Journal of Plant Environmental Physiology
ISSN: 7671-2423 (Print), 2783-4689 (Online) http://ecophysiologi.gorganiau.ac.ir

Doi: 10.30495/iper.2021.679520;
Dor: 20.1001.1.24237671.1401.17.65.3.6

Islamic Azad University
Gorgan Branch

Chlorophyll fluorescence parameters and selection of the best genotypes in rice (*Oryza sativa* L.) based on BLPSI and LPSI indices

Katouzi Mahnaz[1], Navabpour Saeid[2], Sabouri Hossein[3]*, Ebadi Ali Akbar[4]

[1]Department of Plant Breeding, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Golestan, Iran; Crop Génome Dynamics Group, Agroscope Changins, Nyon, Switzerland
[2]Department of Plant Breeding, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Golestan, Iran
[3]Department of Plant Production, Gonbad Kavous University, Golestan, Iran, Email: hossein.sabouri@gonbad.ac.ir
[4]Agricultural Research, Education, and Extension Organization (AREEO), Rice Research Institute of Iran, Rasht, Iran

Serial 65, 17th year, Number 1, Spring 2022 (92-108)

Article type:
Research Full Paper

Article history
Received:2019/09/09
Revised:2019/11/29
Accepted:2019/12/08

Keywords
Economic weight
Electron transfer rate
Genotype
Photosystem II
Rice

Abstract

In order to select the best individuals resulted from crosses between traditional (as the female parent) and mutant (as the male parent) lines of an Iranian rice (*Oryza sativa* L.) variety, Tarommahalli, an experiment was conducted using the chlorophyll fluorescence properties based on BLPSI and LPSI indices in 350 individuals of F2 generation. Parents, F1, and F2 generations were grown in the Experimental Field of Gonbad Kavous University in 2017 crop year. Chlorophyll fluorescence properties Fo, F'o, Fm, F'm, F ', ETR, Fv, Fv/Fm, F'v/F'm, NPQ, qP, Y (II), qN, qL, and weight of 100 grains, number of tillers, number of filled grains, number of unfilled grains, plant height, panicle length, stem diameter, grain length, grain width, grain shape, straw weight, grain filling period, and flag leaf length and width were recorded. The rate of electron transfer through photosystem II, flag leaf width, base fluoresce in dark-adapted conditions, the number of fertile tillers, maximum fluorescence in the dark-adapted conditions, number of primary branches, flag leaf area, flag leaf width, flag leaf length, main panicle length, and plant weight had the highest effect on grain yield, in this order. The highest response to selection belonged to the 9th economic weight (heritability) in both BLPSI and LPSI indices. The was followed by the sixth coefficient which had the highest response to the selection. Results showed that the inheritance of Chlorophyll fluorescence parameters can be effectively used as an economic weight in the selection of the best individuals. Genotypes 3, 6, 17, 24, and 30 were selected based on LPSI, and genotypes 3 and 6 were selected based on BLPSI as superior genotypes.

Please cite this article as Katouzi Mahnaz, Navabpour Saeid, Sabouri Hossein, Ebadi Ali Akbar. 2022. Chlorophyll fluorescence parameters and selection of the best genotypes in rice (*Oryza sativa* L.) based on BLPSI and LPSI indices. *Journal of Plant Environmental Physiology*. 65(1): 92-108.

© 2022. All Rights Reserved

نشریه فیزیولوژی محیطی گیاهی

http://ecophysiologi.gorganiau.ac.ir شاپا: (چاپی) ۲۴۲۳-۷۶۷۱ (آنلاین) ۴۶۸۹-۲۷۸۳،

Doi: 10.30495/iper.2021.679520;
Dor: 20.1001.1.24237671.1401.17.65.3.6

دانشگاه آزاد اسلامی واحد گرگان

انتخاب برترین ژنوتیپ‌ها در برنج (*Oryza sativa* L.) با استفاده از پارامترهای فلورسانس کلروفیل براساس شاخص‌های BLPSI و LPSI

مهناز کاتوزی[۱]، سعید نواب‌پور[۲]، حسین صبوری[۳*]، علی اکبر عبادی[۴]

[۱]گروه اصلاح نباتات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران و گروه ژنومیک دینامیک، اگروسکوپ، سوئیس

[۲]گروه اصلاح نباتات، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.

[۳]گروه تولیدات گیاهی، دانشگاه گنبد کاووس، گنبد کاووس، ایران، ریانامه: hossein.sabouri@gonbad.ac.ir

[۴]سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران، موسسه تحقیقات برنج کشور.

سال هفدهم، شماره ۶۵، بهار ۱۴۰۱ / صفحات: ۱۰۸-۹۲

نوع مقاله:
مقاله کامل علمی-پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۶/۱۸
تاریخ ویرایش: ۱۳۹۸/۰۹/۰۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۹/۱۷

واژه‌های کلیدی:
برنج
ژنوتیپ
سرعت انتقال الکترون
فتوسیستم II
وزنه اقتصادی

چکیده

به منظور انتخاب برترین افراد حاصل از آمیزش لاین‌های برنج (*Oryza sativa* L.) طارم بومی و موتانت با استفاده از ویژگی‌های فلورسانس کلروفیل و براساس شاخص‌های BLPSI و LPSI، آزمایشی با استفاده از ۳۵۰ فرد F_2 در سال ۱۳۹۶ اجرا شد. والدین، نسل اول و دوم در سال زراعی ۱۳۹۶ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه گنبدکاووس کشت شدند. خصوصیات فلورسانس کلروفیل Fo، F'o، Fm، F'm، F'، ETR، Fv، Fv/Fm، F'v/F'm، NPQ، qP، Y (II)، qN، qL و وزن ۱۰۰ دانه، تعداد ساقه، تعداد دانه پر، تعداد دانه‌های پوک، ارتفاع بوته، طول خوشه، تعداد خوشچه، قطر ساقه، طول دانه، عرض دانه، شکل دانه، وزن کاه، طول دوره رسیدگی، طول برگ پرچم، عرض برگ پرچم، نیز ثبت شدند. سرعت انتقال الکترون از طریق فتوسیستم ۲، عرض برگ پرچم، فلورسانس پایه در حالت‌های سازگار شده به تاریکی، تعداد پنجه بارور، فلورسانس حداکثر در حالت‌های سازگار شده به تاریکی، تعداد خوشچه اولیه، سطح برگ پرچم، تعداد دانه پر، طول برگ پرچم، طول خوشه اصلی و وزن بوته به‌ترتیب بیشترین تاثیر را روی عملکرد دانه داشتند. بالاترین پاسخ به انتخاب در هر دو شاخص BLPSI و LPSI به وزنه اقتصادی نهم (وراثت‌پذیری) تعلق داشت. بعد از این ضریب، ضریب ششم (همبستگی) دارای بالاترین پاسخ به انتخاب بود. نتایج نشان داد که وراثت پذیری پارامترهای فلورسانس کلروفیل می‌توانند به طور کارایی به‌عنوان وزنه اقتصادی در انتخاب بهترین افراد مورد استفاده قرار گیرند. ژنوتیپ‌های ۳، ۶، ۱۷، ۲۴ و ۳۰ براساس شاخص LPSI و ژنوتیپ‌های سه و شش براساس BLPSI به عنوان ژنوتیپ‌های برتر انتخاب شدند.

استناد: مهناز کاتوزی، سعید نواب‌پور، حسین صبوری، علی اکبر عبادی. (۱۴۰۱). انتخاب برترین ژنوتیپ‌ها در برنج (*Oryza sativa* L.) با استفاده از پارامترهای فلورسانس کلروفیل براساس شاخص‌های BLPSI و LPSI. *نشریه فیزیولوژی محیطی گیاهی*، ۶۵ (۱)، ۱۰۸-۹۲.

مقدمه

امروزه برنج به عنوان دومین غله مهم جهان بعد از گندم، یکی از مهمترین محصولات غذایی می‌باشد و بیش از ۹ درصد از زمین‌های قابل کشت در زمین را پوشش می‌دهد (FAO, 2017). از آن‌جا که یکی از اهداف مهم در برنامه‌های اصلاحی، به دست آوردن محصول بالاتر است و از طرفی وراثت‌پذیری عملکرد پایین است؛ انتخاب مستقیم برای عملکرد چندان مؤثر نبوده و لذا برای اصلاح این صفت بهتر است از انتخاب غیرمستقیم استفاده شود. با استفاده از برخی روش‌های آماری می‌توان اطلاعات لازم را برای انتخاب غیر مستقیم صفات جهت اصلاح عملکرد را به‌دست آورد (Sabouri et al., 2011). عملکرد و صفات مرتبط با آن معمولاً در اغلب برنامه‌های اصلاحی به‌طور هم‌زمان مورد بررسی قرار می‌گیرند و چون ارزش اقتصادی یک گیاه به ارزش صفات مختلف آن بستگی دارد، اصلاح کنندگان انتخاب همزمان برای صفات مختلف را برای حداکثر کردن ارزش اقتصادی یک گیاه بررسی می‌کنند (Sabouri et al., 2010).

استفاده از شاخص‌های انتخاب در اصلاح نباتات نخستین بار توسط Smith در سال ۱۹۳٦ پیشنهاد شد و سپس برای ارزیابی و مقایسه با روش‌های دیگر انتخاب به کار گرفته شد (Baker, 1986). چون ارزش ژنتیکی نمی‌تواند به صورت مستقیم تعیین شود، باید به وسیله تابع خطی از ارزش‌های فنوتیپی تخمین زده شود (Smith, 1936). بدین منظور از تابع تشخیص فیشر برای تعریف یک شاخص انتخاب برای لاین‌های خالص گیاهی استفاده شد. در این تابع از صفات مختلف به صورت همزمان به عنوان متغیرهایی با ضرایب وزنی متفاوت استفاده شد. تابع تشخیص فیشر را بر مبنای ارزش‌های اقتصادی صفات، میزان بهبود مورد نیاز بر حسب انحراف معیارها، همبستگی‌ها و پارامترهای ژنتیکی نظیر وراثت‌پذیری و همبستگی‌های ژنتیکی بین صفات گسترش داده شد (Hazel, 1943). محققین Pesek و Baker (1969) مسئله محدودیت نسبت دادن ارزش‌های اقتصادی را به صفات کمی مطرح کردند و شاخصی را پیشنهاد نمودند که در آن از بهره ژنتیکی به جای ارزش اقتصادی استفاده شد. این شاخص یک شاخص انتخاب تعدیل شده است که در آن از واریانس‌ها و کواریانس‌های ژنتیکی افراد استفاده می‌شود.

