

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

سیدسعید موسوی^{۱*}، محمدرضا عبداللهی^۱، فرزاد کیان ارثی^۲ و داود احمدی دهرشید^۳

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 این منظور، 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 ۲۰ ژنوتیپ نخود (شامل ۱۸ لاین 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 قابل توجه آن‌ها از نظر این صفات، به‌ویژه صفت عملکرد دانه بود. نتایج مقایسه میانگین عملکرد دانه نشان داد که به ترتیب ژنوتیپ‌های ۱، ۱۷ و ۷ کمترین و ژنوتیپ‌های ۱۳، ۳ و ۱۹ بیشترین عملکرد دانه را دارا بودند. نتایج به دست آمده بیانگر این بود که به طور کلی لاین‌های مطلوب با عملکرد بالا دارای مقادیر بالاتری از صفات زیست‌توده، تعداد غلاف در بوته، تعداد بذر در بوته و محتوای آب نسبی بودند، در حالی که به طور 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 به ترتیب شامل زیست‌توده، شاخص برداشت و تعداد غلاف در بوته بودند که ۹۸/۷۳ درصد تغییرات عملکرد دانه را توجیه کردند. بالاترین میزان وراثت‌پذیری به ترتیب 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 ۵۰ درصد غلاف‌دهی و روز تا گلدهی بود. در واقع این نتیجه بیانگر تنوع زیاد و کم این ژنوتیپ‌ها به ترتیب 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 به عنوان 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

دانه بیشتر از ۲۶ گرم هستند، در حالی که تیپ دسی دارای شکل‌های نامنظم و رنگ‌های مختلف و با وزن صد دانه کمتر از ۲۶ گرم می‌باشد. به طور 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 حدود ۲۵۰ میلی‌متر در سال، جزو مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان محسوب می‌شود (FAO, 2010). با وجود

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 به طور معمول با وزن صد

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

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 کارایی 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 هم‌به‌عنوان متغیرهای مستقل در نظر گرفته می‌شود (Zinali *et al.*, 2004; Fayaz & Talebi, 2009; Nasri *et al.*, 2012; Chaghmirza *et al.*, 2013). در تحقیق (Chaghmirza *et al.*, 2013) 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 صد دانه 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) 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 گردید. (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.

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 ۹۸ درصد سطح زیر کشت نخود به‌صورت دیم است، متوسط عملکرد آن به‌ترتیب در شرایط دیم و آبی حدود ۳۵۰ و ۱۱۰۰ کیلوگرم 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، (Chaghmirza *et al.*, 2013) اظهار داشتند که توده‌های نخود کابلی دارای تنوع معنی‌دار برای بیشتر صفات مهم اگرومورفولوژیک 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 قابل توجهی را در بین ژنوتیپ‌ها نخود برای صفت عملکرد دانه گزارش کردند. همچنین در مطالعه‌ای (Dwevedi & Gaibriyal, 2009) تفاوت قابل توجهی در بین ژنوتیپ‌ها برای صفات مورد مطالعه مشاهده شد. نتایج بررسی تنوع ژنتیکی در ۴۱۸ ژنوتیپ 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 (Chaghmirza *et al.*, 2013) بیشترین همبستگی مثبت و معنی‌دار بین عملکرد دانه با صفات

مواد و روش‌ها

این آزمایش شامل ۱۸ لاین امیدبخش به‌علاوه دو رقم شاهد نخود زراعی (*Cicer arietinum* 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 ۱۴ درجه و ۳۵ دقیقه شمالی، طول جغرافیایی ۱۴ درجه و ۴۶ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۵۳۸-۱۴۵۰ متر از سطح دریا در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ اجرا گردید.

