تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد سیزدهم، شماره چهارم، زمستان ۱۳۹۹
۱۰۱۹-۱۰۳۰
http://dx.doi.org/10.22077/escs.2020.2224.1563

مقاله پژوهشی

گزینش صفات اگرومورفولوژیک مرتبط با عملکرد گندم بهاره در شرایط دیم به‌عنوان شاخص‌های انتخاب

سعید یاراحمدی[1*]، قربانعلی نعمت‌زاده[2]، حسین صبوری[3]، حمید نجفی زرینی[4]
۱. دکتری به‌نژادی گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
۲. استاد گروه به‌نژادی گیاهی، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
۳. دانشیارگروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه گنبدکاووس
۴. دانشیار گروه به‌نژادی گیاهی، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

تاریخ دریافت: ۹۷/۱۱/۰۳؛ تاریخ پذیرش: ۹۸/۰۱/۱۰

چکیده

این تحقیق به‌منظور بررسی ارتباط بین صفات زراعی و عملکرد دانه در شرایط دیم با استفاده از ۱۳۲ ژنوتیپ گندم بهاره انجام شد. ژنوتیپ‌ها در قالب طرح آلفا لاتیس با دو تکرار و در مزرعه تحقیقاتی ایستگاه تحقیقات کشاورزی گنبدکاووس کشت شدند. عملکرد بیشترین همبستگی را به ترتیب با سرعت پر شدن دانه (۰/۸۴)، شاخص برداشت (۰/۸۴)، بیوماس (۰/۵۹)، وزن هزار دانه (۰/۵۸)، وزن دانه در سنبله (۰/۴۴) و وزن سنبله (۰/۴۱) داشت. عملکرد در شرایط دیم با صفات روز تا رسیدگی (۰/۵۷-) و روز تا سنبله‌دهی (۰/۴۶-) همبستگی منفی و معنی‌داری داشت. صفات سرعت پر شدن دانه و روز تا سنبله‌دهی وارد مدل رگرسیون گام‌به‌گام شدند و درمجموع ۷۸/۱ درصد از تغییرات عملکرد را توجیه کردند. صفات سرعت پر شدن دانه و روز تا سنبله‌دهی به ترتیب اثرات مستقیمی برابر با ۰/۷۷۳ و ۰/۲۸۵- بر عملکرد دانه داشتند. از صفات سرعت پر شدن دانه و روز تا سنبله‌دهی می‌توان به‌عنوان شاخص‌های انتخاب در شرایط دیم استفاده کرد. نتایج تجزیه کلاستر به روش حداقل واریانس وارد نشان داد که ژنوتیپ‌های ۳۸ (آفتاب)، ۳۹ و ۵۲ (شوش) در گروه ۷ قرار گرفتند. این گروه ازنظر میانگین همه صفات موردمطالعه از سایر گروه‌ها برتر بود. از ژنوتیپ‌های واقع در گروه ۵ و ۷ می‌توان برای تجمیع صفات مرتبط با عملکرد استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: **اجزا عملکرد، تجزیه علیت، تنش خشکی، رگرسیون، گروه‌بندی**

مقدمه

خشکی شایع‌ترین تنش غیرزنده در گیاهان زراعی می‌باشد. با توجه به کاهش بارندگی‌های سالانه و افزایش دما، تولید ارقام متحمل و با پتانسیل عملکرد بالا از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است (Khalilzadeh, 2018). به‌نژادگران عملکرد گیاهان زراعی را در شرایط تنش خشکی افزایش داده‌اند اما این پیشرفت‌ها با توجه به تغییرات اقلیمی و افزایش روزافزون تقاضای غذا در نتیجه افزایش جمعیت جوابگو نیست (Cattivelli et al., 2008). همچنان که منابع آب در دسترس برای کشاورزی محدودتر می‌شوند، ایجاد لاین‌های متحمل به خشکی به‌طور قابل‌توجهی اهمیت می‌یابد (Bruce et al., 2002).

عملکرد دانه صفتی کمی و بسیار پیچیده است که حاصل اثر متقابل بین پتانسیل‌های ژنتیکی و محیط است. عملکرد دانه وراثت‌پذیری پایینی دارد و انتخاب به‌خصوص در نسل‌های اولیه بر اساس عملکرد دانه چندان مؤثر نیست (Ricards, 1996). عملکرد دانه گندم می‌تواند از طریق انتخاب غیرمستقیم اجزا عملکرد بهبود پیدا کند. انتخاب غیرمستقیم بر اساس تعدادی از اجزا عملکرد، مؤثرتر از

* نگارنده پاسخگو: سعید یاراحمدی. پست الکترونیک: Yarahmadi61@gmail.com

انتخاب مستقیم بر اساس عملکرد دانه است (Chandra et al., 2004)؛ بنابراین شناسایی صفات مؤثر بر عملکرد و انتخاب بر اساس این صفات، روش مطمئن و سریعی برای غربالگری جوامع اصلاحی و بهبود عملکرد دانه است. هدف از این تحقیق شناسایی مهم‌ترین صفات مؤثر بر عملکرد دانه در شرایط دیم و استفاده از این صفات در گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها به‌منظور شناسایی بهترین ژنوتیپ‌ها برای معرفی و یا انجام تلاقی برای ایجاد جمعیت‌های اصلاحی جدید می‌باشد.

تحقیقات نشان می‌دهد تنش خشکی در مراحل اولیه رشد می‌تواند بر تعداد پنجه‌ها تأثیر بگذارد. وقوع تنش در مرحله قبل از گرده‌افشانی بر تعداد دانه در سنبله تأثیرگذار خواهد بود. همچنین تنش خشکی در مرحله پس از گل‌دهی می‌تواند بر صفات وزن هزار دانه و وزن دانه در سنبله که از دیگر اجزای عملکرد می‌باشند تأثیرگذار باشد (Senobar et al., 2011). وزن دانه در سنبله تحت تأثیر سرعت پر شدن دانه و طول دوره پر شدن دانه است (Ahmadi and Baker, 2001).

