پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد۸ شمارهٔ۱، نیمهٔ اول ۱۳۹۶، صفحهٔ ۲۰۸-۱۹۲

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 8, No. 1, 2017, p. 192-208
DOI: 10.22067/ijpr.v8i1.47588

ارزیابی تنوع ژنتیکی و وراثت‌پذیری صفات مؤثر بر عملکرد نخود تحت شرایط دیم

سیدسعید موسوی[1*]، محمدرضا عبداللهی[1]، فرزاد کیان ارثی[2] و داود احمدی دهرشید[3]

۱- استادیار و دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا همدان

۲- دانشجوی دکتری اصلاح نباتات (ژنتیک مولکولی) دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا همدان

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا همدان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۳/۳۱
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۱/۲۴

چکیده

شدت انتخاب، میزان وراثت‌پذیری و تنوع فنوتیپی، سه عامل مهم مؤثر در پاسخ به گزینش برای هر صفت می‌باشند. برای این‌منظور، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار جهت شناسایی صفات مؤثر بر عملکرد و برآورد وراثت‌پذیری و تنوع ژنتیکی این صفات در ۲۰ژنوتیپ نخود (شامل ۱۸لاین امید بخش و دو رقم شاهد) در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ تحت شرایط دیم انجام شد. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که ژنوتیپ‌ها برای کلیه صفات دارای تفاوت معنی‌دار ($P<0.01$) بودند که این بیانگر تنوع قابل‌توجه آن‌ها از نظر این صفات، به‌ویژه صفت عملکرد دانه بود. نتایج مقایسه میانگین عملکرد دانه نشان داد که به‌ترتیب ژنوتیپ‌های ۱، ۱۷ و ۷ کمترین و ژنوتیپ‌های ۱۳، ۳ و ۱۹ بیشترین عملکرد دانه را دارا بودند. نتایج به‌دست‌آمده بیانگر این بود که به‌طورکلی لاین‌های مطلوب با عملکرد بالا دارای مقادیر بالاتری از صفات زیست‌توده، تعداد غلاف در بوته، تعداد بذر در بوته و محتواب آب نسبی بودند، درحالی‌که به‌طور نسبی تعداد شاخه‌های اصلی در بوته کمتری داشتند. نتایج نشان داد که عملکرد دانه با صفات زیست‌توده، تعداد غلاف در بوته، تعداد بذر در بوته و محتوای آب نسبی همبستگی مثبت و با صفت تعداد شاخه اصلی در بوته همبستگی منفی و معنی‌داری داشت. نتایج تجزیه رگرسیون گام‌به‌گام نیز بیانگر این بود که مهم‌ترین صفت تأثیرگذار بر عملکرد دانه در شرایط دیم به‌ترتیب شامل زیست‌توده، شاخص برداشت و تعداد غلاف در بوته بودند که ۹۸/۷۳درصد تغییرات عملکرد دانه را توجیه کردند. بالاترین میزان وراثت‌پذیری به‌ترتیب مربوط به صفات وزن صد دانه، عملکرد زیست‌توده و عملکرد دانه و کمترین وراثت‌پذیری مربوط به صفات روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، روز تا گلدهی و تعداد غلاف در بوته بود. نتایج نشان داد که بیشترین تغییرات ژنوتیپی مربوط به صفات وزن صد دانه، زیست‌توده و عملکرد دانه بود و کمترین مقدار تغییرات ژنوتیپی هم مربوط به صفات روز تا رسیدگی، روز تا ۵۰درصد غلاف‌دهی و روز تا گلدهی بود. در واقع این نتیجه بیانگر تنوع زیاد و کم این ژنوتیپ‌ها به‌ترتیب برای این صفات بود. نتایج تجزیه علیت نشان داد که صفت زیست‌توده دارای بیشترین اثر مستقیم مثبت و صفت تعداد غلاف در بوته هم (از طریق افزایش زیست‌توده) دارای بیشترین اثر غیرمستقیم بر روی عملکرد دانه بودند و به‌عنوان مطلوب‌ترین صفات جهت انتخاب غیرمستقیم عملکرد شناسایی شدند. نتایج مقایسه گروهی ژنوتیپ‌ها نشان داد که دو گروه کابلی و دسی فقط از نظر دو صفت ارتفاع بوته و وزن صد دانه دارای تفاوت معنی‌دار آماری بودند.

واژه‌های کلیدی: تجزیه مسیر، رگرسیون گام‌به‌گام، مقایسات گروهی، نخود زراعی، همبستگی فنوتیپی

مقدمه

در بین حبوبات، نخود سومین لگوم دانه‌ای مهم است. ضمن این‌که این گیاه نقش مهمی در تامین نیازهای غذایی و پروتئینی جوامع بشری را دارد، قابلیت کشت در شرایط محدود رطوبتی را نیز داراست (Krishnamurthy *et al.*, 2013). نخود زراعی بر اساس اندازه، شکل و رنگ دانه به دو تیپ کابلی (ماکروکارپا) و دسی (میکروکارپا) تقسیم‌بندی می‌شود. تیپ کابلی دانه‌های آن مدور و کم‌رنگ و به‌طور معمول با وزن صد دانه بیشتر از ۲۶گرم هستند، درحالی‌که تیپ دسی دارای شکل‌های نامنظم و رنگ‌های مختلف و با وزن صد دانه کمتر از ۲۶گرم می‌باشد. به‌طور معمول، نخودهای دانه‌سیاه از لحاظ مقاومت به آفات و بیماری نسبت به نخودهای دانه سفید مقاوم‌تر هستند (Kanouni, 1998).

از بین تنش‌های غیرزیستی، تنش خشکی مهم‌ترین عامل محیطی محدودکننده رشد گیاهان در سرتاسر جهان است (Ashraf & Harris, 2006). کشور ایران، با متوسط بارندگی سالیانه حدود۲۵۰میلی‌متر در سال، جزو مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان محسوب می‌شود (FAO, 2010). باوجود

***نویسنده مسئول:** تلفن همراه: ۰۹۱۸۸۵۲۶۹۴۰، s.moosavi@basu.ac.ir

سازگاری نسبی برخی از گیاهان خانواده حبوبات با محیط‌های کم‌آب ایران، متأسفانه ظرفیت تولید آن‌ها تحت این شرایط پایین است. برای مثال، هرچند که در ایران حدود ۹۸درصد سطح زیرکشت نخود به‌صورت دیم است، متوسط عملکرد آن به‌ترتیب در شرایط دیم و آبی حدود ۳۵۰ و ۱۱۰۰کیلوگرم در هکتار گزارش شده است (Anonymous, 2009) که بر اساس گزارش‌های فائو (FAO, 2014) این عدد نسبت به متوسط کشورهای مهم تولیدکننده نخود بسیار پایین است. در راستای حل این مشکل، با توجه به بحران آب و کشت عمده نخود در شرایط دیم در ایران، شناسایی لاین‌ها و ارقام متحمل به شرایط تنش رطوبتی و تعیین صفات مؤثر بر عملکرد آن‌ها اهمیت ویژه‌ای دارد. در واقع، سه عامل وراثت‌پذیری بالا، تنوع فنوتیپی بالا و شدت گزینش شدید، عوامل مؤثر در افزایش پاسخ به گزینش می‌باشند (Falconer & Mackay, 1996). در این راستا، چون به‌طور معمول عملکرد دانه دارای وراثت‌پذیری خصوصی بالایی نیست، بنابراین استفاده صحیح و کارآمد از روش‌های مختلف آماری جهت تعیین تنوع لاین‌ها و امکان شناسایی صفات با وراثت‌پذیری بالا و مرتبط با عملکرد، یک هدف اساسی و پایه‌ای در شروع هر برنامه به‌نژادی می‌باشد. جهت نیل به هدف فوق، تحقیقات مختلفی در حال انجام می‌باشد که این پژوهش‌ها خاص مقطع زمانی خاصی نمی‌شوند و انجام مکرر آن‌ها در هر منطقه متناسب با شرایط آب‌وهوایی خاص آن منطقه لازم و ضروری است. در این راستا، Chaghamirza *et al*, (2013) اظهار داشتند که توده‌های نخود کابلی دارای تنوع معنی‌دار برای بیشتر صفات مهم اگرومورفولوزیک بودند. در تحقیقی دیگر (Mohammadali-Pouryamchi *et al*., 2012) تنوع صفات فنولوژیک و رابطه بین عملکرد تک‌بوته و سایر صفات ارزیابی شد و تنوع معنی‌دار برای بیشتر صفات گزارش گردید. Sabaghpour *et al*, (2010) تنوع معنی‌دار و قابل‌توجهی را در بین ژنوتیپ‌ها نخود برای صفت عملکرد دانه گزارش کردند. همچنین در مطالعه‌ای (Dwevedi & Gaibriyal, 2009) تفاوت قابل‌توجهی در بین ژنوتیپ‌ها برای صفات مورد مطالعه مشاهده شد. نتایج بررسی تنوع ژنتیکی در ۴۱۸ژنوتیپ نخود دسی (Mardi *et al*., 2003) نشان داد که برای صفات وزن غلاف‌های پُر در بوته و تعداد دانه در بوته، تنوع زیادی بین ژنوتیپ‌ها وجود داشت. همچنین (Saleem *et al*, 2002) تفاوت معنی‌دار آماری برای کلیه صفات مورد مطالعه در نخود گزارش نمودند.

در تحقیقی (Chaghamirza *et al*., 2013) بیشترین همبستگی مثبت و معنی‌دار بین عملکرد دانه با صفات زیست‌توده، تعداد غلاف تک‌بذر و شاخص برداشت گزارش شد. Nasri *et al*, (2012) بیشترین همبستگی را بین صفات زیست‌توده و شاخص برداشت با صفت عملکرد در شرایط دیم به‌دست آوردند. Meena *et al*, (2010) نشان دادند که عملکرد دانه با صفات تعداد غلاف در بوته، تعداد شاخه‌های فرعی، زیست‌توده و شاخص برداشت همبستگی مثبت و معنی‌دار و با صفات تعداد روز تا گلدهی و تعداد روز تا رسیدگی، همبستگی منفی و معنی‌داری داشت. همچنین در تحقیقی دیگر (Saman *et al*., 2010) همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد دانه و صفات وزن غلاف‌های پُر، زیست‌توده، تعداد غلاف‌های پُر، وزن صد دانه، عرض دانه و قطر شاخه اصلی گزارش شد. Guler *et al*, (2001) نیز با ارزیابی ارقام نخود، همبستگی معنی‌داری بین عملکرد دانه در بوته با صفات تعداد غلاف در بوته و زیست‌توده گزارش کردند. Pouresmael *et al*, (2009) در ارزیابی صفات مختلف نخود در شرایط تنش خشکی گزارش کردند که صفات زیست‌توده، شاخص برداشت و وزن صد دانه، بیشترین تأثیر مثبت را بر عملکرد دانه تک‌بوته داشته، درصد بالایی از تغییرات عملکرد را توجیه می‌کنند.

