مجله علمی-پژوهشی زراعت و اصلاح نباتات
جلد ۱۳، شماره ٤، زمستان ۱۳۹٦، صفحات ۹۵-۸۵

ISSN NO: 2008-8485

بررسی روابط بین صفات و تجزیه علیت عملکرد دانه ارقام گندم زمستانه تحت شرایط نرمال و تنش خشکی

Relationship among traits and path analysis for grain yield of winter wheat cultivars under normal and drought stress conditions

اعظم زارع‌بیاتی[۱]، منوچهر خدارحمی[۲*] و خداداد مصطفوی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹٦/۰٤/۰۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹٦/۰٦/۲۰

چکیده

سودمندی هر برنامه اصلاحی با توجه به میزان ارتباط بین عملکرد دانه با عوامل مؤثر بر آن تعیین می‌شود. به همین منظور ۲۵ رقم گندم زمستانه، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۹۱-۹۰ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد کرج در دو شرایط آبیاری (آبیاری نرمال و قطع آبیاری بعد از مرحله سنبله دهی) کشت و مورد ارزیابی قرار گرفت. ۱۷ صفت زراعی اندازه‌گیری و بررسی شد. ضرایب همبستگی ساده صفات، نشان‌دهنده رابطه مثبت و معنی‌دار عملکرد دانه با صفات روز تا سنبله دهی، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت در شرایط عدم تنش و صفات مرتبط با رسیدگی، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و طول بیرون‌زدگی پدانکل در شرایط تنش خشکی بود. نتایج حاصل از رگرسیون گام‌به‌گام نیز ارتباط بین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک را تأیید کرد. برای صفات واردشده در مدل رگرسیونی گام‌به‌گام تجزیه علیت انجام شد و در هر دو شرایط نرمال و تنش بیشترین اثر مستقیم بر روی عملکرد دانه، متعلق به عملکرد بیولوژیک، بود.

واژه‌های کلیدی: گندم نان، همبستگی، رگرسیون گام‌به‌گام، تجزیه علیت.

www.iapb.kiau.ac.ir

۱-دانشجوی سابق دانشگاه آزاد اسلامی ، واحد کرج، گروه اصلاح نباتات، کرج، ایران.
۲- موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.
۳- گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کرج، کرج، ایران.
*- مکاتبه کننده E-mail: khodarahmi_m@yahoo.com

