Archive of SID

زیست فناوری دانشگاه تربیت مدرس
دوره 5، شماره 2، پاییز و زمستان 1393

بررسی تنوع مورفولوژیکی دانه رگه‌های اینبرد نوترکیب آفتابگردان با روش‌های آماری چند متغیره

نادر عیوض نژاد حافظ[1]، رضا درویش زاده[2*]، ایرج برنوسی[2]، محمد مقدم[3]

1- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد اصلاح نباتات، گروه اصلاح و بیوتکنولوژی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه
2- دانشیار گروه اصلاح و بیوتکنولوژی گیاهی، دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه، ارومیه
3- استاد گروه بیوتکنولوژی و به‌نژادی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز

* ارومیه، صندوق پستی 165
r.darvishzadeh@urmia.ac.ir
(دریافت مقاله: 91/11/13 پذیرش مقاله: 93/12/10)

چکیده- در این تحقیق به منظور دستیابی به میزان و الگوی تنوع ژنتیکی در بذر جمعیت رگه‌های اینبرد نوترکیب آفتابگردان، 70 لاین حاصل از تلاقی (♂) RHA266 × PAC2 (♀) به همراه والدین در قالب طرح لاتیس مستطیل 8×9 با دو تکرار مورد ارزیابی قرار گرفتند. بعد از رسیدگی صفات مختلفی از قبیل طول دانه، عرض دانه، قطر دانه، وزن صد دانه، درصد پوسته دانه، درصد مغز دانه و عملکرد تک بوته اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان داد که اختلاف آماری معنی‌دار بین لاین‌های مورد مطالعه از نظر تمامی صفات مورد بررسی در سطح احتمال 1٪ وجود دارد. در بین صفات مورد بررسی بیشترین ضریب تغییرات مربوط به عملکرد تک بوته (23/42) و کمترین آن مربوط به درصد مغز دانه (1/37) بود. وراثت پذیری بالا به ترتیب مربوط به وزن صد دانه (0/995) و عرض دانه (0/990) و کمترین آن مربوط به عملکرد تک بوته (0/521) بود. بالاترین ضریب همبستگی بین صفات قطر دانه و عرض دانه (0/908**) مشاهده شد. تجزیه به مؤلفه‌های اصلی متغیرهای مورد مطالعه را به 2 مؤلفه با واریانس تجمعی 81 درصد کاهش داد. 72 لاین آفتابگردان با استفاده از تجزیه خوشه ای به روش Ward به شش گروه طبقه‌بندی شدند.

کلیدواژگان: تجزیه به مولفه‌های اصلی؛ تجزیه خوشه‌ای؛ تنوع ژنتیکی، عملکرد؛ همبستگی فنوتیپی.

1- مقدمه

آفتابگردان[1] گیاهی یک‌ساله از خانواده Compositea یکی از منابع مهم تولید روغن خوراکی در کنار سویا، کلزا، پنبه و بادام زمینی در جهان است [1]. گیاهی دو لپه‌ای با تعداد کروموزوم 2n= 2x=34 است [2]. خاستگاه اولیه آفتابگردان آمریکای مرکزی است [3]. انواع گونه‌های آن به عنوان گیاه روغنی، آجیلی و زینتی کشت می‌شوند [4]. تنوع موجود در یک گونه خاص در اثر محیط و ژنتیک است. تنوع محیطی به تغییرات در اندازه، شکل، رنگ، ترکیب یا رشد و نمو گیاهانی که از نظر ژنتیکی یکسان

1. *Helianthus annuus* L.

www.SID.ir

Archive of SID

هستند، اطلاق می‌شود و در اثر واکنش‌های متفاوت گیاهان به تنش‌های محیطی ایجاد می‌شود و قابل توارث به نسل‌های بعدی نیست. تنوع محیطی را می‌توان با مقایسه گیاهان در جمعیتی که از لحاظ ژنتیکی یکنواخت هستند مشاهده کرد. تنوع ژنتیکی به تنوع در اندازه، شکل، رنگ، ترکیب یا رشد و نمو گیاهان یک جمعیت ناهمگن گفته می‌شود که قابل توارث به نسل‌های بعد است. تنوع ژنتیکی را می‌توان با کاشت گیاهان مختلف یک گونه در محیط‌های یکنواخت و ظهور اشکال مختلف صفات خاص شناسایی کرد [5].

