

تجزیه ژنتیکی تحمل به خشکی در ذرت به روش دی آلل *
Genetic Analysis of Drought Tolerance in Maize (*Zea mays* L.)
Using Diallel Method

عزیز آفرینش، عزت‌الله فرشادفر و رجب چوکان

مرکز تحقیقات کشاورزی صفی آباد، دزفول

تاریخ دریافت: ۸۱/۱۰/۱

چکیده

آفرینش، ع.، فرشادفر، ع.، و چوکان، ر. ۱۳۸۳. تجزیه ژنتیکی تحمل به خشکی در ذرت به روش دی آلل. نهال و بذر ۲۰: ۴۷۳-۴۵۷.

تنش خشکی از عواملی است که محصول ذرت را در مناطق خشک دنیا و از جمله ایران به شدت مورد تهدید قرار می‌دهد. اطلاع از ویژگی‌های ژنتیکی صفات ذرت، نحوه توارث و عکس‌العمل آن‌ها در شرایط تنش حائز اهمیت بسیار است. برای اطلاع از این ویژگی‌ها تحقیق حاضر در قالب طرح دی آلل کراس با استفاده از روش دوم گریفینگ در مرکز تحقیقات کشاورزی صفی آباد دزفول اجراء گردید و روش تجزیه ژنتیکی هیمن برای تحلیل گرافیکی به کار گرفته شد. به دلیل عدم تحقق فرضیات دی آلل به روش هیمن در مورد بیشتر صفات، این تجزیه فقط بر روی صفت طول بلال انجام شد. برای این منظور از پانزده هیبرید حاصل از یک تلاقی دی آلل همراه با شش لاین خالص برای مطالعه ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی و نوع عمل ژن‌ها استفاده گردید. شش لاین والد به همراه نتاج F_1 حاصل از آن‌ها در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دو شرایط آبیاری عادی و تنش خشکی در دوره گلدهی و پر شدن دانه مقایسه گردیدند. براساس نتایج به دست آمده، در کنترل کلیه صفات شامل عملکرد دانه، وزن هزار دانه، قطر بلال، طول بلال و ASI در هر دو شرایط محیطی واریانس غالبیت از اهمیت بالایی برخوردار بود، لذا روش‌های اصلاحی مبتنی بر استخراج لاین‌های خالص متحمل به خشکی و سپس اعمال دورگ‌گیری بین آن‌ها برای یافتن بهترین ترکیب، مناسب است. به طور کلی در شرایط بدون تنش غالباً واریانس‌های افزایشی و غالبیت به اتفاق نقش داشتند، اما در شرایط تنش از اهمیت اثر افزایشی کاسته و بر نقش اثر غالبیت افزوده می‌گردید.

واژه‌های کلیدی: ذرت، تنش خشکی، ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی، واریانس غالبیت و افزایشی.

* قسمتی از پایان‌نامه کارشناسی ارشد نگارنده اول که به دانشکده کشاورزی دانشگاه رازی ارائه شده است.

مقدمه

زمان استقرار گیاه، دوره گلدهی و اواسط تا اواخر دوره پر شدن دانه. خسارت خشکی در دوره گلدهی از دو مرحله دیگر شدیدتر بوده و در بعضی موارد عملکرد دانه به صفر نیز می‌رسد. به نظر شارما (Sharma, 1998) و کرسی و پونی (Kearsey and Pooni, 1996) تعیین اجزاء واریانس ژنتیکی صفات در گیاهان زراعی یکی از فعالیت‌های اساسی در هر برنامه به‌نژادی است. بیشتر تحقیقات تخمین ترکیب‌پذیری و تعیین نوع واریانس ژنتیکی براساس تلاقی‌های دی آلل بوده که از این جهت احتمالاً به دلیل تغییر در نوع مواد ژنتیکی به کار رفته، روند یکسانی از نظر ماهیت کنترل ژنتیکی برای صفات گوناگون در ذرت را نشان نمی‌دهد. سینگ و نارایانان (Singh and Narayanan, 1993) روش دی آلل را مبتنی بر فرضیاتی می‌دانند که عمدتاً عبارتند از: ۱- والدین خالص باشند ۲- سیستم توارثی گیاه دیپلوئید باشد ۳- اثرات متقابل یا مادری وجود نداشته باشد ۴- هر مکان ژنی دارای دو آلل باشد ۵- ایستازی وجود نداشته باشد ۶- ژن‌ها به طور مستقل در والدین توزیع شده باشند.

ویلیامز و همکاران (Williams *et al.*, 1969) از آزمایش دی آلل خود نتیجه گرفتند که وراثت تحمل به خشکی در ذرت شیرین از غالبیت ناقص تا غالبیت کامل تبعیت می‌کند. واعظی و همکاران (۱۳۷۸) برای صفات عملکرد دانه، قطر بلال، طول بلال، تعداد

کشور ایران با ۲۴۰ میلی‌متر متوسط باران سالیانه در مقابل ۸۰۰ میلی‌متر بارندگی جهانی، کشوری خشک و نیمه خشک محسوب می‌گردد (نوروزی، مجله آب، خاک و ماشین، شماره ۷، سال ۱۳۷۴). تنش روند غیرعادی فرایندهای فیزیکی است که از تأثیر یک یا ترکیبی از عوامل زیستی و محیطی حاصل می‌شود. تنش دارای توان آسیب‌زایی است که در نتیجه آن متابولیسم غیرعادی در گیاه رخ می‌دهد و ممکن است به صورت کاهش رشد، بازده و یا مرگ کل گیاه و یا بخشی از آن بروز کند (حکمت شعار، ۱۳۷۲). ادمیدس و همکاران (Edmeads *et al.*, 1992) تخمین زده‌اند که خسارت سالانه خشکی در اوایل سال‌های ۱۹۹۰ در مناطق ذرت کاری غیرگرمسیر در جمع حدود ۱۹ میلیون تن یعنی ۱۵ درصد کاهش در تولید بوده است. بررسی‌های دنم‌د و شاو (Denmead and Shaw, 1962) نشان داد که تنش خشکی، عملکرد دانه را تا ۲۵ درصد قبل از ظهور گل تاجی، ۵۰ درصد در زمان ظهور کاکل و تا ۲۱ درصد بعد از ظهور کاکل کاهش می‌دهد و در این مورد طول دوره تنش نیز اهمیت دارد.

