

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 ر. 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 تأمین 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، P10L7 و OH43/1-42، 14*89، P16L6 Kahia 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 نژادگران 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.

با توسعه فناوری نشانگرهای مولکولی، شناسایی دقیق ژنتیکی صفات کمی امکان پذیر شده است (Semagn *et al.*, 2010). گسترش استفاده از نشانگرهای مولکولی باعث تسهیل تخمین ارزش های اصلاحی در گیاهان و دام شده است که می تواند به معرفی ژنوتیپ های جدید کمک کند. نشانگرهای مولکولی امکان برآورد ارزش اصلاحی صفات زراعی - زیستی ژنوتیپ ها را در قالب ماتریس خویشاوندی (Kinship matrix) با روش BLUP فراهم می کنند (Bauer *et al.*, 2006). با استفاده از این روش همبستگی بین ارزش های ژنوتیپی واقعی و مقادیر ژنتیکی پیش بینی شده به حداکثر می رسد که این موضوع هدف اصلی به نژادگران است. در برنامه های به نژادی ارزش های فنوتیپی می توانند توسط ارزش های اصلاحی برآورد شده جایگزین شوند. ارزش های اصلاحی پیش بینی شده از این طریق، با افزایش میزان پاسخ به گزینش، پیشرفت ژنتیکی بیشتری نشان خواهند داد. با توجه به پیشرفت های حاصله در زمینه تکنولوژی نشانگرهای مولکولی، این فناوری به صورت گسترده ای در تجزیه تنوع ژنتیکی گونه های زراعی بسیاری مانند ذرت مورد استفاده قرار گرفته است (Mir Mohammadi and Golkar, 2019). نشانگرهای مولکولی، ISSR (Inter Simple Sequence Repeat) به دلیل تکرار پذیری و چند شکلی بالا، پوشش ژنومی مناسب، هزینه پایین و سهولت استفاده، ابزار مفیدی در مطالعات مربوط به تجزیه و تحلیل تنوع ژنتیکی، نقشه یابی ژنومی و برآورد ارزش های اصلاحی محسوب می شوند (Reddy *et al.*, 2002).

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

می توانند به عنوان والدین مطلوب جهت گزینش در برنامه های به نژادی ذرت در نظر گرفته شوند. طهماسب عالی و همکاران (Tahmasbali *et al.*, 2020) در مطالعه ارزش اصلاحی صفات مهم زراعی در ژنوتیپ های توتون شرقی دریافتند که در نظر گرفتن ارزش اصلاحی همراه با میانگین فنوتیپی می تواند باعث افزایش کارایی برنامه های اصلاحی شود. علاوه بر این، نتایج آزمایش افروز و همکاران (Afrouz *et al.*, 2021) روی تخمین ارزش اصلاحی ژنوتیپ های 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 برنامه های گزینش مبتنی بر تلاقی محسوب می شود.

هدف از برآورد ارزش اصلاحی گزینش والدین برتر برای تولید ژنوتیپ ها، لاین ها و یا جمعیت های جدید برای اهداف به نژادی خاص می باشد. در آزمایش حاضر ارزش اصلاحی ۹۷ ژنوتیپ ذرت از نظر ۱۷ صفت به روش بهترین پیش بینی نارایب خطی با استفاده از نشانگرهای ISSR برآورد شد. نتایج حاصل از این آزمایش می تواند به به نژادگران در گزینش ژنوتیپ های ذرت با عملکرد بالا و دارای صفات مطلوب کمک کند.

مواد و روش ها

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 بلوک های 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 ژنوتیپ های ذرت مورد استفاده در جدول یک ارائه شده است.

