



تنوع ژنتیکی صفات زراعی در لاین‌های اصلاحی پیشرفته برنج (*Oryza sativa*)

علیرضا نبی‌پور^۱ و محمد نوروزی^۲

۱- استادیار پژوهش موسسه تحقیقات برنج کشور، معاونت مازندران، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، آمل، ایران. (نویسنده مسؤول: a.nabipour@areeo.ac.ir)

۲- عضو هیات علمی موسسه تحقیقات برنج کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ایران

تاریخ دریافت: ۹۶/۵/۲۲
تاریخ پذیرش: ۹۷/۱۰/۱۸

صفحه: ۱۷۸ تا ۱۸۷

چکیده

به منظور بررسی تنوع ژنتیکی لاین‌های اصلاحی جدید برنج از نظر صفات مختلف زراعی، ۲۰ لاین پیشرفته جدید به همراه رقم فجر در مزرعه معاونت تحقیقات برنج کشور (آمل) در سال زراعی ۱۳۹۰ در قالب طرح بلوك‌های کامل تصادفی با سه تکرار مورد بررسی قرار گرفتند. بر روی هر ژنوتیپ صفات طول شلتونک، عرض شلتونک، طول دانه، عرض دانه، ارتفاع بوته، بیشترین طول خوش، تعداد پنجه، متوسط طول خوش، شکل دانه، تعداد دانه‌های بُر و پوک، درصد دانه‌های بُر، وزن هزار دانه و عملکرد دانه ارزیابی شدند. نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که بین ژنوتیپ‌ها از نظر صفات مورد بررسی به غیر از صفت عرض دانه اختلافات معنی‌داری وجود دارد که نشان دهنده حضور تنوع ژنتیکی در لاین‌های مورد بررسی است. در مقایسه میانگین عملکرد، گروهی از لاین‌ها برتری معنی‌داری نسبت به شاهد فجر داشتند. بر اساس مقایسه میانگین‌ها، لاین‌های NA9، NA5 و NA17 بیشترین عملکرد را تولید نمودند که لاین NA5 علاوه بر عملکرد بالاتر، از نظر صفات وزن هزار دانه و طول شلتونک نیز دارای اندازه‌های مناسبی بود. بر اساس نتایج تجزیه رگرسیون گام‌به‌گام دو صفت ارتفاع بوته و وزن هزار دانه به عنوان متغیرهای تاثیرگذار بر عملکرد وارد مدل شدند، به طوری که وزن هزار دانه حدود ۳۰ درصد تاثیر پیشرفت نسبت به ارتفاع بوته بر مقدار عملکرد داشت. تجزیه علیت نشان داد که دو صفت فوق هر کدام مستقل از هم دیگر و عمده‌تاً به کمک اثرات مستقیم در تعیین عملکرد تاثیر دارند. تجزیه خوش‌های با استفاده از روش WARD، لاین‌ها را به چهار خوش‌گروه بندی کرد.

واژه‌های کلیدی: برنج، تنوع ژنتیکی، تجزیه علیت، تجزیه کلاستر

سهم هر یک از صفات بالقوه بر روی عملکرد و نیز تعیین روابط بین این صفات، می‌توانیم شاخص‌های مناسب انتخاب برای اصلاح عملکرد را مشخص و استفاده نماییم (۰۰).

هدف از مطالعه تنوع ژنتیکی، برآورده و راثت‌پذیری عمومی، انتخاب بهترین روش بهنژادی، همبستگی ژنتیکی و برآورده بازده ژنتیکی است که با استفاده از طرح‌های آزمایشی و نیز از واریانس والدین و نسل اول و دوم قابل برآورده می‌باشد (۰۰). گاهی انتقال یک ژن مفید و با ارزش از مناطق بومی و با خوبی‌شاندن وحشی آن‌ها چه از طریق روش‌های معمولی بهنژادی و چه از طریق روش‌های جدید و پیشرفته، می‌توان تحول عظیم و غیرقابل تصور در سرنوشت و وضع آن محصول در یک کشور و یا مناطق وسیعی از جهان ایجاد نمود (۳۶، ۲۱، ۰۲).

ایجاد تنوع ژنتیکی در ارقام زراعی از طریق معرفی ارقام با زمینه ژنتیکی متفاوت یکی از راه‌های افزایش پایداری تولید و بالا بردن کیفیت محصول است. لازمه این کار داشتن تنوع ژنتیکی کافی در مخزن ژنی موجود نزد بهنژادگر است تا او با استفاده از این تنوع و به کارگیری آن در ترکیبات مختلف بین ارقام بتواند گیاهانی را ریخته ارثی بهتر و برتر ایجاد و معرفی نماید. واریته‌های محلی برنج که دارای عملکرد نسبتاً پایین می‌باشند، به لحاظ سازگاری خوب با مناطق کشت و همچنین انطباق سیار خوب با ذاته مصرف‌کنندگان ایرانی معمولاً در برنامه‌های دورگ‌گیری برای بهبود عملکرد با ارقام پرمحمول وارد می‌شوند.

بررسی همبستگی‌ها در برنج نشان داده است که صفات تعداد پنجه بارور، تعداد دانه در خوش و وزن هزار دانه از

مقدمه

برنج (*Oryza sativa* L.) یکی از مهم‌ترین غلات و عمده‌ترین منبع غذایی در کشورهای در حال توسعه به شمار می‌رود (۱۷). دانه برنج و فرآورده‌های حاصل از آن تأمین کننده ۴۰٪ از غذای نیمی از مردم دنیا بوده و از لحاظ تولید جهانی نیز می‌تواند با گندم برابر نماید. با توجه به نرخ رشد جمعیت جهان تا سال ۲۰۲۰ میلادی، میزان تولید برنج باید به مراتب ۸۷۰ میلیون تن برسد تا جوابگوی تقاضه جمعیت آن سال باشد (۳۶).

با افزایش مصرف سرانه برنج و نیاز به افزایش تولید برنج در واحد سطح، معرفی ارقام جدید کیفی و پر محصول امری بسیار مهم به حساب می‌آید. از طرفی، به طور معمول یک رقم بعد از گذشت حدود پنج سال از معرفی با ارقام جدیدتر دارای عملکرد یا کیفیت برتر جایگزین می‌گردد. بنابراین، فرآیند تهیه و معرفی ارقام جدید یک پروسه همیشگی و مداوم است که خود نیاز به ایجاد تنوع ژنتیکی و انجام کارهای بهنژادی برای تهیه لاین‌های جدید و بررسی جزئیات این لاین‌های جدید از نظر خصوصیات زراعی دارد.

