نشریهٔ پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد۵ شمارهٔ۲، صفحهٔ ۱۱۰-۹۹، نیمهٔ دوم ۱۳۹۳

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 5, No. 2, 2014, p. 99-110

تحلیل‌های آماری چند متغیره برای صفات نخود (*Cicer arietinum* L.) در شرایط آبیاری محدود

مریم پیرزاده مقدم[1*]، عبدالرضا باقری[2]، سعید ملک زاده شفارودی[2] و علی گنجعلی[3]

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد رشته اصلاح نباتات
۲- اعضای هیأت علمی دانشکده کشاورزی و پژوهشکدهٔ علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد
۳- عضو هیأت علمی دانشکده علوم پایه و پژوهشکدهٔ علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۰۹/۱۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۰۹/۰۶

چکیده

به‌منظور مطالعه روابط همبستگی بین صفات زراعی و تحلیل‌های آماری چند متغیره نخود با عملکرد، جهت معرفی صفات مهم و تسهیل در گزینش واریته‌های پر محصول در شرایط آبیاری محدود، تحقیقی بر روی هفت ژنوتیپ برتر از نظر تحمل به خشکی در قالب طرح آزمایشی بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در سال زراعی ۱۳۹۰-۱۳۸۹، در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه مشهد، به مورد اجرا گذاشته شد. در طی فصل رشد دو نوبت آبیاری انجام شد. اولین آبیاری بعد از کاشت و دیگری در اواخر گلدهی انجام شد. نتایج حاصل از تجزیه واریانس صفات، اختلاف معنی‌داری در صفات وزن صد دانه، تعداد شاخه‌های اولیه، تعداد دانه در بوته، تیپ رشدی گیاه، شاخص برداشت و عملکرد دانه مشاهده شد ($P\leq$۰/۰۵). بیشترین همبستگی با عملکرد دانه را صفات تیپ رشدی گیاه (r=۰/۴۴*)، عملکرد بیولوژیک (r=۰/۶۴**) و شاخص برداشت (r=۰/۶۳**) نشان دادند. رگرسیون گام به گام، صفات شاخص برداشت، روز تا غلاف‌دهی، تعداد شاخه‌های اولیه و تعداد دانه در بوته را در مرحله‌ی اول و صفات روز تا رسیدگی، تعداد دانه در غلاف، تعداد شاخه‌های ثانویه و عملکرد بیولوژیک را در مرحله‌ی دوم به‌عنوان صفات مهم نشان داد. همچنین نتایج حاصل از آنالیز علیّت نشان داد که صفات شاخص برداشت، عملکرد بیولوژیک و صفت تعداد دانه در بوته، شاخص‌های انتخابی هستند که باید به‌طور غیر مستقیم، در شرایط کم آبیاری مورد توجه واقع شوند. تجزیه به مؤلفه‌های اصلی نیز، پنج مؤلفه را که بیش از ۷۶ درصد از تغییرات را توجیه می‌نمود، معرفی کرد.

واژه‌های کلیدی: تجزیه علیت، تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، رگرسیون گام به گام

مقدمه

نخود زراعی با نام علمی (*Cicer arietinum* L.)، از طایفه سیسراسه، از تیره پروانه آسا (لگومینوزه) است. نخود با میزان پروتئین خام ۱۸ تا ۳۰ درصد وزن خشک (که ۲ تا ۳ برابر پروتئین موجود در غلات می‌باشد) به‌صورت وسیع در برنامه‌ی غذایی مردم کشورهای جهان سوم گنجانده شده و نقش مهمی در تأمین پروتئین غذای آن‌ها ایفا می‌کند (Eser, 1991). از نظر سطح زیر کشت در جهان، نخود در بین حبوبات در رده سوم قرار دارد، ولی در ایران که یکی از خواستگاه‌های این گیاه به‌شمار می‌رود، در بین انواع حبوبات در درجه اول اهمیت قرار دارد، به‌طوری که به جز در نواحی مرطوب شمالی در اکثر نقاط کشور کشت می‌گردد (Banaie, 1996). از آنجا که تولید نخود در بیشتر مناطق در اثر کمبود رطوبت به‌خصوص در طی دوره رشد زایشی، محدود می‌شود، لذا انجام آبیاری در این مراحل می‌تواند در بهبود عملکرد و نیز ثبات آن مؤثر باشد (Saxena & Singh, 1987). بررسی‌ها نشان می‌دهد که آبیاری تکمیلی از جمله آبیاری به‌منظور رفع تنش رطوبت در مرحله بحرانی رشد گیاه شامل اواخر مرحله گلدهی و مرحله غلاف‌بندی در افزایش عملکرد، تأثیر زیادی داشته است (Saxena, 1984). درحالی‌که، عملکرد نخود یک صفت کمی است و بنابراین فاکتورهای ژنتیکی و محیطی زیادی بر آن تأثیر می‌گذارد. انتخاب، پایه و اساس افزایش عملکرد در برنامه‌های اصلاحی است و عملکرد به خصوصیات بوته وابسته است. اگرچه انتخاب مستقیم عملکرد دانه می‌تواند مفید واقع شود، ولی انتخاب غیر مستقیم عملکرد از طریق صفات وابسته به آن که وراثت‌پذیری بالایی دارند، ممکن است بیشتر مؤثر واقع شوند (Toker, 1998).

روش‌های مختلفی برای تجزیه و تحلیل اجزاء عملکرد وجود دارد که محقق بسته به هدف مطالعه، از بین آن‌ها یکی را

* **نویسنده مسئول:** مشهد، بلوار سرافرازان، سرافراز ۱۸/۱ پلاک۱. کد پستی۹۱۷۷۱۶۵۳۸۱، mpirzademoghadam@yahoo.com