بر اساس داده‌های ۳۰ ساله هواشناسی، میانگین بارندگی سالیانه محل اجرای آزمایش ۳۴۹/۷ میلی‌متر بود. عملیات آماده‌سازی زمین شامل انجام شخم و دو مرحله دیسک عمود برهم بود. توزیع کودهای پایه نیتروژن (حدود ۲۰ کیلو گرم در هکتار نیتروژن خالص از منبع کود اوره)، فسفر (حدود ۲۰ کیلو گرم در هکتار فسفر خالص از منبع کود فسفات آمونیوم) و پتاس (حدود ۱۰ کیلو 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 ۲۵ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها ۱۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. صفات روز تا ۵۰ درصد گلدهی، روز تا ۵۰ درصد 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 ۱۰ بوته 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 در نظر گرفتن اثر حاشیه محاسبه شدند.

جهت ارزیابی تنوع لاین‌ها بر اساس صفات مهم اگروموفولوژیک 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).

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 به ترتیب 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 (2010) Guler *et al.* اظهار نمودند که به ترتیب صفات وزن صد دانه، تعداد دانه در بوته، تعداد غلاف در بوته و ارتفاع بوته، بیشترین اثر مستقیم را روی عملکرد دانه نمود داشتند. در تحقیقی توسط Fayyaz & Talebi (2009) اظهار شد که به ترتیب صفات شاخص برداشت، زیست‌توده و تعداد غلاف در بوته بیشترین اثر مستقیم را بر عملکرد داشتند. (2004) Ciftci *et al.* نشان دادند که صفات زیست‌توده، شاخص برداشت و تعداد غلاف در گیاه بیشترین اثرات مستقیم مثبت را بر عملکرد دانه دارند. (2003) Padi 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 (2003) Mardi *et al.* 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 (2003) Kanouni & Malhotera 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 (2004) Jahansouz *et al.* 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.

جهت تجزیه داده‌ها از نرم‌افزارهای مختلف بر اساس کارایی 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.

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

$$H^2_b = \frac{\delta^2_g}{\delta^2_g + \delta^2_e}$$

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

جدول ۱- مشخصات ژرم پلاسما مورد استفاده

Table 1. The characters of the used germplasm

شجره ژنوتیپ	نام ژنوتیپ	شماره ژنوتیپ	شجره ژنوتیپ	نام ژنوتیپ	شماره ژنوتیپ
Gen. pedigree	Gen. name	Gen. number	Gen. pedigree	Gen. name	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 ۵۰ درصد غلاف‌دهی و روز تا گلدهی دارای اختلاف معنی‌دار آماری ($p < 0.05$) بودند که این بیانگر تنوع قابل توجه 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 قابل توجه 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 Chaghmirza *et al.*, (2013) در تحقیق خود اظهار داشتند که توده‌های نخود کابلی دارای تنوع معنی‌دار برای بیشتر صفات مهم اگر مورفولوژیک بودند. در تحقیقی دیگر در ۶۴ ژنوتیپ نخود (Mohammadali-Pouryamchi *et al.*, 2012) تنوع معنی‌داری برای بیشتر صفات گزارش گردید. در

تحقیقی بر روی ۱۷ ژنوتیپ نخود (Sabaghpour *et al.*, 2010) تنوع معنی‌دار و قابل توجهی 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 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 (جدول ۴) 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

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 حالی است 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، به طوری که 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 (جدول ۴) نشان داد که با وجود 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 ($r=0/44^*$) و روز تا رسیدگی فیزیولوژیک همبستگی منفی و معنی‌داری دارد.

تأیید کرد، به طوری که نتایج نشان داد که این صفت با عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌دار ($r=0/50^*$) داشت (جدول ۴). میزان محتوی آب نسبی یکی از روش‌های مفید جهت تعیین کمیت آب گیاه در شرایط تنش رطوبتی برای مقابله نسبی با شدت تنش است، به طوری که 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 (جدول ۳) 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 ($r=0/44^*$) داشت و چون صفت تعداد شاخه اصلی و فرعی هم با همدیگر همبستگی مثبت و معنی‌دار ($r=0/49^*$) داشتند، بنابراین در کل افزایش این دو صفت تحت شرایط محدود رطوبتی مناسب و مطلوب نیست، چراکه با افزایش بیش

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس برای صفات مختلف در ۲۰ ژنوتیپ نخود

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 squares of traits						وزن صد دانه 100-kernel weight
		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	
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

ns, **, * به ترتیب نشانگر معنی‌داری در سطح آماری پنج درصد، یک درصد و عدم اختلاف معنی‌داری می‌باشد.

