



به‌زرعی کشاورزی

دوره ۲۰ ■ شماره ۱ ■ بهار ۱۳۹۷
صفحه‌های ۱۸۹-۱۷۳

تعیین بهترین شاخص‌های گزینش در لاین‌های جهش‌یافته برنج در شرایط متفاوت رطوبتی

برزو کارزانی^۱، سعید نواب‌پور^{۲*}، حسین صبوری^۳، سیده ساناز رمضان‌پور^۴، خلیل زینلی‌نژاد^۴، علی اسکندری^۵

۱. دانشجوی دکتری، گروه اصلاح نباتات و بیوتکنولوژی، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.
۲. دانشیار، گروه اصلاح نباتات و بیوتکنولوژی، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.
۳. دانشیار، گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، گنبد کاووس، ایران.
۴. استادیار، گروه اصلاح نباتات و بیوتکنولوژی، دانشکده تولید گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.
۵. استادیار، پژوهشکده کشاورزی هسته‌ای، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، کرج، ایران.

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۶/۰۲/۲۳

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۶/۰۷/۱۷

چکیده

به منظور تعیین بهترین شاخص‌های گزینش برای تسهیل عمل انتخاب در مرحله زایشی ۹۶ لاین جهش‌یافته (M₂) برنج در شرایط متفاوت رطوبتی، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار، در دو محیط، در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه گنبد کاووس در سال ۱۳۹۵ اجرا شد. بررسی درصد کاهش میانگین صفات در اثر تنش خشکی، نشان داد که بیشترین آسیب ناشی از تنش خشکی به دلیل کاهش تعداد دانه پر، تعداد پنجه و وزن هزار دانه بود. رگرسیون مرحله‌ای نشان داد که در شرایط غرقاب به ترتیب صفات وزن هزار دانه، ارتفاع بوته، تعداد دانه پر، تعداد روز تا گل دهی، میزان لوله شدن برگ پرچم، تعداد پنجه و طول خوشه و در شرایط تنش خشکی به ترتیب صفات وزن هزار دانه، تعداد روز تا گل دهی، ارتفاع بوته، درصد باروری، طول خوشه، میزان سوختگی برگ پرچم و تعداد پنجه، ویژگی‌های مهم و تأثیرگذار بر عملکرد دانه وارد مدل نهایی رگرسیون چند متغیره شدند. ارزیابی میزان آثار مستقیم و غیرمستقیم صفات بر عملکرد دانه، از روش تجزیه علیت نشان داد که در شرایط غرقاب، وزن هزار دانه به دلیل اثر مستقیم و بالا و تعداد دانه پر به دلیل اثر غیرمستقیم از طریق وزن هزار دانه می‌تواند به عنوان مهمترین صفات برای افزایش عملکرد دانه، کانون توجه قرار گیرد. در شرایط خشکی صفات وزن هزار دانه و درصد باروری به عنوان معیار انتخاب برای بهبود عملکرد دانه معرفی می‌شوند.

کلیدواژه‌ها: برنج، پرتو گاما، تجزیه علیت، تنش خشکی، رگرسیون.

۱. مقدمه

برنج، غذای اصلی بیش از نیمی از مردم جهان شامل دو میلیارد آسیایی است. برنج و مشتقات آن ۶۰-۷۰ درصد انرژی مورد نیاز مردم را تأمین می‌کند [۲۲]. سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴ در ایران ۵۹۶ هزار هکتار زیر کشت برنج رفت. در همین سال میانگین تولید شلتوک برنج در ایران ۴۹۰۱ کیلوگرم در هکتار بود [۱۱]. کم‌آبی و تنش خشکی مشکل اصلی محدودکننده تولید برنج است [۲۳]. جهش، فرایند افزایش تنوع ژنتیکی شناخته می‌شود [۲۸]. بیشترین جهش‌یافته‌ها از روش پرتودهی به دست آمده و معرفی شده‌اند [۱۲]. از روش اصلاح موتاسیونی تاکنون بیش از ۲۵۰۰ لاین جهش‌یافته تولید و معرفی شده است. ۶۴ درصد لاین‌های جهش‌یافته با تیمار پرتو گاما به دست آمده‌اند [۱۳ و ۲۴]. حدود ۷۵ تا ۸۰ درصد از جهش‌یافته‌ها در نسل M_2 به وجود می‌آیند و تعدادی نیز در نسل‌های بعدی ظاهر می‌شوند [۱۶ و ۲۶]. اکثر جهش‌ها به صورت مغلوب رخ می‌دهند. جهش‌های مغلوب در افراد هتروزیگوت نسل M_1 قابل مشاهده نبوده و پس از خودگشتی در نسل M_2 مشخص هستند [۲۱]. محققان با استفاده از پرتو گاما ارتفاع بذرها را به طور معناداری کاهش داده و عملکرد آن‌ها را افزایش دادند. نتیجه پژوهش مذکور معرفی دو رقم جهش‌یافته تابش و پویا بود [۹]. در پژوهشی دیگر با مطالعه دو رقم برنج محلی و تیمار با دزهای ۲۰۰ و ۳۰۰ گری اشعه گاما و مقایسه آن‌ها با شاهد، به مطالعه خصوصیات زراعی لاین‌های جهش‌یافته پرداخته شد. نتایج نشان داد که درصد دانه پر، ارتفاع و زمان رسیدن کاهش و تعداد پنجه افزایش پیدا کرد. برخی از صفات نیز مانند طول خوشه تفاوتی نسبت به شاهد نشان ندادند [۱۸].

بررسی روابط بین صفات نقش مؤثری در یافتن عوامل تأثیرگذار اصلی در عملکرد دانه به عنوان متغیر وابسته دارد.

در پژوهشی با بررسی ویژگی‌های برنج بیان شد که وزن دانه در بوته با تعداد خوشه، ارتفاع بوته، طول خروج خوشه از غلاف، طول خوشه و تعداد دانه پر همبستگی معنادار در سطح ۱ درصد داشت [۸]. در تحقیقی دیگر نشان داده شد که عملکرد دانه برنج با وزن هزار دانه و تعداد دانه پر در خوشه همبستگی معنادار و مثبت دارد [۱]. در تدوین برنامه به زراعی، شناسایی مهمترین صفات تأثیرگذار بر عملکرد دانه ضروری است. در پژوهشی با بررسی صد لاین برنج با استفاده از رگرسیون مرحله ای نشان داده شد که وزن هزار دانه، تعداد دانه پر در خوشه، تعداد پنجه بارور در بوته، طول دانه و سطح برگ پرچم به عنوان مؤثرترین صفات بر عملکرد دانه وارد مدل شدند [۱]. همبستگی ساده صفات در بیان ارتباط دو متغیر نقش مهمی دارد، اما آثار مستقیم و غیرمستقیم بین متغیرها را نمی‌تواند نشان دهد. روش تجزیه علیت که توسط رایست (۱۹۲۱) پیشنهاد شد، روشی است که روابط بین صفات و آثار مستقیم و غیرمستقیم آن‌ها را بر متغیر تابع روشن می‌کند [۲۷]. در مطالعه ای روی برنج با انجام تجزیه علیت گزارش شد که بیشترین میزان ارتباط مستقیم و کمترین میزان ارتباط منفی از طریق سایر صفات با عملکرد دانه، مربوط به صفات وزن هزار دانه و تعداد دانه پر در خوشه بود [۱]. محققان با بررسی صفات مورفولوژیک در دو جمعیت نسل سوم برنج اشاره کردند که انتخاب براساس تعداد دانه پر در خوشه، طول خوشه و تعداد خوشه در بوته تأثیر بسیاری در بهبود عملکرد در برنامه های اصلاحی برنج دارد [۱۷]. در تحقیقی دیگر با هدف شناسایی شاخص های بهبود عملکرد برنج نشان داده شد که انتخاب براساس دو صفت زیست توده و طول ساقه، بیشترین اثر را در بهبود عملکرد دانه داشت [۲۰]. همچنین با ارزیابی ۳۲ لاین برنج بیان شد که صفاتی مانند طول دانه، شاخص برداشت و تعداد روز تا رسیدگی، بیشترین اثر مستقیم و مثبت را بر عملکرد دانه دارند [۱۵].

