

همبستگی بین صفات و تجزیه ضرایب مسیر برای عملکرد دانه ۸ رقم کلزا (*Brassica napus* L.)

کیوان حسین‌زاده^۱، حمید ایران‌نژاد^۲، اسداله حجازی^۳، غلام‌علی اکبری^۳ و اسکندر زند^۴

چکیده

به منظور بررسی همبستگی بین صفات مهم زراعی و تجزیه آن به روابط علت و معلولی در گیاه کلزا، آزمایشی در سال زراعی ۸۶-۱۳۸۵ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار روی ۸ رقم کلزای پائیزه در مزرعه تحقیقاتی پردیس ابوریحان دانشگاه تهران اجرا شد. در تجزیه آماری این طرح ۱۸ صفت مهم مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بین ارقام برای کلیه صفات به غیر از وزن ساقه، طول خورجین، سطح برگ در مرحله بسته شدن کانوپی، ارتفاع اولین شاخه فرعی از سطح زمین و تعداد روز تا شروع رشد ساقه از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری وجود داشت. بین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک، عملکرد روغن، وزن ساقه، شاخص برداشت، درصد روغن و تعداد خورجین در بوته همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت، اما عملکرد دانه با تعداد روز تا شروع رشد ساقه، تعداد روز تا شروع گلدهی، تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی و تعداد روز تا پایان گلدهی همبستگی منفی و معنی‌داری داشت. بر اساس رگرسیون گام به گام، عملکرد دانه به عنوان متغیر وابسته و عملکرد بیولوژیک، وزن ساقه، تعداد خورجین در بوته، سطح برگ در مرحله بسته شدن کانوپی، ارتفاع بوته و تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی به عنوان متغیرهای مستقل وارد مدل گردیدند. ضریب تبیین مدل ($R^2=1$) بود. عملکرد بیولوژیک و تعداد خورجین در بوته به ترتیب اثرات مستقیم قابل توجهی روی افزایش عملکرد دانه داشتند. اثر مستقیم منفی وزن ساقه و ارتفاع بوته روی عملکرد دانه توسط اثرات غیرمستقیم مثبت از طریق عملکرد بیولوژیک و تعداد خورجین در بوته خنثی گردید و باعث افزایش همبستگی این صفات با عملکرد دانه شد. برعکس، اثر مستقیم مثبت تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی بر روی عملکرد دانه توسط اثرات غیرمستقیم منفی از طریق عملکرد بیولوژیک خنثی شده و سبب کاهش همبستگی این صفت با عملکرد دانه شد. بنابراین مهم‌ترین صفات به عنوان شاخص انتخاب جهت بهبود عملکرد دانه به ترتیب شامل عملکرد بیولوژیک و تعداد خورجین در بوته بودند.

واژه‌های کلیدی: کلزا، تجزیه علیت، رگرسیون گام به گام، همبستگی

۱، ۲ و ۳. به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشیاران و استادیار گروه زراعت، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران

۴. استادیار موسسه تحقیقات گیاه‌پزشکی کشور، بخش تحقیقات علف‌های هرز، تهران

مقدمه

با توجه به اهمیت گیاه کلزا (*B. napus* L.) به عنوان یک گیاه روغنی و جایگاه بالای آن در بین سایر دانه‌های روغنی، افزایش عملکرد دانه و نیز درصد روغن از اهمیت به‌سزایی برخوردار است. بنابراین شناخت صفاتی که ارتباط نزدیک با عملکرد دانه دارند و بهبود این صفات باعث افزایش عملکرد دانه می‌گردد، در امر به‌نژادی گیاهان بسیار حائز اهمیت می‌باشد. موفقیت در گزینش به انتخاب معیارهایی برای بهبود عملکرد دانه بستگی دارد (سامونته و همکاران، ۱۹۹۸). ضرایب همبستگی، که روابط خطی ساده بین صفات را اندازه‌گیری می‌کند، اطلاعاتی را درباره روابط صفات مختلف از جمله اجزای عملکرد با عملکرد دانه در اختیار قرار می‌دهند، ولی نمی‌توانند گویای اثرات مستقیم و غیرمستقیم اجزای عملکرد بوده و موفقیت انتخاب را پیش‌بینی کنند. تجزیه علیت یا تجزیه ضرایب مسیر و تجزیه رگرسیون با متغیرهای استاندارد شده، روابط علی بین صفات و اهمیت نسبی اثرات مستقیم و غیرمستقیم را روی یک صفت تابع مثل عملکرد دانه مشخص می‌نماید و ضرایب همبستگی را به اثرات مستقیم و غیرمستقیم صفات تفکیک می‌کند (بات، ۱۹۷۳). تجزیه علیت جهت تعریف بهترین معیار برای انتخاب در مطالعات زراعی و بیولوژیکی به‌کار می‌رود (میشرا و درولسوم، ۱۹۷۳؛ ویلیامز و همکاران، ۱۹۹۰). مزیت اصلی تجزیه مسیر بر ضرایب همبستگی این است که می‌توان اثر مستقیم هر جزء عملکرد بر عملکرد دانه را از اثرات غیر مستقیم آن که از ارتباط متقابل بین اجزای آن حاصل می‌گردد، تفکیک نمود (باقری و همکاران، ۱۳۸۶).