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

ادامه جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس برای صفات مختلف در ۲۰ ژنوتیپ نخود
Continue Table 2. Results of analysis of variance for different traits in 20 genotypes of chickpea

میانگین مربعات صفات Mean of square of traits							
منبع تغییر S.O.V	درجه آزادی Degree of freedom	شاخص برداشت Harvest index	زیست توده 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
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

*, **, ns: به ترتیب نشانگر معنی‌دار بودن در سطح 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 ۲۰ ژنوتیپ 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 ^{AD}	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).

گیاه می‌شود (Slafer, 1994). این در حالی است که (2010) *Meena et al*، 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 متفاوت بودن نتیجه حاصله باشد.

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، به طوری که 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

ادامه جدول ۳- نتایج مقایسه میانگین برای صفات مختلف در ۲۰ ژنوتیپ نخود
Continue Table 3. Results of mean comparison for different traits in 20 genotypes of chickpea

ژنوتیپ Genotype	شاخص برداشت Harvest index	زیست توده Biomass	عملکرد دانه Grain yield	روز تا رسیدگی فیزیولوژیک Days to physiological maturity	روز تا ۵۰ درصد غلاف دهی 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 معنی دار می باشد.

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

تعداد بذر در بوته

دارای همبستگی منفی و معنی داری به ترتیب در سطح یک و پنج درصد می باشد. (Sandu *et al.*, 1991) تعداد غلاف در بوته، تعداد بذر در بوته و وزن صد دانه را به عنوان اجزای عملکرد در نخود تیپ دسی معرفی کردند. همچنین (1991) *Viakumar et al.* همبستگی بالا و معنی داری را بین عملکرد دانه و طول غلاف گزارش کردند. بر اساس مطالعه *Acikgoz & Acikgoz* (1994) عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی داری 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 می باشند. نتایج همبستگی فنوتیپی (جدول ۴) حاکی از آن است که بین ارتفاع بوته و وزن صد دانه همبستگی مثبت و معنی داری در سطح یک درصد وجود دارد ($r = 0.75^{**}$)، ولی با توجه به عدم همبستگی معنی دار این دو صفت با عملکرد دانه، بنابراین می توان 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

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، زیست توده و عملکرد دانه دارای همبستگی مثبت و معنی داری ($r = 0.7^{**}$) و با صفت روز تا گلدهی همبستگی منفی معنی دار ($r = 0.50^*$) 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 به عنوان اجزای عملکرد معرفی شدند. بر اساس مطالعه *Acikgoz & Acikgoz* (1994) عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی داری 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، زیست توده و عملکرد دانه ($r = 0.82^{**}$) دارای همبستگی مثبت و معنی دار بود که این بیانگر این است که افزایش این صفت منجر به افزایش عملکرد دانه می گردد. از طرفی این صفت، با صفات تعداد شاخه اصلی و شاخص برداشت

بایستی مبتنی بر انتخاب بوته‌های پاکوتاه با تعداد غلاف در بوته بیشتر و تعداد بذر در بوته بیشتر باشد.

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

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
محتوای 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

ns, * و ** به ترتیب نشانگر معنی‌دار بودن در سطح 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

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

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، به دلیل 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 به عبارتی 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

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 به ترتیب 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 ۵۰ درصد غلاف‌دهی

مطابق جدول ۲، لاین‌های شماره ۱۲ و ۱۹ به ترتیب دارای کمترین و لاین‌های شماره ۴ و ۲ دارای بیشترین مقدار صفت روز تا ۵۰ درصد غلاف‌دهی بودند. نتایج همبستگی بیانگر همبستگی منفی و معنی‌دار ($r = -0.40^*$) این صفت با عملکرد دانه بود. در واقع روز تا ۵۰ درصد 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 کاشت تا گلدهی منفی و معنی‌دار بود. به‌طور کلی، 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^۱

