



"مقاله پژوهشی"

ارزیابی تنوع به‌منظور گزینش هیبریدهای مطلوب ذرت دانه‌ای

معصومه پیران^۱، علی اصغری^۲، سجاد محرم‌نژاد^۳ و حمیدرضا محمد دوست 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- استاده، 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 فتوسنتز II (Fv/Fm) بین هیبریدهای ذرت وجود داشت. هیبرید شماره ۹ ($K3640/3 \times K74/2-2-1-4-1-1-1$) با بیشترین عملکرد بلال و کارایی سیستم فتوسنتزی به‌عنوان برترین هیبرید شناسایی شد. همبستگی بین عملکرد بلال با دمای برگ و فلورسانس حداکثر (Fo) معنی‌دار بود. میزان وراثت‌پذیری برآورده شده بین سه (فلورسانس حداکثر (Fo)) تا ۷۱ (ارتفاع بلال) درصد بود. نتایج حاصل از تجزیه علیت نشان داد که فلورسانس حداکثر (Fo) و دمای برگ به‌طور مستقیم بر عملکرد 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 ($K74/2-2-1-4-1-1-1 \times K3640/3$) 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 تأمین 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 تأثیر 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 تعیین‌کننده بهترین روش اصلاحی مورد استفاده در اصلاح گیاهان به‌شمار می‌رود (۱۷). دیگلارینا و آلوارز (۴) گزارش کردند که دلیل پایین بودن وراثت‌پذیری عملکرد گزینش غیر مستقیم برای عملکرد با بکارگیری برخی صفات مربوط به بلال می‌تواند مؤثر باشد عملکرد دانه شدیداً تحت تأثیر 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

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 مابقی در مراحل مختلف رشدی گیاه ذرت به صورت کود سرک توزیع گردید. آبیاری قطعه آزمایش هر ۱۰ روز یکبار انجام گرفت و تعداد دور آبیاری از کاشت تا رسیدگی فیزیولوژیکی 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 به صورت دستی کاشته شد و پس از تنک کردن در مرحله ۳-۴ برگی فقط دو بوته در هر کپه نگه داشته شد. وجین علف‌های هرز از مرحله ابتدایی کاشت تا مراحل نهایی به صورت دستی انجام گرفت.

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 به ترتیب 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 کارایی اصلاح جمعیت می‌شود (۸، ۱۰). در این راستا، این پژوهش به منظور 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 به همراه یک رقم تروی کراس (TWC647) بود (جدول ۱). این تحقیق در قالب طرح

جدول ۱- هیبریدهای ذرت مورد مطالعه

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	KLM76002/3-1-1-1-1-1-3×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	KLM77002/3-1-1-1-1-1-3 × 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، به طوری که پس از حذف ۲۵ سانتی‌متر از ابتدا و انتهای هر خط کاشت به عنوان 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 به طور 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 به ترتیب توسط دستگاه کلروفیل متر دستی (SPAD-502, Minolta) و

دامسج مادون قرمز از برگ‌های بالایی بوته‌ها به طور تصادفی اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری فلورسانس کلروفیل، برگ‌های کاملاً توسعه یافته بالای بوته انتخاب شدند. برگ‌های انتخاب شده با استفاده از کلیس‌های مخصوص دستگاه Handy-PEA به مدت ۳۰ دقیقه در تاریکی قرار گرفتند. در این دوره تاریکی مراکز واکنشی موجود در فتوسیسستم II به صورت کامل باز می‌شود. سپس به این برگ‌ها به مدت چهار ثانیه یک پالس نوری در طول موج ۶۵۰ نانومتر با شدت ۳۰۰۰ میکرومول فوتون بر مترمربع بر ثانیه تابیده شد و پارامترهای مختلف دستگاه با استفاده از نرم‌افزار ویژه این دستگاه (PEA plus v1.10) قرائت و یادداشت 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