جدول ۱- اسامی ژنوتیپ‌های ذرت مورد استفاده در آزمایش

Table 1. Names of maize genotypes used in the experiment

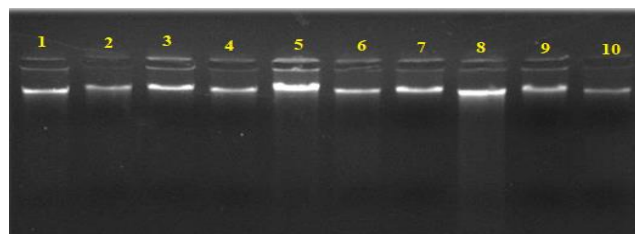
کد Code	ژنوتیپ‌های ذرت Maize genotypes	کد Code	ژنوتیپ‌های ذرت Maize genotypes	کد Code	ژنوتیپ‌های ذرت Maize genotypes
1	Tenptato (White- First class)	41	K615/1	81	R59 (Paternal)
2	K1263 2 -1388	42	39*/89 (Sibcer)	82	Super sweet-1387 Basin
3	36-N/M-K3653/2	43	16*/89	83	Challenged 1389/st
4	89-4*	44	115*13981 (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	P19L3	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 برگ‌های مخلوط تهیه شده و در دردمای ۸۰- درجه سانتی گراد نگهداری شد. استخراج دی آن‌آی 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

برگی به روش CTAB (Murray and Thompson, 1980)، نانومتر و الکتروفورز روی ژل یک درصد انجام شد. ارزیابی کیفیت و کمیت دی آن آی استخراج شده و میزان خلوص و غلظت آن به ترتیب با استفاده از اسپکتروفتومتری در طول موج های ۲۶۰، ۲۸۰ و ۲۳۰ انجام شد. (شکل ۱). ارزیابی ژنتیکی ژنوتیپ های ذرت با استفاده از ۱۶ آغازگر ISSR انجام شد (جدول ۲) (Ghafari Azar *et al.*, 2019).



شکل ۱- نتایج کیفیت سنجی تعدادی از نمونه های دی آن آی ژنوتیپ های 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 ژنوتیپ های 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)8RG	55
UBC867	(GGC)6	40
UBC884	HBH(AG) ₇	40
UBC885	(AC) ₈ YT	40
A7	(AG) ₁₀ T	52

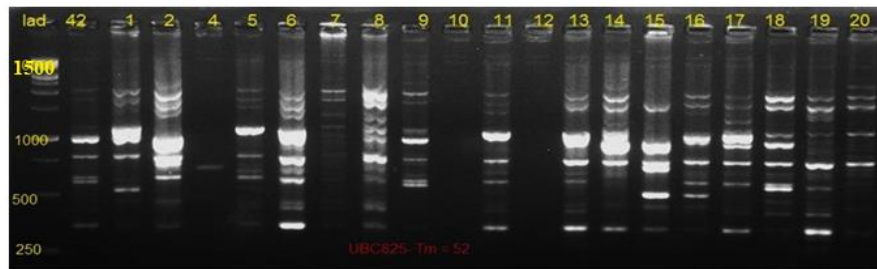
R= A/T, Y= G/C, B =T/G/C; D= A/T/G, H= A/T/C, V= A/G/C

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

واکنش زنجیره ای پلیمرز با استفاده از دستگاه ترموسایکلر (Applied Biosystem, ABI 2720, USA) انجام شد. واسرشته سازی دی آن آ در دمای ۹۴ درجه سانتی گراد- چهار دقیقه، سپس ۳۶ چرخه شامل: ۳۰ ثانیه در دمای ۹۴ درجه سانتی گراد، ۳۰ ثانیه

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)

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

$$\mathbf{G}^{-1} = \mathbf{A}^{-1} \left(\frac{\mathbf{V}_g}{\mathbf{V}_e} \right)$$

A: به عنوان یک ماتریس $t \times t$ (تعداد ژنوتیپ‌ها) ضرایب خویشاوندی تعریف می‌شود که درجه کواریانس ژنتیکی بین افراد را نشان می‌دهد. $\mathbf{V}_e$ و $\mathbf{V}_g$: 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 (نشانگرهای 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 همخونی) 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 نااریب 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:

$$\mathbf{Y} = \mathbf{X}\mathbf{b} + \mathbf{Z}\mathbf{u} + \mathbf{e} \quad (\text{رابطه ۱})$$

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

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

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

$\text{MVN}(m, V)$: 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 نااریب خطی (BLUE) برآورد می‌شوند. اجزای واریانس در $\mathbf{G}$ و $\mathbf{R}$ 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 BLUE و BLUP با در نظر گرفتن تعداد متفاوت تکرارهای ژنوتیپ‌ها به شکل رابطه ۴ است.

برآورد وراثت‌پذیری خصوصی صفات از رابطه ۵ استفاده شد:

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

h_{ns}^2 : وراثت‌پذیری خصوصی، σ_A^2 : واریانس افزایشی و σ_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).