بررسی ضرایب همبستگی صفات مختلف و عملکرد دانه معرف میزان و نوع ارتباط صفات با عملکرد دانه و اهمیت آن‌ها در انتخاب غیرمستقیم است. همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی و صفات عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، تعداد سنبله در مترمربع، تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه گزارش شده است (Shahid Masood et al., 2012; Leilah and Al-Khateeb, 2005; Ebrahimnejad and Rameeh, 2016; Tavakoli, 2012). همچنین همبستگی منفی و معنی‌داری بین روز تا سنبله دهی و روز تا رسیدگی فیزیولوژیک با عملکرد دانه در پژوهش‌های متعددی گزارش شده است (Zarebayati et al., 2017; Shahid Masood et al., 2005; Ghaderi et al., 2009).

با استفاده از تجزیه رگرسیون می‌توان صفات کم تأثیر بر عملکرد را از مدل حذف نمود و تنها صفاتی که میزان قابل‌توجهی از تغییرات عملکرد را توجیه می‌کنند موردبررسی قرار داد. بررسی ضرایب همبستگی بین صفات و شکستن این ضرایب به اثرات مستقیم و غیرمستقیم توسط تجزیه علیت کمک شایانی به شناسایی صفات مهم و تأثیرگذار بر عملکرد می‌کند (Golparvar et al., 2002). نتایج تجزیه علیت در پژوهش‌های مختلف بر روی گندم نان نشان داد که صفات بیوماس و روز تا سنبله‌دهی به ترتیب اثرات مستقیم مثبت و منفی بر عملکرد دانه دارند (Kandic et al., 2009; Moosavi et al., 2016).

مواد و روش‌ها

۱۳۲ ژنوتیپ شامل ۶۲ رقم ایرانی و خارجی و ۷۰ لاین پیشرفته از خزانه STEMRRSN (occurrence10) موسسه CIMMYT برای انجام پژوهش انتخاب شدند (جدول ۱). اطلاعات مربوط به شجره لاین‌ها در تارنمای موسسه CIMMYT در دسترس است (http://orderseedcimmyt.org/iwin/iwin-fb-table.php). لاین‌های پیشرفته به‌گونه‌ای انتخاب‌شده‌اند که شجره نزدیک به هم نداشته باشند تا حداکثر تنوع ممکن وجود داشته باشد. بذرها از موسسه تحقیقات کشاورزی دیم کشور و موسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر تهیه گردیدند. ژنوتیپ‌ها در قالب طرح آلفا لاتیس در دو تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی گنبدکاووس و در سال زراعی ۹۵-۹۴ ارزیابی شدند. ایستگاه تحقیقات کشاورزی گنبد در طول جغرافیایی ۱۰ درجه و ۱۲ دقیقه شرقی و عرض ۳۷ درجه و ۱۶ دقیقه شمالی با ۴۵ متر ارتفاع از سطح آزاد دریاها قرار دارد و دارای اقلیم نیمه‌خشک و نیمه گرمسیر است. هر تکرار شامل ۱۲ بلوک ناقص بود و در هر بلوک ناقص ۱۱ ژنوتیپ قرار گرفت. هر واریته در چهار خط به طول ۱ متر و فاصله خطوط ۰/۲ متر کشت شد. در اطراف مزرعه به‌منظور جلوگیری از اثرات حاشیه ۲ خط از رقم گنبد کشت شد. هر کرت بر اساس تراکم ۳۵۰ بوته در مترمربع به‌صورت دیم کشت گردید. عملیات کاشت به‌صورت دستی و فرایند داشت و برداشت مطابق با معمول و عرف منطقه انجام شد. قبل از کاشت کود سوپر فسفات تریپل به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار به زمین داده شد. در طول آزمایش و در سه نوبت کود اوره به مقدار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار استفاده شد. کنترل علف‌های هرز به‌صورت دستی انجام شد.

در مرحله قبل از گل‌دهی از ۳ سنبله اصلی برگ پرچم جدا شد و در پاکت‌های پلاستیکی قرار گرفت و سریعاً به آزمایشگاه منتقل شد. صفات سطح برگ پرچم (سانتی‌مترمربع)، سطح ویژه برگ پرچم (سانتی‌مترمربع/گرم) و وزن خشک برگ پرچم (گرم) محاسبه شدند. صفات تعداد سنبله، ارتفاع بوته (سانتیمتر)، روز تا سنبله‌دهی، روز تا رسیدگی و طول دوره پر شدن دانه اندازه‌گیری شدند.

جدول ۱. نام ژنوتیپ‌های بکار گرفته‌شده در این آزمایش

Table 1. Name of the genotypes used in this experiment

کد Code	ژنوتیپ Genotype	کد Code	ژنوتیپ Genotype	کد Code	ژنوتیپ Genotype	کد Code	ژنوتیپ Genotype	کد Code	ژنوتیپ Genotype
1	Niknedjad	28	Albourz	55	Falat	82	Azadi	109	Sistan
2	6070	29	6046	56	6162	83	6171	110	6234
3	Hirmand	30	Karim	57	Atrak	84	Marvdasht	111	Ofogh
4	6109	31	6216	58	6202	85	6075	112	6038
5	Maroun	32	Rasoul	59	Pastour	86	Karaj1	113	Arg
6	6203	33	6210	60	6208	87	6004	114	6077
7	Arta	34	Khazar1	61	Shiroudi	88	Karaj2	115	Narin
8	6165	35	6122	62	6026	89	6089	116	6047
9	Moghan3	36	Roshan	63	Tajan	90	Karaj3	117	Natasha
10	6250	37	6127	64	6050	91	6113	118	6105
11	Gahar	38	Aftab	65	Mourvarid	92	Ns	119	Hamoun
12	6031	39	6156	66	6011	93	6179	120	6052
13	Golestan	40	Ghabous	67	Gonbad	94	Bahar	121	Aflak
14	6097	41	6041	68	6051	95	6114	122	6159
15	Inia	42	Darya	69	N-80-19	96	Chamran	123	Mehregan
16	6055	43	6088	70	6131	97	6237	124	6107
17	Naz	44	Pishtaz	71	Baharan	98	Sirvan	125	Moghan2
18	6152	45	6182	72	6201	99	6016	126	6001
19	Zagrous	46	Bam	73	Sepahan	100	Mahdavi	127	Line7
20	6158	47	6230	74	6003	101	6149	128	UR-92-15
21	Kouhdasht	48	Kavir	75	Sivand	102	Darab2	129	Line16
22	6153	49	6107	76	6124	103	6172	130	6002
23	Line 17	50	ghods	77	parsi	104	Chamran2	131	AR-92
24	6112	51	6235	78	6169	105	6115	132	UR-92-18
25	Line A	52	shoush	79	Shiraz	106	Neishabour		
26	6161	53	6150	80	6071	107	6164		
27	Dez	54	6168	81	Tiger	108	UR-92-13		

