

بررسی رابطه ژنتیکی برخی از صفات مهم زراعی با عملکرد دانه در سویا از طریق روش‌های آماری چند متغیره

وحیده نرجسی^۱، حسن زینالی خانقاہ و عباسعلی زالی^۱

چکیده

سی رقم سویا از گروه‌های رسیدگی متفاوت، در سال زراعی ۸۳، در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران واقع در کرج در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار به منظور بررسی رابطه ژنتیکی برخی از صفات مهم زراعی و ارتباط آنها با عملکرد دانه مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که ارقام از نظر صفات مورد بررسی اختلاف معنی‌داری داشتند که دلالت بر وجود تنوع ژنتیکی بین ارقام دارد. صفات تعداد غلاف دربوته، تعداد دانه در بوته و وزن صد دانه (الجزایر عملکرد) به ترتیب همبستگی مثبت و معنی‌داری را با عملکرد دانه داشتند. در مدل رگرسیون چند گانه، حدود ۸۵/۶ درصد تغییرات عملکرد دانه به عنوان متغیر وابسته توسط صفات شاخص برداشت، عملکرد بیولوژیکی، درصد پروتئین و تعداد دانه در بوته توجیه گردید، که اهمیت شاخص برداشت بیش از صفات دیگر بود. طبق نتایج تجزیه علیت بیشترین و کمترین اثر مستقیم و مثبت بر عملکرد دانه به ترتیب مربوط به صفت شاخص برداشت ($P=0/۵۴$) و درصد پروتئین ($P=۰/۰۰۸$) بود. بنابراین شاخص برداشت را می‌توان به عنوان معیار گرینش در برنامه‌های اصلاحی برای بهبود عملکرد دانه مورد استفاده قرار داد. طبق نتایج تجزیه به عامل‌ها، پنج عامل مستقل از هم، مجموعاً ۸۰/۲ درصد از تغییرات کل داده‌ها را توجیه نمودند. عامل اول، ۲۸/۲۱ درصد از واریانس کل را توجیه نمود و به عنوان عامل فنولوژیکی نام‌گذاری شد.

واژه‌های کلیدی: سویا، ضریب همبستگی، عملکرد دانه، تجزیه به عامل‌ها، تجزیه علیت

مقدمه

بالاتر دانه در واحد سطح و افزایش در صد روغن دانه، علاوه بر افزایش سطح زیر کشت سویا، در استفاده از برنامه‌های اصلاحی و انجام تحقیقات گستره سودمند می‌باشد (۱۱). عملکرد دانه صفت کمی پیچیده‌ای است که از لحاظ ژنتیکی توسط تعداد زیادی ژن کنترل می‌گردد و شدیداً تحت تأثیر محیط قرار می‌گیرد (۱۶). به این دلیل، انتخاب ژنتیک‌های

سویا (*Glycine max* L. Merr) به دلیل کیفیت فوق العاده آن یک محصول استثنایی می‌باشد. دانه سویا با ۲۴-۲۰ درصد روغن و ۴۰-۵۰ درصد پروتئین، ۵۰ درصد تولید دانه‌های روغنی جهان را به خود اختصاص داده است (۱۷). با توجه به جایگاه اقتصادی و اهمیت سویا در ایران و جهان، به منظور دستیابی به عملکرد

۱. به ترتیب دانشجوی دکتری، دانشیار و استاد اصلاح نباتات، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران

از طریق تجزیه رگرسیونی نشان دادند، که حداکثر تغییرات عملکرد دانه توسط صفات دانه در بوته، غلاف در بوته و وزن صد دانه توجیه می‌شود. تجزیه علیت نیز خاطر نشان داشت که سه صفت مذکور اثر مستقیم روی عملکرد دانه دارند، که بیشترین اثر مربوط به تعداد غلاف در بوته می‌باشد. ایسلر و کلسیکان (۱۴) گزارش کردند که عملکرد دانه در بوته، ارتفاع اولین غلاف از سطح زمین، تعداد ساقه فرعی و ارتفاع بوته بیشترین همبستگی را با عملکرد دانه دارد و نتیجه گیری نمودند که این صفات می‌توانند به منظور شاخص انتخاب در اصلاح سویا برای عملکرد بالا استفاده گردند. اقبال و همکاران (۱۳) نشان دادند که تعداد غلاف در بوته حداکثر اثر مستقیم مثبت بر عملکرد دانه در بوته را دارد و وزن صد دانه و تعداد دانه در غلاف در مراتب بعدی قرار دارند. آنها گزارش کردند ارتفاع بوته دارای اثر مستقیم منفی بر عملکرد دانه می‌باشد.

به منظور پیدا کردن علت وجود همبستگی و توصیف رابطه بین صفات و ژنوتیپ‌ها بر حسب تعداد کمتری شاخص که تأثیرگذار روی این صفات هستند، از تجزیه به عامل‌ها استفاده می‌شود (۵). سیلر و استافورد (۱۹) در بررسی اجزاء عملکرد به روش تجزیه به عامل‌ها برای ۱۲ ژنوتیپ سویا و بررسی ۱۰ صفت مورفولوژیکی از اجزای عملکرد، چهار عامل را برای تفسیر ارتباطات متداخل صفات مذکور بدست آورند. عامل اول شامل صفات تعداد دانه در بوته و تعداد غلاف در بوته، عامل سوم دوم شامل تعداد شاخه فرعی و تعداد غلاف در بوته، عامل چهارم شامل صفات ارتفاع بوته و تعداد گره در بوته و عامل چهارم شامل صفات تعداد دانه در غلاف و وزن صد دانه بود. زاهو و همکاران (۲۸) در بررسی تجزیه به عامل‌های روی ۱۲ صفت مهم زراعی در ۱۶ ژنوتیپ سویا در چین گزارش کردند که این صفات به چهار گروه تقسیم می‌شوند. عامل اول شامل صفات تعداد دانه در بوته و تعداد غلاف در بوته، عامل دوم شامل صفات ارتفاع بوته، تعداد گره، ارتفاع اولین غلاف از سطح زمین و تعداد روز تا رسیدگی، عامل سوم شامل صفات تعداد غلاف، وزن صد دانه و وزن دانه در بوته و عامل چهارم شامل

