

تنوع ژنتیکی لاین‌های جو بدون پوشینه و تجزیه علیت براساس عملکرد دانه و سایر ویژگی‌های زراعی

علیرضا پورمحمد*، محمد مقدم**، محمود خسروشاهلی***، سید ابوالقاسم محمدی**** و احمد یوسفی*****

تاریخ وصول مقاله: ۸۷/۸/۲ و تاریخ پذیرش مقاله: ۸۸/۱/۲۲

چکیده

به منظور بررسی تنوع ژنتیکی ۲۰ لاین جو بدون پوشینه، بذور ژنوتیپ‌های مورد استفاده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در سال‌های ۱۳۸۵ و ۱۳۸۶ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز کشت گردید و عملکرد دانه، اجزای عملکرد و برخی از صفات زراعی دیگر اندازه‌گیری شدند. اختلاف بین ژنوتیپ‌های مورد مقایسه از نظر اکثر صفات معنی‌دار بود که نشان‌دهنده تنوع ژنتیکی بالا برای صفات مورد بررسی در بین ژنوتیپ‌ها بود. ژنوتیپ‌های شماره ۶، ۱ و ۵ دارای بالاترین عملکرد کل دانه بودند. تجزیه خوشه‌ای، ۲۰ ژنوتیپ جو بدون پوشینه را به سه گروه منتسب کرد و تجزیه به مؤلفه‌های اصلی نیز گروه‌بندی حاصل از تجزیه خوشه‌ای را تأیید کرد. گروه دوم که شامل پنج ژنوتیپ بود، از نظر عملکرد دانه تک بوته، عملکرد دانه پنجه‌های بارور، عملکرد دانه سنبله اصلی، تعداد دانه در سنبله اصلی و پنجه‌های بارور، شاخص برداشت تک بوته، بیوماس تک بوته، تعداد پنجه بارور و وزن سنبله اصلی از ارزش بالاتر از میانگین برخوردار بود. بنابراین، ژنوتیپ‌های این گروه را می‌توان برای بهبود عملکرد دانه مورد استفاده قرار داد. در تجزیه علیت عملکرد دانه با اجزای آن، تعداد دانه در سنبله اصلی و تعداد پنجه بارور روی عملکرد دانه تک بوته اثر مستقیم مثبت و بالایی داشتند ولی اثر مستقیم وزن هزار دانه روی عملکرد دانه کمتر از این دو صفت بود. بنابراین، تعداد دانه در سنبله اصلی و تعداد پنجه بارور از مهم‌ترین اجزای عملکرد تک بوته در جو بدون پوشینه محسوب شدند که می‌توان از این صفات در امر گزینش در نسل‌های در حال تفرق استفاده به عمل آورد.

کلمات کلیدی: تجزیه علیت، تنوع ژنتیکی، جو بدون پوشینه، ویژگی‌های زراعی

* - استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه، آذربایجان شرقی - ایران

** - استاد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز - ایران (نویسنده مسئول مکاتبات: mmoghaddam@tabrizu.ac.ir)

*** - استاد، گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم طبیعی، دانشگاه تبریز، تبریز - ایران

**** - دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز - ایران

***** - محقق، موسسه تحقیقات، اصلاح و تهیه نهال و بذر، البرز - ایران

مقدمه

جو بدون پوشینه، به دلیل محتویات پیش‌ماده‌ای با اهمیت آن مانند فیبر قابل هضم، ریزمغذی‌ها و سایر اجزایی که از بیماری‌های مزمن جلوگیری می‌کنند، ماده جایگزینی برای غنی نمودن غذا در کشورهای توسعه یافته محسوب می‌شود. نشاسته که ۶۵ درصد وزن خشک دانه را تشکیل می‌دهد مهم‌ترین جزء دانه جو به شمار می‌رود و یک منبع باارزش انرژی است ولی جداسازی نشاسته از جو پوشینه‌دار مستلزم کاربرد عملیات پیچیده و طولانی است (۱، ۶ و ۲۱). از آنجایی که جو قبل از هر نوع عملیات فرآوری جهت استفاده نیاز به پوست‌گیری دارد، بنابراین جو بدون پوشینه سودمندی بیشتری به ارقام پوشینه‌دار دارد (۷). جو بدون پوشینه عمدتاً به عنوان غذای طیور استفاده می‌گردد. با وجود این، در هیمالیا و اتیوپی یک غذای مهم انسانی است. در سال‌های اخیر، اهمیت جو بدون پوشینه به عنوان غذای بشر در مناطق غیرستپی به واسطه میزان بتا-گلوکان بالای آن که در نقش ممانعت‌گر سنتز کلسترول عمل می‌کند و به واسطه مزایای دیگری مانند فقدان پوسته دانه در حال افزایش می‌باشد (۲ و ۴). جو بدون پوشینه یا لخت از جو پوشینه‌دار متفاوت بوده و پوسته آن به آسانی برخلاف جو پوشینه‌دار جدا می‌شود. صفت بدون پوشینگی به وسیله یک ژن مغلوب nud روی بازوی بلند کروموزم 7H کنترل می‌گردد (۵ و ۱۱). جو لخت با یک جهش منفرد یا از جو وحشی (*H. vulgare* L. subsp. Spontaneum) یا از جو پوشینه‌دار زراعی (*H. vulgare* L. subsp. Vulgare) حاصل شده

است (۱۷). گیاه جو بدون پوشینه از لحاظ تیپ رشد دارای انواع بهاره و پاییزه می‌باشد. طول دوره رشد آن ۱۵-۱۰ روز کوتاه‌تر از جو معمولی بوده و کمی زودتر برداشت می‌شود (۱). همچنین مقدار بتا-گلوکان جو بدون پوشینه زیاد است (۴ و ۵).

در یک بررسی، تنوع ارقام جو از نظر صفات ارتفاع بوته، وزن هزار دانه، تعداد دانه در سنبله، دوره رویشی (کاشت تا رسیدگی کامل) و عملکرد دانه مورد مطالعه قرار گرفت. از نظر صفات زراعی تنوع زیادی بین ارقام وجود داشت و عملکرد به‌طور معنی‌داری با صفات دوره رویشی و تعداد دانه در سنبله همبستگی داشت. افزون بر این، همبستگی منفی بین تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه مشاهده شد (۲۰). در پژوهشی دیگر تنوع ژنتیکی هفت زیر جمعیت رقم باتینی جو از نظر ۲۶ صفت کمی و کیفی مورد ارزیابی قرار گرفت. برآوردهای تنوع ژنتیکی کل و تمایز ژنتیکی برای صفات کیفی حدوداً ۲۵ درصد کمتر از صفات کمی بود. شاخص‌های تنوع فنوتیپی بین صفات و زیر جمعیت‌ها از نظر آماری معنی‌دار به‌دست آمد (۱۰). در ایکاردا تنوع ژنتیکی ۴۹ نمونه جو بدون پوشینه از سه مرکز متفاوت یعنی سوریه، بلغارستان و روسیه با استفاده از چندشکلی هوردئین و تنوع زراعی بررسی گردید. بیشترین دامنه تغییرات ژنتیکی در ژرم پلاسما ایکاردا یافت شد. تجزیه به مؤلفه‌های اصلی براساس صفات زراعی، تمام مجموعه را به سه گروه مطابق با سه منطقه تقسیم‌بندی نمود (۲). در بررسی ژرم پلاسما جو بدون پوشینه در کشور نپال تنوع زیادی از نظر مورفولوژی بین و

متری به فاصله ۲۰ سانتی‌متر از همدیگر در نظر گرفته شد و تعداد ۲۰۰ عدد بذر روی هر ردیف با فاصله دو سانتی‌متر از همدیگر کشت شد.