بوته‌های جهش‌یافته که از نظر ریخت‌شناسی، صفات مهم زراعی و سایر صفات‌های هدف از لاین‌های والدینی برتر بودند انتخاب و برای اندازه‌گیری صفت‌ها استفاده شدند. در نهایت پس از رسیدگی بذره‌های خوشه‌های اصلی، بذره‌های ۹۶ بوته جهش‌یافته منتخب، برداشت شده تا جمعیت M_2 را تشکیل دهند. به منظور تهیه خزانه نسل بعد، ۹۶ لاین جهش‌یافته منتخب نسل اول در گلدان‌های پنج لیتری داخل گلخانه در اردیبهشت ۱۳۹۵ کشت شده و روزانه دو مرتبه گلدان‌ها آبیاری شدند. در گلخانه، سه مرحله کود کامل NPK مخصوص برنج به گیاهچه‌ها داده شد. پس از تصادفی کردن محل نشاء لاین‌های جهش‌یافته در واحدهای آزمایشی به تعداد چهار نشاء و هر نشاء شامل سه گیاهچه روی پنج ردیف به طول دو متر و با فاصله ردیف ۲۵ سانتی‌متر براساس تراکم ۱۶ بوته در مترمربع در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دو محیط جداگانه، بدون تنش (غرقاب) و تنش خشکی در سال زراعی ۱۳۹۵ در مزرعه تحقیقاتی مذکور کشت شدند. برای تأمین نیاز کودی لاین‌های جهش‌یافته، کود نیتروژن به میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار، نصف در زمان کاشت و نصف در مرحله پنجه‌دهی و کود فسفر به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار در ابتدای کاشت داده شد. در طول دوره رشد مراقبت‌های زراعی لازم از قبیل وجین علف‌های هرز و سم‌پاشی با علف‌کش بتازون انجام گرفت.

با توجه به اطلاعات هواشناسی سال ۱۳۹۵ منطقه گنبد کاووس (جدول ۱) و نیز با داشتن ۱۵۰-۲۰۰ روز خشک، محل آزمایش جزء مناطق آب و هوایی مدیترانه‌ای گرم و خشک محسوب می‌شود. در این منطقه قسمت اعظم نزولات آسمانی در فصل سرد به وقوع پیوسته و تابستان نسبتاً گرم و خشکی دارد. در این منطقه عمق و تراز سطح آب به ترتیب ۷/۷ و ۳۸/۵ متر است. آبیاری در شرایط بدون

شناسایی صفات مؤثر در افزایش عملکرد دانه برنج در شرایط متفاوت رطوبتی منجر به افزایش عملکرد و توسعه روش‌های به‌زراعی در مناطق کم‌آب مانند اقلیم استان گلستان می‌شود. در این راستا این مطالعه به‌منظور ارزیابی عکس‌العمل لاین‌های جهش‌یافته برنج به تنش خشکی در مرحله زایشی، تعیین روابط بین صفات مختلف مورفولوژیک و نیز ارزیابی اهمیت نسبی و تعیین سهم و برآورد آثار مستقیم و غیرمستقیم هر یک از صفات مورد بررسی در ارتباط با عملکرد دانه تحت شرایط آبیاری مطلوب و تنش رطوبتی در مزرعه انجام گرفت.

۲. مواد و روش‌ها

تلاقی اولیه بین دو رقم برنج اهلمی طارم و سپیدرود در سال ۱۳۸۷ در دانشگاه گنبد کاووس انجام شد [۳ و ۴]. سپس نسل‌های در حال تفرق تا نسل نهم در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه گنبد کاووس توسعه داده شدند. ارقام برنج اهلمی طارم و سپیدرود به ترتیب متحمل و حساس به خشکی در مرحله زایشی رشد بودند [۶]. پرتوتایی با پرتو گاما (۲۵۰ گری) بر روی ۳۰۰ لاین نسل نهم در پژوهشکده کشاورزی هسته‌ای کرج در سال ۱۳۹۴ به‌منظور بهبود تنوع ژنتیکی در تحمل به خشکی صورت پذیرفت. به‌منظور غربال اولیه، لاین‌های والدینی و جهش‌یافته در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه گنبد کاووس، با طول جغرافیایی ۵۳ درجه و ۴۵ دقیقه شرقی، عرض جغرافیایی ۹۶ درجه و ۳۶ دقیقه شمالی با ارتفاع ۵۲ متر از سطح دریا کشت شدند. نشاء کاری ۳۰۰ لاین جهش‌یافته به صورت تک بوته و با فاصله ۲۰×۲۰ سانتی‌متر انجام و در کنار مزرعه M_1 ، لاین‌های والدینی به‌عنوان شاهد، کشت شدند تا امکان مقایسه فنوتیپی برای ارزیابی درصد پدیده جهش در جمعیت میسر شود. در زمان گل‌دهی و رسیدگی

تنش به صورت غرقاب در طول دوره رشد لاین ها انجام شد، اما در محیط تنش آبیاری مزرعه از ۴۰ روز پس از نشاکاری (مرحله حداکثر پنجه زنی) تا انتهای دوره رشد به طور کامل قطع شد [۱۰]. با توجه به منحنی رطوبت خاک متناسب با مزرعه تحقیقاتی در طول دوره آزمایش با فاصله ۵۰، ۶۰، ۷۰، ۸۰ و ۹۰ روز پس از کاشت اقدام به نمونه گیری شده و رطوبت خاک به ترتیب ۳۲، ۲۴، ۱۸، ۸ و ۴ درصد رطوبت وزنی متناسب با ۰/۰۵، ۰/۱۲، ۰/۲۷، ۰/۷۲ و ۱/۱- مگاپاسکال تخمین زده شد (منحنی رطوبت خاک ارائه نشده است). از آنجایی که برنج در مرحله زایشی تنش خشکی حساس است [۲۹]، اعمال تنش پس از مرحله رویشی انجام گرفت.

برای تعیین عملکرد دانه، از هر واحد آزمایشی برداشت انجام و عملکرد دانه با رطوبت ۱۴ درصد در هکتار محاسبه شد. سایر صفات شامل میزان سوختگی برگ و میزان لوله شدن برگ (جدول ۲)، ارتفاع بوته (ارتفاع بلندترین پنجه از ناحیه طوقه در سطح خاک تا نوک خوشه بدون احتساب ریشک برحسب سانتی متر)، تعداد پنجه (میانگین پنجه ده بوته تصادفی از هر لاین)، طول خوشه

(طول ده خوشه اصلی از ده بوته در هر لاین، از گره زیر خوشه تا انتهای خوشه بدون در نظر گرفتن ریشک، برحسب سانتی متر)، طول خروج خوشه از غلاف (خروج خوشه ها از بالای غلاف برگ پرچم تا گره زیر خوشه در زمان رسیدگی)، تعداد خوشه چه (تعداد خوشه چه اولیه از خوشه اصلی ده بوته در هر لاین)، وزن هزار دانه (وزن هزار دانه از خوشه اصلی ده بوته در هر لاین)، تعداد دانه پر (تعداد دانه های پر در خوشه اصلی ده بوته تصادفی از هر لاین بعد از رسیدن کامل دانه ها) و تعداد روز تا گل دهی (تعداد روزهای از کاشت بذر در خزانه تا ۵۰ درصد گل دهی بوته های هر لاین) بر اساس سیستم استاندارد ارزیابی مؤسسه تحقیقات بین المللی برنج اندازه گیری شد [۱۹]. درصد باروری از تقسیم تعداد دانه پر بر تعداد کل دانه ها محاسبه شد [۱۴]. برای اندازه گیری صفات مورد مطالعه، از هر واحد آزمایشی ده بوته به طور تصادفی انتخاب شد. پس از آزمون نرمال بودن (آزمون های چولگی و کشیدگی)، میانگین آن ها تجزیه و تحلیل آماری شد.

جدول ۱. اطلاعات هواشناسی سال ۱۳۹۵ منطقه گنبد کاووس (منبع: اداره کل هواشناسی استان گلستان)

فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور	مهر	
۱۵/۲	۲۲/۱	۲۷	۳۰/۱	۳۰/۳	۲۸	۲۰/۹	میانگین دمای روزانه
۲۱/۳	۲۹/۳	۳۵/۲	۳۷/۲	۳۷/۴	۳۵/۶	۲۸	میانگین دمای حداکثر روزانه
۹/۱	۱۴/۹	۱۸/۸	۲۲/۹	۲۳/۳	۲۰/۳	۱۳/۸	میانگین دمای حداقل روزانه
۷۸	۷۲/۳	۵۶/۷	۵۲	۵۳/۳	۵۴	۶۲/۳	میانگین رطوبت نسبی
۶۵/۱	۲۷/۸	۴۲/۸	۶/۴	۲۲/۵	۱۳/۶	۲۹/۸	میزان بارندگی
۱۷۲/۵	۲۱۷/۸	۲۸۱	۲۸۸/۵	۲۹۳/۷	۲۷۵/۹	۲۰۱/۴	میزان ساعات آفتابی

تعیین بهترین شاخص‌های گزینش در لاین‌های جهش‌یافته برنج در شرایط متفاوت رطوبتی

جدول ۲. کدهای لاینی مربوط به لوله‌شدن و درجه سوختگی برگ برای حساسیت به خشکی

کد	سوختگی برگ	لوله‌شدن برگ
۰	بدون نشانه‌های تنش	سلامت برگ‌ها
۱	خشک‌شدن جزئی نوک برگ	شروع تاشدن برگ‌ها (خفیف)
۳	گسترش یافتن خشکی نوک برگ‌ها تا یک چهارم بیشتر برگ‌های گیاه	در حال تاشدن برگ‌ها (عمیق، شکل V)
۵	خشک‌شدن یک چهارم تا نصف همه برگ‌ها	برگ‌ها به‌طور کامل فنجان مانند شده (شکل U)
۷	بیش از دو سوم همه برگ‌ها کاملاً خشک‌شده	لبه برگ‌ها تحت تأثیر قرار گرفته (شکل O)
۹	مرگ ظاهری همه گیاهان	برگ‌ها به‌صورت محکم لوله‌شده

تعیین آثار مستقیم و غیرمستقیم صفات مؤثر در عملکرد دانه استفاده شد. در تجزیه علیت عملکرد دانه به‌عنوان متغیر وابسته و صفاتی که در رگرسیون چندگانه شناسایی شده بودند، متغیرهای مستقل در نظر گرفته شدند. تمامی محاسبات آماری با نرم‌افزار SAS 9.2 انجام شد.

