

تنوع ژنتیکی صفات مورفو لوژیکی و فیزیولوژیکی در لاین‌های گندم دوروم

Genetic Variation of Morphological and Physiological traits in Durum Wheat Lines

عبدالرزاق دهقان^۱، منوچهر خدارحمی^۲، اسلام مجیدی هروان^۳ و فرزاد پاکنژاد^۴

۱- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد اصلاح نباتات، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج

۲- مربی، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، کرج

۳- استاد، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، کرج

۴- استادیار، دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کرج

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۲/۱۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۹/۸/۶

چکیده

دهقان، ع.، خدارحمی، م.، مجیدی هروان، ا.، و پاکنژاد، ف. ۱۳۸۹. تنوع ژنتیکی صفات مورفو لوژیکی و فیزیولوژیکی در لاین‌های گندم دوروم. مجله به‌نژادی نهال و بذر ۱-۲۶: ۱۲۰-۱۰۳.

به منظور بررسی تنوع ژنتیکی تعدادی از لاین‌های گندم دوروم، تعداد ۱۰۲ لاین خالص از کلکسیون گندم بخش تحقیقات غلات موسسه تحقیقات اصلاح و نهال بذر دریافت و در سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج در قالب طرح اگمنت (Augmented) شامل شش بلوک به همراه چهار رقم شاهد (یاواریس، آریا، دنا و شتردندان) مورد ارزیابی قرار گرفتند. در زمان‌های مناسب از صفات مختلف مورفو لوژیکی و فیزیولوژیکی یادداشت برداری به عمل آمد. نتایج تجزیه واریانس صفات نشان داد که ژنوتیپ‌ها از نظر اکثر صفات، اختلاف معنی‌داری با یکدیگر داشتند. همبستگی عملکرد دانه با صفات عملکرد بیولوژیک، رسیدگی بیولوژیک، تعداد دانه در سنبله و طول سنبله مثبت و معنی‌دار بود. رگرسیون چند متغیره خطی نشان داد که صفات عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و تعداد روز تا ظهور سنبله حدود ۸۴ درصد از تغییرات میانگین عملکرد را در این لاین‌ها توجیه می‌کنند. نتایج تجزیه علیت نشان داد که اثر مستقیم عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت بر عملکرد دانه مثبت و بالا بود ولی تعداد روز تا ظهور سنبله فقط اثر غیر مستقیم و منفی از طریق عملکرد بیولوژیک بر میانگین عملکرد دانه داشت. تجزیه خوشه‌ای بر اساس روش Ward با استفاده از ضریب مجذور فاصله اقلیدسی، ژنوتیپ‌ها را به چهار گروه تقسیم‌بندی کرد. نتایج این بررسی حاکی از آن است که صفاتی مانند روز تا ظهور سنبله و عملکرد بیولوژیک را می‌توان به عنوان شاخص انتخاب در برنامه‌های به‌نژادی و به منظور بهبود عملکرد دانه در گندم دوروم مورد استفاده قرار داد.

واژه‌های کلیدی گندم دوروم، تنوع ژنتیکی، تجزیه علیت.

مقدمه

گندم دوروم یا گندم ماکارونی (*Triticum turgidum* L. var. *durum*) به عنوان یک محصول غذایی با اهمیت، تولیدی معادل ۳۱/۱ میلیون تن در جهان دارد و محصول اصلی در چندین کشور دنیا است. بزرگ‌ترین کشورهای تولیدکننده گندم دوروم ایتالیا، کانادا و ترکیه هستند (Motzo and Giunta, 2007). افزایش مصرف سرانه ماکارونی در سال‌های اخیر در کشور سبب گسترش روز افزون تاسیس کارخانه‌ها و صنایع ماکارونی سازی شده است که متأسفانه به جای سمولینای گندم دوروم از آرد نول به عنوان ماده اولیه استفاده می‌کنند بنابراین محصولات تولیدی کیفیت پایین‌تری دارند. با رشد و توسعه زراعت گندم دوروم در ایران علاوه بر پوشش دادن مناطق واجد تنش‌های مختلف و افزایش سطح تولید گندم در کشور می‌توان ماده اولیه صنایع ماکارونی‌سازی را تامین و با ارتقای کیفیت محصولات تولیدی زمینه مساعدی برای صادرات ماکارونی و سمولینا به خارج از کشور فراهم کرد. با توجه به این که میزان نیاز صنایع ماکارونی‌سازی در کشور حدود نیم میلیون تن سمولینا است و امکان تولید آن در کشور وجود دارد، تولید گندم دوروم و رفع نیاز صنایع مذکور دارای اهمیت است (Golabadi and Arzani, 2002). با توجه به نقش تنوع ژنتیکی در پیشبرد اهداف برنامه‌های به‌نژادی و نقش توده‌های بومی در این

خصوص، بدون شک بررسی خصوصیات مورفولوژیک و فیزیولوژیک تعیین‌کننده عملکرد، از جمله روش‌های مناسب برای دستیابی به معیارهای انتخاب در جهت بهبود عملکرد و اصلاح و معرفی ارقام تجاری است که نهایتاً منجر به خودکفایی از نظر تولید ماکارونی و سمولینا خواهد شد. تحقیقات به‌نژادی گندم دوروم اولین بار در دهه ۱۹۵۰ در کشور مکزیک آغاز شد. در اواسط دهه ۱۹۶۰ با تأسیس مرکز بین‌المللی تحقیقات گندم و ذرت در مکزیک (CIMMYT) تحقیقات مربوط به گندم دوروم به منظور افزایش عملکرد دانه ادامه یافت و ژرم‌پلاسم مناطق اصلی کشت دوروم در دنیا برای برنامه‌های به‌نژادی در این مرکز ارزیابی شد. فیفر و همکاران (Pfeiffer et al., 1996) پیشنهاد کردند که در تحقیقات به‌نژادی آینده، انتخاب در جهت افزایش شاخص برداشت می‌تواند به عنوان ابزاری برای افزایش عملکرد دانه ارقام دوروم مدنظر قرار گیرد. جرادات (Jaradat, 1991) تنوع هجده صفت مورفولوژیک وابسته به عملکرد را در ژنوتیپ‌های بومی گندم دوروم عمان مورد بررسی قرار داد. او با استفاده از تجزیه کلاستر نشان داد که تنوع فنوتیپی در بین توده‌های مورد مطالعه در مقایسه با تنوع موجود در کلکسیون گندم دوروم بیشتر است. پجیتی و آنیچاریکو (Peccitti and Annicchiarico, 1998) با بررسی گندم‌های دوروم ایتالیا، وزن هزار دانه‌ها

