

DOR: 20.1001.1.15625540.1401.24.4.3.0

برآورد ارزش اصلاحی صفات مورفوفیزیولوژیک ژنوتیپ‌های ذرت (*Zea mays* L.)
با استفاده از روش BLUP

Estimation of the breeding value of morphophysiological traits of maize (*Zea mays* L.)
genotypes using BLUP method

حامد بروشان^۱ و رضا درویش زاده^۲

چکیده

بروشان، ح. و. درویش زاده. ۱۴۰۱. برآورد ارزش اصلاحی صفات مورفوفیزیولوژیک ژنوتیپ‌های ذرت (*Zea mays* L.) با استفاده از روش BLUP. نشریه علوم زراعی ایران. ۲۴ (۴): ۳۷۴-۳۵۵.

اطلاع از نحوه عمل و میزان اثر ژن‌ها، لازمه دستیابی به ارقام گیاهی با بازدهی بالا است. در این راستا فناوری نشانگرهای مولکولی نیاز به اطلاع از شجره ژنوتیپ‌ها جهت برآورد ماتریس خویشاوندی مورد نیاز برای برآورد ارزش‌های اصلاحی ژنوتیپ‌ها را تامین می‌کند. در این تحقیق، ۹۷ ژنوتیپ ذرت در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با شش تکرار از نظر ۱۷ صفت زراعی در سال ۱۳۹۵ در دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه مورد ارزیابی قرار گرفتند. پروفیل مولکولی ژنوتیپ‌های ذرت با استفاده از ۱۶ آغازگر ISSR ارزیابی شده و در مجموع ۷۸ مکان چندشکل تکثیر شدند. آغازگرهای UBC811 و UBC825 به ترتیب بیشترین و کمترین تعداد مکان چندشکل را تکثیر کردند. ارزش اصلاحی ژنوتیپ‌های ذرت در ارتباط با هر یک از صفات مورد مطالعه به روش بهترین پیش‌بینی ناریب خطی (BLUP) در قالب مدل خطی مخلوط (MLM) با استفاده از ماتریس خویشاوندی (Kinship) محاسبه شده بر اساس داده‌های مولکولی، برآورد شد. با در نظر گرفتن ارزش‌های اصلاحی برآورد شده برای صفات مورد مطالعه، ژنوتیپ‌های P10L5، P16L6 Kahia، 14*89، OH43/1-42 و P10L7 دارای بالاترین رتبه بودند. ژنوتیپ 163*6/15 تنها ژنوتیپ گروه ششم، دارای ارزش اصلاحی مثبت و بالا برای نسبت سطح برگ و ارزش اصلاحی منفی و پایین برای عملکرد دانه در بوته بود. براساس مقادیر ارزش اصلاحی، وراثت‌پذیری خصوصی صفات محاسبه شد و بالاترین مقدار وراثت‌پذیری خصوصی برای زمان ظهور گل‌آذین نر بدست آمد. بالا بودن وراثت‌پذیری خصوصی گزینش بر پایه فنوتیپ برای اصلاح صفت موردنظر را امکان‌پذیر می‌کند. ارزش اصلاحی مثبت نشان دهنده بیشتر بودن توان ژنوتیپ در انتقال ارزش صفات به نسل بعد بوده و در نتیجه می‌توان از آنها به‌عنوان والدین مطلوب در برنامه‌های به‌نژادی ذرت استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: اثر افزایشی ژن، ذرت، ژنتیک کمی، مدل خطی مخلوط، نشانگرهای مولکولی و وراثت‌پذیری

این مقاله مستخرج از پایان‌نامه کارشناسی ارشد نگارنده اول می‌باشد

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۷/۱۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۱/۲۶

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه، ارومیه

۲- استاد دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه، ارومیه (مکاتبه‌کننده) (پست الکترونیک: r.darvishzadeh@urmia.ac.ir)

مقدمه

ذرت (*Zea mays* L.) یک غله مهم مناطق گرمسیری و معتدل و یک محصول راهبردی است که از نظر عملکرد و میزان تولید در دنیا در رتبه اول و از نظر سطح زیرکشت، در رتبه سوم پس از گندم و برنج قرار دارد. پراکنش ذرت تنها محدود به مناطق گرم و معتدل نیست، بلکه به دلیل سازگاری با بسیاری از نقاط اقلیمی جهان و به دلیل مسیر فتوسنتزی چهار کربنی دارای بیشترین عملکرد بالقوه در واحد سطح می باشد. ذرت منبع اصلی تامین مواد غذایی برای انسان و دام و سوخت غیر فسیلی در اکثر نقاط جهان محسوب می شود (Sandhu et al., 2007).

گزینش والدین مناسب اولین گام در برنامه های به نژادی ذرت هیبرید است. تعیین قابلیت ترکیب پذیری عمومی و اجزای واریانس ژنتیکی یک فعالیت مهم در برنامه های دورگ گیری ذرت محسوب می شود (Fehr, 1993). این موضوع به به نژاد گران کمک می کند تا نحوه عمل (افزایشی یا غیرافزایشی) ژن یا ژن هایی را که در تظاهر صفات مهم کمی نقش دارند، تعیین کنند. برآورد واریانس ژنتیکی افزایشی از طریق ترکیب پذیری عمومی لاین ها، محاسبه وراثت پذیری خصوصی صفات را امکان پذیر می نماید (Farshadfar, 1998). با توجه به اینکه در ساختار یک جمعیت دیپلوئید، "ژن های تفرق یافته" به نسل بعد از خود منتقل می شوند نه ژنوتیپ والدین؛ بنابراین جدا از ارزش های ژنتیکی، برآورد ارزش اصلاحی (Breeding value) نیز حائز اهمیت است. ارزش اصلاحی همان اثرات افزایشی ژن ها بوده و واریانس افزایشی به صورت مستقیم دامنه تغییرات ارزش اصلاحی والدین را نشان می دهد. به طور نظری مجموع اثرات متوسط ژن های حمل شده توسط یک فرد، ارزش اصلاحی نامیده می شود (Falconer and Mackay, 1996). در عمل از قابلیت ترکیب پذیری عمومی برای برآورد ارزش های اصلاحی استفاده می شود و در جمعیت های دیپلوئید، ارزش های

ترکیب پذیری عمومی نصف برآوردهای افزایشی یا اصلاحی می باشد. یکی از موارد استفاده از برآورد ارزش اصلاحی ژنوتیپ ها، محاسبه وراثت پذیری خصوصی صفات است. با توجه به اینکه وراثت پذیری خصوصی از نسبت واریانس افزایشی به واریانس فنوتیپی برآورد می شود، با افزایش وراثت پذیری خصوصی صفات، اطمینان به صحت برآوردهای اصلاحی افزایش خواهد یافت. با افزایش وراثت پذیری خصوصی، ارزش فنوتیپی به ارزش ژنتیکی فرد نزدیک تر شده و برآورد دقیق تری از ارزش های ژنتیکی حاصل خواهد شد (Piepho et al., 2008).

روش بهترین پیش بینی نااریب خطی (Best Linear Unbiased Prediction) برای اولین بار در سال ۱۹۷۰ در اصلاح دام برای ارزیابی و تخمین ارزش اصلاحی گاوهای نر هولشتاین در برنامه تلقیح مصنوعی استفاده شد (Freeman, 1991). امروزه از این روش برای پیش بینی ارزش های اصلاحی و مقادیر ژنتیکی (وراثت پذیری، واریانس ژنتیکی و همبستگی ژنتیکی) استفاده می شود. در روش های متداول اصلاح دام و گیاهان زراعی و درختان جنگلی، با تلفیق اطلاعات شجره ای در قالب یک ماتریس ارتباط افزایشی (Additive relation matrix) به نام ماتریس ضرایب همخوانی (A) با داده های فنوتیپی، بهترین پیش بینی از ارزش های اصلاحی (BLUP) حاصل می شود (Meuwissen, 2009). روش های سنتی به نژادی دارای محدودیت هایی مانند افزایش میزان خویش آمیزی، افزایش فاصله نسل ها و بالا رفتن هزینه های آزمون نتاج هستند. در این روش ها به دلیل لحاظ نشدن نمونه گیری مندلی، ارزش اصلاحی فرزندان حاصل از برادر- خواهران تنی یکسان در نظر گرفته می شود. روش های مبتنی بر نشانگرهای مولکولی با پیروی از اصول وراثت ساده مندلی، باعث رفع این محدودیت ها می شود.

می‌توانند به عنوان والدین مطلوب جهت گزینش در برنامه‌های به‌نژادی ذرت در نظر گرفته شوند. طهماسب‌عالی و همکاران (Tahmasbali et al., 2020) در مطالعه ارزش اصلاحی صفات مهم زراعی در ژنوتیپ‌های توتون شرقی دریافتند که در نظر گرفتن ارزش اصلاحی همراه با میانگین فنوتیپی می‌تواند باعث افزایش کارایی برنامه‌های اصلاحی شود. علاوه بر این، نتایج آزمایش افروز و همکاران (Afrouz et al., 2021) روی تخمین ارزش اصلاحی ژنوتیپ‌های ذرت با استفاده از نشانگر چند شکلی تک نوکلئوتیدی (SNP) در شرایط بدون تنش و تنش شوری نشان داد که داشتن ارزش اصلاحی بالا برای یک صفت، یک مزیت در برنامه‌های گزینش مبتنی بر تلاقی محسوب می‌شود.

هدف از برآورد ارزش اصلاحی گزینش والدین برتر برای تولید ژنوتیپ‌ها، لاین‌ها و یا جمعیت‌های جدید برای اهداف به‌نژادی خاص می‌باشد. در آزمایش حاضر ارزش اصلاحی ۹۷ ژنوتیپ ذرت از نظر ۱۷ صفت به روش بهترین پیش‌بینی ناریب خطی با استفاده از نشانگرهای ISSR برآورد شد. نتایج حاصل از این آزمایش می‌تواند به به‌نژادگران در گزینش ژنوتیپ‌های ذرت با عملکرد بالا و دارای صفات مطلوب کمک کند.

مواد و روش‌ها

در این آزمایش مواد گیاهی شامل ۹۷ ژنوتیپ ذرت از دانشگاه رازی کرمانشاه، مرکز تحقیقات کشاورزی خراسان رضوی و مؤسسه نهال و بذر - کرج تهیه شده و در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با شش تکرار در مزرعه تحقیقاتی گروه تولید و ژنتیک گیاهی دانشگاه ارومیه در شرایط گلدانی با ترکیب ۲ خاک و ۱ ماسه کشت شدند. اسامی ژنوتیپ‌های ذرت مورد استفاده در جدول یک ارائه شده است.

با توسعه فناوری نشانگرهای مولکولی، شناسایی دقیق ژنتیکی صفات کمی امکان‌پذیر شده است (Semagn et al., 2010). گسترش استفاده از نشانگرهای مولکولی باعث تسهیل تخمین ارزش‌های اصلاحی در گیاهان و دام شده است که می‌تواند به معرفی ژنوتیپ‌های جدید کمک کند. نشانگرهای مولکولی امکان برآورد ارزش اصلاحی صفات زراعی - زیستی ژنوتیپ‌ها را در قالب ماتریس خویشاوندی (Kinship matrix) با روش BLUP فراهم می‌کنند (Bauer et al., 2006). با استفاده از این روش همبستگی بین ارزش‌های ژنوتیپی واقعی و مقادیر ژنتیکی پیش‌بینی شده به حداکثر می‌رسد که این موضوع هدف اصلی به‌نژادگران است. در برنامه‌های به‌نژادی ارزش‌های فنوتیپی می‌توانند توسط ارزش‌های اصلاحی برآورد شده جایگزین شوند. ارزش‌های اصلاحی پیش‌بینی شده از این طریق، با افزایش میزان پاسخ به گزینش، پیشرفت ژنتیکی بیشتری نشان خواهند داد. با توجه به پیشرفت‌های حاصله در زمینه تکنولوژی نشانگرهای مولکولی، این فناوری به صورت گسترده‌ای در تجزیه تنوع ژنتیکی گونه‌های زراعی بسیاری مانند ذرت مورد استفاده قرار گرفته است (Mir Mohammadi and Golkar, 2019). نشانگرهای مولکولی، ISSR (Inter Simple Sequence Repeat) به دلیل تکرارپذیری و چندشکلی بالا، پوشش ژنومی مناسب، هزینه پایین و سهولت استفاده، ابزار مفیدی در مطالعات مربوط به تجزیه و تحلیل تنوع ژنتیکی، نقشه‌یابی ژنومی و برآورد ارزش‌های اصلاحی محسوب می‌شوند (Reddy et al., 2002).

