

## تحلیل رگرسیون و آنالیز مسیر روابط بین عملکرد دانه و مهم‌ترین اجزاء عملکرد کنجد

### Regression and Path Analysis of the Relationship Between Seed Yield and the Most Important Yield Components of Sesame

محمدجواد مصطفوی<sup>۱\*</sup>، مهدی نصیری محلاتی<sup>۲</sup> و علیرضا کوچکی<sup>۳</sup>

تاریخ دریافت: ۹۵/۰۸/۲۴ تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۲/۳۰

#### چکیده

به منظور مطالعه همبستگی اجزای عملکرد و عملکرد دانه کنجد و تعیین روابط بین ارتفاع ساقه، تعداد کپسول در بوته، تعداد بذر در کپسول، وزن هزاردانه، عملکرد زیست‌توده و شاخص برداشت و همچنین تعیین مدلی برای تشریح عملکرد دانه، آزمایشی در سال ۱۳۹۲ در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با ده تیمار (شامل کودهای مختلف زیستی و شیمیایی) در دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. نتایج نشان داد که هرچند همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد دانه و ارتفاع ساقه وجود داشت اما عمده اثر ارتفاع ساقه بر عملکرد دانه به وسیله اثر غیرمستقیم آن از طریق تأثیر بر تعداد کپسول در بوته بود. عملکرد زیست‌توده و عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری (به ترتیب ۰/۸۱ و ۰/۸۷) با تعداد کپسول در بوته داشت. بیش‌ترین اثر مستقیم صفات با عملکرد دانه به تعداد کپسول در بوته تعلق داشت و کم‌ترین آن اثر مستقیم طول ساقه بر عملکرد دانه بود. تحلیل رگرسیون نشان داد که صفات تعداد کپسول در بوته و عملکرد زیست‌توده مهم‌ترین اجزای عملکرد بودند و ضرایب رگرسیون جزئی آن‌ها به ترتیب ۱۰/۷ و ۰/۱۳۴ به دست آمد. ضرایب رگرسیون جزئی دو صفت اخیر نشان‌دهنده اولویت عملکرد زیست‌توده در مقایسه با تعداد کپسول در بوته بود. معادله عملکرد که تابعی از تعداد کپسول در بوته و عملکرد زیست‌توده بود نیز با ضریب تبیین ۰/۹۶ بخش اعظمی از عملکرد دانه را توجیه می‌کرد. بنابراین عملکرد زیست‌توده و تعداد کپسول در بوته مهم‌ترین صفاتی بودند که می‌توانند مورد توجه محققین قرار گیرند. هم‌چنین می‌توان معادله عملکرد را پس از واسنجی، جهت تخمین محصول کنجد مورد استفاده قرار داد.

واژه‌های کلیدی: آنالیز مسیر، همبستگی، کپسول، طول ساقه

۱، ۲ و ۳. به ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد و استادان گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

Email: mj.mostafavi@stu.um.ac.ir

\* نویسنده مسئول

## مقدمه

می‌باشد اما اثر یک متغیر بر متغیر دیگر را نشان نمی‌دهد. از طرفی گاهی تخمین میزان تغییرات یک متغیر با تغییر متغیر دیگر حائز اهمیت است که در این مورد نیز ضریب همبستگی نمی‌تواند تخمینی از این تغییرات را ارائه دهد. از آن‌جا که رگرسیون با توصیف رابطه علت و معلولی دو متغیر می‌تواند مقدار تغییر ایجاد شده در یک متغیر را با تغییر متغیر دیگر بررسی کند بنابراین می‌توان از رگرسیون استفاده کرد. رگرسیون چندگانه<sup>۶</sup> روشی آماری است که در آن یک متغیر وابسته از طریق ساخت یک معادله (مدل) خطی، براساس دو یا چند متغیر مستقل برآورد می‌شود. در این معادله هر متغیر مستقل دارای ضرایبی هستند که ضرایب رگرسیون جزئی<sup>۷</sup> نامیده می‌شوند (آلمدیج<sup>۸</sup>، 2012) که نشان‌دهنده میزان تغییر وابسته به ازای هر واحد تغییر در متغیر مستقل هستند. در رگرسیون چند متغیره اثرات متقابلی بین متغیرها وجود دارد؛ بر این اساس ممکن است یک متغیر در کنار برخی از متغیرها معنی‌دار باشد، اما در کنار برخی دیگر از متغیرها معنی‌دار نباشد (پزشکیور و همکاران، ۱۳۹۵). به همین علت، با رگرسیون گام به گام متغیرهای مهمی که تأثیر قابل توجه و معنی‌داری بر عملکرد دارند، انتخاب و دیگر متغیرها حذف می‌شود. رگرسیون گام به گام در پژوهش سالم<sup>۹</sup> و همکاران (2000) نشان داد که تعداد غلاف در گیاه و وزن صد دانه به‌عنوان مهم‌ترین اجزای عملکرد نخود زراعی، می‌تواند صفات انتخابی مطلوب اصلاح‌گران گیاهی در جهت اصلاح عملکرد دانه این محصول باشد. از مدل‌های رگرسیونی در حوزه‌های مختلف کشاورزی همچون خاکشناسی، ترویج، آبیاری، هواشناسی و زراعت استفاده می‌شود (جعفری و همکاران، ۱۳۹۴).

کنجد با نام علمی *Sesamum indicum* L. قدیمی‌ترین دانه روغنی شناخته شده توسط بشر و یکی از مهم‌ترین آن‌ها است که ارقام مختلف آن در جهان به‌طور گسترده‌ای از مناطق حاره گرمسیری تا معتدل کاشته می‌شود (مصطفوی، ۱۳۹۳). ۷۰ درصد از کل تولیدات جهانی کنجد برای روغن‌کشی و غذا مورد استفاده قرار می‌گیرد (کانگ<sup>۱۰</sup> و همکاران، 2003). روغن کنجد یکی از روغن‌های اشباع‌نشده و مفید برای بدن انسان است و به‌دلایلی همچون طعم منحصربه‌فرد، مقاومت بالا به زوال اکسیداتیو، پایداری فوق‌العاده در دماهای زیاد، کاربردهای درمانی و ارزش بالای تغذیه‌ای، روغن کنجد را تبدیل به روغنی عالی برای مصارف غذایی و دارویی کرده است (مصطفوی،