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

دارای همبستگی مثبت و معنی‌دار ($r = 0.21^*$) 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 ($r = 0.92^{**}$) 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). مطالعه ۲۰ رقم 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، ۱۷ و ۷ و بیشترین عملکرد دانه به ترتیب مربوط به لاین‌های شماره ۱۳، ۳ و ۱۹ بود. جدول همبستگی (جدول ۴) 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 ($r = 0.44^*$) 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

^۱ Orthogonal comparisons

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، زیست توده و عملکرد دانه در سطح یک درصد معنی دار بود. در مقایسه سوم نیز تفاوت بین میانگین گروه دسی و شاهد دوم (رقم پیروز) فقط برای دو صفت زیست توده و عملکرد دانه در سطح پنج درصد معنی دار 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 به صورت جداگانه در مقایسه با شاهد مربوطه می‌باشد که می‌توان از این تنوع در برنامه‌های به‌نژادی آتی استفاده کرد.

جدول ۱) و تیپ دسی (ژنوتیپ‌های شماره ۱۴ تا ۲۰، جدول ۱)، (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 این است 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

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 comparison between two checkpea Kabuli and Desi groups (first comparison), Kabuli group with first control (second comparison) and Desi group with second control (third comparison) for different traits

صفات Traits	درجه آزادی Degree of freedom	میانگین مربعات صفات Mean of squares of traits		
		مقایسه اول First comparison	مقایسه دوم Second comparison	مقایسه سوم Third comparison
		محتوای آب نسبی Relative water content	1	10.70 ^{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}
زیست توده 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}

ns, ** و * به ترتیب نشانگر معنی‌دار بودن در سطح آماری پنج درصد، یک درصد و عدم اختلاف معنی‌داری می‌باشد.

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

نتایج رگرسیون گام به گام

نتایج (جدول ۶) نشان داد که به ترتیب سه صفت زیست توده، شاخص برداشت و تعداد غلاف در بوته، به عنوان مهم ترین صفات مؤثر بر عملکرد دانه، با ضریب رگرسیونی مثبت وارد مدل رگرسیونی شدند و در مجموع ۹۸/۷۳ درصد 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، می توان 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 زیست توده، شاخص برداشت و وزن صد دانه به ترتیب وارد مدل رگرسیونی شده و

بیشترین تأثیر را بر عملکرد دانه داشتند. (Fayyaz & Talebi, 2009) گزارش کردند که صفات تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، زیست توده و شاخص برداشت، مهم ترین صفات مؤثر بر عملکرد دانه می باشند و می توانند جهت افزایش عملکرد انتخاب گردند. در تحقیق (Chaghmirza *et al.*, 2013) صفات تعداد غلاف در بوته، وزن صد دانه، تعداد دانه در غلاف، زیست توده و شاخص برداشت مهم ترین صفاتی بودند که وارد مدل رگرسیونی متغیر وابسته (عملکرد دانه) شدند. در پژوهشی دیگر (Nasri *et al.*, 2012) به ترتیب صفات شاخص برداشت، وزن صد دانه و تعداد دانه در بوته وارد مدل رگرسیونی شدند و بیشترین تأثیر را بر تغییرات عملکرد دانه داشتند.

جدول ۶- نتایج رگرسیون گام به گام برای عملکرد دانه، به عنوان متغیر وابسته و سایر صفات مورد ارزیابی، به عنوان متغیرهای مستقل در ۲۰ ژنوتیپ 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 گام به گام Step	صفات Traits	عرض از مبدأ Intercept	ضرایب رگرسیونی Regression coefficient			ضریب تبیین تجمعی Cumulative determination coefficient
			X ₁	X ₂	X ₃	
1	زیست توده (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 معنی دار بودن مدل رگرسیونی در سطح یک درصد می باشد.