مطلوب بر اساس عملکرد ممکن است بازدهی بالایی نداشته باشد. لذا شناسایی صفاتی که همبستگی بالائی با عملکرد دانه دارند و از وراثت پذیری بالائی برخوردار هستند و ضمناً اندازه‌گیری آنها به راحتی و با هزینه پایین صورت می‌گیرد، برای اصلاح‌گران حائز اهمیت است (۲۱). اصلاح‌گران معمولاً از این صفات به عنوان معیارهای گزینش جهت بهبود عملکرد استفاده می‌نمایند. در سویا صفات بسیاری به طور مستقیم یا غیرمستقیم در عملکرد دانه سهیم هستند (۲۱). در این راستا مطالعات متعددی در زمینه همبستگی بین صفات، به منظور بررسی ارتباط میان صفات مورفولوژیکی و همچنین نوع و میزان تأثیرشان بر عملکرد دانه از طریق تجزیه علیت و تجزیه به عامل‌ها توسط محققین صورت گرفته است. بسیاری از محققان با تعیین همبستگی بین صفات و انجام تجزیه علیت، در جهت انتخاب ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا اقدام نموده‌اند. خان و همکاران (۱۲) گزارش نمودند که تمامی صفات مورد بررسی در تحقیق شان به جزء طول غلاف با عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری دارند. هنریکو و همکاران (۱۱) و اختر و اسنلر (۶) گزارش نمودند که، صفت تعداد دانه در بوته همبستگی معنی‌داری با عملکرد دانه دارد و همچنین این صفت، بالاترین اثر مستقیم بر عملکرد دانه را دارد و اعلام کردند که این صفت می‌تواند به منظور شاخص انتخاب غیر مستقیم ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا در سویا استفاده گردد. اما شوکلا و همکاران (۲۴) تأثیر صفت تعداد دانه در بوته را بر عملکرد دانه ناچیز اعلام نمودند. سینگ و یاداوا (۲۱) گزارش کردند که عملکرد دانه در بوته با تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن صد دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری دارد و تعداد غلاف در بوته اثر مستقیم بالایی بر عملکرد دانه دارد. شیر واستاوآ و همکاران (۲۰) از طریق تجزیه علیت گزارش کردند که بالاترین اثر مثبت و مستقیم بر عملکرد دانه از طریق صفت تعداد شاخه فرعی و پس از آن تعداد روز تا ۵۰ درصد گل‌دهی، روز تا رسیدگی، ارتفاع گیاه، وزن صد دانه، عملکرد بیولوژیکی و شاخص برداشت می‌باشد. سیاه سر و رضائی (۴)

در هر کرت از دو خط میانی، با در نظر گرفتن حاشیه مناسب به مساحت چهار متر مربع، بر حسب کیلوگرم در هکتار تعیین شد. به منظور تعیین عملکرد بیولوژیکی، پس از برداشت بوته‌های سه متر مربع از دو ردیف وسطی پس از حذف نیم متر از ابتدا و انتهای هر کرت، آنها در آون قرار داده شدند و سپس در دمای 25°C به مدت ۴۸ ساعت نگهداری و سپس توزین شدند.

صفت شاخص برداشت نیز با استفاده از نسبت عملکرد اقتصادی (عملکرد دانه در بوته) به عملکرد بیولوژیکی به صورت درصد محاسبه گردید.

محاسبات آماری

داده‌های مربوط به صفات اندازه‌گیری شده مورد تجزیه قرار گرفتند (۲۵). ضریب تغییرات ژنتیکی و فنوتیپی صفات به ترتیب با استفاده از فرمول‌های $\sigma_p^2 = \frac{\sum (\bar{X}_{ij} - \bar{X}_{..})^2}{n-2}$ و $\sigma_g^2 = \frac{\sum (\bar{X}_{ij} - \bar{X}_{..})(\bar{X}_{jk} - \bar{X}_{..})}{(n-1)(n-2)}$ محاسبه شدند (۲۵).

ضرایب همبستگی ژنتیکی و فنوتیپی محاسبه شد و معنی‌داری بودن آنها به وسیله جدول معنی‌دار بودن ضریب همبستگی در سطوح احتمال ۱ و ۵ درصد با درجه آزادی ۲-۵ انجام گرفت (۱). برای تعیین اهمیت نسبی هر یک از صفات مورد بررسی در افزایش عملکرد دانه از تجزیه رگرسیونی گام به گام استفاده شد (۵). تجزیه علیت نیز روی عملکرد دانه به عنوان متغیر وابسته بر اساس متغیرهایی که دارای ضریب همبستگی معنی‌داری با آن بودند و همچنین وارد مدل رگرسیون شده بودند، به عنوان متغیرهای مستقل برای مطالعه رابطه علت و معلولی بین صفات بر اساس روش دوى و لو (۹) انجام شد. تجزیه به عامل‌ها با استفاده از روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و چرخش وریماکس، به عنوان یک ابزار کاربردی برای شناسایی، اهمیت و ترتیب و ارتباط موجود بین صفات با عملکرد دانه استفاده شد (۵). در این تحقیق، برای

صفت تعداد شاخه فرعی بود.