مطالعات انجام گرفته بر روی کلزا حاکی از برقراری همبستگی مثبت بین عملکرد با هر یک از صفات ارتفاع بوته، تعداد خورجین در ساقه اصلی و وزن دانه می‌باشد (تنگ و همکاران، ۱۹۹۷؛ آنیل و همکاران، ۱۹۹۸). اولسون (۱۹۷۲) در نتایج حاصل از پژوهش‌های خود گزارش کرد که بین صفت تعداد خورجین در بوته و عملکرد بوته همبستگی بالایی وجود دارد و صفت تعداد خورجین در بوته به‌خصوص در کلزای پاییزه به‌شدت

تحت تاثیر تراکم بوته و کمتر تحت تاثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرد. تورلینگ (۱۹۷۴) اظهار داشت که در کلزا همبستگی بین تعداد دانه در خورجین و عملکرد دانه معنی‌دار نبود، در صورتی‌که اگر تعداد خورجین در بوته ثابت نگه داشته شود، صفت تعداد دانه در خورجین تاثیر قابل ملاحظه‌ای بر عملکرد دانه نشان می‌دهد. همچنین یک رابطه معکوس بین تعداد خورجین در بوته و تعداد دانه در خورجین وجود دارد و این صفات با اندازه گیاه زراعی در ارتباط می‌باشند. هابیکوت (۱۹۹۳) در نتایج حاصل از پژوهش‌های خود اظهار داشت که عملکرد دانه در تک بوته‌ها به‌طور شدیدی به تعداد خورجین در بوته وابسته است. سرور و کشتا (۱۹۹۴) طی پژوهشی که برای بررسی روابط بین صفات در کلزا انجام دادند، رابطه مثبت و بسیار قوی با عملکرد دانه و هر یک از صفات تعداد دانه در خورجین و وزن دانه مشاهده نمودند. گوش و موخوپادهای (۱۹۹۴) در یک تحقیق گزارش کردند که وزن هزار دانه اثر مستقیم مثبت پایینی بر روی عملکرد دانه داشته است. کندل و همکاران (۱۹۹۵) گزارش کردند که صفت تعداد خورجین در بوته نقش موثری بر روی عملکرد دانه دارد و ۴۰ درصد تنوع موجود در عملکرد دانه توسط این صفت توجیه می‌گردد. هاگان و اونسال (۱۹۹۹) گزارش کردند که تجزیه علیت بر روی ۱۴ رقم کلزای بهاره نشان داد که صفت تعداد خورجین در بوته دارای اثر مستقیم مثبت بود و بیشترین تاثیر را نسبت به سایر صفات بر روی عملکرد دانه داشت. صفت تعداد دانه در خورجین دارای اثر مستقیم منفی بر روی عملکرد دانه بود. این پژوهش با هدف بررسی روابط بین عملکرد دانه و برخی صفات مهم زراعی جهت تعیین شاخص‌های مناسب انتخاب برای اصلاح عملکرد کلزا صورت پذیرفت.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۳۸۵ در مزرعه تحقیقاتی پردیس ابوریحان دانشگاه تهران، که در ۲۵ کیلومتری جنوب شرقی تهران (پاکدشت) واقع است، بر روی ۸ رقم کلزای پاییزه در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. ارقام شامل دو رقم هیبرید (Elite

معادل ۱ مترمربع از هر کرت آزمایشی، با رعایت حاشیه از سطح زمین کفبر شده و زیرنمونه‌ای متشکل از ۵ بوته جهت اندازه‌گیری برخی خصوصیات مورفولوژیک و اجزای عملکرد جدا گردیدند. بقیه نمونه‌های گیاهی جهت خشک شدن نهایی و رسیدن رطوبت به ۱۲ درصد به مدت یک هفته در هوای آزاد نگهداری و وزن کل بوته‌ها (برگ، ساقه، خورجین و دانه) تعیین شده و وزن ساقه، عملکرد دانه و بیولوژیک به‌طور جداگانه در هر کرت بر حسب کیلوگرم در هکتار تعیین گردید. صفات مورد اندازه‌گیری بر روی ۵ بوته جدا شده عبارت بودند از: ارتفاع بوته، ارتفاع اولین شاخه فرعی از سطح زمین، تعداد شاخه فرعی و تعداد خورجین در بوته. جهت اندازه‌گیری سایر اجزای عملکرد و همچنین درصد روغن دانه، تعداد ۵۰ عدد خورجین به‌طور تصادفی جدا گردیدند. پس از جداسازی این تعداد خورجین، باقی‌مانده این نمونه‌ها جهت تعیین عملکردهای بیولوژیک و دانه مجدداً به نمونه‌های اولیه اضافه شدند. سپس طول خورجین اندازه‌گیری شده و تعداد دانه در هر خورجین شمارش گردید. جهت تعیین وزن هزار دانه، ۴ نمونه ۱۰۰ تایی از بذور کلزا در هر کرت آزمایشی به‌طور تصادفی انتخاب و با ضرب کردن میانگین وزن آن‌ها در عدد ۱۰ وزن هزار دانه تعیین گردید. در نهایت جهت تعیین درصد روغن دانه، نمونه‌ای تصادفی از دانه‌ها به وزن ۲ گرم تهیه و سپس به‌خوبی خشک و آسیاب شده و درصد روغن به روش سوکسله تعیین شد (برادران و همکاران، ۱۳۸۵). عملکرد روغن از حاصل‌ضرب عملکرد دانه و درصد روغن محاسبه گردید:

ثابت مراحل فنولوژیک از زمان کاشت هر ۴ روز یک‌بار (در پائیز تا ثابت شدن رشد و در بهار از شروع رشد تا رسیدگی) بر روی ۵ بوته‌ای که در هر کرت در ابتدای فصل با نخ علامت‌گذاری گردیده بودند و بر اساس کدگذاری سیلوستر- برادلی و میک‌پیس (۱۹۸۴) صورت پذیرفت.

قبل از انجام تجزیه واریانس بر روی داده‌ها، جهت تعیین نرمال بودن توزیع داده‌ها از دستور ROC UNIVARIATE استفاده گردید. پس از اطمینان از این مسئله، عمل تجزیه واریانس و تجزیه

و Shs رقم غیرهیبرید (SLM046، Ebonite و Orient، Okapi، Zarfam، Opera و Licord) بودند. محل انجام آزمایش از نظر اقلیمی و بر اساس تقسیم-بندی دومارتن^۱ جزء مناطق خشک محسوب می‌شود. ارتفاع محل انجام آزمایش از سطح دریا ۱۲۸۰ متر، عرض و طول جغرافیائی آن به‌ترتیب ۳۵/۲۸ درجه شمالی و ۵۱/۴۴ درجه شرقی و بافت خاک محل انجام آزمایش نیز لومی بود.