نتایج آزمایش قهرمانی و درویش زاده (Ghahramani and Darvishzadeh, 2021) درباره ارزش‌های اصلاحی صفات زراعی در ذرت با نشانگرهای IRAP و REMAP نشان داد که ژنوتیپ‌های دارای حداکثر رتبه ارزش اصلاحی برای برخی صفات

جدول ۱- اسامی ژنوتیپ‌های ذرت مورد استفاده در آزمایش

Table 1. Names of maize genotypes used in the experiment

کد Code	ژنوتیپ‌های ذرت Maize genotypes	کد Code	ژنوتیپ‌های ذرت Maize genotypes	کد Code	ژنوتیپ‌های ذرت Maize genotypes
1	Tenptato (White- First class)	41	K615/1	81	R59 (Paternal)
2	K1263 2 -1388	42	39*/89 (Sibcer)	82	Super sweet-1387 Basin
3	36-N/M-K3653/2	43	16*/89	83	Challenged 1389/st
4	89-4*	44	115*13981 (White cob corn)	84	Sweet white/ 1390
5	9/K1911	45	138*/89	85	52*Sweet
6	74*/1388	46	K19*/1392 (Isolate)	86	Popcorn-53 or 54 (Linear)
7	8/K1911	47	P13L2	87	W37a
8	25*/89	48	P19L17 Kahia	88	KS13
9	K1264 /1	49	P15L16	89	R319
10	48*1390	50	P6L1	90	R59 (Paternal)
11	13/ K19/1	51	P3L2	91	W153R
12	11 K1910	52	P14L1 Kahia	92	K1533 Popcorn
13	5/ K1911	53	P19I3	93	R59*R (Double cross- maternal)
14	4/ K1911	54	P9L3 Kahia	94	B73(RFC or CMS)
15	7/K1911	55	P15 L16 Kahia	95	1264/ 1
16	6/ K19/ 1	56	P11L7	96	MO17
17	2 K1911	57	P14L2	97	ZK472221
18	55-N- K3640/S	58	P14L2		
19	43*89 (Red cob corn)	59	P10L5		
20	172*/89	60	P16L6 Kahia		
21	67*/88	61	P16L4 Kahia		
22	23*89	62	P15L4		
23	10/K 19/1	63	P1L4 (Dialell- Karaj)		
24	1*/89 (Red cob corn)	64	P11L6		
25	34*/1399	65	P9L6		
26	20*1399	66	P13L3		
27	S2/QPM/SUKMA (Indonesia)	67	P3L11		
28	K19/1	68	P3L1		
29	K166 B/89	69	P10L7		
30	163*/6/15	70	P16L12 Kahia		
31	KE70012/ 1 -12 -138	71	P1L15 Kahia		
32	A679/420N89	72	P19L5 Kahia		
33	K18-B /1392 (Indonesia-Colombia)	73	P10L9		
34	66*1388	74	K615/1		
35	70*1388	75	OH43/1 -42		
36	14*/89	76	K12264/ 5 -1		
37	6*/88	77	R=59		
38	3K19/1	78	K615/1		
39	K1263/1 (Sterilized)	79	B73		
40	1387/193/Chase*	80	OH43/1042 (Paternal)		

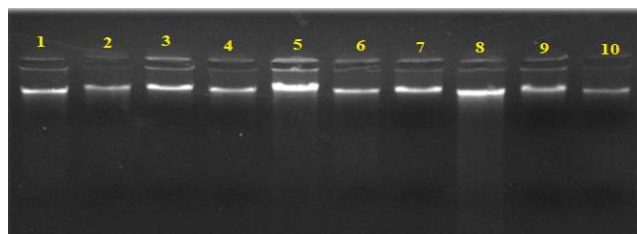
بلال (سانتی متر)، طول چوب بلال (سانتی متر)، وزن خشک بوته (گرم)، زمان ظهور گل آذین نر (روز از کاشت بذری)، زمان ظهور بلال اول (روز از کاشت بذری)، زمان ظهور بلال دوم (روز از کاشت بذری) و شاخص سطح برگ (مترمربع) بودند که در مرحله گلدهی اندازه گیری شدند.

برای تهیه پروفیل مولکولی ژنوتیپ‌های ذرت، در مرحله چهارم برگ‌ها از شش تکرار هر ژنوتیپ یک نمونه برگ‌ها مخلوط تهیه شده و در دردمای ۸۰- درجه سانتی گراد نگهداری شد. استخراج دی آن آی نمونه‌های

در ابتدای رشد گیاهچه‌ها هر سه روز یک بار و در مرحله چهارم برگ‌ها هر روز یک بار آبیاری انجام شد. از این مرحله به بعد هر دو روز یک بار به مقدار ۰/۵ گرم در لیتر کود مخلوط ۲۰-۲۰-۲۰ (NPK) به خاک گلدان‌ها داده شده و تا مرحله گلدهی ادامه داده شد. صفات فنوتیپی گیاهی شامل ارتفاع بوته (سانتی متر)، ارتفاع بوته از طوقه تا اولین بلال (سانتی متر)، طول و عرض برگ (سانتی متر)، مساحت برگ (سانتی متر مربع)، تعداد بلال، عدد کلروفیل متر (SPAD)، وزن دانه (گرم)، وزن چوب بلال (گرم)، قطر ابتدا و وسط چوب

نانومتر و الکتروفورز روی ژل یک درصد انجام شد (شکل ۱). ارزیابی ژنتیکی ژنوتیپ‌های ذرت با استفاده از ۱۶ آغازگر ISSR انجام شد (جدول ۲) (Ghafari Azar *et al.*, 2019).

برگی به روش CTAB (Murray and Thompson, 1980) انجام شد. ارزیابی کیفیت و کمیت دی ان آی استخراج شده و میزان خلوص و غلظت آن به ترتیب با استفاده از اسپکتروفتومتری در طول موج‌های ۲۶۰، ۲۸۰ و ۲۳۰



شکل ۱- نتایج کیفیت‌سنجی تعدادی از نمونه‌های دی ان آی ژنوتیپ‌های ذرت با استفاده از ژل آگارز یک درصد

Fig. 1. Quality assessment of some DNA samples of maize genotypes using 1% agarose gel

جدول ۲- مشخصات آغازگرهای مورد استفاده در بررسی تنوع ژنتیکی ژنوتیپ‌های ذرت با نشانگرهای ISSR

Table 2. Characteristics of the primers used for genetic diversity assessment of maize genotypes

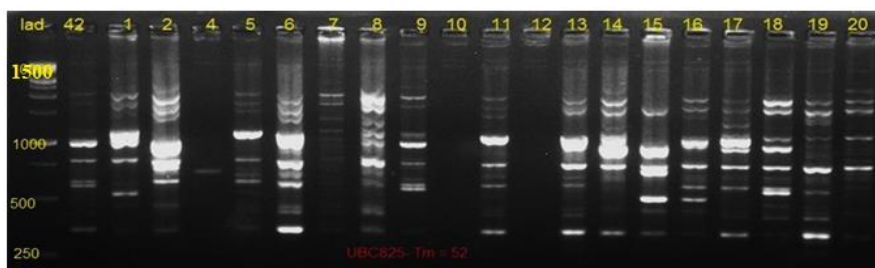
using ISSR markers		
آغازگرهای ISSR primers	توالی آغازگر (۵' → ۳') Sequence (5' → 3')	دمای اتصال آغازگر (Tm)
UBC890	VHV(GT) ₇	56
B9	(GGT)2CAAG	35
A12	(GA) ₆ CC	42
UBC807	(AG) ₈ T	46
UBC 811	(GA) ₈ C	48
UBC812	(GA) ₈ A	42
UBC820	(GT) ₈ C	52
UBC825	(AC) ₇ T	52
UBC827	(AC) ₈ G	54
UBC835	(AG) ₈ YC	52
UBC841	(GA) ₈ YC	41
UBC 848	(CA) ₈ RG	55
UBC867	(GGC) ₆	40
UBC884	HBH(AG) ₇	40
UBC885	(AC) ₈ YT	40
A7	(AG) ₁₀ T	52

R= A/T, Y= G/C, B =T/G/C; D= A/T/G, H= A/T/C, V= A/G/C

در دمای ۵۵-۳۵ درجه سانتی‌گراد، دو دقیقه در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد و بسط نهایی در ۷۲ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۰ دقیقه انجام شد. الکتروفورز محصولات واکنش زنجیره‌ای پلیمرز روی ژل آگارز ۱/۷ درصد به مدت سه ساعت و با ولتاژ ۷۰

واکنش زنجیره‌ای پلیمرز با استفاده از دستگاه ترموسایکلر (Applied Biosystem, ABI 2720, USA) انجام شد. واسرشته‌سازی دی ان آ در دمای ۹۴ درجه سانتی‌گراد- چهار دقیقه، سپس ۳۶ چرخه شامل: ۳۰ ثانیه در دمای ۹۴ درجه سانتی‌گراد،

انجام شد. برای مشاهده نوارها از رنگ آمیزی با اتیدیوم بروماید استفاده شد (شکل ۲).



شکل ۲- تصویر ژل الکتروفورز تعدادی از ژنوتیپ‌های ذرت با استفاده از آغازگر UBC825
Fig. 2. The image of electrophoresis of some maize genotypes using the UBC825 primer
DNA Ladder: 1kb Gene ruler (Fermentas)

$$\begin{bmatrix} x'R^{-1}x & x'R^{-1}z \\ z'R^{-1}x & z'R^{-1}z + G^{-1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \hat{\beta} \\ \hat{u} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x'R^{-1}y \\ z'R^{-1}y \end{bmatrix} \quad (\text{رابطه ۴})$$

$$G^{-1} = A^{-1} \left(\frac{V_g}{V_e} \right)$$

A: به عنوان یک ماتریس $t \times t$ (تعداد ژنوتیپ‌ها) ضرایب خویشاوندی تعریف می‌شود که درجه کواریانس ژنتیکی بین افراد را نشان می‌دهد. V_e و V_g : به ترتیب واریانس ژنتیکی (اثرات افزایشی + غیرافزایشی) و واریانس باقی مانده (اثرات محیطی) هستند. اگر تعداد تکرار ژنوتیپ‌ها یکسان باشد، r یک ماتریس واحد است؛ در غیر این صورت اگر تعداد تکرار ژنوتیپ‌ها متفاوت باشد، r یک ماتریس $n \times n$ (تعداد مشاهدات) با عناصر خارج قطر اصلی صفر و عناصر روی قطر برابر عکس تکرار ژنوتیپ‌ها خواهد بود. برای برآورد ارزش اصلاحی ژنوتیپ‌های ذرت، با استفاده از داده‌های مولکولی (نشانه‌های ISSR) ماتریس خویشاوندی (Kinship) بین ژنوتیپ‌ها در نرم‌افزار TASSEL محاسبه شد. از دو برابر ماتریس Kinship به جای ماتریس روابط خویشاوندی (ماتریس ارتباط افزایشی یا ماتریس ضرایب همخوانی) در مدل خطی آمیخته برای پیش‌بینی ارزش‌های اصلاحی در نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۴ استفاده شد. از آماره t برای آزمون برابری با صفر برآوردهای ارزش‌های اصلاحی استفاده شد. برای

پیش‌بینی ارزش اصلاحی صفات مورد ارزیابی با روش بهترین پیش‌بینی ناریب خطی (BLUP) در قالب مدل خطی آمیخته (Mixed linear model) با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۴ انجام شد (Bernardo, 2010).

ساختار کلی مدل خطی به صورت رابطه ۱ است:

$$Y = Xb + Zu + e \quad (\text{رابطه ۱})$$

Y: بردار مشاهدات، X و Z: ماتریس‌های تلاقی، e: بردار باقی مانده تصادفی و b و u: به ترتیب بردارهای اثرات تصادفی و ثابت هستند. توزیع اثرات تصادفی از روابط ۲ و ۳ تبعیت می‌کند.

$$u \sim MVN(0, G) \quad (\text{رابطه ۲})$$

$$e \sim MVN(0; R) \quad (\text{رابطه ۳})$$

MVN (m, V): توزیع نرمال چندمتغیره با بردار میانگین m و ماتریس واریانس-کواریانس V می‌باشند. اثرات تصادفی توسط مدل BLUP و اثرات ثابت توسط مدل بهترین برآورد ناریب خطی (BLUE) برآورد می‌شوند. اجزای واریانس در G و R با برآوردهای آنها جایگزین می‌شوند که معمولاً با حداکثر درست‌نمایی محدود شده (Restricted maximum likelihood) برآورد می‌شوند (Patterson and Thompson, 1971). رابطه هندرسون برای برآورد همزمان BLUP و BLUE با در نظر گرفتن تعداد متفاوت تکرارهای ژنوتیپ‌ها به شکل رابطه ۴ است.

