Archive of SID

نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی
جلد بیست و پنجم، شماره دوم، ۱۳۹۷
http://jopp.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/jopp.2018.12974.2169

بررسی تجزیه ژنتیکی و رابطه بین عملکرد و اجزای آن در ژنوتیپ‌های گشنیز بومی ایران

امیر قلی‌زاده[۱]، *حمید دهقانی[۲] و مصطفی خدادادی[۳]

[۱]دانشجوی دکتری گروه ژنتیک و به‌نژادی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، [۲]استاد گروه ژنتیک و به‌نژادی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، [۳]دانش‌آموخته دکتری گروه ژنتیک و به‌نژادی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس

تاریخ دریافت: ۹۵/۱۲/۲۲ ؛ تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۹/۳۰

چکیده

سابقه و هدف: با توجه به این‌که گشنیز عمدتاً برای دانه کشت و کار می‌شود، ارقامی که دارای عملکرد دانه بیش‌تر باشند، مطلوب هستند. از آن‌جایی‌که عملکرد یک صفت کمی پیچیده و به‌شدت تحت‌تأثیر محیط قرار می‌گیرد و معمولاً وراثت‌پذیری پایینی دارد، بنابراین بررسی رابطه بین عملکرد و اجزای آن، کارایی برنامه‌های اصلاحی را با تعیین معیار انتخاب مناسب، بهبود می‌بخشد. این مطالعه با هدف بررسی تحلیل همبستگی بین عملکرد و اجزاء آن و استفاده از تحلیل مسیر ترتیبی و برآوردهای وراثت‌پذیری در راستای شناسایی صفات مؤثر در اصلاح ژنوتیپ‌های گشنیز انجام شد.

مواد و روش‌ها: مواد گیاهی شامل ۳۶ ژنوتیپ نتاج حاصل از تلاقی‌های دی‌آلل ۶ ژنوتیپ گشنیز در نسل‌های F_1 و F_2 در قالب یک طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار مورد ارزیابی قرار گرفتند. صفات فنولوژیکی، ریخت‌شناسی و عملکرد و اجزای عملکرد شامل روز تا گلدهی، روز تا رسیدگی، تعداد برگ، تعداد شاخه در گیاه، تعداد چتر در گیاه، تعداد چتر بارور در گیاه، تعداد دانه در گیاه، وزن هزاردانه، وزن دانه در گیاه (عملکرد دانه) و شاخص کلروفیل مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند. تجزیه دی‌آلل به روش گریفینگ، تجزیه همبستگی، تجزیه رگرسیون گام به گام و تجزیه مسیر ترتیبی انجام گرفت.

یافته‌ها: نتایج تجزیه واریانس ژنتیکی بیانگر معنی‌دار بودن اثر ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی برای تمامی صفات مورد بررسی بود که نشان‌دهنده اهمیت اثرات افزایشی و غیرافزایشی ژن‌ها در کنترل این صفات بود. همچنین نتایج نشان داد که بیش‌ترین مقدار همبستگی بین صفات تعداد چتر بارور ($r=۰/۶۷^{**}$) و وزن هزاردانه ($r=۰/۶۶^{**}$) با وزن دانه در گیاه بود. بر اساس مقادیر تورم واریانس و بزرگی اثرات مستقیم، صفات تعداد چتر بارور، تعداد روز تا گلدهی، وزن هزاردانه و تعداد دانه به‌عنوان متغیرهای رتبه اول انتخاب و ۸۶ درصد از تغییرات وزن دانه در گیاه را توجیه کردند. نتایج بیانگر معنی‌دار بودن تمامی اثرات مستقیم بود. بیش‌ترین اثر مستقیم مثبت روی وزن دانه مربوط به تعداد چتر بارور ($۰/۴۵^{**}$) و بیش‌ترین اثر غیرمستقیم مربوط به تعداد چتر بارور از طریق وزن هزاردانه (۰/۴۰) بود.

نتیجه‌گیری: نتایج نشان داد که سه صفت تعداد چتر بارور، وزن هزاردانه و تعداد دانه با توجه به همبستگی و اثر مستقیم مثبت معنی‌دار با وزن دانه در گیاه و داشتن کنترل ژنتیکی افزایشی و وراثت‌پذیری خصوصی بالا، می‌توانند به‌عنوان شاخص‌های

* مسئول مکاتبه: dehghanr@modares.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

مناسب در برنامه‌های اصلاحی برای انتخاب ژنوتیپ‌های با وزن دانه در گیاه بالا در نسل‌های مختلف گشنیز در مزرعه مورد استفاده قرار گیرند. همچنین با توجه به همبستگی و اثر مستقیم منفی معنی‌دار صفت تعداد روز تا گلدهی با وزن دانه در گیاه و داشتن کنترل ژنتیکی افزایشی و وراثت‌پذیری خصوصی بالا می‌توان صفت زودرسی را به‌عنوان یک شاخص انتخاب در جهت اصلاح ارقام مختلف گشنیز در نظر گرفت.

واژه‌های کلیدی: تجزیه ضرایب مسیر ترتیبی، رگرسیون گام به گام، گشنیز، همبستگی

مقدمه

اهمیت تولید و فرآوری گیاهان دارویی به‌دلیل عوارض جانبی کم‌تر، روز به روز در حال افزایش است و بیش‌تر کشورها سرمایه‌گذاری زیادی را در راستای تولید گیاهان دارویی انجام داده و در حال انجام دادن هستند. یکی از مهم‌ترین مسائل مورد توجه در بخش کشاورزی و علوم پزشکی و حتی تجارت جهانی توجه به تولید، فرآوری و استفاده از گیاهان دارویی می‌باشد (۲۳).

گشنیز با نام علمی *Coriandrum sativum* L. گیاهی علفی و یکساله که متعلق به خانواده چتریان می‌باشد. منشأ اصلی آن را به نواحی جنوب‌غربی آسیا و مدیترانه نسبت می‌دهند ولی امروزه در سرتاسر جهان یافت می‌شود و پرورش می‌یابد. قسمت مورد استفاده گیاه، برگ و دانه آن می‌باشد. دانه گشنیز دارای ۰/۳ تا ۱/۲ درصد اسانس و ۱۹ تا ۲۱ درصد روغن می‌باشد (۱۷). اسانس دانه که دارای ۵۰ درصد ترکیب لینالول می‌باشد، در صنایع دارویی، غذایی، آرایشی و بهداشتی دارای اهمیت به‌سزایی می‌باشد و روغن دانه در صنایع غذایی و دارویی کاربرد دارد (۲٤). از اسانس گشنیز در رفع مشکلات دستگاه گوارش، کاهش اشتها، تشنج، بی‌خوابی و اضطراب استفاده می‌شود و همچنین خواص آنتی‌اکسیدانی، ضدباکتریایی، ضد دیابت، ضد سرطان و ضد جهش آن به اثبات رسیده است (٤، ٥، ۱۱ و ۲٦).

با توجه به این‌که گشنیز عمدتاً برای دانه کشت و کار می‌شود، بنابراین ارقامی که دارای عملکرد دانه بیش‌تر باشند، بسیار مطلوب هستند. از طرفی عملکرد، صفت کمی پیچیده‌ای است که توسط تعداد زیادی ژن کنترل می‌شود. همچنین صفت عملکرد به‌شدت تحت‌تأثیر شرایط محیطی قرار می‌گیرد و معمولاً وراثت‌پذیری پایینی دارد. به همین منظور به‌نژادگران معمولاً انتخاب به‌طور غیرمستقیم و با استفاده از صفات مرتبط با عملکرد را ترجیح می‌دهند (۱۰). بررسی روابط بین عملکرد و اجزای آن کارایی برنامه‌های اصلاحی را از طریق انتخاب شاخص‌های مناسب افزایش می‌دهد. در کنار بررسی ارتباط صفات مرتبط با عملکرد لازم است که از نحوه توارث‌پذیری صفات از جمله نسبت وراثت‌پذیری خصوصی به وراثت‌پذیری عمومی نیز اطلاعات کافی داشت به‌طوری‌که صفاتی به‌عنوان شاخص انتخاب غیرمستقیم انتخاب شوند که که علاوه بر داشتن همبستگی با عملکرد دارای نسبت وراثت‌پذیری خصوصی به وراثت‌پذیری عمومی بالایی نیز باشند (۹). از روش‌های بسیار مفید برای شناسایی روابط صفات، تجزیه همبستگی‌های فنوتیپی و پی بردن به اثرات مستقیم و غیرمستقیم تجزیه و تحلیل ضرایب مسیر[1] است. از روش تجزیه ضرایب مسیر برای تحلیل ماهیت روابط بین عملکرد و اجزای آن در اصلاح‌نباتات به‌طور گسترده‌ای استفاده شده است (۲۰).

