مجله به‌نژادی نهال و بذر
جلد ۱-۲۷، شماره ۱، سال ۱۳۹۰

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 (یاوارس، آریا، دنا و شتردندان) مورد ارزیابی قرار گرفتند. در زمان‌های مناسب از صفات مختلف مورفو لوژیکی و فیزیولوژیکی یادداشت‌برداری 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 فیزیولوژیک، 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 به نژادی و به منظور بهبود عملکرد دانه در گندم دوروم مورد استفاده قرار داد.

واژه‌های کلیدی گندم دوروم، تنوع ژنتیکی، تجزیه علیت.

نویسنده مسئول: m.bdehghan@gmail.com تلفن: ۰۹۳۶۹۱۱۰۵۷۸

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 متاسفانه 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 اولین‌بار 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. پچیتی و آنیچیاریکو (Peccitti and Annicchiarico, 1998) با بررسی گندم های دوروم ایتالیا، وزن هزار دانه‌ها

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 معنی‌داری 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 خصوصیاتی مانند تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه را می‌توان به عنوان شاخص‌هائی برای انتخاب در جهت بهبود عملکرد سنبله در گندم دوروم توصیه کرد.

میرآخوندی (Mirakhondi, 2001) همبستگی مثبت و معنی‌داری را بین عملکرد دانه، عملکرد سنبله، طول ریشک، تعداد دانه در سنبله، طول سنبله، تعداد سنبلچه در سنبله، وزن سنبله و وزن هزار دانه گزارش کرد. گل‌آبادی و ارزانی(Golabadi and Arzani, 2002) به منظور بررسی تنوع ژنتیکی ارقام و هیبریدهای F_1 گندم دوروم با استفاده از صفات زراعی و مورفولوژیک آزمایشی را انجام دادند. نتایج تجزیه واریانس، تفاوت معنی‌داری را در میان ژنوتیپ‌ها برای کلیه صفات مورد مطالعه نشان داد. در این تحقیق نیز همبستگی مثبت و معنی‌داری 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 شتردندان) در شش بلوک در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج ارزیابی شدند. ارتفاع این منطقه از سطح دریا ۱۳۲۱ متر است و

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 نسبتا 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 مبناء 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 پائیزه و شش نوبت آبیاری بهاره 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 روز 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 بیولوژیک، 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 اگمنت 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 فیزیولوژیک، طول سنبله و عملکرد دانه در سطح احتمال ۱ درصد و برای

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	Yogoslavia
2	900	Gorgan (IR)	36	5810	Iran	70	45666	Yogoslavia
3	1052	Khoram abad (IR)	37	5818	Iran	71	45648	Yogoslav
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

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 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.

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

			میانگین مربعات MS												
S.O.V.	منابع تغییرات	درجه آزادی df.	عملکرد دانه Grain yield	شاخص برداشت Harvest index	ارتفاع Plant height	طول میانگره دوم Penultimate internode length	طول پدانکل Peduncle length	طول بیرون‌آمدکی پدانکل Extruded peduncle	طول سنبله Spike length	عملکرد بیولوژیک Biological yield	وزن هزار دانه 1000 grain weight	تعداد دانه در سنبله Grain/spike	رسیدگی فیزیولوژیک Day to physiological maturity	روز تا گرده‌افشانی Day to anthesis	روز تا ظهور سنبله 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
روزتا ظهورسنبله 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

همچنین میانگین صفات چهار رقم آریا به عنوان رقم اصلاح شده ، شتر دندان به عنوان رقم بومی، یاوارس به عنوان رقم تجارتی و دنا به عنوان رقم زراعی جدید برای مقایسه ژنوتیپ‌ها در جدول ذکر شده است. میانگین صفات مربوط به زودرسی (تعداد روز تا ظهور سنبله، تعداد روز تا گرده‌افشانی و رسیدگی فیزیولوژیک) و اجزاء عملکرد (تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه) و صفات مربوط به ارتفاع (طول سنبله، طول پدانکل، طول میانگره