با توجه به کارآیی بالای رگرسیون گام‌به‌گام Mansourfar, (2013)، در تحقیقات زیادی از این روش استفاده شده است که به‌طور معمول عملکرد اقتصادی (بسته به نوع گیاه) به‌عنوان متغیر وابسته و سایر صفات هم به‌عنوان متغیرهای مستقل درنظرگرفته می‌شود (Zinali *et al*., 2004; Fayaz & Talebi, 2009; Nasri *et al*., 2012; Chaghamirza *et al*., 2013). در تحقیق Chaghamirza *et al*, (2013) صفات تعداد غلاف در بوته، وزن صد دانه، تعداد دانه در غلاف، زیست‌توده و شاخص برداشت مهم‌ترین صفاتی بودند که وارد مدل رگرسیونی متغیر وابسته (عملکرد دانه) شدند. در پژوهشی دیگر (Nasri *et al*., 2012) به‌ترتیب صفات شاخص برداشت، وزن صددانه و تعداد دانه در بوته وارد مدل رگرسیونی شدند و بیشترین تأثیر را بر تغییرات عملکرد دانه داشتند. بر اساس نتایج تحقیق Pouresmael *et al*, (2009) مشخص شد که صفات زیست‌توده، شاخص برداشت و وزن صد دانه به‌ترتیب وارد مدل رگرسیونی شدند. Fayyaz & Talebi (2009) گزارش کردند که صفات تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، زیست‌توده و شاخص برداشت صفات مؤثر بر عملکرد دانه می‌باشند و می‌توان جهت افزایش عملکرد انتخاب گردند. Mardi *et al*, (2003) نشان دادند که سه صفت وزن بذر با غلاف، شاخص برداشت و تعداد شاخه اصلی در بوته، مهم‌ترین صفاتی بودند که به‌ترتیب وارد مدل رگرسیونی مربوط به عملکرد دانه (به‌عنوان متغیر وابسته) شدند.

ضریب تنوع فنوتیپی و ژنوتیپی معیاری مطلوب جهت برآورد میزان تنوع یک صفت در جامعه است که در این راستا، Dwevedi & Gaibriyal (2009) بیشترین ضریب تنوع فنوتیپی و ژنوتیپی را به‌ترتیب برای صفات تعداد نیام در بوته و شاخص برداشت گزارش کردند.

Nasri *et al*, (2012) گزارش کردند که در شرایط دیم صفت شاخص برداشت بیشترین اثر مستقیم و صفت تعداد دانه در بوته نیز بیشترین اثر غیرمستقیم (از طریق افزایش شاخص برداشت) را بر عملکرد دانه داشتند. در حالی‌که Guler *et al*, (2010) اظهار نمودند که به‌ترتیب صفات وزن صد دانه، تعداد دانه در بوته، تعداد غلاف در بوته و ارتفاع بوته، بیشترین اثر مستقیم را روی عملکرد دانه نخود داشتند. در تحقیقی توسط Fayyaz & Talebi (2009) اظهار شد که به‌ترتیب صفات شاخص برداشت، زیست‌توده و تعداد غلاف در بوته بیشترین اثر مستقیم را بر عملکرد داشتند. Ciftci *et al*, (2004) نشان دادند که صفات زیست‌توده، شاخص برداشت و تعداد غلاف در گیاه بیشترین اثرات مستقیم مثبت را بر عملکرد دانه دارند. Padi (2003) نیز اظهار داشت که صفات زیست‌توده، شاخص برداشت و تعداد غلاف در بوته بیشترین اثرات مستقیم را بر عملکرد دانه دارند و پیشنهاد نمود که این صفات در برنامه‌های اصلاحی در اولویت انتخاب قرار بگیرند. در تحقیق Mardi *et al*, (2003) صفات وزن بذر با غلاف و زیست‌توده دارای بیشترین اثر مستقیم و صفت تعداد کل غلاف (از طریق افزایش زیست‌توده) دارای بیشترین اثر غیرمستقیم بودند. این در حالی‌است که Kanouni & Malhotera (2003) اظهار داشتند که صفت تعداد شاخه فرعی در بوته بیشترین اثر مستقیم مثبت را بر افزایش عملکرد دانه در شرایط دیم دارد. در تحقیقی دیگر (Jahansouz *et al*., 2004) وزن صد دانه و تعداد کل دانه مؤثرترین صفات با اثر مستقیم بر عملکرد دانه شناسایی شدند. این در حالی‌است که Kamel & Moradi (2008) دو صفت تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک و تعداد روز تا گلدهی را به‌عنوان مهم‌ترین صفات با بیشترین اثر مستقیم بر عملکرد دانه در شرایط دیم معرفی کردند.

در واقع با توجه به این‌که دو اصل اساسی در هر برنامه به‌نژادی، وجود تنوع کافی اولیه و سپس انجام عمل انتخاب می‌باشد، بنابراین اهداف این تحقیق شامل ارزیابی میزان تنوع و برآورد وراثت‌پذیری برخی از صفات مهم اگرومورفولوژیک و نیز شناسایی مهم‌ترین صفات مؤثر بر عملکرد دانه و ارزیابی اثر مستقیم و غیرمستقیم آن‌ها در ۲۰ ژنوتیپ نخود در شرایط دیم بودند.

مواد و روش‌ها

این آزمایش شامل ۱۸ لاین امیدبخش به‌علاوه دو رقم شاهد نخود زراعی (*Cicer arientinum* L.) بود (جدول ۱) که در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار تحت شرایط دیم در مزرعه پژوهشی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان کردستان، ایستگاه سنندج با عرض جغرافیایی ۱۴درجه و ۳۵دقیقه شمالی، طول جغرافیایی ۱۴درجه و ۴۶دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۵۳۸-۱۴۵۰متر از سطح دریا در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ اجرا گردید.

بر اساس داده‌های ۳۰ساله هواشناسی، میانگین بارندگی سالیانه محل اجرای آزمایش ۳۴۹/۷میلی‌متر بود. عملیات آماده‌سازی زمین شامل انجام شخم و دو مرحله دیسک عمود برهم بود. توزیع کودهای پایه نیتروژن (حدود ۲۰کیلو گرم در هکتار نیتروژن خالص از منبع کود اوره)، فسفر (حدود ۲۰کیلو گرم در هکتار فسفر خالص از منبع کود فسفات آمونیوم) و پتاس (حدود ۱۰کیلو گرم در هکتار) براساس آزمایش خاک و توصیه‌های کودی مربوطه انجام گرفت. هرکرت آزمایشی از سه ردیف پنج متری تشکیل شد که فاصله بین ردیف‌ها ۲۵سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها ۱۰سانتی‌متر درنظرگرفته شد. صفات روز تا ۵۰درصد گلدهی، روز تا ۵۰درصد غلاف‌دهی، روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، محتوای نسبی آب (Siddique *et al*., 1990)، تعداد شاخه‌های فرعی در بوته، تعداد شاخه‌های اصلی در بوته، تعداد دانه در بوته، تعداد غلاف در بوته، ارتفاع بوته و وزن هزار دانه، بارعایت اثر حاشیه و براساس انتخاب تصادفی ۱۰بوته از هرکرت اندازه‌گیری شدند. همچنین جهت افزایش اعتبار اندازه‌گیری‌ها، صفات مهم عملکرد دانه، زیست‌توده و شاخص برداشت بر اساس میانگین کل بوته‌های کاشته‌شده در واحد سطح، پس از درنظرگرفتن اثر حاشیه محاسبه شدند.

جهت ارزیابی تنوع لاین‌ها بر اساس صفات مهم اگرومورفولوژیک و برای شناسایی مهم‌ترین صفات مؤثر بر عملکرد دانه، از روش‌های آماری مختلف از جمله تجزیه واریانس، مقایسه میانگین‌ها، ضرایب همبستگی فنوتیپی، تجزیه رگرسیون گام‌به‌گام (به‌منظور شناسایی صفات مؤثر بر عملکرد دانه) و تجزیه علیت (به‌منظور تعیین اثرات مستقیم و غیرمستقیم صفات بر عملکرد دانه) استفاده شد. همچنین بر اساس امید ریاضی میانگین مربعات صفات، ضریب تغییرات فنوتیپی و ژنوتیپی و وراثت‌پذیری عمومی برآورد گردیدند (Falconer & Mackay, 1996).

$$PCV = \frac{\sqrt{\delta^2 ph}}{\bar{x}} \times 100 \quad GCV = \frac{\sqrt{\delta^2 g}}{\bar{x}} \times 100$$

$$H_b^2 = \frac{\delta_g^2}{\delta_g^2 + \delta_e^2}$$

در روابط فوق H^2_b، PCV و GCV به‌ترتیب بیانگر وراثت پذیری عمومی، ضریب تغییرات فنوتیپی و ضریب تغییرات ژنوتیپی می‌باشند.

جهت تجزیه داده‌ها از نرم‌افزارهای مختلف بر اساس کارآیی بهتر آن‌ها شامل SAS Ver. 9.1 (برای انجام تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها)، SPSS Ver. 19 (برای محاسبه ضرایب همبستگی)، MINITAB Ver. 14 (برای انجام رگرسیون گام‌به‌گام و انجام آزمون نرمالیته) و PATH2 (برای تجزیه مسیر) استفاده شد.

