دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی

"مقاله پژوهشی"

ارزیابی تنوع به‌منظور گزینش هیبریدهای مطلوب ذرت دانه‌ای

معصومه پیران[۱]، علی اصغری[۲]، سجاد محرم‌نژاد[۳] و حمیدرضا محمددوست چمن‌آباد[۲]

۱- دانشجوی ژنتیک و به‌نژادی گیاهی، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
۲- استاد، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران
۳- استادیار پژوهش، بخش تحقیقات علوم زراعی و باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل (مغان)، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مغان، ایران (نویسنده مسوول: sm.chakherlo@yahoo.com)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱/۵ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۳/۲۷
صفحه: ۹۸ تا ۱۰۷

چکیده

به‌منظور ارزیابی ۳۸ هیبرید ذرت امید بخش، آزمایشی به‌صورت طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی مغان در سال زراعی ۱۳۹۹ اجرا شد. نتایج حاصل نشان داد که اختلاف معنی‌داری برای صفات عملکرد بلال، ارتفاع بوته، ارتفاع بلال، دمای برگ، شاخص کلروفیل، فلورسانس متغییر (Fv) و فلورسانس حداکثر (Fm)، حداکثر کارایی کوانتومی فتوسیستم II (Fv/Fm) بین هیبریدهای ذرت وجود داشت. هیبرید شماره ۹ (K74/2-2-1-4-1-1-1 × K3640/3) با بیشترین عملکرد بلال و کارآیی سیستم فتوسنتزی به‌عنوان برترین هیبرید شناسایی شد. همبستگی بین عملکرد بلال با دمای برگ و فلورسانس حداقل (Fo) معنی‌دار بود. میزان وارثت‌پذیری برآورده شده بین سه (فلورسانس حداقل (Fo)) تا ۷۱ (ارتفاع بلال) درصد بود. نتایج حاصل از تجزیه علیت نشان داد که فلورسانس حداقل (Fo) و دمای برگ به‌طور مستقیم بر عمکلرد بلال تأثیر ندارد. تجزیه خوشه‌ای با صفت عملکرد بلال، ارتفاع بوته، ارتفاع بلال، دمای برگ، شاخص کلروفیل و عملکرد کوانتومی فتوسنتز، ۳۸ هیبرید ذرت را در سه گروه متفاوت طبقه‌بندی کرد که گروه سوم با دارا بودن هیبرید شماره ۹ (K74/2-2-1-4-1-1-1 × K3640/3) به‌عنوان مطلوب‌ترین گروه بود.

واژه‌های کلیدی: ارتفاع بوته، رگرسیون گام به گام، شاخص کلروفیل، فتوسنتز، گروه‌بندی

مقدمه

ذرت یکی از مهم‌ترین محصولات راهبردی بوده و بعد از گندم از لحاظ سطح زیر کشت مقام دوم را به خود اختصاص داده‌است (۵). منبع اصلی تامین غذای انسان گیاهان زراعی می‌باشند که در بین آن‌ها غلات از اهمیت زیادی برخوردار هستند. تأمین غذای جمعیت روبه رشد از طریق افزایش تولید، از اهداف اولیه و مهم به‌شمار می‌رود. با توجه به محدودیت اراضی قابل کشت، تلاش محققین بر افزایش عملکرد در واحد سطح متمرکز شده‌است (۸).

یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر در تولید بیوماس گیاهان، ظرفیت فتوسنتزی آن‌ها و میزان کلروفیل برگ‌ها و رنگدانه‌های فتوسنتزی می‌باشند. به‌طور کلی مواد فتوسنتزی ذخیره شده در دانه از دو منبع فتوسنتز جاری و انتقال مجدد مواد ذخیره شده در اندام‌های رویشی تأمین می‌شود (۱۸). حدود ۰/۳ تا ۳ درصد کل انرژی نور دریافتی گیاه توسط فلورسانس کلروفیل در شرایط عادی بازتاب می‌شود (۱). میزان فلورسانس کلروفیل a یکی از شاخص‌های فیزیولوژیک در گیاه برای تشخیص تغییرات القاء شده در کارایی سیستم فتوسنتزی می‌باشد.

تنوع ژنتیکی اساس مطالعات اصلاحی در گونه‌های گیاهی می‌باشد، بنابراین جهت مطالعات ژنتیکی و اصلاح ارقام مناسب‌تر، عملکرد بالا و سازگار ابتدا باید میزان تنوع ژنتیکی بین و درون گونه‌ها تعیین و سپس اقدام به اصلاح آن نمود (۱). مطالعه تنوع ژنتیکی از طریق صفات کمی مانند عملکرد و اجزای عملکرد که توسط تعداد زیادی ژن کوچک اثر کنترل می‌شود و تحت تاثیر زیاد محیط قرار دارند، مشکل‌تر از صفاتی است که تنها توسط چند ژن محدود کنترل می‌شود (۱۱،۳). همبستگی بین صفات در برنامه‌های اصلاحی از اهمیت زیادی برخوردار است. به دلیل اینکه، به‌نژادگران در انتخاب غیر مستقیم برای صفات مهم زراعی از طریق صفات دیگر که اندازه‌گیری آن‌ها آسان‌تر است، کمک خواهد کرد. آگاهی نداشتن از ارتباط و همبستگی بین صفات گوناگون و انتخاب یک طرفه برای صفات زراعی ممکن است، در برنامه‌های اصلاحی منجر به نتیجه کمتر از انتظار شود (۱۵). یکی از پدیده‌های اساسی ژنتیکی شباهت خویشاوندی است که توسط صفات کمی بروز می‌کند. درجه شباهت خاصیتی از صفات است که می‌تواند از طریق اندازه‌گیری‌های نسبتاً ساده روی جمعیت و بدون نیاز به روش‌های خاص آزمایشگاهی تعیین گردد. همچنین این شباهت وسیله‌ای برای برآورد واریانس ژنتیکی و وراثت‌پذیری است که این معیارها به‌طور کلی تعیین کننده بهترین روش اصلاحی مورد استفاده در اصلاح گیاهان به‌شمار می‌رود (۱۷). دیگلاریتا و آلوارز (۴) گزارش کردند که دلیل پایین بودن وراثت‌پذیری عملکرد گزینش غیر مستقیم برای عملکرد با بکارگیری برخی صفات مربوط به بلال می‌تواند موثر باشد عملکرد دانه شدیداً تحت تاثیر محیط قرار دارد و انتخاب مستقیم برای عملکرد دانه در نسل‌های در حال تفکیک غیر قابل اعتماد خواهد بود. بنابراین، برای به‌نژادگران بسیار حایز اهمیت است که صفاتی را انتخاب و معرفی کنند که همبستگی بالایی با آن داشته باشند و از وراثت‌پذیری بالایی برخوردار باشند و اندازه‌گیری آن‌ها راحت و با هزینه کمتری صورت گیرد (۱۵). روش‌های گوناگونی برای مطالعه تنوع ژنتیکی وجود دارد که از مهم‌ترین

