

تجزیه مسیر ترتیبی بر اساس عملکرد و سایر ویژگی‌های فیزیولوژیکی - مورفولوژیکی

در کدوهای بومی شمال غرب ایران

داود مردانزاده^۱، رضا درویشزاده^{۲*} و بهمن زاهدی^۳

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد تولیدات گیاهی، گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران

۲- *نویسنده مسئول: استاد، گروه اصلاح و بیوتکنولوژی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران (r.darvishzadeh@urmia.ac.ir)

۳- استادیار، گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه لرستان، خرم‌آباد، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۱/۳۱

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۶/۱۹

چکیده

پژوهش حاضر به منظور تعیین ویژگی‌های مورفولوژیک و فیزیولوژیک تأثیرگذار در عملکرد توده‌های کدو از مناطق شمال غرب ایران در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در ایستگاه تحقیقاتی ساعت‌لوی آذربایجان غربی انجام گرفت. نتایج حاصل از همبستگی‌های فنوتیپی نشان داد که تعداد میوه، وزن میوه، وزن صد دانه، عرض میوه، ضخامت بذر، طول بوته، طول میانگره، شاخه‌دهی اولیه و پی‌اچ میوه در سطح یک درصد و ویژگی‌های وزن بذر، طول دم‌میوه، طول کاسبرگ ماده و مواد جامد محلول میوه در سطح پنج درصد همبستگی مثبت و معنی‌دار با عملکرد میوه دارند. در رگرسیون گام به گام برای عملکرد میوه، چهار ویژگی طول میانگره، طول گلبرگ ماده، درصد کلروفیل و پی‌اچ میوه وارد مدل شدند. بر اساس نتایج تجزیه علیت، ویژگی‌های پی‌اچ و طول میانگره بیشترین اثر مستقیم و مثبت را بر عملکرد میوه داشتند. پی‌اچ احتمالاً با کاهش سرعت فرآیندهای مرتبط با رسیدن میوه بر عملکرد تأثیر بگذارد. ویژگی درصد کلروفیل بالاترین اثر غیرمستقیم از طریق طول میانگره بر عملکرد میوه را نشان داد.

کلید واژه‌ها: تجزیه علیت، رگرسیون گام به گام، عملکرد، کدو

مقدمه

به ساقه، پیچک‌ها قرار دارند. گل‌های نر و ماده جدا از هم ولی روی یک بوته قرار می‌گیرند. میوه‌ها، بزرگ و به شکل‌های مختلف می‌باشند. دم‌میوه، چندوجهی و شیاردار و به ندرت چوبی است (Bernath, 1993). بذر کدو به خاطر دارا بودن روغن و پروتئین زیاد از ارزش غذایی و دارویی بالایی برخوردار است. دانه کدو در تولید داروهایی مانند بیوسرین (Bioserin)، پیونین (Pionin) و گرون‌فینگ (Gronfing) برای درمان سرطان خوش‌خیم پروستات مورد استفاده قرار می‌گیرد (Ensminger et al., 1994). ایران از لحاظ میزان تولید و سطح زیرکشت انواع کدو در جهان پس از چین،

تمام کدوها متعلق به جنس کوکوربیتا (Cucurbita) بوده، که دارای گونه‌های متنوعی است. گونه‌های خوراکی به سه گروه کدو مسمایی یا کدو خورشتی، کدو تبلی و کدو حلوائی تقسیم می‌شوند (Daneshvar, 2010). از نظر گیاه‌شناسی رشد این گیاه نامحدود است و به‌طور همزمان رشد رویشی و رشد زایشی در آن صورت می‌گیرد. ساقه این گیاه منشعب، توخالی، کرک‌دار، استوانه‌ای شکل و خزنده می‌باشد. برگ‌ها بزرگ و پنجه‌ای شکل، پهن و به رنگ سبز و پوشیده از کرک‌های ریز و خشن می‌باشند. در محل اتصال برگ



صفتی پیچیده با وراثت‌پذیری پایین می‌باشد که با اجزاء (صفات) مختلفی در ارتباط می‌باشد. بنابراین، با وجود کنترل خوب شرایط محیطی، باز هم واکنش به گزینش مستقیم برای عملکرد غیرقابل پیش‌بینی می‌باشد. به همین دلیل به نژادگران ترجیح می‌دهند به ارزیابی سایر صفات مورفولوژیک پردازند تا از طریق آن‌ها و به‌طور غیرمستقیم بتوانند عملکرد را افزایش دهند. با افزایش تعداد متغیرهای مستقل و پیچیده شدن روابط بین متغیرها، ضرایب همبستگی ساده به تنهایی نمی‌تواند به‌نژادگر را در زمینه گزینش مستقیم یا غیرمستقیم یاری کند. تجزیه مسیر به‌عنوان روشی برای آشکار ساختن روابط بین متغیرها مورد استفاده قرار می‌گیرد (Moosavi et al., 2016; Zahedi et al., 2016). در روش معمول تجزیه مسیر، تمامی متغیرهای پیش‌بینی‌کننده در یک سطح قرار گرفته و سپس اثرات مستقیم و غیرمستقیم آن‌ها بر روی متغیر تابع محاسبه می‌شود. در روش جدید متغیرهای پیش‌بینی‌کننده بر حسب اهمیتی که در متغیر تابع دارند، در سطوح مختلف قرار می‌گیرند.

اهلی شدن گونه زراعی کدو هزاران سال قبل در آمریکای شمالی از کدوهایی که میوه گرد و کوچک و گوشت تلخ داشتند آغاز شد. در این دوره فقط تخم کدو مصرف خوراکی داشت و نخستین گام در انتخاب با افزایش اندازه میوه و بذر همراه بود. نتیجه چنین انتخابی کدو تبیل بود که مصرف دو منظوره داشته و گوشت و تخم آن مصرف می‌شد. گواه فعلی این قضیه، مصرف دو منظوره کدو تبیل در میان بومیان مکزیک و گواتمالا است. با انتخاب برای درشتی میوه، قند بیشتر و فیبر کمتر میوه کدوهایی که برای پختن مصرف دارند به وجود آمد. با وجود مصرف کدو به‌عنوان سبزی، تخم کدو به‌عنوان تنقلات و تولید روغن تخم کدو نقش مؤثری در اقتصاد کشورهای توسعه یافته دارد (Robinson et al., 2003). در مطالعه‌ای تنوع ژنتیکی ۲۸ رقم کدو تبیل چینی و ۲۸ رقم روسیه به همراه ۱۰

هند، روسیه رتبه چهارم را دارد (FAO, 2012). سطح زیرکشت کدو در ایران ۴۵ هزار هکتار، تولید ۶۹۶ هزار تن و متوسط عملکرد ۱۵/۴۰ تن در هکتار می‌باشد. دو استان گلستان و آذربایجان غربی بیشترین سطح زیرکشت و تولید را دارند. سطح زیرکشت کدو (از نوع آجیلی) در استان گلستان ۴۳۰ هکتار و در استان آذربایجان غربی ۱۸۰۰۰ هکتار و تولید ۱۴۰۰۰ تن گزارش شده است (Anonymous, 2011).