عملکرد خصوصیتی است که دارای توارث کمی و پیچیده بوده، و راثت‌پذیری پایینی دارد و تحت تاثیر صفات مختلفی قرار می‌گیرد. هر چند، عملکرد خود تحت تاثیر صفات مختلفی قرار می‌گیرد که برخی از آن‌ها و راثت‌پذیری بالایی داشته و همبستگی خوبی با عملکرد دارند. لذا دسترسی به شاخص‌های گزینشی مناسب جهت گزینش غیرمستقیم برای بهبود عملکرد می‌تواند تاثیر بسزایی در کارایی و سرعت برنامه بهنژادی داشته باشد. بدین ترتیب، با تعیین نقش و میزان

در مزرعه تحقیقاتی این معاونت مورد مطالعه قرار گرفتند (جدول ۱). این منطقه در عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۴۸ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۲ درجه و ۴۶ دقیقه شرقی قرار دارد. ارتفاع این منطقه از سطح دریا ۲۳/۷ متر و میانگین بارندگی سالانه ۶۵۹/۷ میلی‌متر حداقل دما -۳ و حداکثر آن ۳۶/۴ درجه می‌باشد.

بذرهای ژنتیکی‌های مورد مطالعه در اول اردیبهشت‌ماه در خزانه کشت شده و در تاریخ ۱۳۹۰/۲/۲۵ نشها در مرحله چهاربرگی به زمین اصلی منتقل شدند. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار انجام شد که در آن هر تیمار در کرت‌های ۴ × ۳ متری با فاصله بوطه ۲۵ سانتی‌متر و فاصله ردیف ۲۵ سانتی‌متر (۲۵×۲۵ سانتی‌متر) کشت شد. در طی فصل رشد، اقدامات لازم تضمین رشد طبیعی گیاه از جمله آبیاری، وجین و مبارزه با کرم ساقه‌خوار انجام شد.

مهم‌ترین صفات موثر بر عملکرد برنج هستند (۲۸، ۲۳، ۲۰، ۱۸، ۴)؛ نتایج تجزیه ضرایب مسیر هم نشان داده است که صفات تعداد پنجه بارور، تعداد دانه پر در خوش و تا حد کمتری وزن هزار دانه بیشترین اثرات مستقیم را بر عملکرد دانه برنج دارند (۳۳، ۳۱، ۲۲، ۲۰، ۱۸، ۱۳).

هدف از مقاله حاضر بررسی تنوع ژنتیکی صفات مختلف در لاین‌های امیدبخش برنج، بررسی همبستگی صفات مختلف بر عملکرد و تعیین نحوه تاثیر آن‌ها بر عملکرد برنج بوده است.

مواد و روش‌ها

در بهار و تابستان سال ۱۳۹۰، تعداد ۲۰ لاین امیدبخش برنج که در معاونت موسسه تحقیقات برنج کشور در مازندران، آمل، تهییه شده‌اند به همراه رقم تجاری فجر به عنوان شاهد

جدول ۱- نام و شجره ژنتیکی‌های برنج به کار رفته در آزمایش

Table 1. Name and pedigree of genotypes included in the study

فjer	ژنوتیپ
والدین	
(IR68280A/IR68280A(دشت×دمسیاه)	NA1
(IR68280A/IR68280A(دشت×دمسیاه)	NA2
(نداد×PND160-3-1/نداد×PND160-3-1 شماره ۱۲۱ شماره ۱۲۱ (دمسیاه×دمسیاه)	NA3
(نداد×PND160-3-1/نداد×PND160-3-1 شماره ۱۲۱ شماره ۱۲۱ (دمسیاه×دمسیاه)	NA4
نعمت (دشت×دمسیاه)	NA5
نعمت (دشت×دمسیاه)	NA6
(IR68280A/IR68280A(دشت×دمسیاه)	NA7
(IR68280A/IR68280A(دشت×دمسیاه)	NA8
(IR68280A/IR68280A(دشت×دمسیاه)	NA9
(نداد×PND160-3-1/نداد×PND160-3-1 شماره ۱۲۱ شماره ۱۲۱ (دمسیاه×دمسیاه)	NA10
(نداد×PND160-3-1/نداد×PND160-3-1 شماره ۱۲۱ شماره ۱۲۱ (دمسیاه×دمسیاه)	NA11
(نداد×PND160-3-1/نداد×PND160-3-1 شماره ۱۲۱ شماره ۱۲۱ (دمسیاه×دمسیاه)	NA12
CP231×نداد	NA13
CP231×نداد	NA14
CP231×نداد	NA15
CP231×نداد	NA16
CP231×نداد	NA17
CP231×نداد	NA18
CP231×نداد	NA19
CP231×نداد	NA20

دانه پر، درصد دانه پوک، وزن هزاردانه و عملکرد دانه در رطوبت ۱۴٪ (کیلوگرم در هکتار).

تجزیه واریانس کلی صفات بر اساس طرح بلوک‌های کامل تصادفی و مقایسه میانگین‌ها به روش آزمون چنددامنه‌ای دانکن به کمک نرم‌افزار SAS نسخه ۹ انجام شد. برای بررسی ارتباطات بین صفات، از تجزیه همبستگی و جهت تعیین متغیرهای مستقلی که درصد بیشتری از تغییرات متغیر وابسته را توجیه می‌کنند از تجزیه رگرسیون گام به گام به کمک نرم‌افزار SPSS استفاده گردید. بهمنظور برآورد وراثت‌پذیری عمومی، از برآوردهای امید ریاضی برای واریانس‌های فنوتیپی و ژنوتیپی استفاده شد (جدول ۲):

گردآوری اطلاعات در مزرعه به صورت متریک و بر اساس معیار اندازه‌گیری استاندارد (SES) موسسه بین‌المللی تحقیقات برنج (IRRI) انجام شد. ارزیابی‌ها بر روی ۱۰ بوطه گیاهی که به طور تصادفی انتخاب شده بودند انجام و میانگین آن‌ها به عنوان یک تکرار به دست آمد. صفات مورد مطالعه در این تحقیق به شرح زیر بود: طول شلتونک (میلی‌متر)، عرض دانه شلتونک (میلی‌متر)، طول دانه (میلی‌متر)، شکل دانه (نسبت طول به عرض دانه) بر حسب (میلی‌متر)، ارتفاع گیاه (سانتی‌متر)، بیشترین طول خوش (سانتی‌متر)، تعداد پنجه، میانگین طول خوش (سانتی‌متر)، تعداد دانه پر در خوش، تعداد دانه‌ی پوک در خوش، درصد