دوم) ژنوتیپ‌ها نسبت به ارقام شاهد آریا، دنا، یاواروس و رقم بومی شتردندان برتری داشت و نشان‌دهنده تنوع بالا برای اغلب صفات بود که می‌تواند 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 معنی‌دار 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 معنی‌دار بود، همبستگی مثبت و بالایی بین رسیدگی فیزیولوژیک با وزن هزار دانه،تعداد روز تا گرده‌افشانی وتعداد روز تا ظهور سنبله مشاهده شد. ضریب همبستگی منفی بین تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه نشان‌دهنده این بود که با افزایش تعداد دانه در سنبله از وزن هزار دانه کاسته می‌شود (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 کرده‌اند که با نتایج به دست آمده در این تحقیق مطابقت دارد. همبستگی معنی‌دار بین عملکرد دانه و رسیدگی فیزیولوژیکی وجود داشت که در این رابطه اهدایی و وینز (Ehdaie and Waines, 1989) نیز به 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 هیچ‌گونه همبستگی مشاهده نشد. برخلاف این نتیجه اسپاگنولتی و کوالست (Spagnoletti and Qualset,1987) همبستگی مثبت و معنی‌داری را بین عملکرد دانه با طول سنبله و طول ریشک در گندم دوروم به دست آوردند. واعظی (Vaezi, 1994) نیز در بررسی توده‌های بومی گندم‌های 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 توده‌های بومی گندم دوروم هیچ گونه همبستگی بین ارتفاع و صفات وزن هزار دانه و طول سنبله به دست نیاورد.

در مطالعه کریگوی و همکاران (Kirigwi *et al.*, 2004) همبستگی معنی‌داری

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

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.

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 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.

جدول۵- 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.

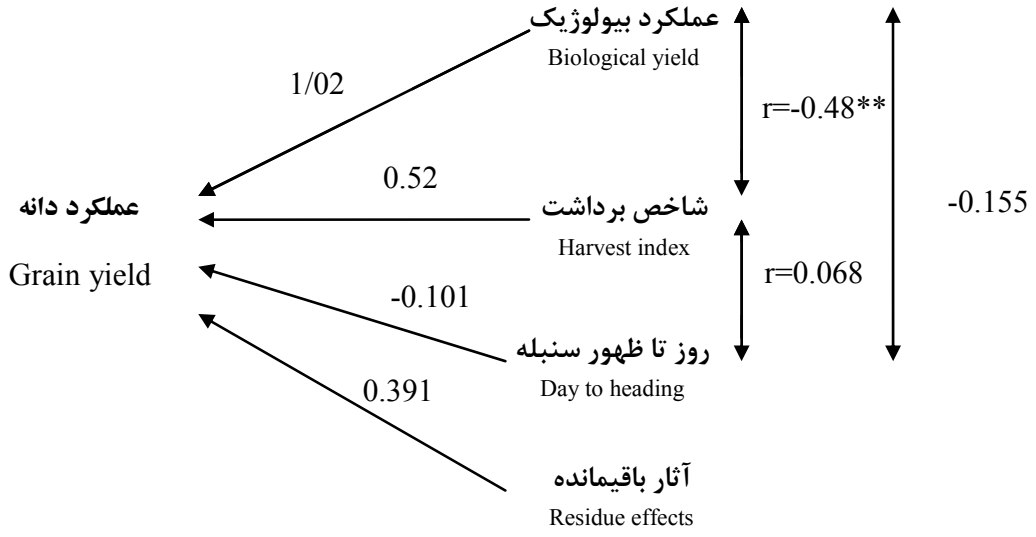
اطلاع از چگونگی ارتباط بین صفات مختلف در پیشرفت برنامه‌های به‌نژادی برای افزایش عملکرد دانه اهمیت زیادی دارد، زیرا انتخاب یک طرفه برای صفات زراعی بدون در نظر گرفتن صفات دیگر نتایج نامطلوبی را باعث خواهد شد، بنابراین در برنامه‌های به‌نژادی می‌بایستی به روابط بین صفات توجه شود و درک نادرست از نقش و روابط صفات کارایی