از هر واحد آزمایشی تعداد ۱۰ بوته انتخاب و صفات ارتفاع بوته، طول پدانکل، طول سنبله اصلی، طول برگ پرچم، عرض برگ پرچم، وزن سنبله اصلی، تعداد سنبله‌چه در سنبله اصلی، عملکرد سنبله اصلی، تعداد پنجه، تعداد پنجه بارور، تعداد دانه در پنجه‌های بارور، عملکرد پنجه‌های بارور، عملکرد تک بوته، بیوماس تک بوته، عملکرد کاه تک بوته، شاخص برداشت تک بوته اندازه‌گیری شد. همچنین صفات بیوماس کل کرت، عملکرد کل دانه، عملکرد کاه کل و شاخص برداشت کل پس از حذف ردیف‌های کناری و صفات وزن هزار دانه و درصد پروتئین دانه با نمونه‌برداری از بذور برداشتی کل کرت مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند. تاریخ غلاف‌دهی زمانی که ۵۰ درصد سنبله‌های مربوط به ساقه اصلی تشکیل شدند ولی هنوز از غلاف برگ پرچم خارج نشده بود و تاریخ سنبله‌دهی زمانی که در ۵۰ درصد بوته‌ها، سنبله به اندازه ۱/۳ از غلاف برگ انتهایی خارج شده بود، یادداشت گردیدند.

قبل از تجزیه واریانس، ابتدا نرمال بودن داده‌ها با روش کولموگروف-اسمیرنوف مورد بررسی قرار گرفت. همچنین یکنواختی واریانس‌ها با آزمون لون و افزایشی بودن اثر تکرار و تیمار با آزمون غیرافزایشی توکی بررسی گردید. سپس تجزیه علیت (با رگرسیون گام به

درون جمعیت‌های بومی وجود داشت (۱۵). افزون بر این پاسخ‌های متفاوت ارقام بومی پوشینه‌دار و بدون پوشینه جو به بیماری‌ها و عملکرد گزارش شده است (۳). در ایران نیز بررسی‌های انجام یافته در مورد جو بدون پوشینه، نشان‌گر وجود تفاوت‌های معنی‌دار در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه بوده است (۱۳ و ۱۹).

باتوجه به اینکه در ایران در مورد تنوع ژنتیکی و تجزیه علیت عملکرد دانه جو بدون پوشینه مطالعات اندکی صورت گرفته است، پژوهش حاضر به منظور ارزیابی و تجزیه علیت لاین‌های جو بدون پوشینه از نظر عملکرد دانه، اجزای عملکرد دانه و سایر ویژگی‌های زراعی و گروه‌بندی آن‌ها در راستای استفاده در برنامه‌های اصلاحی در دو سال زراعی انجام گردید.

مواد و روش‌ها

این بررسی در سال زراعی ۸۶-۱۳۸۵ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی تبریز واقع در اراضی کرکج که در ۱۲ کیلومتری شرق تبریز قرار دارد اجرا گردید. در این آزمایش، از ۲۰ لاین مختلف جو بدون پوشینه بهاره که از بخش غلات موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر واقع در شهر کرکج تهیه شده بود، استفاده گردید. لاین‌های مورد استفاده، کل لاین‌های موجود در مؤسسه بود و دارای عملکرد بالا می‌باشند. بذور ژنوتیپ‌های جو بدون پوشینه مورد استفاده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در مدت دو سال کشت گردید. در هر کرت، پنج ردیف چهار

گام^۴، تجزیه خوشه‌ای و تجزیه به مؤلفه‌های اصلی انجام شد. برای تجزیه خوشه‌ای از روش وارد^۵ استفاده شد. برش دندروگرام نیز به کمک رابطه $\sqrt{\frac{n}{2}}$ صورت گرفت که در آن n عبارت از تعداد ژنوتیپ‌ها می‌باشد. برای تعیین خصوصیات هر گروه حاصل از تجزیه خوشه‌ای از نظر صفات مورد مطالعه، میانگین هر خوشه برای هر صفت و درصد انحراف آن از میانگین کل محاسبه شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم افزارهای MSTATC، Excel و SPSS استفاده گردید.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس مرکب صفات نشان داد که بین سال‌های آزمایش از نظر صفات ارتفاع بوته، طول پدانکل، طول سنبله اصلی، طول برگ پرچم، عرض برگ پرچم، تعداد دانه در سنبله اصلی، تعداد سنبلچه در سنبله اصلی، تعداد پنجه، تعداد پنجه‌های بارور، بیوماس تک بوته، عملکرد کل تک بوته، شاخص برداشت تک بوته، عملکرد کل دانه، شاخص برداشت کل و درصد پروتئین دانه اختلاف معنی‌دار وجود داشت که می‌تواند ناشی از تفاوت شرایط محیطی سال‌های اجرای آزمایش باشد. به عنوان مثال، می‌توان به دمای پایین در ماه‌های فروردین و اردیبهشت سال اول اجرای آزمایش اشاره نمود. اثر متقابل ژنوتیپ با سال نیز فقط برای صفات عملکرد کاه کل، وزن هزار دانه، درصد پروتئین دانه و تاریخ سنبله‌دهی معنی‌دار بود که بیان‌گر نوسان اختلافات ژنوتیپ‌ها از سالی به سال دیگر برای این صفات می‌باشد. اختلاف