مجله علمی- پژوهشی زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کرج

مقدمه

تنش خشکی مهم‌ترین عامل محدودکننده محصولات در سیستم‌های کشاورزی در مناطق خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌شود (Debaeke and Abdellah, 2004). ازنظر فراوانی حدوث تنش خشکی، مناطق خشک و نیمه‌خشک در اولویت قرار می‌گیرند. مناطقی با بارندگی سالیانه به میزان ۲۵۰ تا ۴۵۰ میلی‌متر نیمه‌خشک محسوب می‌شوند (آذری، ۱۳۸۱). قرار گرفتن بخش‌های زیادی از ایران در کمربند خشک و نیمه‌خشک جهان از یکسو و داشتن نقش تعیین‌کننده‌ای که نزولات جوی در تأمین آب کشور بر عهده دارند (محمدی، ۱۳۹۰)، از سوی دیگر باعث شده تا گیاهان متحمل به تنش خشکی تولید شوند. گندم یکی از مهم‌ترین گیاهان استراتژیک جهان می‌باشد و بیش از ۵۵ درصد کالری و ۴۵ درصد پروتئین مورد نیاز جمعیت را تشکیل می‌دهد که در طول سال‌های اخیر پیشرفت‌های قابل‌ملاحظه‌ای را در همه زمینه‌ها داشته است (Tajbakhsh and Poor-Mirza, 2004). عملکرد دانه یک صفت کمی است که توسط تعداد زیادی از ژن‌ها کنترل می‌شود و وراثت‌پذیری این صفت به دلیل اثر متقابل ژنوتیپ و محیط بسیار پائین می‌باشد، بنابراین ممکن است انتخاب بخصوص در نسل‌های اولیه بر اساس عملکرد دانه چندان مؤثر نباشد (Richards, 1996)، لذا تجزیه ضرایب همبستگی بین صفات مختلف با عملکرد دانه اهمیت نسبی این صفات و ارزش آن‌ها را به‌عنوان ملاک انتخاب جهت عملکرد دانه مشخص می‌کند. از سوی دیگر تجزیه رگرسیون گام‌به‌گام با حذف صفات غیر مؤثر یا کم اثر در مدل رگرسیونی بر روی صفت عملکرد دانه، تنها صفاتی را که میزان قابل‌توجهی از تغییرات عملکرد را توجیه می‌کنند، انتخاب می‌کند. همچنین تجزیه علیت که درواقع روش رگرسیون جزء برای تفکیک واکنش‌های همبسته با عملکرد دانه به اثرات مستقیم و غیرمستقیم است، اطلاعات سودمندی را برای دستیابی به سطوح بالای عملکرد گندم در مطالعات بعدی فراهم می‌آورد (چالیش و هوشمند، ۱۳۹۰). طبق نظر فیشر معیار مقاومت به خشکی، وضعیت عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی است (Ficher and Mourer, 1987). و انتخاب بر اساس عملکرد ژنوتیپ‌ها در هر دو شرایط وجود و عدم وجود تنش انتخاب ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا را موجب می‌شود. انتخاب در شرایط بدون تنش به دلیل بالا بودن وراثت‌پذیری عملکرد حداکثر است ولی تنش خشکی در مرحله گرده‌افشانی، وزن دانه، پروتئین و تعداد دانه در سنبله را کاهش می‌دهد و این پدیده نشان‌دهنده این است که گندم به تنش خشکی در مرحله بعد از گرده‌افشانی حساس است (Garuzzi, *et al*., 1997). هدف از این تحقیق، ارزیابی روابط بین صفات مؤثر بر عملکرد دانه، تعیین سهم نسبی آن‌ها و بررسی روابط علت و معلولی بین آن‌ها می‌باشد. طبق نظر بلوم و همکاران (Blum *et al*., 1983) و آنیچیاریکو و پستی (Annicchiarico and Pecetti, 1995) همبستگی صفات مورد بررسی با عملکرد دانه از نظر کاربردی مهم‌ترین هدف هر برنامه اصلاحی است.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال زراعی ۱۳۹۱-۱۳۹۰ در مزرعه دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی کرج در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار و در دو شرایط آبیاری (نرمال و قطع آبیاری در مرحله ظهور سنبله) با ۲۵ رقم تجاری گندم نان مورد اجرا قرار گرفت. مزرعه در ارتفاع ۱۳۲۱ متر از سطح دریا قرار داشته و در طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۱۰ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۸ دقیقه شمالی واقع‌شده است (دهقان و همکاران، ۱۳۸۶). ارقام مورد مطالعه شامل ۲۵ رقم گندم نان متعلق به مناطق زمستانه بودند (جدول ۱) که به‌منظور بررسی ارتباط عملکرد دانه با سایر عوامل مؤثر بر آن و اهمیت نسبی هریک از آن‌ها از نظر صفات مورفولوژیک، فیزیولوژیک و صفات مرتبط با عملکرد مورد ارزیابی قرار گرفتند. آزمایش، در دو قطعه زمین مستقل به فاصله ۵ متر از یکدیگر اجرا شد و هر ژنوتیپ بر روی دو پشته که هر پشته شامل ۲ خط به طول ۲ متر با فاصله خطوط ۲۰ سانتی‌متر بودند، کشت شد. اولین آبیاری بعد از کاشت انجام شد. آبیاری‌های بعدی نیز با توجه به میزان بارندگی و شرایط جوی و نیاز گیاه صورت گرفت. لازم به ذکر است، به‌منظور بررسی اثر تنش خشکی آخر فصل بر روی صفات مربوطه در مرحله‌ی بعد از ظهور سنبله، آبیاری در آزمایش تحت تنش قطع شد. در این تحقیق صفات تعداد روز تا سنبله دهی، گرده‌افشانی، رسیدگی فیزیولوژیک، رسیدگی کامل، تعداد دانه در سنبله، طول پر شدن دانه، سرعت پر شدن دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، وزن هزار دانه،

www.japb.kiau.ac.ir

عملکرد دانه و صفات مرتبط با ارتفاع اندازه‌گیری شد. از تجزیه همبستگی صفات جهت شناخت روابط بین آن‌ها و استفاده مؤثر در برنامه‌های اصلاحی استفاده شد. به‌منظور تعیین سهم اثر تجمعی صفات در تعیین عملکرد دانه در هر دو شرایط تنش و عدم وجود تنش از روش تجزیه رگرسیون گام‌به‌گام استفاده شد. پس از تعیین این صفات، برای بررسی روابط علّی و نحوه تأثیر صفات بر روی عملکرد بوته از روش تجزیه علیت استفاده گردید. محاسبه‌های آماری مورد نظر توسط نرم‌افزارهای SAS، PATH و Excel، انجام گرفت.

جدول ۱- نام و شماره ارقام مورد مطالعه

Table 1. Name and number Varieties of study

نام ارقام	شماره ارقام	نام ارقام	شماره ارقام
سبلان	14	گاسپارد	1
آذر۲	15	گاسکوژن	2
کاوه	16	میهن	3
کرج۳	17	زارع	4
کرج۲	18	اروم	5
بزوستایا	19	شهریار	6
اینیا	20	توس	7
کراس شاهی	21	زرین	8
روشن	22	مهدوی	9
امید	23	الموت	10
شاهپسند	24	الوند	11
سرداری	25	MV17	12
		نوید	13

نتایج و بحث

همبستگی فنوتیپی برای صفات اندازه‌گیری شده با استفاده از ضریب همبستگی پیرسون صورت گرفت. همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، در شرایط بدون تنش همبستگی مثبت و معنی‌دار بین عملکرد دانه و شاخص برداشت (۰/۸۲) دارای بیشترین میزان همبستگی بود که نشان می‌دهد هرچه شاخص برداشت افزایش یابد عملکرد دانه نیز افزایش خواهد یافت و این نتیجه کاملاً طبیعی است زیرا شاخص برداشت از عملکرد دانه به دست می‌آید. همچنین همبستگی مثبت و معنی‌دار عملکرد دانه با عملکرد بیولوژیک با نتایج بسیاری از محققین از جمله حسین پور و همکاران مطابقت دارد (حسین پور، ۱۳۸۲) که این می‌تواند به دلیل اثرات مثبت سایر صفات بر عملکرد بیولوژیک باشد.