1- Path coefficient analysis

www.SID.ir

Archive of SID

از روش تجزیه مسیر در پژوهش‌هایی مربوط به گیاهان دارویی برای تعیین روابط میان صفات استفاده شده است که به تعدادی از آن‌ها اشاره می‌شود. کریمی افشار و همکاران (۲۰۱٦) به‌منظور شناسایی اثرات مستقیم و غیرمستقیم صفات بر عملکرد دانه زیره سبز از تجزیه علیت استفاده کردند و گزارش نمودند که صفت تعداد چتر در بوته مهم‌ترین جز عملکرد دانه به‌شمار می‌رود و به‌دلیل اثر مستقیم بالا بر عملکرد، معیاری مناسب در برنامه‌های به‌نژادی برای بهبود عملکرد دانه و تولید ژنوتیپ‌های پر محصول زیره سبز باید مورد توجه قرار گیرد (۱۵). محسن‌زاده گلفزانی و همکاران (۲۰۱۲) نیز با انجام تجزیه علیت روی برگ سبز گیاه توتون نشان دادند که صفات ارتفاع بوته، طول برگ و عرض برگ اثر مستقیم مثبت روی عملکرد برگ سبز دارند و بالاترین اثر مستقیم مثبت مربوط به ارتفاع بوته و بالاترین اثر غیرمستقیم مثبت مربوط به طول برگ از طریق ارتفاع بوته بود. به این ترتیب آن‌ها گزارش کردند که به‌منظور گزینش ژنوتیپ‌های با عملکرد برگ سبز بالا در توتون می‌توان گزینش‌های غیرمستقیمی از طریق افزایش ارتفاع بوته انجام داد (۲۱). در مطالعه دیگری در سال ۱۳۹۰ به‌منظور بررسی صفات مؤثر بر عملکرد سرشاخه و درصد اسانس گیاه کافوری از تجزیه علیت متوالی استفاده شد و نتایج نشان داد که آهن بیش‌ترین اثر مستقیم و مثبت را بر درصد اسانس و تعداد پنجه بیش‌ترین اثر مستقیم و مثبت را بر عملکرد سرشاخه داشت (۱). همچنین در مطالعه دیگری با انجام تجزیه علیت مشخص شد که برای بهبود ژنتیکی عملکرد گل خشک در بابونه آلمانی می‌توان انتخاب غیرمستقیم برای صفات روز تا ۵۰ درصد گلدهی، تعداد گل در بوته، عملکرد گل تر در بوته و روز تا غنچه‌دهی به‌عنوان شاخص‌های انتخاب به‌ویژه در نسل‌های مقدماتی استفاده نمود (۱۲). با توجه به بررسی منابع، تاکنون مطالعه‌ای در مورد بررسی روابط میان صفات و تعیین صفات مرتبط با عملکرد در گشنیز با استفاده از روش تجزیه مسیر ترتیبی و نحوه کنترل ژنتیکی آن‌ها انجام نشده است. بنابراین هدف از این مطالعه تحلیل همبستگی بین عملکرد و اجزای آن، تعیین اثرات مستقیم و غیرمستقیم صفات بر عملکرد و همچنین برآورد پارامترهای ژنتیکی برای محاسبه وراثت‌پذیری خصوصی در نسل‌های مختلف جهت اصلاح ژنوتیپ‌های پرمحصول در گشنیز بود.

مواد و روش‌ها

در این مطالعه از ٦ توده بومی گشنیز شامل TN-59-80 (اصفهان)، TN-59-158 (همدان)، TN-59-230 (بوشهر)، TN-59-160 (مازندران)، TN-59-353 (مرکزی) و توده تجاری (کرج) به‌عنوان والدین تلاقی‌های دی‌آلل یک‌طرفه استفاده شد. در انتخاب والدین ضمن توجه به وجود تنوع ژنتیکی از نظر صفات ظاهری و زراعی، سعی گردید که توده‌ها از نواحی جغرافیایی مختلف انتخاب گردند (۱٦). به‌منظور هم‌زمانی در گلدهی و امکان افزایش تعداد تلاقی و تولید بذور F_1، کشت در ۳ تاریخ کشت با فواصل دو هفته‌ای در گلخانه و مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس انجام شد. تلاقی‌ها به‌صورت دستی انجام شد. پس از حصول بذور F_1 بخشی از بذور هر تلاقی جهت تولید بذر F_2 در گلخانه کشت شدند. به‌منظور جلوگیری از دگرگرده افشانی توسط حشرات، هر بوته در مرحله گلدهی توسط طلق پلاستیکی ایزوله شد تا از

www.SID.ir

Archive of SID

خودگشنی کامل ژنوتیپ‌ها اطمینان حاصل شود. بذور ۳۶ ژنوتیپ شامل (٦ والد، ۱۵ هیبرید F_1 و ۱۵ نتاج نسل F_2) در فروردین‌ماه ۱۳۹۵ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس کشت گردیدند. پس از انجام عملیات تهیه زمین، بر پایه پژوهش‌های پیشین کشت باتراکم cm^2 ۱۵ × ۳۰ در هر کرت انجام شد (۷). نحوه آبیاری به‌صورتی بود که آبیاری در زمان رسیدن رطوبت خاک به ۵۰ درصد آب در دسترس گیاه انجام شد. همچنین در طول فصل رشد کوددهی با توجه به نیاز گیاه و وجین علف‌های هرز به‌صورت دستی انجام شد. صفات اندازه‌گیری‌شده در این آزمایش عبارت بودند از: تعداد برگ، تعداد شاخه در گیاه، تعداد چتر در گیاه، تعداد چتر بارور در گیاه، تعداد دانه در گیاه، وزن هزاردانه، وزن دانه در گیاه، شاخص کلروفیل، روز تا گلدهی، روز تا پایان گلدهی و روز تا رسیدگی. اختصارات و واحد صفات اندازه‌گیری‌شده در این آزمایش در جدول ۱ آورده شده است. برای صفات فنولوژیکی معیار اندازه‌گیری ۵۰ درصد بوته‌های هر کرت و برای صفات دیگر اندازه‌گیری بر روی ۱۰ بوته در هر کرت F_1 و ۹۰ بوته F_2 در هر کرت انجام و از میانگین هر کرت برای تجزیه و تحلیل داده‌ها استفاده گردید.