جدول ۲. اختصار و واحد صفات اندازه‌گیری شده

Table 2. Abbreviation and unit of measured traits

Trait	صفت	علامت اختصاری abbreviation	unit	واحد
Plant Height	ارتفاع بوته	PH	(cm)	سانتیمتر
Spike length	طول سنبله	SL	(cm)	سانتیمتر
Spike Weight	وزن سنبله	SW	(gr)	گرم
Flag Leaf Area	سطح برگ پرچم	FLA	(cm^2)	سانتیمتر مربع
Drought Weight Flag Leaf	وزن خشک برگ پرچم	FLDW	(gr)	گرم
Flag Leaf Specific Area	سطح ویژه‌ی برگ پرچم	FLSA	(cm^2/gr)	سانتیمتر مربع/گرم
Biomass	بیوماس	B	(gr)	گرم
Yield	عملکرد	Y	(gr/m^2)	گرم/مترمربع
Spike Weight	وزن سنبله	SW	(gr)	گرم
Seed Weight/Spike	وزن دانه در سنبله	SWS	(gr)	گرم
Thousand Kernel Weight	وزن هزار دانه	TKW	(gr)	گرم
Seed Filling Rate	سرعت پر شدن دانه	SFR	(gr/m^2/day)	گرم/مترمربع/روز
Days to Maturity	روز تا رسیدگی	DM		
Grain Filling Duration	دوره‌ی پر شدن دانه	GFD		
Days to Heading	روز تا سنبله دهی	DH		

برای ارزیابی صفات مرتبط با سنبله نمونه‌ای متشکل از ۱۰ سنبله اصلی از هر کرت آزمایشی گرفته شد. سپس صفات طول سنبله (سانتی‌متر)، وزن سنبله (گرم) و وزن دانه در سنبله (گرم) اندازه‌گیری شدند. برداشت در ۲۵ خرداد انجام گرفت. همه کرت آزمایشی برداشت شد. سپس صفات عملکرد دانه، بیوماس، شاخص برداشت، سرعت پر شدن دانه و وزن هزار دانه محاسبه شدند.

تجزیه واریانس با استفاده از نرم‌افزار SAS، ضرایب همبستگی، تجزیه رگرسیون به روش گام‌به‌گام و تجزیه کلاستر به روش حداقل وارد با استفاده از نرم‌افزار XLSTAT انجام شد

نتایج و بحث

با توجه به این‌که در مطالعه حاضر سودمندی طرح آلفا لاتیس نسبت به طرح بلوک‌های کامل تصادفی ناچیز بود، تجزیه واریانس به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی انجام شد. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که ژنوتیپ‌ها ازنظر اکثر صفات موردمطالعه تفاوت معنی‌داری داشتند (جدول ۳)؛ بنابراین تنوع ژنتیکی خوبی بین ژنوتیپ‌های موردمطالعه مشاهده شد. یکی از پیش‌شرط‌های اصلی در برنامه‌های اصلاحی وجود تنوع ژنتیکی است

جدول ۳. تجزیه واریانس صفات مورفولوژیک ژنوتیپ‌های موردمطالعه در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی

Table 3. Analysis of variance of morphological traits of genotypes in randomized complete block design

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	وزن دانه در سنبله Seed Weight/Spike	وزن سنبله Spike Weight	طول سنبله Spike length	وزن هزار دانه Thousand Kernel Weight	سطح مخصوص برگ پرچم Flag Leaf Specific Area	سطح برگ پرچم Flag Leaf Area	سرعت پر شدن دانه Seed Filling Rate	دوره پر شدن دانه Grain Filling Duration
بلوک Block	1	0.17^{ns}	3.95**	16.4**	8.4^{ns}	57.6^{ns}	21.6^{ns}	2.7^{ns}	28.7^{ns}
ژنوتیپ Genotype	131	0.23**	0.22**	1.7**	54.9**	487.9**	81.7**	16.8**	14.9^{ns}
خطا Error	131	115.0	0.01	0.4	4.07	215.7	22.1	1.9	13.5
ضریب تغییرات CV%		25.62	16.25	5.79	7.38	7.37	13.2	15.0	10.2

جدول ۳. ادامه

Table 3. Continued

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	روز تا بلوغ Days to Maturity	روز تا خوشه‌دهی Days to Heading	ارتفاع بوته Plant Height	تعداد سنبله Number of Spikes	شاخص برداشت Harvest Index	عملکرد Yield	بیومس Biomass
بلوک Block	1	13.6**	81.8*	262**	12.7^{ns}	0.006^{ns}	1376^{ns}	104^{ns}
ژنوتیپ Genotype	131	10.8**	31.2**	107**	733.3^{ns}	0.013**	21690**	114633**
خطا Error	131	1.0	13.4	28	616.03	0.004	2547	56960
ضریب‌تغییرات CV%		0.71	3.47	5.67	24.17	25.22	16.96	20.96

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

ns, * and **: non-significant, significant at the 5 and 1% levels of probability

نتایج جدول همبستگی بین صفات نشان داد عملکرد بیشترین همبستگی را به ترتیب با سرعت پر شدن دانه (r = ۰/۸۳**)، شاخص برداشت (r = ۰/۸۴**)، بیوماس (r = ۰/۵۹**)، وزن هزار دانه (r = ۰/۵۸**)، وزن دانه در سنبله (r = ۰/۴۴**) و وزن سنبله (r = ۰/۴۱**) داشت (جدول ۴).