در این راستا، هدف از این تحقیق، بررسی روابط ژنتیکی برخی صفات مهم زراعی با عملکرد دانه در سویا، به منظور استفاده از آنها به عنوان معیارهای گزینش جهت انتخاب ژنوتیپ‌های پر محصول در برنامه‌های اصلاحی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش با استفاده از ۳۰ رقم سویا (جدول ۱) از گروه‌های رسیدگی متفاوت (ارقام و لاین‌های انتخاب شده از ۴۰۰ ژنوتیپ سویای موجود در بانک ژن دانشکده کشاورزی کرج) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار در اردیبهشت سال ۱۳۸۳ در مزرعه پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران اجرا شد. بذرها قبل از کاشت به باکتری ثبیت کننده ازت آگسته شدند. هر کرت شامل چهار خط کاشت به طول چهار متر با فاصله بین خطوط ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بین بوته‌ها روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر بود. کلیه عملیات زراعی طبق روش‌های مرسوم سویا انجام شد. سپس صفات زیر پس از اندازه‌گیری روی پنج بوته تصادفی از هر کرت، میانگین‌گیری شدند: ارتفاع بوته، فاصله اولین غلاف از سطح زمین (سانتی‌متر)، تعداد غلاف در بوته (بوته‌هایی که حداقل دارای یک بذر بودند)، تعداد شاخه فرعی (بوته‌هایی که حداقل دارای یک غلاف بودند)، تعداد دانه در بوته، طول دوره پر شدن دانه (تفاضل تعداد روزها بین شروع تشکیل دانه و شروع رسیدگی دانه در هر کرت آزمایشی) و صفات تعداد روز تا شروع غلاف دهی ($R1$)، تعداد روز تا شروع غلاف دهی ($R3$)، تعداد روز تا شروع دانه بنده ($R5$)، تعداد روز تا شروع رسیدن دانه ($R7$) در طول دوره رشد گیاه بر اساس روش فهر و کاوینس (۱۰) نیز محاسبه شدند. یک نمونه از بذر هر تکرار ارقام آزمایشی انتخاب و درصد روغن و پروتئین آن توسط دستگاه اینفرا رد (Infera rad) اندازه‌گیری شد. وزن صد دانه، نیز با توزین صد بذر شمارش شده با دستگاه بذر شمار، توسط ترازوی دیجیتالی با دقت ۱٪ گرم به دست آمد. عملکرد دانه

جدول ۱. فهرست ۳۰ رقم سویای مورد استفاده در آزمایش

Maraserie	Calhoan	Dieckmanns. gran gelbe	Hoy.2	Rend	Cinr 2977	Regcat	Dwight	DLK manns	Bean comet
EXD-61	GJ/2 Iregi	L85-2352	Irejizemee i-naggs	Roanak	Evans	Williams82	Maverick	M 18	Soja hyspida.nair tonnera
Savay	Zi-Ti-5	Darby	Omaha	Cisne 297705	Linford	Ruskaziuta	Ricio 1.54	Lindareian	Brilma gerova

هم‌بستگی (جدول ۳) بین عملکرد دانه و صفات مختلف نشان داد، که عملکرد دانه با اجزای آن (تعداد دانه در بوته، تعداد غلاف در بوته و وزن صد دانه) و صفات شاخص برداشت و عملکرد بیولوژیکی، هم‌بستگی فنتوتیپی مثبت و معنی‌دار و با درصد پروتئین هم‌بستگی منفی و معنی‌داری داشت. در این زمینه، هنریکو و همکاران (۱۱) گزارش کردند، عملکرد هم‌بستگی معنی‌دار فنتوتیپی با صفات تعداد دانه در بوته و تعداد غلاف در بوته دارد، که دلالت دارد بر این که، آنها از مهم‌ترین صفات همبسته با عملکرد دانه هستند. نتایج مشابهی توسط شیواشانکار و ویسوانتها (۲۳) و تاروار و همکاران (۲۴) برای تعداد غلاف در بوته و توسط اختر واسنلر (۶) برای تعداد دانه در بوته گزارش شده است. سینگ و یاداوا (۲۱) گزارش کردند که عملکرد دانه در بوته با تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن صد دانه ارتباط مثبت و معنی‌داری دارد.

با انجام تجزیه رگرسیونی، هنگامی که عملکرد دانه (y) به عنوان متغیر وابسته در نظر گرفته شد، به ترتیب صفات شاخص برداشت (X_1) و عملکرد بیولوژیکی (X_2)، درصد پروتئین (X_3) و تعداد دانه در بوته (X_4) وارد معادله شدند. معادله رگرسیونی به صورت زیر به دست آمد:

$$Y = -428/7 + 5826/8X_1 + 0/319X_2 - 75/4X_3 + 2076X_4$$

ضریب تبیین مدل (R^2) برابر ۰/۸۵۶ بود و مدل در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود و این بدین معنی است که ۸۵/۶ درصد تغییرات عملکرد به وسیله چهار متغیر مذکور قابل توجیه است. معادله فوق نشان داد که صفت شاخص برداشت نسبت به سایر صفات، تأثیر بیشتری بر روی افزایش عملکرد دانه داشته است. شوکلا و همکاران (۱۸) نیز شاخص برداشت را به عنوان معیار مناسب انتخاب در جهت بهبود عملکرد سویا

