نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۴، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۵، ص. ۴۳۷-۴۲۷

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 14, No. 3, Fall. 2016, p. 427-437

همبستگی بین صفات و تجزیه علیت عملکرد دانه گلرنگ بهاره در شرایط تنش رطوبتی

پروانه یاری[۱] - امیرحسین کشتکار[۲*]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۰/۰۴
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۴/۰۶

چکیده

به‌منظور تعیین همبستگی میان برخی صفت‌ها و اجزاء عملکرد در گلرنگ و نیز روابط علت و معلولی بین آن‌ها در شرایط مختلف رطوبتی، پژوهشی در سال ۱۳۹۱ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه بوعلی‌سینا انجام گرفت. آزمایش به‌صورت کرت‌های خُردشده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. عامل اصلی شامل سه سطح رطوبتی: آبیاری نرمال (بدون تنش)، قطع کامل آبیاری از مرحله ۵۰درصد گل‌دهی تا رسیدگی کامل (تنش گل‌دهی) وقطع کامل آبیاری از مرحله شروع دانه‌بندی تا رسیدگی کامل (تنش دانه‌بندی) بوده، شش رقم گلرنگ شامل PI، محلی عجب‌شیر، Mec11، فرامان، محلی زرقان۶ و سینا در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. نتایج تجزیه رگرسیون صفت‌های مؤثر بر عملکرد دانه نشان‌داد که شاخص برداشت و عملکرد بیولوژیک، در سه شرایط رطوبتی وارد مدل رگرسیونی شدند، به‌طوری‌که در شرایط عدم تنش تعداد طبق در بوته و وزن ۱۰۰۰دانه قبل از شاخص برداشت و عملکرد بیولوژیک و در شرایط تنش گل‌دهی وزن ۱۰۰۰دانه پیش از دو صفت شاخص برداشت و عملکرد بیولوژیک وارد مدل رگرسیونی شدند. هم‌چنین نتایج نشان‌داد که در شرایط عدم تنش عملکرد بیولوژیک (۰/۹۹) و شاخص برداشت (۰/۹۰)، در شرایط تنش گل‌دهی، وزن ۱۰۰۰دانه (۱/۸۲) و در شرایط تنش دانه‌بندی نیز شاخص برداشت (۱/۶۰) بیش‌ترین اثرمستقیم را بر عملکرد دانه داشته‌اند.

واژه‌های کلیدی: تنش دانه‌بندی، تنش گل‌دهی، شاخص برداشت، مدل رگرسیونی

مقدمه

دانه گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) با ۴۵-۲۵درصد روغن و ۲۴-۱۲درصد پروتئین از با ارزش‌ترین دانه‌های روغنی می‌باشد. این گیاه بومی ایران بوده و و به‌دلیل سازگاری بالا، نیاز آبی کم، مقاومت به خشکی و داشتن اسیدهای چرب غیراشباع و مفید مورد توجه می‌باشد (Ashri *et al*., 1977) در برنامه‌های به‌نژادی ممکن است، انتخاب برای یک یا چند صفت موجب تأثیر بر صفات دیگر شود، لذا بررسی همبستگی بین صفات از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. همبستگی بین صفات هم‌چنین می‌تواند متخصصان اصلاح نباتات را در انجام گزینش غیرمستقیم برای صفات مهم زراعی و از طریق صفاتی که اندازه‌گیری آن‌ها آسان است، یاری نماید (Amini *et al.,* 2008). شناسایی صفات مهم زراعی و یافتن ارتباط و یا به‌عبارتی همبستگی بین آن‌ها دارای اهمیت ویژه‌ای می‌باشد. از بین این ویژگی‌ها، مهم‌ترین صفت عملکرد دانه بوده که انتخاب مستقیم برای اصلاح آن به‌علت پلی‌ژنیک بودن آن چندان مؤثر نبوده تنها برای اجزاء آن می‌تواند مفید واقع گردد (Falconer, 1998). نتایج نشان‌داد که مهم‌ترین جزء عملکرد دانه، تعداد طبق در بوته و در درجه دوم اهمیت، تعداد دانه در طبق بوده، در حالی‌که وزن ۱۰۰۰دانه تأثیری روی عملکرد دانه گلرنگ زراعی نداشته است (Ashri *et al.,* 1977). یافته‌ها نشان‌داده است که بین تعداد طبق و وزن ۱۰۰۰دانه با عملکرد دانه در گلرنگ همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود دارد. هم‌چنین از میان صفات موردبررسی تعداد طبق، وزن طبق و نازکی پوست بیش‌ترین اهمیت را در اصلاح عملکرد دانه و روغن ارقام این گیاه دانه روغنی داشته‌اند (Rao and Ramachandram, 1997). تجزیه علیت یکی از روش‌های مطالعه اصل علیت در میان مجموعه‌ای از متغیرها می‌باشد که برای تجزیه همبستگی و پی‌بردن به اثرات مستقیم و غیرمستقیم صفات موردنظر مورد استفاده قرار می‌گیرد. مطالعه ضرایب همبستگی و علیت برای عملکرد دانه در گلرنگ نشان‌داد که انتخاب براساس صفات تعداد طبق در گیاه و وزن ۱۰۰۰دانه بیش‌ترین تأثیر را در افزایش عملکرد دانه دارد (Paliwal and Solanki, 1984). هم‌چنین در توضیح تجزیه علیت اظهار شده که همبستگی هر یک از عوامل موردبررسی با متغیر وابسته در یک سیستم چندمتغیره می‌تواند به اثرات مستقیم و غیرمستقیم آن از طریق سایر متغیرهای مستقل تجزیه شود (Dewey and Lu, 1959). در تحقیق انجام گرفته روی ارقام گلرنگ تحت شرایط نرمال

