

بررسی و تجزیه و تحلیل سیستمیک عملکرد و روابط اجزاء آن برای اصلاح  
کنجد (*Sesamum indicum* L.)  
Study and Systemic Analysis on Yield and Yield Components Association  
for Sesame (*Sesamum indicum* L.) Breeding

سعدالله منصوری و مسعود سلطانی نجف آبادی

مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر

تاریخ دریافت: ۸۲/۴/۳۱

چکیده

منصوری، س.، و سلطانی نجف آبادی، م. ۱۳۸۳. بررسی و تجزیه و تحلیل سیستمیک عملکرد و روابط اجزاء آن برای اصلاح کنجد (*Sesamum indicum* L.). نهال و بذر ۲۰: ۱۶۵-۱۴۹.

جایگاه ارزشمند کنجد در دانه‌های روغنی لزوم شناسایی روابط عملکرد و اجزاء آن را برای تعیین پارامترهای کلیدی و با اهمیت چرخه انتخاب جهت بهبود عملکرد اجتناب ناپذیر می‌نماید. بدین منظور بررسی حاضر روی ۳۲ ژنوتیپ کنجد تیپ چند شاخه انجام شد. همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد دانه با تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول، طول گل آذین اصلی و وزن هزار دانه مشاهده گردید. همچنین ارتفاع شاخه‌دهی (فاصله اولین شاخه فرعی از سطح زمین) و ارتفاع اولین کپسول (فاصله اولین کپسول از سطح زمین) همبستگی منفی و معنی‌داری با عملکرد نشان دادند. بر اساس نتایج رگرسیون گام به گام و تجزیه علیت معمولی، تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول، طول گل آذین اصلی و وزن هزار دانه به ترتیب دارای بیشترین اثر مستقیم بر عملکرد بودند. با استفاده از تجزیه علیت جایگزین یا ترتیبی، اثرات مستقیم طول گل آذین اصلی، تعداد کپسول در بوته و وزن هزار دانه بسیار چشمگیرتر از تجزیه علیت معمولی برآورد گردید. همچنین در روش جایگزین اثر غیرمستقیم تعداد شاخه فرعی در بوته و نیز طول گل آذین اصلی از طریق تعداد کپسول در بوته بیشتر از روش تجزیه علیت معمولی برآورد گردید. نتایج تجزیه عاملی وجود سه عامل را نشان داد که در مجموع حدود ۸۰ درصد تغییرات کل داده‌ها را توجیه نمودند. عامل اول مقایسه‌ای بین تعداد کپسول در بوته و طول گل آذین اصلی با ارتفاع اولین کپسول و ارتفاع شاخه‌دهی را نشان می‌داد. عامل دوم اثرات مثبت بر طول کپسول، دانه در کپسول و وزن هزار دانه داشته و عامل سوم اثر گذاری مثبت بر تعداد کپسول در بوته و تعداد شاخه فرعی در بوته داشت. بر اساس نتایج تجزیه علیت و ویژگی عامل‌ها، انتخاب برای افزایش عملکرد بر اساس افزایش تعداد کپسول در بوته و طول گل آذین اصلی، به عنوان کلیدی‌ترین اجزاء عملکرد، نتایج مشابهی با انتخاب از طریق کاهش ارتفاع اولین کپسول و تشکیل شاخه فرعی در ارتفاع پایین‌تر (که در مراحل اولیه میوه‌دهی قابل ارزیابی می‌باشد) را سبب می‌شود. نتایج گزینش بر مبنای تعداد دانه در کپسول و وزن هزار دانه (که بر اساس تجزیه علیت اثر کمتری بر عملکرد دارند) از طریق انتخاب برای طول کپسول بیشتر (بدون نمونه‌گیری تخریبی) نیز قابل حصول است. سرانجام، بر اساس ماهیت عامل سوم، گزینش بر اساس تعداد شاخه فرعی در بوته می‌تواند به عنوان آخرین راه‌کار سبب افزایش عملکرد شود.

واژه‌های کلیدی: کنجد، عملکرد، اجزاء عملکرد، تجزیه علیت تبعی، تجزیه عاملی.

## مقدمه

و همکاران (Sakila et al., 2000) در بررسی‌هایی که روی ۳۶ هیبرید کنجد و ۱۲ والد آن‌ها انجام دادند، همبستگی مثبت و معنی‌داری بین ارتفاع بوته، تعداد کپسول در ساقه اصلی و تعداد کل کپسول در گیاه با عملکرد تک بوته گزارش نمودند، از آن جا که بین تعداد کپسول در بوته و ارتفاع بوته همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت، به اعتقاد این محققین برای بهبود عملکرد کنجد می‌توان گزینش را بر اساس تعداد کپسول در بوته و ارتفاع گیاه سازماندهی نمود. در بررسی‌های انجام شده روی ۱۱ رقم کنجد توسط آویلا و مونتیلا (Avila and Montilla, 1997)، همبستگی معنی‌دار و مثبتی بین طول کپسول و عملکرد تک بوته مشاهده گردید و بین ارتفاع بوته و طول کپسول نیز همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت در حالی که تعداد کپسول در بوته همبستگی معنی‌داری با عملکرد نشان نداد. در پژوهشی دیگر کاتیرسان و گنانامورسی (Kathiresan and Gnanamurthy, 2000) گزارش نمودند که وزن هزار دانه و تعداد شاخه فرعی همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد داشته است. پادام‌اواتی و تانگاولو (Padmavathi and Thangavelu, 1996) با مطالعه ۷۵ هیبرید کنجد و ۲۰ والد آن‌ها نتیجه‌گیری نمودند که عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری با ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی، تعداد کپسول در بوته و وزن

کنجد (*Sesamum indicum* L.) یکی از قدیمی‌ترین گیاهان کشت شده توسط بشر و احتمالاً کهن‌ترین گیاه روغنی جهان است. دانه کنجد حاوی روغنی با ارزشی است که بسته به شرایط محیطی و نوع رقم ممکن است به ۴۵ تا ۶۲ درصد برسد و به دلیل وجود یک ترکیب فنلی آنتی‌اکسیدان بنام سزامولین (Sesamol) روغن آن از دوام خوبی برخوردار است (Roebbelen et al., 1989). شناخت معماری عملکرد گیاه که شامل عوامل تأثیرگذار بر شکل‌گیری و توسعه آن می‌باشد، موجب دستیابی به درک صحیحی از فرآیندهای دخیل در تولید گیاه می‌شود. عملکرد ویژگی پیچیده‌ای است که تحت تأثیر خصوصیات گوناگون قرار دارد و بنابراین دانشی که منجر به شناخت اهمیت و نحوه ارتباط صفات مختلف با عملکرد گردد، تبیین‌کننده آن قسمت از ساز و کارهای گیاه است که هر چند ساده‌تر از صفت نهایی (عملکرد) می‌باشند، اما در شکل‌گیری و تغییرات آن نقش اساسی دارند. بدیهی است اشراف بر این ساز و کارها و نقاط کلیدی تولید گیاه، مسیر اصلاحی را برای بهبود عملکرد و برنامه‌ریزی به‌نژادی واقع‌بینانه‌تر می‌نماید. برآورد همبستگی ساده بین اجزاء مختلف که به نحوی در ظهور عملکرد تأثیرگذار می‌باشند باعث نیل به دیدگاهی اولیه و پایه در خصوص اهمیت نسبی این اجزاء می‌گردد. سکیلا

اثر مستقیم بر عملکرد دانه می‌باشد و از طریق طول ساقه کپسول دهنده و تعداد شاخه فرعی در گیاه بیشترین اثر غیرمستقیم را بر عملکرد دانه اعمال می‌نماید. آویلا و مونتیلا (Avila and Montilla, 1997) بیشترین اثر مثبت مستقیم بر عملکرد را به ارتفاع بوته و وزن هزار دانه مربوط دانستند و گزارش نمودند که طول کپسول از طریق ارتفاع بوته بیشترین اثر غیرمستقیم را بر عملکرد دارد.

