان‌های نخود را به تنش رطوبتی خاک در مراحل رشدی نشان داد که عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری با شمار غلاف در بوته و شمار دانه در بوته در شرایط تنش و بدون تنش داشتند (Million Eshete *et al*., 2005). همچنین عملکرد دانه در بوته همبستگی منفی با شمار روز تا گلدهی، شمار شاخهٔ اولیه و شاخص برداشت در شرایط دیم داشت (Arshad *et al*., 2002). در برخی گزارش‌ها صفاتی مانند شمار دانه در غلاف و عملکرد زیست‌توده سهم مستقیمی بر عملکرد دانه در بوته داشته، بنابراین، کاربرد آن‌ها با اطمینان بیشتری به‌عنوان معیار گزینشی برای بهبود عملکرد در نخود اعلام شد (Ali *et al*., 2008)، در نتایج بررسی دیگری نیز بیشترین اثر مستقیم و مثبت روی عملکرد دانه در بوته از راه شمار غلاف در بوته گزارش شد (Saleem *et al*., 2002). در نتایج بررسی دیگری واکنش نژادگان‌های نخود را به تنش رطوبتی خاک در مراحل رشدی مختلف عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری با شمار غلاف در بوته و شمار دانه در بوته در شرایط تنش و بدون تنش نشان دادند (Million *et al*., 2005)، بااین‌حال برخی محققان نیز در نتایج بررسی‌های خود، عملکرد دانه در بوته را دارای همبستگی منفی با شمار روز تا گلدهی، شمار شاخهٔ اولیه و شاخص برداشت در شرایط تنش خشکی گزارش کردند (Arshad *et al*., 2002). مرحلهٔ ظهور و تشکیل گل‌ها از حساس‌ترین مراحل رشدی به تنش خشکی بوده و تنش خشکی در مرحلهٔ گلدهی باعث کاهش طول دورهٔ گلدهی، ریزش گل‌ها، زرد شدن و

ریزش برگ‌ها شده که در نتیجه باعث کاهش مادهٔ خشک نورساختی (فتوسنتزی) برای حمایت دانه‌ها و کاهش شاخص‌های رشد شد (Amiri Deh *et al.*, 2011).

اصلی‌ترین کاربردهای روش‌های تحلیل عاملی عبارت‌اند از: کاهش شمار داده‌ها و کشف ساختار رابطه‌های بین متغیّرها و به‌عبارتی طبقه‌بندی متغیّرها است. بنابراین، تحلیل عاملی به‌عنوان یک روش کاهش یا کشف داده‌ها به کار می‌رود (Muniraja *et al.*, 2011). بررسی تنوع ژنتیکی بالقوهٔ نخودهای ایرانی با استفاده از تحلیل عاملی، شش عامل مستقل را شناسایی کرد که ۶۵ درصد از تنوع جمعیت را توجیه کردند (Aghaei *et al.*, 2005). با استفاده از تحلیل عاملی، مؤثرترین صفات بر عملکرد نژادگان‌های نخود نشان داده شد که ۹۲/۹ درصد تغییرپذیری را توجیه کردند (Toker & Cagirgan, 2004).

ازآنجاکه تنش خشکی بر همهٔ صفات کمّی و کیفی عملکرد و اجزای عملکرد تأثیرگذار بوده، هدف از این تحقیق بررسی رابطه‌های بین صفات از روش تحلیل آماری چندمتغیره در شرایط تنش خشکی و بدون تنش با شناسایی صفات مؤثر و مهم در انتخاب نژادگان‌های برتر، در ذخایر توارثی نخود کلکسیون بانک ژن پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران بود.

مواد و روش‌ها

آزمایش در قالب طرح لاتیس ساده در مزرعه در دو شرایط آبیاری کامل (پنج مرحلهٔ آبیاری: دو مرحله پیش از گلدهی و سه مرحله تا پر شدن غلاف) و قطع آبیاری (دو مرحله پیش از گلدهی و قطع آبیاری تا پایان رسیدگی) با شمار ۶۴ نژادگان نخود کابلی در دو تکرار در بهار ۱۳۹۳ در مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آب کوهین (دانشگاه تهران) انجام پذیرفت. آماده‌سازی زمین در پائیز سال پیش و بهار سال کشت با استفاده از دستگاه خاک‌ورز مرکب صورت گرفته و بقایای محصول پیشین و علف‌های هرز گردآوری شدند. ردیف‌های کشت با استفاده از فاروئر پنجه غازی آماده شده و خرد کردن کلوخ‌های خاک با بیل به‌صورت دستی انجام شد. سپس این دو آزمایش بافاصلهٔ ۲ متری برای جلوگیری از نشت آب در مجاور هم روی خطوط ۳/۵ متری با فاصله‌های ۶۰ سانتی‌متر از یکدیگر و فاصلهٔ بوته‌های روی هر خط ۱۰ سانتی‌متر (با تراکم هفده بوته در مترمربع) کشت شدند. برای کاهش اثر متقابل تیمار رطوبتی با انواع کودهای مصرفی، هیچ‌گونه کودی استفاده نشده و تاریخ کاشت هر دو آزمایش همزمان با نخستین آبیاری مشترک در تاریخ ۱۳۹۳/۰۱/۲۷ بود. هنگام قطع آبیاری در تیمار تنش مصادف با ظهور و تشکیل گل‌ها بوده و تا پایان مرحلهٔ برداشت ادامه یافت. تجزیهٔ واریانس صفات اندازه‌گیری‌شده در قالب طرح لاتیس ساده ۸×۸ در دو شرایط بدون تنش و تنش صورت گرفته و پس از تجزیهٔ واریانس داده‌ها و انجام تصحیح‌های لازم، مقایسهٔ میانگین عملکرد دانه و رابطه‌های بین همهٔ صفات با یکدیگر صورت پذیرفت. صفات مورد بررسی شامل ارتفاع بوته، قطر ریشه، عملکرد زیست‌توده، شمار شاخهٔ اصلی، شمار شاخهٔ فرعی، شمار غلاف، وزن غلاف، شمار دانه در غلاف، شمار غلاف دوقلو، وزن دانهٔ دوقلو، شمار غلاف پوک، شمار دانه، وزن خشک ساقه و شاخه، چگالی طولی، وزن صددانه، درصد پوکی، درصد رسیدگی و شاخص برداشت بودند. تحلیل رابطه‌های چند متغیره بین صفات از روش تجزیهٔ همبستگی، تجزیهٔ رگرسیون گام‌به‌گام، تجزیهٔ علیّت، تحلیل عاملی و تجزیهٔ خوشه‌ای بود. همهٔ مراحل ثبت صفات، تجزیهٔ واریانس، بررسی رابطه‌های بین متغیّرها و رسم جدول‌ها و نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel، SPSS 18 و MSTATC انجام پذیرفت.

نتایج و بحث

تجزیهٔ واریانس طرح لاتیس ساده

در تجزیهٔ واریانس نژادگان‌ها در شرایط بدون تنش، میانگین مربعات تیمار تصحیح‌نشدهٔ همهٔ صفات به‌جز درصد رسیدگی معنی‌دار شدند که در این میان شمار شاخه‌های اولیه در سطح ۵درصد و دیگر صفات در سطح ۱درصد معنی‌دار شدند (جدول ۱). صفاتی مانند عملکرد زیست‌توده، شمار غلاف در بوته، وزن غلاف،

دانه در بوته، وزن دانه‌ها، وزن خشک ساقه‌ها، چگالی طولی، درصد رسیدگی، شاخص برداشت و عملکرد دانه در هکتار که سودمندی نسبی‌شان بیش از ۱۰۰درصد و خطای مؤثرشان بیش از خطای کل بوده، میانگین مربعات تیمار تصحیح‌شدهٔ صفات یادشده محاسبه و داده‌های متناظرشان نیز تصحیح شدند. صفات دارای سودمندی نسبی کمتر از ۱۰۰درصد هیچ‌گونه تصحیحی در داده‌ها و تیمار تصحیح‌شده صورت نگرفت. کمترین ضریب تغییرپذیری مربوط به صفات شاخص برداشت، شمار دانه در غلاف و ارتفاع بوته به ترتیب با ۷/۳۸درصد، ۷/۴۷ درصد و ۸/۶۲ درصد بوده و بیشترین ضریب تغییرپذیری مربوط به صفات وزن خشک ساقه‌ها، وزن صد دانه و شمار شاخهٔ اصلی به ترتیب با ۲۷/۵۹درصد، ۲۶درصد و ۲۵/۴۱ درصد بود که ماهیت صفات از نظر اندازه‌گیری کمّی و پیوسته بودن داده‌ها بیشترین تأثیر را بر ضریب تغییرپذیری دارد البته بالا بودن ضریب تغییرپذیری می‌تواند افزون بر دقت آزمایش مربوط به عامل‌های غیرقابل‌کنترل (شیب، رطوبت، ناهمگنی خاک و ...) مؤثر بر صفات اندازه‌گیری‌شده نیز باشد (Yazdi Samadi *et al*., 1994).

در تجزیهٔ واریانس طرح لاتیس در شرایط تنش (جدول ۲)، میانگین مربعات تیمار تصحیح‌نشدهٔ همهٔ صفات در سطح ۱درصد به‌جز شمار شاخهٔ فرعی در سطح ۵درصد معنی‌دار شدند. تیمار تصحیح‌شدهٔ صفات عملکرد زیست‌توده، شمار شاخهٔ فرعی، شمار دانه در بوته، شمار دانه در غلاف، وزن خشک ساقه، وزن صددانه و شاخص برداشت نیز معنی‌دار شدند. کمترین ضریب تغییرپذیری مربوط به صفات شمار دانه در غلاف ۸/۱۵ درصد و ارتفاع بوته ۹/۶۳ درصد و بیشترین ضریب تغییرپذیری مربوط به صفات وزن خشک شاخه و ساقه ۳۱/۷۲ درصد و ۲۶/۲۹ درصد بود. مقایسهٔ تجزیهٔ واریانس در محیط‌های تنش و بدون تنش، نشان‌دهندهٔ میانگین سودمندی طرح لاتیس نسبت به طرح بلوک‌های کامل تصادفی در شرایط بدون تنش به میزان ۷/۷ درصد و در شرایط تنش ۴/۳۹ درصد و میانگین ضریب تغییرپذیری ۱۸/۶۷ درصد در شرایط بدون تنش و ۱۸/۹درصد در شرایط تنش بود.

نتایج به‌دست‌آمده با نتایج دیگر محققان که واریانس نژادگانی و پدیدگانی (فنوتیپی) بالایی را برای شمار غلاف در بوته (Atta *et al*., 2008). واریانس ژنتیکی متوسط تا بالایی برای رسیدگی، شمار شاخه‌های فرعی و وزن صددانه (Noor *et al*., 2003)، واریانس نژادگانی و پدیدگانی بالاتری برای عملکرد دانه (Ali *et al*., 2008) و همچنین ضریب تغییرپذیری نژادگانی بالایی برای وزن صددانه و عملکرد دانه در بوته، ضریب تغییرپذیری پدیدگانی بالا برای عملکرد دانه در بوته، شمار شاخه‌های فرعی، شمار غلاف در بوته و وزن صددانه (Atta *et al*., 2008) نسبت به دیگر صفات در بوتهٔ نخود گزارش‌شده، همخوانی داشت.