عملیات خاک‌ورزی و آماده‌سازی زمین شامل شخم، دو بار دیسک و تسطیح و کوددهی بود. هر کرت آزمایشی شامل ۶ پشته ۶ متری به‌فاصله ۵۰ سانتی‌متر از یکدیگر بودند و بدین ترتیب مساحت هر کرت ۱۸ مترمربع بود. فاصله بین کرت‌ها از یکدیگر ۱ متر و فاصله بین بلوک‌ها ۲ متر در نظر گرفته شد. تمامی ارقام با تراکم ۵۰ بوته در مترمربع (صوفی‌زاده، ۱۳۸۴؛ آنگادی و همکاران، ۲۰۰۳) و در تاریخ ۵ آبان ۱۳۸۵ کشت گردیدند. به‌علت احتمال وجود خواب در بذور و خطر بروز سرمای زمستان، مقدار بذر مصرفی بیشتری در زمان کاشت در نظر گرفته شد و جهت رسیدن به این تراکم، گیاهان در دو مرحله تنک شدند. کودهای مورد مصرف بر اساس آزمون خاک و به میزان ۲۵۰ کیلوگرم اوره، ۱۵۰ کیلوگرم فسفات آمونیوم و ۱۰۰ کیلوگرم اکسید پتاسیم در هکتار محاسبه گردید (صوفی‌زاده، ۱۳۸۴). یک سوم از کود نیتروژنه و کل کودهای فسفوره و پتاسه در هنگام تهیه زمین به خاک اضافه شدند. بقیه کود نیتروژنه نیز در دو مرحله به‌صورت سرک توزیع شد. سرک اول پس از خاتمه مرحله رزت و به هنگام رشد مجدد و سرک دوم پیش از ورود به مرحله گلدهی به خاک اضافه گردید. آبیاری اول بلافاصله پس از کاشت و مراحل بعدی آبیاری در طول فصل رشد به‌گونه‌ای صورت پذیرفت که هیچ‌گونه علائم تنش خشکی در گیاهان مشاهده نگردید. همچنین در طول فصل رشد، تمامی علف‌های هرز موجود در کرت‌ها با دست وجین گردیدند.

به‌منظور اندازه‌گیری عملکرد نهایی دانه، بیولوژیک و اجزای عملکرد، گیاهان موجود در سطحی

نموده و با ارقام Okapi و Licord در یک گروه قرار گرفتند. یکی از دلایل بالاتر بودن عملکرد دانه ارقام Elite و Ebonite را می‌توان به هیبرید بودن آنها نسبت داد. ساورمن و فینک (۱۹۹۸) نیز در مطالعات مزرعه‌ای خود دریافتند که عملکرد هیبریدهای کلزا بین ۵ تا ۱۲ درصد بیشتر از ارقام استاندارد است. دوویک و کاسمن (۱۹۹۹) نیز نشان دادند که ارقام برنج هیبرید در شرایط مطلوب برای ظهور پتانسیل عملکرد، دارای برتری عملکردی به میزان ۷ الی ۱۰ درصد در مقایسه با بهترین ارقام غیرهیبرید در شرایط مشابه می‌باشند. به‌طور کلی رقم هیبرید Ebonite از حیث صفات عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، وزن ساقه، درصد و عملکرد روغن، ارتفاع بوته و ارتفاع اولین شاخه فرعی از سطح زمین، تعداد روز تا شروع رشد ساقه، سطح برگ در مرحله بسته شدن کانوپی، طول خورجین، تعداد خورجین در بوته و تعداد دانه در خورجین مقادیر قابل قبولی را به خود اختصاص داد. همچنین نتایج نشان داد که رقم هیبرید Elite از لحاظ تعداد دانه در خورجین، رقم Okapi از لحاظ شاخص برداشت، رقم Orient از لحاظ طول خورجین، رقم Zarfam از لحاظ وزن هزار دانه، رقم Licord از لحاظ سطح برگ در مرحله بسته شدن کانوپی و رقم Opera از لحاظ تعداد شاخه فرعی در بوته، تعداد روز تا شروع رشد ساقه، تعداد روز تا شروع گلدهی، تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی و تعداد روز تا پایان گلدهی برتر از سایر ارقام بودند.

همبستگی صورت پذیرفت و میانگین‌های به‌دست آمده نیز با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد مورد مقایسه قرار گرفتند. از طرف دیگر به‌منظور مشخص ساختن مهم‌ترین صفات موثر بر عملکرد دانه در این گیاه از روش تجزیه رگرسیون گام به گام^۱ و در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد. جهت تعیین اثرات مستقیم و غیرمستقیم هر یک از صفات وارد شده به مدل بر عملکرد دانه از روش تجزیه علیت مرحله‌ای^۲ (بر اساس ترتیب منطقی ظهور صفات در طی فصل رشد و رابطه علت و معلولی بین آنها) استفاده به‌عمل آمد (گاریسا دل مورال و همکاران، ۱۹۹۱؛ دوفینگ و نایت، ۱۹۹۲). تمامی محاسبات فوق (تعیین نرمال بودن توزیع داده‌ها، تجزیه واریانس، تعیین ضرایب همبستگی ساده، تجزیه رگرسیون گام به گام و تجزیه علیت مرحله‌ای) با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS صورت پذیرفتند.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس و مقایسات میانگین