جدول ۲- تجزیه و برآورد اجزاء واریانس ژنتیکی

Table 2. Analysis and estimation of genetic variance components

مبيع تغيير	خطا	زنوتيب	تكرار	درجه آزادی	ميانگين مربعات	اميد رياضي ميانگين مربعات
				r-1	MSr	$\sigma_e^2 + g \sigma_r^2$
				g-1	MSG	$\sigma_e^2 + r \sigma_g^2$
				(r-1)(g-1)	MSe	σ_e^2

مقایسه میانگین‌ها (جدول ۴) نشان داد که لاین‌های NA5، NA17 و NA9 دارای بالاترین عملکردها بوده و کمترین عملکرد را داشته است. در نتیجه، برخی از لاین‌ها از نظر عملکرد نسبت به شاهد فجر برتری نشان دادند. بیشترین وزن هزاردانه را لاین‌های NA6 و NA5 داشتند که بالاتر از شاهد فجر قرار گرفتند و کمترین وزن هزاردانه را نیز لاین NA19 دارا بود. بنابراین، جای تعجب نیست که در این آزمایش وزن هزاردانه بالاترین همبستگی را با عملکرد دانه داشته است (۳۵/۰=۳۵/۴). مشابه این یافته را تحقیقات قبلی نیز تایید می‌کنند (۳۵/۳).

وزن هزاردانه در برنج یکی از پایدارترین خصوصیت‌های هر رقم می‌باشد (۲۷). علت این پایداری را می‌توان تلاش گیاه برای حفظ حداقل وزن دانه دانست، زیرا دانه‌های ریزتر شناس بقای کمتری خواهد داشت و در نتیجه گیاه سعی می‌کند تا در صورت بروز هرگونه تنشی که باعث کاسته شدن غذای گیاه می‌شود، بجای تقسیم ماده غذایی بین تعداد زیادی دانه، تعداد دانه‌های بارور را کم کرده و در عوض هر کدام از آن‌ها وزن طبیعی داشته باشند.

از آنجایی که کاهش ارتفاع معمولاً منجر به کاهش ورس، افزایش کودپذیری و اعمال آسان‌تر دیگر مدیریت‌های بهزروعی می‌شود، لذا کاهش ارتفاع یکی از اهداف پژوهشگران می‌باشد. بر اساس تحقیقات مختلف، بهترین ارتفاع بوته برای بدحکای رساندن میزان فتوستتر در برنج حدود ۱۰۰ تا ۱۱۰ سانتی‌متر است.

در تحقیق حاضر، از نظر ارتفاع بوته، چهار لاین NA14، NA13، NA18 و NA11 با ارتفاعی حدود ۱۵۰ سانتی‌متر با فاصله‌ی نسبتاً زیاد از دیگر لاین‌ها در صدر جدول گروه‌بندی قرار گرفتند. صفت ارتفاع بوته رابطه منفی معنی‌داری (۰/۲۶=۰/۲۶**) با عملکرد داشت که مطابق گزارش‌های قبلی است (۷/۱۶، ۷/۱۹). این در حالی است که گروهی از محققین قلیلی بین عملکرد و ارتفاع بوته برنج همبستگی‌های مثبتی را یافته (۵/۶) و گروهی دیگر هیچ‌گونه همبستگی بین این دو پیدا نکرده‌اند (۱/۲۶، ۱/۲۶). بنابراین، چهار لاین فوق‌الذکر از نظر ارتفاع بوته در محدوده نامناسب قرار می‌گیرند.

طول دانه اغلب به عنوان یک ویژگی کیفی مهم مطرح می‌باشد، بهطوری که لاین‌های دارای طول دانه بیشتر در پخت، بازارپسندی بیشتری دارند. لاین‌های NA5 و NA6 دارای بیشترین طول شلتوك و طول دانه بوده و لاین NA8 هم کوتاهترین دانه و شلتوك‌ها را داشته است. علیرغم این اختلافات، همه‌ی لاین‌های موجود در این آزمایش، به جز NA3 و NA8 که دانه‌بلند هستند، با داشتن طول دانه بیش از ۷/۵ میلی‌متر، از نظر طول دانه جزو برنج‌های سپیار دانه‌بلند محسوب می‌شوند.

واریانس‌های ژنتیکی و فتوپیکی بر اساس میانگین تیمار و از طریق امید ریاضی میانگین مربعات با استفاده از فرمول‌های زیر محاسبه گردید:

$$\sigma_g^2 = \frac{MSG - MSe}{r}$$

و وراثت‌پذیری عمومی صفات در بین ارقام بر اساس فرمول زیر محاسبه گردید:

$$H = \frac{\sigma_g^2}{\sigma_p^2}$$

به منظور گروه‌بندی لاین‌های مورد بررسی، تجزیه خوشایی یا کلaster بر اساس فاصله اقلیدسی به روش کمترین واریانس (WARD) با نرم‌افزار SPSS انجام گردید.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس

نتایج حاصل از تجزیه واریانس مربوط به صفات مورد مطالعه در ۲۱ ژنتیک برنج در جدول ۳ نشان داده شده است. بین لاین‌های انتخابی از لحاظ کلیه صفات به جز عرض دانه اختلافات معنی‌داری وجود داشت که نشانگر وجود تنوع ژنتیکی در بین لاین‌های برنج مورد مطالعه از نظر صفات مورد اندازه‌گیری است. همچنین، کمترین ضریب تغییرات مربوط به صفت طول شلتوك و بیشترین آن مربوط به صفت تعداد دانه پوک و تعداد پنجه بود (جدول ۳). ضریب تغییرات نمایانگر میزان تأثیرپذیری یک صفت از محیط می‌باشد و به طور کلی انتظار می‌رود هر صفتی که در تعیین شایستگی ژنتیک، یعنی در تعیین تعداد دانه بارور نقش مهم‌تری داشته باشد، دارای ضریب تغییرات بالاتری باشد و متغیرهای محیطی تأثیرات بیشتری روی آن داشته باشند (۱۰).

همان‌طور که در جدول ۳ دیده می‌شود، به جز صفات تعداد پنجه، شکل دانه و عرض دانه و شلتوك، تخمین‌های وراثت‌پذیری عمومی برای دیگر صفات نسبتاً بالا بوده است. جان و همکاران (۱۵) نیز وراثت‌پذیری‌های بالایی را برای صفات مختلف مورفولوژیک و فیزیولوژیک در برنج گزارش کردند. آن‌ها همچنین اشاره کردند که میزان وراثت‌پذیری در صفات مورفولوژیک و ساختاری گیاه بیش از مقدار آن برای صفات فیزیولوژیک بود. بالا بودن وراثت‌پذیری عمومی نشانگر اعمال گزینش می‌توان آن‌ها را بهبود بخشد (۲۵).