علیرغم این که تجزیه و تحلیل علیت بر اساس روابط علت و معلولی پایه‌گذاری شده است، در اغلب مدل‌هایی که از این شیوه استفاده می‌شود ماهیت اثر صفات مورد توجه قرار نمی‌گیرد. تجزیه و تحلیل علیت نیازمند شناخت روابط اعلی بین متغیرها بر پایه دانش قبلی در خصوص اثر آن‌ها بر یکدیگر می‌باشد و نبودن چنین بینشی موجب می‌شود اثرات غیرواقعی و نامعقول در مدل ملحوظ گردد که به نوبه خود باعث بروز آریبی در برآورد اثرات مستقیم و غیرمستقیم واقعی می‌شود. بدین لحاظ دوفینگ و نایت (Dofing and Knight, 1992) و آگراما (Agrama, 1996) روش تجزیه و تحلیل علیت جایگزین (Alternative path analysis) یا ترتیبی (Sequential path analysis) را ارائه نمودند. منطق حاکم بر این شیوه تجزیه و تحلیل، ماهیت ترادفی تشکیل اجزاء عملکرد از حیث زمانی می‌باشد به طوری که صرفاً اجزایی که زودتر تشکیل شده‌اند می‌توانند از طریق اثرگذاری بر

هزار دانه دارد در حالی که همبستگی منفی و غیر معنی‌دار بین عملکرد دانه و طول کپسول وجود داشت. کانداسامی و همکاران (Kandasamy et al., 1990) در مطالعاتی که روی ۲۶ ژنوتیپ کنجد در دو فصل زراعی انجام دادند اعلام نمودند که در هر دو فصل، همبستگی مثبت و معنی‌داری بین تعداد کپسول در بوته با عملکرد تک بوته وجود دارد. بر مبنای مطالعات یاد شده عوامل مهم مؤثر در عملکرد کنجد شامل وزن هزار دانه، تعداد شاخه فرعی، و تعداد کپسول در بوته می‌باشند و لذا می‌توانند معیارهای مناسبی برای گزینش ارقام به شمار آیند.

اجزاء عملکرد به دلیل ماهیت بیولوژیک و تعامل سیستمیک دارای انواع همبستگی‌های منفی و مثبت می‌باشند و لذا با تأکید بر همبستگی ساده روابط واقعی بین عملکرد و اجزاء آن را نمی‌توان به خوبی بیان نمود. رایت (Wright, 1960) روش تجزیه و تحلیل علیت را به عنوان روشی برای بررسی مجموعه‌ای از متغیرهای مربوط به هم مطرح نمود. روش تجزیه علیت همبستگی عملکرد با اجزاء آن را به اثرات مستقیم هر جزء بر عملکرد و نیز اثرات غیرمستقیم هر جزء از طریق سایر اجزاء تفکیک می‌نماید (Avila and Montilla, 1997). مورالی و همکاران (Murali et al., 1996) با انجام تجزیه علیت روی ۳۸ ژنوتیپ کنجد اعلام نمودند که تعداد کپسول در بوته دارای بیشترین

مزرعه تحقیقات مؤسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج اجرا گردید. سه ژنوتیپ تک شاخه بودند که حذف شدند و بررسی‌ها با ۳۳ ژنوتیپ چند شاخه تداوم یافت. هر کرت شامل چهار خط با فواصل ۶۰ سانتی‌متر بود و فاصله بوته‌های روی خطوط ۱۰ الی ۱۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. در پایان فصل رشد، از هر کرت پنج بوته به طور تصادفی انتخاب و ارزیابی کلیه صفات به شرح زیر روی آن‌ها انجام شد:

**طول کپسول ( $X_1$ ):** از هر بوته ۱۰ کپسول از قسمت‌های مختلف به طور تصادفی انتخاب و طول تک تک آن‌ها اندازه‌گیری شد. برای هر کرت، میانگین طول کپسول تعیین گردید.

**تعداد کپسول در بوته ( $X_2$ ):** تعداد کپسول در هر یک از بوته‌های نمونه‌گیری شده، شمارش و میانگین‌گیری برای کرت به عمل آمد.

**تعداد دانه در کپسول ( $X_3$ ):** از هر بوته پنج کپسول از قسمت‌های مختلف بوته به طور تصادفی انتخاب و تعداد دانه در هر یک از کپسول‌ها با دستگاه بذر شمار تعیین گردید. میانگین تعداد دانه در کپسول بر مبنای میانگین تک بوته برای هر کرت تعیین شد.

**طول گل آذین اصلی ( $X_4$ ):** طول شاخه اصلی حاوی کپسول در هر بوته به عنوان طول گل آذین اصلی در نظر گرفته شد و برای پنج بوته هر کرت میانگین‌گیری به عمل آمد.

**وزن هزار دانه ( $X_5$ ):** وزن هزار دانه با شمارش پنج نمونه ۱۰۰ تایی از هر بوته و سپس

اجزائی که در مراحل بعد تشکیل می‌شوند عملکرد را متأثر نمایند. با استفاده از این شیوه اثرات مستقیم و غیرمستقیم برآورد شده ارزش واقعی تری خواهند داشت.

صفات دخیل در عملکرد، به واسطه ماهیت سیستماتیک و روابط کنترلی و تنظیمی داخل گیاه دارای همبستگی‌های گوناگونی با یکدیگر می‌باشند. می‌توان این صفات را بر حسب ویژگی‌هایی نظیر تأثیرپذیری از یک سری مکانیسم یکسان و اثرگذاری مشابه بر عملکرد در گروه‌هایی مجزا و غیر همبسته به نام عوامل (Factors) قرار داد. این شیوه که تجزیه عاملی (Factor analysis) نام دارد عموماً برای کاهش تعداد زیادی متغیر همبسته به تعداد کمی عامل اصلی به کار برده می‌شود (Walton, 1972). با توجه به نتایج تجزیه علیت (که اهمیت نسبی صفات را تعیین می‌کند) و شمول صفات مختلف در عوامل به دست آمده، می‌توان با دیدگاهی فیزیولوژیک نحوه انتخاب برای نیل به عملکردهای بالا را ترسیم نمود.