یکی از روش‌های تعیین کارایی سیستم فتوسنتزی، اندازه‌گیری فلورسانس کلروفیل است که بازتاب وضعیت فتوشیمیایی گیاه می‌باشد (Mohammadi et al., 2008). مقدار فلورسانس کلروفیل، میزان سالم بودن غشای تیلاکوئید و کارآمدی نسبی انتقال الکترون را از فتوسیستم II به فتوسیستم I نشان می‌دهد. بخش عمده‌ای از انرژی نورانی خورشید که به وسیله برگ دریافت می‌شود، صرف فرایندهای بیوشیمیایی میشود؛ اما ممکن است بخش کوچکی از نور دریافت شده به‌صورت گرما و یا مجدداً از مراکز واکنش در طول موج بلندتری بازتاب کند که به آن فلورسانس کلروفیل می‌گویند (Soltani, 2004). اگر بیشتر انرژی مولکول برانگیخته به‌صورت انرژی گرمایی یا فلورسانس ساطع شود، انرژی برای واکنش‌های فتوشیمیایی کمتر می‌شود. در نتیجه تولید و ذخیره فرآورده‌های انتقال الکترون یعنی NADPH و ATP در واکنش‌های نوری فتوسنتز کاهش و لذا عملکرد کوانتومی فتوسیستم II کاهش پیدا می‌کند (Eshghizadeh and Ehsanzadeh, 2009). Samimi Sadeh و همکاران (2008) بررسی روی گندم نشان دادند که هرچه فلورسانس کلروفیل لاین‌های گندم کمترباشد، از نور دریافتی استفاده بیشتری میکنند و عملکرد بیشتری خواهند داشت.

در دو پژوهش بر روی برنج شاخص‌های بهینه و پایه را مورد مقایسه قرار گرفت و نشان داده شد که

گزینش بر مبنای شاخص‌های بهینه می‌تواند پاسخ بیشتری را نسبت به شاخص‌های پایه منجر شود، اما این برتری معنی‌دار نبوده و در نهایت استفاده از شاخص پایه را به دلیل سادگی ساختار و سهولت محاسباتی توصیه شد (Fazlalipour et al., 2008a,b). گزینش همزمان برای چند صفت به منظور حصول حداکثر ارزش اقتصادی جمعیت برنج استفاده شد و استفاده از یک شاخص گزینش بر مبنای صفات عملکرد بیولوژیک، شاخص برداشت، تعداد دانه پر در خوشه، وزن صد دانه و تعداد خوشه در بوته می‌تواند موجب افزایش ارزش اقتصادی جمعیت پیشنهاد شد (Fazlalipour et al., 2008c).

کارایی انتخاب مستقیم و غیرمستقیم صفات برای بهبود عملکرد در گندم در شرایط تنش خشکی و نرمال محاسبه و ارزیابی شاخص‌های مختلف برای انتخاب همزمان چند صفت مورد بررسی قرار گرفت و مشخص شد که شاخص‌های اسمیت- هیزل بازده انتخاب بالاتری نسبت به شاخص پسک- بیکر در هر دو شرایط تنش و غیرتنش دارند (Rezai and Yousofi Azar, 2008). در مطالعه شاخص‌های انتخاب برای بهبود عملکرد دانه در کنجد نیز راندمان انتخاب بر اساس شاخص اسمیت- هیزل برای بهبود همزمان صفات تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول و وزن دانه از شاخص پسک- بیکر کمی بیشتر بود(Salehi and Saeidi, 2013).

Sabouri محاسبه و ارزیابی شاخص‌های مختلف برای بهبود عملکرد در برنج نشان داد که مقادیر همبستگی ژنتیکی صفات با عملکرد دانه بسیار مهمتر از وراثت‌پذیری صفات در ساخت یک شاخص می‌باشد (Sabouri et al., 2010). همچنین نشان داده شد که آثار مستقیم فنوتیپی و ژنوتیپی وزن دانه، تعداد خوشه و طول خوشه می‌توانند معیارهای مؤثرتری در معرفی شاخص‌های گزینشی برای انتخاب غیر مستقیم در برنج باشند (Sabouri et al., 2009).

کارایی انتخاب بر مبنای شاخص‌های گزینشی را در سورگوم، زیره سبز، ذرت، یونجه، گلرنگ و سویا مورد بررسی قرار گرفت (Biswas et al., 2001; Ghasemi et al., 2017; Suwantaradon et al., 1975; Monirifar, 2010; Kohestani et al., 2017; Marcelo et al., 2008) و گزارش کردند که انتخاب بر مبنای سودمندی بیشتری نسبت به انتخاب عملکرد خواهد داشت.

اگرچه مطالعات متعددی در موضوع انتخاب برترین افراد در برنج انجام شده است اما در این راستا توجه به صفات فیزیولوژیک من‌جمله خصوصیات فلورسانس کلروفیل کمتر بوده است. نظر به اهمیت برنج به عنوان یک محصول استراتژیک و تولید ارقام با محصول بالاتر، این بررسی به منظور شناسایی برترین بوته‌ها برای کشت در سال‌های آتی و نهایتا معرفی ارقام جدید براساس ویژگی‌های فلورسانس کلروفیل و صفات زراعی و مرفولوژیک پایه‌ریزی شد.

مواد و روش‌ها

تولید طارم محلی موتانت در سال ۱۳۹۳ در موسسه تحقیقات برنج انجام شد. در این راستا ابتدا جهت تعیین دز بهینه پرتوتابی، بذور را با دزهای مختلف اشعه گاما (۰، ۱۵۰، ۱۸۰، ۲۰۰، ۲۳۰، ۲۵۰ و ۳۰۰ گری) در گاماسل در پژوهشکده کشاورزی هسته ای کرج پرتوتابی شد. LD_{50}[1] (مقدار دزی که در آن ۵۰ درصد گیاهچه‌ها زنده می‌مانند) زنده مانی گیاهچه‌ها در دزهای مختلف محاسبه و بعد از تعیین دز بهینه، بذور طارم محلی را با دز بهینه پرتوتابی شد. سپس جمعیت گیاهی نسل M1 ایجاد شد. از هر گیاه نسل M1 یک خوشه جمع‌آوری شد. در جمعیت

1. Lethal Dose

گیاهی نسل M2 به بعد تنش آب حدود ۱۰ روز قبل از گلدهی تا ٤ روز بعد از گلدهی به مدت دو هفته در مزرعه اعمال شد. آنالیز فنوتیپی گیاهان برنج تحت تنش خشکی بر اساس سیستم‌های ارزیابی استاندارد IRRI[1] انجام شد. صفاتی نظیر تعداد پنجه، تعداد پنجه‌های بارور، تعداد کل دانه، تعداد دانه پر، درصد باروری و وزن هزار دانه در جمعیت نسل M2 مطالعه شدند. پس از یک ماه تنش خشکی در مزرعه آزمایشی، ۳۰ لاین متحمل بر اساس مقیاس لوله‌ای شدن برگ و ۵ لاین زودرس بر اساس تاریخ گلدهی از جمعیت نسل M4 انتخاب شدند که از بین آنها، ۱۷ لاین براساس مقیاس باروری خوشه‌ها، متحمل شناخته شدند که میزان باروری خوشه بالایی در قیاس با شاهد نرمال داشتند. لاین‌های زودرس انتخابی (بین ۱۰ تا ۱۵ روز زودتر از والد) نیز میزان باروری خوشه بالایی در قیاس با شاهد داشتند. در فروردین سال ۱۳۹۵ دو رقم برنج طارم محلی بومی و طارم محلی موتانت به عنوان والدین تلاقی برای تولید یک جمعیت در حال تفرق F_2 انتخاب شدند و عملیات دورگ گیری در موسسه تحقیقات برنج انجام گرفت. در سال ۱۳۹٦، والدین، F_1 و F_2 در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه گنبد کاووس کشت شدند و ارزیابی‌های فنوتیپی انجام گرفت. ارتفاع بوته، دوره گلدهی، رسیدگی و برخی خصوصیات فنوتیپی دیگر از تفاوت‌های عمده دو رقم بود. به‌منظور تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش، از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک مورد استفاده در آزمایش نمونه‌برداری انجام گرفت (جدول ۱). بعضی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی آن از جمله بافت خاک به روش هیدرومتری (Bouyoucos, 1962)، pH و EC در عصاره اشباع (Haluschak, 2006)، CEC خاک به روش باور (Page, 1982)، درصد کربن آلی به روش والکی بلک (Walkley and Black, 1934)، درصد آهک به روش حجم سنجی (Gupta et al., 2002)، فسفر قابل استخراج با بیکربنات سدیم ۰/۵ مولار به روش اولسن (Sparks et al., 1996) ، واکنش خاک (pH) در عصاره اشباع بوسیله الکترود شیشه‌ای (Thomas, 1996) تعیین شد.

ارزیابی‌های فنوتیپی (والدین، نسل‌های F_1 و F_2): ۱۵۰ عدد بذر از هر والد طارم محلی بومی و طارم محلی موتانت، به همراه ۵۰ عدد بذر دورگ حاصل از تلاقی آنها و ٤۰۰ عدد بذر F_2 حاصل از گیاهان F_1 بعد از جوانه‌دار شدن و تهیه نشاء در گلخانه، در بلوک‌های جداگانه کشت شدند. در طول دوره رشد کلیه عملیات داشت شامل وجین، کودپاشی و مبارزه با آفات و بیماری‌ها طبق عرف منطقه انجام شد. اندازه گیری‌های فنوتیپی روی ۳۵۰ بوته نسل F_2 انجام شد.