آن‌ها، روش‌های آماری چند متغیره است. که همزمان اطلاعات بیشتری از چندین صفت در تمام افراد مورد مطالعه را در اختیار به‌نژادگران قرار می‌دهد. چوکان و همکاران (۳) تجزیه کلاستری را با ۵۲ ژنوتیپ ذرت براساس ۲۵ صفت در چهار گروه انجام دادند. با بررسی تجزیه تابع تشخیص به این نتیجه رسیدند که به‌ترتیب صفات شاخص مخروطی بودن بلال‌ها، طول پدانکل خارج از برگ پرچم و تعداد ریف دانه در بلال از اهمیت زیادی در این گروه‌بندی برخوردار هستند. مطالعات اخیر روی فلورسانس کلروفیل و میزان کلروفیل برگ در ذرت نشان می‌دهد که استفاده از پارامترهای فیزیولوژیکی می‌توان جهت افزایش کارآیی اصلاح جمعیت می‌شود (۱۰،۸). در این راستا، این پژوهش به‌منظور ارزیابی تنوع ژنتیکی تعدادی از هیبریدهای امیدبخش ذرت و همچنین بررسی ارتباط بین فلورسانس کلروفیل با عملکرد بلال آن‌ها با استفاده از روش‌های آماری چند متغیره اجرا شد.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی آزمایش شامل ۳۶ هیبرید سینگل کراس امید بخش و یک رقم سینگل کراس ۷۰۴ به‌همراه یک رقم تروی کراس (TWC647) بود (جدول ۱). این تحقیق در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی مغان که در شمالی‌ترین نقطه استان اردبیل بین ۳۴ درجه و ۹۲ دقیقه عرض شمالی و ۹۴ درجه و ۳۲ دقیقه طول شرقی و ارتفاع ۹۹ تا ۹۲ متر از سطح دریای آزاد با بافت خاکی لومی رسی واقع شده‌است. عملیات تهیه بستر بذر برای اجرای آزمایش شامل شخم برگردان، رتیواتور، دیسک و تسطیح بهاره بودند. ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار فسفات آمونیوم و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره که نیمی از آن قبل از کاشت و مـابقی در مراحل مختلف رشدی گیاه ذرت به‌صورت کود سرک توزیع گردید. آبیاری قطعه آزمایش هر ۱۰ روز یکبار انجام گرفت و تعداد دور آبیاری از کاشت تا رسیدگی فیزولوژیکی حدود ۱۰ بار بود. هر کرت آزمایشی شامل دو خط به فاصله ۷۵ سانتی‌متر و به طول ۵/۶ متر بود (روی هر خط ۱۶ کپه، فاصله هر کپه از هم ۳۵ سانتی‌متر و میزان تراکم حدود ۷۶ هزار بوته در هکتار). جهت اطمینان از سبز شدن در هر کپه چهار بذر به‌صورت دستی کاشته شد و پس از تنک کردن در مرحله ۴-۳ برگی فقط دو بوته در هر کپه نگه داشته شد. وجین علف‌های هرز از مرحله ابتدایی کاشت تا مراحـل نهـایی به صورت دستی انجام گرفت.

جدول ۱- هیبریدهای ذرت مورد مطالعه

Table 1. The maize hybrids

شماره	هیبرید	شماره	هیبرید
۱	K3653/2×K1264/5-1	۲۰	K74/1×K1264/5-1
۲	4-CHTSEY,2002/90/1-2×K1264/5-1	۲۱	KLM76002/3-1-1-1-1-1-1-3×K1264/5-1
۳	KLM77002/10-1-1-1-1-3-2 × K1264/5-1	۲۲	KLM82010 × K166B
۴	K18X2-CHTHIY,2002/90/77-3×K1264/5-1	۲۳	KLM76004/3-5-1-2-2-1-1-1×K1264/5-1
۵	K18x2-CHTHIY,2002/90/77-1×K1264/5-1	۲۴	KLM76021/1-3-1-1-1-2-1-1×K1264/5-1
۶	K18x2-CHTHIY,2002/90/77-2×K1264/5-1	۲۵	KLM76021/1-3-1-1-1-2-1-1×K1264/5-1
۷	20-CHTSY, 2002/90/61-2 × K3640/3	۲۶	KLM81027 × K47/3
۸	K3547/4×K1264/5-1	۲۷	KLM77002/3-1-1-1-1-1-1-3 × K47/3
۹	K74/2-2-1-4-1-1-1 × K3640/3	۲۸	KLM78012/6-1-1-1-1-3 × K47/3
۱۰	K3640/3×K1264/5-1	۲۹	C4-97-5×C4-97-25
۱۱	K47/2-2-1-2-1-1-1-1×K1264/5-1	۳۰	C4-97-16×SD-97-6
۱۲	K47/2-2-1-2-2-1-1-1×K1264/5-1	۳۱	C4-97-23×C4-97-14
۱۳	K74/2-2-1-3-3-1-1-1 × K166B	۳۲	C5-97-2×C4-97-12
۱۴	K47/2-2-1-3-3-1-1-1×K1264/5-1	۳۳	C5-97-2×C4-97-23
۱۵	K47/2-2-1-4-1-1-1×K1264/5-1	۳۴	C4-97-25×C4-97-13
۱۶	K47/2-2-1-2-2-1-1-1×K1264/5-1	۳۵	C8-97-7×SD-97-1
۱۷	K47/2-2-1-4-1-1-1×K1264/5-1	۳۶	SD-97-6×C8-97-2
۱۸	K47/2-2-1-4-1-1-1-1×K1264/5-1	۳۷	TWC647
۱۹	K47/2-2-1-4-2-1-1-1×K1264/5-1	۳۸	SC704

اندازه‌گیری صفات مورد بررسی

بلال هیبریدهای ذرت بعد از خشک شدن کامل بوته‌ها در مرحله رسیدگی زراعی برداشت شدند، به‌طوریکه پس از حذف ۲۵ سانتی‌متر از ابتدا و انتهای هر خط کاشت به‌عنوان حاشیه، از دو خط کاشت هر کرت به مساحت ۸/۴ متر مربع بلال‌های ذرت برداشت و وزن بلال‌ها توسط ترازو اندازه‌گیری شد. بعد از رسیدگی فیزیولوژیکی به‌طور تصادفی از هر کرت آزمایشی ارتفاع بلال (از طوقه تا نوک بلال) و ارتفاع بوته (از طوقه تا گل آذین نر) با متر برای تمام هیبریدهای ذرت اندازه‌گیری شد شاخص کلروفیل و دمای برگ به‌ترتیب توسط دستگاه کلروفیل متر دستی (SPAD-502, Minolta) و دماسنج مادون قرمز از برگ‌های بالایی بوته‌ها به‌طور تصادفی اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری فلورسانس کلروفیل، برگ‌های کاملاً توسعه یافته بالای بوته انتخاب شدند. برگ‌های انتخاب شده با استفاده از کلیپس‌های مخصوص دستگاه Handy-PEA به مدت ۳۰ دقیقه در تاریکی قرار گرفتند. در این دوره تاریکی مراکز واکنشی موجود در فتوسیستم II به‌صورت کامل باز می‌شود. سپس به این برگ‌ها به مدت چهار ثانیه یک پالس نوری در طول موج ۶۵۰ نانومتر با شدت ۳۰۰۰ میکرومول‌فوتون بر مترمربع بر ثانیه تابیده شد و پارامترهای مختلف دستگاه با استفاده از نرم‌افزار ویژه این دستگاه (PEA plus v1.10) قرائت و یادادشت شدند.