میانگین مربعات				شاخص کلروفیل	دمای برگ	ارتفاع بلال	ارتفاع بوته	عملکرد بلال	درجات آزادی	منابع تغییر
فلورسانس کلروفیل			Fo							
Fv/Fm	Fv	Fm	Fo							
۰/۱*	۱۳۷۵۷/۷ ^{ns}	۱۲۵۶۹/۶ ^{ns}	۱۴/۱ ^{ns}	۱۴۶/۴*	۴۵/۳**	۸۸۳/۸**	۳۸۲۳/۲**	۶/۴ ^{ns}	۲	تکرار
۰/۰۱*	۷۰۷۰۷/۵**	۷۵۳۵۰/۸**	۶۳۵/۵ ^{ns}	۵۸/۳*	۱۸/۲**	۱۳۳۳/۲**	۷۲۲/۵**	۱۰/۶**	۳۷	هیبرید
۰/۰۰۵	۲۵۲۴۲/۷	۲۳۳۰۶/۶	۵۷۷/۲	۳۶/۶	۷/۴	۱۵۳/۷	۱۹۱/۶	۳/۶	۷۴	خطا
۹/۹	۲۰/۴	۱۴/۱	۷/۹	۱۱/۸۱	۱۹/۳	۹/۲	۵/۷	۲۲/۷	(%)	ضریب تغییرات
۱۴	۳۸	۴۳	۳	۱۶	۳۲	۷۱	۴۸	۳۹	(%)	وراثت‌پذیری

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

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 شیرینی (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 (به ترتیب 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 به ترتیب 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 دی‌آلل گریفینگ و مدل امی، برای صفت ارتفاع بوته در ژنوتیپ‌های مورد بررسی میزان وراثت‌پذیری عمومی را حدود ۶۸ درصد گزارش کردند. محرم‌نژاد و همکاران (۱۱) با

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 V_G و V_P به ترتیب 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 عملکرد 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

و محتوای کلروفیل اختلاف معنی‌دار وجود داشت همچنین میزان وراثت‌پذیری دمای برگ و شاخص کلروفیل را به ترتیب 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 کارایی کوانتومی فتوسیستم II را داشت (جدول ۳).

در اثر تابش فوتون‌های نوری همگی ناقل‌های الکترون به فرم احیا در آمده و همگی 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 (۸، ۱۶). 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 شده است (۱۰).

انجام تجزیه میانگین نسل ذرت میزان وراثت‌پذیری 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 به ترتیب 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 به ترتیب بیشترین دمای برگ و شاخص کلروفیل را داشتند (جدول ۳).

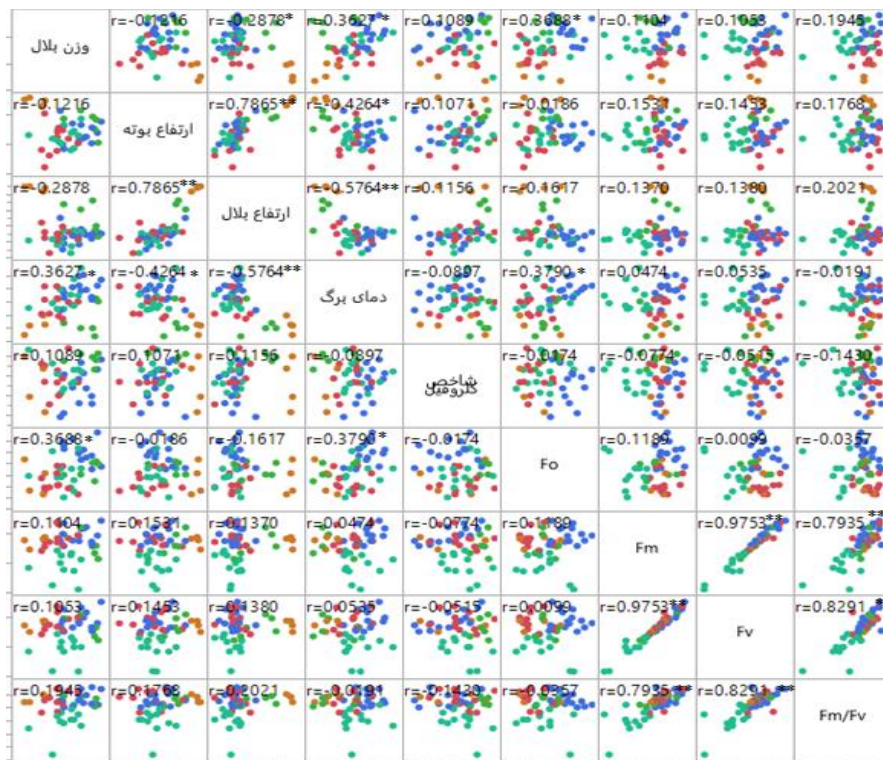
ضریب تغییرات دمای برگ و شاخص کلروفیل به ترتیب ۱۹/۳ و ۱۱/۱ درصد بود که دلیل بر تنوع قابل قبول در ژنوتیپ‌های ذرت است. برآورد میزان وراثت‌پذیری عمومی برای دمای برگ و شاخص کلروفیل به ترتیب ۳۲ و ۱۶ درصد شد. احتمال پایین بودن میزان وراثت‌پذیری صفات دمای برگ و شاخص کلروفیل در ژنوتیپ‌های ذرت مورد بررسی می‌تواند 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 روزه‌ها، سنتز رنگدانه‌های فتوسنتزی، فعالیت فتوسیستم I و II و تثبیت دی‌اکسید 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