۳. نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که اختلاف بین دو محیط غرقاب و خشکی برای تمام صفات مورد بررسی جز تعداد خوشه‌چه، در سطح ادرصد معنادار بود. صفت تعداد خوشه‌چه در سطح ۵درصد معنادار شد (جدول ۳). بین لاین‌ها از نظر همه صفات مورد مطالعه تفاوت معنادار در سطح ادرصد وجود داشت (جدول ۳). این مورد بیانگر وجود تنوع ژنتیکی بین لاین‌ها از لحاظ صفات مورد مطالعه است. اثر متقابل لاین در محیط درباره تمامی صفات در سطح احتمال ادرصد تفاوت معناداری را نشان داد (جدول ۳). این موضوع مبین تفاوت روند تغییرات لاین‌ها در دو محیط برای صفات مورد بررسی بود (جدول ۴).

با استفاده از تجزیه واریانس مرکب در دو محیط اثر تنش رطوبتی بر عملکرد و صفات مورفولوژیک و نیز تنوع بین لاین‌های جهش‌یافته بررسی شد. به‌منظور مقایسه واکنش لاین‌های جهش‌یافته در شرایط متفاوت رطوبتی، تفاوت میانگین صفات مورفولوژیک در دو محیط برای هر لاین محاسبه و سپس آماره t مورد آزمون معناداری قرار گرفت. برای بررسی تأثیر تنش خشکی بر صفات مورد ارزیابی، میانگین صفات مورفولوژیک در شرایط متفاوت رطوبتی محاسبه و مورد آزمون حداقل اختلاف معنادار قرار گرفت. برای برآورد تفاوت صفات در شرایط متفاوت رطوبتی، درصد تغییرات صفات با استفاده از فرمول ذیل محاسبه شد:

$$100 \times \frac{\text{تنش} - \text{غرقاب}}{\text{غرقاب}} = \text{درصد تغییرات صفات}$$

در این فرمول X میانگین صفت در شرایط بدون تنش و X میانگین صفت در شرایط تنش است. به‌منظور درک روابط بین صفات مورد بررسی، ضریب همبستگی پیرسون فنوتیپی بین آن‌ها برای لاین‌های جهش‌یافته محاسبه و از رگرسیون چندگانه به روش گام به گام برای تعیین صفاتی که بیشترین تأثیر را در ایجاد تنوع برای عملکرد دانه داشته‌اند استفاده شد. از تجزیه علیت برای

جدول ۳. تجزیه واریانس مرکب صفات مورفولوژیک لاین های جهش یافته برنج

	X_{12}	X_{11}	X_{10}	X_9	X_8	X_7	X_6	X_5	X_4	X_3	X_2	X_1	df	منابع تغییر
	۲۸/۸ ^{***}	۱۴۰/۷ ^{***}	۹۸۳ ^{***}	۱۱۰/۹ ^{***}	۲۲/۶ ^{***}	۱۷۷۳ ^{***}	۸/۸ [°]	۳۵۸/۶ ^{***}	۱۳۰/۴ ^{***}	۳۲۰/۴ ^{***}	۳۵/۳ ^{***}	۴۳/۴ ^{***}	۱	E
	۱/۲	۵۴/۳	۲۹/۴	۳۸/۳	۱/۰/۱	۲۳	۰/۶	۱۲/۲۷	۲/۷	۱۱۲	۱/۰/۲	۱/۷۶	۴	E ₁
	۵۳/۳ ^{***}	۶۶۷ ^{***}	۴۹/۳ ^{***}	۵۷/۱ ^{***}	۲۶/۹ ^{***}	۶۱۸/۸ ^{***}	۱۲/۹ ^{***}	۱۸/۹ ^{***}	۱۱۰/۴ ^{***}	۷۷۰/۹ ^{***}	۱/۴۶ ^{***}	۲/۱۷ ^{***}	۹۵	L
	۴۸ ^{***}	۲۴۳ ^{***}	۳۷/۱ ^{***}	۴۳/۴ ^{***}	۱۱/۲ ^{***}	۲۸۱/۳ ^{***}	۵۰/۴ ^{***}	۱۳/۷ ^{***}	۵۴/۱ ^{***}	۳۷۶/۵ ^{***}	۱/۱۱ ^{***}	۱/۹۲ ^{***}	۹۵	L×E
	۱/۱	۱۲/۱	۴/۷	۸/۵	۰/۹	۱/۸۳	۱/۵۳	۴/۰/۶	۴/۲	۵۷/۶	۰/۱۵	۰/۴۵	۳۸۰	E ₂
	۰/۵	۱/۱	۱۰/۸	۱۰/۲	۷/۷	۱/۲	۱۴	۷/۹	۱/۸	۱/۵	۱۳/۴	۸/۷	۵۷	cv

X_1 : عملکرد دانه، X_2 : وزن هزار دانه، X_3 : تعداد دانه بر، X_4 : تعداد پنجه، X_5 : طول خوشه، X_6 : تعداد خوشه چمه، X_7 : ارتفاع بونه، X_8 : طول خروج خوشه از غلاف، X_9 : میزان سوختگی برگ برچم، X_{10} : میزان لوله شدن برگ برچم، X_{11} : درصد باروری، X_{12} : تعداد روز تا گلدهی، E: محیط، E₁: اشتباه یک (بلوک داخل محیط)، L: لاین، L×E: اشتباه دو (باقی مانده).

***: پدیده مرتب معنادار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد

تعیین بهترین شاخص‌های گزینش در لاین‌های جهش‌یافته برنج در شرایط متفاوت رطوبتی

جدول ۴. مقادیر آماره‌ا صفات مورفولوژیک بین دو محیط فرغاب و خشکی در هر لاین جهش‌یافته برنج

	X_{12}	X_{11}	X_{10}	X_9	X_8	X_7	X_6	X_5	X_4	X_3	X_2	X_1	لاین
	۸ ^{**}	۷/۵ ^{**}	-۲/۲ ^{**}	-۳/۷ ^{**}	۰/۱۷ ^{**}	۶/۵ ^{**}	۰/۱۷ ^{**}	۰/۷۸ ^{**}	۰/۷۸ ^{**}	۹۲ ^{**}	۳/۶ ^{**}	۰/۰۴ ^{**}	۲
	۶/۶ ^{**}	۸/۹۲ ^{**}	-۲/۲۵ ^{**}	-۳/۸۲ ^{**}	۰/۳ ^{**}	۹/۴ ^{**}	۰/۶۸ ^{**}	۳/۵ ^{**}	۳/۰۶ ^{**}	۱۲۷/۱ ^{**}	۴/۲۴ ^{**}	۰/۰۵ ^{**}	۴۰
	۸ ^{**}	۹/۵۹ ^{**}	-۴/۱۳ ^{**}	-۲/۹ ^{**}	۰/۳۸ ^{**}	۱۱/۱ ^{**}	۰/۵۶ ^{**}	۳/۲۳ ^{**}	۳/۷ ^{**}	۱۲۰ ^{**}	۴/۱۲ ^{**}	۰/۰۴ ^{**}	۲۵
	۶/۶ ^{**}	۹/۲۴ ^{**}	-۲ ^{**}	-۲/۵۲ ^{**}	۰/۵۹ ^{**}	۹/۶ ^{**}	۰/۶۶ ^{**}	۲/۵۱ ^{**}	۳/۱۹ ^{**}	۱۲۰ ^{**}	۴ ^{**}	۰/۰۵ ^{**}	۷۸
	۳/۹۲ ^{**}	۹/۲۸ ^{**}	-۳/۱۵ ^{**}	-۴/۶۸ ^{**}	۰/۵۱ ^{**}	۱۱/۳ ^{**}	۰/۵۷ ^{**}	۳/۹ ^{**}	۳/۰۹ ^{**}	۱۲۸ ^{**}	۴/۳۶ ^{**}	۱/۶۳ ^{**}	۳۵
	۸/۴ ^{**}	۷/۳ ^{**}	-۱/۸ ^{**}	-۳/۵ ^{**}	۰/۱۳ ^{**}	۶/۲ ^{**}	۰/۱۶ ^{**}	۰/۶۳ ^{**}	۰/۶۶ ^{**}	۸۹ ^{**}	۳/۵ ^{**}	۱/۶۱ ^{**}	۴۱
	۶/۱۳ ^{**}	۹/۲۲ ^{**}	-۲/۵۵ ^{**}	-۴/۷۲ ^{**}	۰/۵۳ ^{**}	۱۱/۵ ^{**}	۰/۵۵ ^{**}	۳/۱۱ ^{**}	۳/۶۷ ^{**}	۱۵۰ ^{**}	۴/۳ ^{**}	۲/۰۳ ^{**}	۶۲
	۸/۵ ^{**}	۷/۲ ^{**}	-۱/۵ ^{**}	-۳/۳ ^{**}	۰/۱۴ ^{**}	۶ ^{**}	۰/۱۳ ^{**}	۰/۵۱ ^{**}	۰/۵۸ ^{**}	۸۲ ^{**}	۳/۴ ^{**}	۱/۹ ^{**}	۷۳

X_{12} : عملکرد دانه، X_{11} : وزن هزار دانه، X_{10} : تعداد دانه بر، X_9 : تعداد پنجه، X_8 : طول خوشه، X_7 : تعداد خوشه‌چه، X_6 : ارتفاع بوته، X_5 : طول خوشه از غلاف، X_4 : میزان سوسنکی برگ پرچم، X_{11} : میزان لرزشیدن برگ پرچم، X_{12} : درصد پاروئی، X_{10} : تعداد روز تا گلدهی درصد پاروئی، به ترتیب غیرمستاد و مستاد در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد.