بین ژنوتیپ‌های مورد مقایسه از نظر ارتفاع بوته، طول پدانکل، طول سنبله اصلی، طول برگ پرچم، عرض برگ پرچم، وزن سنبله اصلی، تعداد سنبلچه در سنبله اصلی، تعداد پنجه، تعداد پنجه‌های بارور، عملکرد پنجه‌های بارور، عملکرد دانه تک بوته، شاخص برداشت تک بوته، بیوماس کل کرت، عملکرد کل کاه، شاخص برداشت کل، وزن هزار دانه، درصد پروتئین دانه و تاریخ سنبله‌دهی معنی‌دار بود (داده‌ها درج نشده‌اند). این امر حاکی از آن است که تنوع ژنتیکی برای صفات مورد بررسی در سطح بالایی قرار دارد. در بررسی انجام یافته در نپال نیز، تنوع زیادی بین و درون جمعیت‌های جو بدون پوشینه یافت گردید (۱۵). نتایج مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها در جدول (۱) آورده شده است. میانگین ارتفاع بوته ژنوتیپ ۱۱، میانگین طول سنبله اصلی و تعداد سنبلچه در سنبله اصلی لاین ۱، میانگین تعداد دانه در سنبله اصلی لاین ۲، میانگین تعداد پنجه لاین‌های ۱ و ۱۰، میانگین تعداد دانه در پنجه‌های بارور و عملکرد پنجه‌های بارور ژنوتیپ‌های ۹ و ۱۰، میانگین عملکرد دانه تک بوته لاین ۱۰، میانگین عملکرد کاه کل ژنوتیپ ۳ و میانگین درصد پروتئین دانه لاین ۴ نسبت به میانگین کل به‌طور معنی‌داری بیشتر بود. به طور کلی ژنوتیپ‌های ۶، ۱ و ۵ دارای بالاترین عملکرد کل دانه بودند. در میان ژنوتیپ‌ها برای اجزای عملکرد، لاین شماره ۱ از نظر طول سنبله اصلی و تعداد پنجه و ژنوتیپ شماره ۵ از لحاظ تعداد دانه در سنبله اصلی، وزن هزار دانه و تاریخ سنبله‌دهی بیشترین میانگین را داشتند.

4 - Stepwise method

5 - Ward

جدول ۱ - میانگین صفات مورد بررسی در ۲۰ ژنوتیپ جو بدون پوشینه

Table 1 - Mean of the studied traits in 20 hulless barley genotypes

ژنوتیپ	ارتفاع بوته (cm)	طول پدانکل (cm)	طول سنبله اصلی (cm)	طول برگ پرچم (cm)	عرض برگ پرچم (cm)	وزن سنبله اصلی (gr)	تعداد سنبله در اصلی	تعداد دانه در سنبله اصلی	عملکرد سنبله اصلی (gr)	تعداد پنجه	تعداد بارور
1	67.42	19.25	9.03	9.79	0.619	1.506	23.70	24.51	0.98	3.91	2.20
2	66.24	21.83	7.24	9.99	0.839	2.122	16.91	38.34	1.42	2.50	1.39
3	60.52	19.10	6.84	10.44	0.960	1.179	15.82	35.79	1.34	2.59	1.69
4	62.82	21.23	7.51	9.48	0.773	1.495	18.27	28.77	1.07	2.06	1.54
5	61.75	20.60	6.51	11.48	0.864	2.063	16.58	34.65	1.35	1.91	1.15
6	58.47	19.99	6.20	9.84	0.969	1.598	14.95	33.90	1.21	1.89	1.24
7	60.41	19.45	6.21	10.18	0.814	1.839	15.23	34.45	1.15	2.50	1.34
8	61.01	22.21	5.82	8.81	0.875	1.330	14.36	27.38	1.02	2.06	1.30
9	63.51	20.54	6.40	8.89	0.806	1.777	16.18	33.84	1.33	2.48	1.89
10	58.85	22.63	7.04	10.27	0.943	1.604	16.3	24.95	0.97	1.56	1.00
11	71.23	21.55	6.71	12.84	0.913	2.069	16.61	33.35	1.40	2.82	1.63
12	62.23	20.08	6.58	9.74	0.853	1.582	14.82	27.70	1.02	2.16	1.22
13	64.74	21.51	6.35	9.98	0.790	1.738	15.00	28.67	1.18	3.11	1.67
14	63.03	19.22	6.07	9.71	0.765	1.604	14.47	30.69	1.09	2.57	1.42
15	61.78	19.68	6.19	9.48	0.739	1.773	14.97	30.23	1.09	2.22	1.52
16	67.26	21.76	6.17	10.88	0.911	1.892	13.90	30.25	1.17	2.64	1.67
17	59.38	18.49	6.77	9.16	0.721	1.830	16.61	26.49	0.97	3.26	1.81
18	59.78	16.41	6.18	10.18	0.976	1.872	15.52	30.91	1.14	2.07	1.23
19	60.39	18.71	6.33	9.92	0.851	1.694	16.15	33.24	1.17	2.62	1.59
20	61.63	21.41	6.21	10.86	0.768	1.904	14.39	29.27	1.08	2.86	1.60
میانگین Mean	62.62	20.28	6.62	10.10	0.837	1.744	16.04	30.86	1.16	2.49	1.51
LSD 5 %	5.648	1.155	0.9644	1.175	2.064	0.4060	2.66	7.34	0.288	0.108	0.567

ادامه جدول ۱ - میانگین صفات مورد بررسی در ۲۰ ژنوتیپ جو بدون پوشینه

Table 1 - Mean of the studied traits in 20 hulless barley genotypes (continued)