انجام تجزیه رگرسیون گام به گام، تعیین هم‌بستگی‌ها و تجزیه به عامل‌ها از نرم افزار SPSS و برای تجزیه علیت از برنامه path 2 استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس صفات مورد بررسی نشان داد که، ارقام از نظر صفات مورد بررسی اختلاف معنی‌داری داشتند (جدول ۲)، که بیانگر وجود تنوع ژنتیکی در بین ارقام است. تنوع ژنتیکی مشاهده شده دور از انتظار نبود زیرا ژنتوتیپ‌ها از گروه‌های رسیدگی متفاوت بودند. ضریب تغییرات صفات (جدول ۲) نشان داد که صفت تعداد شاخه فرعی با ۵۵/۰۳ درصد بیشترین، ۲/۵۲ و درصد روغن و درصد پروتئین به ترتیب با ۲/۴۳ و ۶۱/۱ درصد بیشترین و درصد پروتئین و درصد روغن به ترتیب با ۳/۰۲ و ۳/۰۸ درصد کمترین ضریب تغییرات فنتوتیپی را دارا بودند. صفات شاخص برداشت و عملکرد بیولوژیکی به ترتیب با ۲۵/۰۵ و ۴۵/۲۴ درصد، دارای بالاترین ضریب تغییرات فنتوتیپی بودند. برای برخی صفات بین میزان ضرایب تغییرات ژنتیکی و فنتوتیپی اختلاف چندانی مشاهده نگردید، که نشان دهنده عدم وجود تأثیر پذیری شدید این صفات از تغییرات محیطی می‌باشد. لذا این صفات از نظر فنتوتیپی می‌توانند معیار مناسبی برای گزینش ژنتوتیپ‌ها باشند. در صفت عملکرد بیولوژیکی تفاوت فاحشی بین ضرایب تنوع ژنتیکی و فنتوتیپی مشاهده شد که دلالت بر تأثیر پذیری بالای این صفت از محیط دارد.

شناخت رابطه بین عملکرد دانه و صفات مورفولوژیک در اجرای برنامه‌های گزینشی اهمیت زیادی دارد. مقادیر ضرایب

جدول ۲. میانگین مربعات و ضرایب تغییرات ژنتیکی و فنوتیپی صفات مورد مطالعه برای ۳۰ ژنوتیپ سویا

صفات	میانگین مربعات منابع تغییر (MS)				
	ضریب تغییرات	ضریب تغییرات	ضریب تغییرات	ضریب تغییرات	ضریب تغییرات
	فنوتیپی	ژنتیکی	اشتباه (df=۸۷)	تیمار (df=۲۹)	تکرار (df=۳)
تعداد روز تا گلدهی	۱۲/۳۸	۱۲/۲۳	۱/۲۱۴	۱۴۴/۱۹۸**	۰/۲۰۸
تعداد روز تا غلافدهی	۹/۶۷	۹/۶۱	۱/۸۸۸	۱۵۵/۳۲۶**	۶/۹۱۱*
تعداد روز تا دانه بندی	۷/۳۹	۷/۳۴	۱/۷۸۸	۱۳۹/۱۷۲**	۰/۳۲۲
شاخه فرعی	۶۱/۱	۵۵/۰۳	۰/۷۳۱	۳/۸۷۲**	۱/۷۳*
وزن صد دانه	۱۲/۵۸	۱۱/۷۳	۱/۱۲۸	۱۱/۱۳۴**	۱/۱۲۶
ارتفاع بوته	۱۸/۰۹	۱۸/۴۶	۵۲/۷۳	۹۳۱/۳۰۱**	۲۸/۳۷۵
ارتفاع اولین غلاف از سطح زمین	۲۳/۸۵	۲۲/۳۸	۸/۹۰۷	۷۴/۷۱۵**	۵/۰۴۸
تعداد دانه در بوته	۲۱/۴۱	۱۶/۰۷	۲۵۰/۹۶۵	۵۷۴/۶۹*	۲۴/۰۵
تعداد غلاف در بوته	۲۱/۹۴	۱۴/۸۶	۶۲/۱۳۹	۱۱۴/۷۹۹*	۱۹/۹۶۷
تعداد گره	۱۳/۹۵	۹/۷۳	۳/۹۸۲	۷/۷۵۷*	۴/۸۵۶
درصد روغن	۳/۰۸	۲/۴۳	۱/۸۵	۴/۸۹**	۷/۸۰۴**
درصد پروتئین	۳/۰۲	۲/۵۲	۰/۴۳۵	۱/۴۶۷**	۱/۲۰۶*
تعداد روز تارسیدگی	۹/۴۲	۹/۳۷	۴/۳۵۵	۵۱۸/۳۷**	۴/۱۱۹
طول دوره پر شدن	۱۹/۳۴	۱۹/۲۳	۳/۰۸۱	۲۵۳/۵۴۳**	۳/۷۴۲
عملکرد دانه	۱۵/۴۲	۱۱/۹۶	۳۳۲۲۴۳۱/۵۳۱	۸۳۵۶۵۶/۴۶۱**	۱۵۶۳۴۶۱/۶۲۲**
عملکرد بیولوژیکی	۴۵/۲۴	۱۴/۲	۷۶۸۸۳۵/۶۷	۵۰۵۸۱۸۹/۴۹*	۵۸۶۷۰۴۸/۴۳۱*
شاخص برداشت	۲۵/۰۵	۱۲/۳۵	۰/۰۰۷	۰/۰۱۶**	۰/۰۲۳*