رطوبتی لاین‌های شماره ۴۵، ۲، ۴۰ و ۷۸ به ترتیب، متحمل‌ترین و لاین‌های شماره ۶۲، ۷۳، ۳۵ و ۴۱ حساس‌ترین لاین‌های جهش‌یافته شناخته شدند (جدول ۴). دربارهٔ دیگر صفات مورفولوژیک نیز در بیشتر موارد آماره t معنادار بود. این موضوع به دلیل اثر تنش خشکی در کاهش ارزش صفات ایجاد شده است. به عبارت دیگر معناداری آماره t به منزلهٔ اثرگذاری تنش خشکی بر صفات مورفولوژیک مورد مطالعه بود. تنش خشکی بر روی صفات اندازه‌گیری شده جز میزان سوختگی برگ پرچم و میزان لوله شدن برگ پرچم، اثر کاهشی داشت. دربارهٔ دو صفت مذکور تنش خشکی اثر افزایش را نشان داد (جدول ۴). در بین تمامی صفات مورد مطالعه در شرایط متفاوت رطوبتی، تغییرات میزان سوختگی و میزان لوله شدن برگ پرچم منفی و تغییرات، بقیه صفات مثبت بود (جدول ۵).

نتایج آزمون t نشان داد که اختلاف عملکرد دانه لاین‌های حساس به تنش خشکی در دو محیط غرقاب و خشکی در سطح احتمال ۱ درصد معنادار بوده، اما دربارهٔ لاین‌های متحمل تفاوت معناداری وجود نداشت (جدول ۴). مورد اخیر نشان‌دهندهٔ پایداری لاین‌های متحمل در شرایط متفاوت رطوبتی است. در مناطق نیمه خشک که بارندگی مناسب نیست، پایداری عملکرد لاین‌ها (مقایسهٔ میزان عملکرد در شرایط تنش و عدم تنش) به عنوان معیار مناسبی برای ارزیابی تحمل خشکی پذیرفته شده است [۲۵]. از این رو لاین‌هایی که کمترین افت عملکرد را در شرایط تنش خشکی دارند، دارای ژن‌های تحمل به خشکی بوده که می‌توان از طریق روش‌های اصلاحی نسبت به انتقال ژن‌های مذکور به ارقام پر محصول زراعی اقدام کرد. لذا براساس پایداری عملکرد دانه لاین‌ها در شرایط متفاوت

جدول ۵. مقایسهٔ میانگین و درصد کاهش صفات مورفولوژیک ۹۶ لاین جهش‌یافتهٔ برنج در شرایط متفاوت رطوبتی

صفات	غرقاب	تنش خشکی	درصد تغییرات صفات
عملکرد دانه	۴/۲۸ ^a	۳/۶۱ ^b	۱۵/۵۷
وزن هزار دانه	۲۶/۱ ^a	۲۲/۲ ^b	۱۴/۹
تعداد دانه پر	۷۰۹/۶ ^a	۵۸۳/۱ ^b	۱۷/۸
تعداد پنجه	۱۸/۲ ^a	۱۵/۱۷ ^b	۱۶/۶
طول خوشه	۲۵/۴ ^a	۲۲/۷ ^b	۱۰/۶۳
تعداد خوشه‌چه	۹/۲ ^a	۸/۷ ^b	۵/۴۳
ارتفاع بوته	۱۰۴/۴۲ ^a	۹۵/۳ ^b	۸/۷۳
طول خروج خوشه از غلاف	۷/۱ ^a	۶/۷ ^b	۵/۶۳
میزان سوختگی برگ پرچم	۲/۸ ^b	۷/۱۵ ^a	-۱۵۵/۳۶
میزان لوله شدن برگ پرچم	۳ ^b	۶/۲۱ ^a	-۱۰۷
درصد باروری	۶۸/۳ ^a	۵۹/۶ ^b	۱۲/۷۴
تعداد روز تا گل‌دهی	۹۸/۱ ^a	۹۱/۹۳ ^b	۶/۲۹

در هر ردیف میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک نیستند (براساس آزمون LSD) در سطح ۵ درصد تفاوت معناداری دارند.

ضرایب همبستگی بین صفات برای هر دو شرایط رطوبتی در جدول ۶ آورده شده است. در هر یک از شرایط متفاوت رطوبتی عملکرد دانه با وزن هزار دانه، تعداد دانه پر، تعداد پنجه، درصد باروری همبستگی مثبت و معنادار در سطح ادرصد داشت. از آنجایی که صفات مذکور همبستگی بسیاری با عملکرد دانه در هر دو محیط داشتند، گزینش بر مبنای این صفات در افزایش و بهبود عملکرد دانه مفید خواهد بود.

ارتفاع بوته با عملکرد دانه در هر دو شرایط رطوبتی، همبستگی معنادار و منفی در سطح ادرصد داشت. این موضوع به دلیل مشکل خوابیدگی لاین‌ها قابل درک است. از آنجایی که لاین‌های پابلند، پتانسیل خوابیدگی بالایی دارند، بخش فراوانی از عملکرد آن‌ها برداشت‌شدنی نیست. لذا لاین‌های پاکوتاه عملکرد بالاتری داشتند. صفت تعداد روز تا گل‌دهی با عملکرد دانه در شرایط غرقاب و تنش خشکی به ترتیب همبستگی مثبت و منفی در سطح ادرصد نشان داد. در شرایط غرقاب لاین‌های دیررس فرصت بیشتری برای رشد رویشی و افزایش حجم کانوبی داشته و لذا لاین‌های دیررس سطح برگ و کلروفیل بیشتری تولید کرده و پتانسیل تولید دانه بالاتری داشتند. در شرایط تنش خشکی لاین‌های زودرس با فرار از تنش آخر فصل رشد محصولی قابل قبول را تولید می‌کنند. این لاین‌ها با سطح برگ کمتر و شاخص سطح برگ کوچکتر به طور نسبی نیاز آبی کمتری برای رشد دارند. مورد اخیر با نتایج تفاوت میانگین صفت تعداد روز تا گل‌دهی در لاین‌های متحمل و حساس در شرایط متفاوت رطوبتی (جدول ۵) همخوانی دارد. به عبارت دیگر لاین‌های متحمل به تنش در شرایط غرقاب دیررس و در شرایط اعمال تنش خشکی با زودرسی قابل توجه پتانسیل عملکرد دانه را حفظ می‌کنند. همبستگی عملکرد دانه با میزان سوختگی و لوله‌شدن برگ پرچم منفی و معنادار در سطح ادرصد در شرایط متفاوت رطوبتی بود.

درصد تغییرات هر صفت، نشان‌دهنده درجه حساسیت آن صفت نسبت به شرایط تنش خشکی است. مثبت بودن درصد تغییر صفت به معنی افت میزان آن صفت و منفی بودن آن به منزله افزایش میزان آن صفت در محیط تنش خواهد بود. درصد کاهش میانگین صفات نشان داد که میزان آسیب ناشی از تنش خشکی بر عملکرد دانه (۱۵/۵۷ درصد) بود (جدول ۵). با در نظر گرفتن درصد تغییرات صفات می‌توان چنین استنباط کرد که این آسیب ناشی از کاهش تعداد دانه پر (۱۷/۸ درصد)، تعداد پنجه (۱۶/۶ درصد)، وزن هزار دانه (۱۴/۹ درصد)، درصد باروری (۱۲/۷۴ درصد)، طول خوشه (۱۰/۶۳ درصد)، ارتفاع بوته (۸/۷۳ درصد) و تعداد روز تا گل‌دهی (۶/۲۹ درصد) و افزایش میزان سوختگی برگ پرچم (۱۵۵/۳۶ درصد) و میزان لوله شدن برگ پرچم (۱۰۷ درصد) است. کاهش عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی به ترتیب به علت کاهش تعداد دانه پر، تعداد پنجه، وزن هزار دانه، درصد باروری، طول خوشه، ارتفاع بوته، تعداد روز تا گل‌دهی، طول خروج خوشه از غلاف و تعداد خوشه چه و افزایش میزان سوختگی و لوله شدن برگ پرچم بود. از آنجایی که بیشترین آسیب ناشی از تنش خشکی مربوط به تعداد دانه پر، تعداد پنجه و وزن هزار دانه بود، لذا دلیل اصلی کاهش عملکرد دانه متأثر از کاهش شدید اجزای عملکرد است. در این پژوهش اثر تنش خشکی، باعث کاهش بیشتر تعداد دانه پر در مقایسه با وزن هزار دانه شد که نشان دهنده این است که تنش خشکی در مرحله زایشی تأثیر بیشتری بر عملکرد دانه دارد، چون در اثر تنش خشکی در مرحله زایشی سطح سبز برگ و دوام آن کاهش یافته و متعاقب آن تولید مواد فتوسنتزی و افزایش رقابت درون بوته ای تعداد پنجه و در نتیجه تعداد دانه پر کمتری تولید می‌شود. کاهش وزن هزار دانه لاین‌های جهش یافته در اثر تنش خشکی را می‌توان به علت عدم تأمین مواد فتوسنتزی مورد تقاضای دانه‌ها تحت این شرایط دانست.

