دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی

ارزیابی برخی صفات زراعی و ارتباط آنها با عملکرد دانه در لاین‌های موتانت برنج در شرایط آبیاری نرمال و تنش خشکی انتهایی

پیمان شریفی[۱]، علی اکبر عبادی[۲] و هاشم امین‌پناه[۳]

۱- دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران، (نویسنده مسوول: peyman.sharifi@gmail.com)
۲- استادیار و عضو هیات علمی‌موسسه تحقیقات برنج کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران
۳- دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد رشت، دانشگاه آزاد اسلامی، رشت، ایران
تاریخ‌دریافت: ۹۵/۱۰/۲۶ تاریخ‌پذیرش:۹۶/۱۰/۲۳

چکیده

به منظور مطالعه اثر خشکی و تعیین صفات مؤثر بر عملکرد دانه و برآورد پارامترهایی ژنتیکی در شرایط آبیاری نرمال و تنش خشکی، ۱۸ لاین موتانت برنج به صورت دو آزمایش جداگانه در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ در مؤسسه تحقیقات برنج کشور در رشت مورد بررسی قرار گرفتند. وراثت‌پذیری، پیشرفت ژنتیکی و واریانس ژنتیکی بالا برای صفات ارتفاع بوته، تعداد پنجه بارور، تعداد دانه پر و تعداد دانه پوک در هر دو شرایط و درصد باروری و عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی مشاهده شد. این نشان‌می‌دهد که صفات فوق توسط ژن‌های افزایشی کنترل می‌شوند و می‌توان آنها را در برنامه‌های اصلاحی از طریق گزینش بهبود داد. عملکرد دانه در شرایط آبیاری نرمال با تعداد پنجه بارور، طول خروج خوشه، درصد باروری و طول و عرض دانه و در شرایط تنش خشکی با عرض برگ پرچم، طول خروج خوشه از غلاف، تعداد دانه پر، درصد باروری و طول و عرض دانه همبستگی مثبت داشت. نتایج تجزیه رگرسیون و تجزیه علیت تأثیر مثبت عرض دانه، درصد باروری دانه، عرض برگ پرچم، تعداد دانه پر در خوشه، تعداد پنجه و طول میانگره در شرایط آبیاری نرمال و درصد باروری دانه، عرض دانه و تعداد پنجه در شرایط تنش خشکی را بر روی عملکرد دانه نشان دادند. بنابراین امکان بهبود عملکرد دانه با استفاده از این متغیرها وجود دارد. در شرایط تنش خشکی، ژنوتیپ‌های شماره ۱، ۲، ۳ و ٤ دارای بیشترین میزان عملکرد دانه (به‌ترتیب با مقادیر برابر با ۲۷۸۸، ۲۱٦۳، ۲۱۷۸ و ۲۱۹٤ کیلوگرم در هکتار) و صفات تأثیرگذار بر آن بودند. با توجه به شاخص تنش، ژنوتیپ‌های فوق متحمل به خشکی بودند و می‌توانند برای معرفی ارقام متحمل به خشکی استفاده شوند.

واژه‌های کلیدی: برنج، همبستگی، رگرسیون، کم‌آبیاری، علیت، وراثت‌پذیری

مقدمه

برنج دومین محصول استراتژیک کشور پس از گندم است که اهمیت ویژه‌ای در بحث امنیت غذائی دارد (۲۸). تنش خشکی یکی از مهم‌ترین محدودیت‌ها در تولید برنج و پایداری عملکرد است و مهم‌ترین عامل محدودکننده تولید برنج در ۴۰ میلیون هکتار از اراضی زیر کشت برنج در آسیا می‌باشد (۴۶). معرفی ارقام مقاوم به خشکی بخصوص با کارائی بالا تحت شرایط تنش خشکی آخر فصل و همچنین شناسایی صفات تأثیرگذار بر عملکرد دانه تحت شرایط تنش خشکی، یکی از مهم‌ترین اهداف برنامه‌های اصلاحی است (۳۱). با توجه به محدودیت منابع ژنتیکی از نظر تحمل به خشکی، یکی از راه‌کارهای ایجاد تنوع مناسب استفاده از موتاسیون و در نتیجه ارزیابی لاین‌های موتانت از نظر مقاومت به خشکی است (۲۴).

با مطالعه روابط بین صفات در برنج تحت شرایط تنش خشکی نشان داده شد که عملکرد دانه در بوته همبستگی مثبت و معنی‌داری با صفات طول ریشه، نسبت طول ریشه به ساقه، وزن هزار دانه، تعداد دانه در خوشه و درصد باروری خوشه‌چه (۱۶ و ۱۷) داشتند. همچنین نشان داده شد که صفات نسبت طول ریشه به ساقه و وزن هزار دانه (۱۶ و ۱۷) و شاخص واکنش به خشکی (۱۷) دارای اثر مستقیم معنی‌دار بر عملکرد دانه تحت شرایط تنش خشکی بودند. آدی‌لاکشمی و گریجا رانی (۲) نشان دادند که تحت شرایط غرقاب[1]، عملکرد دانه با صفات درصد بقا گیاه، ارتفاع گیاه در زمان رسیدگی و طول دانه همبستگی مثبت و معنی‌دار داشت و این صفات دارای اثر مستقیم بر عملکرد دانه بودند. تحت شرایط تنش شوری صفات شاخص برداشت، تعداد روز تا رسیدگی، تعداد پنجه‌های بارور، وزن هزار دانه، مساحت برگ پرچم و طول خوشه دارای بیشترین اثر مستقیم بر عملکرد دانه بودند (۳۰).

بررسی منابع نشان داد که عملکرد دانه در شرایط غیر تنش، همبستگی مثبت و معنی‌داری با صفات شاخص برداشت (۱۵)، عملکرد بیولوژیک (۱۵،۳۶)، تعداد خوشه (۳۳،۱۹،۱۵،۸،۷،۱،۳۴،۳۶،۳۹)، وزن هزار دانه (۱۵،۱۹،۸)، عرض برگ پرچم (۳۶)، ارتفاع بوته (۸،۳۶)، تعداد دانه در خوشه (۱،۷،۸)، تعداد دانه پر (۷،۱۹،۳۳،۳۹)، نسبت طول به عرض دانه (۷)، وزن خوشه (۳۳) و روزهای تا ۵۰ درصد گلدهی و رسیدن کامل (۳۳) داشت. با استفاده از تجزیه علیت گزارش شده است که مهم‌ترین صفات تأثیرگذار بر عملکرد دانه شامل شاخص برداشت (۱۵)، عملکرد بیولوژیک (۱۵،۳۶)، تعداد خوشه یا تعداد پنجه بارور (۷،۱،۴،۷)، تعداد روز تا (۱۵،۱۸،۱۹،۳۴،۳۵،۳۹،۱،۴،۷) خوشه‌دهی (۳۷،۳۸)، مساحت برگ پرچم (۳۷)، ارتفاع بوته (۸،۱۹،۳۶)، شاخص توانایی تحمل برنج (۴)، وزن هزار دانه (۱،۴،۸،۲۲)، تعداد دانه در خوشه (۱،۴،۷،۳۳)، شاخص رقابت (۴)، تعداد دانه پر در خوشه (۱۹،۲۲،۳۹)، تعداد روز تا رسیدگی، (۱۹)، نسبت طول به عرض دانه (۳۹) و طول دانه (۳۹) بودند که بیشترین اثر مستقیم را بر عملکرد دانه داشتند.

