نشریه زراعت
(پژوهش و سازندگی)
شماره ۱۰۲، بهار ۱۳۹۳

ارزیابی هم‌بستگی صفت های مؤثر و اثر آنها بر عمل‌کرد غده بزرگ در سیب‌زمینی

• **اسحاق علی بیاتی**، مدیر گروه رشته‌های کشاورزی دانشگاه پیام نور، کبودرآهنگ، همدان (نویسنده مسئول)
• **حسین میرزایی ندوشن**، عضو هیأت علمی موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور
• **محمد رضا بی‌همتا**، استاد، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج

تاریخ دریافت: آبان ماه ۱۳۹۱ تاریخ پذیرش: آذر ماه ۱۳۹۱
تلفن تماس نویسنده مسئول: ۰۹۱۸۸۱۱۰۸۴۴
Email: eshaghbayati2010@gmail.com

چکیده

به منظور دست یابی به ژنوتیپ‌های برتر و پرمحصول سیب‌زمینی، آزمایشی در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با استفاده از ۳۳ رقم و ژنوتیپ وارداتی سیب‌زمینی در ۴ تکرار انجام شد. در این بررسی، برخی از صفت های شکلی (مورفولوژیک) و مرتبط با عمل کرد سیب‌زمینی مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اختلاف ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در تمامی آن ها بسیار معنی‌دار ($p\leq0.01$) بود. با توجه به اهمیت تعداد غده بزرگ در میزان عمل کرد کل سیب‌زمینی، هم بستگی های فنوتیپی و ژنوتیپی صفت ها با تعداد غده بزرگ مورد مطالعه قرار گرفت و اثرات مستقیم و غیرمستقیم مثبت و منفی با تجزیه علیت بررسی شدند. از صفت های مورد مطالعه، ۱۳ صفت یا با تعداد غده بزرگ یا با سایر اجزاء عمل کرد هم بستگی بالایی داشتند که در تجزیه علیت مورد استفاده قرار گرفتند. نتایج حاصل از تجزیه علیت نشان داد که بیشینه اثرات مستقیم فنوتیپی بر تولید غده بزرگ به ترتیب ناشی از وزن کل غده در بوته، تعداد ساقه اصلی در بوته و وزن خشک بوته بود. برخی از صفت ها همانند وزن تر کل بوته و زمان رسیدن، اثر مستقیم منفی بالایی بر عمل کرد غده بزرگ نشان دادند. بیش تر صفت های مورد مطالعه به صورت غیرمستقیم بر افزایش تعداد غده بزرگ اثرگذار بودند. بیشینه اثرات مستقیم ژنوتیپی مثبت و منفی به ترتیب از طریق وزن غده در بوته، طول غده، زمان رسیدن، وزن تر بوته و تعداد غده متوسط و کوچک اعمال می شد. اثرات غیر مستقیم ژنوتیپی صفت ها نقش موثرتری در تعیین تعداد غده بزرگ داشتند تا اثرات مستقیم.

کلمات کلیدی: سیب‌زمینی، تجزیه علیت، غده بزرگ، هم بستگی فنوتیپی، هم بستگی ژنوتیپی

Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi) No:102 pp: 180-189

Correlation analysis of effective traits and their assessment on big tuber yield in potato

By: E. Bayati, (Corresponding Author; Tel: 09188110844), Payam Noor Univ, Kabudarahang, Hamadan, I.R.Iranr, H. Mirzaie-Nodoushan, Scientific Staff of Forests and Rangelands Research, M.R. Bihamta, Prof., Agriculture and Natural Resources Pardis, Tehran Univ., Karaj, I.R.Iran

Received: November 2015 **Accepted: December 2015**

In order to find the superior genotypes and high yielding potato varieties, the experiment was carried out on 33 introduced potato genotypes and varieties based on a complete randomized block design with four replications, in which a number of morphological characteristics were investigated. Results of analysis of variance on the recorded traits revealed that the studied genotypes were significantly different based on the studied characteristics. Regarding the importance of big size potato tubers and its effects on the potato total yield, the yield correlated characteristics were studied by path analysis on phenotypic and genotypic correlations, for their positive and negative direct and indirect effects. Among the studied characters, thirteen characters showed high correlations either to the big size tuber or to the other yield components, which were used in the path analysis. The most phenotypic direct effects on the big size tuber yield were imposed by total tuber weight per plant, number of main stems per plant and plant dry weight. Several traits such as fresh total plant weight and date of maturity showed high negative direct effects on big size potato tuber weight. The majority of the studied characters affected the increment of big size tuber yield through their indirect effects. The most genotypic positive and negative direct effects were imposed on big size tuber yield by total tuber weight per plant, tuber length, maturity date, fresh plant weight, number of medium and small tubers, respectively. Indirect effects of the studied characteristics showed more effective influence on big tuber yield rather than direct effects.

Keywords: Potato, path analysis, big size tuber, phenotypic correlation, genotypic correlation

مقدمه

سیب‌زمینی مهم‌ترین منبع گیاهی دولپه‌ای در تغذیه انسان است. ریشه‌های آردی با طعمی خوش، هدیه‌ای بسیار مورد توجه سرخ‌پوستان و حتی غذایی بسیار خوشمزه برای اسپانیایی‌هاست. این نخستین نوشته‌ای است که در قرون وسطی به توصیف سیب‌زمینی می‌پردازد که با توجه به سابقه کشت آن در اروپا اشاره مختصری است؛ زیرا از زمان ورود آن به اروپا، به صورت یک غذای مهم جهانی در آمد (Rezaie and Soltani, 1996). کشت سیب‌زمینی به عنوان یک گیاه تأمین کننده غذا پس از گندم، ذرت و برنج در مرتبه چهارم قرار می‌گیرد. سیب‌زمینی از نظر ارزش غذایی بالای آن نیز مورد توجه است؛ و از نظر پروتئین و انرژی در واحد سطح، یک زراعت درجه اول و هدایت کننده در جهان است. شوروی سابق، چین، لهستان، آمریکا، هند، هلند و آلمان در زمره تولیدکنندگان عمده سیب‌زمینی هستند (Fallahi, 1997). سطح زیرکشت این محصول در ایران حدود ۱۶۰ هزار هکتار با تولید ۵/۵ میلیون تن در سال می‌باشد. متوسط عمل کرد سیب‌زمینی در ایران در کشت آبی حدود ۳۰ و در کشت دیم حدود ۸/۴ تن در هکتار می‌باشد. البته ۹۸ درصد کشت این محصول در کشور ما به صورت آبی است (Anonymous, 1995). باید توجه داشت که متوسط عمل کرد کشورهای هلند، آلمان و آمریکا بیش از ۵۰ تن در هکتار می‌باشد. استان‌های اردبیل، آذربایجان شرقی، اصفهان و خراسان با داشتن مجموعاً ۴۹/۷۲ درصد از سطح زیر کشت این محصول، به ترتیب مقام‌های اول تا چهارم تولید در کشور را به خود اختصاص داده‌اند. البته تولید در استان همدان را نیز باید در نظر گرفت؛ زیرا بیشینه راندمان تولید محصول در هکتار مربوط به اردبیل و همدان و کمینه آن متعلق به کردستان است. میزان تولید سیب زمینی در همدان ۷۰۰ هزار تن بوده که یک چهارم آن در شهرستان کبودرآهنگ تولید می‌گردد. مازندران در زراعت دیم با عمل کرد ۱۶ تن در هکتار، مقام اول کشور را به خود اختصاص داده است (Anonymous, 1995).