ژنوتیپ	تعداد دانه در پنجه بارور	عملکرد پنجه‌های بارور (gr)	عملکرد دانه تک بوته (gr)	بیوماس تک بوته (gr)	عملکرد کاه تک بوته (gr)	شاخص برداشت تک بوته (%)	بیوماس کل کرت (gr/m ²)	عملکرد دانه کل (gr/m ²)	عملکرد کاه کل (gr/m ²)	شاخص برداشت کل (%)	وزن هزار دانه (gr)	پروتئین دانه (%)	تاریخ غلاف دهی (day)	تاریخ سنبله‌دهی (day)
1	32.41	1.240	2.231	7.069	4.837	33.0	1485.45	445.31	1040.14	29.98	31.894	8.663	43.50	52.625
2	34.47	1.196	2.616	7.379	4.763	40.0	1470.09	322.26	1174.40	21.92	32.341	9.613	47.25	56.625
3	39.67	1.370	2.712	7.811	5.099	38.2	1024.69	403.53	621.16	39.38	33.388	9.450	45.75	55.875
4	28.00	0.940	2.009	6.261	4.252	33.8	976.68	281.92	694.76	28.87	32.015	10.110	48.00	59.750
5	28.01	0.966	2.314	7.011	4.698	33.6	1344.81	425.36	919.45	31.63	33.381	9.038	44.75	56.625
6	30.81	0.982	2.185	5.469	3.284	41.3	1386.10	472.27	913.83	34.07	31.361	9.488	45.63	56.125
7	31.26	0.948	2.099	6.657	4.558	31.8	1456.48	345.67	1110.81	23.73	31.366	8.813	44.13	55.000
8	18.04	0.569	1.592	5.510	3.918	32.9	1140.22	232.85	907.36	20.42	30.353	9.938	44.75	54.375
9	42.94	1.532	2.865	7.145	4.280	42.4	1398.26	320.31	1077.95	22.91	33.636	8.413	44.63	54.125
10	14.66	0.519	1.488	5.165	3.677	33.2	1119.59	341.01	778.59	30.46	33.124	9.338	45.25	54.375
11	32.32	1.230	2.685	7.831	5.146	34.3	1173.30	281.78	891.52	24.02	32.821	8.863	45.50	55.375
12	22.74	0.804	1.821	5.956	4.135	30.9	1277.65	311.32	966.34	24.37	32.494	9.175	45.25	57.125
13	30.99	1.120	2.299	6.532	4.234	34.0	1415.87	347.76	1068.11	24.56	33.326	9.000	44.50	54.750
14	27.22	0.800	1.897	5.712	3.815	37.1	1557.23	347.54	1209.70	22.32	30.604	8.638	45.75	55.250
15	28.31	0.921	2.016	6.949	4.933	30.6	1405.87	361.29	1044.59	25.70	32.129	8.525	46.50	56.375
16	30.00	1.108	2.276	7.186	4.909	32.3	1102.37	272.30	830.07	24.70	32.428	9.200	45.88	57.500
17	27.95	1.027	2.000	6.993	4.994	29.1	958.80	271.45	687.34	28.31	32.326	9.538	46.38	56.750
18	23.84	0.821	1.958	7.210	5.252	30.4	1254.40	293.29	961.11	23.38	32.371	9.350	44.25	54.875
19	35.77	1.085	2.255	5.902	3.647	38.3	1337.92	343.41	994.51	25.67	30.405	9.450	45.00	53.875
20	26.15	0.798	1.879	6.293	4.414	32.8	1311.30	279.45	1031.85	21.31	32.988	9.150	43.63	53.500
میانگین Mean	29.27	1.001	2.160	6.602	4.442	34.5	1279.85	335	944.85	26.38	32.238	9.188	45.313	55.544
LSD 5 %	13.64	0.496	0.666	1.297	1.402	7.67	25.87	50.79	22.74	8.8	1.787	0.825	0.921	0.831

همبستگی بین تعداد دانه در سنبله اصلی و عملکرد دانه را شامل گردید. بالا بودن اثر مستقیم تعداد دانه در سنبله در بررسی‌های پیشین گزارش شده است (۸ و ۹). صفات دیگر تأثیر غیرمستقیم جزئی روی عملکرد تک بوته داشتند. اثر مستقیم تعداد پنجه بارور روی عملکرد دانه تک بوته نیز بالا بود که تقریباً کل همبستگی بین این دو صفت را شامل گردید. پس با ثابت بودن سایر صفات، افزایش تعداد پنجه بارور مستقیماً روی عملکرد دانه مؤثر است. تعداد پنجه بارور به طور غیر مستقیم از طریق وزن هزار دانه و زمان سنبله‌دهی روی عملکرد تأثیر منفی و از طریق طول سنبله اصلی و تعداد دانه در سنبله اصلی تأثیر مثبت داشت. در مطالعات قبلی نیز اثر مستقیم تعداد پنجه، مثبت گزارش شده است (۱۲، ۱۴ و ۱۶). وزن هزار دانه روی عملکرد دانه تأثیر مثبت ولی اندک داشت. در عین حال در برخی از بررسی‌های انجام یافته، اثر مستقیم وزن هزار دانه مثبت و زیاد عنوان شده است (۸، ۹، ۱۲ و ۱۸). تفاوت در نتایج آزمایش‌ها را می‌توان به نوع ژنوتیپ‌های مورد استفاده و تفاوت شرایط محیطی نسبت داد. در نهایت مدت زمان لازم تا سنبله‌دهی تأثیر مستقیم منفی روی عملکرد داشت ولی تأثیر غیرمستقیم مثبت آن از طریق طول سنبله اصلی، تعداد دانه در سنبله اصلی و تعداد پنجه بارور موجب گردید که همبستگی آن با عملکرد دانه تک‌بوته در حد صفر به‌دست آید.

عملکرد دانه تک بوته با صفات تعداد دانه در پنجه‌های بارور، عملکرد پنجه‌های بارور، ارتفاع بوته، طول سنبله اصلی، وزن سنبله اصلی، تعداد سنبلچه در سنبله اصلی، تعداد دانه در سنبله اصلی، عملکرد سنبله اصلی، تعداد پنجه، بیوماس تک بوته، عملکرد کاه تک بوته، شاخص برداشت تک بوته، بیوماس کل کرت و عملکرد کاه کل همبستگی مثبت معنی‌داری داشت (ضرایب همبستگی درج نشده‌اند). ضریب تبیین مربوط به همبستگی عملکرد دانه با عملکرد پنجه‌های بارور (۰/۸۶۷) و تعداد دانه در پنجه‌های بارور (۰/۷۱۵) بالا بود. بنابراین، این صفات بیشترین نقش را در بیان عملکرد دانه داشتند. بین عملکرد دانه و تعداد دانه در سنبله، ارتفاع بوته و طول سنبله همبستگی مثبت و قوی گزارش شده است (۱۶ و ۱۸). در تحقیقات دیگر نیز همبستگی عملکرد دانه با تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه مثبت و معنی‌دار عنوان شده است (۸ و ۹).

نتایج حاصل از تجزیه علیت عملکرد دانه تک‌بوته با صفات مؤثر بر آن در جدول (۲) ملاحظه می‌شود. طول سنبله اصلی دارای اثر مستقیم مثبت کم روی عملکرد دانه بود. بدین معنی که با ثابت بودن سایر اثرات، افزایش طول سنبله تا حدودی عملکرد دانه را افزایش می‌دهد. در یک پژوهش نیز اثر مستقیم طول سنبله روی عملکرد دانه مثبت و کم گزارش شده است (۱۸). تعداد دانه در سنبله اصلی روی عملکرد دانه تک بوته اثر مستقیم مثبت بالایی داشت که تقریباً اکثر

جدول ۲ - تجزیه علیت عملکرد دانه تک‌بوته با سایر صفات زراعی در ژنوتیپ‌های جو بدون پوشینه

Table 2 - Path analysis of grain yield per plant with other agronomic traits in hulless barley genotypes