جدول۱. میانگین مربعات برخی صفات در ۶۴ نژادگان نخود در شرایط بدون تنش در طرح لاتیس ساده ۸ × ۸

Table 1. Mean squares of traits in 64 chickpea genotypes under non-stress condition's on 8*8 simple lattice

S.O.V	MS															
	DF	PH	RD	BY	NPB	NSB	NP	PW	NS	NSPP	DBW	LD	HSW	MP	HI	Y
Rep	1	3.89	3.65	539.41	0.000	32.00	2756.53	301.38	1852.9	0.0046	34.395	0.496	74.7	521.79	10.57	309192.8
Tu	63	36.98**	1.29**	186.51**	1.49*	197.26**	1286.3**	97.41**	1371.5**	0.043**	26.78**	0.109**	67.26**	134.78n.s	80.5**	128380**
Ta	63			178.24**			1202.5**	91.28**	1295.7**		24.31**	0.100**		133.59	64.5**	123143**
Bu/T	14	43.28	0.880	142.57	0.962	152.12	999.29	73.91	1099.02	0.0190	26.009	0.077	48.28	226.99	123.24	104705.5
Ba/R (Eb)	14	7.46	0.239	25.39	0.545	23.59	250.12	13.67	267.19	0.0072	7.306	0.027	24.65	100.09	36.2	15888.05
E (RCBD)	63	7.91	0.284	22.02	0.857	25.30	193.67	10.82	220.84	0.0075	5.276	0.017	34.47	98.89	18.72	14151.7
Ee	49	8.04	0.297	21.06	0.946	25.79	177.55	10.01	207.59	0.0076	4.696	0.014	37.28	98.54	13.72	13655.6
E'e	49	8.04	0.297	21.86	0.946	25.79	188.99	10.60	217.88	0.0076	5.069	0.015	37.279	98.88	15.61	14081.9
G	127	22.29	0.814	107.69	1.167	110.66	755.87	56.061	804.49	0.0250	16.171	0.066	51.057	120.02	49.28	73139.3
RE		98.4	95.7	100.75	90.57	98.10	102.48	102.06	101.36	98.81	104.09	109.866	92.47	100.00	119.87	100.49
C.V %		8.62%	10.68%	17.88%	25.41%	20.43%	22.64%	17.77%	24.99%	7.47%	27.59%	15.13%	26.00%	11.71%	7.38%	18.18%
LSD 5 %		5.645	1.089	9.170	1.944	10.149	26.627	6.321	28.79	0.174	4.330	0.248	12.201	19.837	10.591	233.520

ns، * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد.

ns, *, **: Non significant and significantly difference at 5 and 1% probability levels, respectively.

جدول ۲. میانگین مربعات صفات در ۶۴ نژادگان نخود در شرایط تنش در طرح لاتیس ساده ۸×۸

Table 2. Mean squares of traits in 64 chickpea genotypes under stress condition's on 8*8 simple lattice

S.O.V	MS															
	DF	PH	RD	BY	NPB	NSB	NP	PW	NS	NSPP	DBW	LD	HSW	MP	HI	Y
Rep	1	0.286	0.022	106.281	0.281	7.268	556.945	41.617	144.500	0.006	12.171	0.083	87.806	261.634	21.435	40221.570
Tu	63	31.467**	0.867**	47.826**	1.607**	51.47*	365.12**	28.69**	364.13**	0.035**	12.35**	0.030**	68.67**	328.53**	155.32**	38828.66**
Ta	63			45.58**		42.36*			331.68**	0.035**	11.75**	0.030**	66.85**		150.03**	
Bu/T	14	19.648	0.752	44.684	1.924	101.239	391.285	29.728	363.623	0.015	14.070	0.031	46.983	192.690	209.982	42324.620
Ba/R (Eb)	14	2.301	0.227	8.079	0.344	52.375	39.704	2.386	75.384	0.010	4.201	0.00652	40.316	135.683	47.055	3436.508
E (RCBD)	63	7.649	0.350	7.173	0.567	32.307	50.263	2.546	57.659	0.009	3.779	0.007	33.237	150.976	44.538	3573.420
Ee	49	9.177	0.385	6.914	0.631	26.574	53.279	2.592	52.594	0.009	3.658	0.00673	31.215	155.345	43.820	3612.537
E'e	49	9.177	0.385	7.136	0.631	29.483	53.279	2.592	56.128	0.009	3.763	0.00673	32.781	155.345	44.489	3612.537
G	127	19.406	0.604	28.120	1.080	41.617	210.441	15.824	210.370	0.022	8.096	0.019	51.243	239.924	99.310	21350.806
RE		83.349	90.850	100.523	89.889	109.580	94.338	98.234	102.728	100.045	100.415	99.307	101.393	97.187	100.111	98.917
C.V %		9.63%	13.56%	15.71%	22.20%	26.29%	19.25%	14.99%	21.16%	8.15%	31.72%	15.47%	23.57%	16.07%	14.44%	15.68%
LSD 5 %		6.054	1.240	6.946	1.587	10.912	14.586	3.217	14.492	0.191	5.939	0.217	11.166	24.907	10.591	120.110
TCP %		40.35	4.34	10.28	34.76	6.53	21.13	35.57	39.66	40.58	-0.17	23.24	31.20	-0.93	8.54	8.65

ns، * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد.

ns, *, **: Non significant and significantly difference at 5 and 1% probability levels, respectively.

SY: seed yield; PH: plant high; BY: biological yield; RD: root diameter's; PN: number of pods per plant; PW: pod weight; NS: number of seeds per plant; SW: seed weight; NPB: Number of primary branches; NSB: Number of secondary branches; DSPP: double seed per plant; DSW: double seed weight; LD: length density; DBW: dry branches weight; HI: harvest index and; EPN: empty pod number per plant; HSW: 100 seeds weight; IP: immaturity percent; MP: maturity percent

مقایسهٔ میانگین عملکرد دانه

با توجه به شمار زیاد مقایسه‌ها برای مقایسهٔ میانگین، عملکرد دانه در هکتار به‌عنوان مهم‌ترین صفت در هر دو شرایط بدون تنش و تنش از روش آزمون توکی در سطح ۵ درصد با رتبه‌بندی حرف‌هایی به‌صورت جداگانه مقایسهٔ میانگین شدند (جدول ۳).

در محیط بدون تنش از نظر عملکرد دانه در هکتار (جدول ۲) از بین شمار ۶۴ نژادگان، نژادگان کرج- ۱۲-۰۷۱-۰۳۶۲۸ با عملکرد ۱۳۸۷/۹۴۷ کیلوگرم در هکتار و نژادگان‌های کرج- ۱۲-۰۷۱-۰۳۶۵۵ با عملکرد دانه ۱۳۵۲/۰۷۴ کیلوگرم در هکتار در رتبهٔ A و نژادگان فسا- ۱۲-۰۷۱-۰۶۸۸۰ با عملکرد دانه ۱۶۱/۸۱۳ کیلوگرم در هکتار در رتبهٔ L قرار گرفت که با توجه به شرایط منطقهٔ مورد آزمایش، اختلاف حدود ۸ برابری بین نژادگان برتر و نژادگان کمتر از نظر عملکرد دانه در هکتار مشهود است.

در شرایط محیط تنش از نظر عملکرد دانه در هکتار نیز مقایسهٔ میانگین با استفاده از آزمون توکی ۵ درصد روی میانگین تصحیح‌نشدهٔ داده‌ها صورت گرفت. همان‌گونه که نتایج نشان می‌دهد (جدول ۳) از بین شمار ۶۴ نژادگان، نژادگان کرج- ۱۲-۰۷۱-۰۳۶۲۸ با عملکرد ۶۹۸ کیلوگرم در هکتار و نژادگان‌های کرج- ۱۲-۰۷۱-۰۳۶۴۵ با عملکرد دانه ۶۹۴/۵۰۰ کیلوگرم در هکتار در رتبهٔ A و نژادگان فسا- ۱۲-۰۷۱-۰۶۸۸۰ با عملکرد دانه ۸۶/۲۵۰ کیلوگرم در هکتار در رتبهٔ K قرار گرفت که با توجه به شرایط منطقهٔ مورد آزمایش باز هم اختلاف حدود ۸ برابری بین نژادگان برتر و نژادگان کمتر را از نظر عملکرد دانه در هکتار شاهد هستیم.

نژادگان برتر کرج- ۱۲-۰۷۱-۰۳۶۲۸ با عملکرد دانه ۱۳۸۷/۹۴۷ کیلوگرم در هکتار در شرایط بدون تنش نسبت به شرایط تنش با عملکرد ۶۹۸ کیلوگرم در هکتار بیش از ۹۹ درصد افزایش عملکرد و نژادگان کرج- ۱۲-۰۷۱-۰۳۶۴۵ در شرایط بدون تنش با عملکرد ۱۱۸۶/۵۲۱ کیلوگرم در هکتار نسبت به شرایط تنش با عملکرد ۶۹۴/۵۰۰ کیلوگرم در هکتار بیش از ۷۰ درصد افزایش عملکرد نشان دادند. درصورتی‌که نژادگان کمتر از نظر رتبه‌بندی در شرایط بدون تنش نژادگان فسا- ۱۲-۰۷۱-۰۶۸۸۰ با عملکرد دانه ۱۶۱/۸۱۳ کیلوگرم در هکتار نسبت به محیط تنش عملکرد دانه ۸۶/۲۵۰ کیلوگرم در هکتار بیش از ۸۷ درصد افزایش عملکرد نشان داد. به‌طورکلی میانگین عملکرد همهٔ نژادگان‌ها در شرایط بدون تنش ۶۴۲/۶۰۹ کیلوگرم در هکتار و در شرایط تنش ۳۸۳/۳۴۴ کیلوگرم در هکتار بود که ۶۷/۶ درصد برتری عملکرد محیط بدون تنش را نسبت به محیط تنش می‌دهد.