هم بستگی‌های ساده بین متغیرها، ارتباط ساده بین دو متغیر را بیان می‌کنند؛ ولی تجزیه علیت یکی از روش‌های مطالعه اصل علیت در میان مجموعه‌ای از متغیرهاست که با فرض خطی و جمع‌پذیر بودن رابطه بین متغیرهای مختلف، عدم هم بستگی بین اثرات باقی‌مانده، یک‌جهته بودن و تامه بودن علت‌های مورد بررسی در مدل، هم بستگی بین متغیرها را به اثرات مستقیم و غیرمستقیم تقسیم می‌کند (Farshadfar 1997). در تعبیر دیگری تجزیه علیت نوعی تجزیه واریانس چند متغیره قلمداد گردیده است که بی‌شباهت به تجزیه به مؤلفه‌های اصلی نیست (Farshadfar, 2012). چرا که این نوع تجزیه نیز مثل تجزیه به مولفه های اصلی با استفاده از متغیرهای اولیه، یک مدل چند متغیره ایجاد می‌کند که همه صفت‌های مورد مطالعه را در بر دارد. مطالعه هم‌بستگی بین صفت ها به به نژادگران این امکان را می دهد که ارتباطات دو جانبه بین صفات مختلف را بدانند و صفاتی را که می توان گزینش ژنوتیپ های برتر را بر اساس آنها انجام داد و بهترین نتیجه را گرفت شناسایی نماید (Darvishzadeh *et al.*, 2011). از این روش تا کنون در مطالعه روابط بین صفت های تعیین کننده عمل کرد

در گیاهان مختلف استفاده شده است. در سیب‌زمینی نیز محققان متعددی از این روش در مطالعه روابط بین صفت ها در سطوح مختلف ولی بیشتر بر روی تعداد معدودی ارقام استفاده کرده‌اند. به عنوان نمونه از این روش در مطالعه روابط بین بعضی از صفت ها در ده رقم و ژنوتیپ سیب‌زمینی استفاده شده و روابط مثبت و منفی حاصل بین صفت های مورد مطالعه بررسی و ارزیابی گردید که به واسطه آن مشخص شد که ارتفاع گیاه، وزن غده‌های بزرگ و غده‌های متوسط نقش موثرتری بر عملکرد سیب زمینی داشتند (Khayatnezhad *et al*., 2011). در این خصوص از تجزیه علیت نیز در مطالعه روابط بین صفت ها در مینی‌تیوبر حاصل از چهار رقم سیب‌زمینی استفاده و مشخص شد که تعداد ساقه اصلی در بوته و نیز وزن غده، بیشینه اثر مستقیم را بر عمل کرد غده و بیش ترین اثر غیرمستقیم را بر عمل کرد سیب‌زمینی داشتند (Nazari *et al*., 2010). از تجزیه علیت در مطالعه روابط بین صفت ها در دامنه وسیع تری از رقم ها نیز استفاده گردید. در یک بررسی، ۲۸ رقم و ژنوتیپ سیب‌زمینی مورد مطالعه قرار گرفت؛ و مشخص شد که تعداد غده و میانگین وزن تک غده ها، بیشینه اثر مستقیم را بر عمل کرد سیب‌زمینی داشت (Sattar *et al*., 2007). بررسی هم بستگی عمل کرد و اجزاء عمل کرد غده سیب زمینی و تجزیه علیت در رقم های جدید سیب‌زمینی (۲۴ رقم در سه منطقه) در استان اردبیل نشان داد که تعداد غده در بوته، وزن متوسط غده در بوته و قطر ساقه اصلی، با عمل کرد غده هم بستگی مثبت و معنی‌دار داشتند (Hosseinzadeh and Moghaddam, 1999). در بررسی دیگری تجزیه ضریب های هم بستگی حکایت از آن داشت که وزن غده در هر بوته و نیز متوسط وزن هر غده، اجزاء اصلی تعیین کننده عمل کرد غده در سیب زمینی بوده و می توان از آن ها در اصلاح این گیاه بهره گرفت (Burhan, 2007). در تحقیق دیگری در بررسی اثرات مستقیم و غیرمستقیم برخی صفت ها بر عمل کرد یک رقم سیب‌زمینی نشان داد که درصد غده‌های درشت، بیشینه اثر مستقیم مثبت و وزن مخصوص غده و درصد غده‌های ریز بیشینه اثرات مستقیم منفی را بر عمل کرد داشتند (Arshadi *et al*., 2010). این تحقیق با هدف بررسی میزان هم بستگی صفت ها و امکان استفاده از آن ها در گزینش غیرمستقیم برای تعیین عمل کرد غده بزرگ و انتخاب ژنوتیپ‌های پرمحصول، تعیین اثرات مستقیم صفت های مؤثر بر عمل کرد غده بزرگ و اثرات غیرمستقیم آن ها از طریق روش تجزیه علیت، و استفاده از تعداد زیادی از ارقام موجود سیب‌زمینی در بررسی روابط علی و معلولی صفت های مختلف با عمل کرد سیب‌زمینی انجام شد.

مواد و روش ها

این آزمایش بر مبنای مطالعه ۳۳ رقم مختلف سیب‌زمینی (جدول ۱) که از ایستگاه تحقیقات کشاورزی تجرک استان همدان دریافت گردید در مزرعه تحقیقاتی شرکت گیاه بافت غرب واقع در کبودرآهنگ همدان انجام شد. از بین رقم های مورد مطالعه، رقم آئولا از آلمان و بقیه رقم ها از هلند به کشور وارد شده اند. در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۴ تکرار در یک مزرعه خصوصی در روستای بابان از توابع شهرستان کبودرآهنگ انجام شد. در این بررسی، برخی از صفت های مرتبط با عمل کرد غده سیب‌زمینی از جمله ابعاد غده‌های سیب‌زمینی، تعداد غده‌ها در اندازه‌های مختلف و ویژگی‌های اندام‌های رویشی (جدول ۲) مورد مطالعه قرار گرفتند. کبودرآهنگ با مختصات جغرافیایی۴۸/۴۴ درجه طول شرقی و ۳۴/۱۲ درجه عرض شمالی در ارتفاع ۱۶۸۰ متر از سطح دریا واقع گردیده است.

جدول ۱ – ژنوتیپ‌ها و رقم‌های سیب‌زمینی مورد مطالعه

ردیف	رقم	ردیف	رقم
۱	کاردینال	۱۸	الیس
۲	رومینا	۱۹	بولستا
۳	کرسور	۲۰	کاسموس
۴	فولوا	۲۱	اینوا
۵	رومانو	۲۲	فیانا
۶	پیکاسو	۲۳	کنکورد
۷	استیما	۲۴	مارفونا
۸	موندیال	۲۵	سینگا
۹	پریمیر	۲۶	مارکیز
۱۰	دراگا	۲۷	بریجت
۱۱	بینلا	۲۸	آئولا
۱۲	آژاکس	۲۹	کوراس
۱۳	آگریا	۳۰	راجا
۱۴	کندر	۳۱	فونتال
۱۵	دیامانت	۳۲	سانته
۱۶	سامانتا	۳۳	MN1190
۱۷	آریندا		