1- Submergence

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-23]
[DOI: 10.29252/jcb.10.27.180]

هدف از تحقیق حاضر بررسی اثرات مستقیم و غیرمستقیم برخی از صفات بر عملکرد دانه برنج و همچنین برآورد پارامترهای ژنتیکی در شرایط آبیاری نرمال و تنش خشکی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳ در مؤسسه تحقیقات برنج کشور در رشت انجام شد. این تحقیق به صورت دو آزمایش جداگانه در شرایط آبیاری نرمال و تنش خشکی انتهای فصل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار اجرا شد. مواد گیاهی مورد استفاده در این آزمایش شامل تعداد ۱۴ لاین موتانت (۷ لاین موتانت از رقم هاشمی، ۶ لاین موتانت از رقم طارم محلی و یک لاین موتانت از رقم خزر) به همراه ۴ رقم (هاشمی، طارم محلی، خزر و گیلانه) بودند (جدول ۱). لاین‌های موتانت از پروژه‌ای مشترک با پژوهشکده کشاورزی هسته‌ای وابسته به سازمان انرژی اتمی ایران بدست آمده بودند.

جدول ۱- شجره لاین‌های موتانت برنج

Table 1. Pedigree of rice mutant lines

ردیف	کد لاین	شجره لاین‌های موتانت					
		۱۳۹۳	۱۳۹۲	۱۳۹۱	۱۳۹۰	۱۳۸۹	والد
۱	TM6-230-VE-7-5-1	TM6-230-VE-7	TM5-230-VE-7	TM4-230-VE-7	TM3-230-VE-7	TM2-230-3	طارم آ۱
۲	TM6-230-VE-8-4-1	TM6-230-VE-8-4	TM5-230-VE-8-4	TM4-230-VE-8-4	TM3-230-VE-8	TM2-230-4	طارم آ۱
۳	TM6-250-10-7-1	TM6-250-10-7-1	TM5-250-10-7-1	TM4-250-10-7-1	TM3-250-10-7	TM2-250-10	طارم آ۱
۴	TM6-B-2-1-E	TM6-B-2-1-E	TM5-B-2-1-E	TM4-B-2-1-E	TM3-B-2-1	TM2-B-2	طارم آ۱
۵	TM6-B-7-1	TM6-B-7-1	TM5-B-7-1	TM4-B-7-1	TM3-B-7-1	TM2-B-7	طارم آ۱
۶	TM6-B-19-2	TM6-B-19-2	TM5-B-19-2	TM4-B-19-2	TM3-B-19-2	TM2-B-19	طارم آ۱
۷	HM5-250-E-1-1	HM5-250-E-1-1	HM4-250-E-1-1	HM3-250-E-1-1	HM2-250-E-1-1	HM1-250-E-1	هاشمی
۸	HM5-250-E-3-2	HM5-250-E-3-2	HM4-250-E-3-2	HM3-250-E-3-2	HM2-250-E-3-2	HM1-250-E-3	هاشمی
۹	HM5-250-7-1	HM5-250-7-1	HM4-250-7-1	HM3-250-7-1	HM2-250-7-1	HM1-250-7	هاشمی
۱۰	HM5-250-7-6	HM5-250-7-6	HM4-250-7-6	HM3-250-7-6	HM2-250-7-6	HM1-250-7	هاشمی
۱۱	HM5-300-E-1	HM5-300-E-1	HM4-300-E-1	HM3-300-E-1	HM2-300-E-1	HM1-300-E	هاشمی
۱۲	HM5-300-3-1	HM5-300-3-1	HM4-300-3-1	HM3-300-3-1	HM2-300-3-1	HM1-300-3	هاشمی
۱۳	HM5-300-5-1	HM5-300-5-1	HM4-300-5-1	HM3-300-5-1	HM2-300-5-1	HM1-300-5	هاشمی
۱۴	KM5-200-4-2-E	KM5-200-4-2-E	KM4-200-4-2-E	KM3-200-4-2-E	KM2-200-4-2	KM1-200-4	خزر
۱۵			خزر				
۱۶			هاشمی				
۱۷			طارم				
۱۸			گیلانه				

حرف T نشان‌دهنده طارم محلی، حرف H نشان‌دهنده هاشمی، حرف K نشان‌دهنده خزر، حرف M نشان‌دهنده موتاسیون و عدد بعد از حرف M نشان‌دهنده نسل موتاسیون است.

در آزمایش مربوط به تنش خشکی انتهای فصل، آبیاری در مراحل آغازش جوانه‌های گل[1] به‌طور کامل قطع گردید. مساحت هر کرت (۱۳ =۶/۵×۲) مترمربع و فاصله نشاءها ۲۵ سانتی‌متر روی ردیف و ۲۵ سانتی‌متر بین ردیف و تعداد نشاءها در هر کپه ۳-۲ عدد بود. در طول دوره رشد و همچنین زمان رسیدگی صفات ارتفاع بوته، طول میانگره، طول و عرض برگ پرچم، تعداد پنجه بارور، طول خوشه (اندازه‌گیری از گره گردن خوشه تا انتهای خوشه)، طول خروج خوشه از غلاف (اندازه‌گیری از محل خروج ساقه از داخل غلاف تا گره گردن خوشه)، تعداد دانه پر در خوشه، تعداد دانه پوک در خوشه، درصد باروری دانه و طول و عرض شلتوک اندازه‌گیری شدند. برداشت در زمان رسیدن کامل از ده مترمربع هر واحد آزمایشی پس از حذف حاشیه انجام و عملکرد دانه با رطوبت ۱۴ درصد محاسبه شد.

واریانس‌های فنوتیپی ($\pm^2_p$) و ژنوتیپی ($\pm^2_g$)، وراثت‌پذیری عمومی (H_b^2)، ضریب تغییرات فنوتیپی (PCV)، ضریب تغییرات ژنوتیپی (GCV) و پیشرفت ژنتیکی (GA) در هر دو شرایط تنش خشکی و آبیاری نرمال محاسبه شدند (۳۵). برای رده‌بندی ژنوتیپ‌ها از نظر تحمل به خشکی، شاخص تنش[2] (SI) بر پایه ترکیب مقادیر صفات محاسبه گردید (۱۳).

1- Panicle initiation Submergence

2- Stress Index (SI)

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-23]

[DOI: 10.29252/jcb.10.27.180]

محاسبات آماری توسط نرم‌افزارهای SPSS (۴۳) و Path analysis (۲۵) صورت گرفت. برای بررسی روابط علیت از روش تجزیه علیت گام به گام (۲۶) استفاده گردید. تمام محاسبات آماری در شرایط تنش خشکی و آبیاری نرمال به صورت مجزا انجام گرفتند.

نتایج و بحث

واریانس ژنتیکی و فنوتیپی، وراثت‌پذیری و سود ژنتیکی

تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که اثر خشکی بر صفات عملکرد دانه، ارتفاع بوته، تعداد پنجه و درصد باروری دانه در سطح احتمال یک درصد و مساحت برگ پرچم و طول خروج خوشه از غلاف در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود. همچنین اثر ژنوتیپ‌ها بر تمام صفات مورد مطالعه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود که بیانگر وجود تنوع ژنتیکی بین ژنوتیپ‌ها است. اثر متقابل ژنوتیپ در خشکی برای صفات عملکرد دانه، ارتفاع بوته، مساحت برگ پرچم، تعداد پنجه، طول خروج خوشه از غلاف، طول خوشه و درصد باروری دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بنابراین با توجه به معنی‌دار بودن اثر ژنوتیپ برای صفات مورد مطالعه، اقدام به برآورد واریانس ژنتیکی، واریانس فنوتیپی، وراثت‌پذیری عمومی، ضریب تغییرات فنوتیپی، ضریب تغییرات ژنتیکی و پیشرفت ژنتیکی گردید.

