

ارزیابی روابط بین صفات در ژنوتیپ‌های گندم زمستانه تحت شرایط تنش رطوبتی انتهای فصل

اسماعیل محمودی^۱، سلیمان محمدی^۲، جلال صبا^۳، حمزه حمزه^{۴*} و محمد رضایی^۲

۱- به ترتیب کارشناس ارشد اصلاح نباتات و دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان،
۲- استادیار پژوهش مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان غربی، ۴- مربی آموزشی دانشگاه پیام نور مهاباد

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۷/۷ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۱۲/۵)

چکیده

به منظور شناسایی و درک روابط بین صفات مهم زراعی در گندم، ۱۸ لاین امید بخش گندم زمستانه همراه با دو رقم شاهد در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار تحت شرایط تنش رطوبتی آخر فصل در ایستگاه‌های تحقیقات کشاورزی میاندوآب و همدان در سال زراعی ۸۶-۸۵ مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که بیشترین ضریب تغییرات فنوتیپی مربوط به صفت بیوماس بود. عملکرد دانه با بیوماس ($0/66^{**}$)، وزن هزاردانه ($0/66^{**}$) و ارتفاع بوته ($0/30^{**}$) همبستگی مثبت و معنی‌دار نشان داد. با انجام تجزیه رگرسیون گام به گام مشخص شد که صفات بیوماس، وزن هزار دانه و روز تا رسیدگی بیشترین تغییرات موجود در عملکرد دانه ($R^2=77/2$) را تبیین نمودند. نتایج تجزیه علیت نیز نشان داد که بیشترین اثر مستقیم مثبت و معنی‌دار روی عملکرد دانه به ترتیب مربوط به صفات بیوماس ($0/60^{**}$) و وزن هزار دانه ($0/36^{**}$) بود، در حالی که صفت روز تا رسیدگی بیشترین اثر مستقیم منفی و معنی‌دار ($-0/16^{**}$) را نشان داد. تجزیه به عامل‌ها بر اساس روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی چهار عامل مستقل را شناسایی نمود که این چهار عامل در مجموع $72/8$ درصد از تغییرات کل داده‌ها را تبیین نمودند. به طور کلی نتایج این پژوهش نشان داد که صفات بیوماس و وزن هزار دانه می‌توانند شاخص‌های گزینشی مناسبی برای افزایش عملکرد دانه در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در شرایط تنش رطوبتی انتهای فصل باشند.

واژه‌های کلیدی: تجزیه به عامل‌ها، تجزیه علیت، تنش رطوبتی، ضریب همبستگی، گندم

مقدمه

بخش قابل توجهی از اراضی کشور در مناطق خشک و نیمه‌خشک قرار گرفته است و در بیشتر مناطق کشور که گندم کشت می‌شود به ویژه در زمان بعد از گلدهی با تنش خشکی جدی مواجه می‌شود (Nouri Ghanbalani *et al.*, 2009). با توجه به روند افزایش سریع جمعیت و تقاضای روز افزون جامعه برای تأمین منابع غذایی به ویژه نان، ارزیابی لاین‌های مختلف جهت شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی برای بالا بردن میزان عملکرد دانه در واحد سطح بیش از پیش احساس می‌شود (Singh, 1990). طبق گزارش بسیاری از محققان عملکرد دانه صفتی کمی بوده و توسط تعداد زیادی ژن کنترل می‌شود، همچنین توارث‌پذیری این صفت به دلیل اثر متقابل ژنوتیپ و محیط پایین بوده، بنابراین انتخاب مستقیم بر اساس عملکرد دانه در جهت بهبود آن ممکن است چندان مؤثر نباشد (Richards, 1996). از آنجایی که یک معیار گزینشی مطلوب باید وراثت پذیری بالایی داشته باشد، قابلیت توارث ژنتیکی پایین عملکرد دانه باعث می‌شود که انتخاب ژنوتیپ‌ها بر اساس عملکرد دانه چندان مؤثر نباشد (Walton, 1971). صفات مورفولوژیک به دقت و با سادگی زیادی قابل اندازه‌گیری هستند همچنین توارث‌پذیری نسبتاً بالایی دارند بنابراین گزینش بر اساس این صفات ممکن است راه مطمئن و سریعی برای غربال جوامع گیاهی و بهبود عملکرد دانه باشد (Yildirim *et al.*, 1993). فراوندی و کهریزی (Garavandi and Kahrizi, 2010) اظهار داشتند اطلاع از روابط بین عملکرد دانه با اجزای آن می‌تواند جهت گزینش صفات مؤثر در تحمل به خشکی مفید باشد، همچنین وجود همبستگی بالا بین عملکرد دانه و اجزای آن می‌تواند ما را در گزینش مستقیم این صفات در جهت بهبود عملکرد راهنمایی کند. وجود همبستگی بالا بین صفات می‌تواند ما را در رسیدن به این هدف یاری کند اما نمی‌تواند دلیل وجود این روابط را توضیح دهد. از آنجایی که بین صفات مرتبط با عملکرد دانه همبستگی‌های منفی وجود دارد و با توجه به ارتباط پیچیده صفات با همدیگر، قضاوت نهایی نمی‌تواند فقط بر مبنای ضرایب همبستگی ساده انجام گیرد و لازم است از روش‌های آماری چند متغیره جهت درک عمیق‌تر روابط بین صفات بهره برد (Cooper, 1983). تجزیه علیت، رگرسیون جزئی استاندارد شده‌ای