بررسی حاضر به منظور شناخت نحوه همبستگی و اثرگذاری اجزای عملکرد گیاه کنجد بر عملکرد دانه و استفاده از آن برای طرح‌ریزی راهبردهای اصلاح کنجد بر مبنای روابط فیزیولوژیک اجزای عملکرد انجام شد.

#### مواد و روش‌ها

این بررسی در قالب طرح لاتیس ساده با دو تکرار و ۳۶ ژنوتیپ کنجد در سال ۱۳۸۰ در

گام به گام با نرم افزار Path2 انجام شد. با تعیین معادلات نرمال مربوط به روابط تجزیه علیت جایگزین، اثرات مستقیم و غیرمستقیم متغیرها برآورد گردید.

**نتایج و بحث**

میانگین و انحراف معیار کلیه صفات اندازه گیری شده روی همه ژنوتیپها در جدول ۱ ارائه شده است.

**همبستگی**

نتایج همبستگی دوگانه بین صفات مورد بررسی در جدول ۲ ارائه شده است.

بر اساس نتایج جدول ۲، همبستگی مثبت و معنی داری بین عملکرد تک بوته و صفات تعداد کپسول در بوته ( $r=0/04$ )، تعداد دانه در کپسول ( $r=0/06$ )، طول گل آذین اصلی ( $r=0/65$ ) و وزن هزار دانه ( $r=0/49$ ) وجود داشت که با نتایج مورالی و همکاران (Murali *et al.*, 1996) مطابقت داشت. در مطالعات سایر محققین همبستگی مثبت و معنی دار بین تعداد کپسول در بوته و طول گل آذین اصلی با عملکرد

میانگین گیری برای پنج بوته انتخابی هر کرت تعیین گردید.

تعداد شاخه فرعی ( $X_1$ ): شاخه های فرعی برای هر بوته شمارش گردید و در کل برای هر کرت بر حسب تک بوته ها میانگین گیری شد.

ارتفاع شاخه دهی ( $X_2$ ): فاصله اولین شاخه فرعی از سطح زمین در روی شاخه اصلی به عنوان ارتفاع شاخه دهی در نظر گرفته شد.

ارتفاع اولین کپسول ( $X_3$ ): فاصله اولین کپسول روی بوته از سطح زمین به عنوان ارتفاع اولین کپسول در نظر گرفته شد.

صفات  $X_4$  و  $X_5$  نیز برای پنج بوته تصادفی هر کرت تعیین گردید و آنگاه میانگین گیری به عمل آمد.

تجزیه های آماری همبستگی ساده و رگرسیون گام به گام (که خطای نوع اول ورودی و خروجی متغیر به ترتیب برابر ۰/۰۵ و ۰/۱ بود) عملکرد بر روی هشت متغیر فوق الذکر و تجزیه عاملی با نرم افزار SPSS انجام شد. محاسبات مربوط به تجزیه علیت ساده بر اساس نتایج متغیرهای باقی مانده در مدل رگرسیون

جدول ۱- میانگین و انحراف معیار صفات اندازه گیری شده برای کل ژنوتیپها

Table 1. Means and standard deviations of measured traits over all genotypes

		$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$X_6$	$X_7$	$X_8$
Mean	میانگین	3.1	68.2	66.3	67.4	3.1	3.3	23.3	52.2
Standard deviation	انحراف معیار	0.2	15.4	8.7	13.7	0.3	1.2	13.0	18.1

$X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7, X_8$  به ترتیب نشانگر طول کپسول (سانتی متر)، تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول، طول گل آذین اصلی (سانتی متر)، وزن هزار دانه (گرم)، تعداد شاخه فرعی در بوته، ارتفاع شاخه دهی (سانتی متر) و ارتفاع اولین کپسول (سانتی متر) می باشد.

$X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7, X_8$  stands for capsule length (cm), no. capsule per plant, no. seed per capsule, main inflorescence length (cm), 1000-seeds weight (g), no. branch per plant, branching height (cm), and first capsule height (cm), respectively.

جدول ۲- ضرایب همبستگی دو گانه (ساده) بین صفات مختلف در کنجد

Table 2. Simple correlation coefficients between various traits in sesame

Trait	صفت	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>6</sub>	X <sub>7</sub>	X <sub>8</sub>	عملکرد Yield
Capsule length	طول کیسول (X <sub>1</sub> )	-0.445**	0.636**	0.357*	0.606**	0.005 <sup>ns</sup>	-0.042 <sup>ns</sup>	-0.147 <sup>ns</sup>	0.308 <sup>ns</sup>
No. capsules per plant	تعداد کیسول در بوته (X <sub>2</sub> )		0.113 <sup>ns</sup>	0.284 <sup>ns</sup>	-0.034 <sup>ns</sup>	0.197 <sup>ns</sup>	-0.440*	-0.349*	0.537**
No. seeds per capsule	تعداد دانه در کیسول (X <sub>3</sub> )			0.448**	0.360*	0.123 <sup>ns</sup>	-0.112 <sup>ns</sup>	-0.157 <sup>ns</sup>	0.563**
Main inflorescence length	طول گل آذین اصلی (X <sub>4</sub> )				0.358*	-0.287 <sup>ns</sup>	-0.519**	-0.595 <sup>ns</sup>	0.650**
1000 seeds weight	وزن هزار دانه (X <sub>5</sub> )					0.133 <sup>ns</sup>	-0.362*	-0.390*	0.486**
No. branches per plant	تعداد شاخه فرعی در بوته (X <sub>6</sub> )						0.180 <sup>ns</sup>	0.333 <sup>ns</sup>	0.251 <sup>ns</sup>
Branching height	ارتفاع شاخه‌دهی (X <sub>7</sub> )							0.926**	-0.486**
First capsule height	ارتفاع اولین کیسول (X <sub>8</sub> )								-0.477**

ns, \* and \*\*: Non significant, significant at 5% and 1% respectively.

ns, \* و \*\*: به ترتیب غیر معنی دار، معنی دار در سطح ۰/۰۵ و ۰/۰۱.

ارتفاع شاخه‌دهی و تعداد شاخه فرعی غیر معنی‌دار بود بنابراین رابطه منفی بین ارتفاع شاخه‌دهی و عملکرد صرفاً از نقطه نظر کاهش تعداد کپسول در شاخه اصلی که اثرات آن در کاهش تعداد کپسول در بوته نمایان می‌شود قابل توجیه است.

از آن جا که شاخه فرعی حاوی کپسول می‌باشد، انتظار می‌رود همانند نتایج کاتیرسان و گنانامورسی (Kathiresan and Gnanamurthy, 2000)، همبستگی مثبت و معنی‌داری بین تعداد شاخه فرعی در بوته و عملکرد وجود داشته باشد. عدم حصول همبستگی معنی‌دار در بررسی حاضر احتمالاً ناشی از همبستگی داخلی سایر متغیرهای مهم اثرگذار بر عملکرد با تعداد شاخه فرعی می‌باشد. این موضوع با استفاده از نتایج تجزیه و تحلیل علیت مورد بحث قرار خواهد گرفت.