دانه گزارش کرد. گل آبادی و ارزانی (Golabadi and Arzani, 2002) به منظور بررسی تنوع ژنتیکی ارقام و هیبریدهای F₁ گندم دوروم با استفاده از صفات زراعی و مورفولوژیک آزمایشی را انجام دادند. نتایج تجزیه واریانس، تفاوت معنی داری را در میان ژنوتیپ‌ها برای کلیه صفات مورد مطالعه نشان داد. در این تحقیق نیز همبستگی مثبت و معنی داری بین تعداد سنبله در واحد سطح و عملکرد بیولوژیک مشاهده شد. هدف از تحقیق حاضر بررسی تنوع ژنتیکی در تعدادی از لاین‌های خالص شده گندم دوروم بومی و خارجی و تعیین خصوصیات فیزیولوژیک و مورفولوژیک موثر بر عملکرد گندم دوروم به منظور دستیابی به معیارهایی برای انتخاب در جهت بهبود عملکرد این گیاه در برنامه به‌نژادی بود.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تنوع ژنتیکی گندم‌های دوروم موجود در کلکسیون گندم‌های بومی ایران (کلکسیون بخش تحقیقات غلات، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، کرج)، در سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷ تعداد ۱۰۲ لاین خالص شده در قالب طرح اگمنت بدون تکرار همراه با چهار شاهد تکرار شد (ارقام یاوارس، دنا، آریا و شترندان) در شش بلوک در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج ارزیابی شدند. ارتفاع این منطقه از سطح دریا ۱۳۲۱ متر است و

و باروری سنبله را در افزایش عملکرد دانه موثر دانستند.

واعظی (Vaezi, 1994) در بررسی پانصد نمونه از توده‌های بومی گندم دوروم، اگرچه همبستگی مثبتی را بین عملکرد دانه و ارتفاع بوته به دست آورد ولی هیچ گونه همبستگی بین عملکرد دانه با طول سنبله و وزن هزار دانه مشاهده نکرد. نقوی و همکاران (Naghavi et al., 2002) به منظور بررسی تنوع ژنتیکی گندم دوروم مربوط به کشورهای مکزیک، ایتالیا و ترکیه تعداد ۱۰۸ ژنوتیپ را بررسی و صفات مختلف را مورد مطالعه قرار دادند. ژنوتیپ‌های مورد مطالعه از نظر اکثر صفات اختلاف معنی داری با یکدیگر داشتند. نتیجه به دست آمده نشان داد که اثر مستقیم عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت بر عملکرد سنبله مثبت و بالا بود ولی تعداد روز تا ظهور سنبله فقط اثر غیر مستقیم منفی از طریق تعداد دانه در سنبله بر میانگین عملکرد سنبله داشت. نامبردگان نتیجه گرفتند که خصوصیات مانند تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه را می‌توان به عنوان شاخص‌هایی برای انتخاب در جهت بهبود عملکرد سنبله در گندم دوروم توصیه کرد.

میرآخوندی (Mirakhondi, 2001) همبستگی مثبت و معنی داری را بین عملکرد دانه، عملکرد سنبله، طول ریشک، تعداد دانه در سنبله، طول سنبله، تعداد سنبله در سنبله، وزن سنبله و وزن هزار

روز تا ۵۰ تا ۵۰ درصد ظهور سنبله، تعداد روز تا ۵۰ درصد گرده‌افشانی، تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیکی که از اول ژانویه در نظر گرفته شد، تعداد دانه در سنبله، طول پدانکل، ارتفاع گیاه، طول سنبله، طول بیرون آمدگی پدانکل و طول میانگره دوم (سانتی‌متر)، وزن هزار دانه (گرم)، عملکرد بیولوژیکی، عملکرد دانه (تن در هکتار) و شاخص برداشت. این صفات بر اساس میانگین ده بوته‌ای که به صورت تصادفی از هر خط انتخاب شده بودند یادداشت‌برداری شدند (Hashemi Dezfuli et al., 1995). کلیه محاسبات و تجزیه‌های آماری از قبیل تجزیه همبستگی و تجزیه علیت با استفاده از نرم‌افزارهای SAS, SPSS و PATH انجام شد. تجزیه داده‌ها بر اساس موازین طرح آگمنت و تصحیحات لازم بر روی هر بلوک انجام شد و در محاسبات آماری از داده‌های تصحیح شده استفاده شد.

نتایج و بحث

لیست لاین‌های مورد بررسی و منشاء آن‌ها در جدول ۱ نشان داده شده است. نتایج تجزیه داده‌ها نشان داد که بین ارقام شاهد از نظر اکثر صفات مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری وجود داشت (جدول ۲).

همان‌گونه که در جدول ۲ مشاهده می‌شود تفاوت بین ارقام شاهد برای صفات تعداد روز تا ظهور سنبله، رسیدگی فیزیولوژیکی، طول سنبله و عملکرد دانه در سطح احتمال ۱ درصد و برای

از نظر مختصات جغرافیایی در ۵۱ درجه و ۱۰ دقیقه طول شرقی و ۳۵ درجه و ۴۸ دقیقه عرض شمالی واقع شده است. مجموع بارندگی سالیانه ۲۶۵/۷ میلی‌متر است و بر اساس اقلیم‌بندی، منطقه کرج حدود ۲۰۳ روز خشکی در سال دارد و در نتیجه دارای اقلیمی حدواسط نیمه بیابانی خفیف تا مدیترانه‌ای گرم و خنک با بافت خاکی از نوع لومی رسی که از نظر مواد آلی نسبتاً غنی است. عملیات زراعی تهیه زمین شامل، شخم در تابستان سال قبل و شخم قبل از کاشت بود. کود اوره به میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار به طور یکنواخت در مزرعه پخش و همچنین برای تأمین نیتروژن مورد نیاز در مرحله شروع طویل شدن ساقه نیز کود اوره (۴۶ درصد) به صورت سرک بر مبنای ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار در کنار ردیف‌های کاشت به طور یکنواخت پخش شد. اولین آبیاری بلافاصله پس از کاشت انجام شد. هر ژنوتیپ در چهار خط دو متری به فاصله ۳۰ سانتی‌متر به صورت جوی و پشته کشت و آریا به عنوان کرت حاشیه در ابتدا و انتهای هر بلوک کاشته شد. روش آبیاری نشتی و شامل چهار نوبت آبیاری در پاییز با توجه به میزان بارندگی‌های پاییزه و شش نوبت آبیاری بهار بود. مبارزه با علف‌های هرز پهن برگ با علف‌کش گرانستار به میزان ۲۰ گرم در هکتار و مبارزه با علف‌های هرز باریک برگ با علف‌کش پوماسوپر به میزان ۱/۲ لیتر در هکتار در مرحله پنجه‌زنی تا ساقه رفتن انجام شد. صفات مورد بررسی عبارت بودند از تعداد

جدول ۱- لاین‌های گندم دوروم و منشاء توده‌های اولیه آنها
Table 1. Durum wheat lines and their origins