است که اثر مستقیم و غیرمستقیم یک متغیر را بر روی متغیرهای دیگر نشان می‌دهد، همچنین می‌تواند ضریب همبستگی ساده را به اجزای آن که اثرات مستقیم و غیر مستقیم باشد، تفکیک کند (Dewey and Lu, 1959). تجزیه علیت توسط محققان متعددی جهت شناسایی صفاتی که به عنوان معیار گزینش مفید هستند و موجب بهبود عملکرد می‌شوند، مورد استفاده قرار گرفته است (Garcia *et al.*, 2003; Khaliq *et al.*, 2004). تحقیقات متعددی همبستگی مثبت و معنی‌دار بین عملکرد دانه با ارتفاع گیاه، طول سنبله، تعداد پنجه، سنبلچه در سنبله و عملکرد بیولوژیک را گزارش کرده و نشان داده‌اند که این صفات اثرات مستقیم و غیرمستقیم بر روی عملکرد دانه در گندم دارند (Aycicek and Yildirim, 2006; Nouri Ghanbalani *et al.*, 2009; Hamze *et al.*, 2009). حمزه و همکاران (Mohsin *et al.*, 2009) در ارزیابی ۶۰ لاین F₃ به همراه والدینشان گزارش کردند که صفت بیوماس و وزن هزار دانه بیشترین تأثیر را به صورت مستقیم و غیرمستقیم بر روی عملکرد دانه داشته است. یکی دیگر از روش‌های آماری چند متغیره تجزیه به عامل‌هاست، تجزیه به عامل‌ها یک روش آماری مؤثر در کاهش حجم داده‌ها و نتیجه‌گیری قطعی از داده‌هایی است که همبستگی بالایی را بین متغیرهای اولیه نشان می‌دهند (Cooper, 1983). این روش به طور مؤثری برای درک روابط و ساختار اجزای عملکرد و صفات مورفولوژیک گیاهان زراعی به کار گرفته شده است (Walton, 1971; Bramel *et al.*, 1984). روستایی و همکاران (Rostaei *et al.*, 2002) در آزمایشی که روی ۶۵۰ لاین بومی در شرایط تنش انجام دادند گزارش کردند در تجزیه به عامل‌ها پنج عامل وارد شده و در مجموع ۶۵/۵ درصد از تغییرات را تبیین نموده است. آن‌ها عامل اول را مؤثر بر اجزای عملکرد، عامل دوم را مؤثر بر وزن دانه، عامل سوم را مؤثر بر عملکرد و شاخص برداشت، عامل چهارم را مؤثر بر طول ریشک و تعداد روز تا رسیدن و عامل پنجم را مؤثر بر تعداد دانه در سنبله و قطر ساقه نام‌گذاری نمودند. هدف از این تحقیق ارزیابی میزان تنوع ژنتیکی صفات و به‌کارگیری روش‌های آماری چند متغیره جهت بررسی ساختار پیچیده صفات و تعیین اهمیت نسبی صفات مورد بررسی در ارتباط با عملکرد دانه جهت شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به تنش رطوبتی، جهت بالا

جدول ۱- شماره و شجره ۲۰ ژنوتیپ مورد مطالعه گندم

Table 1. Codes and pedigree of 20 studied wheat genotypes

ژنوتیپ	شجره	ژنوتیپ	شجره
genotypes	Pedigree	genotypes	Pedigree
1	Shahryar (Check, شاهد)	11	Appolo/Hil 81A
2	C-80-4(Check, شاهد)	12	Bkt/90-Zhong 87
3	Mv17//Attila/Ben	13	TROCADERO
4	Mv17/Zrn	14	GANSU-6
5	Jcam/Emus//DoveS/3/Alvd /4/Mv17/Attila	15	1-66-76/SubS
6	ES14/SITTA//AGRI/NAC	16	GhkS/BowS//Ning8201
7	Mv17/8/Gds/4/Anza/3/Pi/N ar//Hys	17	Mv/7/3/Azd/VeeS//Ser182/R sh/4/Azd/Vee#1//Attila
8	Bkt/90-Zhong 87	18	7C/CNO/CAL/3/YMH/4/VP
9	Prl/90-Zhong 87	19	CHAM4/TAM200//RSK/FK G15
10	TORIK-16	20	CHATELET

صفت عملکرد دانه به عنوان صفت وابسته و دیگر صفات به عنوان صفات مستقل و در مراحل بعدی صفاتی که به ترتیب بیشترین اثر مستقیم را بر عملکرد دانه نشان دادند به عنوان صفات وابسته و دیگر صفات به عنوان صفات مستقل در نظر گرفته شد. در این پژوهش از نرم افزارهای EXCEL، MSTATC و SPSS بهره گرفته شد (Khan *et al.*, 2010).