جدول ۱- مشخصات ژرم‌پلاسم مورد استفاده

Table 1. The characters of the used germplasm

شجره ژنوتیپ Gen. pedigree	نام ژنوتیپ Gen. name	شماره ژنوتیپ Gen. number	شجره ژنوتیپ Gen. pedigree	نام ژنوتیپ Gen. name	شماره ژنوتیپ Gen. number
ICCV92311 × ICC17109	ICCV10314	11	ICCV2 × ICC17109	ICCV10302	1
ICCV92311 × ICC17109	ICCV10315	12	ICCV2 × ICC17109	ICCV10303	2
ICCC37 × ICC12451	Jam (Con. 1)	13	ICCV2 × ICC17109	ICCV10304	3
ICCC37 × ICC12451	ICCV10105	14	ICCV2 × ICC17109	ICCV10305	4
ICCC37 × ICC12451	ICCV10111	15	ICCV92311 × ICC17109	ICCV10307	5
ICCC37 × ICC12451	ICCV10112	16	ICCV92311 × ICC17109	ICCV10308	6
ICCC37 × ICC12451	ICCV10114	17	ICCV92311 × ICC17109	ICCV10309	7
ICCC37 × ICC12451	ICCV10115	18	ICCV92311 × ICC17109	ICCV10310	8
ICCV93954 × ICC11321	ICCV10117	19	ICCV92311 × ICC17109	ICCV10311	9
ICCV93954 × ICC11321	Pirouz (Con. 2)	20	ICCV92311 × ICC17109	ICCV10312	10

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس صفات

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که ژنوتیپ‌ها از نظر کلیه صفات مورد بررسی شامل محتوای آب نسبی، تعداد شاخه‌های فرعی در بوته، تعداد شاخه‌های اصلی در بوته، تعداد بذر در بوته، تعداد غلاف در بوته، ارتفاع بوته، وزن صد دانه، شاخص برداشت، زیست‌توده، عملکرد دانه، روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، روز تا ۵۰درصد غلاف‌دهی و روز تا گلدهی دارای اختلاف معنی‌دار آماری ($p<0.05$) بودند که این بیانگر تنوع قابل‌توجه آن‌ها از نظر این صفات می‌باشد. با توجه به این‌که وجود تنوع لازمه و اساس انتخاب لاین‌های برتر و مطلوب می‌باشد، بنابراین نتیجه فوق جهت فعالیت‌های بعدی به‌نژادی، امیدبخش و قابل‌توجه است. در واقع لازمه انتخاب در برنامه‌های به‌نژادی، وجود تنوع اولیه است که بدون وجود این تنوع، انتخاب مفهومی ندارد. اثر بلوک‌بندی هم بر روی تعدادی از صفات معنی‌دار بود که این نشان‌دهنده مطلوب بودن و درست بودن عمل بلوک‌بندی می‌باشد.

در این راستا مطالعات زیادی انجام شده است به‌طوری‌که Chaghamirza *et al*, (2013) در تحقیق خود اظهار داشتند که توده‌های نخود کابلی دارای تنوع معنی‌دار برای بیشتر صفات مهم اگرومورفولوزیک بودند. در تحقیقی دیگر در ۶۴ژنوتیپ نخود (Mohammadali-Pouryamchi *et al.*, 2012) تنوع معنی‌داری برای بیشتر صفات گزارش گردید. در تحقیقی بر روی ۱۷ژنوتیپ نخود (Sabaghpour *et al.*, 2010) تنوع معنی‌دار و قابل‌توجهی در بین ژنوتیپ‌ها برای صفت عملکرد دانه گزارش شد. همچنین Saleem *et al*, (2002) در مطالعه ژنوتیپ‌های مختلف نخود، تفاوت معنی‌دار آماری برای کلیه صفات مورد مطالعه گزارش نمودند. در واقع سه عامل مهم وراثت‌پذیری خصوصی بالا، تنوع فنوتیپی بالا و شدت گزینش شدید، عوامل مؤثر در افزایش پاسخ به گزینش در هر صفت می‌باشند. بنابراین بالابودن تنوع موجود در بین ژنوتیپ‌ها نشانگر مطلوبیت آن‌ها برای برای عمل گزینش و برنامه‌های به‌نژادی آتی می‌باشد.

محتوای آب نسبی

نتایج نشان داد که برای صفت محتوای آب نسبی، لاین‌های شماره ۱، ۱۱ و ۱۷ کمترین مقدار و لاین‌های شماره ۱۳، ۱۹ و ۳ بیشترین مقدار را دارا بودند (جدول ۳). بر اساس این نتایج و نتایج تجزیه همبستگی (جدول۴) مشخص شد که با کاهش میزان این صفت در شرایط دیم (لاین‌های ۱ و ۱۷)، عملکرد دانه نیز کاهش می‌یابد. از طرف دیگر لاین‌های ۱۳، ۱۹ و ۳ که بیشترین محتوای نسبی آب را به‌خود اختصاص دادند، بیشترین عملکرد دانه را نیز داشتند. بنابراین به‌نظر می‌رسد که افزایش این صفت تحت شرایط محدود رطوبتی مناسب و مطلوب است و در انتخاب غیرمستقیم برای عملکرد دانه مناسب می‌باشد. نتایج تجزیه همبستگی نیز یافته‌های فوق را

تأیید کرد، به‌طوری‌که نتایج نشان داد که این صفت با عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌دار (r =۰/۵۰*) داشت (جدول۴). میزان محتوی آب نسبی یکی از روش‌های مفید جهت تعیین کمیت آب گیاه در شرایط تنش رطوبتی برای مقابله نسبی با شدت تنش است، به‌طوری‌که می‌توان بر اساس این معیار ژنوتیپ‌های متحمل و حساس را تا حدودی مجزا کرد (Viakumar *et al.*, 1991). Matin *et al*,(1989) بر اساس این پارامتر ارقام متحمل و حساس به خشکی را در جو غربال نمودند. Saman *et al*, (2010) اظهار داشتند که توانایی افزایش و حفظ محتوای آب در پتانسیل آبی پایین، ممکن است نشان‌دهنده استحکام بیشتر دیواره سلولی و توانایی آن برای تحمل تلفات ناشی از اتلاف آب بافت‌ها باشد. در برخی از تحقیقات همبستگی مثبت و معنی‌داری بین RWC بالا در شرایط تنش رطوبتی و زیست‌توده و عملکرد دانه گزارش شده است (Viakumar *et al.*, 1991).

تعداد شاخه‌های فرعی

نتایج مقایسه میانگین صفت تعداد شاخه فرعی (جدول۳) حاکی از این امر بود که لاین‌های شماره ۵ و ۱۴ کمترین تعداد و لاین‌های شماره ۹ و ۱۸ بیشترین تعداد شاخه فرعی را دارا بودند. همبستگی این صفت با عملکرد دانه معنی‌دار نبود و روند خاصی در تغییرات این صفت در لاین‌ها مشاهده نشد. از طرفی چون صفت تعداد شاخه اصلی با عملکرد دانه همبستگی منفی و معنی‌دار (r =۰/۴۴*) داشت و چون صفت تعداد شاخه اصلی و فرعی هم با همدیگر همبستگی مثبت و معنی‌دار (۰/۴۹*) داشتند، بنابراین در کل افزایش این دو صفت تحت شرایط محدود رطوبتی مناسب و مطلوب نیست، چراکه با افزایش بیش از حد این دو صفت، رشد رویشی بوته‌ها افزایش یافته، بخش عمده‌ای از رطوبت محدود خود را در مرحله رویشی مصرف می‌کند و در نتیجه گیاه در مرحله زایشی با مشکل محدودیت آب روبرو می‌شود و عملکرد نهایی کاهش می‌یابد. این ارتباط منفی با عملکرد در حالی‌است که در تحقیقی (Meena *et al.*, 2010) تحت شرایط نرمال رطوبتی، مشخص شد که عملکرد دانه با صفت تعداد شاخه‌های فرعی در بوته همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت. همچنین بر اساس مطالعه Acikgoz & Acikgoz,(1994) عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری با صفت تعداد شاخه‌های فرعی داشت.

تعداد شاخه‌های اصلی

نتایج مقایسه میانگین صفت تعداد شاخه اصلی (جدول ۳) نشان داد که لاین‌های ۶ و ۳ کمترین و لاین‌های ۱۷ و ۱۸ بیشترین تعداد این صفت را دارا بودند. این نتایج نشان می‌دهد که عملکرد دانه در لاین‌های گروه اول نسبت به گروه دوم بیشتر است، به‌طوری‌که شاید بتوان اظهار داشت که افزایش این صفت در شرایط تنش رطوبتی، باعث افزایش رشد رویشی و کاهش سهم مرحله زایشی از رطوبت محدود و در نتیجه تقلیل اجزای نهایی عملکرد و خود عملکرد دانه خواهد شد.

نتایج همبستگی فنوتیپی این صفت با سایر صفات (جدول۴) نشان داد که باوجود این که صفت تعداد شاخه‌های اصلی با صفات تعداد شاخه فرعی و شاخص برداشت دارای همبستگی مثبت و معنی‌داری می‌باشد، ولی با صفات تعداد بذر در بوته، تعداد غلاف در بوته، عملکرد دانه (r =۰/۴۴*) و روز تا رسیدگی فیزیولوژیک همبستگی منفی و معنی‌داری دارد.

جدول۲- نتایج تجزیه واریانس برای صفات مختلف در ۲۰ژنوتیپ نخود

Table 2. Results of analysis of variance for different traits in 20 genotypes of chickpea

		میانگین مربعات صفات Mean of squares of traits						
منبع تغییر S.O.V	درجه آزادی Degree of freedom	محتوای آب نسبی Relative water content	تعداد شاخه‌های فرعی Number of sub-branches	تعداد شاخه‌های اصلی Number of main branches	تعداد بذر در بوته Number of seed per plant	تعداد غلاف در بوته Number of pod per plant	ارتفاع بوته Plant height	وزن صد دانه 100-kernel weight
بلوک Block	2	6.31^{ns}	38.43**	1.28**	18.47**	40.14**	65.93**	4.81*
ژنوتیپ Genotype	19	25.23**	3.66**	0.21**	18.68**	18.59*	20.98**	236.81**
خطا Error	38	11.57	1.73	0.11	9.02	10.07	9.18	2.65
ضریب تغییرات Coefficient of variation		11.64	17.07	17.47	16.78	19.62	13.24	5.27

*، ** و ns: به‌ترتیب نشانگر معنی‌داربودن درسطح آماری پنج درصد، یک درصد و عدم اختلاف معنی‌داری می‌باشد.

*, ** and ns indicate significant at 5%, 1% probability levels and non-significant respectively.