در هر دو شرایط آبیاری نرمال و تنش خشکی، بیشترین میزان ضرایب تغییرات ژنتیکی و فنوتیپی مربوط به صفات طول خروج خوشه از غلاف و درصد دانه پوک بود. در شرایط تنش خشکی مقادیر ضرایب تغییرات ژنتیکی (۴۸/۹۴) و فنوتیپی (۴۹/۴۲) برای عملکرد دانه بالا بود. برای تمام صفات مورد مطالعه در هر دو شرایط آبیاری نرمال و تنش خشکی، مقادیر ضریب تغییرات فنوتیپی اندکی از ضریب تغییرات ژنتیکی بیشتر بود که نشان‌دهنده تأثیر بسیار پایین محیط بر روی این صفات بود. در شرایط آبیاری نرمال، ارتفاع بوته با وراثت‌پذیری ۹۹/۱۴ درصد و صفات طول خروج خوشه از غلاف و نسبت طول به عرض دانه با وراثت‌پذیری حدود ۶۸ درصد به‌ترتیب بیشترین و کمترین میزان وراثت‌پذیری را داشتند. در شرایط تنش خشکی، بیشترین و کمترین میزان وراثت‌پذیری عمومی مربوط به ارتفاع بوته (۹۹/۳۳) و طول خروج خوشه از غلاف (۹۱/۴۳) بود. میزان بالای وراثت‌پذیری در اکثر صفات مورد مطالعه در هر دو شرایط نشان داد که واریانس ژنتیکی در این صفات، سهم بسیار زیادی از تغییرات فنوتیپی را توجیه می‌نمود و تأثیر محیط بر روی آن‌ها ناچیز بود (جدول ۳). نتایج مشابه با یافته‌های تحقیق حاضر در ارتباط با وراثت‌پذیری عملکرد و اجزای عملکرد برنج توسط بیک‌زاده و همکاران (۸)، جایاسودها و همکاران (۲۱) و سل‌واراج و همکاران (۴۰) و صبوری و همکاران (۳۶) نیز گزارش شده است.

با توجه به اینکه وجود وراثت‌پذیری بالا فقط نشان‌دهنده موثر بودن گزینش بر اساس کارایی فنوتیپی است و هیچ‌گونه شاخصی از مقدار پیشرفت ژنتیکی افراد را نشان نمی‌دهد، لذا شاخص پیشرفت ژنتیکی می‌تواند در گزینش ژنوتیپ‌ها موثرتر باشد (۲۳). مقادیر بالای وراثت‌پذیری، پیشرفت ژنتیکی و واریانس ژنتیکی در شرایط آبیاری نرمال برای صفات ارتفاع بوته، تعداد پنجه، تعداد دانه پر و در شرایط تنش خشکی برای صفات ارتفاع بوته، تعداد پنجه، تعداد دانه پر، درصد باروری و عملکرد دانه مشاهده شد. با توجه به اینکه وراثت‌پذیری بالا به همراه پیشرفت ژنتیکی و واریانس ژنتیکی بالا نشان‌دهنده کنترل صفات توسط ژن‌های افزایشی می‌باشد (۴۰)، بنابراین می‌توان صفات فوق را در برنامه‌های اصلاحی از طریق گزینش بهبود داد.

تجزیه همبستگی

نتایج تجزیه همبستگی نشان داد که در شرایط آبیاری نرمال، عملکرد دانه با صفات تعداد پنجه بارور، طول خروج خوشه از غلاف، درصد باروری دانه و طول و عرض دانه همبستگی مثبت داشت. در این شرایط بیشترین همبستگی منفی معنی‌دار بین عملکرد دانه و ارتفاع بوته و طول میانگره مشاهده شد. این نتایج همچنین نشان داد که در شرایط تنش خشکی انتهای فصل، عملکرد دانه دارای همبستگی مثبت با صفات عرض برگ پرچم، طول خروج خوشه از غلاف، تعداد دانه پر، درصد باروری و طول و عرض دانه بود (جدول ۴). در تطابق با نتیجه تحقیق حاضر، محققین دیگری نیز همبستگی مثبت بین عملکرد دانه و تعداد پنجه بارور (۱۸،۱۹،۳۴،۳۶،۱۵،۱،۸)، طول خروج خوشه و درصد باروری (۴،۱۹،۲۶،۳۳) و طول و عرض دانه (۷) را گزارش نمودند.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-23]

[DOI: 10.29252/jcb.10.27.180]

جدول ۲- تجزیه واریانس مرکب عملکرد دانه و برخی از صفات مورفولوژیکی برنج در شرایط تنش خشکی و آبیاری نرمال

Table 2. Combined analysis of variance for grain yield and some of the rice morphological trtaits under drought stress and normal irrigation conditions

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		عملکرد دانه	ارتفاع بوته	مساحت برگ پرچم	تعداد پنجه	طول خوشه	طول خروج خوشه از غلاف	درصد باروری دانه	نسبت طول به عرض دانه
خشکی	۱	۱۹۱۸۱۸۷۰۹**	۵۰۹۷/۸۱**	۱۲۴/۳۳*	۱۷۶/۳۳**	۵/۵۵^{ns}	۶۲/۸۶*	۷۷۴۴/۶۲**	۰/۳۲^{ns}
تکرار درون خشکی	۴	۳۵۰۰۹۴/۵	۱۷/۷۳	۱۲/۹۳	۱/۴۳	۱/۳۴	۵/۸۰	۵۱/۲۱	۰/۰۷
ژنوتیپ	۱۷	۸۲۰۸۷۹/۸**	۱۰۱۱/۱۴**	۷۰/۹۳**	۲۹/۵۵**	۲۹/۳۴**	۲۲/۳۳**	۴۶۲/۱۹**	۰/۴۶**
ژنوتیپ × خشکی	۱۷	۳۴۱۰۳۷/۸**	۱۹۵/۵۲**	۳۸/۳۶**	۲۲/۲۱**	۳/۷۱**	۳/۲۵**	۱۲۰/۸۸**	۰/۱۵^{ns}
خطا	۶۸	۳۷۳۵۴/۷	۹/۴۹	۴/۶۴	۴/۳۳	۱/۳۹	۱/۸۳	۲۵/۸۰	۰/۱۶
ضریب تغییرات		۶/۱۴	۲/۲۰	۹/۰۲	۱۲/۵۲	۴/۲۲	۱۸/۳۱	۶/۳۲	۱۰/۰۶

ns ، * و **: به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

جدول ۳- پارامترهای ژنتیکی صفات مطالعه شده در شرایط تنش خشکی و آبیاری نرمال

Table 3. Estimation of genetic parameters of some of agronomic traits in drought stress and normal irrigation conditions