به اینکه مقدار β برای وزن هزاردانه ۴۸۴/۰ و برای ارتفاع بوته ۳۳۴/۰- بود، می‌توان گفت که وزن هزاردانه حدود ۳۰ درصد تاثیر بیشتر نسبت به ارتفاع بوته بر مقدار عملکرد دارد. تجزیه علیت، که بر اساس همبستگی‌های فنتویی بین صفات ارتفاع بوته و وزن هزاردانه با عملکرد دانه انجام شد (جدول ۵)، نشان داد که دو صفت فوق هر کدام مستقل از همدیگر و عمدهاً به کمک اثرات مستقیم در تعیین عملکرد تاثیر دارند. وزن هزاردانه بیشترین اثر مستقیم و مثبت را بر عملکرد دارا بود و در کل، این دو صفت (وزن هزار دانه و ارتفاع) قادر بودند تا تنها ۲۵ درصد از تغییرات عملکرد را توجیه کنند و ۷۵٪ دیگر با کمک صفات و پارامترهای دیگر کنترل می‌شود.

دانش گیلوری و همکاران (۸) با انجام تجزیه علیت، دریافتند که بیشترین آثار مثبت بر عملکرد مربوط به طول برگ پرچم، تعداد خوشه در بوته و تعداد دانه در خوشه بود.

تحقیقات انجام‌شده نشان داده‌اند که در ارقام بومی ایران، وزن هزاردانه اثر مستقیم و مثبت بر عملکرد داشته است (۱۱). عبادی و همکاران (۹) گزارش کردند که در ارقام اصلاح شده، عملکرد بیشتر تحت تاثیر تعداد پنجه بود، ولی در ارقام محلی علاوه بر تعداد پنجه، صفات وزن هزاردانه و تعداد دانه در خوشه نیز اثر مستقیم بالایی بر روی عملکرد داشتند. در بسیاری از تحقیقات نیز تعداد پنجه دارای بیشترین اثر مستقیم بر عملکرد برنج بوده است (۱۱، ۱۲، ۱۳، ۱۴، ۲۱، ۲۴).

بیشترین میانگین تعداد پنجه را لاین‌های NA15 و NA8 و NA10 داشتند و کمترین تعداد را لاین NA1 و پس آن لاین‌های NA2 و NA10 داشتند، که تعداد پنجه آن‌ها تقریباً نصف تعداد لاین‌های پرپنجه بود. هر چند که در این تحقیق رابطه‌ای بین تعداد پنجه و عملکرد دیده نشد، اما بسیاری از مطالعات قبلی همبستگی مثبت این صفت با عملکرد را بسیار مهم و معنی‌دار دانسته‌اند (۱۹، ۲۹، ۳۰، ۳۲).

تجزیه رگرسیون گام‌به‌گام و تجزیه علیت صفات موثر بر عملکرد

بر اساس نتایج تجزیه رگرسیون گام‌به‌گام برای عملکرد به عنوان متغیر وابسته و دیگر صفات اندازه‌گیری شده به عنوان متغیرهای مستقل، دو صفت ارتفاع بوته و وزن هزاردانه به عنوان متغیرهای تاثیرگذار بر عملکرد وارد مدل شدند:

$$\text{Yield} = 6.074 + 0.198\text{tsw} - 0.037 \text{height}$$

که در آن tsw: وزن هزاردانه و height: ارتفاع بوته می‌باشد. از آنجاکه در فرمول معمول رگرسیون، مقدار b بستگی به واحد اندازه‌گیری صفت داشته و مقدار آن با تغییر واحد اندازه‌گیری عوض می‌شود، مقدار b میلار خوبی برای مقایسه تأثیر صفات مختلف در عملکرد نمی‌باشد. در مقابل، از مقدار استاندارد شده b به نام β به نام β استفاده می‌شود که واحد نداشته و در نتیجه بین متغیرهای مختلف قابل مقایسه است، به طوری که هرچقدر β یک صفت از β صفت دیگر بزرگ‌تر باشد تأثیر آن در کنترل عملکرد از صفت دوم بیشتر است. در اینجا با توجه

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی

Table 3. ANOVA table for studied traits in a randomized complete block design

منبع تغییرات	درجه آزادی	طول شلتوك	عرض شلتوك	طول دانه mm	عرض دانه mm	شکل دانه	ارتفاع (cm)	بیشترین طول خوش	تعداد پنجه	متوسط طول خوش	تعداد دانه پوک	درصد دانه پر	وزن هزاردانه (g)	عملکرد (t/ha)
بلوک	۲	.۰۴۰ ns	.۰۳۹ ns	.۰۹۶ ns	.۰۳۳ ns	.۰۰۸ ns	.۱۱/۱۹ ns	.۱۰/۳۵ ns	.۳/۲۸۵ ns	.۴/۹۱ ns	.۴۵۲/۰۳ ns	.۲۱/۶۷۲ ns	.۹/۲۱۲ ns	.۰/۰۴۷ ns
تیمار	۲۰	.۰۱۷**	.۰۹۰*	.۱۰۷**	.۰۶۲**	.۰۳۰*	.۲۸۹/۹۴ **	.۲۶/۰۵ **	.۱۲/۸۵۸ **	.۲۴/۰۱ **	.۱۵۰۰/۸۳ **	.۱۴۱/۱۱۲ **	.۲۱/۷۸۳ **	.۳/۴۳۲ **
خطا	۴۰	.۰۱۷ ns	.۰۴۸	.۱۰۸	.۰۳۸	.۰۱۵	.۴۶/۹۸	.۴/۱۵	.۶/۹۶	.۴/۷۳۷	.۶۴۹/۱۳	.۱۸۲/۵۸۰	.۱۰/۰۰۶	.۲/۸۳۴
کل تغییرات	۶۲													
CV(%)		.۴۰۸	.۱۰۲۵	.۴/۲۰	.۱۰/۷۸	.۸/۹۱	.۵/۰۹	.۶/۶۷	.۱۹/۴۳	.۸/۴۲	.۹/۸۱	.۲۲/۸۷	.۳/۸۸	.۱۳/۳۴
وراثت پذیری عمومی		.۰۶۵	.۰۲۳	.۰۶۸	.۰۱۷	.۰۲۵	.۰/۶۳	.۰/۶۴	.۰/۳۶	.۰/۴۶	.۰/۸۰	.۰/۷۱	.۰/۸۱	.۰/۶۹
ns: غیرمعنی دار، * و **: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪														