عملکرد در شرایط دیم با صفات روز تا رسیدگی (r = -۰/۵۷**) و روز تا سنبله‌دهی (r = -۰/۴۶**) همبستگی منفی و معنی‌داری داشت. بین سرعت پر شدن دانه و وزن هزار دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری (r = ۰/۴۳**) مشاهده شد. همبستگی منفی و معنی‌دار عملکرد در شرایط دیم با روز تا رسیدگی معرف مکانیسم فرار از تنش خشکی انتهای فصل است. ژنوتیپ‌هایی که زودتر وارد مرحله زایشی می‌شوند و مرحله رسیدگی فیزیولوژیک خود را سریع‌تر تمام می‌کنند از تنش خشکی انتهای فصل فرار کرده و با تنش مواجه نمی‌شوند. در گزارش‌های پیشین نیز همبستگی منفی و معنی‌داری بین عملکرد دانه و روز تا سنبله‌دهی و رسیدگی گزارش گردید که نشان می‌دهد ژنوتیپ‌هایی که زودتر به سنبله می‌روند و زودرس‌تر هستند در شرایط تنش انتهای فصل عملکرد بهتری دارند (Ghaderi et al., 2009; Zarebayati et al., 2017; Mohammadi, 2014). این

جدول ۴. ضرایب همبستگی بین صفات زراعی در ژنوتیپ‌های گندم بهاره

Table 4. Correlation coefficients of agronomic traits in spring wheat genotypes

	صفات Traits	1	2	3	4	5	6	7	8
1	بیوماس Biomass	1.00							
2	عملکرد Yield	0.59**	1.00						
3	شاخص برداشت Harvest Index	0.08ns	0.84**	1.00					
4	تعداد سنبله Number of Spikes	0.21*	0.27**	0.18*	1.00				
5	ارتفاع Plant Height	0.10ns	-0.17*	-0.30**	-0.07ns	1.00			
6	روز تا سنبله دهی Days to Heading	-0.19*	-0.46**	-0.47**	-0.11ns	0.33**	1.00		
7	روز تا رسیدگی Days to Maturity	-0.29**	-0.56**	-0.51**	-0.14ns	0.35**	0.74**	1.00	
8	دوره پر شدن دانه Grain Filling Duration	0.02ns	0.20*	0.24**	0.04ns	-0.18*	-0.82**	-0.21*	1.00
9	سرعت پر شدن دانه Seed Filling Rate	0.64**	0.84**	0.60**	0.37**	-0.09ns	-0.23**	-0.41**	-0.01ns
10	سطح برگ پرچم Flag Leaf Area	-0.23**	-0.36**	-0.31**	-0.20*	0.38**	0.56**	0.50**	-0.38**
11	سطح ویژه برگ پرچم Flag Leaf Specific Area	0.00ns	0.16ns	0.18*	0.27**	-0.34**	-0.28**	-0.24**	0.21*
12	وزن خشک برگ پرچم Flag Leaf Drought Weight	-0.21*	-0.37**	-0.33**	-0.27**	0.44**	0.56**	0.51**	-0.38**
13	وزن هزار دانه Thousand Kernel Weight	0.33**	0.58**	0.53**	-0.07ns	-0.25**	-0.59**	-0.61**	0.34**
14	طول سنبله Spike length	-0.13ns	-0.26**	-0.24**	-0.24**	0.31**	0.30**	0.32**	-0.15ns
15	وزن سنبله Spike Weight	0.29**	0.41**	0.36**	-0.15ns	-0.15ns	-0.22*	-0.35**	0.02ns
16	وزن دانه در سنبله Seed Weight /Spike	0.27**	0.44**	0.40**	-0.08ns	-0.16ns	-0.31**	-0.42**	0.09ns

جدول ۴. ادامه **Table 4. Continued**

	صفات Traits	9	10	11	12	13	14	15
9	سرعت پر شدن دانه Seed Filling Rate	1.00						
10	سطح برگ پرچم Flag Leaf Area	-0.22*	1.00					
11	سطح ویژه برگ پرچم Flag Leaf Specific Area	0.10ns	-0.31**	1.00				
12	وزن خشک برگ پرچم Flag Leaf Drought Weight	-0.23**	0.94**	-0.60**	1.00			
13	وزن هزار دانه Thousand Kernel Weight	0.43**	-0.29**	0.11ns	-0.28**	1.00		
14	طول سنبله Spike length	-0.24**	0.60**	-0.40**	0.63**	-0.16ns	1.00	
15	وزن سنبله Spike Weight	0.36**	0.05ns	-0.20*	0.10ns	0.58**	0.26**	1.00
16	وزن دانه در سنبله Seed Weight /Spike	0.38**	-0.10ns	-0.06ns	-0.08ns	0.57**	0.06ns	0.82**

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

ns, * and **: non-significant, significant at the 5 and 1% levels of robability, respectively

برتری زمانی چشمگیرتر است که تنش خشکی پس از سنبله‌دهی اتفاق افتد؛ بنابراین زودرسی در برنامه‌های به‌نژادی برای تحمل به خشکی بسیار بااهمیت است. در شرایط تنش فتوسنتز متوقف می‌شود و به همین دلیل همبستگی بزرگی بین طول دوره پر شدن دانه و عملکرد در شرایط دیم (r = ۰/۲) مشاهده نشد. زمانی که فتوسنتز به دلیل تنش خشکی، گرما و یا بیماری متوقف می‌شود، منابع ساقه قبل از گل‌دهی مهم‌ترین منبع کربن برای پر شدن دانه می‌باشند. عملکرد در شرایط تنش با صفت سرعت پر شدن دانه بیشترین همبستگی (r = ۰/۸۴**) را داشت و بنابراین در شرایط تنش خشکی آنچه حائز اهمیت است سرعت انتقال مواد از منبع به مخزن و انتقال مجدد مواد است (Blum, 1998). بین سطح برگ پرچم و روز تا سنبله‌دهی همبستگی مثبت و معنی‌داری (۰/۵۹) وجود داشت. در گیاهان رشد محدود مثل گندم با ورود گیاه به فاز زایشی گسترش سطح برگ کم می‌شود بنابراین انتظار می‌رود که گیاهان با طول دوره رشد رویشی بیشتر سطح برگ بیشتری داشته باشند (Hokmalipour and Seyedsharifi, 2014). در مطالعات پیشین نیز همبستگی منفی و معنی‌داری بین سطح برگ پرچم و عملکرد در شرایط تنش گزارش شده بود (Janmohammadi, et al., 2011; Assanga et al., 2017).