انتخاب می‌کند. از بین روش‌های استفاده شده می‌توان به همبستگی ساده، رگرسیون گام به گام و تجزیه ضرایب مسیر برای تجزیه و تحلیل اجزای عملکرد اشاره کرد. هدف در بررسی تجزیه علیّت، تشریح روابط بین اجزای عملکرد با عملکرد است. تجزیه علیّت اثرات مستقیم و غیرمستقیم صفات روی عملکرد را مشخص می‌سازد و این مسئله به اصلاح‌گر در انتخاب صفات و اولویت‌بندی آن‌ها کمک می‌کند (Auckland & Van de Maesen, 1980). استفاده از تجزیه به عامل‌ها در ژنوتیپ‌های لوبیا سفید نشان داد که سه عامل مستقل شامل عامل عملکرد، خصوصیات بذر و خصوصیات فنولوژیکی مجموعاً ۸۲ درصد از تغییرات کل داده‌ها را توجیه کردند (Ebrahimi *et al*., 2008). همچنین به‌منظور بررسی روابط بین عملکرد دانه و اجزای عملکرد و تعیین مهمترین صفات مؤثر بر عملکرد دانه، ۱۱ رقم و لاین امید بخش عدس و یک ژنوتیپ از توده محلی اردبیل مورد آزمایش قرار گرفت. نتایج تجزیه علیّت صفات نشان داد که صفات تعداد غلاف پُر در بوته و وزن صد دانه بیشترین اثرات مثبت و مستقیم را بر عملکرد دانه داشتند. شاخص برداشت و عملکرد بیولوژیک اثرات مستقیم و مثبت کمی روی عملکرد داشتند. اثر مستقیم تعداد کل غلاف در بوته، تعداد شاخه‌های جانبی در بوته و تعداد روز تا رسیدگی بر روی عملکرد منفی بود (Azizi Charkhchaman *et al*., 2009). شاخص‌های انتخاب در نخود با استفاده از ضرایب همبستگی و تجزیه علیّت در طی آزمایش‌های دو ساله ارزیابی شد. نتایج تجزیه علیّت نشان داد که صفات عملکرد بیولوژیک (P =۰/۶۵) و تعداد دانه در غلاف (P =۰/۱۴)، بیشترین اثرات مستقیم و مثبت را در عملکرد دانه دارند. صفات وزن صد دانه، تعداد دانه در گیاه، تعداد دانه در غلاف، تعداد غلاف در بوته، ارتفاع گیاه و تعداد شاخه اولیه اثرات مستقیم و مثبت کمی بر عملکرد ایجاد می‌کنند (Amjad Ali *et al*., 2009). تجزیه علیّت برای مطالعه ۲۱ لاین موتانت اصلاح شده نخود نشان داد که حداکثر اثرات مثبت و مستقیم بر روی عملکرد را تعداد دانه در گیاه با ضریب (P= ۱/۰۳) و به دنبال آن وزن صد دانه با ضریب (P=۰/۷۸) داراست (Hassan *et al*., 2005). ضریب همبستگی بین عملکرد و اجزای عملکرد و اثرات مستقیم و غیر مستقیم آن‌ها در گیاهان دیگر نظیر دال عدس، باقلا و ماشک نیز گزارش شده است (Padi, 2003; Ulukan *et al*., 2003; Yucel, 2004).

در این آزمایش به بررسی صفات مؤثر بر عملکرد نخود در شرایط آبیاری محدود پرداخته شد. بر همین اساس، با استفاده از ژنوتیپ‌های امید بخش تیپ کابلی که قبلاً عکس‌العمل خوبی در شرایط تنش خشکی نشان داده‌اند، با هدف شناسایی و معرفی مهمترین صفات وابسته به عملکرد دانه، توضیح صفات مورد مطالعه از طریق تجزیه علیت و شناسایی روابط مستقیم و غیرمستقیم مؤثر بر عملکرد، برای تحقیق روابط داخلی بین صفات مورفولوژیک و همچنین تعیین اثرات مستقیم و غیر مستقیم صفات مهم در شرایط آبیاری محدود به اجرا در آمد. صفات منتخب می‌توانند اساس انتخاب بوته در برنامه‌های اصلاحی برای افزایش عملکرد در این شرایط قرار گیرند.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد اجرا گردید. آزمایش به‌صورت بلوک‌های کامل تصادفی با ۴ تکرار در زمینی به مساحت ۱۰۰۰ متر مربع اجرا گردید. ژنوتیپ‌های تیپ کابلی مورد استفاده در آزمایش، شامل ژنوتیپ‌های رایج کشور MCC ۳۵۸ (کرج ۳۱-۶۰- ۱۲) و MCC۲۵۲ (ILC482) و ژنوتیپ‌های MCC ۳۵۲، MCC ۵۳۷، MCC ۸۰ ، MCC۳۹۲ و MCC ۶۹۶، متحمل به خشکی حاصل آزمایش‌های قبلی، از بانک بذر پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد بودند (Ganjeali *et al*., 2006; Goinipor *et al*., 2008; Ganjeali *et al*., 2012). پس از انجام مراحل آماده‌سازی زمین شامل دیسک و لولر، کود پاشی به‌صورت دستی (شامل کود سوپر فسفات آمونیوم ۳۵۰ کیلوگرم در هکتار و کود اوره به میزان ۵۰ کیلوگرم در هکتار) صورت گرفت. عملیات کشت به‌صورت دستی و در نیمه اسفند ۱۳۸۹ انجام شد. فاصله بین ردیف ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بوته روی ردیف ۵ تا ۶ سانتی‌متر، فاصله بین دو کرت ۱ متر و ابعاد کرت ۴ × ۳ متر انتخاب شد. دو نوبت آبیاری، آبیاری اوّل پس از کاشت و آبیاری دوم در اواخر مرحله گلدهی انجام شد. عملیات مبارزه با علف‌های هرز ۲ مرتبه و به‌طور دستی انجام گرفت. مشخصات خاک محل آزمایش (مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی مشهد) در آزمایشگاه خاک‌شناسی دانشگاه بررسی شد و درصد شن ۳۸٪، ماسه ۴۸٪ و رس ۱۴٪ تعیین گردید. همچنین مقادیر pH برابر ۷/۴۹ و EC برابر با ۱/۸۲ بود. با توجه به این مقادیر و استفاده از جدول بافت، خاک از نوع لومی تشخیص داده شد. یک ماه بعد از کشت از تاریخ ۱۴ فروردین ۱۳۹۰، یاداشت‌برداری صفات شروع شد و در مجموع ۱۷ صفت مهم زراعی شامل: ارتفاع بوته (سانتی‌متر)، تیپ رشدی گیاه، تعداد شاخه‌های اولیه و ثانویه، ارتفاع اولین غلاف (سانتی‌متر)، تعداد غلاف در بوته، تعداد کل غلاف‌های چند بذری و پوک، تعداد دانه در غلاف، تعداد دانه در بوته، وزن صد دانه (گرم)، عملکرد بیولوژیک (گرم در متر مربع)، عملکرد دانه