آبیاری						تنش خشکی				
پارامترهای ژنتیکی										
صفات	واریانس ژنتیکی	واریانس فنوتیپی	وراثت‌پذیری عمومی	ضریب تغییرات فنوتیپی	ضریب تغییرات ژنتیکی	پیشرفت ژنتیکی	واریانس ژنتیکی	واریانس فنوتیپی	وراثت‌پذیری عمومی	ضریب تغییرات فنوتیپی	ضریب تغییرات ژنتیکی	پیشرفت ژنتیکی
ارتفاع بوته	۷۰۴/۵۷	۷۱۰/۶۵	۹۹/۱۴	۱۸/۱۵	۱۸//۰۷	۳۷/۰۶	۵۰۲/۱۳	۵۰۵/۵۲	۹۹/۳۳	۱۶/۸۸	۱۶/۸۳	۳۴/۵۵
طول میانگره	۷۹/۶۶	۸۲/۱۴	۹۶/۹۸	۲۰/۸۱	۲۰/۵۰	۴۱/۵۸	۵۷/۱۷	۵۴/۴۹	۹۶/۱۰	۱۹/۶۶	۱۹/۲۷	۳۸/۹۱
طول برگ پرچم	۳۲/۰۳	۳۴/۳۴	۹۳/۲۹	۱۹/۹۳	۱۹/۲۵	۳۸/۳۰	۵۲/۰۴	۵۴/۹۰	۹۴/۷۹	۲۵/۳۶	۲۴/۶۹	۴۹/۵۳
عرض برگ پرچم	۰/۰۳۸	۰/۰۴	۹۶/۴۲	۱۸/۲۶	۱۷/۹۳	۳۶/۲۶	۰/۰۴۸	۰/۰۵	۹۷/۲۹	۲۰/۶۱	۲۰/۳۳	۴۱/۳۱
تعداد پنجه	۲۰/۸۴	۲۳/۱۴	۹۰/۰۷	۳۱/۳۳	۲۹/۷۴	۵۸/۱۴	۳۰/۹۳	۳۲/۹۷	۹۳/۸۱	۳۲/۰۷	۳۱/۰۶	۶۱/۹۷
طول خوشه	۱۸/۸۷	۱۹/۵۰	۹۶/۷۳	۱۵/۶۶	۱۵/۴۱	۳۱/۲۱	۱۴/۲۰	۱۴/۹۶	۹۴/۹۱	۱۳/۹۴	۱۳/۵۸	۲۷/۲۶
طول خروج خوشه از غلاف	۱۲۲/۹۴	۱۷۹/۹۹	۶۸/۳۰	۱۴۰/۰۲	۱۱۵/۷۲	۱۹۷/۰۲	۱۱/۰۳	۱۲/۰۷	۹۱/۴۳	۵۲/۳۲	۵۰/۰۳	۹۸/۵۵
تعداد دانه پر	۴۷۲/۵۲	۵۴۵/۶۷	۸۶/۶۰	۲۰/۹۳	۱۹/۴۸	۳۷/۳۴	۹۵۶/۱۶	۱۰۱۶/۰۹	۹۴/۱۰	۴۲/۷۵	۴۱/۴۷	۸۲/۸۸
تعداد دانه پوک	۲۱۵/۵۲	۲۲۴/۱۰	۹۶/۲۹	۱۰۳/۷۷	۱۰۱/۸۳	۲۰۵/۸۵	۶۸۳/۷۹	۷۲۳/۳۵	۹۴/۵۳	۹۰/۴۳	۸۷/۹۲	۱۷۶/۱۰
باروری دانه	۱۰۴/۲۵	۱۰۸/۶۶	۹۵/۹۴	۱۱/۷۴	۱۱/۵۰	۲۳/۲۱	۴۷۸/۸۲	۵۰۰/۲۲	۹۵/۷۲	۳۱/۱۴	۳۰/۴۶	۶۱/۴۰
طول دانه	۱/۸۳	۲/۶۳	۶۹/۵۸	۱۶/۳۱	۱۳/۶۱	۲۳/۳۸	۰/۶۸	۰/۷۰	۹۷/۰۲	۸/۴۲	۸/۳۰	۱۶/۸۴
عرض دانه	۰/۰۶۸	۰/۰۷	۹۶/۷۱	۱۰/۷۹	۱۰/۶۱	۲۱/۵۰	۰/۱۰۵	۰/۱۲	۹۷/۹۰	۱۴/۴۵	۱۴/۳۰	۲۹/۱۴
نسبت طول به عرض دانه	۰/۳۳	۰/۴۸	۶۸/۳۴	۱۷/۴۷	۱۴/۴۴	۲۴/۵۹	۰/۲۹	۰/۳۰	۹۶/۱۵	۱۳/۵۱	۱۳/۲۴	۲۶/۷۵
عملکرد دانه	۳۷۱۳۴۰	۳۹۲۷۹۰	۹۴/۵۴	۱۳/۹۸	۱۳/۶۰	۲۷/۲۳	۷۹۰۵۷۷	۸۰۶۴۸۲	۹۸/۰۳	۴۹/۴۳	۴۸/۹۴	۹۹/۸۲

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-23]

[DOI: 10.29252/jcb.10.27.180]

جدول ۴- همبستگی برخی از صفات زراعی در شرایط آبیاری نرمال (بالای قطر) و تنش خشکی (پایین قطر)

Table 4. Correlation of some of agronomic traits in normal irrigation (above) and drought stress condition (below)

صفات	ارتفاع بوته	طول میانگره	طول برگ پرچم	عرض برگ پرچم	تعداد پنجه	طول خوشه	طول خروج خوشه از غلاف	تعداد دانه پر	تعداد دانه پوک	باروری دانه	طول دانه	عرض دانه	نسبت طول به عرض دانه	عملکرد دانه
ارتفاع بوته	۱	۰/۴۸*	-۰/۱۳	-۰/۷۲**	۰/۰۰۴	۰/۳۶	-۰/۰۲	-۰/۰۵	-۰/۶۲**	۰/۵۷**	-۰/۰۸	۰/۰۲	-۰/۱۰	-۰/۴۳
طول میانگره	۰/۵۹**	۱	-۰/۰۳	-۰/۰۷	-۰/۴۲	۰/۴۴	۰/۰۱	-۰/۰۳	-۰/۰۸	۰/۰۶	-۰/۱۰	-۰/۲۸	۰/۱۰	-۰/۳۴
طول برگ پرچم	۰/۶۹**	۰/۴۴	۱	۰/۴۶	-۰/۰۸	۰/۳۴	-۰/۰۳	-۰/۲۶	۰/۳۶	-۰/۳۹	-۰/۱۶	-۰/۴۷*	۰/۱۹	-۰/۲۱
عرض برگ پرچم	-۰/۳۶	-۰/۴۴	-۰/۱۸	۱	-۰/۴۰	-۰/۱۵	-۰/۰۷	-۰/۱۷	۰/۸۶**	-۰/۸۴**	-۰/۱۵	-۰/۳۲	۰/۰۹	-۰/۰۶
تعداد پنجه	-۰/۱۷	-۰/۱۶	-۰/۰۸	۰/۲۸	۱	۰/۰۳	-۰/۲۱	۰/۲۰	-۰/۳۱	۰/۳۵	۰/۱۶	۰/۰۰۹	۰/۱۴	۰/۳۲
طول خوشه	۰/۵۰*	۰/۷۵**	۰/۴۰	-۰/۴۰	-۰/۳۱	۱	۰/۰۶	-۰/۲۱	۰/۰۳	-۰/۰۸	-۰/۰۶	-۰/۳۶	۰/۱۹	-۰/۲۰
طول خروج خوشه از غلاف	۰/۲۰	۰/۰۲	۰/۱۵	-۰/۱۵	-۰/۳۷	۰/۱۷	۱	-۰/۳۷	-۰/۰۶	-۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۱۹	-۰/۱۲	۰/۲۰
تعداد دانه پر	۰/۱۷	۰/۲۹	-۰/۱۲	-۰/۰۵	۰/۳۷	۰/۳۲	-۰/۲۰	۱	-۰/۰۹	۰/۲۹	۰/۰۸	۰/۰۳	-۰/۰۳	-۰/۰۱
تعداد دانه پوک	۰/۰۳	۰/۱۵	۰/۲۷	۰/۴۹*	-۰/۲۶	۰/۱۲	۰/۲۸	-۰/۳۶	۱	-۰/۹۸**	-۰/۱۲	-۰/۵۴*	۰/۲۹	-۰/۲۸
باروری دانه	۰/۰۴	-۰/۰۱	-۰/۲۷	-۰/۳۹	۰/۳۹	-۰/۰۱	-۰/۳۱	۰/۶۸**	-۰/۹۲**	۱	۰/۱۱	-۰/۵۳*	-۰/۲۹	۰/۲۸
طول دانه	-۰/۰۵	-۰/۰۵	۰/۱۰	-۰/۲۹	۰/۱۳	۰/۰۲	-۰/۵۶**	۰/۱۱	-۰/۵۹*	۰/۴۸*	۱	۰/۳۷	۰/۷۲**	۰/۰۶
عرض دانه	-۰/۱۰	-۰/۳۵	۰/۳۲	-۰/۲۸	-۰/۱۱	-۰/۱۴	-۰/۰۴	۰/۱۷	-۰/۷۷**	۰/۶۵**	۰/۴۳	۱	-۰/۳۸	۰/۵۲**
نسبت طول به عرض دانه	-۰/۱۹	-۰/۵۴*	-۰/۱۸	۰/۰۴	-۰/۰۸	-۰/۳۳	۰/۰۲	۰/۱۸	-۰/۴۸**	-۰/۴۲	۰/۱۶	-۰/۸۲**	۱	-۰/۳۳
عملکرد دانه	-۰/۱۹	-۰/۵۴**	-۰/۱۸	۰/۰۴	-۰/۰۸	-۰/۳۳	۰/۰۲	۰/۱۸	-۰/۴۹*	۰/۴۵	۰/۳۰	۰/۷۲**	-۰/۵۹**	۱

*، **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱٪

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-23]

[DOI: 10.29252/jcb.10.27.180]

در شرایط تنش خشکی عملکرد دانه با صفات ارتفاع بوته و طول میانگره دارای همبستگی منفی بود (جدول ۴). این نشان می‌دهد که یکی از راه‌کارهای حفظ پتانسیل عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی در لاین‌های مورد مطالعه در این آزمایش پاکوتاهی، طول کمتر خروج خوشه از علاف و کاهش طول میانگره بود. برای صفات مطلوب دارای همبستگی و لینکاژ ژنی، می‌توان از برنامه‌ای اصلاحی در جهت هرمی نمودن ژن‌ها استفاده نمود. هرچند با توجه به همبستگی بالای بین عملکرد دانه و صفات فوق می‌توان گفت که گزینش بر مبنای این صفات در افزایش و بهبود عملکرد دانه مفید خواهند بود، اما در تدوین یک برنامه اصلاحی توجه به وراثت‌پذیری صفات و اثرات مستقیم و غیرمستقیم صفات بر عملکرد دانه نیز ضروری است (۳۶).