جدول ۳. مقایسهٔ میانگین عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) ۶۴ نژادگان‌ها در شرایط بدون تنش و تنش با استفاده از آزمون توکی
Table 3. Mean comparison of seed yield (Kg/hac) for 64 genotypes under non-stress and stress conditions based on Tucky's test

Genotypes	Seed yeield (Kg/hac)								
	Non- Stress	Rank	Stress	Rank	Genotypes	Non- Stress	Rank	Stress	Rank
Torbat 4016	554.0	D-L	401.0	B-J	Karaj3641	491.6	E-L	314.3	E-K
Torbat 4020	566.3	D-L	352.8	D-K	Isfahan6897	433.6	F-L	283.3	E-K
Dara gaz4052	673.6	C-L	376.5	B-J	Uromiah6890	634.0	C-L	259.0	F-K
Dara gaz4053	707.2	C-L	437.8	A-I	Karaj3642	640.8	C-L	360.3	C-K
Karaj4066	802.2	B-J	510.0	A-F	Torbat-Shad mehr4002	796.8	B-K	526.0	A-F
Fars-Shahpour4069	653.5	C-L	369.3	B-J	Ardabil6653	456.0	F-L	200.3	H-K
Ardabil4070	1008.1	A-E	637.8	AB	Sabzevar6654	398.9	G-L	188.3	H-K
Shiraz4071	410.9	G-L	281.5	E-K	Ardabil6656	667.5	C-L	393.3	B-J
Ardabil4084	681.8	C-L	448.3	A-I	Varamin6873	554.4	D-L	392.3	B-J
FAO4091	706.5	C-L	547.0	A-E	Torbat-Hassan abad3866	742.9	B-K	640.5	AB
FAO4092	562.9	D-L	394.0	B-J	Torbat hassan abad3860	562.8	D-L	355.8	D-K
Cyprus3993	752.4	B-K	377.3	B-J	Uromiah6885	600.6	D-L	388.0	B-J
Isfahan6903	626.0	D-L	339.0	D-K	Isfahan6886	623.9	D-L	276.8	E-K
Isfahan6904	725.2	C-K	328.8	D-K	Uromiah6888	404.4	G-L	254.5	F-K
Fars-Niriz6878	402.6	G-L	149.5	JK	Uromiah6889	400.2	G-L	228.0	G-K
Fars-Niriz6879	314.5	I-L	289.5	E-K	Isfahan6898	777.1	B-K	537.5	A-E
Karaj3643	547.6	D-L	390.8	B-J	Karaj3640	924.5	A-G	550.3	A-E
Azad	497.6	E-L	464.8	A-H	Karaj3635	730.6	C-K	501.8	A-G
Karaj3658	695.0	C-L	510.8	A-F	Karaj3628	1387.9	A	698.0	A
Fars-Shahpour3659	869.8	A-H	453.5	A-I	Karaj3654	1095.5	A-D	599.3	A-D
Fars-Shahpour3663	939.8	A-G	504.3	A-G	Karaj3645	1186.5	A-C	694.5	A
Fars-Shahpour3668	658.8	C-L	373.3	B-J	Karaj3546	497.3	E-L	294.5	E-K
Fars-Shahpour3672	631.4	C-L	315.0	E-K	Mamaghan3440	699.9	C-L	409.5	B-J
Fars-Shahpour3684	235.8	KL	185.3	I-K	Torbat3919	602.0	D-L	395.3	B-J
Fars-Shahpour3702	441.8	F-L	314.3	E-K	Torbat-Hassan abad3913	563.9	D-L	356.8	D-K
Jiroft3823	527.4	E-L	340.0	D-K	Torbat-Hassan abad3915	397.5	G-L	290.8	E-K
Fars-Shahpour3715	258.5	J-L	160.0	JK	Torbat-Hassan abad3902	967.8	A-F	639.8	AB
Isfahan6896	855.8	A-I	350.3	D-K	Torbat3784	1290.9	AB	635.3	ABC
Karaj3655	1352.1	A	400.8	B-J	Torbat-Hassan abad0000	591.1	D-L	401.0	B-J
Torbat-Shad mehr4010	565.1	D-L	366.5	B-J	Torbat3874	319.9	I-L	195.5	H-K
Fars-Shahpour3723	338.2	H-L	197.5	H-K	Torbat3878	437.0	F-L	218.3	H-K
Fasa6880	161.8	L	86.3	K	Isfahan6900	524.9	E-L	403.3	B-J

بیشترین درصد تغییرپذیری صفت در شرایط بدون تنش نسبت به تنش مربوط به صفات شمار دانه در بوته، عملکرد دانه در هکتار ۴۰/۳۵ درصد، وزن غلاف ۳۹/۶۶، شمار غلاف در بوته ۳۵/۵۷درصد و عملکرد زیست‌توده ۳۴/۷۶ درصد و کمترین درصد تغییرپذیری در شرایط بدون تنش نسبت به تنش مربوط به صفات وزن صد دانه ۰/۹۳ - درصد، شمار دانه در غلاف ۰/۱۷- درصد و ارتفاع بوته ۴/۳۴ درصد بود ولی به‌طور متوسط در همهٔ صفات مورد بررسی ۲۰/۲۵ درصد تغییرپذیری صفت را در شرایط بدون تنش نسبت به شرایط تنش شاهد بودیم.

همبستگی ساده در محیط بدون تنش و تنش

نتایج همبستگی بین نوزده صفت بر مبنای اهمیت رابطهٔ صفات با عملکرد دانه در هکتار به‌صورت جداگانه در دو محیط بدون تنش و تنش ارزیابی شدند.

عملکرد دانه در هکتار در محیط بدون تنش به ترتیب اهمیت با صفات وزن غلاف، عملکرد زیست‌توده، شمار غلاف در بوته، چگالی طولی، شمار دانه در بوته، قطر ریشه، ارتفاع بوته، شمار شاخهٔ فرعی، وزن خشک ساقه و شاخه، شمار غلاف پوک و شاخص برداشت در سطح ۱درصد و با صفات شمار شاخهٔ اصلی و وزن دانهٔ دوقلو در سطح ۵ درصد همبستگی مثبت و معنی‌داری نشان داد. در بین صفات یادشده صفات شمار دانه در بوته با همهٔ صفات به‌جز شمار دانه در غلاف و درصد رسیدگی همبستگی معنی‌دار نشان داده ولی با صفت وزن صددانه و درصد پوکی همبستگی منفی و معنی‌داری را نشان داد (جدول ۴).

در نخود سفید صفت عملکرد کل دانه با همهٔ صفات به‌جز صفت شمار شاخه‌های فرعی همبستگی مثبت و معنی‌داری را نشان داده به‌طوری‌که بیشترین ضریب همبستگی مربوط به صفات شمار دانه در بوته و شمار غلاف و همچنین صفات شمار کل دانه با عملکرد کل دانه بود و همچنین شمار کل دانه نیز با همهٔ صفات همبستگی معنی‌داری را نشان داد، ولی همبستگی این صفت با صفت وزن صددانه منفی بود که نتایج به‌دست‌آمده از نظرزیست‌شناختی (بیولوژیکی) نیز مورد تأیید بودند (Jahansuz *et al.*, 2004) و صفات دارای بیشترین تأثیر بر عملکرد دانه در هکتار، نشان‌دهندهٔ ویژگی‌های رویشی و ریخت‌شناسی بوته بودند، به عبارتی با افزایش حجم بوته و شمار اجزای مرتبط با عملکرد دانه (وزن غلاف، شمار غلاف و شمار دانه در بوته)، درجهٔ بالایی از همبستگی را انتظار خواهیم داشت. صفاتی مانند درصد رسیدگی، درصد پوکی، وزن صددانه و شمار غلاف دوقلو همبستگی معنی‌داری با عملکرد دانه در هکتار نشان ندادند که می‌تواند به دلیل رشد رویشی بیشتر و محدود نبودن رشر به واسطهٔ شرایط محیطی باشد. به‌طورکلی با احتساب رابطهٔ قوی همبستگی صفات با عملکرد دانه، نژادگان‌های با ظرفیت عملکرد بالا، توانایی تولید وزن غلاف، زیست‌تودهٔ بالا، شمار غلاف در بوته، چگالی طولی و شمار دانه در بوته بیشتری را در شرایط مطلوب داشته (Singh *et al.*, 1990) و عملکرد زیست‌توده مهم‌ترین ویژگی همهٔ صفات بررسی‌شدهٔ ناشی از رابطه‌های نزدیکش با عملکرد دانه بود (Toker & Cagirgan, 2004). البته برخی نیز عملکرد دانه در واحد سطح را تابعی از شمار غلاف در بوته دانستند (Leport *et al.*, 1999).

محققانی Arshad *et al.* (2002) عملکرد دانه در بوته را دارای همبستگی مثبت و معنی‌داری با ارتفاع گیاه، شمار غلاف در بوته، وزن صددانه و عملکرد زیست‌توده دانستند، همچنین Ozdemir (1996) در نتایج بررسی خود نشان داد، ارتفاع بوته، شمار شاخهٔ ثانویه، شمار غلاف در بوته، شمار دانه در بوته، عملکرد بوته و شاخص برداشت همبستگی مثبت و قوی معنی‌داری با عملکرد دانه دارند. برخی پژوهشگران (Sharma & Maloo, 1988) در نتایج بررسی‌های خود، همبستگی مثبت و معنی‌داری نیز بین عملکرد دانه و شمار شاخه در بوته گزارش کرده و نشان دادند، در جمعیت‌های در حال جداسازی شمار شاخه و شمار غلاف در بوته با عملکرد دانه همبستگی پیوسته‌ای داشته و به ترتیب شمار غلاف در بوته در بوته و شمار شاخه‌های اولیه بیشترین نقش را بر عملکرد دانه داشتند. همبستگی مثبت و معنی‌دار عملکرد دانه در سطح با عملکرد دانه در بوته، شمار دانه در بوته، شمار غلاف در بوته، شمار شاخه‌های ثانویه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و ارتفاع بوته نشان داده‌شده (Acikgoz & Acikgoz, 1994) ولی وزن صددانه هیچ‌گونه همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه یا صفات وابسته نشان نداد.

عملکرد دانه در هکتار در محیط تنش با صفات وزن غلاف، شمار غلاف در بوته، عملکرد زیست‌توده، شمار دانه در بوته، چگالی طولی، شاخص برداشت، قطر ریشه و ارتفاع بوته در سطح ۱درصد و با صفت درصد رسیدگی در سطح ۵ درصد همبستگی مثبت و معنی‌داری نشان داد (جدول ۵). صفات شمار دانه در بوته، چگالی طولی و قطر ریشه با اغلب صفات همبستگی معنی‌داری داشتند.

تحلیل همبستگی در تنش خشکی نشان داد به دلیل تنش خشکی، فصل رشد نخود کوتاه شده و عملکرد و اجزاء عملکرد دانه تحت تأثیر قرار می‌گیرند به‌گونه‌ای که نسبت به شرایط بدون تنش صفات کمتری با عملکرد دانه رابطهٔ معنی‌دار نشان دادند. تنش خشکی می‌تواند بر صفاتی مانند زیست‌توده، شمار غلاف در بوته، شمار دانه در بوته، وزن و کیفیت دانه، و عملکرد دانه در بوته تأثیرگذار باشد (Toker & Cagirgan, 2004).