ادامه جدول۲- نتایج تجزیه واریانس برای صفات مختلف در ۲۰ژنوتیپ نخود

Continue Table 2. Results of analysis of variance for different traits in 20 genotypes of chickpea

منبع تغییر S.O.V	درجه آزادی Degree of freedom	میانگین مربعات صفات Mean of square of traits					
		شاخص برداشت Harvest index	زیست‌توده Biomass	عملکرد دانه Grain yield	روز تا رسیدگی فیزیولوژیک Days to physiological maturity	روز تا ۵۰درصد غلاف‌دهی Days to 50% podding	روز تا گلدهی Days to flowering
بلوک Block	2	169.95**	1274.54*	18.94 ns	3.35 ns	0.35 ns	1.05 ns
ژنوتیپ Genotype	19	19.12*	2181.22**	334.19**	9.93*	3.28**	6.18*
خطا Error	38	9.03	434.23	67.84	5.06	1.04	3.014
ضریب تغییرات Coefficient of variation		7.38	15.89	13.52	2.81	1.92	3.79

*، ** و ns: به‌ترتیب نشانگر معنی‌داربودن درسطح آماری پنج درصد، یک درصد و عدم اختلاف معنی‌داری می‌باشد.

*, ** and ns indicate significant at 5%, 1% probability levels and non-significant respectively.

جدول ۳- نتایج مقایسه میانگین برای صفات مختلف در ۲۰ژنوتیپ نخود

Table 3. Results of mean comparison for different traits in 20 genotypes of chickpea

ژنوتیپ Genotype	محتوای نسبی آب Relative water content	تعداد شاخه‌های فرعی Number of sub-branches	تعداد شاخه‌های اصلی Number of main-branches	تعداد بذر در بوته Number of seed per plant	تعداد غلاف در بوته Number of pod per plant	ارتفاع بوته Plant height	وزن صد دانه 100-kernel weight
1	21.66 C	7.33 A-F	1.73 B-D	18.67 A-E	16.40 A-C	24.13 A-E	33.66 D
2	29.33 AB	7.53 A-F	2.06 A-C	17.06 A-E	16.53 A-C	21.86 B-E	34.66 CD
3	32.33 AB	7.20 A-F	1.53 CD	21.73 AB	21.60 A	24.06 A-E	40 AB
4	28.33 AB	9.06 A-D	2.06 A-C	15.73 C- E	15.60 A-C	25.86 A-C	40.66 A
5	31.33 AB	5.96 F	2.06 A-C	17.66 A-E	16.73 A-C	22.06 B-E	39 AB
6	29 AB	7.06 A-F	1.33 D	22.46 A	21.93 A	26.26 AB	40 AB
7	30.33 AB	6.73 B-F	1.93 A-D	14.86 C-E	16.46 A-C	22.86 B-E	33.33 D
8	31.66 AB	7.60 A-F	2.20 A-C	14.40 DE	14.46 BC	22.06 B-E	39.33 AB
9	26.33 BC	9.40 A	1.93 A-D	20.04 A-E	21.53 A	25.23 A-D	38 AB
10	30.66 AB	8 A-F	2.13 A-C	19.20 A-E	18.93 A-C	29.13 A	37.66 AB
11	26 BC	6.66 C-F	1.60 B-D	17.80 A-E	17.40 A-C	25 A-D	37.33 BC
12	27 A-C	8.86 A-E	1.93 A-D	14.20 E	16.06 A-C	24.53 A-E	39.33 AB
13	33.66 A	7.93 A-F	2.13 A-C	20.80 A-C	20.33 AB	21.40 B-E	21.66 E
14	31.66 AB	6.33 EF	1.73 B-D	15.66 C-E	15.66 A-C	18.80 E	18.33 F
15	29.66 AB	7.86 A-F	1.86 A-D	19.53 A-E	17.66 A-C	19.73 DE	21.33 E
16	28 A-C	6.46 D-F	1.73 B-D	16.06 B-E	15.73 A-C	20.60 B-E	21.66 E
17	26 BC	9.20 A-C	2.46 A	16.13 B-E	13.20 C	20.93 B-E	19.66 EF
18	29 AB	9.30 AB	2.26 A	15.26 C-F	15.13 A-C	23.33 A-E	20.66 EF
19	33.33 A	6.66 C-F	1.80 B-D	20.26 A-D	19.73 A-C	19.86 CD	22.33 E
20	29 AB	9 A-D	1.80 B-D	18.67 A-E	18.33 A-C	20 C-E	19.33 EF

حروف مشابه در هر ستون به معنی عدم تفاوت معنی‌دار می‌باشد.

Means followed by the same letters in each column are not significantly different (P<0.05).

در واقع همان‌طور که نتیجه همبستگی (جدول ۴) نشان داد، افزایش بیش از حد تعداد شاخه‌های فرعی و اصلی در بوته تحت شرایط دیم، که دارای محدودیت رطوبتی است، مطلوب نیست، به‌طوری‌که باعث ایجاد کانوپی بیشتر و رشد رویشی بیشتر در گیاه می‌شود. از طرفی دیگر، چون گیاه در شرایط محدود رطوبتی قرار دارد، در مراحل حساس زایشی با مشکل محدودیت رطوبتی مواجه شده و باعث کاهش عملکرد دانه در گیاه می‌شود (Slafer, 1994). این در حالی‌است که Meena *et al*, (2010) اظهار کردند که عملکرد دانه با صفات تعداد غلاف در بوته، تعداد شاخه اصلی در بوته، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت دارای همبستگی مثبت و معنی‌داری می‌باشد که البته در تحقیق فوق شدت تنش رطوبتی کمتر از تنش تحقیق حاضر بوده است و شاید این دلیل متفاوت‌بودن نتیجه حاصله باشد.

ادامه جدول ۳- نتایج مقایسه میانگین برای صفات مختلف در ۲۰ژنوتیپ نخود

Continue Table 3. Results of mean comparison for different traits in 20 genotypes of chickpea

ژنوتیپ Genotype	شاخص برداشت Harvest index	زیست‌توده Biomass	عملکرد دانه Grain yield	روز تا رسیدگی فیزیولوژیک Days to physiological maturity	روز تا ۵۰ درصد غلاف‌دهی Days to 50% podding	روز تا گلدهی Days to flowering
1	44.88 BC	89.50 F	40 G	83.66 AB	63 AB	47.33 A-C
2	49.59 A-C	95.50 EF	47.50 E-G	84.33 AB	63.66 AB	48.66 A-C
3	42.93 C	181 A	77.66 A	86.33 AB	61.66 BC	47.33 A-C
4	51.88 AB	113.67 C-F	59 B-F	82.66 B	64.33 A	51 A
5	47.99 A-C	127.33 B-E	60.66 A-E	83.66 AB	62 A-C	50.66 AB
6	43.82 C	174.67 A	75.66 AB	85 AB	62.66 A-C	46.33 C
7	49.46 A-C	96 EF	47 E-G	87 AB	63.66 AB	49.33 A-C
8	44.98 BC	110 C-F	49.33 D-G	82.66 B	63.66 AB	51 A
9	44.26 BC	152.67 A-C	67 A-D	85 AB	63 AB	49.66 ABC
10	46.50 A-C	154 A-C	71.50 AB	85 AB	61.33 BC	49 A-C
11	44.93 BC	143.33 A-D	63 A-E	84.66 AB	63.66 AB	47 BC
12	48.98 A-C	125.50 B-E	61 A-E	83.66 AB	60.33 C	49.33 A-C
13	46.51 A-C	168.20 AB	78 A	83 B	63.33 AB	48.33 A-C
14	46.85 A-C	114 C-E	53.33 C-G	88 A	63 AB	49.66 A-C
15	47.32 A-C	127.67 B-E	60.67 A-E	82.66 B	61.66 BC	48.33 A-C
16	47.16 A-C	137.50 A-E	64.50 A-E	85.33 AB	61.66 BC	48.33 A-C
17	49.41 A-C	87.67 F	43 FG	83.66 AB	62.66 ABC	47 BC
18	47.93 A-C	105 DF	50 D-G	82.33 B	62.66 ABC	48.33 A-C
19	52.79 A	146 A-D	77 A	85.33 AB	61.33 BC	48.66 A-C
20	45.14 BC	152.33 A-C	68 A-C	84 AB	63 AB	48.66 A-C

حروف مشابه در هر ستون به معنی عدم تفاوت معنی‌دار می‌باشد.

Means followed by the same letters in each column are not significantly different (P<0.05).

تعداد بذر در بوته

طبق نتایج (جدول ۳) مشخص شد که لاین‌های ۱۲ و ۸ کمترین و لاین‌های شماره ۶ و ۳ بیشترین تعداد بذر در بوته را دارا بودند. نتایج حاصله (جدول ۴) بیانگر این است که این صفت با صفات تعداد غلاف، زیست‌توده و عملکرد دانه دارای همبستگی مثبت و معنی‌داری (r =۰/۷**) و با صفت روز تا گلدهی همبستگی منفی معنی‌دار (r =۰/۵۰*) داشت. طبق نتایج Mardi *et al*,(2003) دو صفت وزن بذر با غلاف و تعداد بذر در بوته بیشترین اثر مستقیم را بر عملکرد دانه داشتند و به‌عنوان اجزای عملکرد معرفی شدند. بر اساس مطالعه Acikgoz & Acikgoz,(1994) عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری با تعداد دانه در بوته، تعداد غلاف در بوته و تعداد شاخه‌های ثانویه داشت.

تعداد غلاف در بوته

با توجه به نتایج (جدول ۳) مشخص گردید که لاین‌های شماره ۱۷ و ۸ کمترین تعداد و لاین‌های شماره ۶ و ۳ بیشترین تعداد این صفت را دارا بودند. بر اساس نتایج همبستگی (جدول ۴) مشاهده گردید که این صفت با صفات تعداد بذر، زیست‌توده و عملکرد دانه (r =۰/۸۲**) دارای همبستگی مثبت و معنی‌دار بود که این بیانگر این است که افزایش این صفت منجر به افزایش عملکرد دانه می‌گردد. از طرفی این صفت، با صفات تعداد شاخه اصلی و شاخص برداشت دارای همبستگی منفی و معنی‌داری به‌ترتیب در سطح یک و پنج درصد می‌باشد. Sandu *et al*,(1991) تعداد غلاف در بوته، تعداد بذر در بوته و وزن صد دانه را به‌عنوان اجزای عملکرد در نخود تیپ دسی معرفی کردند. همچنین Viakumar *et al*, (1991) همبستگی بالا و معنی‌داری را بین عملکرد دانه و طول غلاف گزارش کردند. بر اساس مطالعه Acikgoz & Acikgoz (1994) عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری با تعداد غلاف در بوته داشت.