روش‌های تجزیه واریانس، همبستگی ساده، رگرسیون چندگانه و آنالیز مسیر برای تجزیه و تحلیل اجزاء عملکرد به‌کار می‌رود (فراسر و ایتون<sup>۱</sup>، 1983). ضریب همبستگی ابزار تعیین نوع و درجه رابطه یک متغیر کمی با متغیر کمی دیگر است و با وجود این‌که میزان همبستگی صفات مورد مطالعه را مشخص می‌کند اما ماهیت ارتباط صفات را روشن نمی‌سازد. بنابراین برای رفع این مشکل، از روشی به نام آنالیز مسیر<sup>۲</sup> به‌عنوان ابزاری برای تعیین اهمیت صفات مؤثر در عملکرد استفاده می‌شود. آنالیز مسیر (تجزیه علیت) روشی آماری است که از آن به‌منظور سازماندهی و نشان دادن روابط علی بین متغیرهای پیش‌بینی‌کننده (مستقل) و پاسخ (وابسته) از طریق دیاگرام آنالیز مسیر براساس نتایج آزمایش یا مطالعات انجام شده قبلی استفاده می‌شود (مصطفوی و همکاران، ۱۳۹۳). در آنالیز مسیر به تفکیک ضریب همبستگی به سهم نسبی ضرایب استاندارد شده رگرسیون جزئی<sup>۳</sup> پرداخته می‌شود و بر این اساس، ضریب همبستگی می‌تواند به اثرات مستقیم و هم‌چنین اثرات غیرمستقیمی که یک متغیر بر متغیر دیگر دارد تفکیک گردد (روزلیند<sup>۴</sup> و همکاران، 2001). در پژوهش‌های زراعی، آنالیز مسیر تاکنون با اهداف مختلفی همچون تعیین اجزایی که بیش‌ترین تأثیر را در عملکرد محصول دارند، به‌خصوص توسط فیزیولوژیست‌ها و متخصصان اصلاح نباتات، به‌کار برده شده است (مختصی بیدگلی<sup>۵</sup> و همکاران، 2006). نتایج پژوهش گلباشی و همکاران (۱۳۹۱) حاکی از این بود که تعداد دانه در ردیف بلال ذرت بالاترین همبستگی مثبت و معنی‌دار را با عملکرد دانه داشت و صفات وزن ۱۰ بلال و وزن ۳۰۰ دانه به‌ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین اثر مستقیم را بر عملکرد دانه ذرت داشتند. پزشکیور و همکاران (۱۳۹۵) ضمن مطالعه همبستگی و آنالیز مسیر صفات مربوط به نخود بیان داشتند که بیش‌ترین همبستگی و نیز بیش‌ترین اثر مستقیم اجزای عملکرد بر عملکرد دانه نخود مربوط به وزن صد دانه و تعداد غلاف‌های بارور بود که باتوجه به این نتایج می‌توان چنین استنباط کرد که بخش اعظم تأثیر اجزای عملکرد نخود بر عملکرد دانه مربوط به اثر مستقیم آن‌ها بوده و اثر غیرمستقیم آن‌ها سهم کمتری را نسبت به اثرات مستقیم از کل همبستگی آن صفات با عملکرد دانه دارا بوده است.

با این‌که ضریب همبستگی نشان‌دهنده ارتباط بین دو متغیر

6. Multiple Regression
7. Partial Regression Coefficient
8. Almedej
9. Salem
10. Kang

1. Fraser and Eaton
2. Path Analysis
3. Standardized Partial Regression Coefficients
4. Rosalind
5. Mokhtassi Bidgoli

۳۶° ۵۹' شرقی و ارتفاع ۹۸۵ متری از سطح دریا انجام شد. طرح آزمایش، بلوک کامل تصادفی با سه تکرار و تیمارهای آزمایش عبارت بودند از: ۱. کود زیستی نیتروکسین (Ni)، ۲. کود زیستی بیوفسفر (BP)، ۳. کود زیستی بیوسولفور (TB) به همراه مقدار توصیه شده گوگرد، ۴. ترکیب دو تیمار ۱ و ۲ (Ni+BP)، ۵. ترکیب تیمارهای ۱، ۲ و ۳ (Ni+BP+TB)، ۶. کود شیمیایی اوره (U)، ۷. کود شیمیایی سوپرفسفات تریپل (P)، ۸. ترکیب دو تیمار ۶ و ۷ (U+P)، ۹. ترکیب دو تیمار ۶ و ۷ به علاوه میزبان گوگرد (S) مصرف شده در تیمار ۳ (U+P+S) و ۱۰. شاهد (بدون کود). قبل از کاشت (۲۱ خردادماه) از خاک قطعه زمین مورد استفاده نمونه برداری و به آزمایشگاه ارسال شد. نتایج آزمون خاک در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱: نتایج آزمایش خاک قطعه زمین مزرعه آزمایشی (تا عمق ۳۰ سانتی متری)

Table 1: Result of test of experimental soil (0 – 30 cm depth)

پتاسیم (قسمت در میلیون) K (ppm)	فسفر (قسمت در میلیون) P (ppm)	نیتروژن (قسمت در میلیون) N (ppm)	ماده آلی (درصد) Organic matter (%)	کربن آلی (درصد) Organic C (%)	شوری (دسی زیمنس بر متر) Salinity (dS m <sup>-1</sup> )	اسیدیته pH	بافت خاک Soil texture
321	12.2	15.5	0.95	0.43	1.2	8.76	لوم سیلتی Silty loam

پایان فصل رشد (۱۷ مهرماه) و پس از حذف حاشیه‌های نیم متری هر کرت، از سه مترمربع برداشت انجام شد و شاخص‌های ارتفاع ساقه، تعداد کپسول در بوته، تعداد بذر در کپسول، وزن هزاردانه و عملکرد زیست توده، عملکرد دانه و شاخص برداشت اندازه‌گیری شد. در پایان، پس از اطمینان از نرمال بودن داده‌ها با کاربرد آزمون/ندرسون-D/رلینگ<sup>۱</sup>، آنالیز واریانس و محاسبه ضرایب همبستگی با استفاده از برنامه Minitab (ورژن ۱۶) انجام شد. محاسبه ضرایب مسیر نیز با استفاده از برنامه Path 2 انجام شد. به منظور تحلیل دقیق رابطه بین عملکرد دانه (متغیر وابسته؛ Y) و اجزای عملکرد (متغیرهای مستقل؛ X) و تهیه مدلی جهت پیش‌بینی عملکرد دانه کنجد، داده‌های پس از استاندارد کردن داده‌ها، با استفاده از برنامه SigmaStat (ورژن ۱۰،۰) ابتدا با استفاده از روش رگرسیون گام به گام پیش‌رونده، اجزایی از عملکرد که دارای تأثیر جزئی بر عملکرد بودند حذف شدند و در ادامه با استفاده از رگرسیون چندگانه خطی، تابع پیش‌بینی عملکرد دانه (متغیر وابسته) و ضرایب رگرسیون جزئی متغیرهای مستقل به دست آمد.

۱۳۹۳؛ منصوری، ۱۳۸۸).  
باتوجه به این‌که تاکنون مطالعات مختلفی کاربرد منابع مختلف تغذیه‌ای و روش‌های مدیریتی جنبه‌های مختلفی از اثرات این عوامل بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاهان زراعی از جمله کنجد را مشخص کرده‌اند، هدف از پژوهش حاضر تعیین اثرات اجزا و همچنین تعیین مهم‌ترین جزء اثرگذار بر عملکرد محصول کنجد به همراه تهیه مدل رگرسیونی ساده‌ای جهت توصیف یا پیش‌بینی عملکرد کنجد، با تأکید بر کاربرد منابع مختلف تغذیه‌ای زیستی و شیمیایی بود.

## مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۳۹۲ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد واقع در ۱۰ کیلومتری شرق مشهد با عرض جغرافیایی ۱۶° ۳۶' شمالی و طول جغرافیایی

مقدار کودهای زیستی به کار برده شده (دارای حداقل ۱۰<sup>۸</sup> CFU/mL) براساس توصیه شرکت سازنده برای نیتروکسین و بیوسولفور ۱۰۰ میلی‌لیتر کود برای هر کیلوگرم بذر و برای بیوسولفور ۶ کیلوگرم کود زیستی به همراه ۳۰۰ کیلوگرم گوگرد پودری برای هر هکتار بود. کاربرد کودهای شیمیایی نیز براساس آزمون خاک، عرف منطقه و مقدار توصیه شده خواجه‌پور (۱۳۸۹) برای کود نیتروژنه ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص براساس اوره و کود فسفره ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار فسفر خالص براساس سوپرفسفات تریپل، به صورت نواری انجام شد. مساحت کرت‌های آزمایش ۱۲ مترمربع و فاصله کرت‌های مجاور از یکدیگر یک متر تعیین شد. در این آزمایش از کنجد رقم اسفراین که توده‌ای بومی، تک‌ساقه و مورد کشت و کار در منطقه مشهد است استفاده شد. کشت بذر به صورت جوی و پشته با فاصله بین ردیف‌های ۵۰ سانتی‌متر، روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر و عمق کاشت ۳ سانتی‌متری بود. دور آبیاری هفت روزه بود و وجین علف‌های هرز تا بسته شدن کانوپی به صورت دستی ادامه یافت. در طول دوره آزمایش محصول با هیچ آفت یا بیماری مواجه نشد و در مزرعه از هیچ گونه نهاده شیمیایی دیگری استفاده نشد. در

1. Anderson-Darling

## نتایج و بحث

## تجزیه واریانس و مقایسه میانگین

نتایج نشان داد که اثر کودهای مختلف زیستی و شیمیایی بر

ارتفاع ساقه، تعداد کپسول در بوته، عملکرد زیست توده و عملکرد دانه معنی دار بود اما بر تعداد دانه در کپسول، وزن هزاردانه و شاخص برداشت تأثیر نداشت (جدول ۲).

جدول ۲: تجزیه واریانس اجزای عملکرد و عملکرد دانه کنجد

Table 2: Analysis of variance of yield components and seed yield of Sesame

		میانگین مربعات Mean squares						درجه آزادی df	منبع تغییرات S.O.V.
شاخص برداشت Harvest index	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد زیست توده Biological yield	وزن هزاردانه 1000-seed weight	تعداد دانه در کپسول Seeds per capsule	تعداد کپسول در بوته Capsules per plant	ارتفاع ساقه Plant height			
0.58 <sup>ns</sup>	501399.9 <sup>**</sup>	14199187.2 <sup>*</sup>	0.04 <sup>ns</sup>	7.27 <sup>ns</sup>	334.5 <sup>**</sup>	1362.34 <sup>**</sup>	9	تیمار Treatment	
0.02 <sup>ns</sup>	201830.8 <sup>ns</sup>	7137142.3 <sup>ns</sup>	0.0002 <sup>ns</sup>	1.87 <sup>ns</sup>	71.72 <sup>ns</sup>	178.05 <sup>ns</sup>	2	بلوک Block	
0.46	111263.21	4420220.5	0.04	17.79	51.63	261.09	18	خطا Error	
3.76	10.6	12.06	5.95	6.17	7.96	13.3		ضریب تغییرات CV	

ns, \* and \*\*: Indicates non-significant and significant at 5% and 1% probability level, respectively

است. نتایج مکی زاده تفتی و همکاران (۱۳۹۱) نیز حاکی از این بود که تامین نیتروژن از منابع شیمیایی و زیستی (اوره و ازتوباکتر-ازوسپریلوم) برای گیاه مرزه (*Satureja hortensis*) که همانند کنجد نهاده پذیرگی کمی دارد، عملکرد و اجزای عملکرد این گیاه را افزایش داد، اما این دو منبع با یکدیگر اختلاف معنی داری نداشتند. مارتین<sup>۳</sup> و همکاران (2011) نیز نتیجه مشابهی را در مورد ذرت گزارش کردند.

کمترین ارتفاع ساقه در تیمار شاهد (۹۰/۴ سانتی متر) ثبت شد و بیشترین ارتفاع ساقه مربوط به تیمار سه گانه شیمیایی (۱۶۱/۵ سانتی متر) بود که با تیمارهای دوگانه شیمیایی و دوگانه و سه گانه زیستی (به ترتیب ۱۳۰/۳، ۱۳۴، و ۱۳۷/۵ سانتی متر) اختلاف معنی داری نداشت (شکل ۴-۶). یافته های کیزیل کایا<sup>۱</sup> (2008) و حمید<sup>۲</sup> و همکاران (2006) نیز مؤید افزایش ارتفاع گندم و ارزن با کاربرد کودهای زیستی و شیمیایی نیتروژنی و فسفوری است. ارتفاع بیشتر ساقه کنجد می تواند به معنای تعداد گره های بیشتر و بنابراین تعداد جوانه گل و در نتیجه افزایش اجزای زایشی دخیل در عملکرد دانه بیشتر باشد. سجادی نیک و همکاران (۱۳۹۰) نتایج مشابهی در نتیجه ی کاربرد کودهای شیمیایی و آلی مختلف گزارش کردند. بیشترین تعداد کپسول در بوته مربوط به تیمارهای Ni+BP+TB و Ni+BP، U+P+S به ترتیب با مقادیر ۱۰۷، ۹۷/۴۳ و ۹۵/۵۵ کپسول در هر بوته بود که با یکدیگر اختلاف معنی داری نداشتند. کمترین تعداد کپسول در بوته (۷۶/۱۷ و ۶۹/۵۶) نیز به ترتیب مربوط تیمارهای بیوسولفور و شاهد بود که با یکدیگر اختلاف معنی داری نداشتند (جدول ۳). به نظر می رسد که کاربرد بیوسولفور (به همراه کاربرد گوگرد) برای کنجد نتوانسته نیازهای عمده تغذیه ای این گیاه را تأمین کند و محدودیت منابع سبب به دست آمدن چنین نتیجه ای گردیده

1. Kizilkaya  
2. Hameeda

3. Martin

جدول ۳: مقایسه میانگین اجزای عملکرد و عملکرد دانه کنجد

Table 3: Comparison of yield components and seed yield of Sesame

شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield (Kg ha <sup>-1</sup> )	عملکرد زیست توده (کیلوگرم در هکتار) Biological yield (Kg ha <sup>-1</sup> )	وزن هزاردانه (گرم) 1000-seed weight	تعداد دانه در کپسول Seeds per capsule	تعداد کپسول در بوته Capsules per plant	ارتفاع ساقه (سانتی متر) Plant height (cm)	تیمارها Treatments
18.3a	2433a	13833d	3.41a	68.9a	69.6c	90.44f	شاهد Control
17.8a	3182b	17240bcd	3.25a	69.1a	90.6b	118.59bcde	نیتروکسین (Ni) Nitroxin (Ni)
18.6a	3116b	16756bcd	3.39a	68.4a	91.1b	108.41cdef	بیوفسفر (BP) Biophosphor (BP)
17.59a	2537c	14525cd	3.55a	67.2a	76.2c	98.68ef	بیوسولفور (TB) Biosulfur (TB)
18.4a	3193ab	17963abc	3.39a	70.59a	97.4ab	126.94bcd	نیتروکسین + بیوفسفر Ni+BP
18.8a	3277ab	17970abc	3.47a	68.4a	95.6ab	130.38abc	نیتروکسین + بیوفسفر + بیوسولفور Ni+BP+TB
17.7a	3199ab	180294ab	3.5a	66.1a	89.9b	134.08abc	اوره (U) Urea (U)
17.5a	3135b	16673bcd	3.47a	69.9a	90.3b	104.2def	سوپرفسفات تریپل (P) Triple super phosphate (P)
18.09a	3621ab	20022a	3.6a	69a	94.2b	137.52ab	اوره + سوپرفسفات تریپل U+P
18a	3757a	20902a	3.64a	65.7a	107.0a	161.52a	U+P به علاوه مقدار گوگرد مصرف شده در تیمار بیوسولفور U+P+S