به‌منظور برآورد رگرسیون گام‌به‌گام ابتدا صفات دارای هم‌راستایی ساختاری حذف شدند. این نوع از هم‌راستایی زمانی رخ می‌دهد که یک صفت مستقل با استفاده از سایر صفات مستقل محاسبه شود. سپس از بین صفات با عامل تورم واریانس بیش از ۵، یکی از صفاتی که همبستگی بالا با هم داشتند حذف شدند (Anonymous, 2018). سرعت پر شدن دانه و روز تا سنبله‌دهی به‌عنوان صفات مهم و تأثیرگذار بر عملکرد دانه وارد مدل شدند و درمجموع ۷۸/۱ درصد از تغییرات عملکرد را توجیه کردند (جدول ۵).

در مطالعه‌ای گزارش گردید که صفات تعداد سنبله در مترمربع و روز تا رسیدگی در شرایط تنش خشکی ۸۷ درصد از تغییرات عملکرد دانه را توجیه می‌کنند (Mohammadi, 2014). در پژوهش دیگری گزارش گردید که صفات بیوماس و روز تا سنبله‌دهی وارد مدل رگرسیونی شدند و به ترتیب اثرات مستقیمی برابر با ۰/۸۵ و ۰/۶۳- بر عملکرد دانه داشتند (Kandic et al., 2009).

برای درک بهتر رابطه بین عملکرد دانه و صفات گزینش‌شده توسط مدل رگرسیونی به روش گام‌به‌گام، تجزیه علیت انجام شد. با استفاده از تجزیه علیت مشخص می‌شود

که همبستگی صفات با عملکرد به علت اثر مستقیم آن‌ها بر روی عملکرد و یا در نتیجه اثر غیرمستقیم از طریق سایر صفات است. نتایج تجزیه علیت در این پژوهش نیز نشان داد که سرعت پر شدن دانه بیشترین اثر مستقیم بر عملکرد را داشت (۰/۷۷۳). همچنین روز تا سنبله‌دهی اثر مستقیمی برابر با ۰/۲۸۵- بر عملکرد نشان داد (جدول ۶)؛ بنابراین می‌توان بیان داشت که در شرایط دیم صفت‌های سرعت پر شدن دانه و روز تا سنبله‌دهی مهم‌ترین صفت‌های مؤثر بر عملکرد دانه بودند. همچنین همبستگی بالای صفات سرعت پر شدن دانه (r = ۰/۸۴**) و روز تا سنبله‌دهی (۰/۴۶**- = r) با عملکرد این نتایج را تائید نمود؛ بنابراین از این صفات به‌عنوان شاخص‌های انتخاب در شرایط دیم می‌توان استفاده کرد. هدف از تجزیه کلاستر شناسایی تعداد کمتری از گروه‌هاست به‌طوری‌که افرادی که دارای شباهت بیشتری با یکدیگر هستند در یک گروه قرار گیرند (Farshadfar, 2006).

جدول ۵. برازش بهترین مدل رگرسیون خطی چندگانه به روش گام‌به‌گام (عملکرد دانه صفت وابسته و سایر صفات متغیرهای مستقل)

Table 5. Fitting the best multiple linear regression model with stepwise method considering grain yield as a dependent trait and other traits as independent variables

		Step2	گام دوم	Step1	گام اول
		خطا Error	رگرسیون Regression	خطا Error	رگرسیون Regression
MS	میانگین مربعات	305987**	2416.97	802968**	3235.95
Traits	صفت واردشده	Days to maturity		Seed filling rate	
F	مقدار F	45.05**		332.22**	
R^2	ضریب تبیین تجمعی	78.1		70.4	
Adjusted R^2	ضریب تبیین تعدیل‌شده	77.7		70.2	
Standard error	خطای استاندارد	1.12		1.52	
coefficients	ضرایب رگرسیون	-7.50		27.73	
Standardized coefficients	ضرایب رگرسیون استاندارد	-0.285		0.773	
Mallows' Cp	آماره Cp مالو	4.41		47.96	
tolerance	Tolerance	0.552		0.414	
VIF	VIF	1.81		2.41	

**: Significant at the 1% level of probability: **: معنی‌دار در سطح احتمال ۱%

جدول ۶. ضرایب تجزیه مسیر و اثرات مستقیم و غیرمستقیم صفات بر عملکرد دانه

Table 6. Coefficient of direct and indirect effects of traits on grain yield

صفات	traits	روز تا سنبله‌دهی Days to heading	سرعت پر شدن دانه Seed filling rate	همبستگی Correlation
سرعت پر شدن دانه	Seed filling rate	0.066	0.773	0.839
روز تا سنبله‌دهی	Days to heading	-0.285	-0.179	-0.464

Direct effect have been underlined زیر اثرات مستقیم خط کشیده شده است

تجزیه خوشه‌ای در این پژوهش با هدف گروه‌بندی ژنوتیپ‌های موردمطالعه ازنظر صفات مرتبط با عملکرد که در مدل رگرسیونی قرار گرفتند و یا همبستگی بالایی با عملکرد داشتند انجام شد. تجزیه کلاستر با استفاده از روش حداقل واریانس وارد انجام شد. برای اینکه گروه‌های حاصل از برش دندروگرام دارای حداکثر شباهت در درون گروه‌ها و حداکثر تفاوت در بین گروه‌ها باشند از مقایسه واریانس درون گروه‌ها و بین گروه‌ها در حالت‌های مختلف برش دندروگرام و آماره F استفاده شد (جدول ۷). با توجه به روند نزول واریانس درون گروه‌ها و صعود واریانس بین گروه‌ها و از طرفی با هدف ایجاد تعداد کلاستر کمتر، دندروگرام حاصل در ناحیه‌ای که تعداد ۷ کلاستر ایجاد شود برش خورد (شکل ۱). ضریب همبستگی کوفنتیک ۰/۸۲ برآورد گردید که بیانگر صحت گروه‌بندی بود.