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

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

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

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

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

سطح برگ به ترتیب در ژنوتیپ‌های 163*6/15 و 9/K1911 و در ارتباط با شاخص سطح برگ به ترتیب در در ژنوتیپ‌های 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 می‌یابد. نتایج آزمایش انجام شده در گندم دوروم نشان داده است که برگ پرچم سهم عمده‌ای در عملکرد دانه دارد (Wanda and Houshmand, 2011). معنی‌دار بودن نسبت قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی به قابلیت ترکیب‌پذیری خصوصی در صفات طول برگ و مساحت روزنه در سطح رویی برگ پرچم نشان دهنده سهم بیشتر اثرات افزایشی ژن‌ها 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 نسل‌های اولیه حاصل از ژنوتیپ‌های 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 ژنوتیپ‌های 48*1390 و Super 1387 Basim -sweet، در وزن چوب بلال بیشترین و کمترین مقدار به ژنوتیپ‌های K19*/1392 و K615/1، در قطر ابتدای چوب بلال بیشترین و کمترین برآوردها به ژنوتیپ‌های 13/K19/1 و Tenptato، در قطر وسط چوب بلال بیشترین و کمترین برآوردها به ژنوتیپ‌های Tenptato و B73، در طول چوب بلال بیشترین و کمترین رتبه‌های اصلاحی به ژنوتیپ‌های 14*/89 و B73، در زمان ظهور بلال اول بیشترین و کمترین ارزش‌های اصلاحی به ژنوتیپ‌های KS13 و K19*/1392 و در مورد زمان ظهور بلال دوم بالاترین و پایین‌ترین رتبه‌ها به ژنوتیپ‌های 13/K19/1 و K615/1 تعلق داشتند. بالا بودن اثرات افزایشی در صفات تعداد بلال، ارتفاع بلال نشان می‌دهد که این ژنوتیپ‌ها، مخصوصاً ژنوتیپ‌های 48*1390 و 14*/89 پتانسیل بالایی در

انتقال صفات فوق به نسل بعد داشته و بنابراین به‌طور بالقوه می‌توان 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 جمعیت‌های F_{2:3} و تلاقی برگشتی ذرت بیشتر توسط اثرات غیرافزایشی (غالبیت و اپیستازی) کنترل می‌شود تا افزایشی. به احتمال قوی تفاوت بین دو جزء غالبیت و افزایشی برای این صفت زیاد و میانگین درجه غالبیت ژنی، بزرگ‌تر از یک بوده که این موضوع نشان دهنده سهم بیشتر اثرات غیرافزایشی و در نتیجه اهمیت هتروزیس در بروز این صفت می‌باشد.

در مورد صفات وزن خشک بوته، ژنوتیپ‌های 14*/89 و 1387/193/chase به ترتیب بالاترین و پایین‌ترین 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 تنش‌های محیطی در دوره گل‌دهی علاوه بر تاثیر سوء بر تلقیح گل‌ها، باعث کاهش وزن ماده خشک گیاه شده که علت آن را می‌توان 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 برنامه‌های دورگ‌گیری در ذرت می‌توان اطمینان حاصل کرد که وزن خشک بوته بالا که در ذرت علوفه‌ای از صفات مطلوب محسوب می‌شود، به نسل بعد منتقل خواهد شد.

در یک پروژه به‌نژادی اطلاع از نحوه عمل ژن به به‌نژادگر در انتخاب روش صحیح مدیریت برنامه‌های به‌نژادی کمک خواهد کرد. در آزمایش حاضر در مورد زمان ظهور گل‌آذین نر، به جز ژنوتیپ (پدری)

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 ژرم‌پلاسما 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 P10L5 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 تجمعی مربوط به هر کدام از

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 گل‌آذین 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 ملک‌ی 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.