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده‌ها، نشان داد به جز صفت تعداد سنبله در متر مربع بین ژنوتیپ‌ها از لحاظ روز تا رسیدگی، ارتفاع بوته، طول سنبله، وزن سنبله در زمان گلدهی، وزن سنبله در زمان رسیدگی، تعداد دانه در سنبله، بیوماس و عملکرد دانه اختلاف معنی‌دار وجود داشت (جدول ۲). با توجه به اهمیت عملکرد دانه، مقایسه میانگین این صفت در دو شرایط تنش رطوبتی و غیر تنش در دو منطقه برای ژنوتیپ‌ها انجام شد که نتایج نشان داد در میاندوآب لاین ۲ با ۹/۵۲۰ تن در هکتار در گروه a، در همدان لاین های ۱۳ و ۲ به ترتیب با ۸/۷۲ و ۸/۵۰ تن در هکتار در گروه a و ab قرار گرفته‌اند. مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها برای عملکرد دانه در شرایط تنش نشان داد در میاندوآب ارقام ۲ و ۸ با بیشترین عملکرد دانه به ترتیب با ۷/۲۶ و ۷/۳۸ تن در هکتار در گروه a قرار گرفته اما در شرایط همدان بین ارقام اختلاف معنی داری وجود مشاهده نشد همچنین کمترین اختلاف بین دو حالت

بردن میزان عملکرد دانه در شرایط تنش رطوبتی و استفاده در برنامه‌های به‌نژادی گندم در آینده بود.

مواد و روش‌ها

آزمایش در سال زراعی ۸۶-۸۵ در ایستگاه‌های تحقیقات کشاورزی میاندوآب و همدان انجام گرفت. مواد آزمایشی مورد بررسی شامل دو رقم شاهد منطقه و ۱۸ لاین امید بخش (جدول ۱) بود که در قالب طرح بلوک-های کامل تصادفی در سه تکرار تحت شرایط تنش رطوبتی آخر فصل مورد ارزیابی قرار گرفتند. عملیات تهیه زمین در شهریور ماه ۸۵ به طور یکسان برای تمام واحدهای آزمایشی انجام گرفت. هنگام تهیه زمین مقدار کود لازم برای هر مکان بر اساس نتایج تجزیه آزمون خاک کود فسفر از منبع سوپر فسفات تریپل و پتاس از منبع سولفات پتاس و ازت از منبع اوره مصرف شد. هر ژنوتیپ در ۶ خط به فاصله ۲۰ سانتی‌متر و به طول ۵ متر با تراکم ۴۵۰ بذر در مترمربع با دستگاه بذرکار (ویتنر اشتاینگر) آزمایشات غلات کاشته شد. جهت اعمال تنش رطوبتی، آبیاری در مرحله سنبله‌دهی در همه واحدهای آزمایشی قطع شد. صفات ارتفاع بوته، تعداد روز تا سنبله‌دهی و رسیدگی، طول سنبله، طول ریشک، تعداد سنبله در مترمربع، تعداد دانه در سنبله، وزن سنبله در زمان رسیدگی، بیوماس، عملکرد دانه و شاخص برداشت مورد ارزیابی قرار گرفتند. تجزیه علیت از طریق روش رگرسیون گام به گام انجام شد. جهت تجزیه علیت در مرحله نخست

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در شرایط تنش رطوبتی آخر فصل
Table 2. Analysis of variance of studied traits under terminal drought stress condition

Source of variation	منابع تغییر	df	درجه آزادی	میانگین مربعات										
				روز تا گلدهی	روز تا رسیدگی	ارتفاع بوته	ارتفاع بوته	مربع در متر	طول سنبله	تعداد دانه در سنبله	وزن سنبله در زمان گلدهی	وزن سنبله در زمان رسیدگی	عملکرد بیولوژیک	عملکرد دانه
				Days to flowering	Days to maturity	Plant height	Plant height	Spike m ²	Spike length	Grains per spike	Spike weight at flowering	Spike weight at maturity	Biological yield	Grain yield
Location (L)	منطقه	1		17.06 ^{ns}	464.1 ^{ns}	73.63 ^{ns}	5109.1 ^{ns}	300.8 ^{ns}	56.51 ^{ns}	0.022 ^{ns}	0.008 ^{ns}	4.56 ^{ns}	2.92 ^{ns}	
Replication/L	تکرار در منطقه	4		44.12	70.86	34.68	39112	194.7	151.42	0.018	0.42	1.48	0.74	
Genotype (G)	ژنوتیپ	19		48.48 ^{**}	9.97 ^{**}	280.2 ^{**}	43988.9 ^{ns}	139.5 ^{**}	77.22 ^{**}	0.025 ^{**}	0.34 ^{**}	3.96 ^{**}	1.24 [*]	
G×L	ژنوتیپ در منطقه	19		2.26 ^{**}	2.95 ^{ns}	6.70 ^{ns}	24114.8 ^{ns}	34.46 ^{ns}	27.26 ^{ns}	0.026 ^{**}	0.34 ^{**}	1.67 ^{ns}	0.25 ^{ns}	
Error	خطای آزمایش	76		0.99	2.60	11.63	3833.2	28.78	25.76	0.007	0.16	1.69	0.64	
CV (%)	ضریب تغییرات (درصد)	-		0.87%	0.93%	3/8%	8%	7.63%	15.48%	18.81	19.79%	19.99%	17.7%	

ns, * and **: Non-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

ns و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪.

در این تحقیق می‌توان نتیجه گرفت که ژنوتیپ‌های زودرس به دلیل اتمام دوره رشد قبل از شدت گرفتن تنش رطوبتی می‌توانند عملکرد بالاتری نسبت به ارقام دیررس داشته باشند. خان و همکاران (Khan *et al.*, 2010) گزارش کردند بین صفت روز تا رسیدگی با صفات عملکرد، طول سنبله و تعداد دانه همبستگی منفی وجود دارد. آبیناس و همکاران (Abinasa *et al.*, 2011) بین تعداد صفت روز تا رسیدگی و صفات عملکرد دانه و شاخص برداشت همبستگی منفی مشاهده کردند.