تجزیه رگرسیون و علیت

در مرحله اول برای بررسی روابط علی و معلولی صفات اندازه‌گیری‌شده با عملکرد دانه، تجزیه رگرسیون گام به گام در دو شرایط آبیاری نرمال و تنش خشکی به صورت مجزا انجام شد که در آن عملکرد دانه به عنوان متغیر تابع (Y) و سایر صفات به عنوان متغیرهای مستقل در نظر گرفته شدند. در شرایط آبیاری نرمال، صفات عرض دانه (X1)، ارتفاع بوته (X2) و درصد باروری دانه (X3) به عنوان متغیرهای پیشگوئی‌کننده‌رتبه اول برای عملکرد دانه وارد مدل شدند. ضریب تبیین (R^2) برای این رابطه رگرسیونی ۰/۵۲ برآورد گردید که نشان داد حدود نیمی از تغییرات متغیر تابع توسط رابطه خطی موجود و با استفاده از این متغیرهای پیشگوئی‌کننده‌توجیه می‌شود. در تطابق با نتیجه تحقیق حاضر، رحیم سروش و همکاران (۳۳)، بلوچزهی و کیانی (۷)، گوهری و همکاران (۱۵) و باقری و همکاران (۵) با استفاده از تجزیه رگرسیون گام به گام نشان دادند که صفات تعداد دانه در خوشه و تعداد پنجه بارور وارد مدل رگرسیونی شدند و بیشترین تغییرات عملکرد دانه را توجیه کردند. این مدل در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار و معادله رگرسیونی آن به صورت زیر به دست آمد:

$$Y= ۲۶۳۸/۳۲ + ۵۱۰/۳۲ X_۱ - ۱۷/۶۶ X_۲ + ۳۵/۵۹ X_۳$$

تجزیه رگرسیون گام به گام در شرایط تنش خشکی نشان داد که صفات طول میانگره (X1)، درصد باروری دانه (X2) و تعداد پنجه در بوته (X3) حدود ۵۵ درصد از تغییرات عملکرد دانه (Y) را توجیه می‌نمودند.

$$Y= ۳۹۷۸/۰۰ - ۷۰/۳۴ X_۱ + ۲۴/۵۲ X_۲ - ۶۴/۹۱ X_۳$$

به نظر می‌رسد که می‌توان از صفات فوق در جهت بهبود عملکرد دانه برنج و انجام گزینش برای نیل به نتاجی با عملکرد بالا استفاده کرد. با این وجود، صرفاً بر اساس نتایج تجزیه رگرسیون و همبستگی نمی‌توان به معرفی شاخصی مناسب برای بهبود عملکرد از طریق انتخاب پرداخت و با بررسی اثرات مستقیم و غیرمستقیم صفات از طریق تجزیه علیت و تفسیر نتایج حاصل از آن، اطلاعات دقیق‌تر و قابل قبول‌تری در این زمینه ارایه خواهد شد (۳۶).

با استفاده از تجزیه علیت مشخص می‌شود که همبستگی صفات با عملکرد دانه به علت اثر مستقیم آنها بر روی عملکرد و یا در نتیجه اثر غیرمستقیم آنها از طریق سایر صفات است. اگر همبستگی بین عملکرد و یک صفت به علت اثر مستقیم آن صفت باشد، این مطلب منعکس‌کننده یک رابطه واقعی بین آنها است و لذا می‌توان صفت مذکور را به منظور اصلاح عملکرد انتخاب نمود، اما اگر این همبستگی اصولاً به علت اثر غیرمستقیم صفت از طریق صفت دیگر باشد، در این صورت عمل انتخاب را باید بر روی صفتی انجام داد که سبب اثر غیرمستقیم شده است (۴۸). در شرایط آبیاری نرمال زمانیکه صفت عملکرد دانه به عنوان متغیر وابسته در نظر گرفته شد، صفات عرض دانه (۰/۲۲۸)، ارتفاع بوته (۰/۷۶۹-) و درصد باروری دانه (۰/۵۹۶) به عنوان متغیرهای اصلی وارد مدل شدند (جدول ۵ و شکل ۱). با توجه به میزان ضریب تبیین، ۵۲٪ از تغییرات عملکرد دانه توسط سه صفت فوق توجیه شد. صفت عرض دانه علاوه بر اثر مستقیم مثبت بر عملکرد دانه دارای اثر غیرمستقیم مثبت از طریق صفت درصد باروری دانه بر عملکرد دانه هم بود. با وجود آنکه صفت ارتفاع بوته دارای اثر مستقیم منفی بر عملکرد دانه بود، از طریق تأثیر مثبت بر درصد باروری دانه، به‌طور مثبت و غیرمستقیم عملکرد دانه را تحت تأثیر خود قرار داد، به همین دلیل همبستگی بین ارتفاع بوته و عملکرد دانه نسبت به اثر مستقیم ارتفاع بوته بر عملکرد دانه کوچکتر بود. صفت درصد باروری دانه نیز علاوه بر اثر مثبت بر عملکرد دانه به طور غیر مستقیم نیز از طریق صفت عرض دانه بر عملکرد دانه تأثیر مثبت داشت.

در گام دوم تجزیه علیت برای صفات وارد شده در مدل در مرحله اول، صفات عرض دانه، ارتفاع بوته و درصد باروری دانه به عنوان متغیر وابسته در نظر گرفته شدند. برای صفت عرض دانه هیچ‌کدام از متغیرها وارد مدل نشدند. صفات درصد باروری دانه (۰/۵۴۲) و طول میانگره (۰/۴۴۵) به عنوان متغیرهای پیش‌گویی‌کننده برای ارتفاع بوته وارد مدل شدند. اثرات غیرمستقیم هر کدام از این صفات از طریق صفت دیگر بر ارتفاع بوته ناچیز بود. این متغیرها حدود ۴۶ درصد از تغییرات ارتفاع بوته را توجیه نمودند (جدول ۶). صفت درصد باروری دانه به‌صورت مثبت تحت تأثیر صفات تعداد دانه پر در خوشه (۰/۲۰۱)، عرض برگ پرچم (۰/۰۸۷) و تعداد پنجه (۰/۰۲۵) و به صورت منفی تحت تأثیر تعداد دانه پوک در خوشه (۰/۹۹۷-) قرار داشت. صفت عرض برگ پرچم که با درصد باروری دانه همبستگی منفی بالایی (۰/۸۳۸-) داشت، اثر مستقیم مثبت بر این صفت وابسته داشت که دلیل همبستگی منفی بین آن دو، اثرات غیرمستقیم عرض برگ پرچم بر درصد باروری دانه از طریق سایر صفات بود. این صفات ۹۹ درصد از تغییرات درصد باروری دانه را توجیه نمودند (جدول ۷).