ارزیابی تنوع ژنتیکی در گیاهان زراعی پیش نیاز برنامه‌های اصلاح نباتی و حفاظت از ذخایر توارثی است [6]. آگاهی از تنوع ژنتیکی در گونه‌های گیاهی در انتخاب لاین‌های والدی برای تولید هیبریدهای مناسب و پیش‌بینی بنیه هیبریدها به ویژه در محصولاتی که هیبرید آنها ارزش تجاری دارند، مؤثر است [7]. روش‌های مختلفی برای برآورد تنوع ژنتیکی وجود دارد و از جمله مهم‌ترین آنها روش‌های آماری چند متغیره است که بطور همزمان از اطلاعات چندین صفت در کلیه افراد استفاده می‌کنند و بطور وسیعی در تجزیه و تحلیل تنوع ژنتیکی بر پایه داده‌های مورفولوژیک، بیوشیمیایی و مولکولی کاربرد دارند [8،7]. از بین روش‌های آماری چند متغیره، روش‌های تجزیه خوشه‌ای و تجزیه به مؤلفه‌های اصلی در بیان و تشریح تنوع ژنتیکی کاربرد زیادی دارند. این روش‌ها در ارزیابی ژرم پلاسم و بررسی تنوع ژنتیکی گیاهانی از قبیل توتون [9]، فستوکا [10]، گندم [12،11]، پیاز [13] استفاده شده است. ارزیابی تنوع ژنتیکی در ژرم پلاسم آفتابگردان بر اساس صفات زراعی توسط محققان مختلفی گزارش شده است. احمدی آوین و نبی پور [14] با بررسی 49 لاین امیدبخش آفتابگردان شامل لاین‌های بازگرداننده باروری و لاین‌های نرعقیم، تنوع ژنتیکی قابل ملاحظه‌ای را بر اساس صفات کمّی و کیفی گزارش نموده‌اند. خلقی و همکاران [15] توده‌های مختلف آفتابگردان آجیلی را از سراسر ایران جمع‌آوری کرده و تنوع ژنتیکی قابل ملاحظه‌ای را بر اساس صفات مورفولوژیک گزارش نموده‌اند. هدف از انجام این پژوهش، بررسی تنوع ژنتیکی رگه‌های اینبرد نوترکیب آفتابگردان حاصل از تلاقی PAC2×RHA266 بر اساس خصوصیات دانه و گروه‌بندی ژرم پلاسم مزبور به منظور استفاده در برنامه‌های اصلاحی با استفاده از روش های آماری چند متغیره بود.

2- مواد و روش‌ها

تنوع ژنتیکی 70 رگه‌های اینبرد نوترکیب آفتابگردان حاصل از تلاقی دو لاین PAC2 (والد مادری) و RH266 (والد پدری) به همراه والدین در سال زراعی 1390-1391 در مزرعه پژوهشی هنرستان کشاورزی ارومیه و در قالب طرح لاتیس مستطیل 9×8 با دو تکرار ارزیابی گردید. هر تکرار شامل 9 بلوک ناقص بود و هر بلوک ناقص به 8 کرت زراعی تقسیم شد. هر کرت شامل سه ردیف به طول سه متر و فاصله بین ردیفی 65 سانتی‌متر و فاصله بین بوته‌ای 25 سانتی‌متر بود. کاشت به صورت جوی و پشته بعد از آبیاری اولیه (هیرم کاری) انجام گرفت. آبیاری به صورت معمول منطقه هر 7 تا 10 روز یک بار انجام می‌گرفت. پس از استقرار گیاه در مرحله 4 برگی عملیات تنک جهت تنظیم تراکم مورد نظر صورت گرفت. مبارزه با علف‌های هرز به صورت مکانیکی و چندین بار انجام شد. بعد از رسیدن گیاه به مرحله 8 برگی به مقدار 100 کیلوگرم در هکتار کود اوره به صورت سرک بین ردیف‌ها پخش شد و بلافاصله آبیاری انجام گرفت. در جریان دوره رشد رویشی و زایشی هیچگونه آفت و یا بیماری خاصی مشاهده نگردید. برای جلوگیری از خسارت گنجشک در مرحله تشکیل و پر شدن دانه طبق‌های آفتابگردان توسط پاکت پوشانده شدند. از هر لاین در هر تکرار 5 بوته رقابت کننده انتخاب و عملکرد تک بوته اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری صفات