شماره No.	لاین Line	منشاء (توده) Origin	شماره No.	لاین Line	منشاء (توده) Origin	شماره No.	لاین Line	منشاء (توده) Origin
1	378	Moghan (IR)	35	4489	Shetaban Falavandi (IR)	69	45688	Yugoslavia
2	900	Gorgan (IR)	36	5810	Iran	70	45666	Yugoslavia
3	1052	Khoram abad (IR)	37	5818	Iran	71	45648	Yugoslav
4	1292	Iran	38	5823	Iran	72	45632	Afghanistan
5	1871	Mahabad (IR)	39	5825	Iran	73	45620	Afghanistan
6	3122	Shirvan (IR)	40	5828	Iran	74	45588	Iran
7	3605	Iran	41	5830	Iran	75	45587	Iran
8	3652	Iran	42	5838	Iran	76	45381	Portugal
9	3699	Iran	43	5846	Iran	77	45415	Portugal
10	3709	Iran	44	5885	Iran	78	45425	Portugal
11	3711	Iran	45	47093	Pi-oR.Ci	79	45430	Portugal
12	3712	Iran	46	46224	Austria	80	45443	Belgium
13	3735	Iran	47	46200	Europe	81	45461	Belgium
14	3791	Iran	48	46198	Europe	82	45474	Japan
15	3810	Iran	49	46183	Europe	83	45476	Japan
16	3811	Iran	50	46172	Europe	84	45477	Japan
17	3818	Iran	51	46112	Japan	85	45478	Japan
18	3822	Iran	52	16078	Japan	86	45491	Australia
19	3823	Iran	53	46061	Japan	87	45501	Portugal
20	3825	Iran	54	46048	Japan	88	45505	Portugal
21	4012	Mashhad (IR)	55	46047	Japan	89	45512	Iran
22	4023	Mashhad (IR)	56	46046	Japan	90	45543	Afghanistan
23	4151	Mashhad (IR)	57	46043	Japan	91	45558	Turkey
24	4154	Mashhad (IR)	58	45989	Japan	92	45565	Turkey
25	4232	Mashhad (IR)	59	45870	Japan	93	45566	Afghanistan
26	4233	Mashhad (IR)	60	45868	Japan	94	45581	Afghanistan
27	4303	Mashhad (IR)	61	45833	Iran	95	47194	Bulgaria
28	4341	Mashhad (IR)	62	45770	Iran	96	47208	Bulgaria
29	4369	Mashhad (IR)	63	45751	Iran	97	47198	Argentina
30	4410	Mashhad (IR)	64	45749	Iran	98	47191	Argentina
31	4421	Mashhad (IR)	65	45743	Gery	99	47193	Australia
32	4425	Iran	66	45707	Iran	100	47216	Bulgaria
33	4483	Gel Oran Helekhani (IR)	67	45716	Iran	101	47217	Bulgaria
34	4484	Gel Oran Helekhani (IR)	68	45704	Afghanistan	102	47218	Bulgaria

گرده‌افشانی در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود. مقادیر میانگین، انحراف معیار، ضریب تغییرات، حداقل و حداکثر صفات مورد بررسی در کل جامعه در جدول ۳ نشان داده شده است.

صفات وزن هزار دانه، تعداد دانه در سنبله، عملکرد بیولوژیک، طول بیرون آمدگی پدانکل، طول پدانکل، طول میانگره دوم، ارتفاع بوته، شاخص برداشت و تعداد روز تا

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات مورفو- فیزیولوژیکی در برخی از لاین‌های گندم دوروم
 Table 2. Analysis of variance for some morpho-physiological traits in durum wheat lines

S.O.V.	منابع تغییرات	df.	میانگین مربعات MS												
			عملکرد دانه آزاد	شاخص برداشت	ارتفاع	طول میانگره دوم	طول پدانکل	طول بیرون آمدگی پدانکل	طول سنبله	عملکرد بیولوژیک	وزن هزار دانه	تعداد دانه در سنبله	رسیدگی فیزیولوژیک	روز تا گرده افشانی	روز تا ظهور سنبله
			Grain yield	Harvest index	Plant height	Penultimate internode length	Peduncle length	Extruded peduncle	Spike length	Biological yield	1000 grain weight	Grain/spike	Day to physiological maturity	Day to anthesis	Day to heading
Block	بلوک	5	3.15**	0.01	331.34	28.39*	160.80	30.07	3.80**	35.01	55.05	233.70**	37.00**	11.40	12.97*
Check	شاهد	3	2.32**	0.01*	736.60*	44.23*	260.10*	5.27*	10.10**	41.01*	382.10*	202.70*	134.90**	11.80 ^{ns}	44.11**
Error	خطا	15	0.64	0.00	337.85	9.60	65.93	46.76	0.80	12.50	122.71	103.11	6.71	4.39	4.14

ns, * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد.

ns, * and **: Not significant, significant at 5% and 1% of probability levels, respectively.

جدول ۳- حداقل، حداکثر، میانگین، انحراف معیار و ضریب تغییرات برخی صفات مورفو-فیزیولوژیکی در لاین‌های گندم دوروم

Table 3. Means, maximum, minimum, standard deviation and coefficient of variation of some morpho-physiological traits in durum wheat lines

Traits	صفات	میانگین Means	ضریب تغییرات C.V. (%)	انحراف معیار Standard deviation	حداکثر Max.	حداقل Min.	Check means		میانگین شاهد	
							یاواروس Yavaros	شتردندان Shotordandan	دنا Dena	آریا Arya
روز تا ظهور سنبله	Day to heading	121.79	1.67	4.19	132.67	113.17	123.30	126.16	121.16	120.00
روز تا گرده افشانی	Day to anthesis	128.42	1.62	3.64	137.47	122.21	130.16	132.33	129.30	128.00
ارتفاع بوته	Plant height (cm)	109.29	16.92	16.44	147.94	73.15	103.74	120.26	94.05	101.27
طول سنبله	Spike length (cm)	8.15	10.98	1.65	13.11	4.33	8.45	9.71	7.28	6.78
طول بیرون آمدگی پدانکل	Extruded peduncle length (cm)	25.06	27.58	7.59	43.63	10.83	22.48	24.37	22.10	23.21
طول پدانکل	Peduncle length (cm)	47.67	17.64	9.43	69.29	27.53	45.59	51.92	40.21	42.92
طول میانگره دوم	internode Penultimate length (cm)	20.72	15.17	4.00	31.91	11.59	18.36	23.03	18.33	19.78
وزن هزار دانه	1000grain weigh (g)	47.21	23.47	9.02	73.37	30.90	39.94	58.15	42.80	47.30
تعداددانه در سنبله	Grain /spike	34.19	29.01	9.61	65.07	15.87	41.00	29.33	41.57	38.91
رسیدگی فیزیولوژیکی	Day to physiological maturity	152.70	1.69	5.56	164.50	139.51	151.00	157.83	149.5	146.66
عملکرد بیولوژیک	Biological yield (tha ⁻¹)	16.50	21.70	3.94	24.81	4.69	15.25	18.45	14.78	12.07
عملکرد دانه	Grain yield (tha ⁻¹)	6.01	13.39	1.48	9.59	2.14	5.81	6.41	5.81	5.61
شاخص برداشت	Harvest index	0.41	18.62	0.06	0.53	0.28	0.37	0.38	0.44	0.43