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 دانه در بوته Grain weight plant-1 (g)	رتبه Rank	ارتفاع بوته Plant height (cm)	رتبه Rank	ارتفاع دانه در 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 دانه No. of ears	رتبه Rank	عدد کرومات 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	3.4**	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	0.6**	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**	86
13	5K1911	18.41*	32	25.22**	76	13.24**	71	-3.78	25	-0.84**	12	-34.65	22	-0.013	20	0.14	65	2.08**	64
14	4K1911	-0.54	30	-9.19	14	1.59	28	-3.13	32	-0.52	20	-47.05*	14	-0.016*	13	-0.18	26	-4.31**	13
15	6K1911	104.66**	93	-0.85	22	1.73	20	-0.04	42	-0.62**	16	-85.86**	6	-0.028**	6	0.37*	88	0.02**	65
16	2K1911	82.10**	96	-7.97	15	0.42	24	-10.37**	2	-1.05**	4	-94.35**	4	-0.032**	4	0.07	51	1.25**	79
17	55-N- K3640/S	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
18	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
19	172*/89	-10.49	16	40.96**	95	6.16	46	0.28	59	-0.28	10	-30.5	25	-0.0093	28	0.57**	94	4.07**	93
20	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
21	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
22	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
23	1*89 (Red cob com)	-5.36	18	6.08	35	0.52	26	0.70	62	-0.97**	7	-43.43*	16	-0.014*	18	-0.01	40	2.91**	89
24	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
25	20*1399	37.93**	48	14.61*	51	13.00**	70	-5.34*	17	-0.15	38	-31.73	24	-0.0095	25	0.14	66	1.47**	82
26	S2QPM/SUKMA (Indonesia)	120.48**	95	5.04	32	16.19**	81	3.99	83	0.1	54	34.2	76	0.0125	80	0.15	69	-0.66*	58
27	K191	7.76	24	10.16	38	18.35**	86	-1.02	45	0.39	75	7.31	58	0.004	62	-0.15	28	-4.71**	11
28	K166 11B/89	47.96**	63	-1.92	21	4.32	37	-6.002**	14	0.27	66	-25.83	32	-0.0093	29	-0.002	41	-4.15**	14
29	KE7*/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
30	16K70012/ 1-12 -1388	13.44**	28	4.17	30	-8.41	7	-6.72**	11	0.54	83	-19.51	35	-0.0058	35	0.5**	93	1.14**	77
31	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
32	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
33	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
34	70*1388	19.77*	35	18.97*	60	7.57	51	-1.02	46	0.41	76	18.86	65	0.0055	66	0.09	60	-0.3**	63
35	14*/89	8.39**	25	58.56**	97	29.53**	9	1.82	68	0.05	50	21.8	70	0.0053	65	0.34*	87	1.28**	80
36	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
37	3K19/1	63.74**	76	-3.66	20	2.80	33	-1.6	40	-0.62*	17	-42.57*	17	-0.0146*	19	-0.21	24	4.68**	96
38	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	-0.94**	54
39	1387/193/Chase*	8.57	26	-16.15*	10	-17.09**	2	-10.21**	3	-1.42**	2	-102.54**	3	-0.0350**	3	-0.38*	17	0.79**	72
40	K615/1	55.73**	69	13.26*	47	7.68	53	-1.67	38	-0.13	40	-10.83	40	-0.0051	39	0.05	49	1.04**	76
41	39*/89 (Silber)	32.23**	44	-13.85	11	4.43	38	-0.46	34	-0.46	22	-38.8	20	-0.0123	22	-0.2	25	-4.92**	10
42	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
43	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
44	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
45	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
46	P13L2	47.82**	62	4.60	31	4.51	39	-4.08	23	0.62	87	-3.67	48	-0.0011	49	0.27	80	-4.01**	15
47	P19L17 Kahia	86.57**	89	13.07	46	-2.27	20	-2.19	35	0.36	72	1.7	55	0.0030	59	0.09	59	-2.74**	27
48	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
49	P6L1	49.39**	65	13.32*	48	5.39	45	-2.11	36	-0.07	45	-27.61	27	-0.0085	31	-0.02	37	-0.33**	62
50	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
51	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
52	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
53	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**	21
54	P15 L16 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
55	P11L7	47.64**	60	19.87**	64	6.31	47	-3.07	33	-0.34	30	-38.49	21	-0.0124	21	0.57**	95	-0.77**	57
56	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
57	P14L2	39.13**	49	24.42**	74	10.31*	60	-1.25	44	0.61	86	29.26	73	0.0096	74	0.59**	96	2.5**	87
58	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
59	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
60	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
61	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
62	P11L4 (Dialell- Kara)	96.53**	92	20.52**	65	11.36*	62	2.74	76	0.23	67	20.18	67	0.0074	69	-0.12	31	-2.31**	37
63	P11L6	75.75**	80	14.73*	53	9.62	59	1.3	66	0.26	64	21.4	69	0.0080	71	0.21	74	-6.23**	4
64	P9L6	35.29**	46	31.04**	86	25.38**	95	3.47	79	0.25	63	39.2	80	0.0129	82	0.17	54	-3.38**	20
65	P13L3	58.71**	72	27.42**	81	16.07**	88	1.09	64	-0.15	39	-4.54	77	-0.0020	47	0.17	71	0.917**	74
66	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
67	P3L1	47.77**	61	23.02**	70	15.38**	76	2.68	74	-0.3	33	-3.46	49	-0.0004	51	0.33*	84	1.38**	81
68	P10L7	55.88**	70	29.06**	84	14.07**	73	-1.53	41	0.38	74	15.01	63	0.0050	64	0.42**	91	-1.36**	49
69	P16L12 Kahia	2.48	21																