جدول ۲- تجزیه واریانس عملکرد بلال و صفات فیزیولوژیکی در هیبریدهای ذرت
Table 2. ANOVA of ear yield and physiological traits in the maize hybrids

منابع تغییر	درجات آزادی	میانگین مربعات							
		عملکرد بلال	ارتفاع بوته	ارتفاع بلال	دمای برگ	شاخص کلروفیل	فلورسانس کلروفیل		
							Fo	Fm	Fv	Fv/Fm
تکرار	۲	۶/۴^{ns}	۳۸۲۳/۲**	۸۸۳/۸**	۴۵/۳**	۱۴۶/۴*	۱۴/۱^{ns}	۱۲۵۶۹/۶^{ns}	۱۳۷۵۷/۷^{ns}	۰/۱*
هیبرید	۳۷	۱۰/۶**	۷۲۳/۵**	۱۳۳۳/۲**	۱۸/۲**	۵۸/۳*	۶۳۵/۵^{ns}	۷۵۳۵۰/۸**	۷۰۷۰۷/۵**	۰/۰۱*
خطا	۷۴	۳/۶	۱۹۱/۶	۱۵۳/۷	۷/۴	۳۶/۶	۵۷۷/۲	۲۳۳۰۶/۶	۲۵۲۴۲/۷	۰/۰۰۵
ضریب تغییرات (٪)		۲۲/۷	۵/۷	۹/۲	۱۹/۳	۱۱/۸۱	۷/۹	۱۴/۱	۲۰/۴	۹/۹
وراثت‌پذیری (٪)		۳۹	۴۸	۷۱	۳۲	۱۶	۳	۴۳	۳۸	۱۴

ns، * و **: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد می باشد.
Fo: فلورسانس حداقل، Fm: فلورسانس حداکثر، Fv: فلورسانس متغییر و Fv/Fm: نسبت فلورسانس متغییر به فلورسانس حداکثر (حداکثر کارایی کوانتومی فتوسیستم II)

تجزیه‌های آماری

نرمال بودن خطاهای آزمایشی حاصل از صفات اندازه‌گیری شده توسط تست کرلمرگروف–اسمیرنوف مورد آزمون قرار گرفت و سپس تجزیه آماری و مقایسه میانگین توسط آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت. برای برآورد وراثت‌پذیری از امید ریاضی جدول تجزیه واریانس و از فرمول $h^2 = \frac{V_G}{V_P}$ که h^2، V_G و V_P به‌ترتیب وراثت‌پذیری عمومی، واریانس ژنتیکی و واریانس فنوتیپی استفاده شد (۱۲). برای اعتماد به همبستگی صفات مورد مطالعه، از میانگین ۳۸ هیبرید امید بخش ذرت استفاده شد. تجزیه رگرسیون چندگانه به روش گام به گام برای تعیین ارتباط بین عملکرد بلال با صفات برای تجزیه علیت برای علمکرد دانه نیز انجام گرفت. تجزیه خوشه‌ای از تمام صفات به روش Ward بر مبنای مربع فاصله اقلیدوسی استفاده شد. برای تجزیه واریانس، مقایسه میانگین و تجزیه رگرسیون از نرم‌افزار SAS، تجزیه علیت از نرم‌افزار AMOS و برای رسم نمودار همبستگی، تجزیه کلاستر و نقشه دمایی از نرم‌افزار JMP استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که بین هیبریدهای مختلف ذرت اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد برای عملکرد بلال وجود داشت (جدول ۲). مقایسه میانگین عملکرد بلال نشان از تفاوت بین هیبریدهای ذرت داشت. هیبرید شماره ۹ با ۱۱/۲ کیلوگرم در کرت بیشترین وزن بلال را در بین هیبریدهای ذرت مورد مطالعه به خود اختصاص داد (جدول ۳). وراثت‌پذیری عمومی برآورده شده برای عملکرد بلال حدود ۳۹ درصد بود. ضریب تغییرات مربوط به عملکرد بلال هیبریدهای ذرت مورد مطالعه ۲۲/۷ درصد محاسبه شد.

در گزارشی مبنی بر ارزیابی عملکرد هیبریدهای تجاری و امید بخش ذرت بیان شده‌است که بین هیبریدهای ذرت مورد مطالعه اختلاف معنی‌دار وجود داشت که نشان از تنوع قابل توجهی بین هیبریدهای ذرت از لحاظ عملکرد بلال بود (۱۳) که با نتایج این پژوهش همسو می‌باشد. محرم‌نژاد و شیری (۱۰) نیز با بررسی ۱۱ هیبرید امید بخش ذرت، میزان وراثت‌پذیری عمومی برای عملکرد بلال را ۶۱ درصد گزارش کردند.

تجزیه واریانس داده‌های ارتفاع بوته و ارتفاع بلال بین اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد برای هیبریدهای ذرت بود (جدول ۲). مقایسه میانگین ارتفاع بوته و ارتفاع بلال نشان داد که هیبرید شماره ۳۳ دارای بیشترین ارتفاع بوته و ارتفاع بلال (به‌ترتیب ۳۰۷ و ۱۹۰ سانتی‌متر) بود و هیبرید شماره ۹ با ارتفاع بوته ۲۶۱/۳۳ سانتی‌متر و ارتفاع بلال ۱۲۶/۳۳ سانتی‌متر کمترین مقدار را داشت (جدول ۳). اختلاف بین هیبریدهای امید بخش ذرت در این مطالعه از لحاظ ارتفاع بوته و ارتفاع بلال نشان از وجود تنوع ژنتیکی هیبریدهای مورد مطالعه است. برآورد وراثت‌پذیری عمومی ۴۸ درصد برای ارتفاع بوته و ۷۱ درصد برای ارتفاع بلال، نشان داد که صفات مذکور نسبتاً از وراثت‌پذیری مطلوبی برخوردار هستند. همچنین، ضریب تغییرات ارتفاع بوته و ارتفاع بلال به‌ترتیب ۵/۷ و ۹/۲ درصد بدست آمد.

محمدی و همکاران (۹) با بررسی و گروه‌بندی هیبریدهای ذرت با استفاده از صفات زراعی بیان داشتند که بین هیبریدهای ذرت مورد مطالعه از لحاظ ارتفاع بوته و ارتفاع بلال اختلاف معنی‌داری وجود داشت و دامنه تغییرات ارتفاع بوته بین ۵۰ تا ۱۹۲ سانتی‌متر و دامنه تغییرات ارتفاع بلال بین ۱۲۲ تا ۱۴۷/۵ سانتی‌متر در هیبریدهای مورد ارزیابی گزارش شد. چوکان و همکاران (۳) با

ارزیابی پتانسیل ژنتیکی لاین‌های ذرت ایرانی با استفاده از روش دای‌آلل گریفینگ و مدل امی[1]، برای صفت ارتفاع بوته در ژنوتیپ‌های مورد بررسی میزان وارثت‌پذیری عمومی را حدود ۶۸ درصد گزارش کردند. محرم‌نژاد و همکاران (۱۱) با

1- AMMI

انجام تجزیه میانگین نسل ذرت میزان وارثت‌پذیری عمومی ارتفاع بوته را ۷۷ درصد برآورد کردند.