مربوط به زودرسی (تعداد روز تا ظهور سنبله، تعداد روز تا گرده افشانی و رسیدگی فیزیولوژیکی) و اجزاء عملکرد (تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه) و صفات مربوط به ارتفاع (طول سنبله، طول پدانکل، طول میانگره

همچنین میانگین صفات چهار رقم آریا به عنوان رقم اصلاح شده، شتر دندان به عنوان رقم بومی، یاوارس به عنوان رقم تجارتي و دنا به عنوان رقم زراعی جدید برای مقایسه ژنوتیپ‌ها در جدول ذکر شده است. میانگین صفات

همبستگی ناچیز بین عملکرد دانه و طول دوره رسیدگی در گندم های بومی ایران اشاره کرده‌اند. در مطالعه گورتین و بیلی (Guertin and Bailey, 1982) نیز عملکرد دانه دارای ضریب همبستگی مثبتی با اجزای عملکرد بوده است. شاخص برداشت هم بستگی مثبت و متوسطی با تعداد دانه در سنبله و وزن دانه در سنبله داشت. جبه یهو و همکاران (Gebeyehou *et al.*, 1982) همبستگی مثبت بین وزن هزار دانه با عملکرد دانه را در گندم دوروم گزارش کردند. بین صفات طول پدانکل، ارتفاع گیاه، طول سنبله و طول ریشک با صفت میانگین عملکرد بوته هیچ گونه همبستگی مشاهده نشد. برخلاف این نتیجه اسپاگنولتی و کوالست (Spagnoletti and Qualset, 1987) همبستگی مثبت و معنی داری را بین عملکرد دانه با طول سنبله و طول ریشک در گندم دوروم به دست آوردند. واعظی (Vaezi, 1994) نیز در بررسی توده های بومی گندم های دوروم اگرچه همبستگی مثبتی را بین عملکرد دانه و ارتفاع بوته به دست آورد ولی هیچ گونه همبستگی بین عملکرد دانه و طول سنبله و وزن هزار دانه مشاهده نکرد. سالار (Salar, 1992) نیز در بررسی توده های بومی گندم دوروم هیچ گونه همبستگی بین ارتفاع و صفات وزن هزار دانه و طول سنبله به دست نیاورد.

در مطالعه کریگویی و همکاران (Kirigwi *et al.*, 2004) همبستگی معنی داری

دوم) ژنوتیپ ها نسبت به ارقام شاهد آریا، دنا، یاواروس و رقم بومی شتردندان برتری داشت و نشان دهنده تنوع بالا برای اغلب صفات بود که می تواند برای محققین به نژادگر ارزشمند باشد (جدول ۳).

ضرایب همبستگی ساده بین صفات مختلف بر اساس ۱۰۲ نمونه در جدول ۴ نشان داده شده است. همبستگی عملکرد دانه با صفات عملکرد بیولوژیک، طول سنبله، تعداد دانه در سنبله و رسیدگی فیزیولوژیکی مثبت و معنی دار بود، همبستگی تعداد دانه در سنبله با وزن هزار دانه طول میانگره دوم، طول پدانکل طول بیرون آمدگی پدانکل و ارتفاع بوته نیز منفی و معنی دار بود، همبستگی مثبت و بالایی بین رسیدگی فیزیولوژیکی با وزن هزار دانه، تعداد روز تا گرده افشانی و تعداد روز تا ظهور سنبله مشاهده شد. ضریب همبستگی منفی بین تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه نشان دهنده این بود که با افزایش تعداد دانه در سنبله از وزن هزار دانه کاسته می شود (جدول ۴). سرخی و یزدی صمدی (Sorkhi and Yazdi Samadi, 1998) و کلانترزاده (Kalantarzadeh, 2000) نیز به رابطه منفی بین وزن هزار دانه و تعداد دانه در سنبله اشاره کرده اند که با نتایج به دست آمده در این تحقیق مطابقت دارد. همبستگی معنی دار بین عملکرد دانه و رسیدگی فیزیولوژیکی وجود داشت که در این رابطه اهدایی و وینز (Ehdaie and Waines, 1989) نیز به

جدول ۴- ضرایب همبستگی ساده بین صفات مختلف لاین‌های گندم دوروم
Table 4. Simple correlation coefficients between traits

	روزتا سنبله دهی Day to heading	روزتا گرده‌افشانی Day to anthesis	ارتفاع بوته Plant height	طو ل سنبله Spike length	طول بیرون آمدگی پدانکل Extruded peduncle length	طول پدانکل Peduncle length	طول میانگره دوم Penultimate internode length	وزن هزاردانه 1000 grain weight	تعداددانه در سنبله Grain/ spike	رسیدگی فیزیولوژیکی Day to physiological maturity	عملکرد بیولوژیکی Biological yield	عملکرد دانه Grain yield
روز تا گرده افشانی												
Day to anthesis	0.90**											
ارتفاع بوته												
Plant height	0.12 ^{ns}	0.09 ^{ns}										
طول سنبله												
Spike/length	0.08 ^{ns}	0.05 ^{ns}	0.13 ^{ns}									
طول بیرون آمدگی پدانکل												
Extruded peduncle length	-0.20**	-0.24*	0.50**	-0.10 ^{ns}								
طول پدانکل												
Peduncle length	-0.10 ^{ns}	-0.07 ^{ns}	0.66**	0.06 ^{ns}	0.845**							
طول میانگره دوم												
Penultimate internode length	-0.10 ^{ns}	-0.15 ^{ns}	0.63**	0.21*	0.36**	0.43**						
وزن هزار دانه												
1000grain weigh	0.20*	0.21*	0.02 ^{ns}	-0.10 ^{ns}	0.05 ^{ns}	0.07 ^{ns}	0.09 ^{ns}					
تعداددانه در سنبله												
Grain /spike	0.10 ^{ns}	0.18 ^{ns}	-0.40**	0.01 ^{ns}	-0.39**	-0.4**	-0.47**	-0.29**				
رسیدگی فیزیولوژیکی												
Day to physiological maturity	0.50**	0.44**	0.10 ^{ns}	0.03 ^{ns}	-0.14 ^{ns}	-0.10 ^{ns}	0.09 ^{ns}	0.33**	0.01 ^{ns}			
عملکرد بیولوژیکی												
Biological yield	-0.10 ^{ns}	-0.16 ^{ns}	0.05 ^{ns}	-0.24*	0.01 ^{ns}	0.00 ^{ns}	0.04 ^{ns}	-0.11 ^{ns}	-0.40 ^{ns}	0.11 ^{ns}		
عملکرد دانه												
Grain yield	-0.10 ^{ns}	-0.15 ^{ns}	-0.00 ^{ns}	0.22*	-0.03 ^{ns}	-0.11 ^{ns}	0.03 ^{ns}	-0.06 ^{ns}	0.16*	0.20*	0.70**	
شاخص برداشت												
Harvest index	0.06 ^{ns}	0.16 ^{ns}	-0.10 ^{ns}	0.00 ^{ns}	-0.17 ^{ns}	-0.23*	-0.15 ^{ns}	0.17 ^{ns}	0.22*	0.10 ^{ns}	-0.40**	0.01 ^{ns}

ns, * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد.

ns, * and **: Not significant, significant at 5% and 1% of probability levels, respectively.