اندازه‌گیری صفات: وزن ۱۰۰ دانه، تعداد ساقه، تعداد دانه پر، تعداد دانه‌های پوک، ارتفاع بوته (سانتی‌متر) طول خوشه (سانتی‌متر)، تعداد خوشچه، قطر ساقه (میلی‌متر)، طول دانه (میلی‌متر)، عرض دانه (میلی‌متر)، شکل دانه (میلی‌متر)، وزن کاه (گرم)، طول دوره رسیدگی (تعداد روز از نشاء تا رسیدگی کامل دانه)، طول برگ پرچم (سانتی‌متر)، عرض برگ پرچم (سانتی‌متر) روی ۳۵۰ بوته اندازه‌گیری شد. با استفاده از دستگاه فلورسنس متر (JUNIOR-PAM) پارامترهای فلورسانس اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری‌ها روی برگ‌های کاملا رشد یافته، مستقر در راس شاخه اصلی انجام شد. پارامترهای اولیه فلورسانس کلروفیل شامل: فلورسانس پایه در حالت‌های سازگار شده به تاریکی (Fo) و قرار گرفته تحت نور اشباع (F'o)، فلورسانس حداکثر در حالت‌های سازگار شده به تاریکی (Fm) و نور اشباع (F'm)، فلورسانس ثابت (F') و سرعت انتقال الکترون از طریق فتوسیستم ۲

1. International Rice Research Institute

(ETR) اندازه‌گیری شدند. با توجه به پارامترهای فلورسانس اندازه‌گیری شده، تعدادی از پارامترهای دیگر فلورسانس مانند فلورسانس متغیر در حالت سازگار شده به تاریکی (Fv)، حداکثر کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم ۲ (Fv/Fm)، کارایی تبدیل انرژی الکترون-ها به انرژی شیمیایی تحت نور اشباع (F'v/F'm)، پراکنش غیر فتوشیمیایی فوتون‌های جذب شده (NPQ)، پراکنش فتوشیمیایی انرژی جذب شده (qP)، کارایی واقعی فتوشیمیایی فتوسیستم ۲(Y (II)، ضریب خاموشی غیر فتوشیمیایی فلورسنت (qN) و ضریب خاموشی فتوشیمیایی فلورسنت متصل به PSII(qL) ثبت شدند (Operations manual PEA, 2006).

جدول ۱: خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده

درصد اشباع	هدایت الکتریکی	pH	درصد آهک	Fe	Mn	Zn	Cu
٤٨/٥	۰/۹٦	۷/٦	۱۰/۸	۲/۸	۱٦	۰/٦	۱/٦
کربن آلی	نیتروژن	فسفات	پتاسیم	رس	سیلت	شن	بافت خاک
۰/۷۸	۰/۰۸	۱۳	۳٤۰	۳۱	٥٦	۱۳	لوم رسی سیلتی

آمار توصیفی و تعیین وزنه‌های اقتصادی: پس از حصول داده‌ها، ابتدا آمار توصیفی داده‌ها جهت بررسی تنوع ژنتیکی محاسبه شد. سپس به‌منظور تعریف اوزان اقتصادی، همبستگی‌های فنوتیپی، ژنتیکی و وراثت‌پذیری صفات محاسبه شد. جهت تعیین مهم‌ترین صفات موثر بر عملکرد و مهمترین عامل‌های تاثیرگذار بر تغییرات فنوتیپی از تجزیه علیت، رگرسیون پیش‌رو و تجزیه به عامل‌ها استفاده شد.

شاخص‌های انتخاب: شاخص انتخاب LPSI[1] بر اساس همبستگی بین صفات، وراثت پذیری، تجزیه علیت، نتایج رگرسیون پیش رو و تجزیه به عامل‌ها با توجه به رابطه $I=\Sigma b_i p_i$ محاسبه شد (Baker, 1986) که در این رابطه b_iها ضرایب شاخصی هر صفت و p_i ها ارزش‌های فنوتیپی مربوط به آن می‌باشد. در این شاخص LPSI ضرایب شاخص از رابطه $b = P^{-1}Ga$ به دست آمد (Smith, 1936)، که در آن b بردار ضرایب شاخصی، P ماتریس واریانس-کواریانس فنوتیپی، G ماتریس واریانس-کواریانس ژنتیکی و a بردار ارزش‌های اقتصادی صفات می‌باشد. در این بررسی از چند معیار مختلف برای ارزیابی شاخص‌ها استفاده شد. از جمله معیارها، محاسبه ضریب همبستگی شاخص و ارزش اصلاحی بود که در صورت ماکزیمم بودن آن، حداکثر پاسخ حاصل خواهد شد. از آنجایی که هدف از این تحقیق علاوه بر عملکرد دانه، اصلاح و بهبود همزمان ارزش ژنتیکی چندین صفت بود، لذا معیار مقایسه‌ای دیگری به نام معیار پیشرفت ژنتیکی مجتمع صفات برای هر شاخص به دست آمد. آخرین معیار ارزیابی شاخص‌ها، محاسبه سودمندی یا کارایی نسبی شاخص نسبت به انتخاب مستقیم بر مبنای صفت (عملکرد) بود. بالا بودن این نسبت نشان می‌دهد که در صورت استفاده از شاخص مورد نظر، پیشرفت ژنتیکی بیشتری برای عملکرد نسبت به انتخاب مستقیم بر مبنای عملکرد به‌دست خواهد آمد.

همبستگی شاخص و ارزش اصلاحی از رابطه $R_{HI} = \frac{\sigma_{HI}}{\sqrt{\sigma_I^2 \times \sigma_H^2}} = \frac{\sigma_I}{\sigma_H}$ محاسبه شد (Baker, 1986;

1. Linear Phenotypic Selection Index

Falconer, 1989) که σ_I^2، σ_H^2 و σ_{HI} به‌ترتیب واریانس شاخص، واریانس ارزش اصلاحی و کواریانس شاخص و ارزش اصلاحی می‌باشد. در فرم ماتریسی R_{HI} از رابطه $R_{HI}=\sqrt{\frac{b'Pb}{a'Ga}}$ به‌دست آمد (Baker, 1986; Falconer, 1989). میزان بهره مورد انتظار از شاخص برای مجتمع صفات نیز از رابطه $\Delta H = kr_{HI}\sigma_H$ به‌دست آمد (Baker, 1986; Falconer, 1989) که k دیفرانسیل گزینش در واحد استاندارد، σ_H انحراف معیار ارزش اصلاحی و r_{HI} ضریب همبستگی شاخص و ارزش اصلاحی می‌باشد. میزان پیشرفت ژنتیکی برای هر صفت بر مبنای شاخص از رابطه $\Delta=\frac{kGb}{\sqrt{b'Pb}}$ محاسبه شد. ضریب همبستگی ژنتیکی عملکرد (صفت A) با شاخص از رابطه $r_{G(A)I}=\frac{\sigma_{G(A)I}}{\sqrt{\sigma^2_{G(A)}\sigma^2_I}}=\frac{b'g}{\sqrt{\sigma^2_{G(A)}\times b'Pb}}$ برآورد شد (Baker, 1986; Falconer, 1989). در این رابطه g بردار ستونی کواریانس ژنتیکی عملکرد با سایر صفات مورد مطالعه و $\sigma^2_{G(A)}$ واریانس ژنتیکی صفت عملکرد می‌باشد. کارآیی نسبی گزینش بر اساس شاخص، نسبت به گزینش مستقیم برای عملکرد با رابطه $RE=\frac{R_I}{R_A}=\frac{r_{G(A)I}}{h_{(A)}}$ محاسبه شد (Baker, 1986) که R_I پاسخ مورد انتظار برای صفت A (عملکرد) بر اساس گزینش شاخصی و R_A پاسخ مورد انتظار به گزینش از طریق خود صفت و $h_{(A)}$، جذر وراثت‌پذیری صفت A (عملکرد) می‌باشد. لازم به توضیح است که R_I و R_A نیز از رابطه $R_I=kr_{G(A)}\sigma_{G(A)}$ و $R_A=kh_{(A)}\sigma_{G(A)}$ محاسبه شدند (Baker, 1986). در شاخص BLPSI[1] (Brim et al., 1959) مستقیماً از ارزش‌های اقتصادی صفات استفاده گردید و مجموع حاصل‌ضرب ارزش‌های اقتصادی در ارزش‌های فنوتیپی صفات هر فرد به‌عنوان شاخص آن فرد محاسبه شد. لذا نیازی به برآورد پارامترهای ژنتیکی نبود. در این شاخص ضریب همبستگی شاخص و ارزش اصلاحی از رابطه $R_{HI}=\sqrt{\frac{a'Ga}{a'Pa}}$ محاسبه شد (Baker, 1986).

تجزیه و تحلیل داده‌ها

از نرم‌افزار SPSS 22 برای محاسبه ضرایب همبستگی، رگرسیون پیش رو و تجزیه علیت استفاده شد. برای محاسبه ضرایب همبستگی ژنتیکی، به‌دست آوردن ماتریس‌ها و تشکیل شاخص‌های گزینشی مختلف از نرم‌افزار SAS ٦/١٢ استفاده گردید.

نتایج

نظر به اینکه وجود تنوع ژنتیکی از الزامات هرگونه برنامه به‌نژادی است، لذا آمار توصیفی صفات مورد بررسی محاسبه شد (جدول ۲). بررسی ارتباط بین صفات مورد بررسی نشان داد که عملکرد دانه با صفات وزن بوته، تعداد پنجه بارور، فلورسانس حداکثر در حالت نور اشباع، کارایی واقعی فتوشیمیایی فتوسیستم ۲، سرعت انتقال الکترون از طریق فتوسیستم ۲، فلورسانس پایه در حالت قرار گرفته تحت نور اشباع، پراکنش فتوشیمیایی انرژی جذب شده و حداکثر کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم ۲ رابطه مثبت و معنی‌دار داشت اما رابطه آن با صفات فلورسانس ثابت، پراکنش غیر فتوشیمیایی فوتون‌های جذب شده و کارایی تبدیل انرژی الکترون‌ها به انرژی شیمیایی تحت نور اشباع منفی و معنی‌دار بود. همبسنگی عملکرد با سایر صفات قابل توجه نبود.