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-23]

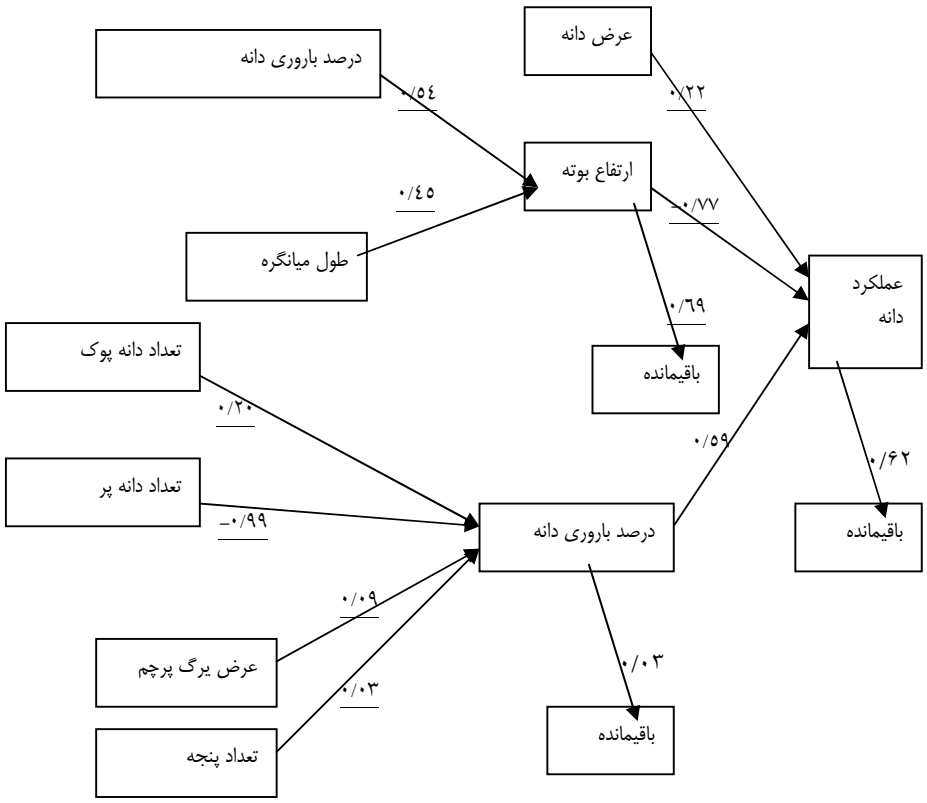
[DOI: 10.29252/jcb.10.27.180]

جدول ۵- اثرات مستقیم+ و غیرمستقیم متغیرهای مستقل بر عملکرد دانه به عنوان متغیر وابسته در شرایط آبیاری نرمال
Table 5. Direct (under lined) and indirect path coefficient on grain yield in normal irrigation condition

متغیر	عرض دانه	ارتفاع بوته	درصد باروری دانه	اثر کل یا همبستگی با متغیر وابسته
عرض دانه	۰/۲۲	۰/۰۰۴	۰/۱۲	۰/۵۴
ارتفاع بوته	-۰/۰۱۶	-۰/۷۷	-۰/۴۴	-۰/۴۳
درصد باروری دانه	۰/۳۱	۰/۳۴	۰/۶۰	۰/۲۸
ضریب تبین (R^2=۰/۵۲)			اثرات باقیمانده ($\sqrt{1-R^2}$ =۰/۶۲)	

+ زیر اثرات مستقیم خط کشیده شده است.

در مجموع در شرایط آزمایش حاضر، صفات عرض دانه و درصد باروری دانه (به عنوان متغیرهای رتبه اول)، عرض برگ پرچم، تعداد دانه پر در خوشه، تعداد پنجه و طول میانگره (به عنوان متغیرهای رتبه دوم) در شرایط آبیاری نرمال، بر عملکرد دانه تأثیر مثبت داشتند (شکل ۱). صفت عرض دانه با وجود آنکه اثر مستقیم آن بر روی عملکرد دانه پایین بود، بواسطه اثرات غیرمستقیم آن از طریق سایر صفات، همبستگی مثبت بالایی با عملکرد دانه نشان داد.



شکل ۱- دیاگرام ضرایب علیت در شرایط آبیاری نرمال
Figure 1. Path coefficients diagram in normal irrigation condition

لاین‌های ۱ (TM6-230-VE-7-5-1)، ۶ (TM6-B-19-2) و ۱۳ (HM5-300-5-1) دارای بیشترین میزان عرض دانه (به‌ترتیب برابر با ۲/۶۷، ۲/۷۰ و ۲/۶۰ میلی‌متر) و درصد باروری دانه (به‌ترتیب برابر با ۹۴/۳۳، ۹۴/۰۵ و ۹۵/۶۱ درصد) بودند. همچنین ژنوتیپ‌های ۱۴ (KM5-200-4-2-E)، ۱۶ (هاشمی) و ۱۸ (گیلانه) بیشترین مقدار عرض برگ پرچم (به‌ترتیب ۱/۴۷، ۱/۳۰ و ۱/۳۰ سانتی‌متر) را دارا بودند. لاین‌های ۱۳ (HM5-300-5-1)، ۱۴ (KM5-200-4-2-E) و ۹ (HM5-250-7-1) دارای بیشترین میزان طول میانگره (به‌ترتیب برابر با ۵۷/۸۳، ۴۸/۰۰ و ۴۷/۳۳ سانتی‌متر) بودند.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-23]
[DOI: 10.29252/jcb.10.27.180]

بیشترین تعداد پنجه در رقم گیلانه (۲۴ عدد) مشاهده شد. ژنوتیپ های ۱۱ (HM5-300-E-1)، ۱۲ (HM5-300-3-1)، ۱۳ (HM5-300-5-1) و ۱۸ (گیلانه) دارای بیشترین تعداد دانه پر در خوشه (به‌ترتیب با مقادیر برابر با ۱۳۳، ۱۲۶، ۱۲۳ و ۱۳۸) بودند. ژنوتیپ‌های ۱ (TM6-230-VE-7-5-1) و ۴ (TM6-B-2-1-E) با مقادیر برابر با ۴۹۱۴/۷ و ۴۹۵۵/۷ کیلوگرم در هکتار دارای بیشترین عملکرد دانه بودند (جدول ۸). بنابراین در مجموع، لاین‌های ۱ (TM6-230-VE-7-5-1)، ۱۰ (HM5-250-7-6) و ۱۳ (HM5-300-5-1)، با توجه به دارا بودن مقادیر بالای صفات تأثیرگذار بر عملکرد دانه، می‌توانند به عنوان ژنوتیپ‌های مناسب جهت استفاده در تلاقی‌ها برای رسیدن به عملکرد پایدار در شرایط آبیاری نرمال استفاده شوند. صفت تعداد دانه پر در هر خوشه می‌تواند برای اصلاح عملکرد دانه در بوته، با گزینش برای تعداد دانه‌های پر بیشتر در خوشه به خوبی مورد استفاده قرار گیرد. همچنین تعداد دانه‌های پوک به صورت متغیر رتبه دوم اثر مستقیم منفی بر عملکرد دانه داشت، بنابراین انتخاب برای تعداد دانه‌های پوک کمتر در خوشه، می‌تواند در جهت افزایش عملکرد دانه موفق‌آمیز باشد. در ارتباط با تأثیر مثبت عرض برگ پرچم بر عملکرد دانه تصور می‌شود که سطح برگ در مراحل اولیه رشد، تعیین‌کننده تفاوت‌های موجود بین ارقام برنج از لحاظ سطح برگ، قدرت پنجه‌زنی و توان اولیه گیاهچه‌ها باشد. هنگامی‌که سطح ویژه برگ بالا است، برای تولید مقدار مشخصی سطح برگ، مواد فتوسنتزی کمتری مورد نیاز است، این امر سبب می‌شود که سطح زمین سریعتر توسط برگ‌ها پوشانیده شود و در نتیجه میزان جذب نور و تولید مواد فتوسنتزی در ابتدای فصل رشد افزایش یابد (۱۲). برگ پرچم برخلاف سایر برگ‌های گیاه تا زمان زسیدگی سبز است و موجب می‌شود مواد فتوسنتزی مورد نیاز گیاه در هنگام رسیدگی برای آن فراهم شود. طول و عرض برگ از طریق تأثیرگذاری بر میزان سطح برگ از جمله صفاتی هستند که در فعالیت‌های فتوسنتزی مشارکت دارند. تصور بر این است که برخورداری از شاخص سطح برگ مطلوب به واسطه داشتن طول و عرض بیشتر در مراحل اولیه رشد ویژگی مناسبی برای گیاه باشد، چرا که این ویژگی در نهایت روی عملکرد تأثیرگذار خواهد بود (۴۱).