این موضوع که ارقام بومی از پایداری عملکرد بهتری برخوردار می‌باشند و در شرایط نامساعد محیطی آسیب‌پذیری کمتری نسبت به ارقام غیربومی دارند، قابل توجه است. در حال حاضر بارزترین ارزش توده‌های بومی به لحاظ ژن‌های مفید از جمله ژن‌های مقاومت به بیماری‌ها و آفات، کیفیت مواد غذایی و سازگاری به شرایط نامساعد طبیعی است که تاکنون ناشناخته مانده‌اند و در آینده می‌توانند بسیار ارزشمند باشند (Abd Mishani and Shah Nejat Boushehri, 2008).

به علت سهولت ارتباط در مناطق مختلف و همچنین توسعه تکنولوژی و مبادله سریع مواد گیاهی، منابع ژنتیکی به‌ویژه با پدیده انتشار ژنی مواجه شده و خلوص خود را از دست داده‌اند. بعضی از این ارقام و توده‌ها به علت عدم سازگاری با شرایط آب و هوایی و یا به دلیل داشتن بعضی صفات نامطلوب از عملکرد و یا کیفیت قابل قبولی برخوردار نبوده و مناسب برای بازار عرضه و تقاضا نمی‌باشند. بنابراین تولید جمعیتی مطلوب در جوامع دگرگشن از مهم‌ترین اهداف به‌نژادگران است و از این طریق منابع مطمئن‌تری جهت اقدام‌های آتی نظیر استخراج لاین‌های اینبرد در اختیار به‌نژادگران قرار می‌گیرد. بذور حاصل از جمعیت اصلاح‌شده را می‌توان به زارع معرفی نمود یا از آن به‌عنوان جمعیت‌های پایه در کارهای اصلاحی استفاده نمود (Robinson et al., 2003).

هدف اصلاحی نهایی در اکثر برنامه‌های به‌نژادی گیاهان از جمله کدو افزایش عملکرد می‌باشد. عملکرد

شناسایی ژنوتیپ‌های سازگار با یک منطقه کاری بسیار دشوار است اما تعدادی از ژنوتیپ‌ها وجود دارند که میزان عملکرد کمی و کیفی آن‌ها کمتر تحت تأثیر شرایط آب و هوایی قرار می‌گیرد. شناسایی و توسعه این ژنوتیپ‌ها بسیار به صرفه خواهد بود. هدف از پژوهش حاضر بررسی روابط علی و معلولی ویژگی‌های مؤثر بر عملکرد بذور و میوه می‌باشد.

مواد و روش‌ها

پژوهش در ایستگاه تحقیقاتی ساعت‌لو وابسته به مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان غربی، در ۳۰ کیلومتری شهرستان ارومیه اجرا شد. ۱۸ توده کدو، شامل ۱۱ توده کدو آجیلی، پنج توده کدو تنبل و دو توده کدو زیتنی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار مورد ارزیابی قرار گرفتند (جدول ۱).

رقم خورشتی چینی با استفاده از ۳۵ نشانگر مولکولی اس.اس.ار (Simple sequence repeat) و خصوصیات مورفولوژیکی مورد بررسی قرار گرفت. نشانگرهای مولکولی درجه بالایی از تنوع ژنتیکی را نشان دادند. بیش‌ترین تغییرات مورفولوژیکی در میوه دیده شد. تجزیه تحلیل بر اساس داده‌های مولکولی و مورفولوژیک به وضوح تمایز ژنوتیپ‌ها بر اساس تیپ و مناطق جغرافیایی را نشان داد (Barboza et al., 2012). Sheikh and Basi (2012) در یک بررسی دوساله، در دو ایستگاه تحقیقات کشاورزی گرگان و خوی، تنوع توده‌های محلی کدو آجیلی از مناطق مختلف کدو کاری هر دو شهر را بررسی کردند. در این مطالعه صفات زراعی از قبیل تعداد میوه در واحد بوته، طول و عرض میوه، وزن بذور هر میوه، وزن هزار دانه و درصد بذور پوک و عملکرد هر کرت مورد ارزیابی و اندازه‌گیری قرار گرفت.

جدول ۱- مشخصات توده‌های کدوی مورد بررسی

Table 1. Characteristics of studied Squash accessions

تیپ Type	نام توده Accession names	شماره توده Accession code	تیپ Type	نام توده Accession names	شماره توده Accession code
آجیلی Confectionery	جهت‌لو Jahatlou	10	آجیلی Confectionery	زایه‌کندی Zaye Kandi	1
زیتنی Ornamental	خوی Khoy	11	آجیلی Confectionery	علی بیگلر Ali Biglou	2
تنبل Gourd	خوی Khoy	12	آجیلی Confectionery	اشنویه Oshnavieh	3
تنبل Gourd	کوی حیران Kouyeh Heyran	13	آجیلی Confectionery	کوی حیران Kouyeh Heyran	4
آجیلی Confectionery	مهاباد Mahabad	14	تنبل Gourd	قورت‌تپه Gort Tappeh	5
تنبل Gourd	زایه‌کندی Zaye Kandi	15	آجیلی Confectionery	اچچلار Okhchelar	6
تنبل Gourd	مهاباد Mahabad	16	زیتنی Ornamental	پیرانشهر Piranshahr	7
آجیلی Confectionery	ساعت‌لو Saatlou	17	آجیلی Confectionery	کناربراز Kantar Berouzh	8
آجیلی Confectionery	خوی Khoy	18	آجیلی Confectionery	وقاصلوی‌علیا Vaggaslou-e-Oliya	9