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

Fv/Fm	Fv	Fm	شاخص کلروفیل (SPAD)	دمای برگ (°C)	ارتفاع بلال (cm)	ارتفاع بوته (cm)	عملکرد بلال (Kg/m ²)	شماره هیبرید
۰/۷۵	۱۰۰۹/۰۰	۱۳۱۰/۳۳	۵۳/۲۰	۲۸/۳۳	۱۲۱/۳۳	۲۵۳/۰۰	۷/۱۷	۱
۰/۷۴	۸۳۶/۰۰	۱۱۲۱/۶۷	۵۳/۴۲	۲۸/۳۳	۱۲۴/۶۷	۲۳۶/۳۳	۵/۹۷	۲
۰/۷۲	۸۶۲/۶۷	۱۱۹۲/۳۳	۵۴/۶۰	۲۷/۸۳	۱۱۰/۰۰	۲۵۹/۶۷	۷/۷۳	۳
۰/۷۱	۶۵۹/۳۳	۸۱۸/۰۰	۵۳/۳۹	۲۹/۴۳	۱۳۴/۶۷	۲۷۳/۳۳	۸/۸۳	۴
۰/۷۳	۷۷۶/۶۷	۱۰۶۵/۳۳	۵۷/۵۶	۲۶/۳۰	۱۳۲/۰۰	۲۹۱/۰۰	۵/۹۷	۵
۰/۶۳	۵۹۵/۰۰	۹۳۴/۰۰	۵۶/۰۳	۳۱/۱۳	۱۳۲/۶۷	۲۸۵/۶۷	۹/۵۳	۶
۰/۶۵	۵۹۵/۳۳	۸۱۴/۰۰	۵۶/۴۵	۲۵/۴۰	۱۳۰/۶۷	۲۵۵/۶۷	۸/۸۳	۷
۰/۶۵	۵۹۲/۶۷	۸۹۸/۳۳	۵۰/۳۵	۲۷/۸۷	۱۲۸/۰۰	۲۶۱/۰۰	۷/۵۰	۸
۰/۷۷	۹۹۸/۳۳	۱۲۸۹/۳۳	۶۱/۹۲	۲۶/۰۳	۱۲۶/۳۳	۲۶۱/۳۳	۱۱/۲۰	۹
۰/۷۶	۸۷۹/۶۷	۱۱۴۹/۰۰	۶۰/۶۱	۲۵/۹۳	۱۳۲/۰۰	۲۶۵/۳۳	۸/۳۰	۱۰
۰/۶۷	۳۴۷/۳۳	۶۲۹/۳۳	۵۶/۵۴	۲۶/۹۰	۱۲۲/۳۳	۲۶۸/۶۷	۹/۲۷	۱۱
۰/۷۵	۸۳۴/۳۳	۱۱۲۱/۰۰	۴۷/۹۹	۲۸/۴۷	۱۱۶/۳۳	۲۶۳/۰۰	۹/۳۳	۱۲
۰/۷۶	۸۹۶/۰۰	۱۱۷۹/۶۷	۵۳/۲۹	۲۶/۰۰	۱۲۳/۶۷	۲۶۰/۶۷	۹/۳۳	۱۳
۰/۷۱	۶۶۳/۶۷	۹۲۹/۶۷	۴۹/۹۲	۲۳/۸۰	۱۲۹/۶۷	۲۷۶/۳۳	۷/۳۳	۱۴
۰/۷۰	۷۵۲/۰۰	۱۰۷۱/۶۷	۴۵/۴۵	۲۷/۳۳	۱۲۴/۶۷	۲۵۵/۰۰	۷/۸۳	۱۵
۰/۶۷	۷۲۷/۳۳	۱۰۲۵/۰۰	۵۵/۴۴	۲۴/۹۰	۱۱۵/۶۷	۲۶۳/۶۷	۷/۲۰	۱۶
۰/۵۲	۳۵۱/۰۰	۶۲۲/۰۰	۵۸/۰۹	۲۵/۷۷	۱۲۳/۰۰	۲۶۵/۳۳	۶/۷۳	۱۷
۰/۷۲	۸۰۱/۰۰	۱۱۰۹/۰۰	۵۳/۲۳	۲۶/۵۰	۱۲۹/۶۷	۲۶۷/۰۰	۷/۲۰	۱۸