* و ** : به ترتیب معنی دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد

کمترین اثر مستقیم بر عملکرد (۰/۰۰۸) مربوط به صفت درصد پروتئین بود. صفت شاخص برداشت اثر مستقیم بالایی (۰/۰۵۳۶) بر عملکرد داشت و میزان آثار غیر مستقیم این صفت از طریق سایر صفات نظیر عملکرد بیولوژیکی (۰/۰۱۹) درصد پروتئین (۰/۰۰۱) و تعداد دانه در بوته (۰/۰۷۶) بسیار ناچیز بود. لذا این صفت به دلیل اثر مستقیم مثبت و بالا بر عملکرد، اثر غیر مستقیم ناچیز بر صفات دیگر و معنی دار بودن همبستگی ژنتیکی آن با عملکرد دانه، می تواند به عنوان معیار گزینش جهت اصلاح و بهبود عملکرد دانه در نظر گرفته شود. پس از آن صفت تعداد دانه در بوته اثر مستقیم بالاتی (۰/۰۳۹۱) بر عملکرد دانه داشت. میزان اثر غیر مستقیم این صفت از طریق شاخص برداشت (۰/۱۰۵)، عملکرد بیولوژیکی (۰/۰۲۱) و درصد پروتئین (۰/۰۰۴) کم بود. این صفت نیز به دلیل اثر مستقیم مثبت و بالا بر عملکرد، آثار غیر مستقیم ناچیز از طریق

معرفی کردند. ویلن من دتاو (۲۷) نیز اظهار داشت که شاخص برداشت و عملکرد بیولوژیکی می توانند به منظور افزایش عملکرد دانه مناسب باشند. پس از صفت شاخص برداشت، صفت تعداد دانه در بوته تأثیر بیشتری بر عملکرد دانه داشت. در مورد اهمیت سایر صفات وارد شده در مدل، از طریق تجزیه علیت و محاسبه اثرات مستقیم و غیر مستقیم آنها بر عملکرد دانه اقدام گردید. تجزیه علیت بر روی عملکرد دانه به عنوان متغیر وابسته بر اساس متغیرهایی که دارای ضریب همبستگی ژنتیکی معنی داری با آن بودند و همچنین وارد مدل رگرسیون شده بودند، به عنوان متغیرهای مستقل برای مطالعه رابطه علت و معلولی بین صفات، انجام گرفت. بیشترین اثر مستقیم مثبت بر عملکرد دانه به میزان ۰/۰۵۳۶ مربوط به صفت شاخص برداشت بود (جدول ۴). صفات تعداد دانه در بوته و عملکرد بیولوژیکی به ترتیب با مقادیر ۰/۰۳۹۱ و ۰/۱۴۷ در مراحل بعدی اهمیت قرار داشتند.

جدول ۳. ضرایب همبستگی فتوتیپی (اعداد بالا) و ژنتیکی اعداد (اعداد پائین) بین صفات مورد مطالعه در ۳۰ رقم سویا*

صفات	دانه در بوته	غلاف در بوته	وزن صد دانه	درصد روغن	عملکرد بیولوژیکی	شناخت برداشت	عملکرد دانه
	۱	۰/۸۲۵**	۰/۳۲۶**	-۰/۰۲۴	۰/۰۴۰	۰/۳۲۶**	۰/۲۱۳*
دانه در بوته		۰/۹۳۷**	۰/۵۳۳**	-۰/۱۲۱	-۰/۱۹۴*	-۰/۳۰۶**	۰/۳۰۶**
غلاف در بوته		۰/۲۷۷**	۰/۴۳۷**	-۰/۱۸۶*	۰/۰۲۲	۰/۲۳۵**	۰/۲۴۰**
وزن صد دانه		۰/۰۲۴**	۰/۴۳۷**	-۰/۳۴۴**	-۰/۱۱۳	۰/۱۳۲	۰/۳۳۳**
درصد روغن		۰/۰۲۹**	۰/۰۹۳	۰/۰۳۰	-۰/۱۴۳	۰/۱۲۶	۰/۲۷۳**
درصد پروتئین		۰/۰۷۹**	۰/۰۹۳	-۰/۰۴۸	۰/۱۳۷	۰/۰۴۱	۰/۰۴۱
عملکرد بیولوژیکی		۰/۰۲۷۲**	۰/۱۷۴*	-۰/۰۸۸	-۰/۳۱۷**	-۰/۰۵۱**	-۰/۰۵۱**
شناخت برداشت		۰/۰۱۲۲	۰/۱۷۴*	۰/۰۴۱	۰/۳۴۱**	۰/۰۴۱	۰/۰۸۳
عملکرد دانه	۱						۰/۴۴۴**

* و **: به ترتیب معنی دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد

۱. فقط ضرایب همبستگی اجزای عملکرد و صفات وارد شده در مدل رگرسیونی آورده شده‌اند.