جدول ۴- مقایسه میانگین صفات مختلف در بین ژنوتیپ‌های مورد ارزیابی

Table 4. Mean comparison of studied traits in evaluated genotypes

عملکرد (t/ha)	g	تعداد دانه‌های پوک	درصد دانه‌های پوک	وزن هزاردانه گ	تعداد دانه‌های پر	متوجه خوش	تعداد پنجه	بیشترین طول خوش	ارتفاع بوته	شكل دانه	طول دانه	طول شلتوک	لین
					پر	cm	خوش	cm	cm	mm	mm	mm	
۶/۲۸ ^{a-d}	۲۴/۲۰ ^{c-f}	۱۷/۵۸ ^{cde}	۸۲/۴ ^{abc}	۵۸/۷ ^{cde}	۲۷۸/۱ ^b	۲۹/۱۳ ^{bc}	۷/۰ ^c	۲۵/۰ ^d	۱۲۲/۶۶ ^c	۴/۵۲ ^a	۷/۹۴ ^{bde}	۱۰/۳۴ ^{a-d}	NA 1
۶/۰۸ ^{a-e}	۲۵/۴۰ ^{cde}	۲۱/۵۳ ^{bc}	۷۸/۵ ^{cd}	۷۷/۴ ^{bc}	۲۷۸/۶ ^b	۲۸/۸۶ ^{bc}	۷/۱۷ ^{ac}	۲۹/۲۵ ^{bed}	۱۳۱/۸۳ ^{bc}	۴/۵۲ ^a	۸/۱۹ ^{bcd}	۱۰/۴۴ ^{a-d}	NA 2
۵/۱۸ ^{a-e}	۲۵/۴۰ ^{cde}	۱۵/۳۷ ^{cde}	۱۸/۷ ^{abc}	۷۴/۹ ^{bcd}	۴۰/۳ ^a	۳۷/۰ ^{bc}	۹/۵۸ ^{abc}	۲۹/۶۵ ^{bcd}	۱۲۵/۴۱ ^c	۴/۱۵ ^a	۷/۱۲ ^{ef}	۹/۲۷ ^{de}	NA 3
۶/۹۵ ^{a-d}	۲۵/۴۰ ^{cde}	۲۶/۳۶ ^b	۷۳/۶ ^d	۹۳/۵ ^{ab}	۲۶۷/۵ ^{bc}	۳۳/۲ ^a	۱۱/۴۱ ^{abc}	۳۴/۵۸ ^{ab}	۱۳۴/۵۸ ^{bc}	۴/۷۹ ^a	۸/۷۱ ^{ab}	۱۰/۱۸ ^{ab}	NA 4
۸/۱۰ ^a	۳۰/۵۱ ^{ab}	۱۷/۳۸ ^{cde}	۸۲/۵ ^{abc}	۵۰/۰ ^{c-f}	۲۴ ^{b-e}	۳۲/۲ ^a	۱۰/۱۷ ^{abc}	۳۲/۶۵ ^{abc}	۱۲۸/۴۱ ^c	۴/۲۵ ^a	۸/۷۸ ^{abc}	۱۱/۱۸ ^{ab}	NA 5
۶/۱۸ ^{a-d}	۳۱/۹۳ ^a	۱۷/۹۴ ^{cde}	۱۸/۱ ^{bc}	۵۶/۱ ^{cde}	۲۵۴/۷ ^{bcd}	۳۳/۹۳ ^{ab}	۹/۸۳ ^{abc}	۳۴/۵۳ ^{ab}	۱۳۲/۸۳ ^{bc}	۴/۳۳ ^a	۸/۹۵ ^a	۱۱/۰۶ ^{ab}	NA 6
۶/۴۳ ^{a-d}	۲۳/۹۳ ^{c-f}	۴۲/۱۲ ^a	۵۷/۹ ^e	۱۰/۸/۸ ^a	۱۴۸/۹ ^f	۳۱/۰ ^{abc}	۱۲/۱۶ ^{abc}	۳۶/۶۶ ^a	۱۳۸/۱۶ ^{be}	۳/۷۳ ^b	۷/۵۶ ^{cdef}	۹/۳۲ ^{de}	NA 7
۵/۵۱ ^{b-e}	۲۳/۴۶ ^{c-f}	۲۳/۲۷ ^{bc}	۷۶/۷ ^{cd}	۷۳/۴ ^{bcd}	۲۴۱/۸ ^b	۳۱/۴ ^{abc}	۱۴/۱۳ ^a	۳۰/۹۱ ^{abc}	۱۲۷/۲۷ ^c	۳/۷۷ ^b	۶/۱۹ ^f	۹/۱۴ ^e	NA 8
۷/۵۱ ^{abc}	۲۴/۱۲ ^{c-f}	۲۰/۵۸ ^{bcd}	۷۹/۱ ^{bcd}	۶۳/۱ ^{b-e}	۲۴۶/۵ ^{b-e}	۳۳/۶۶ ^{ab}	۹/۲۵ ^{abc}	۳۴/۰ ^{ab}	۱۳۳/۲۳ ^{bc}	۳/۹۰ ^b	۸/۰ ^{bce}	۱۰/۳۹ ^{a-d}	NA 9
۵/۴۹ ^{b-e}	۲۱/۷۳ ^{ef}	۴۴/۰ ^{bc}	۷۵/۹ ^{cd}	۹۴/۹ ^{a-b}	۲۹۹/۴ ^b	۳۱/۴ ^{abc}	۸/۰ ^a	۳۴/۱۶ ^{ab}	۱۲۸/۱۶ ^c	۴/۲۴ ^a	۷/۱ ^{ef}	۹/۵۴ ^{cde}	NA 10
۵/۱۸ ^{a-d}	۲۴/۴۲ ^{c-f}	۱۵/۱۲ ^{cde}	۱۸/۹ ^{abc}	۵۱/۳ ^{c-f}	۲۸۱/ ^b	۳۳/۳۶ ^{ab}	۱۰/۱۶ ^{abc}	۳۳/۰ ^{abc}	۱۴۹/۴۱ ^{ab}	۴/۰ ^a	۷/۰ ^{cdef}	۱۰/۱۵ ^{b-e}	NA 11
۶/۹۷ ^{a-d}	۲۶/۹۳ ^{cd}	۱۷/۲ ^{cde}	۱۸/۸ ^{abc}	۵۲/۷ ^{c-f}	۲۵۳/۱ ^{bcd}	۲۷/۲۲ ^{bc}	۱۱/۱۸ ^{abc}	۳۲/۶۵ ^{abc}	۱۳۲/۰ ^{bc}	۴/۸۱ ^a	۸/۲۰ ^{a-e}	۱۱/۰ ^a	NA 12
۴/۶۵ ^{de}	۲۵/۸۲ ^{cde}	۸/۷۹ ^e	۹۱/۲ ^a	۲۵/۰ ^f	۱۸۳/۵ ^{ef}	۲۴/۴۰ ^c	۹/۰ ^{abc}	۲۷/۵۸ ^{cd}	۱۵۴/۶۶ ^a	۴/۱۴ ^a	۷/۶۵ ^{cdef}	۱۰/۲۶ ^{bcd}	NA 13
۴/۹۳ ^{de}	۲۵/۴ ^{cde}	۱۵/۹ ^{cde}	۸۴/۱ ^{abc}	۵۷/۳ ^{cde}	۳۰/۲۶ ^b	۳۲/۵۲ ^{ab}	۹/۲۵ ^{abc}	۳۱/۲۵ ^{abc}	۱۵۷/۵۰ ^a	۴/۰ ^a	۷/۹۶ ^{be}	۱۰/۲۱ ^{bcd}	NA 14
۵/۱۹ ^{cde}	۲۶/۱۳ ^{cde}	۱۵/۳۲ ^{cde}	۸۸/۷ ^{abc}	۳۶/۹۳ ^{def}	۲۰/۲۸ ^{c-f}	۳۳/۳۳ ^{ab}	۱۴/۶۵ ^a	۳۳/۱۵ ^{abc}	۱۳۰/۰ ^c	۴/۵۳ ^a	۷/۹۱ ^{be}	۱۰/۳۹ ^{a-d}	NA 15
۴/۹۳ ^{de}	۲۴/۱۰ ^{c-f}	۱۵/۰ ^{cde}	۱۸/۷ ^{abc}	۵۴/۴ ^{cde}	۲۹۶/۳ ^b	۳۰/۴۶ ^{abc}	۹/۹۱ ^{abc}	۳۲/۶۵ ^{ab}	۱۲۵/۶۶ ^c	۴/۱۷ ^a	۷/۱۲ ^{cdef}	۹/۹۷ ^{b-e}	NA 16
۷/۷۷ ^{ab}	۲۶/۳۳ ^{cde}	۱۶/۹۲ ^{cde}	۸۳/۱ ^{abc}	۵۴/۸/۰ ^{cde}	۲۶۹/۲ ^{bc}	۲۸/۵۶ ^{bc}	۱۰/۹۱ ^{abc}	۳۲/۶۲ ^{abc}	۱۷۹/۸۳ ^c	۴/۴۴ ^a	۷/۹۸ ^{be}	۱۰/۷۱ ^{abc}	NA 17
۵/۴۷ ^{b-e}	۲۸/۰ ^{bc}	۱۶/۸۸ ^{cde}	۸۲/۱ ^{abc}	۵۹/۵ ^{cde}	۲۹۲/۶ ^b	۳۸/۰ ^a	۸/۹۱ ^{abc}	۳۷/۷۹ ^a	۱۴۹/۷ ^{ab}	۴/۷۲ ^a	۸/۲۲ ^{abc}	۱۰/۷۰ ^{abc}	NA 18
۳/۸۳ ^e	۲۰/۱۳ ^f	۱۶/۱۲ ^{cde}	۱۸/۳/۸ ^{abc}	۴۵/۹۳ ^{c-f}	۲۳۵/ ^{b-e}	۳۱/۴۶ ^{abc}	۱۱/۰ ^{abc}	۳۵/۷۹ ^{ab}	۱۳۲ ^{bc}	۴/۸۰ ^a	۷/۵۱ ^{cdef}	۱۰/۳۹ ^{a-d}	NA 19
۶/۲۲ ^{a-d}	۲۳/۷۳ ^{c-f}	۱۱/۳۶ ^e	۸۸/۷۳ ^a	۳۶/۶۷ ^{def}	۲۸۸/ ^b	۳۱/۴ ^{abc}	۱۰/۰ ^{abc}	۳۳/۳۳ ^{abc}	۱۳۳/۴۱ ^{bc}	۴/۴۶ ^a	۷/۹۱ ^{b-e}	۱۰/۵۵ ^{abc}	NA 20
۶/۳۳ ^{a-d}	۲۴/۲۶ ^{c-f}	۱۲/۰ ^{de}	۱۸/۷۸ ^{ab}	۲۵/۰ ^{de}	۱۹۲/۶ ^{def}	۲۹/۲ ^{bc}	۱۴/۰ ^{ab}	۳۲/۳۲ ^{abc}	۱۲۸/۲۵ ^c	۴/۴۱ ^a	۷/۵۹ ^{cdef}	۱۰/۱۸ ^{ab}	فجر