پیچیده است و بدیهی است که برخی از صفات تغییرات عملکرد دانه را بهتر از بقیه توجیه می‌کنند (Mansourfar, 2008). جدول ۵ برآورد عملکرد دانه را با توجه به نقش سایر صفات در روش رگرسیون گام به گام نشان می‌دهد. بر اساس نتایج به دست آمده عملکرد بیولوژیک مهم‌ترین مولفه‌ای بود که ارتباط نزدیکی با عملکرد دانه داشت و به تنهایی ۶۲ درصد از تغییرات آن را توجیه کرد. پس از عملکرد بیولوژیک به ترتیب شاخص برداشت و تعداد روز تا ظهور سنبله به مدل رگرسیون وارد شده و در نهایت این سه متغیر ۸۴ درصد از تغییرات عملکرد دانه را توجیه کردند. سایر صفات مورد مطالعه تاثیر معنی‌داری را در مدل رگرسیون نداشتند.

بین عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، وزن دانه در سنبله، شاخص برداشت و تراکم سنبله گندم در رژیم‌های مختلف تنش رطوبتی مشاهده شد. بهبود عملکرد دانه از طریق به‌نژادی و بهبود اجزای عملکرد نیز می‌تواند از روش‌های کارآمد در برنامه‌های به‌نژادی باشد و بررسی روابط بین اجزای عملکرد با عملکرد در این راستا نقش مهمی را ایفا می‌کند. تجزیه ضرایب مسیر (علیت) روشی برای تفکیک ضرایب همبستگی به آثار مستقیم صفات و غیر مستقیم آن‌ها از طریق صفات دیگر که می‌تواند اطلاعات مفیدی را از نحوه تاثیرپذیری صفات بر یکدیگر و روابط بین آن‌ها فراهم کند. سهم هر جزء عملکرد در توجیه عملکرد دانه می‌تواند به طور مستقیم نیز تحت تاثیر بقیه اجزا قرار گیرد. ارتباط بین عملکرد دانه و مولفه‌های آن

جدول ۵- معادلات برآورد میانگین عملکرد دانه بر مبنای رگرسیون گام به گام
Table 5. Estimated equations for grain yield based on stepwise regression

مرحله Step	معادلات Equations	R ²
1	$GY=1.126+0.26BY$	0.62
2	$GY=-5.04+0.39BY+12.44HI$	0.83
3	$GY=-0.65+0.39BY+12.48HI-0.03DH$	0.84

DH, HI, BY, GY: به ترتیب عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و روز تا سنبله‌دهی

GY, BY, HI, DH: Grain yield, biological yield, harvest index and day to heading, respectively.

نظر گرفتن صفات دیگر نتایج نامطلوبی را باعث خواهد شد، بنابراین در برنامه‌های به‌نژادی می‌بایستی به روابط بین صفات توجه شود و درک نادرست از نقش و روابط صفات کارایی

اطلاع از چگونگی ارتباط بین صفات مختلف در پیشرفت برنامه‌های به‌نژادی برای افزایش عملکرد دانه اهمیت زیادی دارد، زیرا انتخاب یک طرفه برای صفات زراعی بدون در

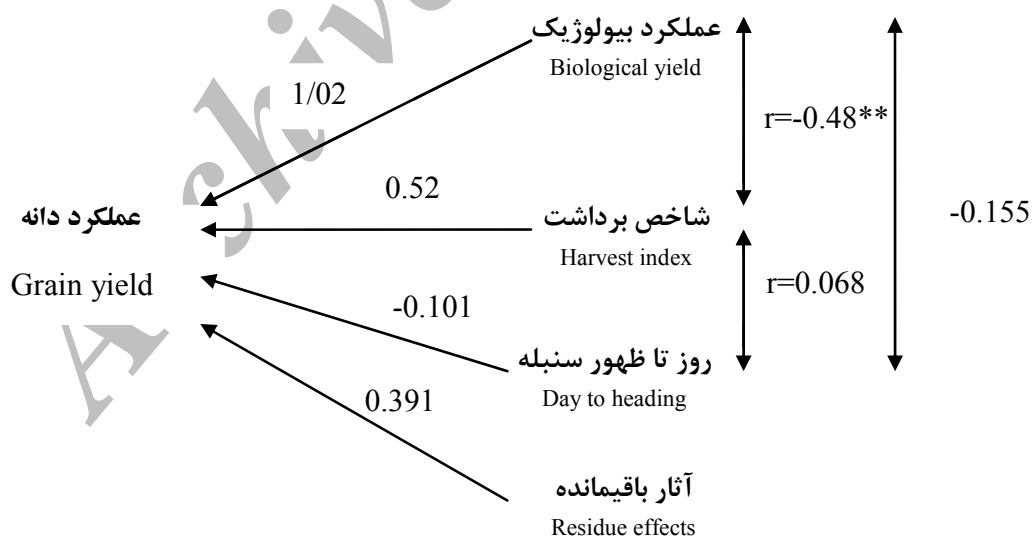
در بوته، تعداد سنبلچه عقیم و طول پدانکل بیشترین رابطه را با عملکرد دانه کل دارند. مقدم و همکاران (Moghaddam *et al.*, 1997) در مطالعه خود نشان دادند که تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه همبستگی بالایی با عملکرد دانه گندم داشتند و دارای آثار مستقیم زیاد و معنی داری بر این صفت بودند، ولی در مطالعه فونسکا و پترسون (Fonseca and Patterson, 1968)، همبستگی معنی داری بین تعداد دانه در سنبله و عملکرد دانه مشاهده نشد. نتایج تجزیه علیت نشان داد که در برخی موارد استفاده از ضرایب تجزیه علیت می تواند نتایجی کاملاً متفاوت از نتایج همبستگی ساده به دست دهند. به عنوان مثال همبستگی بین دو صفت تعداد روز تا ظهور سنبله و عملکرد دانه ناچیز و غیر معنی دار بود اما ضرایب تجزیه علیت با تفکیک اثر مستقیم جزء مورد مطالعه از اثر غیرمستقیم آن از طریق اجزاء دیگر نشان داد که این صفت اثر غیر مستقیم آن به واسطه ایجاد تغییر در عملکرد بیولوژیک و در نتیجه عملکرد دانه داشته است (جدول ۶). کامکار و همکاران (Kamkar *et al.*, 2004) در تحقیقات خود به این نتیجه رسیدند که جدول تجزیه واریانس و ضرایب همبستگی ساده به تنهایی نمی توانند مبنای صحیحی از تاثیر اجزای مختلف تعیین کننده عملکرد بر عملکرد دانه در سنبله باشند و ضرایب تجزیه علیت می توانند تجزیه و تحلیل قوی تری را در این زمینه ارائه دهند، این موضوع در مطالعه جبه یهو و