صفت Trait	اثر غیرمستقیم Indirect Effect					اثر مستقیم Direct Effect	ضریب همبستگی با عملکرد دانه Correlation coefficient with grain yield
	طول سنبله اصلی Main Spike Length	تعداد دانه در سنبله اصلی No. of Grain in Main Spike	تعداد پنجه بارور No. of Effective Tiller	وزن هزار دانه 1000 Grain Weight	تاریخ سنبله‌دهی Heading Date		
طول سنبله اصلی Main Spike Length	-	0.064964	0.218842	0.001256	-0.1259	0.103	0.259
تعداد دانه در سنبله اصلی No. of Grain in Main Spike	0.011227	-	0.072618	0.005652	-0.041958	0.596	0.644*
تعداد پنجه بارور No. of Effective Tiller	0.045629	0.087612	-	-0.025748	-0.04403	0.494	0.558*
وزن هزار دانه 1000 Grain Weight	0.000824	0.021456	-0.081016	-	0.0001259	0.157	0.1
تاریخ سنبله‌دهی Heading Date	0.0515	0.096552	0.08398	-0.000785	-	-0.259	-0.028

* - Significant at the 5% level of probability

* - معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد

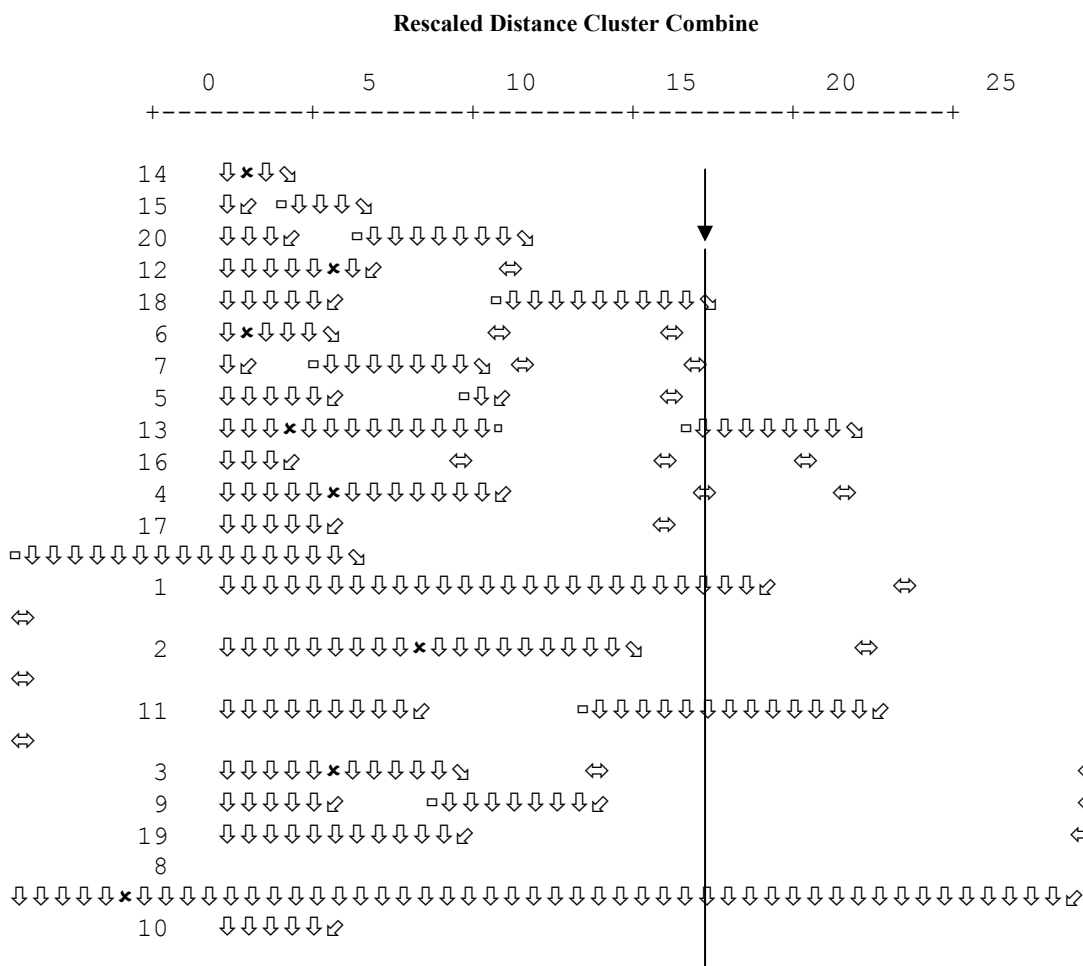
از نظر انتخاب والدین برای اهداف اصلاحی، خوشه‌ای ارزش دارد که میانگین بالاتری نسبت به میانگین کل نشان دهد. جدول (۳) میانگین هر خوشه و درصد انحراف از میانگین آن‌ها را از میانگین کل نشان می‌دهد. گروه دوم که شامل پنج ژنوتیپ بود، از نظر عملکرد دانه تک‌بوته، عملکرد دانه پنجه‌های بارور، عملکرد دانه سنبله اصلی،

تجزیه خوشه‌ای براساس میانگین ۲۵ صفت، ۲۰ ژنوتیپ جو بدون پوشینه را به سه گروه متناسب کرد (شکل ۱). گروه اول شامل ژنوتیپ‌های ۱، ۴، ۵، ۶، ۷، ۱۲، ۱۳، ۱۴، ۱۵، ۱۶، ۱۷، ۱۸ و ۲۰ بود. گروه دوم لاین‌های ۲، ۳، ۹، ۱۱ و ۱۹ را در برداشت و گروه سوم شامل دو ژنوتیپ ۸ و ۱۰ بود.

ولی در بقیه صفات دارای میانگین پایین تری از میانگین کل بود. بنابراین از لاین های این خوشه می توان برای افزایش مساحت برگ پرچم و درصد پروتئین دانه استفاده نمود.

در تجزیه به مؤلفه های اصلی براساس میانگین ۲۵ صفت در ۲۰ ژنوتیپ جو بدون پوشینه، هفت مؤلفه اصلی اول مجموعاً ۸۹/۷۲ درصد از تنوع صفات را توجیه کردند (جدول ۴).