همبستگی وزن هزار دانه با طول گل آذین اصلی نیز معنی‌دار و مثبت است ( $r = 0/36$ ) لذا می‌توان صفت اخیر، که اندازه‌گیری آن در مزرعه بسیار آسان است را به عنوان یک معیار گزینشی غیرمستقیم در افزایش عملکرد کنگد پیشنهاد نمود.

رگرسیون گام به گام عملکرد با سایر صفات رگرسیون گام به گام پس از پنج مرحله شامل صفات طول گل آذین اصلی، تعداد شاخه فرعی در بوته، تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول و وزن هزار دانه بود. در جدول ۳

(Padmavathi and Thangavelu, 1996)؛ (Sakila et al., 2000) و نیز وزن هزار دانه با عملکرد (Avila and Montilla, 1997)؛ (Kathiresan and Gnanamurthy, 2000) گزارش شده است. صفات ارتفاع شاخه‌دهی و ارتفاع اولین کپسول (به ترتیب  $r = -0/48$  و  $r = -0/49$ ) با عملکرد همبستگی منفی و معنی‌داری نشان دادند. با افزایش ارتفاع اولین کپسول، طول گل آذین اصلی کاهش یافته می‌یابد و در نتیجه آفت عملکرد را سبب می‌شود. بررسی‌های پادماواتی و تانگاولو (Padmavathi and Thangavelu, 1996) و ساکیلا و همکاران (Sakila et al., 2000) نشان دهنده همبستگی مثبت و معنی‌دار بین ارتفاع اولین کپسول با عملکرد دانه می‌باشد. با توجه به این که ارتفاع اولین کپسول روی شاخه اصلی بیشتر از ارتفاع شاخه‌دهی می‌باشد، افزایش ارتفاع شاخه‌دهی با کاهش عملکرد تک بوته همراه است ( $r = -0/44$ ) که این موضوع با عنایت به همبستگی مثبت و معنی‌دار بین ارتفاع شاخه‌بندی و ارتفاع اولین کپسول ( $r = 0/93$ ) و نیز همبستگی منفی معنی‌دار بین ارتفاع شاخه‌دهی و طول گل آذین اصلی ( $r = -0/52$ ) تأیید می‌گردد. وجود همبستگی منفی معنی‌دار بین صفات ارتفاع اولین کپسول در بوته و نیز ارتفاع شاخه‌دهی با تعداد کپسول در بوته (به ترتیب  $r = -0/35$  و  $r = -0/44$ ) صحت تفسیرهای فوق را تأیید می‌نماید. همبستگی بین

گام به گام وارد مدل گردید و تا مرحله نهایی نیز در مدل باقی مانده است. همچنین متغیرهای ارتفاع شاخه‌دهی و ارتفاع اولین کپسول که دارای همبستگی معنی‌دار منفی با عملکرد بودند در مدل رگرسیونی نهایی مشاهده نمی‌شوند.

از آن جا که ضرایب جزئی رگرسیون مستقل از واحد کمیت‌ها نمی‌باشند لذا نمی‌توان بر اساس آن‌ها تعیین نمود که تغییرات متغیر وابسته (عملکرد) نسبت به تغییرات کدام متغیر (جزء عملکرد) حساسیت بیشتری دارد، بنابراین از ضرایب جزئی استاندارد شده، که به آن‌ها وزن‌های بتا (Beta weights) نیز گفته می‌شود، استفاده می‌گردد. در جدول ۴، ضرایب جزئی استاندارد شده رگرسیون گام به گام (وزن‌های بتا) همراه ضرایب استاندارد نشده در مرحله نهایی ارایه و مقایسه شده است.

ضرایب جزئی متغیرها و ثابت معادله در مراحل پنجگانه رگرسیون گام به گام ارایه شده است. معادله رگرسیون دارای ماهیت علت و معلولی است که با توجه به علامت مثبت تمامی متغیرهای باقی مانده در معادله نهایی، اجزاء مؤثر در عملکرد کنگد تیپ چند شاخه را می‌توان به صورت زیر نمایش داد:

$$Y = F(X_2, X_3, X_4, X_5, X_6)$$

که  $Y$  نماد عملکرد تک بوته و  $X_2, X_3, X_4, X_5$  و  $X_6$  به ترتیب تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول، طول گل آذین اصلی، وزن هزار دانه و تعداد شاخه فرعی است.

با مقایسه نتایج جدول‌های ۲ و ۳ مشخص می‌گردد که اگر چه تعداد شاخه فرعی در بوته فاقد همبستگی معنی‌دار با عملکرد می‌باشد، ولی به عنوان متغیری مهم در دومین مرحله رگرسیون

جدول ۳- ضرایب جزئی متغیرها و ثابت معادله در مراحل پنج‌گانه رگرسیون گام به گام

Table 3. Partial coefficients of variables and constant in five steps of stepwise regression

Variables	متغیرها	Steps				
		1	2	3	4	5
Constant	ثابت معادله	-2.250	-9.850	-11.660	-19.100	-24.710
Main in florescence length	طول گل آذین	0.183	0.221	0.194	0.121	0.092
No. branches per plant	تعداد شاخه فرعی در بوته	-	1.534	1.280	0.794	0.575
No. capsules per plant	تعداد کپسول در بوته	-	-	0.066	0.103	0.115
No. seeds per capsule	تعداد دانه در کپسول	-	-	-	0.172	0.162
1000 seeds weight	وزن هزاردانه	-	-	-	-	2.650

مراتب بعدی قرار داشتند. تعداد شاخه فرعی در بوته که دارای بزرگترین ضریب غیر استاندارد شده بود، حداقل وزن بتا را به خود اختصاص داده بود.

بر اساس نتایج جدول ۴، نوسانات تعداد کپسول در بوته اثرگذاری بیشتری در تغییرات عملکرد دارد. تعداد دانه در کپسول، طول گل آذین اصلی و وزن هزار دانه از این حیث در



جدول ۴- مقایسه ضرایب رگرسیون جزئی استاندارد شده (وزن‌های بتا) با ضرایب استاندارد نشده در مرحله پنجم رگرسیون گام به گام

Table 4. Comparison of standardized partial regression coefficients (Beta weights) with unstandardized coefficients in the fifth step of stepwise regression

Variables	متغیرها	وزن‌های بتا Beta weights	ضرایب استاندارد نشده Unstandardized coefficients
Main inflorescence length	طول گل آذین اصلی	0.326	0.092
No. branches per plant	تعداد شاخه فرعی در بوته	0.179	0.574
No. capsules per plant	تعداد کپسول در بوته	0.458	0.115
No. seeds per capsule	تعداد دانه در کپسول	0.365	0.162
1000 seeds weight	وزن هزار دانه	0.230	2.650

#### تجزیه علیت معمولی

تجزیه علیت بدون اعتنا به نتایج رگرسیون گام به گام، مخصوصاً هنگامی که همخطی چندگانه (Multicollinearity) بین متغیرها وجود داشته باشد، منجر به حصول ضرایب علیت بزرگ‌تر از یک خواهد شد (Samonte et al., 1998). به علت وجود همخطی بین متغیرهای مستقل که به صورت وجود همبستگی‌های معنی‌دار بین آن‌ها بروز نموده است (جدول ۲) تجزیه علیت بر اساس متغیرهای باقی مانده در مدل نهایی رگرسیونی گام به گام انجام گرفت. دیاگرام تجزیه علیت و ضرایب مسیر (شامل اثرات مستقیم، که از این پس با P نشان داده می‌شود، و اثرات غیرمستقیم) بر اساس متغیرهای باقی مانده در مرحله نهایی رگرسیون گام به گام به ترتیب در شکل ۱ و جدول ۵ ارائه شده است.