www.SID.ir

Archive of SID

طول دانه، عرض دانه، قطر دانه، وزن صد دانه، درصد پوسته دانه و درصد مغز دانه روی 10 بذر جدا شده از هر کدام از 5 بوته انتخابی انجام گرفت و میانگین نمونه‌ها در تجزیه‌های آماری استفاده شد.

آزمون نرمال بودن توزیع اشتباهات آزمایشی [16] مطابق روش شاپیرو و ویلک [17] در نرم‌افزار SAS نسخه 9.2 (UNIVARIATE PROC) انجام گرفت. پس از انجام تبدیل داده در مورد صفاتی که دارای توزیع نرمال نبودند، تجزیه واریانس داده‌ها بر اساس مدل آماری طرح لاتیس مستطیل در نرم‌افزار SAS انجام گرفت. برآورد وراثت پذیری به روش حداکثر درست نمایی محدود شده در نرم‌افزار SAS انجام گرفت (http://www4.ncsu.edu/~jholland/heritability/Inbreds.html)

تجزیه به مؤلفه‌های اصلی همراه با رسم نمودار بای پلات با استفاده از ماتریس ضرایب همبستگی صفات و در نرم افزار MINITAB نسخه 14 صورت گرفت. گروه‌بندی لاین‌های آفتابگردان پس از استاندارد کردن داده‌ها با استفاده از مربع فاصله اقلیدسی و الگوریتم Ward توسط نرم افزار SPSS نسخه 20 انجام گرفت. از مقادیر T^2 کاذب و F کاذب برای تعیین تعداد واقعی گروه‌های حاصل از تجزیه خوشه‌ای در نرم‌افزار SAS استفاده شد.

3- یافته‌ها و بحث

توزیع اشتباهات مربوط به تمامی صفات مورد مطالعه به غیر از صفت عملکرد تک بوته نرمال بود. تجزیه واریانس آزمایش براساس مدل طرح لاتیس مستطیل 9×8 نشان داد بین رگه‌های اینبرد نوترکیب مورد مطالعه از نظر بیشتر صفات مورد بررسی اختلاف آماری معنی‌دار در سطح احتمال 1٪ وجود دارد (جدول 1). وجود تنوع ژنتیکی وسیع در ژرم پلاسم آفتابگردان توسط محققان مختلف [۱۹،۱۸،۱۵] گزارش شده است. بیشترین ضریب تغییرات به ترتیب مربوط به عملکرد تک بوته و قطر دانه و کمترین آن به ترتیب مربوط به طول دانه و درصد مغز دانه است (جدول 1). با توجه به بالا بودن ضرایب تغییرات برای بیشتر صفات و اهمیت آن در گزینش ژنوتیپ‌های برتر، جمعیت رگه‌های اینبرد نوترکیب مورد مطالعه می‌تواند به عنوان یک منبع اصلاحی خوب در نظر گرفته شود. بیشترین مقدار وراثت پذیری به ترتیب مربوط به وزن صد دانه (0/995)، عرض دانه (0/990) و کمترین آن مربوط به عملکرد تک بوته (0/521) است (جدول 1). وراثت پذیری عملکرد در مقایسه با سایر صفات تا حدی پایین بود که بیانگر کنترل پیچیده صفت مذکور توسط عوامل ژنتیکی و تاثیر عوامل محیطی می‌باشد و بنابراین بهبود آن از طریق گزینش غیرمستقیم برای یک یا چند صفت مؤثر در عملکرد سودمند خواهد بود. همبستگی بین صفات در بیشتر حالات معنی‌دار بود (جدول 2). بیشترین همبستگی بین قطر دانه و عرض دانه (0/908**) و کمترین همبستگی بین قطر دانه و عملکرد تک بوته (0/07) مشاهده شد (جدول 2). نظیر چنین همبستگی-هایی در آفتابگردان توسط نبی پور و همکاران [20] بین صفات 50% گلدهی، ارتفاع بوته، تعداد برگ، اندازه طبق، فاصله طبق تا زمین، قطرهای بالا و پایین ساقه گزارش شده است. اثرات پلیوتروپی چندین QTL یا ژن‌های با پیوستگی نزدیک دلیل اصلی همبستگی بین صفات است [۲۲،۲۱].