تعداد دانه در سنبله اصلی و پنجه های بارور، شاخص برداشت تک بوته، بیوماس تک بوته، تعداد پنجه بارور و وزن سنبله اصلی از ارزش بالاتر از میانگین برخوردار بود. بنابراین، ژنوتیپ های این گروه را می توان برای بهبود عملکرد دانه مورد استفاده قرار داد. گروه سوم که شامل ژنوتیپ های ۸ و ۱۰ بود طول پدانکل، عرض برگ پرچم و درصد پروتئین دانه بالاتری از میانگین کل داشت



شکل ۱ - تجزیه کلاستر ۲۰ ژنوتیپ جو بدون پوشینه به روش Ward

Fig. 1 . Cluster analysis of 20 hulless barley genotypes based on Ward method

جدول ۳ - میانگین و درصد انحراف سه کلاستر حاصل از تجزیه خوشه‌ای برای صفات مورد ارزیابی در ۲۰ ژنوتیپ جو بدون پوشینه

Table 3 - Mean and deviation percent of three clusters obtained from cluster analysis for the studied traits in 20

hulless barley genotypes

خوشه	میانگین	ارتفاع بوته	طول پدانکل	طول سنبله اصلی	طول برگ پرچم	عرض برگ پرچم	وزن سنبله اصلی	تعداد سنبله در سنبله اصلی	تعداد دانه در سنبله اصلی	عملکرد سنبله اصلی	تعداد پنجه	تعداد دانه در پنجه	
		(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(gr)	اصلی	اصلی	(gr)	پنجه	بارور	بارور
1	میانگین	62.36	19.93	6.61	10.06	0.81	1.73	16.03	30.04	1.16	2.55	1.50	28.28
	درصد انحراف	-0.4183	-1.78	-0.061	-0.369	-3.08	-0.79	-0.034	-2.74	-3.81	2.41	0.25	-3.52
2	میانگین	64.38	20.34	6.71	10.42	0.88	1.89	16.34	34.91	1.33	2.60	1.64	37.04
	درصد انحراف	2.73	0.3260	1.28	3.08	4.18	7.76	1.82	11.59	13.14	4.28	8.07	20.95
3	میانگین	59.94	22.42	6.43	9.54	0.91	1.47	15.33	26.09	0.99	1.81	1.15	16.35
	درصد انحراف	-4.49	9.54	-2.92	-5.88	7.86	-18.92	-4.62	-18.27	-16.29	-37.45	-30.89	-79.08
خوشه	میانگین	عملکرد پنجه‌های بارور	عملکرد دانه تک	بیوماس تک بوته (gr)	عملکرد کاه تک بوته	شاخص برداشت تک بوته	بیوماس کل کرت (gr/m ²)	عملکرد دانه کل (gr/m ²)	عملکرد کاه کل (gr/m ²)	شاخص برداشت کل	وزن هزار دانه (gr)	پروتئین دانه (%)	تاریخ غلاف دهی (day)
		عملکرد	عملکرد	بیوماس	عملکرد	شاخص	بیوماس	عملکرد دانه	عملکرد	شاخص	وزن هزار	پروتئین	تاریخ
1	میانگین	0.95	2.07	6.56	4.48	0.33	1302.50	342.50	960	0.26	32.21	9.13	45.24
	درصد انحراف	-4.34	-4.052	-0.62	0.97	-4.15	1.75	2.24	1.56	0.4965	-0.097	-0.632	-0.159
2	میانگین	1.29	2.63	7.22	4.58	0.38	1280.85	334.25	946.6	0.2653	32.52	9.157	45.62
	درصد انحراف	22.54	17.77	8.48	3.16	10.74	0.078	-0.22	0.184	1.16	0.86	-0.328	0.685
3	میانگین	0.54	1.54	5.33	3.80	0.33	1129.90	286.93	842.95	0.246	31.74	9.637	45
	درصد انحراف	-40.26	-40.26	-16.97	-16.98	-4.39	-13.27	-16.76	-12.085	-6.59	-1.57	4.67	-0.69

جدول ۴- مولفه‌های اصلی و مقادیر ویژه آن‌ها در ۲۰ لاین جو بدون پوشینه برای ۲۵ صفت

Table 4 - Principal components and their eigenvalues in 20 hullless barley lines for 25 traits

مؤلفه Component	مقدار ویژه Eigenvalue	درصد Percent	درصد تجمعی Cumulative
1	6.958	27.832	27.832
2	4.278	17.113	44.946
3	3.651	14.606	59.551
4	2.685	10.740	70.292
5	2.054	8.216	78.507
6	1.581	6.324	84.831
7	1.222	4.889	89.720

مؤلفه اول ۲۷/۸۳۲ درصد از تنوع کل را تبیین کرد. این مقدار برای مؤلفه‌های دوم و سوم به ترتیب ۱۷/۱۱ و ۱۴/۶۰۶ درصد بود. در مؤلفه اول صفات عملکرد دانه تک بوته (۰/۹۴۰)، عملکرد پنجه‌های بارور (۰/۹۳۲)، تعداد دانه در پنجه‌های بارور (۰/۸۶۵)، بیوماس تک بوته (۰/۸۱۳)، عملکرد سنبله اصلی (۰/۷۳۹)، وزن سنبله اصلی (۰/۶۴۶)، تعداد پنجه بارور (۰/۶۰۳)، ارتفاع بوته (۰/۶۱)، تعداد پنجه (۰/۵۶۴) و عملکرد گاه تک بوته (۰/۵۵۱) دارای ضرایب مثبت بزرگ بودند. در مؤلفه دوم صفات عرض برگ پرچم (۰/۸۲۸)، تعداد دانه در سنبله اصلی (۰/۶۶۷) و عملکرد سنبله اصلی (۰/۵۹۸) از ضرایب مثبت بزرگ و صفات تعداد پنجه (۰/۶۵۵)، تعداد پنجه بارور (۰/۶۲۹) و تعداد سنبلچه در سنبله اصلی (۰/۵۷۴) از ضرایب منفی قابل توجه برخوردار بودند. همچنین در مؤلفه سوم، عملکرد گاه تک بوته (۰/۵۲۴) دارای ضریب مثبت قابل توجه و صفات بیوماس کل کرت

مؤلفه اول ۲۷/۸۳۲ درصد از تنوع کل را تبیین کرد. این مقدار برای مؤلفه‌های دوم و سوم به ترتیب ۱۷/۱۱ و ۱۴/۶۰۶ درصد بود. در مؤلفه اول صفات عملکرد دانه تک بوته (۰/۹۴۰)، عملکرد پنجه‌های بارور (۰/۹۳۲)، تعداد دانه در پنجه‌های بارور (۰/۸۶۵)، بیوماس تک بوته (۰/۸۱۳)، عملکرد سنبله اصلی (۰/۷۳۹)، وزن سنبله اصلی (۰/۶۴۶)، تعداد پنجه بارور (۰/۶۰۳)، ارتفاع بوته (۰/۶۱)، تعداد پنجه (۰/۵۶۴) و عملکرد گاه تک بوته (۰/۵۵۱) دارای ضرایب مثبت بزرگ بودند. در مؤلفه دوم صفات عرض برگ پرچم (۰/۸۲۸)، تعداد دانه در سنبله اصلی (۰/۶۶۷) و عملکرد سنبله اصلی (۰/۵۹۸) از ضرایب مثبت بزرگ و صفات تعداد پنجه (۰/۶۵۵)، تعداد پنجه بارور (۰/۶۲۹) و تعداد سنبلچه در سنبله اصلی (۰/۵۷۴) از ضرایب منفی قابل توجه برخوردار بودند. همچنین در مؤلفه سوم، عملکرد گاه تک بوته (۰/۵۲۴) دارای ضریب مثبت قابل توجه و صفات بیوماس کل کرت

ضرایب منفی بزرگ بودند (جدول ۵). دسته‌بندی ژنوتیپ‌ها با استفاده از دو مؤلفه اصلی، گروه‌بندی براساس تجزیه خوشه‌ای را تأیید کرد و سه گروه حاصل از تجزیه خوشه‌ای، در تجزیه به مؤلفه‌های اصلی نیز در دسته‌های جدا از هم قرار گرفتند (شکل ۲).