صفات روز تا سنبله‌دهی، گرده‌افشانی و رسیدگی فیزیولوژیک همبستگی منفی و معنی‌داری با عملکرد دانه در هر دو شرایط وجود و عدم وجود تنش داشتند. با توجه به این‌که گیاه دوران رشد و نمو خود را سریع‌تر انجام می‌دهد تا به دوران بحران کم‌آبی گرفتار نیاید این نتیجه کاملاً منطقی و قابل‌انتظار است. از سوی دیگر هر چه تعداد روز تا سنبله دهی، گرده‌افشانی، رسیدگی فیزیولوژیک و رسیدگی کامل افزایش یابد عملکرد دانه کاهش می‌یابد. . دستفال و همکاران (۱۳۹۰) و قادری و همکاران (۱۳۸۸) نیز همبستگی منفی و معنی‌دار بین عملکرد دانه و تعداد روز تا سنبله دهی و رسیدگی را گزارش کرده‌اند که نشان می‌دهد ژنوتیپ‌هایی که زودتر وارد مرحله سنبله دهی و به دنبال آن رسیدگی می‌شوند، یا به اصطلاح زودرس‌تر هستند عملکرد بهتری دارند. این برتری زمانی چشم‌گیرتر است که تنش خشکی پس از سنبله دهی اتفاق افتد. بنابراین زودرسی در برنامه‌های به نژادی برای تحمل به خشکی بسیار با اهمیت می‌باشد. سایر ضرایب همبستگی بین صفات و اجزاء در جدول ۲ آمده است. همچنین در شرایط تنش خشکی بیشترین همبستگی مثبت و معنی‌دار عملکرد دانه به ترتیب متعلق به شاخص برداشت (۰/۷۳)، طول بیرون آمدگی پدانکل (۰/۶۵) و عملکرد بیولوژیک (۶۰/۰) می‌باشد (جدول ۳). این نتایج با برخی از نتایج کوچکی و همکاران (۱۳۸۵) و نیکخواه (۱۳۸۷) مطابقت دارد. در این آزمایش بین عملکرد و اجزای آن همبستگی مشاهده نشد، با توجه به گزارش‌های محققین دیگر مشخص می‌شود که تعیین نقش اجزای عملکرد دانه در عملکرد، احتمالاً به ژنوتیپ‌های مورد بررسی و شرایط محیطی بستگی دارد و گاهی اوقات ممکن است همبستگی بین عملکرد و اجزای آن وجود نداشته باشد (ناروئی راد و همکاران، ۱۳۸۵). جهت حذف صفات غیر مؤثر یا کم اثر در مدل رگرسیونی بر روی صفت عملکرد دانه از رگرسیون گام‌به‌گام استفاده شد. برای این منظور تجزیه رگرسیون به روش stepwise به صورتی که صفت عملکرد به‌عنوان متغیر وابسته و باقی صفات به‌عنوان صفات مستقل بودند، انجام گردید. بر اساس این مطالعه در شرایط نرمال (جدول ۴) به ترتیب صفات ارتفاع بوته، عملکرد بیولوژیک و طول پدانکل وارد مدل شدند که در نهایت صفات واردشده به مدل ۸۱/۷۸ درصد از تغییرات عملکرد دانه را توجیه نمودند.

www.japb.kiau.ac.ir

جدول۲- ضرایب همبستگی بین صفات تحت شرایط آبیاری نرمال

Table 2. Phenotypic correlation coefficients among traits under normal irrigation conditions

17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
																	۱-تعداد روز تا سنبله دهی Heading Date
																0.94**	۲- تعداد روز تا گرده‌افشانی Anthesis Date
															0.83**	0.77**	۳- روز تا رسیدگی فیزیولوژیک Physiological Maturity
														0.15	-0.42*	-0.42*	۴- طول پر شدن دانه Grain Filling Period
													0.23	-0.26	-0.36	-0.26	۵- سرعت پر شدن دانه Grain Filling Rate
												-0.06	0.27	0.91**	0.83**	0.76**	۶- تعداد روز تا رسیدگی کامل Number of Maturity
											0.10	-0.37	0.57**	0.36	0.01	-0.07	۷- تعداد دانه در سنبله Number of Grain in Spike
										-0.61**	-0.07	0.92**	-0.17	-0.33	-0.21	-0.10	۸- وزن هزار دانه Thousand Kernel Weight
									0.21	-0.11	-0.17	0.06	-0.34	-0.25	-0.04	-0.20	۹- عملکرد بیولوژیک Biological Yield
								-0.01	-0.08	0.52**	-0.38	0.17	0.61**	-0.21	0.53**	-0.52**	۱۰- شاخص برداشت Harvest Index
							-0.30	0.53**	0.10	-0.28	0.05	-0.01	-0.24	-0.11	0.03	-0.09	۱۱- تعداد سنبله در مترمربع Number of Spike in per m^2
						0.16	-0.21	0.21	-0.24	0.19	0.12	-0.23	-0.0006	0.11	0.11	-0.03	۱۲- طول سنبله Spike Length
					0.15	0.32	0.20	0.43*	0.34	-0.22	-0.53**	0.33	0.01	-0.64**	-0.60**	-0.65**	۱۳- طول بیرون آمدگی پدانکل Peduncle Extrusion Length
				0.73**	0.54**	0.43*	-0.27	0.38	0.28	-0.35	-0.24	0.18	-0.26	-0.43*	-0.25	-0.30	۱۴- طول پدانکل Peduncle Length
			0.74**	0.46*	0.27	0.49*	-0.60**	0.34	0.47*	-0.70**	-0.04	0.28	-0.44*	-0.33	-0.06	-0.10	۱۵- طول میانگره دوم Penultimate Length
		0.86**	0.77**	0.30	0.51**	0.45*	-0.71**	0.35	0.29	-0.53**	0.08	0.05	-0.58**	-0.19	0.15	0.11	۱۶- ارتفاع گیاه Plant Height
	-0.39	-0.33	-0.01	0.40*	-0.04	0.05	0.82**	0.56**	0.02	0.37	-0.41*	0.14	0.30	-0.30	-0.44*	-0.53**	۱۷- عملکرد دانه Grain Yield