در هر ستون ژنوتیپ‌هایی که حداقل در یک حرف مشترک باشند اختلاف آماری معنی‌دارند.

جدول ۵- تجزیه علیت عملکرد و صفات مرتبط با آن

Table 5. Causal analysis of yield and its related traits

صفات	ارتفاع	وزن هزاردانه	اثر کل
ارتفاع	.۰/۹۲	-.۰/۷	.۰/۳۷
وزن هزاردانه	.۰/۱۰	.۰/۵۸	.۰/۵۱
اثر باقی مانده		.۰/۷۵	

اعدادی که زیر آنها خط کشیده شده نشان دهنده اثرات مستقیم می‌باشد.

داشتن این اطلاعات به محقق کمک می‌کند تا در زمان معرفی ارقام جدید، از بین ارقامی که بسیار شبیه به هم هستند تهها یکی را به بازار معرفی نماید. استفاده از این استراتژی مانع از شکست هم‌زمان همه ارقام معرفی شده توسط یک محقق در زمان بروز یک مشکل حاد مانند شیوع یک بیماری یا تنش غیرزنده می‌شود. از طرف دیگر هم، اگر قرار باشد دو لاین برای تلاقی و تولید هیبرید یا جمعیت اصلاحی انتخاب شوند، بهتر است با هم بیشترین فاصله ژنتیکی را داشته باشند. بر این اساس، در هنگام معرفی رقم، باید سعی شود که از انتخاب دو رقم جدید هم‌گروه اجتناب شود. مثلاً معرفی لاین NA15 به عنوان یک رقم کار بی‌فایده‌ای است، زیرا در عمل تفاوت چندانی با رقم فجر ندارد.