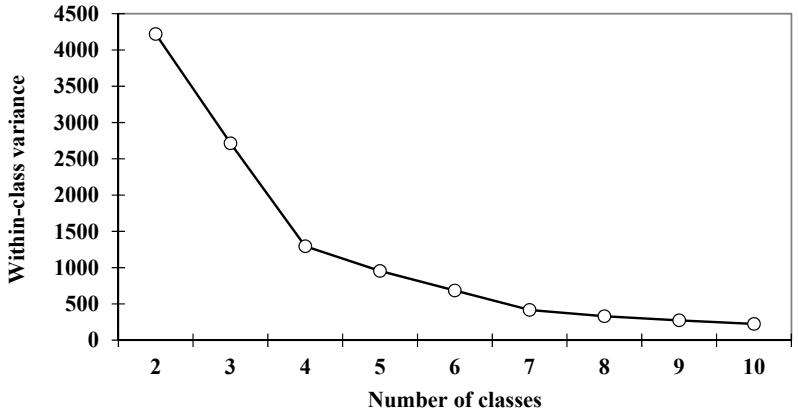
جدول ۷. روند تغییر واریانس در حالت‌های مختلف برش دندروگرام

Table 7. Evolution of variances in different truncations

تعداد کلاستر/ واریانس	2	3	4	5	6	7	8	9	10
واریانس بین گروه‌ها Within class variance	6683	8189	9607	9948	10217	10485	10571	10628	10677
واریانس درون گروه‌ها Between class variance	4220	2713	1295	955	686	418	332	275	226
F	1.6^{ns}	3.0^{ns}	7.4**	10.4**	14.9**	25.1**	31.9**	38.7**	47.3**

**: معنی‌دار در سطح احتمال ۱%

**: significant at the 1% level of probability



شکل ۱. ارتباط بین برش دندروگرام در نقاط مختلف و واریانس درون گروه

Fig 1. The relationship between dendrogram cutting in different locations and the within-class variance

گروه‌ها ازنظر صفات موردبررسی تفاوت معنی‌داری با هم داشتند (جدول ۸). گروه‌ها با استفاده از میانگین متغیرها و آزمون آماری دانکن مقایسه شدند. گروه ۵ و ۷ ازنظر صفات موردنظر برتر از سایر گروه‌ها بودند (جدول ۹).

ژنوتیپ‌های شماره ۳۸، ۳۹ و ۵۲ در گروه ۷ قرار گرفتند (جدول ۱۰). به‌منظور آگاهی از جایگاه ژنوتیپ‌های قرارگرفته در گروه ۵ و ۷ در میان سایر ژنوتیپ‌های موردمطالعه از روش رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها بر اساس صفات موردمطالعه استفاده شد. در این روش ژنوتیپ‌های با مقدار عددی بزرگ‌تر برای هر صفت دارای رتبه بزرگ‌تری در میان سایر ژنوتیپ‌ها بودند. با توجه به وجود ۱۳۲ ژنوتیپ در این پژوهش به ژنوتیپی که دارای بیشترین مقدار عددی برای هر صفت بود رتبه‌ی ۱۳۲ اختصاص یافت. ژنوتیپ‌های شماره ۳۸، ۳۹ و ۵۲ به ترتیب دارای رتبه‌های ۱۳۱، ۱۳۲ و ۱۳۰ برای عملکرد بودند. ژنوتیپ شماره ۲۰ در میان سایر ژنوتیپ‌ها روز تا سنبله‌دهی کمتری داشت و در جدول رتبه‌بندی، کد یک را دریافت کرد.

جدول ۸. تجزیه واریانس گروه‌ها در قالب طرح کاملاً تصادفی

Table 8. Multivariate analysis of variance of groups in a completely randomized design

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	عملکرد Yield	روز تا سنبله دهی Days to heading	روز تا رسیدگی Days to maturity	سرعت پر شدن دانه Seed Filling Rate	وزن هزار دانه Thousand Kernel Weight	وزن سنبله Spike Weight	وزن دانه در سنبله Seed Weight /Spike
تیمار (گروه) Class	6	228757**	827384**	49.6**	124.1**	276.9**	0.596**	0.783**
اشتباه Error	125	385.6	10.5	3.31	2.87	15.5	0.089	0.083

**: معنی‌دار در سطح احتمال ۱%

**: significant at the 1% level of probability

جدول ۹. مقایسه میانگین گروه‌ها با استفاده از آزمون دانکن

Table 9. Comparison of groups average using Duncan test

Traits	صفات	گروه ۱ Class 1	گروه ۲ Class 2	گروه ۳ Class 3	گروه ۴ Class 4	گروه ۵ Class 5	گروه ۶ Class 6	گروه ۷ Class 7
Yield	عملکرد	262.9 c	369.8 e	196 b	315 d	443.0 f	116 a	562 g
Days to heading	روز تا سنبله دهی	106.0 bc	104.4 ab	107 c	103 a	104 abc	110 d	105abc
Days to maturity	روز تا رسیدگی	141.3 a	140.8 a	143.3 b	140 a	140.7 a	144 c	140a
Seed Filling Rate	سرعت پر شدن دانه	8.1 b	10.8 d	5.7 a	9.7 c	12.4 e	5.7 a	16.2f
Thousand Kernel Weight	وزن هزار دانه	26.3 b	29.9 c	25.5 b	29.7 c	29.7 c	19.3 a	28.79bc
Spike Weight	وزن سنبله	1.90 b	2.019	1.85 b	2.06 b	1.992 b	1.55 a	2.10b
Seed Weight /Spike	وزن دانه در سنبله	1.32 bc	1.44 cd	1.16 b	1.47 cd	1.28 bc	0.94 a	1.79d

جدول ۱۰. گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها با استفاده از تجزیه کلاستر و روش حداقل واریانس وارد

Table 10. Grouping of genotypes using cluster analysis and Ward's minimum variance method