با استفاده از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی متغیرهای مورد مطالعه به 2 مؤلفه کاهش یافت که جمعاً دارای واریانس تجمعی برابر 81 درصد بودند و بیشترین نقش را در تبیین تنوع بین ژنوتیپ‌های آفتابگردان داشتند (جدول 3). برای نشان دادن قابلیت تجزیه به مؤلفه‌های اصلی در متمایز نمودن ژنوتیپ‌ها از یکدیگر، پلات دو بعدی بر اساس دو مؤلفه اول و دوم رسم گردید (شکل 1) که در آن 6 گروه تا حدودی قابل تشخیص بود. با استفاده از مربع فاصله اقلیدوسی و بر اساس 7 صفت استاندارد شده، 72 ژنوتیپ مورد مطالعه در 6 گروه مجزا قرار گرفتند (شکل 2).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول 1 تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه با مدل طرح لاتیس مستطیل در جمعیت رگه‌های اینبرد نوترکیب آفتابگردان

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات						درجه آزادی	میانگین مربعات
		درصد مغز دانه	قطر دانه	عرض دانه	طول دانه	وزن صد دانه	درصد پوسته دانه		عملکرد تک بوته
تیمار	66	44/79**	0/78**	1/51**	2/30**	7/20**	44/79**	68	3/31**
تکرار	1	0/01**	0/49**	0/34**	3/36**	0/60**	0/01	1	2/26**
تکرار/بلوک	16	1/11ns	0/01ns	0/01ns	0/03ns	0/02ns	1/11ns	16	0/54ns
خطا	43	0/86	0/01	0/01	0/03	0/019	0/86	45	1/22
کل	126							130	
ضریب تغییرات		1/37	2/94	1/75	1/66	2/14	2/89		23/42
میانگین		67/79	3/84	5/5	10/69	6/5	32/2		3/78
حداقل		55/69	2/59	3/96	8/4	2/76	17/65		2/24
حداکثر		82/35	6/78	9/26	14/58	12/01	44/3		10/13
انحراف معیار		4/96	0/68	0/96	1/13	2/02	4/96		1/47
وراثت پذیری		0/96	0/97	0/99	0/97	0/995	0/964		0/521

ns، * و ** به ترتیب نشانگر عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد می‌باشد.

جدول 2 همبستگی بین صفات مورد مطالعه در جمعیت رگه‌های اینبرد نوترکیب آفتابگردان

متغیر	درصد مغز دانه	قطر دانه	عرض دانه	طول دانه	وزن صد دانه	درصد پوسته دانه	عملکرد تک بوته
درصد مغز دانه	1						
قطر دانه	-0/481*	1					
عرض دانه	-0/364*	0/908**	1				
طول دانه	-0/344*	0/496*	0/595*	1			
وزن صد دانه	-0/4*	0/827**	0/9**	0/656**	1		
درصد پوسته دانه	-1	0/481**	0/364*	0/344*	0/400*	1	
عملکرد تک بوته	-0/279ns	0/076ns	0/66**	0/386*	0/554*	0/279ns	1

ns، * و ** به ترتیب نشانگر عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطح احتمال پنج و یک درصد می‌باشد.