برخی پژوهشگران در نتایج بررسی‌های خود عملکرد دانه را دارای همبستگی مثبت و معنی‌دار با ارتفاع گیاه، شمار غلاف در بوته، وزن صددانه و عملکرد زیست‌تودهٔ نشان داده‌اند، بااین‌حال، عملکرد دانه همبستگی منفی با شمار روز تا گلدهی، شمار شاخهٔ اولیه و شاخص برداشت در شرایط دیم داشت (Arshad *et al.*, 2002).

جدول ۴. همبستگی ساده بین صفات اندازه‌گیری در میان شمار ۶۴ نژادگان نخود در محیط بدون تنش

Table 4. Simple correlation between measured traits among 64chickpea genotypes under non stress conditions

Traits	PH	RD	BY	NPB	NSB	NP	PW	NS	DSPP	DSW	EPN	NSPP	DBW	LD	HSW	IP	MP	HI
PH	1.00																	
RD	0.661**	1																
BY	0.640**	0.838**	1															
NPB	0.283*	0.573**	0.510**	1														
NSB	0.302*	0.633**	0.734**	0.606**	1													
NP	0.499**	0.660**	0.893**	0.381**	0.693**	1												
PW	0.573**	0.724**	0.948**	0.341**	0.576**	0.905**	1											
NS	0.401**	0.544**	0.782**	0.284*	0.606**	0.932**	0.826**	1										
DSPP	-0.01	-0.066	0.074	-0.101	-0.016	0.234	0.163	0.503**	1									
DSW	0.07	0.063	0.164	-0.079	0.013	0.195	0.252*	0.443**	0.903**	1								
EPN	0.424**	0.422**	0.567**	0.282*	0.364**	0.578**	0.541**	0.349**	0.071	0.047	1							
NSPP	-0.18	-0.298*	-0.241	-0.323**	-0.270*	-0.172	-0.150	0.097	0.854**	0.854**	-0.097	1						
DBW	0.582**	0.809**	0.812**	0.677**	0.817**	0.616**	0.585**	0.480**	-0.110	-0.045	0.454**	-0.340**	1					
LD	0.341**	0.717**	0.929**	0.459**	0.744**	0.862**	0.910**	0.777**	0.085	0.157	0.469**	-0.224	0.703**	1				
HSW	0.262*	0.273*	0.177	0.089	-0.019	-0.110	0.192	-0.336**	-0.574**	-0.337**	0.237	-0.424**	0.100	0.124	1			
IP	0.16	0.055	0.023	0.071	0.002	-0.025	-0.032	-0.249*	-0.139	-0.135	0.719**	-0.053	0.118	-0.064	0.390**	1		
MP	-0.14	-0.029	-0.060	0.055	-0.013	-0.049	-0.051	0.170	0.104	0.096	-0.722**	0.053	-0.060	-0.021	-0.399**	-0.911**	1	
HI	-0.07	-0.188	-0.012	-0.440**	-0.325**	0.161	0.268*	0.301*	0.371**	0.374**	-0.130	0.324**	-0.525**	0.059	0.005	-0.354**	0.181	1
SY	0.574**	0.715**	0.930**	0.320*	0.566**	0.904**	0.990**	0.845**	0.174	0.258*	0.475**	-0.146	0.554**	0.889**	0.176	-0.088	0.004	0.324**

*, **: Significantly difference at 5 and 1% probability levels, respectively. * و **: به ترتیب معنی‌دار و معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد.

جدول ۵. همبستگی ساده بین صفات اندازه‌گیری در میان شمار ۶۴ نژادگان نخود در محیط تنش

Table 5. Simple correlation between measured traits among 64chickpea genotypes under stress conditions

Traits	PH	RD	BY	NPB	NSB	NP	PW	NS	DSPP	DSW	EPN	NSPP	DBW	LD	HSW	IP	MP	HI
PH																		
RD	0.702**																	
BY	0.626**	0.752**																
NPB	0.219	0.489**	0.386**															
NSB	0.126	0.485**	0.416**	0.657**														
NP	0.532**	0.463**	0.783**	0.021	0.140													
PW	0.507**	0.530**	0.868**	0.055	0.136	0.892**												
NS	0.286*	0.240	0.630**	0.010	0.119	0.864**	0.804**											
DSPP	-0.083	-0.175	0.069	-0.040	-0.111	0.261*	0.175	0.566**										
DSW	-0.049	-0.138	0.126	-0.024	-0.114	0.225	0.217	0.502**	0.957**									
EPN	0.496**	0.355**	0.375**	-0.027	-0.057	0.504**	0.311*	0.087	0.018	0.046								
NSPP	-0.190	-0.314*	-0.210	-0.073	-0.179	-0.150	-0.199	0.111	0.818**	0.849**	-0.010							
DBW	0.453**	0.685**	0.640**	0.690**	0.625**	0.173	0.178	0.001	-0.141	-0.094	0.265*	-0.117						
LD	0.284*	0.600**	0.913**	0.382**	0.477**	0.658**	0.777**	0.595**	0.138	0.194	0.213	-0.122	0.614**					
HSW	0.390**	0.349**	0.209	-0.007	-0.021	-0.031	0.159	-0.309*	-0.473**	-0.340**	0.291*	-0.384**	0.169	0.084				
IP	0.336**	0.181	-0.012	-0.045	-0.130	-0.048	-0.174	-0.396**	-0.116	-0.056	0.745**	0.121	0.245	-0.130	0.499**			
MP	-0.348**	-0.180	0.035	0.031	0.108	0.085	0.215	0.414**	0.122	0.069	-0.696**	-0.136	-0.263*	0.151	-0.483**	-0.989**		
HI	-0.093	-0.228	0.068	-0.476**	-0.400**	0.438**	0.530**	0.555**	0.244	0.245	-0.092	-0.057	-0.670**	0.054	-0.057	-0.449**	0.500**	
SY	0.496**	0.507**	0.852**	0.061	0.133	0.871**	0.994**	0.812**	0.176	0.220	0.243	-0.203	0.152	0.761**	0.149	-0.237	0.274*	0.559**

*, **: Significantly difference at 5 and 1% probability levels, respectively. * و **: به ترتیب معنی‌دار و معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد.

SY: seed yield; PH: plant high; BY: biological yield; RD: root diameter's; PN: number of pods per plant; PW: pod weight; NS: number of seeds per plant; SW: seed weight; NPB: Number of primary branches; NSB: Number of secondary branches; DSPP: double seed per plant; DSW: double seed weight; LD: length density; DBW: dry branches weight; HI: harvest index and; EPN: empty pod number per plant; HSW: 100 seeds weight; IP: immaturity percent; MP: maturity percent.

برخی محققان (Ahmed, 2011) در نتایج بررسی‌های خود صفات شاخص برداشت، عملکرد زیست‌توده، شمار غلاف در بوته و شمار دانه در بوته را در هر دو شرایط تنش و غیر تنش دارای همبستگی مثبت و معنی‌دار و سبب بهبود عملکرد دانه شمرده و برخی نیز (Toker & Cagirgan, 2004) عملکرد زیست‌توده و شاخص برداشت را به دلیل رابطه‌های نزدیکشان با عملکرد دانه مهم‌ترین معیار گزینشی دانستند. بنابراین، عملکرد دانه و اجزای عملکرد به‌عنوان معیار اصلی گزینش برای بهبود سازگاری به محیط تنش در برخی برنامه‌های اصلاحی باقی می‌ماند.

مقایسهٔ همبستگی عملکرد دانه در هکتار در دو محیط بدون تنش و تنش نشان می‌دهد، در هر دو محیط بدون تنش و تنش اغلب صفات همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه داشته و همبستگی منفی و معنی‌داری مشاهده نشد که با نتایج محققان در شرایط بدون تنش و تنش نیز همخوانی دارد (Ahmed, 2011). افزون بر این در شرایط تنش نسبت به بدون تنش صفات کمتری همبستگی معنی‌دار با عملکرد دانه داشته و صفات مرتبط با ویژگی‌های رویشی مانند شمار شاخهٔ فرعی، وزن خشک ساقه و شاخه‌ها، شمار غلاف پوک، شمار شاخهٔ اصلی و وزن

دانهٔ دوقلو که در محیط بدون تنش که با عملکرد دانه همبستگی معنی‌دار داشته، در محیط تنش همبستگی معنی‌داری را با عملکرد دانه نشان ندادند. همچنین در محیط تنش درصد رسیدگی با عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری نشان می‌دهد که در شرایط بدون تنش این همبستگی در حد صفر است. بنابراین در محیط بدون تنش بیشتر اجزای عملکرد با عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری داشته که این همبستگی گویای تأثیر محیط بر صفات در محیط‌های تنش و بدون تنش بوده است. به عبارتی عملکرد دانهٔ نخود یک ویژگی کمّی بوده و تحت تأثیر عامل‌های ژنتیکی و نوسان‌های محیطی است (Muehlbauer & Singh, 1987).

با بررسی واکنش نژادگان‌های نخود را به تنش رطوبتی خاک در مراحل رشدی مختلف، عملکرد دانه دارای همبستگی مثبت و معنی‌داری با شمار غلاف در بوته و شمار دانه در بوته در شرایط تنش و بدون تنش (Million Eshete *et al*., 2005) گزارش‌شده که با نتایج سازگار بود.

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده برخی صفات در هر دو محیط بدون تنش و تنش همبستگی قوی و مثبتی را با عملکرد دانه نشان دادند که می‌توان به ترتیب وزن غلاف، عملکرد زیست‌توده، شمار غلاف در بوته، شمار دانه در بوته، چگالی طولی، قطر ریشه، ارتفاع بوته و شاخص برداشت را برای اصلاح رقم در هر دو شرایط تنش و بدون تنش به‌طور همزمان اشاره کنیم. این صفات می‌توانند برحسب اولویت رابطه‌هایشان با عملکرد دانه نسبت به دیگر صفات و تجزیه‌وتحلیل دیگر روش‌های آماری مانند تحلیل رگرسیون گام‌به‌گام، تجزیهٔ علیّت و تحلیل عاملی به‌عنوان مهم‌ترین معیارهای گزینشی انتخاب و معرفی شوند.

وزن صد دانه در هر دو محیط تنش و بدون تنش همبستگی معنی‌دار با عملکرد دانه نداشته که با نتایج بررسی‌های برخی محققان همخوانی داشت. جدای از دیگر معیارهای گزینشی، برای گزینش نژادگان‌های پر دانه، وزن دانه بایستی به‌تنهایی ارزیابی شود (Toker & Cagirgan, 2004).

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده و سازگاری آن با منابع موجود به نظر می‌رسد، هر صفت کمّی صرف‌نظر از اثرگذاری‌های منفی یا مثبت آن بر گیاه، به‌نوعی در شکل‌گیری عملکرد دانه نقش داشته که ایفای این نقش بایستی به‌صورت مستقیم یا غیرمستقیم از راه ارزیابی دیگر صفات بررسی شود.