*, **, significant at 1 & 5%probability level, ns: Non-significant

* و ** معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد. n.s: عدم معنی‌داری

www.iapb.kiau.ac.ir

جدول ۳- ضرایب همبستگی فنوتیپی بین صفات تحت شرایط تنش خشکی

Table 3. Phenotypic correlation coefficients among traits under drought stress conditions

17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
																	۱-تعداد روز تا سنبله دهی Heading Date
																0.90**	۲- تعداد روز تا گرده‌افشانی Anthesis Date
															0.72**	0.75**	۳- روز تا رسیدگی فیزیولوژیک Physiological Maturity
														0.30	-0.45*	-0.27	۴- طول پر شدن دانه Grain Filling Period
													0.46*	-0.002	-0.34	-0.13	۵- سرعت پر شدن دانه Grain Filling Rate
												-0.11	0.21	0.93**	0.72**	0.76**	۶- تعداد روز تا رسیدگی کامل Number of Maturity
											0.19	-0.21	0.59**	0.24	-0.21	0.18	۷- تعداد دانه در سنبله Number of Grain in Spike
										-0.54**	-0.25	0.89**	0.005	-0.18	-0.17	-0.03	۸- وزن هزار دانه Thousand Kernel Weight
									0.08	-0.25	-0.37	-0.11	-0.40*	-0.42*	-0.10	-0.24	۹- عملکرد بیولوژیک Biological Yield
								-0.08	0.19	0.44*	-0.41*	0.36	0.42*	-0.40*	-0.68**	-0.59**	۱۰- شاخص برداشت Harvest Index
							-0.28	0.37	0.13	-0.58**	0.06	-0.20	-0.69**	-0.07	0.43*	0.34	۱۱- تعداد سنبله در مترمربع Number of Spike in per m^2
						0.22	-0.18	0.12	-0.25	-0.03	-0.06	-0.31	-0.18	-0.15	-0.01	-0.12	۱۲- طول سنبله Spike Length
					0.16	-0.04	0.45*	0.48*	0.07	0.06	-0.67**	0.03	-0.02	-0.70**	-0.64**	-0.72**	۱۳- طول بیرون آمدگی پدانکل Peduncle Extrusion Length
				0.83**	0.31	0.34	0.10	0.67**	0.08	-0.25	-0.54**	-0.13	-0.42*	-0.63**	-0.29	-0.44*	۱۴- طول پدانکل Peduncle Length
			0.81**	0.53**	0.23	0.41*	-0.20	0.55**	0.25	-0.51**	-0.38	-0.03	-0.53**	-0.45*	-0.04	-0.17	۱۵- طول میانگره دوم Penultimate Length
		0.74**	0.67**	0.28	0.43*	0.60**	-0.51**	0.65**	-0.03	-0.56**	-0.23	-0.36	-0.72**	-0.33	0.21	0.05	۱۶- ارتفاع گیاه Plant Height
	-0.05	0.14	0.44*	0.65**	-0.09	-0.05	0.73**	0.60**	0.17	0.26	-0.53**	0.24	0.16	-0.55**	-0.63**	-0.64**	۱۷- عملکرد دانه Grain Yield

*, ** significant at 1 & 5%probability level, ns: Non-significant

* و ** معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد.n.s: عدم معنی‌داری

www.iapb.kiau.ac.ir

مدل نهایی رگرسیون در شرایط آبیاری نرمال عبارت است از:

$$Y = 1.123 - 0.049X_1 + 0.393X_2 + 0.084X_3$$

X1 = ارتفاع کل

X2 = عملکرد بیولوژیک

X3 = طول پدانکل

همچنین در شرایط تنش خشکی (جدول۵) به ترتیب صفات طول بیرون آمدگی پدانکل، ارتفاع بوته و عملکرد بیولوژیک وارد مدل شدند که ۸۳/۳۷ درصد از تغییرات عملکرد دانه را توجیه نمودند.