(گرم در متر مربع) و شاخص برداشت با استفاده از معیارهای دیسکریپتور نخود مورد ارزیابی قرار گرفتند (IBDGR, 1993) . مراحل فنولوژیک با ثبت تاریخ دقیق روز و ماه در کرت‌ها صورت گرفت. تاریخ گلدهی روزی منظور شد که ۵۰ درصد بوته‌ها در چهار ردیف وسط هر کرت، حداقل یک گل باز شده داشته باشد و رسیدگی روزی لحاظ گردید که غالب بوته‌های موجود در هر کرت، آماده برداشت شده باشند. یادداشت‌برداری این صفات در طی فصل رشد با شمارش بوته‌ها و مشاهده کلی کرت هر هفت روز یکبار انجام شد. ارتفاع بوته با استفاده از خط‌کش از سطح خاک اندازه‌گیری شد. تیپ رشدی گیاه به‌صورت چشمی و بر اساس زاویه‌ای که گیاه با افق می‌سازد، به‌ترتیبی که تیپ ایستاده ۹۰-۷۵ درجه، تیپ نیمه‌ایستاده ۷۴-۲۶ درجه و تیپ خوابیده با زاویه ۲۵-۰ درجه مشخص شدند. اندازه‌گیری صفات با انتخاب ۷ نمونه به‌صورت تصادفی از هر کرت قبل از رسیدن کامل و قبل از خشک شدن بوته‌ها صورت گرفت. اطلاعات هواشناسی منطقه شامل: میانگین داده‌های اقلیمی (شامل حداقل، حداکثر و میانگین درجه حرارت ماهیانه و میانگین بارندگی ماهیانه) در طی مدت آزمایش دقیقاً با میانگین‌گیری از داده‌های روزانه اخذ شده از ایستگاه هواشناسی مشهد آماده شد. اطلاعات روزانه در محدوده زمانی مهرماه تا شهریور سال زراعی ثبت شد. بر اساس داده‌های هواشناسی، گیاهان در فاصله کاشت تا سبز شدن در معرض دماهای زیر صفر درجه سانتی‌گراد قرار نگرفتند. مجموع میزان بارندگی در طی دوره کاشت تا برداشت ۴۵ میلی‌متر بود. بیشترین دمای روزانه در خرداد ماه و کمترین میزان بارش نیز به این ماه تعلق داشت که مصادف با زمان گلدهی و غلاف‌دهی گیاه بود و یک مرتبه آبیاری در اواخر گلدهی انجام شد. تجزیه واریانس برای صفت‌های مختلف با استفاده از نرم‌افزار MSTAT-C (ver 1.4.0) انجام شد. برای انجام محاسبات رگرسیون گام به گام، تجزیه علیّت، تجزیه به مؤلفه‌های اصلی از نرم‌افزار JMP VERSION 4. SOFTWARE (SAS institute Inc) استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس برای صفات وزن صد دانه، تعداد دانه در غلاف، تعداد شاخه اولیه، تیپ رشدی گیاه، عملکرد دانه و شاخص برداشت در سطح ۵ درصد معنی‌دار بودند، که بیانگر وجود تنوع ژنتیکی بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی بود. نتایج تجزیه واریانس و نتایج توصیفی صفات در جدول ۱ گزارش شده است. نتایج تجزیه واریانس نشان داد، ژنوتیپ‌ها از نظر عملکرد دانه تفاوت معنی‌داری داشتند. مقایسه آماری میانگین‌ها به روش آزمون دانکن در سطح معنی‌دار ۵٪ انجام گرفت و نتایج آن در جدول۲ نشان داده شد. نتایج مربوط به عملکرد دانه، برتری ژنوتیپ‌های MCC ۶۹۶ و MCC ۲۵۲ را نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها نشان داد و ژنوتیپ MCC ۵۳۷ کمترین عملکرد دانه را نشان داد. به جز ژنوتیپ‌های MCC ۲۵۲ و MCC ۳۵۸، تحمل به خشکی سایر ژنوتیپ‌ها در آزمایش‌های قبلی تأیید شده است. از آنجا که ارقام رایج توانسته‌اند عملکرد مناسبی ایجاد کنند، بنابراین این شیوه آبیاری (آبیاری محدود در مرحله گلدهی) در مناطق کم آب قابل توصیه می‌باشد. ژنوتیپ‌ها از نظر عملکرد بیولوژیک تفاوتی نشان ندادند و بیشترین شاخص برداشت را به‌ترتیب ژنوتیپ‌های MCC ۲۵۲، MCC۸۰, MCC ۶۹۶ و MCC ۳۵۲ نشان دادند. این مطلب نشان‌دهنده‌ی تولید دانه زیاد در این ژنوتیپ‌ها است. بنابراین احتمال دارد بتوان از این ژنوتیپ‌ها در تلاقی به‌منظور ارتقای تیپ رشدی برای افزایش تولید دانه بهره‌مند شد. نتایج همبستگی حاکی از آن است که عملکرد دانه بیشترین همبستگی را با عملکرد بیولوژیک به میزان r=۰/۶۴** دارد و بعد از آن شاخص برداشت با ضریب r=۰/۶۳** همبستگی معنی‌داری با عملکرد نشان داد. شاخص برداشت، بیانگر درصد انتقال مواد آلی از منبع به مخزن می‌باشد. وجود این همبستگی‌های بالا نشان می‌دهد گیاه نخود از طریق افزایش رشد رویشی بیشتر توانسته است، عملکرد دانه را بالا ببرد. ارقامی که دارای شاخص برداشت بالاتری هستند، قادرند کربوهیدرات‌های بیشتری را از اندام‌های سبز به منبع (دانه) برسانند و موجب افزایش عملکرد شوند، لذا ارقامی که شاخص برداشت کمتری دارند، کربوهیدرات کمتری را به دانه انتقال می‌دهند و از این رو عملکرد دانه کمتری را در این ژنوتیپ‌ها می‌توان انتظار داشت (Bakhtar, 2009). صفات تعداد شاخه اولیه (r = -۰/۴۱*) و ارتفاع گیاه (r= -۰/۲۶) با عملکرد دانه همبستگی منفی نشان دادند. صفات تیپ رشدی گیاه (r=۰/۴۴*)، تعداد دانه در بوته (r= ۰/۳۷*)، روز تا غلاف‌دهی (r= ۰/۳۵*) و روز تا رسیدگی (r= ۰/۲۷*) نیز صفاتی بودند که همبستگی مثبتی با عملکرد دانه نشان دادند. همبستگی‌ها بین روز تا غلاف‌دهی و روز تا رسیدگی احتمالاً از طریق تأثیر بر عملکرد بیولوژیک توانسته‌اند بر روی عملکرد دانه تأثیرگذار باشند (جدول ۳). در اولین مرحله، برای انجام رگرسیون گام به گام تمامی صفات به جز صفت عملکرد بیولوژیک، به‌عنوان متغیرهای مستقل وارد معادله شدند. عملکرد دانه نیز به‌عنوان متغیر وابسته وارد معادله شد. با استفاده از داده‌های موجود رگرسیون گام به گام میان عملکرد دانه به‌عنوان صفت وابسته و سایر صفات به‌عنوان صفات مستقل

انجام شد. مطابق روش برگشتی چهار صفت روز تا غلاف‌دهی، شاخص برداشت، تعداد دانه در بوته و تعداد شاخه‌های اولیه به‌عنوان متغیرهای اصلی تشکیل‌دهنده مدل برای متغیر وابسته بوده است (R^2adj =۰/۵۷). این موضوع نشان می‌دهد که ۵۷٪ از تغییرات عملکرد دانه به‌وسیله‌ی تغییرات در میزان شاخص برداشت، روز تا غلاف‌دهی، تعداد دانه در بوته و تعداد شاخه‌های اولیه در کنار هم قابل بیان و پیش‌بینی است.

$$y = -27.00 - 3.01x_1 + .33x_2 + .41x_3 + .39x_4$$

معادله (۱)

در این معادله X_1 صفت تعداد شاخه‌های اولیه، X_2 صفت تعداد دانه در بوته، X_3 روز تا غلاف‌دهی و X_4 شاخص برداشت است (P≤۰/۰۱).