جدول ۲- صفت‌های مورد مطالعه در آزمایش، روش و واحد اندازه‌گیری آن‌ها

صفت	کد	روش و واحد اندازه‌گیری صفت‌ها
تعداد غده بزرگ	(X_1)	میانگین تعداد غده‌های بزرگ‌تر از ۵۵ میلی‌متر در ۵ بوته از هر واحد آزمایشی
تعداد ساقه اصلی	(X_2)	میانگین تعداد ساقه اصلی موجود در ۵ بوته
تعداد ساقه فرعی	(X_3)	میانگین تعداد ساقه‌های فرعی در ۵ بوته از هر کرت
ارتفاع بوته	(X_4)	میانگین ارتفاع بوته در ۵ بوته در هر کرت به سانتی‌متر
تعداد غده کوچک	(X_5)	میانگین تعداد غده‌های کوچک‌تر از۳۵ میلی‌متر در ۵ بوته از هر کرت
تعداد غده متوسط	(X_6)	میانگین تعداد غده‌های بزرگ‌تر از ۳۵ و کوچک‌تر از ۵۵ میلی‌متر در ۵ بوته
وزن غده در هر بوته	(X_7)	میانگین وزن غده در ۵ بوته از هر کرت به کیلوگرم
قطر ساقه	(X_8)	میانگین قطر ساقه اصلی ۵ بوته از هر واحد آزمایشی به میلی‌متر
وزن خشک کل بوته	(X_9)	میانگین وزن خشک ۵ بوته از هر کرت به گرم
زمان رسیدن	(X_{10})	زمان رسیدن بوته‌های هر واحد آزمایشی
طول غده	(X_{11})	میانگین طول غده در ۵ بوته از هر کرت به میلی‌متر
عرض غده	(X_{12})	میانگین قطر غده در ۵ بوته از هر کرت به میلی‌متر
وزن تر کل بوته	(X_{13})	میانگین وزن تر ۵ بوته کامل به گرم
برگچه در هر شاخه	(X_{14})	تعداد برگچه‌های هر شاخه در ۵ بوته

متوسط بارندگی سالیانه این منطقه در ۲۰ سال گذشته ۳۱۰/۱ میلی‌متر با توزیع نامنظم و بیش تر در ماه های زمستان و اوایل بهار بوده است. متوسط درجه حرارت سالیانه طی ۲۰ سال گذشته ۱۰/۷ درجه سانتی گراد بود؛ که بیشینه آن در مرداد ماه با ۳۴/۱ و کمینه آن در بهمن ماه به میزان ۸- درجه سانتی گراد رخ داده است. متوسط رطوبت نسبی در ۲۰ سال گذشته ۵۵/۶ درصد بوده است. هوای زمستان همدان، سرد و در بهار معتدل و در تابستان گرم و خشک است. بر اساس اطلاعات مذکور، میزان درجه حرارت محیط طی دوره رشد سیب‌زمینی مناسب بوده و از این نظر محدودیتی برای کشت این گیاه وجود ندارد. اما به دلیل کافی نبودن میزان بارندگی در دوران رشد گیاه، تولید محصول با آبیاری مناسب، امکان‌پذیر است.

در این آزمایش هر کرت دارای ۴ خط به طول ۴ متر با فاصله ۷۵ سانتی‌متر از یک دیگر بود؛ و فاصله بین بوته‌ها در روی خط های کاشت نیز ۲۵ سانتی‌متر تعیین شد. سطح رکوردگیری شامل دو خط وسط بود که نیم‌متر از ابتدا و انتهای آن ها جهت رفع اثرات حاشیه‌ای حذف گردید. نقشه آزمایش نیز از تصادفی کردن تیمارها در کرت‌ها و بلوک‌ها به دست آمد. زمین یک نواخت مورد استفاده در این آزمایش در سال قبل به صورت آیش و دو سال پیش از آن زیر کشت یونجه بود. این زمین در پائیز، شخم عمیق (به عمق ۳۰ سانتی‌متر) و در اردیبهشت ماه سال بعد یک شخم سطحی (حدود ۱۴- ۱۲ سانتی‌متر) زده شد. سپس در اوایل خردادماه عملیات تسطیح و خاک‌ورزی ثانویه توسط دیسک و ماله صورت گرفت. کود مصرفی نیز بر اساس آزمایش تجزیه خاک شامل ۸۵ کیلوگرم فسفر خالص، ۷۰ کیلوگرم پتاس خالص، ۲۵ کیلوگرم روی و ۱۰ کیلوگرم آهن بود که قبل از دیسک زدن به هر هکتار زمین افزوده شد. در اواسط خردادماه جوی پشته‌هائی به فاصله ۷۵ سانتی متر از هم (به وسیله فارو) ایجاد شد؛ و عملیات کاشت (با عمق ۱۴ سانتی متر) با دست صورت گرفت. اولین آبیاری دو روز بعد از کاشت انجام شد. در زمان داشت گیاه، پای بوته‌ها در دو مرحله خاک دهی شد؛ و ۳۰۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار در دو مرحله به عنوان کود سرک به زمین اضافه گردید. در مرحله اول کوددهی، ارتفاع بوته‌ها حدود۱۰ الی ۱۵ سانتی‌متر و در مرحله دوم ۲۰ الی ۳۰ سانتی‌متر بود. دومین آبیاری ۱۲ روز بعد از کاشت انجام شد. جهت مبارزه با علف‌های هرز، ۲۴ ساعت قبل از دومین آبیاری از علف‌کش متروبوزین (سنکور) (به میزان ۱ کیلوگرم در هکتار) استفاده گردید. در طول دوره داشت، مبارزه با علف‌های هرز به صورت وجین دستی هر ۱۵ روز یک بار انجام شد. جهت افزایش عمل کرد از کلات آهن و روی بهاران به میزان ۴۰ لیتر در هکتار همراه با آب آبیاری استفاده شد. هم چنین قبل از کاشت، جهت ضدعفونی بذر و پیش گیری از بروز بیماری‌های قارچی از قارچ کش سیستمیک رورال + کاربندازیم (رورال‌تی‌اس) به میزان یک کیلوگرم در قبال یک تن سیب‌زمینی استفاده گردید. در نهایت برای مبارزه با انواع کنه (کنه قرمز و کنه تارعنکبوتی) از یک کیلوگرم سم آزوسیکلوتین (پروپال) به همراه ۳ کیلوگرم کود کامل میکرو (شرکت گیاه) در هر هکتار استفاده شد. رقم های مختلف در زمان‌های متفاوت برداشت شدند؛ که این زمان با توجه به رسیدن آن ها متفاوت بود. قبل از برداشت سیب زمینی، اندام‌های هوایی به طور مکانیکی قطع گردیدند. برای رفع اثرات حاشیه، نیم‌متر از ابتدا و انتهای هرخط حذف و برداشت از دوخط وسط صورت گرفت. ضریب های هم بستگی دوگانه فنوتیپی و ژنوتیپی محاسبه گردید. با توجه به اهمیت تعداد غده بزرگ در میزان عمل کرد کل سیب‌زمینی،

هم بستگی صفت ها با تعداد غده بزرگ مورد مطالعه قرار گرفت؛ و اثرات مستقیم و غیرمستقیم با تجزیه علیت بررسی شدند. تعداد سیزده صفت از صفت های مورد مطالعه، یا با تعداد غده بزرگ و یا با سایر اجزاء عمل کرد هم بستگی بالایی داشتند؛ که در تجزیه علیت مورد استفاده قرار گرفتند (جدول ۲). محاسبات آماری شامل تجزیه واریانس، تعیین ضریب های هم بستگی فنوتیپی و ژنوتیپی و تجزیه علیت، با استفاده از نرم افزارهای آماری SAS، Path 2 و Genecor انجام گرفت.

نتایج وبحث

تجزیه واریانس داده ها نشان داد که رقم های مورد مطالعه از نظر صفت های مورد بررسی با هم تفاوت معنی‌داری داشتند. در تجزیه علیت از سیزده صفت که هم بستگی دوگانه فنوتیپی و ژنوتیپی بالایی با صفت تعداد غده‌های بزرگ و سایر اجزاء عمل کرد داشتند استفاده گردید (جدول ۳).