مدل نهایی رگرسیون در شرایط تنش خشکی عبارت است از:

$$Y = 1.344 + 0.057X_1 - 0.029X_2 + 0.328X_3$$

X1 = طول بیرون آمدگی پدانکل

X2 = ارتفاع کل

X3 = عملکرد بیولوژیک

زارعی و همکاران (۱۳۹۰) با مطالعه بر روی ۸۱ ژنوتیپ گندم بومی ایران به همراه چهار شاهد گزارش کردند که صفات شاخص برداشت، عملکرد بیولوژیک و محتوای کلروفیل در مرحله گرده‌افشانی به ترتیب وارد مدل شدند. امینی و همکاران (۲۰۰۵) در تحقیق بر روی گندم‌های بومی، گزارش نمودند که دو صفت عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت صفاتی هستند که در تجزیه رگرسیونی گام‌به‌گام وارد مدل شده و درصد بالایی از عملکرد را توجیه می‌کنند. گل پرور و همکاران (۱۳۸۶) با انجام تجزیه رگرسیون بر روی ۳۲۰ ژنوتیپ گندم نان به همراه ۲ شاهد، عنوان کردند که در شرایط نرمال سه صفت و در شرایط تنش پنج صفت وارد مدل شدند که به ترتیب ۹۶/۵ و ۹۷/۸ درصد از تغییرات عملکرد دانه گیاه را توجیه نمودند. ملکی و همکاران (۱۳۸۸)، نیز با انجام رگرسیون چندگانه به روش گام‌به‌گام به این نتیجه رسیدند که صفات تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبلچه در سنبله و در نهایت وزن هزار دانه بیشترین همبستگی و تأثیر را با عملکرد دانه داشته و درمجموع این صفات تحت شرایط تنش و عدم وجود تنش به ترتیب ۹۳ و ۹۶ درصد از تغییرات عملکرد دانه را توجیه نمودند. جهت بررسی روابط علت و معلولی سایر صفات با عملکرد دانه، صفات بی‌تأثیر یا کم تأثیر از مدل حذف‌شده و تجزیه علیت برای عملکرد دانه گیاه و بر طبق صفاتی که وارد مدل رگرسیونی شده بودند، انجام پذیرفت (شکل ۱). بر اساس جدول ۶ مشاهده می‌شود که در شرایط نرمال عملکرد بیولوژیک بیشترین اثر مستقیم و مثبت ($p = 0.724$) را بر عملکرد دانه دارد. یعنی در صورت ثابت بودن سایر متغیرها، با افزایش عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه افزایش می‌یابد. اثر غیرمستقیم عملکرد بیولوژیک از طریق صفت طول پدانکل بر روی عملکرد دانه مثبت و کم می‌باشد اما اثر غیرمستقیم عملکرد بیولوژیک از طریق صفت ارتفاع بوته منفی و کم می‌باشد. در نهایت جمع اثرات عملکرد بیولوژیک بر روی عملکرد دانه ۰/۵۵۹ می‌باشد، درنتیجه می‌توان این صفت را به‌عنوان یک صفت مؤثر جهت انتخاب برای افزایش عملکرد مورد توجه قرارداد. اثر مستقیم صفت طول پدانکل با عملکرد دانه ($p = 0.525$) مثبت می‌باشد، ولی اثر غیرمستقیم این صفت از طریق ارتفاع بوته بر روی عملکرد منفی و از طریق صفت عملکرد بیولوژیک مثبت می‌باشد. در نهایت اثرات کل طول پدانکل بر روی عملکرد

منفی اما جزئی می‌باشد. اثر مستقیم صفت ارتفاع بوته با عملکرد دانه ($p = -1.055$) منفی می باشد ولی اثر غیرمستقیم آن از طریق عملکرد بیولوژیک و طول پدانکل بر عملکرد مثبت می‌باشد و در نهایت جمع اثرات ارتفاع بوته بر روی عملکرد منفی می‌باشد. همچنین در آزمایش تنش خشکی (شکل ۲) مشاهده شد که صفت عملکرد بیولوژیک در شرایط خشکی بزرگ‌ترین اثر مستقیم مثبت ($p= 0.852$) را، بر روی عملکرد دانه دارد و نشان می‌دهد که در صورت ثابت بودن سایر متغیرها با افزایش عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه نیز افزایش می‌یابد. همین‌طور اثر مثبت عملکرد بیولوژیک از طریق طول بیرون آمدگی پدانکل و اثر غیرمستقیم منفی آن از طریق ارتفاع بوته بر روی عملکرد اعمال می‌شود. دومین اثر مستقیم و مثبت بر روی عملکرد از طریق طول بیرون آمدگی پدانکل ($p = 0.445$) اعمال می‌شود و اثر غیرمستقیم آن از طریق عملکرد بیولوژیک مثبت ولی از طریق ارتفاع بوته منفی می‌باشد. همان‌طور که در شرایط نرمال نیز مشاهده شد اثر مستقیم ارتفاع بوته ($p = 0.729$) بر عملکرد دانه منفی، اما اثر غیرمستقیم آن از طریق عملکرد بیولوژیک و طول بیرون آمدگی پدانکل مثبت می‌باشد (جدول ۷). فروزانفر و همکاران (۱۳۹۰) با انجام تجزیه علیت مشخص نمودند که در محیط بدون تنش صفات وزن سنبله اصلی، ارتفاع بوته، تعداد