رگرسیون مرحله‌ای: به منظور تعیین مهمترین صفات تاثیر گذار از بین صفات مورد بررسی در تعیین

1. Beat Linear Phenotypic Selection Index

عملکرد دانه، از رگرسیون مرحله‌ای استفاده شد. نتایج نشان داد که سرعت انتقال الکترون از طریق فتوسیستم ۲، عرض برگ پرچم، فلورسانس پایه در حالت‌های سازگار شده به تاریکی، تعداد پنجه بارور، فلورسانس حداکثر در حالت‌های سازگار شده به تاریکی، تعداد خوشه اولیه، سطح برگ پرچم، تعداد دانه پر، طول برگ پرچم، طول خوشه اصلی و وزن بوته به‌ترتیب بیشترین تاثیر را روی عملکرد دانه داشتند به‌طوری‌که تقریب ۹۸ درصد تغییرات عملکرد دانه را توجیه نمودند.

جدول ۲: آمار توصیفی صفات مورد مطالعه

صفت	حداکثر	حداقل	دامنه	واریانس	میانگین ± خطای معیار
عملکرد دانه	۸۰/۰	۱/۵۰	۷۸/۵	۷۳/۹	۲۵/۶±۰/۴۵۷
تعداد روز تا رسیدگی	۱۴۵/۰	۵۶/۰	۸۹/۰	۷۸/۲	۶۹/۲±۰/۴۷۰
ارتفاع بوته	۱۸۱/۰	۱۰۵/۰	۷۶/۰	۱۳۷/۷	۱۳۴/۲±۰/۶۲۴
وزن بوته	۲۳۶/۹	۲۵/۰	۲۱۱/۹	۱۲۰۷/۵	۱۰۴/۷±۱/۸۴۶
تعداد پنجه بارور	۴۲/۰	۱/۰۰	۴۱/۰	۳۹/۷	۲۱/۴±۰/۳۳۵
تعداد پنجه نابارور	۲۹/۰	۰/۰۰	۲۹/۰	۷/۳۱	۰/۸۹۰±۰/۱۴۴
طول خوشه اصلی	۴۲/۰	۱۷/۰	۲۵/۰	۸/۵۷	۲۹/۱±۰/۱۵۶
طول خروج خوشه از غلاف	۳/۴۰	۰/۰۰	۳۷/۳	۱۹/۱	۱۰/۴±۰/۲۳۲
طول برگ پرچم	۴۲/۰	۱/۰۰	۴۱/۰	۲۶/۷	۲۹/۳±۰/۲۷۵
عرض برگ پرچم	۳۰/۸	۰/۳۰۰	۳۰/۵	۴/۰۴	۰/۹۵۶±۰/۱۰۶
سطح برگ پرچم	۴۳/۸	۴/۲۰	۳۹/۷	۴۰/۷	۱۷/۸±۰/۳۳۹
تعدا خوشچه اولیه	۱۰۷/۰	۳/۰۰	۱۰۴/۰	۴۹/۴	۸/۲۴±۰/۳۷۴
تعداد دانه پر	۱۴۰/۰	۱۵/۰	۱۲۵/۰	۴۷۰/۱	۹۰/۰±۰/۱۵۲
تعداد دانه پوک	۲۷/۰	۰/۰۰	۲۷/۰	۱۶/۸	۷/۵±۰/۲۱۸
وزن دانه در خوشه اصلی	۸۶/۱	۰/۵۳۶	۸۵/۶	۴۰/۴	۲/۹۶۹±۰/۳۳۷
باروری	۱۰۰/۰	۱۴/۱	۸۵/۹	۴۴/۹	۹۱/۸±۰/۳۵۶
فلورسانس ثابت	۱۶۲/۵	۹۶/۵	۶۶/۰	۱۳۵/۰	۱۱۴/۰±۰/۶۱۷
فلورسانس حداکثر در حالت نور اشباع	۲۷۳/۷	۲۰۲/۲	۷۱/۶	۳۰۰/۲	۲۲۵/۱±۰/۹۲۰
کارایی واقعی فتوشیمیایی فتوسیستم ۲	۰/۶۴۷	۰/۱۹۶	۰/۴۵۱	۰/۰۰۷	۰/۴۸۷±۰/۰۰۴
سرعت انتقال الکترون از طریق فتوسیستم ۲	۴۹/۲	۲۷/۱۰	۲۲/۱	۹/۴۸	۳۰/۵±۰/۱۶۳
فلورسانس پایه در حالت قرار گرفته تحت نور اشباع	۷۹/۲	۳۰/۱۲۵	۴۹/۱	۲۰۵/۵	۵۴/۸±۰/۷۶۱
پراکنش فتوشیمیایی انرژی جذب شده	۰/۹۱۱	۰/۲۳۰	۰/۶۸۰	۰/۰۲۲	۰/۶۵۰±۰/۰۰۷
ضریب خاموشی غیر فتوشیمیایی فلورسنت	۰/۷۵۴	۰/۱۸۸	۰/۵۶۶	۰/۰۰۱	۰/۲۶۰±۰/۰۰۱
ضریب خاموشی فتوشیمیایی فلورسنت متصل به PSII	۰/۷۴۷	۰/۰۴۲	۰/۷۰۵	۰/۰۳۳	۰/۳۴۵±۰/۰۰۹
پراکنش غیر فتوشیمیایی فوتون‌های جذب شده	۰/۶۴۲	۰/۱۳۲	۰/۵۰۹	۰/۰۱۳	۰/۳۷۹±۰/۰۰۶
فلورسانس پایه در حالت سازگار شده به تاریکی	۱۰۶/۲	۷۰/۴	۳۵/۸	۶۵/۳	۷۸/۷±۰/۴۲۹
فلورسانس حداکثر در حالت سازگار شده به تاریکی	۳۳۲/۰	۳۰۱/۶	۳۰/۸	۳۶/۲	۳۰۸/۶±۰/۳۱۹
حداکثر کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم ۲	۰/۷۷۲	۰/۶۷۹	۰/۰۹۳	۰/۰۰۰	۰/۷۴۵±۰/۰۰۱
کارایی تبدیل انرژی الکترون–ها به انرژی شیمیایی تحت نور اشباع	۰/۸۵۱	۰/۶۹۶	۰/۱۵۴	۰/۰۰۲	۰/۷۵۹±۰/۰۰۲

جدول ۳: همبستگی صفات با عملکرد دانه

صفت	مقدار همبستگی	صفت	مقدار همبستگی
باروری	-۰/۲۶۲**	تعداد روز تا رسیدگی	۰/۱۲۶*
فلورسانس ثابت	-۰/۷۸٤**	ارتفاع بوته	۰/٤٤۰**
فلورسانس حداکثر در حالت نور اشباع	۰/۸۸۷**	وزن بوته	۰/٦۸۹**
کارایی واقعی فتوشیمیایی فتوسیستم ۲	۰/۸۵۱**	تعداد پمجه بارور	۰/۷۳۵**
سرعت انتقال الکترون از طریق فتوسیستم ۲	۰/۸۲۲**	تعداد پنجه نابارور	۰/۲٦۱**
فلورسانس پایه در حالت قرار گرفته تحت نور اشباع	۰/۸۷٤**	طول خوشه اصلی	۰/۰٤۹
پراکنش فتوشیمیایی انرژی جذب شده	۰/۸٦۸**	طول خروج خوشه از غلاف	۰/۲۱۱**
ضریب خاموشی غیر فتوشیمیایی فلورسنت	۰/۳٤۷**	طول برگ پرچم	-۰/۱۲۱**
ضریب خاموشی فتوشیمیایی فلورسنت متصل به PSII	۰/۸۷۸**	عرض برگ پرچم	۰/۳۹۰**
پراکنش غیر فتوشیمیایی فوتون‌های جذب شده	-۰/۸۸۳**	سطح برگ پرچم	-۰/۰٦۷
فلورسانس پایه در حالت سازگار شده به تاریکی	۰/۷۷۱**	تعدا خوشچه اولیه	۰/۳۸۸**
فلورسانس حداکثر در حالت سازگار شده به تاریکی	-۰/۳٤٦**	تعداد دانه پر	۰/۰۹۰
حداکثر کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم ۲	۰/۸۲۲**	تعداد دانه پوک	-۰/۰۰٤
کارایی تبدیل انرژی الکترون‌ها به انرژی شیمیایی تحت نور اشباع	-۰/۸۳۱**	وزن دانه در خوشه اصلی	۰/٤۱٦**

*و** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد

شاخص‌های انتخاب

تعریف اوزان اقتصادی: در این بررسی برای بدست آوردن بهترین شاخص‌های گزینشی، بردارهای مختلفی از ارزش‌های اقتصادی صفات از جمله ضریب‌های همبستگی فنوتیپی و ژنوتیپی، اثرات مستقیم هر یک از صفات مورد مطالعه در تجزیه علیت عملکرد دانه و وراثت پذیری صفات، ضرایب تجزیه به عامل‌ها در نظر گرفته شدند. سپس برای مقایسه شاخص‌ها با یکدیگر و معرفی شاخص‌های برتر، از معیارهای مقایسه‌ای برای هر شاخص محاسبه شد.

در شاخص اول ارزش‌های اقتصادی برای تمام صفات یک در نظر گرفته شد. برای ایجاد شاخص، برای صفاتی که افزایش آنها موجب افزایش عملکرد شدند، یک و برای صفاتی که افزایش آنها موجب کاهش عملکرد می شوند، ۱- در نظر گرفته شد. در شاخص سوم به صفاتی که در تجزیه رگرسیون پیش رو به مدل وارد شدند یک و به سایر صفات ارزش صفر داده شد. برای ساختن شاخص چهارم به صفاتی که در تجزیه رگرسیون پیش رو به مدل وارد شدند، ضریب رگرسیون صفت و به سایر صفات ارزش صفر داده شد.

در شاخص پنجم به صفاتی که در تجزیه رگرسیون پیش رو به مدل وارد شدند، اثر مستقیم یا ضریب رگرسیون استاندارد صفت و به سایر صفات ارزش صفر داده شد. برای رسیدن به شاخص ششم ضریب همبستگی صفات با عملکرد .به عنوان ارزش اقتصادی در نظر گرفته شد. در شاخص هفتم ضرایب عاملی اول در تجزیه به عامل‌ها به عنوان ارزش اقتصادی در نظر گرفته شد. برای حصول شاخص هشتم ضرایب عاملی اول در تجزیه به عامل‌ها به عنوان ارزش اقتصادی در نظر گرفته شد.