هم‌بستگی های فنوتیپی

به جز تعداد غده کوچک و زمان رسیدن، ضریب های هم بستگی فنوتیپی ساده بین تعداد غده بزرگ و سایر صفت ها بسیار معنی دار ($p\leq0.01$) بود. در بین صفت هائی که مورد بررسی قرار گرفتند، ضریب های هم بستگی دوگانه فنوتیپی با تعداد غده بزرگ بین ۰/۱۳ (هم بستگی دوگانه تعداد غده بزرگ با تعداد غده کوچک) تا ۰/۸۷ (هم بستگی دوگانه تعداد غده بزرگ با وزن غده در هر بوته) متغیر بود. لازم به ذکر است که با توجه به گستردگی آزمایش انجام شده و تعداد زیاد داده‌ها و بزرگ بودن ماتریس عددی مورد تجزیه و تحلیل، ضریب های هم بستگی، کوچک شده ولی در مقابل در چنین شرایطی ضریب های هم بستگی کوچک‌تر از نظر آماری معنی‌دار گردیدند. به عنوان مثال با داشتن ۱۰ جفت عدد، ضریب هم بستگی ۰/۶ و بزرگ‌تر از آن معنی‌دار ($p\leq0.05$) می‌گردد. در حالی که با داشتن ۱۰۰ جفت عدد، ضریب هم بستگی حدود ۰/۱۹ و بزرگ‌تر از آن معنی‌دار می‌شود (Mirzaie-Nodoushan, 1998). از این رو در این آزمایش با توجه به بزرگی ابعاد ماتریس اعداد مورد تجزیه و تحلیل، ضریب های هم بستگی کوچک شدند؛ ولی ذاتاً حساسیت این ضریب ها در آزمون معنی‌دار شدن افزایش یافت. وجود هم بستگی بالا و معنی دار بین عمل کرد سیب زمینی و صفت هایی نظیر تعداد غده و وزن غده توسط سایر محققین نیز گزارش شده است (Galarreta *et al.*, 2006; Burhan, 2007; Maris, 1988). در سایر گیاهان غده ای نظیر سیب زمینی ترشی نیز این نوع هم بستگی ها به وضوح مشاهده شده است (Tsegaye *et al.*, 2006).

نتایج تجزیه علیت در هم‌بستگی های فنوتیپی صفت های مرتبط با عمل کرد غده‌های بزرگ‌تر از ۵۵ میلی متر یا تعداد غده بزرگ نشان داد که اثرات مستقیم صفت های مستقل با صفت وابسته (تعداد غده بزرگ) بین ۰/۰۰۹- (اثر مستقیم تعداد ساقه فرعی) تا ۰/۷۷۴ (اثر مستقیم وزن غده در هر بوته) متغیر بود (جدول ۵). این نکته قابل توجه است که صفت تعداد ساقه فرعی به رغم هم بستگی بالائی که در بررسی هم بستگی‌های فنوتیپی ساده دوگانه نشان داده بود، اثرات مستقیم ناچیزی بر تعداد غده بزرگ از خود نشان داد؛ و بیش تر از طریق سایر صفت ها و به طور غیرمستقیم بر تعداد غده بزرگ اثرگذار بود؛ به طوری که مجموع اثرات غیرمستقیم این صفت بر تعداد غده‌های بزرگ برابر با ۰/۲۸۹ بود. در مقابل، صفت وزن غده در هر بوته اثرات غیرمستقیم ناچیزی بر تعداد غده بزرگ داشت. خطای حاصل از تجزیه علیت در مدل، کم تر از ۰/۱ بود (جدول ۵) که حاکی از پوشش کافی صفت های مورد مطالعه در تجزیه و تحلیل داده‌ها می باشد.

کل اثرات غیرمستقیم فنوتیپی صفت های مستقل بر صفت وابسته نیز بین ۰/۰۹۶ (اثرات غیرمستقیم وزن غده در هر بوته) و ۰/۷۵۶ (اثرات غیرمستقیم وزن تر کل بوته) متغیر بود (جدول ۵). البته اثرگذاری وزن تر کل بوته [با داشتن اثر مستقیم منفی (۰/۲۶۶-) بر تعداد غده بزرگ] بر صفت وابسته، در مجموع برابر ۰/۴۹ تراز گردید. از نظر اثرات غیرمستقیم فردی صفت های مستقل بر صفت وابسته نیز دامنه اثرات بین ۰/۰۰۱- (اثر غیرمستقیم تعداد ساقه اصلی از طریق تعداد ساقه فرعی بر عمل کرد غده بزرگ) تا ۰/۴۹۶+ (اثر غیرمستقیم صفت عرض غده از طریق وزن غده در هر بوته بر عمل کرد غده بزرگ) متغیر بود (جدول ۴). مجموعه اثرات مستقیم و غیرمستقیم در شکل ۱ نمایش داده شده است. اثر مستقیم (با درجه بالا) وزن غده در هر بوته بر تعداد غده بزرگ توسط سایر محققان نیز مورد تأیید قرار گرفته است (Nazari *et al.*, 2010). نتایج تحقیق حاضر از نظر اثرگذاری تعداد ساقه فرعی بر عمل کرد غده بزرگ با یافته های برخی از پژوهش گران (Nazari *et al.*, 2010) مغایر بود. شاید دلیل این امر تفاوت در محل انجام آزمایش ها و نیز تفاوت در تنوع موجود در ژرم‌پلاسم و تعداد ارقامی است که مورد مطالعه است. در این تحقیق ۳۳ رقم و ژنوتیپ مختلف در آزمایشی با ۴ تکرار مطالعه گردید که نتایج آن می‌تواند به اندازه کافی مورد اعتماد باشد.

هم‌بستگی های ژنوتیپی

این هم‌بستگی ها نوعا بزرگ تر از هم‌بستگی های فنوتیپی بودند. البته هم بستگی های ژنوتیپی بیشتر از هم بستگی های فنوتیپی، حاکی از ارتباط ژنتیکی صفات مورد مطالعه است (Sattar *et al.*, 2007). ضریب های هم بستگی ژنوتیپی صفت های مورد مطالعه با تعداد غده بزرگ بین ۰/۱۴ (هم بستگی ژنوتیپی تعداد غده بزرگ با تعداد غده کوچک) تا ۰/۹۰ (هم بستگی دوگانه تعداد غده بزرگ با وزن غده در هر بوته) متغیر بود که از این نظر اگرچه سطح هم‌بستگی نسبت به هم‌بستگی های فنوتیپی افزایش یافت ولی ترتیب صفات با کمترین و بیشترین هم‌بستگی همان ترتیب و ترکیب صفات در هم‌بستگی فنوتیپی بود.

بر اساس نتایج تجزیه علیت با استفاده از هم‌بستگی های ژنوتیپی صفت های مرتبط با تعداد غده بزرگ، اثرات مستقیم صفت های مستقل با صفت وابسته بین ۰/۰۳۳ (اثر مستقیم قطر ساقه) تا ۱/۲۸۹ (اثر مستقیم وزن غده در هر بوته) متغیر بود (جدول ۵). اثر مستقیم وزن غده در هر بوته بر تعداد غده بزرگ (۱/۲۸۹) در مقایسه با همبستگی ساده ژنوتیپی این دو صفت (۰/۹) و موارد دیگر نظیر این اثرات مستقیم حاکی از این است که با استفاده از نتایج حاصل از تجزیه علیت و انتخاب صفت های مناسب جهت انجام فرایند انتخاب می توان به نحو موثرتری برنامه های اصلاحی این گونه ارزشمند را هدایت نمود. در مقایسه هم‌بستگی های ژنوتیپی کل با اثرات مستقیم ژنوتیپی این نکته قابل توجه است که صفت عرض غده و ارتفاع بوته که هم‌بستگی ژنوتیپی بالائی با تعداد غده بزرگ داشتند (۰/۷۵ و ۰/۶۱ به ترتیب) اثرات مستقیم ناچیز یا منفی (۰/۰۶۱ و ۰/۰۶۹- به ترتیب) با این صفت نشان دادند (جدول ۵) و این دو صفت بیش تر از طریق سایر صفت ها و به طور غیرمستقیم بر تعداد غده بزرگ اثرگذار بودند؛ به طوری که مجموع اثرات غیرمستقیم این دو صفت بر تعداد غده‌های بزرگ به ترتیب برابر با ۰/۶۸۹ و ۰/۶۷۹ بود. در مقابل، صفت وزن غده در هر بوته که