۱- دانشجوی سابق کارشناسی‌ارشد اصلاح نباتات دانشگاه بوعلی‌سینا همدان
۲- استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه بوعلی‌سینا همدان
(*- نویسنده مسئول: Email: akesht@gmail.com)

و تنش آبی ، قطر طبق و وزن ۱۰۰۰دانه بیش‌ترین اثر مستقیم را روی عملکرد دانه در شرایط نرمال داشته در حالی‌که در شرایط تنش آبی تعداد طبق در بوته و درصد روغن بیش‌ترین اثر مستقیم را بر عملکرد داشتند (Khalili *et al.*, 20133).

در مطالعه هیبریدهای زودرس ذرت در شرایط نرمال و تنش رطوبتی مشخص شد که در شرایط نرمال ضرایب همبستگی تعداد دانه در ردیف، وزن ۱۰۰۰دانه و وزن بلال با عملکرد مثبت و معنی‌دار است و تعداد دانه در ردیف و عمق دانه دارای اثرات مستقیم و مثبت و اثرات غیرمستقیم و مثبت از طریق یک‌دیگر بر عملکرد دانه دارند (Purmeydany *et al.*, 1998). در شرایط تنش رطوبتی، عمق دانه اثر مستقیم و ضریب همبستگی مثبت و بالایی برعملکرد دانه داشت. بررسی گلرنگ‌های زراعی نشان‌داد که عملکرد دانه با تعداد طبق در بوته و تعداد دانه در طبق همبستگی معنی‌داری دارد. هم‌چنین بر اساس نتایج تجزیه رگرسیون مرحله‌ای، تعداد دانه در طبق و تعداد طبق در بوته بیش‌ترین سهم را در توجیه تغییرات عملکرد دانه داشتند (Amini *et al.*, 2008). هم‌چنین در پژوهش انجام‌گرفته، تعداد دانه در طبق بیش‌ترین سهم را در توجیه عملکرد دانه گلرنگ داشته است (Abolhassani, 2003). در مطالعه‌ای دیگر، همبستگی تعداد انشعاب در بوته با تعداد طبق در بوته مثبت و معنی‌دار گزارش شده، درحالی‌که تعداد انشعاب در بوته، تعداد طبق در بوته و وزن طبق اثرات مستقیم و زیادی برعملکرد دانه گلرنگ داشته‌اند (Subbalakshmi and Sivasubramanian, 1986). نقش متفاوت بعضی از صفات از جمله ارتفاع، روز تا پایان گل‌دهی و روز تا رسیدگی در تعیین عملکرد دانه در بوته می‌تواند به‌علت نقش جبرانی اجزای عملکرد دانه باشد که تحت شرایط محیطی مختلف متفاوت است. به‌نژادگران علاقه‌مند به شناسایی ویژگی‌هایی غیر از عملکرد هستند که بتوانند از آن‌ها به‌عنوان معیاری در انتخاب والدین و یا تک بوته در نسل‌های در حال تفکیک استفاده کنند، براساس پژوهش‌های گذشته انتخاب براساس اجزای عملکرد پیشرفت ژنتیکی بیشتری را نسبت به انتخاب براساس خود عملکرد در افزایش عملکرد داشته است (Winkel, 1989). کاربرد روش‌های آماری مختلف اعم از تجزیه علیت جهت انتخاب پارامترهای مؤثر بر عملکرد دانه در شرایط عدم تنش و تنش رطوبتی از اهداف پژوهش حاضر بوده، هم‌چنین شناسایی مهم‌ترین صفاتی که قادر به بهبود عملکرد در برنامه‌های اصلاحی گلرنگ بوده نیز مَدنظر می‌باشند. با توجه به مطالعات محدود درباره عملکرد و اجزای عملکرد آن در گلرنگ، این تحقیق با هدف شناخت عوامل پنهانی در شکل‌گیری صفات، بررسی تأثیر آن‌ها بر عملکرد دانه و شناخت اجزایی از عملکرد که بیش‌ترین نقش را در تعیین عملکرد دانه در شرایط مختلف تنش رطوبتی ایفا می‌کنند، انجام پذیرفت.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در فروردین ماه سال زراعی ۱۳۹۱ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی‌سینا همدان با ارتفاع ۱۶۹۰متر از سطح دریا و مختصات طول‌جغرافیایی ۴۸درجه و ۳۱دقیقه شرقی و عرض‌جغرافیایی ۳۵درجه و ۷۵دقیقه شمالی انجام گرفت. منطقه موردبررسی از نظر اقلیمی جزء مناطق نیمه‌خشک و سرد با میانگین بارندگی سالانه ۳۳۳میلی‌متر و متوسط درجه‌حرارت ۲۴درجه سانتی‌گراد در گرم‌ترین ماه سال است. آزمایش به‌صورت طرح کرت‌های خُردشده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. عامل اصلی شامل: سه سطح بدون تنش، قطع آبیاری از مرحله ۵۰درصد گل‌دهی تا رسیدگی (تنش گل‌دهی) و قطع آبیاری از مرحله شروع دانه‌بندی تا رسیدگی (تنش دانه‌بندی) بود. شش رقم گلرنگ شامل PI، محلی عجب شیر، Mec11، فرامان، محلی زرقان۶ و سینا به‌عنوان عامل دوم در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. هر کرت دارای پنج‌ردیف به‌طول پنج‌متر، فواصل ردیف ۵۰سانتی‌متر، فاصله روی ردیف پنج سانتی‌متر در نظر گرفته شد، بذور پس از ضدعفونی با قارچ‌کش در عمق سه سانتی‌متری خاک به‌صورت دستی روی ردیف‌ها کشت شدند. در پایان فصل رشد، برداشت در سطحی معادل ۲مترمربع و از سه ردیف میانی هر کرت، پس از حذف اثر حاشیه انجام گرفت، آنگاه صفات ارتفاع بوته، تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق، تعداد ساقه فرعی، وزن کل بوته، وزن دانه محاسبه شد. هم‌چنین اندازه‌گیری درصد روغن پس از آسیاب‌کردن دانه‌ها و تهیه نمونه در آزمایشگاه تغذیه دام با استفاده از دستگاه سوکسله انجام گرفت. تجزیه‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه۹/۱ و Minitab، تجزیه علیت با نرم‌افزار Path2، رسم نمودارها با نرم‌افزار Excel و مقایسه میانگین داده‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال پنج‌درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