رگرسیون گام به گام و تجزیه علیت

قبل از تجزیه علیت، با استفاده از تجزیه رگرسیونی گام به گام سهم هر یک از صفات که بیشترین تأثیر را در عملکرد دانه داشتند، مشخص شد. نتایج بدست آمده نشان داد (جدول ۴) که صفات بیوماس، وزن هزار دانه و روز تا رسیدگی بیشترین تأثیر را در عملکرد دانه داشته و ۷۷/۱ درصد از کل تغییرات عملکرد دانه را در شرایط تنش آبی تبیین کرده و در مدل باقی مانده و تجزیه علیت با این صفات انجام گرفت. در این بین صفت بیوماس به تنهایی ۶۵٪ از تنوع موجود در عملکرد دانه را تبیین نمودند. نتایج حاصل از تجزیه علیت نشان داد (جدول ۵) صفت بیوماس بالاترین اثر مثبت و معنی‌دار مستقیم و غیرمستقیم از طریق وزن هزار دانه و روز تا رسیدگی را بر روی عملکرد دانه دارد. بنابراین بیوماس با افزایش سطح سبزینه و افزایش میزان فتوسنتز و ذخیره آن در قبل از گلدهی و همچنین افزایش فتوسنتز جاری در حین پرشدن دانه‌ها منجر به افزایش وزن هزار دانه به طور مستقیم شده و از این طریق به صورت غیر مستقیم عملکرد دانه را افزایش می‌دهد. همچنین صفت وزن هزار دانه نیز هم به صورت مستقیم و هم از طریق افزایش بیوماس توانست بر روی عملکرد دانه اثر مستقیم و غیر مستقیم بگذارد. در بین صفات مورد مطالعه صفت روز تا رسیدگی بالاترین اثر منفی و معنی‌دار مستقیم بر روی عملکرد دانه نشان داد. زمانی که در معادله رگرسیون صفت بیوماس به عنوان متغیر تابع در نظر گرفته شد، ملاحظه شد صفت وزن هزار دانه دارای اثر مثبت مستقیم (۰/۴۹) بر روی بیوماس و صفت روز تا رسیدگی بر روی صفت مذکور اثر مستقیم منفی (۰/۱۴-) داشت (شکل ۱). آبناس و همکاران (Abinasa *et al.*, 2011) و احمدزاده و همکاران (Ahmadizadeh *et al.*, 2011)، بر اثر مستقیم

تنش و غیر تنش مربوط به لاین شماره ۸ بود که نشان می‌دهد این ژنوتیپ از تحمل بالاتری در برابر تنش خشکی آخر فصل برخوردار بوده است.

تجزیه و تحلیل همبستگی

همان‌طوری که در جدول ۳ مشاهده می‌شود، بین عملکرد دانه با صفات ارتفاع (**۰/۳۰)، وزن هزار دانه (**۰/۶۶) و بیوماس (**۰/۶۶) همبستگی مثبت و معنی‌دار و با صفت روز تا رسیدگی (**-۰/۲۵) همبستگی منفی و معنی‌دار وجود دارد. خدا رحمی و همکاران (Khodarahmi *et al.*, 2006) و حبیب پور و همکاران (Habibpor *et al.*, 2011) وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار را بین عملکرد دانه و بیوماس به ترتیب در تریتیکاله و گندم گزارش کردند. وزن هزار دانه یکی از اجزای مهم عملکرد دانه است و وجود ارتباط معنی‌دار بین وزن هزار دانه با عملکرد دانه نشان دهنده این است که گیاه ذخایر فتوسنتزی خود را متوجه پر کردن دانه‌ها کرده و به این طریق باعث افزایش عملکرد دانه شده است. وجود همبستگی بین وزن هزار دانه و ارتفاع بوته (**۰/۵۳) نشان دهنده اهمیت ارقام پابلند در شرایط تنش رطوبتی است که می‌توانند ذخایر فتوسنتزی خود را به طور مؤثرتری از ساقه به دانه‌ها انتقال دهند. وجود همبستگی مثبت بین عملکرد دانه و ارتفاع نیز می‌تواند به همین دلیل باشد. کواری و همکاران (Quarrie *et al.*, 1999) گزارش کردند اگر فتوسنتز بعد از گلدهی محدود شود، زیاد بودن ذخایر ساقه گندم پابلند ممکن است در وضعیت‌های مختلف سودمند باشد. در تحقیق حاضر بین عملکرد با تعداد سنبله در مترمربع و تعداد دانه در سنبله همبستگی معنی‌دار دیده نشد که احتمالاً می‌تواند به دلیل محدود شدن مواد غذایی و عدم توانایی پرشدن دانه‌ها ناشی از کمبود حلال این مواد (آب) باشد. صادق گل‌مقدم و همکاران (Sadeg Ghol Mogadam *et al.*, 2011) بین وزن هزار دانه و عملکرد دانه در شرایط تنش همبستگی مثبت و معنی‌دار و بین عملکرد دانه و تعداد دانه عدم همبستگی معنی‌دار گزارش کردند که با نتایج تحقیق حاضر همخوانی دارد.