جدول ۶. ضرایب همبستگی فنوتیپی بین صفات مورفولوژیک برنج در شرایط غرقاب (پایین قطر) و تنش خشکی (بالای قطر)

صفات	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀	X ₁₁	X ₁₂
X ₁	۱	۰/۸ ^{۰۰}	۰/۳۲ ^{۰۰}	۰/۳۷ ^{۰۰}	۰/۱۳ ^{۰۰}	-۰/۰۱ ^{۰۵}	-۰/۰۷ ^{۰۰}	-۰/۰۱ ^{۰۰}	-۰/۰۴ ^{۰۰}	-۰/۰۶ ^{۰۰}	۰/۳۶ ^{۰۰}	-۰/۰۷ ^{۰۰}
X ₂	۰/۸ ^{۰۰}	۱	۰/۴۶ ^{۰۰}	۰/۲۱ ^{۰۰}	۰/۳۳ ^{۰۵}	۰/۰۳ ^{۰۵}	-۰/۰۶ ^{۰۰}	-۰/۰۹ ^{۰۵}	-۰/۰۳ ^{۰۰}	-۰/۰۵ ^{۰۰}	۰/۵۲ ^{۰۰}	-۰/۰۵ ^{۰۰}
X ₃	۰/۴۶ ^{۰۰}	۰/۶۲ ^{۰۰}	۱	-۰/۰۶ ^{۰۵}	۰/۰۹ ^{۰۵}	۰/۱۵ ^{۰۰}	-۰/۰۳ ^{۰۰}	-۰/۰۱ ^{۰۵}	-۰/۰۱ ^{۰۵}	-۰/۰۳ ^{۰۰}	۰/۸۶ ^{۰۰}	-۰/۰۲ ^{۰۰}
X ₄	۰/۱۷ ^{۰۰}	۰/۳۳ ^{۰۵}	-۰/۰۸ ^{۰۰}	۱	۰/۰۱ ^{۰۵}	-۰/۰۲ ^{۰۰}	-۰/۰۲ ^{۰۰}	-۰/۰۸ ^{۰۰}	-۰/۰۲ ^{۰۰}	-۰/۰۲ ^{۰۰}	۰/۰۵ ^{۰۰}	-۰/۰۵ ^{۰۰}
X ₅	۰/۱۵ ^{۰۰}	۰/۴۳ ^{۰۵}	-۰/۰۴ ^{۰۵}	-۰/۰۸ ^{۰۰}	۱	۰/۱۸ ^{۰۰}	-۰/۰۹ ^{۰۵}	۰/۱۶ ^{۰۰}	-۰/۰۱ ^{۰۵}	-۰/۰۵ ^{۰۰}	-۰/۰۲ ^{۰۵}	-۰/۰۷ ^{۰۰}
X ₆	۰/۲۳ ^{۰۰}	۰/۲۰ ^{۰۰}	۰/۲۱ ^{۰۰}	-۰/۰۱ ^{۰۰}	۰/۲۷ ^{۰۰}	۱	-۰/۰۱ ^{۰۰}	-۰/۰۵ ^{۰۵}	۰/۰۳ ^{۰۵}	۰/۰۱ ^{۰۵}	-۰/۰۲ ^{۰۵}	۰/۰۹ ^{۰۵}
X ₇	-۰/۰۶ ^{۰۰}	-۰/۰۵ ^{۰۰}	-۰/۰۴ ^{۰۰}	-۰/۰۱ ^{۰۰}	-۰/۰۸ ^{۰۵}	-۰/۰۲ ^{۰۰}	۱	۰/۱۲ ^{۰۰}	۰/۲۵ ^{۰۰}	۰/۰۶ ^{۰۰}	-۰/۰۳ ^{۰۰}	۰/۰۶ ^{۰۰}
X ₈	-۰/۰۱ ^{۰۵}	-۰/۰۵ ^{۰۵}	۰/۱۴ ^{۰۰}	-۰/۰۳ ^{۰۰}	۰/۲۵ ^{۰۰}	۰/۰۳ ^{۰۵}	۰/۲۱ ^{۰۰}	۱	۰/۱۶ ^{۰۰}	۰/۱۶ ^{۰۰}	۰/۰۷ ^{۰۵}	۰/۰۵ ^{۰۰}
X ₉	-۰/۰۵ ^{۰۰}	-۰/۰۴ ^{۰۰}	-۰/۰۳ ^{۰۰}	-۰/۰۱ ^{۰۵}	-۰/۰۲ ^{۰۵}	-۰/۰۱ ^{۰۰}	۰/۰۶ ^{۰۰}	۰/۰۷ ^{۰۵}	۱	۰/۵۲ ^{۰۰}	-۰/۰۱ ^{۰۰}	۰/۰۵ ^{۰۰}
X ₁₀	-۰/۰۵ ^{۰۰}	-۰/۰۵ ^{۰۰}	-۰/۰۴ ^{۰۰}	۰/۱۵ ^{۰۰}	-۰/۰۲ ^{۰۵}	-۰/۰۱ ^{۰۰}	۰/۰۶ ^{۰۰}	۰/۰۳ ^{۰۵}	۰/۵۲ ^{۰۰}	۱	-۰/۰۳ ^{۰۰}	-۰/۰۶ ^{۰۰}
X ₁₁	۰/۳۴ ^{۰۰}	۰/۵۵ ^{۰۰}	۰/۸۸ ^{۰۰}	-۰/۰۱ ^{۰۰}	-۰/۰۱ ^{۰۵}	۰/۰۶ ^{۰۵}	-۰/۰۲ ^{۰۰}	۰/۱۵ ^{۰۰}	-۰/۰۳ ^{۰۰}	-۰/۰۳ ^{۰۰}	۱	-۰/۰۳ ^{۰۰}
X ₁₂	۰/۴۰ ^{۰۰}	۰/۲۷ ^{۰۰}	۰/۲۷ ^{۰۰}	۰/۰۱ ^{۰۵}	۰/۰۱ ^{۰۵}	۰/۱۳ ^{۰۰}	-۰/۰۴ ^{۰۰}	-۰/۰۹ ^{۰۵}	-۰/۰۲ ^{۰۰}	-۰/۰۲ ^{۰۰}	۰/۱۲ ^{۰۰}	۱

X₁: عملکرد فانه، X₂: وزن هزار دانه، X₃: تعداد دانه بر، X₄: تعداد پنجه، X₅: طول خوشه، X₆: تعداد خوشه‌چه، X₇: ارتفاع بونه، X₈: طول خروج خوشه از غلاف، X₉: میزان سوختگی برگ برچم، X₁₀: میزان لوله‌شدن برگ

برچم، X₁₁: درصد باروری، X₁₂: تعداد روز تا گلدهی

به ترتیب غیرممتداز و ممتداز در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد.

تعیین بهترین شاخص‌های گزینش در لاین‌های جهش‌یافته برنج در شرایط متفاوت رطوبتی

معناداری وجود دارد [۵]. در پژوهشی گزارش شد که در شرایط غرقاب و تنش خشکی عملکرد دانه با تعداد دانه پر و تعداد پنجه همبستگی مثبت و معناداری دارد [۱۰]. پژوهش‌های مذکور نتایج تحقیق حاضر را تأیید می‌کنند. نتایج رگرسیون مرحله‌ای نشان داد که در شرایط غرقاب (جدول ۷) به ترتیب صفات وزن هزار دانه، ارتفاع بوته، تعداد دانه پر، تعداد روز تا گل‌دهی، میزان لوله‌شدن برگ پرچم، تعداد پنجه و طول خوشه و در شرایط خشکی (جدول ۸) به ترتیب صفات وزن هزار دانه، تعداد روز تا گل‌دهی، ارتفاع بوته، درصد باروری، طول خوشه، میزان سوختگی برگ پرچم و تعداد پنجه به‌عنوان خصوصیات مهم و تأثیرگذار بر عملکرد دانه وارد مدل نهایی رگرسیون چند متغیره شدند.