ضرایب همبستگی بین صفات موردبررسی در تیمارهای مختلف آبی (جدول‌های ۱، ۲و ۳) نشان‌داد که همبستگی عملکرد دانه با شاخص برداشت در سه رژیم رطوبتی عدم تنش، تنش گل‌دهی و تنش دانه‌بندی به‌ترتیب *۰/۴۲، ** ۰/۷۶ و **۰/۶۴ و برای وزن ۱۰۰۰دانه به‌ترتیب *۰/۵۳، **۰/۸۸و *۰/۴۳ بود. به‌طور کلی می‌توان چنین نتیجه گرفت که در شرایط اعمال تنش رطوبتی (گل‌دهی و دانه‌بندی)، همبستگی بین عملکرد دانه و شاخص برداشت نسبت به زمان عدم تنش بیشتر می‌شود، هم‌چنین در شرایط تنش گل‌دهی، وزن ۱۰۰۰دانه بیشتر تحت تأثیر تنش قرار گرفته وکاهش آن باعث کاهش عملکرد دانه می‌گردد. شاخص برداشت و وزن ۱۰۰۰دانه در شرایط تنش گل‌دهی(*۰/۵۶) و تنش دانه‌بندی (*۰/۵۵) با هم

همبستگی مثبت و معنی‌دار داشتند، بنابراین در شرایط تنش با افزایش شاخص برداشت و وزن ۱۰۰۰دانه می‌توان عملکرد دانه را بالا برد. عملکرد بیولوژیک فقط در شرایط عدم تنش با عملکرد دانه رابطه معنی‌دار داشته (*۰/۵۲)، اما در شرایط اعمال تنش رابطه معنی‌داری بین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک دیده نشد، بنابراین در شرایطی که تنش وجود ندارد با افزایش عملکرد بیولوژیک می‌توان میزان عملکرد دانه را نیز افزایش داد. نتایج این پژوهش با نتایج تحقیق (Golparvar and Ghasemi Pirbaluti, 2010) مبنی بر وجود همبستگی بین عملکرد دانه با شاخص برداشت، وزن ۱۰۰۰دانه، تعداد طبق در بوته وعملکرد بیولوژیک گلرنگ مطابقت دارد. در شرایط عدم تنش عملکرد دانه با تعداد طبق در بوته (**۰/۶۱۳) همبستگی مثبت و معنی‌دار دارد. هم‌چنین در مطالعه صفات مرتبط با عملکرد دانه در گلرنگ در شرایط عدم تنش، وجود همبستگی مثبت معنی‌دار بین عملکرد دانه و هر یک از صفات ارتفاع بوته، شاخص برداشت، تعداد طبق در بوته و وزن ۱۰۰۰دانه گزارش شده است (Bagheri *et al.*, 2001)

نتایج رگرسیون مرحله‌ای عملکرد دانه در شرایط عدم تنش و تنش رطوبتی

برای بررسی تأثیر هر یک از صفات موردنظر روی متغیرتابع یا وابسته (عملکرد دانه) و هم‌چنین کاهش تعداد متغیرهای مستقل و برازش بهترین مدل رگرسیونی، از روش رگرسیون گام‌به‌گام استفاده شد. در این بررسی عملکرد دانه به‌عنوان متغیر وابسته و سایر صفات به‌عنوان متغیرهای مستقل در نظرگرفته شدند. نتایج رگرسیون مرحله‌ای عملکرد دانه در شرایط عدم تنش و تنش رطوبتی با توجه به جدول (۴) نشان‌داد که صفت‌های شاخص برداشت و عملکرد بیولوژیک از جمله صفاتی بودند که در سطوح تنش رطوبتی وارد مدل رگرسیونی شدند، البته در شرایط عدم تنش تعداد طبق در بوته و وزن ۱۰۰۰دانه قبل از دو صفت نام برده، وارد مدل رگرسیونی شدند و در شرایط تنش گل‌دهی نیز وزن ۱۰۰۰دانه پیش از شاخص برداشت و عملکرد بیولوژیک قرار گرفت. این صفات با دارابودن ضرایب رگرسیون مثبت و معنی‌دار دارای اثرات مثبت بر عملکرد دانه می‌باشند، به‌عبارتی انتظار می‌رود که با افزایش آن‌ها مقادیر عملکرد دانه نیز افزایش یابد. هم‌چنین۹۱/۴۷درصد از تغییرات عملکرد دانه در شرایط عدم تنش توسط چهار صفت اول واردشده در مدل رگرسیونی توجیه شده و در شرایط تنش گل‌دهی ۹۷/۲۸درصد از تغییرات توسط سه صفت اول و در شرایط تنش دانه‌بندی ۹۴/۰۳درصد