برآورد وراثت‌پذیری خصوصی صفات از رابطه ۵ استفاده شد:

$$h_{ns}^2 = \frac{\delta_A^2}{\delta_P^2} \quad (\text{رابطه ۵})$$

h_{ns}^2 : وراثت‌پذیری خصوصی، δ_A^2 : واریانس افزایشی و δ_P^2 : واریانس فنوتیپی هستند. با برآورد واریانس بین ارزش‌های اصلاحی صفات مورد مطالعه، واریانس اصلاحی افزایشی به دست آمد. جهت آزمون معنی‌داری وراثت‌پذیری خصوصی برآورد شده از آماره t به صورت روابط زیر استفاده شد. سپس t محاسبه شده با t جدول در سطح احتمال پنج درصد و درجه آزادی $n-1$ مقایسه شد (n تعداد ژنوتیپ‌ها است).

$$h_{ns}^2 = \frac{\sigma_A^2}{\sigma_P^2} \quad (\text{رابطه ۶})$$

$$SE(h_{ns}^2) = \frac{SE(\sigma_A^2)}{\sigma_P^2} = \sqrt{\frac{2MS}{df+2}} = \sqrt{\frac{2MS}{(n-1)+2}} \quad (\text{رابطه ۷})$$

$$MS = \frac{\sum_{i=1}^n (b_i - \bar{b})^2}{n-1} \quad (\text{رابطه ۸})$$

$$t = \frac{h_{ns}^2 - 0}{SE(h_{ns}^2)} = \frac{h_{ns}^2}{SE(h_{ns}^2)} \quad (\text{رابطه ۹})$$

b_i : مقدار ارزش اصلاحی ژنوتیپ i ام می‌باشد.

به منظور تعیین سهم هر صفت در تنوع کل، کاهش حجم داده‌ها و تفسیر بهتر روابط از روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی استفاده شد. برای گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها براساس ارزش‌های اصلاحی از روش تجزیه خوشه‌ای به روش حداقل واریانس وارد در نرم‌افزار SPSS استفاده شد. تعیین تعداد خوشه‌ها و صحت آن بر اساس نتایج تابع تشخیص در نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۶ انجام شد.

نتایج و بحث

در این آزمایش به منظور پیش‌بینی ارزش اصلاحی ژنوتیپ‌های ذرت از دو برابر ماتریس خویشاوندی به جای ماتریس روابط خویشاوندی در مدل خطی آمیخته در نرم‌افزار SAS استفاده شد (جدول ۳). برای صفت وزن دانه در بوته، بالاترین و پایین‌ترین ارزش اصلاحی به ترتیب مربوط به ژنوتیپ‌های P1019 و

163*6/15 بود. نتایج آزمایش داوودی و همکاران (Davoodi *et al.*, 2017) در لویا نشان داد که همبستگی مثبت و معنی‌داری میان صفت وزن دانه در بوته با عملکرد زیستی وجود داشت. در نتیجه وجود ارزش اصلاحی مثبت و معنی‌دار برای این صفت می‌تواند در گزینش بر پایه صفت اخیر از نتایج حاصل از ژنوتیپ‌های با ارزش اصلاحی بالا به اصلاح ارقام پر محصول به طور مشابه در ذرت منجر شود. وجود ارزش اصلاحی معنی‌دار نشان دهنده این است که اثرات افزایشی در کنترل صفت نقش دارند. در صفت ارتفاع بوته، بیشترین و کمترین ارزش اصلاحی به ترتیب مربوط به ژنوتیپ‌های 14*89 و Tenptato بود. شواهد، وجود رابطه آلومتریک بین ارتفاع بوته با سایر صفات رویشی را در ارقام گندم نشان داده است، بنابراین وجود ارزش اصلاحی (اثر افزایشی) نسبتاً بالا و معنی‌دار می‌تواند یک پتانسیل بالقوه برای ژنوتیپ مورد نظر در برنامه‌های گزینش باشد. در آزمایش مصطفوی و همکاران (Mostafavi *et al.*, 2009) در ذرت والد B73 برای صفت ارتفاع بوته دارای ترکیب‌پذیری مثبت و معنی‌دار بود. در برنامه‌های به‌نژادی ذرت به منظور کاهش ارتفاع بوته می‌توان از والد‌هایی با قابلیت ترکیب‌پذیری منفی و معنی‌دار استفاده کرد. در ارتباط با صفت ارتفاع بلال، بالاترین و پایین‌ترین رتبه مربوط به ژنوتیپ‌های 14*38 و (چوب قرمز) 43*89 بود. در مورد برخی صفات مانند ارتفاع بلال، استفاده از ژنوتیپ‌هایی با ترکیب‌پذیری عمومی منفی و معنی‌دار باعث افزایش راندمان در گزینش ارقام با ارتفاع بلال کمتر می‌شود. ارتفاع زیاد می‌تواند باعث خوابیدگی بوته و به تبع آن، کاهش عملکرد دانه شود.

برای صفت طول برگ، بالاترین و پایین‌ترین رتبه ارزش اصلاحی به ترتیب در ژنوتیپ‌های OH43/1-42 و 6*88، برای صفت عرض برگ به ترتیب در ژنوتیپ‌های P16L6 Kahia و 9/K1911، برای نسبت

انتقال صفات فوق به نسل بعد داشته و بنابراین به طور بالقوه می توان از آنها در تولید ارقام پرمحصول مورد استفاده کرد. اگرچه خلاف این موضوع در آزمایش پال و پرودهام (Pal and Prodham, 1994) نشان داده شده که در آن صفت طول بلال در جمعیت های $F_{2:3}$ و تلاقی برگشتی ذرت بیشتر توسط اثرات غیرافزایشی (غالبیت و اپیستازی) کنترل می شود تا افزایشی. به احتمال قوی تفاوت بین دو جزء غالبیت و افزایشی برای این صفت زیاد و میانگین درجه غالبیت ژنی، بزرگ تر از یک بوده که این موضوع نشان دهنده سهم بیشتر اثرات غیرافزایشی و در نتیجه اهمیت هتروزیس در بروز این صفت می باشد.

در مورد صفات وزن خشک بوته، ژنوتیپ های 14*/89 و 1387/193/chase به ترتیب بالاترین و پایین ترین ارزش اصلاحی را داشتند. در ارتباط با عدد کلروفیل متر بیشترین ارزش اصلاحی مربوط به ژنوتیپ Tenptato و کمترین مقدار نیز به ژنوتیپ K1533 popcorn تعلق داشت. در خصوص زمان ظهور گل نر نیز ژنوتیپ (پدری) OH43/104 دارای بالاترین رتبه و ژنوتیپ Tenptato نیز کمترین رتبه را دارا بودند. نتایج تحقیقات نشان داده است که اثر تنش های محیطی در دوره گل دهی علاوه بر تاثیر سوء بر تلقیح گل ها، باعث کاهش وزن ماده خشک گیاه شده که علت آن را می توان کاهش در جذب مواد غذایی توسط ریشه و انتقال آنها به ساقه در اثر تنش خشکی دانست (Cakir, 2004). با استفاده از ارزش اصلاحی ژنوتیپی مانند 14*/89 در برنامه های دورگ گیری در ذرت می توان اطمینان حاصل کرد که وزن خشک بوته بالا که در ذرت علوفه ای از صفات مطلوب محسوب می شود، به نسل بعد منتقل خواهد شد.

در یک پروژه به نژادی اطلاع از نحوه عمل ژن به نژادگر در انتخاب روش صحیح مدیریت برنامه های به نژادی کمک خواهد کرد. در آزمایش حاضر در مورد زمان ظهور گل آذین نر، به جز ژنوتیپ (پدری)

سطح برگ به ترتیب در ژنوتیپ های 163*/6/15 و 9/K1911 و در ارتباط با شاخص سطح برگ به ترتیب در در ژنوتیپ های P16L6 Kahia و 9/K1911 مشاهده شد. افزایش شاخص سطح برگ باعث جذب بیشتر تابش خورشیدی و بهبود فتوسنتز در جامعه گیاهی شده و در نتیجه عملکرد دانه در واحد سطح نیز افزایش می یابد. نتایج آزمایش انجام شده در گندم دوروم نشان داده است که برگ پرچم سهم عمده ای در عملکرد دانه دارد (Wanda and Houshmand, 2011). معنی دار بودن نسبت قابلیت ترکیب پذیری عمومی به قابلیت ترکیب پذیری خصوصی در صفات طول برگ و مساحت روزنه در سطح رویی برگ پرچم نشان دهنده سهم بیشتر اثرات افزایشی ژن ها در بروز آن صفات در گندم است. نتایج آزمایش حاضر نشان داد که به طور مشابه در مواد ژنتیکی مورد مطالعه در ذرت، گزینش برای صفت طول برگ در نسل های اولیه حاصل از ژنوتیپ های با ارزش اصلاحی بالا، کارایی گزینش افزایش یافته و باعث توسعه ارقام پرمحصول خواهد شد. در ارتباط با صفات تعداد بلال، بیشترین و کمترین رتبه اصلاحی به ترتیب به ژنوتیپ های 48*1390 Super و sweet-1387 Basim، در وزن چوب بلال بیشترین و کمترین مقدار به ژنوتیپ های K19*/1392 و K615/1، در قطر ابتدای چوب بلال بیشترین و کمترین برآوردها به ژنوتیپ های 13/K19/1 و Tenptato، در قطر وسط چوب بلال بیشترین و کمترین برآوردها به ژنوتیپ های Tenptato و B73، در طول چوب بلال بیشترین و کمترین رتبه های اصلاحی به ژنوتیپ های 14*/89 و B73، در زمان ظهور بلال اول بیشترین و کمترین ارزش های اصلاحی به ژنوتیپ های KS13 و K19*/1392 و در مورد زمان ظهور بلال دوم بالاترین و پایین ترین رتبه ها به ژنوتیپ های 13/K19/1 و K615/1 تعلق داشتند. بالا بودن اثرات افزایشی در صفات تعداد بلال، ارتفاع بلال نشان می دهد که این ژنوتیپ ها، مخصوصاً ژنوتیپ های 48*1390 و 14*/89 پتانسیل بالایی در

عامل‌ها در جدول ۴ نمایش داده شده است. نتایج نشان داد که شش عامل اصلی در مجموع ۷۸/۶۴ درصد از تغییرات کل را توجیه کردند. عامل اول به تنهایی ۳۲/۰۲ درصد از کل تغییرات را توجیه کرد. مقادیر بارهای عاملی نشان داد که صفات طول برگ، عرض برگ، نسبت سطح برگ، شاخص سطح برگ و قطر ابتدای چوب بلال، مهم‌ترین صفات عامل اول بودند. عامل دوم ۱۵/۷۲ درصد از کل تغییرات را در برگرفت و صفات ارتفاع بوته، ارتفاع بلال، تعداد بلال، قطر وسط چوب بلال، وزن خشک بوته و زمان ظهور بلال اول، بالاترین وزن را در این عامل دارا بودند. عامل سوم نیز ۹/۴۳ درصد از کل تغییرات را به خود اختصاص داد و تنها با صفت زمان ظهور بلال دوم مرتبط بود. عامل چهارم ۷/۴۹ درصد از تغییرات را توجیه نمود و در بردارنده صفات وزن دانه در بوته، عدد کلروفیل متر و زمان ظهور گل آذین نر بود. عامل پنجم با توجیه ۶/۷۳ درصد از تغییرات، تنها صفت وزن چوب بلال را دربر داشت. عامل ششم نیز ۶/۲۳ درصد از کل تغییرات را توجیه نمود و دارای بیشترین بارعاملی از نظر صفت طول چوب بلال بود. در مجموع دو عامل اول و دوم ۴۸/۷۵ درصد از کل تغییرات را توجیه نمودند و این نشان می‌دهد در تجزیه به عامل‌ها براساس نشانگرهای ISSR که در برآورد ارزش اصلاحی صفات استفاده شدند، این مولفه‌ها درصد کمتری از واریانس کلی را توجیه می‌نمایند. نتیجه این که این نشانگرها فقط در یک قسمت ژنوم تجمع نیافته و به اندازه کافی در تمام سطوح ژنوم پراکنده هستند. در نتایجی مشابه حاتمی ملک و همکاران (Hatami Maleki et al., 2014) در ارزیابی تنوع ژنتیکی لاین‌های پیشرفته آفتابگردان با نشانگرهای ISSR با روش تجزیه به مولفه‌های اصلی نشان دادند که هر مولفه اصلی درصد تغییرات کمی را توجیه می‌کنند و این موضوع نشان دهنده پراکندگی ژنومی مناسب نشانگرهای ISSR می‌باشد.