هسی و همکاران (Heisey *et al.*, 1998) نتیجه گرفتند که تنش خشکی بر توانایی گیاه ذرت برای تولید محصول در سه مرحله بحرانی رشد اثر می‌گذارد که این مراحل عبارتند از

است. نامبرده همچنین لاین K18 را با ترکیب پذیری معنی دار ولی منفی برای صفت تعداد ردیف دانه شناسایی نمود. تحقیق حاضر با هدف تعیین میزان واریانس ژنتیکی و اجزاء آن (افزایشی و غالبیت) در شرایط بدون تنش و مقایسه آن‌ها با شرایط تنش خشکی بر روی اجزاء عملکرد ذرت، جهت معرفی روش اصلاحی مناسب، برای حصول لاین‌های متحمل به خشکی اجراء گردید.

مواد و روش‌ها

عملیات تهیه زمین شامل گاواهن، دیسک، تسطیح و ایجاد فارو در هر قطعه به طور یکسان انجام شد. مقدار ۲۰۰ کیلوگرم کود اوره به همراه ۳۵۰ کیلوگرم فسفات آمونیم در هکتار قبل از کشت و ۲۰۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار به صورت سرک در مرحله ۹-۷ برگی مصرف گردید. طرح در دو آزمایش جداگانه در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و در دو محیط تنش خشکی و بدون تنش اجراء گردید. عملیات کاشت برای هر دو محیط یکسان و به صورت دستی بود. هر کرت شامل چهار خط کشت به طول پنج متر و با فاصله ردیف ۷۵ سانتی‌متر بود که دو خط کناری به عنوان حاشیه در نظر گرفته شد. کلیه یادداشت‌برداری‌ها بر روی دو خط وسط صورت گرفت. در طرح از شش لاین خالص ذرت به اسامی K 104/3، 760/7، K 1515، K 18، K 19 و K1264/1. استفاده شد و با

ردیف دانه، تعداد دانه در ردیف و وزن ۳۰۰ دانه اثر غالبیت گزارش کرده‌اند. در تحقیق دیگری برای صفت عملکرد، اثرات غیرافزایشی و برای تعداد ردیف دانه در بلال، تعداد دانه در ردیف و وزن هزار دانه واریانس افزایشی سهم بیشتری از واریانس ژنتیکی را بر عهده داشته است (حداد و وجدانی، ۱۳۶۷). به نظر اوچینگ و کمپتون (Oching and Compton, 1994) در کنترل عملکرد دانه ذرت اثر غالبیت مؤثرترند. دوفینگ و همکاران (Dofing et al., 1991) نیز با استفاده از تجزیه میانگین نسل‌ها در ذرت نتیجه گرفتند که اثر غالبیت در کنترل صفات عملکرد دانه، وزن پنجاه دانه، طول بلال و قطر بلال مؤثرتر است. چوکان (۱۳۷۸) با استفاده از تلاقی دی آلل بین ده لاین خالص ذرت گزارش نمود که در کنترل صفات عملکرد دانه، تعداد ردیف دانه در بلال و عمق دانه اثر افزایشی و غیرافزایشی و در کنترل صفات تعداد روزها تا گل‌دهی، تعداد دانه در هر ردیف بلال و وزن هزاردانه صرفاً اثر افزایشی مؤثر است. در آن آزمایش لاین K1264/1 برای تولید ژرم‌پلاسم‌های زودرس مناسب تشخیص داده شد. چوکان (۱۳۸۰) در تحقیق دی آلل دیگری با استفاده از پنج لاین خالص ذرت، در کنترل صفت عملکرد دانه اثر غالبیت و برای صفات وزن هزار دانه و تعداد ردیف در بلال اثر افزایشی، و برای صفت تعداد دانه در ردیف هم اثر افزایشی و هم اثر غالبیت را مؤثر دانسته

شده است. نتایج مقایسه میانگین صفات معنی دار شده در جدول ۲ نشان داده شده است. از داده‌های این جدول نیز چنین پیداست که ژنوتیپ‌ها از نظر صفات مختلف دارای نمودهای متفاوتی نسبت به شرایط محیطی بوده و به جز صفت ASI که مقادیر به دست آمده برای آن در شرایط تنش خشکی، بیشتر از شرایط بدون تنش است، مقادیر به دست آمده برای سایر صفات در شرایط بدون تنش، همواره از مقادیر متناظر آن‌ها در شرایط تنش بیشتر است و این مطلب اثر سوء تنش خشکی را بر صفات اندازه‌گیری شده نشان می‌دهد. همان طور که در این جدول مشاهده می‌شود، در شرایط محیطی بدون تنش تلاقی ۳×۵ با عملکرد دانه ۱۷۸/۹ و در شرایط محیطی تنش تلاقی ۲×۴ با ۱۴۹/۵ گرم در بوته در کلاس A قرار گرفتند. در شرایط بدون تنش تلاقی ۵×۶ با وزن هزار دانه ۳۰۰/۴ گرم در کلاس A قرار گرفت و در شرایط تنش تلاقی‌های ۲×۴ با ۲۴۱/۹ و ۳×۵ با ۲۴۳/۶ گرم در کلاس A قرار گرفتند. در شرایط بدون تنش تلاقی‌های ۱×۴، ۱×۵، ۲×۴، ۲×۵، ۳×۴، ۳×۵ و ۴×۵ بالاترین طول بلال را داشته و در کلاس A قرار گرفتند و در شرایط تنش فقط تلاقی ۲×۴ با ۱۷/۹ سانتی‌متر در کلاس A قرار گرفت. در شرایط بدون تنش تلاقی ۱×۳ با قطر بلال ۵/۲۱ و در شرایط تنش همین تلاقی با ۴/۸۱ و تلاقی ۳×۵ با ۴/۸۳ سانتی‌متر در کلاس A قرار گرفتند. در شرایط بدون تنش تلاقی ۳×۵ با ۲/۶۷ روز

استفاده از روش دوم گریفینگ، ۱۵ ترکیب حاصل شد. بنابراین مجموعاً ۲۱ تیمار (۶ لاین و ۱۵ ترکیب) مورد بررسی قرار گرفتند. آبیاری در قطعه بدون تنش از ابتدای کاشت تا زمان برداشت به طور معمول و پس از ۹۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A انجام شد. آبیاری در قطعه با تنش تا ۲۰ روز قبل از گلدهی به طور معمول و از آن به بعد تا زمان برداشت پس از ۱۴۰-۱۳۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A صورت گرفت. بدین ترتیب گیاهان در این قطعه تحت تأثیر تنش خشکی در دوره گلدهی و پر شدن دانه قرار گرفتند. پنج صفت شامل عملکرد دانه، وزن هزار دانه، طول بلال، قطر بلال و فاصله ظهور گرده تا ظهور کاکل (ASI: Anthesis-Silking Interval) ارزیابی و پارامترهای ژنتیکی شامل ترکیب‌پذیری عمومی (GCA)، ترکیب‌پذیری خصوصی (SCA) و اجزاء واریانس ژنتیکی افزایشی و غالبیت آن‌ها برآورد گردید (فرشادفر، ۱۳۶۷). برای تجزیه واریانس و آزمون مقایسه میانگین‌ها از نرم‌افزار آماری MSTAT-C و جهت تجزیه دی‌آلل از نرم‌افزار D₂ استفاده شده است.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس ساده صفات و ضریب همبستگی آن‌ها با عملکرد، در جدول (۱) ارائه شده است. از جدول چنین نتیجه گرفته می‌شود که در هر دو شرایط محیطی، واریانس تیمارها برای کلیه صفات در سطح یک درصد معنی دار