تجزیه واریانس داده‌ها برای دمای برگ و شاخص کلروفیل (جدول ۲) نشان داد که اثر هیبرید برای دمای برگ و شاخص کلروفیل به‌ترتیب در سطح احتمال یک و پنج درصد معنی‌دار بود. مقایسه میانگین دمای برگ و شاخص کلروفیل در هیبریدهای ذرت نشان داد که هیبرید شماره شش و هیبرید شماره هیبرید شماره ۹ به‌ترتیب بیشترین دمای برگ و شاخص کلروفیل را داشتند (جدول ۳).

ضریب تغییرات دمای برگ و شاخص کلروفیل به‌ترتیب ۱۹/۳ و ۱۱/۱ درصد بود که دلیل بر تنوع قابل قبول در ژنوتیپ‌های ذرت است. برآورد میزان واثت‌پذیری عمومی برای دمای برگ و شاخص کلروفیل به‌ترتیب ۳۲ و ۱۶ درصد شد. احتمال پایین بودن میزان واثت‌پذیری صفات دمای برگ و شاخص کلروفیل در ژنوتیپ‌های ذرت مورد بررسی می‌تواند مربوط به تأثیر محیط باشد.

مقدار کلروفیل و رنگدانه‌های فتوسنتزی از مهم‌ترین عوامل مؤثر در ظرفیت فتوسنتزی گیاهان هستند. زیرا، بطور مستقیم بر سرعت و میزان فتوسنتز و در نهایت تولید زیست توده اثر می‌گذارند. بطور کلی، مواد فتوسنتزی ذخیره شده در دانه از دو منبع فتوسنتز جاری و مواد ذخیره شده در اندام‌های رویشی تأمین می‌شود (۱۶). دمای مناسب برگ گیاه و محیط اثر بسزایی روی بخش‌های مختلف سیستم فتوسنتزی از جمله تنظیم قطر منافذ روزنه‌ها، سنتز رنگدانه‌های فتوسنتزی، فعالیت فتوسیستم I و II و تثبیت دی اکسید کربن دارد که در نهایت موجب افزایش فعالیت فتوسنتزی می‌گردد (۸). محرم‌نژاد و شیری (۱۰) با بررسی تنوع ژنتیکی و وراثت‌پذیری محتوای کلروفیل و شاخص‌های کلروفیل در ۱۱ هیبرید امید بخش ذرت اظهار کردند که بین هیبریدها از لحاظ دمای برگ و محتوای کلروفیل اختلاف معنی‌دار وجود داشت همچنین میزان وراثت‌پذیری دمای برگ و شاخص کلروفیل را به‌ترتیب ۱۸ و ۵۲ درصد گزارش کردند.

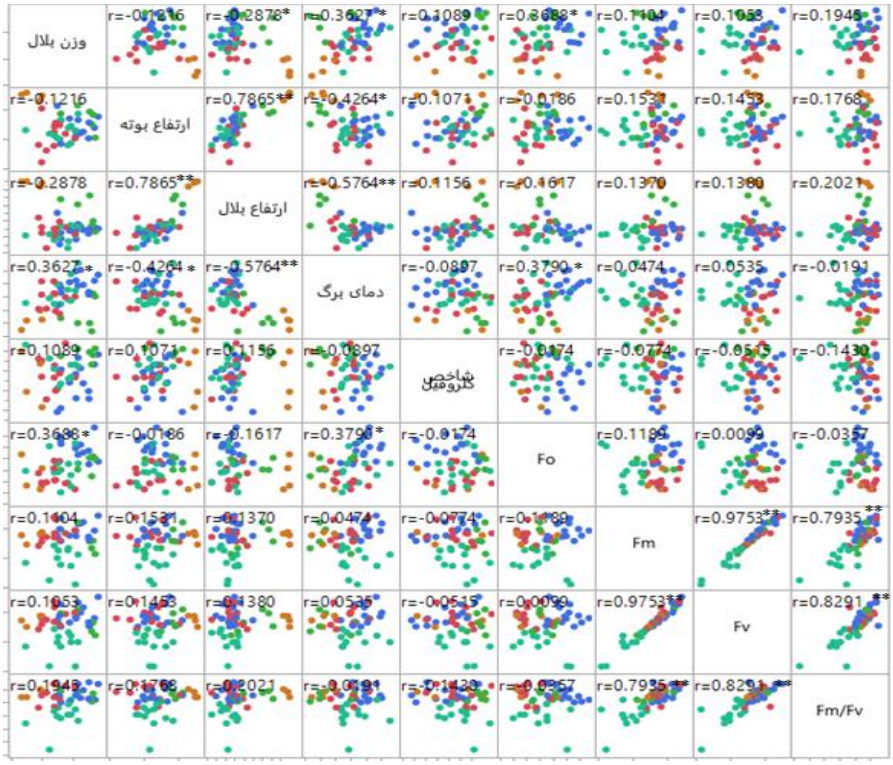
اختلاف بین هیبریدهای ذرت از نظر فلورسانس حداقل (Fo) غیرمعنی‌دار، فلورسانس متغیر (Fv) و فلورسانس حداکثر (Fm) در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار و از نظر حداکثر کارایی کوانتومی فتوسیستم II (Fv/Fm) در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین فلورسانس کلروفیل هیبریدهای ذرت نشان داد که، هیبرید شماره هیبرید شماره ۹ بیشترین کارآیی کوانتومی فتوسیستم II را داشت (جدول ۳).

در اثر تابش فوتون‌های نوری همه‌ی ناقل‌های الکترون به فرم احیا در آمده و همه‌ی مراکز واکنشی بسته می‌شوند، مقدار کلروفیل a در این زمان نشان دهنده فلورسانس حداکثر است (۶). میزان فلورسانس حداکثر به علت کاهش فعالیت کمپلکس تجزیه‌کننده و کاهش فعالیت فتوسیستم II کاهش می‌یابد (۸). افزایش در میزان فلورسانس حداقل با تجمع پلاستوکینون‌های احیاء شده در ارتباط است و این تجمع می‌تواند منجر به فسفریلاسیون کمپلکس‌های دریافت‌کننده‌ی نور در فتوسیستم II شوند (۱۶،۸). در پژوهشی با ارزیابی فلورسانس کلروفیل در هیبریدهای ذرت، مشخص شد که اختلاف بین هیبریدهای ذرت از نظر فلورسانس حداقل غیر معنی‌دار و از نظر فلورسانس متغیر، فلورسانس حداکثر و حداکثر کارایی کوانتومی فتوسیستم II معنی‌دار بود (۱۰) که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. میزان وراثت‌پذیری عمومی برآورده شده برای فلورسانس کلروفیل در هیبریدهای ذرت بین ۱۶ تا ۸۷ درصد اعلام شده‌است (۱۰).