انتخاب را در برنامه های به نژادی کاهش می دهد. در این تحقیق آثار مستقیم و غیر مستقیم هر صفت بر روی عملکرد دانه، بر اساس ضرایب همبستگی محاسبه شد. در این تجزیه و تحلیل از ضرایب همبستگی عملکرد دانه با صفاتی که وارد مدل رگرسیون گام به گام شده بودند استفاده شد. به عبارت دیگر عملکرد دانه به عنوان برآیند و صفات عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و تعداد روز تا ظهور سنبله به عنوان متغیرهای علتی یا سببی در نظر گرفته شدند. نتایج تجزیه علیت در جدول ۶ و شکل ۱ نشان داده شده است. خطوط پیکان دوسر ارتباط دوجانبه یا ضرایب همبستگی و خطوط یک سر اثر مستقیم و یک جهته یا ضرایب علیت را نشان می دهند. در بین صفات مورد بررسی عملکرد بیولوژیک بیشترین اثر مستقیم (۱/۰۳۷) را بر عملکرد دانه داشت. اثر مستقیم این صفت به ترتیب ۱/۹۵ برابر اثر شاخص برداشت (۰/۵۳) و ۱۰/۳۷ برابر اثر مستقیم روز تا ظهور سنبله (۰/۱۰-) بود. این موضوع بیانگر اهمیت نسبی تاثیر عملکرد بیولوژیک نسبت به دو صفت دیگر است. واعظی (Vaezi, 1994) صفات عملکرد بیولوژیکی، شاخص برداشت، وزن هزار دانه، عملکرد گاه و کلش و ارتفاع بوته را از طریق رگرسیون گام به گام بر روی عملکرد دانه موثر دانست میرآخوندی (Mirakhondi, 2001) با انجام رگرسیون گام به گام گزارش کرد که به ترتیب صفات عملکرد سنبله، تعداد سنبله در بوته، تعداد برگ

جدول ۶- تجزیه ضرایب همبستگی به اثر مستقیم و غیر مستقیم برای عملکرد دانه

Table 6. Partitioning of correlation coefficient analysis to direct and indirect effects for grain yield

Character :Biological yield	صفت عملکرد بیولوژیک	
Direct effect	اثر مستقیم	1.037
Indirect effect via:	اثر غیر مستقیم از طریق:	
Heading	روز تا سنبله‌دهی	0.011
Harvest index	شاخص برداشت	0.261
Pooled effects	جمع آثار	0.791
Character: Harvest index	صفت: شاخص برداشت	
Direct effect	اثر مستقیم	0.533
Indirect effect via:	اثر غیر مستقیم از طریق:	
Heading	روز تا سنبله‌دهی	0.007
Biological yield	عملکرد بیولوژیک	0.508
Pooled effects	جمع آثار	0.017
Character: Day to heading	صفت: روز تا ظهور سنبله	
Direct effect	اثر مستقیم	0.101
Indirect effect via:	اثر غیر مستقیم از طریق:	
Biological yield	عملکرد بیولوژیک	0.120
Harvest index	شاخص برداشت	0.536
Pooled effects	جمع آثار	0.185
Residue effects	آثار باقیمانده	0.391



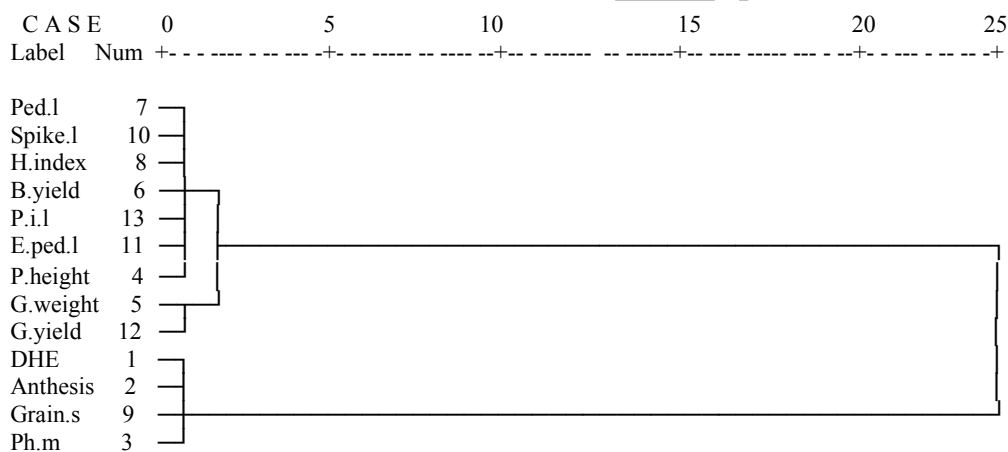
شکل ۱- دیاگرام ضرایب علیت برای روابط بین صفات عملکرد دانه و برخی صفات

Fig. 1. Path analysis diagram for of relationship between grain yield and some traits

صفات مرتبط با آن و همچنین صفاتی از قبیل عملکرد بیولوژیکی، طول سنبله و شاخص برداشت بود. گروه دوم شامل عملکرد دانه و وزن هزار دانه و گروه سوم متشکل از صفات زراعی مرتبط با زودرسی گیاه شامل تعداد روز تا ظهور سنبله، تعداد روز تا گرده افشانی، رسیدگی فیزیولوژیکی و تعداد دانه در سنبله بود (شکل ۲).

دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای صفات (شکل ۳)، ۱۰۲ ژنوتیپ را براساس کلیه صفات

همکاران (Gebeyehou *et al.*, 1982) مورد تایید قرار گرفته است. اثر غیر مستقیم صفات بر روی یکدیگر خیلی کم بود و تنها اثر غیرمستقیم عملکرد بیولوژیکی بر روی عملکرد دانه از طریق شاخص برداشت نسبتاً بالا (۰/۵۳) بود. نتایج حاصل از تجزیه خوشه‌ای (کلاستر) به روش وارد (Ward) با استفاده از متغیرهای استاندارد انجام شد که صفات را در سه گروه مجزا تفکیک کرد. همان‌طور که مشاهده می‌شود گروه اول شامل اجزاء ارتفاع گیاه و