عملکرد صفتی پیچیده است، که صفات و عوامل بسیاری در تعیین آن نقش دارند. گاهی بین صفات نامطلوب همبستگی دیده می‌شود. در این شرایط می‌توان با انجام چندین تلاقی برگشتی و گزینش در هر نسل برای حذف ژن‌های نامطلوب بهره برد. در صورتی که صفات مطلوب با هم همبستگی و همچنین پیوستگی ژنی داشته باشند می‌توان برنامه‌های اصلاحی را به منظور هر می‌کردن ژن‌های مذکور پایه‌ریزی کرد. در مطالعه‌ای نشان داده شد که همبستگی عملکرد با تعداد پنجه معنادار و مثبت بود، از طرفی همبستگی وزن هزار دانه با ارتفاع معنادار و منفی بود [۲].

محققان با بررسی صفات برنج تأیید کردند بین عملکرد دانه با تعداد دانه پر و تعداد خوشه همبستگی مثبت و

جدول ۷. نتایج رگرسیون مرحله‌ای برای عملکرد دانه به‌عنوان متغیر وابسته و سایر صفات به‌عنوان متغیر مستقل در شرایط غرقاب

در برنج

F	ضریب تیین	خطای معیار	ضرایب رگرسیون برای صفات							عرض از مبدأ	مرحله صفت		
			X ₇	X ₆	X ₅	X ₄	X ₃	X ₂	X ₁				
۵۰۱/۸۹**	۰/۶۳۷	۰/۰۳	—	—	—	—	—	—	۰/۰۷	۲/۴	X ₁	۱	
۷۷/۳۲**	۰/۷۱۵	۰/۰۰۲	—	—	—	—	—	—	-۰/۰۱	۰/۰۵	۴/۱۹	X ₂	۲
۱۴/۸۲**	۰/۷۲۹	۰/۰۰۲	—	—	—	—	—	-۰/۰۱	-۰/۰۲	۰/۰۶	۴/۱۸	X ₃	۳
۱۰/۷۱**	۰/۷۳۹	۰/۰۰۵	—	—	—	۰/۰۱	-۰/۰۱	-۰/۰۱	۰/۰۶	۲/۵۲	X ₄	۴	
۹/۱۷**	۰/۷۴۷	۰/۰۲	—	—	-۰/۰۶	۰/۰۲	-۰/۰۱	-۰/۰۱	۰/۰۶	۲/۵	X ₅	۵	
۶/۹۱**	۰/۷۵۳	۰/۰۰۳	—	۰/۰۱	-۰/۰۶	۰/۰۲	-۰/۰۱	-۰/۰۱	۰/۰۶	۲/۲۱	X ₆	۶	
۴/۵۴*	۰/۷۵۷	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	-۰/۰۶	۰/۰۲	-۰/۰۱	-۰/۰۱	۰/۰۶	۱/۷۷	X ₇	۷	

$$Y=1.77+0.06(X_1)-0.01(X_2)-0.01(X_3)+0.02(X_4)-0.06(X_5)+0.01(X_6)+0.01(X_7)$$

X₁: وزن هزار دانه، X₂: ارتفاع بوته، X₃: تعداد دانه پر، X₄: تعداد روز تا گل‌دهی، X₅: میزان لوله‌شدن برگ پرچم، X₆: تعداد پنجه، X₇: طول خوشه

* و **: به ترتیب معنادار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد

جدول ۸. نتایج رگرسیون مرحله‌ای برای عملکرد دانه به‌عنوان متغیر وابسته و سایر صفات به‌عنوان متغیر مستقل در شرایط خشکی در برنج

F	ضریب تبیین	خطای معیار	ضرایب رگرسیون برای صفات							عرض از مبدا	صفت	مرحله
			X ₇	X ₆	X ₅	X ₄	X ₃	X ₂	X ₁			
۵۲۴ ^{**}	۰/۶۴۷	۰/۰۳	—	—	—	—	—	—	۰/۰۸	۱/۹۶	X ₁	۱
۱۷۵ ^{**}	۰/۷۸۱	۰/۰۰۳	—	—	—	—	—	-۰/۰۵	۰/۰۵	۶/۹۱	X ₂	۲
۴۴/۶ ^{**}	۰/۸۱۱	۰/۰۰۲	—	—	—	—	-۰/۰۱	-۰/۰۳	۰/۰۴	۷/۲۶	X ₃	۳
۱۴/۹ ^{**}	۰/۸۲	۰/۰۰۲	—	—	—	-۰/۰۱	-۰/۰۱	-۰/۰۳	۰/۰۵	۷/۲۱	X ₄	۴
۶/۶ [*]	۰/۸۲۴	۰/۰۰۵	—	—	۰/۰۱	-۰/۰۱	-۰/۰۱	-۰/۰۳	۰/۰۵	۶/۸۵	X ₅	۵
۴/۳۸ [*]	۰/۸۲۷	۰/۰۲	—	-۰/۰۳	۰/۰۱	-۰/۰۱	-۰/۰۱	-۰/۰۳	۰/۰۵	۶/۸۵	X ₆	۶
۳/۰۷ ^{ns}	۰/۸۲۹	۰/۰۰۳	۰/۰۰۵	-۰/۰۳	۰/۰۱	-۰/۰۱	-۰/۰۱	-۰/۰۳	۰/۰۵	۶/۴۷	X ₇	۷

$$Y=6.47+0.05(X_1)-0.03(X_2)-0.01(X_3)-0.01(X_4)+0.01(X_5)-0.03(X_6)+0.005(X_7)$$

X₁: وزن هزار دانه، X₂: تعداد روز تا گل دهی، X₃: ارتفاع بوته، X₄: درصد باروری، X₅: طول خوشه، X₆: میزان سوختگی برگ پرچم، X₇: تعداد پنجه ، ns و ** به ترتیب غیرمعنادار و معنادار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد

رگرسیون مرحله‌ای برای عملکرد در شرایط غرقاب و تنش خشکی صفات عملکرد کاه و کلش و شاخص برداشت وارد مدل شدند [۱۰].

برای تعیین شاخص های گزینش، بایستی آثار مستقیم و غیرمستقیم صفات مؤثر بر عملکرد دانه مشخص شود. با استفاده از تجزیه علیت در شرایط غرقاب (جدول ۹) و در شرایط خشکی (جدول ۱۰) آثار مستقیم و غیرمستقیم صفات مؤثر بر عملکرد دانه شناسایی شد. با توجه به این نتایج مشخص شد که بیشترین آثار مستقیم مثبت در شرایط غرقاب مربوط به وزن هزار دانه و تعداد روز تا گل دهی بود. بیشترین اثر غیرمستقیم مثبت در شرایط غرقاب را تعداد دانه پر از طریق وزن هزار دانه اعمال کرد. بیشترین اثر مستقیم منفی مربوط به ارتفاع بوته بود. بیشترین اثر غیرمستقیم منفی را نیز ارتفاع بوته از طریق وزن هزار دانه داشت. در شرایط تنش خشکی بیشترین آثار مستقیم مثبت، مربوط به وزن هزار دانه و طول خوشه بود. بیشترین اثر

صفات وزن هزار دانه، ارتفاع بوته، تعداد دانه پر، تعداد روز تا گل دهی، میزان لوله شدن برگ پرچم و تعداد پنجه در شرایط غرقاب و صفات وزن هزار دانه، تعداد روز تا گل دهی، ارتفاع بوته و درصد باروری در شرایط تنش خشکی به ترتیب با ضریب تبیین ۷۵/۳ درصد و ۸۲ درصد عملکرد دانه را توجیه کردند. با توجه به ضرایب رگرسیون به دست آمده مشخص شد که در شرایط آبیاری مطلوب لاین های پاکوتاه و دیررس با پتانسیل بالای کانوپی منجر به افزایش عملکرد دانه شده و در شرایط تنش خشکی نیز هر عاملی که موجب فرار از تنش آخر فصل رشد شود، عملکرد دانه را افزایش خواهد داد. مدل نهایی رگرسیون خطی چندگانه با هفت متغیر مستقل در شرایط غرقاب و خشکی در پایین جداول ۷ و ۸ آورده شده است. در مطالعه‌ای محققان بیان داشتند در تجزیه رگرسیون عملکرد دانه، صفات تعداد خوشه، تعداد دانه و زیست توده وارد مدل نهایی شدند [۵]. در تحقیقی مشخص شد که در

تعیین بهترین شاخص‌های گزینش در لاین‌های جهش‌یافته برنج در شرایط متفاوت رطوبتی

غیرمستقیم مثبت را درصد باروری از طریق وزن هزار دانه داشت. بیشترین اثر مستقیم منفی را تعداد روز تا گل‌دهی به خود اختصاص داد. بیشترین اثر غیرمستقیم منفی را ارتفاع بوته از طریق وزن هزار دانه داشت. تعداد دانه پر و درصد باروری به ترتیب در شرایط غرقاب و تنش خشکی آثار مستقیم منفی را دارا بودند. با توجه به اینکه همبستگی ساده این دو صفت با عملکرد دانه مثبت است، می‌توان نتیجه گرفت که عوامل غیرمستقیم باعث همبستگی شده است و باید مجموع عوامل تأثیرگذار را به‌طور هم‌زمان

مد نظر قرار داد و شرایطی را ایجاد کرد تا آثار مستقیم حداکثر شوند. بنابراین گزینش این صفات می‌تواند به افزایش عملکرد و تولید ارقامی با عملکرد دانه در واحد سطح بیشتری بیانجامد. البته این امر با توجه به نقش جبرانی این اجزا تا زمانی که تعادل بین منبع و مخزن برقرار باشد، امکان‌پذیر است. پژوهشگران با تجزیه علیت عملکرد دانه برنج بیان کردند که در شرایط نرمال صفات زیست توده، تعداد روز تا گل‌دهی و ارتفاع بوته بیشترین نقش را دارند [7].