ارتفاع بوته

نتایج (جدول ۳) بیانگر این بود که لاین‌های ۱۴ و ۱۵ دارای کمترین و لاین‌های شماره ۱۰ و ۶ دارای بیشترین مقدار برای صفت مذکور می‌باشند. نتایج همبستگی فنوتیپی (جدول۴) حاکی از آن است که بین ارتفاع بوته و وزن صد دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح یک درصد وجود دارد (r =۰/۷۵**)، ولی با توجه به عدم همبستگی معنی‌دار این دو صفت با عملکرد دانه، بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که هرچند افزایش ارتفاع بوته در شرایط نرمال رطوبتی ممکن است موجب افزایش دریافت نور بیشتر و در نتیجه منجر به فتوسنتز بیشتر، مواد پرورده بیشتر و ذخیره آن در ساقه و در نتیجه انتقال مجدد بیشتر و عملکرد دانه بیشتری گردد (Viakumar *et al*., 1991)، ولی نتایج حاصله از این تحقیق (جدول ۳ و ۴) نشان داد که افزایش این صفت تحت شرایط دیم باعث افزایش

معنی‌دار عملکرد دانه نمی‌شود، به‌طوری‌که Phadnis *et al*, (1970) و Acikgoz & Acikgoz (1994) با به‌دست‌آوردن نتایج مشابه ابراز داشتند که اصلاح برای افزایش عملکرد دانه بایستی مبتنی بر انتخاب بوته‌های پاکوتاه با تعداد غلاف در بوته بیشتر و تعداد بذر در بوته بیشتر باشد.

جدول ۴- همبستگی فنوتیپی صفات مختلف در ۲۰ ژنوتیپ نخود

Table 4. Phenotypic correlation of different traits in 20 genotypes of chickpea

صفات	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	X_{11}	X_{12}	X_{13}
محتواب آب نسبی (X_1) Relative water content	1												
تعداد شاخه‌های فرعی (X_2) Number of sub-branches	0.31^{ns}	1											
تعداد شاخه‌های اصلی (X_3) Number of main branches	0.06^{ns}	0.49*	1										
تعداد بذر در بوته (X_4) Number of seed per plant	0.18^{ns}	-0.12^{ns}	-0.50*	1									
تعداد غلاف در بوته (X_5) Number of pod per plant	0.28^{ns}	-0.09 ^{ns}	-0.57**	0.89**	1								
ارتفاع بوته (X_6) Plant height	-0.28^{ns}	0.23^{ns}	-0.08 ^{ns}	0.18^{ns}	0.30^{ns}	1							
وزن صد دانه (X_7) 100-kernel weight	-0.14^{ns}	-0.07^{ns}	0.19^{ns}	0.07^{ns}	0.23^{ns}	0.75**	1						
شاخص برداشت (X_8) Harvest index	-0.15^{ns}	-0.06 ^{ns}	-0.45*	0.42*	-0.43*	0.24^{ns}	0.22^{ns}	1					
زیست‌توده (X_9) Biomass	0.40*	-0.10 ^{ns}	-0.53**	0.75**	0.86**	0.24^{ns}	0.14^{ns}	0.47*	1				
عملکرد دانه (X_{10}) Grain yield	0.50*	-0.10 ^{ns}	-0.44*	0.70**	0.82**	0.17^{ns}	0.08^{ns}	0.21^{ns}	0.96**	1			
روز تا رسیدگی فیزیولوژیک (X_{11}) Days to maturity	0.20^{ns}	-0.53**	-0.51**	0.11^{ns}	0.27^{ns}	-0.07^{ns}	0.01^{ns}	0.12^{ns}	-0.19 ^{ns}	0.16 ^{ns}	1		
روز تا ۵۰ درصد غلاف‌دهی (X_{12}) Days to 50% podding	-0.13 ^{ns}	0.08^{ns}	0.15^{ns}	-0.19 ^{ns}	-0.21 ^{ns}	-0.01^{ns}	0.05^{ns}	-0.01^{ns}	-0.34 ^{ns}	-0.40*	-0.11 ^{ns}	1	
روز تا گلدهی (X_{13}) Days to flowering	0.32^{ns}	0.05^{ns}	0.42*	-0.50*	-0.29 ^{ns}	-0.06^{ns}	0.21^{ns}	-0.35 ^{ns}	0.24^{ns}	0.15 ^{ns}	-0.12 ^{ns}	0.16 ^{ns}	1

*، ** و ns: به‌ترتیب نشانگر معنی‌داربودن درسطح آماری پنج درصد، یک درصد و عدم اختلاف معنی‌داری می‌باشد.

*, ** and ns indicate significant at 5%, 1% probability levels and non-significant respectively.

وزن صد دانه

با بررسی نتایج جدول مقایسه میانگین برای صفت وزن صد دانه (جدول ۳)، لاین‌های ۱۴ و ۱۷ کمترین و لاین‌های شماره ۴ و ۳ بیشترین مقادیر وزن صد دانه را داشتند. شاید دلیل کاهش عملکرد دانه در شرایط تنش رطوبتی به‌واسطه کاهش صفت وزن صد دانه، به‌دلیل محدودیت مواد فتوسنتزی است که در زمان بروز تنش رطوبتی رخ می‌دهد. این عامل باعث می‌شود که وزن صد دانه به حد پتانسیل باقوه خود نرسد و به‌عبارتی دیگر رقابت دانه‌های موجود در غلاف برای مواد فتوسنتزی محدود باعث کاهش وزن صد دانه می‌گردد. بر اساس نتایج جدول همبستگی مشخص گردید که این صفت با صفت ارتفاع بوته دارای همبستگی مثبت و معنی‌داری می‌باشد. Singh *et al*, (1990) اظهار نمودند که عملکرد تحت اثر مستقیم صفات زیست‌توده، تعداد بذر در بوته و وزن صد دانه قرار دارد. وزن صد دانه هیچ‌گونه همبستگی معنی‌داری با عملکرد دانه یا صفات دیگر نشان نداد (Acikgoz & Acikgoz, 1994).

شاخص برداشت

نتایج مقایسه میانگین شاخص برداشت (جدول ۳) نشان داد که لاین‌های شماره ۳ و ۶ دارای کمترین و لاین‌های شماره ۱۹ و ۴ دارای بیشترین مقادیر برای صفت مذکور می‌باشند. همبستگی فنوتیپی (جدول ۴) نشان داد که این صفت با تعداد بذر، تعداد غلاف، زیست‌توده و عملکرد دانه

دارای همبستگی مثبت و معنی‌دار (r =۰/۲۱*) و با صفت تعداد شاخه اصلی همبستگی منفی و معنی‌دار در سطح آماری پنج درصد دارد. Ozdemir (1996) همبستگی‌های مثبت و قوی عملکرد دانه با ارتفاع بوته، تعداد شاخه‌های ثانویه و شاخص برداشت را به اثرات مستقیم و غیرمستقیم تجزیه کرد.

زیست‌توده

لاین‌های شماره ۱۷ و ۱ کمترین و لاین‌های شماره ۳ و ۶ بیشترین مقدار زیست‌توده را داشتند (جدول ۳). کمبود آب قابل‌دسترس سبب کاهش چشمگیر در عملکرد زیست‌توده می‌گردد و از طرفی آبیاری تکمیلی اراضی دیم اثر مستقیم و مثبت در افزایش شاخص برداشت و افزایش تولید دانه دارد. نتایج (جدول ۴) حاکی از این است که همبستگی زیست‌توده با صفات عملکرد دانه، تعداد بذر در بوته و تعداد غلاف در بوته مثبت و معنی‌دار و با تعداد شاخه اصلی و شاخص برداشت همبستگی منفی معنی‌داری می‌باشد. زیست‌توده بیشترین همبستگی مثبت و معنی‌دار (r =۰/۹۲**) را با عملکرد دانه داشت. در واقع در هنگام برداشت نخود چون بوته تقریباً خشک شده است و در هنگام برداشت بیشتر برگ‌ها می‌ریزد، پس بخش اصلی وزن زیست‌توده مربوط به وزن دانه است و به چنین دلیلی همبستگی مثبت و بالایی بین زیست‌توده و عملکرد دانه وجود خواهد داشت. Yousefi *et al*, (1997) با مطالعه ۲۰رقم نخود تیپ دسی اظهار داشتند که همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد دانه و تعداد شاخه‌های اولیه، وزن صد دانه، زیست‌توده و شاخص برداشت وجود دارد.

عملکرد دانه

کمترین عملکرد دانه مربوط به لاین‌های شماره ۱، ۱۷و ۷ و بیشترین عملکرد دانه به‌ترتیب مربوط به لاین‌های شماره ۱۳، ۳ و ۱۹ بود. جدول همبستگی (جدول۴) نشان داد که این صفت با صفات زیست‌توده، تعداد غلاف در بوته، تعداد بذر در بوته و محتوای آب نسبی دارای همبستگی مثبت و معنی‌دار و با صفت تعداد شاخه اصلی (r =۰/۴۴*) همبستگی منفی و معنی‌دار داشت. بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها و همبستگی مشخص شد که صفاتی مانند محتوای آب نسبی، تعداد غلاف در بوته، شاخص برداشت و تعداد شاخه اصلی بر عملکرد دانه تأثیرگذار بودند، باعث تغییر عملکرد دانه شده‌اند. در واقع لاین‌هایی که دارای عملکرد بالایی بودند، این افزایش عملکرد تحت تأثیر صفاتی همچون محتوای آب نسبی، تعداد غلاف و زیست‌توده است. بنابراین این صفات را می‌توان به‌عنوان معیارهای مؤثر در گزینش در شرایط گرم‌وخشک پیشنهاد نمود. عملکرد دانه با تعداد غلاف در بوته، تعداد شاخه‌های فرعی، زیست‌توده و شاخص برداشت همبستگی مثبت و معنی‌دار و با تعداد روز تا گلدهی و تعداد روز تا رسیدگی، همبستگی منفی و معنی‌داری داشت (Meena *et al.*, 2010).

روز تا رسیدگی فیزیولوژیک

برای صفت روز تا رسیدگی فیزیولوژیک لاین‌های شماره ۱۸، ۴ و لاین‌های شماره ۱۴ و ۱۹ به‌ترتیب دارای کمترین و بیشترین مقادیر بودند (جدول ۳). نتایج آزمایشات نشان داد که بین عملکرد دانه و تعداد روز تا رسیدگی و گلدهی، همبستگی منفی و معنی‌داری وجود دارد (Yousefi *et al.*, 1997). ژنوتیپ‌هایی که در شرایط تنش خشکی رشد رویشی خود را سریع سپری کرده، زودتر به مرحله زایشی برسند، بر اساس مکانیزم فرار از تنش، عملکرد بالایی خواهند داشت (Singh & Saxena, 1999).