مثبت ( $P = 0/46$ ) می‌باشد و تعداد دانه در کپسول، طول گل آذین اصلی و وزن هزار دانه به ترتیب در رتبه‌های بعدی قرار دارند (به ترتیب  $P = 0/37$ ،  $P = 0/33$ ،  $P = 0/23$ ). نتایج مشابهی توسط شیم و همکاران (Shim et al., 2001) در این خصوص گزارش شده است.

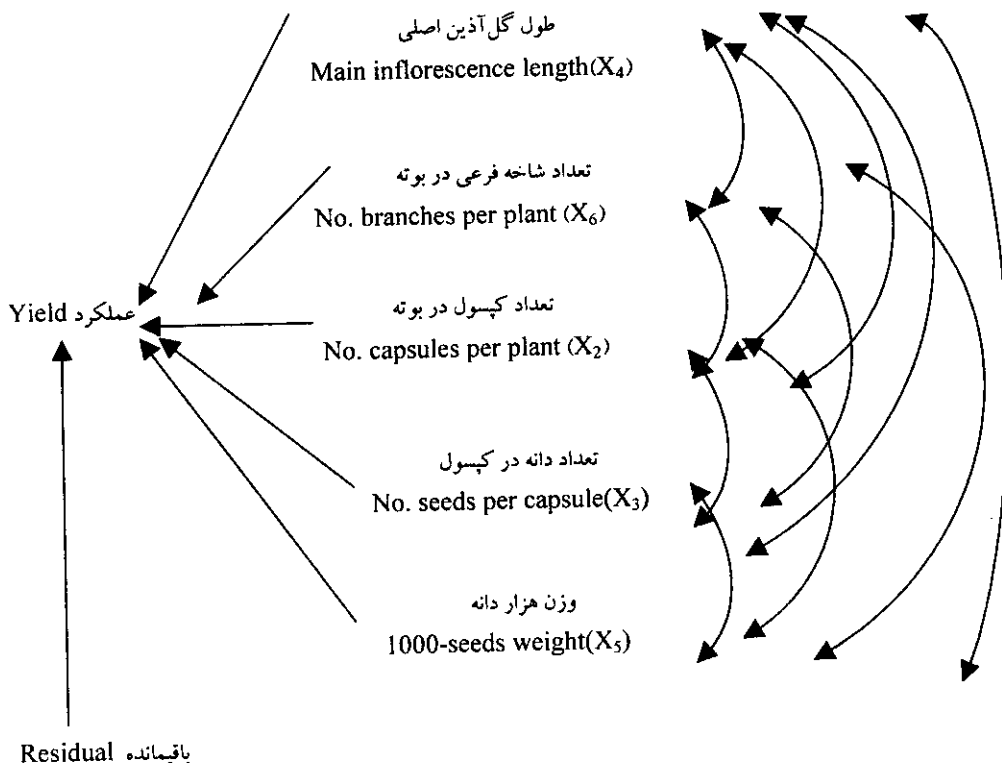
طول گل آذین اصلی از طریق تعداد دانه در کپسول و تعداد کپسول در بوته به ترتیب دارای بیشترین اثر غیرمستقیم بر عملکرد می‌باشد. همبستگی بالای طول گل آذین اصلی با عملکرد ( $r = 0/65$ ) از منظر اثرات مستقیم و غیرمستقیم تبیین می‌گردد. طول گل آذین اصلی از طریق تعداد برگ روی آن و نیز اثرگذاری در نورگیری کانوپی گیاه کارآیی ساخت ماده خشک را به طور مستقیم تحت تأثیر قرار می‌دهد (اثر مستقیم) و اثر غیرمستقیم آن از طریق تعداد کپسول در بوته اعمال می‌گردد.

بررسی صفات دیگر نظیر شاخص سطح برگ، سطح برگ در شاخه فرعی، طول

همچنان که در جدول ۵ مشاهده می‌شود تعداد کپسول در بوته دارای بیشترین اثر مستقیم

تصمیم‌گیری نهایی در خصوص اثرات واقعی صفات را دقیق‌تر می‌سازند و از سوی دیگر ممکن است اثرات باقی مانده (۰/۴۲) را تقلیل دهد.

شاخه‌های فرعی و تفکیک تعداد کپسول موجود روی گل آذین اصلی و شاخه‌های فرعی و همچنین تکرار آزمایش در بیش از یک سال یا یک منطقه تفسیر نتایج را مطمئن‌تر و



شکل ۱- دیاگرام تجزیه علیت معمولی

خطوط یک طرفه بین Xها و Y نشان‌دهنده اثر اصلی هر متغیر بر عملکرد و خطوط دو طرفه بین Xها اثرات غیرمستقیم را نشان می‌دهد.

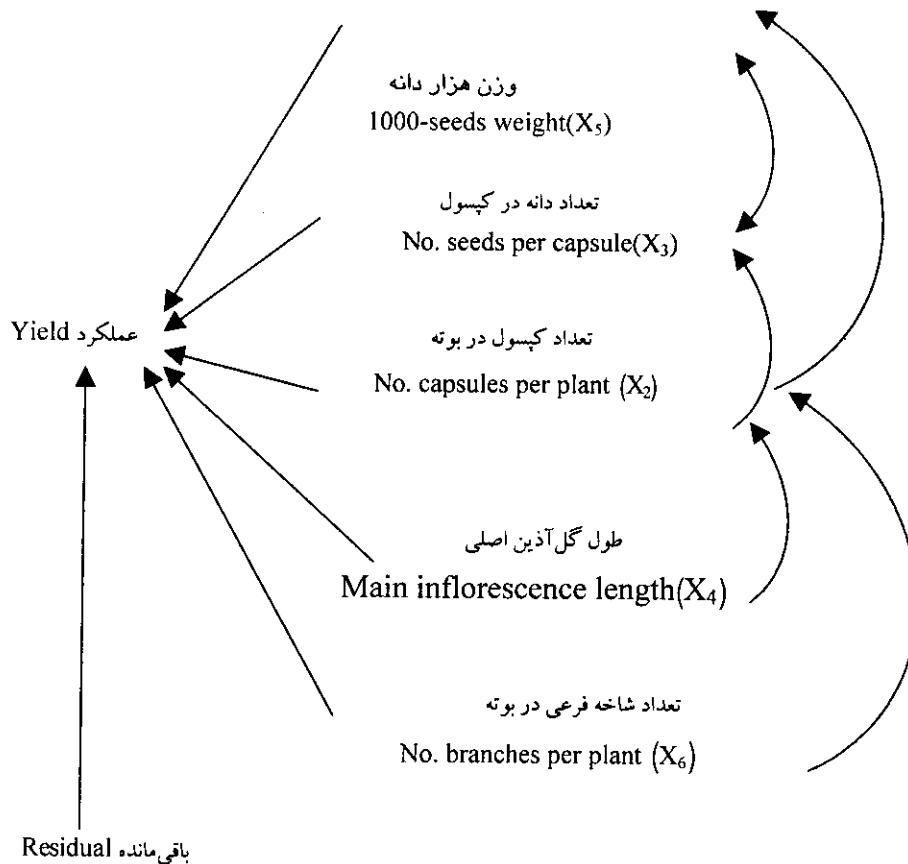
Fig. 1. Diagram of ordinary path analysis