جدول ۹. آثار مستقیم (خط نشان) و غیرمستقیم صفات مورد مطالعه بر عملکرد دانه در شرایط غرقاب در برنج

صفات	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	ضریب همبستگی با عملکرد دانه
X ₁	۰/۶۶۳	۰/۱۲۲	-۰/۰۸۴	۰/۰۳۳	۰/۰۵۹	۰/۰۰۳	۰/۰۰۳	۰/۸**
X ₂	-۰/۳۶۵	-۰/۲۲۱	۰/۰۵۵	-۰/۰۵۵	-۰/۰۶۷	-۰/۰۱۳	-۰/۰۰۵	-۰/۶۷**
X ₃	۰/۴۱۱	۰/۰۹۱	-۰/۱۳۵	۰/۰۳۳	۰/۰۴۶	-۰/۰۱۸	-۰/۰۰۳	۰/۴۲**
X ₄	۰/۱۷۹	۰/۰۹۹	-۰/۰۳۶	۰/۱۲۳	۰/۰۲۸	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۱	۰/۴**
X ₅	-۰/۳۵۱	-۰/۱۳۳	۰/۰۵۵	-۰/۰۳۱	-۰/۱۱۲	-۰/۰۱	-۰/۰۰۱	-۰/۵۸**
X ₆	۰/۰۲	۰/۰۲۹	۰/۰۲۴	۰/۰۰۰۱	۰/۰۱۱	۰/۰۹۸	-۰/۰۱۲	۰/۱۷**
X ₇	۰/۰۲۷	۰/۰۱۸	۰/۰۰۵	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲	-۰/۰۱۸	۰/۰۶۵	۰/۱ ^{ns}

X₁: وزن هزار دانه، X₂: ارتفاع بوته، X₃: تعداد دانه پر، X₄: تعداد روز تا گل‌دهی، X₅: میزان لوله‌شدن برگ پرچم، X₆: تعداد پنجه، X₇: طول خوشه

ns و **: به ترتیب غیرمعنادار و معنادار در سطح احتمال ادرصد

جدول ۱۰. آثار مستقیم (خط نشان) و غیرمستقیم صفات مورد مطالعه بر عملکرد دانه در شرایط خشکی در برنج

صفات	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	ضریب همبستگی با عملکرد دانه
X ₁	۰/۵۱۴	۰/۱۵۳	۰/۱۶	-۰/۰۵۷	۰/۰۰۲	۰/۲	۰/۰۱۱	۰/۸**
X ₂	-۰/۲۸۸	-۰/۲۷۴	-۰/۹۰۴	۰/۰۳۲	-۰/۰۰۴	-۰/۰۳	-۰/۰۲۵	-۰/۷۶**
X ₃	-۰/۳۲۴	-۰/۱۷۸	-۰/۲۵۴	۰/۰۳۹	-۰/۰۰۶	-۰/۰۲۱	-۰/۰۱۳	-۰/۷۶**
X ₄	۰/۲۷۸	۰/۰۸۲	۰/۰۹۴	-۰/۱۰۵	-۰/۰۰۱	۰/۰۰۸	۰/۰۰۳	۰/۳۶**
X ₅	۰/۰۱۵	۰/۰۱۹	۰/۰۲۳	۰/۰۰۲	۰/۰۶۳	۰/۰۰۶	۰/۰۰۰۲	۰/۱۳*
X ₆	-۰/۱۷۵	-۰/۱۳۷	-۰/۰۸۹	۰/۰۱۵	-۰/۰۰۶	-۰/۰۰۶	-۰/۰۱۲	-۰/۴۶**
X ₇	۰/۱۰۸	۰/۱۳۷	۰/۰۶۶	-۰/۰۰۵	۰/۰۰۰۲	۰/۰۱۴	۰/۰۰۵	۰/۳۷**

X₁: وزن هزار دانه، X₂: تعداد روز تا گل‌دهی، X₃: ارتفاع بوته، X₄: درصد باروری، X₅: طول خوشه، X₆: میزان سوختگی برگ پرچم، X₇: تعداد پنجه

* و **: به ترتیب معنادار در سطح احتمال ۵درصد و ۱درصد

در مطالعه‌ای دیگر با استفاده از تجزیه علیت اجزای عملکرد بر عملکرد دانه نشان داده شد که در هر یک از شرایط متفاوت رطوبتی، تعداد دانه پر به دلیل اثر مستقیم، مثبت و بالا و تعداد پنجه بارور به دلیل اثر غیرمستقیم از طریق تعداد دانه پر می‌تواند به‌عنوان مهمترین صفات برای افزایش عملکرد دانه، کانون توجه قرار گیرد [۱۰].

۴. نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که بین منابع گیاهی پژوهش حاضر، تنوع زیادی از نظر تحمل به تنش خشکی وجود داشت. اختلاف بین دو محیط غرقاب و خشکی نشان داد که شرایط خشکی بر صفات اندازه‌گیری شده به‌جز میزان سوختگی برگ پرچم و میزان لوله‌شدن برگ پرچم، اثر کاهشی داشت. بررسی درصد کاهش میانگین صفات در اثر تنش خشکی نشان داد که بیشترین آسیب ناشی از تنش خشکی به دلیل کاهش تعداد دانه پر، تعداد پنجه و وزن هزار دانه بود. در شرایط غرقاب وزن هزار دانه به دلیل اثر مستقیم مثبت و بالا و اثر غیرمستقیم تعداد دانه پر و ارتفاع بوته از طریق این صفت، پس از این صفت، تعداد دانه پر به علت اثر غیرمستقیم بالا از طریق وزن هزار دانه بر عملکرد دانه به‌عنوان صفتی ثانوی برای افزایش عملکرد دانه شناسایی شد. با توجه به اثر مستقیم و مثبت بالای تعداد روز تا گل‌دهی در شرایط غرقاب به‌عنوان سومین صفت مهم در افزایش عملکرد دانه شناخته شد. ارتفاع بوته نیز به دلیل آثار مستقیم و غیرمستقیم منفی بالا، به‌عنوان چهارمین شاخص مهم در افزایش عملکرد در شرایط غرقاب شناسایی شد. برای افزایش عملکرد دانه در شرایط غرقاب لازم است از ارقام دیررس و پاکوتاهی استفاده کرد که وزن هزار دانه و تعداد دانه پر بالایی داشته باشند. در شرایط تنش خشکی نیز وزن هزار دانه به دلیل اثر

مستقیم و بالا و اثر غیرمستقیم درصد باروری و ارتفاع بوته از طریق صفت مذکور، می‌تواند به‌عنوان مهمترین صفت برای افزایش عملکرد دانه توصیه شود. بعد از وزن هزار دانه، درصد باروری به علت اثر غیرمستقیم بالا از طریق وزن هزار دانه بر عملکرد دانه، دومین شاخص و ارتفاع بوته، سومین شاخص انتخاب شد. دلیل این امر نقش بالای غیرمستقیم آن در وزن هزار دانه بود. چهارمین شاخص پیشنهادی صفت تعداد روز تا گل‌دهی به دلیل نقش مستقیم بالای آن در عملکرد دانه بود. در شرایط تنش خشکی استفاده از ارقام زودرس پاکوتاه با قابلیت باروری چشمگیر و نیز دارای پتانسیل بالای عملکرد توصیه می‌شود. در شرایط متفاوت رطوبتی، شاخص‌های پیشنهادی در پاره‌ای موارد بیشتر تابع زمینه ژنتیکی بوده و در برخی موارد تأثیر بیشتری از محیط می‌گیرند. پیشنهاد می‌شود از طریق اصلاح نباتات، ارقامی با ویژگی‌های مذکور، تولید و معرفی شود. از طرفی برخی ویژگی‌ها نیز از طریق روش‌های به‌زراعی قابل تقویت و ارتقا است.