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که بین ارقام از حیث صفاتی نظیر عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، درصد و عملکرد روغن، ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی در بوته، تعداد روز تا شروع گلدهی، تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی، تعداد روز تا پایان گلدهی، تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین و وزن هزار دانه اختلاف معنی‌داری وجود داشت. اما اختلاف بین ارقام از لحاظ وزن ساقه، طول خورجین، سطح برگ در مرحله بسته شدن کانوپی، ارتفاع اولین شاخه فرعی از سطح زمین و تعداد روز تا شروع رشد ساقه معنی‌دار نبود. مقایسه میانگین ارقام با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد نشان داد که هیبریدهای Ebonite و Elite به ترتیب بیشترین عملکرد دانه را تولید نمودند و با سایر ارقام به‌غیر از Zarfam و Orient تفاوت معنی‌داری را از لحاظ این صفت داشتند (جدول ۱). ارقام Opera و SLM046 نیز به ترتیب کمترین عملکرد دانه را تولید

نتایج تجزیه همبستگی

ضرایب همبستگی ساده بین صفات مختلف در جدول ۲ آورده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری را با صفات عملکرد بیولوژیک ($r=0/87$)، شاخص برداشت ($r=0/54$)، وزن ساقه ($r=0/57$)، درصد روغن ($r=0/53$)، عملکرد روغن ($r=0/97$) تعداد خورجین در بوته ($r=0/46$) و ارتفاع بوته ($r=0/38$) نشان داد. بنابراین به نظر می‌رسد که عملکرد بیولوژیک بیشتر در زمان برداشت نهایی به همراه شاخص برداشت بالاتر منجر به افزایش عملکرد دانه و روغن در این گیاه می‌شود. احتمالاً عملکرد بیولوژیک بیشتر به علت تعداد بیشتر خورجین در بوته می‌باشد. نتایج حاصل با یافته‌های کندل و همکاران (۱۹۹۵) و برادران و همکاران (۱۳۸۵) در مورد عملکرد بیولوژیک، وزن ساقه، تعداد خورجین در بوته و شاخص برداشت مطابقت داشت، اما در مورد درصد روغن و تعداد شاخه فرعی در بوته و ارتفاع اولین شاخه فرعی از سطح زمین نتیجه متفاوت بود. هم‌چنین آن‌ها دریافته‌اند که همبستگی غیرمعنی‌داری بین عملکرد دانه با تعداد دانه در خورجین و وزن هزار دانه وجود دارد که با این نتایج مطابقت داشت. اما عملکرد دانه با صفات تعداد روز تا شروع رشد ساقه ($r=-0/39$)، تعداد روز تا شروع گلدهی ($r=-0/38$)، تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی ($r=-0/36$) و تعداد روز تا پایان گلدهی ($r=-0/35$) همبستگی منفی معنی‌داری داشت و با سایر صفات همبستگی معنی‌دار نبود. حادث شدن سریع‌تر زمان گل‌دهی، موجب طولانی‌تر شدن دوره‌ی پرشدن دانه خواهد شد. در حقیقت زمانی که ۵۰ درصد گل‌دهی سریع‌تر اتفاق می‌افتد، به همان نسبت نیز گلبرگ‌ها سریع‌تر ریزش می‌یابند و بنابراین سایه‌اندازی ناشی از گل‌ها بر روی برگ‌های درون کانوپی کاهش خواهد یافت که این مسئله از طریق افزایش مقدار تشعشع نفوذ کرده به داخل کانوپی، فتوسنتز را افزایش داده و به رشد بهتر خورجین‌ها کمک می‌نماید (عزیزی و همکاران، ۱۳۷۸). اما، باید توجه داشت هنگامی که تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی بیش از حد کاهش یابد، منجر به تولید گل‌های کوچک و کم، خورجین‌های کوچک و ضعیف شده که در

این شرایط به‌علت کاهش مخزن، اندازه و کیفیت بذور کاهش می‌یابد. برعکس، مطالعات انجام شده توسط برخی پژوهش‌گران نشان داده است که مدت زمان لازم از کاشت تا گلدهی (رشد رویشی) با عملکرد دانه رابطه مستقیم دارد (مندهام و اسکات، ۱۹۷۵؛ ابوزید و ویل-کوکسن، ۱۹۸۹؛ کمبی و کوندرا، ۱۹۹۷).

همبستگی مثبت و معنی‌داری بین تعداد دانه در خورجین ($r=0/40$) و درصد روغن مشاهده گردید. در حقیقت می‌توان گفت که تعداد دانه زیاد در خورجین باعث افزایش در وزن دانه‌های هر خورجین که نشان‌گر انتقال حجم بیشتری از مواد فتوسنتزی به دانه است، شده و این مسئله نیز سبب افزایش درصد روغن در این گیاه می‌شود (صوفی‌زاده، ۱۳۸۴).

از طرف دیگر همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد روغن با عملکرد دانه ($r=0/97$)، عملکرد بیولوژیک ($r=0/84$)، شاخص برداشت ($r=0/54$)، وزن ساقه ($r=0/49$)، درصد روغن ($r=0/71$)، تعداد خورجین در بوته ($r=0/42$) و ارتفاع بوته ($r=0/49$) به‌دست آمد که با نتایج حاصل از یافته‌های صوفی‌زاده (۱۳۸۴) مطابقت داشت. این نتایج نشان می‌دهد که یکی از مهم‌ترین راهکارها جهت افزایش عملکرد روغن در گیاه کلزا، افزایش عملکرد دانه است. در حقیقت اصلی‌ترین علت برتری عملکرد روغن دو رقم هیبرید را می‌توان به عملکردهای دانه و بیولوژیک بالاتر آن‌ها در مقایسه با سایر ارقام نسبت داد. از طرف دیگر مهم‌ترین جزء موثر عملکرد بر عملکرد روغن نیز تعداد خورجین بوده است.