جدول ۳- مقایسه میانگین عملکرد بلال، ارتفاع بوته، ارتفاع بلال، دمای برگ و فلورسانس کلروفیل
Table 3. Means comparisons of ear yield, plant height, era height, leaf temperature and chlorophyll florescence

شماره هیبرید	عملکرد بلال (Kg/m^2)	ارتفاع بوته (cm)	ارتفاع بلال (cm)	دمای برگ (^0C)	شاخص کلروفیل (SPAD)	Fm	Fv	Fv/Fm
۱	۷/۱۷	۲۵۳/۰۰	۱۲۱/۳۳	۲۸/۳۳	۵۳/۲۰	۱۳۱۰/۳۳	۱۰۰۹/۰۰	۰/۷۵
۲	۵/۹۷	۲۳۶/۳۳	۱۲۴/۶۷	۲۸/۳۳	۵۳/۴۲	۱۱۲۱/۶۷	۸۳۶/۰۰	۰/۷۴
۳	۷/۷۳	۲۵۹/۶۷	۱۱۰/۰۰	۲۷/۸۳	۵۴/۶۰	۱۱۹۲/۳۳	۸۶۲/۶۷	۰/۷۲
۴	۸/۸۳	۲۷۳/۳۳	۱۳۴/۶۷	۲۹/۴۳	۵۳/۳۹	۸۱۸/۰۰	۶۵۹/۳۳	۰/۷۱
۵	۵/۹۷	۲۹۱/۰۰	۱۳۲/۰۰	۲۶/۳۰	۵۷/۵۶	۱۰۶۵/۳۳	۷۷۶/۶۷	۰/۷۳
۶	۹/۵۳	۲۸۵/۶۷	۱۳۲/۶۷	۳۱/۱۳	۵۶/۰۳	۹۳۴/۰۰	۵۹۵/۰۰	۰/۶۳
۷	۸/۸۳	۲۵۵/۶۷	۱۳۰/۶۷	۲۵/۴۰	۵۶/۴۵	۸۱۴/۰۰	۵۹۵/۳۳	۰/۶۵
۸	۷/۵۰	۲۶۱/۰۰	۱۲۸/۰۰	۲۷/۸۷	۵۰/۳۵	۸۹۸/۳۳	۵۹۲/۶۷	۰/۶۵
۹	۱۱/۲۰	۲۶۱/۳۳	۱۲۶/۳۳	۲۶/۰۳	۶۱/۹۲	۱۲۸۹/۳۳	۹۹۸/۳۳	۰/۷۷
۱۰	۸/۳۰	۲۶۵/۳۳	۱۳۲/۰۰	۲۵/۹۳	۶۰/۶۱	۱۱۴۹/۰۰	۸۷۹/۶۷	۰/۷۶
۱۱	۹/۲۷	۲۶۸/۶۷	۱۲۲/۳۳	۲۶/۹۰	۵۶/۵۴	۶۲۹/۳۳	۳۴۷/۳۳	۰/۶۷
۱۲	۹/۳۳	۲۶۳/۰۰	۱۱۶/۳۳	۲۸/۴۷	۴۷/۹۹	۱۱۲۱/۰۰	۸۳۴/۳۳	۰/۷۵
۱۳	۹/۲۳	۲۶۰/۶۷	۱۲۳/۶۷	۲۶/۰۰	۵۳/۲۹	۱۱۷۹/۶۷	۸۹۶/۰۰	۰/۷۶
۱۴	۷/۳۳	۲۷۶/۳۳	۱۲۹/۶۷	۲۳/۸۰	۴۹/۹۲	۹۳۹/۶۷	۶۶۳/۶۷	۰/۷۱
۱۵	۷/۸۳	۲۵۵/۰۰	۱۲۴/۶۷	۲۷/۳۳	۴۵/۴۵	۱۰۷۱/۶۷	۷۵۲/۰۰	۰/۷۰
۱۶	۷/۲۰	۲۶۳/۶۷	۱۱۵/۶۷	۲۴/۹۰	۵۵/۴۴	۱۰۲۵/۰۰	۷۲۷/۳۳	۰/۶۷
۱۷	۶/۷۳	۲۶۵/۳۳	۱۲۳/۰۰	۲۵/۷۷	۵۸/۰۹	۶۷۲/۰۰	۳۵۱/۰۰	۰/۵۲
۱۸	۷/۲۰	۲۶۷/۰۰	۱۲۹/۶۷	۲۶/۵۰	۵۳/۲۳	۱۱۰۹/۰۰	۸۰۱/۰۰	۰/۷۲
۱۹	۷/۲۳	۲۷۲/۶۷	۱۲۳/۶۷	۲۶/۴۰	۵۶/۳۱	۱۱۴۹/۶۷	۹۴۹/۰۰	۰/۶۸
۲۰	۷/۶۰	۲۶۰/۳۳	۱۱۸/۶۷	۲۴/۷۷	۵۰/۶۶	۹۷۵/۰۰	۶۴۸/۰۰	۰/۶۸
۲۱	۸/۶۰	۲۷۱/۳۳	۱۱۴/۰۰	۲۵/۵۰	۵۲/۹۵	۹۹۹/۰۰	۶۹۳/۶۷	۰/۶۹
۲۲	۷/۸۷	۲۷۹/۰۰	۱۱۷/۳۳	۲۶/۶۰	۵۵/۲۷	۱۳۰۱/۶۷	۹۷۸/۶۷	۰/۷۵
۲۳	۸/۵۳	۲۵۳/۶۷	۱۰۵/۳۳	۲۷/۰۷	۵۳/۱۰	۹۷۸/۰۰	۶۸۹/۳۳	۰/۶۵
۲۴	۷/۷۳	۲۷۴/۰۰	۱۳۹/۰۰	۲۳/۴۰	۵۴/۲۷	۱۰۷۷/۶۷	۷۷۰/۰۰	۰/۷۱
۲۵	۷/۸۳	۲۷۹/۳۳	۱۳۳/۶۷	۲۴/۹۰	۵۱/۶۶	۸۲۹/۶۷	۵۴۹/۳۳	۰/۶۴
۲۶	۴/۴۰	۲۶۹/۰۰	۱۲۱/۳۳	۲۵/۰۳	۶۱/۵۴	۸۴۹/۳۳	۵۵۰/۳۳	۰/۶۲
۲۷	۵/۶۷	۲۵۴/۰۰	۱۴۴/۰۰	۲۴/۱۳	۵۸/۰۰	۱۰۲۱/۶۷	۷۲۴/۶۷	۰/۶۸
۲۸	۶/۴۳	۲۴۸/۳۳	۱۰۵/۳۳	۲۴/۱۷	۴۷/۷۱	۱۱۱۲/۰۰	۸۲۳/۰۰	۰/۷۴
۲۹	۷/۵۰	۲۹۳/۶۷	۱۵۰/۰۰	۲۴/۷۰	۴۴/۵۱	۱۱۲۲/۳۳	۸۱۶/۳۳	۰/۷۳
۳۰	۵/۸۳	۲۹۹/۰۰	۱۸۳/۳۳	۲۳/۹۰	۵۶/۷۹	۱۱۴۴/۶۷	۸۶۲/۰۰	۰/۷۵
۳۱	۷/۸۳	۲۸۵/۶۷	۱۶۷/۳۳	۲۲/۷۳	۵۸/۷۱	۱۱۸۷/۶۷	۸۸۷/۳۳	۰/۷۴
۳۲	۱۰/۶۷	۲۸۷/۶۷	۱۷۲/۰۰	۲۱/۹۷	۵۹/۷۱	۱۰۶۶/۰۰	۷۵۵/۰۰	۰/۷۱
۳۳	۴/۵۰	۳۰۷/۰۰	۱۹۰/۰۰	۲۲/۳۷	۴۹/۶۲	۱۰۳۴/۶۷	۷۴۸/۶۷	۰/۷۲
۳۴	۴/۰۰	۳۰۵/۰۰	۱۸۹/۶۷	۲۰/۹۳	۵۹/۸۷	۱۱۲۹/۰۰	۸۱۵/۳۳	۰/۷۲
۳۵	۹/۵۰	۲۹۴/۰۰	۱۶۰/۶۷	۲۱/۹۷	۶۰/۴۸	۱۲۶۰/۰۰	۹۲۶/۳۳	۰/۷۴
۳۶	۶/۰۰	۳۰۴/۰۰	۱۸۸/۰۰	۲۲/۵۰	۴۵/۷۲	۱۱۶۱/۰۰	۸۵۹/۸۳	۰/۷۰
۳۷	۱۰/۸۷	۲۷۵/۰۰	۱۳۳/۶۷	۲۰/۷۳	۵۶/۵۴	۹۹۷/۶۷	۷۰۳/۳۳	۰/۷۳
۳۸	۱۱/۰۰	۲۸۴/۶۷	۱۳۹/۶۷	۲۶/۴۷	۵۸/۹۳	۱۰۷۳/۳۳	۷۹۴/۶۷	۰/۷۱
$LSD_{5\%}$	۳/۱	۱۸/۸	۱۶/۸	۳/۷	۸/۲	۲۰۶/۹	۲۵۱/۳	۰/۱