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون به معنی عدم تفاوت معنی‌دار می‌باشد

Means followed by the same letters in each column are not significantly different (P<0.05)

در آزمایش حاضر تعداد دانه در کپسول و وزن هزاردانه به ترتیب با میانگین کل ۶۸/۳۲ و ۳/۴۶ صفاتی بودند که تحت تأثیر هیچ‌یک از تیمارهای کود زیستی و شیمیایی قرار نگرفتند (جدول ۳). عملکرد کنجد نتیجه فعالیت تعداد زیادی از فرآیندهای رشد است و به عنوان صفت کمی و پیچیده تحت کنترل تعداد زیادی ژن قرار دارد. بنابراین عوامل محیطی اثر بسیاری بر عملکرد دارند. تحقیق زینالی و همکاران (۱۳۸۵) نشان داده است که به طور کلی به غیر از تعداد کپسول در بوته و وزن هزاردانه، سایر اجزای عملکرد تأثیر به مراتب کمتری نسبت به این دو جزء عملکرد در عملکرد نهایی کنجد دارند. با توجه به جدول ۳، مقادیر عملکرد زیست توده و دانه در تیمارهای مختلف با یکدیگر اختلاف معنی‌داری داشتند که کمترین آن‌ها در تیمار شاهد به ترتیب با مقادیر ۱۳۸۳۳ و ۳۲۴۳ کیلوگرم در هکتار ثبت شد که در مورد صفت مقدار عملکرد زیست توده، تیمار شاهد با تیمارهای زیستی نیتروکسین، بیوفسفر و بیوسولفور و تیمار شیمیایی سوپرفسفات تریپل اختلاف معنی‌داری نداشت. همچنین، بیشترین مقدار زیست توده و دانه در هکتار به ترتیب با مقدار ۲۰۹۰۰ و ۳۷۵۷

در مجموع در این آزمایش مهم‌ترین جزء از اجزای عملکرد که به طور قابل توجهی از تیمارهای آزمایشی تأثیر پذیرفت، تعداد کپسول در بوته بود که اختلافات موجود بین تیمارها در خصوص همین صفت در نهایت منجر به اختلاف عملکرد در تیمارهای مختلف گردید (جدول ۳). این نتیجه با یافته‌های زینالی و همکاران (۱۳۸۵) درباره تعیین مهم‌ترین اجزای عملکرد تأثیرگذار بر عملکرد اقتصادی توده‌های مختلف کنجد مطابقت دارد. در آزمایش کنونی مصرف منفرد و تلفیقی کودهای زیستی اثرات مثبتی بر رشد و عملکرد کنجد داشت. باکتری‌های موجود در کودهای زیستی، علاوه بر تثبیت نیتروژن هوا و متعادل کردن جذب عناصر اصلی پرمصرف و کم‌مصرف مورد نیاز گیاه، با سنتز و ترشح مواد محرک رشد گیاه و همچنین ترشح اسیدهای آمینه مختلف و انواع آنتی‌بیوتیک موجب رشد و توسعه ریشه و اندام هوایی گیاه می‌گردند که این امر می‌تواند سبب تولید بیشتر آسیمیلات و انتقال یا تحریک اختصاص بیشتر این مواد به بخش‌های زایشی گیاه شود (مصطفوی، ۱۳۹۳). این اثرات مثبت در نهایت موجب بهبود عملکرد گیاه در نتیجه مصرف کودهای زیستی می‌گردد.

کیلوگرم در هکتار در تیمار سه‌گانه شیمیایی ثبت شد که هیچ‌کدام با تیمارهای دوگانه زیستی و سه‌گانه زیستی، تیمار اوره و دوگانه شیمیایی اختلاف معنی‌داری نداشتند. بسیاری از محققین به بروز اثرات متقابل مثبت بین جمعیت‌های مختلف میکروبی در خاک اشاره کرده‌اند (بار<sup>۱</sup> و همکاران، 2005). در آزمایشات مختلفی نیز ثابت شده که کاربرد دو یا چندگانه کودهای زیستی اثر سینرژیستی داشته و نتایجی همسان یا بهتر از کودهای شیمیایی در تولید محصولات کشاورزی داشته است (مکی‌زاده‌تفتی، ۱۳۹۱؛ جهان و نصیری‌محلانی، ۱۳۹۱). به نظر می‌رسد نسبت افزایش عملکرد بیولوژیک و اقتصادی کنجد در پاسخ به تیمارهای مختلف یکسان بوده است چنان که شاخص برداشت کنجد (با دامنه بین ۱۷/۵ تا ۱۸/۸) که حاصل تقسیم عملکرد اقتصادی (دانه) بر عملکرد بیولوژیک است معنی‌دار نشد (جدول ۳). به‌طور کلی درصدی از ماده خشک کل که به‌عنوان عملکرد اقتصادی برداشت می‌شود در بسیاری از گیاهان زراعی ثابت است و به همین دلیل متخصصان تولیدات گیاهی و اصلاح نباتات جهت افزایش تولید محصول اقتصادی این گیاهان، راهکار افزایش ماده خشک تولیدی کل و افزایش سهم تولید اقتصادی گیاه از تولید کل را توأمان پیشنهاد می‌کنند.

#### همبستگی صفات

به‌منظور مطالعه ارتباط بین عملکرد دانه و سایر صفات اندازه‌گیری شده، همبستگی بین صفات محاسبه و تفسیر شد. باتوجه به جدول ضرایب همبستگی صفات (جدول ۴) هیچ‌یک از صفات با وزن هزار دانه و شاخص برداشت همبستگی نداشتند. همبستگی مثبت و معنی‌داری بین تعداد کپسول در بوته و عملکرد دانه با ارتفاع ساقه به‌ترتیب با ضریب همبستگی ۰/۶۶ و ۰/۶۲ وجود داشت. هم‌چنین عملکرد زیست‌توده و عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری با تعداد کپسول در بوته، به‌ترتیب با ضرایب همبستگی ۰/۸۱ و ۰/۸۷ داشت و همبستگی دو صفت مذکور با تعداد دانه در کپسول نیز مثبت و معنی‌دار، به‌ترتیب برابر با ۰/۴۷ و ۰/۴۳ بود (جدول ۴). همبستگی عملکرد دانه با عملکرد زیست‌توده مثبت و معنی‌دار و بالاترین میزان همبستگی (۰/۹۷) مربوط به این دو صفت بدست آمد.