جدول۱- ضرایب همبستگی بین صفات اندازه‌گیری شده در شرایط عدم تنش

Table 1- Correlation coefficients between traits measured under non-stress condition

صفت Trait	(۱)	(۲)	(۳)	(۴)	(۵)	(۶)	(۷)	(۸)	(۹)	(۱۰)
عملکرد دانه (۱) Grain yield	1									
حداکثر تجمع ماده خشک (۲) Max dry weight	0.18	1								
ارتفاع بوته (۲) Plant height	0.29	-0.09	1							
تعداد ساقه فرعی(۴) No. of lateral stems	0.40	0.21	0.43	1						
تعداد طبق در بوته (۵) No. of capitules per plant	0.61**	0.11	0.37	0.67**	1					
تعداد دانه در طبق (۶) No. of seeds in capitule	-0.01	-0.37	0.50*	-0.06	0.12	1				
وزن هزاردانه (۷) Weight of 1000 seeds	0.53*	0.51*	-0.11	0.33	0.10	-0.54	1			
عملکرد بیولوژیک (۸) Biological yield	0.52*	0.47	0.31	0.56*	0.43	0.04	0.46*	1		
شاخص برداشت (۹) Harvest index	0.42*	-0.29	0.04	-0.02	0.30	0.06	-0.03	-0.48	1	
درصد روغن (۱۰) Oil percent	-0.10	-0.22	0.45	0.09	0.14	0.06	-0.14	-0.18	0.24	1

** ، * به‌ترتیب معنی‌دار در سطح یک و پنج‌درصد Significant at 1% and 5% levels of probability, respectively

از تغییرات عملکرد توسط دو صفت اول وارد شده در مدل توجیه می‌گردند (جدول ۴). به‌طورکلی مقادیر بالای ضریب تبیین تجمعی (R^2) فوق‌الذکر نشانگر ورود متغیرهایی با مشارکت پُرمعنا در برازش مدل بود. نتایج این پژوهش با یافته‌های آزمایش (Bagheri *et al.*, 2001) مبنی بر وجود همبستگی بین عملکرد دانه با تعداد دانه در طبق، وزن ۱۰۰۰دانه، تعداد طبق در بوته وعملکرد دانه گلرنگ در شرایط تنش و عدم تنش مطابقت می‌نماید. هم‌چنین برآورد همبستگی بین صفت‌های مختلف با عملکرد دانه ارقام مختلف گلرنگ بهاره نیز نشان‌داد که شاخص برداشت در شرایط تنش و به‌ویژه در شرایط مساعد رطوبتی مهم‌ترین تأثیر را روی عملکرد دانه داشته است (Hassanpanah, 1998).

تجزیه علیت مرحله‌ای عملکرد دانه در شرایط عدم تنش و تنش رطوبتی

نتایج تجزیه علیت نشان‌داد که اثرات مستقیم و غیرمستقیم صفات بر عملکرد دانه تحت شرایط تنش وعدم تنش رطوبتی متفاوت است (شکل‌های ۱،۲و۳) و با کمک مدل نهایی ازصفات وارد شده در شرایط مختلف رطوبتی در مدل رگرسیونی جهت تعیین اثرات مستقیم و غیرمستقیم به شرح زیر می‌باشد:

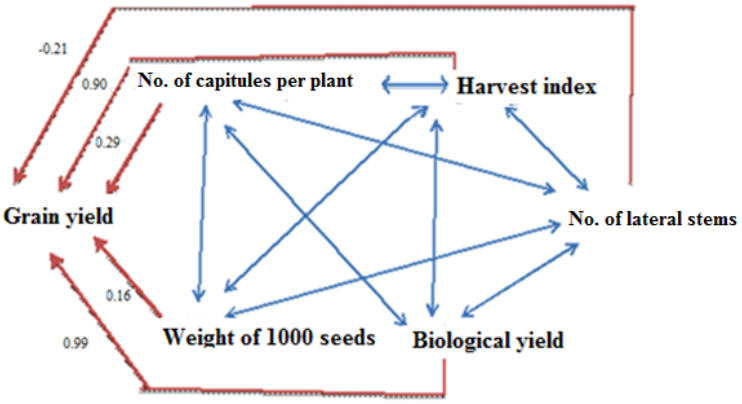
در شرایط عدم تنش عملکرد بیولوژیک (۰/۹۹) و شاخص برداشت (۰/۹۰) بیش‌ترین اثر مستقیم را روی عملکرد داشتند. هماهنگی علامت و معنی‌دار بودن اثر مستقیم این دو صفت با همبستگی ساده آن با عملکرد دانه بیانگر این مطلب است که این صفت‌ها می‌توانند جهت گزینش ارقام پُرمحصول مؤثر باشند. در شرایط عدم تنش تعداد طبق در بوته که اولین صفت وارد شده در مدل می‌باشد با تأثیر غیرمستقیم شاخص برداشت و عملکرد بیولوژیک بیش‌ترین اثر را روی عملکرد دانه داشت (جدول ۵). بنابراین در شرایط عدم تنش، شاخص برداشت و عملکرد بیولوژیک بیش‌ترین اثر را در افزایش عملکرد دانه دارند. نتایج به‌دست آمده از تجزیه علیت در شرایط عدم تنش روی سویا، انجام گرفته توسط (Ghodrati, 2012) نیز این موضوع را تأیید می‌کند. در شرایط تنش گل‌دهی وزن ۱۰۰۰دانه بیش‌ترین اثر مستقیم (۱/۸۲) را بر عملکرد دانه داشت (جدول ۶).