روز تا ۵۰درصد غلاف‌دهی

مطابق جدول۲، لاین‌های شماره ۱۲ و ۱۹ به‌ترتیب دارای کمترین و لاین‌های شماره ۴ و ۲ دارای بیشترین مقدار صفت روز تا ۵۰درصد غلاف‌دهی بودند. نتایج همبستگی بیانگر همبستگی منفی و معنی‌دار (r = -۴۰*) این صفت با عملکرد دانه بود. در واقع روز تا ۵۰درصد غلاف‌دهی بیانگر طول دوره فنولوژیک است که افزایش طول دوره فنولوژیک تحت شرایط تنش رطوبتی مطلوب نیست و باعث محدودیت در دوره زایشی و کاهش عملکرد می‌شود.

روز تا گلدهی

مقایسه میانگین صفت روز تا گلدهی (جدول ۳) نشان داد که لاین‌های شماره ۶ و ۱۷ دارای کمترین و لاین‌های شماره ۴، ۵ و ۸ دارای بیشترین مقدار بودند. همبستگی فنوتیپی عملکرد دانه با تعداد روز تا روز از کاشت تا گلدهی منفی و معنی‌دار بود. به‌طورکلی، ارقامی از نخود که فاصله زمانی جوانه‌زنی تا گلدهی آن‌ها طولانی‌تر است، با تنش خشکی انتهای فصل مواجه شده، تعداد غلاف و دانه کمتری در واحد بوته تولید می‌کنند (Singh *et al.*, 1990).

نتایج مقایسات گروهی [1]

نتایج مقایسه گروهی اول، یعنی مقایسه بین میانگین دو گروه نخودهای تیپ کابلی (ژنوتیپ‌های شماره ۱ تا ۱۳،

[1] Orthogonal comparisions

جدول۱) و تیپ دسی (ژنوتیپ‌های شماره ۱۴ تا ۲۰، جدول۱)، (جدول ۵) نشان داد که دو گروه فوق فقط از نظر دو صفت ارتفاع بوته و وزن صد دانه دارای تفاوت معنی‌دار آماری ($p<0.01$) بودند و میانگین دو گروه فوق از نظر صفت مهم عملکرد دانه تفاوت معنی‌دار نداشتند که این بیانگر این‌است که در کل تفاوت بین ژنوتیپ‌ها از نظر صفات مختلف (جدول ۲) وابسته به نوع و تیپ (کابلی و دسی) ژنوتیپ‌ها نبوده، مقایسه همزمان این دو تیپ مطلوب می‌باشد. در تحقیقی (Khanizad & Kanouni, 2006) نتایج مقایسه گروهی نشان داد که ژنوتیپ‌های تیپ کابلی و دسی دارای تفاوت معنی‌داری برای بیشتر صفات بودند. نتایج مقایسه دوم، یعنی مقایسه ژنوتیپ‌های کابلی با شاهد مربوطه (جدول ۵) بیانگر این بود که تفاوت بین میانگین گروه کابلی و شاهد اول (رقم جم) برای صفت محتوای آب نسبی در سطح پنج درصد و برای صفات وزن صد دانه، زیست‌توده و عملکرد دانه در سطح یک‌درصد معنی‌دار بود. در مقایسه سوم نیز تفاوت بین میانگین گروه دسی و شاهد دوم (رقم پیروز) فقط برای دو صفت زیست‌توده و عملکرد دانه در سطح پنج درصد معنی‌دار بود. بر اساس نتایج فوق چنین استنباط می‌شود که وجود تفاوت بین میانگین هر دو گروه با شاهدهای مربوطه برای عملکرد دانه، بیانگر وجود تنوع درون گروهی مناسب نخودهای کابلی و دسی به‌صورت جداگانه در مقایسه با شاهد مربوطه می‌باشد که می‌توان از این تنوع در برنامه‌های به‌نژادی آتی استفاده کرد.

جدول ۵- مقایسه گروهی بین دو گروه نخودهای کابلی و دسی (مقایسه اول)، گروه کابلی با شاهد اول (مقایسه دوم) و گروه دسی با شاهد دوم (مقایسه سوم) برای صفات مختلف

Table 5. Orthogonal comarision between two checkpea Kabuli and Desi groups (first comparision), Kabuli group with first control (second comparision) and Desi group with second control (theird comparision) for different traits

صفات Traits	درجه آزادی Degree of freedom	میانگین مربعات صفات Mean of squares of traits		
		مقایسه اول First comparision	مقایسه دوم Second comparision	مقایسه سوم Third comparision
محتوای آب نسبی Relative water content	1	10.70 ^{ns}	69.23*	0.96 ^{ns}
تعداد شاخه‌های فرعی Number of sub-branches	1	0.0075^{ns}	0.27 ^{ns}	4.72 ^{ns}
تعداد شاخه‌های اصلی Number of main branches	1	0.12 ^{ns}	0.18 ^{ns}	0.08 ^{ns}
تعداد بذر در بوته Number of seed per plant	1	5.33 ^{ns}	24.55 ^{ns}	4.42 ^{ns}
تعداد غلاف در بوته Number of pod per plant	1	31.36 ^{ns}	17.69 ^{ns}	11.82 ^{ns}
ارتفاع بوته Plant height	1	180.7 **	25.34 ^{ns}	0.76 ^{ns}
وزن صد دانه 100-kernel weight	1	3524.89 **	716.32 **	4.19 ^{ns}
شاخص برداشت Harvest index	1	28.80 ^{ns}	6.91 ^{ns}	21.89 ^{ns}
زیست‌توده Biomass	1	1003.92 ^{ns}	3409.81 **	2475.26 *
عملکرد دانه Grain yield	1	34.45 ^{ns}	590.06 **	250.83 *
روز تا رسیدگی فیزیولوژیک Days to physiologic maturity	1	0.08 ^{ns}	6 ^{ns}	0.79 ^{ns}
روز تا ۵۰ درصد غلاف‌دهی Days to 50% podding	1	3.7 ^{ns}	1.03 ^{ns}	1.78 ^{ns}
روز تا گلدهی Days to flowering	1	3 ^{ns}	0.85 ^{ns}	0.19 ^{ns}

*، ** و ns: به‌ترتیب نشانگر معنی‌داربودن درسطح آماری پنج درصد، یک درصد و عدم اختلاف معنی‌داری می‌باشد.

*, ** and ns indicate significant at 5%, 1% probability levels and non-significant respectively.

نتایج رگرسیون گام‌به‌گام

نتایج (جدول ۶) نشان داد که به‌ترتیب سه صفت زیست‌توده، شاخص برداشت و تعداد غلاف در بوته، به‌عنوان مهم‌ترین صفات مؤثر بر عملکرد دانه، با ضریب رگرسیونی مثبت وارد مدل رگرسیونی شدند و در مجموع ۹۸/۷۳درصد از تغییرات عملکرد دانه را توجیه نمودند. این موارد، با نتایج مقایسه میانگین‌ها (جدول ۳) و تجزیه همبستگی (جدول ۴) هم مطابقت داشتند. بر اساس نتایج حاصله در این پژوهش، می‌توان انتظار داشت که برای افزایش عملکرد دانه در شرایط تنش رطوبتی، انتخاب لاین‌هایی با مقادیر بالایی از صفات مذکور، مطلوب و مؤثر خواهد بود. در تحقیقی (Pouresmael *et al.*, 2009) مشخص شد که صفات زیست‌توده، شاخص برداشت و وزن صد دانه به‌ترتیب وارد مدل رگرسیونی شده و بیشترین تأثیر را بر عملکرد دانه داشتند. (2009) Fayyaz & Talebi, گزارش کردند که صفات تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، زیست‌توده و شاخص برداشت، مهم‌ترین صفات مؤثر بر عملکرد دانه می‌باشند و می‌توانند جهت افزایش عملکرد انتخاب گردند. در تحقیق Chaghamirza *et al*, (2013) صفات تعداد غلاف در بوته، وزن صد دانه، تعداد دانه در غلاف، زیست‌توده و شاخص برداشت مهم‌ترین صفاتی بودند که وارد مدل رگرسیونی متغیر وابسته (عملکرد دانه) شدند. در پژوهشی دیگر (Nasri *et al*., 2012) به‌ترتیب صفات شاخص برداشت، وزن صددانه و تعداد دانه در بوته وارد مدل رگرسیونی شدند و بیشترین تأثیر را بر تغییرات عملکرد دانه داشتند.

جدول ۶- نتایج رگرسیون گام‌به‌گام برای عملکرد دانه، به‌عنوان متغیر وابسته و سایر صفات مورد ارزیابی، به‌عنوان متغیرهای مستقل در ۲۰ژنوتیپ مختلف نخود

Table 6. The results of stepwise regression for grain yield as the dependent variable and other assessed traits as independent variables in 20 genotypes of chickpea

مراحل رگرسیون گام‌به‌گام Step	صفات Traits	عرض از مبدأ Intercept	ضرایب رگرسیونی Regression coefficient			ضریب تبیین تجمعی Cumulative determination coefficient
			X_1	X_2	X_3	
1	زیست‌توده (x_1) Biomass	13.42	0.36			83.50**
2	شاخص برداشت (x_2) Harvest index	-58.11	0.44	1.27		95.56**
3	تعداد غلاف در بوته (x_3) Number of pod per plant	-55.89	0.41	1.21	0.29	98.73**

** بیانگر معنی‌دار بودن مدل رگرسیونی در سطح یک درصد می‌باشد.

** indicates that regression model is significant at 1% probability levels.

نتایج وراثت‌پذیری، ضریب تغییرات ژنوتیپی و فنوتیپی

نتایج وراثت‌پذیری صفات (جدول ۷) نشان داد که بالاترین وراثت‌پذیری مربوط به صفات وزن صد دانه، زیست‌توده و عملکرد دانه و کمترین وراثت‌پذیری مربوط به صفات روز تا رسیدگی، روز تا گلدهی و تعداد غلاف بوده است. در حقیقت هرچقدر میزان وراثت‌پذیری برآوردی از طریق امید ریاضی در صفتی بالا باشد، به این مفهوم است که آن صفت بیشتر تحت تأثیر و کنترل عوامل ژنتیکی بوده، تنوع ژنتیکی بالایی را در بین ژنوتیپ‌ها مربوطه دارد. اگرچه وراثت‌پذیری عمومی به‌خوبی وراثت‌پذیری خصوصی نمی‌تواند سهم ژنتیکی تنوع را مشخص نماید، اما بالابودن میزان آن معرف انتقال نسبی بهتر صفات از والدین به نتاج می‌باشد. مطالعه تنوع ژنتیکی ۲۵ژنوتیپ نخود زراعی نشان داد که ضریب تنوع فنوتیپی و ژنوتیپی بالا به‌ترتیب جهت صفات تعداد نیام در بوته و شاخص برداشت مشاهده گردید که برای بهبود عملکرد از آن‌ها به‌نحو مفیدی استفاده کردند (Dwevedi & Gaibriyal, 2009).