Table 3. Continued

جدول ۳- ادامه

ردیف	ژنوتیپ‌های ذرت	وزن دانه در بوته	رتبه	ارتفاع بوته	رتبه	ارتفاع بوته تا بابل	رتبه	طول برگ	رتبه	عرض برگ	رتبه	نسبت سطح برگ	رتبه	شاخص سطح برگ	رتبه	تعداد بابل	رتبه	عدد کروفیل متر	رتبه
No.	Maize genotypes	Grain weight.plant-1 (g)	Rank	Plant height (cm)	Rank	Plant height to ear (cm)	Rank	Leaf length (cm)	Rank	Leaf width (cm)	Rank	Leaf area ratio (cm ²)	Rank	Leaf area index	Rank	No. of ears	Rank	SPAD Value (%)	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	Popcom-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**	-

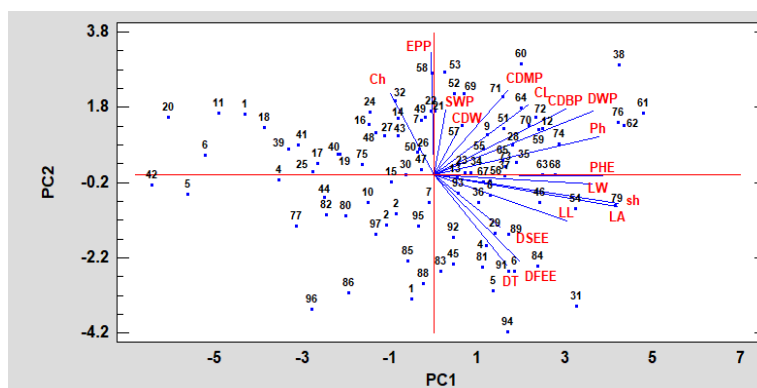
Table 3. Continued

No.	Maize genotypes	Cob weight (g)	Rank	Diameter of cob (cm)	Rank	Middle diameter of cob (cm)	Rank	Length of cob (cm)	Rank	Plant dry weight (g)	Rank	Tassel emergence (day)	Rank	First ear emergence (day)	Rank	Second ear emergence (day)	Rank	Total rank	Average rank
1	Tengito (White- First class)	-17.49**	25	-0.14**	22	0.5**	97	4.95**	35	8.9	29	-12.8*	10	-3.5**	35	2.0	22	438	26.94
2	K1263-1388	-7.14**	25	-0.184	22	-0.16	19	5.53**	42	-0.33	29	-3.58	35	0.16	57	0.82	59	643	37.82
3	K6-NM-K36532	0.86	40	0.06	47	-0.23	1	4.00**	51	-0.61	51	-0.32	47	-0.32	46	-1.28	54	748	72.89
4	89-4	-2.14	38	-0.384**	7	-0.36*	26	4.16	26	-1.05	37	0.76	30	-1.05	30	-1.63	53	383	37.82
5	9K1911	11.56**	81	-0.149	29	0.08	79	-0.66	2	-7.9	42	-5.37	20	-0.53	39	0.47	55	531	31.23
6	74/1388	-14.09**	13	-0.148	29	0.08	79	-0.66	2	-7.9	42	-5.37	20	-0.53	39	0.47	55	531	31.23
7	K1911	-14.09**	13	-0.148	29	0.08	79	-0.66	2	-7.9	42	-5.37	20	-0.53	39	0.47	55	531	31.23
8	8K1911	-14.09**	13	-0.148	29	0.08	79	-0.66	2	-7.9	42	-5.37	20	-0.53	39	0.47	55	531	31.23
9	25*89	14.34**	85	0.189	83	0.15	85	2.06	10	8.64	77	4.03	90	-0.405	42	-4.75*	7	1041	61.23
10	K1264-1	2.25	9	0.06	47	-0.054	72	6.73**	61	-2.71	41	-4.66	25	-3.69**	15	-1.01	31	830	48.32
11	48*1300	-11.4**	18	-0.389**	8	-0.38	4	0.38	46	-0.85	26	-2.11	49	-0.400	45	-5.2*	59	716	42.11
12	13K191	7.36**	68	0.016**	97	0.24*	95	5.04**	36	10.18*	83	-0.94	63	0.13	56	10.52**	78	1099	64.64
13	11K1910	7.36**	68	0.016**	97	0.24*	95	5.04**	36	10.18*	83	-0.94	63	0.13	56	10.52**	78	1099	64.64
14	5K1911	-13.13**	14	-0.041	69	-0.085	38	5.05**	45	8.59	76	-0.38	10	-2.43	22	-2.13	29	934	41.70