جدول ۲- ضرایب همبستگی بین صفات اندازه‌گیری شده در شرایط تنش گل‌دهی

Table 2- Correlation coefficients between traits measured under flowering stress condition

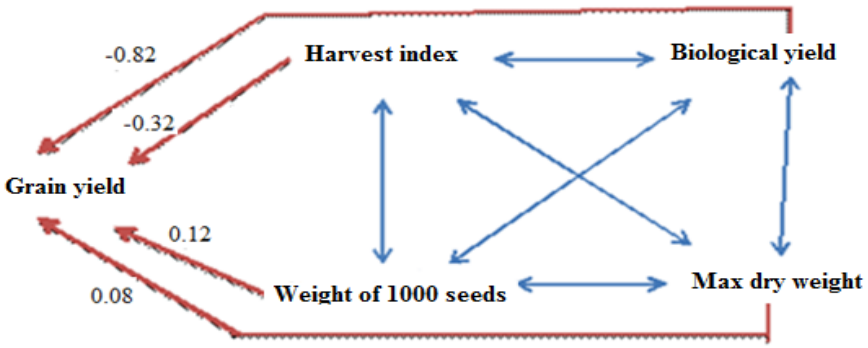
صفت Trait	(۱)	(۲)	(۳)	(٤)	(٥)	(٦)	(۷)	(۸)	(۹)	(۱۰)
عملکرد دانه (۱) Grain yield	1									
حداکثر تجمع ماده خشک (۲) Max dry weight	0.40	1								
ارتفاع بوته (۲) Plant height	-0.48*	-0.19	1							
تعداد ساقه فرعی(۴) No. of lateral stems	0.37	0.41	-0.23	1						
تعداد طبق در بوته (۵) No. of capitules per plant	0.28	0.13	0.02	0.55	1					
تعداد دانه در طبق (۶) No. of seeds in capitule	-0.01	-0.04	-0.29	0.04	0.28	1				
وزن هزاردانه (۷) Weight of 1000 seeds	0.88**	0.48*	-0.46	0.31	-0.23	-0.03	1			
عملکرد بیولوژیک (۸) Biological yield	0.23	0.61**	-0.02	0.60**	0.15	-0.16	0.27	1		
شاخص برداشت (۹) Harvest index	0.76**	0.03	-0.48	-0.02	-0.41	0.06	0.56*	-0.39	1	
درصد روغن (۱۰) Oil percent	-0.56	-0.42	0.45	-0.19	0.21	0.15	-0.61	-0.29	-0.33	1

**، * به‌ترتیب معنی‌دار در سطح یک و پنج‌درصد Significant at 1% and 5% levels of probability, respectively



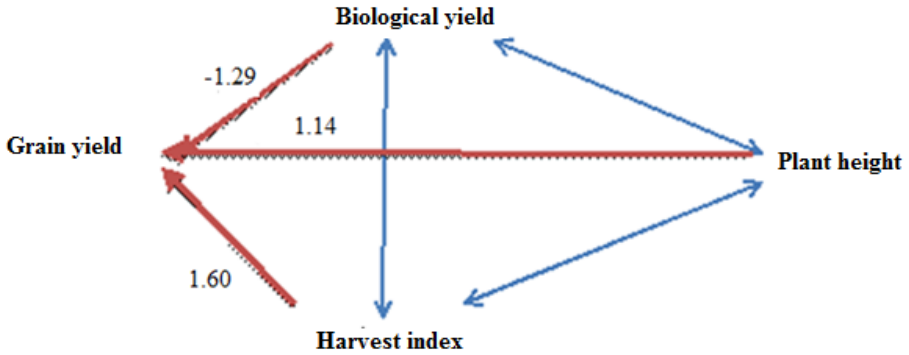
شکل ۱- دیاگرام تجزیه علیت مرحله‌ای برای عملکرد دانه گلرنگ و صفات وارد شده در مدل تحت شرایط عدم تنش

Figure 1- Diagram of path analysis for spring safflower seed yield and traits entered in the model under non-stress condition



شکل ۲- دیاگرام تجزیه علیت مرحله‌ای برای عملکرد دانه گلرنگ و صفات وارد شده در مدل تحت شرایط تنش گل‌دهی

Figure 2- Diagram of path analysis for spring safflower seed yield and traits entered in the model under seeding stress condition



شکل ۳- دیاگرام تجزیه علیت مرحله‌ای برای عملکرد دانه گلرنگ و صفات وارد شده در مدل تحت شرایط تنش دانه‌بندی

Figure 3- Diagram of path analysis for spring safflower seed yield and traits entered in the model under seeding stress condition

جدول۳ - ضرایب همبستگی بین صفات اندازه‌گیری شده در شرایط تنش دانه‌بندی

Table 3- Correlation coefficients between traits measured under seeding stress condition