تجزیه و تحلیل آماری: ابتدا نرمال بودن داده‌ها از طریق آزمون کولموگروف- سیمروف[1] با استفاده از نرم‌افزار SPSS 19 (۲۵) مورد ارزیابی قرار گرفتند. با توجه به وجود تفاوت معنی‌دار بین ژنوتیپ‌ها، تجزیه دی‌آلل به روش گریفینگ انجام شد (۱۳). تجزیه واریانس برای ترکیب‌پذیری عمومی (GCA)[2] و ترکیب‌پذیری خصوصی (SCA)[3] با استفاده از روش دوم، مدل اول گریفینگ با استفاده از برنامه DIALLEL-SAS انجام شد (۳۰). برآوردهای واریانس ترکیب‌پذیری عمومی (σ_g^2) و واریانس ترکیب‌پذیری خصوصی (σ_s^2) جهت تخمین واریانس افزایشی (σ_A^2)، واریانس غالبیت (σ_D^2) و وراثت‌پذیری خصوصی (h_N^2) با استفاده از مدل تصادفی انجام گرفت (۳۰). به‌منظور محاسبه واریانس افزایشی و غالبیت از رابطه‌های زیر استفاده شد (۱۳).

$$\sigma_A^2 = \frac{4}{1+F}\sigma_{GCA}^2 \qquad (۱)$$

$$\sigma_D^2 = \frac{4}{(1+F)^2}\sigma_{SCA}^2 \qquad (۲)$$

که در آن، σ_{GCA}^2 و σ_{SCA}^2 به‌ترتیب واریانس ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی و F ضریب خویش‌آمیزی است. در این مطالعه به‌علت استفاده از جمعیت F_2 مقدار ضریب ناشی از خویش‌آمیزی ۰/۵ در نظر گرفته شد. همچنین برای محاسبه وراثت‌پذیری خصوصی (h_N^2) از رابطه زیر استفاده شد (۱٤). که در آن، r و σ_E^2 به‌ترتیب تعداد تکرار و واریانس خطا هستند.

$$h_N^2 = \frac{\sigma_A^2}{\sigma_A^2 + \sigma_D^2 + \frac{\sigma_E^2}{r}} \qquad (۳)$$

1- Kolmogorov-Smirnov
2- General Combining ability
3- Specific Combining ability

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- صفات مطالعه شده و اختصارات و واحد اندازه‌گیری آن‌ها در گشنیز.

Table 1. Studied traits and their abbreviations and units in coriander.

نام کامل Full name	اختصارات Abbreviation	واحد Unit
Leaf number (تعداد برگ)	LN	Number (شمارش)
Branch number per plant (تعداد شاخه در گیاه)	BNPP	Number (شمارش)
Umbel number per plant (تعداد چتر در گیاه)	UNPP	Number (شمارش)
Fertile umbel number per plant (تعداد چتر بارور در گیاه)	FUNPP	Number (شمارش)
Seed number per plant (تعداد دانه در گیاه)	SNPP	Number (شمارش)
Thousand seed weight (وزن هزاردانه)	TSW	Gram (گرم)
Seed weight per plant (وزن دانه در گیاه)	SWPP	Gram (گرم)
SPAD chlorophyll content (شاخص کلروفیل)	SCC	-
Days to flowering (روز تا گلدهی)	DTF	Day (روز)
Days to end of flowering (روز تا پایان گلدهی)	DTEOF	Day (روز)
Days to ripening (روز تا رسیدگی)	DTR	Day (روز)

در مرحله بعد ضرایب همبستگی ساده فنوتیپی بین صفات مختلف محاسبه گردید. در ابتدا از تجزیه مسیر متداول برای بررسی صفات وابسته به وزن دانه در گیاه استفاده شد. در این روش تمام صفات وابسته به وزن دانه در گیاه به‌عنوان صفات پیش‌بینی‌کننده رتبه اول برای صفت وزن دانه در گیاه در نظر گرفته شدند. سپس از روش تجزیه رگرسیون چندگانه به روش گام‌به‌گام برای قرار دادن صفات پیش‌بینی‌کننده در مسیرهای رتبه اول و دوم استفاده گردید. این رتبه‌بندی بر اساس سهم صفات در میزان توجیه صفت وابسته وزن دانه در گیاه و نیز حداقل هم‌راستایی صورت گرفت. میزان هم‌راستایی بین صفات در هر قسمت از مسیر با استفاده از شاخص عامل تورم واریانس[1] و معکوس آن، ضریب تحمل اندازه‌گیری شد. بر این اساس مقادیر عامل تورم واریانس بالاتر از ۱۰ و ضریب تحمل کم‌تر از ۰/۱ به‌عنوان هم‌راستایی بالا در نظر گرفته شدند (۲۰).

برای این تجزیه از نرم‌افزار SPSS استفاده شد (۲۵). براساس مقادیر عامل تورم واریانس، ضریب تحمل و نیز بزرگی اثرات مستقیم، متغیرهای رتبه اول در توجیه صفت وابسته وزن دانه در گیاه انتخاب شدند. این رویه سپس به‌طور مجزا برای صفات رتبه اول به‌عنوان صفات وابسته انجام گردید تا متغیرهای رتبه اول توجیه‌کننده صفات مذکور مشخص شوند. بعد از تعیین صفات رتبه اول، این متغیرها به‌عنوان صفات رتبه دوم برای وزن دانه در گیاه در نظر گرفته شدند. سپس اثرات مستقیم از طریق روش ویلیام و همکاران (۱۹۹۰) محاسبه گردید (۲۷). ضریب تبیین جزء نیز از طریق ضرایب مسیر برای تمام صفات پیش‌بینی‌کننده اندازه‌گیری شد. برای محاسبه خطای استاندارد ضرایب مسیر از تجزیه بوت استرپ[2] استفاده شد (۸). این تجزیه با نرم‌افزار AMOS 19 انجام شد (۲). پس از بدست آوردن خطاهای استاندارد، از آزمون t برای آزمون معنی‌داری ضرایب مسیر استفاده گردید.

1- Variance Inflation Factor; VIF

2- Bootstrap

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج و بحث

نتایج حاصل از آزمون نرمال بودن مشاهدات نشان داد که توزیع داده‌ها برای همه صفات از توزیع نرمال پیروی می‌کرد (جدول ۲). بنابراین شرایط لازم برای انجام تجزیه واریانس، تجزیه همبستگی و برآورد آماره‌های وراثت‌پذیری وجود داشت.

وراثت‌پذیری: نتایج تجزیه واریانس برای همه صفات مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری را بین ژنوتیپ‌ها نشان داد (جدول ۸). می‌توان نتیجه گرفت که بین ژنوتیپ‌ها در هر دو نسل F_1 و F_2 تنوع ژنتیکی لازم برای مطالعه و برآورد پارامترهای ژنتیکی صفات مورد مطالعه وجود دارد. در هر دو نسل ارزیابی F_1 و F_2 و در هر سه شرایط آبیاری مختلف، ترکیب‌پذیری عمومی (GCA) برای همه صفات معنی‌دار به‌دست آمد (جدول ۳). بنابراین این مواد ژنتیکی پتانسیل خوبی برای استفاده در به‌نژادی گیاه گشنیز دارند. ترکیب‌پذیری خصوصی نیز برای همه صفات به‌جزء شاخص کلروفیل SPAD در نسل F_2 معنی‌دار به‌دست آمد (جدول ۳). اجزای ژنتیکی برآورد شده و وراثت‌پذیری خصوصی برای صفات مورد مطالعه در هر دو نسل ارزیابی F_1 و F_2 در جدول ۳ آورده شده است. برای صفت وزن دانه در گیاه در نسل‌های F_1 و F_2 مقادیر وراثت‌پذیری خصوصی پایین بود (جدول ۳). مقادیر وراثت‌پذیری خصوصی پایین برای صفتی بیانگر نقش بیش‌تر اثرات غیرافزایشی (از جمله غالبیت) در واریانس ژنتیکی این صفت است. بنابراین به‌منظور اصلاح وزن دانه در گیاه از گزینش غیرمستقیم صفات ثانویه باید استفاده کرد. کارایی انتخاب غیرمستقیم هنگامی افزایش می‌یابد که ارتباط دو صفت بالا و توارث‌پذیری خصوصی صفت مورد انتخاب نیز زیاد باشد. همچنین نتایج نشان داد که این صفات از وراثت‌پذیری خصوصی بالایی در هر دو نسل F_1 و F_2 برخوردارند. بالا بودن مقادیر وراثت‌پذیری خصوصی نشان‌دهنده سهم بالای اثر افزایشی در کنترل ژنتیکی صفات است. این نتایج، نشان‌دهنده پیشرفت مناسب گزینش درون جمعیت‌های در حال تفرق برای این صفات است. از این‌رو پیشنهاد می‌شود که در پروژه‌های اصلاحی با هدف ایجاد ژنوتیپ‌های با وزن دانه بالا در گشنیز، پژوهش‌ها بر روی صفات تعداد چتر بارور، تعداد روز تا گلدهی، وزن هزاردانه و تعداد دانه متمرکز گردد، زیرا ارزش اصلاحی این صفات بالا می‌باشد، در نتیجه احتمال موفقیت انتخاب برای عملکرد در بین نسل‌های در حال تفرق از طریق این صفات بیش‌تر است.