15	4K1911	14.1**	84	0.219	87	0.07	78	3.01**	18	8.17	70	5.86	95	-0.19	48	-2.06	27	687	40.41
16	K1911	8.05**	63	-0.065	43	-0.06	48	6.98**	64	2.45	69	-2.17	40	0.94	67	1.65	67	772	45.41
17	6K191	8.07**	51	0.006	58	0.003	65	3.51**	21	4.38**	74	-0.31	7	1.21	86	4.28*	96	837	42.64
18	2K1911	-18.83**	4	-0.049	46	-0.16	20	7.05**	66	-2.01	21	-4.75	23	-2.72	21	-3.1	18	488	28.70
19	55-N K3640S	-13.35**	11	-0.006	56	-0.02	49	5.56	24	-3.87*	72	-10.68	14	-3.87*	30	-1.62	30	3138	50.17
20	45*89 (Red cob cm)	17.35**	91	-0.011	49	-0.0574	2	10.34	29	-10.34	29	-10.34	29	-10.34	29	-10.34	29	3317	49.23
21	172*89	1.66	44	-0.252	46	0.06	76	6.15**	52	6.22	63	-3.45	37	0.99	64	4.26	85	950	55.88
22	67*88	2.43	46	-0.019	48	0.21	94	7.49**	19	8.45	74	-7.83	37	-1.01	26	-3.73	76	853	50.17
23	23*89	-0.13	49	-0.038	61	-0.07	42	5.48**	41	4.86	57	-4.04	30	0.106	53	3.93	81	732	46.58
24	10K191	2.01	45	0.154	54	0.09	80	4.41**	30	-1.95	72	-4.08	29	-4.08	29	-4.75*	6	445	26.17
25	17*89 (Red cob cm)	-12.44**	15	-0.012*	42	-0.07	42	5.48**	41	4.86	57	-4.04	30	0.106	53	3.93	81	732	46.58
26	34*1389	-13.35**	11	-0.006	56	-0.02	49	5.56	24	-3.87*	72	-10.68	14	-3.87*	30	-1.62	30	3138	50.17
27	20*1399	-7.06**	26	-0.128	3	-0.28*	3	6.72**	60	7.59	68	-7.47	8	-1.56	32	-3.7	13	663	39.00
28	S2CPM/SUKMA (Indonesia)	8.07**	64	0.111	76	-0.02	54	5.23**	38	15.12**	80	-1.75	7	0.70	70	-2.72	22	1068	62.82
29	K166 11B/89	15.94**	88	0.178	37	-0.08	73	3.13**	19	1.48	72	-2.22	52	-2.22	48	-0.79	42	748	44.00
30	162*6/15	-10.81**	19	-0.053	45	-0.16	26	3.75**	53	8.44	74	-7.83	37	-1.01	26	-3.73	76	853	50.17
31	KE2/0012/1-12-1388	2.58	48	0.131	83	0.13	83	3.13**	19	1.48	72	-2.22	52	-2.22	48	-0.79	42	748	44.00
32	A679/420N89	-3.33	35	-0.075	44	-0.13	59	6.09**	51	12.31	88	-2.38	15	-0.54	52	4.25	84	936	55.05
33	K18-B/1392 (Indonesia-Colombia)	-17.64**	16	-0.128	31	-0.06	46	8.22**	56	13.94**	94	-2.38	15	-0.54	52	4.25	84	936	55.05
34	6K1388	-6.71**	38	-0.075	44	-0.13	59	6.09**	51	12.31	88	-2.38	15	-0.54	52	4.25	84	936	55.05
35	70*1388	2.72	49	0.122	47	0.167	74	4.01**	32	5.42	59	-2.54	81	0.81	61	2.54	72	1055	62.05
36	14*89	4.41	56	0.286*	93	0.1785	97	14.23**	27	5.42	69	-2.54	81	0.81	61	2.54	72	1055	62.05
37	6*88	5.6	61	-0.162	27	-0.17	42	6.04**	30	-1.95	72	-4.08	29	-4.08	29	-4.75*	6	445	26.17