نتایج تجزیه رگرسیون

افزایش کارایی دریافت تشعشع و افزایش کارایی مصرف تشعشع عنوان کرده است. با توجه به نتایج حاصله از این آزمایش مشخص می‌شود که تولید وارینه‌های هیبرید یکی از راه‌کارهای موثر در افزایش عملکرد بیولوژیک و در نتیجه عملکرد دانه در گیاه کلزا محسوب می‌شود.

نتایج تجزیه علیت

به‌منظور بررسی و مطالعه هر چه بیشتر روابط درونی بین صفات وارد شده به مدل عملکرد در رگرسیون گام به گام و تعیین سهم اثرات مستقیم و غیرمستقیم هر یک از آن‌ها بر عملکرد دانه از روش تجزیه علیت بر مبنای سیستم علت و معلول و بر پایه ترتیب بروز و تکامل هر یک از صفات مورد بررسی در گیاه کلزا استفاده شد (شکل ۱). بر اساس ترتیب اهمیت صفات و نیز رگرسیون گام به گام، ۶ صفت انتخاب و مورد تجزیه علیت قرار گرفتند (جدول ۴). تجزیه علیت، ضریب همبستگی را به اثرات مستقیم و غیرمستقیم صفات روی عملکرد دانه تقسیم می‌کند. نتایج حاصل از این تجزیه نشان داد که عملکرد بیولوژیک، تعداد خورجین در بوته و تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی اثرات مستقیم مثبت بر عملکرد دانه داشتند. در خصوص عملکرد بیولوژیک این اثر بسیار قوی بود، در حالی که وزن ساقه، سطح برگ در مرحله بسته شدن کانوپی و ارتفاع بوته اثر مستقیم منفی روی عملکرد داشتند و وزن ساقه بیشترین اثر منفی را روی عملکرد داشت.

در رگرسیون گام به گام عملکرد دانه به‌عنوان متغیر وابسته در مقابل سایر صفات به‌عنوان متغیرهای مستقل مورد بررسی قرار گرفت. جدول ۳ مدل‌های به‌دست آمده از تجزیه رگرسیون گام به گام برای عملکرد دانه را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، شش صفت عملکرد بیولوژیک، وزن ساقه، تعداد خورجین در بوته، سطح برگ در مرحله بسته‌شدن کانوپی، ارتفاع بوته و تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی در مدل باقی مانده و معنی‌دار بودند. با توجه به مقدار عددی ضریب تبیین، شش صفت مذکور ۱۰۰ درصد و یا به‌عبارت دیگر تمامی تغییرات مربوط به عملکرد دانه را توجیه نمودند. در میان صفات وارد شده به مدل، عملکرد بیولوژیک ۸۹/۴۰ درصد از تغییرات مربوط به عملکرد دانه را به‌تنهایی توجیه کرد، که این مسئله نشان می‌دهد عملکرد دانه در ارقام مورد بررسی، وابستگی بسیار زیادی به عملکرد بیولوژیک داشته است. در منابع مختلف نیز بر اهمیت افزایش بیوماس نهایی تولید شده جهت افزایش قابل ملاحظه در پتانسیل عملکرد گیاه زراعی تاکید شده است (ایوانز و فیشر، ۱۹۹۹؛ ریچاردز، ۲۰۰۰). بنابراین بررسی و مطالعه اجزاء تولید بیوماس، به‌منظور تشخیص صفات قابل انتخاب در یک برنامه اصلاحی جهت بهبود فتوسنتز گیاه زراعی، مفید و سودمند می‌باشد (ریچاردز، ۲۰۰۰). هم‌چنین ریچاردز (۲۰۰۰) راه‌کارهای اصلی افزایش بیوماس کل را افزایش طول دوره فتوسنتز گیاه زراعی به‌منظور افزایش بیشتر تشعشع خورشیدی،

جدول ۳: تجزیه رگرسیون گام به گام صفات موثر بر عملکرد دانه در کلزا

F مدل	ضریب تبیین (R ²)	ضریب بتا (β) استاندارد شده	مرحله	صفت
۸۴/۳۴***	۰/۸۹۴۰	۰/۵۶	۱	عملکرد بیولوژیک
۸/۲۳**	۰/۹۴۴۶	-۰/۷۵	۲	وزن ساقه
۱۰/۸۶**	۰/۹۷۶۵	۳/۳۶	۳	تعداد خورجین در بوته
۳/۲۳*	۰/۹۸۹۰	-۱۷/۰۵	۴	سطح برگ در مرحله بسته‌شدن کانوپی
۴/۱۵*	۰/۹۹۶۴	-۳/۹۶	۵	ارتفاع بوته
۱۲/۲۷**	۱	۲۵/۱۶	۶	تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی
-	-	۱۲۹۲۶	-	عرض از مبدأ

***، ** و * به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۰/۱، ۱ و ۵ درصد

جدول ۴: تجزیه علیت مرحله‌ای برای عملکرد دانه و صفات وارد شده به مدل مربوط به آن در ارقام مختلف کلزا