گروه Class	کد ژنوتیپ Genotype code
1	1, 7, 27, 30, 32, 37, 43, 53, 55, 57, 60, 63, 65, 73, 77, 81, 91, 94, 96, 99, 102, 105, 116, 117, 121, 130 and 132
2	2, 6, 9, 11, 16, 24, 25, 26, 29, 31, 35, 44, 47, 54, 56, 64, 68, 71, 93, 97, 107, 108, 110, 112, 118, 120, 122, 123, 126, 127 and 129
3	3, 5, 34, 69, 74, 75, 92, 104, 115, 125 and 131
4	4, 8, 14, 15, 17, 18, 19, 21, 22, 28, 33, 41, 42, 45, 51, 58, 59, 61, 66, 72, 76, 78, 83, 89, 95, 98, 101, 114, 124 and 128
5	10, 12, 20, 23, 40, 62, 67, 70, 80, 85, 87 and 103
6	13, 36, 46, 48, 49, 50, 79, 82, 84, 86, 88, 90, 100, 106, 109, 111, 113 and 119
7	38, 39 and 52

جدول ۱۱. رتبه‌بندی ژنوتیپ‌های گروه ۵ و ۷ ازنظر صفات موردمطالعه

Table 11. Ranking of 7th Class genotypes for the studied traits

ژنوتیپ genotype	وزن سنبله SW	وزن هزار دانه TKW	سرعت پر شدن دانه SFR	روز تا رسیدگی DM	روز تا سنبله دهی DH	عملکرد Y
10	42	68	95	52	40	120
12	122	90	126	61	79	129
20	115	115	99	2	1	121
23	29	52	96	38	11	123
38	36	48	130	4	11	131
39	129	128	131	52	54	132
40	94	54	108	9	40	119
52	91	36	132	61	114	130
62	41	104	120	35	48	127
67	70	81	127	61	100	128
70	44	69	111	52	40	125
80	103	101	119	61	94	118
85	121	122	128	24	79	126
87	46	42	115	92	69	124
103	40	125	109	52	54	122

ژنوتیپ‌های با بزرگ‌ترین رتبه بیشترین مقدار عددی را برای صفات موردمطالعه در بین ۱۳۲ ژنوتیپ دارند

The highest-ranking genotypes have the highest numerical value for the traits studied in 132 genotypes.

عملکرد ژنوتیپ‌های شماره ۳۸، ۳۹ و ۵۲ به ترتیب برابر با ۵۷۲/۵، ۵۷۸/۳ و ۵۳۵/۸ گرم/ مترمربع بود. ژنوتیپ شماره ۲۰ زودتر از سایر ژنوتیپ‌ها به سنبله رفت (۱۰۰ روز) و رتبه یک را به خود اختصاص داد. همچنین این ژنوتیپ برای روز تا رسیدگی رتبه ۲ را به خود اختصاص داد. این ژنوتیپ به دلیل زودتر به سنبله رفتن و زودتر مرحله پر شدن دانه را به اتمام رساندن قابلیت فرار از تنش‌های انتهای فصل را دارد. در میان ژنوتیپ‌ها بیشترین عملکرد را ژنوتیپ ۳۹ داشت. این ژنوتیپ ازنظر سرعت پر شدن دانه، وزن هزار دانه و وزن سنبله در میان سایر ژنوتیپ‌ها به ترتیب رتبه‌ای برابر با ۱۳۱، ۱۲۸ و ۱۲۹ داشت. ژنوتیپ ۳۹ به خاطر سرعت پر شدن دانه بالا، وزن هزار دانه و وزن سنبله بالایی دارد. هر ژنوتیپ واقع در گروه ۵ یا ۷ ازنظر برخی از صفات نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها در این گروه‌ها برتری داشت و هیچ ژنوتیپی ازنظر همه صفات مرتبط با عملکرد برتر نبود؛ بنابراین به‌منظور تجمیع صفات مرتبط با عملکرد در یک ژنوتیپ می‌بایست از تلاقی چند ژنوتیپ و تولید جمعیت اصلاحی با استفاده از این تلاقی‌ها استفاده کرد.

نتیجه‌گیری نهایی

در این تحقیق صفات روز تا سنبله‌دهی، روز تا رسیدگی، سرعت پر شدن دانه، وزن هزار دانه و وزن سنبله به‌عنوان صفات مؤثر بر عملکرد دانه در شرایط دیم شناسایی شدند و گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها با استفاده از این صفات انجام شد. مقایسه میانگین گروه‌ها نشان داد که گروه ۷ ازنظر کلیه صفات موردنظر برتر از سایر گروه‌ها بود. ژنوتیپ‌های واقع در این گروه را با انجام بررسی‌های بیشتر می‌توان برای کشت در منطقه معرفی نمود. در برنامه‌های اصلاحی به‌منظور تجمیع صفات مرتبط با عملکرد در یک ژنوتیپ می‌توان از ژنوتیپ شماره ۲۰ با کمترین روز تا سنبله‌دهی و کمترین روز تا رسیدگی، ژنوتیپ‌های شماره ۱۲، ۳۸، ۳۹، ۵۲، ۶۷ و ۸۵ با سرعت پر شدن دانه بالا و ژنوتیپ‌های ۱۰۳، ۸۵، ۳۹ و ۲۰ با وزن هزار دانه بالا برای انجام تلاقی‌ها و تولید جمعیت‌های اصلاحی استفاده کرد.

قدردانی

از جناب آقایان دکتر مظفر روستایی، دکتر منوچهر خدارحمی، دکتر حسن قوجق و دکتر رحمت ا... محمدی به خاطر همکاری در تهیه بذر و اجرای این پژوهش کمال تشکر را دارم.

منابع

Ahmadi, A., Baker, D.A., 2001. The effect of water stress on grain filling processes in wheat. Journal of Agricultural Science. 136, 257-269.

Anonymous. 2018. XLSTAT manual. https:// help.xlstat.com/customer/en/portal/articles/21 78395- download- the- xlstat- help- documentation

Assanga, S.O., Fuentealba, M., Zhang, G., Tan, C., Dhakal, S., Rudd, J.C., Ibrahim, A.M., Xue, Q., Haley, S., Chen, J., Chao, S., 2017. Mapping of quantitative trait loci for grain yield and its components in a US popular winter wheat TAM 111 using 90K SNPs. PloS one. 12, p.e0189669.

Blum, A., 1998. Improving wheat grain filling under stress by stem reserve mobilisation. Euphytica, 100, 77-83.

Bruce, W.B., Edmeades, G.O., Barker, T.C., 2002. Molecular and physiological approaches to maize improvement for drought tolerance. Journal of experimental botany. 53, 13-25.