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات مختلف ذرت در دو شرایط تنش و بدون تنش و ضرایب همبستگی صفات با عملکرد دانه

Table 1. ANOVA for different characters of maize in stress and non-stress conditions and their correlation coefficients with grain yield

S. O. V.	درجه آزادی	عملکرد دانه		وزن هزار دانه		قطر بلال		طول بلال		فاصله ظهور گرده تا کاکل	
		Grain yield		1000 Kernel weight		Ear diameter		Ear length		ASI	
		N	S	N	S	N	S	N	S	N	S
Replication	2	534.27*	651.87	101.75	381.11	0.004	0.22	1.44	1.35	2.21	6.78*
Treatment	20	5480.13***	3382.23***	2390.00**	1097.67**	0.650**	0.58**	24.31**	22.05**	7.25**	4.92**
Error	40	127.66	418.82	311.84	376.87	0.020	0.04	1.05	1.06	1.69	1.54
C. V. %		9.78	23.13	6.96	9.02	3.18	4.92	6.49	7.2	24.09	25.56
ضرایب همبستگی با عملکرد دانه											
Correlation coefficient with grain yield											
S = Stress condition											
N = Non-stress condition											
* and ** : Significant at 5% and 1% of probability levels, respectively.											
ASI: Anthesis-Silking Interval											

ضرایب همبستگی با عملکرد دانه

S = شرایط تنش

N = شرایط بدون تنش

* و **: به ترتیب معنی دار در سطح پنج درصد و یک درصد.

جدول ۲- مقایسه میانگین صفات مختلف ذرت با آزمون دانکن

Table 2. Comparison of the means of characters using Duncan's method

شماره No.	والدین و تلاقی‌ها* Parents and crosses*	عملکرد دانه		وزن هزار دانه		قطر بابل		طول بابل		فاصله ظهور گرده تا کارگیل ASI	
		Grain yield (g/plant)	S	1000 kernel weight (g)	S	Far diameter (cm)	S	Ear length (cm)	S	N	S
1	1	51.9 gh	48.4 ef	202.6 cf	190.6 bc	4.59 def	4.46 ab	11.30 g	10.59 hij	6.33 abcd	6.67 abc
2	2	52.9 gh	48.9 ef	210.8 def	199.2 abc	3.82 g	3.76 cde	11.50 fg	11.49 ghi	7.33 abc	6.00 abcd
3	3	78.4 fg	52.6 def	199.4 f	177.1 c	4.45 f	4.08 bcd	12.23 efg	9.80 ij	4.33 bcde	4.67 abcd
4	4	50.3 g	14.1 ef	209.2 def	206.3 abc	3.75 g	3.25 f	15.48 hcd	11.30 ghij	5.33 abcde	6.67 abc
5	5	61.4 g	31.6 f	257.8 abc	237.5 ab	3.90 g	3.29 ef	14.93 cd	12.53 fgh	5.33 abcde	6.67 abc
6	6	33.9 h	31.2 f	251.9 bcd	217.9 abc	3.70 g	3.60 def	10.57 g	8.89 j	8.33 a	4.33 abcd
7	1×2	102.7 cf	87.1 bcde	244.2 cde	201.6 abc	4.65 cdef	4.49 ab	14.03 de	15.04 bcdef	6.33 abcd	7.00 ab
8	1×3	116.7 de	104.6 abc	249.6 bcd	226.9 abc	5.21 a	4.81 a	14.00 de	14.23 def	6.67 abcd	7.67 a
9	1×4	154.4 abc	107.1 abc	248.9 bcd	215.4 abc	4.99 abc	4.56 ab	18.73 a	17.50 ab	4.67 bcde	4.67 abcd
10	1×5	155.1 abc	109.5 abc	265.7 abc	212.3 abc	5.03 ab	4.46 ab	18.60 a	17.33 ab	4.67 bcde	6.67 abc
11	1×6	101.6 ef	71.4 cdef	248.6 bcd	189.4 bc	5.06 ab	4.26 bc	13.80 def	13.30 efg	6.67 abcd	7.00 abc
12	2×3	142.2 bcd	104.3 abc	262.7 abc	232.7 ab	4.89 abcde	4.50 ab	15.63 bcd	14.50 cdef	3.67 de	4.33 bc
13	2×4	155.0 abc	149.5 a	264.3 abc	241.9 a	4.55 ef	4.17 bc	19.27 a	17.90 a	6.67 abcd	4.33 bc
14	2×5	158.4 abc	113.0 abc	286.0 abc	228.3 ab	4.71 bcdef	4.40 ab	18.67 a	16.33 abcd	3.33 de	4.33 bc
15	2×6	119.4 de	86.1 bcde	259.9 abc	213.6 abc	4.94 abcd	4.36 ab	14.80 cd	14.40 def	5.67 abcde	6.33 abc
16	3×4	165.5 ab	114.9 abc	274.0 abc	233.2 ab	4.79 bcdef	4.45 ab	18.83 a	16.40 abcd	4.00 cde	3.00 d
17	3×5	178.9 a	134.9 ab	293.7 ab	243.6 a	5.08 ab	4.83 a	19.03 a	17.07 abc	2.67 e	3.67 cd
18	3×6	123.1 de	108.7 abc	252.8 bcd	190.7 bc	5.04 ab	4.45 ab	15.77 bcd	13.20 fg	3.67 de	5.00 abcd
19	4×5	142.9 bcd	100.5 abcd	273.3 abc	210.1 bc	4.58 def	4.09 bcd	18.67 a	16.80 abcd	6.00 abcde	5.00 abcde
20	4×6	137.2 cd	104.3 abc	272.7 abc	237.1 ab	4.92 abcde	4.43 ab	17.10 abc	16.20 abcd	7.67 ab	6.00 abcd
21	5×6	125.3 de	102.8 abc	300.4 a	216.7 abc	4.79 bcdef	4.58 ab	17.93 ab	15.80 abcde	4.00 cde	5.67 abcd

S = شرایط تنفس

N = شرایط بدون تنفس

Means with similar letters in each column are not significantly different.