جدول ۴: رگرسیون مرحله‌ای برای عملکرد به عنوان صفت وابسته و سایر صفات اندازه‌گیری شده به عنوان صفت مستقل

مرحله	صفت وارد شده به مدل	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	خطای استاندارد	ضریب تبیین	مقدار F برای ضرایب در معادله نهایی
۱	سرعت انتقال الکترون از طریق فتوسیستم ۲	۲/۲۹۶											۴/۹۰۵	۰/۶۷۶	۷۳۳/۲
۲	عرض برگ پرچم	۲/۲۷۹	۱/۶۱۴										۳/۶۷۸	۰/۸۱۸	۷۸۹/۰
۳	فلورسانس پایه در حالت‌های سازگار شده به تاریکی	۱/۴۰۸	۱/۸۰۱	-۰/۵۰۶									۰/۰۲۹	۰/۹۴۵	۱۹۹۶/۳
۴	تعداد پنجه بارور	۱/۱۸۲	۱/۸۶۲	-۰/۴۰۹	۰/۲۷۰								۰/۷۵۰	۰/۹۵۹	۲۰۴۳/۴
۵	فلورسانس حداکثر در حالت‌های سازگار شده به تاریکی	۰/۹۰۹	۱/۸۲۷	-۰/۶۴۳	۰/۲۴۱	۰/۲۶۲							۱/۵۹۵	۰/۹۶۶	۱۹۸۱/۲
۶	تعداد خوشچه اولیه	۰/۹۵۳	۲/۶۱۳	-۰/۶۶۶	۰/۲۰۱	۰/۲۷۲	-۰/۲۳۷						۰/۵۳۶	۰/۹۶۹	۱۷۸۶/۵
۷	سطح برگ پرچم	۰/۹۶۷	۲/۹۳۶	-۰/۶۸۷	۰/۱۷۲	۰/۲۸۲	-۰/۳۳۶	-۰/۰۸۶					۱/۴۴۷	۰/۹۷۲	۱۷۳۰/۶
۸	تعداد دانه پر	۰/۹۵۲	۳/۲۱۵	-۰/۶۵۹	۰/۱۹۴	۰/۲۶۸	-۰/۳۹۶	-۰/۱۰۲	۰/۰۲۸				۱/۳۳۸	۰/۹۷۶	۱۷۷۸/۳
۹	طول برگ پرچم	۰/۹۶۴	۳/۵۴۲	-۰/۶۶۶	۰/۱۷۵	۰/۲۶۵	-۰/۴۶۰	-۰/۱۵۵	۰/۰۲۷	۰/۱۱۷			۱/۲۶۱	۰/۹۷۹	۱۷۸۶/۵
۱۰	طول خوشه اصلی	۰/۹۷۱	۳/۶۴۲	-۰/۶۶۷	۰/۱۶۶	۰/۲۶۳	-۰/۴۸۴	-۰/۱۵۴	۰/۰۲۱	۰/۱۰۲	۰/۱۱۱		۱/۲۳۴	۰/۹۸۰	۱۷۷۹/۲
۱۱	وزن بوته	۰/۹۴۵	۳/۶۸۷	-۰/۶۵۴	۰/۱۳۹	۰/۲۵۱	-۰/۴۹۴	-۰/۱۵۷	۰/۰۲۰	۰/۱۰۱	۰/۰۹۹	۰/۰۱۰	۱/۲۲۳	۰/۹۸۰	۱۵۵۳/۸

جدول ۵: وزنه‌های اقتصادی تعریف شده برای محاسبه بهترین شاخص انتخاب

صفت	وزنه اقتصادی ۱	وزنه اقتصادی ۲	وزنه اقتصادی ۳	وزنه اقتصادی ٤	وزنه اقتصادی ٥	وزنه اقتصادی ٦	وزنه اقتصادی ۷	وزنه اقتصادی ۸	وزنه اقتصادی ۹
عملکرد دانه	۱	-۱	۰	۰	۰	۰/۱۲٦	۰/۸۸۱	۰/٤۲۳	٥۰/۹۹۱
تعداد روز تا رسیدگی	۱	-۱	۰	۰	۰	۰/٤٤۰	-۰/۱٥۱	۰/٦۳۳	٥۲/۷٥۷
ارتفاع بوته	۱	۱	۱	۰/۰۱۰	۰/۰٤۱	۰/٦۸۹	۰/۳٥٦	۰/۳۳۰	۳۳/٤٤۸
وزن بوته	۱	۱	۱	۰/۱۳۹	۰/۱۰۲	۰/۷۳٥	۰/۸۳٥	-۰/۰۹۲	٦٤/٥۰٤
تعداد پمجه بارور	۱	-۱	۰	۰	۰	۰/۲٦۱	۰/۸۳٦	-۰/۰٤۸	۷۸/٥٤۷
تعداد پنجه نابارور	۱	۱	۱	۰/۰۹۹	۰/۰۳٤	۰/۰٤۹	-۰/۰۲۷	۰/۷٦۳	٦۳/۰٦۰
طول خوشه اصلی	۱	۱	۰	۰	۰	۰/۲۱۱	۰/۲۱۲	-۰/۳۱۱	۱۹/٤۳۸
طول خروج خوشه از غلاف	۱	۱	۱	۰/۱۰۱	۰/۰٦۱	-۰/۱۲۱	۰/۰۳۳	۰/٤۲۳	٤۷/۱۳٤
طول برگ پرچم	۱	۱	۱	۳/٦۳۷	۰/۸٦۲	۰/۳۹۰	۰/۰٥۷	-۰/٤٥۳	۳۲/۹۸۲
عرض برگ پرچم	۱	۱	۱	-۰/۱٥۷	-۰/۱۱٦	-۰/۰٦۷	-۰/۰٥۱	۰/۹۷۰	۲۱/۲۷۲
سطح برگ پرچم	۱	۱	۱	-۰/٤۹٤	-۰/٤۰٤	۰/۳۸۸	-۰/۰۲٦	-۰/۱۳۷	٤۳/۸۷۲
تعدا خوشچه اولیه	۱	۱	۱	۰/۰۲۰	۰/۰٥۲	۰/۰۹۰	-۰/۰۱٤	۰/۹٥۳	۲۹/٤۷٦
تعداد دانه پر	۱	-۱	۰	۰	۰	-۰/۰۰٤	۰/۲۲۷	-۰/۲۸۸	۱۷/۹٦۱
تعداد دانه پوک	۱	۱	۰	۰	۰	۰/٤۱٦	۰/۰۷٥	-۰/۰۲۰	۷۹/۳۰۰
وزن دانه در خوشه اصلی	۱	۱	۰	۰	۰	-۰/۲٦۲	۰/۰۰۳	۰/۹٥۹	۳۰/۸۷۹
باروری	۱	۱	۰	۰	۰	۱	۰/۰٦٦	-۰/۸۰٤	۹۷/۸۸۳
فلورسانس ثابت	۱	-۱	۰	۰	۰	-۰/۷۸٤	-۰/۹۳٦	۰/۰٥۰	۸٥/٦۹۷
فلورسانس حداکثر در حالت نور اشباع	۱	۱	۰	۰	۰	۰/۸۸۷	۰/۹٤٤	۰/۰٥۱	۸۹/۳۱٦
کارایی واقعی فتوشیمیایی فتوسیستم ۲	۱	۱	۰	۰	۰	۰/۸٥۱	۰/۹۸۳	-۰/۰۱۸	۹٦/۲۹٦
سرعت انتقال الکترون از طریق فتوسیستم ۲	۱	۱	۱	۰/۹٤٥	۰/۳۳۸	۰/۸۲۲	۰/۸٤٤	۰/۰٥۰	۷٤/۷۷۷
فلورسانس پایه در حالت قرار گرفته تحت نور اشباع	۱	۱	۰	۰	۰	۰/۸۷٤	۰/۹۷۹	۰/۰۳۱	۹٤/۰٥۱
پراکنش فتوشیمیایی انرژی جذب شده	۱	۱	۰	۰	۰	۰/۸٦۸	۰/۹۹۲	۰	۸۰/۲۱۰
ضریب خاموشی غیر فتوشیمیایی فلورسنت	۱	-۱	۰	۰	۰	۰/۳٤۷	۰/۰٦۰	۰/٦۹۷	۹۹/۹۹۱
ضریب خاموشی فتوشیمیایی PSII فلورسنت متصل به	۱	۱	۰	۰	۰	۰/۸۷۸	۰/۹۷۱	-۰/۰۱٥	۹۹/۹۹۳
پراکنش غیر فتوشیمیایی فوتون‌های جذب شده	۱	-۱	۰	۰	۰	-۰/۸۸۳	-۰/۹۹۲	-۰/۰۱۰	٤۱/۷٤۱
فلورسانس پایه در حالت سازگار شده به تاریکی	۱	-۱	۱	-۰/٦٥٤	-۰/٦۱٤	-۰/۷۷۱	-۰/۹۳٤	۰/۰۳٦	۹۹/۹۲٤
فلورسانس حداکثر در حالت سازگار شده به تاریکی	۱	-۱	۱	۰/۲٥۱	۰/۱۷٦	-۰/۳٤٦	-۰/٥۳۱	۰/۱۲۳	۹۹/۹۷٤
حداکثر کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم ۲	۱	۱	۰	۰	۰	۰/۸۲۲	۰/۹٦۸	-۰/۰۱۱	۹۸/۸٥۷
کارایی تبدیل انرژی الکترون‌ها به انرژی شیمیایی تحت نور اشباع	۱	-۱	۰	۰	۰	-۰/۸۳۱	-۰/۹٦۱	-۰/۰۱٥	۸۳/٥۸٤

از آنجا که وراثت پذیری از خصوصیات مهم اصلاحی می‌باشد، در نظر گرفتن وراثت پذیری صفات به‌عنوان یک ارزش در نوشتن ارزش‌های اقتصادی می تواند حائز اهمیت باشد و شاخص به‌دست آمده بر مبنای آن از دیدگاه اصلاحی ارزش بسیاری داشته و موثر خواهد بود. با توجه به این در شاخص نهم مقدار وراثت پذیری صفات به عنوان ارزش اقتصادی در نظر گرفته شد.