Fo: فلورسانس حداقل، Fm: فلورسانس حداکثر، Fv: فلورسانس متغییر و Fv/Fm: نسبت فلورسانس متغییر به فلورسانس حداکثر (حداکثر کارایی کوانتومی فتوسیستم II)

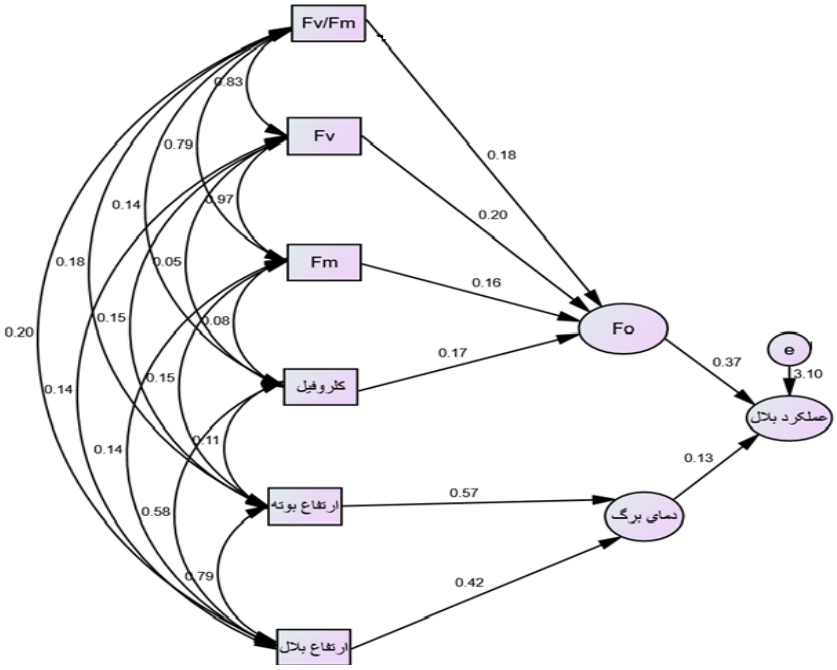


شکل ۱- همبستگی بین صفات عملکرد بلال، دمای برگ، شاخص کلروفیل و فلورسانس کلروفیل (Fo: فلورسانس حداقل، Fm: فلورسانس حداکثر، Fv: فلورسانس متغیر و Fv/Fm: حداکثر کارآیی فتوسیستم II) در هیبریدهای ذرت

Figure 1. Correlation coefficients between ear yield, leaf temperature and chlorophyll fluorescence (Fo: minimum fluorescence, Fm: maximum fluorescence, Fv: variable fluorescence and Fv/Fm: maximum quantum yield of PSII) in maize hybrids

تجزیه همبستگی بین برخی صفات زراعی و فیزیولوژیکی در هیبریدهای امید بخش ذرت نشان داد (شکل ۱) که بین وزن بلال با دمای برگ، شاخص کلروفیل و فلورسانس حداقل همبستگی مثبت معنی‌دار وجود داشت. همبستگی مثبت معنی‌دار بین ارتفاع بوته و ارتفاع بلال با دمای برگ و شاخص کلروفیل مشاهد شد. همچنین بین دمای برگ با فلورسانس حداقل همبستگی مثبت وجود داشت. اما بیشترین همبستگی بین کارآیی کوانتومی فتوسیستم II بود (شکل ۱). براساس نتایج حاصل از همبستگی بین صفات چنین به‌نظر می‌رسد که ارتباط قوی بین عملکرد بلال با کارآیی کوانتومی فتوسیستم II در هیبریدهای مورد مطالعه نداشت.

نتایج حاصل از تجزیه همبستگی بین صفات عملکرد بلال و شاخص‌های مهم درگیر در سیستم فتوسنتزی هیبریدهای ذرت مورد مطالعه توسط محرم نژاد و شیری (۱۰) نشان داد که عملکرد بلال با اجزای فلورسانس کلروفیل ارتباط معنی‌داری نداشت. عسکر و همکاران (۲) با بررسی خصوصیات فیزیولوژیک و عملکرد هیبریدهای ذرت بیان کردند که بین اجزای فلورسانس کلروفیل همبستگی مثبت معنی‌دار وجود دارد اما بین عملکرد هیبریدهای ذرت با سیستم فتوسنتزی در شرایط عادی مزرعه همبستگی وجود نداشت که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد.