* Parent 1 = K 104/3; Parent 2 = K760/7; Parent 3 = K151/5; Parent 4 = K18; Parent 5 = K19; Parent 6 = K1264/1

ASI: Anthesis-Silking Interval

این صفت را کنترل می‌کنند، اما در شرایط تنش فعالیت ژن‌های کوچک اثر، تضعیف شده و یا متوقف می‌گردد و فقط ژن‌های بزرگ اثر و غالب قادرند به فعالیت خود ادامه داده و ظاهر شوند. در جدول‌های ۶ و ۷ نیز ملاحظه می‌شود که صد در صد واریانس ژنتیکی متعلق به واریانس غالبیت است. اهمیت اثر غالبیت در کنترل عملکرد دانه قبلاً توسط چوکان (۱۳۸۰)، حداد و وجدانی (۱۳۶۷)، اوچینگ و کمپتون (Oching and Compton, 1994) و دوفینگ و همکاران (Dofing *et al.*, 1991) گزارش شده است. بنابراین در هر دو شرایط محیطی به خصوص در شرایط تنش خشکی برای اصلاح صفت عملکرد دانه می‌توان از روش‌های اصلاحی مبتنی بر دورگ‌گیری سود جست. در شرایط بدون تنش لاین‌های شماره ۳ (K1515)، ۴ (K18) و ۵ (K19) اثر ترکیب‌پذیری عمومی مثبت و معنی‌دار و لاین‌های شماره ۱ (K104/3)، ۲ (K760/7) و ۶ (K1264/1) اثر منفی و معنی‌داری بر عملکرد دانه داشتند (جدول ۴).

بنابراین لاین‌های شماره ۳، ۴ و ۵ لاین‌های مناسبی برای افزایش عملکرد دانه در هیبریدهای حاصل می‌باشند. در جدول ۵ نیز مشاهده می‌گردد که بهترین ترکیب‌پذیری خصوصی از ترکیب دو لاین شماره ۳ و ۵ به میزان ۴۴/۷۵ گرم در بوته حاصل شده است. همان‌طور که قبلاً مشاهده شد، این تلاقی در جدول مقایسه میانگین‌ها با ۱۷۸/۹ گرم در بوته در کلاس A قرار گرفت (جدول ۲). در همین جدول مشاهده

کمترین مقدار ASI را به خود اختصاص داد و در کلاس E قرار گرفت و در شرایط تنش تلاقی ۳×۴ با سه روز کمترین و در کلاس D قرار گرفت (جدول ۲). واریانس‌های GCA و SCA برای صفت عملکرد دانه در شرایط بدون تنش در سطح پنج درصد و در شرایط تنش فقط واریانس SCA در سطح پنج درصد معنی‌دار شد. بنابراین می‌توان چنین نتیجه گرفت که در شرایط بدون تنش واریانس‌های افزایشی و غالبیت هر دو در کنترل این صفت اهمیت دارند، اما معنی‌دار نشدن نسبت GCA/SCA بیانگر اهمیت بیشتر اثر غالبیت در کنترل عملکرد دانه است. از آن‌جا که در شرایط تنش فقط اثر SCA معنی‌دار گردید، بنابراین نسبت GCA/SCA به علت عدم معنی‌دار شدن GCA قابل محاسبه نبود، که خود دلیل دیگری بر اهمیت اثر غالبیت در کنترل این صفت در شرایط تنش خشکی است. به نظر می‌رسد که تنش خشکی در جهت کاهش اثر افزایشی و افزایش اثر غالبیت عمل کرده باشد (جدول ۳).

عملکرد یک صفت کمی است و مثل هر صفت کمی دیگر توسط تعداد زیادی ژن با اثرهای افزایشی و کوچک کنترل می‌شود که به شدت تحت تأثیر شرایط محیطی قرار دارند. اما پاره‌ای از ژن‌هایی که این صفت و یا هر صفت کمی دیگر را کنترل می‌کنند ممکن است دارای اثر غالبیت باشند (فرشادفر، ۱۳۶۷). از این نتایج چنین استنباط می‌گردد که در شرایط آبیاری عادی هر دو اثر افزایشی و غالبیت با همدیگر

جدول ۳- برآورد واریانس ترکیب‌پذیری عمومی (GCA) و خصوصی (SCA) صفات مختلف ذرت
Table 3. Estimate of general combining ability (GCA) and specific combining ability (SCA) of different characters of maize

S. O. V.	منابع تغییرات	درجه آزادی df.	صمغ دانه		وزن هزار دانه		میانگین برمهات		طول بلال		فاصله ظهور گرده تا کامل	
			Grain yield		1000 Kernel weight		Ear diameter		Ear length		ASI	
			N	S	N	S	N	S	N	S	N	S
GCA	قابلیت ترکیب‌پذیری عمومی	5	1061.84*	921.64	1153.75*	395.9*	0.55**	0.21*	13.24*	6.04*	4.53*	2.41*
SCA	قابلیت ترکیب‌پذیری خصوصی	15	2082.53*	2576.14*	682.23*	355.8*	0.67**	0.18**	6.39*	7.79*	1.72*	1.38*
Error	خطا	40	42.58	989.51	104.34	125.6	2.12	0.02	0.35	0.35	0.56	0.52
GCA/SCA			0.51 ^{ns}	--	1.69 ^{ns}	1.11 ^{ns}	0.82 ^{ns}	1.20 ^{ns}	2.07 ^{ns}	0.78 ^{ns}	2.64 ^{ns}	1.75 ^{ns}

S = Stress condition

N = Non-stress condition

* and **: Significant at 5% and 1% of probability levels, respectively.

ASI: Anthesis-Silking Interval

S = شرایط تنش

N = شرایط بدون تنش

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح پنج درصد و یک درصد.

جدول ۴- برآورد اثرهای GCA والدین

Table 4. Estimate of the GCA effects of the parents

شماره No.	والدین Parents	صمگوردانه Grain yield		وزن هزار دانه 1000 kernel weight		قطر بلال Ear diameter		طول بلال Ear length		فاصله ظهور گرده تا کاکل ASI	
		N	S	N	S	N	S	N	S	N	S
1	K 104/3	-9.287*	-	-13.866*	-10.071*	0.201	0.189	-1.063	-0.200	0.486	0.972*
2	K 760/7	-3.158*	-	-4.823*	1.136	-0.133	-0.020	-0.613	0.122	0.319	-0.028
3	K 1515	9.329*	-	5.780*	-3.253	0.176	0.193	-0.321	-0.657	-1.056*	-0.694
4	K 18	10.569*	-	-3.313	5.366*	-0.140	-0.223	1.654*	0.897*	0.236	-0.278
5	K 19	9.330*	-	20.030*	9.817*	-0.060	-0.091	1.562*	1.031*	-0.806	0.014
6	K 1264/1	-16.782*	-	7.751*	-2.996	-0.044	-0.048	-1.221	-1.193*	0.819	0.014
(Gi)	انحلاف بحرانی	2.844	-	3.559	3.730	0.323	0.433	1.288	0.859	0.965	0.943
(Gi-Gj)	انحلاف بحرانی	3.540	-	4.430	4.640	0.402	0.539	1.603	1.069	1.201	1.174

S = شرایط تنش

N = شرایط بدون تنش

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطح پنج درصد و یک درصد.