تجزیهٔ رگرسیون گام‌به‌گام

نتایج تجزیهٔ رگرسیون گام‌به‌گام نشان دادهٔ در شرایط بدون تنش، در هشت مرحله صفات مستقل وزن غلاف، شمار غلاف پوک، شاخص برداشت، شمار غلاف، درصد پوکی، عملکرد زیست‌توده، چگالی طولی و وزن صد دانه به ترتیب وارد مدل شدند. در مرحلهٔ اول سهم متغیّرها ۹۸/۱ درصد، مرحلهٔ دوم ۹۸/۶درصد، مرحلهٔ سوم ۹۸/۸ درصد، مرحلهٔ چهارم ۹۸/۹ درصد، مرحلهٔ پنجم ۹۹/۱ درصد، مرحلهٔ ششم ۹۹/۳درصد، مرحلهٔ هفتم ۹۹/۴ درصد و مرحلهٔ هشتم نیز ۹۹/۴ درصد تغییرها را توجیه کردند که با استخراج میزان عددی ۲/۱۸۴ از آزمون دوربین واتسون بدون هم‌راستایی هستند (جدول ۶).

از میان صفات مورد بررسی وزن غلاف با بیشترین همبستگی نسبت به عملکرد دانه، اصلی‌ترین صفتی بود که با تأثیر مثبت وارد مدل رگرسیون گام‌به‌گام شد. صفاتی مانند شمار غلاف پوک در بوته و چگالی طولی که همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه داشتند در رگرسیون گام‌به‌گام با اثر منفی به ترتیب در مرحلهٔ سوم و هفتم وارد مدل شدند که دلیل همبستگی مثبت آن می‌تواند شمار زیاد نمونهٔ مورد بررسی بوده و درواقع از نظر زیست‌شناختی ارتباط معنی‌دار بین این صفات متفاوت از رابطه‌های ظاهری خواهد بود. همچنین وزن صددانه که بدون همبستگی با عملکرد دانه بوده در مرحلهٔ هشتم وارد با اثر مثبت وارد مدل رگرسیون گام‌به‌گام شده ناشی از شمار زیاد صفات مورد بررسی بوده که با کاهش حجم داده‌ها، صفات دارای رابطه‌های واقعی و مؤثر شناسایی خواهند شد.

در شرایط بدون تنش به واسطهٔ ماهیت زیست‌شناختی و بدون تأثیر شرایط محیطی بر ریخت‌شناسی بوته، متغیّرهای مستقل زیادی بر عملکرد دانه وارد شده و رشد رویشی به‌طورکلی بر عملکرد دانه مؤثر بوده است تا جایی که چگالی طولی بوته و درصد

پوکی متمایز از دیگر متغیّرها با اثر منفی وارد مدل شدند. از سویی در رگرسیون گام‌به‌گام می‌توان صفاتی مانند وزن صددانه را که در ظاهر بدون همبستگی بودند و درواقع شمار زیاد صفات و نمونه‌ها بازدارندهٔ معنی‌دار شدن آن‌ها بود، شناسایی و به‌عنوان صفات مهم و مؤثر در گزینش به کاربرد.

نتایج تجزیهٔ رگرسیون گام‌به‌گام در شرایط تنش نشان داد، در سه مرحله متغیّرهای مستقل وزن غلاف، شمار غلاف پوک و چگالی طولی به ترتیب وارد مدل شدند که در مرحلهٔ اول سهم متغیّرها ۹۸/۸ درصد، مرحلهٔ دوم ۹۹/۳درصد و مرحلهٔ سوم ۹۹/۳ درصد تغییرپذیری را توجیه کردند که با استخراج میزان عددی ۲/۲۸۴ از آزمون دوربین واتسون بدون هم‌راستایی هستند (جدول ۷).

بیشترین سهم صفت واردشده در مدل رگرسیون گام‌به‌گام در شرایط تنش مربوط به وزن غلاف بود و شمار غلاف پوک در مرحلهٔ دوم با تأثیر منفی وارد مدل شد. صفت چگالی طولی نیز با تأثیر مثبت در مرحلهٔ سوم وارد مدل شد. بنابراین می‌توان با اطمینان از صفت وزن غلاف در هر دو شرایط بدون تنش و تنش برای گزینش رقم‌ها استفاده کرده، از صفات شاخص برداشت، شمار غلاف در بوته، درصد پوکی، عملکرد زیست‌توده، وزن صددانه در شرایط بدون تنش و از صفت چگالی طولی رقم‌ها در شرایط تنش افزون بر صفت مشترک وزن غلاف استفاده کرد.

توجه به نتایج اهمیت وزن غلاف را در هر دو شرایط بدون تنش و تنش نشان داده به‌گونه‌ای که در گام اول در هر دو شرایط بیش از ۹۸ درصد تغییر را توجیه کرد و می‌توان با انتخاب این صفت به‌طور همزمان و در هر دو شرایط تنش و غیر تنش، گزینش مؤثری را داشت.

نتایج رگرسیون گام‌به‌گام در نخود سفید و سیاه نشان دادند، دو صفت شمار کل دانه و وزن صد دانه با افزایش عملکرد در ارتباط هستند که می‌توانند در جهت ایجاد برنامه‌های اصلاحی برای افزایش عملکرد بهره‌گیری شده و به‌عنوان صفات مؤثر در گزینش رقم‌های در شرایط بدون تنش از آن‌ها بهره جست (Jahansuz *et al*., 2004). مرور منابع نشان داد که رابطهٔ بین عملکرد دانهٔ نخود و دیگر صفات ثابت نیست (Ozdemir, 1996).

جدول ۶. نتایج تجزیهٔ رگرسیون گام‌به‌گام برای عملکرد دانه به عنوان متغیر تابع و دیگر صفات به عنوان متغیر مستقل در شرایط بدون تنش

Table 6. Stepwise regression for seed yield as dependent variable and other traits as independent variables in non-stress condition

Variables	Stepwise Regression							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Constant	4.782	7.011	-66.35	-77.784	-144.086	-301.352	-262.263	-278.109
Pod weight	35.806	37.493	36.757	33.659	33.972	24.878	26.566	25.263
Empty pod number		-3.463	-2.800	-3.209	-7.585	-7.922	-8.278	-7.938
Harvest index			1.599	1.813	2.210	5.135	4.732	4.406
Number of pod				1.015	1.588	1.490	1.617	2.277
Immaturity percent					3.019	3.592	3.533	2.813
Biological percent						6.705	7.522	6.674
Length density							-94.673	-97.584
Hundred seed weight								2.108
R^2	0.981	0.986	0.988	0.989	0.991	0.993	0.994	0.994

جدول ۷. نتایج رگرسیون گام‌به‌گام برای عملکرد دانه به عنوان متغیر تابع و دیگر صفات به‌عنوان متغیر مستقل در شرایط تنش خشکی

Table 7. Stepwise regression results for seed yield as dependent variable and other traits as independent variables in stress condition

Variables	Stepwise Regression		
	1	2	3
Constant	-9.504	-3.454	6.388
Pod weight	36.563	37.400	38.377
Empty pod number		-1.798	-1.824
Length density			37.949
R^2	0.988	0.993	0.993

تجزیهٔ ضریب‌های علیّت

ازآنجاکه همبستگی صفات با عملکرد دانه ناشی از رابطه‌های ظاهری بوده و نمی‌تواند به‌روشنی اطلاعاتی را در مورد رابطه‌های بین متغیّرهای علت و معلول بدهد، بنابراین برآوردهای همبستگی برای برقراری شدت اثرگذاری متغیرهای مستقل بر یک متغیّر وابسته تسهیم می‌شود (Ahmed, 2011). چون عملکرد صفتی پیچیده است و از راه همبستگی تعیین صفات اختصاص‌یافته به عملکرد دانه دشوار است، بنابراین، انجام تجزیهٔ علیّت برای برقراری سهم مستقیم و غیرمستقیم هر صفت روی عملکرد دانه مهم است (Nakawuka & Adipala, 1999).

نتایج تجزیهٔ علیّت بر مبنای متغیّرهای وارد شده در مدل رگرسیون گام‌به‌گام نشان داد، باوجودی که اغلب صفات همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه در هر دو محیط داشتند، در محیط بدون تنش بیشترین تأثیر مستقیم صفات شامل عملکرد زیست‌توده با اثرگذاری مثبت بر عملکرد دانه بوده (جدول ۸) و می‌توانند بسته به هدف اصلاحی از این صفت به‌عنوان صفتی مؤثر و مثبت با اعتبار کافی استفاده شود. از سویی صفات وزن غلاف، چگالی طولی و شمار غلاف که به‌طور غیرمستقیم از راه آن‌ها عملکرد زیست‌توده بر عملکرد دانه اثرگذاری مثبت داشته و می‌توانند بسته به هدف و افزایش دامنهٔ گزینش در ذخایر توارثی با اطمینان استفاده شوند. صفت شمار غلاف دومین صفت اثر مستقیم و مثبت بر عملکرد دانه داشته که اثر غیرمستقیم و مثبتی را نیز از طریق عملکرد زیست‌توده بر عملکرد دانه داشت. از سویی صفات وزن غلاف، عملکرد زیست‌توده، و چگالی طولی نیز با تأثیر غیرمستقیم مثبت از راه شمار غلاف بر عملکرد دانه مؤثر بودند. بنابراین در محیط بدون تنش صفات عملکرد زیست‌توده و شمار غلاف به‌طور مستقیم و صفات وزن غلاف و چگالی طولی به‌طور غیرمستقیم بر عملکرد دانه مؤثر بوده و می‌توانند با اطمینان بیشتری برای گزینش به کار روند به عبارتی و گزینش برای صفات یادشده منجر به ایجاد رقم‌های با عملکرد دانهٔ بالا خواهد شد.

در محیط تنش هیچ صفتی اثر مستقیم مثبت بر عملکرد نداشته و صفت شمار غلاف پوک بیشترین اثر مستقیم و منفی بر عملکرد دانه را داشت. بنابراین نبایستی به‌عنوان یک صفت مؤثر برای گزینش استفاده شود اثر غیرمستقیم دیگر صفات از راه یکدیگر منفی و ناچیز بودند (جدول ۸).

برخی محققان در نتایج بررسی‌های خود پیشنهاد کردند، شمار دانه در غلاف و عملکرد زیست‌توده سهم مستقیمی در عملکرد دانه در بوته داشته (Ali *et al*., 2008)، بعضی بیشترین اثر مستقیم و مثبت روی عملکرد دانه در بوته را از راه شمار غلاف در بوته اعمال دانسته‌اند (Saleem *et al*., 2002).