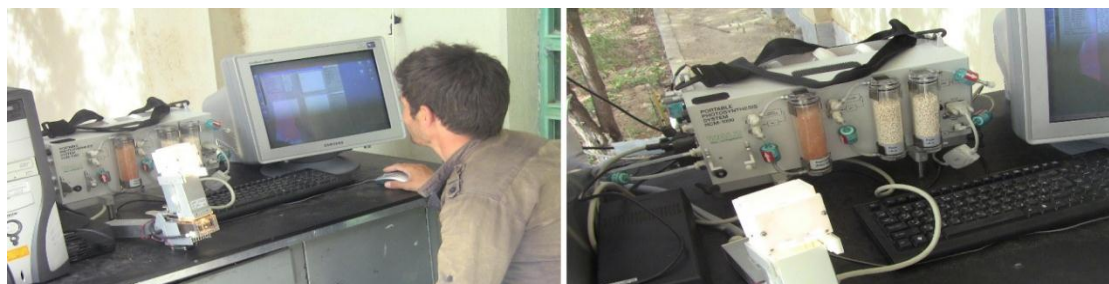
در سلول یا یک گیاه کامل، اندازه‌گیری تبادل گازی اعم از مقدار جذب دی‌اکسیدکربن یا دفع اکسیژن است. مقدار دی‌اکسیدکربن جذب‌شده در روشیابی به فتوسنتز ظاهری یا خالص معروف است. چرا که نشان‌دهنده مقدار دی‌اکسیدکربن جذب‌شده در جریان فتوسنتز منهای مقدار دی‌اکسیدکربن دفع‌شده طی تنفس از میتوکنندری می‌باشد. از این رو مقدار فتوسنتز حقیقی یا ناخالص به‌وسیله جمع کردن مقدار دی‌اکسیدکربن دفع‌شده توسط میتوکنندری (که طی دوره تاریکی اندازه‌گیری می‌شود) با مقدار دی‌اکسیدکربن جذب‌شده طی دوره روشنایی محاسبه می‌شود (Ahmadi *et al.*, 2009). اندازه‌گیری فتوسنتز خالص با استفاده از دستگاه اچ‌سی‌ام-۱۰۰۰ (HCM-1000) ساخت شرکت ولز (WALZ) (آلمان) انجام گرفت (شکل ۱).

برای اندازه‌گیری مواد جامد محلول میوه از رفراکتومتر دستی ساخت کشور ژاپن (Refractometer, Atago, Japon) استفاده شد. بعد از کالیبره نمودن دستگاه به‌وسیله آب مقطر، دو قطره از عصاره میوه از هر توده روی قسمت مخصوص رفراکتومتر قرار داده شد و درجه بریکس قرائت و یادداشت شد.

همبستگی بین صفات از طریق ضریب همبستگی پیرسون محاسبه شد (Rostampour, 2010). از رگرسیون گام به گام برای تعیین صفاتی که بیشترین میزان تنوع عملکرد را توجیه می‌نمایند استفاده شد. برای این منظور از نرم‌افزار اس SPSS و AMOS نسخه ۲۲ استفاده شد.

طول و فاصله بین کرت‌ها سه متر در نظر گرفته شد. کاشت بذور به‌صورت کپه‌ای (پنج بذر داخل هر کپه)، فاصله بین بوته‌ها ۵۰ سانتی‌متر و عمق کاشت حدود ۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. کاشت در تاریخ ۹۲/۳/۲ انجام گرفت. توده‌ها بر اساس دیسکرپتور (Descriptor (IBPGR)) از لحاظ خصوصیات مرفولوژیکی و فیزیولوژیکی مورد ارزیابی قرار گرفتند (جدول ۲). عملکرد در هر واحد آزمایشی یادداشت و به هکتار تعمیم داده شد. برای اندازه‌گیری درصد کلروفیل از دستگاه کلروفیل‌سنج استفاده شد. بیشترین جذب کلروفیل در دو طول موج قرمز و آبی و کمترین جذب در طول موج سبز بوده و در طول موج مادون قرمز کلروفیل هیچ جذبی ندارد. بنابراین اساس کار این دستگاه بر مبنای اختلاف بین نور قرمز تابیده‌شده به برگ با نور قرمز دور عبور کرده از برگ می‌باشد. پس از کالیبراسیون دستگاه از سه منطقه برگ، اندازه‌گیری انجام‌شده و میانگین ثبت گردید. لازم به ذکر است نمونه‌برداری نباید از روی رگبرگ‌ها انجام شود. از هر واحد آزمایشی سه بوته و از هر بوته سه برگ بالغ از ابتدا، وسط و انتها انتخاب و مقدار کلروفیل به روش ذکرشده توسط دستگاه در هنگام صبح اندازه‌گیری شد (Hosseini, 2007).

فتوسنتز اساس رقابت گیاهان سبز است و برگ‌ها اندام اصلی فتوسنتز کننده در گیاهان عالی به شمار می‌روند. متداول‌ترین روش اندازه‌گیری سرعت فتوسنتز



شکل ۱- سیستم فتوسنتزی قابل حمل اچ‌سی‌ام-۱۰۰۰ ولز (آلمان)
Figure 1. Walz HCM-1000 portable photosynthesis system (Germany)

جدول ۲- ویژگی‌های اندازه‌گیری شده در توده‌های کدو از مناطق شمال غرب ایران
 Table 2. Mesured characteristics in Squash accessions from northwest of Iran

واحد اندازه‌گیری Unit of measurement	ویژگی Feature	واحد اندازه‌گیری Unit of measurement	ویژگی Feature	واحد اندازه‌گیری Unit of measurement	ویژگی Feature
درصد Percent	درصد کلروفیل Chlorophyll percent	سانتی‌متر Centimeters	طول دم میوه Fruit tail length	کیلوگرم در هکتار Kilogram per hectare	عملکرد میوه Fruit yield
سانتی‌متر Centimeters	طول دمگل ماده Female pedicel length	سانتی‌متر Centimeters	طول برگ Leaf length	کیلوگرم در هکتار Kilogram per hectare	عملکرد بذر Seed yield
سانتی‌متر Centimeters	طول دمگل نر Male pedicel length	سانتی‌متر Centimeters	عرض برگ Leaf width	تعداد Number	تعداد میوه Fruit number
سانتی‌متر Centimeters	طول گلبرگ ماده Female petal length	سانتی‌متر Centimeters	ضخامت گوشت میوه Flesh thickness	گرم Gram	وزن میوه Fruit weight
سانتی‌متر Centimeters	طول گلبرگ نر Male petal length	سانتی‌متر Centimeters	ضخامت پوست Skin thickness	گرم Gram	وزن بذر Seed weight
سانتی‌متر Centimeters	طول کاسبرگ ماده Female sepal length	سانتی‌متر Centimeters	طول میانگره Internode length	گرم Gram	وزن صد دانه 100 Seed weight
سانتی‌متر Centimeters	طول کاسبرگ نر Male sepal length	تعداد Number	شاخه‌دهی اولیه Initial branching	سانتی‌متر Centimeters	طول میوه Fruit length
سانتی‌متر Centimeters	طول بساک Anther length	نسبت Ratio	نسبت طول به عرض برگ Length-to-width ratio of leaf	سانتی‌متر Centimeters	عرض میوه Fruit width
سانتی‌متر Centimeters	قطر بساک Anther diameter	نسبت Ratio	نسبت طول به عرض میوه Length- to-width ratio of fruit	سانتی‌متر Centimeters	طول بذر Seed length
سانتی‌متر Centimeters	طول میله پرچم Filament length	درصد Percent	مواد جامد محلول میوه TSS (Total soluble solids)	سانتی‌متر Centimeters	عرض بذر Seed width
سانتی‌متر Centimeters	قطر میله پرچم Filament diameter	بی‌اچ pH	بی‌اچ میوه Fruit pH	سانتی‌متر Centimeters	ضخامت بذر Seed thickness
		میکرو مول بر مترمربع در ثانیه Micromol per square meter per second	فتوسنتز خالص Net photosynthesis	سانتی‌متر Centimeters	طول بوته Plant length