برای حصول اطمینان از نقطه برش دندروگرام و تعیین تعداد واقعی گروه‌ها از تغییرات آماره‌های F کاذب و T^2 کاذب هتلینگ استفاده شد و نتیجه‌گیری شد که گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها در 6 گروه مناسب است (جدول 4).

تعداد گروه مناسب در آزمون F کاذب، بر اساس حداکثر مقدار F و در آزمون T^2 کاذب هتلینگ بر اساس افزایش ناگهانی در مقدار T^2 تعیین می‌شود [23]. تجزیه واریانس بین شش گروه حاصل از تجزیه خوشه‌ای از نظر صفات اندازه‌گیری شده با ملحوظ داشتن گروه‌ها به عنوان تیمار و ژنوتیپ‌های داخل آن‌ها به عنوان تکرار، بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار بین گروه‌ها از نظر کلیه صفات مورد مطالعه بود. ویژگی بارز گروه اول که شامل 12 ژنوتیپ بود، برخورداری از ارزش بالا برای صفات عملکرد و وزن صد دانه بود.

www.SID.ir

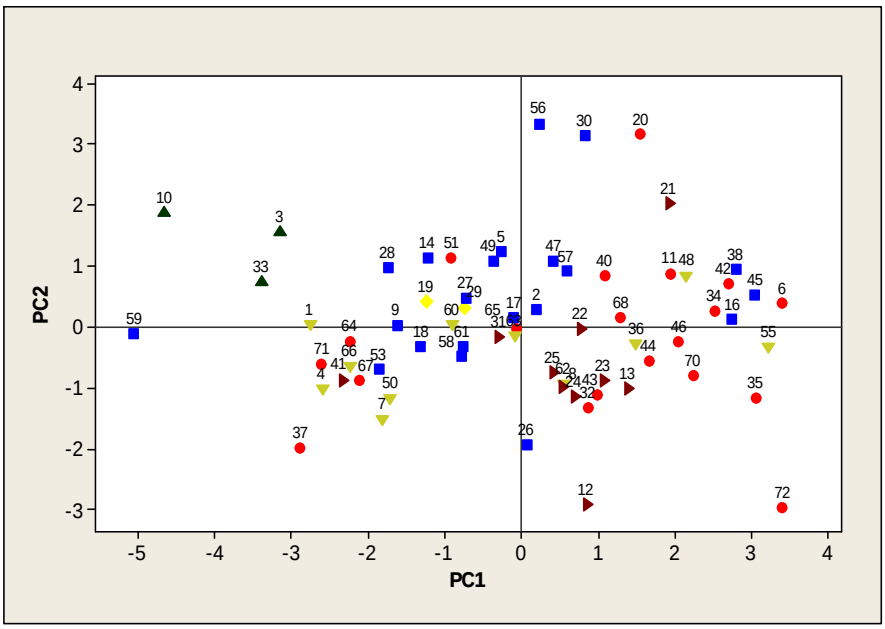
Archive of SID

جدول 3 نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (دو مولفه اصلی اول و دوم) بر روی خصوصیات دانه در جمعیت رگه‌های اینبرد نوترکیب آفتابگردان

متغیر	مؤلفه 1	مؤلفه 2
درصد مغز دانه	0/326	-0/622
قطر دانه	-0/434	-0/139
عرض دانه	-0/436	-0/283
طول دانه	-0/337	-0/128
وزن صد دانه	-0/430	-0/227
درصد پوسته دانه	-0/326	0/622
عملکرد تک بوته	-0/333	-0/244
مقدار ویژه	4/29	1/40
واریانس نسبی	0/614	0/200
واریانس نجمعی	0/614	0/814