جدول ۸. ضریب‌های علیّت بر مبنای عملکرد دانه در شرایط بدون تنش

Table 8. Path coefficient based on seed yield under Non-stress condition

Traits	BY	NP	PW	EPN	LD	HSW	IP	HI
BY	1.8428	1.6772	1.7599	0.9391	1.7301	0.0789	-0.0614	0.0186
NP	1.0507	1.1545	1.0659	0.5747	1.0246	-0.1503	-0.0944	0.1807
PW	-0.3845	-0.3717	-0.4026	-0.1963	-0.3726	-0.0295	0.0323	-0.1085
EPN	-0.1943	-0.1899	-0.1859	-0.3814	-0.1590	-0.0595	-0.2736	0.0298
LD	-0.0879	-0.0831	-0.0866	-0.0390	-0.0936	0.0004	0.0103	-0.0077
HSW	-0.0003	0.0008	-0.0005	-0.0010	0.0000	-0.0063	-0.0026	-0.0006
IP	-0.0031	-0.0075	-0.0074	0.0659	-0.0101	0.0377	0.0919	-0.0267
HI	0.0012	0.0192	0.0332	-0.0096	0.0101	0.0125	-0.0358	0.1230
Residual	0.0714744							

جدول ۹. ضریب علیّت بر مبنای عملکرد دانه در شرایط تنش

Table 9. Path coefficient based on seed yield under stress condition

Traits	PW	EPN	LD
PW	-0.1669	-0.0519	-0.1296
EPN	-0.1202	-0.3868	-0.0823
LD	-0.0140	-0.0038	-0.0180
Residual	0.051174		

بنابر نتایج بررسی Ranalli & Cubero (1997) عملکرد زیست‌توده و شاخص برداشت بیشترین اثر مستقیم و مثبت بر عملکرد دانه را داشتند. همچنین نتایج به‌دست‌آمده از تجزیهٔ علیّت (Yousefi *et al.*, 1997) نشان دادند، وزن صد دانه، شمار غلاف در بوته و شمار دانه در غلاف به ترتیب بیشترین اثر مستقیم را بر عملکرد دانه داشت. در تجزیهٔ علیّت شمار غلاف در بوته و اندازه/وزن دانه بیشترین اثر مستقیم را بر عملکرد دانه دارند. با افزایش شمار غلاف و شمار دانه در بوته، وزن (اندازهٔ دانه) کاهش می‌یابد. نکتهٔ مسلم این است که شمار دانه در غلاف و شمار غلاف در بوته در نخودهای تیپ کابلی دانه‌درشت از نخودهای تیپ دسی دانه‌ریز کمتر است (Singh *et al.*, 1990). برخی محققان (Ali *et al.*, 2008) در گزارش نتایج بررسی‌های خود پیشنهاد کردند، شمار دانه در غلاف و عملکرد زیست‌توده (بیوماس) سهم مستقیمی در عملکرد دانه در بوته دارند. بنابراین، این صفات می‌توانست اطمینان بیشتری را به‌عنوان معیار گزینشی برای بهبود عملکرد در نخود کاوش کند. مطابق با Saleem *et al.* (2002) بیشترین اثر مستقیم و مثبت روی عملکرد دانه در بوته از راه شمار غلاف در بوته اعمال شد. دیگر صفات، به‌جز شمار روز تا رسیدگی و شمار شاخه‌های ثانوی در بوته، نیز سهم غیرمستقیم بزرگی در عملکرد دانه از طریق شمار غلاف در بوته داشتند.

نتایج به‌دست‌آمده در محیط بدون تنش همخوانی خوبی با نتایج بررسی‌های دیگر محققان داشته و اثر باقی‌مانده بسیار کم در دو محیط و همچنین رابطهٔ قوی این صفات با عملکرد دانه در تجزیهٔ همبستگی بر اعتبار نتایج صحه می‌گذارد. از سویی تأثیر محیط بر صفات مورد اندازه‌گیری پیچیده و متأثر از نژادگان، محیط و اثر متقابل نژادگان و محیط نیز بر اهمیت و ترتیب صفات مؤثر بر عملکرد دانه در گزارش‌های مختلف با نتایج مختلف قابل تأمل بوده که با این وجود در بیشتر موارد عملکرد زیست‌توده و شمار دانه در غلاف با نتایج این تحقیق سازگار بود.

تحلیل عاملی در محیط بدون تنش و تنش

مقادیر آزمون KMO به ترتیب در شرایط بدون تنش و تنش ۰/۷۰۳ و ۰/۵۳۶ و برای آزمون اسفریسیتی در شرایط بدون تنش و تنش به ترتیب ۲۶۲۵/۴۶۸ و ۷۶۲/۲۶۵۴ با درجهٔ آزادی ۱۷۱ بیانگر کفایت مدل برای تحلیل عاملی در هر دو شرایط بود.

در بین ۱۹ متغیّر اندازه‌گیری‌شده در تحلیل عاملی، از بین ۱۹ صفت چهار عامل به روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی با استفاده از چرخش وریماکس استخراج شد که درمجموع در محیط بدون تنش ۸۵/۶۵۶ درصد و در محیط تنش ۸۶/۲۵۴ تغییرپذیری‌ها را توجیه کردند. در کل ۷۸/۹۵ درصد کاهش داده‌ها را به همراه داشتند (جدول ۱۰). از بین عامل‌های استخراج‌شده که ضریب بارهای عاملی بیش از ۰/۵ داشتند در محیط بدون تنش عامل اول با در برگرفتن صفات ارتفاع، قطر ریشه، عملکرد زیست‌توده، شمار شاخهٔ فرعی، شمار غلاف، وزن غلاف، شمار دانه، وزن خشک ساقه و شاخه، چگالی طولی و عملکرد دانه در هکتار عامل ویژگی‌های عملکرد کل نام گرفت که ۴۰/۶۶۸ درصد تغییرپذیری را توجیه کرد. عامل دوم با صفاتی مانند شمار غلاف دوقلو، وزن دانهٔ دوقلو، شمار دانه در غلاف و وزن صددانه به‌عنوان عامل تعیین‌کنندهٔ اندازهٔ دانه نام گرفت که ۱۷/۱۲۳ تغییرپذیری‌ها را توجیه کرد. عامل سوم که صفات ارتفاع بوته، شمار غلاف پوک، درصد پوکی و درصد رسیدگی را در برمی‌گیرد به‌عنوان عامل درصد باروری نام گرفت که ۱۴/۶۸۲ درصد تغییرپذیری‌ها را توجیه کرد. در نهایت عامل چهارم شامل شمار شاخهٔ اصلی، شمار شاخهٔ فرعی، وزن خشک شاخه و ساقه و شاخص برداشت، عامل ویژگی‌های ریخت‌شناسی نام گرفت که ۱۳/۱۸۳درصد تغییرپذیری را توجیه کرد.

در محیط تنش عامل اول با در برگرفتن صفات ارتفاع، قطر ریشه، عملکرد زیست‌توده، شمار غلاف، وزن غلاف، شمار دانه، چگالی طولی، شاخص برداشت و عملکرد دانه در هکتار در هکتار عامل عملکرد کل نام گرفت که ۳۲/۰۸۰درصد تغییرپذیری را توجیه کرد. عامل دوم با صفاتی مانند قطر ریشه، شمار شاخهٔ اصلی، شمار شاخهٔ فرعی، وزن خشک ساقه و شاخه و شاخص برداشت به‌عنوان عامل ویژگی‌های ریخت‌شناسی نام گرفت که ۱۸/۸۱ درصد تغییرپذیری

را توجیه کرد. عامل سوم با صفاتی شامل شمار غلاف پوک، وزن صددانه، درصد پوکی، درصد رسیدگی به‌عنوان عامل درصد باروری نام گرفت که ۱۸/۵۹۵ درصد تغییر را توجیه کرد و عامل چهارم با صفات شمار غلاف دوقلو، وزن دانهٔ دوقلو، شمار دانه در غلاف، وزن صددانه به‌عنوان عامل تعیین‌کنندهٔ اندازهٔ دانه نام گرفت که ۱۶/۷۶۸ درصد تغییرپذیری را توجیه کرد و در کل ۸۶/۲۵۴ درصد تغییرپذیری با چهار عامل یادشده توجیه شد (جدول ۱۱).

نتایج به‌دست‌آمده با توجه به توجیه بیش از ۸۵ درصد تغییرپذیری‌ها به واسطهٔ چهار عامل و همخوانی با نتایج دیگر بررسی‌های معتبر بوده و عامل‌های عملکرد کل، ویژگی‌های ریخت‌شناسی، درصد باروری و اندازهٔ دانه در هر دو محیط با اولویت‌های تا حدودی همانند در بدون تنش و تنش تعیین شدند.

در نتایج پژوهشی دیگر برای تعیین صفات مؤثر بر عملکرد دانه در ۳۶ رگهٔ (لاین) نخود، چهار عامل ۷۷/۲ درصد از واریانس را توجیه کردند (Kamel *et al*., 2008) و در بررسی دیگری مطابق با تحلیل عاملی، پنج عامل به دست آمدند که بیش از ۸۱ درصد تغییرپذیری‌ها را توجیه کردند که عامل اول با توجیه ۲۲ درصد تغییر به‌عنوان عامل تعیین‌کنندهٔ اندازهٔ دانه، عامل دوم با توجیه ۲۰ درصد تغییرپذیری به‌عنوان عامل عملکرد، عامل سوم با توجیه ۱۶ درصد تغییرپذیری به‌عنوان عامل ریخت‌شناسی، عامل چهارم با توجیه ۱۴/۲ درصد تغییرپذیری به‌عنوان عامل شاخص برداشت و عامل پنجم با توجیه ۹ درصد از تغییرپذیری به‌عنوان درصد باروری نام گرفتند (Ghorbani *et al*., 2013).

به‌منظور یافتن ویژگی‌های تعیین‌کنندهٔ معیار برای گزینش عملکرد دانهٔ نخود از روش تحلیل عاملی، سه عامل ۹۲/۹ درصد تغییرپذیری‌ها را توجیه کردند. عامل‌های یک، دو و سه به ترتیب ۵۱/۳، ۲۴/۸ و ۱۶/۸ درصد واریانس را توجیه کردند (Toker & Cagirgan, 2004).