OH43/104، تمامی ارزش‌های اصلاحی غیر معنی‌دار بود که این موضوع نشان می‌دهد که این صفت توسط اثرات غیرافزایشی کنترل شده و در نتیجه در برنامه‌های به‌نژادی دورگ‌گیری مؤثرتر از گزینش خواهد بود. علاوه بر این، برای صفت عدد کلروفیل متر تمامی ارزش‌های اصلاحی معنی‌دار بودند که این موضوع نشان دهنده سهم گسترده اثرات افزایشی در کنترل این صفت بوده و در نتیجه گزینش مؤثرتر از دورگ‌گیری خواهد بود. چنانچه در به‌نژادی، افزایش نسبی ارزش جمیع صفات مدنظر باشد، از داخل ژرم‌پلاسم می‌توان ژنوتیپ‌های مورد نظر را گزینش کرد. با در نظر گرفتن مجموع ارزش‌های اصلاحی صفات مورد ارزیابی، بالاترین و پایین‌ترین رتبه (بالاترین و پایین‌ترین ارزش اصلاحی) به ترتیب متعلق به ژنوتیپ‌های PIOL5 و *1387/193/Chase بود. نتایج کلی آزمایش حاضر نشان داد که ژنوتیپ 14*/89 برای صفات طول چوب بلال، وزن خشک بوته، ارتفاع بوته و ارتفاع بلال دارای بالاترین ارزش اصلاحی مثبت و معنی‌دار بود. ژنوتیپ Tenptato نیز با دارا بودن حداکثر ارزش اصلاحی برای عدد کلروفیل متر و قطر وسط چوب بلال و ژنوتیپ 3/K19/1 برای زمان ظهور بلال دوم و قطر ابتدای چوب بلال در درجه بعدی اهمیت در برنامه‌های دورگ‌گیری قرار گرفتند. این موضوع نشان می‌دهد که این ژنوتیپ‌ها در برنامه‌های به‌نژادی ذرت به‌عنوان والد مناسب، توانایی انتقال صفات مطلوب خود را به نتاج دارند.

به‌منظور ارزیابی گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها براساس کلیه صفات مورد مطالعه از روش تجزیه به عامل‌ها استفاده شد. در این آزمایش مقدار عددی آزمون KMO بزرگتر از ۰/۶ بود. معنی‌داری مقدار عددی آزمون بارتلت نیز همبستگی لازم بین صفات مورد بررسی جهت انجام تجزیه به عامل‌ها را توجیه نمود. مولفه‌های حاصل از تجزیه به عامل‌ها شامل میزان اشتراک، بارهای عاملی، مقادیر ویژه و درصد سهم جمعی مربوط به هر کدام از

جدول ۳- برآورد ارزش اصلاحی صفات گیاهی در ژنوتیپ‌های ذرت Table 3. Estimation of breeding value of plant traits in maize genotypes

ردیف No.	ژنوتیپ‌های ذرت Maize genotypes	وزن ماده در بوته Grain weight/plant-1 (g)	رتبه Rank	ارتفاع بوته Plant height (cm)	رتبه Rank	ارتفاع بوته Plant height to ear (cm)	رتبه Rank	طول برگ Leaf length (cm)	رتبه Rank	عرض برگ Leaf width (cm)	رتبه Rank	نسبت سطح برگ Leaf area ratio (cm ²)	رتبه Rank	شاخص سطح برگ Leaf area index	رتبه Rank	تعداد بوبه No. of ears	رتبه Rank	عدد کروماتوسوم SPAD Value (%)	رتبه Rank
1	Temptato (White- First class)	65.42**	78	-28.59**	1	-16.71**	3	-3.45	29	-0.64	15	-39.72	19	-0.015	14	-0.24	22	4.75**	97
2	K1263-1388	20.72**	36	-18.54**	7	-2.02	21	0.08	58	0.17	59	7.96	59	0.002	57	-0.15	29	-2.67**	29
3	36-N/M-K36532	-29.43**	9	-23.14**	4	-7.73	10	-6.07*	13	-0.75*	13	-70.83**	8	-0.022**	9	0.003	42	3.48**	92
4	89-4*	26.22**	40	-20.21**	6	-15.76**	4	-8.61**	8	-0.87**	11	-89.89**	5	-0.03**	5	0.1	61	3.13**	91
5	9K1911	-60.72**	5	-27.09**	3	-7.05*	13	-4.90*	18	-1.54**	1	-117.82**	1	-0.038**	1	0.38**	89	1.78**	84
6	74*/1388	41.55**	52	14.90**	54	0.46	25	-0.41	52	-0.09	44	2.52	56	0.0017	56	0.23	77	1.23**	78
7	8K1911	3.36	22	32.10**	88	6.51	48	-0.83	48	0.09	53	-0.02	52	0.0011	55	0.2	73	-2.73**	28
8	25*/89	40.16**	50	23.50**	72	2.53	32	1.93	69	0.05	49	20.41	68	0.0056	67	0.15	67	2.6**	88
9	K1264/1	138.10**	96	-12.41	13	-5.39	16	-0.003	56	-0.33	32	-10.27	41	-0.004	40	0.01	43	-1.47**	46
10	48*1390	47.16**	58	-12.94	12	-7.56	11	-5.38**	16	-0.99**	6	-76.06**	7	-0.025**	7	0.65**	97	4.61**	95
11	13K19/1	-16.20**	13	18.59**	58	4.54**	40	-7.45**	9	0.86**	92	38.3**	79	0.009**	73	0.26*	79	-0.57**	61
12	11K1910	-55.06**	6	22.50**	68	16.60**	84	-0.22	55	-0.39	26	-15.63	36	-0.0057	36	0.34*	86	0.01**	64
13	5K1911	18.41*	32	25.27**	76	13.24**	71	-3.78	25	-0.84**	12	-34.65	22	-0.013	20	0.14	65	2.08**	86
14	4K1911	-0.54	20	-9.19	14	1.59	28	-3.13	32	-0.52	20	-47.05*	14	-0.013*	13	-0.18	26	-4.31**	13
15	7K1911	104.65**	93	-0.85	22	1.73	30	-6.37**	12	-0.04	47	-40.79	18	-0.019*	16	0.37*	88	0.03**	65
16	6K1911	76.66**	83	-4.11	19	-9.40**	8	-8.24	30	-0.40**	16	-85.86**	6	-0.028**	6	0.05	50	-1.99**	41
17	2K1911	82.10**	86	-7.97	15	0.42	24	-10.37**	2	-1.05**	4	-94.35**	4	-0.032**	4	0.07	51	1.25**	79
18	55-N- K3640S	25.73**	39	-0.34	24	-4.73	17	-5.77**	15	-0.1	42	-24.43	33	-0.0091	30	0.29	81	-2.27**	38
19	43*89 (Red cob com)	32.07**	43	-17.61*	9	-20.83**	1	-9.12**	6	-0.95**	8	-104.9**	2	-0.036**	2	0.18	72	0.51**	68
20	172*/89	-10.49	16	40.96**	95	6.16	46	0.28	59	-0.9**	10	-30.5	25	-0.0093	28	0.57**	94	4.07**	93
21	67*/88	47.53**	59	22.72**	69	11.52**	63	-0.66	50	-0.15	37	-4.61	46	-0.0025	46	0.22	76	4.22**	94
22	23*89	-116.87**	2	16.54**	57	1.93	31	-4.16	22	0.44	78	17.55	64	0.0049	63	0.08	55	-3.89**	17
23	10K 19/1	24.79**	38	7.30	36	-3.05	19	-9.40**	5	0.01	48	-44.47*	15	-0.0151*	15	0.41**	90	2.001**	85
24	1*/89 (Red cob com)	-5.36	18	6.08	35	0.52	26	0.70	62	-0.97**	6	-43.43*	16	-0.014*	18	-0.01	40	2.91**	89
25	34*/1399	19.64**	34	11.28	41	7.47	50	-3.52	28	0.08	51	-2.18	51	-0.0013	48	0.25	78	0.98**	75
26	20*/1399	37.93**	48	14.61*	52	13.00**	70	-5.34**	17	-0.15	38	-31.73	24	-0.0095	25	0.14	66	1.47**	82
27	S2QPM/SUKMA (Indonesia)	120.48**	95	5.04	32	16.19**	83	3.99	43	0.1	54	34.2	76	0.0125	80	0.15	69	-0.66**	58
28	K191	7.76	24	10.16	38	18.35**	86	-1.02	45	0.39	75	7.31	62	0.004	62	0.45	28	-4.71**	11
29	K166 11B/89	47.99**	54	-1.92	21	4.32	37	-6.002**	14	-0.27	66	-25.83	32	-0.0093	29	-0.002	41	-4.15**	14
30	163*/615	-251.94**	1	30.40**	85	17.13**	85	-0.72	49	1.26**	94	96.63**	97	0.0308**	96	-0.32**	20	-3.25**	22
31	KE70012/1-12-1388	13.44**	28	4.17	30	-8.41	30	-6.72**	11	0.54	83	-19.51	35	-0.0058	35	0.5**	93	1.14**	77
32	A679/420N89	24.67**	37	12.77	45	15.49**	77	3.08	77	-0.42	24	0.35	53	-0.0002	53	-0.01	39	0.59**	69
33	K18-B/1392 (Indonesia-Colombia)	46.36**	57	26.02**	78	11.72**	64	3.75	80	0.35	71	45.11*	86	0.0147	84	0.04	45	0.68**	71
34	66*1388	36.18**	47	12.47	44	4.86	42	-1.38	43	0.15	56	3.49	57	-0.000097	54	0.08	58	-2.53**	31
35	70*1388	19.77**	35	18.97**	60	7.57	51	-1.02	46	0.41	76	18.86	65	0.0055	66	0.00	60	-0.3**	63
36	14*/89	8.39**	25	58.56**	97	29.53**	97	1.82	68	0.05	50	21.8	70	0.0053	65	0.34*	87	1.28**	80
37	6*/88	42.09**	53	-7.92	16	-8.70	6	-13.54**	1	0.16	57	-66.03**	10	-0.0232**	8	0.08	56	0.07**	66
38	3K19/1	63.74**	74	-3.66	20	2.80	33	-1.6	40	0.62**	17	-42.57*	17	-0.0146*	19	-0.21	24	4.68**	94
39	K1263/1 (Sterilized)	-14.15**	14	-18.45**	8	-5.45	15	-3.85	24	-0.06	46	-33.25	23	-0.0107	24	0.16	70	-0.9**	54
40	1387/193 (Chase*)	8.57	26	-16.15	10	-17.09**	2	-10.21**	3	-1.42**	3	-102.54**	3	-0.0350**	3	-0.38**	71	0.79**	72
41	K615/1	55.73**	69	13.26**	47	7.68	53	-1.67	48	-0.13	40	-10.83	40	-0.0051	39	0.05	49	1.04**	76
42	39*/89 (Sibcer)	32.23**	44	-13.85	11	4.43	38	-0.46	34	-0.46	22	-38.8	22	-0.0123	22	-0.2	25	-4.92**	10
43	16*/89	6.67	23	-0.55	23	5.14	43	0.41	61	1.01**	93	44.01	85	0.0141	86	-0.3*	19	-3.52**	19
44	115*13981 (White cob com)	48.67**	64	19.55**	63	16.33**	82	3.93	82	0.52	81	56.54**	89	0.0187**	89	0.07	52	-1.06**	52
45	138*/89	59.40**	73	11.36	42	15.21**	75	2.54	73	-0.4	25	-2.84	50	-0.0008	50	0.12	62	1.63**	83
46	K19*/1392 (Isolate)	44.56**	55	10.53	40	14.74**	74	4.82*	89	-0.99**	5	-30.1	26	-0.0112	23	0.22	75	3.03**	90
47	P13L2	47.82**	62	4.60	41	4.51	39	-4.08	23	0.62	87	-3.67	48	-0.0011	49	0.27	80	-4.01**	15
48	P19L17 Kahia	86.57**	89	13.07	36	-2.27	20	-2.19	35	0.36	72	1.7	55	0.0030	59	0.09	59	-2.74**	27
49	P15L16	89.47**	90	37.31**	92	15.84**	79	-3.68	27	0.33	69	-5.72	45	-0.0026	45	-0.09	32	0.67**	70
50	P6L1	49.39**	65	5.39	48	5.39	45	-2.11	36	-0.07	45	-27.61	27	-0.0085	31	-0.02	37	-0.33**	62
51	P3L2	63.66**	75	14.49	50	-0.42	23	-4.22	19	0.33	68	-5.77	44	-0.0027	44	0.32	83	-0.96**	53
52	P14L1 Kahia	28.87**	42	35.40**	90	24.77**	94	3.35	78	0.2	61	32.54	74	0.0123	79	-0.03	35	-4.46**	12
53	P19I3	76.48**	82	24.97**	75	12.67**	66	0.34	60	-0.29	34	-15.63	37	-0.0052	37	0.07	53	-5.55**	6
54	P9L3 Kahia	-2.73	19	27.41**	80	6.73	49	-3.15	31	0.55	84	41.16**	81	0.0118*	78	-0.53**	8	-3.31**	7
55	P15L16 Kahia	51.29**	66	48.77**	96	7.67	52	-1.75	37	-0.1	43	-12.2	39	-0.0052	38	0.12	63	-1.1**	51
56	P11L5	47.64**	60	19.87**	64	7.31	47	-3.07	33	-0.34	30	-38.49	21	-0.0124	21	0.57**	95	-0.77**	37
57	P14L2	79.58**	85	28.10**	82	8.97	56	-3.44	30	0.85**	91	23.14	71	0.0075	70	0.33*	13	-3.07**	24
58	P14L2	39.13**	49	24.42**	74	10.31*	70	-1.25	44	0.61	86	29.26	73	0.0096	74	0.59**	96	2.5**	87
59	P10L5	66.45**	79	40.74**	94	15.78**	78	3.84	81	1.2**	95	92.63**	95	0.0305**	95	0.3	82	-2.49**	32
60	P16L6 Kahia	85.16**	88	24.14**	73	8.55	55	4.25	86	1.41**	97	94.71**	96	0.0328**	97	0.14	64	-1.98**	42
61	P16L4 Kahia	-36.9**	7	28.41	83	21.23**	91	5.63**	94	0.54	79	50.32**	88	0.0182**	88	-0.02	36	-0.93**	55
62	P15L4	116.002**	94	20.63**	66	13.91**	72	-0.44	51	0.81*	90	33.53	75	116.002	75	0.026	44	-5.36**	8
63	P11L4 (Dialell- Karaj)	96.53**	92	20.52**	65	11.36*	62	2.74	76	0.23	62	20.18	67	0.0074	69	-0.12	31	-2.31**	37
64	P11L6	75.75**	80	14.73*	53	9.62	59	1.3	79	0.26	64	21.4	69	0.0080	71	0.21	74	-6.23**	4
65	P9L6	35.29**	46	31.04**	86	25.38**	95	3.47	69	0.25	63	39.7	80	0.0129	82	0.08	47	-3.38**	74
66	P13L3	58.71**	72	27.42**	81	16.07**	80	1.09	68	-0.15	39	-4.54	47	-0.0020	47	0.17	71	0.917**	56
67	P3L11	84.04**	87	35.50**	91	19.11**	88	4.53	88	0.11	55	29.15	72	0.0088	72	0.086	57	-0.91**	56
68	P3L1	47.77**	61	15.38**	76	15.38**	74	0.3	74	0.3	33	-3.46	49	-0.004	51	0.33*	84	1.38**	