* and **: Significant at 5% and 1% of probability levels, respectively.

ASI: Anthesis-Silking Interval

جدول ۵- تخمین اثرهای SCA تلاقی‌ها

Table 5. Estimate of the SCA effects of the crosses

تلاقی‌ها (1) Crosses	عملکرد دانه Grain yield		وزن هزار دانه 1000 kernel weight		قطر بلال Ear diameter		طول بلال Ear length		فاصله ظهور گرده تا کاکل ASI	
	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S
1×2	-0.33	-7.57	8.96*	-4.85	-0.056	0.087	-0.049	0.806	0.131	0.548
1×3	0.09	19.91*	15.24*	24.87*	0.138	0.186	-0.374	0.778	1.840*	1.881*
1×4	37.58*	4.72	12.08*	4.76	0.291	0.026	2.385*	2.491*	-1.452	-1.536
1×5	39.52*	13.82*	8.57*	-2.74	0.257	0.128	2.376*	2.190*	-0.411	0.173
1×6	12.15*	-13.27*	2.33	-12.85*	0.264	-0.116	0.326	0.380	-0.036	0.506
2×3	20.54*	-29.51*	19.32*	19.47*	0.209	0.092	0.810	0.723	-0.994	-0.452
2×4	32.07*	59.65*	18.49*	20.02*	0.186	0.176	2.468*	2.569*	-0.714	-0.869
2×5	36.67*	29.85*	17.24*	1.98	0.272	0.273	1.960*	0.868	-1.577	-1.161
2×6	23.77*	14.01*	3.04	0.12	0.479	0.193	0.876	1.158	-0.869	0.839
3×4	30.12*	4.36	29.13*	15.73*	0.119	0.245	1.743*	1.814*	-0.577	-1.536
3×5	44.75*	31.08*	25.52*	21.74*	0.329	0.493	2.035*	2.380*	-0.869	-1.161
3×6	15.06*	15.87*	-3.18	-18.39*	0.273	0.066	1.551*	0.703	-1.494	0.173
4×5	7.48*	9.62	2.36	-20.46*	0.146	0.166	-0.307	0.593	1.173	-0.244
4×6	27.86*	24.49*	14.27*	19.40*	0.466	0.463	0.910	2.183*	1.214	0.760
5×6	17.25*	20.71*	18.66*	-5.49	0.219	0.478	1.835*	1.649*	-1.411	0.131
Sti	4.714	10.35	5.895	6.178	0.535	0.72	1.418	1.423	1.599	1.563
Sij	4.283	9.405	5.359	5.614	0.486	0.65	1.288	1.293	1.488	1.42

S = شرایط تنش

N = شرایط بدون تنش

* and **: Significant at 5% and 1% of probability levels, respectively.

(1): See Table 2.

ASI: Anthesis-Silking Interval

جدول ۶- برآورد واریانس‌های افزایشی و غالبیت در شرایط بدون تنش
 Table 6 . Estimate of the additive and dominance variances in the non- stress condition

ردیف Row	صفت Character	واریانس غالبیت Dominance var.		واریانس افزایشی Additive var.	
		برآورد Estimate	درصد Percentage	برآورد Estimate	درصد Percentage
1	عملکرد دانه Grain yield	2039.95	100.00	-255.17	0.00
2	وزن هزار دانه 1000 kernel weight	577.88	83.06	117.88	16.90
4	قطر بلال Ear diameter	0.22	100.00	-0.01	0.00
3	طول بلال Ear length	6.04	77.94	1.71	22.06
5	فاصله ظهور گرده تا کاکل ASI	1.15	62.16	0.7	37.84

ASI: Anthesis-Silking Interval

جدول ۷- برآورد واریانس‌های افزایشی و غالبیت در شرایط تنش
 Table 7. Estimate of the additive and dominance variances in the stress condition

ردیف Row	صفت Character	واریانس غالبیت Dominance var.		واریانس افزایشی Additive var.	
		برآورد Estimate	درصد Percentage	برآورد Estimate	درصد Percentage
1	عملکرد دانه Grain yield	1586.63	100.00	-413.62	0.00
2	وزن هزار دانه 1000 kernel weight	230.21	95.83	10.02	4.17
3	قطر بلال Ear Diameter	0.15	93.75	0.01	6.25
4	طول بلال Ear length	7.43	100.00	-0.44	0.00
5	فاصله ظهور گرده تا کاکل ASI	0.87	76.99	0.26	23.00

ASI: Anthesis-Silking Interval

بدون تنش عملکرد خوبی داشته باشد، الزاماً در شرایط تنش دارای عملکرد خوب نخواهد بود و به عبارت دیگر هر گونه فعالیت اصلاحی ذرت برای تولید مواد ژنتیکی متحمل به تنش خشکی

می‌شود که در شرایط تنش بهترین تلاقی خصوصی تلاقی دیگری (۲×۴) است که با عملکرد دانه ۱۴۹/۵ گرم در بوته در کلاس A قرار گرفته است. بنابراین تلاقی که در شرایط

دورگ گیری منجر به نتایج بهتری می گردد. این در حالی است که حداد و وجدانی (۱۳۶۷) و چوکان (۱۳۷۸) اثر افزایشی را در کنترل وزن هزاردانه مؤثر دانسته‌اند. با توجه به همبستگی مثبت و معنی دار عملکرد با این صفت (جدول ۱)، در هر دو شرایط محیطی از آن برای افزایش عملکرد دانه در هیبریدهای حاصل می توان سود برد. در شرایط تنش لاین‌های شماره ۴ (K18) و ۵ (K19) از ترکیب پذیری عمومی مثبت و معنی داری برای این صفت برخوردار بودند، در حالی که لاین شماره ۱ (K104/3) از نظر این صفت ترکیب پذیری منفی و معنی داری نشان داد، بنابراین گزینش برای وزن هزاردانه در تلاقی حاصل از دو لاین K18 و K19 می تواند منجر به انتخاب بوته‌های با عملکرد بالا گردد. در شرایط بدون تنش فقط سه لاین شماره ۳ (K1515)، ۵ (K19) و ۶ (K1264/1) برای این صفت ترکیب پذیری عمومی مثبت و معنی دار داشتند و بنابراین گزینش برای وزن هزاردانه در تلاقی‌های حاصل از آن‌ها موجب انتخاب بوته‌های با عملکرد بالا می گردد. بدیهی است لاین K19 به علت داشتن ترکیب پذیری مثبت و معنی دار در هر دو شرایط محیطی از برتری خاصی نسبت به پنج لاین دیگر برخوردار است (جدول ۴). در هر دو شرایط محیطی واریانس SCA و GCA برای طول بلال در سطح پنج درصد معنی دار شدند. اما نسبت آن‌ها در هر دو شرایط معنی دار نشد که حاکی از اهمیت اثر غالبیت در کنترل