نتایج حاصل از تجزیه علیت با صفات منتخب از مرحله‌ی اول رگرسیون گام به گام که در آن عملکرد بیولوژیک وارد نشده، نشان داد که بعد از صفت شاخص برداشت، تعداد شاخه‌ی اولیه، صفات روز تا غلاف‌دهی و تعداد دانه در بوته مهمترین صفاتی است که در شرایط کم آبیاری رابطه‌ی مستقیم، مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه نشان دادند (P≤۰/۰۵). البته همانطور که قبلاً بیان شد این رابطه تنها ۵۷ درصد تغییرات را توضیح داده است و در مرحله دوم رگرسیون صفات مهم دیگر هم بررسی شد. به‌دلیل کم بودن میزان توجیه‌کنندگی متغییر وابسته، سه مدل رگرسیونی دیگر که در آن‌ها صفات منتخب به‌عنوان متغیر وابسته بودند، با استفاده از داده‌های استاندارد شده ترسیم شد تا اثرات مستقیم سایر متغیرها بر این صفات مشخص شود. در نتیجه‌ی این بررسی ۴ صفت دیگر نیز انتخاب شدند. با توجه به اهمیت صفات وارد شده در معادله رگرسیونی در مرحله بعد با استفاده از روش تجزیه علیت اثرات مستقیم و غیر مستقیم این صفات بررسی شد. با وارد شدن ۸ صفت انتخابی در مرحله دوم رگرسیون، معادله ۲ شکل گرفت. این معادله با R^2adj = ۰/۹۶ به‌خوبی توانست تغییرات عملکرد دانه را به میزان ۹۶ درصد توجیه نماید.

$$y = -0.0184 - 0.0586x_1 - 0.0575x_2 - 0.1538x_3 - 0.0543x_4 + .0693x_5 - 0.0019x_6 + 0.6750x_7 + 0.6333x_8$$

معادله (۲) R^2adj = ۰/۹۶ و (p≤۰/۰۱)

که در این معادله X_1 صفت تعداد شاخه‌های اولیه، X_2 صفت تعداد دانه در بوته، X_3 روز تا غلاف‌دهی، X_4 شاخص برداشت است، X_5 تعداد دانه در غلاف، X_6 تعداد شاخه‌ی ثانویه، X_7 روز تا رسیدگی و X_8 عملکرد بیولوژیک است (P≤۰/۰۱).

نتایج تجزیه علیت نشان داد که صفات عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت اثرات مستقیم و مثبت بسیار بالایی بر عملکرد دانه دارند. از آنجایی که ممکن است در بررسی و مقایسه ضرایب علیت و تفسیر اثرات مستقیم و غیرمستقیم به اشتباه مسیرهایی را که هیچ وجه عینی و واقعی در گیاه ندارند، در نظر گرفته شود، لذا در تجزیه علیت ۸ صفت انتخابی نهایی، تنها با روابط قابل پذیرش بیان شدند. رابطه‌ای که در آن یک صفت مؤخر از طریق یک صفت اولیه بر عملکرد تأثیر می‌گذارد، یک رابطه‌ی غیر قابل پذیرش است. مثلاً نمی‌توان گفت صفت تعداد دانه در غلاف از طریق تعداد شاخه‌ی اولیه بر عملکرد تأثیر می‌گذارد، گرچه عکس آن منطقی است. در جدول ۴ اثرات صفاتی که در مرحله دوم رگرسیون با در نظر گرفتن صفات اصلی به‌عنوان متغیر وابسته انتخاب شده‌اند، نشان داده شد. اثرات مستقیم و غیرمستقیم واقعی نمایش داده شده و از آوردن ضرایبی که واقعی نیستند، اجتناب گردید (جدول۴). این نتایج نشان داد همبستگی بین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک (r= ۰/۶۴**) تقریباً برابر با اثرات مستقیم این صفت (r= ۰/۶۷**) است. این نتیجه نشان‌دهنده‌ی رابطه واقعی این صفت بر عملکرد دانه است و نشان می‌دهد گزینش مستقیم از طریق این صفت می‌تواند مؤثر واقع شود. اثر غیر مستقیم این صفت بر صفات دیگر به جز شاخص برداشت نمی‌تواند واقعی باشد زیرا این صفت یک صفت مؤخر است، این در حالی است که سایر صفات می‌توانند بر این صفت تأثیرگذار باشند (جدول ۴). ضریب همبستگی بین شاخص برداشت و عملکرد دانه (r= ۰/۶۳**) برابر اثر مستقیم این صفت بر عملکرد دانه (r= ۰/۶۳**) است. صفات تعداد دانه در بوته و تعداد شاخه در بوته اثرات غیر مستقیم و مثبت و روز تا غلاف‌دهی اثر غیر مستقیم و منفی بر این صفت دارند. نتایج آزمایش نشان داد، صفت تعداد دانه در بوته دارای همبستگی مثبت معنی‌داری با عملکرد دانه است (r= ۰/۳۷*)، ولی اثر مستقیم آن معنی‌دار نیست (r= ۰/۱۵)، بنابراین گزینش عوامل غیر مستقیم آن علاوه بر انتخاب مستقیم صفت در شرایط آبیاری کم، می‌تواند مؤثر واقع شود. بهترین عوامل غیر مستقیم، صفت تعداد شاخه‌های ثانویه و تعداد دانه در غلاف است. نتایج مرحله اول رگرسیون، اثر مستقیم این صفت را معنی‌دار و اثرات صفات شاخص برداشت و روز تا غلاف‌دهی را غیر مستقیم و مثبت نشان داد. اثر صفت تعداد شاخه اولیه بر آن نیز منفی بود. صفات روز تا غلاف‌دهی و روز تا رسیدگی به‌ترتیب همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد به‌میزان r= ۰/۳۵* و r= ۰/۲۷*

ایجاد کرده‌اند، در صورتی که اثرات مستقیم آن‌ها ناچیز است. ظاهراً اثرات غیرمستقیم صفات سبب این همبستگی‌ها هستند. نتایج حاصل از تجزیه علیّت توسط محققان دیگر متفاوت است، که دلیل احتمالی آن متفاوت بودن شرایط آزمایش و ژنوتیپ‌های مورد استفاده بوده است (Singh *et al*., 1995; Dasgupta *et al*., 1989; Rao & Srivastava, 1992). چنانچه صفات متفاوتی را به‌عنوان بهترین صفت در نخود ذکر نمودند. این امر نشان‌دهنده اهمیت آزمایش‌های منطقه‌ای است و نشان می‌دهد اصلاح صفات هر گیاه زراعی باید متناسب با شرایط هر منطقه صورت گیرد.