آشفته‌بیرگی و همکاران (۱۳۹۰) در تحقیقی با بررسی همبستگی صفات مربوط به عملکرد و اجزای عملکرد ذرت اظهار داشتند که عملکرد دانه ذرت با صفاتی چون ارتفاع بوته،

ارتفاع تشکیل بلال از زمین، رسیدگی فیزیولوژیکی، تعداد دانه در ردیف بلال، طول دانه، طول بلال و تعداد برگ در گیاه همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت. یوسل<sup>۲</sup> و همکاران (2006) نیز ضمن بررسی دوساله ۱۹ ژنوتیپ نخود زراعی گزارش دادند که همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد دانه در گیاه با تعداد غلاف‌های بارور و تعداد دانه در گیاه وجود داشت. یافته‌های همسو و مشابه دیگری نیز به‌وسیله آشفته‌بیرگی و همکاران (۱۳۸۹) و راهنمایی تک و همکاران (۱۳۸۶) گزارش شده است.

#### آنالیز مسیر اجزای عملکرد و عملکرد دانه کنجد

نتیجه آنالیز مسیر برای عملکرد دانه نشان داد که هرچند همبستگی بالا و معنی‌داری (۰/۶۲) بین عملکرد دانه و طول ساقه وجود داشت اما اثر مستقیم طول ساقه بر عملکرد (۰/۱۸) بسیار کم و ناچیز، ولی اثر طول ساقه بر عملکرد از طریق تأثیر بر تعداد کپسول در بوته (اثر غیرمستقیم طول ساقه بر عملکرد؛ ۰/۴۳) که حدود ۷۰٪ از کل مقدار ضریب همبستگی بین عملکرد دانه و طول ساقه را شامل می‌شد، قابل توجه بود، بنابراین می‌توان گفت که بخش اعظمی از همبستگی بالای بین عملکرد و طول ساقه از طریق اثر غیرمستقیم طول ساقه بر عملکرد دانه اعمال شده است (جدول ۵).

بالاترین اثر مستقیم در بین اجزای عملکرد مربوط به اثر مستقیم تعداد کپسول در بوته بر عملکرد دانه (۰/۶۵۱) بود. ضمن این‌که همبستگی بالایی نیز بین عملکرد دانه و تعداد کپسول در بوته وجود داشت (۰/۸۷)، میزان قابل توجه اثر مستقیم تعداد کپسول در بوته بر عملکرد دانه بیانگر اهمیت بالای این جزء عملکرد در عملکرد دانه است. افزایش طول ساقه با افزایش گره‌های ساقه می‌تواند موجب افزایش جوانه گل و در نتیجه افزایش کپسول‌های هر بوته گردد و از این طریق بر عملکرد نهایی آن اثرگذار شود. بنابراین به‌نظر می‌رسد کنجد احتمالاً می‌تواند کم بودن ارتفاع ساقه و کمبود تعداد گره را با افزایش تعداد کپسول در هر گره جبران نماید. این یافته با نتایج پژوهش سالم و همکاران (2000) که نشان داد تعداد غلاف در گیاه اثر قابل توجه مستقیمی با عملکرد دانه نخود داشت کاملاً همسو است.

جدول ۴: ضرایب همبستگی بین اجزای عملکرد و عملکرد دانه کنجد

Table 4: Correlation coefficient between yield components and seed yield of Sesame

شاخص برداشت Harvest index (G)	عملکرد دانه Seed yield (F)	عملکرد زیست توده Biological yield (E)	وزن هزاردانه 1000-seed weight (D)	تعداد دانه در کیسول Seeds per capsule (C)	تعداد کیسول در بوته Capsules per plant (B)	ارتفاع ساقه Plant height (A)	
					1	0.66**	B
				1	0.19 <sup>ns</sup>	0.18 <sup>ns</sup>	C
			1	-0.21 <sup>ns</sup>	-0.17 <sup>ns</sup>	-0.12 <sup>ns</sup>	D
		1	0.18 <sup>ns</sup>	0.47**	0.81**	0.63**	E
	1	0.97**	0.14 <sup>ns</sup>	0.43*	0.87**	0.62**	F
1	0.02 <sup>ns</sup>	-0.21 <sup>ns</sup>	-0.19 <sup>ns</sup>	-0.24 <sup>ns</sup>	0.19 <sup>ns</sup>	-0.07 <sup>ns</sup>	G

ns, \* و \*\*: به ترتیب نشان دهنده غیرمعنی دار، معنی دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد است  
ns, \* and \*\*: Indicates non-significant and significant at 5% and 1% probability level, respectively

جدول ۵: اثرات مستقیم (زیرخطدار) و غیرمستقیم اجزای عملکرد بر عملکرد کنجد (اعداد مربوط به اثرات مستقیم و غیرمستقیم در ردیفها نمایش داده شده‌اند)

Table 5: Direct (underlined) and indirect effects of yield components of Sesame on seed yield (numbers of direct and indirect effects are showed in rows)

تعداد نمونه Number of samples	ضریب تبیین Coefficient of determination (r <sup>2</sup> )	همبستگی با عملکرد دانه Correlation with yield (r)	عملکرد زیست توده Biological yield	وزن هزاردانه 1000-seed weight	تعداد دانه در کیسول Seeds per capsule	تعداد کیسول در بوته Capsules per plant	طول ساقه Plant height	اجزای عملکرد Yield components
30	0.39	0.62	0.168	-0.032	0.042	0.431	<u>0.018</u>	طول ساقه Plant height
30	0.77	0.87	0.217	-0.047	0.044	<u>0.651</u>	0.011	تعداد کیسول در بوته Capsules per plant
30	0.18	0.43	0.125	-0.056	<u>0.236</u>	0.123	0.003	تعداد دانه در کیسول Seeds per capsule
30	0.02	0.14	0.05	<u>0.262</u>	-0.051	-0.116	-0.003	وزن هزاردانه 1000-seed weight
30	0.94	0.097	<u>0.266</u>	0.049	0.113	0.531	0.011	عملکرد زیست توده Biological yield

اثرات باقیمانده = ۰/۱۳  
Residual effects = 0.13

طریق تعداد کیسول در بوته (۰/۱۱۶-) بود. قابل ذکر است که اثرات غیرمستقیم طول ساقه و تعداد دانه در کیسول بر عملکرد از طریق اثرگذاری آن‌ها بر وزن هزار دانه نیز هرچند ناچیز اما منفی و به ترتیب برابر با ۰/۰۰۳-، ۰/۰۵۱- بود. بنابراین احتمالاً افزایش شاخص‌های مذکور از طریق کاهش وزن هزاردانه می‌تواند عملکرد دانه را کاهش دهد. به نظر می‌رسد همبستگی پایین وزن هزاردانه با عملکرد و ضرایب کم اثر مستقیم و غیرمستقیم آن به دلیل عدم وجود محدودیت منبع فیزیولوژیک در گیاه بوده که با عرضه مناسب مواد فتوسنتزی (مطبیعی و خیاط، ۱۳۹۰) سبب عدم تأثیرپذیری آن از تیمارهای آزمایش (جدول ۲) نیز شده است. نتایج آنالیز مسیر اجزای عملکرد و عملکرد سویای زودرس نیز نشان داده است که وزن صدانه کم‌ترین همبستگی و نیز کم‌ترین اثر مستقیم و غیرمستقیم بر