نتایج و بحث

نتایج حاصل از همبستگی فنوتیپی ویژگی‌های مرفولوژیک و فیزیولوژیک در جدول (۳) نشان داده شده است. در این بررسی ویژگی‌های تعداد میوه، وزن میوه، وزن صد دانه، عرض میوه، ضخامت بذر، طول بوته، طول میانگره، شاخه‌دهی اولیه و pH در سطح یک درصد و ویژگی‌های وزن بذر، طول دم‌میوه، طول کاسبرگ ماده و تی‌اس‌اس (Refractometer, Atago, Japon) در سطح پنج درصد همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد میوه نشان دادند. نتایج بیانگر عدم همبستگی معنی‌دار بین ویژگی‌های ضخامت گوشت، طول و عرض بذر با ویژگی عملکرد میوه بود. از این‌رو این ویژگی‌ها در کدو معیار خوبی برای اصلاح افزایش عملکرد نمی‌باشند.

از آنجایی که از عوامل توجیه‌کننده عملکرد میوه، وزن و تعداد میوه می‌باشد، وجود چنین ضریب همبستگی مثبت و معنی‌دار منطقی به نظر می‌رسد. می‌توان استنباط کرد ژنوتیپ‌هایی با وزن و تعداد میوه، طول بوته و شاخه‌دهی اولیه بیشتر، دارای عملکرد بالایی باشند. همبستگی بین وزن میوه با طول و عرض میوه، طول و عرض بذر، وزن تک بذر و صد دانه و ضخامت بذر مثبت و معنی‌دار بود. همچنین طول بوته با طول میانگره و شاخه‌دهی اولیه همبستگی مثبت و معنی‌دار نشان داد. نتایج این تحقیق با نتایج *Balkaya et al.* (2010)، که همبستگی مثبت و معنی‌داری بین ویژگی‌های وزن میوه، طول میوه و عملکرد در کدوهای تنبل بومی ترکیه گزارش کردند، مطابقت دارد. همبستگی مثبت و معنی‌دار بین شاخه‌دهی اولیه، طول میانگره و طول بوته به این معنا است که ژنوتیپ‌هایی که دارای رشد رویشی قوی بوده و سازگاری مطلوبی با شرایط محیطی دارند پتانسیل تولید میوه با وزن زیاد را دارا بوده و عملکرد بالاتری دارند.

ضریب همبستگی که به‌عنوان مقیاس اندازه‌گیری رابطه خطی بین دو متغیر به کار می‌رود، صرفاً دارای یک تفسیر ریاضی است و بر روابط علت و معلولی دلالتی ندارد. اگر وجود رابطه علت و معلولی بین صفات قابل

تصور باشد، تجزیه مسیر به‌عنوان ابزاری برای تعیین اهمیت صفات موثر بر عملکرد به کار می‌رود. تجزیه مسیر ضریب همبستگی بین دو متغیر علت و معلول را به اثرات مستقیم و غیر مستقیم تفکیک می‌نماید.

برای انجام تجزیه مسیر و شناخت مهم‌ترین صفات توجیه‌کننده عملکرد میوه و بذر در کدو تجزیه رگرسیون گام به گام انجام گرفت (جدول ۴: عملکرد میوه و جدول ۵: عملکرد بذر). نتایج رگرسیون گام به گام نشان داد که چهار ویژگی طول میانگره، طول گلبرگ ماده، درصد کلروفیل و پی‌اچ میوه برای عملکرد میوه وارد مدل گردید. نخستین ویژگی، طول میانگره بود که وارد مدل شد و ۷۰/۷۰ درصد از تغییرات عملکرد بین ژنوتیپ‌ها را توجیه می‌نمود. دومین ویژگی که وارد مدل شد، طول گلبرگ بود که همراه با طول میانگره ۸۱/۸۳ درصد از تغییرات عملکرد را توجیه می‌کردند. درصد کلروفیل سومین ویژگی بود که وارد مدل گردید و همراه با دو ویژگی قبلی، ۸۸/۶۵ درصد از تغییرات عملکرد را توجیه می‌نمودند. ویژگی دیگر که وارد مدل شد، پی‌اچ میوه بود که به همراه ویژگی‌های قبلی ۹۲/۶۰ درصد از تغییرات عملکرد میوه را توجیه می‌کردند.

در عملکرد بذر سه ویژگی طول میله پرچم و طول کاسبرگ نر و ماده وارد مدل شد. نخستین ویژگی که وارد مدل شد طول کاسبرگ ماده بود که ۲۶/۱۱ درصد از تغییرات عملکرد بذر را توجیه می‌نمود. دومین ویژگی وارد شده به مدل طول کاسبرگ نر بود، که به همراه طول کاسبرگ ماده ۴۱/۸۱ درصد از تغییرات را توجیه می‌کردند. در آخر طول میله پرچم با دو ویژگی قبلی، ۷۲/۱۶ درصد از تغییرات عملکرد بذر را توجیه می‌نمودند. سایر ویژگی‌های مورد مطالعه تأثیر معنی‌داری بر مدل نداشته به همین دلیل اختلاف ژنوتیپ‌ها، برای عملکرد میوه و بذر کدو را می‌توان به تفاوت در ویژگی‌های فوق نسبت داد. طبق نتایج، همبستگی عملکرد با طول میانگره و pH، در سطح یک درصد مثبت و معنی‌دار بود که با نتایج تجزیه رگرسیون مطابقت دارد.