جدول ۴. میزان آثار مستقیم و غیر مستقیم صفات بر عملکرد دانه سویا (متغیر وابسته) بر اساس ضرایب همبستگی ژنتیکی

صفات	اثر مستقیم				اثر غیر مستقیم از طریق همبستگی با عملکرد دانه			
	شناخت برداشت	عملکرد بیولوژیکی	درصد پروتئین	تعداد دانه در بوته	شناخت برداشت	عملکرد بیولوژیکی	درصد پروتئین	تعداد دانه در بوته
شناخت برداشت	-	-۰/۰۱۹	۰/۰۰۱	-۰/۰۷۶	-۰/۰۴۴**	-۰/۰۵۳۶		
عملکرد بیولوژیکی	-۰/۰۶۶۶	-	-۰/۰۰۱	۰/۰۵۷	۰/۱۳۸	-۰/۱۴۷		
درصد پروتئین	۰/۰۰۸	-۰/۰۰۹	-	-۰/۱۳۵	-۰/۰۴۲	-۰/۰۰۹	-۰/۰۰۸	
تعداد دانه در بوته	۰/۰۳۹۱	-۰/۱۰۵	۰/۰۲۱	-۰/۰۰۴	-۰/۰۳۰۵**	-۰/۰۳۷۹	۰/۰۳۷۹	

**: معنی دار در سطح احتمال یک درصد

تجزیه علیت و تعیین مهم‌ترین معیار انتخاب برای اصلاح عملکرد دانه در سویا متفاوت می‌باشد، ولی عمده‌تاً مهم‌ترین معیار را اجزای عملکرد دانه مطرح نمودند. بال و همکاران (۸) از طریق تجزیه علیت نشان دادند، تعداد دانه در بوته اثر مثبت و مستقیم بر عملکرد خواهد داشت. شیراستاوا و همکاران (۲۰) از طریق معیار گزینش در جهت اصلاح و بهبود عملکرد دانه در مستقیم بر عملکرد دانه به ترتیب از طریق صفات وزن صد دانه،

سایر صفات و نیز معنی دار بودن همبستگی ژنتیکی آن با عملکرد دانه، می‌تواند به عنوان دو میان معیار گزینش پس از شناخت برداشت مطرح باشد. دو صفت عملکرد بیولوژیکی و درصد پروتئین به دلیل اثرات مستقیم کم بر عملکرد و همبستگی ژنتیکی غیر معنی دار با عملکرد دانه، نمی‌توانند به عنوان معیار گزینش در جهت اصلاح و بهبود عملکرد دانه در این تحقیق مطرح شوند. گزارش‌های سایر محققین در مورد

جدول ۵. تجزیه به عامل‌ها برای کلیه صفات مورد بررسی

میزان اشتراک	ماتریس ضرایب عاملی						صفات
	عامل پنجم	عامل چهارم	عامل سوم	عامل دوم	عامل اول		
۰/۷۷۵	۰/۰۸	۰/۵۳۵**	۰/۴۱۹	۰/۱۹	۰/۵۱۹**	روز تا گل دهی	
۰/۷۶۲	-۰/۰۳	۰/۳۵۵	۰/۱۷۸	۰/۳۰۶	۰/۷۱۴**	روز تا غلاف دهی	
۰/۸۳۸	-۰/۰۸	۰/۴۶۷	۰/۰۷	۰/۳۰۴	۰/۷۱۷**	روز تا دانه بندی	
۰/۸۶۶	-۰/۱۰۲	۰/۱۱۸	-۰/۲۸۰	۰/۴۶۱	۰/۷۴۲**	ارتفاع بوته	
۰/۸۷۶	-۰/۰۸	۰/۱۴۶	-۰/۰۲۷	۰/۰۰۹	۰/۹۲۱**	ارتفاع اولین غلاف	
۰/۹۴۸	۰/۰۴۱	-۰/۰۳۳	۰/۱۶۵	۰/۱۴۰	۰/۹۴۸**	روز تا رسیدگی	
۰/۸۶	۰/۰۱۱	-۰/۳۹۶	۰/۱۸	-۰/۰۰۹	۰/۸۱۹ **	طول دوره پر شدن	
۰/۸۷۶	۰/۰۶۶	-۰/۰۱۱	۰/۴۳۹	۰/۸۱۱**	۰/۱۴۴	دانه در بوته	
۰/۸۹۵	۰/۰۱۱	۰/۱۱	۰/۳۷۵	۰/۸۶**	۰/۰۴۷	غلاف در بوته	
۰/۷۶	-۰/۱۱۶	-۰/۰۶۲	-۰/۱۲۷	۰/۸**	۰/۲۹۳	تعداد گره	
۰/۷۸۹	-۰/۰۸۶	-۰/۰۱۵	۰/۸۵۸**	۰/۱۱	-۰/۱۸	تعداد شاخه فرعی	
۰/۶۱۴	۰/۱۴	-۰/۱۶۸	۰/۶۳۲**	۰/۱۸۲	۰/۳۶۶	وزن صد دانه	
۰/۶۵۹	-۰/۱۲۴	۰/۱۵۹	۰/۷۶۶**	۰/۱۰۶	۰/۱۴	عملکرد بیولوژیکی	
۰/۶۹۶	-۰/۰۸۷	۰/۷۶۲**	-۰/۰۵۸	-۰/۲۹۴	-۰/۱۳۳	درصد روغن	
۰/۷	-۰/۱۴	-۰/۶۸۷**	۰/۰۴۱	-۰/۳۲۴	-۰/۳۱۸	درصد پروتئین	
۰/۸۵۰	۰/۹۰۲**	۰/۰۰۳	۰/۰۷۵	-۰/۱۶۹	۰/۰۴۹	عملکرد دانه	
۰/۸۶۵	۰/۷۶۱**	۰/۰۲۲	-۰/۳۴۶	۰/۲۱۷	-۰/۳۴۵	شاخص برداشت	
-	۱/۰۲	۱/۹۵	۲/۵۵	۲/۸۲	۴/۷۹	مقادیر ویژه	
-	۸/۹۲۴	۱۱/۴۶	۱۵/۰۱۸	۱۶/۵۶۲	۲۸/۲۱۳	میزان واریانس (%)	
-	۸۰/۱۷۷	۷۱/۲۵۳	۵۹/۷۹۳	۴۴/۷۷۵	۳۲/۶۹	واریانس تجمعی (%)	