جدول۱- نتایج توصیفی تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در کشت بهاره نخود در شرایط کم آبیاری

Table 1. Results of analysis variance characterization of Chickpea in low irrigated conditions

صفات trait	دامنه تغییرات Variations	میانگین± انحراف معیار mean ± SD	میانگین مربعات Mean square
وزن صد دانه (گرم) (SW)	18.37 –37.47	25.38 ± 4.97	**87.12
ارتفاع گیاه (سانتی متر) (PH)	17.14 – 29.57	23.21 ±3.39	4.61
مجموع غلاف در بوته (TPP)	6.14 – 27.86	17.73 ±6.46	57.10
تعداد غلاف‌های پوک (NEP)	1.85 – 8.00	4.07 ± 1.87	4.31
تعداد غلاف‌های چندبذری (MSP)	0.42-6.42	4.27 ±2.10	2.82
ارتفاع اولین غلاف (سانتیمتر) (FPH)	6.10 –16.30	10.94 ± 2.28	2.62
تعداد شاخه های اولیه (PB)	2.28 – 5.85	3.95 ±0.83	**2.05
تعداد شاخه های ثانویه (SB)	2.85 –13.57	7.83 ±2.46	4.77
تعداد دانه در بوته (SN)	4.29 – 29.29	18.19 ±7.17	73.28
تعداد دانه در غلاف (SNP)	0.69 – 1.17	1.01 ± 0.10	**0.05
تیپ رشدی گیاه (TPG)	1.00 – 3.00	1.78 ± 0.62	**1.35
تعداد روز تا گلدهی (DF)	65.00 – 88.00	75.00 ± 6.22	57.33
تعداد روز تا غلاف دهی (DP)	75.00 –96.00	82.25 ± 6.14	54.33
تعداد روز تا رسیدگی (DM)	90.00 – 114.00	100.78 ± 6.25	56.86

*و ** به‌ترتیب معنی داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد است.

* and **, respectively, significant at the 5 and 1 percent.

BY= Biological yield, DF= Days to flowering, DM= Days to maturity, DP= Days to pod formation, FPH= Height of the first pod, HI= Harvest index, MSP= Multiple seed pods, NEP= Number of empty pod, PB= Number of primary branches, PH= Plant height, SB= The number of secondary branches, SN= Seeds Number per plant, SNP= Seeds Number per pod, SW= Seed weight, SY= Seed Yield, TPG= Type of plant growth, TPP= Total pods per plant.

جدول ۲- نتایج مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها در کشت نخود در شرایط آبیاری محدود

Table 2. Results mean comparison in Chickpea genotypes grown under low irrigation

شماره ژنوتیپ No genotype	عملکرد دانه (گرم بر متر مربع) Yield (grams per square meter)	عملکرد بیولوژیک (گرم بر متر مربع) Biological yield (grams per square meter)	شاخص برداشت (درصد) HI (percent)
MCC 80	23.47 b	57.00 b	41.09 ab
MCC 252	25.16 ab	58.93b	46.01 a
MCC 352	23.21 b	69.41 ab	34.88 abc
MCC 358	21.69 b	82.49 ab	27.33 cd
MCC 392	19.81 bc	65.70 ab	31.15 bc
MCC 537	13.44 c	70.65 ab	20.00 d
MCC 696	30.85 a	90.84 a	36.32 abc

حروف غیر مشابه نشان‌دهنده‌ی اختلاف معنی‌دار بین ژنوتیپ‌ها، مطابق آزمون دانکن است($P\leq0.5$).

Dissimilar letters indicate significant difference between genotypes, is according to Duncan's test ($P \leq 0.5$).

جدول۳ - جدول ضرایب همبستگی صفات مورد بررسی بین صفات مختلف نخود در شرایط کم آبیاری.

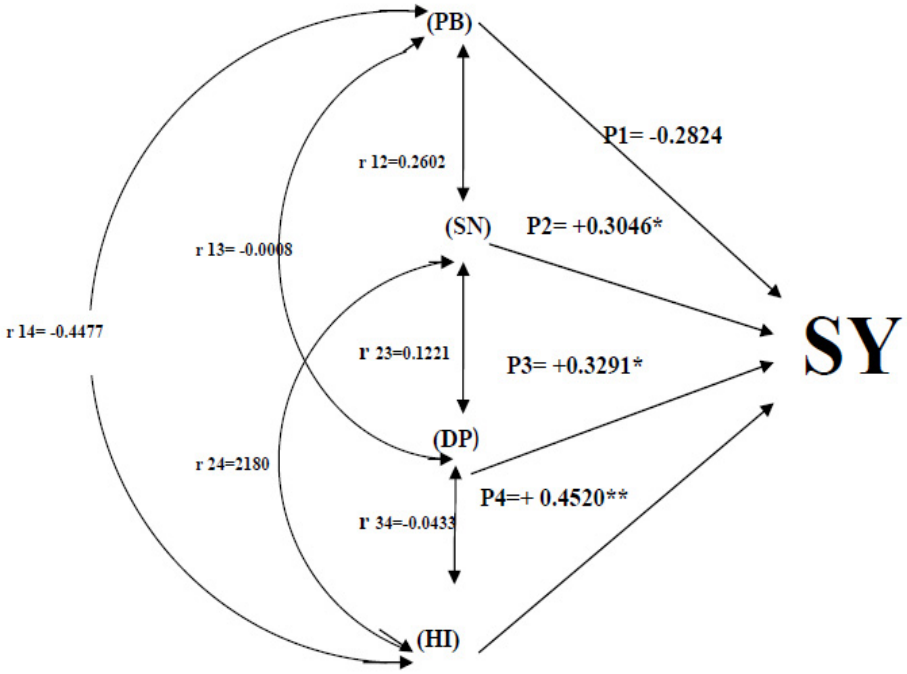
Table 3 . Table of correlation coefficients between yield traits in chickpea in irrigated conditionS.