جدول ۳- ضرایب همبستگی فنوتیپی میان ویژگی‌های مورد بررسی در توده‌های کدو از مناطق شمال غرب ایران

Table 3. Phenotypic correlation coefficients among studied characteristics in Squash accessions from northwest regions of Iran

عملکرد میوه Fruit yield	عملکرد بذر Seed yield	وزن میوه Fruit weight	تعداد میوه Fruit number	طول بذر Seed length	عرض میوه Fruit width	طول میوه Fruit length	وزن صد دانه 100 Seed weight	وزن بذر Seed weight	عرض بذر Seed width	ضخامت بذر Seed thickness	ویژگی Feature
										1	ضخامت بذر Seed thickness
									1	0.446	عرض بذر Seed width
								1	0.699**	0.470*	وزن بذر Seed weight
							1	0.690**	0.385	0.514*	وزن صد دانه 100 Seed weight
						1	0.333	0.474*	0.364	0.495*	طول میوه Fruit length
					1	0.473*	0.551*	0.751**	0.811**	0.605**	عرض میوه Fruit width
				1	0.472*	0.114	0.384	0.397	0.628**	0.135	طول بذر Seed length
			1	-0.188	0.172	0.237	0.568*	0.170	0.145	0.459	تعداد میوه Fruit number
		1	0.131	0.525*	0.877**	0.640**	0.525*	0.762**	0.743**	0.624**	وزن میوه Fruit weight
	1	-0.108	0.058	-0.386	-0.184	-0.058	-0.162	0.096	-0.177	-0.131	عملکرد بذر Seed yield
1	-0.084	0.705**	0.683**	0.071	0.677**	0.448	0.636**	0.534*	0.350	0.777**	عملکرد میوه Fruit yield

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

* and ** significant at 5 and 1% probability level, respectively.

ادامه جدول ۳- ضرایب همبستگی فنوتیپی میان ویژگی‌های مورد بررسی در توده های کدو از مناطق شمال غرب ایران

Table 3 (Continuation). Phenotypic correlation coefficients among studied characteristics in Squash accessions from northwest regions of Iran

عملکرد میوه Fruit yield	طول بوته Plant length	شاخه‌دهی اولیه Initial branching	طول میانگره Internode length	ضخامت پوست Skin thickness	ضخامت گوشت Flesh thickness	عرض برگ Leaf width	طول برگ Leaf length	طول دم‌میوه Fruit tail length	طول به عرض برگ Length-to-width ratio of leaf	ویژگی Feature
									1	طول/عرض برگ Length-to-width ratio of leaf
								1	0.187	طول دم میوه Fruit tail length
							1	-0.190	0.761**	طول برگ Leaf length
						1	0.941**	-0.349	0.500*	عرض برگ Leaf width
					1	-0.028	-0.178	0.081	-0.414	ضخامت گوشت Flesh thickness
				1	0.556*	0.366	0.328	-0.283	0.201	ضخامت پوست Skin thickness
			1	-0.639**	0.266	-0.548*	-0.430	0.643**	-0.070	طول میانگره Internode length
		1	0.701**	-0.753**	0.453	-0.479*	-0.404	0.488*	-0.150	شاخه‌دهی اولیه Initial branching
	1	0.698**	0.847**	-0.583*	0.361	-0.303	-0.163	0.499*	0.159	طول بوته Plant length
1	0.686**	0.730**	0.841**	-0.625**	0.434	-0.652**	-0.614**	0.582*	-0.355	عملکرد میوه Fruit yield

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

* and ** significant at 5 and 1% probability level, respectively.

ادامه جدول ۳ - ضرایب همبستگی فنوتیپی ویژگی‌های مورد بررسی در توده‌های کدو از مناطق شمال غرب ایران

Table 3 (Continuation).. Phenotypic correlation coefficients among studied characteristics in Squash accessions from northwest regions of Iran

عملکرد میوه Fruit yield	طول گلبرگ ماده Female petal length	طول دمگل نر Male pedicel length	طول دمگل ماده Female pedicel length	درصد کلروفیل Chlorophyll percent	فتوسنتز خالص Net photosynthesis	بی‌اچ pH	تی‌اس‌اس TSS	نسبت طول به عرض میوه Length- to-width ratio of fruit	ویژگی Feature
								1	طول به عرض میوه Length- to-width ratio of fruit
							1	-0.632**	تی‌اس‌اس TSS
						1	0.453	-0.554*	بی‌اچ pH
					1	-0.392	-0.513*	0.073	فتوسنتز خالص Net photosynthesis
				1	0.561*	-0.297	-0.152	0.070	درصد کلروفیل Chlorophyll percent
			1	0.304	-0.410	0.210	0.161	-0.118	طول دمگل ماده Female pedicel length
		1	0.924**	-0.446	-0.369	0.191	0.095	0.033	طول دمگل نر Male pedicel length
	1	0.133	0.323	-0.235	-0.164	-0.144	-0.266	-0.002	طول گلبرگ ماده Female petal length
1	-0.490*	0.344	0.231	-0.440	-0.466	-0.651**	0.572*	-0.462	عملکرد میوه Fruit yield

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

* and ** significant at 5 and 1% probability level, respectively.

ادامه جدول ۳- ضرایب همبستگی فنوتیپی ویژگی‌های مورد بررسی در توده‌های کدو از مناطق شمال غرب ایران

Table 3 (Continuation).. Phenotypic correlation coefficients among studied characteristics in Squash accessions from northwest regions of Iran

عملکرد میوه Fruit yield	قطر میله پرچم Filament diameter	طول میله پرچم Filament length	قطر بساک Anther diameter	طول بساک Anther length	طول کاسبرگ نر Male sepal length	طول کاسبرگ ماده Female sepal length	طول گلبرگ نر Male petal length	ویژگی Feature
							1	طول گلبرگ نر Male petal length
						1	0.016	طول کاسبرگ ماده Female sepal length
					1	0.684**	0.395	طول کاسبرگ نر Male sepal length
				1	0.636**	0.252	0.535*	طول بساک Anther length
			1	0.733**	0.442	0.181	0.301	قطر بساک Anther diameter
		1	0.327	0.375	-0.073	-0.570*	0.558*	طول میله پرچم Filament length
	1	-0.123	0.145	0.835**	-0.053	-0.503*	0.124	قطر میله پرچم Filament diameter
1	-0.244	-0.354	0.211	0.069	0.372	0.499*	-0.380	عملکرد میوه Fruit yield

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

* and ** significant at 5 and 1% probability level, respectively.