صفت Trait	(۱)	(۲)	(۳)	(۴)	(۵)	(۶)	(۷)	(۸)	(۹)	(۱۰)
عملکرد دانه (۱) Grain yield	1									
حداکثر تجمع ماده خشک (۲) Max dry weight	0.15	1								
ارتفاع بوته (۲) Plant height	0.10	-0.42	1							
تعداد ساقه فرعی(۴) No. of lateral stems	-0.25	0.43	-0.39	1						
تعداد طبق در بوته (۵) No. of capitules per plant	0.11	-0.18	0.49*	0.20	1					
تعداد دانه در طبق (۶) No. of seeds in capitule	0.22	-0.50*	0.20	-0.18	0.07	1				
وزن هزاردانه (۷) Weight of 1000 seeds	0.43	0.68**	-0.14	0.36	0.03	-0.31	1			
عملکرد بیولوژیک (۸) Biological yield	0.24	-0.56*	0.55*	-0.46*	0.29	0.33	-0.26	1		
شاخص برداشت (۹) Harvest index	0.64**	0.60**	-0.40	0.18	-0.17	0.13	0.55*	-0.56*	1	
درصد روغن (۱۰) Oil percent	-0.37	-0.35	-0.15	-0.19	-0.17	0.34	-0.50*	-0.14	-0.20	1

** ، * به‌ترتیب معنی‌دار در سطح یک و پنج‌درصد Significant at 1% and 5% levels of probability, respectively

بنابراین با توجه به همبستگی بالا بین وزن ۱۰۰۰دانه با عملکرد دانه (۰/۸۸) در سطح یک‌درصد و نیز بالابودن اثر مستقیم این صفت در شرایط تنش گل‌دهی، با افزایش وزن ۱۰۰۰دانه میزان عملکرد دانه را می‌توان افزایش داد. در پژوهشی که توسط (Tahmasebpour *et al.*, 2011) انجام گرفت نیز وزن ۱۰۰۰دانه بیش‌ترین اثر مستقیم را بر عملکرد دانه داشت. در شرایط تنش دانه‌بندی شاخص برداشت (۱/۶۰) بالاترین اثر مستقیم را بر عملکرد دانه داشت (جدول ۷). همبستگی معنی‌دار و مثبت عملکرد دانه در شرایط تنش دانه‌بندی با شاخص برداشت (۰/۶۴) نشان‌دهنده‌ی تأثیر بیشتر این صفت در میزان عملکرد دانه می‌باشد. در مطالعه (Golparvar and Ghasemi Pirbaluti, 2010) بررسی همبستگی بین صفات، رگرسیون گام‌به‌گام و تجزیه علیت نشان‌داد که وزن ۱۰۰۰دانه، تعداد دانه در گیاه، تعداد دانه در طبق و عملکرد بیولوژیک مناسبترین شاخص‌های انتخاب برای بهبود ژنتیکی عملکرد دانه ارقام گلرنگ بهاره درشرایط تنش خشکی می‌باشند. هم‌چنین Paliwal and Solanki, 1984 با مطالعه ضرایب همبستگی و علیت برای عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گلرنگ نتیجه گرفتند که در شرایط تنش، گزینش تعداد طبق در گیاه و وزن ۱۰۰۰دانه بیش‌ترین تأثیر را در افزایش عملکرد دانه دارند.

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی با درنظر گرفتن همبستگی بین عملکرد دانه و سایر صفات و هم‌چنین بررسی رگرسیون گام‌به‌گام و تجزیه علیت صفات می‌توان به‌این نتیجه رسید که در شرایط عدم تنش، شاخص برداشت و عملکرد بیولوژیک بیش‌ترین همبستگی و اثر مستقیم را بر عملکرد دانه داشتند، ولی در شرایط تنش گل‌دهی وزن ۱۰۰۰دانه و در تنش دانه‌بندی نیز شاخص برداشت بیش‌ترین همبستگی و اثر مستقیم را در عملکرد دانه داشته‌اند. لذا در برنامه‌های اصلاحی می‌توان با توجه به زمان بروز تنش رطوبتی با اصلاح و بهبود صفات ذکر شده، عملکرد دانه را افزایش داد.

جدول ٤- نتایج رگرسیون گام‌به‌گام عملکرد دانه گلرنگ بهاره در شرایط عدم تنش و تنش

Table 4- The results of stepwise regression of spring safflower under stress and non-stress conditions

شرایط محیطی Environment	صفات Traits	عرض از مبدا Intercept	ضریب رگرسیون Correlation coefficient (۱)	(۲)	(۳)	(٤)	(٥)	ضریب تبیین تجمعی Cumulative determination coefficient
عدم تنش No stress	۱-تعداد طبق در بوته No. of capitule per plant	922.3	82	–	–	–	–	37.62
	۲- وزن ۱۰۰۰ دانه Weight of 1000 seeds	-334.2	75	29.2	–	–	–	59.49
	۳- شاخص برداشت Harvest index	-623.8	63	30.5	11.3	–	–	67.76
	۴-عملکرد بیولوژیک Biological yield	-1114.9	-16	9.6	32.0	0.15	–	91.47
	۵-تعدادساقه فرعی No. of lateral stems	-978.1	4	10.3	33.9	0.28	-0.66	93.35
تنش گل‌دهی Flowering stress	۱- وزن۱۰۰۰ دانه Weight of 1000 seeds	-555.6	39.9	–	–	–		77.80
	۲-شاخص برداشت Harvest index	-487.2	29.8	11.7	–	–		88.22
	۳- عملکرد بیولوژیک Biological yield	-752.3	15.4	22.2	0.14	–		97.28
	۴- حداکثر تجمع ماده خشک Max dry weight	-599.1	16.6	22.6	0.16	-0.37		97.82
تنش دانه‌بندی Seeding stress	۱-شاخص برداشت Harvest index	668.5	26.7	–	–			37.59
	۲- عملکرد بیولوژیک Biological yield	-1036.1	47.3	0.21	–			94.03
	۳-ارتفاع بوته Stem height	-1316.6	47.9	0.20	5.30			94.42