جدول ۶- اثرات مستقیم+ و غیرمستقیم متغیرهای مستقل بر ارتفاع بوته به عنوان متغیر وابسته در شرایط آبیاری نرمال

Table 6. Direct (under lined) and indirect path coefficient on plant height in normal irrigation condition

متغیر	درصد باروری دانه	طول میانگره	اثر کل یا همبستگی با متغیر وابسته
درصد باروری دانه	۰/۵۴	۰/۰۳۴	۰/۵۷
طول میانگره	۰/۰۲۶	۰/۴۵	۰/۴۸
ضریب تبیین (R^2=۰/۴۶)		اثرات باقیمانده ($\sqrt{1-R^2}$ =۰/۶۹)	

+ زیر اثرات مستقیم خط کشیده شده است.

جدول ۷- اثرات مستقیم+ و غیرمستقیم متغیرهای مستقل بر درصد باروری دانه به عنوان متغیر وابسته در شرایط آبیاری نرمال

Table 7. Direct (under lined) and indirect path coefficient on grain productivity in normal irrigation condition

متغیر	تعداد دانه پر در خوشه	تعداد دانه پوک در خوشه	عرض برگ پرچم	تعداد پنجه بارور	اثر کل یا همبستگی با متغیر وابسته
تعداد دانه پر در خوشه	۰/۲۰	-۰/۰۱۹	-۰/۰۳۴	۰/۰۳۹	۰/۲۹
تعداد دانه پوک در خوشه	۰/۰۹	-۰/۹۹	-۰/۸۸	۰/۳۲	-۰/۴۲
عرض برگ پرچم	-۰/۰۱۴	۰/۰۷۴	۰/۰۹	-۰/۰۴	-۰/۸۴
تعداد پنجه بارور	۰/۰۰۵	-۰/۰۰۷	-۰/۰۱	۰/۰۳	۰/۳۵
ضریب تبین (R^2=۰/۹۹)			اثرات باقیمانده ($\sqrt{1-R^2}$ =۰/۰۲۹)		

+ زیر اثرات مستقیم خط کشیده شده است.

تجزیه علیت در شرایط تنش خشکی نشان داد که صفات طول میانگره (۰/۵۹۸-) و تعداد پنجه (۰/۴۰۶-) اثر مستقیم منفی و صفت درصد باروری دانه (۰/۶۰۳) اثر مستقیم مثبت بر روی عملکرد دانه داشتند. این صفات ۵۵ درصد از تغییرات عملکرد دانه را تحت شرایط تنش خشکی توجیه می‌نمودند. بررسی اثرات غیرمستقیم نشان داد که علی‌رغم اینکه صفات طول میانگره و تعداد پنجه دارای اثر مستقیم منفی بر عملکرد دانه بودند، هر کدام از طریق دیگری اثر مثبت غیرمستقیم بر عملکرد دانه داشتند. همچنین صفت تعداد پنجه از طریق هر دو صفت طول میانگره و درصد باروری دانه دارای اثر غیرمستقیم مثبت بر عملکرد دانه بود (جدول ۹).

در مرحله بعد صفات طول میانگره، تعداد پنجه و درصد باروری دانه به عنوان متغیرهای وابسته در نظر گرفته شدند. هیچ‌کدام از صفات به عنوان متغیرهای پیش‌گوئی‌کننده برای طول میانگره و تعداد پنجه وارد مدل نشدند (شکل ۲). برای صفت درصد باروری دانه، متغیرهای عرض دانه (۰/۶۰۳)، تعداد پنجه (۰/۵۶۱) و عرض برگ پرچم (۰/۳۷۴-) وارد مدل شدند و در مجموع ۷۰ درصد از تغییرات درصد باروری دانه را توجیه نمودند (جدول ۱۰). صفت عرض دانه دارای اثر غیرمستقیم منفی از طریق تعداد پنجه و مثبت از طریق عرض برگ پرچم بر درصد باروری دانه بود. صفت تعداد پنجه علی‌رغم اثر مستقیم مثبت بر درصد باروری دانه، دارای اثر غیرمستقیم منفی از طریق دو صفت دیگر بود. همچنین صفت عرض برگ پرچم دارای اثر مثبت غیرمستقیم از طریق عرض دانه و منفی از طریق تعداد پنجه بر درصد باروری دانه بود (جدول ۱۰).

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-23]

[DOI: 10.29252/jcb.10.27.180]

جدول ۸- میانگین عملکرد دانه و صفات مؤثر بر آن در شرایط آبیاری نرمال

Table 8. Mean comparison of grain yield and its components in normal irrigation condition

ژنوتیپ	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	عرض دانه (میلی‌متر)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	درصد باروری دانه	طول میانگره (سانتی‌متر)	تعداد دانه پوک در خوشه	تعداد دانه پر در خوشه	عرض برگ پرچم (سانتی‌متر)	تعداد پنجه
TM6-230-VE-7-5-1	۴۹۱۴/۷	۲/۶۷	۱۵۱/۶۷	۹۴/۳۳	۴۰/۵۰	۷	۱۱۸	۱/۱۲	۱۳
TM6-230-VE-8-4-1	۴۵۸۷/۰	۲/۶۷	۱۵۱/۰۰	۸۹/۷۵	۳۷/۸۳	۱۱	۹۴	۱/۱۰	۲۰
TM6-250-10-7-1	۴۷۸۴/۰	۲/۶۷	۱۵۴/۳۳	۸۹/۸۱	۴۱/۱۷	۱۲	۱۰۶	۱/۰۷	۱۸
TM6-B-2-1-E	۴۹۵۵/۷	۲/۶۷	۱۳۴/۶۷	۸۸/۸۹	۳۹/۸۳	۱۲	۱۰۱	۱/۱۱	۱۹
TM6-B-7-1	۴۷۶۱/۳	۲/۶۷	۱۳۶/۶۷	۹۲/۷۱	۴۲/۱۷	۸	۱۰۷	۱/۱۷	۱۹
TM6-B-19-2	۴۲۴۸/۰	۲/۷۰	۱۵۳/۰۰	۹۴/۰۵	۴۰/۵۰	۷	۱۱۳	۱/۰۹	۲۰
HM5-250-E-1-1	۴۶۳۳/۰	۲/۶۰	۱۴۸/۳۳	۸۹/۲۵	۴۴/۸۳	۱۴	۱۱۶	۱/۰۸	۱۴
HM5-250-E-3-2	۴۴۲۸/۳	۲/۴۷	۱۵۲/۶۷	۸۹/۷۰	۴۴/۵۰	۱۱	۹۶	۱/۰۷	۱۵
HM5-250-7-1	۴۶۴۵/۰	۲/۳۰	۱۵۷/۰۰	۹۲/۴۷	۴۷/۳۳	۹	۱۱۱	۱/۱۰	۱۵
HM5-250-7-6	۴۶۶۶/۷	۲/۳۰	۱۵۰/۰۰	۹۱/۸۱	۴۴/۱۷	۱۰	۱۰۹	۱/۰۳	۲۱
HM5-300-E-1	۴۰۷۸/۳	۲/۴۷	۱۶۲/۶۷	۸۹/۸۲	۴۶/۸۳	۱۵	۱۳۳	۱/۰۷	۲۱
HM5-300-3-1	۴۵۷۲/۳	۲/۵۳	۱۴۶/۶۷	۹۱/۲۹	۴۱/۵۰	۱۲	۱۲۶	۰/۹۷	۲۰
HM5-300-5-1	۴۴۷۳/۳	۲/۶۰	۱۵۹/۰۰	۹۵/۶۱	۵۷/۸۳	۶	۱۲۳	۱/۰۶	۲۱
KM5-200-4-2-E	۴۳۷۸/۰	۲/۳۳	۱۲۴/۰۰	۷۳/۲۴	۴۸/۰۰	۳۶	۱۰۰	۱/۴۷	۱۵
خزر	۴۰۲۱/۷	۲/۴۰	۱۵۶/۳۳	۸۷/۳۰	۴۵/۰۰	۱۵	۱۰۵	۱/۱۰	۱۸
هاشمی	۴۱۵۷/۳	۲/۳۰	۱۳۳/۰۰	۷۵/۶۷	۴۴/۵۰	۳۱	۹۷	۱/۳۰	۱۳
طارم	۳۵۹۶/۷	۲/۳۰	۱۶۸/۶۷	۸۷/۸۰	۴۴/۶۷	۱۶	۱۱۶	۱/۱۱	۱۸
گیلانه	۴۷۷۹/۰	۲/۴۷	۱۰۴/۶۷	۸۴/۲۷	۳۲/۶۷	۲۶	۱۳۸	۱/۳۰	۲۴
میانگین	۴۴۸۲/۲۴	۲/۵۱	۱۴۶/۹۱	۸۸/۷۶	۴۳/۵۵	۱۴/۴۳	۱۱۱/۶۱	۱/۱۳	۱۷/۹۱
LSD	۳۴۳/۶۸	۰/۱۲	۵/۸۰	۴/۹۳	۳/۶۹	۶/۷۶	۲۰/۰۷	۰/۰۹۲	۳/۳۵