جدول 4 مقادیر T^2 کاذب و F کاذب برای تعیین تعداد واقعی گروه‌ها در تجزیه خوشه‌ای رگه‌های اینبرد نوترکیب آفتابگردان بر اساس خصوصیات دانه

تعداد گروه	کاذبF	کاذبT^2
10	17/7	9/1
9	16/4	9/8
8	18/4	0
7	19/0	6/1
6	21/8	2/3
5	9/8	43/4
4	9/8	7/1
3	12/4	3/7
2	12/6	10/4
1	0	12/6

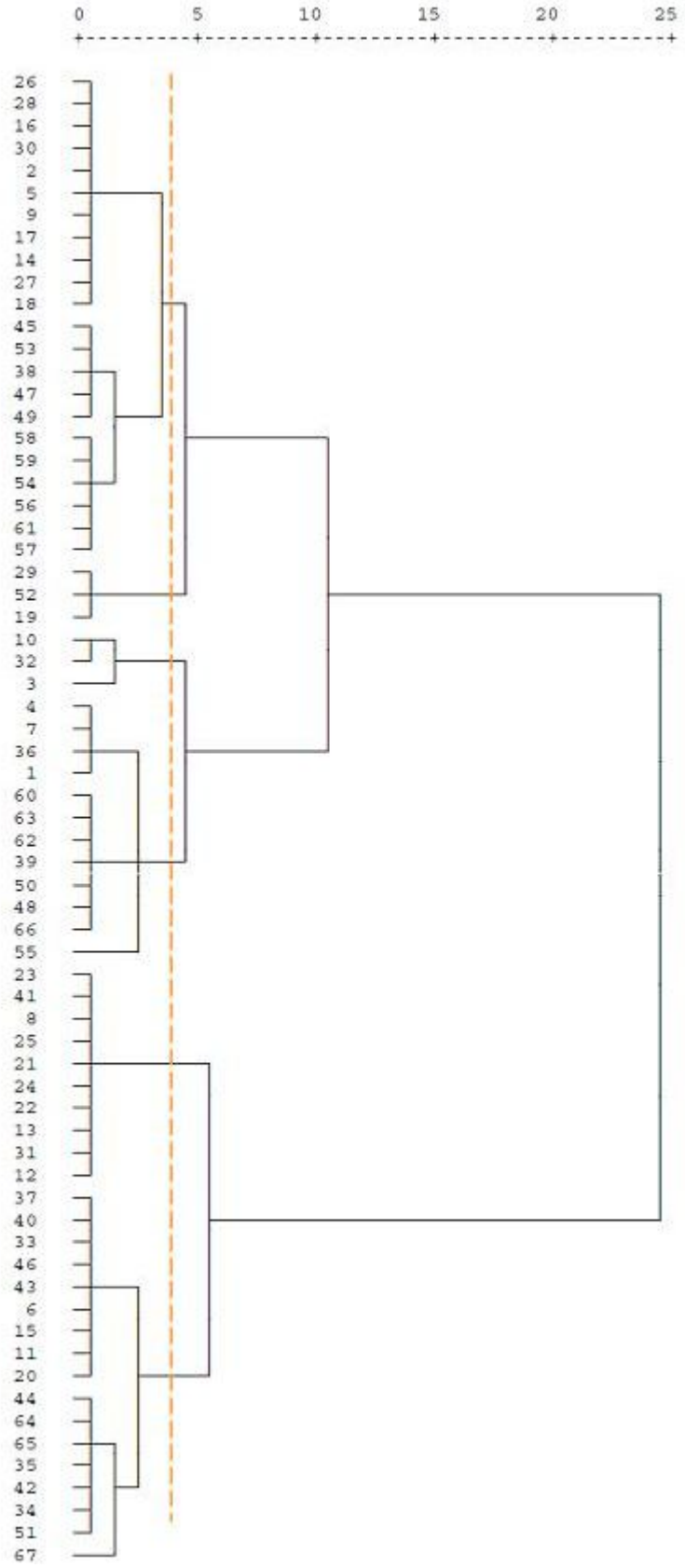


شکل 1 گروه بندی رگه‌های اینبرد نوترکیب آفتابگردان بر اساس دو مؤلفه اصلی اول و دوم تجزیه به مؤلفه‌های اصلی روی خصوصیات دانه