38	3K191	10.29**	88	-0.122	31	-0.05	58	8.22**	56	13.94**	94	-2.38	15	-0.54	52	4.25	84	936	55.05
39	K1263/1 (Sterilized)	16.07**	89	-0.12	26	-0.15	27	5.45**	30	-1.95	72	-4.08	29	-4.08	29	-4.75*	6	445	26.17
40	1387/953 Chase*	-4.58*	40	-0.13	47	-0.36*	26	4.16	26	-1.05	37	0.76	30	-1.05	30	-1.63	53	383	37.82
41	K615/1	5.49*	59	-0.103	41	0.017	45	5.48**	40	1.72	36	0.65	67	-3.91*	13	-5.64**	4	778	45.76
42	39*89 (Silber)	3.19	49	-0.191	20	-0.067	45	4.41**	31	-8.2	10	-1.64	53	-0.83	33	-2.1	21	466	27.41
43	16*88	-0.56	69	-0.08	73	-0.15	83	3.13**	19	1.48	72	-2.22	52	-2.22	48	-0.79	42	748	44.00
44	115*1381 (White cob cm)	-10.5**	20	-0.023	50	-0.178	15	6.28**	53	8.3	71	-2.64	85	-1.96	28	-0.55	56	826	48.38
45	138*89	-2.4	37	-0.213	15	-0.14	26	3.75**	53	8.44	74	-7.83	37	-1.01	26	-3.73	76	853	50.17
46	K191/1392 (Isolate)	-12.36**	17	-0.071	47	-0.21	44	8.45**	50	10.41	91	-4.19**	11	-2.9	77	-7.77	45	707	45.70
47	P13L2	14.58**	86	0.04	67	0.04	74	6.01**	48	2.02	29	-1.92	55	-5.63**	6	-5.18*	5	814	47.88
48	P19L7 Kahia	2.28	48	-0.174	25	-0.07	41	8.58**	82	10.2	88	-2.38	15	-0.54	52	4.25	84	936	55.05
49	P15L6	3.83	53	-0.003	64	-0.03	64	6.01**	48	2.02	29	-1.92	55	-5.63**	6	-5.18*	5	814	47.88
50	P6L1	7.6**	69	0.087	73	0.12	92	8.58**	82	10.2	88	-2.38	15	-0.54	52	4.25	84	936	55.05
51	P12L7	20.52**	96	0.205	85	0.21	82	8.58**	82	10.2	88	-2.38	15	-0.54	52	4.25	84	936	55.05
52	P14L1 Kahia	-11.61**	17	-0.031	50	-0.09	74	12.08**	20	8.46	70	-2.66	82	-3.09	12	-3.09	12	1115	65.38
53	P15L6 Kahia	-15.91**	83	0.012	61	0.040	70	10.1**	93	8.46	70	-2.66	82	-3.09	12	-3.09	12	1115	65.38
54	P11L7	20.52**	96	0.205	85	0.21	82	8.58**	82	10.2	88	-2.38	15	-0.54	52	4.25	84	936	55.05
55	P14L2	-22.68**	3	-0.275*	92	0.02	69	10.5*	95	9.84	80	-3.98	31	-4.21*	37	-4.07	41	930	54.70
56	P14L2	10.21**	87	0.256*	90	0.178	90	4.2	84	7.92	84	-2.17	42	-3.17	38	-3.17	38	1194	61.29
57	P10L5	16.47**	90	0.25*	96	0.16	86	13.97**	92	12.71	92	-1.21	62	-0.81	35	-1.31	63	1325	77.94
58	P19L6 Kahia	6.81**	65	0.34*	90	0.21	93	8.55**	88	12.75*	92	-1.21	62	-0.81	35	-1.31	63	1325	77.94
59	P19L4 Kahia	-1.82	39	-0.221	14	-0.08	45	9.86**	81	15.9**	94	-2.88	43	-0.38	44	-2.16**	3	977	57.47
60	P15L4	18.42**	93	0.39	99	0.07	79	9.8.											