Unidirectional arrows between X<sub>s</sub> and Y indicate main effect of each variable on the yield, and two directional ones between X<sub>s</sub> indicate indirect effects.

در روند نمو گیاه، تعداد کپسول در بوته پس از تعیین طول گل آذین اصلی و نیز شاخه‌های فرعی مشخص می‌شود. طول گل آذین اصلی پس از تشکیل و تعیین تعداد شاخه‌های فرعی ادامه می‌یابد و بدین حیث تعداد شاخه فرعی بر طول نهایی گل آذین اصلی

### تجزیه علیت جایگزین

بر اساس نتایج رگرسیون گام به گام و در نظر گرفتن روابطی که از نظر فیزیولوژیک واجد مفهوم حقیقی می‌باشند، مدل تجزیه علیت جایگزین مطابق شکل ۲ تعریف گردید.



شکل ۲- دیاگرام تجزیه علیت جایگزین بر اساس نتایج رگرسیون گام به گام

خطوط بین Xها و Y نشان دهنده اثر اصلی هر متغیر بر عملکرد و خطوط بین Xها اثرات غیر مستقیم را نشان می دهد.

Fig. 2. Diagram of alternative path analysis based on stepwise regression  
Arrows between Xs and Y indicate main effect of each variable on the yield, and arrows between Xs indicate indirect effects.

جدول ۵- اثرهای مستقیم و غیرمستقیم صفات مرتبط با عملکرد بر اساس تجزیه علیت معمولی

Table 5. Direct and indirect effects of yield related traits based on ordinary path analysis

Trait	صفت	اثر مستقیم Direct effect	اثر غیر مستقیم از طریق Indirect effect through				
			X <sub>4</sub>	X <sub>6</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>5</sub>
Main inflorescence length	طول گل آذین اصلی (X <sub>4</sub> )	0.325	-	-0.052	0.130	0.163	0.082
No. branches per plant	تعداد شاخه فرعی در بوته (X <sub>6</sub> )	0.178	-0.094	-	0.092	0.044	0.030
No. Capsules per palnt	تعداد کپسول در بوته (X <sub>2</sub> )	0.458	0.092	0.035	-	-0.042	-0.008
No. seeds per capsule	تعداد دانه در کپسول (X <sub>3</sub> )	0.368	0.145	0.021	0.052	-	0.082
1000-seeds weight	وزن هزار دانه (X <sub>5</sub> )	0.230	0.116	0.023	-0.016	0.131	-
Correlation of trait with the yield	جمع همبستگی صفت با عملکرد	-	0.650	0.250	0.540	0.563	0.490

Residual effects:0.424

در کپسول‌هایی که دانه آن‌ها تشکیل شده است باعث کاهش دسترسی کپسول‌های در حال تشکیل بعدی به مواد غذایی شده و می‌تواند موجب کاهش تعداد دانه در آن‌ها گردد. همچنین تعداد دانه در کپسول قادر به اثرگذاری بر وزن هزار دانه آن‌ها می‌باشد. بنابراین رابطه بین وزن هزار دانه و تعداد دانه در کپسول دو طرفه در نظر گرفته شد. برآورد اثرات مستقیم و غیرمستقیم صفات مختلف بر اساس تجزیه و تحلیل علیت جایگزین در جدول ۶ ارائه شده است.

مقایسه جدول‌های ۵ و ۶ افزایش چشمگیر در برآورد اثرات مستقیم طول گل آذین اصلی، تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول و بالاخره وزن هزار دانه با استفاده از مدل علیت جایگزین نسبت به روش معمولی را نشان می‌دهد. همچنین برآورد اثر غیرمستقیم تعداد شاخه فرعی در بوته و نیز طول گل آذین اصلی از طریق تعداد کپسول در بوته در مدل جایگزین نیز نسبت به مدل معمولی افزایش یافته است که جمله‌گی بیانگر قابلیت روش جایگزین برای نیل به ادراک دقیق و واقعی از روابط علیت است. در مطالعات انجام شده توسط دوفینگ و نایت (Dofing and Knight, 1992) نیز به افزایش برآورد اثرات مستقیم و غیرمستقیم با استفاده از مدل جایگزین نسبت به مدل معمولی اشاره شده است.

در روش تجزیه علیت جایگزین ارایه شده توسط دوفینگ و نایت

تقدم زمانی دارد. پس از نمود طول نهایی گل آذین اصلی، تعداد کپسول در بوته نیز تعیین می‌شود. از آن جایی که کپسول‌هایی نیز بر روی شاخه‌های فرعی تشکیل می‌شوند، تعداد شاخه فرعی در بوته و طول گل آذین اصلی دارای اثر یک طرفه بر تعداد کپسول در بوته می‌باشند. هر کپسول به عنوان مرکز گیرنده و توزیع کننده مواد فتوسنتزی بین دانه‌ها عمل می‌نماید. بنابراین برای یک میزان خاص مواد فتوسنتزی تولید شده، افزایش تعداد کپسول منجر به افزایش رقابت برای تخصیص مواد فتوسنتزی خواهد شد و لذا سهم هر کپسول از مواد فتوسنتزی کاهش می‌یابد که به نوبه خود بر شکل‌گیری دانه‌ها در کپسول اثرگذار خواهد بود. بنابراین مسیر بین تعداد کپسول در بوته و تعداد دانه در کپسول یک طرفه در نظر گرفته می‌شود. از آن جا که کنجد گیاهی رشد نامحدود می‌باشد، وزن هزار دانه در هر زمان از دو جهت تحت تأثیر واقع خواهد شد بدین صورت که دانه‌های در حال پر شدن در کپسول‌های تشکیل شده با کپسول‌هایی که در حال تشکیل بوده و هنوز دانه‌ای در آن‌ها تشکیل نشده است در حال رقابت می‌باشند. پر شدن دانه در کپسول‌های تشکیل شده بر تعداد دانه و وزن دانه کپسول‌های در حال تشکیل اثرگذار خواهد بود. از این رهگذر وزن دانه کپسول‌هایی که در آستانه پر شدن هستند تحت تأثیر قرار خواهد گرفت، بدین لحاظ مسیر تعداد کپسول با وزن هزار دانه یک طرفه در نظر گرفته شده است. از طرفی روند افزایش وزن هزار دانه