انتخاب را در برنامه‌های به‌نژادی کاهش می‌دهد. 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 شکل۱ 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 می‌دهند.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 ۱۰/۳۷برابر 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 کاه 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 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 معنی‌داری بر این صفت بودند، ولی در مطالعه فونسکا و پترسون (Fonseca and Patterson,1968)، همبستگی معنی‌داری بین تعداد دانه در سنبله و عملکرد دانه مشاهده نشد. نتایج تجزیه علیت نشان داد که در برخی موارد استفاده از ضرایب تجزیه علیت می‌تواند 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 معنی‌دار 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 نمی‌توانند مبنای صحیحی از تاثیر اجزای مختلف تعیین‌کننده عملکرد بر عملکرد دانه در سنبله باشند و ضرایب تجزیه علیت می‌توانند تجزیه و تحلیل قوی‌تری را در این زمینه ارائه دهند، این موضوع در مطالعه جبه یهو و

جدول۶- 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 غیرمستقیم 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 غیرمستقیم 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 غیرمستقیم 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

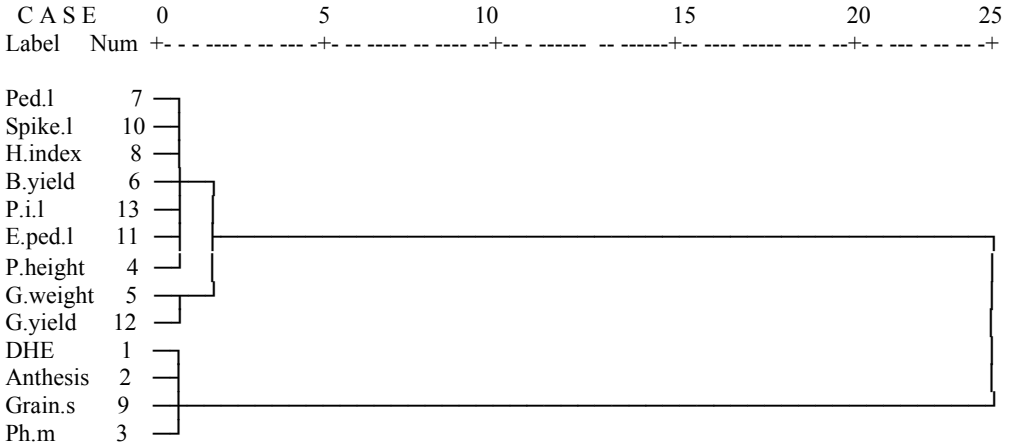


شکل ۱- دیاگرام ضرایب علیت برای روابط بین صفات عملکرد دانه و برخی صفات

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

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 بیولوژیک 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 صفات مرتبط با آن و همچنین صفاتی از قبیل عملکرد بیولوژیک، 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 گرده‌افشانی، رسیدگی فیزیولوژیک و تعداد دانه در سنبله بود (شکل ۲).

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



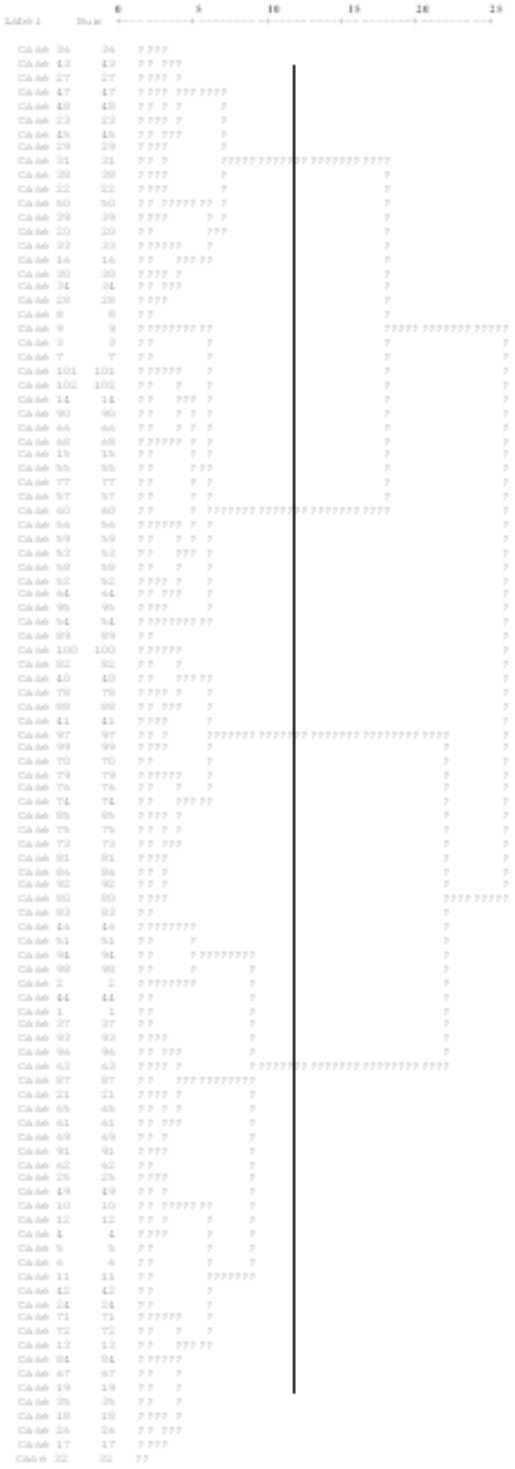
شکل۲- دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای صفات