جهت تعیین میزان تنوع فنوتیپی و ژنوتیپی موجود در صفات مختلف، اقدام به محاسبه ضریب تغییرات ژنوتیپی و فنوتیپی گردید. در کلیه صفات ضریب تغییرات فنوتیپی بزرگ‌تر از ضریب تغییرات ژنوتیپی بود. بالاترین ضرایب تغییرات ژنوتیپی را صفات وزن صد دانه، زیست‌توده و عملکرد دانه و کمترین ضریب را صفات روز تا رسیدگی، روز تا ۵۰درصد غلاف‌دهی و روز تا گلدهی به‌خود اختصاص دادند.

جدول ۷- برآورد ضریب تغییرات ژنوتیپی، ضریب تغییرات فنوتیپی و وراثت‌پذیری عمومی برای صفات مختلف در ۲۰ژنوتیپ نخود
Table 7. Estimation of GCV, PCV, and broad sense heritability for different traits in 20 genotypes of chickpea

صفات Traits	ضریب‌تغییرات ژنوتیپی GCV (%)	ضریب‌تغییرات فنوتیپی PCV (%)	وراثت‌پذیری عمومی (%) Broad Sense Heritability
محتوای آب نسبی Relative water content	15.83	19.65	64.88
تعداد شاخه‌های فرعی Number of sub-branches	22.77	28.46	64.06
تعداد شاخه‌های اصلی Number of main branches	21.80	27.87	61.18
تعداد بذر در بوته Number of seed per plant	22.24	27.92	63.47
تعداد غلاف در بوته Number of pod per plant	22.01	29.55	55.51
ارتفاع بوته Plant height	18.50	22.75	66.13
وزن صد دانه 100-kernel weight	49.76	50.02	86.89
شاخص برداشت Harvest index	7.71	10.69	52.12
زیست‌توده Biomass	34.41	37.91	82.42
عملکرد دانه Grain yield	28.99	32	82.12
روز تا رسیدگی فیزیولوژیک Days to physiologic maturity	2.66	3.87	47.30
روز تا ۵۰ درصد غلاف‌دهی Days to 50% podding	2.67	3.29	65.86
روز تا گلدهی Days to flowering	4.13	5.61	54.25

نتایج تجزیه علیت

برای شناسایی ارقام پُرمحصول، لازم است صفاتی که دارای رابطه مثبت معنی‌داری با عملکرد دانه هستند، شناسایی شوند تا با گزینش آن‌ها، نسبت به گردآوری ژن‌های مطلوب در ارقام اصلاح‌شده اقدام گردد. استفاده از ضرایب همبستگی در تعیین روابط بین صفات گاهی اوقات گمراه‌کننده است، چراکه گاهی اوقات همبستگی بالای بین دو صفت، نتیجه اثرات غیرمستقیم صفات دیگر می‌باشد (Ali *et al.*, 2003) که در این حالت متخصصان اصلاح نباتات، از روش تجزیه علیت به‌عنوان روشی مطلوب برای شناسایی صفات مؤثر بر عملکرد دانه به‌طور گسترده استفاده می‌کنند (Emam & Borjan, 2000).

بر اساس نتایج، صفت زیست‌توده بیشترین تأثیر مثبت مستقیم را بر روی افزایش عملکرد دانه داشت(جدول ۸). در مرحلۀ بعد، مقدار اثر مستقیم مثبت صفت تعداد غلاف در بوته مثبت و به‌طور نسبی بالا بود. نتایج حاصله بیانگر این بود که ارقام دارای زیست‌تودۀ بیشتر، عملکرد دانه بالاتری داشته‌اند و چون ضریب همبستگی بین عملکرد دانه با صفات شاخص برداشت و زیست‌توده به‌طور تقریبی برابر با ضریب علیت (اثر مستقیم) بوده است، لذا در این‌صورت ضریب همبستگی بیان‌کنندۀ میزان رابطه واقعی بین دو متغیر می‌باشد و انتخاب مستقیم از طریق این صفات، می‌تواند در افزایش عملکرد دانه مفید باشد. بنابراین گزینش ارقامی با زیست‌تودۀ بالا، موجب افزایش عملکرد اقتصادی گیاه خواهد گردید و در صورتی‌که تنوع مطلوبی در بین ژنوتیپ‌ها داشته باشد، می‌توان از آن به‌عنوان شاخصی برای انتخاب در جهت بهبود عملکرد دانه استفاده کرد. در حقیقت چون بخش عمده زیست‌توده نخود در هنگام برداشت را وزن دانه تشکیل می‌دهد، پس رابطه مستقیم و مثبت بالایی بین زیست‌توده و عملکرد دانه وجود خواهد داشت که به‌عبارتی دیگر زیست‌توده نماینده خوبی برای عملکرد دانه بوده است. نتایج مشابه با استفاده از ضرایب تجزیه علیت مبنی بر وجود رابطۀ مثبت، معنی‌دار و اثرات غیرمستقیم بین عملکرد دانه و شاخص برداشت گزارش شده است (Mohan *et al.*, 1993). صفت تعداد غلاف در بوته بیشترین اثر غیرمستقیم و مثبت را بر روی مقدار عملکرد دانه از طریق افزایش

زیست‌توده داشت، یعنی تحت شرایط تنش رطوبتی، اگر تعداد غلاف در بوته بیشتر شود، زیست‌توده مفید افزایش می‌یابد که به‌تبع آن میزان عملکرد دانه هم افزایش خواهد یافت. در گام بعد بیشترین اثر غیرمستقیم مربوط به اثر شاخص برداشت از طریق افزایش زیست‌توده بود (۰/۵۱)، به‌طوری‌که شاخص برداشت از طریق افزایش زیست‌توده که بخش عمده آن وزن دانه است، موجب افزایش مقدار عملکرد دانه خواهد شد.

Guler *et al*, (2001) گزارش کردند که صفات وزن دانه، تعداد دانه در بوته، تعداد غلاف در بوته و ارتفاع بوته به‌ترتیب بیشترین اثر مستقیم را بر عملکرد دانه داشتند. Ciftci *et al*, (2004) اظهار داشتند که صفات زیست‌توده، شاخص برداشت و تعداد غلاف در بوته بیشترین اثرات مستقیم مثبت را با عملکرد نهایی داشتند.

جدول ۸- نتایج تجزیه مسیر در ۲۰ژنوتیپ نخود

Table 8. The results of path analysis in 20 genotypes of chickpea

نام صفت Name of trait	اثر مستقیم Direct effect	اثر غیرمستقیم از طریق Indirerct effect by			ضریب همبستگی با عملکرد دانه Coefficient of correlation to grain yield
		1	2	3	
زیست‌توده Biomass	1.09		-0.146	0.007	0.96
شاخص برداشت Harvest index	-0.31	0.515		0.003	0.21
تعداد غلاف در بوته Number of pod per plant	0.009	0.944	-0.134		0.82

اثر باقیمانده Error=0.06

نتیجه‌گیری

نتیجه کلی این تحقیق بیانگر این بود که لاین‌های امیدبخش دارای تنوع کافی و قابل‌توجهی از نظر کلیه صفات موردنظر بودند که این نشان‌دهنده مناسب و امیدبخش‌بودن استفاده از آن‌ها در برنامه‌های آتی به‌نژادی می‌باشد. افزایش صفات زیست‌توده، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته و محتوای آب نسبی برگ‌ها مطلوب شرایط دیم و افزایش بی‌رویه تعداد شاخه اصلی و فرعی، ارتفاع بوته و صفات فنولوژیکی خیلی مناسب و مطلوب این شرایط نبود. در مجموع طبق نتایج، دو صفت زیست‌توده (البته به‌دلیل ریزش کاه‌وکلش در هنگام برداشت، بخش عمده آن را عملکرد دانه تشکیل می‌دهد) و تعداد غلاف در بوته مطلوب‌ترین صفات مرتبط با افزایش عملکرد دانه در شرایط این آزمایش معرفی شدند.

منابع

1. Acikgoz, N., and Acikgoz, M. 1994. Path analysis for evaluation of characters affecting yield in chickpeas at different sowing time. Crop Science Congress 2: 121-125.
2. Anonymous. 2009. Ministry of Jahad Agriculture. Agriculture Statistical Yearbook of Iran. Volume 1. (In Persian).
3. Ali, N., Javidfar, F., Yazdi Elmira, J., and Mirza, M.Y. 2003. Relationship among yield components and selection cariteria for yield improvement in winter repseed (*Brassica napus* L.). Pakistan Journal of Botany 35(2): 167-174.
4. Ashraf, M., and Harris P.J.C. 2006. Abiotic stresses plant resistance through breeding and molecular approaches. Published by International Book, Lucknow.
5. Ciftci, V., Togay, N., Togay, Y., and Dogan, Y. 2004. Determining relationships among yield and some yield components using path coefficient analysis in chickpea (*Cicer arietinum* L.). Asian Journal of Plant Sciences 3(5): 632-635.
6. Chaghamirza, Sh., Chaghamirza, K., and Mohamadi, R. 2013. Assesing variates and landrace of chickpea (*Cicer arietinum* L.) based on agro-physiological traits under rainfed condition. Iranian Journal of Field Crops Research 11(3): 460-472. (In Persian).
7. Dwevedi, K.K., and Gaibriyal, M. 2009. Assessment of genetic diversity of cultivated chickpea (*Cicer arietinum* L.). Asian Journal of Agricultural Sciences 1: 7-8.
8. Emam, Y., and Borjan, A.R. 2000. Yield and yield components of two winter wheat cultivars in response to rate and time of foliar application. Journal of Agricultural Science and Technology 2: 263-270.