جدول ۲- مقادیر P برای آزمون کولموگروف- اسیمرنوف برای نرمال بودن خطاهای آزمایشی در نسل های F_1 و F_2 گشنیز.

Table 2. Kolmogorov-Smirnov test P-values for normality of experimental errors in F_1 and F_2 generations in coriander.

صفت Trait	آماره Statistic	
	F_1	F_2
Leaf number	0.08^{ns}	0.05^{ns}
Branch number per plant	0.06^{ns}	0.07^{ns}
Umbel number per plant	0.07^{ns}	0.08^{ns}
Fertile umbel number per plant	0.06^{ns}	0.07^{ns}
Seed number per plant	0.08^{ns}	0.06^{ns}
Thousand seed weight	0.07^{ns}	0.05^{ns}
Seed weight per plant	0.07^{ns}	0.06^{ns}
SPAD chlorophyll content	0.06^{ns}	0.05^{ns}
Days to flowering	0.05^{ns}	0.08^{ns}
Days to end of flowering	0.06^{ns}	0.05^{ns}
Days to ripening	0.04^{ns}	0.06^{ns}

^{ns} نشان‌دهنده نرمال بودن توزیع خطاهای آزمایشی.

^{ns} Indicates normal distribution of experimental errors.

www.SID.ir

جدول ۳- میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس و برآوردهای وراثت‌پذیری خصوصی صفات عملکرد و اجزای عملکرد در نسل‌های F_1 و F_2 گشنیز.

Table 3. Mean square of analysis of variance and narrow-sense heritability estimates of yield and yield components in F_1 and F_2 generations of coriander.

آماره Statistics	df	LN		BNPP		SCC		DTF		DTEOF		DTR	
		F_1	F_2	F_1	F_2	F_1	F_2	F_1	F_2	F_1	F_2	F_1	F_2
Block	2	44.41^{ns}	344.32^{ns}	2.10^{ns}	3.02*	3.11^{ns}	4.98^{ns}	6.16^{ns}	1.25^{ns}	7.00**	8.71**	11.25**	3.19*
Genotype	20	7059.16**	6116.06**	21.77**	14.07**	41.27**	12.84**	369.32**	426.23**	317.19**	357.51**	193.63**	236.40**
GCA	5	22036.0**	19944.34**	64.00**	45.48**	69.46**	42.71**	1403.63**	1567.91**	1198.78**	1308.28**	753.81**	924.18**
SCA	15	2066.87**	1506.64**	7.69**	3.60**	31.88**	2.88^{ns}	24.55**	45.67**	23.32**	40.58**	6.90**	7.14**
Error	40	329.76	345.65	1.96	0.93	1.33	1.92	2.58	5.40	0.95	1.23	0.77	0.79
σ_g^2		832.05**	768.24**	2.35**	1.75**	1.57^{ns}	1.66**	57.46**	63.43**	48.98**	52.82**	31.12**	38.21**
σ_s^2		579.04**	387.00**	1.91**	0.89**	10.18**	0.32^{ns}	7.32**	13.42**	7.46**	13.12**	2.04**	2.12**
h_N^2		0.71	0.72	0.65	0.71	0.19	0.79	0.93	0.87	0.93	0.86	0.96	0.96

Archive of SID

www.SID.ir

Archive of SID

ادامه جدول ۳-

Continue Table 3.

آماره Statistics	df	UNPP		FUNPP		TSW		SNPP		SWPP	
		F_1	F_2	F_1	F_2	F_1	F_2	F_1	F_2	F_1	F_2
Block	2	78.40^{ns}	51.13^{ns}	46.80^{ns}	95.58*	0.11^{ns}	0.40^{ns}	3075.29^{ns}	4806.87^{ns}	17.77**	15.19**
Genotype	20	409.44**	341.53**	1191.25**	1076.72**	6.49**	5.02**	235835.13**	158134.81**	67.44**	35.89**
GCA	5	1077.65**	981.17**	3741.60**	3539.76**	19.11**	15.66**	733667.03**	543433.19**	144.82**	95.83**
SCA	15	186.70**	128.32**	341.13**	255.71**	2.28**	1.47**	69891.17**	29702.02*	41.65**	15.91**
Error	40	40.78	35.17	34.09	28.23	0.25	0.26	13083.67	13783.29	1.65	1.42
σ_g^2		37.12**	35.54**	141.69**	136.84**	0.70**	0.59**	27657.33**	21405.47**	4.30*	3.33**
σ_s^2		48.64**	31.05**	102.35**	75.83**	0.67**	0.40**	18935.83**	5306.24*	13.33**	4.83**
h_N^2		0.54	0.59	0.71	0.72	0.65	0.66	0.70	0.80	0.38	0.49

^{ns}، * و ** به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱. σ_g^2: واریانس ترکیب‌پذیری عمومی، σ_s^2: واریانس ترکیب‌پذیری خصوصی، h_N^2: وراثت‌پذیری خصوصی، LN: تعداد برگ، BNPP: تعداد شاخه در گیاه، SCC: شاخص کلروفیل، DTF: روز تا گلدهی، DTEOF: روز تا پایان گلدهی، DTR: روز تا رسیدگی، UNPP: تعداد چتر در گیاه، FUNPP: تعداد چتر بارور در گیاه، TSW: وزن هزاردانه، SNPP: تعداد دانه در گیاه، SWPP: وزن دانه در گیاه.

^{ns}, * and ** non-significant and significant at the 0.05 and 0.01 probability levels, respectively. Variance of general combining ability (σ_g^2), variance of specific combining ability (σ_s^2), narrow-sense heritability (h_N^2), leaf number (LN), branch number per plant (BNPP), SPAD chlorophyll content (SCC), days to flowering (DTF), days to end of flowering (DTEOF), days to ripening (DTR), umbel number per plant (UNPP), fertile umbel number per plant (FUNPP), thousand seed weight (TSW), seed number per plant (SNPP), seed weight per plant (SWPP).

www.SID.ir

Archive of SID

همبستگی‌های فنوتیپی: ضرایب همبستگی ساده بین صفات مختلف در جدول ٤ ارائه شده است. اکثر صفات به‌جز صفات تعداد چتر در گیاه و شاخص کلروفیل همبستگی معنی‌داری با وزن دانه در گیاه نشان دادند. صفات تعداد چتر بارور (r=۰/٦٧**) و وزن هزاردانه (r=۰/٦٦**)، بیش‌ترین ضریب همبستگی مثبت و معنی‌دار را با وزن دانه در گیاه نشان دادند (جدول ٤). با توجه به ضریب همبستگی منفی و معنی‌دار بین تعداد روز تا گلدهی (r= -۰/۵۳**)، تعداد روز تا پایان گلدهی (r= -۰/٤٦**) و تعداد روز تا رسیدگی (r= -۰/٤۳**) با وزن دانه در گیاه می‌توان احتمال داد که با کاهش دوره رسیدگی، وزن دانه در گیاه افزایش داشته است. دوره گلدهی و رسیدگی گشنیز مصادف با گرمای آخر فصل می‌باشد. گرمای آخر فصل از طریق ایجاد اختلال در گرده‌افشانی و کاهش طول دوره گرده‌افشانی، موجب عدم تلقیح مناسب گل‌ها (به‌علت فعالیت کم حشرات برای گرده‌افشانی)، کاهش تعداد چترهای بارور، کاهش تعداد دانه و در نهایت کاهش وزن دانه در گیاه گشنیز می‌شود. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که هرچه تعداد روز تا گلدهی و رسیدگی گیاه گشنیز کم‌تر باشد، به‌دلیل این‌که گیاه دوره گرده‌افشانی خود را در شرایط مساعدتری می‌گذراند، در نتیجه تعداد چترهای بارور بیش‌تر و در نهایت وزن دانه در گیاه بیش‌تری تولید می‌کند.