منابع

۱. جهانی م، نعمت زاده ق ع و محمدی نژاد ق (۱۳۹۵) ارزیابی تنوع ژنتیکی با استفاده از ویژگی‌های زراعی در ارقام مختلف برنج. تولید گیاهان زراعی. ۹(۱): ۱۸۱-۱۹۸.
۲. زینلی نژاد خ، میرلوحی آ، نعمت زاده ق و رضایی ع (۱۳۸۲) تنوع ژنتیکی بخشی از ذخایر توارثی برنج ایران (*Oriza sativa* L.) بر اساس صفات مورفولوژیک. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. ۷(۴): ۱۹۹-۲۱۳.
۳. صبوری ح، بیابانی ع، فخرزری مقدم ع، کاتوزی م و عبادی ع (۱۳۸۷) تجزیه ژنتیکی صفات زراعی و

۱۱. وزارت جهاد کشاورزی، معاونت برنامه ریزی و امور اقتصادی، مرکز فناوری اطلاعات و ارتباطات. آمارنامه کشاورزی جلد اول- محصولات زراعی، سال زراعی ۹۵-۱۳۹۴.
12. Ahloowalia BS and Maluszynski M (2001) Induced mutations- A new paradigm in plant breeding. *Euphytica*. 118(2): 167-173.
13. Ahloowalia BS, Maluszynski M and Nichterlein K (2004) Global impact of mutation-derived varieties. *Euphytica*. 135(2): 187-204.
14. De Datta SK, Malabuyoc JA and Aragon EL (1988) A field screening technique for evaluating rice germplasm for drought tolerance during vegetative stage. *Field Crops Research*. 19: 123-124.
15. Dhurai SY, Reddy DM and Ravi S (2016) Correlation correlation and path analysis for yield and quality characters in rice (*Oriza sativa* L.). *Rice Genomics and Genetics*. 7(4): 1-6.
16. Dubey AK, Yadav JR and Singh B (2007) Studies on induced mutations by gamma irradiation in okra (*Abelmoschus esculentus* L.). *Progressive Agriculture*. 7(1.2): 46-48.
17. Eidi Kohnaki M, Kiani Gh and Nematzadeh Gh (2013) Relationship between morphological traits in rice restorer lines at F3 generation using multivariate analysis. *International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research*. 1(6): 572-577.
18. Haris A, Abdullah, Bakhtiar, Subaedah, Aminah and Jusoff K (2013) Gamma ray radiation mutant rice on local aged dwarf. *Middle-East Journal of Scientific Research*. 15(8): 1160-1164.
19. International rice research institute (2013) Standard evaluation system (SES) for rice, 5th ed. P.O. Box 933, 1099 Manila, Philippines. 55pp.
۴. کیفی برنج ایران. دانشگاه گنبد کاووس. گنبد کاووس. گزارش نهایی طرح پژوهشی.
۴. صبوری ح، بیابانی ع، فخرزری مقدم ع، ملاشاهی م، صبوری ع و کاتوزی م (۱۳۸۷) تجزیه ژنتیکی صفات زراعی برنج به روش دای آلل. دانشگاه گنبد کاووس. گنبد کاووس. گزارش نهایی طرح پژوهشی.
۵. صبوری ح، بیابانی ع، فضلعلی‌پور م و صبوری ع (۱۳۸۹) تعیین بهترین شاخص‌های گزینشی برای تسهیل عمل انتخاب در برنج. پژوهش‌های تولید گیاهی. ۱۷(۴): ۱-۲۵.
۶. صبوری ح، صبوری ع، جعفرزاده م ر، سجادی س ج، ملاشاهی م و جعفریان ح ا (۱۳۹۰) معرفی ارقام برنج متحمل به خشکی برای منطقه گنبد کاووس. دانشگاه گنبد کاووس. گزارش نهایی طرح پژوهشی.
۷. صبوری ح، محمدی نژاد ق و فضلعلی‌پور م (۱۳۹۰) انتخاب برای بهبود عملکرد با استفاده از روش‌های آماری چند متغیره در برنج. پژوهش‌های زراعی ایران. ۹(۴): ۶۳۹-۶۵۰.
۸. صبوری ح، نواب پور س و محمد اسمعیلی م (۱۳۹۰) تعیین ساختار ژنتیکی صفات زراعی برنج با استفاده از روش‌های کلاسیک و مولکولی. پژوهش‌های تولید گیاهی. ۱۸(۴): ۴۵-۷۲.
۹. عارفی ح و نوروزی م (۱۳۸۷) معرفی دو رقم جدید برنج از طریق موتاسیون (اشعه گاما). مؤسسه تحقیقات برنج کشور-معاونت مازندران. ۱: ۲-۱۰.
۱۰. گل‌سرخ‌ی م، بیابانی ع، صبوری ح و محمد اسمعیلی م (۱۳۹۴) مطالعه روابط بین صفات زراعی برنج در شرایط غرقاب و تنش خشکی. تنش‌های محیطی در علوم زراعی. ۸(۲): ۱۹۱-۲۰۴.

20. Konate AK, Zongo A, Kam H, Sanni A and Audebert A (2016) Genetic variability and correlation analysis of rice (*Oriza sativa* L.) inbred lines based on agro-morphological traits. African Journal of agricultural research. 11(35): 3340-3346.
21. Madry W, Wosinska A and Ubysz-Borucka L (1984) Variability of pollen viability in the flowers and inflorescences of china aster (*Callistephus chinensis* Ness) M1 and M2 generation. Acta Agrobotanica. 37(2): 133-139.
22. Marathi B, Guleria S, Mohapatra T, Parsad R, Mariappan N, Kurungara VK, Atwal SS, Prabhu KV, Singh NK and Singh AK (2012) QTL analysis of novel genomic regions associated with yield and yield related traits in new plant type based recombinant inbred lines of rice (*Oriza sativa* L.). BMC Plant Biology. 12: 137-155.
23. Pandey V and Shukla A (2015) Acclimation and tolerance strategies of rice under drought stress. Rice Science. 22(4): 147-161.
24. Shu QY and Lagoda PJJ (2007) Mutation techniques for gene discovery and crop improvement. China Academic Journal, Molecular Plant Breeding. 5: 193-195.
25. Simane B, Struik PC, Nachit MM and Peacock JM (1993) Ontogenetic analysis of yield components and yield stability of durum wheat in water limited environments. Euphytica. 71: 211-219.
26. Tripathy SK, Lenka D and Rajan R (2011) Maximization of mutation frequency in grasspea (*Lathyrus sativus* L.). Legume Research International Journal. 34(4): 296-299.
27. Wright S (1921) Correlation and causation. Journal of Agricultural Research. 20: 557-585.
28. Yilmaz A and BoydaK E (2006) The effects of cobalt-60 applications on yield and yield components of cotton (*Gossipium barbadense* L.). Pakistan Journal of Biological Sciences. 9(15): 2761-2769.
29. Yoshida S (1981) Fundamentals of Rice Crop Science. International Rice Research Institute, Los Baños, Laguna, Philippines, 269 pp.



Crops Improvement

(Journal of Agricultural Crops Production)

Vol. 20 ■ No. 1 ■ Spring 2018

Determination of the best selection indices in mutant lines of rice at different moisture conditions

Borzo Kazerani¹, Saied Navabpour^{2}, Hossein Sabour³, Seyedeh Sanaz Ramezanpour², Khalil Zaynali Nezhad⁴, Ali Eskandar⁵*

1. Ph.D. Student, Department of Plant Breeding and Biotechnology, Faculty of Plant Production, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources, Gorgan, Iran
2. Associate Professor, Department of Plant Breeding and Biotechnology, Faculty of Plant Production, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources, Gorgan, Iran
3. Associate Professor, Department of Plant Production, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Gonbad Kavous University, Gonbad Kavous, Iran
4. Assistant Professor, Department of Plant Breeding and Biotechnology, Faculty of Plant Production, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources, Gorgan, Iran
5. Assistant Professor, Nuclear Agriculture Group, Nuclear Science and Technology Research Institute, Karaj, Iran

Received: May 13, 2017

Accepted: October 9, 2017

Abstract

To determine the best selection indices for facilitating the selection procedure in a reproductive stage of 96 mutant lines (M_2) of rice under different moisture conditions, an experiment was carried out in two environments at the research farm of Gonbad Kavous University in 2016 based on randomized complete block design with three replications. Evaluating the reduction percentage in the average values of traits showed that the most damages as affected by drought stress was due to decreases in numbers of filled grains, numbers of tillers, and 1000-grain weight. Results of stepwise regression analysis indicated that 1000-grain weight, plant height, numbers of filled grains, numbers of days to flowering, flag leaf rolling, numbers of tillers, and panicle length traits were respectively entered into the final multivariate regression model as important traits affecting grain yield under a flooded condition, and 1000-grain weight, numbers of days to flowering, plant height, fertility percentage, panicle length, flag leaf rolling, and numbers of tillers were respectively entered under drought stress. Evaluation of direct and indirect effects of studied traits on the grain yield using a path analysis showed that, 1000-grain weight, due to a positive and high direct effect, and numbers of filled grains, due to an indirect effect via 1000-grain weight, can be considered as the most important traits for increasing the grain yield under flooded condition. However, 1000-grain weight and fertility percentage can be introduced as appropriate selection criteria for the grain yield under a drought condition.

Keywords: drought stress, gamma ray, path analysis, regression, rice.