گروه دوم که 22 ژنوتیپ را شامل می‌شد، دارای مقادیر بالا برای صفت عملکرد در بوته بودند. در گروه‌های سوم و چهارم که به ترتیب دارای 3 و 17 ژنوتیپ بودند، لاین‌های دارای درصد پوسته و درصد مغز دانه بیشتر جای گرفتند. گروه پنجم شامل 10 ژنوتیپ بود. این گروه دارای ارزش بالا برای صفات عملکرد و درصد مغز دانه بود. در گروه ششم 3 ژنوتیپ با درصد پوسته دانه زیاد قرار گرفتند.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل 2 دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای رگه‌های اینبرد نوترکیب آفتابگردان بر اساس خصوصیات دانه

www.SID.ir

Archive of SID

محققان برای انتخاب والدین مناسب برای هر تلاقی در پی ارقام یا ژنوتیپ‌هایی هستند که از نظر ژنتیکی از هم دور باشند که این امر مهم می‌تواند از طریق بررسی فاصله بین ژنوتیپ‌ها بر اساس صفات مورفولوژیک با استفاده از روش‌های چند متغیره از قبیل تجزیه خوشه‌ای و تجزیه به مؤلفه‌های اصلی بدست آید. مطلوبیت تجزیه خوشه‌ای و تجزیه به مؤلفه‌های اصلی در بررسی تنوع موجود در ژرم پلاسم آفتابگردان آجیلی [۲۴،۱۵] و روغنی [۲۵،۱۴] نشان داده شده است. بطور کلی نتایج این پژوهش نشان داد که تنوع ژنتیکی قابل ملاحظه‌ای برای صفات مورد مطالعه در ژرم پلاسم رگه‌های اینبرد نوترکیب آفتابگردان وجود دارد که می‌تواند برای بهبود ژنتیکی آنها استفاده شود.

4- منابع

[1] FAO (2005) Oilseed: world market and trades. Current world production. Market and reports. http://www.fas. Usda.gov.

[2] Fick GN (1989) Sunflower. *In*: Rbbelen G, Downey RK and Ashri A (Eds.), Oil Crops of the World: McGraw-Hill, New York. pp. 301-318.

[3] Hu J, Seiler G and Kole C (2010) Genetics, genomics and breeding of sunflower. Routledge. USA. 342 p.

[4] Salunkhe DK, Chavan JK, Adsule RN and Kadam SS (1999) World oilseeds chemistry, Technology, and Utilization. Van Nostrand Reinhold, New York.

[5] زالی ع. (1375) میزان بهره‌وری از کلکسیون‌ها در به نژادی گیاهی. سومین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. دانشگاه تبریز. ص.ص. 135-143.

[6] Singh SB and Lebana KS (1990) Correlation and path analysis in sunflower. Crop Improvement. 17: 49- 53.

[7] Mohammadi SA and Prasanna BM (2003) Analysis of genetic diversity in crop plants-salient statistical tools and considerations. Crop Science. 43: 1235- 1248.

[8] مقدم م.، محمدی س. ا. و آقایی سربرزه م. (1376) آشنایی با روش‌های آماری چند متغیره. انتشارات پیشتاز علم.

[9] Zeba N and Isbat M (2011) Multivariate analysis for yield and yield contributing traits in F0 and F1 generations in tobacco (*Nicotiana tabacum* L.). Journal of Experimental Bioscience. 2: 101–106.