جدول ۴- نتایج حاصل از رگرسیون گام به گام برای عملکرد میوه
(عملکرد میوه به عنوان متغیر وابسته و سایر صفات به عنوان متغیر مستقل در نظر گرفته شدند)

Table 4. Results of stepwise regression for fruit yield.
(Fruit yield was considered as a dependent variable and other traits were considered as independent variables)

ضریب تبیین تجمعی استاندارد شده Standardized cumulative coefficient of determination	ضریب تبیین تجمعی Cumulative coefficient of determination	ضریب رگرسیون مدل Regression coefficient of model	ویژگی Feature	ترتیب وارد شدن در مدل Entering into the model
68.87	70.70	84.1	طول میانگره Internode length	1
79.41	81.83	90.5	طول گلبرگ ماده Female petal length	2
86.21	88.65	94.1	درصد کلروفیل Chlorophyll percent	3
90.32	92.60	96.2	بی‌اچ میوه pH Fruit	4

جدول ۵- نتایج حاصل از رگرسیون گام به گام برای عملکرد بذر
(عملکرد بذر به عنوان متغیر وابسته و سایر صفات به عنوان متغیر مستقل در نظر گرفته شدند)

Table 5. Results of stepwise regression for seed yield
(Seed yield was considered as a dependent variable and other traits were considered as independent variables)

ضریب تبیین تجمعی استاندارد شده Standardized cumulative coefficient of determination	ضریب تبیین تجمعی Cumulative coefficient of determination	ضریب رگرسیون مدل Regression coefficient of model	ویژگی Feature	ترتیب وارد شدن در مدل Entering into the model
21.19	26.11	48.6	طول کاسبرگ ماده Female sepal length	1
40.06	43.81	68.4	طول کاسبرگ نر Male sepal length	2
68.18	72.16	86.0	طول میله پرچم Filament length	3

عملکرد میوه به عنوان ویژگی وابسته و سایر صفات مورد مطالعه به عنوان ویژگی مستقل (جدول ۶ و شکل ۲) در نظر گرفته شدند. در مرحله اول عملکرد میوه به عنوان ویژگی وابسته و سایر ویژگی‌ها مستقل انتخاب، نتایج نشان داد که طول میانگره و بی‌اچ اثر مستقیم و مثبت و طول گلبرگ ماده و درصد کلروفیل اثر مستقیم و منفی را بر عملکرد میوه داشتند. ویژگی‌های طول میانگره و بی‌اچ، از طریق طول گلبرگ ماده و درصد کلروفیل به ترتیب اثر غیرمستقیم مثبت و منفی بر عملکرد میوه داشتند. همبستگی طول میانگره و بی‌اچ در سطح یک درصد با عملکرد مثبت و معنی دار بود. در مرحله دوم تجزیه علیت، چهار ویژگی طول میانگره، طول گلبرگ ماده، درصد کلروفیل و بی‌اچ به صورت جداگانه به عنوان ویژگی وابسته در نظر گرفته شدند.

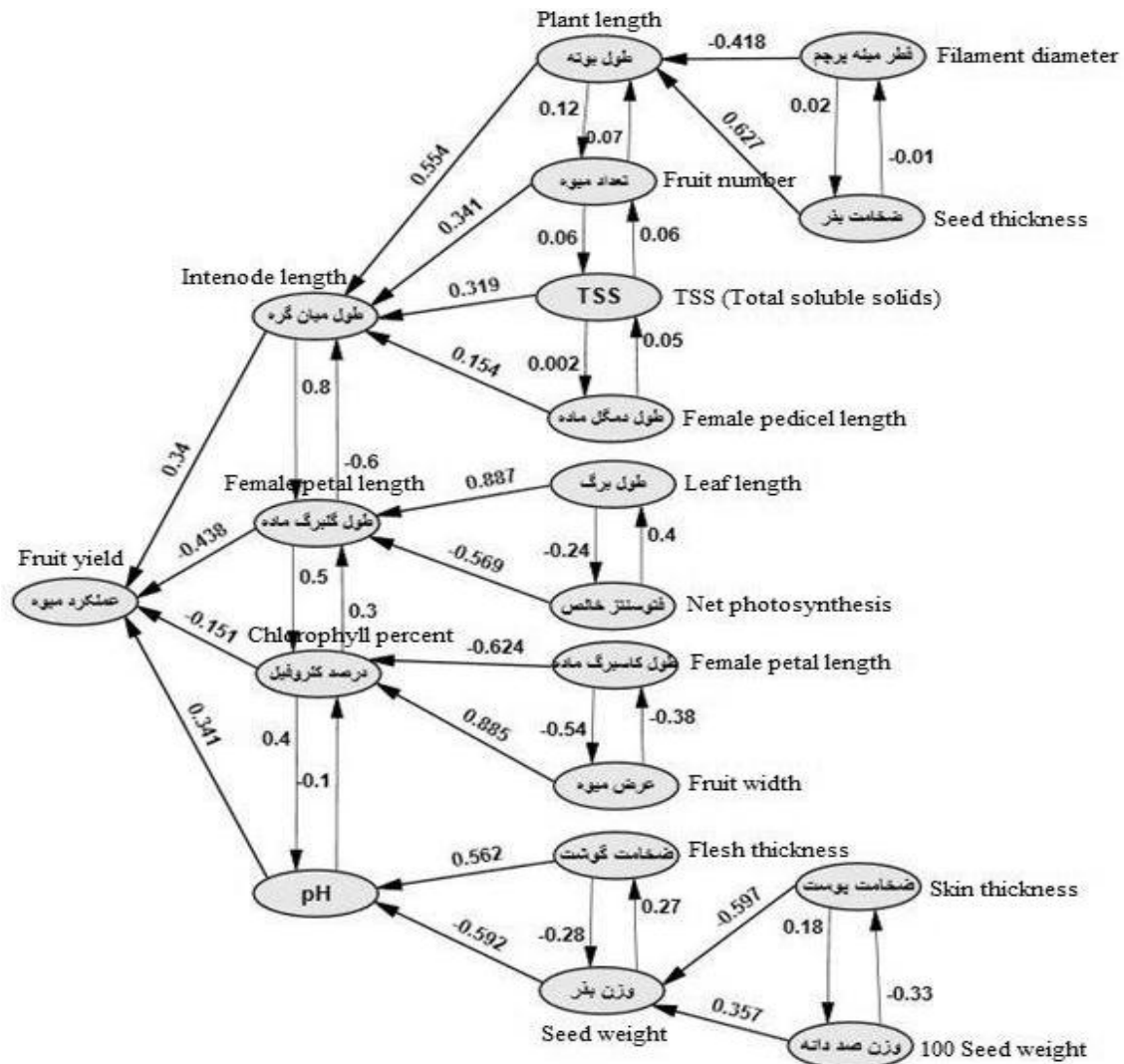
در تحقیقی ارتباط عملکرد با داده‌های حاصل از ۱۴ صفت ثبت شده در مراحل اولیه رشدی در ۲۴ رقم خیار بررسی شد. نتایج حاصله حاکی از بیشترین اثر مستقیم سه صفت میانگین وزن میوه، تعداد میوه و طول میوه روی عملکرد بود و به طور کلی نقش این صفات مثبت ارزیابی شد (Zhang *et al.*, 1999). در پژوهشی دیگر که توسط NarouiriRad *et al.* (2009) روی هندوانه های بومی سیستان انجام گرفت، در رگرسیون گام به گام، صفات عرض میوه و وزن میوه وارد مدل شدند. صفت عرض میوه ۶۶/۵ و صفت بعدی به همراه این صفت ۷۳/۲ درصد از تغییرات عملکرد را توجیه کردند. در این تحقیق به منظور درک بهتر و تفسیر دقیق تر نتایج، تجزیه مسیر ترتیبی انجام گرفت. برای این منظور