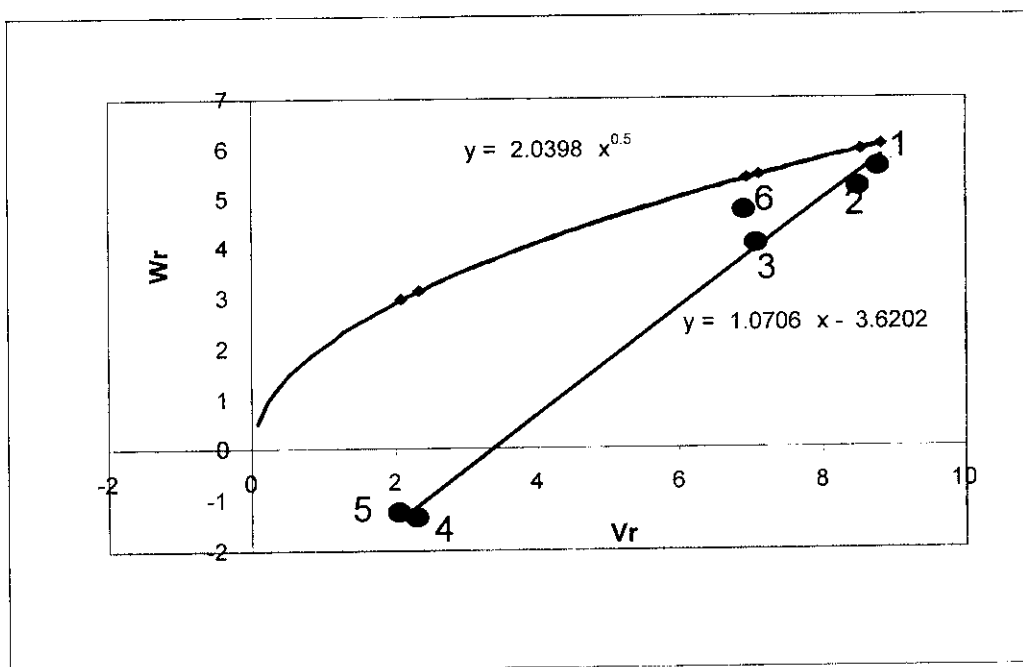
بایستی الزاماً در شرایط تنش خشکی صورت گیرد. همچنین مشاهده می شود که تقریباً کلیه مقادیر عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی از ارقام متناظر آن‌ها در شرایط بدون تنش کم‌ترند که این مطلب تأکید بر اثر سوء تنش خشکی بر عملکرد دانه دارد (جدول ۲). ادیمیدس و همکاران (Edmeads *et al.*, 1992) و دنمد و شاو (Denmead and Shaw, 1962) نیز بر کاهش عملکرد دانه ناشی از تنش خشکی تأکید کرده‌اند. واریانس‌های GCA و SCA برای وزن هزار دانه در هر دو شرایط محیطی در سطح پنج درصد معنی دار شد. اما نسبت آن‌ها در هر دو شرایط معنی دار نگردید (جدول ۳)، بنابراین با توجه به معنی دار شدن واریانس‌های GCA و SCA در هر دو شرایط محیطی، اثرهای افزایشی و غالبیت ژن‌ها را در کنترل صفت می توان مؤثر دانست. اما با توجه به معنی دار نشدن نسبت آن‌ها در هر دو شرایط و داده‌های جدول‌های ۶ و ۷، اهمیت اثر غالبیت در کنترل صفت مذکور بیشتر است. در شرایط بدون تنش ۱۶/۹ درصد از سهم واریانس ژنتیکی را واریانس افزایشی و ۸۳/۰۶ درصد را واریانس غالبیت و در شرایط تنش به همین ترتیب ۴/۱۷ درصد و ۹۵/۸۳ درصد را تشکیل می داد (جدول‌های ۶ و ۷).

در تأیید این مطلب واعظی و همکاران (۱۳۷۸) و دوفینگ و همکاران (Dofing *et al.*, 1991) اثر غالبیت را به ترتیب در کنترل وزن ۳۰۰ دانه و وزن ۵۰ دانه مؤثر دانسته‌اند. بنابراین در مورد این صفت نیز روش