اثر	مسیر	اثر	مسیر
	ارتفاع بوته		عملکرد بیولوژیک
-۰/۰۴	اثر مستقیم	۱/۰۹	اثر مستقیم
۰/۶۸	اثر غیرمستقیم از طریق عملکرد بیولوژیک	-۰/۲۵	اثر غیرمستقیم از طریق وزن ساقه
-۰/۱۹	اثر غیرمستقیم از طریق وزن ساقه	۰/۱۸	اثر غیرمستقیم از طریق تعداد خورجین در بوته
۰/۳۲	اثر غیرمستقیم از طریق تعداد خورجین در بوته	-۰/۰۳	اثر غیرمستقیم از طریق ارتفاع بوته
۰/۳۸*	ضریب همبستگی ساده با عملکرد دانه	۰/۸۷***	ضریب همبستگی ساده با عملکرد دانه
	سطح برگ در مرحله بسته شدن کانوپی		
-۰/۲۹	اثر مستقیم		وزن ساقه
۰/۰۸	اثر غیرمستقیم از طریق عملکرد بیولوژیک	-۰/۳۳	اثر مستقیم
-۰/۰۸	اثر غیرمستقیم از طریق وزن ساقه	۰/۸۵	اثر غیرمستقیم از طریق عملکرد بیولوژیک
۰/۱۵	اثر غیرمستقیم از طریق تعداد خورجین در بوته	۰/۱۰	اثر غیرمستقیم از طریق تعداد خورجین در بوته
-۰/۰۱	اثر غیرمستقیم از طریق ارتفاع	-۰/۰۲	اثر غیرمستقیم از طریق ارتفاع
-۰/۰۵	ضریب همبستگی ساده با عملکرد دانه	۰/۵۷**	ضریب همبستگی ساده با عملکرد دانه
	تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی		
۰/۱۵	اثر مستقیم		تعداد خورجین در بوته
-۰/۳۱	اثر غیرمستقیم از طریق عملکرد بیولوژیک	۰/۵۶	اثر مستقیم
-۰/۰۸	اثر غیرمستقیم از طریق وزن ساقه	۰/۲۹	اثر غیرمستقیم از طریق عملکرد بیولوژیک
-۰/۰۳	اثر غیرمستقیم از طریق تعداد خورجین در بوته	-۰/۰۵	اثر غیرمستقیم از طریق وزن ساقه
-۰/۰۴	اثر غیرمستقیم از طریق ارتفاع	-۰/۰۲	اثر غیرمستقیم از طریق ارتفاع
-۰/۰۹	اثر غیرمستقیم از طریق سطح برگ در مرحله بسته شدن کانوپی	۰/۴۸**	ضریب همبستگی ساده با عملکرد دانه
-۰/۳۶*	ضریب همبستگی ساده با عملکرد دانه		

***، **، * : به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۰/۱، ۱ و ۵ درصد

است. صفت وزن ساقه علی‌رغم داشتن اثر مستقیم منفی و اثر غیرمستقیم منفی از طریق ارتفاع بوته بر روی عملکرد دانه، با داشتن اثر غیرمستقیم مثبت از طریق عملکرد بیولوژیک و تعداد خورجین در بوته، همبستگی مثبت و معنی‌داری را با عملکرد دانه نشان داده است. صفت ارتفاع بوته نیز علی‌رغم اثر مستقیم منفی و اثر غیرمستقیم منفی از طریق وزن ساقه بر روی عملکرد دانه، با دارا بودن اثر غیرمستقیم مثبت از طریق عملکرد بیولوژیک و تعداد خورجین در بوته، باعث همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه گردید. سطح برگ در مرحله بسته شدن کانوپی بر روی عملکرد دانه علاوه بر اثر مستقیم منفی، از طریق وزن ساقه و ارتفاع بوته اثر غیرمستقیم منفی، و از طریق عملکرد بیولوژیک و تعداد خورجین در بوته اثر غیرمستقیم مثبت داشت. اما با

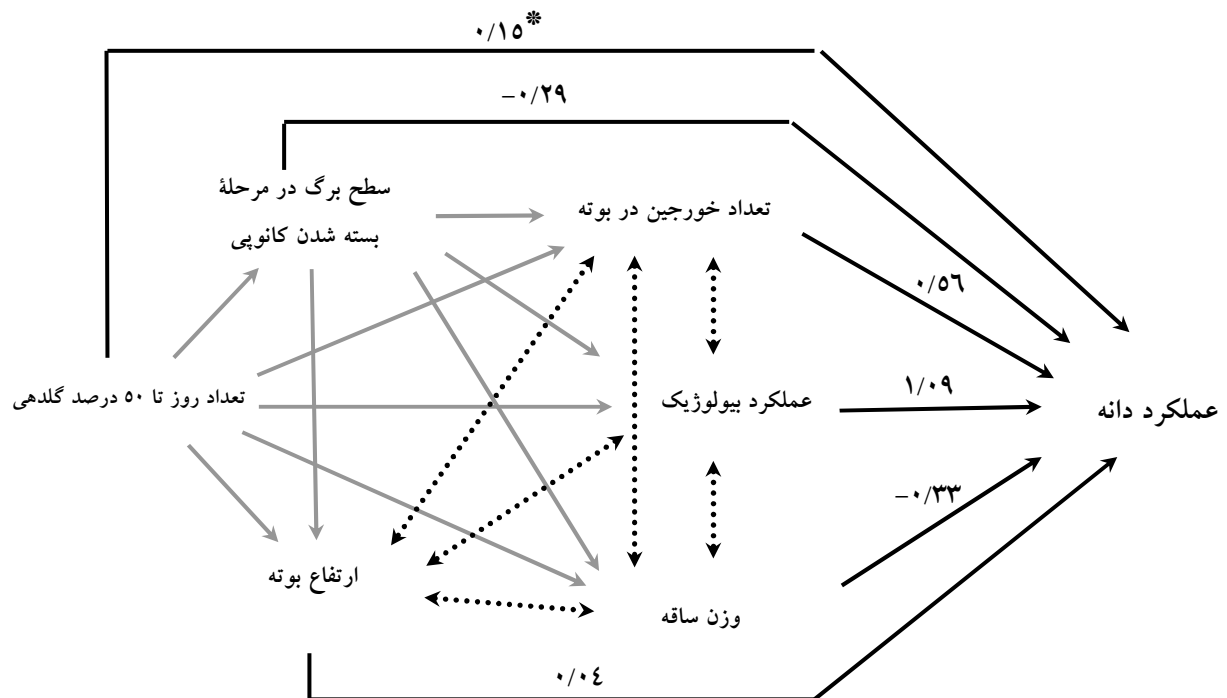
عملکرد بیولوژیک بر روی عملکرد دانه از طریق تعداد خورجین در بوته اثر غیرمستقیم مثبت و از طریق وزن ساقه و ارتفاع بوته اثر غیرمستقیم منفی داشت. اما با توجه به این‌که مقدار اثرات غیرمستقیم منفی پائین بود، بنابراین تاثیر چندانی روی اثرات مثبت مستقیم و غیرمستقیم نداشت. در رتبه بعد صفت تعداد خورجین در بوته بر روی عملکرد دانه دارای اثر غیرمستقیم مثبت از طریق عملکرد بیولوژیک و اثر غیرمستقیم منفی از طریق وزن ساقه و ارتفاع بوته بود. اما اثرات غیرمستقیم منفی در برابر اثرات مستقیم و غیرمستقیم مثبت ناچیز بود. صفت تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی با اثرات غیرمستقیم منفی از طریق عملکرد بیولوژیک، وزن ساقه، تعداد خورجین در بوته، ارتفاع بوته و سطح برگ در مرحله بسته شدن کانوپی سبب کاهش عملکرد دانه شده