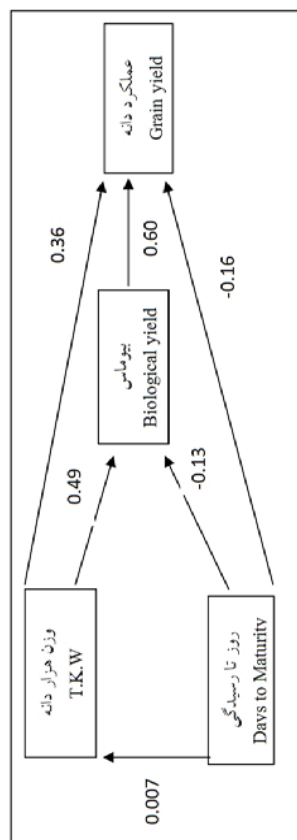
وجود همبستگی منفی و معنی‌دار بین عملکرد دانه با تعداد روز تا رسیدگی (**-۰/۳۳) نشان دهنده اهمیت ارقام زودرس در تحمل به تنش انتهای فصل است. یکی از مکانیسم‌های تحمل به خشکی مکانیسم فرار است بنابراین

جدول ۳- ضرایب همبستگی ساده بین صفات مورد بررسی
Table 3. Simple correlation coefficients of studied traits

Trait	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. Days to anthesis	1											
2. Days to maturity	-0.24**	1										
3. Plant height	-0.25**	0.03 ^{ns}	1									
4. Spike/m ²	0.11 ^{ns}	0.20*	0.10 ^{ns}	1								
5. Spike length	0.09 ^{ns}	-0.16 ^{ns}	0.03 ^{ns}	-0.02 ^{ns}	1							
6. Grams/spike	0.03 ^{ns}	0.33**	0.20*	-0.12 ^{ns}	0.57**	1						
7. Awn length	-0.20**	0.14 ^{ns}	0.56**	-0.1 ^{ns}	0	-0.07 ^{ns}	1					
8. Spike weight at flowering	0.56**	-0.12 ^{ns}	-0.12 ^{ns}	0.04 ^{ns}	-0.02 ^{ns}	0.11 ^{ns}	0.1 ^{ns}	1				
9. Spike weight at maturity	-0.02 ^{ns}	-0.04 ^{ns}	0.16 ^{ns}	-0.15 ^{ns}	0.33**	0.56**	-0.15 ^{ns}	-0.03 ^{ns}	1			
10. 1000-Kernel weight	-0.09 ^{ns}	0	0.53**	-0.06 ^{ns}	-0.01 ^{ns}	0.09 ^{ns}	0.27**	-0.08 ^{ns}	0.16 ^{ns}	1		
11. Biological yield	0.07 ^{ns}	-0.13 ^{ns}	0.23**	-0.03 ^{ns}	-0.13 ^{ns}	0.03 ^{ns}	0.03 ^{ns}	-0.01 ^{ns}	-0.03 ^{ns}	0.50**	1	
12. Harvest Index	0.03 ^{ns}	-0.11 ^{ns}	0.05 ^{ns}	-0.04 ^{ns}	0.15 ^{ns}	0.15 ^{ns}	0.05 ^{ns}	-0.05 ^{ns}	0.05 ^{ns}	0.15 ^{ns}	0.49**	1
13. Grain yield	0.09 ^{ns}	-0.25**	0.30**	0	-0.03 ^{ns}	0.15 ^{ns}	0.07 ^{ns}	-0.06 ^{ns}	0	0.66**	0.66**	0.06 ^{ns}

ns, * and **: Non-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

ns و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال 5٪ و 1٪.



شکل ۱- آثار مستقیم صفات مورد مطالعه بر عملکرد دانه.
Figure 1. Direct effect of traits on grain yield.

جدول ۴- مراحل رگرسیون گام به گام

Table 4. Step by step regression

Added variable to model	متغیر وارد شده به مدل	1	2	3
Intercept	عرض از مبدأ	1.99	0.006	11.26
Biological yield	عملکرد بیولوژیک	0.34	0.26	0.25
1000-Kernel weight	وزن هزار دانه		0.06	0.06
Days to maturity	روز تا رسیدگی			-0.065
R ²	ضریب تشخیص	65%	74/6%	77.1%

جدول ۵- اثر مستقیم و غیر مستقیم صفات روی عملکرد دانه به عنوان متغیر تابع

Table 5. Direct and indirect effects of traits on grain yield as dependent variable

صفات	بیوماس	وزن هزاردانه	روز تا رسیدگی
Trait	Biological yield	1000-Kernel weight	Days to maturity
بیوماس			
Biological yield	0.60**	0.09	0.02
وزن هزار دانه			
1000-Kernel weight	0.3	0.36**	0.002
روز تا رسیدگی			
Days to Maturity	-0.07	-0.002	-0.16**

اعداد روی قطر آثار مستقیم و اعداد خارج قطر آثار غیر مستقیم هر صفت بر عملکرد دانه هستند.