جدول ۳ – ضریب‌های هم‌بستگی دوگانه صفت‌های مورد مطالعه در ۳۳ رقم مختلف سیب‌زمینی (روی قطر اصلی، هم‌بستگی ژنوتیپی و زیر قطر اصلی هم‌بستگی فنوتیپی)

صفت‌های مورد مطالعه	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}	X_{14}
تعداد غده بزرگ (X_1)	۱/۰۰	۰/۵۰**	۰/۳۰**	۰/۶۱**	۰/۱۴ ns	۰/۴۰**	۰/۹۰**	۰/۴۲**	۰/۴۸**	۰/۱۵ ns	۰/۳۶**	۰/۷۵**	۰/۵۴**	۰/۳۰**
تعداد ساقه اصلی (X_2)	۰/۴۸**	۱/۰۰	۰/۱۸*	۰/۳۹**	۰/۳۱**	۰/۳۸**	۰/۳۱**	۰/۰۲**	۰/۳۴**	۰/۲۶**	۰/۰۱ ns	۰/۳۹**	۰/۴۰**	۰/۴۹**
تعداد ساقه فرعی (X_3)	۰/۲۸**	۰/۱۸*	۱/۰۰	۰/۳۷**	۰/۲۵**	۰/۳۲**	۰/۳۹**	۰/۳۰**	۰/۳۵**	۰/۳۵**	۰/۱۹*	۰/۳۱**	۰/۳۷**	۰/۴۲**
ارتفاع بوته (X_4)	۰/۶۰**	۰/۳۸**	۰/۳۶**	۱/۰۰	۰/۲۲**	۰/۴۱**	۰/۶۲**	۰/۵۶**	۰/۵۶**	۰/۳۷**	۰/۱۵ ns	۰/۳۹**	۰/۵۶**	۰/۴۰**
تعداد غده کوچک (X_5)	۰/۱۳ns	۰/۳۰**	۰/۲۳**	۰/۲۲**	۱/۰۰	۰/۶۶**	۰/۲۸**	۰/۳۴**	۰/۱۹*	۰/۷۰**	۰/۱۵ ns	۰/۲۱**	۰/۳۶**	۰/۰۲ ns
تعداد غده متوسط (X_6)	۰/۴۰**	۰/۳۷**	۰/۳۰**	۰/۴۰**	۰/۶۵**	۱/۰۰	۰/۵۶**	۰/۲۴**	۰/۳۰**	۰/۶۰**	۰/۱۵ ns	۰/۲۵**	۰/۳۶**	۰/۲۰*
وزن غده در هر بوته (X_7)	۰/۸۷**	۰/۳۰**	۰/۳۴**	۰/۵۹**	۰/۲۷**	۰/۵۴**	۱/۰۰	۰/۵۰**	۰/۵۰**	۰/۳۷**	۰/۵۹**	۰/۷۳**	۰/۵۵**	۰/۲۴**
قطر ساقه (X_8)	۰/۴۱**	۰/۰۲ns	۰/۲۷**	۰/۵۴**	۰/۳۳**	۰/۲۳**	۰/۴۹**	۱/۰۰	۰/۳۸**	۰/۲۹**	۰/۳۴**	۰/۳۰**	۰/۴۸**	۰/۲۳**
وزن خشک بوته (X_9)	۰/۴۸**	۰/۳۳**	۰/۳۲**	۰/۵۶**	۰/۱۹*	۰/۲۹**	۰/۴۸**	۰/۳۶**	۱/۰۰	۰/۳۷**	۰/۱۷*	۰/۴۳**	۰/۹۲**	۰/۴۶**
زمان رسیدن (X_{10})	۰/۱۵ns	۰/۲۵**	۰/۳۳**	۰/۳۴**	۰/۶۵**	۰/۵۸**	۰/۳۷**	۰/۲۶**	۰/۳۷**	۱/۰۰	۰/۱۵ ns	۰/۱۸*	۰/۳۸**	۰/۲۷**
طول غده (X_{11})	۰/۲۴**	۰/۰۱ns	۰/۱۳ns	۰/۱۰ns	۰/۱۰ns	۰/۱۰ns	۰/۳۹**	۰/۲۳**	۰/۱۱ns	۰/۱۱ns	۱/۰۰	۰/۵۶**	۰/۱۸*	۰/۱۱ ns
عرض غده (X_{12})	۰/۶۸**	۰/۳۵**	۰/۲۹**	۰/۳۶**	۰/۱۹*	۰/۲۳**	۰/۶۴**	۰/۲۷**	۰/۳۹**	۰/۱۷*	۰/۵۳**	۱/۰۰	۰/۴۳**	۰/۲۱*
وزن تر کل بوته (X_{13})	۰/۴۹**	۰/۳۹**	۰/۳۴**	۰/۵۵**	۰/۲۵**	۰/۳۶**	۰/۵۳**	۰/۴۷**	۰/۹۰**	۰/۳۷**	۰/۱۲ns	۰/۳۹**	۱/۰۰	۰/۵۸**
برگچه در هر شاخه (X_{14})	۰/۲۹**	۰/۴۵**	۰/۳۸**	۰/۴۰**	۰/۰۲ns	۰/۱۸*	۰/۲۵**	۰/۲۲**	۰/۴۷**	۰/۲۶**	−۰/۰۶ns	۰/۱۹*	۰/۵۷**	۱/۰۰

*، ** و ns به‌ترتیب: معنی‌دار در سطوح ۵ و ۱ درصد و غیرمعنی‌دار

جدول ۴- اثرات مستقیم (روی قطر اصلی) و غیرمستقیم (خارج از قطر اصلی) صفت‌های مورد مطالعه بر تعداد غده بزرگ بر مبنای همبستگی‌های فنوتیپی