جدول ٥- تجزیه علیت همبستگی عملکرد دانه در شرایط عدم تنش با صفات باقی‌مانده در مدل رگرسیونی گام‌به‌گام

Table 5- Path coefficient analysis of grain yield with the remaining traits in the stepwise regression model under non-stress condition

صفت Trait	اثر مستقیم Direct effect	اثر غیرمستقیم از طریق Indirect effect by 1	2	3	4	5	ضریب همبستگی با عملکرد Correlation coefficient with yield
۱- تعداد طبق در بوته No. of capitules per plant	0.02		0.017	0.27	0.48	-0.144	0.61**
۲- وزن ۱۰۰۰دانه Weight of 1000 seeds	0.16	0.003		-0.03	0.46	-0.072	0.53*
۳- شاخص برداشت Harvest index	0.90	0.009	-0.007		-0.48	0.004	0.42*
۴-عملکرد بیولوژیک Biological yield	0.99	0.012	0.070	-0.44		-0.12	0.52*
۵-تعدادساقه فرعی No. of lateral stems	-0.21	0.019	0.050	-0.02	0.59		0.40

Residual effect= 0.26 اثر باقی مانده = ۰/۲۶

** ، * به‌ترتیب معنی‌دار در سطح یک و پنج‌درصد Significant at 1% and 5% levels of probability, respectively

جدول ٦- تجزیه علیت همبستگی عملکرد دانه در شرایط تنش گل‌دهی با صفات باقی‌مانده در مدل رگرسیونی گام‌به‌گام

Table 6- Path coefficient analysis of grain yield with the remaining characters in the stepwise regression model under flowering stress condition

صفت Trait	اثر مستقیم Direct effect	اثر غیرمستقیم از طریق Indirect effect by				ضریب همبستگی با عملکرد Correlation coefficient with yield
		1	2	3	4	
۱-وزن ۱۰۰۰دانه Weight of 1000 seeds	1.82		-0.75	-0.22	0.040	0.88**
۲-شاخص برداشت Harvest index	-1.32	1.04		0.32	0.003	0.76**
۳- عملکرد بیولوژیک Biological yield	-0.82	0.500	0.51		0.050	0.23
۴- حداکثر تجمع ماده خشک Max dry weight	0.08	0.884	-0.05	-0.51		0.37
اثر باقی مانده = ۰/۳۹ Residual effect= 0.39						

** ، * به‌ترتیب معنی‌دار در سطح یک وپنج درصد Significant at 1% and 5% levels of probability, respectively

جدول ۷- تجزیه علیت همبستگی عملکرد دانه درشرایط تنش دانه‌بندی با صفات باقی‌مانده در مدل رگرسیونی گام‌به‌گام

Table 7- Path coefficient analysis of grain yield with the remaining characters in the stepwise regression model under seeding stress condition

صفت Trait	اثر مستقیم Direct effect	اثر غیرمستقیم از طریق Indirect effect by			ضریب همبستگی با عملکرد Correlation coefficient with yield
		1	2	3	
۱- شاخص برداشت Harvest index	1.60	-	-0.73	-0.23	0.64**
۲- عملکرد بیولوژیک Biological yield	-1.29	0.90	-	0.63	0.24
۳- ارتفاع بوته Plant height	1.14	-0. 32	-0.72	-	0.10
اثر باقی مانده = ۰/۴۰ Residual effect= 0.40					

** ،* به‌ترتیب معنی‌دار در سطح یک و پنج‌درصد Significant at 1% and 5% levels of probability, respectively

References

1- Abolhassani, K. H. 2003. Drought tolerance evaluation of safflower lines derived from native landraces under two irrigation regimes. M.Sc. Thesis. Isfahan University of Technology, Iran. (In Persian with English Abstract).

2- Amini, F., Saeidi, G. and Arzani, A. 2008. Relationship among seed yield and its components in genotypes of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, Water and Soil Science 12: 525-535. (In Persian with English Abstract).

3- Ashri, A. D., Zimmer, E. and Urie, A. 1977. Evaluation of the world collection of safflower for yield and yield components and their relationship. Crop Science 14: 799-802.

4- Bagheri, A., Yazdi-Samadi, B., Taeb, M. and Ahmadi, M.R. 2001. Study of correlations and relations between plant yield and quantitative and qualitative other traits in safflower. Iranian Journal of Agricultural Sciences 32(2): 295-307. (In Persian with English Abstract).

5- Dewey, D. R. and Lu, K. H. 1959. A correlation and path-coefficient analysis of components of crested wheat-grass seed production. Agronomy Journal 51: 515-518.

6- Falconer, D. S. 1998. Introduction to quantitative genetics. Ronald Press, New York.

7- Ghodrati, G. H. 2012. Investigation the relationship between yield and its components in promising lines of soybean. Crop Physiology 4 (15): 59-70. (In Persian with English Abstract)

8- Golparvar, A.R. and Ghasemi Pirbaluti, A. 2010. Evaluation of correlation and path analysis of seed and oil yield in spring safflower cultivars under normal irrigation and drought stress conditions. New Findings in Agriculture 3: 248 -259 (In Persian with English Abstract).