ضریب اثر مستقیم تعداد دانه در کیسول بر عملکرد دانه نیز برابر با ۰/۲۳۶ بود که اثرات غیرمستقیم آن بر عملکرد از طریق اثرگذاری بر طول ساقه (۰/۰۰۳)، تعداد کیسول در بوته (۰/۱۲۳)، وزن هزاردانه (۰/۰۵۶-) و عملکرد زیست توده (۰/۱۲۵) بالاتر بود. باوجود این که میزان همبستگی تعداد دانه در کیسول با عملکرد معنی دار بود (۰/۴۳)، اما ضریب تبیین پایین آن با عملکرد (۰/۱۸) نشان می‌دهد که این جزء عملکرد اثر کمی بر عملکرد دانه داشت. باتوجه به جدول ۵، هرچند اثر مستقیم وزن هزاردانه بر عملکرد (۰/۲۶۲) و مقدار ناچیز اثر غیرمستقیم آن بر عملکرد از طریق تأثیر بر عملکرد زیست توده (۰/۰۵) مثبت بود اما اثر غیرمستقیم وزن هزاردانه بر عملکرد از طریق تأثیر بر طول ساقه، تعداد کیسول در بوته و تعداد دانه در کیسول، منفی بود و بیش‌ترین اثر منفی غیرمستقیم، وزن هزاردانه بر عملکرد از

عملکرد دانه دارد (ماچیکووا و لائوسووان<sup>۱</sup>، 2011). بهشتی و همکاران (۱۳۸۹) کاهش محصول لوبیا چیتی در اثر گسترش شاخ و برگ، تحریک تولید غلاف بیش از حد معمول و در نتیجه کاهش وزن صدادانه را گزارش کردند.

همانند اثرات شاخص طول ساقه بر عملکرد، اثر مستقیم زیست توده بر عملکرد (۰/۲۶۶) از اثر غیرمستقیم آن از طریق تأثیر بر تعداد کپسول در بوته (۰/۵۳۱) کمتر بود؛ ضمن این که این عدد بالاترین اثر غیرمستقیم اجزای عملکرد بر عملکرد دانه بود. عملکرد زیست توده اثر غیرمستقیم ناچیزی بر عملکرد دانه از طریق تأثیر بر طول ساقه (۰/۰۱۱) و تعداد دانه در کپسول (۰/۱۱۳) داشت. باتوجه به این که بالاترین اعداد ضریب همبستگی (۰/۹۷) و ضریب تبیین (۰/۹۴) مربوط به عملکرد زیست توده بود می توان نتیجه گیری کرد که عمده ی اثر عملکرد زیست توده، ابتدا اثر غیرمستقیم آن بر عملکرد دانه از طریق تأثیر بر تعداد کپسول در بوته و سپس اثر مستقیم آن است. نتایج پژوهش حاضر با نتایج سینگ و بایرلی<sup>۲</sup> (1990) که بیان کردند عملکرد دانه گندم در مرحله اول تحت تأثیر مستقیم عملکرد بیولوژیکی و تعداد بذر در بوته قرار می گیرد مطابقت دارد. به عقیده سامونته<sup>۳</sup> و همکاران (1998) غالب کاربرد آنالیز مسیر هنگامی است که فقط اجزای عملکرد و فرآیندهای فیزیولوژیکی محدودی از شرایط رشد و نمو تأثیر پذیرند.

#### مهم ترین اجزای عملکرد کنجد و معادله عملکرد

با کاربرد روش رگرسیون گام به گام پیش رونده و سپس رگرسیون چندگانه خطی، تابعی برای پیش بینی عملکرد دانه (Y، متغیر وابسته) با استفاده از ضرایب رگرسیون جزئی (X، متغیرهای وابسته) باتوجه به تعداد کپسول در بوته (CP) و عملکرد زیست توده (BY) به دست آمد. در گام اول متغیر عملکرد زیست توده و در گام بعدی متغیر تعداد کپسول در بوته وارد معادله نهایی شد. نتیجه نشان می داد که ۹۲ و ۴ درصد از کل تغییرات عملکرد دانه ناشی از تغییرات عملکرد زیست توده و تعداد کپسول در بوته است و بنابراین ۹۶ درصد از کل تغییرات مشاهده شده به وسیله این دو شاخص قابل توجیه است (جدول ۶). بزرگتر بودن مقدار مطلق ضریب رگرسیون جزئی عملکرد زیست توده (۰/۷۵۷) از ضریب رگرسیون جزئی تعداد کپسول در بوته (۰/۲۶۱) نیز موید این نتیجه بود. بنابراین به طور کلی می توان عملکرد زیست توده را مهم ترین عامل مؤثر بر عملکرد دانه دانست. مختصی بیدگلی و همکاران

(2006) در آزمایشی درباره گیاه آفتابگردان گزارش دادند که بیوماس کل (عملکرد بیولوژیکی) و هم چنین تعداد روزهای از کاشت تا آغاز شاخه دهی، به ترتیب ۸۴ درصد و ۱۰ درصد و جمعاً ۹۴ درصد از کل تغییرات مربوط به عملکرد دانه را توجیه می کرد. در آزمایش دیگری نیز پزشکیان و همکاران (۱۳۹۵) با انجام روشی مشابه با آزمایش حاضر گزارش دادند که وزن صد دانه، تعداد غلاف بارور و عملکرد زیست توده، به عنوان مهم ترین اجزای عملکرد نخود بیش ترین سهم را در تشکیل نهایی عملکرد دانه داشتند.

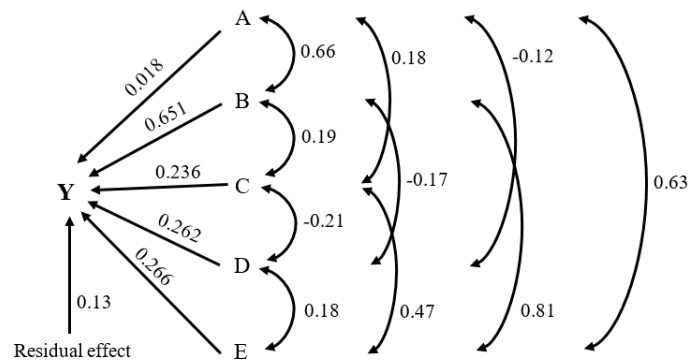
قاضیان تفرشی و همکاران (۱۳۹۱) با انجام روش مشابهی در مورد ذرت گزارش دادند که در شرایط غیرتنش، از ۱۰ صفت مورد مطالعه ۵ صفت از جمله ارتفاع بوته و تعداد دانه در بلال بخش اعظمی از تغییرات عملکرد را توجیه می کرد. نظامی و همکاران (۱۳۹۳) نیز یافته های مشابهی با یافته های این پژوهش را درباره ۱۴ توده از توده های بومی مورد کشت و کار در خراسان از جمله توده کنجد مورد استفاده در این آزمایش گزارش کردند.