بزرگ‌تر از یک در این تحقیق چهار عامل شناسایی شدند که این عوامل ۷۲/۸ درصد از تغییرات داده‌ها را تبیین کردند. همچنین اختصاص صفات به عوامل مختلف بر اساس مقادیر ضرایب عاملی بعد از انجام چرخش عامل‌ها صورت گرفت به این ترتیب که ضرایب عاملی بزرگ‌تر از ۰/۵ صرف نظر از علامت مربوطه به عنوان ضرایب معنی‌دار در نظر گرفته شدند. عامل اول که بیشترین حجم از تغییرات داده‌ها را تبیین کرد (۲۷/۵۶) دارای ضرایب بزرگ و مثبت برای صفات عملکرد دانه، بیوماس و وزن هزار دانه بود (جدول ۷). اگر گزینش بر اساس عامل اول صورت بگیرد این انتخاب بیشترین تأثیر را بر روی صفات با بیوماس، وزن هزار دانه و عملکرد دانه بالا خواهد داشت و توده‌های برگزیده دارای عملکرد بالایی خواهد بود بنابراین گزینش بر اساس این عامل هدف اصلی اصلاح‌گر است. عامل دوم که ۱۸/۲۸ درصد از تغییرات را تبیین کرد دارای ضرایب مثبت و بزرگ برای صفات روز تا گلدهی، ارتفاع بوته و طول ریشک بود. انتخاب بر اساس این صفت منجر به ایجاد گیاهانی با ارتفاع زیاد و رشد رویشی زیاد خواهد بود. همچنین عامل سوم دارای ضرایب بزرگ برای دو صفت طول سنبله و تعداد دانه در سنبله داشت.

و مثبت بیوماس روی عملکرد دانه در گندم تحت شرایط تنش خشکی تأکید داشتند. حمزه و همکاران (Hamze *et al.*, 2008) گزارش کردند که تحت شرایط تنش خشکی صفت بیوماس و وزن هزار دانه بیشترین اثر مستقیم مثبت را بر روی عملکرد دانه نشان داده‌اند که مطابق نتایج تحقیق حاضر است.

تجزیه به عامل‌ها

با توجه به مزایای متعدد تجزیه‌های آماری چند متغیره برای درک عمیق ساختار داده‌ها در تحقیق حاضر از تجزیه به عامل‌ها استفاده شد. اغلب محققان برآورد نمودن عملکرد دانه به همراه دیگر صفات در تجزیه به عامل‌ها تأکید دارند (Selier and Stafford, 1985). بنابراین در تحقیق حاضر نیز عملکرد دانه به انضمام دیگر صفات در تجزیه به عامل‌ها مورد استفاده قرار گرفت. لازم به یادآوری است که در تحقیق حاضر مقدار KMO برابر ۵/۷ و آزمون اسفیرستی بارتلت معنی‌دار شد که بیانگر کافی بودن مقادیر همبستگی متغیرهای اولیه برای تجزیه به عامل‌ها می‌باشد (جدول ۶). با در نظر گرفتن ریشه‌های

دانه در سنبله را در عامل سوم و روز تا گلدهی را در عامل چهارم قرار دادند.

نتیجه گیری

در تحقیق حاضر ژنوتیپ شماره ۸ به دلیل تعداد روز تا رسیدگی کم، عملکرد بیولوژیک و نهایتاً عملکرد دانه بالا به عنوان ژنوتیپ مناسب و متحمل در شرایط تنش رطوبتی آخر فصل شناسایی شد لازم به ذکر است که لاین شماره ۸ (Bkt/90-Zhong 87) در حال حاضر به عنوان رقم میهن معرفی شده است. همچنین گزینش بر اساس صفات بیوماس به دلیل وجود تنوع مطلوب، همبستگی مثبت و معنی‌دار با عملکرد دانه و همچنین تبیین مقدار قابل توجهی از تغییرات عملکرد دانه و قرار داشتن در عاملی که بیشترین تغییرات موجود در داده‌ها را در تحقیق حاضر تبیین می‌کند، به عنوان معیاری مهم جهت شناسایی ژنوتیپ‌های پرمحصول و متحمل به تنش رطوبتی انتهای فصل توصیه می‌شود.

ژنوتیپ‌های گزینش شده بر اساس این عامل دارای طول سنبله بلند و تعداد دانه بیشتر خواهند بود. فاکتور مذکور را گل‌پرور و همکاران (Golparvar *et al.*, 2003) در عامل سوم به عنوان عوامل مؤثر بر خصوصیات سنبله معرفی نمودند. در نهایت عامل چهارم که کمترین درصد از تغییرات عملکرد دانه را تبیین کرد دارای ضرایب مثبت و بزرگ برای صفات روز تا رسیدگی و تعداد سنبله در مترمربع بود که این عوامل را می‌توان عوامل مؤثر بر رشد رویشی نام‌گذاری کرد. لایلا و الخطیب (Leilah and Al-Khateeb, 2005) در بررسی عوامل مؤثر بر عملکرد دانه گندم تحت شرایط خشکی سه عامل را شناسایی کردند که عامل اول مؤثر بر عملکرد و اجزای عملکرد، عامل دوم مؤثر بر ارتفاع بوته و عامل سوم بر شاخص برداشت مؤثر بود. خدادادی و همکاران (Khodadadi *et al.*, 2011) ضمن تجزیه به مؤلفه‌های اصلی در گندم صفت ارتفاع را در عامل اول، تعداد سنبله در مترمربع را در عامل دوم،

جدول ۶- مقادیر ویژه، واریانس مقادیر ویژه و درصد تجمعی مقادیر ویژه در محیط تنش آخر فصل