و تعداد خورجین در بوته بر روی عملکرد دانه به قدری بالا بوده که توانست از اثرات منفی غیرمستقیم و همبستگی منفی معنی‌دار این صفات با عملکرد دانه جلوگیری کند و سبب افزایش عملکرد دانه گردد.

اثرات مستقیم و مثبت بالای عملکرد بیولوژیک و تعداد خورجین در بوته و همچنین اثرات غیرمستقیم مثبت و زیاد آن‌ها از طریق هم‌دیگر بر عملکرد دانه نشان داد که این صفات به‌طور هم‌زمان و عمل با هم اجزاء قابل اعتمادی برای انتخاب ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا هستند. اجزاء دیگر که تنها همبستگی مثبت و معنی‌دار بالایی با عملکرد دانه دارند، اجزاء خیلی مطمئن برای انتخاب نیستند.

توجه به این‌که مقدار اثرات غیرمستقیم مثبت ناچیز بود، بنابراین تاثیر چندانی روی اثرات منفی مستقیم و غیرمستقیم نداشت.

همبستگی مثبت و معنی‌دار وزن ساقه و ارتفاع بوته با عملکرد دانه از اثرات غیرمستقیم مثبت این صفات از طریق عملکرد بیولوژیک و تعداد خورجین در بوته ناشی شده است. اما، همبستگی منفی و معنی‌دار بین تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی و عملکرد دانه عمدتاً به‌علت اثر غیرمستقیم منفی از طریق عملکرد بیولوژیک بوده است. تمامی صفات به‌غیر از تعداد روز تا ۵۰ درصد گلدهی با تاثیر منفی بر روی عملکرد دانه از طریق صفات وزن ساقه و ارتفاع بوته سبب کاهش عملکرد دانه می‌شوند. اما، تاثیر مثبت‌شان از طریق عملکرد بیولوژیک



شکل ۱: دیاگرام تجزیه علیت مرحله‌ای برای عملکرد دانه کلزا و صفات وارد شده به مدل

(کمان‌های یک‌طرفه بیانگر وجود رابطه یک طرفه و کمان دوطرفه بیانگر وجود رابطه متقابل بین صفات است). * اثرات مستقیم.

منابع

- باقری، ح. ر.، صفری، س.، حیدریان دهکردی، ع. و یوسفیان، ز. ۱۳۸۶. بررسی روابط بین صفات و تجزیه ضرایب مسیر برای عملکرد دانه و روغن ارقام کلزا. مجموعه مقالات اولین سمپوزیوم کلزا و روغن کانولا. شهرکرد، آبان ۱۳۸۶. صفحات ۱۳۰-۱۲۴.
- برادران، ر.، مجیدی هروان، الف.، درویش، ف. و عزیزی، م. ۱۳۸۵. بررسی روابط همبستگی و تجزیه ضرایب مسیر مابین عملکرد و اجزای عملکرد در کلزا (*B. napus* L.). مجله علوم کشاورزی، سال دوازدهم، شماره ۴. صفحات ۸۱۹-۸۱۱.
- صوفی‌زاده، س. ۱۳۸۴. بررسی فیزیولوژی عملکرد، ساختار کانوبی و فنولوژی تطبیقی ارقام مختلف کلزا (*Brassica napus* L.) و تعیین تیپ ایده‌آل. پایان‌نامه کارشناسی ارشد گروه آموزشی زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم گیاهی و دامی پردیس ابوریحان-دانشگاه تهران، ۱۶۷ صفحه.
- عزیزی، م.، سلطانی، الف. و خاوری خراسانی، س. ۱۳۷۸. کلزا (فیزیولوژی، زراعت، به‌نژادی، تکنولوژی زیستی). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ۲۳۰ صفحه.
- Abuzeid, A. E. and Wilcokson, S. J. 1989. Effect of sowing date, plant density and year on growth and yield of Brussels Sprouts (*Brassica oleracea*). J. Agric. Sci. Camb, 112: 359- 375.
- Angadi, S. V., Cutforth, H. W., McConkey, B. G. and Gan, Y. 2003. Yield adjustment by canola grown at different plant populations under semiarid conditions. Crop Sci, 43: 1358-1366.
- Anil, K., Singh, D. P., Yadav, Y. P., Bikram, S., Kumar, A. and Singh, B. 1998. Association between morphophysiological parameters and seed yield in Brassica genotypes. Cruciferae-Newsletter, 20: 69-70; 2 ref.
- Bhatt, G. M. 1973. Significance of path coefficient analysis in determining the nature of character association. Euphytica, 22: 338-343.
- Campbe, D. C. and Kondra, Z. P. 1997. Growth pattern analysis of three rapeseed cultivars. Can. J. Plant. Sci, 57:707- 712.
- Dofing, S. M. and Knight, C. W. 1992. Alternative model for path analysis of small-grain yield. Crop Sci, 32:487-489.
- Duvick, D. N. and Cassman, K. G. 1999. Post-green revolution trends in yield potential of temperate maize in the north-central United States. Crop Sci, 39:1622-1630.
- Evans, L. T. and Fischer, R. A. 1999. Yield potential: Its definition, measurement, and significance. Crop Sci, 39: 1544-1551.
- Garcia del Moral, L. F., Ramos, J. M., Garcia del Moral, M. B. and Jimenez-Tejada, M. P. 1991. Ontogenetic approach to grain production in spring barley based on path-coefficient analysis. Crop Sci, 31: 1179-1185.
- Ghosh, D. C. and Mukhopadhyay, D. 1994. Growth and Productivity of Indian rapeseed (*B. campestris* L.). Grown under short and mild winter condition of west Bengal. Ind. J. Agric. Res 28: 239-244.
- Habekotte, B. 1993. Quantitative analysis of pod formation, seed set and seed filling in winter oilseed rape (*B. napus* L.) under field crop conditions. Field Crops Res, 35: 27-33.
- Hakan-ozler, E. O. and Unsal, D. 1999. Relationships between yield and yield components on currently improved spring rapeseed cultivars. Tr.J. of Agriculture and forestry, 23: 603- 607.
- Kandil, A. A. , Mahandes, S. I. and Mahrous, N. M. 1995. Genotypic and phenotypic variability, heritability and interrelationships of some characters in oilseed rape (*Brassica napus* L.). Plant Breeding Abstracts, Vol. 65, No.9.
- Mendham, N. J. and Scott, R. K. 1975. The limiting effect of plant size at inflorescence initiation on subsequent growth and yield of oil seed rape (*B. napus* L.) J. Agric. Sci. Camb, 84: 487-502.
- Mishra, S. N. and Drolsom, P. N. 1973. Association among certain morphological traits of diallel cross progenies in *Bromus inermis* LEYSS. J Agric Sci Camb, 81: 69-76.