** و * : ضرایب عاملی معنی دار ($> 0/5$) < صرف نظر از علامت) در سطوح احتمال ۱ و ۵ درصد

مستقل از هم مجموعاً $80/2$ درصد از تغییرات کل داده‌ها را توجیه نمودند (جدول ۵). مقادیر ویژه عامل‌های ۱ تا ۵ از یک بیشتر بودند و به ترتیب $28, 16, 15, 11$ و 9 درصد از کل واریانس متغیرها را توجیه نمودند. هر چه میزان واریانس عاملی بیشتر باشد به اعتبار آن عامل در تفسیر تغییرات داده‌ها افزوده می‌شود (۱۵). میزان اشتراک نیز، بخشی از واریانس یک متغیر است که به عامل‌های مشترک مربوط می‌شود و هر چه بیشتر باشد نشان دهنده دقیق‌تر در برآورده واریانس متغیر مربوطه می‌باشد (۱۵). در این تحقیق نیز، میزان اشتراک صفات مورد

عملکرد بیولوژیکی و شاخص برداشت می‌باشد. هم‌چنین گزارشات بسیاری از محققان دلالت دارد براین که، تعداد دانه در بوته اثر مستقیم بالائی بر عملکرد دانه دارد که می‌تواند به عنوان معیاری جهت انتخاب ارقام با عملکرد بالا در سویا استفاده شود (۲، ۴، ۷، ۱۱، ۱۶ و ۱۸).

به منظور یافتن علت وجود همبستگی و توصیف رابطه بین ۱۷ صفت مورد بررسی در 30 ژنوتیپ سویا بر حسب تعداد کمتری شاخص یا عامل که تأثیر گذار بر روی این صفات هستند، تجزیه به عامل‌ها انجام شد. در این تجزیه پنج عامل

وزن صد دانه و عملکرد بیولوژیکی بود و تحت عنوان عامل رشد نامگذاری شد. عامل چهارم که ۱۱/۴۶ درصد از تغییرات داده ها را توجیه کرد، شامل صفات درصد روغن و درصد پروتئین بود و عامل کیفیت دانه نامگذاری شد. عامل پنجم با کمترین سهم در توجیه تغییرات داده ها (۸/۹۲ درصد)، شامل صفات عملکرد دانه و شاخص برداشت می باشد، که این عامل تحت عنوان عامل عملکرد نامگذاری شد. توسط رضوانی خورشیدی و همکاران (۲)، سیلرواستافورد (۱۹)، زینالی خانقاہ و سوهانی (۳) نیز با تجزیه به عامل ها در صفات مورد بررسی، عاملی به عنوان عامل عملکرد گزارش شده است.

نتایج کلی حاصل از این تحقیق را می توان به این صورت خلاصه نمود که، صفت شاخص برداشت و پس از آن صفت تعداد دانه در بوته اثر مستقیم بالایی بر عملکرد دانه در سویا داشته و می توان در این تحقیق آنها را به عنوان بهترین و مهم ترین صفات مؤثر بر عملکرد معرفی نمود و به عنوان معیارهای گزینش جهت اصلاح عملکرد دانه در سویا استفاده نمود. در تجزیه به عامل ها نیز، ضرایب متنوع بردارهای ویژه در ۵ عامل نشان داد که با گزینش ترکیبات متفاوتی از این صفات امکان بهبود عملکرد دانه در ژنتیپ های سویا وجود دارد.

بررسی (جدول ۵) بالا بود و این امر نشان می دهد که تعداد عامل انتخاب شده توانسته اند تغییرات صفات مطلوب را به نحو مطلوبی توجیه نمایند. با توجه به میزان اشتراک، صفات روز تا رسیدگی و وزن صد دانه دارای بیشترین و کمترین دقت برآورد بوده اند. عامل اول با بیشترین سهم در توجیه تغییرات داده ها (۲۸/۲۱ درصد) شامل صفات تعداد روز تا گل دهی، تعداد روز تا غلاف دهی، تعداد روز تا دانه بندی، ارتفاع بوته، ارتفاع اولین غلاف از سطح زمین، تعداد روز تا رسیدگی و طول دوره پر شدن بود، که عامل فنولوژیکی نامگذاری شد. رضوانی خورشیدی (۲) نیز در بررسی اجزای عملکرد سویا با استفاده از مدل تجزیه به عامل ها روی صفات سویا، عاملی را به عنوان عامل رشد اولیه (رویشی) گزارش نمود. عامل دوم که ۱۶/۵۶ درصد از تغییرات داده ها را توجیه نمود، شامل صفات تعداد دانه در بوته، تعداد غلاف در بوته و تعداد گره می باشد و تحت عنوان عامل اجزای عملکرد نامیده شد. زاهو و همکاران (۲۸) نیز در بررسی تجزیه به عامل ها روی ۱۲ صفت در ۱۶ ژنتیپ سویا عاملی را به عنوان عامل عملکرد که شامل تعداد غلاف در بوته، وزن صد دانه و تعداد دانه در بوته بود، گزارش نمودند. عامل سوم با ۱۵/۰۲ واریانس، شامل صفات تعداد شاخه فرعی،