۰/۶۸	۹۴۹/۰۰	۱۱۴۹/۶۷	۵۶/۳۱	۲۶/۴۰	۱۲۳/۶۷	۲۷۲/۶۷	۷/۳۳	۱۹
۰/۶۸	۶۴۸/۰۰	۹۷۵/۰۰	۵۰/۶۶	۲۴/۷۷	۱۱۸/۶۷	۲۶۰/۳۳	۷/۶۰	۲۰
۰/۶۹	۶۹۳/۶۷	۹۹۹/۰۰	۵۲/۹۵	۲۵/۵۰	۱۱۴/۰۰	۲۷۱/۳۳	۸/۶۰	۲۱
۰/۷۵	۹۷۸/۶۷	۱۳۰۱/۶۷	۵۵/۲۷	۲۶/۶۰	۱۱۷/۳۳	۲۷۹/۰۰	۷/۸۷	۲۲
۰/۶۵	۶۸۹/۳۳	۹۷۸/۰۰	۵۳/۱۰	۲۷/۰۷	۱۰۵/۳۳	۲۵۳/۶۷	۸/۵۳	۲۳
۰/۷۱	۷۷۰/۰۰	۱۰۷۷/۶۷	۵۴/۲۷	۲۳/۴۰	۱۳۹/۰۰	۲۷۴/۰۰	۷/۷۳	۲۴
۰/۶۴	۵۴۹/۳۳	۸۲۹/۶۷	۵۱/۶۶	۲۴/۹۰	۱۳۳/۶۷	۲۷۹/۳۳	۷/۸۳	۲۵
۰/۶۲	۵۵۰/۳۳	۸۴۹/۳۳	۶۱/۵۴	۲۵/۰۳	۱۲۱/۳۳	۲۶۹/۰۰	۴/۴۰	۲۶
۰/۶۸	۷۳۴/۶۷	۱۰۲۱/۶۷	۵۸/۰۰	۲۴/۱۳	۱۴۴/۰۰	۲۵۴/۰۰	۵/۶۷	۲۷
۰/۷۴	۸۲۳/۰۰	۱۱۱۲/۰۰	۴۷/۷۱	۲۴/۱۷	۱۰۵/۳۳	۲۴۸/۳۳	۶/۴۳	۲۸
۰/۷۳	۸۱۶/۳۳	۱۱۲۲/۳۳	۴۴/۵۱	۲۴/۷۰	۱۵۰/۰۰	۲۹۳/۶۷	۷/۵۰	۲۹
۰/۷۵	۸۶۲/۰۰	۱۱۴۴/۶۷	۵۶/۷۹	۲۳/۹۰	۱۸۳/۳۳	۲۹۹/۰۰	۵/۸۳	۳۰
۰/۷۴	۸۸۷/۳۳	۱۱۸۷/۶۷	۵۸/۷۱	۲۲/۷۳	۱۶۷/۳۳	۲۸۵/۶۷	۷/۸۳	۳۱
۰/۷۱	۷۵۵/۰۰	۱۰۶۶/۰۰	۵۹/۷۱	۲۱/۹۷	۱۷۲/۰۰	۲۸۷/۶۷	۱۰/۶۷	۳۲
۰/۷۲	۷۴۸/۶۷	۱۰۳۴/۶۷	۴۹/۶۲	۲۲/۳۷	۱۹۰/۰۰	۳۰۷/۰۰	۴/۵۰	۳۳
۰/۷۲	۸۱۵/۳۳	۱۱۲۹/۰۰	۵۹/۸۷	۲۰/۹۳	۱۸۹/۶۷	۳۰۵/۰۰	۴/۰۰	۳۴
۰/۷۴	۹۲۶/۳۳	۱۲۶۰/۰۰	۶۰/۴۸	۲۱/۹۷	۱۶۰/۶۷	۲۹۴/۰۰	۹/۵۰	۳۵
۰/۷۰	۸۵۹/۸۳	۱۱۶۱/۰۰	۴۵/۷۲	۲۲/۵۰	۱۸۸/۰۰	۳۰۴/۰۰	۶/۰۰	۳۶
۰/۷۳	۷۰۲/۳۳	۹۹۷/۶۷	۵۶/۵۴	۲۰/۷۳	۱۳۳/۶۷	۲۷۵/۰۰	۱۰/۸۷	۳۷
۰/۷۱	۷۹۴/۶۷	۱۰۷۳/۳۳	۵۸/۹۳	۲۶/۴۷	۱۳۹/۶۷	۲۸۴/۶۷	۱۱/۰۰	۳۸
۰/۱	۲۵۱/۳	۲۰۶/۹	۸/۲	۳/۷	۱۶/۸	۱۸/۸	۳/۱	LSD _{5%}