شکل ۲- دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای صفات

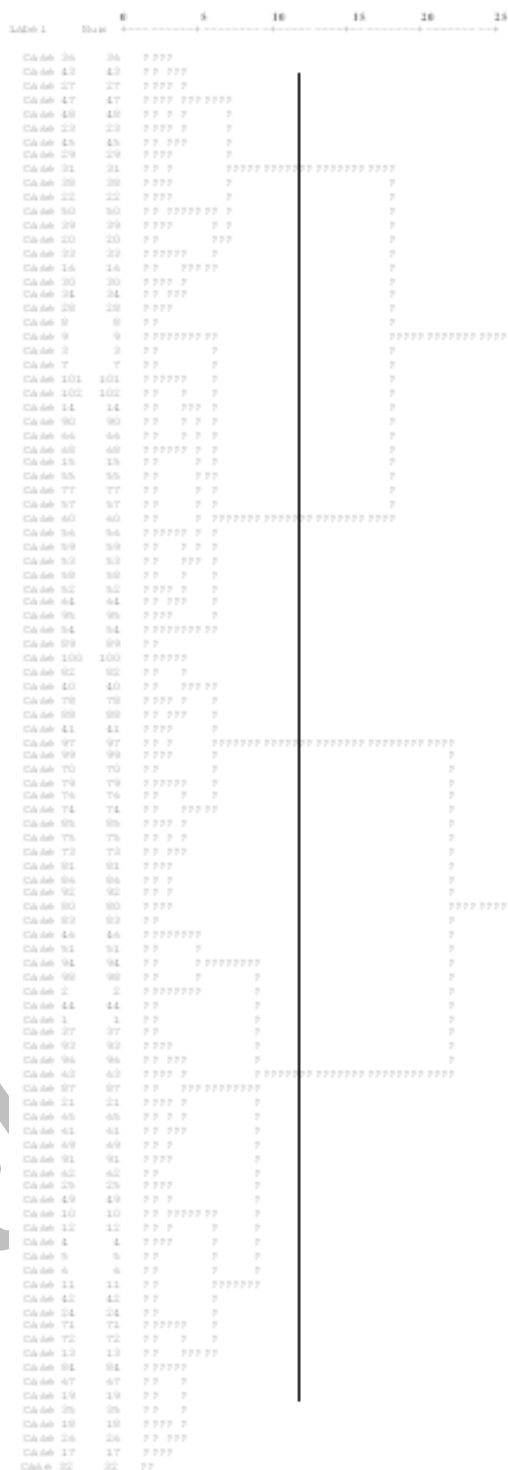
Fig. 2. Dendrogram of cluster analysis of traits

Ped.l: طول پدانکل؛ Spike.l: طول سنبله؛ H. index: شاخص برداشت؛ B. yield: عملکرد بیولوژیکی؛ P.i.l: طول میانگره دوم؛ E. ped: طول بیرون آمدگی پدانکل؛ P. height: ارتفاع گیاه؛ G. weight: وزن هزار دانه؛ G. yield: عملکرد دانه؛ Dhe: روز تا ظهور سنبله؛ Anthesis: روز تا گرده افشانی؛ Grain.s: تعداد دانه در سنبله، Ph.m: رسیدگی فیزیولوژیکی.

Ped.l: Peduncle length; Spike.l: Spike/length; H.index: Harvest index; B.yield: Biological yield; P.i.l: Penultimate internode length; E.ped.l: Extruded peduncle length; P.height: Plant height; G.weight: 1000Grain weigh; G.yield: Grain yield; Dhe: Day to heading; Anthesis: Day to anthesis; Grain.s: Grain /spike; Ph.m: Day to physiological maturity.

معنی داری بین گروه‌ها از نظر اکثر صفات وجود داشت. گروه اول شامل لاین‌هایی با میانگین بالای عملکرد دانه و اجزاء مرتبط با آن بودند

مورد بررسی به چهار گروه تفکیک کرد. بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌های صفات در جدول ۷، تفاوت



شکل ۳- دندرگرام صفات اندازه‌گیری شده در لاین‌های بومی گندم دوروم
 Fig. 3. Dendrogram of traits in local durum wheat

که شامل ۲۳ لاین (لاین‌های شماره ۶۶، ۹۰، ۵۳، ۵۹، ۵۶، ۶۰، ۵۷، ۷۷، ۵۵، ۱۵، ۵۴ و ۶۸) بود که از نظر صفات مرتبط با زودرسی گیاه

جدول ۷- میانگین مربعات و مقایسه میانگین صفات مختلف حاصل از تجزیه خوشه ای
Table 7. Mean square and mean compare for different traits obtained from cluster analysis

Traits	صفات	Mean square	میانگین مربعات	Mean group			
		بین گروه‌ها Between group	داخل گروه‌ها Within group	1	2	3	4
Day to heading	روز تا ظهور سنبله	1848.32	17.60	121.0ab	118.5a	119.0a	123.0b
Day to anthesis	روز تا گرده افشانی	1392.18	13.25	129.0a	125.0b	126.0b	130.0a
Plant height	ارتفاع بوته	28388.21	270.36	96.5b	94.8c	116.8a	118.2a
Spike/length	طول سنبله	286.78	2.73	7.5ab	8.5a	6.72b	8.9a
Extruded peduncle length	طول بیرون آمدگی پدانکل	6056.29	57.67	16.0c	21.5b	29.3a	27.8a
Peduncle length	طول پدانکل	9346.69	89.01	36.2c	43.0b	50.9a	52.9a
Penultimate internode length	طول میانگره دوم	1686.5	16.08	18.8ab	17.7b	22.0a	24.0a
1000grain weigh	وزن هزار دانه	8560.92	81.53	42.2b	42.6b	47.3a	49.0a
Grain /spike	تعداددانه در سنبله	9709.46	92.47	42.0a	38.3a	28.0b	31.2c
Day to physiological maturity	رسیدگی فیزیولوژیکی	3252.83	30.97	152.0a	148.6b	151.0a	153.0a
Biological yield	عملکرد بیولوژیک	1635.98	15.58	16.9a	16.5a	17.9a	14.6b
Grain yield	عملکرد دانه	230.37	2.19	6.5b	6.2b	7.2a	5.1c
Harvest index	شاخص برداشت	0.42	0.01	0.3b	0.3c	0.4a	0.3c

+ میانگین هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک در هر ردیف هستند براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی دار ندارند.
++ درجه آزادی واریانس بین و داخل گروه‌ها به ترتیب ۳ و ۱۰۱ است.

+Means, in each row, followed by similar letter(s), are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's New Multiple Rang Test.

++Degrees of freedom variance between and within group 3and 101, respectively.

گروه دوم دارای میانگین نسبتاً بالا ولی کمتر از گروه اول، برای صفات عملکرد دانه و صفات مرتبط با آن بود که شامل ۱۹ لاین (لاین‌های شماره ۳۱، ۲۹، ۴۵، ۲۳، ۴۸، ۲۷، ۴۳، ۳۶، ۲۸،

(تعداد روز ظهور سنبله، تعداد روز تا گرده افشانی و رسیدگی فیزیولوژیکی) در رتبه دوم یعنی لاین‌های زودرس و از نظر عملکرد در رتبه اول قرار داشتند.

شتردندان که رقمی دیررس است در این گروه قرار داشت.