در این بررسی از چند معیار مختلف برای ارزیابی شاخص‌ها استفاده شد. از جمله معیارها، محاسبه کوواریانس و همبستگی بین شاخص و ارزش اصلاحی بود که در صورت ماکزیمم بودن آن، حداکثر پاسخ حاصل خواهد شد.

از آنجایی که هدف از این تحقیق علاوه بر عملکرد دانه، اصلاح و بهبود همزمان ارزش ژنتیکی چندین صفت بود لذا معیار مقایسه‌ای دیگری به نام معیار پیشرفت ژنتیکی مجتمع صفات یا پاسخ به انتخاب برای هر شاخص به دست آمد. آخرین معیار ارزیابی شاخص‌ها، محاسبه سودمندی یا کارایی نسبی شاخص نسبت به انتخاب مستقیم بر مبنای صفت (عملکرد) بود. بالا بودن این نسبت نشان می‌دهد که در صورت استفاده از شاخص مورد نظر، پیشرفت ژنتیکی بیشتری برای عملکرد نسبت به انتخاب مستقیم بر مبنای عملکرد به دست خواهد آمد.

پیشرفت ژنتیکی صفات براساس شاخص LPSI: مقایسه پیشرفت ژنتیکی در کلیه ضرایب مورد محاسبه براساس شاخص LPSI برای صفت گلدهی نشان داد که این صفت در وزنه اقتصادی شماره ٤ (۲/۳۸۲-) دارای کاهش خوب و بیشترین پیشرفت ژنتیکی بود. این مقایسه برای سایر صفات به این ترتیب بود که صفت ارتفاع بوته در وزنه اقتصادی شماره ۳ (٤/۳۳۷-)، صفت وزن بوته در وزنه اقتصادی شماره ٦ (٦٦/٦٤١)، صفت تعداد خوشه بارور در وزنه اقتصادی شماره ۷ (۱۱/۱۲۸)، صفت تعداد خوشه نابارور در وزنه اقتصادی شماره ٤ (۰/۱٥٦-)، صفت طول خوشه اصلی در وزنه اقتصادی شماره ۸ (۳/۱۰۹)، صفت طول خروج خوشه از غلاف در وزنه اقتصادی شماره ۱ (۱/۰۳۳)، صفت طول برگ پرچم در وزنه اقتصادی شماره ۸ (۳/۳٤۷)، صفت عرض برگ پرچم در وزنه اقتصادی شماره ۸ (۰/۰۹۲)، صفت سطح برگ در وزنه اقتصادی شماره ۸ (٤/۲۸٤)، صفت تعداد خوشه‌چه اولیه در وزنه اقتصادی شماره ۸ (۱/۱٦۱)، صفت دانه پر در وزنه اقتصادی شماره ۸ (۳٦/۹۳٦)، صفت تعداد دانه پوک در وزنه اقتصادی شماره ۲ (۰/٤۲۸)، صفت وزن دانه پر در وزنه اقتصادی شماره ۸ (۰/۷۲۱)، صفت باروری در وزنه اقتصادی شماره ۸ (۳/۰۹۰)، صفت عملکرد بوته در وزنه اقتصادی شماره ٤ (۱٥/۹۹۱)، صفت فلورسانس ثابت در وزنه اقتصادی شماره ٥ (۲۱/۸۲۹-)، صفت فلورسانس حداکثر در حالت نور اشباع در وزنه اقتصادی شماره ۸ (۱۲/۳٥۷)، صفت کارایی واقعی فتوشیمیایی فتوسیستم ۲ در وزنه اقتصادی شماره ٥ (۰/۱۷۰)، صفت سرعت انتقال الکترون از طریق فتوسیستم در وزنه اقتصادی شماره ٤ (٥/۷٥۱)، صفت فلورسانس پایه در حالت قرار گرفته تحت نور اشباع در وزنه اقتصادی شماره ۷ (۲۸/٤٤۲)، صفت پراکنش فتوشیمیایی انرژی جذب شده در وزنه اقتصادی شماره ۷ (۰/۲۹٥)، صفت ضریب خاموشی غیر فتوشیمیایی فلورسنت در وزنه اقتصادی شماره ۹ (۰/۰۰٥-)، صفت ضریب خاموشی غیر فتوشیمیایی فلورسنت در وزنه اقتصادی شماره ٤ (۰/۳٦۲)، صفت پراکنش غیر فتوشیمیایی فوتون‌های جذب شده در وزنه اقتصادی شماره ۷ (۰/۲۲۸-)، صفت فلورسانس پایه در حالت-های سازگار شده به تاریکی در وزنه اقتصادی شماره ٥ (۱٥/۳۲۱-)، صفت فلورسانس حداکثر در حالت-های سازگار شده به تاریکی در وزنه اقتصادی شماره ٥ (٦/٥٤٤-)، صفت

حداکثر کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم ۲ در وزنه اقتصادی شماره ۵ (۰/۰۴۳) و صفت کارایی تبدیل انرژی الکترون‌ها به انرژی شیمیایی تحت نور اشباع در وزنه اقتصادی شماره ۵ (۰/۰۹۰-) دارای بیشترین پیشرفت ژنتیکی بودند. به این ترتیب وزنه‌های اقتصادی ۸، ۵ و ٤ دارای اوزان برتر در تعیین وکتور اقتصادی بودند.

پیشرفت ژنتیکی صفات براساس شاخص BLPSI: مقایسه پیشرفت ژنتیکی در کلیه ضرایب مورد محاسبه براساس شاخص BLPSI برای صفت گلدهی نشان داد که این صفت در وزنه اقتصادی شماره ٤ (۲/۳۸۳-) دارای کاهش خوب و بیشترین پیشرفت ژنتیکی بود. این مقایسه برای باقی صفات به این ترتیب بود که صفت ارتفاع بوته در وزنه اقتصادی شماره ۲ (۷/۲۳۹)، صفت وزن بوته در وزنه اقتصادی شماره ٦ (٦٥/۱۳۲)، صفت تعداد خوشه بارور در وزنه اقتصادی شماره ۷ (۱۱/۱۵۲)، صفت تعداد خوشه نابارور در وزنه اقتصادی شماره ٤ (۰/۱۵۸-)، صفت طول خوشه اصلی در وزنه اقتصادی شماره ۸ (۳/۱۰۱)، صفت طول خروج خوشه از غلاف در وزنه اقتصادی شماره ۱ (۱/۰۳۷)، صفت طول برگ پرچم در وزنه اقتصادی شماره ۸ (۳/۳۱۵)، صفت عرض برگ پرچم در وزنه اقتصادی شماره ۸ (۰/۰۹۱)، صفت سطح برگ در وزنه اقتصادی شماره ۸ (٤/۲٦٦)، صفت تعداد خوشه‌چه اولیه در وزنه اقتصادی شماره ۸ (۱/۱۵۹)، صفت دانه پر در وزنه اقتصادی شماره ۸ (۳۷/۲۰۹)، صفت تعداد دانه پوچ در وزنه اقتصادی شماره ۲ (۰/٤۱۹)، صفت وزن دانه پر در وزنه اقتصادی شماره ۸ (۰/۷۱۵)، صفت باروری در وزنه اقتصادی شماره ۸ (۳/۲۸۸)، صفت عملکرد بوته در وزنه اقتصادی شماره ٤ (۱۵/۹۳۲)، صفت فلورسانس ثابت در وزنه اقتصادی شماره ۵ (۲۱/۸۱٦-)، صفت فلورسانس حداکثر در حالت نور اشباع در وزنه اقتصادی شماره ۸ (۱۲/۲۷٦)، صفت کارایی واقعی فتوشیمیایی فتوسیستم ۲ در وزنه اقتصادی شماره ۵ (۰/۱۷۰)، صفت سرعت انتقال الکترون از طریق فتوسیستم در وزنه اقتصادی شماره ٤ (۵/۷٤۳)، صفت فلورسانس پایه در حالت قرار گرفته تحت نور اشباع در وزنه اقتصادی شماره ۸ (۸/۸۵۸)، صفت پراکنش فتوشیمیایی انرژی جذب شده در وزنه اقتصادی شماره ۷ (۰/۲۹۵)، صفت ضریب خاموشی غیر فتوشیمیایی فلورسنت در وزنه اقتصادی شماره ۹ (۰/۰۰۵۵-)، صفت ضریب خاموشی غیر فتوشیمیایی فلورسنت در وزنه اقتصادی شماره ۷ (۰/۳٦۱)، صفت پراکنش غیر فتوشیمیایی فوتون‌های جذب شده در وزنه اقتصادی شماره ۷ (۰/۲۲۸-)، صفت فلورسانس پایه در حالت-های سازگار شده به تاریکی در وزنه اقتصادی شماره ۵ (۱۵/۳۲۲-)، صفت فلورسانس حداکثر در حالت-های سازگار شده به تاریکی در وزنه اقتصادی شماره ۵ (٦/۵۳۷-)، صفت حداکثر کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم ۲ در وزنه اقتصادی شماره ۵ (۰/۰٤۳) و صفت کارایی تبدیل انرژی الکترون-ها به انرژی شیمیایی تحت نور اشباع در وزنه اقتصادی شماره ۵ (۰/۰۹۰۲۷-) دارای بشترین پیشرفت ژنتیکی بودند.