صفت trait	SW	PH	TPP	NEP	MSP	FPH	PB	SB	SN	SNP	TPG	DF	DP	DM	SY	BY	HI
SW	*1.00*	*0.12*	*0.34*	*0.30*	*0.06*	*-0.06*	*-0.30*	*-0.08*	*-0.30*	*0.00*	*0.01*	*0.00*	*-0.09*	*-0.12*	*0.12*	*0.22*	*-0.01*
PH		*1.00*	*-0.01*	*0.06*	*0.17*	*0.36**	*0.08*	*-0.14*	*-0.19*	*0.26*	*-0.01*	*0.24*	*0.06*	*0.25*	*-0.26*	*0.12*	*-0.41**
TPP			*1.00*	*0.76***	*0.79***	*-0.21*	*--0.04*	*-0.09*	*-0.25*	*-0.04*	*0.37**	*-0.04*	*-0.02*	*0.00*	*-0.15*	*-0.10*	*-0.04*
NEP				*1.00*	*0.66***	*-0.01*	*0.00*	*-0.12*	*-0.13*	*0.19*	*0.42**	*-0.07*	*-0.08*	*-0.11*	*-0.07*	*-0.03*	*-0.01*
MSP					*1.00*	*-0.04*	*0.11*	*-0.10*	*-0.20*	*0.09*	*0.38**	*0.09*	*0.10*	*0.20*	*-0.24*	*-0.02*	*-0.28*
FPH						*1.00*	*-0.14*	*-0.01*	*0.08*	*0.20*	*-0.27*	*0.24*	*0.14*	*0.22*	*-0.2*	*-0.17*	*0.06*
PB							*1.00*	*0.40**	*0.26*	*-0.02*	*0.35**	*0.11*	*-0.01*	*0.14*	*-0.41**	*-0.10*	*-0.45**
SB								*1.00*	*0.53**	*0.04*	*-0.11*	*-0.06*	*-0.09*	*0.06*	*-00.01*	*0.08*	*-0.09*
SN									*1.00*	*0.50**	*0.01*	*0.06*	*0.12*	*0.12*	*0.37**	*0.19*	*0.22*
SNP										*1.00*	*0.14*	*0.40**	*0.38**	*0.25*	*15.0*	*0.37**	*-0.23*
TPG											*1.00*	*-0.11*	*-0.21*	*-0.23*	*0.44**	*-0.20*	*-0.38**
DF												*1.00*	*0.90***	*0.88***	*0.18*	*0.45**	*-0.28*
DP													*1.00*	*0.90***	*0.35**	*0.43**	*-0.04*
DM														*1.00*	*0.27**	*0.44**	*-0.14*
SY															*1.00*	*0.64***	*0.63***
BY																*1.00*	*-0.15*
HI																	*1.00*

* و ** معنی‌داری در سطح ۱ و ۵ درصد است.

Marked * and ** significant at 1 and 5 percent.

BY= Biological yield, DF= Days to flowering, DM= Days to maturity, DP= Days to pod formation, FPH= Height of the first pod, HI= Harvest index, MSP= Multiple seed pods, NEP= Number of empty pod, PB= Number of primary branches, PH= Plant height, SB= The number of secondary branches, SN= Seeds Number per plant, SNP= Seeds Number per pod, SW= Seed weight, SY=



شکل۱- دیاگرام تجزیه علیت برای صفات اصلی، * و ** به‌ترتیب نشانه معنی‌داری در سطح ۵ و ۱ درصد است و سایر روابط معنی‌دار نبود. باقیمانده به میزان ۰/۶۰ بود.

Fig. 1. Diagram of path analysis for main characters, Marked * and ** respectively indicate significance at 5 and 1%, Other relationships were not significant. The remnant was 0.60

DP= Days to pod formation, HI= Harvest index, PB= Number of primary branches, SN= Seeds Number per plant, SY= Seed Yield,

جدول ۴- تجزیه اثرات منتخب در مرحله دوم رگرسیون با در نظر گرفتن صفات اصلی به عنوان متغیر وابسته

Table 4. Analysis in the second stage of selected effects regression with regard the main characters as the dependent variable

صفت Trait	PB	SN	DP	HI	SNP	SB	DM	BY
PB	-0.0612	na	na	na	na	na	na	na
SN	+0.0415	+0.1559	0+0.0415	na	+0.0798	+0.0322	na	na
DP	-0.0005	na	+0.0693	na	na	+0.0241	na	na
HI	-0.2835	+0.1380	+0.0274	+0.6333	-0.1380	+0.3999	na	-0.0956
SNP	-0.0001	na	+0.0206	na	+0.0543	+0.0082	na	na
SB	-0.0244	na	na	na	na	+0.0599	na	na
DM	+0.0001	na	-0.0017	na	na	na	-0.0019	na
BY	-0.0677	-0.0067	+0.2326	na	+0.2499	+0.4334	+0.2967	+0.6750**

علامت ** معنی‌داری در سطح ۱ درصد است و سایر اثرات معنی‌دار نیستند. اسامی صفات در جدول۱ آورده شد. اعداد روی قطر اصلی اثرات مستقیم و سایر اعداد اثرات غیر مستقیم را نشان می‌دهند. اثرات غیر مستقیم که رابطه قابل پذیرش و واقعی ندارند با (na =non admissible) مشخص شده‌اند (R^2 ۰/۲۳).

marked ** are Significant at 1% level and other effects are not significant, meaning. Characters names were given in Table 1. Numbers on the main diagonal of direct effects and indirect effects of other numbers they represent. Indirect effects are real and not an acceptable relationship have been identified with (na = non admissible). (R^2= 0.23).

BY= Biological yield, DM= Days to maturity, DP= Days to pod formation, FPH= Height of the first pod, HI= Harvest index, PB= Number of primary branches, SN= Seeds Number per plant, SNP= Seeds Number per pod,

تجزیه به مؤلفه‌های اصلی از ماتریس ضرایب همبستگی متغیّرهای کمّی و کیفی با توجه به مقادیر ویژه بزرگتر از واحد، منجر به معرفی ۵ مؤلفه اصلی با میزان توجیه‌کنندگی ۷۶/۴۴٪ از تنوع کل داده‌ها گردید. در این تجزیه درصد توجیه‌کنندگی