www.japb.kiau.ac.ir

سنبله بارور، وزن هزار دانه و تعداد پنجه اهمیت بیشتری دارند ولی در محیط دارای تنش، صفات تعداد سنبله بارور و وزن هزار دانه از اهمیت بیشتری برخوردارند. گل‌پرور و همکاران (۱۳۸۶) و حکیمی پور و همکاران (۱۳۸۹) نیز در تجزیه علیت صفات واردشده به مدل رگرسیونی بر روی عملکرد، رابطه مستقیم مثبت و بالایی بین صفت عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه مشاهده نمودند. محمدی اقدم و همکاران (۱۳۹۰) با انجام تجزیه علیت گزارش نمودند، صفات وزن هزار دانه، تعداد دانه در سنبله و تعداد سنبله در مترمربع با اثر مستقیم مثبت بر روی عملکرد دانه، حدود ۹۳/۲ درصد تغییرات این صفت را تبیین کردند.

نتیجه‌گیری کلی

به‌طورکلی در هر دو شرایط تنش و عدم وجود تنش تنوع بین ارقام مشاهده شد که می‌تواند برای گزینش ارقام و ژنوتیپ‌های مطلوب و پیشبرد فرآیندهای اصلاحی مورد استفاده قرار گیرد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، با توجه به وجود همبستگی معنی‌دار بین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک از یک‌سو، نتایج رگرسیون و وارد شدن عملکرد بیولوژیک و ارتفاع بوته در هر دو شرایط آزمایش و همچنین دارا بودن بیشترین اثر مستقیم عملکرد بیولوژیک بر عملکرد دانه می‌توان نتیجه گرفت که این صفت دارای بیشترین اثر مثبت بر روی عملکرد دانه بوده و با افزایش عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه نیز افزایش می‌یابد.

جدول ۴- تجزیه رگرسیون گام‌به‌گام عملکرد دانه (متغیر وابسته) با سایر صفات (متغیرهای مستقل) در شرایط آبیاری نرمال

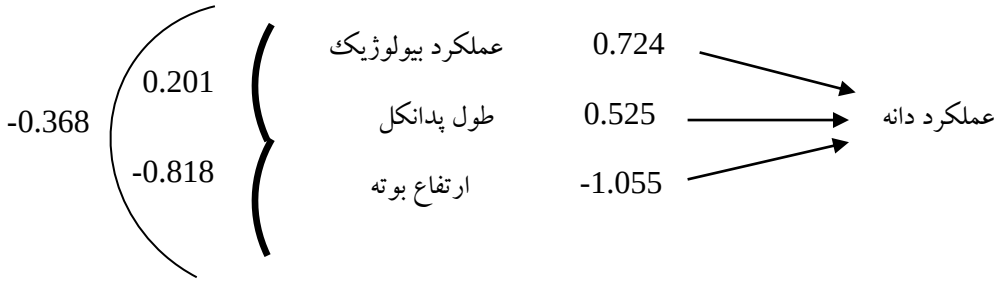
Table 4. Step-wise regression analysis of grain yield (dependent variable) with the other traits (independent variables) in normal irrigation conditions

صفات واردشده در مدل Traits input To the model	ضریب رگرسیون Regression Cofficient	خطای استاندارد	ضریب تبیین R^2	F	Pr
ارتفاع گیاه X_1 = Plant Height	-0.049	0.055	0.397	30.04	0.0037
عملکرد بیولوژیک X_2 = Biological Yield	0.393	0.007	0.709	10.42	<0.0001
طول پدانکل X_3 = Peduncle length	0.084	0.024	0.818	12.53	0.0019

جدول ۵- تجزیه رگرسیون گام‌به‌گام عملکرد دانه (متغیر وابسته) با سایر صفات (متغیرهای مستقل) در شرایط تنش خشکی

Table 5. Step-wise regression analysis of grain yield (dependent variable) with the other traits (independent variables) in drought stress conditions

صفات واردشده در مدل Traits input To the model	ضریب رگرسیون Regression Cofficient	خطای استاندارد	ضریب تبیین R^2	F	Pr
طول بیرون‌آمدگی پدانکل X_1 = Peduncle Extrusion length	0.057	0.013	0.423	16.86	0.0004
ارتفاع گیاه X_2 = Plant Height	-0.029	0.004	0.729	38.70	<0.0001
عملکرد بیولوژیک X_3 = Biological Yield	0.328	0.049	0.834	4.84	0.0386



شکل (۱) دیاگرام ضرایب علیت در شرایط آبیاری نرمال

www.iapb.kiau.ac.ir

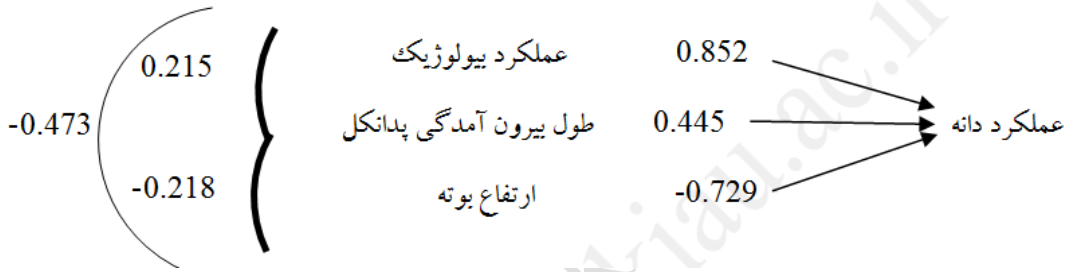
جدول ۶- تجزیه ضرایب همبستگی صفات به اثرات مستقیم و غیرمستقیم برای عملکرد دانه (تجزیه علیت) در شرایط آبیاری نرمال