- Ohlsson, L. 1972. Spring rape and spring turnip rape seed sowing at close row spacing. *Svensk Frotiding*, 41: 25-27.
- Richards, R. A. 2000. Selectable traits to increase crop photosynthesis and yield of grain crops. *J. Exp. Bot*, 51: 447-458.
- Samonte, S. O. PB., Wilson, L. T. and McClung, A. M. 1998. Path analyses of yield and yield-related traits of fifteen diverse rice genotypes. *Crop Sci*, 38: 1130-1136.
- Sauermann, W. and Finck, M. 1998. Bundes-und EU-Sortenversuch Winterraps 1996/97. *UFOP-Schriften*, 7: 9-44.
- Sorour, W. and Keshta, M. M. 1994. Improvement of oilseed rape via gamma ray treatments and selection. *Bulletion of Faculty of Agriculture, University of Cairo*, 45: 357-370.
- Sylvester-Bradley, R. and Makepeace, R. J. 1984. A code for stages of development in oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Aspects Appl. Biol*, 6: 399-419.
- Tang, Z. L., Li, J. N., Zhang, X. K., Chen, L. and Wang, R. 1997. Genetic variation of yellow-seeded rapeseed lines (*B. napus* L.) from different genetic sources. *Plant-Breeding*, 116:5, 471-474; 15 ref.
- Thurling, N. 1974b. Morphophysiological determinants of yield in rapeseed (*Brassica campestris* and *Brassica napus* L.). II. yield components. *Aust. J. of Agric. Res*, 25: 711-721.
- Williams, W. A., Jones, M. B. and Demment, M. W. 1990. A concise table for path analysis statistics. *Agron. J*, 82: 1022-1024.
-

Correlations Between Traits and Path Coefficient Analysis for Seed Yield of Eight Rapeseed Cultivars (*Brassica napus L.*)

Hosseinzadeh¹, K., Hejazi², A., Irannejad², H., Akbari³, Gh. A. and Zand⁴, E.

Abstract

In order to study correlations between traits and its analysis to cause and effect relationships in rapeseed plant, an experiment was conducted by a randomized complete block design with three replications for 8 cultivars of fall rapeseed in 2006-2007 growing season at the research field of Abooreihan Campus, University of Tehran, Pakdasht. Evaluation and analyze for 18 important traits in statistical analysis. Results showed significant differences among cultivars for all traits except stem weight, pod length, LAI in canopy closure, height of the first branch, number of days to the beginning of branching. Positive significant correlation was observed between seed yield and biological and oil yields, stem weight, harvest index, oil percent, plant height and number of pods/plant. But, negative correlation was observed between seed yield with number of days to the beginning of branching, number of days to the beginning of flowering, number of days to 50% flowering, number of days to full flowering. According to stepwise regression, seed yield trait is considered as dependent variable and biological yield, stem weight, number of pods/plant, LAI in canopy closure, plant height and number of days to 50% flowering traits as independent variables. Model determination coefficient is $R^2=1$. Negative direct effect of weight yield and plant height on seed yield were canceled by positive indirect effects via biological yield and number of pods/plant and caused that correlation increase between this traits and grain yield. Conversely, positive direct effect of number of days to 50% flowering on seed yield were canceled by negative indirect effects of the same two traits. Therefore, the most important traits order to selection index for seed yield improvement were biological yield and number of pods/plant, respectively.

Keywords: Rapeseed, Path analysis, Stepwise regression, Correlation, Yield

1, 2 and 3. M.Sc. Student, Associate Professors and Assistant Professor respectively. Department of Agronomy, Abouraihan Campus, University of Tehran

4. Assistant Professor, Department. of Weed Research, Plant Protection Research Institute, Tehran