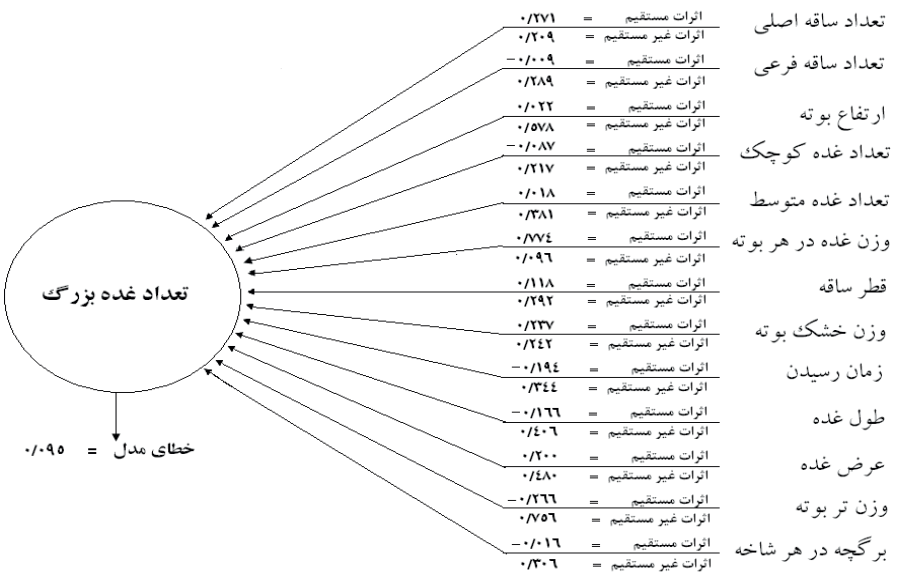
صفت‌های مورد مطالعه	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	X_{11}	X_{12}	X_{13}	X_{14}
تعداد ساقه اصلی (X_2)	**۰/۲۷۱**	۰/۰۰۱	۰/۰۰۸	-۰/۰۲۶	۰/۰۰۷	۰/۲۳۲	۰/۰۰۲	۰/۰۷۸	-۰/۰۴۸	-۰/۰۰۲	۰/۰۷۰	-۰/۱۰۴	-۰/۰۰۷
تعداد ساقه فرعی (X_3)	۰/۰۴۹	**-۰/۰۰۹**	۰/۰۰۸	-۰/۰۲۰	۰/۰۰۶	۰/۲۶۳	۰/۰۳۱	۰/۰۷۶	-۰/۰۶۴	-۰/۰۲۱	۰/۰۵۸	-۰/۰۹۱	-۰/۰۰۶
ارتفاع بوته (X_4)	۰/۱۰۳	-۰/۰۰۳	**۰/۰۲۲**	-۰/۰۱۹	۰/۰۰۷	۰/۴۵۷	۰/۰۶۴	۰/۱۳۳	-۰/۰۶۶	-۰/۰۱۷	۰/۰۷۲	-۰/۱۴۶	-۰/۰۰۶
تعداد غده کوچک (X_5)	۰/۰۸۱	-۰/۰۰۲	۰/۰۰۵	**-۰/۰۸۷**	۰/۰۱۲	۰/۲۰۹	۰/۰۳۹	۰/۰۴۵	-۰/۱۲۶	-۰/۰۱۷	۰/۰۳۸	-۰/۰۶۷	-۰/۰۰۱
تعداد غده متوسط (X_6)	۰/۱۰۰	-۰/۰۰۳	۰/۰۰۹	-۰/۰۵۷	**۰/۰۱۸**	۰/۴۱۸	۰/۰۲۷	۰/۰۶۹	-۰/۱۱۳	-۰/۰۱۷	۰/۰۴۶	-۰/۰۹۶	-۰/۰۰۳
وزن غده در هر بوته (X_7)	۰/۰۸۱	-۰/۰۰۳	۰/۰۱۳	-۰/۰۲۴	۰/۰۱۰	**۰/۷۷۴**	۰/۰۵۸	۰/۱۱۴	-۰/۰۷۲	-۰/۰۶۵	۰/۱۲۸	-۰/۱۴۱	-۰/۰۰۴
قطر ساقه (X_8)	۰/۰۰۵	-۰/۰۰۲	۰/۰۱۲	-۰/۰۲۹	۰/۰۰۴	۰/۳۷۹	**۰/۱۱۸**	۰/۰۸۶	-۰/۰۵۰	-۰/۰۳۸	۰/۰۵۴	-۰/۱۲۵	-۰/۰۰۳
وزن خشک بوته (X_9)	۰/۰۸۹	-۰/۰۰۳	۰/۰۱۲	-۰/۰۱۷	۰/۰۰۵	۰/۳۷۲	۰/۰۴۲	**۰/۲۳۷**	-۰/۰۷۲	-۰/۰۱۸	۰/۰۷۸	-۰/۲۴۰	-۰/۰۰۷
زمان رسیدن (X_{10})	۰/۰۶۸	-۰/۰۰۳	۰/۰۰۸	-۰/۰۵۷	۰/۰۱۰	۰/۲۸۶	۰/۰۳۱	۰/۰۸۸	**-۰/۱۹۴**	-۰/۰۱۸	۰/۰۳۴	-۰/۰۹۹	-۰/۰۰۴
طول غده (X_{11})	۰/۰۰۳	-۰/۰۰۱	۰/۰۰۲	-۰/۰۰۹	۰/۰۰۲	۰/۳۰۲	۰/۰۲۷	۰/۰۲۶	-۰/۰۲۱	**-۰/۱۶۶**	۰/۱۰۶	-۰/۰۳۲	۰/۰۰۱
عرض غده (X_{12})	۰/۰۹۵	-۰/۰۰۳	۰/۰۰۸	-۰/۰۱۶	۰/۰۰۴	۰/۴۹۶	۰/۰۳۲	۰/۰۹۳	-۰/۰۳۳	-۰/۰۸۸	**۰/۲۰۰**	-۰/۱۰۴	-۰/۰۰۳
وزن تر کل بوته (X_{13})	۰/۱۰۶	-۰/۰۰۳	۰/۰۱۲	-۰/۰۲۲	۰/۰۰۷	۰/۴۱۰	۰/۰۵۶	۰/۲۱۳	-۰/۰۷۲	-۰/۰۲۰	۰/۰۷۸	**-۰/۲۶۶**	-۰/۰۰۹
برگچه در هر شاخه (X_{14})	۰/۱۲۲	-۰/۰۰۳	۰/۰۰۹	-۰/۰۰۲	۰/۰۰۳	۰/۱۹۴	۰/۰۲۶	۰/۱۱۲	-۰/۰۵۰	۰/۰۱۰	۰/۰۳۸	-۰/۱۵۲	**-۰/۰۱۶**

جدول ۵ - ضریب‌های همبستگی فنوتیپی و ژنوتیپی صفات مختلف با عملکرد غده بزرگ و تقسیم آنها به اثرات مستقیم، و کل اثرات غیر مستقیم از طریق سایر صفات

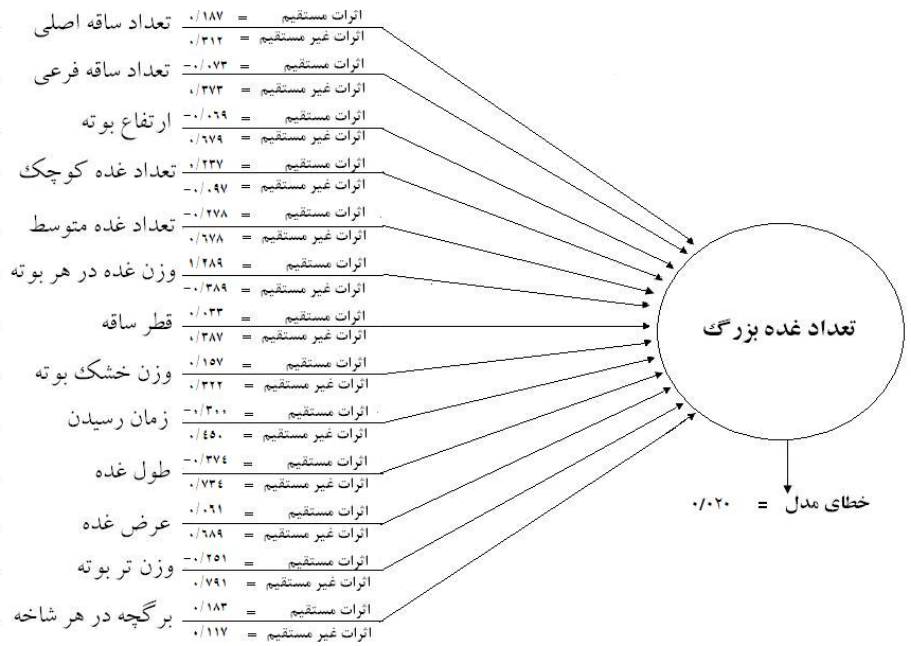
صفات مورد مطالعه	اثرات غیر مستقیم فنوتیپی	اثرات غیر مستقیم ژنوتیپی	اثرات مستقیم فنوتیپی	اثرات مستقیم ژنوتیپی	اثرات کل فنوتیپی	اثرات کل ژنوتیپی
تعداد ساقه اصلی (X_2)	۰/۲۰۹	۰/۳۱۲	۰/۲۷۱	۰/۱۸۷	۰/۴۸۰	۰/۵۰۰
تعداد ساقه فرعی (X_3)	۰/۲۸۹	۰/۳۷۳	-۰/۰۰۹	-۰/۰۷۳	۰/۲۸۰	۰/۳۰۰
ارتفاع بوته (X_4)	۰/۵۷۸	۰/۶۷۹	۰/۰۲۲	-۰/۰۶۹	۰/۶۰۰	۰/۶۱۰
تعداد غده کوچک (X_5)	۰/۲۱۷	-۰/۰۹۷	-۰/۰۸۷	۰/۲۳۷	۰/۱۳۰	۰/۱۴۰
تعداد غده متوسط (X_6)	۰/۳۸۱	۰/۶۷۸	۰/۰۱۸	-۰/۲۷۸	۰/۴۰۰	۰/۴۰۰
وزن غده در هر بوته (X_7)	۰/۰۹۶	-۰/۳۸۹	۰/۷۷۴	۱/۲۸۹	۰/۸۷۰	۰/۹۰۰
قطر ساقه (X_8)	۰/۲۹۲	۰/۳۸۷	۰/۱۱۸	۰/۰۳۳	۰/۴۱۰	۰/۴۲۰
وزن خشک بوته (X_9)	۰/۲۴۲	۰/۳۲۲	۰/۲۳۷	۰/۱۵۷	۰/۴۸۰	۰/۴۸۰
زمان رسیدن (X_{10})	۰/۳۴۴	۰/۴۵۰	-۰/۱۹۴	-۰/۳۰۰	۰/۱۵۰	۰/۱۵۰
طول غده (X_{11})	۰/۴۰۶	۰/۷۳۴	-۰/۱۶۶	-۰/۳۷۴	۰/۲۴۰	۰/۳۶۰
عرض غده (X_{12})	۰/۴۸۰	۰/۶۸۹	۰/۲۰۰	۰/۰۶۱	۰/۶۸۰	۰/۷۵۰
وزن تر کل بوته (X_{13})	۰/۷۵۶	۰/۷۹۱	-۰/۲۶۶	-۰/۲۵۱	۰/۴۹۰	۰/۵۴۰
برگچه در هر شاخه (X_{14})	۰/۳۰۶	۰/۱۱۷	-۰/۰۱۶	۰/۱۸۳	۰/۲۹۰	۰/۳۰۰
خطای مدل		فنوتیپی = ۰/۰۹۵			ژنوتیپی = ۰/۰۲۰	