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

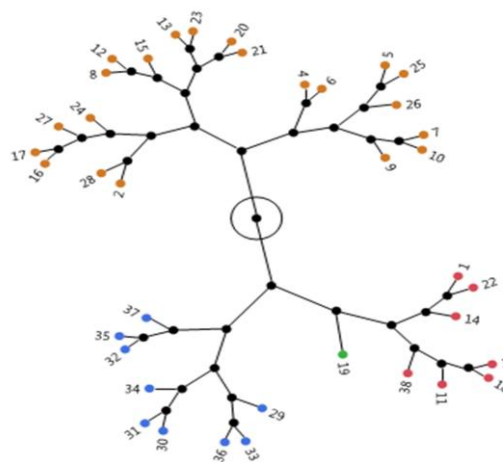
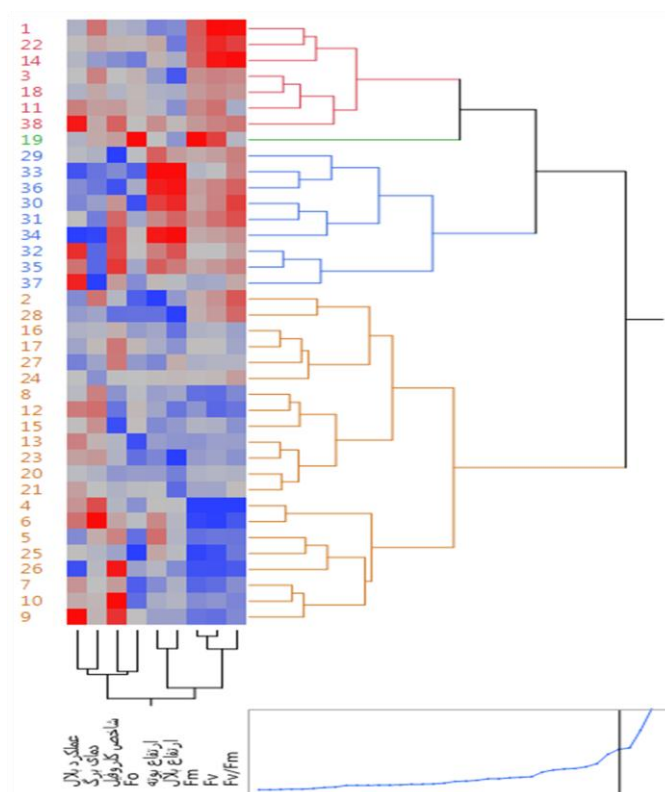


شکل ۱- همبستگی بین صفات عملکرد بلال، دمای برگ، شاخص کلروفیل و فلورسانس کلروفیل (Fo: فلورسانس حداقل، Fm: فلورسانس حداکثر، Fv: فلورسانس متغیر و Fv/Fm: حداکثر کارایی فتوسنتز II) در هیبریدهای ذرت

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

نتایج حاصل از تجزیه همبستگی بین صفات عملکرد بلال و شاخص‌های مهم درگیر در سیستم فتوسنتزی هیبریدهای ذرت مورد مطالعه توسط محرم‌نژاد 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.

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 مشاهده شد. همچنین بین دمای برگ با فلورسانس حداقل همبستگی مثبت وجود داشت. اما بیشترین همبستگی بین کارایی کوانتومی فتوسنتز II بود (شکل ۱). براساس نتایج حاصل از همبستگی بین صفات چنین به نظر می‌رسد که ارتباط قوی بین عملکرد بلال با کارایی کوانتومی فتوسنتز II در هیبریدهای مورد مطالعه نداشت.



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

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 کارایی کوانتومی سیستم فتوسنتزی نشان داد که ارتباط بین صفات مناسب بوده و باعث تفکیک ۳۸ هیبرید ذرت در سه گروه مختلف شد. بنابراین چنین به نظر می‌رسد که می‌توان از فلورسانس کلروفیل برای گزینش ژنوتیپ‌های برتر بهره‌مند شد.

نتیجه‌گیری

براساس نتایج حاصل اثر هیبرید برای صفات عملکرد بلال، ارتفاع بوته، ارتفاع بلال، دمای برگ، شاخص کلروفیل و کارایی 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

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 with grain 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 Sustainable 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 descriptive and multivariate 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 Agrônômica*, 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 Piran¹, Ali Asghari², Sajjad Moharramnejad³ and
Hamidreza Mohammaddoust Chaman Abad²

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