جدول ۶- اثرهای مستقیم و غیرمستقیم صفات مرتبط با عملکرد بر اساس تجزیه علیت جایگزین

Table 6. Direct and indirect effects of yield related traits based on alternative path analysis

Trait	صفت	اثر مستقیم Direct effect	اثر غیر مستقیم از طریق Indirect effect through				
			X <sub>6</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>5</sub>
No. branches per plant	تعداد شاخه فرعی در بوته (X <sub>6</sub> )	0.132	-	-	0.12	-	-
Main inflorescence length	طول گل آذین اصلی (X <sub>4</sub> )	0.480	-	-	0.17	-	-
No. capsules per plant	تعداد کپسول در بوته (X <sub>2</sub> )	0.600	-	-	-	-0.06	-0.01
No. seeds per capsule	تعداد دانه در کپسول (X <sub>3</sub> )	0.520	-	-	-	-	0.12
1000-seeds weight	وزن هزار دانه (X <sub>5</sub> )	0.300	-	-	-	0.19	-
Correlation of trait with the yield	جمع همبستگی صفت با عملکرد	-	0.25	0.65	0.54	0.56	0.49

لحاظ برخی از روابط بین صفات در شکل ۲ به صورت دو طرفه در نظر گرفته شده‌اند.

#### تجزیه به عامل‌ها

تجزیه به عامل‌ها به روش مؤلفه‌های اصلی و چرخش وریماکس (Varimax rotation) روی داده‌ها انجام گرفت. سه عامل اول که مقادیر ویژه آن‌ها بزرگ‌تر از واحد بوده و در مجموع ۷۹/۹ درصد تنوع کل داده‌ها را توجیه نمودند، انتخاب شدند. در جدول ۷ ماتریس عامل‌های چرخش یافته ارائه شده است.

بر اساس نتایج جدول ۷، عامل اول عمدتاً روی تعداد کپسول در بوته و طول گل آذین اصلی با علامت منفی و ارتفاع اولین کپسول و ارتفاع شاخه‌دهی با علامت مثبت مؤثر است. با مراجعه به جدول ۲ مشخص می‌گردد که این عامل در واقع مقایسه‌ای بین عوامل

(Dofing and Knight, 1992) و آگراما (Agrama, 1996)، کلیه اثرات غیرمستقیم به صورت یک طرفه در نظر گرفته می‌شوند. این روش برای محصولاتی نظیر غلات دانه ریز و ذرت که در آن‌ها اجزایی از عملکرد که دیرتر تشکیل می‌شوند اثر ناچیزی بر اجزایی که زودتر تشکیل می‌شوند دارند، قابل توصیه می‌باشد. لیکن در خصوص کنبجد، از آن جا که کپسول (و نه دانه‌های ریز کنبجد) مرکز گیرنده و توزیع شیره پرورده می‌باشد و بدین حیث یک مخزن (Sink) قوی محسوب می‌شود، برخی از اجزایی که در مراحل دیرتر تشکیل می‌شوند (نظیر تشکیل دانه در کپسول‌های بالایی گیاه) بر برخی اجزایی که در مراحل قبل‌تر تا حدی شکل گرفته‌اند (نظیر وزن هزار دانه دانه‌ها در کپسول‌های پایینی) مؤثر واقع خواهند شد. بدین

جدول ۷- ماتریس عامل‌های چرخش یافته (چرخش وریماکس)

Table 7. Matrix of rotated (varimax rotation) factors

Trait	صفت	عامل اول First factor	عامل دوم Second factor	عامل سوم Third factor
Capsule length	طول کپسول	0.0428	0.930	-0.165
No. capsules per plant	تعداد کپسول در بوته	-0.6380	-0.382	0.540
No. seeds per capsule	تعداد دانه در کپسول	-0.0980	0.795	-0.089
First capsule height	ارتفاع اولین کپسول	0.9180	-0.150	0.186
1000 seeds weight	وزن هزار دانه	-0.3250	0.715	0.157
Branching height	ارتفاع شاخه‌دهی	0.9240	-0.073	0.017
No. branches per plant	تعداد شاخه فرعی	0.2510	0.143	0.920
Main inflorescence length	طول گل‌آذین اصلی	-0.6860	0.413	-0.175

عامل نسبت به عامل رقابت داخل بوته می‌باشد، این عامل ظرفیت تولید نامگذاری می‌گردد. قدرت رقابت داخل بوته به عنوان عامل اول به تنهایی ۳۴/۴ درصد تغییرات داده‌ها را تبیین نموده و عامل قدرت مخزن و ظرفیت عملکرد بوته به ترتیب هر کدام ۲۹/۷ و ۱۵/۸ درصد از تنوع کل داده‌ها را به خود اختصاص داده‌اند.

صفاتی که با علامت یکسان در زیر مجموعه یک عامل قرار می‌گیرند (جدول ۷) همگی تحت تأثیر هم جهت یک ماهیت ناشناخته قرار دارند و به عبارت دیگر ماهیتی ناشناخته به طور هم جهت بر آن صفات اثر می‌گذارد. هر عامل دارای موجودیت انفرادی نیست بلکه برآیند مجموعه‌ای از ویژگی‌ها و فرایندهایی است که آن صفات را تحت تأثیر قرار می‌دهند. بنابراین فرایندهای ناشناخته‌ای وجود دارند که تعداد کپسول در بوته و طول گل‌آذین اصلی را به طور هم جهت تحت تأثیر قرار می‌دهند. این فرایندها بر ارتفاع اولین کپسول و ارتفاع شاخه‌دهی

افزایش دهنده و کاهش دهنده عملکرد می‌باشد به طوری که به عوامل افزایش دهنده عملکرد ارزش منفی و به عوامل کاهش دهنده آن ارزش مثبت می‌دهد. بدین لحاظ به این عامل نام قدرت رقابت داخل بوته اطلاق می‌گردد. عامل دوم عمدتاً اثرگذاری مثبت بر طول کپسول، تعداد دانه در کپسول و وزن هزاردانه دارد، و از آن جا که این ویژگی‌ها پس از تعیین تعداد کپسول در بوته تظاهر می‌یابند و همگی در مجموعه ویژگی‌های کپسول به عنوان جزء مؤثر عملکرد قرار دارند، به عنوان قدرت مخزن نامگذاری می‌شود. عامل سوم دارای اثرات مثبت بر تعداد کپسول در بوته و تعداد شاخه فرعی در بوته می‌باشد. تعداد کپسول در بوته و تعداد شاخه فرعی در بوته از اجزای عملکرد کنجد بوده و با توجه به نتایج رگرسیون گام به گام، سهم عمده‌ای در پتانسیل عملکرد گیاه دارند. با توجه به متعامد بودن عامل‌ها نسبت به یک دیگر، که بیانگر استقلال عمل این

دیدگاه عملی چون دو صفت اخیر در مراحل اولیه نمودی قابل بررسی و اندازه‌گیری هستند، اتکا به آن‌ها کارآیی انتخاب برای افزایش عملکرد را افزایش خواهد داد.