[10] افکار س.، کریم زاده ق. و جعفری ع. (1388) بررسی تنوع مورفولوژیکی عملکرد بذر و اجزای آن در تعدادی از ژنوتیپ های فستوکا (*Festuca arundinacea* L.) با استفاده از روش های آماری چندمتغیره. مجله علوم گیاهان زراعی ایران. 40 (3): 151-160.

[11] فراهانی ا. و ارزانی ا. (1387) بررسی تنوع ژنتیکی ژنوتیپ های گندم دوروم با تجزیه و تحلیل آماری چندمتغیره. مجله الکترونیکی تولید گیاهان زراعی. 1(4): 51-64.

[12] محمدی م.، قنادها م. ر. و طالعی ع. (1381) بررسی تنوع ژنتیکی در لاین های بومی گندم نان ایران با استفاده از روش های چندمتغیره. مجله نهال و بذر. 18(3): 328-347.

[13] موسوی زاده س. م.، مقدم م.، تورچی م.، محمدی س. ا. و مسیحا س. (1385) تنوع مورفولوژیکی و زراعی توده های بومی پیاز ایران. مجله علوم کشاورزی ایران. 37 (2): 193-202.

[14] احمدی آوین ف. و نبی پور ع. (1386) بررسی تنوع ژنتیکی لاین‌های امید بخش آفتابگردان به کمک صفات مورفولوژیکی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج.

[15] Kholghi M, Bernousi I, Darvishzadeh R, Pirzad A and Hatami Maleki H (2011) Collection, evaluation and classification of Iranian confectionary sunflower (*Helianthus annuus* L.) populations using multivariate statistical techniques. African Journal of Biotechnology. 10: 5444- 5451.

[16] Montgomery DC (2002) Design and Analysis of Experiment, 5th Ed. New York: John Wiley & Sons, USA.

[17] Shapiro SS and Wilk MB (1965) An analysis of variance test for normality. Biometrika. 52: 591–599.

[18] Iqbal A, Sadaqat HA, Khan AS and Amjad M (2010) Identification of sunflower (*Helianthus annuus*, Asteraceae) hybrids using simple-sequence repeat markers. Genetics and Molecular Research. 10(1): 102- 106.

[19] Mohanasundaram K, Manivannan N and

www.SID.ir

Archive of SID

Vindhiya Varman P (2010) Combining ability analysis for seed yield and its components in Sunflower (*Helianthus annuus* L.). Electronic Journal of Plant Breeding. 1(4): 864- 868.

[20] نبی پور ع.، یزدی صمدی ب.، صرافی ا.، زالی ع.، طالعی ع. و شاه نجات بوشهری ع. ا. (1384) بررسی ژنتیکی صفات مهم زراعی و تعیین روابط بین آنها در آفتابگردان به کمک رگه های اینبرد نوترکیب. مجله علوم کشاورزی ایران. 36 (3): 647-658.

[21] Aastveit AH and Aastveit K (1993) Effects of genotype environment interactions on genetic correlation. Theoretical and Applied Genetics. 86: 1007–1013.

[22] Haldane JBS and Waddington CH (1931) Inbreeding and linkage. Genetics. 16: 357- 374.

[23] حاتمی ملکی ح.، کریم زاده ق.، درویش‌زاده ر. و علوی س. ر. (1391) بررسی تنوع ژنتیکی توتون های شرقی (*Nicotiana tabacum* L.) با استفاده از روش‌های آماری چند متغیره. پژوهش‌های زراعی ایران. 10(1): 100-106.

[24] Dong GJ, Liu GS and Li KF (2007) Studying genetic diversity in the core germplasm of confectionary sunflower (*Helianthus annuus* L.) in China based on AFLP and morphological analysis. Russian Journal of Genetics. 43: 627-635.

[25] Maragatham Isaacs S, Manivannan N and Muralidharan V (2003) Genetic diversity analysis using RAPD marker in inbred lines of sunflower. Helia. 26(39): 59-66.

www.SID.ir