عوامل اول تا پنجم به‌ترتیب برابر ۲۲/۷۷، ۲۱/۳۱، ۱۴/۸۸، ۹/۵ و ۷/۹ درصد به‌دست آمد. هرچه درصد توجیه‌کنندگی واریانس عامل مستقلی بیشتر باشد، به اعتبار آن عامل در تفسیر تغییرات کل داده‌ها افزوده می‌شود. در این تحقیق پنج مؤلفه اول که بیش از ۷۶ درصد واریانس داده‌ها را توجیه کرد، انتخاب گردید. عامل اول ۲۲/۷۷ درصد از واریانس کل را توجیه کرده است و بزرگترین ضرایب عاملی آن مربوط به صفات تعداد دانه در گیاه، تعداد غلاف در گیاه و تعداد غلاف‌های ۲ یا ۳ بذری می‌شود. افزایش عملکرد از طریق این سه صفت امکان‌پذیر است و لذا هر یک از این صفات و یا مجموعه آن‌ها می‌توانند به‌عنوان معیارهای گزینش تلقی گردند. این عامل که نشان‌دهنده‌ی همبستگی بالای این صفات با عملکرد است، عامل عملکرد نامیده شد. نتایج همبستگی ساده بین صفات، وجود همبستگی مثبت و بالایی را بین این صفات و عملکرد دانه تأیید می‌کند. از آنجا که درصد توجیه‌کنندگی این مؤلفه پایین است، می‌توان نتیجه گرفت صفات مورد بررسی هم‌راستایی زیادی ندارند و لازم است، هر یک از متغییرها به دقت مورد بررسی قرار گیرند. این امر نشان می‌دهد که روش‌های دیگر بررسی همبستگی‌ها مانند تجزیه علیت شایستگی صفات را بهتر نشان می‌دهد. دومین مؤلفه یا فاکتور که ۲۱/۳۱ درصد تغییرات را توجیه کرد، صفات مربوط به طول مدت رشد در نخود یعنی روز تا گلدهی، روز تا غلاف‌دهی و روز تا رسیدگی بودند. مطابق آنچه در همبستگی ساده به‌دست آمد (این سه صفت همبستگی معنی‌دار داشتند، $P\leq ۰/۰۱$). در اینجا نیز در یک فاکتور که مدت رشد نامیده شد، قرار گرفتند. فاکتور سوم صفات عملکرد دانه و شاخص برداشت را در یک مؤلفه قرار داده که با نام عملکرد اقتصادی مشخص شد.

جدول۵- مقادیر ویژه، درصد واریانس‌ها و ضرایب بردارهای ویژه مربوط به صفات مورد مطالعه در تجزیه به مؤلفه‌های اصلی

Table 5. Eigenvalues, percentage of variance and coefficients of eigenvalues of traits in principal component analysis

صفت trait	فاکتور اول عامل عملکرد first factor Yield	فاکتور دوم مدت رشد The second factor for growth	فاکتور سوم عملکرد اقتصادی third factor economic Yield	فاکتور چهارم تعداد شاخه fourth factor number of branches	فاکتور پنجم عامل رشد بیولوژیک fifth factor biological growth
میزان فاکتور Rate factor	3.872	3.662	2.530	1.615	1.355
درصد توجیه‌کنندگی Percent Explanation	22.778	21.311	14.884	9.500	7.972
درصد توجیه‌کنندگی افزایشی **Percent Increase** Explanation	22.778	44.089	58.974	68.476	76.447
SW	0.109	-0.084	0.291	-0.068	0.463
PH	0.156	0.114	-0.173	-0.303	0.538
TPP	0.412	-0.208	0.217	0.015	-0.114
NEP	0.304	-0.209	0.252	-0.031	0.052
MSP	0.452	-0.098	0.054	-0.012	-0.093
FPH	-0.037	0.164	-0.075	-0.503	0.046
PB	0.111	0.018	-0.415	0.352	-0.035
SB	-0.035	0.003	-0.180	0.484	-0.001
SN	0.449	-0.160	0.147	0.027	-0.121
SNP	0.315	0.036	-0.265	0.119	-0.102
TPG	0.097	0.276	-0.083	-0.308	-0.298
DF	0.175	0.456	0028	0.000	0.030
DP	0.146	0.460	0.122	0.021	-0.187
DM	0.193	0.458	0.028	0.063	-0.097
SY	0.169	0.195	0.483	0.205	-0.016
BY	0.020	0.280	0.259	0.358	0.403
HI	-0.225	-0.064	0.378	-0.068	-0.382

اعدادی که زیر آنها خط کشیده شده، از اهمیت بیشتری در مؤلفه برخوردارند.

Underlying the numbers, there are more important factors.

BY= Biological yield, DF= Days to flowering, DM= Days to maturity, DP= Days to pod formation, FPH= Height of the first pod, HI= Harvest index, MSP= Multiple seed pods, NEP= Number of empty pod, PB= Number of primary branches, PH= Plant height, SB= The number of secondary branches, SN= Seeds Number per plant, SNP= Seeds Number per pod, SW= Seed weight, SY= Seed Yield, TPG= Type of plant growth, TPP= Total pods per plant.

نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی تعداد شاخه‌های اولیه و ثانویه را در فاکتور چهارم قرار داد که این عامل به نام تعداد شاخه نامگذاری شد و صفات مهمی چون عملکرد بیولوژیک و ارتفاع بوته نیز در فاکتور پنجم با نام عامل رشد بیولوژیک دسته‌بندی شد. نتایج کلی به‌دست آمده در جدول ۵ آورده شد.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج حاصل از این بررسی صفات تعداد دانه در بوته، روز تا غلاف‌دهی، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت به‌طور مستقیم اثرات مثبت و معنی‌داری در عملکرد دانه داشتند و چهار جزء اولیه مؤلفه اصلی عملکرد می‌باشند. که از بین آن‌ها صفت تعداد دانه مهمترین جزء بوده و باید در برنامه‌های به‌نژادی مورد استفاده قرار گیرد. در واقع صفاتی که بتوانند بیشترین تأثیر را بر عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت داشته باشد، به‌عنوان بهترین صفات اصلاحی باید مورد توجه قرار گیرند. این صفات عبارتند از صفت تعداد دانه و صفاتی که به‌طور غیر مستقیم بر آن تأثیر گذارند، که شامل صفات تعداد دانه در غلاف و تعداد شاخه‌ی ثانویه است. گرچه در آزمایشات صورت گرفته برای تعیین مهمترین صفات زراعی در شرایط مختلف، صفات متفاوتی مشخص شده است، اما نتیجه‌ی این مطالعات نشان داد، صفت تعداد دانه و وزن دانه از مهمترین صفات انتخابی بودند. در شرایط کم آبیاری یا دیم صفت تعداد دانه و در شریط آبیاری کامل صفت وزن دانه تأثیرات قابل توجهی در عملکرد دانه ایجاد نمودند. این امر نشان می‌دهد، انتخاب ژنوتیپ‌های با عملکرد دانه و شاخص برداشت بالا از طریق انتخاب بر اساس تعداد دانه در شرایط کم آبیاری، می‌تواند مؤثر واقع شود. یافتن صفاتی که با صفت تعداد دانه در بوته لینکاژ داشته باشد و قابل تشخیص در مراحل اولیه اصلاح گیاه باشد، می‌تواند به این انتخاب کمک شایانی کند. انتظار می‌رود توجه به این صفات و انتخاب برای آن‌ها عملکرد بذر تک بوته را به نحو مطلوبی افزایش دهد.