جدول ۶- اثرات مستقیم (روی قطر اصلی) و غیرمستقیم (خارج از قطر اصلی) صفت‌های مورد مطالعه بر تعداد غده بزرگ بر مبنای همبستگی‌های ژنوتیپی

صفت‌های مورد مطالعه	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	X_{11}	X_{12}	X_{13}	X_{14}
تعداد ساقه اصلی (X_2)	**۰/۱۸۸**	-۰/۰۱۳	-۰/۰۲۷	۰/۰۷۴	-۰/۱۰۶	۰/۴۰۰	۰/۰۰۱	۰/۰۵۳	-۰/۰۷۸	-۰/۰۰۴	۰/۰۲۴	-۰/۱۰۱	۰/۰۹۰
تعداد ساقه فرعی (X_3)	۰/۰۳۴	**-۰/۰۷۳**	-۰/۰۲۶	۰/۰۵۹	-۰/۰۸۹	۰/۵۰۳	۰/۰۱۰	۰/۰۵۵	-۰/۱۰۵	-۰/۰۷۱	۰/۰۱۹	-۰/۰۹۳	۰/۰۷۷
ارتفاع بوته (X_4)	۰/۰۷۳	-۰/۰۲۷	**-۰/۰۶۹**	۰/۰۵۲	-۰/۱۱۴	۰/۷۹۹	۰/۰۱۹	۰/۰۸۸	-۰/۱۱۱	-۰/۰۵۶	۰/۰۲۴	-۰/۱۴۱	۰/۰۷۳
تعداد غده کوچک (X_5)	۰/۰۵۸	-۰/۰۱۸	-۰/۰۱۵	**۰/۲۳۷**	-۰/۱۸۴	۰/۳۶۱	۰/۰۱۱	۰/۰۳۰	-۰/۲۱۰	-۰/۰۵۶	۰/۰۱۳	-۰/۰۹۱	۰/۰۰۴
تعداد غده متوسط (X_6)	۰/۰۷۱	-۰/۰۲۳	-۰/۰۲۸	۰/۱۵۷	**-۰/۲۷۸**	۰/۷۲۲	۰/۰۰۸	۰/۰۴۷	-۰/۱۸۰	-۰/۰۵۶	۰/۰۱۵	-۰/۰۹۱	۰/۰۳۷
وزن غده در هر بوته (X_7)	۰/۰۵۸	-۰/۰۲۸	-۰/۰۴۳	۰/۰۶۶	-۰/۱۵۶	**۱/۲۸۹**	۰/۰۱۶	۰/۰۷۹	-۰/۱۱۱	-۰/۲۲۱	۰/۰۴۴	-۰/۱۳۸	۰/۰۴۴
قطر ساقه (X_8)	۰/۰۰۴	-۰/۰۲۲	-۰/۰۳۹	۰/۰۸۱	-۰/۰۶۷	۰/۶۴۴	**۰/۰۳۳**	۰/۰۶۰	-۰/۰۸۷	-۰/۱۲۷	۰/۰۱۸	-۰/۱۲۱	۰/۰۴۲
وزن خشک بوته (X_9)	۰/۰۶۴	-۰/۰۲۵	-۰/۰۳۹	۰/۰۴۵	-۰/۰۸۳	۰/۶۴۴	۰/۰۱۳	**۰/۱۵۷**	-۰/۱۱۱	-۰/۰۶۳	۰/۰۲۶	-۰/۲۳۱	۰/۰۸۴
زمان رسیدن (X_{10})	۰/۰۴۹	-۰/۰۲۶	-۰/۰۲۶	۰/۱۶۶	-۰/۱۶۷	۰/۴۷۷	۰/۰۱۰	۰/۰۵۸	**-۰/۳۰۰**	-۰/۰۵۶	۰/۰۱۱	-۰/۰۹۶	۰/۰۵۰
طول غده (X_{11})	۰/۰۰۲	-۰/۰۱۴	-۰/۰۱۰	۰/۰۳۶	-۰/۰۴۲	۰/۷۶۰	۰/۰۱۱	۰/۰۲۷	-۰/۰۴۵	**-۰/۳۷۳**	۰/۰۳۴	-۰/۰۴۵	۰/۰۲۰
عرض غده (X_{12})	۰/۰۷۳	-۰/۰۲۳	-۰/۰۲۷	۰/۰۵۰	-۰/۰۶۹	۰/۹۴۱	۰/۰۱۰	۰/۰۶۸	-۰/۰۵۴	-۰/۲۰۹	**۰/۰۶۱**	-۰/۱۰۸	۰/۰۳۸
وزن تر کل بوته (X_{13})	۰/۰۷۵	-۰/۰۲۷	-۰/۰۳۹	۰/۰۶۲	-۰/۱۰۰	۰/۷۰۹	۰/۰۱۶	۰/۱۴۵	-۰/۱۱۴	-۰/۰۶۷	۰/۰۲۶	**-۰/۲۵۱**	۰/۱۰۶
برگچه در هر شاخه (X_{14})	۰/۰۹۲	-۰/۰۳۱	-۰/۰۲۸	۰/۰۰۵	-۰/۰۵۷	۰/۳۰۹	۰/۰۰۸	۰/۰۷۲	-۰/۰۸۱	-۰/۰۴۱	۰/۰۱۳	-۰/۱۴۶	**۰/۱۸۳**



شکل ۱- اثرات مستقیم وغیرمستقیم صفت‌های مرتبط با عمل‌کرد غده‌های بزرگ در تجزیه علیت بر مبنای هم‌بستگی‌های فنوتیپی



شکل ۲- اثرات مستقیم وغیرمستقیم صفت‌های مرتبط با عمل‌کرد غده‌های بزرگ در تجزیه علیت بر مبنای هم‌بستگی‌های ژنوتیپی