شکل ۲- دیاگرام تجزیه علیت صفات موثر بر عملکرد بلال در هیبریدهای ذرت (Fo: فلورسانس حداقل، Fm: فلورسانس حداکثر، Fv: فلورسانس متغیر و Fv/Fm: حداکثر کارآیی فتوسیستم II)

Figure 2. Path analysis diagram of effective traits on ear yield in maize hybrids (Fo: minimum fluorescence, Fm: maximum fluorescence, Fv: variable fluorescence and Fv/Fm: maximum quantum yield of PSII)

تجزیه رگرسیون چندگانه به روش گام به گام بین عملکرد بلال با صفات ارتفاع بوته، ارتفاع بلال، دمای برگ و سیستم کارآیی کلروفیل نشان از ارتباط معنی‌دار دو صفت فلورسانس حداقل و دمای برگ با عملکرد بلال بود و مدل آماری حاصل به‌صورت زیر می‌باشد:

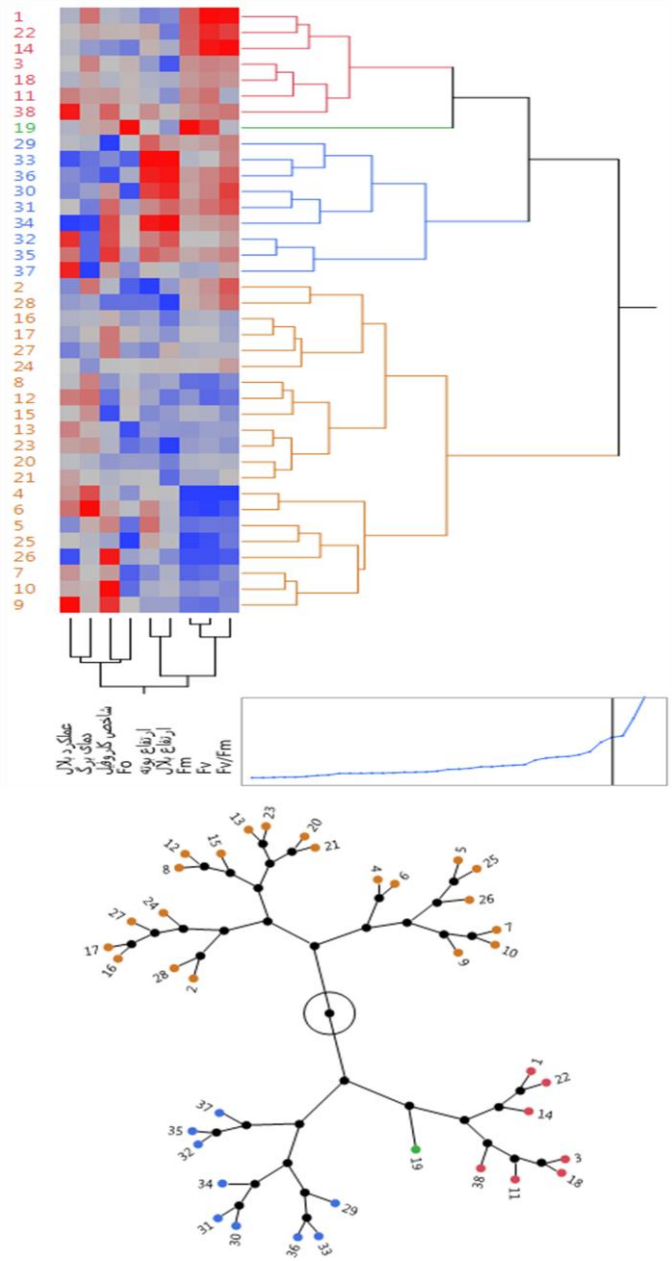
[R^2 =۰/۵۸ :p=۰/۰۱ (دمای برگ)۰/۲۶+ (فلورسانس حداقل) ۰/۰۵+ ۶/۳۰- = Y]

تجزیه علیت بین صفات مورد مطالعه در هیبریدهای ذرت نشان داد که صفات فلورسانس حداقل و دمای برگ بیشترین اثر مستقیم روی عملکرد بلال داشتند. صفات شاخص کلروفیل، فلورسانس متغییر، فلورسانس حداکثر و حداکثر کارایی کوانتومی فتوسیستم II به‌طور غیر مستقیم اثر مثبت اما صفات ارتفاع بوته و ارتفاع بلال اثر منفی روی عملکرد بلال داشتند. همچنین صفات شاخص کلروفیل، فلورسانس متغییر، فلورسانس حداکثر و حداکثر کارایی کوانتومی فتوسیستم II از طریق صفت فلورسانس حداقل و صفات ارتفاع بوته و ارتفاع بلال از طریق صفت دمای برگ روی عملکرد بلال هیبریدهای ذرت تحت تأثیر قرار دادند (شکل ۲).

محمدی و همکاران (۹) با انجام تجزیه علیت روی صفات زراعی در ۱۴ هیبرید دیررس ذرت بیان داشتند که شاخص برداشت، عملکرد بیولوژیک و وزن هزار دانه رابطه مستقیم و ارتفاع بوته رابطه غیر مستقیم با عملکرد دانه داشت. جلیلی و همکاران (۷) مطالعه روابط بین صفات با استفاده از تجزیه علیت صفات وزن هزار دانه، درصد چوب بلال، مساحت برگ و تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک را به‌عنوان مهم‌ترین صفات مؤثر بر عملکرد دانه ذرت گزارش نمودند.

گروه‌بندی هیبریدهای امید بخش ذرت با استفاده از تجزیه خوشه‌ای و نقشه دمایی صفات مورد بررسی هیبریدهای ذرت را به سه گروه مختلف تقسیم‌بندی کرد که این گروه‌ها با رنگ‌های مختلف در شکل ۳ قابل مشاهده هستند. هیبریدهای با شماره ۱، ۳، ۱۱، ۱۴، ۱۸، ۱۹، ۲۲ و ۳۸ با خصوصیات یکسان در یک گروه، هیبریدهای با شماره ۲۹، ۳۰، ۳۱، ۳۳، ۳۴، ۳۵، ۳۶ و ۳۷ با کمترین کارآیی کوانتومی فتوسیستم II در یک گروه و هیبریدهای با شماره ۲، ۴، ۵، ۶، ۷، ۸، ۹، ۱۰، ۱۲، ۱۳، ۱۵، ۱۶، ۱۷، ۲۰، ۲۱، ۲۳، ۲۴، ۲۵، ۲۶، ۲۷ و ۲۸ در یک گروه دیگر قرار گرفتند، به‌طوریکه در این گروه هیبرید ۹ به‌عنوان مطلوب‌ترین هیبرید از لحاظ عملکرد بلال، کارآیی فتوسیستم II و شاخص کلروفیل بود (شکل ۳).

در مطالعه‌ای مبنی بر گروه‌بندی برخی هیبریدهای ذرت دانه‌ای با استفاده از تجزیه خوشه‌ای و نقشه دمایی صفات عملکرد و سیستم فتوسنتزی، ۱۱ هیبرید ذرت را در دو گروه تقسیم بندی کردند (۱۰). روزبهانی و همکاران (۱۳) با ارزیابی هیبریدهای تجاری و امید بخش ذرت در شرایط آب و هوایی استان مرکزی از لحاظ صفات زراعی و فنولوژیکی، ۱۲ هیبرید ذرت مورد مطالعه را در سه گروه مختلف تقسیم‌بندی کردند. صادقی و رتبه (۱۴) با بررسی عملکرد و اجزای عملکرد دانه ژنوتیپ‌های مختلف ذرت با استفاده از روش‌های آماری توصیفی و چند متغیره، نتایج حاصل از تجزیه خوشه‌ای براساس صفات زراعی، ۲۱ ژنوتیپ ذرت را در سه گروه مختلف گروه‌بندی کردند.