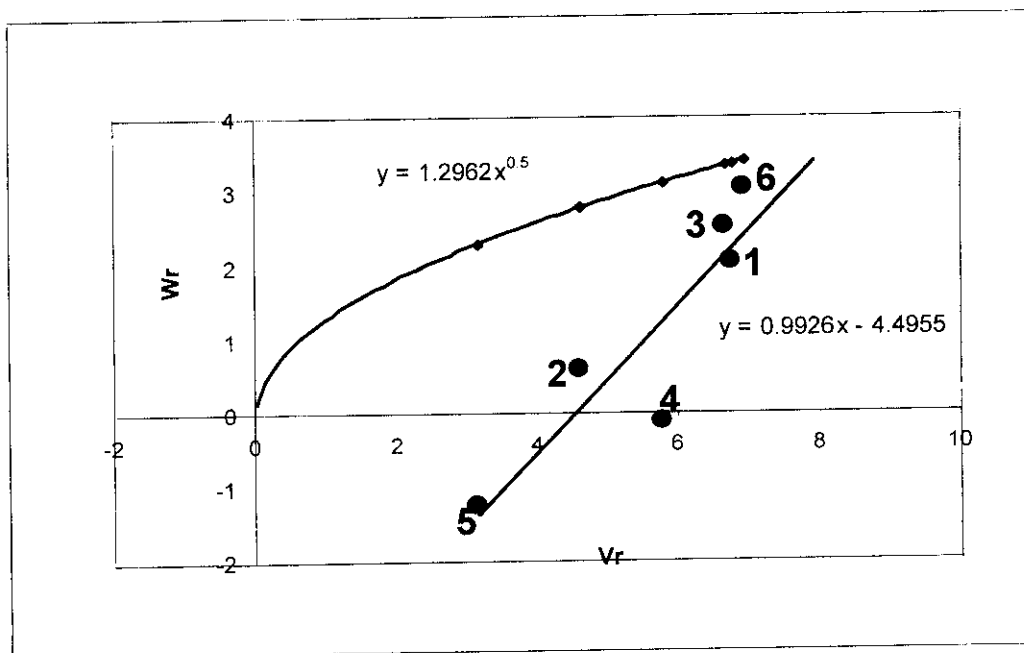
این صفت است. این نتایج با داده‌های جدول‌های ۶ و ۷ نیز مطابقت دارد. در این دو جدول مشاهده می‌شود که در شرایط بدون تنش ۲۲/۰۶ درصد از واریانس ژنتیکی را واریانس افزایشی و ۷۷/۹۴ درصد را واریانس غالبیت تشکیل داده، در حالی که در شرایط تنش صددرد واریانس ژنتیکی متعلق به واریانس غالبیت است. با توجه به این نتایج در شرایط تنش بر اهمیت اثر غالبیت در کنترل صفت افزوده می‌شود. بنابراین برای اصلاح این صفت نیز روش دورگ‌گیری مناسب می‌باشد. این امر توسط واعظی و همکاران (۱۳۷۸) و دوفینگک و همکاران (Dofing *et al.*, 1991) قبلاً گزارش شده است. اما چون (۱۳۸۰) در کنترل صفت تعداد دانه در ردیف بلال هر دو اثر افزایشی و غالبیت را مؤثر دانسته است. لاین‌های K18 و K19 به علت داشتن ترکیب‌پذیری عمومی بالا از توانایی خوبی برای افزایش صفت طول بلال در هر دو شرایط محیطی برخوردار بودند و بنابراین گزینش برای طول بلال در تلاقی حاصل از آن‌ها می‌تواند باعث انتخاب بوته‌های با عملکرد بالا گردد (جدول ۴). اثر SCA تلاقی‌های حاصل از این دو لاین (۱×۴، ۱×۵، ۲×۴، ۳×۴، ۳×۵ و ۵×۶) در هر دو شرایط معنی‌دار شده بود (جدول ۵). در جدول مقایسه میانگین‌ها نیز مشاهده شد که تلاقی ۴×۵ در شرایط بدون تنش با طول بلال ۱۸/۶۷ سانتی‌متر در کلاس A قرار گرفته است (جدول ۲). با توجه به وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار بین

عملکرد و این صفت می‌توان از دو لاین K18 و K19 که GCA مثبت و معنی‌دار دارند، در جهت افزایش عملکرد تلاقی‌های حاصل سود برد. این صفت تنها صفتی بود که فرضیات تجزیه دی‌آلل به روش هیمن در مورد آن معتبر شد و نمودار گرافیکی آن در هر دو شرایط محیطی ترسیم گردید. رگرسیون Wr روی Vr برای این صفت در شکل‌های ۱ و ۲ نشان داده شده است. قطع محور Wr توسط خط رگرسیون در پایین مبداء مختصات در هر دو شرایط محیطی نشان دهنده وجود حالت فوق غالبیت در کنترل این صفت است. در محیط بدون تنش لاین‌های K104/3 و K760/7 و در محیط تنش خشکی لاین‌های K1515 و K1264/1 دارای نسبت بیشتری از ژن‌های مغلوب بودند. در محیط بدون تنش لاین‌های K18 و K19 و در محیط تنش خشکی لاین K19 یعنی همان دو لاینی که در تجزیه گریفینگ ترکیب‌پذیری عمومی بالا و معنی‌داری در هر دو شرایط محیطی داشتند، ژن‌های غالب بیشتری داشته و بنابراین قادرند به صورت بهتری صفت خود را ظاهر نمایند.

دو جزء GCA و SCA برای قطر بلال در شرایط بدون تنش در سطح یک درصد و در شرایط تنش GCA در سطح پنج درصد و SCA در سطح یک درصد معنی‌دار شد. اما نسبت آن‌ها معنی‌دار نگردید (جدول ۳). معنی‌دار شدن واریانس‌های GCA و SCA در هر دو شرایط محیطی دلالت بر اهمیت اثر افزایشی و غالبیت



شکل ۱- نمودار همیمن برای صفت طول بلال در محیط بدون تنش
 Fig.1. Hayman diagram for ear length in non-stress condition



شکل ۲- نمودار همیمن برای صفت طول بلال در محیط تنش
 Fig. 2. Hayman diagram for ear length in stress condition

غالبیت در کنترل این صفت است، بنابراین به نظر می‌رسد، بهتر است برای اصلاح این صفت مهم ذرت نیز از روش‌های اصلاحی مبتنی بر دورگ‌گیری استفاده گردد. از آن جا که مقادیر پائین این صفت مورد نظر بود، بنابراین این لاین شماره ۳ (K1515) با ۱/۰۵۶- بهترین ترکیب‌پذیری عمومی را فقط در شرایط بدون تنش داشت (جدول ۴). با توجه به همبستگی منفی و معنی‌دار این صفت با عملکرد دانه در هر دو شرایط محیطی، مقادیر پایین این صفت موجب افزایش عملکرد می‌شود. از لاین K1515 در شرایط بدون تنش جهت کوتاه‌تر کردن فاصله ASI در هیبریدهای حاصل و در نتیجه افزایش عملکرد، می‌توان سود برد. لاین K104/3 نسبت به لاین‌های دیگر موجب افزایش فاصله ASI در شرایط تنش خشکی گردید (جدول‌های ۱ و ۴). بررسی روند تغییر GCA لاین K1515 از محیط بدون تنش به محیط تنش، بیانگر افزایش میزان ASI در شرایط تنش خشکی است. به عبارت دیگر تنش خشکی در جهت افزایش فاصله گرده‌افشانی تا ظهور کاکل عمل می‌کند. این روند برای لاین K104/3 و تا حدودی لاین‌های دیگر نیز مشاهده می‌گردد (جدول ۳). کاهش عملکرد دانه ناشی از افزایش میزان ASI در شرایط تنش خشکی قبلاً توسط دنمند و شاو (Denmead and Shaw, 1962) و هیسسی و همکاران (Heisey et al., 1998) گزارش شده است. ترکیب خصوصی