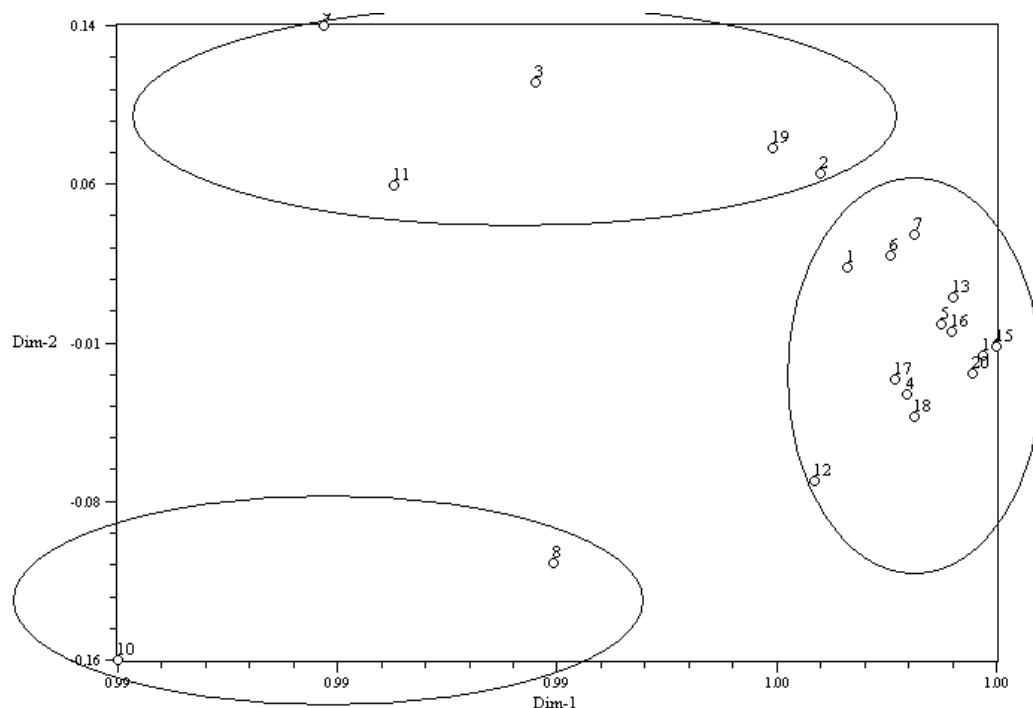
جمع‌بندی

به‌طور کلی نتایج مقایسه میانگین و تجزیه خوشه‌ای نشان داد که خوشه دوم دارای ویژگی‌های مطلوب می‌باشد. بنابراین، از لاین‌های گروه دوم در برنامه‌های اصلاحی می‌توان برای بهبود عملکرد دانه استفاده کرد. همچنین براساس تجزیه علیت عملکرد دانه با اجزای آن، تعداد دانه در سنبله اصلی و تعداد پنجه‌های بارور از مهمترین اجزای عملکرد دانه محسوب شدند که می‌توان از این صفات در امر گزینش در نسل‌های در حال تفرق در خصوص جو بدون پوشینه استفاده کرد.

جدول ۵ - ضرایب صفات مورد بررسی در مؤلفه‌های حاصل از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی در ارتباط با ژنوتیپ‌های جو بدون پوشینه

Table 5 - Coefficients of the studied traits in obtained components from PCA in hullless barley genotypes

صفت Trait	مؤلفه Component						
	1	2	3	4	5	6	7
Plant Height ارتفاع بوته	0.611	-0.223	0.125	-0.368	0.200	0.486	0.028
Peduncle Length طول پدانکل	-0.108	0.169	0.117	-0.207	0.210	0.824	-0.147
Main Spike Length طول سنبله اصلی	0.310	-0.499	0.433	0.395	-0.166	0.381	0.226
Flag Leaf Length طول برگ پرچم	0.397	0.338	0.107	-0.338	-0.563	0.286	-0.006
Flag Leaf Width عرض برگ پرچم	-0.149	0.828	-0.032	-0.008	-0.217	-0.021	-0.291
Main Spike Weight وزن سنبله اصلی	0.646	0.438	-0.101	-0.473	-0.216	0.026	0.156
No. of Spikelet in Main Spike تعداد سنبلچه در سنبله اصلی	0.344	-0.574	0.304	0.406	-0.178	0.266	0.220
No. of Grain in Main Spike تعداد دانه در سنبله اصلی	0.567	0.667	-0.331	0.066	0.141	-0.131	0.157
Main Spike Yield عملکرد سنبله اصلی	0.739	0.598	-0.197	-0.034	0.072	0.107	-0.009
No. of Tiller تعداد پنجه	0.564	-0.655	0.154	-0.091	0.113	-0.138	-0.194
No. of Effective Tiller تعداد پنجه بارور	0.603	-0.629	0.210	0.126	0.245	-0.086	-0.284
No. of Grain in Effective Tiller تعداد دانه در پنجه‌های بارور	0.865	0.051	-0.126	0.296	0.257	-0.199	-0.119
Effective Tiller Yield عملکرد پنجه‌های بارور	0.932	-0.017	0.071	0.206	0.180	-0.079	-0.170
Grain Yield per Plant عملکرد دانه تک بوته	0.940	0.225	-0.029	0.130	0.154	-0.011	-0.122
Biomass per Plant بیوماس تک بوته	0.813	0.011	0.383	-0.285	-0.030	-0.249	0.115
Stalk Yield per Plant عملکرد کاه تک بوته	0.551	-0.127	0.524	-0.462	-0.192	-0.295	0.195
Harvest Index per Plant شاخص برداشت تک بوته	0.380	0.353	-0.450	0.561	0.320	0.241	-0.180
Biomass کل کرت	0.268	-0.231	-0.845	-0.033	-0.049	0.066	0.355
Grain Yield عملکرد کل دانه	0.291	0.010	-0.253	0.669	-0.494	0.022	0.284
Stalk Yield عملکرد کاه کل	0.165	-0.288	-0.828	-0.275	0.133	0.085	0.286
Harvest Index شاخص برداشت کل	0.131	0.358	0.319	0.662	-0.467	-0.044	0.026
1000 Grain Weight وزن هزار دانه	0.446	0.197	0.305	-0.183	-0.395	0.183	-0.217
Grain Protein پروتئین دانه	-0.451	0.357	0.478	0.216	0.266	0.027	-0.061
Booting Date تاریخ غلاف‌دهی	-0.028	0.395	0.481	0.136	0.567	0.077	0.408
Heading Date تاریخ سنبله‌دهی	-0.062	0.472	0.582	-0.025	0.331	-0.061	0.449