مثبت و معنی‌دار بودن ضریب همبستگی وزن دانه در گیاه با صفات تعداد برگ (r=۰/٦۱**) و تعداد شاخه (r= ۰/٤۲**) نیز نشان‌گر آن است که با افزایش کل زیست‌توده، وزن دانه در گیاه افزایش داشته است (جدول ٤). با توجه به آن‌که دانه، حاصل فعالیت فتوسنتزی اندام‌هایی چون شاخه و برگ می‌باشد، بنابراین همبستگی مثبت و بالای این دو صفت با وزن دانه در گیاه، دور از انتظار نیست و می‌توان احتمال داد که برای داشتن وزن دانه در گیاه بالا، به گیاهانی با رشد سبزینه‌ای خوب و قدرت رویشی مناسب، احتیاج است. کریمی‌افشار و همکاران (۲۰۱٦) نیز گزارش کردند که صفات تعداد چتر و تعداد شاخه فرعی همبستگی بالایی را با عملکرد در زیره سبز داشتند که با نتایج این پژوهش مطابقت داشت (۱۵).

تجزیه مسیر متداول و تجزیه مسیر ترتیبی: نتایج تجزیه مسیر متداول میزانی از هم‌راستایی بین صفات وابسته به وزن دانه در گیاه را نشان داد که نشانگر عدم کفایت این مدل (مدل اول) در نشان دادن سهم واقعی هر کدام از صفات وابسته به وزن دانه در گیاه بود (جدول ۵). تحلیل هم‌راستایی صفات و همچنین تخمین اثرات مستقیم از طریق تجزیه مسیر متداول به‌گونه‌ای که تمام صفات وابسته به وزن دانه در گیاه در رتبه اول با آن در نظر گرفته شدند، در جدول ۵ ارائه شده است.

جدول ٤- ضرایب همبستگی بین صفات اندازه‌گیری‌شده در گیاه گشنیز.

Table 4. Correlation coefficients between measured traits in coriander plant.

	LN	BNPP	UNPP	FUNPP	SNPP	TSW	SWPP	SCC	DTF	DTEOF
BNPP	0.88**									
UNPP	0.63**	0.80**								
FUNPP	0.95**	0.87**	0.54**							
SNPP	0.91**	0.75**	0.48**	0.90**						
TSW	-0.02	-0.28	-0.41*	0.07	-0.09					
SWPP	0.61**	0.42**	0.13	0.67**	0.56**	0.66**				
SCC	0.04	0.05	-0.09	0.19	0.19	0.11	-0.00			
DTF	0.22	0.43**	0.50**	0.15	0.18	-0.83**	-0.53**	0.27		
DTEOF	0.30	0.49**	0.53**	0.23	0.25	-0.82**	-0.46**	0.26	0.98**	
DTR	0.28	0.49**	0.60**	0.21	0.21	-0.77**	-0.43**	0.23	0.96**	0.96**

* و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱. مخفف‌ها طبق جدول ۱ می‌باشند.

* and ** Significant at the 0.05 and 0.01 probability levels, respectively. The abbreviations are according to Table 1.

www.SID.ir

Archive of SID

هم‌راستایی قوی بین برخی از صفات به‌ویژه آن‌هایی که اثرات مستقیم بالایی روی وزن دانه در گیاه داشتند، مشاهده گردید. به‌عنوان مثال مقدار عامل تورم واریانس برای تعداد روز تا گلدهی ۵۰/٦۵ درصد بود (جدول ۵). دلیل این همراستایی بالا همبستگی بالای تعداد روز تا گلدهی با تعداد روز تا پایان گلدهی و تعداد روز تا رسیدگی بود (جدول ٤)، که در نتیجه آن عدم اطمینان در توجیه تنوع وزن دانه در گیاه به‌خاطر اختلاط اثرات، حاصل شد. همچنین صفات تعداد برگ، تعداد چتر بارور، تعداد روز تا پایان گلدهی و تعداد روز تا رسیدگی به‌ترتیب با مقدار عامل تورم واریانس ۲۱/۵۰، ۱٦/۵۹، ٤۵/٤۸ و ۲۰/۱۹ درصد هم‌راستایی بالایی را نشان دادند (جدول ۵). دلیل این هم‌راستایی بالا همبستگی بالای این صفات با سایر صفات توجیه‌کننده وزن دانه در گیاه بود. با استفاده از روش تجزیه مسیر ترتیبی میزان هم‌راستایی بین صفات در این مطالعه کاهش یافت (جدول ٦). در مقایسه با نتایج تجزیه مسیر متداول، تجزیه مسیر ترتیبی روابط بین صفات و سهم آن‌ها در توجیه وزن دانه در گیاه را ساده‌تر بیان نمود. نتایج مقادیر شاخص عامل تورم واریانس برای متغیرهای پیش‌بینی‌کننده، کاهش قابل‌ملاحظه مقادیر عامل تورم واریانس در مدل اول نسبت به مدل دوم را نشان داد (جدول ٦). در این مطالعه تجزیه رگرسیون گام به گام میزان هم‌راستایی متغیرها را به حداقل رسانده و با کاهش اختلاط اثرات، میزان مشارکت واقعی هر متغیر در مسیرهای مختلف را به درستی مشخص نمود.

جدول ۵- اثرات مستقیم صفات پیش‌بینی‌کننده عملکرد گشنیز در تجزیه مسیر متداول و میزان شاخص‌های هم‌راستایی.

Table 5. Direct effects of predictor traits on coriander yield in conventional path analysis and indicators of collinearity.

صفات Traits	اثر مستقیم Direct effect	ضریب تحمل Tolerance	عامل تورم واریانس VIF
Leaf number (تعداد برگ)	0.309^{ns}	0.046	21.509
Branch number per plant (تعداد شاخه در گیاه)	-0.271**	0.135	7.403
Umbel number per plant (تعداد چتر در گیاه)	0.042^{ns}	0.261	3.831
Fertile umbel number per plant (تعداد چتر بارور در گیاه)	0.441**	0.060	16.597
Seed number per plant (تعداد دانه در گیاه)	0.212*	0.120	8.318
Thousand seed weight (وزن هزاردانه)	0.384**	0.137	7.286
SPAD chlorophyll index (شاخص کلروفیل)	0.011^{ns}	0.411	2.432
Days to flowering (روز تا گلدهی)	-0.406**	0.020	50.659
Days to end of flowering (روز تا پایان گلدهی)	0.018^{ns}	0.022	45.488
Days to ripening (روز تا رسیدگی)	-0.018^{ns}	0.050	20.194

^{ns}، * و ** به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱.