Table 6. Correlation coefficients analysis to direct and indirect effects for grain yield (PATH analysis) in normal irrigation conditions

صفت Trait	اثر مستقیم Direct effect	اثرات غیرمستقیم Indirect effect			ضرایب همبستگی با عملکرد دانه Correlation Coefficients with Gran Yield	جمع اثرات Sum of effects
		X3	X2	X1		
عملکرد بیولوژیک X_1 = Biological Yield	0.724	-0.368	0.201	-	0.558**	0.559
طول پدانکل X_2= Peduncle Length	0.525	-0.818	-	0.277	-0.014	-0.015
ارتفاع بوته X_3 = Plant Height	-1.055	-	0.407	0.252	-0.395	-0.396

** significant at 1% probability level

** معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد



شکل ۲. دیاگرام ضرایب علیت در شرایط تنش خشکی

جدول ۷- تجزیه ضرایب همبستگی صفات به اثرات مستقیم و غیرمستقیم برای عملکرد دانه (تجزیه علیت) در شرایط تنش خشکی

Table 7. Correlation coefficients analysis to direct and indirect effects for grain yield (PATH analysis) in drought stress conditions

صفت Trait	اثر مستقیم Direct effect	اثرات غیرمستقیم Indirect effect			ضرایب همبستگی با عملکرد دانه Correlation Coefficients with Gran Yield	جمع اثرات Sum of effects
		X3	X2	X1		
عملکرد بیولوژیک X_1 = Biological Yield	0.852	-0.473	0.215	-	0.596**	0.596
طول بیرون آمدگی پدانکل X_2= Peduncle Extrusion Length	0.445	-0.208	-	0.411	0.650**	0.649
ارتفاع بوته X_3 = Plant Height	-0.729	-	0.127	0.552	-0.049	-0.049

** Significant at 1% probability level

** معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد.

www.iapb.ir-iau.ac.ir

فهرست منابع **References**

آذری، ک. م. ۱۳۸۱. اثر خشکی بر روی عملکرد و اجزای عملکرد سه رقم ذرت در مغان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد زراعت. دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز. شماره ۳۰۷.

چالیش، ل. و س. ا. هوشمند. ۱۳۹۰. برآورد وراثت‌پذیری و ارتباط بین برخی صفات گندم دوروم با استفاده از لاین‌های خالص نوترکیب. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی، جلد ۴. شماره ۲. ص: ۲۲۳-۲۳۸.

حسین پور، ت.، ا. سیادت، و م. بهاری. ۱۳۸۲. تجزیه علیت ویژگی‌های زراعی برای عملکرد دانه و گندم تحت شرایط خشکی، مجله علمی کشاورزی، ۱۱۸-۲۶، ۱، ۱۰۵.

حکیمی پور، ا.، خ. مصطفوی، و ع. نبی پور. ۱۳۸۹. بررسی برخی صفات زراعی و مورفولوژیک گندم نان با استفاده از روش‌های آماری چند متغیره، پایان‌نامه کارشناسی ارشد اصلاح نباتات، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کرج.

دستفال، م.، و. براتی، ی. امام، ح. حقیقت نیا و م. رمضان پور. ۱۳۹۰. ارزیابی عملکرد دانه و اجزای آن در ژنوتیپ‌های گندم در شرایط تنش خشکی انتهای فصل در منطقه داراب. مجله به زراعی نهال و بذر، جلد ۲-۲۷. شماره ۲. ص ۱۹۵-۲۱۷.

زارعی، س.، ا. امینی، س. محفوظی و م. ر. بی‌همتا. ۱۳۹۰. مطالعه تنوع ژنتیکی صفات زراعی و مورفوفیزیولوژیک گندم‌های بومی ایران در شرایط تنش خشکی. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی. جلد ۴. شماره ۴. ص: ۱۲۳-۱۳۸.

فروزانفر، م.، م. ر. بی‌همتا، س. ع. پیغمبری، و ح. زینالی. ۱۳۹۰. ارزیابی ارقام گندم نان تحت شرایط نرمال و تنش خشکی از نظر صفات زراعی. نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار. جلد ۲۱. شماره ۳.

قادری، م. ق.، ح. زینالی خانقاه، ع. ه. حسین‌زاده، ع. ر. طالعی، و م. ر. نقوی. ۱۳۸۸. ارزیابی روابط عملکرد دانه، اجزای عملکرد و سایر خصوصیات مرتبط با عملکرد دانه در گندم نان با استفاده از تجزیه‌وتحلیل چند متغیره. مجله پژوهش‌های زراعی ایران. جلد ۷. شماره ۲. ص ۵۸۲-۵۷۳.

کوچکی، ا. ر.، ا. یزدان سپاس و ح. ر. نیکخواه. ۱۳۸۵. اثر تنش خشکی آخر فصل روی عملکرد دانه و برخی صفات مورفولوژیکی در ژنوتیپ‌های گندم.