جدول ۶- نتایج تجزیه علیت با استفاده از رگرسیون گام به گام به منظور تعیین ویژگی‌های مورفولوژیک و فیزیولوژیک تأثیرگذار در عملکرد توده‌های کدو از مناطق شمال غرب ایران
 Table 6. The results of path analysis using stepwise regression to determine the morphological and physiological characteristics affecting yield performance in Squash accessions from northwest regions of Iran

اثر غیرمستقیم از طریق ویژگی Indirect effect through				اثر مستقیم ویژگی Direct effect	ویژگی Feature	
بی‌اچ میوه Fruit pH	درصد کلروفیل Chlorophyll percent	طول گلبرگ ماده Female petal length	طول میانگره Internode length			
0.17	-0.12	-0.06		0.340	طول میانگره Internode length	
0.06	0.10		0.08	-0.438	طول گلبرگ ماده Female petal length	مرحله اول: تجزیه علیت برای عملکرد میوه
0.04		0.03	0.05	-0.151	درصد کلروفیل Chlorophyll percent	First step: Path analysis for fruit yield
	-0.10	-0.04	0.17	0.341	بی‌اچ میوه pH Fruit	
اثر غیرمستقیم از طریق ویژگی Indirect effect through				اثر مستقیم ویژگی Direct effect	ویژگی Feature	
طول دمگل ماده Female pedicel length	تی اس اس TSS	تعداد میوه Fruit number	طول بوته Plant length			
0.07	0.33	0.12		0.554	طول بوته Plant length	
0.07	0.06		0.07	0.341	تعداد میوه Fruit number	مرحله دوم (الف): تجزیه علیت برای طول میانگره
0.05		0.06	0.19	0.319	تی اس اس TSS	Steps II (a): Path analysis for internode length
	0.002	0.03	0.01	0.154	طول دمگل ماده Female pedicel length	
اثر غیرمستقیم از طریق ویژگی Indirect effect through				اثر مستقیم ویژگی Direct effect	ویژگی Feature	
فتوسنتز خالص Net photosynthesis	طول برگ Leaf length					
0.40				0.887	طول برگ Leaf length	مرحله دوم (ب): تجزیه علیت برای طول گلبرگ ماده
			-0.24	-0.569	فتوسنتز خالص Net photosynthesis	Steps II (b): Path analysis for female petal length

ادامه جدول ۶- نتايج تجزيه علليت با استفاده از رگرسيون گام به گام به منظور تعيين ويژگي‌هاي مورفولوژيک و فيزيولوژيک تأثيرگذار در عملکرد توده‌هاي کدو از مناطق شمال غرب ايران
 Table 6 (Continuation). The results of path analysis using stepwise regression to determine the morphological and physiological characteristics affecting yield performance in Squash accessions from northwest regions of Iran

اثر غيرمستقيم از طريق ويژگي Indirect effect through		اثر مستقيم ويژگي Direct effect	ويژگي Feature	
عرض ميوه Fruit width	طول کاسبرگ ماده Female sepal length			
-0.38		-0.624	طول کاسبرگ ماده Female sepal length	مرحله دوم (ج): تجزيه علليت براي درصد کلروفيل Steps II (c): Path analysis for chlorophyll percent
	-0.54	0.885	عرض ميوه Fruit width	
اثر غيرمستقيم از طريق ويژگي Indirect effect through		اثر مستقيم ويژگي Direct effect	ويژگي Feature	
وزن بذر Seed weight	ضخامت گوشت Flesh thickness			
0.27		0.562	ضخامت گوشت Flesh thickness	مرحله دوم (د): تجزيه علليت براي پي‌اچ Steps II (d): Path analysis for pH
	-0.28	-0.592	وزن بذر Seed weight	
اثر غيرمستقيم از طريق ويژگي Indirect effect through		اثر مستقيم ويژگي Direct effect	ويژگي Feature	
ضخامت بذر Seed thickness	قطر ميله پرچم Filament diameter			
-0.01		-0.418	قطر ميله پرچم Filament diameter	
	0.02	0.627	ضخامت بذر Seed thickness	
اثر غيرمستقيم از طريق ويژگي Indirect effect through		اثر مستقيم ويژگي Direct effect	ويژگي Feature	
وزن صد دانه 100 Seed weight	ضخامت پوست Skin thickness			
-0.33		-0.597	ضخامت پوست Skin thickness	مرحله سوم: تجزيه علليت براي وزن بذر Steps III: Path analysis for seed weight
	0.18	0.357	وزن صد دانه 100 Seed weight	



شکل ۲- شمای تجزیه مسیر ترتیبی ویژگی های مورد بررسی در توده های کدو از شمال غرب ایران با استفاده از رگرسیون گام به گام

Figure 2. Daigram of sequential path analysis of studied morphological characteristics in Squash accessions from northwest of Iran using stepwise regression

مثبت روی ویژگی درصد کلروفیل نشان داد، طول کاسبرگ ماده اثر غیرمستقیم و منفی از طریق عرض میوه روی درصد کلروفیل نشان داد. ضخامت گوشت روی پی اچ اثر مستقیم و مثبت نشان داد. وزن بذر از طریق ضخامت گوشت اثر غیرمستقیم و مثبت روی صفت نشان داد. همبستگی بین ضخامت گوشت و پی اچ مثبت و معنی دار بود. در مرحله سوم دو صفت طول بوته و وزن بذر، به عنوان ویژگی وابسته در تجزیه مسیر در نظر گرفته شدند. در این مرحله ضخامت بذر اثر مستقیم و مثبت روی ویژگی طول بوته داشت و قطر میله پرچم از طریق