Table 6. Eigen value, Proportional Variance and Cumulative pro. Variance under terminal water stress

عامل‌ها Factors	درصد واریانس تجمعی Cumulative variance (%)	مقادیر ویژه Eigen values	درصد واریانس Variance (%)
Factor1	27.56	2.57	27.56
Factor2	46.28	1.87	18.28
Factor3	62.42	1.61	14.16
Factor4	72.86	1.04	10.43

جدول ۷- نتایج مربوط به تجزیه به عامل‌ها بعد از چرخش وریماکس

Table 7. The results of factor analysis after varimax rotation

Trait	صفت	PC1	PC2	PC3	PC4	واریانس اختصاصی Specific variance	میزان اشتراک Communality
Days to anthesis	روز تا گلدهی	0.17	<u>0.63</u>	0.15	0.10	0.54	0.46
Days to maturity	روز تا رسیدگی	0.24	0.34	0.38	<u>0.54</u>	0.38	0.62
Plant height	ارتفاع بوته	0.40	<u>0.74</u>	0.21	-0.03	0.25	0.75
Spike/m ²	تعداد سنبله در متر مربع	0.03	-0.19	0.01	<u>0.90</u>	0.15	0.85
Spike length	طول سنبله	-0.14	0.006	<u>0.86</u>	0.05	0.23	0.77
Grains/spike	تعداد دانه در سنبله	0.09	0.01	<u>0.86</u>	-0.15	0.23	0.77
Awn length	طول ریشک	0.1	<u>0.78</u>	0.01	0.03	0.38	0.62
1000-Kernel weight	وزن هزار دانه	<u>0.76</u>	0.38	0.01	0.01	0.28	0.72
Biological yield	عملکرد بیولوژیک	<u>0.87</u>	-0.06	-0.1	-0.05	0.22	0.78
Grain yield	عملکرد دانه	<u>0.94</u>	-0.02	0.07	0.03	0.11	0.89

References

- Abinasa, M., Ayana, A. and Bultosa, G. 2011. Genetic variability, heritability and trait associations in durum wheat (*Triticum turgidum* L. var. *durum*) genotypes. **African Journal of Agricultural Research** 6 (17): 3972-3979.
- Ahmadizadeh, M., Shahbazi, H., Valizadeh, M. and Zaefizadeh, M. 2011. Genetic diversity of durum wheat landraces using multivariate analysis under normal irrigation and drought stress conditions. **African Journal of Agricultural Research** 6 (10): 2294-2302.
- Aycicek, M. and Yildirim, T. 2006. Path coefficient analysis of yield and yield components in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes. **Pakistan Journal of Botany** 38 (2): 417-424.
- Bramel, P. J., Hinnz, P. N., Green, D. E. and Shibles, R. M. 1984. Use of principal factor analysis in the study of three stem termination types of soybean. **Euphytica** 33: 387-400.
- Cooper, J. C. B. 1983. Factor analysis. An overview. **American Statistician** 37: 141-147.
- Copas, J. B. 1972. The likelihood surface in the linear function relationship problem. **Journal of the Royal Statistical Society-B** 34: 274-278.
- Damania, A. B. and Jackson, M. T. 1986. An application of factor analysis to morphological data of wheat and barley landraces from the Bheri River Valley, Nepal. **Rachis** 5: 25-30.
- Dewey, D. R. and Lu, R. H. 1959. A correlation and path coefficient analysis of components of crested wheat grass seed production. **Agronomy Journal** 51: 515-518.
- Ganbalani, A. N., Ganbalani, G. N. and Hassanpanah, D. 2009. Effects of drought stress condition on the yield and yield components of advanced wheat genotypes in Ardabil, Iran. **Journal of Food Agricultural and Environment** 7 (3&4): 228 - 234.
- Garavandi, M. and Kahrizi, D. 2010. Evaluation of genetic diversity of bread wheat genotypes for phenological and morphological traits. Proceeding of 11th Iranian Crop Science Congress, 24-26 July, Tehran, Iran, pp. 537-541. (In Persian).
- Garcia, L. F., del Moral, Y., Rharrabti, D. and Royo, C. 2003. Evaluation of grain yield and its components in durum wheat under Mediterranean conditions: An ontogenic approach. **Agronomy Journal** 95: 266-274.
- Golparvar, A., Ghanadha, M. R., Zali, A. and Ahmadi, A. 2003. Determine of the best selection traits for yield improvement of bread wheat under drought stress. **Seed and Plant Journal** 18: 144-155. (In Persian).
- Habibpor, M., Valizadeh, M., Shahbazi, H. and Ahmadizadeh, M. 2011. Genetic diversity and correlation among agronomic and morphological traits in wheat genotypes (*Triticum aestivum* L.) under influence of drought. **Advances in Environment Biology** 5 (7): 1941-1946.
- Hamze H., Saba, J., Jabari, F., Nassiri, J. and Alavi sini, M. 2008. Estimation of components variation, genotypic and phenotypic correlation coefficients of grain yield and its component in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) under rainfed conditions. **Environment Stresses in Agriculture Science** 2 (1): 29-38. (In Persian).
- Jensen, N. F. 1988. Plant breeding methodology. Cornell University. New York. John Wiley.
- Khaliq, I., Parveen, N. and Chowdhry, M. A. 2004. Correlation and path coefficient analysis in bread wheat. **International Journal of Agriculture and Biology** 6 (4): 633-635.
- Khan, A. J., Azam, F. and Ali, A. 2010. Relationship of morphological traits and grain yield in recombinant inbred wheat lines grown under drought conditions. **Pakistan Journal of Botany** 42 (1): 259-267.
- Khodadadi, M., Fotokian, M. and Miransari, H. M. 2011. Genetic diversity of wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes based on cluster and principal component analyses for breeding strategies. **Australian Journal of Crop Science** 5 (1): 17-24.
- Khodarahmi, M., Amini, A. and Bihamta, M. R. 2006. Study of traits correlation and path analysis grain yield triticale. **Iranian Journal of Agriculture Science** 1-37 (2): 77-83. (In Persian).
- Leilah, A. A. and Al-Khateeb, S. A. 2005. Statistical analysis of wheat yield under drought. **Journal of Arid Environment** 61: 483-496.
- Mohsin, T., Khan, N. and Naqvi, F. N. 2009. Heritability, phenotypic correlation and path coefficient studies for some agronomic characters in synthetic elite lines of wheat. **Journal of Food Agricultural and Environment** 7 (3&4): 278 – 282.