Table 3. Continued

جدول ۳- ادامه

ردیف No.	ژنوتیپ‌های ذرت Maize genotypes	وزن دانه در بوته		ارتفاع بوته		ارتفاع بوته تا تابلال		طول برگ		عرض برگ		نسبت سطح برگ		شاخص سطح برگ		تعداد تابلال		عدد کلروفیل متر	
		Grain weight.plant-1 (g)	رتبه Rank	Plant height (cm)	رتبه Rank	Plant height to ear (cm)	رتبه Rank	Leaf length (cm)	رتبه Rank	Leaf width (cm)	رتبه Rank	Leaf area ratio (cm ²)	رتبه Rank	شاخص سطح برگ Leaf area index	رتبه Rank	No. of ears	رتبه Rank	عدد کلروفیل متر SPAD Value (%)	رتبه Rank
76	K12264/ 5-1	54.66**	68	-4.51	17	-6.4	14	-1.67	39	-0.34	31	-26.35	31	-0.0093	26	0.16	68	-3.64**	18
77	R=59	-62.76**	4	11.67*	43	16.42**	83	4.18*	85	-0.11	41	19.38	66	0.0060	68	-0.38**	18	-2.04**	40
78	K615/1	76.13**	81	0.26	25	-7.41*	12	-3.7	26	-0.55	21	-26.67	29	-0.0072	33	-0.07	33	-3.9**	16
79	B73	-79.48**	3	1.88**	27	12.45**	65	2.27	70	0.72**	88	41.95**	83	0.0127**	81	0.501**	92	0.9**	73
80	OH43/1042 (Paternal)	45.52**	56	26.97**	79	23.81**	92	5.5*	93	-0.52	19	10.83	61	0.0034	60	-0.51**	10	-3.03**	25
81	R59 (Paternal)	62.73**	74	5.92	34	5.24	44	-0.32	54	-0.26	35	-9.8	42	-0.0031	42	-0.13	30	-5.69**	5
82	Super sweet-1387 Basin	10.82	27	-4.37	18	-8.16	9	-0.33	53	-0.37	28	-21.7	34	-0.0071	34	-0.67**	1	-6.3**	3
83	Challenged 1389/st	-30.4**	8	-28.04**	2	-8.9	5	5.13	90	0.35	70	71.58**	93	0.0230**	92	-0.53**	9	-3.2**	23
84	Sweet white/ 1390	26.48**	41	15.65*	55	12.98*	68	6.74**	95	0.27	65	48.11*	87	0.0166	87	-0.502**	13	0.13**	67
85	52*Sweet	77.57**	84	15.85*	56	0.88	27	5.35*	92	0.18	60	34.56	77	0.0115*	76	-0.65**	4	-1.11**	50
86	Popcorn-53 or 54 (Linear)	15.33	29	25.44**	77	19.92**	89	1.1	65	-0.47	27	-12.95	38	-0.0035	41	-0.51**	11	-0.58**	60
87	W37a	92.92**	91	18.59**	59	9.22*	57	-7.21**	10	0.86*	89	0.4	54	-0.0004	52	-0.65**	3	-2.07**	39
88	KS13	-22.76**	11	5.11	33	23.91**	93	1.4	67	0.51	80	35.15	78	0.0117	77	-0.49**	14	-1.93**	43
89	R319	35.19**	45	21.28**	67	7.83	54	0.03	57	-0.44	23	-27.53	28	-0.0093	27	-0.59**	5	-2.39**	35
90	R59 (Paternal)	-13.73*	15	3.08	29	-1.86	22	-4.2	20	-0.75*	14	-58.7**	11	-0.0195**	11	-0.46**	15	-9.31**	2
91	W153R	-28.88**	10	9.902	37	1.67	29	-8.95**	7	-0.35	29	-66.52**	9	-0.0223**	10	-0.56**	7	-1.42**	47
92	K1533 Popcom	53.44**	67	0.26	25	3.91	35	-4.18	21	0.08	52	-26.53	30	-0.0082	32	-0.26	21	-22.19**	1
93	R59*R (Double cross- maternal)	-20.64**	12	14.68*	52	4.83	41	2.4	72	-0.17	36	14.42	62	0.0039	61	-0.23	23	-5.11**	9
94	B73(RFC or CMS)	18.07**	31	2.9	28	12.98**	67	7.74**	96	0.38	73	64.48**	91	0.0212**	91	-0.506**	12	-0.65**	59
95	1264/ 1	16.48*	30	18.98**	62	3.17	34	5.2*	91	0.54	82	58.7**	90	0.0193**	90	-0.56**	6	-2.88**	26
96	MO17	-7.49	17	23.03**	71	9.34	58	2.67	74	0.57	85	41.76	82	0.0140	85	-0.67**	2	-2.6**	30
97	ZK472221	41.21**	51	18.98**	61	11.12*	61	4.52*	87	-0.56	18	-7.16	43	-0.0031	43	-0.41**	16	-1.48**	45
	وراثت پذیری خصوصی Narrow sense heritability (%)	-		59		48		42		52		53		-		48		0.12	-
	Student-T-test	-		125.65**		72.76**		31.74**		4.23**		318.22**		-		2.26**		24.45**	-