معادله عملکرد اخیر را می تواند با استفاده از داده های واقعی (استاندارد نشده) نیز محاسبه گردد و در پیش بینی و محاسبه عملکرد مورد انتظار برای کنجد مورد استفاده تولیدکنندگان قرار گیرد (معادله ۱).

$$Y = -153.2 + (10.7 CP) + (0.134 BY) \quad (\text{معادله ۱})$$

1. Machikowa and Laosuwan
2. Singh and Byerlee
3. Samonte





A: ارتفاع ساقه، B: تعداد کپسول در بوته، C: تعداد دانه در کپسول، D: وزن هزاردانه، E: عملکرد زیست توده و Y: عملکرد دانه.  
A: Plant height, B: Capsules per plant, C: Seeds per capsule, D: 1000-seed weight, E: Biological yield and Y: Seed yield

شکل ۱: دیاگرام آنالیز مسیر عوامل مستقل تأثیرگذار بر عملکرد دانه کنجد (اعداد نشان داده شده بر روی فلش‌های یک‌جهته ضرایب مستقیم و اعداد نشان داده شده کنار فلش‌های دو جهته ضرایب همبستگی هستند)

Fig. 1: Diagram of path analysis for independent factors affecting Sesame seed yield (numbers showed on bi-directional and one-directional arrows show direct coefficients and correlation coefficients, respectively)

دیاگرام آنالیز (شکل ۱) مسیر به سادترین شکل، رابطه علی بین متغیر وابسته (عملکرد دانه) و متغیرهای مستقل (ارتفاع ساقه، تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول، وزن هزاردانه و عملکرد زیست توده) را نشان می‌دهد.

جدول ۶: خلاصه آنالیز رگرسیون گام به گام و رگرسیون چندگانه خطی اجزای عملکرد و عملکرد دانه کنجد

Table 6: Summary of stepwise regression and multiple regression analysis of seed yield and other traits in Sesame

معادله رگرسیونی Regression equation	ضریب تعیین Coefficient of determination
$Y = 9 \times 10^{-16} + (0.97 BY)$	0.92
$Y = -1.68 \times 10^{-11} + (0.261 CP) + (0.757 BY)$	0.96

### نتیجه‌گیری

نشان داد که تأثیر عملکرد زیست توده به دو طریق اثرگذاری غیرمستقیم بر عملکرد از طریق تأثیر مثبت بر تعداد کپسول در بوته (به‌عنوان جزء دیگر بااهمیت در عملکرد) و هم‌چنین در ادامه، اثر مستقیم آن بر عملکرد دانه است. بنابراین به نظر می‌رسد برنامه‌هایی که می‌تواند سبب تولید بیشتر زیست توده و هم‌چنین تعداد کپسول در بوته کنجد شود، می‌تواند از اولویت‌های عملی زراعی و پژوهشی اصلاح‌گران گیاهی، محققان و تولیدکنندگان محصول کنجد باشد.

هرچند صفات ارتفاع ساقه، تعداد کپسول در بوته و عملکرد زیست توده از تیمارهای مختلف کود زیستی و شیمیایی اثر پذیرفتند اما تجزیه رگرسیونی داده‌ها حاکی از این بود که دو صفت تعداد کپسول در بوته و عملکرد زیست توده بیشترین اثر را بر عملکرد دانه کنجد داشتند. از طرفی آنالیز رگرسیون چندگانه و هم‌چنین آنالیز مسیر نشان داد که از بین تمامی متغیرها، دو صفت تعداد کپسول در بوته و عملکرد زیست توده بیشترین اثرگذاری را بر عملکرد دانه داشتند. نتایج آنالیز مسیر

### منابع

اسدالهی، ع. ر.، بهرامی، ا.، تناور، م. و عسکری گلستانی، ع. ر. ۱۳۹۲. تجزیه و تحلیل همبستگی و علیت عملکرد دانه و صفات وابسته به آن در هیبریدهای ذرت. مجموعه مقالات اولین همایش ملی توسعه پایدار کشاورزی با کاربرد الگوی زراعی، همدان، ۲۴ بهمن، صفحات ۱-۵.

آشفته بی‌رگی، م.، خاوری خراسانی، س.، مصطفوی، خ.، گلباشی، م. و علیزاده، ع. ۱۳۹۰. بررسی عملکرد دانه و صفات وابسته در هیبریدهای جدید ذرت (*Zea mays L.*) با استفاده از روش‌های چند متغیره آماری. زراعت و اصلاح نباتات، ۷ (۱): ۹۷-۱۱۶.

آشفته بی‌رگی، م.، سیاه‌سر، ب.، خاوری، س.، گلباشی، م.، مهدی‌نژاد، ن. و علیزاده، ع. ۱۳۸۹. بررسی اثرات متقابل ژنوتیپ در محیط بر خصوصیات مورفولوژیکی، عملکرد و اجزای عملکرد ارقام جدید ذرت دانه‌ای (*Zea mays L.*). مجله بوم‌شناسی کشاورزی، ۲ (۱): ۱۳۶-۱۴۵.