9- Hassanpanah, M., Nematzadeh, G. and Ghiyasi, K. 1998. Correlation between yield and yield components of wheat with some of the characters using path analysis method. Abstracts of the Fifth Congress of Agronomy and

Plant Breeding. Seed and Plant Improvement Institute, Karaj. (In Persian).
10- Khalili, M., Pour Aboughadareh, A., Naghavi, M.R. and Naseri Rad, H. 2013. Path analysis of the relationships between seed yield and some of morphological traits in safflower under normal irrigation and rain fed conditions. Technical Journal of Engineering and Applied Sciences 3(15):1692-1696.
11- Paliwal, R.V., and Solanki, Z. S. 1984. Path coefficient analysis in safflower. Madras Agricultural Journal 71(4): 257-258.
12- Purmeydany, A., Moghaddam, M., Choukan, R. and Peighambari, A. 1998. Estimation of phenotypic and genotypic correlation and path analysis of traits in early maize hybrids under normal and drought stress conditions. Abstracts of the Fifth Congress of Agronomy and Plant Breeding. Seed and Plant Improvement Institute, Karaj. (In Persian).
13- Rao, V., and Ramachandram, M. 1997. An analysis of association of yield and oil in safflower. Fourth International Safflower Conference. Bari, Italy.
14- Subbalakshmi, B. and Sivasubramanian, V. 1986. Effect of environment in the variability of characters in safflower. Madras Agricultural Journal 73(8): 450-456.
15- Tahmasebpour, B., Aharizad, S., Shakiba, M., Babazade Bedostani, A.R., and Gafari, Gh. 2011. Path analysis of seed and oil yield in safflower. International Journal of Agriculture and Crop Sciences 3(4): 114-122.
16- Winkel, A. 1989. Breeding for drought tolerance in cereals. Vortage-Fur-Pflanzenzvchtuny 16: 368-375.

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 14, No. 3, Fall. 2016, p. 427-437

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۴، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۵، ص. ۴۳۷-۴۲۷

Correlation between Traits and Path Analysis of Safflower Grain Yield under Water Stress Conditions

P. Yari[1]- A. H. Keshtkar[2*]

Received: 25-12-2014
Accepted: 27-06-2015

Introduction

Safflower is native to Iran, and is cultivated for high adaptability, low water requirement, resistance to drought and useful unsaturated fatty acid (Ashri *et al.,* 1977). Identification of effective agronomic traits and relationship between them are important aims under water stress conditions. Among these characters, grain yield is the most important trait that is genetically polygenic and its direct selection has not been effective to improve this character, while this selection method can be useful for yield components. Ashri *et al.,* (1977) by using path analysis found that seed yield variation among safflower genotypes was mostly related to diversity in 1000-seed weight and number of heads per plant under limited moisture conditions. Therefore, this study aimed to identify hidden factors that form traits, their impact on seed yield and also recognition of yield components, which playthe greatest role in determining yield under different water stress conditions.

Materials and Methods

Present research was arranged at Bu-Ali Sina University research farm during 2012. The experimental design was split plot based on randomized complete block design with three replications. The main plot was allocated to three levels of water stress including no irrigation (control), cutting irrigation from %50 flowering to ripening (flowering stress) and no irrigation from onset of seeding stage to ripening (seeding stress). Six safflower cultivars such as PI, local Ajabshir, Mec11, Faraman, local Zarghan 6 and Sina as the second factor were placed in subplots. Each plot contained of 5 rows with 5 meters length, 50 cm row spacing, 5 cm spacing on each row. At the end of the growing season, after removing marginal rows, plants were harvested at the extent of two square meters from three central rows of each plot. Then seed yield was determined in the scale of gram per square meter, and statistical analysis was performed using SAS and Minitab softwares, path analysis was also carried out using Path2 software, graphs were drawn with Excel software, and means compared by LSD test at the 5% level of probability.

Results and Discussion

The results showed that correlation coefficient of seed yield with harvest index at three moisture regimes including non-stress, flowering stress and seeding stress were respectively, 0.42^{*},$0.76^{**}$and 0.46^{**}, and seed yield with 1000 seed weight were also 0.53^{**}, 0.88^{**} and 0.43^{**} respectively. In general it can be concluded that at flowering and seeding water stress conditions, the correlation between seed yield and harvest index was greater than non-stress condition. Under flowering stress, 1000 seed weight was more affected by stress impacts and the consequence of this reduction decreased seed yield. Stepwise regression method was used to evaluate the effect of each trait on seed yield as dependent variable, and also to reduce the number of independent variables. Regression analysis of effective traits on grain yield showed that harvest index and biological yield under three water stress conditions entered into the regression model. Under non-stress condition number of capitule per plant, seed weight before harvest index and biological yield also entered into the regression model, while at flowering stress 1000 seed weight joined the model prior to harvest index and biological yield. Stepwise regression method, path analysis and correlation coefficient estimations were considered for different traits in spring safflower. Results showed that 1000-seed weight, number of seeds per plant, number of seeds per head and biological yield were suitable indicators that could genetically improve seed yield under water stress conditions (Golparvar and Ghasemi Pirbaluti, 2010). Results also indicated that biological yield (0.99) and harvest index (0.90) under non-stress condition, while 1000 seed weight (1.82) at flowering stress, and harvest index (1.60) at seeding stress condition had the highest direct effects on grain yield.

1- Former MSC student of Plant Breeding, Bu Ali Sina University, Hamedan, Iran
2- Assistant Professor in Department of Agronomy and Plant Breeding, Bu-Ali SinaUniversity, Hamedan, Iran
(*- Corresponding Author Email: akesht@gmail.com)

Conclusions

Improvement of traits that have the most direct effects on grain yield and the highest coefficient correlations with grain yield can be considered to increase safflower grain yield at each level of water stress treatments.

Keywords: Flowering stress, Harvest index, Regression model, Seeding stress