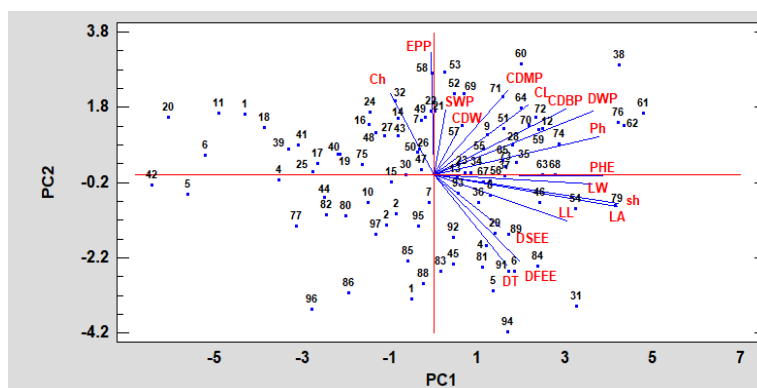
Table 3. Continued

ردیف No.	نام ارقام Marize name/lines	وزن سبب درخت Cob weight (g)		قطر ابتدای سبب درخت Diameter of cob (up) (cm)		قطر وسط سبب درخت Middle diameter of cob (cm)		طول سبب درخت Length (cm)		وزن سبب درخت Plant dry weight (g)		زمان ظهور گل Tassle duration (day)		زمان ظهور اول First ear emergence (day)		زمان ظهور دوم Second ear emergence (day)		رتبه Rank	رتبه Rank			
		رتبه Rank	رتبه Rank	رتبه Rank	رتبه Rank	رتبه Rank	رتبه Rank	رتبه Rank	رتبه Rank	رتبه Rank	رتبه Rank	رتبه Rank	رتبه Rank	رتبه Rank	رتبه Rank	رتبه Rank						
1	Tenplato (White- First class)	-17.39**	10	0.4	9	0.53*	9	4.95**	5	-3.8	10	22	2.6	22	4.58	26	4.58	26	4.58	26		
2	K1263-1388	-7.14**	25	-0.184	22	-0.16	19	5.53**	42	-0.33	29	35	0.16	57	0.82	59	643	37.82	37.82	37.82		
3	36NM-K36532	0.86	43	0.36	31	4.00**	6	4.00**	26	-0.61	51	47	0.32	46	-1.85	47	474	54.82	54.82	54.82		
4	89-4	-7.14	25	-0.36*	2	0.76	6	1.05	6	-0.47	30	30	0.16	57	0.82	59	643	37.82	37.82	37.82		
5	9K1911	-11.56**	81	-0.149	29	0.08	79	0.66**	29	-7.9	11	20	-0.53	39	0.47	55	531	31.23	31.23	31.23		
6	7491388	-13.18**	68	-0.002	47	0.002	69	9.65**	89	-0.66	25	25	-3.69*	15	-1.61	60	830	48.53	48.53	48.53		
7	8K1911	-14.67**	9	0.05	71	0.55**	61	6.75**	61	2.71	41	41	-0.66	25	-1.61	60	830	48.53	48.53	48.53		
8	25*89	-14.34**	85	0.189	85	0.15	85	2.06	40	8.64	77	77	4.03	90	-0.405	42	475	1041	61.23	61.23		
9	K1264-1	2.75	50	-0.185	40	0.28	40	0.28	40	-0.85	26	26	-2.11	45	-0.400	45	716	716	716	716		
10	48*1350	-11.24**	18	-0.307**	38	0.7	41	2.78*	46	8.44	9	9	-8.15	9	-2.18	89	451	25.35	25.35	25.35		
11	13K191	7.36**	68	0.516**	97	0.24*	97	5.04**	36	10.18*	83	83	-0.94	63	0.13	56	1052**	97	1099	64.64		
12	11K1910	7.36**	68	0.013	52	-0.175	47	3.67**	22	9.73	79	79	5.63**	56	5.78**	78	954	54.94	54.94	54.94		
13	8K1912	-13.13**	66	0.51	69	-0.085	48	5.65**	45	8.59	76	76	-2.43	66	-2.13	80	41.70	41.70	41.70	41.70		
14	4K1911	14.1**	84	0.219	87	0.07	78	3.01**	18	8.17	60	60	5.86	95	-0.19	48	-2.06	27	687	40.41		
15	7K1911	-8.89**	43	-0.085	43	0.65	48	6.96**	16	5.45	70	70	-3.46	66	1.65	67	777	45.41	45.41	45.41		
16	6K191	8.47**	75	0.003	65	0.003	65	2.51**	21	3.45	79	79	1.21	79	0.21	79	725	42.64	42.64	42.64		
17	2K1911	-18.83**	4	-0.049	46	-0.16	20	7.05**	66	-2.01	21	21	-4.75	23	-2.72	21	18	488	28.70	28.70	28.70	
18	55N-K3640S	-13.55**	11	0.006	60	-0.37	46	4.38**	29	4.38**	29	29	-3.87**	14	-3.87**	14	337	34.58	34.58	34.58		
19	43*89 (Red cob crm)	-17.39**	91	-0.011	10	-0.0574	49	-10.34	49	-10.34	49	49	-10.34	49	-10.34	49	7	1.62	30	31.57		
20	172*89	1.66	44	-0.252	63	0.06	76	6.15**	52	6.22	53	53	-3.45	7	0.99	64	85	990	55.88	55.88		
21	67*88	2.38	46	0.019	81	0.19	84	7.58**	68	7.58**	68	68	-2.13	37	-7.83	24	1.26	853	50.17	50.17		
22	23*89	-0.13	49	-0.039	89	0.21	94	7.49**	12	8.45	74	74	-1.04	47	-1.04	64	426	87	49.23	49.23		
23	10K 19/1	2.01	45	0.154	54	0.09	80	5.48**	41	4.86	57	57	-4.04	30	0.106	53	3.93	81	792	46.58		
24	17*89 (Red cob crm)	-12.94**	15	-0.012*	42	0.41	41	4.41**	39	-1.95	27	27	-4.08	29	-4.08	29	6	4.45	26	26.17		
25	34*1359	-13.54**	15	-0.286	42	-0.07	42	6.31**	35	6.32	52	52	-6.32	12	0.53	59	9	1.51	46	45.11		
26	20*1359	-7.06**	26	-0.128	60	-0.28*	3	6.72**	60	7.59	68	68	-7.47	32	-1.56	32	3.7	663	39.00	39.00		
27	S20PM/SUKMA (Indonesia)	-8.07**	81	0.111	76	-0.02	51	5.25**	38	15.12**	94	94	-1.75	57	1.07	67	1068	62.82	62.82	62.82		
28	4K191	-8.07**	81	0.003	44	-0.06	44	4.04**	68	4.84	68	68	-4.84	64	-4.84	64	80	949	53.7	53.7		
29	K166 11B*89	15.94**	88	0.178	87	-0.18	37	3.13**	37	1.48	77	77	2.22	52	2.22	42	748	44.00	44.00	44.00		
30	163*6 15	-10.81**	19	-0.053	45	-0.06	43	3.75**	23	8.44	72	72	-3.05*	31	3.05**	81	96	954	56.11	56.11		
31	K181012 1-12-1388	2.38	46	-0.113	83	0.13	83	3.58**	23	3.58**	23	23	-2.13	31	-2.13	78	787	46.29	46.29	46.29		
32	A679420N89	-3.33	35	-0.075	44	-0.013	59	6.09**	51	12.31	88	88	-2.38	52	0.04	52	4.25	84	936	55.05	55.05	
33	K181B 1392 (Indonesia-Colombia)	-17.64**	6	-0.128	31	-0.06	46	9.22**	76	13.94*	81	81	-5.77**	15	-5.77**	15	1014	59.64	59.64	59.64		
34	69*1388	-12.07**	69	-0.169	49	-0.09	49	12.07**	69	12.07**	69	69	-12.07**	69	-12.07**	69	71	945	35.58	35.58	35.58	
35	70*1388	2.72	49	0.286*	95	0.167	87	4.01**	27	5.42	57	57	2.54	81	2.54	75	3.22	77	1055	62.05	62.05	
36	14*89	4.41	49	0.122	95	0.1785	91	14.23**	97	20.17**	97	97	-1.48	60	0.12	54	1242	73.05	73.05	73.05		
37	3K19/1	10.29**	89	0.122	95	0.167	87	4.01**	27	5.42	57	57	2.54	81	2.54	75	3.22	77	1055	62.05	62.05	
38	K1263/1 (Sterilized)	16.07**	78	-0.17	26	-0.15	28	5.45**	39	7.42	59	59	-7.42	29	-7.42	29	6	4.45	26	26.17		
39	1387/193 Chase*	-4.58*	52	-0.162	42	-0.19	43	13.62**	81	-18.34**	81	81	-18.34**	81	-18.34**	81	29	5.72**	14	486	28.58	28.58
40	K615/1	5.49**	59	0.103	41	0.017	45	5.48**	40	1.22	36	36	0.65	61	-3.91*	13	-5.64**	4	778	45.76	45.76	
41	39*89 (Silber)	3.19	52	-0.091	20	-0.067	47	4.41**	31	3.1	1.3	1.3	-1.65	58	-3.92*	21	4.66	47	777	45.76	45.76	
42	169*89	0.69	60	-0.263	81	-0.263	81	0.263	81	0.263	81	81	-0.263	81	-0.263	81	48	762	44.82	44.82	44.82	
43	115*13981 (White cob crm)	-0.22	50	-0.023	50	-0.178	15	7.9**	73	8.3	73	73	-1.35	69	-1.51	32	1069	62.88	62.88	62.88		
44	138*89	-2.4	27	-0.215	15	-0.14	25	6.28**	74	0.97	32	32	2.64	86	1.96	69	0.58	48	588	48.58	48.58	
45	K1911392 (Isolate)	23.46**	97	0.221	61	0.221	61	0.221	61	0.221	61	61	0.221	61	0.221	61	1.34	196	777	45.76	45.76	
46	P1917 Kahia	2.6	48	0.04	67	0.04	74	6.01**	48	2.02	29	29	-5.57	55	-5.03	6	6	5	814	47.88	47.88	
47	P1917 Kahia	2.6	48	0.04	67	0.04	74	6.01**	48	2.02	29	29	-5.57	55	-5.03	6	6	5	814	47.88	47.88	
48	P1917 Kahia	2.6	48	0.04	67	0.04	74	6.01**	48	2.02	29	29	-5.57	55	-5.03	6	6	5	814	47.88	47.88	
49	Pd1	7.6**	69	0.087	85	0.21	82	5.61**	43	8.98	76	76	-4.18	50	-0.06	50	3.82	10	897	52.76	52.76	
50	Pd2	20.52**	96	-0.141	31	-0.141	31	0.141	31	0.141	31	31	-0.141	31	-0.141	31	4.91	10	908	53.41	53.41	
51	Pd12 Kahia	-11.61**	17	-0.059	80	-0.059	80	0.059	80	12.08**	84	84	-3.69	51	-3.69	51	1115	65.58	65.58	65.58		
52	Pd13	-12.32**	83	0.06	70	0.043	71	9.81**	91	8.46	75	75	-3.25	82	-1.37	45	-0.78	45	1035	60.88	60.88	
53	Pd15 Kahia	-15.91**	8	-0.119	61	-0.119	61	0.119	61	10.11**	93	93	-2.62	25	-2.62	25	11	814	47.88	47.88	47.88	
54	Pd15 Kahia	-15.91**	8	-0.119	61	-0.119	61	0.119	61	10.11**	93	93	-2.62	25	-2.62	25	11	814	47.88	47.88	47.88	
55	Pd15 Kahia	-15.91**	8	-0.119	61	-0.119	61	0.119	61	10.11**	93	93	-2.62	25	-2.62	25	11	814	47.88	47.88	47.88	
56	Pd16	20.52**	96	0.168	88	0.168	88	8.11**	75	4.65	55	55	-4.03	31	-0.58	37	0.8	41	930	54.70	54.70	
57	Pd16	20.52**	96	0.168	88	0.168	88	8.11**	75	4.65	55	55	-4.03	31	-0.58	37	0.8	41	930	54.70	54.70	
58	Pd16 Kahia	6.81**	65	0.254*	90	0.26	93	8.55**	88	8.55**	88	88	-1.21	62	-0.81	35	1.31	63	1325	74.94	74.94	
59	Pd16 Kahia	6.81**	65	0.254*	90	0.26	93	8.55**	88	8.55**	88	88	-1.21	62	-0.81	35	1.31	63	1325	74.94	74.94	
60	Pd16 Kahia	6.81**	65	0.254*	90	0.26	93	8.55**	88	8.55**	88	88	-1.21	62	-0.81	35	1.31	63	1325	74.94	74.94	
61	Pd16 Kahia	6.81**	65	0.254*	90	0.26	93	8.55**	88	8.55**	88	88	-1.21	62	-0.81	35	1.31	63	1325	74.94	74.94	
62	Pd16 Kahia	6.81**	65	0.254*	90	0.26	93	8.55**	88	8.55**	88	88	-1.21	62	-0.81	35	1.31	63	1325	74.94	74.94	
63	Pd16 (Dialtel- Kurai)	18.42**	93	0.007	59	0.007	59	7.34**	67	9.86	61	61	-5.57	17	-5.57	17	24	718	44	977	57.47	57.47
64	Pd16	7.85**	71	0.0229	65	0.0002</																

جدول ۴- نتایج تجزیه به عامل‌ها با چرخش وریماکس در ژنوتیپ‌های ذرت بر اساس ارزش اصلاحی صفات گیاهی مورد ارزیابی

Table 4. Results of principal component analysis with Varimax rotation in maize genotypes based on breeding value of studied plant traits

Plant traits	صفات گیاهی	عامل اول First factor	عامل دوم Second factor	عامل سوم Third factor	عامل چهارم Fourth factor	عامل پنجم Fifth factor	عامل ششم Sixth factor	میزان اشتراک Extraction
Grain weight.plant ⁻¹ (g)	وزن دانه در بوته	0.052	0.4	-0.222	<u>-0.633</u>	0.221	0.009	0.662
Plant height (cm)	ارتفاع بوته	0.242	<u>0.751</u>	0.367	0.017	0.097	0.172	0.796
Plant height to ear (cm)	ارتفاع بوته تا بلال	0.298	<u>0.858</u>	0.106	0.105	0.070	0.011	0.853
Leaf length (cm)	طول برگ	<u>0.639</u>	0.273	-0.442	0.198	0.211	0.167	0.790
Leaf width (cm)	عرض برگ	<u>0.842</u>	0.095	0.353	0.118	0.151	0.032	0.881
Leaf area ratio (cm ²)	نسبت سطح برگ	<u>0.890</u>	0.401	0.065	0.133	0.092	0.046	0.986
Leaf area index	شاخص سطح برگ	<u>0.886</u>	0.406	0.060	0.146	0.086	0.054	0.986
No. of ears	تعداد بلال	-0.023	<u>0.744</u>	0.188	0.213	-0.130	-0.009	0.652
SPAD Value (%)	عدد کلروفیل متر	-0.29	0.495	-0.150	<u>0.538</u>	-0.163	0.217	0.678
Cob weight (g)	وزن چوب بلال	0.103	0.270	0.391	0.186	<u>0.706</u>	0.074	0.775
Diameter of cob tip (cm)	قطر ابتدای چوب بلال	<u>0.633</u>	0.409	0.468	-0.225	0.058	0.030	0.841
Middle diameter of cob (cm)	قطر وسط چوب بلال	0.356	<u>0.515</u>	0.339	-0.087	0.119	-0.190	0.564
Length of cob (cm)	طول چوب بلال	0.145	0.372	0.368	-0.027	-0.339	<u>0.664</u>	0.852
Plant dry weight (g)	وزن خشک بوته	0.325	<u>0.689</u>	0.418	-0.231	0.063	0.006	0.813
Tassel emergence (day)	زمان ظهور گل نر	0.030	0.354	-0.081	<u>0.708</u>	0.123	-0.275	0.725
First ear emergence (day)	زمان ظهور بلال اول	0.414	<u>-0.516</u>	0.424	-0.186	-0.292	0.232	0.791
Second ear emergence (day)	زمان ظهور بلال دوم	0.322	-0.313	<u>0.596</u>	0.092	-0.393	-0.079	0.725
Eigenvalue	مقادیر ویژه	5.614	2.674	1.603	1.274	1.144	1.060	-
Cumulative proportion of explained variance	سهام تجمعی	33.026	48.755	58.185	65.681	72.413	78.646	-