منابع

1. Amjad Ali, M., Nawab, N., Abbas, A., Zulkiffal. M., and Sajjad, M. 2009. Evaluation of selection criteria in (*Cicer arietinum* L). Using correlation coefficients and path analysis. Australian Journal of Crop Science 3: 65-70.(In Persian with English Summary)
2. Auckland, A.K. and Van de Maesen, L.J.G. 1980. Hybridization of crop plants. American Society of Agronomy and Crop Science Society of America, Madison, WI, USA, pp. 249-259
3. Azizi Charkhchaman, SH., Mostafaei, H., Hassan Panah, D., Kazemi Arbt, H., and Yarbna, M., 2009. Path analysis of yield components and grain yield promising lentils in dry conditions. Journal of New Agricultural Sciences 5: 45-56. (In Persian).
4. Bakhtar, R. 2009. Effect of planting date and plant density on yield and yield components of rainfed lentil in Ardabil region. Kashnasy senior thesis. Markazy University. (In Persian).
5. Banaie, T., From planting to harvesting peas. Researchs, Education and Agricultural Extension Publishers. (In Persian).
6. Dasgupta,T., Slam, S. and Gayen, P. 1992. Genetic variability and analysis of yield components in chickpea. Annuals of Agricultural Research 132: 157-160.
7. Ebrahimi, M., Bihamta, M.R., Hosseinzadeh, A. H., Golbashy, M., and Khiyalparast, F. 2008. Agronomic characteristics of white bean genotypes by analysis of several variables. Journal of Crop Improvement 1: 1-13. (In Persian).
8. Eser, D., Gecit, H.H. and Emeklier, H.Y. 1991. Evaluation of germplasm of chickpea landraces in Turkey. Chickpea Newsl. 24: 22-23.
9. Farshadfar, A. 2001. Multivariate Statistical Techniques. Tagh Bostan Publishers. (In Persian).
10. Farsi, M. 2008. Pilot Projects in Agricultural Science. Mashhad University Jihad Publishers. (In Persian).
11. Ganjeali, A., Prsa, H., and Bagheri, A.R. 2011. Reaction yield and morphological characteristics of early peas genotype (*cicer aruatinum* L) to drought stress. Iranian Journal of Pulses Rrserch 2 (1): 65-80. (In Persian).
12. Ganjeali, A., Joainnepor, M., Bagheri, A.R., and Prsa, H. 2011. Selection for drought tolerance in in Kabuli type chickpea genotypes in Nishabur. Iranian Journal of Pulses Rrserch 2 (1) :27-38 (In Persian).
13. Hassan, M., Manzooratta, B., Mahmudshah, T., Ahsanulhaq, M., Syed, H., and Sarwaralam, S. 2005. Coerreation and path coefficient Studies in induced Mutation of ckipea (*Cicer arietinum* L.). Pakistan Journal of Botany 37: 293-298.
14. IBPGR, ICRISAT & ICARDA, 1993. Descriptors for Chickpea (*Cicer arietinum* L.) International Board for Plant Genetic Resources, Rome, Italy; International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics, Patancheru, India and International Center for Agriculture Research in the Dry Areas, Aleppo, Syria.
15. Joainnepor, M.S., GanjAli, A., and Prsa, H. 2008. Effect of drought stress on yield and yield components of Kabuli type figures. Tenth Iranian Crop Science Congress. Karaj. (In Persian).
16. Joainnepor, M.S., GanjAli, A., and Prsa, H. 2008. Effect of drought stress on yield and yield components in Kabuli type chickpea genotypes. Tenth Iranian Crop Science Congress. Karaj. (In Persian).
17. Malekzadeh Shafaroudi, S. 1995. A study of correlation Relations, providing selection indices and path analysis on yield and the performance rapeseed oil plant. Master's thesis. University. College of Agriculture, Tehran. (In Persian with English Summary).
18. Padi, F.K., 2003. Correlation and path coefficient analyses of yield and yield components in pigeonpea. Pakistan Journal of Biological Sciences 19: 1689-1694.
19. Rao, S.K., and Srivastava, A.N. 1995. Association analysis of characters affecting seed weight in chickpea. Bhartiya krishi anusandhan patrika 10: 11-15.
20. Saxena, M.C. 1984. Agronomic studies on winter chickpeas. In "Ascochyta Blight and Winter Sowing of Chickpeas" (Eds. M.C. Saxena and K.B. Singh) pp. 123-139. Martinus Nijhoff/Dr. W. Junk Publishers, The Hague, The Netherlands.
21. Saxena, M.C. and Singh. K.B. 1987. The chickpea, UK/Aleppo, Syria: CAB International/ICARDA.14.
22. Singh, K.B., Bejiga, G., and Malhotra, R. 1990. Associations of Some Characters with Seed Yield in Chickpea Collections. Euphytica 49: 83-88.
23. Toker, C. 1998. Estimate of heritabilities and genotype by environment interactions for 100-grain weight, days to flowering and plant height in kabuli chickpeas (*Cicer arietinum* L). Turk. J. Field Crops 3: 16-20.

24. Ulukan, H., Guler, M., and Keskin, S. 2003. A path coefficient analysis some yield and yield components in faba bean (*Vicia faba* L.) genotypes. Pakistan Journal of Biological Sciences 6 (23): 1951-1955.
25. Yucel, C., 2004. Correlation and path coefficient analyses of seed yield components in the narbon bean (*Vicia narbonensis* L.). Turkish Journal of Agriculture and Forestry 28: 371-376.

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 5, No. 2, 2014, p. 99-110

Multivariate statistical analysis in chickpea (*Cicer arietinum L.*) under limited irrigation

Pirzadeh Moghaddam[1*], M., Bagheri[2], A. & Malekzadeh-Shafaroudi[2], S. & Ganjeali[3], A.

1. MSc. in Plant Breeding
2. Contributions from College of Agriculture, and Research Center for Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, IRAN
3. Contribution from Department of Biology, College of Sciences, and Research Center for Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, IRAN

Received: 08 December 2012
Accepted: 27 November 2013

Abstract

In order to evaluate of yield and yield components of chickpea genotypes, path analysis set to facilitate the selection of high yielding varieties in limited irrigation. Research was canducted in 2010-2011 growing season at the Agricultural Research Station, Ferdowsi University of Mashhad, by using seven drought tolerante genotypes (recommended from a previous research) in a randomized complete block experimental design with four replications. Plots irrigated twice, first after planting and the second was in late flowering stage. Analysis of variance indicated a significant difference in seed weight, number of primary branches, type of plant growth, number of seeds per plant, harvest index and seed yield (P≤0/05). Analysis showed maximum correlation between biological yield and seed yield (r = +0.64**), followed by harvest index with seed yield (r = + 63/0**) and Type of plant growth. (r =+ 44/0**). Stepwise regression introduced number of primary and secondary branches, number of pod per plant, number of seeds per pod, biological yield, harvest index, Days to pod formation and maturationPath analysis introduced harvest index, biological yield and number of seeds per plant, as important characters, that should be selected indirectly. Principal components analysis, identified five components that explained more than 76 % of the seed yeild variation.

Keywords: Step by step regression, Path analysis, Principel component analysis

* **Corresponding Author:** mpirzademoghadam@yahoo.com