- Naroie Rad, M. R., Frozanjo, H. R., Arjomandinejad, A. R., Gasemi, A. and Polshakan Pahlevan, M. R. 2007.** The study genetic variation and factor analysis for morphological characters of wheat native accessions of Sistan and Baluchistan. **Pajouhesh and Sazandegi Journal** 73: 50-57. (In Persian).
- Nouri Ghanbalani, A., Nouri Ghanbalani, G. and Hassanpanah, D. 2009.** Effects of drought stress condition on the yield and yield components of advanced wheat genotypes in Ardabil, Iran. **Journal of Food Agricultural and Environment** 7 (3&4): 228-234.
- Quarrie, S. A., Stojanovic J. and Pekic, S. 1999.** Improving drought resistance in small-grained cereals. A case study, progress and prospects. **Plant Growth Regulation**.
- Richards, R. A. 1996.** Defining selection criteria improve yield under drought. **Plant Growth Regulation** 20:157-166.
- Rostaei, M., Sadeg zade, D. and Arshdi, D. 2002.** Evolution of association between efficient traits on grain yield by use of factor analysis in rainfed conditions. **Agronomic knowledge** 13 (1) 25-35.
- Sadeg Ghol Mogadam, S., Khodarahmi, M. and Ahmadi, G. H. 2011.** Study of genetic diversity and factor analysis for grain yield and other morphological traits under drought stress condition. **Iranian Journal of Agronomy and Plant Breeding** 7 (1): 123-147. (In Persian).
- Selier, G. J. and Stafford, R. E. 1985.** Factor analysis of components of yield in guar. **Crop Science** 25 (6): 905-908.
- Singh, B. D. 1990.** Plant breeding. Kalyani Publishers. India.
- Verma, S. R., Yunus, M. and Sethi, S. K. 1998.** Breeding for yield and quality in durum wheat under coastal Mediterranean conditions. **Rachis** 15: 27-32.
- Walton, P. D. 1971.** The use of factor analysis in determining characters for yield selection in wheat. **Euphytica** 20: 412-416.
- Walton, P. D. 1972.** Factor analysis of yield in spring wheat. **Crop Science** 12: 31-33.
- Welsh, J. R. 1981.** Fundamentals of plant genetics and breeding. John Wiley and Sons. Inc.
- Yildirim, M., Budak, N. and Arshas, Y. 1993.** Factor analysis of yield and related traits in bread wheat. **Turkish Journal of Field Crop** 1: 11-15.

Evaluation of relationship among traits in wheat genotypes under terminal water stress conditions

Esmael Mahmoodi¹, Soleyman Mohammadi², Jalal Saba³, Hamze Hamze⁴, Mohammad Rezaei²

1 and 3. M.Sc. of Plant Breeding and Assoc. Prof., respectively, Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Zanjan University, 2. Research Assist. Prof., West Azerbaijan Agriculture and Natural Resources Research Center, 4. Educational Trainer of Mahabad Payame Noor University

(Received: September 29, 2013- Accepted: February 24, 2014)

Abstract

To identify relationship among traits in winter wheat genotypes, 18 promising lines and two checks varieties were evaluated as randomized complete block design with 3 replications in two locations (Miyandoab and Hamedan) during 2006-2007 under terminal water stress conditions. Results showed that biomass had the greatest phenotypic variation coefficient. Grain yield had the positive significant correlation with biomass (0.66**), 1000 grain weight (0.66**) and plant height (0.30**). Stepwise regression analysis showed that biomass, 1000 grain weight and days to maturity explained 77.2% of the grain yield variation. Path analysis showed that biomass (0.60**) and 1000 grain weight (0.36**) had positive significant direct effects on grain yield, but days to maturity had negative significant direct effect (-0.16**) on grain yield. Factor analysis based on principal components identified four factors explaining about 72.8% of total variation among traits. Results from current research showed that biomass and 1000 grain weight can be suitable selection indices for increasing grain yield of the studied wheat genotypes under terminal water stress condition.

Keywords: Correlation coefficient, Factor analysis, Path analysis, Water stress, Wheat

*Corresponding author: hamze_606@yahoo.com