Cattivelli, L., Rizza, F., Badeck, F.W., Mazzucotelli, E., Mastrangelo, A.M., Francia, E., Mare, C., Tondelli, A., Stanca, A.M., 2008. Drought tolerance improvement in crop plants: an integrated view from breeding to genomics. Field Crops Research. 105, 1-14.

Chandra, D., Islam, M.A., Barma, N.C.D., 2004. Variability and interrelationship of nine quantitative characters in F5 bulks of five wheat crosses. Pakistan Journal of Biological Sciences. 7, 1040-1045.

Ebrahimnejad, S., Rameeh, V., 2016. Correlation and factor analysis of grain yield and some important component characters in spring bread wheat genotypes. Cercetări Agronomice în Moldova. 16, 5-15.

Farshadfar, E., 2006. Multivariate Principles and Procedures of Statistics. Razi University Press. 734p. [In Persian].

Ghaderi, M. G., Zeinali Khanghah, H., Hosseinzadeh, A. H., Taleei, A. R., Naghavi, M. R., 2009. Evaluation of relationships between grain yield, yield components and the other characteristics associated with grain yield in bread wheat using multivariate statistical analysis. Journal of Iranian Field Crop Research. 7, 573-583. [In Persian with English summary].

Golparvar, A. R., Ghannadha, M. R., Zali A.A., Ahmadi, A., 2002. Evaluation of some morphological traits as selection criteria for improvement of bread wheat. Iranian Journal of Crop Sciences. 4, 202-207. [In Persian with English summary].

Hokmalipour, S., Seyedsharifi, R., 2015. Effect of seed inoculation with plant growth promoting rhizobacteria (pgpr) affected by different levels of nitrogen and phosphorus fertilizers on the yield and some physiological parameters of barley (*Hordeum vulgar* L.). Iranian Journal of Field Crops Research. 12, 822-833. [In Persian with English summary].

Janmohammadi, M., Ahmadi A., Poustini, K., 2011. Effect of leaf area reduction and nitrogen application on stomatal characteristics of flag leaf and grain yield of wheat under deficit irrigation. Journal of Crop Production. 3, 177-194. [In Persian with English summary].

Kandic, V., Dodig, D., Jovic, M., Nikolic, B., Prodanovic, S., 2009. The importance of physiological traits in wheat breeding under irrigation and drought stress. Genetika. 41, 11 - 20.

Khalilzadeh, G.R., 2018. Genetic investigation of grain yield and its components in bread wheat genotypes using diallel method. Iranian Journal of Dryland Agriculture. 6,165-186. [In Persian with English summary].

Leilah, A. A., Al-Khateeb, S. A., 2005. Statistical analysis of wheat yield under drought conditions. Journal of Arid Environments. 61, 483-496.

Mohammadi, S., 2014. Evolution of grain yield and its components relationships in bread wheat genotypes under full irrigation and terminal water stress conditions using multivariate statistical analysis. Iranian Journal of Field Crops Research. 2, 99-109. [In Persian with English summary].

Moosavi, S.S., Kian Ersi, F., Afiuni, D., Abdollahi M.R., 2016. Evaluation of grain yield of bread wheat (*triticum aestivum* l.) promising lines and detection of yield related agro-morphological traits under terminal moisture stress. Journal of Crop Production and Processing. 5, 91-103. [In Persian with English summary].

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

Senobar, A., Tabatabayi, S. A., Dehghani, F., 2011. Effect of irrigation intervals on grain yield, yield components and harvest index of bread wheat cultivars in Yazd region. Environmental Stresses in Crop Sciences. 3, 95-104. [In Persian with English summary].

Shahid Masood, M., Javaid, A., Ashiq Rabbani, M., Anwar. R., 2005. Phenotypic diversity and trait association in bread wheat (*triticum aestivum* L.) landraces from Baluchistan, pakistan. Pakistan Journal of Botany. 37, 949-957.

Tavakoli, A.R., 2012. Correlation coefficient, path analysis and drought tolerance indices for wheat under deficit irrigation conditions and nitrogen levels. Iranian Journal of Field Crops Research. 10, 198-206. [In Persian with English summary].

Zarebayati, A., Khodarahmi, M., Mostafavi, K., 2017. Relationship among traits and path analysis for grain yield of winter wheat cultivars under normal and drought stress conditions. Journal of Agronomy and Plant Breeding. 13, 85-95. [In Persian with English summary].

University of Birjand

تنشهای محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses In Crop Sciences
Vol. 13, No. 4, pp. 1019-1030
Winter 2021
http://dx.doi.org/10.22077/escs.2020.2224.1563

Original Article

Selection of agro-morphological traits related to spring wheat yield in dryland conditions as selection indices

S. Yarahmadi[1*], Gh.A. Nematzade[2], H. sabouri[3], H. Najafi Zarini[4]
1. Ph.D student, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran
2. Professor, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran
3. Associate Professor of Gonbad Kavous University, Gonbad Kavous, Iran
4. Associate Professor, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran

Received 23 January 2019; Accepted 30 March 2019

Abstract
This research was carried out to investigate the relationship between agronomic traits and yield using 132 spring wheat genotypes. Genotypes were cultivated in alpha-lattice design with two replications at the research farm of Gonbad Kavous agricultural research station. The highest correlation was observed respectively between yield with seed filling rate (0.84), harvest index (0.84), biomass (0.86), 1000 grain weight (0.58), grain weight per spike (0.44), and weight of the spike (0.41). Yield had a negative and significant correlation with days to maturity (-0.57) and days to heading (-0.45). Seed filling rate and days to heading were introduced into the model as important traits affecting grain yield and 78.1% of yield variation was justified. Grain filling rate and days to heading had direct effects of 0.73 and -0.285 respectively. The traits of seed filling rate and days to heading can be used as selection indices in dryland conditions. The results of cluster analysis showed that genotypes 38, 39 and 52 were in 7 group. This group was superior to other groups in terms of average traits. Genotypes in groups 5 and 7 can be used to aggregate performance-related traits.

***KeywordS*:** Cluster analysis, Drought stress, Path analysis, Regression, Yield component

[*]Correspondent author: Saeid Yarahmadi; E-Mail: Yarahmadi61@gmail.com.