جدول ۱۰. مقادیر ویژه، واریانس نسبی و واریانس تجمعی بار عاملی چرخش‌یافته در محیط بدون تنش و تنش

Table 10. Eigenvalues, relative and cumulative variances of rotation loadings factor under Non-stress and stress conditions

Components	Eigenvalues		Relative variances (%)		Cumulative variances (%)	
	Non-Stress	Stress	Non-Stress	Stress	Non-Stress	Stress
FA_1	7.727	6.095	40.668	32.080	40.668	32.080
FA_2	3.253	3.574	17.123	18.810	57.791	50.890
FA_3	2.790	3.533	14.682	18.595	72.473	69.486
FA_4	2.505	3.186	13.183	16.768	85.656	86.254

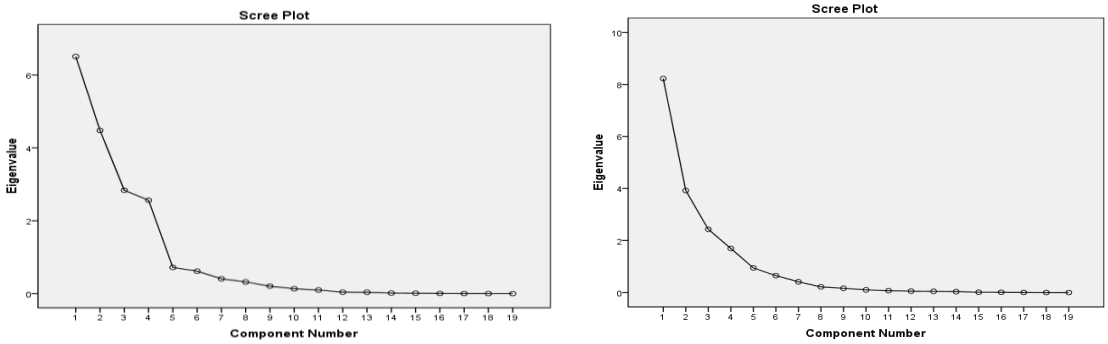
جدول ۱۱. نتایج تجزیه به عامل‌های همهٔ صفات ۶۴ نژادگان نخود کابلی در محیط بدون تنش و تنش

Table 11. Results of factor analysis from all of traits of 64 chickpea genotypes under Non- stress and stress conditions

Traits	FA_1		FA_2		FA_3		FA_4	
	Non-Stress	Stress	Non-Stress	Stress	Non-Stress	Stress	Non-Stress	Stress
PH	0.606	0.540	-0.105	0.234	0.240	0.522	0.104	-0.160
RD	0.782	0.538	-0.150	0.589	0.080	0.301	0.348	-0.248
BY	0.964	0.861	-0.026	0.454	0.089	0.140	0.212	-0.041
NPB	0.397	0.044	-0.113	0.857	-0.014	-0.073	0.696	0.006
NSB	0.653	0.135	-0.008	0.814	-0.033	-0.177	0.593	-0.089
NP	0.929	0.933	0.139	-0.010	0.033	0.113	0.102	0.096
PW	0.984	0.989	0.026	0.006	0.072	0.001	-0.081	-0.016
NS	0.855	0.845	0.402	-0.048	-0.177	-0.259	0.034	0.376
DSPP	0.138	0.202	0.964	-0.090	-0.030	-0.078	-0.127	0.951
DSW	0.211	0.220	0.881	-0.072	0.002	-0.009	-0.171	0.936
DPN	0.497	0.331	0.054	-0.010	0.781	0.821	0.135	0.043
NSPP	-0.204	-0.208	0.895	-0.051	0.050	0.100	-0.222	0.929
DBW	0.653	0.179	-0.113	0.894	0.094	0.274	0.690	-0.066
LD	0.914	0.751	-0.007	0.494	-0.011	-0.042	0.161	0.055
HSW	0.156	0.115	-0.665	-0.020	0.427	0.549	-0.232	-0.533
IP	-0.090	-0.185	-0.079	0.033	0.961	0.965	0.145	0.005
MP	0.011	0.224	0.071	-0.066	-0.953	-0.953	0.019	-0.008
HI	0.230	0.533	0.222	-0.709	-0.204	-0.350	-0.878	0.039
SY	0.986	0.985	0.027	-0.004	0.011	-0.059	-0.118	-0.022

تجزیهٔ خوشه‌ای

به‌منظور بررسی فاصلهٔ بین منشأ خزانهٔ نژادگان‌های مورد ارزیابی در دو محیط بدون تنش و تنش از تجزیهٔ خوشه‌ای به روش وارد استفاده شد. با انجام برش نمودار شجره‌ای (دندروگرام) در فاصلهٔ ۷، پنج گروه در محیط بدون تنش و پنج گروه در محیط بدون تنش به دست آمد (جدول ۱۲). نتایج به‌دست‌آمده نشان دادند که تنوع بسیار خوبی بین نژادگان‌ها از نظر صفات مورد بررسی هم درون محیط‌ها و هم بین محیط‌ها وجود داشته به‌طوری‌که در محیط بدون تنش نژادگان‌های با بیشترین عملکرد در گروه پنج، نژادگان‌های با کمترین عملکرد در گروه یک نژادگان‌های بینابین از نظر عملکرد در گروه‌های دو، سه و چهار قرار گرفتند ولی در محیط تنش باوجودی که نژادگان‌های با بیشترین عملکرد در گروه پنج قرار گرفتند ولی دیگر نژادگان‌ها به‌طور پراکنده‌ای از نظر عملکرد دانه در گروه‌های مختلف قرار گرفتند که می‌تواند بیانگر تأثیر بیشتر محیط بر صفات در محیط تنش نسبت به بدون تنش باشد. برترین نژادگان از نظر عملکرد دانهٔ کرج ۳۶۲۸ بود که در هر دو محیط در گروه پنج و کمترین نژادگان از نظر عملکرد فسا ۶۸۸۰ بوده که در محیط بدون تنش در گروه یک و در محیط تنش در گروه سه قرار گرفت.



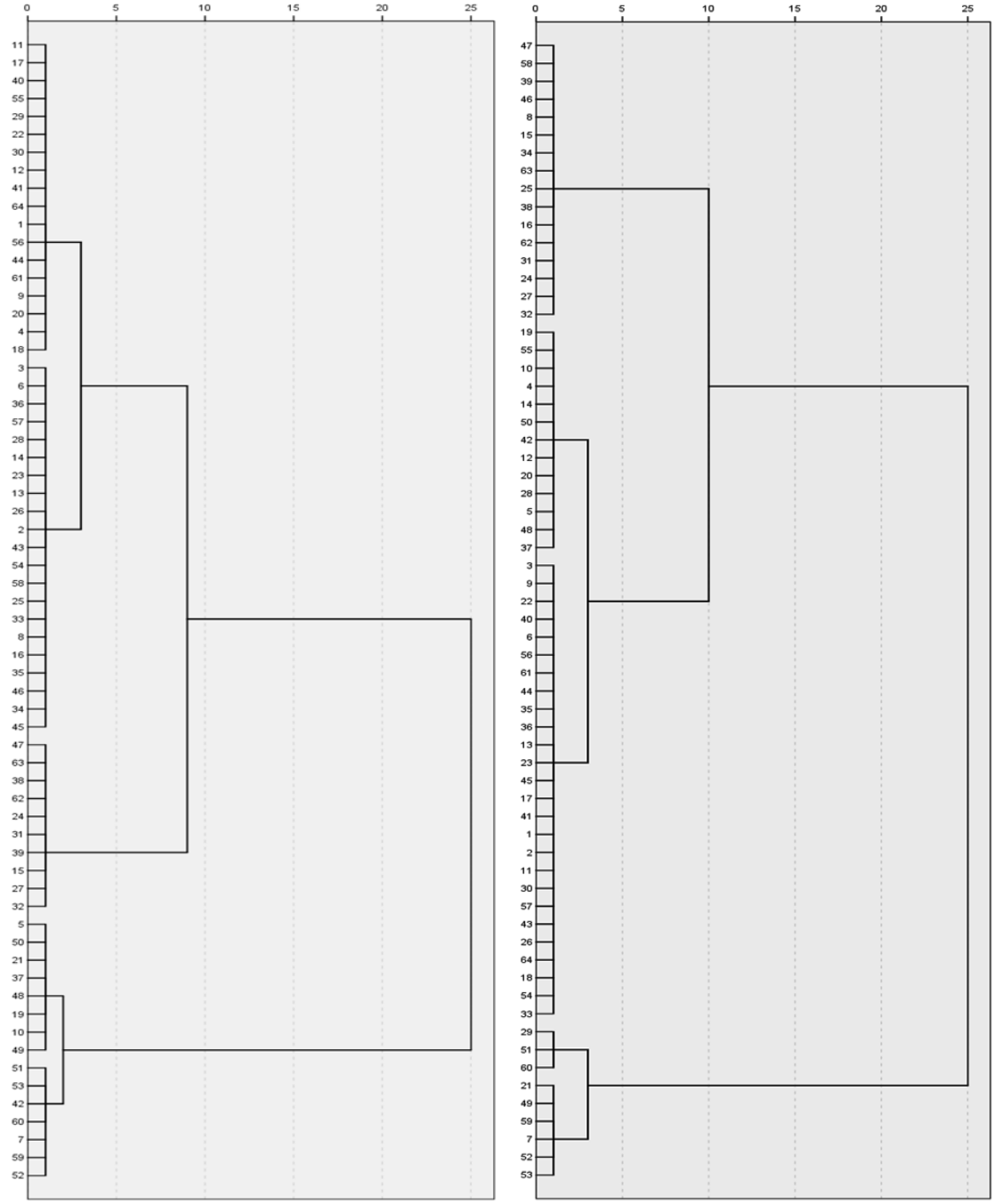
شکل ۱. اسکری پلات مقادیر ویژه در محیط بدون تنش(راست) و محیط تنش(چپ)

Figure. Scree plot of eigenvalues under Non-stress (right) and stress (left) conditions

جدول ۱۲. گروه‌بندی ۶۴ نژادگان با استفاده از تجزیهٔ خوشه‌ای به روش وارد بر مبنای ۱۹ صفت

Table 12. Grouping of 64 genotypes with use of cluster analysis by ward's methods base on 19 traits

	Clusters			Clusters			Clusters	
Genotypes	Non-stress	Stress	Genotypes	Non-stress	Stress	Genotypes	Non-stress	Stress
Torbat 4016	3	1	Fars-Shahpour3672	3	2	Isfahan6886	3	2
Torbat 4020	3	2	Fars-Shahpour3684	1	3	Uromiah6888	1	2
Dara gaz4052	3	2	Fars-Shahpour3702	1	2	Uromiah6889	1	3
Dara gaz4053	2	1	Jiroft3823	3	2	Isfahan6898	2	4
Karaj4066	2	4	Fars-Shahpour3715	1	3	Karaj3640	5	4
Fars-Shahpour4069	3	2	Isfahan6896	2	2	Karaj3635	2	4
Ardabil4070	5	5	Karaj3655	4	1	Karaj3628	4	5
Shiraz4071	1	2	Torbat-Shad mehr4010	3	1	Karaj3654	5	5
Ardabil4084	3	1	Fars-Shahpour3723	1	3	Karaj3645	5	5
FAO4091	2	4	Fasa6880	1	3	Karaj3546	3	2
FAO4092	3	1	Karaj3641	3	2	Mamaghan3440	2	1
Cyprus3993	2	1	Isfahan6897	1	2	Torbat3919	3	1
Isfahan6903	3	2	Uromiah6890	3	2	Torbat-Hassan abad3913	3	2
Isfahan6904	2	2	Karaj3642	3	2	Torbat-Hassan abad3915	1	2
Fars-Niriz6878	1	3	Torbat-Shad mehr4002	2	4	Torbat-Hassan abad3902	5	5
Fars-Niriz6879	1	2	Ardabil6653	1	3	Torbat3784	4	5
Karaj3643	3	1	Sabzevar6654	1	3	Torbat-Hassan abad0000	3	1
Azad	3	1	Ardabil6656	3	1	Torbat3874	1	3
Karaj3658	2	4	Varamin6873	3	1	Torbat3878	1	3
Fars-Shahpour3659	2	1	Torbat-Hassan abad3866	2	5	Isfahan6900	3	1
Fars-Shahpour3663	5	4	Torbat hassan abad3860	3	2			
Fars-Shahpour3668	3	1	Uromiah6885	3	1			