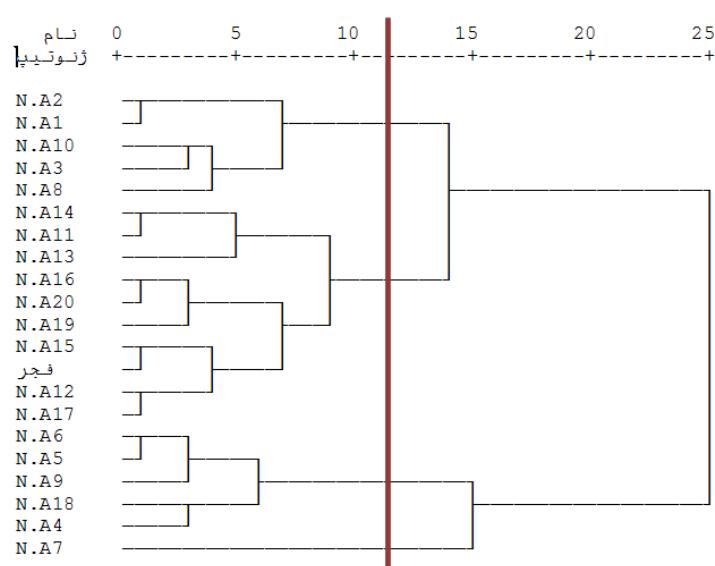
لاین‌های اصلاحی در این مطالعه تنوع ژنتیکی بالایی را به نمایش گذاشتند. لاین‌های NA5، NA17 و NA9 دارای عملکرد بالایی بوده و دو این NA5 و NA6 وزن هزاردانه بالایی داشتند. لاین‌های NA112، NA5 و NA6 هم بلندترین دانه‌ها را داشتند. بررسی رگرسیونی نشان داد که ارتفاع بوته تاثیر منفی و وزن هزاردانه تاثیر مثبت روی عملکرد داشتند که به گواهی تجزیه علیت، این دو صفت به صورت مستقیم و مستقل از هم‌دیگر روی عملکرد تاثیرگذار بودند.

تجزیه خوشای

از تجزیه خوشای به منظور اندازه‌گیری فواصل ژنتیکی بین ژنوتیپ‌های مختلف موجود در یک کلکسیون و گروه‌بندی آن‌ها استفاده می‌شود. این روش در موقعي که با تعداد زیادی ژمپ‌پلاسم سروکار داشته باشیم بسیار مفید است. زیرا با توجه به اینکه معمولاً تلاقی افرادی که در گروه‌های دور هستند بهترین نتیجه (هتروزیس) را می‌دهد، از صرف وقت و هزینه‌ی زیاد برای انجام دورگیری‌های بی‌نتیجه جلوگیری کرده و این وقت را برای محقق فراهم می‌کند که والدین را فقط از بین ژنوتیپ‌های برتر در گروه‌های دور انتخاب نماید.

دندروگرام حاصل از تجزیه خوشای (شکل ۱) نشان داد که تنوع خوبی در بین لاین‌های مورد مطالعه وجود دارد، هر چند که برخی از لاین‌ها شباهت زیادی به هم‌دیگر داشتند. بر اساس خط برشی که در فاصله ۱۱ رسم شد، ژنوتیپ‌ها در چهار گروه مختلف دسته‌بندی شدند که لاین‌های خوش اول شامل NA2، NA1، NA10، NA3، NA8، NA10، NA3، NA8، NA1 و NA2 هم‌زمان های NA14، NA13، NA12، NA11، NA16، NA15، NA19، NA17، NA16، NA12، NA20 و فجر، لاین‌های خوش سوم شامل NA4، NA6، NA5، NA9 و NA18 و خوشه چهارم شامل تنها یک ژنوتیپ NA7 بود.

فاصله ژنتیکی



شکل ۱- دندروگرام حاصل از تجزیه کلاستر لاین‌ها بر اساس صفات مورد مطالعه

Figure 1. Dendrogram resulted from cluster analysis of lines based on the studied traits