ژن‌ها در کنترل قطر بلال و معنی‌دار نشدن نسبت آن‌ها دلالت بر اهمیت بیشتر واریانس غالبیت دارد. از همین رو در هر دو شرایط محیطی غالبیت سهم بیشتری از واریانس ژنتیکی را به خود اختصاص داده است (جدول‌های ۶ و ۷)، بنابراین برای اصلاح این صفت روش‌های اصلاحی مبتنی بر دورگ‌گیری مناسب است. این امر با یافته‌های واعظی و همکاران (۱۳۷۸) و دوفینگ و همکاران (Dofing et al., 1991) که در کنترل این صفت بر وجود اثر غالبیت تأکید کرده‌اند، مطابقت دارد در حالی که حداد و وجدانی (۱۳۶۷) و چوکان (۱۳۷۸) که به جای صفت قطر بلال از صفت تعداد ردیف دانه در بلال استفاده کرده‌اند، در کنترل این صفت به ترتیب اثرهای افزایشی و افزایشی همراه با غالبیت را با اهمیت گزارش کرده‌اند. با توجه به همبستگی مثبت و معنی‌دار این صفت با عملکرد در هر دو شرایط محیطی، از این صفت در جهت افزایش عملکرد در هیبریدهای حاصل می‌توان سود برد. در این آزمایش لاینی با GCA مثبت و معنی‌دار برای این صفت پیدا نشد (جدول‌های ۱ و ۴). واریانس GCA و SCA در هر دو شرایط محیطی برای ASI در سطح پنج درصد معنی‌دار شد، اما نسبت آن‌ها معنی‌دار نگردید، بنابراین می‌توان چنین نتیجه گرفت که اثرهای افزایشی و غالبیت و به خصوص غالبیت در کنترل این صفت نقش دارند (جدول ۳). مقادیر واریانس‌های افزایشی و غالبیت در جدول‌های ۶ و ۷ نیز گواه بر اهمیت بیشتر اثر

۳- تأثیر لاین K1515 در افزایش عملکرد هیبریدهای حاصل در شرایط بدون تنش از طریق کاهش در میزان ASI است.

۴- تأثیر دو لاین K18 و K19 در افزایش عملکرد هیبریدهای حاصل در هر دو شرایط محیطی از طریق افزایش طول بلال است.

۵- تأثیر لاین K19 در افزایش عملکرد در هر دو شرایط، از طریق افزایش وزن هزار دانه می‌باشد.

۶- هیچ کدام از این لاین‌ها توانایی افزایش قطر بلال را ندارند.

۷- در شرایط بدون تنش غالباً واریانس‌های افزایشی و غالبیت با همدیگر عمل می‌کنند. اما در شرایط تنش خشکی از اهمیت واریانس افزایشی کاسته شده و بر نقش واریانس غالبیت افزوده می‌گردد.

مناسبی برای این صفت به دست نیامد (جدول ۵).

به طور کلی از اجرای این آزمایش نتایج زیر را می‌توان استنباط کرد:

۱- عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌دار با صفات طول بلال، قطر بلال و وزن هزاردانه داشته و افزایش در این صفات باعث افزایش عملکرد می‌شود. عملکرد دانه همبستگی منفی و معنی‌داری با ASI دارد و کاهش در میزان ASI باعث افزایش عملکرد خواهد شد.

۲- لاین‌های K1515، K18 و K19 بهترین لاین‌ها برای افزایش عملکرد در شرایط بدون تنش می‌باشند.

منابع مورد استفاده

- چوکان، ر. ۱۳۷۸. بررسی ترکیب‌پذیری عمومی و خصوصی ده لاین ذرت برای صفات مختلف در تلاقی دی‌آلل. نهال و بذر ۱۵: ۲۹۵-۲۸۰.
- چوکان، ر. ۱۳۸۰. ارزیابی عملکرد و اجزاء عملکرد دانه ذرت با استفاده از تلاقی دی‌آلل. مجله علوم زراعی ایران. ۳ (۳): ۸-۱.
- حداد، ر. و وجدانی، پ. ۱۳۶۷. بررسی پاره‌ای از خصوصیات ژنتیکی لاین‌های ذرت به روش دورگ‌گیری دی‌آلل. اولین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران. کرج. صفحه ۱۶۱.
- حکمت شعار، ج. ۱۳۷۲. فیزیولوژی گیاهان در شرایط دشوار (ترجمه). چاپ اول، انتشارات نیکنام.
- فرشاد فر، ع. ۱۳۶۷. روش شناسی اصلاح نباتات، چاپ اول. انتشارات طاق بستان. ۱۰۳ صفحه.
- واعظی، ش.، عبدمیثانی، س.، یزدی صمدی، ب.، و قنادها، م. ر. ۱۳۷۸. تجزیه ژنتیکی از خصوصیات کمی ذرت. تجزیه میانگین عملکرد و صفات وابسته به آن. مجله علوم کشاورزی ایران. ۳۰: ۸۵۱-۸۳۹.

- Denmead, O. T., and Shaw, R. H. 1962.** Availability of soil water to plants as affected by soil moisture content and meteorological conditions. *Agronomy Journal* 54: 385-390.
- Dofing, S. M., Croz-Mason, N. D., and Thomas-Compton, M. A. 1991.** Inheritance of expansion volume and yield in two popcorn x dent corn crosses. *Crop Science* 31: 715-718.
- Edmeads, G. O., Bolanos, J., and Laffitte, H. R. 1992.** Progress in breeding for drought tolerance in maize. *Proceedings of the 47th Annual Corn and Sorghum Research Conference*. Washington D.C.
- Heisey, P. W., and Edmeads, G. O. 1998.** Maize Production in Drought-Stressed Environment: Technical Option and Research Resource Allocation. CIMMYT, Mexico.
- Kearsey, M., and Pooni, H. S. 1996.** The Geneticall Analysis of Quantitative Traits. Chapman and Hall, U. K.
- Oching, J. A. W., and Compton, W. A. 1994.** Genetic effects from full-sib selection in Krug maize. *Journal of Genetics Breeding* 48: 191-196.
- Sharma, J. R. 1998.** Statistical and Biometrical Techniques in Plant Breeding. New Age International. New Delhi, India.
- Singh, P. H., and Narayanan, S. S. 1993.** Biometrics Techniques in Plant Breeding. Kalyani Publishers. New Delhi, India.
- Williams, T. V., Snell, R. S., and Cress, C. E. 1969.** Inheritance of drought tolerance in sweet corn. *Crop Science* 9:19-23.

آدرس نگارندگان:

عزیز آفرینش- مرکز تحقیقات کشاورزی صفی آباد، صندوق پستی ۳۳۳، دزفول.

عزت الله فرشاد فر- دانشکده کشاورزی، دانشگاه رازی، کرمانشاه.

رجب چوکان- بخش تحقیقات ذرت و نباتات علوفه ای، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، صندوق پستی ۴۱۱۹، کرج ۳۱۵۸۵.