گل‌پرور، ا. ر.، ح. مدنی، و م. رسولی. ۱۳۸٦. ارتباط بین عملکرد و اجزای آن در ژنوتیپ‌های گندم نان (*Triticum aestivum* L.) تحت شرایط تنش و بدون تنش خشکی. مجله یافته‌های نوین کشاورزی. سال دوم. شماره ۲. ص: ۱۵۱-۱۵۹.

محمدی اقدم، م. ع.، ص. نصراله‌زاده، و س. ا. ق. محمدی. ۱۳۹۰. ارزیابی عملکرد و اجزای عملکرد در جمعیت لاین‌های اینبرد نوترکیب گندم نان حاصل از تلاقی ارقام زاگرس و نورستار. نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار. جلد ۲۱. شماره ۴. ص: ۲۹-۳۹.

محمدی، ب. ۱۳۹۰. تحلیل روند بارش سالانه ایران. مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی. سال ۲۲. شماره پیاپی ۴۳. شماره ۳. ص: ۱۰۶-۹۵.

ملکی، ع.، ف. بابائی، و پ. سیدان. ۱۳۸۸. تعیین صفات مؤثر بر افزایش عملکرد در پنج رقم گندم نان تحت شرایط تنش خشکی. مجله پژوهش در علوم زراعی. سال دوم. شماره ۵.

www.iapb.kiau.ac.ir

ناروئی راد، م. ح.، م. فرزانجو، ح. ر. فنایی، ع. ر. ارجمندی نژاد، ا. قاسمی و م. ر. پل‌شکن پهلوان. ۱۳۸۵. بررسی تنوع ژنتیکی و تجزیه به عامل‌ها برای صفات مورفولوژیک توده‌های بومی گندم سیستان و بلوچستان. مجله پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی. شماره ۷۳. ص: ۵۷-۵۰.

نیکخواه، ح. ر. ۱۳۷۸. ارزیابی و مطالعه توارث پذیری مقاومت به خشکی در گندم نان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته اصلاح نباتات. دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران.

Amini, A., M. Esmailzade-Moghadam., and M. Vahabzadeh. 2005. Genetic diversity based on agronomic performance among Iranian wheat landraces under moisture stress. The 7th International Wheat Conference. Nov. 27, Dec 2, 2005. Mardel Plata. Argentina.

Annicchiarico, P., and L. Peccetti. **1995.** Morpho-physiologycal traits to complement grain yield selection under semi-arid Mediterranean conditions in each of the durum wheat type's Mediterranean typicum and syriacum, Euphytica. 86: 191-198.

Blum, A., J. Mayer., and G. Gozlan. **1983.** Association between plant production and some physiological components of drought resistance in wheat. Plant Cell and Environ, 6: 219-225. Bray, E. A. 1997, Plant response to water deficit trends. Plant Sci. 2: 48-54.

Deabeaeke, P., and Abdellah, A. 2004. Adaptation of crop management to water limited environments. European Journal of Agronomy 21: 433-446.

Ficher, R. A., and R. Mourer. **1987.** Drought resistance in spring wheat cultivars III, yield yield responses. Australian J. of Agri. Research. 29: 897-912.

Garuzzi, P. R., Dalumbo, M., Gampani le, R. G., Ricciarid, G. L., and Borgh. 1997. Evaluation of field and laboratory predictor of drought and heat tolerance in winter cereals. Can. J. Sci. 77: 523-531.

Ricards, R. A. 1996. Defining selection criteria improve yield under deought. Plant Growth Regulation. 20: 157-166.

www.iapb.kpu.ac.ir

ISSN NO: 2008-8485

Journal of Agronomy and Plant Breeding
Vol 13. No. 4, 2017

Relationship among traits and path analysis for grain yield of winter wheat cultivars under normal and drought stress conditions

A.Zarebayati[1], M. Khodarahmi[2*], K. Mostafavi[3]

Received date: 30 June 2017 Accepted date: 11 Sep 2017

Abstract

The usefulness of any corrective program is determined by the relationship between the grain yield and the factors affecting it. For this purpose, 25 winter wheat cultivars were planted and evaluated in a randomized complete block design with three replications in a field experiment at the Faculty of Agriculture, Karaj Azad University, Karaj, Iran under two irrigation conditions (normal irrigation and irrigation after the spike stage). 17 traits were measured and evaluated. Simple correlation coefficients of traits indicated a positive and significant correlation between grain yield and days to flowering, biological yield and harvest index in normal conditions, and traits related to rooting, biological yield, harvest index and peduncle outflow length in drought stress conditions. The results of stepwise regression confirmed the relation between grain yield and biological yield. Path analysis was performed for the traits introduced in the stepwise regression model and in both normal and stress conditions the most direct effect on grain yield had belonged to biological yield.

Keywords: Bread Wheat, Correlation, Stepwise Regression, Path Analysis.

www.iapb.kiau.ac.ir

1- Department of Agronomy and Plant Breeding, Young Researchers and Elite Club, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran.
2- Seed and Plant Improvement Institute (SPII), Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran
3- Associated Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran.
*- Corresponding author: khodarahmi_m@yahoo.com

Iranian Journal of Agronomy & Plant Breeding Islamic Azad University, Karaj Branch