9. FAO. 2010. FAOSTAT. Available in http://faostat.fao.org/[28 May 2010].
10. FAO, 2014. Statistical Database. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy (http//www.apps.fao.org).
11. Falconer, D.S., and Mackay, T.F.C. 1996. Introduction to Quantitative Genetics. Longman New York, Fourth Edition. 464 pp.
12. Fayyaz, F., and Talebi, R. 2009. Determining relationships among yield and some yield components using path coefficient analysis in chickpea (*Cicer arietinum* L.). Iranian Journal of Agriculture Research 7(1): 135-141. (In Persian with English Summary).
13. Guler, M., Sait Adak, M., and Ulkan, 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.
14. Jahansouz, M., Naghavi, M., and Dolati Tape-Rasht, M. 2004. A Study of relationships between different traits in white and black chickpea. Iranian Journal of Agriculture Science 35(3): 573-579. (In Persian with English Abstract).
15. Kanouni, H. 1998. Assesing Chickpea (*Cicer arietinum* L.) Germplasm for Resistance to Drought Stress. MSc. Thesis of Faculty of Agriculture of Tabriz University. 107 pp.
16. Kanouni, H., and Malhotera, R.S. 2003. Genetic variation and relationships between traits in chickpea (*Cicer arietinum* L.) lines under dryland conditions. Iranian Journal of Crop Science 5(3): 185-191. (In Persian with English Summary).
17. Khanizad, A., and Kanouni, H. 2006. The comparision of the resistance of 16 Desi and Kabuli chickpea cultivars to *Chloridea viriplaca* using pheno-morphological traits. Agriculture Science 16:(1): 61-72. (In Persian).
18. Krishnamurthy, L., Kashiwagi, J., Upadhyaya, H.D., Gowda, C.L.L., Gaur, P.M., Singh, S., Purushothaman, R., and Varshney, R.K. 2013. Partitioning coefficient-a trait that contributes to drought tolerance in chickpea. Field Crops Research 149: 354-365.
19. Kamel, M., and Moradi, P. 2008. Determination of traits effective on seed yield of 36 lines of chickpea (*Cicer arietinum* L.) in northwest provinces of Iran in dryland conditions. Seed and Plant Improvement Journal 24(2): 347-361 .(In Persian).
20. Matin, M.A., Brown, J.H., and Ferguson, H. 1989. Leaf water potential, relative water content, and diffusive resistance as screening techniques for drought resistance in barley. Agronomy Journal 81: 100-105.
21. Mardi, M., Talei, A., and Omidi, M. 2003. A study of genetic diversity and identification of yield components in Desi chickpea. Iranian Journal of Agriculture Science 34(2): 345-351. (In Persian with English Summary).
22. Mansourfar, K. 2013. Advanced Statistical Methods. Tehran University Press. Pp: 460.
23. Mohammadali-Pouryamchi, H., Bihamta, M.R., Peighambari, S.A., and Naghavi, M.R. 2012. Effect of terminal drought stress on grain yield and yield components in Kabuli chickpea genotypes. Iranian Journal of Crop Sciences 14(3): 202-217. (In Persian with English Summary).
24. Mohan, D.S.R, Harbir, S., Khola, O.P.S., and Singh, H. 1993. Correlation and path analysis in late sowed bread wheat cultivares, WH-291. Field Crop Resource 6(1): 72-77.
25. Meena, H.P., Kumar, J., Upadhyaya, H.D., Bharadwaj, C., Chauhan, S.K., Verma, A.K., and Rizvi, A.H. 2010. Chickpea mini core germplasm collection as rich sources of diversity for crop improvement. SAT Electronic Journal 8: 1-5.
26. Nasri, R., Heydari-Moghadam, A., Siadat, A., Paknezhad, F., and Sadeghi-Shoja, M. 2012. Path analysis of traits correlation and supplemental irrigation on yield and yield components of chickpea in Ilam. Journal of Agronomy and Plant Breeding 8(2): 161-172. (In Persian).
27. Ozdemir, S. 1996. Path coefficient analysis for yield and its components in chickpea. International Chickpea and Pigeonpea Newsletter 3: 9-21.
28. Padi, F.K. 2003. Correlation and path coefficient analysis of yield and yield components in pigeonpea. Pakistan Journal of Biology Science 6(19): 1689-1694.
29. Phadnis, B.A., Ekbote, A.P., and Ainchwars, S. 1970. Path coefficient analysis in gram (*Cicer arietinum* L.). Indian Journal Agricultural Science 40: 1013-1016.
30. Pouresmael, M. Akbari, M., Vaezi, Sh., and Shahmoradi, Sh. 2009. Effects of drought stress gradient on agronomic traits in Kabuli chickpea core collection. Iranian Journal of Agriculture Science 11(4): 307-324. (In Persian with English Summary).
31. Saman, M., Sepehri, A., Ahmadvand, G., and Sabbaghpour, S.H. 2010. Season final drought stress effects on yield and yield component on five chickpea genotypes. Iranian Journal of Agriculture Science 41(2): 259-269. (In Persian with English Summary).

32. Sabaghpour, S.S., Pezeshkpour, P., Sarparast, R., Saeid, A., Safi-Khani, M., Hashembeygi, A., and Karami, I. 2010. Study of grain yield stability in chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes in autumn planting in dryland conditions. Seed and Plant Improvement Journal 1(26): 173-191. (In Persian).
33. Saleem, M., Nadeertahir, M.H., Kabir, R., Javid, M., and Kashif, S.h. 2002. Interrelationships and path analysis of yield attributes in chickpea (*Cicer arietinum* L.). International Journal of Agriculture and Biology 4: 404-406.
34. Sandhu, T.S., Gumber, R.K., and Bhatia, R.S. 1991. Path analysis in chickpea. Journal of Research Punjab Agricultural University 28(1): 1-4.
35. Slafer, G.A. 1994. Genetic Improvement of Field Crops. 470 pp.
36. Singh, K.B., Bejiga, G., and Malhorta, R.S. 1990. Association of some characters with seed yield in chickpea collection. Euphytica 49(1): 83- 88.
37. Siddique, K.H.M., Tennant, D., Perry, M.W., and Belford, R.K. 1990. Water use and water use efficiency of old and modern wheat cultivars in a mediterranean-type environment. Australian Journal of Agricultural Research 41: 431-439.
38. Singh, K.B., and Saxena, M.C. 1999. Chickpeas. Macmillan Education LTD, London and Bisigtone.
39. Viakumar, C., Salmath, P.M., Goud, J.V., and Parameshw, R. 1991. Genetic variability and genotype environment interaction in chickpea. Journal of Maharashtra Agricultural University 16(1): 37-39.
40. Yousefi, B., Kazemi Arbat, H., Rahimzade Khoeei, F., and Moghadam, M. 1997. Study chickpea varieties in two moisture levels and path analysis of agronomic traits. Iranian Jounal of Agriculture Science 28(4): 147-162. (In Persian with English Summary).
41. Zinali, H., Naser-Abadi, E., Hossein-zadeh, H., Chugan, R., and M, Sabokdast, M. 2004. Factor analysis on hybrid of cultivar grain maize. Iranian Journal of Agriculture Science 36(4): 895-902. (In Persian with English Summary).

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 8, No. 1, 2017, p. 192-208

Assessing genetic diversity and heritability of effective traits on the yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under rainfed condition

Moosavi[1*], S.S., Abdollahi[1], M.R., Kian Ersi[2], F. & Ahmadi Dehrashid[3], D.

1-Respectively, Assistant and Associated Professor of Agronomy and Plant Breeding Department, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran
2- Ph.D Student of Plant Breeding (Molecular Genetics), Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran
3- MSc. Student of Agronomy and Plant Breeding Department, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran

Received: 21 June 2014
Accepted: 13 February 2016

DOI: 10.22067/ijpr.v8i1.47588

Introduction

Drought stress is one of the most important abiotic stresses in the world. Chickpea play very important role for human life in the developing countries. Kanouni and Malhotra (2003) mentioned that the traits of pod number per plant, sub-branches per plant, biomass and harvest index had positive and significant and the phonological traits showed a negative and significant correlation with grain yield. In a research (Fayyaz & Talebi, 2009), the traits of number of pod and number of seed per plant were proposed as the most important traits for yield increasing in chickpea. Saleem et al., (2002) reported that the chickpea genotypes were significantly difference for the majority of traits. In a research the traits of seed weight per pod and seed number per plant had the maximum direct effect on grain yield. Stepwise regression showed that the traits of biomass, harvest index and 100-kernel weight had the great effect on chickpea grain yield, so that the traits explained main part of yield variance. Identifying the most effective traits on chickpea grain yield was the main objective of the current research.

Materials & Methods

In order to identify the most important and effective traits on grain yield this experiment was conducted based on randomized complete block design with three replications in 20 chickpea promising lines under moisture stress condition in 2011-2012. The experiment was conducted in agricultural and natural resources research of Kurdistan under normal moisture condition. The traits of day to 50 percent flowering, day to 50 percent podding, day to maturity, relative water content, number of sub-branches, number of main-branches, seed number per plant, pod number per plant, plant height, 100- kernel weight, grain yield, harvest index and biomass were measured. The analysis of variance, mean comparison, correlation analysis, stepwise regression analysis, path analysis was used for identifying the best genotypes and traits in the current experiment. According to the traits expected value, phenotypic coefficient variation, genotypic coefficient variation and broad sense heritability were estimated for all traits.

Results & Discussion

ANOVA results showed that the lines were significantly different for all traits. The above result indicated high genetic diversity for the lines. Mean compression results showed that the lines number 1, 17 and 7 had the minimum and the lines number 13, 3 and 19 had the maximum grain yield. General results indicated that the suitable lines with high grain yield had a maximum amount of biomass, pod number per plant, seed number per plant and RWC and had a minimum amount of main branch number per plant. The result showed a positive significant correlation between RWC, seed number, pod number, harvest index, biomass and grain yield. The correlation for grain yield and number of main branch per plant was significantly negative. The results of stepwise regression showed that the traits of harvest index, biological

* **Corresponding Author:** s.moosavi@basu.ac.ir; Mobile: 09188526940

yield and pod number per plant were the most effective traits on wheat yield respectively under current research condition. The maximum and minimum broad sense heritability were recorded for the traits of 100-kernel weight, biomass and grain yield, days to physiological maturity, days to flowering and pod number per plant, respectively. Results of path analysis showed that the traits of biomass and pod number per plant had maximum direct and indirect positive effects on grain yield. The results of orthogonal comparision showed that Kabuli and Dasi Groups were significantly difference for plant height and 100-kernel weight.

Conclusion

Identifying and detection of the traits with high correlation with the traits of grain yield is a suitable strategy for indirect selection of grain yield. In this way, using of simple and multivariate statistical method can be useful and suitable method. According to the results, the traits of biomass and pod number per plant were recognized as the best suitable traits for indirect grain yield selection.

Key words: Chickpea, Orthogonal comparision, Path analysis, Phenotypic correlation, Stepwise regression