- بهشتی، ع.، سلطانیان، ب. و صدرآبادی حقیقی، ر. ۱۳۸۹. بررسی اثر تراکم و نسبت‌های مختلف کشت بر عملکرد دانه و بیوماس در کشت مخلوط سورگوم دانه‌ای و لوبیاچیتی. پژوهش‌های زراعی ایران، ۱ (۸): ۱۶۷-۱۷۶.
- پزشکپور، پ.، اردکانی، م.، ر.، پاک‌نژاد، ف. و وزان، س. ۱۳۹۵. مطالعه همبستگی صفات، تجزیه علیت و روابط رگرسیونی بین برخی صفات نخود پاییزه در سطوح مختلف کودهای زیستی. مجموعه مقالات ششمین همایش ملی حبوبات ایران، خرم‌آباد، ۱۵ اردیبهشت، صفحات ۹-۱.
- جعفری، م.، دین‌پژوه، ی. و اسدی، ا. ۱۳۹۴. آشنایی با رگرسیون خطی چندگانه و استفاده از آن در شبیه‌سازی مقادیر تبخیر روزانه تشت. آب و توسعه پایدار، ۲: ۶۷-۷۶.
- جهان، م. و نصیری محلاتی، م. ۱۳۹۱. حاصلخیزی خاک و کودهای بیولوژیک (رهیافتی اگرواکولوژیک). انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد. ۲۵۲ صفحه.
- خواججه‌پور، م. ر. ۱۳۸۹. گیاهان صنعتی. انتشارات جهاد دانشگاهی اصفهان، اصفهان. ۵۸۲ صفحه.
- راهنمایی تک، ع.، واعظی، ش.، مظفری، ج. و شاه‌نجات بوشهری، ع. ا. ۱۳۸۶. تجزیه و تحلیل همبستگی و علیت عملکرد دانه و صفات وابسته به آن در لوبیا قرمز. پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی، ۷۶: ۸۸-۸۰.
- زینالی، ح.، میرلوحی، ا. ف. و صفایی، ل. ۱۳۸۵. ارزیابی رابطه بین عملکرد و اجزای عملکرد کنگد (*Sesamum indicum* L.). تحقیقات کشاورزی، ۲ (۱): ۹-۱.
- سجادی‌نیک، ر.، یدوی، ع. ر.، بلوچی، ح. ر. و فرجی، ه. ۱۳۹۰. مقایسه تأثیر کودهای شیمیایی (اوره)، آلی (ورمی‌کمپوست) و زیستی (نیتروکسین) بر عملکرد کمی و کیفی کنگد (*Sesamum indicum* L.). دانش کشاورزی و تولید پایدار، ۲۱ (۲): ۱۰۱-۸۷.
- گلباشی، م.، مصطفوی، خ. و چوکان، ر. ۱۳۹۱. بررسی پاسخ به تنش خشکی و ارزیابی هیبریدهای جدید ذرت دانه‌ای با استفاده از روش‌های چندمتغیره آماری. زراعت و اصلاح نباتات، ۷ (۲): ۳۲-۱۳.
- مصطفوی، م. ج. ۱۳۹۳. تأثیر کودهای شیمیایی و بیولوژیک بر فنولوژی و عملکرد کمی و کیفی کنگد (*Sesamum indicum* L.) در شرایط اقلیمی مشهد. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه فردوسی مشهد، ۱۰۰ صفحه.
- مصطفوی، م. ج.، نصیری محلاتی، م. و کوچکی، ع. ۱۳۹۳. کاربرد آنالیز مسیر جهت تحلیل عملکرد کنگد (*Sesamum indicum* L.). مجموعه مقالات دومین همایش ملی گیاهان دارویی و کشاورزی پایدار، ۱ شهریور، همدان، صفحات ۱۸۱-۱۸۸.
- مطیعی، م. م. و خیاط، م. ۱۳۹۰. ارزیابی روابط فیزیولوژیکی منبع-مخزن گیاه برنج در اقلیم گرم و خشک خوزستان. اولین همایش ملی راهبردهای دستیابی به کشاورزی پایدار، ۵ و ۶ خرداد، اهواز، صفحات ۶-۱.
- مکی‌زاده تفتی، م.، چایی چی، م. ر.، نصراله زاده، ص. و خاوازی، ک. ۱۳۹۱. اثر کاربرد منابع مختلف نیتروژن بر خصوصیات کمی و کیفی گیاه مرزه (*Satureja hortensis* L.). فصلنامه علمی-پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، ۲۸ (۲): ۳۳۰-۳۴۱.
- Almedej, J. 2012. Modeling Pan Evaporation for Kuwait by Multiple Linear Regression. The Scientific World Journal, 9: 10-11.
- Barea, J. M., Pozo, M. J., Azcon, R. and Azcon-Aguilar, C., 2005. Microbial co-operation in the rhizosphere. Journal of Experimental Botany, 56: 1761-1778.
- Fraser, J. and Eaton, G. W. 1983. Application of yield component analysis to crop research. Field Crop, 39: 787-797.
- Hameeda, B., Rupela, O. P., Reddy, G. and Satyavani, K. 2006. Application of plant growth-promoting bacteria associated with composts and macrofauna for growth promotion of pearl millet (*Pennisetum glaucum* L.). Biology and Fertility of Soils, 44: 260-266.
- Kang, M. H., Choi, J. S. and Ha, T. Y. 2003. Chemical properties of sesame seed cultivated in Korea and China. Food Science and Biotechnology, 12 (6): 621-624.
- Kizilkaya, R. 2008. Yield response and nitrogen concentrations of spring wheat (*Triticum aestivum*) inoculated with *Azotobacter chroococcum* strains. Ecological Engineering, 33: 150-156.
- Machikowa, T. and Laosuwan, P. 2011. Path coefficient analysis for yield of early maturing soybean. Songklanakarin Journal of Science and Technology, 33 (4): 365-368.
- Martin, X. M., Sumathi C. S. and Kannan V. R. 2011. Influence of agrochemicals and *Azotobacter* sp. application on soil fertility in relation to maize growth under nursery conditions. EurAsian Journal of BioSciences, 5: 19-28.
- Mokhtassi Bidgoli, A., Akbari, G. A., Mirhadi, M. J., Zand, E. and Soufizadeh, S. 2006. Path analysis of the relationships between seed yield and some morphological and phenological traits in safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Euphytica, 148: 261-268.
- Rosalind, A. B., McNew, R. W., Vories, E. D., Keisling, T. C. and Purcell, L. C. 2001. Path analyses of population density effects on short-season soybean yield. Agronomy Journal, 93: 187-195.
- Salem, M., Tahir, M. H. N., Kabir, R., Javid, M. and Shazad, K. 2002. Interrelationships and path analysis of yield attributes in chickpea (*Cicer arietinum* L.). International Journal of Agricultural and Biological Engineering, 4: 404-

406.

- Samonte, S. P. P. B., Wilson, L. T. and McClung, A. M. 1998. Path analysis of yield and yield-related traits of fifteen diverse rice genotypes. *Crop Science*, 38: 1130-1136.
- Singh, A. J. and Byerlee, D. 1990. Relative variability in wheat yields across countries and over time. *Journal of Agricultural Economics*, 1: 30-32.
- Yucel, D. O., Anlarsal, A. E. and Yucel, C. 2006. Genetic variability, correlation and path analysis of yield and yield components in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 30: 183-188.

## Regression and Path Analysis of the Relationship Between Seed Yield and the Most Important Yield Components of Sesame

Mostafavi<sup>1\*</sup>, M. J., Nassiri Mahallati<sup>2</sup>, M. and Koocheki<sup>3</sup>, A. R.

### Abstract

In order to study the correlation between yield component and seed yield of sesame and to determine the relationships between shoot length, capsules per plant, seeds per capsule, 1000-seed weight, biological yield and harvest index, in 2013 an experiment was conducted based on RCBD design with ten treatments (including different biological and chemical fertilizers) in experimental field of Ferdowsi university of Mashhad. Results showed that there was a positive and significant correlation between seed yield and plant height, but much of the efficacy of plant height on seed yield was by influencing capsules per plant. Biological and seed yield had a positive and significant correlation (0.81 and 0.87, respectively) with capsules per plant. The highest direct effect of components on seed yield was belonged to “capsules per plant” and the least belonged to “plant height”. Analysis of regression showed that capsules per plant and biological yield had the most effect on seed yield and their partial regression coefficient was 10.7 and 0.134, respectively. The partial regression coefficient for standardized data of these two traits showed the priority of biological yield in comparison with capsules per plant. Yield function that is a function of capsules per plant and biological yield, with the coefficient of determination of 0.96 justified a large part of seed yield. So biological yield and capsules per plant were the most important traits of sesame that can be considered by researchers. Also, after calibration of yield function, it can be used for estimating the production of sesame.

**Keywords:** Path analysis, Correlation, Capsules, Plant height

---

1, 2 and 3. MSc Graduated and Professors, Respectively, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

\*: Corresponding author

Email: mj.mostafavi@stu.um.ac.ir