شکل ۳- پلات دو بعدی ژنوتیپ‌های ذرت بر اساس مولفه‌های اول و دوم

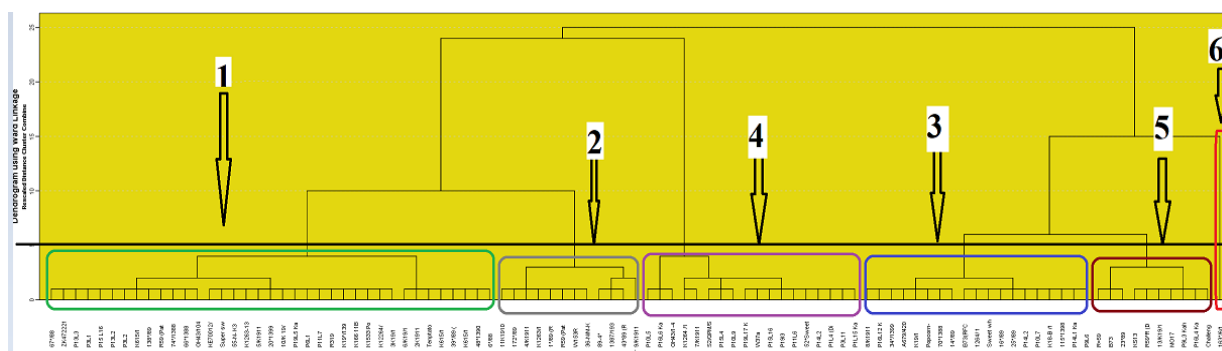
Fig. 3. 2D Biplot of maize genotypes based on first and second components

ژنوتیپ‌های قرار گرفته در خوشه سوم دارای رتبه‌های اصلاحی بسیار بالایی بودند. ژنوتیپ 14*/89 به عنوان ژنوتیپ امیدبخش معرفی شده در خوشه سوم دارای بالاترین ارزش اصلاحی بود. ژنوتیپ‌های گروه چهارم به دلیل دارا بودن بالاترین مجموع رتبه‌های اصلاحی برای کلیه صفات، به جز ژنوتیپ‌های 1 / K1264 و 7/K1911، به عنوان بهترین گروه از نظر ارزش‌های اصلاحی در آزمایش حاضر شناخته شدند. از ژنوتیپ‌های این گروه می‌توان در برنامه‌های دورگ‌گیری ذرت جهت افزایش ارزش نسبی صفات در حال تفرق استفاده کرد. لازم به ذکر است که حداکثر مجموع رتبه‌های ارزش اصلاحی در این گروه مربوط به ژنوتیپ PLOL5 بود. در خوشه پنجم ژنوتیپ‌هایی قرار گرفتند که با در نظر گرفتن ارزش‌های اصلاحی کل صفات، متوسط رو به بالا بودند. ژنوتیپ KS13 با دارا بودن حداکثر رتبه اصلاحی برای زمان ظهور بلال دوم در این گروه به عنوان والد منتخب جهت افزایش نسبی ارزش کلیه صفات در گزینش اصلاحی می‌تواند معرفی شود. تنها ژنوتیپ قرار گرفته در خوشه ششم، ژنوتیپ 163*/6/15 بود که برای صفات نسبت سطح برگ و وزن دانه در بوته، به ترتیب حائز بالاترین و پایین‌ترین ارزش‌های اصلاحی بود. صادقی و رحیمی (Sadeghi and Rahimi, 2017) با محاسبه درصد انحراف از میانگین خوشه‌ها از میانگین کل در ژنوتیپ‌های

بر اساس نتایج گروه‌بندی ژنوتیپ‌های ذرت با استفاده از تجزیه خوشه‌ای و بر اساس ارزش اصلاحی صفات، ژنوتیپ‌های ذرت در شش گروه قرار گرفتند که در گروه‌های اول تا ششم به ترتیب ۳۷، ۱۲، ۱۹، ۱۸، ۱۰ و ۱ ژنوتیپ قرار گرفتند (شکل ۳). بر اساس نتایج تابع تشخیص، بهترین محل برش دندروگرام تایید شد. بر این اساس گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها با احتمال ۹۳/۸ درصد به درستی انجام گرفته است (جدول ۴). بیشتر از نیمی از ژنوتیپ‌های گروه‌بندی شده در خوشه اول از نظر کلیه صفات مورد بررسی دارای ارزش اصلاحی متوسط رو به بالایی داشتند. ژنوتیپ‌های ۱۷، ۱۸، ۷۴، ۷۸، ۸۱، ۸۲ از نظر اکثر صفات دارای ارزش اصلاحی منفی بودند. این موضوع نشان می‌دهد که این ژنوتیپ‌ها والدین مناسبی برای انتقال صفات به نتاج نیستند. ژنوتیپ ۱ Tenptato که به عنوان ژنوتیپ امیدبخش و دارای بالاترین ارزش‌های اصلاحی برای صفات عدد کلروفیل متر و قطر وسط چوب بلال شناخته شد، در این گروه قرار داشت. به جز ژنوتیپ‌های ۱۲ (11K1910) و ۲۰ (172*/89) که ارزش اصلاحی بالایی داشتند، تقریباً کلیه ژنوتیپ‌هایی که در خوشه دوم قرار گرفته بودند از نظر کلیه صفات مورد ارزیابی ارزش اصلاحی متوسط رو به پایینی داشتند. به غیر از ژنوتیپ‌های ۲۵، ۴۳، ۸۶ و ۹۴ که از نظر کلیه صفات مورد مطالعه ارزش‌های اصلاحی متوسطی داشتند، تمام

در نتیجه در برنامه‌های به‌نژادی مربوط به دورگ‌گیری برای بهره‌وری بیشتر می‌توان با توجه به ژنوتیپ‌های موجود در خوشه‌های مختلف و ارزش میانگین فنوتیپی صفات، از پدیده‌هایی مانند هتروزیس و تفکیک متجاوز استفاده کرد.

ذرت نشان دادند که این انحرافات تا حدی می‌توانند نشان دهنده وجود تنوع در ژنوتیپ‌های ذرت باشند. بنابراین می‌توان این طور استنباط کرد که در آزمایش حاضر ژنوتیپ‌های هر خوشه قرابت و تشابه ژنتیکی بیشتری نسبت به ژنوتیپ‌های موجود در خوشه‌های متفاوت دارند.



شکل ۴- گروه‌بندی ژنوتیپ‌های ذرت بر اساس ارزش اصلاحی صفات گیاهی مورد ارزیابی

Fig. 4. Grouping of maize genotypes bases on breeding value of studied plant traits

جدول ۵- نتایج تابع تشخیص برای صحت گروه‌بندی ژنوتیپ‌های ذرت بر اساس ارزش‌های اصلاحی صفات گیاهی مورد ارزیابی

Table 5. Results of canonical discriminant functions for accuracy classification of maize genotypes

Clusters	based on breeding value of studied plant traits													
	گروه‌های پیش‌بینی شده بر اساس تابع تشخیص													
	Predicted groups based on discriminant function													
	1		2		3		4		5		6			
خوشه‌ها	%	Total	%	Total	%	Total	%	Total	%	Total	%	Total		
1	94.6	35	2.7	1	2.7	1	0.0	0	0.0	0	0.0	0	100.0	37
2	0.0	0	91.7	11	0.0	0	0.0	0	8.3	1	0.0	0	100.0	12
3	5.3	1	0.0	0	89.5	17	5.3	1	0.0	0	0.0	0	100.0	19
4	5.6	1	0.0	0	0.0	0	94.4	17	0.0	0	0.0	0	100.0	18
5	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	100.0	10	0.0	0	100.0	10
6	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	100.0	1	100.0	1

93.8% of genotypes are correctly grouped

۹۳/۸ درصد ژنوتیپ‌ها به درستی گروه‌بندی شده‌اند

افراد به طور دقیق‌تری برآورد می‌شود. در آزمایش حاضر بالاترین مقدار وراثت‌پذیری خصوصی مربوط به زمان ظهور گل آذین نر و کمترین مقدار مربوط به عدد کلروفیل متر بود (جدول ۳). وراثت‌پذیری بالای صفات ارتفاع بوته، زمان ظهور بلال دوم، نسبت سطح برگ و عرض برگ اعتماد به برآوردهای اصلاحی را در مورد

نتایج تحقیقات نشان داده است که صحت برآورد ارزش‌های اصلاحی صفات با وراثت‌پذیری بالا نسبت به صفات با وراثت‌پذیری پایین بیشتر است (Villumsen and Janss, 2009). زیرا هرچه وراثت‌پذیری صفت بیشتر باشد، فنوتیپ فرد به ارزش ژنتیکی فرد نزدیک‌تر بوده و در نتیجه ارزش اصلاحی

والدین دورگ، دارای آلل‌های متفاوتی در هر مکان ژنی هستند که در بین آنها آللهایی با اثر غالبیت تا فوق غالبیت وجود دارد. به طور مشابه وراثت‌پذیری پایین صفات وزن تر و خشک بوته در تمام ژنوتیپ‌های توتون شرقی در شرایط آلودگی مزرعه به گل‌جالیز نشان دهنده سهم کمتر اثرات ژنتیکی از نوع غیرافزایشی در کنترل این صفات و در نتیجه عدم اعتماد به برآوردهای ارزش اصلاحی در مورد این صفات بود (Tahmasbali *et al.*, 2020). بر خلاف عملکرد دانه، در ژنوتیپ‌های ذرت گزینش برای صفات مرتبط با عملکرد در نسل‌های اولیه با وراثت‌پذیری بالا مانند قطر چوب بلال و طول چوب بلال، باعث بهبود عملکرد در نسل‌های پیشرفته می‌شود. اگرچه در آزمایش حاضر صفاتی مانند قطر ابتدای چوب بلال و قطر وسط چوب بلال وراثت‌پذیری متوسط و رو به پایینی داشتند و در نتیجه گزینش در مورد این صفات مثرثمر نیست. برای صفات وزن دانه در بوته، شاخص سطح برگ، وزن چوب بلال و طول چوب بلال، وراثت‌پذیری بالاتر از یک برآورد شد. نتایج آزمایش کوتز و وایت (Coates and White, 1998) در ذرت نشان می‌دهد که برآورد وراثت‌پذیری بالاتر از یک می‌تواند به دلیل برآورد مقدار واریانس کوچک ناشی از ایستازی، اشتباه نمونه‌برداری و اثرات محیطی برای صفت مورد نظر باشد.

نتیجه‌گیری

در آزمایش حاضر ارزش اصلاحی ۹۷ ژنوتیپ ذرت از نظر صفات مورفولوژیک با استفاده از نشانگرهای ISSR برآورد شد. نتایج نشان داد که ژنوتیپ 14^{*}/89 برای صفات طول چوب بلال، وزن خشک بوته، ارتفاع بوته و ارتفاع بلال دارای بالاترین ارزش اصلاحی مثبت و معنی‌دار بود. ارزش اصلاحی مثبت نشان می‌دهد که این ژنوتیپ بیشترین پتانسیل انتقال ارزش صفات به نسل بعد را دارد، بنابراین از این

این صفات نسبت به سایر صفات مورد ارزیابی بیشتر می‌کند و می‌توان چنین استنباط کرد که این صفات بیشتر تحت اثرات افزایشی ژن‌ها هستند. به طور مشابه نتایج میانگین نسل‌ها و خطای معیار صفت ارتفاع بوته در نسل‌های مختلف حاصل از تلاقی دو والد در ذرت نشان داد که میانگین این صفت تقریباً در حد متوسط دو والد بوده و به طرف یکی از والدین گرایش داشت که این موضوع نشان دهنده وجود آثار افزایشی ژن‌ها تا غالبیت نسبی در کنترل این صفت و عدم وجود غالبیت کامل می‌باشد (Dorri *et al.*, 2014). بنابراین در مورد این صفت روش گزینش می‌تواند مؤثرتر از دورگ‌گیری باشد. اگرچه نتایج آزمایش ارشاد الحق و همکاران (Irshad-ul-Haq *et al.*, 2010) نشان داد که اثرات غیرافزایشی اهمیت بیشتری در توارث و کنترل ژنتیکی صفت ارتفاع بوته در ذرت ایفا می‌کند. از سوی دیگر گزارش شده است که در وراثت‌پذیری بالاتر، ارزش‌های اصلاحی افراد سهم بیشتری در بروز داده‌های فنوتیپی داشته و بنابراین در برآورد اثرات نشانگرها با استفاده از اطلاعات فنوتیپی، صحت بیشتری مشاهده خواهد شد (Meuwissen *et al.*, 2001). نتایج نشان داد که صفات ارتفاع بلال، تعداد بلال، طول برگ، زمان ظهور بلال اول و قطر ابتدای چوب بلال، وراثت‌پذیری متوسطی داشتند. نتایج آزمایش میهایلوف و چرنوف (Mihailov and Chernov, 2006) نشان دهنده سهم بیشتر اثرات غیرافزایشی از نوع ایستازی در کنترل ژنتیکی صفت تعداد بلال از طریق تجزیه میانگین نسل‌ها است. علاوه بر این، صفات قطر وسط چوب بلال و وزن خشک بوته وراثت‌پذیری پایینی داشتند. وراثت‌پذیری خصوصی پایین در این صفات نشان دهنده سهم بیشتر هتروزیس بوده و توجه به تولید بذر هیبرید ذرت و دورگ‌گیری را در اصلاح این صفات نشان می‌دهد. صفاتی که دارای هتروزیس هستند، جزء غالبیت بیش‌تری را نسبت به جزء افزایشی در تجزیه ژنتیکی نسل‌ها نشان می‌دهند، بنابراین

مربوط به عدد کلروفیل متر بود. وراثت پذیری بالاتر این صفات نشان می‌دهد که برآوردهای اصلاحی در مورد این صفات به طور دقیق برآورد شده است و گزینش بر پایه فنوتیپ در اصلاح این صفات باعث افزایش بازده گزینش می‌شود. در نتیجه، وراثت پذیری خصوصی بالا در کنار ارزش‌های اصلاحی مثبت و معنی‌دار، باعث افزایش صحت برآوردهای اصلاحی و در نتیجه گزینش صفات مهم اقتصادی توسط به‌نژادگر خواهد شد. با توجه به اینکه هدف اصلی به‌نژادگران ایجاد بهترین ترکیب صفات در یک فرد است، نتایج حاصل از برآورد ارزش‌های اصلاحی در این تحقیق می‌تواند جهت انتخاب بهترین فرد از نظر ارزش اصلاحی برای توسعه جمعیت‌های اصلاحی و برنامه‌های مکان‌یابی ژن‌ها در ژنوتیپ‌های ذرت نیز مورد استفاده قرار گیرد.