شکل ۳- نقشه دمایی همراه با تجزیه و تحلیل خوشه‌ای سلسله مراتبی
Figure 3. Heatmap and hierarchical cluster analysis

نتیجه‌گیری

براساس نتایج حاصل اثر هیبرید برای صفات عملکرد بلال، ارتفاع بوته، ارتفاع بلال، دمای برگ، شاخص کلروفیل و کارآیی سیستم فتوسنتزی معنی‌دار بود و بین هیبریدها تنوع قابل توجهی وجود داشت. مقایسه میانگین بین هیبریدهای ذرت نشان داد که از لحاظ اکثر صفات مورد ارزیابی، هیبرید شماره ۹ به‌عنوان مطلوب‌ترین هیبرید شناسایی شد. در این مطالعه، همبستگی مثبت معنی‌دار بین صفات زراعی و سیستم فتوسنتزی مشاهده شد. تجزیه رگرسیون چندگانه و تجزیه علیت نشان داد که فلورسانس حداقل و دمای برگ رابطه مستقیم و سایر صفات مورد ارزیابی رابطه غیرمستقیم با عملکرد بلال داشتند. نتایج حاصل از تجزیه خوشه‌ای و نقشه دمایی صفات عملکرد بلال، ارتفاع بوته، ارتفاع بلال، دمای برگ، شاخص کلروفیل و کارآیی کوانتومی سیستم فتوسنتزی نشان داد که ارتباط بین صفات مناسب بوده و باعث تفکیک ۳۸ هیبرید ذرت در سه گروه مختلف شد. بنابراین چنین به‌نظر می‌رسد که می‌توان از فلورسانس کلروفیل برای گزینش ژنوتیپ‌های برتر بهره‌مند شد.

منابع

1. Ashraf, M. and P. Harris. 2013. Photosynthesis under stressful environments: an overview. Photosynthetica, 51: 163-190.
2. Askary, M., A.A. Maghsoudi Moud and V.R. Saffari. 2013. Investigation of some physiological characteristics and grain yield of corn (*Zea mays* L.) hybrids under salinity stress. Journal of Crop Production and Processing, 3: 93-104 (In Persian).
3. Choukan, R., K. Mostafavi, M. Taeb, M.R. Bihamta and E. Majidi Heravan. 2017. Genetic potential evaluation of Iranian corn Inbred lines using griffing diallel and AMMI model. Journal of Plant Production Sciences, 6: 13-24 (In Persian).
4. De Galarreta, J.R. and A. Alvarez. 2001. Morphological classification of maize landraces from northern Spain. Journal of Genetic Resources Crop Evolution, 48: 391-400.
5. FAO. 2019. http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize.
6. Fracheboud, Y., P. Haldimann, J. Leipner and P. Stamp. 1999. Chlorophyll fluorescence as a selection tool for cold tolerance of photosynthesis in maize (*Zea mays* L.). Journal of Experimental Botany, 50: 1533-1540.
7. Jalili, M., V. Rashidi and M.R. Shiri. 2009. Identification of characters association withgrain yield in medium maturity corn hybrids using direction analysis. Journal of Agriculture Science, 3(9): 27-42 (In Persian).
8. Kalaji, H., A. Oukarroum, V. Alexandrov, M. Kouzmanova, M. Brestic, M. Zivcak, I. Samborska, M. Cetner, S. Allakhverdiev and V. Goltsev. 2014. Identification of nutrient deficiency in maize and tomato plants by in vivo chlorophyll a fluorescence measurements. Plant Physiology and Biochemistry, 81: 16-25.
9. Mohammadi, S., L. Alivand, F. Farahvash, H. Hamzeh, K. Anvari and S. Arefi. 2013. Grouping of late maturing corn hybrids in relation to some agronomic traits. Journal of Crop Ecophysiology, 7(1): 1-16 (In Persian).
10. Moharramnejad, S. and M.R. Shiri. 2020. Study of genetic diversity in maize genotypes by ear yield and physiological traits. Journal of Crop Breeding, 12(35): 30-40. (In Persian).
11. Moharramnejad, S. M. Valizadeh and J. Emartpardaz 2018. Generation mean analysis in maize (*Zea mays* L.) under drought stress. Fresenius Environmental Bulletin, 27: 1021-1032.
12. Nemati, M. and A. Asghari. 2013. Changes in chlorophyll content and fluorescence and total soluble sugars of rapeseed cultivars under osmotic stress. Journal of Agricultural Science and Sustainble Production, 22: 167-181 (In Persian).
13. Ruzbehani, A., T. Bsaki, S. Karami and F. Azizi. 2018. Evaluation of promising forage maize hybrids under Markazi province climatic condition. Journal of Applied Field Crops Research, 31: 87-92 (In Persian).
14. Sadeghi, F. and J. Rotbeh. 2013. Evaluation of grain yield and yield components using destcriptive and multivaraite statistics. Journal of Crop Breeding, 8(18): 212-221 (In Persian).
15. Silva, T.N., G.V. Moro, F.V. Moro, D.M.M.D. Santos and R. Buzinaro. 2016. Correlation and path analysis of agronomic and morphological traits in maize. Journal of Revista Ciência Agronômica, 47: 351-357.
16. TahmasbeAli, M., A. Asghari, O. Sofalian, H. Mohammaddoust Chaman Abad and A. Rasoulzadeh. 2016. Effect of osmotic stress on some physiological characters of wheat cultivars. Journal of Crop Breeding, 7(19): 112-123 (In Persian).
17. Zhao, Y., M.F. Mette and J.C. Reif. 2015. Genomic selection in hybrid breeding. Journal of Plant Breeding, 134: 1-10.
18. Zlatev, Z. and F.C. Lidon. 2012. An overview on drought induced changes in plant growth, water relations and photosynthesis. Emirate Journal of Food Agriculture, 24: 57-72.

Evaluation of diversity to Selecting Best Maize Hybrids

Masoomeh Piran[1], Ali Asghari[2], Sajjad Moharramnejad[3] and Hamidreza Mohammaddoust Chaman Abad[2]

1- M.Sc. Student of Genetic and Plant Breeding, Department of Genetic and Plant Production, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
2- Professor, Department of Genetic and Plant Production, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran
3- Research Assistant Professor, Crop and Horticultural Science Research Department, Ardabil Agricultural and Natural Resources and Education Center, AREEO, Moghan, Iran, (Corresponding author: sm.chakherlo@yahoo.com)
Received: April 4, 2021 Accepted: June 17, 2021

Abstract

To evaluate 38 maize hybrids, an experiment based on randomized complete block design with three replications at the Moghan Agriculture Research Station during the 2020 growing season. The results indicated that a significant difference had among maize hybrids for ear yield, plant height, ear height, leaf temperature, chlorophyll index, maximum fluorescence (Fm), variable fluorescence (Fv) and maximum quantum yield of PSII (Fv/Fm). K74/2-2-1-4-1-1-1 × K3640/3 hybrid (No. 9) with high ear yield and photosynthetic system introduced the best hybrid to comparing with other hybrids. The range of heritability was from 3% for minimum fluorescence (Fo) to 71 % for ear height. Path analysis revealed that minimum fluorescence (Fo) and leaf temperature had the highest and positive direct effects on ear yield. The cluster analysis, with ear yield, plant height, ear height, leaf temperature, chlorophyll index, and quantum yield, was classified 38 maize hybrids in three different groups, and the third group with 9 (K74/2-2-1-4-1-1-1 × K3640/3) was the most desirable.

Keywords: Chlorophyll index, Clustering, Photosynthesis, Plant height, Stepwise regression