منابع

- Abouzari Gazafrodi A., R. Honarnejad, M.H. Fotokian and A. Alami. 2006. Study of correlations among agronomic traits and path analysis in rice (*Oryza sativa* L.). Journal of Science and Technology in Agriculture and Natural Resources, 10: 99-108 (In Persian).
- Alizadeh, M.A. and H. Eesvand. 2006. Rice in Egypt. Ministry of Agriculture, Deputy of Agronomy. Office of Rice and Pulses, 420 pp.
- Allahgholipour, M., G.A. Nematzadeh and M.H. Fotokian. 1998. Path analysis for important agronomic traits on yield in rice. Daneshvar, 6: 41-50.
- Bai, N.R., R. Davita, A. Regina and C.A. Joseph. 1992. Correlation of yield and yield components in medium duration rice cultivars. Environment and ecology, 10: 469-470.
- Chakraborty, S., P.K. Das, B. Guha, K.K. Sarmah and B. Barman. 2010. Quantitative Genetic Analysis for Yield and Yield Components in Boro Rice (*Oryza sativa* L.). Not. Science Biology, 2: 117-120.
- Chau, N.M. and M. Yamauchi. 1994. Performance of an aerobically direct seeded rice plant in the Mekong Delta, Vietnam. International Rice Research Notes, 19: 6-7.
- Chaudary, P. and K. Singh. 1994. Genetic variability, correlation and path analysis of yield components of rice composition protein content and gelatinization temperature to cooking and eating quality of milled rice. Food Technology, 9-11.
- Danesh Gilevaei, M., H. Samizadeh and B. Rabiei. 2018. Evaluation of path analysis for yield and yield components in rice (*Oryza sativa* L.) under normal and drought stress conditions. Journal of Crop Breeding, 9(24): 30-39.
- Ebadie, A.A., M. Allahgholipour and M. Hosseini. 2003. Path analysis for yield and some important agronomic traits in the two groups of landraces and improved cultivars of rice. Proceedings of the 7th Iranian agronomy and Plant Breeding Congress, Karaj, Iran.
- Falconer, D.S. and T.F.C. Mackay. 1996. Introduction to Quantitative Genetics. 4th Ed. Addison Wesley Longman, Harlow, Essex, UK.
- Gholami Tajani, M., M. Valizadeh, M. Moghaddam and M.S. Salehi. 1998. Evaluation of genetic diversity and causal analysis for grain yield in advanced breeding lines of rice. Proceedings of the 7th Iranian agronomy and Plant Breeding Congress, Karaj, Iran.
- Gravois, K.A. and M.C. Nenen. 1993. Genetic relationships among and selection for rice yield and components. Crop Science, 33: 249-252.
- Helms, R.S. and K.A. Gravois. 1992. Path analysis of rice yield and yield components as affected by seed rate. Agron Journal, 88: 1-4.
- Heu, M.H., H.J. Koh and H.Y. Kim. 1989. Combining ability for yield and its components of several Japonica rice cultivars. Korean Journal of Breeding, 21: 1-80.
- Jahn, C.E., J.K. McKay, R. Mauleon, J. Stephens, K.L. McNally, D.R. Bush, H. Leung and J.E. Leach. 2011. Genetic Variation in Biomass Traits among 20 Diverse Rice Varieties. Plant Physiology, 155: 157-168.
- Khush, K.H. 1973. Performance, interrelationship and heritability estimates of certain morphological traits of *Oryza sativa* L. Journal of the Indian Botanical Society, 51: 286-290.
- Luh, B.S. 1997. Rice production. 2nd ed. Vol. 1. Van Nonstrand Reinhold, New York. USA.
- Mehetre, S.S., C.R. Mahajan, P.A. Patil, S.K. Lad and P.M. Dhumal. 1994. Variability, heritability, correlation, path analysis, and genetic divergence studies in upland rice. IRRI Notes, 9: 1.
- Mirza, M.J., F.A. Faiz and A. Majid. 1992. Inter-relationship and path coefficient analysis for plant height and its components in Basmati rice. Agriculture Resource, 30: 25-28.
- Mohammadi, S.A., B.M. Prasanna and N.N. Singh. 2003. Sequential path model for determining interrelationships among grain yield and related characters in maize. Crop Science, 43: 1690-1697.
- Mousavi, S.A.A. 2003. Genetic study of Mazandaran local rice varieties. MSc Thesis of Plant Breeding, Islamic Azad University, Karaj Branch, Iran.
- Neyestani, E., A.A. Mahmoodi and F. Rahimnia. 2005. Path analysis of grain yield and its components and estimation of heritability in barley. Journal of Agriculture, 7: 55-61.
- Noorbakhshian, S.J. and A.M. Rezaei. 1999. Study of correlation and path analysis of yield traits in rice. Iranian Journal of Crop Science, 1(4): 55-65 (In Persian).
- Paul, C.R and J.S. Nanda. 1994. Path analysis of yield and yield components and construction of selection indices of direct seeded rice, 63-71.
- Pesaraklu, S., H. Soltanloo, S. Ramezanpour and M. Kalateh Arabi. 2017. Study of the inheritability of morphological traits in some barley genotypes (*Hordeum vulgare*) by analysis of diallel crosses. Journal of Crop Breeding, 9(22): 41-52.
- Poehlman, J.M. 1985. Breeding field corps. Henry Holt pub. New York, 98 pp.
- Rafiee, M. Effect of planting date on yield of some rice cultivars in Khorramabad condition. Seed and Plant Journal, 24: 251-263.
- Rajeswari, S. and N. Nadarajan. 2004. Correlation between yield and yield components in rice (*Oryza sativa* L.). Agricultural Science Digest, 24: 280-282.

29. Ramalingam, A, N. Nadavajan, C.V. Anniarajan and P. Rangasamy. 1993. A path coefficient analysis of rice. IRRI Note, 18: 20-21.
30. Ramalingam, A, N. Sivasamy, S. Sabramainan and K. Kooslingam. 1995. Correlation and path analysis of rice grain yield under alkali stress condition. IRRI Notes, 20-30.
31. Rao, S.A., T. McNeilly and A.A. Khan. 1997. Cause and effect relations of yield and yield components in rice. Journal of Genetics and Breeding, 51: 1-5.
32. Rao, S.P. 1992. Flag leaf, a selection for exploiting potential yield in rice. Indian Plant Physiology, 35: 265-268.
33. Samonte, S.O.P.B., L.T. Wilson, and A.M. McClung. 1998. Path analysis of yield related traits of fifteen diverse rice genotypes. Crop Science, 38: 1130-1136.
34. Sandram, T. and S. Palan. 1994. Path analysis in early rice. Madras Agricultural Journal, 81: 28-29.
35. Virmani, S.S. and V. Dedolph. 1994. Reaping the benefits of hybrid rice in the tropics. World Agriculture, 2: 17-20.
36. Vojdani, P. 1993. Role of gene bank and plant genetic resources on the increase of crops yield. First Iranian Congress of Agronomy and Plant Breeding, Karaj, Iran.
37. Wu, S.Z., C.W. Huang, J.Q. Wu and Y.Q. Zhong. 1987. Studies on Varietal Characteristics in cultivars of *Oryza sativa*. V. correlation between genetic of the main characters and selection in cultivars with good grain quality. Hereditas China, 9: 4-8.

Genetic Diversity of Agronomic Traits in Advanced Breeding Lines of Rice (*Oryza Sativa*)

Alireza Nabipour¹ and Mohammad Norouzi²

- 1- Rice Research Institute of Iran, Mazandaran Branch, Agriculture Research, Education and Extension Organization, Amol, Iran, (Corresponding Author: a.nabipour@areeo.ac.ir)
2- Member of the faculty of the Rice Research Institute of Iran, Organization for Research, Education and Promotion of Agriculture, Iran

Received: August 13, 2017

Accepted: January 8, 2019

Abstract

Successful reorganization of rice genetic structure to improve grain yield needs extensive information on the traits that influence yield, either directly or indirectly, and the amount of their genetic diversity. In order to assess the genetic diversity of some agronomic traits among the promising lines of rice and their relation to yield, twenty lines along with a superior local check (Fajr) were evaluated under randomized complete blocks with 3 replications at Rice Research Station, Amol, in 2011. Studied traits included number of tillers, panicle length, paddy and grain length, paddy and grain width, plant height, grain shape, number of grains, percentage of filled and empty seeds, thousand grain weight and grain and paddy yield. The results of analysis of variance revealed highly significant differences among the genotypes for all the traits except for grain width. Comparison of means suggested that the lines NA5, NA17, NA9 had higher yields than the other lines. NA5 was also superior in terms of seed weight and grain length. Grain yield had significant correlation with grain length, 1000-grain weight and plant height; however the strongest correlation with yield was related to 1000-grain weight. Based on stepwise regression, plant height and grain weight were entered into path analysis, where grain weight had higher direct and indirect effects than plant height. Therefore, grain weight would be an appropriate criterion for selecting high-yielding genotypes. Cluster analysis using WARD method grouped the lines into 4 clusters.

Keywords: Cluster analysis, Genetic diversity, Path analysis, Rice