بحث

میزان واریانس و دامنه برای کلیه صفات مورد بررسی حاکی از وجود تنوع قابل قبول برای انتخاب برترین افراد در نتایج حاصل از تلاقی ارقام برنج طارم محلی و طارم موتانت بود. همبستگی عملکرد با صفات و مولفه‌های فتوسنتزی بیشتر از سایر صفات زراعی و مورفوبوژیک بود که نشان‌دهنده اهمیت صفات مذکور در انتخاب بهترین ژنوتیپ‌ها دارد. نتایج رگرسیون مرحله‌ای نشان داد که برای انتخاب برترین ژنوتیپ‌ها با به ترتیب به ارزش سرعت انتقال الکترون

از طریق فتوسیستم ۲، عرض برگ پرچم، فلورسانس پایه در حالت‌های سازگار شده به تاریکی، تعداد پنجه بارور، فلورسانس حداکثر در حالت‌های سازگار شده به تاریکی، تعداد خوشچه اولیه، سطح برگ پرچم، تعداد دانه پر، طول برگ پرچم، طول خوشه اصلی و وزن بوته در آنها توجه نمود چون از متغیرهای مهم وارد شده به مدل بودند. پنج ژنوتیپ ۳، ٦، ۱۷، ۲٤ و ۳۰ در شاخص LPSI و کلیه ضرایب مورد محاسبه مشترک بود و در کلیه نه ضریب اقتصادی انتخاب شدند(داده‌ها نشان داده نشد). پس از بررسی افراد مشترک در تمام ضرایب یعنی پنج ژنوتیپ ۳، ٦، ۱۷، ۲٤ و ۳۰ این نتیجه حاصل شد که، ژنوتیپ ۲٤ در صفت ارتفاع بوته دارای کمترین مقدار (۱۳۱/٦) بوده که نشان از برتری این ژنوتیپ برای این صفت دارد. ژنوتیپ ۲٤ همچنین بیشترین تعداد دانه پر (۱۱٦/۵) را دارا بود. ژنوتیپ ۱۷ نیز دارای کمترین مقدار روز تا گلدهی (٦۳) بود که کاهش این صفت یکی از اهداف به‌نژادگران می‌باشد. در صفت تعداد خوشه بارور ژنوتیپ ۳۰ (۲٦/۵) خوشه بیشتر و مطلوبیت بالاتری نسبت به ژنوتیپ‌های دیگر نشان داد. در صفت وزن دانه پر ژنوتیپ ٦ (۳/٤٦) از چهار ژنوتیپ دیگر مقدار بیشتری را دارا بود. نتایج مربوط به صفات فتوسنتزی نشان داد که ژنوتیپ ۳ کمترین مقدار را در سه صفت پراکنش غیر فتوشیمیایی فوتون‌های جذب شده (۰/۱٤۲)، فلورسانس حداکثر در حالت‌های سازگار شده به تاریکی (۳۱۰/۵۵٤) و کارایی تبدیل انرژی الکترون‌ها به انرژی شیمیایی تحت نور اشباع (۰/۷۰٦) داشت؛ همچنین این ژنوتیپ بیشترین مقدار را در صفت‌های سرعت انتقال الکترون از طریق فتوسیستم (٤۲/۷۸۸)، فلورسانس پایه در حالت قرار گرفته تحت نور اشباع (۷۹/۷۳۹)، پراکنش فتوشیمیایی انرژی جذب شده (۰/۹۰۸) و ضریب خاموشی غیر فتوشیمیایی فلورسنت (۰/۷٤۳) دارا بود. ژنوتیپ ۱۷ نیز کمترین مقدار فلورسانس ثابت (۹٦/۵۰۳) و ضریب خاموشی غیر فتوشیمیایی فلورسنت (۰/۱۹٦) را از خود نشان داد. همچنین این ژنوتیپ دارای بیشترین کارایی واقعی فتوشیمیایی فتوسیستم ۲ (۰/٦٤۳) بود. در صفت فلورسانس حداکثر در حالت نور اشباع ژنوتیپ ۲٤ کمترین میزان (۲٦٤/٦۸۹) را از خود نشان داد، این ژنوتیپ در صفت پراکنش غیر فتوشیمیایی فوتون-های جذب شده هم بالاترین مقدار (-۳۸٦۸/۹۰۳) را داشت. کمترین مقدار فلورسانس پایه در حالت-های سازگار شده به تاریکی مربوط به ژنوتیپ شش با مقدار ٦۹/۹٥٤ بود. ژنوتیپ ۳۰ نیز بیشترین حداکثر کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم ۲ را با مقدار ۰/۷۷۵ ازخود نشان داد.

دو ژنوتیپ سه و شش در شاخص BLPSI و کلیه ضرایب مورد محاسبه مشترک بوده و در تمام نه وزنه اقتصادی ضریب انتخاب شدند. پس از بررسی افراد مشترک در تمام ضرایب، ژنوتیپ شش در دو صفت گلدهی و ارتفاع بوته دارای مقادیر کمتری (به‌ترتیب ۷۰ و ۱٥۳/۸) بوده که نشان از برتری این ژنوتیپ دارد. در صفت تعداد خوشه بارور ژنوتیپ ۳ (۳٦/۵) خوشه بیشتر و مطلوبیت بالاتری نسبت به ژنوتیپ ٦ نشان داد اما در دو صفت تعداد دانه پر و وزن دانه پر ژنوتیپ ٦ به ترتیب با مقادیر ۱۱۳ و ۳/٤٦ مطلوبیت بالاتری نسبت به ژنوتیپ ۳ نشان داد. ژنوتیپ ٦ در صفت تعداد دانه پوک نیز از ژنوتیپ ۳ بهتر بوده و تعداد دانه پوک کمتری داشت.

جدول ٦: کواریانس بین شاخص انتخاب و ارزش اصلاحی، واریانس شاخص، واریانس ارزش اصلاحی، همبستگی بین شاخص انتخاب و ارزش اصلاحی، پاسخ به انتخاب و وارثت پذیری برای شاخص LPSI.

	وزنه اقتصادی ۹	وزنه اقتصادی ۸	وزنه اقتصادی ۷	وزنه اقتصادی ۶	وزنه اقتصادی ۵	وزنه اقتصادی ۴	وزنه اقتصادی ۳	وزنه اقتصادی ۲	وزنه اقتصادی ۱
کواریانس بین شاخص انتخاب و ارزش اصلاحی	۱۸۹۰۹۲۵۰	۸۸۷/۵۴۴	۴۲۱۷/۴۲۹	۶۴۰۴/۷۵۸	۴۸/۸۰۸	۶۰/۹۶۲	۲۳۴۵/۵۵۷	۱۰۷۰۲/۳۰۶	۶۴۹۶/۴۲۱
واریانس شاخص	۱۸۹۰۹۲۵۰	۸۸۷/۵۴۴	۴۲۱۷/۴۲۹	۶۴۰۴/۷۵۸	۴۸/۸۰۸	۶۰/۹۶۲	۲۳۴۵/۵۵۷	۱۰۷۰۲/۳۰۶	۶۴۹۶/۴۲۱
واریانس ارزش اصلاحی	۱۸۸۵۱۸۵۴	۸۸۸/۷۸۷	۴۲۰۹/۰۵۵	۶۳۶۲/۶۷۲	۴۸/۷۱۴	۶۱/۰۹۲	۲۲۵۷/۷۴۲	۱۰۶۳۶/۳۰۴	۶۴۲۱/۶۸۶
همبستگی بین شاخص انتخاب و ارزش اصلاحی	۱	۰/۹۹۹	۱	۱	۱	۰/۹۹۹	۱	۱	۱
پاسخ به انتخاب	۸۹۶۹/۶۵۹	۶۱/۴۵۲	۱۳۳/۹۵۶	۱۶۵/۰۷۸	۱۴/۴۱۱	۱۶/۱۰۵	۹۹/۸۹۹	۲۱۳/۳۹۲	۱۶۶/۲۵۵
وارثت پذیری	۱/۰۲۱	۱/۰۴۰	۱/۰۱۳	۱/۰۳۵	۱/۰۱۰	۰/۹۹۸	۱/۱۹۵	۱/۰۳۷	۱/۰۶۵
کارایی نسبی	۰/۹۷۹	۰/۹۶۰	۰/۹۸۷	۰/۹۶۶	۰/۹۹۰	۱/۰۰۱	۰/۸۳۶	۰/۹۶۴	۰/۹۳۸

جدول ۷: کواریانس بین شاخص انتخاب و ارزش اصلاحی، واریانس شاخص، واریانس ارزش اصلاحی، همبستگی بین شاخص انتخاب و ارزش اصلاحی، پاسخ به انتخاب و وارثت پذیری برای شاخص BLPSI.

	وزنه اقتصادی ۹	وزنه اقتصادی ۸	وزنه اقتصادی ۷	وزنه اقتصادی ۶	وزنه اقتصادی ۵	وزنه اقتصادی ۴	وزنه اقتصادی ۳	وزنه اقتصادی ۲	وزنه اقتصادی ۱
کواریانس بین شاخص انتخاب و ارزش اصلاحی	۱۸۸۵۱۸۵۴	۸۸۸/۷۸۷	۴۲۰۹/۰۵۵	۶۳۶۲/۶۷۲	۴۸/۷۱۴	۶۱/۰۹۲	۲۲۵۷/۷۴۲	۱۰۶۳۶/۳۰۴	۶۴۲۱/۶۸۶
واریانس شاخص	۱۸۹۰۴۸۸۱	۹۰۲/۹۸۴	۴۲۱۲/۳۹۰	۶۳۶۲/۷۲۴	۴۸/۸۸۰	۶۱/۴۵۵	۲۲۶۸/۸۴۰	۱۰۶۶۰/۳۸۰	۶۴۴۳/۴۲۵
واریانس ارزش اصلاحی	۱۸۵۱۸۵۴	۸۸۸/۷۸۷	۴۲۰۹/۰۵۵	۶۳۶۲/۶۷۲	۴۸/۷۱۴	۶۱/۰۹۲	۲۲۵۷/۷۴۲	۱۰۶۳۶/۳۰۴	۶۴۲۱/۶۸۶
همبستگی بین شاخص انتخاب و ارزش اصلاحی	۰/۹۹۹	۰/۹۹۲	۱	۱	۰/۹۹	۰/۹۹۷	۰/۹۹۸	۰/۹۹۹	۰/۹۹۸
پاسخ به انتخاب	۸۹۶۹/۸۷۱	۶۱/۹۹۳	۱۳۳/۸۹۵	۱۶۴/۵۹۷	۱۴/۴۲۳	۱۶/۱۷۲	۹۸/۲۶۶	۲۱۳/۰۰۳	۱۶۵/۵۹۹
وارثت پذیری	۰/۹۹۷	۰/۹۸۴	۰/۹۹۹	۱	۰/۹۹۷	۰/۹۹۴	۰/۹۹۵	۰/۹۹۸	۰/۹۹۷
کارایی نسبی	۱/۰۰۲	۰/۰۰۸	۱/۰۰۱	۰/۰۰۰	۱/۰۰۱	۱/۰۰۳	۱/۰۰۳	۱/۰۰۱	۱/۰۰۱

نتایج مربوط به صفات فتوسنتزی نشان داد که ژنوتیپ سه در پنج صفت کارایی واقعی فتوشیمیایی فتوسیستم ۲ (۰/٦٤١)، سرعت انتقال الکترون از طریق فتوسیستم (٤٢/٧٨٨)، پراکنش فتوشیمیایی انرژی جذب شده (۰/۹۰۸)، ضریب خاموشی غیر فتوشیمیایی فلورسنت (۰/۱۹۹) و فلورسانس پایه در حالت-های سازگار شده به تاریکی (۷۰/۳۹۵) دارای مقادیر بهتری نسبت به رقم ٦ بوده است. همچنین رقم ٦ در هشت ضریب خاموشی غیر فتوشیمیایی فلورسنت (۰/٧٤٣)، فلورسانس پایه در حالت قرار گرفته تحت نور اشباع (۷۹/۷۳۹)، فلورسانس حداکثر در حالت نور اشباع (۲۷۱/۹۲٦)، صفت فلورسانس ثابت (۹۷/۱۱۳)، پراکنش غیر فتوشیمیایی فوتون-های جذب شده (۰/۱٤۹)، فلورسانس حداکثر در حالت-های سازگار شده به تاریکی (۳۱۰/۷۲۲)، حداکثر کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم ۲ (۰/۷۷٤) و کارایی تبدیل انرژی الکترون‌ها به انرژی شیمیایی تحت نور اشباع (۰/۷۱۳) مقادیر بیشتری را نسبت به ژنوتیپ ٦ داشت.