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
Tassle 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	سهم 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

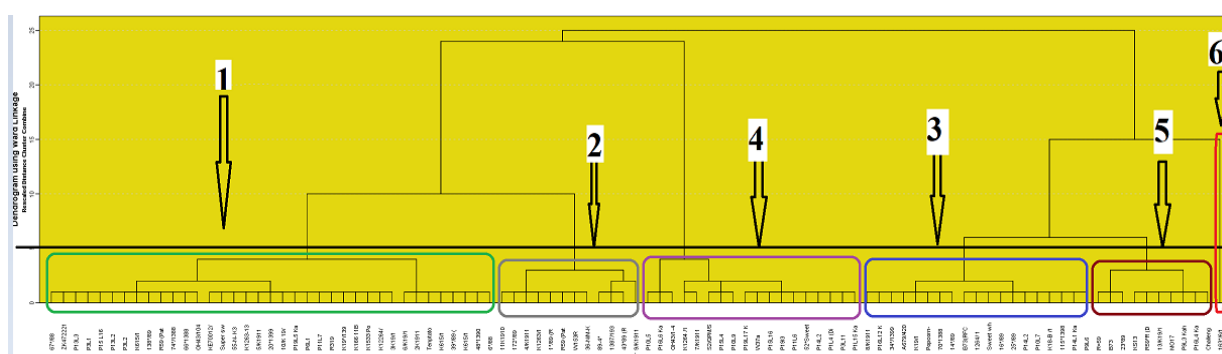
Fig. 3. 2D Biplot of maize genotypes based on first and second components

ژنوتیپ‌های قرار گرفته در خوشه سوم دارای رتبه‌های اصلاحی بسیار بالایی بودند. ژنوتیپ ۱۴۸/۸۹ 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 ۱/۱ K1264 و ۷/۱ 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 PL0L5 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 ۱۶۳/۶/۱۵ 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. براین 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

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	درصد	مجموع درصد	درصد	مجموع درصد	درصد	مجموع درصد	درصد	مجموع درصد	درصد	مجموع درصد	درصد	مجموع درصد	مجموع درصد
Clusters	%	Total	%	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

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 میهایلو و چرنوف (Mihailov and Chernov, 2006) نشان دهنده سهم بیشتر اثرات غیرافزایشی از نوع اپیستازی 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

والدین دورگ، دارای آلل‌های متفاوتی در هر مکان ژنی هستند که در بین آنها آلل‌هایی با اثر غالبیت تا فوق‌غالبیت 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 مثمر‌تر 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 اپیستازی، 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

ژنوتیپ می‌توان 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. وراثت‌پذیری خصوصی ۱۷ صفت مورد مطالعه در تمامی موارد معنی‌دار بود. بالاترین مقدار وراثت‌پذیری خصوصی مربوط به زمان ظهور گل‌آذین نر و کمترین مقدار آن

مربوط به عدد کلروفیل متر بود. وراثت‌پذیری 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، وراثت‌پذیری 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 غفاری‌آذر دانش‌آموخته کارشناسی ارشد بیوتکنولوژی کشاورزی به خاطر کمک در تهیه داده‌های مولکولی تشکر و قدردانی می‌شود.

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

- resistant inberd 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. Macmillian 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. Prodham. 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. Darvishzadeh²

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)