^{ns}, * and ** Non-significant and significant at the 0.05 and 0.01 probability levels, respectively.

www.SID.ir

Archive of SID

مزیت تجزیه مسیر ترتیبی نسبت به تحلیل مسیر متداول، در مطالعه دیگری نیز به اثبات رسیده است (۲۰). در این روش صفات به دو دسته صفات رتبه اول و رتبه دوم تقسیم شدند. بر اساس مقادیر عامل تورم واریانس، ضریب تحمل و نیز بزرگی اثرات مستقیم، صفات تعداد چتر بارور، تعداد روز تا گلدهی، وزن هزاردانه و تعداد دانه در گیاه به‌عنوان متغیرهای رتبه اول در توجیه صفات وابسته به وزن دانه در گیاه انتخاب شدند (جدول ٦). این رویه سپس به‌طور مجزا برای چهار صفت تعداد چتر بارور، تعداد روز تا گلدهی، وزن هزاردانه و تعداد دانه در گیاه به‌عنوان صفات وابسته انجام شد که در نتیجه، متغیرهای رتبه دوم برای صفت وزن دانه در گیاه مشخص گردیدند (جدول ٦). میانگین اثرات مستقیم که از ۲۰۰ نمونه بوت استرپ به‌دست آمد، توافق نزدیکی با اثرات مستقیم مشاهده شده نشان داد (جدول ۷). پائین بودن اشتباه معیار و میزان اریب همه اثرات مستقیم، قدرت تحلیل مسیر ترتیبی را در نشان دادن سهم واقعی هر کدام از صفات در توجیه وزن دانه در گیاه نشان داد (جدول ۷). نتایج آزمون t بیانگر معنی‌دار بودن تمامی اثرات مستقیم بود (جدول ۷). اثرات مستقیم متغیرها در جدول ۷ ارائه شده است.

جدول ٦- مقادیر عامل تورم واریانس و ضریب تحمل برای صفات پیش‌بینی‌کننده عملکرد گشنیز در مدل اول (تمام صفات به‌عنوان متغیرهای رتبه اول در نظر گرفته شده‌اند) و مدل دوم (متغیرها به‌صورت متغیرهای رتبه اول و دوم گروه‌بندی شده‌اند).

Table 6. Measures of collinearity values (tolerance and variance inflation factor, VIF) for predictor traits of coriander in conventional path analysis (CPA, all predictor traits as first-order traits) and sequential path analysis (SPA predictors grouped into first and second-order traits).

صفت پیش‌بینی‌کننده Predictor trait	صفت وابسته Response trait	ضریب تحمل Tolerance		عامل تورم واریانس VIF	
		مدل اول	مدل دوم	مدل اول	مدل دوم
		CPA	SPA	CPA	SPA
FUNPP	SWPP	0.441	0.214	16.597	4.668
DTF		-0.406	0.284	50.659	3.521
TSW		0.384	0.257	7.286	3.895
SNPP		0.212	0.207	8.318	4.834
LN	FUNPP	0.046	0.921	21.509	1.086
SCC		0.011	0.948	2.432	1.055
LN	DTF	0.046	0.913	21.509	1.096
SCC	TSW	0.011	0920	2.432	1.087
DTEOF		0.018	0.081	45.488	12.294
BNPP		-0.271	0.922	7.403	1.085
DTEOF	SNPP	0.018	0.735	45.488	1.360
UNPP		0.042	0.495	3.831	2.019
LN		0.046	0.614	21.509	1.629

مخفف‌ها طبق جدول ۱ می‌باشند.

The abbreviations are according to Table 1.

www.SID.ir

Archive of SID

تعداد چتر بارور، تعداد روز تا گلدهی، وزن هزاردانه و تعداد دانه به‌عنوان متغیرهای رتبه اول ۸۶ درصد از تغییرات وزن دانه در گیاه را توجیه کردند (جدول ۷). این ضریب تبیین (۸۶ درصد) بالا نشان‌دهنده تأثیر صفات مذکور در این پژوهش روی تنوع کل وزن دانه در گیاه بود. بنابراین این چهار صفت می‌توانند به‌طور غیرمستقیم برای دستیابی به ژنوتیپ‌های با وزن دانه بالا در گشنیز مورد استفاده قرار گیرند. پژوهش‌ها روی گیاهان خانواده چتریان نشان می‌دهد که تعدادی از اجزای عملکرد مانند تعداد چتر در بوته، تعداد دانه در چتر و وزن هزاردانه اهمیت به‌سزایی در تعیین وزن دانه دارند (۳ و ۲۹)، که با نتایج این پژوهش مطابقت داشت.

بررسی جداول اثرات مستقیم و غیرمستقیم صفات رتبه اول مرتبط با وزن دانه در گیاه نشان می‌دهد که صفت تعداد چتر بارور بالاترین اثر مستقیم و مثبت و معنی‌دار (۰/٤٥۳) را بر وزن دانه در گیاه گذاشت (جدول ۷)، این صفت به‌ترتیب از طریق صفات روز تا گلدهی (۰/۰۳۱)، وزن هزاردانه (۰/۰٤۸) و تعداد دانه (۰/۱٤۱) تأثیر غیرمسقیم خود را بر روی وزن دانه در گیاه داشت (جدول ۸). با توجه به این‌که بالاترین اثر غیرمستقیم صفت تعداد چتر بارور از طریق صفت تعداد دانه بود، می‌توان نتیجه گرفت که افزایش تعداد چتر بارور می‌تواند باعث افزایش تعداد دانه در گیاه گشنیز و در نهایت افزایش وزن دانه در گیاه شود. اهمیت صفات تعداد چتر در بوته و تعداد دانه و همبستگی بالا با وزن دانه در گیاه از سوی پژوهشگران دیگر نیز گزارش شده است (۳). روز تا گلدهی دومین صفتی بود که تأثیر مستقیم روی وزن دانه در گیاه داشت. روز تا گلدهی دارای اثر مستقیمی منفی معادل (**۰/٤٦۳-) (جدول ۷) و بیش‌ترین اثر غیرمستقیم از طریق وزن هزاردانه (۰/۰۳۱-) بر وزن دانه در گیاه داشت (جدول ۸). سومین صفت، وزن هزاردانه بود که اثر مستقیم مثبتی معادل (**۰/۳۱۳) بر وزن دانه در گیاه نشان داد (جدول ۷). بیش‌ترین اثر غیرمستقیم این صفت از طریق تعداد چتر بارو (۰/٤۰۲) بود (جدول ۸). تعداد دانه با اثر مستقیم معادل (**۰/۳۰۹) و بیش‌ترین اثر غیرمستقیم از طریق صفات تعداد چتر بارور (۰/۲۲۷) چهارمین صفتی بود که به‌عنوان صفت رتبه اول بر روی وزن دانه در گیاه تأثیر داشت (جدول‌های ۷ و ۸). اثر غیرمستقیم تعداد دانه از طریق وزن هزاردانه معادل اثر غیرمستقیم وزن هزاردانه از طریق تعداد دانه می‌باشد (جدول ۸)، رابطه معکوس این دو صفت می‌تواند ناشی از رقابت باشد. بنابراین هرچه تعداد دانه در چتر بیش‌تر باشد، پیرو آن وزن هزاردانه کاهش می‌یابد.

تجزیه مسیر برای صفات رتبه دوم نشان داد که دو صفت تعداد برگ و شاخص کلروفیل اثر مثبت بر روی تعداد چتر بارور داشته و در مجموع ۸۰ درصد از تغییرات این صفت را توجیه نمودند (جدول ۷). صفت تعداد برگ بالاترین اثر مستقیم و مثبت (**۰/۹٦۹) را بر تعداد چتر بارور گذاشت (جدول ۷)، تعداد برگ از طریق صفت شاخص کلروفیل (۰/۰۱٦-) تأثیر غیرمستقیم خود را بر روی تعداد چتر بارور داشت (جدول ۸). اثر مستقیم قابل‌ملاحظه صفت تعداد برگ بر روی تعداد چترهای بارور نشانگر کارایی این صفت به‌عنوان یک شاخص انتخاب در افزایش تعداد چتر بارور در گیاه می‌باشد. با توجه به آن‌که دانه، حاصل فعالیت فتوسنتزی اندام‌هایی چون برگ می‌باشد، بنابراین اثر مستقیم مثبت و بالای این صفت با تعداد چتر بارور نشان‌دهنده این موضوع است که برای داشتن وزن دانه بالا، به گیاهانی با رشد سبزینه‌ای خوب و قدرت رویشی مناسب، احتیاج است. شاخص کلروفیل دارای

www.SID.ir

Archive of SID

اثر مستقیمی معادل (۰/۱۶۳**) و اثر غیرمستقیم و ناچیزی از طریق تعداد برگ معادل (۰/۰۲۸) بر تعداد چتر بارور است (جدول‌های ۷ و ۸). تعداد برگ نیز اثر مستقیم منفی بر روی تعداد روز تا گلدهی داشت (جدول ۷).