به طور کلی تجزیه و تحلیل همبستگی‌های ساده، رگرسیون گام به گام و علیت نشان داد که به ترتیب عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت و تعداد روز تا ظهور سنبله مهم‌ترین اجزای موثر بر عملکرد دانه محسوب می‌شوند و از بین این صفات صفت عملکرد بیولوژیک با توجه مقدار زیادی از تغییرات مربوط به عملکرد دانه (۰/۶۲) می‌تواند بر بهبود عملکرد دانه و یا گزینش ژنوتیپ‌های مطلوب در گندم دوروم در برنامه‌های به‌نژادی به عنوان مبنایی برای انتخاب قابل توصیه باشد.

سپاسگزاری

بدین وسیله از مسئولین بخش تحقیقات غلات موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر به خاطر فراهم کردن بذر لاین‌های بومی گندم دوروم تشکر و قدردانی می‌شود.

۳۴، ۳۰، ۱۶، ۳۳، ۲۰، ۳۹، ۵۰، ۲۲ و ۳۸) بود. این گروه از نظر صفات مرتبط با زودرسی در رتبه سوم قرار داشت و ارقام شاهد آریا، دنا و یاوروس در این گروه قرار داشتند. گروه سوم شامل ۲۱ لاین (لاین‌های شماره ۸۹، ۸۲، ۱۰۰، ۷۴، ۷۶، ۷۹، ۷۰، ۹۹، ۴۱، ۸۸، ۷۸، ۴۰، ۸۳، ۸۰، ۹۲، ۸۶، ۸۱، ۷۳، ۷۵ و ۸۵) بود که دارای میانگین کمتری از دو گروه دیگر بودند. گروه چهارم دارای میانگین پایین‌تری برای صفات عملکرد دانه و اجزاء آن نسبت به گروه‌های دیگر بود که شامل ۳۹ لاین (لاین‌های شماره ۴۶، ۶۱، ۶۵، ۲۱، ۸۷، ۶۳، ۹۶، ۹۳، ۳۷، ۱، ۴۴، ۲، ۹۸، ۹۴، ۵۱، ۹۱، ۶۹، ۴۹، ۲۵، ۶۲، ۱۱، ۶، ۵، ۱۲، ۱۰، ۲۴، ۴۲، ۷۱، ۷۲، ۸۴، ۱۳، ۶۷، ۱۹، ۳۵، ۳۲، ۱۷، ۲۶ و ۱۸) بود.

با توجه به میانگین صفات این گروه از نظر صفات مربوط به زودرسی نسبت به گروه‌های دیگر دیررس‌ترین گروه و با توجه به گروه‌بندی‌های انجام شده در رتبه چهارم یعنی لاین‌های دیررس قرار گرفت رقم شاهد

References

- Ehdaie, B., and Waines, J. G. 1989. Genetic variation , heritability and path analysis in landraces of bread wheat from South Western of Iran. Euphytica 41:183-190.
- Fonseca, S., and Patterson, F. L. 1968. Yield component heritability and interrelationships in winter wheat (*Triticum aestivum* L.). Crop Science 8: 614-617.
- Gebeyehou, G., Knott, D. R., and Baker, R. J. 1982. Relationships among duration of vegetative and grain filling phases, yield components and grain yield in durum wheat cultivars. Crop Science 22: 287-290.

- Golabadi, M., and Arzani, A. 2002.** Study of genetic variation and factor analysis for crop characters in durum wheat. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources* 7 (1): 115-126 (in Persian).
- Guertin, W. H., and Bailey, J. P. 1982.** Introduction to Modern Factor Analysis. Edward Brithers Inc., Michigan, USA.
- Hashemi Dezfuli, A., Kochehi, A., and Banaian, M. 1995.** Maximizing Crop Yields. Jihad-e-Daneshgahi University of Mashhad, Mashhad, Iran 278 pp. (in Persian).
- Jaradat, A. A. 1991.** Phenotypic divergenice for morphologic and yield related agronomic attributes in durum wheat. *Proceedings of the Symposium on Gentices and Breeding of Durum Wheat.* University of Bari. Bari, Italy. pp. 285-290.
- Kalantarzadeh, M. 2000.** Evaluation of quantitative and qualitative characters of bread wheat in relation with high molecule glutenin by multivariate statistical methods. MSc. Thesis, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran (in Persian).
- Kamkar, B. Kafi, M., and Nassiri Mahalati, M. 2004.** Determining the most sensitive developmental period of wheat to salinity using path analysis for optimal salin water utilization. *Journal of Agricultural Science and Technology* 19: 25-34.
- Kirigwi, F. M., Van Ginkel, M., Trethowan, R., Sears, R. G., Rajaram, S., and Paulsen, G. M. 2004.** Evaluation of selection strategies for wheat adaptation across water regimes. *Euphytica* 135: 361- 371.
- Mansourfar, K. 2008.** Advanced Statistical Methods using Applied Software. University of Tehran, Second Edition. 459pp. (in Persian).
- Mirakhoundi, N. 2001.** Study on variation of quantitative traits and their relation with yield in drought and irrigation conditions and determination of the best drought resistant index in durum wheat. MSc. Thesis, College of Agriculture, University of Tehran, Karaj, Iran (in Persian).
- Moghaddam, M., Ehdaie, B., and Waines, J. G. 1997.** Genetic variation and interrelationship of agronomic characters in landraces of bread wheat from South Western of Iran. *Euphytica* 95: 361-369.
- Motzo, R., and Giunta, F. 2007.** The effect of breeding on the phenology of Italian durum wheats: From landraces to modern cultivars. *European Journal of Agronomy* 26: 462-470.

- Naghavi, M. R., Shahbaze Poorshahbazi, A., and Talei, A. 2002.** Study of genetic variation in durum wheat germplasm for some morphological and agronomic characteristics. *Iranian Journal of Crop Sciences* 4 (2): 81-86.
- Peccitti, A., and Annicchiarì, P. 1998.** Agronomic value and plant type of Italian durum wheat cultivars from different eras of breeding. *Euphytica* 99: 9-13.
- Pfeiffer, W. H., Sayre, K. D., and Mergum, M. 1996.** Enhancing genetic yield potential in durum wheat and triticale. pp. 208-213. In: Reynolds, M. P., Rajaram, S., and McNab, A. (eds.) *Increasing Yield Potential in Wheat, Breaking the Barriers*. CIMMYT, Mexico D. F.
- Salar, N. 1992.** Study of genetic variation and geographical diversity of Iranian local durum wheat. MSc. Thesis, College of Agriculture University of Tehran. Karaj, Iran (in Persian).
- Sorkhi, B., and Yazdi Samadi, B. 1998.** Study of genetic variation between grain yield and quantitative traits in 500 bread wheat lines by factor analysis. *Iranian Journal of Agriculture Sciences* 29 (2): 363-373 (in Persian).
- Spagnoletti, Z., and Qualest, C. O. 1987.** Geographical diversity for quantitative spike characters in a world collection of durum wheat. *Crop Science* 27: 235-241.
- Vaezi, S. 1994.** Study of genetic variation and geographical diversity for quantitative and qualitative characters of Iranian local collection of durum wheat. MSc. Thesis, College of Agriculture University of Tehran. Karaj, Iran (in Persian).