شکل ۲. نمودار درختی به‌دست‌آمده از تجزیهٔ خوشه‌ای ۶۴ نژادگان نخود در دو محیط بدون تنش (راست) و تنش (چپ)

Figrue 2. Dendrogram from cluster analysis of 64 genotypes under Non-stress (right) and stress (left) conditions

نژادگان‌های تربت حسن‌آباد ۳۹۰۲، کرج ۳۶۴۵، کرج ۳۶۵۴ و اردبیل ۴۰۷۰ هم در محیط تنش و هم در محیط بدون تنش در خوشهٔ پنج و نژادگان‌های اصفهان ۶۸۹۶ و اصفهان ۶۹۰۴ هم در محیط تنش و هم در محیط بدون تنش در خوشه دو قرار گرفتند و با توجه به همبستگی مثبت و معنی‌دار اغلب صفات با عملکرد دانه می‌توان استدلال کرد که این نژادگان‌ها تأثیرپذیری کمتری از محیط داشته و با برتری عملکرد در هر دو محیط پایداری بالایی دارند که برای اطمینان بیشتر می‌توان از شاخص‌های تحمل تنش و انواع مدل‌های تجزیهٔ پایداری در آزمایش‌های تکمیلی استفاده کرد.

به‌منظور خوشه‌بندی نژادگان‌ها بر پایهٔ صفات‌شان و یافتن همانندی و اختلاف‌شان، از تجزیهٔ خوشه‌ای استفاده شد، به‌طوری‌که نمونه‌های همسان در یک خوشه قرار گرفتند (Ghorbani *et al*., 2013).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج به‌دست‌آمده از راه بررسی رابطه‌های چندمتغیّرهٔ بین نژادگان‌ها در دو محیط بدون تنش و تنش نشان‌دهندهٔ وجود تنوع کافی درون محیط‌ها ناشی از همبستگی معنی‌دار اغلب صفات با عملکرد دانه بودند.

در کل، در هر دو محیط بدون تنش و تنش وزن غلاف، عملکرد زیست‌توده، شمار غلاف در بوته به‌عنوان مهم‌ترین ویژگی‌ها در میان همهٔ متغیرهای مورد بررسی به دلیل همبستگی نزدیکشان با عملکرد دانه پذیرفته شدند که صفت وزن غلاف به‌عنوان مؤثرترین صفت بر عملکرد دانه مشخص شد، بنابراین می‌تواند با اطمینان بیشتری را به‌عنوان معیار گزینشی برای بهبود عملکرد در نخود به کار رود. از سویی با توجه به شمار زیاد متغیرها و ضرورت کاهش آن‌ها از راه تحلیل عامل، عامل عملکرد کل می‌تواند به‌عنوان نخستین عامل در هر دو محیط تنش و بدون تنش با توجیه بالای تغییرپذیری مدنظر قرارگرفته و درمجموع با توجه به دخیل بودن صفات وزن غلاف با بیشترین متوسط بار عاملی در عامل اول در هر دو محیط، می‌توان در تلفیق با نتایج به‌دست‌آمدهٔ این صفت را با اطمینان بیشتری به‌عنوان معیار گزینشی معتبر در نژادگان‌های گروه‌بندی‌شده در هر دو محیط استفاده و از دیگر صفات مانند عملکرد زیست‌توده نیز بسته به افزایش دامنهٔ گزینش استفاده کرد.

سپاسگزاری

از مسئولان بانک ژن پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران در تأمین مواد آزمایشی طرح، تشکر و قدردانی می‌گردد.

REFERENCES

1. Aghaei, M., Mirakhorli, Vaezi, A. Sh. & Khuhpaigani, A. (2005). Potential of genetic diversity in Iranian Chickpea collection. *Of the first Pulses congress, 2005. Ferdosi university of Mashhad*
2. Ahmed, H. (2011). *Evaluation of Chickpea (Cicer arietinum L.) Genotypes for Genetic Parameters and Drought Tolerance.* Ms.C. Thesis. Faculty of life science Addis Ababa University.
3. Ajmal, S. U., Zakir, N. & Mujahid, M. Y. (2009). Estimation of genetic parameters and character association in wheat. *Journal of Agricultural and Biological Science*, 1, 15-18.
4. Ali, M. A., Nawab, N. N., Rasool, G. & Saleem, M. (2008). Estimates of variability and correlations for quantitative traits in Cicer arietinum. *Journal of Agriculture and Social Science*, 4, 177-79.
5. Amiri Deh, A., Parsa, S. R., Nezami, M. & Ganjeali, A. (2011). The effects of drought stress at different phenological stages on growth indices of chickpea (C*icer arietinum* L.) in greenhouse conditions. *Iranian Journal of Pulses Research*, 1(2), 69-84.
6. Arshad, M., Bakhsh, A., Bashir, M. & Haqqani, M. (2002). Determining the heritability and relationship between yield and yield componentsin chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Pakistan Journal of Botany*, 34, 237-245.
7. Acikgoz, N. & Acikgoz, N. (1994). Path analysis for evaluation of characters affecting seed yield in chickpea at different sowing time. *Crop Science congress.* Volume II. Breeding: 121-125.
8. Atta, B. M., Haq, M. A. & Shah, T. M. (2008). Variation and inter-relationships of quantitative traits in chickpea (*Cicer arietinum L.*). *Pakistan Journal of Botany*, 40, 637-647.
9. Bhargava, A., Shukla, S. & Ohri, D. (2007). Genetic variability and interrelationship among various morphological and quality traits in quinoa (*Chenopodium quinoa* W.). *Field Crops Research-Jornal*, 101, 104-116.
10. Ghorbani, T., Cheghamirza, K., Bardideh, K. & Basiri Shoar, P. (2013). Recognition and determination of related traits importance with seed yield in chickpea (*Cicer arietinum*). *Journal of Plant Breeding Science*, 68, 15-24
11. Guler, 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.
12. Jahansuz, M. R., Naghavi, M. R. & Dolati Tapeh Rasht, M. (2004). A Study of Relationships between different traits in white and black chickpea. *Iranian Journal of Agriculture Science*, 35(3).
13. Kamel, M. & Moradi, P. (2008). Determination of traits effective on seed yield of 36 lines of Chickpea in Northwest provinces of Iran in Dryland conditions. *Seed and Plant Improvement Journal*, 24, 347-357.

14. Knights, E. J., Acikgoz, N., Warkentin, T., Bejiga, G., Yadav, S. S. & Sandhu, J.S. (2007). Area, production and distribution. In: *Chickpea Breeding and Management*, pp. 167-178, (Yadav, S.S., Redden, R., Chen, W., and Sharma, B., eds). CAB, Wallingford, UK
15. Leport, L., Turner, N. C., French, R. J., Barr, M. D., Duda, R., Davies, S. L., Tennant, D., Siddique, K H. M. (1999). Physiological responses of chickpea genotypes to terminal drought in a mediterranean-type environment. *European Journal of Agronomy*, 11, 279-291.
16. Malik, S. R., Bakhsh, A., Asif, M. A., Iqbal, U. & Iqbal, S. M. (2010). Assessment of genetic variability and interrelationship among some agronomic traits in chickpea. *International Journal of Agricultural and Biological Science*, 12, 81-85.
17. Woldeamanuel, M. E., Haddad, N. I. & Abu-Awwad, A. (2005). Response of chickpea (Cicer arietinumL.) genotypes to soil moisture stress at different growth stages. *Crop research and Research on Crops International Journals on Crops*, 30, 331-341.
18. Muehlbauer, F. J. & Singh, K. B. (1987). *Genetics of chickpea*. _/ In: Saxena, M. C. and Singh, K. B. (eds), The chickpea. CAB International Pub. p. 99_/125.
19. Muniraja, C., Satish, R. G., Raju, C. & Harti, M. (2011). Principal component analysis among genotypes of chickpea (*Cicer arietinum L.*). *International Journal of Agricultural Sciences*, 7(2), 382-386
20. Nakawuka, C. K. & Adipala, E. (1999). A path coefficient analysis of some yield component interaction in cowpea. *African Crop Science Journals*, 7, 331-327.
21. Noor, F., Ashraf, M. & Ghafoor, A. (2003). Path analysis and relationship among quantitative traits in Chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 6, 551-555.
22. Ozdemir, S. (1996). Path coefficient analysis for yield and its components in chickpea. *International Chickpea and Pigeonpea Newsletter*, 3, 19-21.
23. Ranalli, P. & Cubero, J. I. (1997). Bases for genetic improvement of grain legumes. *Journal of Field Crop Researches*, 53, 69-82.
24. Saleem, M., Shahzad, K., Javid, M. & Abdul-ur-Rauf, S. (2002). Heritability estimates for grain yield and quality characters in chickpea (*Cicer arietinum*). *International Journal of Agriculture and Biology*, 4, 275-276.
25. Sharma, P. P. & Maloo, S. R. (1988). Correlation and path coefficient analysis in Bengal gram (*Cicer arietinum* L.). *Madras Agriculture Journals*, 75(3-4), 95-98.
26. Singh, K. B., Bejiga, G. & Malhotra, R. S. (1990). Associations of some characters with seed yield in chickpea collections. *Euphytica*, 49(1), 83-88.
27. Singh, K. B. & Saxena, M. C. (1999). *Chickpeas (The Tropical Agriculturalist)*. Macmillan Education LTD, London and Bisingtone.
28. Shukla, S., Bhargava, A., Chatterjee, A., Srivastava, A. & Singh, S. P. (2005). Estimates of genetic variability in vegetable amaranth (*Amaranthus tricolor*) over different cuttings. *Open access of agricultural journals of Horticultural Science*, 32, 60-7.
29. Toker, C. & Cagirgan, M. I. (2004). The use of phenotypic correlations and factor analysis in determining characters for grain yield selection in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Journal of Heredita*, 140, 226-228.
30. Turner, N. C. (2004). Agronomic options for improving rainfall-use efficiency of crops in dryland farming systems. *Journal of Experimental Botany*, 55(407), 2413–2425.
31. Yazdi samadi, B., Rezaei, M. & Valiaddeh, M. (1994). *Statistical designs in Agricultural research.* (1st ed.). University of Tehran Press. (in Farsi)
32. Yousefi, B., Kazemi-Arbat, H., Rahimzadeh-Khoyi, F. & Moghaddam, M. (1997). Study for some agronomic traits in chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars under two irrigation regims and path analysis of traits under study. *Iranian Journal of Agricultural Science*, 28(4)