هنگامی‌که وزن هزاردانه به‌عنوان صفت وابسته در نظر گرفته شد، نتایج نشان داد که ۸۳ درصد از تنوع موجود در وزن هزاردانه به‌وسیله سه صفت شاخص کلروفیل، روز تا پایان گلدهی و تعداد شاخه توجیه شدند (جدول ۷). صفت شاخص کلروفیل اثر مستقیم مثبت (۰/۲۹۹**) روی وزن هزاردانه داشت (جدول ۷) و بیش‌ترین اثر غیرمستقیم آن از طریق روز تا پایان گلدهی (۰/۱۹۸-) بود (جدول ۸). با توجه به نتایج، اثر مستقیم صفت شاخص کلروفیل بر روی صفات وزن هزاردانه و تعداد چتر بارور مثبت بود. در سال‌های اخیر تعیین شاخص نسبی کلروفیل با استفاده از دستگاه کلروفیل‌متر دستی در مزرعه رواج یافته است. دستگاه کلروفیل‌متر دستی به‌دلیل کم‌هزینه بودن و اندازه‌گیری آسان و غیرتخریبی گیاه، می‌تواند به‌عنوان ابزاری برای اندازه‌گیری کلروفیل برگ در مزرعه استفاده شود. اثر مستقیم مثبت صفت شاخص کلروفیل بر روی وزن هزاردانه و تعداد چتر بارور، نشانگر کارایی این صفت به‌عنوان یک شاخص انتخاب در افزایش تعداد چتر بارور و وزن هزاردانه و در نهایت وزن دانه در گیاه گشنیز می‌باشد.

صفت روز پایان گلدهی اثر مستقیم منفی (۱/۲۸۰**-) روی وزن هزاردانه داشت (جدول ۷) و بیش‌ترین اثر غیرمستقیم آن روی وزن هزاردانه از طریق شاخص کلروفیل (۱/۱۴۰) بود (جدول ۸). تعداد شاخه در گیاه اثر مستقیم مثبت بر وزن هزاردانه معادل (۰/۲۹۳**) نشان داد (جدول ۷). بیش‌ترین اثر غیرمستقیم تعداد شاخه در گیاه نیز از طریق صفت روز تا پایان گلدهی معادل (۰/۵۷۵-) بود (جدول ۸). تجزیه مسیر برای تعداد دانه در گیاه نشان داد که ۸۲ درصد از تنوع موجود در این صفت توسط سه صفت روز تا پایان گلدهی، تعداد چتر و تعداد برگ توجیه گردید (جدول ۷). صفت روز تا پایان گلدهی اثر مستقیم مثبت (۰/۱۲۳**) روی تعداد دانه داشت (جدول ۷) و بیش‌ترین اثر غیرمستقیم آن از طریق تعداد چتر (۰/۰۹۱) بود (جدول ۸). صفت تعداد چتر اثر مستقیم مثبت (۰/۳۱۷**) روی تعداد دانه داشت (جدول ۷) و بیش‌ترین اثر غیرمستقیم آن از طریق روز تا پایان گلدهی (۰/۰۹۴) بود (جدول ۸). بنابراین افزایش تعداد چتر سبب افزایش تعداد دانه شده و به‌دنبال آن وزن دانه در گیاه افزایش خواهد یافت. تعداد برگ بیش‌ترین اثر مستقیم مثبت (۰/۶۲۱**) را بر تعداد دانه داشت (جدول ۷) و بیش‌ترین اثر غیرمستقیم آن از طریق تعداد چتر (۰/۲۴۵) بود (جدول ۸). بدین معنی افزایش تعداد برگ سبب افزایش تعداد دانه شده و به‌دنبال آن وزن دانه در گیاه افزایش خواهد یافت. با توجه به این‌که دانه حاصل فعالیت فتوسنتزی اندام‌هایی چون شاخ و برگ می‌باشد، می‌توان نتیجه گرفت که برای داشتن وزن دانه بالا به گیاهان با رشد رویشی خوب نیاز است. همبستگی و اثر مستقیم تعداد چتر بارور، وزن هزاردانه و تعداد دانه مثبت ولی ارتباط مستقیم روز تا گل‌دهی منفی بود. با توجه به همبستگی و اثر مستقیم منفی روز تا گلدهی با وزن دانه در گیاه گشنیز، می‌توان احتمال داد که با کاهش دوره رسیدگی، وزن دانه در گیاه افزایش داشته است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۷- تخمین مقادیر خطای استاندارد ضرایب مسیر در گشنیز از طریق تحلیل بوت استرپ.

Table 7. Estimation of standard error values of path coefficients in coriander using bootstrap analysis.

صفت پیش‌بینی‌کننده Predictor trait	صفت وابسته Response trait	ضریب تبیین تصحیح‌شده Adj. R^2	باقی‌مانده Residual	اثر مستقیم Direct effect	بوت استرپ Bootstrap		
					میانگین Mean	اریب Bias	خطای استاندارد SE
FUNPP	SWPP	0.86	0.268	0.452**	0.452	-0.000	0.076
DTF				-0.463**	-0.483	-0.019	0.091
TSW				0.313**	0.300	-0.012	0.097
SNPP				0.309**	0.315	0.005	0.081
LN	FUNPP	0.80	0.220	0.969**	0.971	0.002	0.018
SCC				0.163**	0.163	-0.000	0.031
LN	DTF	0.97	0.102	-0.085**	-0.085	0.000	0.019
SCC	TSW	0.83	0.351	0.299**	0.301	0.001	0.039
DTEOF				-1.280**	-1.276	0.003	0.273
BNPP				0.293**	0.287	-0.006	0.042
DTEOF	SNPP	0.82	0319	0.123**	0.118	-0.004	0.043
UNPP				0.317**	0.322	0.005	0.050
LN				0.621**	0.622	0.001	0.043

** معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۱. مخفف‌ها طبق جدول ۱ می‌باشند.

** Significant at the 0.01 probability level. The abbreviations are according to Table 1.

جدول ۸- اثرات غیرمستقیم صفات پیش‌بینی‌کننده عملکرد در تجزیه مسیر ترتیبی در گشنیز.

Table 8. Indirect effects for the predictor variables of yield in sequential path analysis in coriander.

SWPP¥				
	FUNPP	DTF	TSW	SNPP
FUNPP	-	0.031	0.048	0.141
DTF	-0.024	-	-0.031	-0.013
TSW	0.402	-0.028	-	-0.027
SNPP	0.227	0.045	-0.025	-
TSW				
	SCC	DTEOF	BNPP	
SCC	-	-0.198	0.007	
DTEOF	1.140	-	-0.683	
BNPP	0.002	-0.575	-	
FUNPP				
	LN	SSC		
LN	-	-0.016		
SSC	0.028	-		
SNPP				
	DTEOF	UNPP	LN	
DTEOF	-	0.091	0.042	
UNPP	0.094	-	0.072	
LN	0.051	0.245	-	

¥ مخفف‌ها طبق جدول ۱ می‌باشند.

¥ The abbreviations are according to Table 1.

www.SID.ir

Archive of SID

بنابراین زمان شروع گلدهی می‌تواند تأثیر زیادی روی تعداد گل‌ها، تعداد چترها، تعداد چترهای بارور، تعداد دانه گیاه، وزن دانه و در نهایت وزن دانه در گیاه داشته باشد. با توجه به گرمای آخر فصل در اکثر نقاط ایران و با توجه به همبستگی و اثر مستقیم منفی صفت روز تا گلدهی با وزن دانه در گیاه گشنیز، می‌توان نتیجه گرفت که برای داشتن ژنوتیپ‌های با وزن دانه بالا باید به دنبال توسعه ژنوتیپ‌های زودرس بود. از طرفی زودرسی هزینه‌های تولید را به‌علت کوتاه‌شدن طول دوره کاشت، کاهش می‌دهد. همچنین کاهش طول دوره رسیدگی محصول تأثیر مثبت در سیستم تولید محصول دارد. تأثیر مثبت گلدهی و رسیدگی زودهنگام بر وزن دانه در گیاهان مختلف و در مطالعات دیگران نیز به اثبات رسیده است که با نتایج این مطالعه مطابقت داشت (٦، ١٨ و ٢٢).