با توجه به محاسبه ضرایب مورد بررسی با استفاده از شاخص BLPSI می‌توان اظهار داشت که بالاترین پاسخ به انتخاب به وزنه اقتصادی نهم تعلق داشت. بعد از این ضریب به ترتیب، ضرایب اول و ششم دارای بالاترین پاسخ به انتخاب بودند (جدول ٦).

بیشترین وراثت پذیری به ضریب اقتصادی هفتم شاخص BLPSI تعلق گرفت. برای شاخص LPSI نیز می‌توان گفت که بالاترین پاسخ به انتخاب به ضریب اقتصادی نهم تعلق داشت. بعد از این ضریب به‌ترتیب، ضرایب اول و ششم بالاترین پاسخ به انتخاب را دارا بودند. در شاخص LPSI، ضریب سوم بیشترین وراثت پذیری را دارا بود (جدول ۷). بنابراین می‌توان نتیجه گرفت استفاده از وراثت پذیری به عنوان وزنه اقتصادی می‌تواند پیشرفت قابل قبولی را برای کلیه صفات به همراه داشته باشد.

نتیجه‌گیری نهایی

نتایج این بررسی نشان داد که از بین صفات مورد بررسی، سرعت انتقال الکترون از طریق فتوسیستم ۲، عرض برگ پرچم، فلورسانس پایه، تعداد پنجه بارور و فلورسانس حداکثر بیشترین اثر را بر میزان عملکرد دارند. . بالاترین پاسخ به انتخاب به وزنه اقتصادی نهم تعلق داشت. بعد از این ضریب به‌ترتیب، ضرایب اول و ششم دارای بالاترین پاسخ به انتخاب بودند. شاخص گزینشی LPSI پنج ژنوتیپ ۳، ٦، ۱۷، ۲٤ و ۳۰ را از بین ژنوتیپ‌ها به عنوان ژنوتیپ برتر انتخاب نمود. دو ژنوتیپ ۳ و ٦ در شاخص BLPSI و کلیه ضرایب مورد محاسبه، مشترک بوده و در تمام وزنه‌های اقتصادی انتخاب شدند

Refrences

Baker, R. J. (1986). Selection Indices in Plant breeding. CRC. Press. Inc. 218p.

Biswas, B., Hasanuzzaman, K.M., El-Taj, F., Alam, M.S., and Amin, M.R. (2001). Simultaneous selection for fodder and grain yield in sorghum. Journal of Biological Sciences. 1: 321-323.

Brim, C.A., Johnson H.W., and Cockerham C.C. (1959). Multiple selection criteria in soybeans. Agronomy Journal 51: 42-46.

Bouyoucos, G.J. (1962). Hydrometer method improved for making particle size analyses of soils. Agronomy Journal. 54: 464–465.

Dehghan, R., Majidi, M. M., and Saeidi, G. (2017). Direct and indirect selection responses for seed yield and its components in safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Journal of Crop Production and Processing. 7(1): 115-125

Eshghizadeh, H.R., and Ehsanzadeh, P. (2009). Effect of defferrent irrigation regims on corn (*Zea mays* L.) genotypes,

fluorescence chlorophyll, growth characteristics and seed yield. Iranian Journal of Field Crop Science 40(2): 135-144.

F.A.O. (2017). http://faostat. Fao.org/site/339/default.aspx.

Falconer, D. S. (1989). Introduction to Quantitative Genetics. Longman Group Ltd., London.

Fazlalipour, M., Rabiei, B., Samizadeh Lahiji, H., and Rahim Soroush, H. (2008a). Multi-trait Selection for Screening Elite Genotypes of an F_2 Rice Population. Journal of Water and Soil Science. 11 (42):41-52

Fazlalipour, M., Rabiei, B., Samizadeh Lahiji, H., and Rahim Soroush, H. (2008b). Using of genetic path coefficients for providing of optimum and base selection indices in rice. Journal of Crop Science. 17 (4):97-112.

Fazlalipour, M., Rabiei, B., Samizadeh Lahiji, H., and Rahim Soroush, H. (2008c). Using of selection indicies in a F3 rice population. Iranian Journal of Agriculture Science. 38 (2):385-397.

Ghasemi, F., Baghizadeh, A., Mohammadinejad, Gh., and Kavoosi, H.R. (2017). Evaluation of selection indices for improving grain yield in Cuminum cyminum L. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants. 32(6): 1088-1098.

Gupta, M.L., Prasad, A., Ram, M. and Kumar, S. (2002). Effects of the vesicular-arbuscular mycorrhizal (VAM) fungus Glomus fasciculatum on the essential oil yield related cultivars of menthol mint (Mentha *arvensis*) under field conditions. Bioresource Technology. 81: 77–9.

Kazemi Arbat, H. (2006). Morphology and Anatomy in Cereals. Second Press. Tabriz University Press. 588 pp.

Haluschak, P. (2006). Laboratory methods of soil analysis. Canada–Manitoba Soil Survey. 133p.

Hazel, L. (1943). The genetic basis for constructions selection indices. Genetics 28: 476-490.

Mohammadi, H., Soltani, A., Sadeghipour, H., Zeinali, E., and Najafi Hezarjaribi, R. (2008). Effect of seed deterioration on vegetative growth and chlorophyll fluorescence in soybean (*Glycine max* L.). Journal of Agricultural Science and Natural Resource 15(5): 112-118.

Marcelo, M. C., Antonio, D.M.O., Sandra, U., Nair, C.A., Ivana, M.B., Gustavo, D.S. and Romero, S.M.F. (2008). Analysis of direct and indirect selection and indices in soyabean segregating populations. Crop Breeding and Applied Biotechnology 8: 447-455.

Monirifar, H. (2010). Evaluation of selection indices for alfalfa (*Medicago sativa* L.). Notulae Scientia Biologicae. 2: 84-87.

Operations manual PEA. (2006). Hansatech Instruments Ltf. England. 77p.

Page, A.L. (1982). Methods of soil analysis. Part 2: Chemical and microbiological properties, American Society of Agronomy, Soil Science Society of America.

Pesek, J., and Baker, R. J. (1969). Desired improvement in relation to selection indices. Canadian Journal of Plant Science 49: 803-804.

Rezai, A. M., and Yousofi Azar, M. (2008). Comparison of Direct and Indirect Selection Methods Based on Selection Indices in Wheat Lines in Drought and Non-Drought Conditions. Journal of Water and Soil Science. 12 (45):21-32

Sabouri, H., Mohammadinejad, G., and Fazlalipour, M. (2011). Selection for yield improvement using of multivariate statistical methods in rice. Iranian Journal of Field Crops Research. 9(4):639-650.

Sabouri, H., Biabani, A., Fazlalipour, M., and Sabouri, A. (2010). Determination of best selection indices for facilitating selection in rice. Journal of Plant Production, 17(4):1-25.

Sabouri, H.. Sabouri, A., and Dadras, A.R. (2009). Genetic dissection of biomass production and partitioning with grain yield and yield traits in indica-indica crosses of rice (*Oryza sativa* L.) cultivars. Australian Journal of Crop Science 3: 155-166.

Sabouri, H., Rabiei, B., and Fazlalipour, M. (2008). Use of selection indices based on multivariate analysis for improving grain yield in rice. Rice Science. 15: 303-310.

Salehi, M., and Saeidi G. (2013). Selection Indices for Seed Yield Improvement in Sesame (*Sesamum indicum* L.). Iranian Journal of Field Crop Research. 10(4):667-673.

Samimi Sadeh, N., Saba, J., Shekari, F., and Soleimani, K. (2008). Potential usefulness of the physiological traits for evaluation of drought resistance in wheat. Journal of Agricultural Science and Natural Resource 14(5): 110-115

Smith, H.F. (1936). A discrimination function for plant selection. Annals of Eugenics, 7: 240-250.

Soltani, A. (2004). Chlorophyll fluorescence and its application. Internal Press. University of Agricultural Science and Natural Resource, Gorgan., Iran.

Sparks, D.L., Page, A., Helmke, P., Loeppert, R., Soltanpour, P., Tabatabai, M., Johnston, C. T., and Sumner, M.E. (1996). Methods of soil analysis. Part 3: Chemical methods, Soil Science Society of America Inc.

Suwantaradon, K., Eberhart, S.A., Mock, J.J., Owens J.C., and Guthrie. W.D. (1975). Index selection for several agronomic traits in the BSSS2 maize population. Crop Science 15: 827-833.

Thomas, G., Sparks, D.L., Page, A., Helmke, P., Loeppert, R., Soltanpour, P., Johnston, C.T., and Sumner, M.E. (1996). Soil pH and soil acidity. Methods of soil analysis. Part 3: chemical methods 475–490.

Walkley, A., and Black, I. A. (1934). An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Science 37: 29–38.

Valizadeh, M., and Moghaddam, M. (1999). Introduction to Quantitative Genetics. Academic Center Press. Tehran. 548 pp.