با توجه به این که عامل‌ها از یکدیگر مستقل بوده و هر کدام جنبه‌های متفاوتی از داده‌ها را اندازه‌گیری می‌کنند (Johnson and Wichern, 1996)، مسیرهای اصلاحی متفاوتی فرا روی به‌نژادگران گیاهی قرار می‌گیرد. گزینش بر مبنای ویژگی‌های اختصاصی کپسول، بدون در نظر داشتن ارتفاع ایجاد شاخه فرعی و تشکیل اولین کپسول و تعداد کپسول در بوته، قدرت مخزن گیاه را افزایش می‌دهد و چنانچه شرایط مطلوب رشدی و فتوسنتزی بوته فراهم باشد، عملکرد تک بوته افزایش خواهد یافت. گرچه طول کپسول به عنوان یک ویژگی دارای اثر قابل توجه در رگرسیون گام به گام نمایان نگردید، معهذاً قرار گرفتن آن در کنار تعداد دانه در کپسول و وزن هزار دانه در زیر مجموعه عامل دوم و ساده‌تر بودن اندازه‌گیری آن نسبت به دو صفت دیگر به ویژه از طریق نمونه‌گیری غیر تخریبی، جایگاه این صفت را در افزایش کارآیی اصلاح گیاه کنجد برای نیل به عملکرد بالا آشکار می‌سازد. در نگرش آخر، با توجه به ویژگی عامل سوم و با توجه به این که اندازه‌گیری این صفت قبل از برداشت و شمارش تعداد کپسول در بوته انجام می‌گیرد، اصلاح‌گران کنجد می‌توانند برای افزایش عملکرد صرفاً بر تعداد شاخه فرعی در

دارای اثرات هم جهت هستند لیکن اثرگذاری آن‌ها در جهت مخالف اعمال اثر بر دو صفت اول می‌باشد. مجموعه این فرایندها به‌طور قراردادی عامل اول نام گرفته‌اند. این مفاهیم منطبق بر ماهیت همبستگی که در جدول ۲ به‌خوبی نمایان گردیده است می‌باشد. تطابق نتایج تجزیه همبستگی ساده با تجزیه عاملی توسط سایر محققین گزارش شده است (امینی و همکاران، ۱۳۷۹؛ Walton, 1972). مقایسه جدول ۲ و ۷ نشان می‌دهد که صفات دارای علامت یکسان که در زیر مجموعه یک عامل قرار می‌گیرند دارای همبستگی مثبت و معنی‌دار با یک دیگر می‌باشند. از سوی دیگر همبستگی منفی و معنی‌دار بین صفاتی که با علامت متفاوت تحت تأثیر یک عامل قرار گرفته‌اند وجود دارد.

#### نتیجه‌گیری

تعداد کپسول در بوته دارای بیشترین اثر مستقیم بر عملکرد می‌باشد. با توجه به این که تعداد کپسول در بوته و طول گل‌آذین اصلی به‌طور همسو تحت تأثیر فرایندهای یکسانی به نام عامل اول قرار دارند، انتخاب برای طول گل‌آذین اصلی بیشتر نیز در راستای افزایش عملکرد می‌باشد. از طرفی با توجه به شمول ارتفاع اولین کپسول و ارتفاع شاخه‌دهی در عامل اول با علامتی متفاوت با دو صفت تعداد کپسول در بوته و طول گل‌آذین اصلی، انتظار می‌رود این نتیجه را بتوان با انتخاب ارتفاع پایین اولین کپسول و شاخه‌دهی به‌دست آورد. از

بوته تکیه نمایند. البته با توجه به اهمیت هر کدام از این عوامل که به صورت درصد توجیه تغییرات داده‌ها بیان می‌شوند، توجه به نژادگران به ویژگی‌هایی که در حوزه عامل اول قرار دارند، تأثیر جدی‌تری بر افزایش عملکرد این گیاه خواهد داشت.

## منابع مورد استفاده

## References

امینی، ا.، قنادها، م. ر.، و عبدمیشانی، س. ۱۳۷۹. تجزیه عامل‌ها برای صفات مرفولوژیک و فنولوژیک در لوبیا. نهال و بذر ۱۶: ۲۱۸-۲۱۰.

- Agrama, H. A. S. 1996.** Sequential path analysis of grain yield and its components in maize. *Plant Breeding* 115: 343-346.
- Avila, J., and Montilla, D. 1997.** Yield , yield components and tolerance to whitefly (*Bemisia tabaci*) incidence as sesame (*Sesamum indicum*) selection criteria. *Sesame and Safflower Newsletter* 12:14-21.
- Dofing, S. M., and Knight, C. W. 1992.** Alternative model for path analysis of small-grain yield. *Crop Science* 32: 487-489.
- Johnson, R. A., and Wichern, D. W. 1996.** Applied Multivariate Statistical Analysis. Prentice- Hall, New Delhi. 642 pp.
- Kandasamy, G., Manchoram, V., and Thangavelu, S. 1990.** Variability of metric traits and character association in sesame in two seasons. *Sesame and Safflower Newsletter* 5:10-15.
- Kathiresan, G., and Gnanamurthy, P. 2000.** Studies on seed yield- contributing characters in sesame. *Sesame and Safflower Newsletter* 15: 29-32.
- Murali, S., Deivanai, SP., and Ganesan, J. 1996.** Correlation and path coefficient analysis in sesame with reference to seed colour. *Sesame and Safflower Newsletter* 11: 57-62.
- Padmavathi, N., and Thangavelu, S. 1996.** Association of various yield components in sesame. *Sesame and Safflower Newsletter* 11: 40-45.
- Roebbelen, G., Downey, R. K., and Ashri, A. 1989.** Oil Crops of the World. McGraw- Hill, New York.
- Sakila, M. S., Ibrahim, M., Kalamani, A., and Backiyarani, S. 2000.** Correlation studies in sesame (*Sesamum indicum* L.). *Sesame and Safflower Newsletter* 15: 26-28.



- Samonte, S. O. PB., Wilson, T., and McClung, A. M. 1998.** Path analysis of yield and yield- related traits of fifteen diverse rice genotypes. *Crop Science* 38: 1130-1136.
- Shim, K. B., Kang, C. W., Lee, S. W., Kim, O. H., and Lee, B. H. 2001.** Heritabilities, genetic correlations and path coefficients of some agronomic traits in different cultural environments in sesame. *Sesame and Safflower Newsletter* 16: 16-22.
- Walton, P. D. 1972.** Factor analysis of yield in spring wheat (*Triticum aestivum* L.). *Crop Science* 12: 731-733.
- Wright, S. 1960.** Path coefficients and path regressions: alternative of complementary concepts. *Biometrics* 16: 189-203.

---

آدرس نگارندگان:

سعدالله منصوری و مسعود سلطانی نجف آبادی-بخش تحقیقات دانه های روغنی، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، صندوق پستی

۴۱۱۹، کرج. ۳۱۵۸۵.