سپاسگزاری

از دانشکده کشاورزی و پژوهشکده زیست‌فناوری دانشگاه ارومیه به خاطر فراهم نمودن هزینه و امکانات لازم برای انجام این پژوهش و از آقای مهندس علی غفاری آذر دانش‌آموخته کارشناسی ارشد بیوتکنولوژی کشاورزی به خاطر کمک در تهیه داده‌های مولکولی تشکر و قدردانی می‌شود.

ژنوتیپ می‌تواند به عنوان والد مناسب برای اصلاح این صفات در برنامه‌های به‌نژادی ذرت استفاده کرد. ژنوتیپ Tenptato به عنوان والد مناسب برای اصلاح صفات عدد کلروفیل متر و قطر وسط چوب بلال شناخته شد. ژنوتیپ 3/K19/1 در ارتباط با زمان ظهور بلال دوم و قطر ابتدای چوب بلال دارای ارزش اصلاحی مثبت و معنی‌دار بود. با در نظر گرفتن ارزش اصلاحی کلیه صفات مورد ارزیابی، ژنوتیپ‌های P16L6 Kahia، P10L7 و OH43/1-42، 14*89 دارای بالاترین رتبه‌های اصلاحی بودند، بنابراین این ژنوتیپ‌ها به عنوان والد مناسب، بیشترین ظرفیت انتقال ارزش نسبی صفات به نسل بعد را دارند. در تجزیه به عامل‌ها، دو عامل اول ۴۸/۷۵ درصد از تغییرات داده‌ها را توجیه کردند که نشان دهنده توزیع ژنومی مناسب نشانگرهای مورد استفاده بود. براساس نتایج خوشه‌بندی ژنوتیپ‌های ذرت براساس ارزش‌های اصلاحی صفات مورد مطالعه تقریباً کلیه ژنوتیپ‌هایی که در خوشه چهارم قرار داشتند، دارای بالاترین مجموع ارزش‌های اصلاحی بودند و می‌توان از آنها به عنوان والدین مناسب در برنامه‌های به‌نژادی ذرت استفاده کرد. وراثت پذیری خصوصی ۱۷ صفت مورد مطالعه در تمامی موارد معنی‌دار بود. بالاترین مقدار وراثت پذیری خصوصی مربوط به زمان ظهور گل آذین نر و کمترین مقدار آن

References

- Afrouz, G., R. Darvishzadeh, H. Alipour, J. M. S. Viana and M. Razi. 2021.** Estimating breeding value of agrobiologic traits in maize (*Zea mays* L.) under normal and salinity stress conditions based on single nucleotide polymorphism (SNP) marker. *Cereal Res.* 11(1): 55-75 (In Persian with English abstract).
- Bauer, A. M., T. C. Reetz and J. Léon. 2006.** Estimation of breeding values of inbred lines using best linear unbiased prediction (BLUP) and genetic similarities. *Crop Sci.* 46(6): 2685 -2691.
- Bernardo, R. 2010.** Breeding for quantitative traits in plants. Stemma Press, Woodbury, New York, USA.
- Cakir, R. 2004.** Effect of water stress at different development stages on vegetative and reproductive growth of corn. *Field Crops Res.* 89(1): 1-16.
- Coates, S. T. and D. G. White. 1998.** Inheritance of resistance to gray leaf spot in crosses involving selected

منابع مورد استفاده

resistant inbred lines of corn. *Physiopathology*, 88: 972 -982.

- Davoodi, S. H., A. Rahemi-Karizaki, A. Nakhzari-Moghadam and E. Gholamalipour Alamdari. 2017.** Evaluation of response of yield, yield components and harvest index of bean (*Phaseolus vulgaris*) to terminal drought stress. *Crop Sci. Res. Arid Region*. 1(2): 155-165 (In Persian with English abstract).
- Dorri, P., S. Khavari- Khorasani, M. Valizadeh and P. Taheri. 2014.** The study of inheritance and gene effects on yield and agronomic traits of early generations of genetic maize Dehghan (KSC400). *Plant Gen. Res.* 1(2): 33-42 (In Persian with English abstract).
- Farshadfar, E. 1998.** Plant breeding methodology. Kermanshah University Press (In Persian with English abstract).
- Falconer, D. S. and T. F. C. Mackay. 1996.** Introduction to quantitative genetics. Pearson, Harlow, UK. and W. Fehr. 1991. Principles of Cultivar Development: Theory and Technique. Macmillan Publishing Company.
- Fehr, W. R. 1993.** Principles of cultivar development. Vol.1. MacMillan Publication. Co. New York, USA.
- Freeman, A. E. 1991.** C.R. Henderson: contributions to the dairy industry. *J. Dairy Sci.* 74(11): 4045-4051.
- Ghahramani, S. and R. Darvishzadeh. 2021.** Estimating breeding value of agro-biological traits in maize using IRAP and REMAP markers. *Crop Biotechnol.* 11(2): 33-48 (In Persian with English abstract) .
- Ghafari Azar, A., R. Darvishzadeh, Z. Aghaali, D. Kahrizi and B. Darvishi. 2019.** Assessment of genetic diversity and grouping of maize lines (*Zea mays L.*) using ISSR markers. *Cell. Mol. Res. (Iranian Journal of Biology)*. 32(2): 194-204 (In Persian with English abstract).
- Hatami Maleki, M. H., R. Darvishzadeh and Z. Mohseni. 2014.** Evaluation of genetic diversity and classification of advanced sunflower lines using ISSR markers. *Agric. Biotechnol. J.* 3: 33-44 (In Persian with English abstract).
- Irshad-ul-Haq, M., S. Ajmal, M. Munir and M. Gulfaraz. 2010.** Gene action studies of different quantitative traits in maize. *Pak. J. Bot.* 42(2): 1021-1030.
- Mir Mohammadi Maibody, S. A. M and P. Golkar. 2019.** Application of DNA molecular markers in plant breeding. *Plant Genet. Res.* 6(1): 1 -30 (in Persian with English abstract).
- Meuwissen, T. H. E. 2009.** Accuracy of breeding values of 'unrelated' individuals predicted by dense SNP genotyping. *Genet. Select. Evol.* 41: 35-47.
- Mostafavi, Kh., R. Choukan, M. Taeb, M. R. Bihamta and E. Majidi Heravan. 2009.** Study of the gene action in controlling agronomic traits in maize (*Zea Mays L.*) using diallel crossing design. *Iran. J. Crop Sci.* 10(4):331 -348 (in Persian with English abstract).
- Mihailov, M. E and A. A. Chernov. 2006.** Using double haploid lines for quantitative trait analysis. *Maize Genet. Cooper. Newsl.* 80: 30.
- Meuwissen, T. H. E., B. Hayes and M. E. Goddard. 2001.** Prediction of total genetic value using genome-wide dense marker maps. *Genetics*, 157: 1819–1829.

- Murray, M. G. and W. F. Thompson. 1980.** Rapid isolation of high molecular weight plant DNA. *Nucleic Acids Res.* 8: 4321-4326.
- Piepho, H., J. Mohring, A. Melchinger and A. Buchse. 2008.** BLUP for phenotypic selection in plant breeding and variety testing. *Euphytica*, 161(1-2): 209-228.
- Pal, A. K. and H. S. Prodhm. 1994.** Combining ability analysis of grain yield and oil content along with some other attributes in maize (*Zea mays* L.). *Indian J. Genet.* 54: 376-380.
- Patterson, H. D. and R. Thompson. 1971.** Recovery of inter-block information when block sizes are unequal. *Biometrika* 58(3): 545-554.
- Reddy, P. M., N. Sarla and E. A. Siddig. 2002.** Inter simple sequence repeat (ISSR) polymorphism and its application in plant breeding. *Euphytica*, 128: 9-17.
- Sadeghi, F. and M. Rahimi. 2017.** The use of cluster analysis for best lines selection in maize at S₆ generation. *J. Crop Breed.* 8(20): 98-91 (in Persian with English abstract).
- Semagn, K., A. Bjørnstad and Y. Xu. 2010.** The genetic dissection of quantitative traits in crops. *Electronic J. Biotechnol.* 13(5): 1-45.
- Sandhu, K. S., N. Singh and N. S. Malhi. 2007.** Some properties of corn grains and their flours I: Physicochemical, functional and chapati-making properties of flours. *Food Chemistry* 101: 938- 946.
- Tahmasbali, M., R. Darvishzadeh and A. Fayaz Moghaddam. 2020.** Estimating breeding value of agronomic traits in oriental tobacco genotypes under Broomrape stress and normal vonditions. *Plant Genet. Res.* 7(1): 103-126 (in Persian with English abstract).
- Villumsen, T. M. and L. Janss. 2009.** Bayesian genomic selection: the effect of haplotype length and priors. *BMC Proceedings* 3 (Suppl. 1), S11. <https://doi.org/10.1186/1753-6561-3-S1-S11>.
- Wanda, M. and S. Houshmand. 2011.** Study of genetic structure of stomatal and flag leaf traits in durum wheat (*Triticum turgidum* L. ssp. durum). *J. Crop Breed.* 3(7): 27-41 (In Persian with English abstract).

Estimation of the breeding value of morphophysiological traits of maize (*Zea mays* L.) genotypes using BLUP method

Broushan, H.¹ and R. Darvishzadeh ²

ABSTRACT

Broushan, H. and R. Darvishzadeh. 2022. Estimation of the breeding value of morphophysiological traits of maize (*Zea mays* L.) genotypes using BLUP method. **Iranian Journal of Crop Sciences. 24(4): 355-374. (In Persian).**

Knowledge of genes action on important traits and their breeding value is necessary to achieve high yielding cultivars in food crops. Molecular markers has eliminated the need for knowing the pedigree of genotypes for estimating Kinship matrix required to estimate breeding values of traits of interest. In this research, 97 genotypes of maize were evaluated for 17 different agronomic traits using randomized complete block design with six replications at the faculty of agriculture of Urmia University, Urmia, Iran, in 2015. The molecular profile of maize genotypes was evaluated using 16 ISSR primers, and 78 polymorphic bands were amplified. Primers UBC825 and UBC811 produced the highest and lowest number of polymorphic bands, respectively. Breeding value of traits was calculated by best linear unbiased prediction (BLUP) using linear mixed model (MLM) and Kinship matrix based on molecular data. Considering estimated breeding values for sum traits, genotypes P10L5, P16L6 Kahia, 14*89, OH43/1-42 and P10L7 had the highest rank. Genotype 163*/6/15, the only line of sixth group, had positive and high breeding value for leaf area ratio, and negative and low breeding value for trait of grain yield plant⁻¹. Narrow sense heritability of traits was calculated based on breeding values. The highest narrow sense heritability belonged to tassel emergence date. The high narrow sense heritability facilitates selection for desirable trait based on its phenotypic expression. The positive breeding value indicates higher likelihood of inheritance of desirable traits in next generation in maize breeding programs.

Key words: Additive gene effect, Heritability, Maize, Mixed linear model, Molecular markers and Quantitative genetics

Received: October, 2022 Accepted: February, 2023

1. MSc Student, Urmia University, Urmia, Iran

2. Professor, Urmia University, Urmia, Iran (Corresponding author) (Email: r.darvishzadeh@urmia.ac.ir)