بیشترین اثر مستقیم را بر تعداد غده بزرگ نشان داد اثرات غیرمستقیمش بر صفت وابسته منفی شد (۰/۳۸۹-). خطای حاصل از تجزیه علیت در مدل، در این حالت در مقایسه با هم‌بستگی های فنوتیپی به ۰/۰۲ کاهش یافت. کل اثرات غیرمستقیم هم‌بستگی های ژنوتیپی صفت های مستقل بر صفت وابسته بین ۰/۳۸۹- (اثرات غیر مستقیم وزن غده در هر بوته) و ۰/۷۹۱ (اثرات غیر مستقیم وزن تر کل بوته) متغیر بود. لازم به توضیح است که وزن تر کل بوته به صورت مستقیم دارای اثرات منفی با تعداد غده بزرگ بود (۰/۲۵۱-). از نظر اثرات غیرمستقیم فردی ژنوتیپی صفت های مستقل بر صفت وابسته نیز دامنه اثرات بین ۰/۲۳۱- (اثر غیرمستقیم وزن تر کل بوته از طریق وزن خشک بوته بر عمل کرد غده بزرگ) تا ۰/۹۴۱+ (اثر غیرمستقیم صفت وزن غده در هر بوته از طریق عرض غده بر عمل کرد غده بزرگ) متغیر بود (جدول۶). مجموعه اثرات مستقیم و غیرمستقیم هم‌بستگی های ژنوتیپی در شکل ۲ نشان داده شده است.

لازم به توضیح است که ارتباط ابعاد غده با سایر صفات به میزان زیادی تحت تاثیر شرایط زراعی محل انجام آزمایش است. به نحوی که به عنوان نمونه در شرایطی که ازت بیش از اندازه در تولید سیب‌زمینی استفاده گردد این امر می‌تواند موجب بزرگ شدن و پوکی غده‌ها و به نوعی کاهش وزن مخصوص آنها گردد (Laurence و همکاران، ۱۹۸۵) که در آن صورت روابط

عادی صفات وابسته به عمل کرد سیب‌زمینی و مشخصا تعداد غده‌های بزرگ نیز دستخوش تغییر می‌گردد. نکته قابل توجه در این تحقیق این که صفات مورد مطالعه بیش تر به صورت غیر مستقیم و از طریق سایر صفات اثر خود را بر عمل کرد تعداد غده بزرگ اعمال می‌کنند. به طوریکه در تجزیه ضریب های هم‌بستگی های فنوتیپی، از بین صفات مورد مطالعه، صفات ارتفاع بوته، تعداد غده کوچک، تعداد غده متوسط، قطر ساقه، وزن خشک بوته، زمان رسیدن، طول غده، عرض غده، وزن تر کل بوته و تعداد برگچه در هر شاخه اثرات غیر مستقیمشان بر تعداد غده بزرگ بیش از اثرات مستقیم آنها بود (جدول ۵). از بین صفات مورد مطالعه در این تحقیق تنها تعداد ساقه اصلی، و وزن کل غده در هر بوته دارای اثرات مستقیم بیشتر از اثرات غیر مستقیم بر تعداد غده بزرگ بودند. در تجزیه ضریب های هم‌بستگی ژنوتیپی نیز شرایط مشابهی وجود داشت. به نحوی که در ۶ مورد اثرات مستقیم صفات منفی بود ولی مجموع اثرات غیر مستقیم هر یک از صفات مثبت و قدر مطلق بزرگتری هم داشتند.

به طور کلی می توان گفت که صفت هایی چون وزن غده در هر بوته، ارتفاع بوته، تعداد ساقه اصلی و عرض غده از منظر هم بستگی های ساده فنوتیپی و ژنوتیپی بیشترین اثر را بر عمل کرد غده بزرگ دارند. در حالی که از منظر اثرات مستقیم صفات، اگرچه وزن غده در هر بوته بیش ترین اثرات مستقیم فنوتیپی و ژنوتیپی را نشان داد ولی اثر مستقیم فنوتیپی و ژنوتیپی ارتفاع بوته و عرض غده ناچیز بود و این صفت ها بیش تر از طریق سایر صفات اثر خود را اعمال می کنند. از این رو در اصلاح این گونه ارزشمند از طریق روش های مختلف مبتنی بر گزینش این نکته را نباید از نظر دور داشت که گزینش غیر مستقیم می تواند نقش موثری را ایفا نماید.

منابع مورد استفاده

1. Anonymous, 1995. Investigation of potato statistics. *Agricultural statistical report*, 10th report, Tehran, Iran.
2. Arshadi, M.J., Khazaie, H.R., Nasiri-Mahallati, M., and Agheli, S.M. 2010. Effects of some important agronomic traits on potato (*Solanum tuberosum* L.) yield and the possibility of determination of the date of potato nitrogen requirement, utilizing chlorophyll meter instrument. *Journal of Agroecology*, 2: 119-128.
3. Burhan, A. 2007. Relationship among yield and some yield characters in potato. *Journal of Biological Science*, 7: 973-976.
4. Darvishzadeh, R.H., Maleki, H., and Sarrafi, A. 2011. Path analysis of the relationships between yield and some related traits in diallel population of sunflower (*Helianthus annus* L.) Under well-watered and water-stressed conditions. *Australian Journal of Crop Science,* 5: 674-680.
5. Fallahi, M. 1997. Potato Science and Technology. *Barsava Publication Co*., Iran.
6. Farshadfar, E. 1997. Quantitative Genetic Application in Plant Breeding. *Razi University Publication*, Iran.
7. Farshadfar, E., Rasoli, V., Mohammadi, R., and Veisi, Z. 2012. Path analysis of phenotypic stability and drought tolerance in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *International Journal of Plant Breeding*, 6: 106-112.
8. Galarreta, J.I.R., Ezpelata, B., Pascualena, J., and Ritter, E. 2006. Combining ability in early generations of potato breeding. *Plant Breeding.* 125: 183-186.
9. Hosseinzadeh, A., and Moghaddam, M. 1999. Investigation on yield and yield components along with path analysis on new potato varieties in Ardabil province. *Research project final report*, Ardabil Agricultural and Natural Resources Research Center, Ardabil, Iran.
10. Khayatnezhad, M., Shahriari, R. and Gholamin, R. 2011. Correlation and path analysis between yield and yield components in potato (*Solanum tubersum* L.). *Middle-East Journal of Scientific Research*, 7: 17-21.
11. Laurence, R.C.N., Armour, J.D., Shepherd, R.K., Loader, L.R., and Dwyer, M.J. 1985. Nitrogen fertilizer requirements of irrigated potatoes on the Atherton Tableland. North Queensland. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 25: 954-958.
12. Maris, B., 1988. Correlations within and between characters between and within generations as a measure for the early generation selection in potato breeding. *Euphytica,* 37: 205-224.
13. Mirzaie-Nodoushan, H. 1998. Introduction to application of SAS on statistical analysis. *Nikpendar Publishing Ins*., Tehran, Iran.
14. Nazari, L., Khorshidi, M.B., Dehdar, B., Hassanpanah, D., and Ajali, J. 2010. Study on correlation of some affecting traits on yield and yield components in potato different cultivars in Ardabil region. *Fifth international congress on new ideas in agriculture*, Islamic Azad University, Khorasgan, Iran.
15. Rezaie, A., and Soltani, A. 1996. Potato Culture. *Jahade Daneshgahi*, Mashhad, Iran.
16. Sattar, M.A., Sultana, N., Hossain, M.M., Rashid, M.H., and Islam, A.K.M.A. 2007. Genetic variability, correlation and path analysis in potato (*Solanum tuberosum* L.). *Bangladesh Journal of Plant Breeding and Genetics*, 20: 33-38.
17. Tsegaye, E., Devakara Sastry, E.V., and Dechassa, N., 2006. Correlation and path analysis in sweet potato and their implications for clonal selection. *Journal of Agronomy,* 5: 391-395.