نتیجه‌گیری کلی

به‌طورکلی نتایج این مطالعه نشان داد که صفات تعداد چتر بارور، وزن هزاردانه و تعداد دانه با توجه به همبستگی و اثر مستقیم مثبت معنی‌دار با وزن دانه در گیاه و داشتن کنترل ژنتیکی افزایشی و وراثت‌پذیری خصوصی بالا، می‌توانند به‌عنوان شاخص‌های مناسب در برنامه‌های اصلاحی برای انتخاب ژنوتیپ‌های با وزن دانه بالا در نسل‌های مختلف گشنیز در مزرعه مورد استفاده قرار گیرند. همچنین با توجه به همبستگی و اثر مستقیم منفی معنی‌دار صفت تعداد روز تا گلدهی با وزن دانه در گیاه و داشتن کنترل ژنتیکی افزایشی و وراثت‌پذیری خصوصی بالا می‌توان صفت تعداد روز تا گلدهی را به‌عنوان یک شاخص انتخاب مستقل در جهت اصلاح ارقام گشنیز برای مناطق با شرایط مختلف که نیاز به ژنوتیپ‌های زودرس یا دیررس دارند در نظر گرفت.

منابع

1.Abbaszadeh, B., Assareh, M.H., Ardakani, M.R., Paknejad, F., Layegh-Haghighi, M. and Meshkizadeh, S. 2011. Sequential path analysis of effective characters on shoot yield and essential oil percentage of *Camphorosma monspeliaca* L. Iran. J. Med. Arom. Plant. 28: 523-533. (In Persian)

2.AMOS. 2010. AMOS 19. Users Guied. Chicago, IL, USA.

3.Bahraminejad, A., Mohammadi-Nejad, G.H. and Khadir, M. 2011. Genetic diversity evaluation of Cumin (*Cuminum cyminum* L.) based on phenotypic traits. Aust J. Crop Sci. 5: 301-307.

4.Burt, S. 2004. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods-a review. Int. J. Food Microbiol. 94: 223-253.

5.Chithra, V. and Leelamma, S. 2000. Coriandrum sativum effect on lipid metabolism in 1, 2-dimethyl hydrazine induced colon cancer. J. Ethnopharmacol. 71: 457-463.

6.Cockram, J., Jones, H., Leigh, F.J., Osullivan, D., Powell, W., Laurie, D.A. and Greenland, A.J. 2007. Control of flowering time in temperate cereals: genes, domestication and sustainable productivity. J. Exp. Bot. 58: 1231-1244.

7.Dyulgerov, N. and Dyulgerova, B. 2013. Variation of yield components in coriander (*Coriandrum Sativum* L.). Agr. Sci. Tech. 5: 2. 160-163.

8.Efron, B. and Tibshirani, R. 1993. An introduction to the bootstrap. Chapman and Hall, London, 430p.

9.Falconer, D.S. 2002. Introduction to quantitative genetics. Ronald Press, New York, 725p.

10.Falconer, D.S., Mackay, T.F.C. and Frankham, R. 1996. Introduction to quantitative genetics (4^{th} edn). Trends Genet. 12: 280.

11.Gallagher, A., Flatt, P., Duffy, G. and Abdel-Wahab, Y. 2003. The effects of traditional antidiabetic plants on in vitro glucose diffusion. Nutr. Res. 23: 413-424.

www.SID.ir

Archive of SID

12.Golparvar, A.R. and Ghasemi-Pirbalouti, A. 2011. Genetic improvement of essential oil percentage and dry flower yield using indirect selection in German chamomile (*Matricaria chamomilla* L.). J. Herb. Drug. 1: 33-40. (In Persian)
13.Griffing, B. 1956. A generalized treatment of the use of diallel crosses in quantitative inheritance. Heredity. 10: 31-50.
14.Kalb, T.J. and Davis, D.W. 1984. Evaluation of combining ability, heterosis and genetic variance for yield, maturity and plant characteristics in bush muskmelon. J. Am. Soc. Hort. Sci. 109: 416-419.
15.Karimi-Afshar, A., Baghizadeh, A. and Mohammadi-Nejad, G.H. 2016. Evaluation of relationships between morphological traits and grain yield in Cumin (*Cuminum cyminum* L.) under normal and drought conditions. J. Crop Breed. 8: 160-165. (In Persian)
16.Khodadadi, M., Dehghani, H., Jalali-Javaran, M., Rashidi-Monfared, S. and Christopher, J.T. 2016. Numerical and graphical assessment of relationships between traits of the Iranian *Coriandrum sativum* L. core collection by considering genotype × irrigation interaction. Sci. Hort. 200: 73-82.
17.Khodadadi, M., Dehghani, H., Javaran, M.J. and Christopher, J.T. 2016. Seed yield, fatty and essential oils content genetics in coriander. Ind. Crop. Prod. 94: 72-81.
18.Loss, S.P. and Siddique, K. 1994. Morphological and physiological traits associated with wheat yield increases in Mediterranean environments. Adv. Agron. 52: 229-276.
19.Mohammadi, R., Dehghani, H., Karimzadeh, G., Dane, F. and Akrami, M. 2014. Study on relationships between yield and its components in Iranian cantaloupe genotypes. Iran. J. Hort. Sci. 45: 1-10. (In Persian)
20.Mohammadi, S., Prasanna, B. and Singh, N. 2003. Sequential path model for determining interrelationships among grain yield and related characters in maize. Crop Sci. 43: 1690-1697.
21.Mohsenzadeh-Golfazani, M., Aalami, A., Samizadeh, H.A., Shoaei-Daylami, M. and Talesh-Sasani, S. 2012. Study of relationship between yield and yield components in tobacco genotype using path analysis method. J. Crop Breed. 4: 26-40. (In Persian)
22.Motzo, R. and Giunta, F. 2007. The effect of breeding on the phenology of Italian durum wheat: from landraces to modern cultivars. Eur. J. Agron. 26: 462-470.
23.Pirzad, A., Alyari, H., Shakiba, M.R., Zehtab-Salmasi, S. and Mohammadi, A. 2006. Essential oil content and composition of german Chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) at different irrigation regimes. J. Agron. 5: 3. 451-455.
24.Sefidkon, F., Abbasi, K., Jamzad, Z. and Ahmadi, S. 2007. The effect of distillation methods and stage of plant growth on the essential oil content and composition of Satureja rechingeri Jamzad. Food Chem. 100: 1054-1058.
25.SPSS, I. 2010. SPSS 19. Users Guied. Chicago, IL., USA.
26.Wangensteen, H., Samuelsen, A.B. and Malterud, K.E. 2004. Antioxidant activity in extracts from coriander. Food Chem. 88: 293-297.
27.Williams, W., Demment, M. and Jones, M. 1990. A concise table for path analysis statistics. Agron. J. 82: 1022-1024.
28.Wright, S. 1921. Correlation and causation. J. Agri. Res. 20: 557-585.
29.Zehtab-Salmasi, S., Ghasemi-Golezani, K. and Moghbeli, S. 2006. Effect of sowing date and limited irrigation on the seed yield and quality of dill (*Anethum graveolens* L.). Turk. J. Agric. For. 30: 1-6.
30.Zhang, Y., Kang, M.S. and Lamkey, K.R. 2005. Diallel-SAS05: a comprehensive program for griffing's and gardner-eberhart analyses. Agron. J. 97: 1097-1106.

www.SID.ir