شکل ۲ - نمودار دوبعدی پراکنش ژنوتیپ‌های جو بدون پوشینه بر مبنای مؤلفه‌های اول و دوم حاصل از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی

Fig. 2 . Two dimensional plot of hulless barley lines based on the first and second components of the principal components analysis

References

- 1 . Anonymous (2002) Hulless barley and its possibility to use as chicken food. Deputy of Agronomy, Ministry of Jihad-e-Agriculture (in Farsi).
- 2 . Atanassov P, Borries C, Zaharieva M and Monneveux P (2001) Hordein polymorphism and variation of agromorphological traits in a collection of naked barley, Genetic Resource and Crop Evolution 48: 350-360.
- 3 . Baniya BK, Dongol DMS and Riley KW (1997) Characterization of Nepalese barley germplasm, Rachis 16: 16-19.
- 4 . Bhatti RS (1999) The potential of hulless barley, Cereal Chem. 76: 589-599.
- 5 . Choo TM, Ho KM and Martin RA (2001) Genetic analysis of hulless * covered cross of barley using doubled-haploid lines, Crop Sci. 41:1021-1026.
- 6 . Czuchajowska Z, Klamczynski A, Paszcznska B and Baik BK (1998) Structure and functionality of barley starches, Cereal Chem. 75: 747-747.
- 7 . Fastnaught CE and Berglund PT (1996) Waxy hulless barley for use as food ingredient, Barley Newsletter 40: 1-2.

- 8 . Garcia Del Moral LF, Ramos JM and Recalde L (1985) Relationships between vegetative growth, grain yield and grain protein content in six barley cultivars, *Can J. Plant Sci.* 65: 523-532.
- 9 . Garcia Del Moral LF, Ramos JM, Garcia Del Moral MB and Jimenez-Tajeda MP (1991) Ontogenetic approach to grain production analysis, *Crop Sci.* 31: 1179-1185.
- 10 . Jaradat AA, Shahid M and Al Maskri AY (2004) Genetic diversity in the batini barley landrace from Oman: I. Spike and seed quantitative and quality traits. *Crop Sci.* 44: 304-315.
- 11 . Kikuchi S, Taketa S, Ichii M and Kawasaki S (2003) Efficient fine mapping of the naked caryopsis gene (*nud*) by HEGS (High Efficiency Genome Scanning)/ AFLP in barley, *Theor. Appl. Genet.* 108: 73-78.
- 12 . Puri YP, Qualset CD and Williams AW (1982) Evaluation of yield components as selection criteria in barley breeding, *Crop Sci.* 22: 427-431.
- 13 . Rakhshandeh G (2004) Drought resistance assessment of hulless barley genotypes. M.Sc. Thesis, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran (in Farsi).
- 14 . Rasmusson DC and Cannell RQ (1970) Selection for grain yield and components of yield in barley. *Crop Sci.* 10:51-54.
- 15 . Sharma KP, Dahl KR and Basta BK (1994) Genetic diversity of Nepalese naked barley and possibility of yield improvement. Proceeding of the 2nd National Conference on Science and Technology. Royal Nepal Acad. Sci. Tech. Pp. 231-237.
- 16 . Singh M and Singh RK (1973) Correlation and path coefficient analysis in barley, *Indian J. Agric. Sci.* 43: 455-458.
- 17 . Taketa S, Kikuchi S, Awayama T, Yamamoto S, Ichii M and Kawasaki S (2004) Monophyletic origin of naked barley inferred from molecular analysis of a marker closely linked to the naked caryopsis gene (*nud*), *Theor. Appl. Genet.* 108: 1236-1242.
- 18 . Tewari SN (1981) Path-coefficient analysis for grain yield and its components in a collection of barley germplasm. Proceeding of the Third International Barley Genetic Symposium. Edinburgh, Scotland. Pp. 689-701.
- 19 . Valizadeh R (2004) Genetic diversity of 49 hulless barley lines. M.Sc. Thesis, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran (in Farsi).
- 20 . Zakova M and Benkova M (2004) Genetic diversity of genetic resources of winter barley maintained in the gene bank in Slovakia, *Czech J. Genet. Plant Breed* 40: 118-126.
- 21 . Zheng GH, Han HL and Bhatti RS (1998) Physicochemical properties of zero amylose hulless barley starches, *Cereal Chem.* 75: 520-524.

Genetic Diversity of Hulless Barley Lines and Path Analysis by Grain Yield and other Agronomic Traits

A. Pourmohammad^{*}, M. Moghaddam^{**}, M. Khosrowchahli^{***}, S. A. Mohammadi^{****}
and A. Yousefi^{*****}

Abstract

20 hulless barley lines were assessed by grain yield and other agronomic traits in 2006 and 2007 in the Research Station of the University of Tabriz, Iran. The experiments in each year were carried out as randomized complete block design with four replications. The genotypes were significantly different for most of the studied traits. This indicated the existence of large genetic variation in the population of hulless barley lines. Genotypes 6, 1 and 5 had the highest grain yield. Cluster analysis classified lines into three groups. Furthermore, principal components analysis confirmed the results of the cluster analysis. The second cluster which included five genotypes, had higher grain yield per plant, per effective tillers and per main spike, no. of grains per spike and effective tillers, harvest index per plant, biomass per plant, no. of effective tillers and weight of main spike. Thus the genotypes of this cluster could be used to improve the grain yield of hulless barley in breeding programs. Path analysis showed that the direct effect of 1000 grain weight on grain yield per plant was small. Number of grains per spike and number of Effective tillers had the largest direct effect on grain yield and were regarded as the most important components of grain yield per plant in hulless barley which could be used for selection of better genotypes in segregating generations.

Keywords: Agronomic Traits, Genetic Diversity, Hulless Barley, Path Analysis

* - Assistant Prof., Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Maragheh, Maragheh - Iran (* Corresponding author: mmoghaddam@tabrizu.ac.ir)

** - Prof., Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz - Iran

*** - Prof., Dept. of Biology, Faculty of Natural Sciences, University of Tabriz, Tabriz - Iran

**** - Associate Prof., Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran

***** - Researcher, Seed and Plant Improvement Institute, Karaj - Iran