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

نتایج وراثت پذیری، ضریب تغییرات ژنوتیپی و فنوتیپی

نتایج وراثت پذیری صفات (جدول ۷) نشان داد که بالاترین وراثت پذیری مربوط به صفات وزن صد دانه، زیست توده و عملکرد دانه و کمترین وراثت پذیری مربوط به صفات روز تا رسیدگی، روز تا گلدهی و تعداد غلاف بوده است. در حقیقت هرچقدر میزان وراثت پذیری 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 وراثت پذیری عمومی به خوبی وراثت پذیری خصوصی نمی تواند سهم ژنتیکی تنوع را مشخص نماید، اما بالا بودن میزان آن معرف انتقال نسبی بهتر صفات از والدین به نتاج می باشد. مطالعه تنوع ژنتیکی ۲۵ ژنوتیپ نخود زراعی نشان

داد که ضریب تنوع فنوتیپی و ژنوتیپی بالا به ترتیب جهت صفات تعداد نیام در بوته و شاخص برداشت مشاهده گردید که برای بهبود عملکرد از آن‌ها به نحو 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 بزرگ تر از ضریب تغییرات ژنوتیپی بود. بالاترین ضرایب تغییرات ژنوتیپی را صفات وزن صد دانه، زیست توده و عملکرد دانه و کمترین ضریب را صفات روز تا رسیدگی، روز تا ۵۰ درصد غلاف دهی و روز تا گلدهی به خود اختصاص دادند.

جدول ۷- برآورد ضریب تغییرات ژنوتیپی، ضریب تغییرات فنوتیپی و وراثت‌پذیری عمومی برای صفات مختلف در ۲۰ ژنوتیپ نخود

Table 7. Estimation of GCV, PCV, and broad sense heritability for different traits in 20 genotypes of chickpea

صفات Traits	ضریب تغییرات ژنوتیپی GCV (%)	ضریب تغییرات 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 پرمحصول، 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 مرحله بعد، مقدار اثر مستقیم مثبت صفت تعداد غلاف در بوته مثبت و به‌طور نسبی بالا بود. نتایج حاصله بیانگر این بود که ارقام دارای زیست‌توده 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 بیان‌کننده 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 زیست‌توده بالا، موجب افزایش عملکرد اقتصادی گیاه خواهد گردید و در صورتی که 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 رابطه 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

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

زیست‌توده داشت، یعنی تحت شرایط تنش رطوبتی، اگر تعداد غلاف در بوته بیشتر شود، زیست‌توده مفید افزایش می‌یابد که به تبع 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)، به طوری که شاخص برداشت از طریق افزایش زیست‌توده که بخش عمده آن وزن دانه است، موجب افزایش مقدار عملکرد دانه خواهد شد.

جدول ۸- نتایج تجزیه مسیر در ۲۰ ژنوتیپ 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 Indirect 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

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 به دلیل ریزش کاه و کلش 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.

نتیجه‌گیری

نتیجه کلی این تحقیق بیانگر این بود که لاین‌های امیدبخش دارای تنوع کافی و قابل توجهی از نظر کلیه صفات مورد نظر بودند که این نشان‌دهنده مناسب و امیدبخش بودن 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

منابع

- 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.
- Anonymous. 2009. Ministry of Jihad Agriculture. *Agriculture Statistical Yearbook of Iran*. Volume 1. (In Persian).
- Ali, N., Javidfar, F., Yazdi Elmira, J., and Mirza, M.Y. 2003. Relationship among yield components and selection criteria for yield improvement in winter repseed (*Brassica napus* L.). *Pakistan Journal of Botany* 35(2): 167-174.
- Ashraf, M., and Harris P.J.C. 2006. *Abiotic stresses plant resistance through breeding and molecular approaches*. Published by International Book, Lucknow.
- 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.
- Chaghmirza, Sh., Chaghmirza, K., and Mohamadi, R. 2013. Assessing 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).
- 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.
- 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. Assessing 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 Malhotra, 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 comparison 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., Kholi, 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 Khoei, F., and Moghadam, M. 1997. Study chickpea varieties in two moisture levels and path analysis of agronomic traits. Iranian Journal 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).

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

Moosavi^{1*}, S.S., Abdollahi¹, M.R., Kian Ersi², F. & Ahmadi Dehrashid³, 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 phenological 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 comparison 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 comparison, Path analysis, Phenotypic correlation, Stepwise regression