Fig. 2. Dendrogram of cluster analysis of traits

Ped.l: طول پدانکل؛ Spike.l: طول سنبله؛ H. index: شاخص برداشت؛ B. yield: عملکرد بیولوژیک؛ 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؛ Anthsis: روز تا گرده‌افشانی؛ Grain.s: تعداد دانه در سنبله، Ph.m: رسیدگی فیزیولوژیک.

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.

مورد بررسی به چهار گروه تفکیک کرد. بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌های صفات در جدول ۷، تفاوت معنی‌داری بین گروه‌ها از نظر اکثر صفات وجود داشت. گروه اول شامل لاین‌هایی با میانگین بالای عملکرد دانه و اجزاء مرتبط با آن بودند



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) ۱۴، ۱۰۲، ۱۰۱، ۷،۳، ۹، ۸، ۹۵، ۶۴، ۵۲، ۵۸، 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 میانگین گروه‌ها			
	بین گروه‌ها Between group	داخل گروه‌ها Within group	1	2	3	4
روزتا ظهورسنبله Day to heading	1848.32	17.60	121.0ab	118.5a	119.0a	123.0b
روز تا گرده‌افشانی Day to anthesis	1392.18	13.25	129.0a	125.0b	126.0b	130.0a
ارتفاع بوته Plant height	28388.21	270.36	96.5b	94.8c	116.8a	118.2a
طول سنبله Spike/length	286.78	2.73	7.5ab	8.5a	6.72b	8.9a
طول بیرون آمدگی پدانکل Extruded peduncle length	6056.29	57.67	16.0c	21.5b	29.3a	27.8a
طول پدانکل Peduncle length	9346.69	89.01	36.2c	43.0b	50.9a	52.9a
طول میانگره دوم Penultimate internode length	1686.5	16.08	18.8ab	17.7b	22.0a	24.0a
وزن هزار دانه 1000grain weigh	8560.92	81.53	42.2b	42.6b	47.3a	49.0a
تعداددانه در سنبله Grain /spike	9709.46	92.47	42.0a	38.3a	28.0b	31.2c
رسیدگی فیزیولوژیکی Day to physiological maturity	3252.83	30.97	152.0a	148.6b	151.0a	153.0a
عملکرد بیولوژیک Biological yield	1635.98	15.58	16.9a	16.5a	17.9a	14.6b
عملکرد دانه Grain yield	230.37	2.19	6.5b	6.2b	7.2a	5.1c
شاخص برداشت Harvest index	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 معنی‌دار 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.

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

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،**

۳۴، ۳۰، ۱۶، ۳۳، ۲۰، ۳۹، ۵۰، ۲۲ و ۳۸) بـــود. این گروه از نظر صفات مرتبط با زودرسی در رتبه سوم قرار داشت و ارقام شاهد آریا، دنا و یاواروس 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) بـــود کـــه 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 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 توجیه 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

بدین‌وسیله 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.

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., Kocheki, 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 relatived 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 Annicchiari, P. 1998. Agronomic value and plant type of Italian durum wheat cultivars form different eras of breeding. Euphytica 99: 9-13.

Pfeiffer, W. H., Sayre, K. D., abd 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).