منابع مورد استفاده

۱. خواجه نوری، ع. ۱۳۷۹. آمار پیشرفته و بیومتری. انتشارات دانشگاه تهران.
۲. رضوانی خورشیدی، ع.، س. ک. کاظمی تبار و غ. کیانوش. ۱۳۸۱. بررسی رابطه عملکرد دانه با صفات کمی از طریق تجزیه به عامل ها در سویا و بررسی عملکرد با اجزای آن در برخی از صفات مهم زراعی با استفاده از تجزیه میسر در سویا. هفتمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران، کرج.
۳. زینالی خانقاہ، ح. و ع. ر. سوهانی. ۱۳۷۸. بررسی ژنتیکی برخی از صفات مهم زراعی با عملکرد دانه در سویا از طریق روش های آماری چند متغیره. مجله علوم کشاورزی ایران ۳۰: ۸۰۷-۸۱۵.
۴. سیاه سر، ب. و ع. رضائی. ۱۳۷۸. تجزیه و تحلیل همبستگی و ضرایب میسر صفات مورفولوژیک و فنولوژیک مرتبط با عملکرد در سویا. مجله علوم کشاورزی ایران ۳۰: ۶۸۵-۶۹۵.
۵. فرشادر، ع. ۱۳۸۰. اصول و روش های آماری چند متغیره. انتشارات طاق بستان، کرمانشاه.
6. Akhter, M. and C.H.Sneller. 1996. Yield and yield components of early maturing soybean genotypes in the Hid – South. Crop Sci. 36: 866-882.
7. Amarantath, K.C. and S.R. Viswantaha. 1990. Path coefficient analysis for some quantitative characters in soybean. J. Agric. Sci. 24(3): 312-315.

8. Ball, R.A, R.W. McNew, E.D. Vories, J. C. Keisling and L. C. Purcell 2001. Path analysis of population density effects on short-season soybean yield Agron. J. 93:187–195.
9. Dewey, J.R. and K.H. Lu. 1959. A correlation and path coefficient analysis of components of crested wheat seed production. J. Agron. 51:515-518.
10. Fehr, W .R. and E. Caviness. 1980. Stage of soybean development. Iowa Agric. Exp.Sta.St. 80.
11. Henrique, S. B., G. P. Claudio, R. Pinto and D. Destro. 2004. Path analysis under multicollinearity in soybean. Brazilian Arshives of Biol. and Technol. 47:669-676.
12. Khan, A., M. Hatam and A. Khan. 2000. Heritability and interrelationship among yield determining components of soybean varieties. Pakistan J. Agri. Res. 116:5–8.
13. Iqbal, S., T. Mahmood, T. Muhammad, A. M. Anwar and M. Sarwar. 2003. Path coefficient analysis in different genotypes of soybean. Pak. J. Biol. Sci. 6(12):1085–1087.
14. Isler, N. and M. E. Caliskan. 1998. Correlation and path coefficicnt analysis for yield and some yield components of soybean grown in South Eastern Anatolia. Turk. J. Agric. and For. 22:1-15.
15. Jackson, J.E. 1991. A user's guide to principal components. John Wiley and Sons Pub., New York.
16. Jadhav, AS., P. J. Jadhav and SM. Bachbave. 1995. Correlation and path coefficient analysis in soybean. J. Maharashtra Agric. Univ. 20(1):150–151.
17. Pandey, J. P. and J. H. Torrie. 1973. Path coefficient analysis of seed yield components in soybeans (*Glycine max* (L. Merr)). Crop Sci.13:504–507.
18. Sarkar, R. K. 1990. Correlation and path analysis of certain morphophysiological characters in soybean. Physiol. J. 33(1):83–84.
19. Seiler, G. J. and D. E. Stafford 1985. Factor analysis of component of yield in Guar. Crop Sci. 25:905-908.
20. Shirastava, M. K.,R. S. Shukla and P. K. Jain. 2001. Path coefficient analysis in diverse genotype of soybean (*Glycine Max.L*). Adv. in Plant Sci. 4:47–51.
21. Singh, J. and H. S. Yadava. 2000. Factors determining seed yield in early generation of soybean. Crop Res. Hisar. 20:239–243.
22. Singh, S. B. and K.S.Labana. 1990. Corellation and path analysis in sunflower. Corn Impr.,Dept.in Plant Breeding ,Punjab Agricultural University, Ludhiana, India 17:49-53.
23. Shivashankar, G. and S. R. Visvantaha. 1989. Soybean introduction and improvement in Karnataka state of India. Paper presented at 4th Conferencia Mundial de Investigation en soja, Buenos Aires.
24. Shukla, S., Singh, K. and Pushpendra. 1998. Correlation and path analysis coefficient analysis of yield and its components in soybean . Soybean Genet Newsletter 25:67-70.
25. Steel, R.G.D. and J.H. Torrie. 1980. Principles and procedure of statistics. 2nd Ed. McGraw Hill Book, Co. Inc London.
26. Taware,S. P., G. B. Halvanker, V. M. Raut and V. B Patil. 1997. Correlation and path analysis in soybean hybrids. Soybean Genet Newsletter 24:96-98.
27. Weilenmann detau, M. E. and J. Luguez. 2000. Variations for biomass, economic yield and harvest index among soybean cultivars of maturity groups III and IV in Argentina. Soybean Genetic Newsletter.27.
28. Zhao, J., O. Chen, Z.L. Li and X.L. Li. 1991. Factort analysis of the main agronomic characters in soybean. Soybean Sci.10(1):24–30.