در رابطه با ویژگی طول میانگره، طول بوته بزرگ ترین اثر مستقیم و مثبت را روی آن نشان داد. این صفت از طریق تعداد میوه اثر غیرمستقیم و مثبت روی طول میانگره داشت. همبستگی طول میانگره با طول بوته، مثبت و معنی دار بود، که با نتایج تجزیه مسیر مطابقت دارد. در رابطه با ویژگی طول گلبرگ ماده، طول برگ بزرگ ترین اثر مستقیم و مثبت روی آن نشان داد. فتوسنتز خالص از طریق طول برگ اثر غیرمستقیم و مثبت روی ویژگی طول گلبرگ ماده نشان داد. همبستگی بین طول گلبرگ ماده با طول برگ مثبت و معنی دار بود. عرض میوه اثر مستقیم و

ویژگی‌های پی‌اچ میوه و طول میانگره بیشترین اثر مستقیم و مثبت بر عملکرد میوه داشتند و درصد کلروفیل بالاترین اثر غیرمستقیم را از طریق طول میانگره بر عملکرد داشت. هدف از انجام تجزیه مسیر، تعیین اجزایی از عملکرد است که دارای ویژگی‌هایی از قبیل همبستگی و اثر مستقیم بالا با عملکرد بوده و همچنین این اجزاء دارای حداقل اثرات غیرمستقیم منفی از طریق سایر ویژگی‌ها بر عملکرد باشند تا بتوانند به‌عنوان معیار انتخاب در برنامه‌های اصلاحی استفاده شوند. در این پژوهش مشخص گردید که بهره‌گیری از روش آماری رگرسیون چند متغیره، درک روابط اساسی میان متغیرها کارساز بوده و تنها استناد به روابط همبستگی برای توجیه روابط میان متغیرها کافی نمی‌باشد.

ضخامت بذر اثر غیرمستقیم و مثبت روی صفت نشان داد. همبستگی بین طول بوته و قطر میله پرچم مثبت و معنی‌دار بود. وزن صد دانه اثر مستقیم و مثبت روی وزن بذر داشت و ضخامت پوست از طریق وزن صد دانه اثر غیرمستقیم و مثبت بر روی صفت نشان داد. همبستگی وزن بذر و وزن صد دانه مثبت و معنی‌دار ولی وزن بذر با ضخامت پوست منفی و معنی‌دار بود.

نتیجه‌گیری

ویژگی‌های تعداد میوه، وزن میوه، وزن صد دانه، عرض میوه، ضخامت بذر، طول بوته، طول میانگره، شاخه‌دهی اولیه، پی‌اچ میوه، وزن بذر، طول دم‌میوه طول کاسبرگ ماده و تی‌اس‌اس همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد میوه نشان دادند. بر اساس نتایج تجزیه مسیر،

Reference

- Abd Mishani, S. and Shah Nejat Boushehri, A. S. (2008). *Complementary plant breeding* (Vol. I). Tehran: University Press. [In Farsi]
- Ahmadi, A., Ehsanzadeh P. and Jabari, F. (2009). *Introduction to plant physiology* (Vol. I, 3rd ed.). Tehran: University Press. [In Farsi]
- Anonymous. (2011). *Agricultural statistics*. Tehran: Office of Statistics and Information Technology, Deputy Director of Planning and Economic, Ministry of Jihad-e-Keshavarzi. [In Farsi].
- Balkaya, A., Mehtap, O. and Sait Kurtar, E. (2010). The phenotypic diversity and fruit characterization of winter squash (*Cucurbita maxima* L.) populations from the black sea region of Turkey. *African Journal of Biotechnology*, 9(2), 152-162.
- Barboza, N. F., Albertazzi, J., Sibaja, J. A., Mora, F., Astorga, C. and Ramirez. P. (2012). Analysis of genetic diversity of *Cucurbita moschata* (D.) germplasm accessions from Mesoamerica revealed by PCR SSCP and chloroplast sequence data. *Scientia Horticulturae*, 134, 60-71.
- Bernath, J. (1993). *Wild and cultivated medicinal plants*. Budapest: Mezo Publication.
- Daneshvar, M. H. (2006). *Nurture vegetable* (4th ed.). Ahvaz: Shahid Chamran University of Ahvaz press. [In Farsi]
- Ensminger, H. A., Kolande, E. J. and Robson, K. R. (1994). *Food and Nutrition encyclopedia* (Vol. II). Florida, USA: CRC Press.
- Food and Agriculture Organization (FAO) (2012). *Statistic database*. Retrieved from <http://www.fao.org/> (accessed Jan. 2015).
- Hosseini, P. (2007). Physiological investigation on the effect of cold stress in the seedling stage on different rice genotypes. Ph.D. Shahid Chamran University of Ahvaz, Number 145. [In Farsi].
- Moosavi, S. S., Abdollahi, M. R., Ghanbari, F. and Kanouni H. (2016). Detection and selection of effective traits on grain yield in chickpea (*Cicer arietinum* L.) under normal moisture condition. *Plant Productions*, 39(1), 119-131. [In Farsi]

- NarouiRad, M. R., AllahDo, M., Ghasemi, A. and Fanaei, H. R. (2009). Investigation of genetic diversity and broad sense heritability in watermelon accessions of sistán. *Iranian Journal of Horticultural Science*, 4(40), 95-103. [In Farsi]
- Robinson, R. W., Zitter, T. A., Provvidenti, R. and Jahn, M. K. (2003). *Breeding and evaluation of Squash and Pumpkin with multiple disease and insect resistance*. Final Project Report to the NYS IPM Program, Agricultural IPM 2002-2003.
- Rostampour, M. F. (2010). *Statistical analysis using SAS*. Tehran: Sepehr Publication. [In Farsi].
- Sheikh, F. and Basi, H. (2012). *Investigation on the variation of nuts Squash landraces in Golestan province*. National Conference on Natural Products and Medicinal Plants, Bojnord, North Khorasan University of Medical Sciences. [In Farsi]
- Zahedi, F., Nabati Ahmadi, D., Mohammadi, M. and Karimizadeh, R. A. (2016). Path analysis to study morph-physiological traits, yield and traits related to yield of lentil genotypes under rain fed condition. *Plant Productions*, 39(2), 71-80. [In Farsi]
- Zhang, M., Wang, X. F. and Cui, H. W. (1999). Genetic path analysis of early yield in cucumber. *Cucurbit Genetics Cooperative Report*, 22, 1-2.