LSD: حداقل اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪

جدول ۹- اثرات مستقیم+ و غیرمستقیم متغیرهای مستقل بر عملکرد دانه به عنوان متغیر وابسته در شرایط تنش خشکی

Table 9. Direct (under lined) and indirect path coefficient on grain yield in drought stress condition

متغیر	طول میانگره	درصد باروری دانه	تعداد پنجه بارور	اثر کل یا همبستگی با متغیر وابسته
طول میانگره	−۰/۶۰	۰/۰۰۴	۰/۰۹	−۰/۵۴
درصد باروری دانه	−۰/۰۰۴	۰/۶۰	۰/۲۳	۰/۴۵
تعداد پنجه بارور	۰/۰۶۳	−۰/۱۶	−۰/۴۱	−۰/۰۷۷
ضریب تبین (R^2=۰/۵۵)		اثرات باقیمانده ($\sqrt{1-R^2}$ =۰/۶۱)		

+ زیر اثرات مستقیم خط کشیده شده است.

در شرایط تنش خشکی، از بین صفات مورد مطالعه، متغیرهای درصد باروری دانه و عرض دانه بیشترین تأثیر مستقیم و غیرمستقیم از طریق سایر صفات را بر روی عملکرد دانه داشتند. همبستگی این دو صفت نیز با عملکرد دانه بالا بود. صفت تعداد پنجه علی‌رغم همبستگی منفی ناچیز و اثر مستقیم منفی بر عملکرد دانه، از طریق درصد باروری دانه و طول میانگره اثر غیرمستقیم مثبت بر عملکرد دانه داشت و همچنین جزء متغیرهای رتبه دوم تأثیرگذار بر عملکرد دانه از طریق درصد باروری دانه بود (شکل ۲). اثرات مثبت و مستقیم صفات درصد باروری دانه، عرض دانه و تعداد پنجه بر عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی نشان می‌دهد که این صفات می‌توانند به عنوان شاخص‌های قابل اعتماد برای ارزیابی ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا در شرایط تنش خشکی در نظر گرفته شوند. همچنین در شرایط تنش خشکی صفات طول میانگره و عرض برگ پرچم به‌ترتیب دارای اثرات رتبه اول و رتبه دوم منفی بر عملکرد دانه بودند، بنابراین این صفات نمی‌توانند شاخص‌های قابل اعتمادی جهت انتخاب ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در شرایط تنش خشکی باشند. افزایش تعداد دانه پوک، کاهش تعداد دانه پر، طول خروج خوشه از غلاف، درصد باروری دانه و تعداد پنجه بارور منجر به کاهش عملکرد در شرایط تنش خشکی شده است. این امر نشان‌دهنده آن است که در لاین‌های مورد مطالعه، در اثر تنش خشکی در مرحله زایشی، سطح سبز برگ و دوام آن کاهش یافته و متعاقب آن تولید مواد فتوسنتزی و افزایش رقابت درون‌بوته‌ای، تعداد پنجه بارور و در نتیجه تعداد دانه پر کمتری تولید شد، که در نهایت منجر به کاهش عملکرد دانه گردید. در شرایط تنش خشکی، لاین‌های ۱ (TM6-230-VE-7-5-1) و ۷ (HM5-250-E-1-1) دارای

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-23]

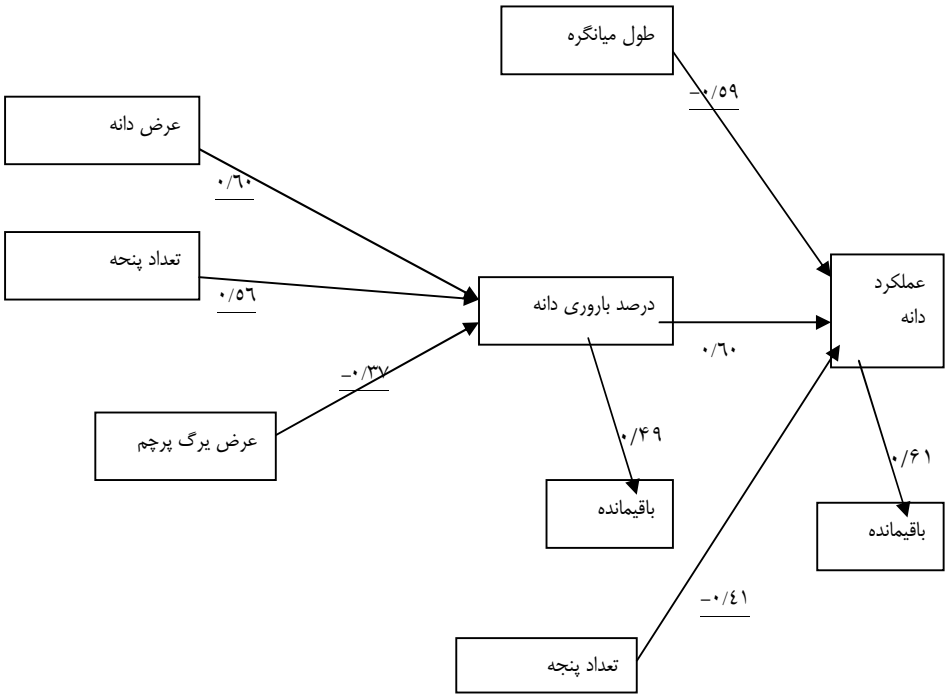
[DOI: 10.29252/jcb.10.27.180]

بیشترین میزان عملکرد دانه (به‌ترتیب برابر با ۲۷۸۸/۳ و ۲۳۷۵ کیلوگرم در هکتار) بودند. همچنین لاین‌های ۲ (TM6-230-VE-8-4-1)، ۳ (TM6-250-10-7-1)، ۴ (TM6-B-2-1-E) و ۱۳ (HM5-300-5-1) نیز دارای عملکردی بیشتر از میانگین بودند. لاین‌های ۳ (TM6-250-10-7-1)، ۴ (TM6-B-2-1-E)، ۷ (HM5-250-E-1-1)، ۸ (HM5-250-E-3-2)، ۱۲ (HM5-300-3-1) و ۱۳ (HM5-300-5-1) به‌ترتیب با مقادیر ۸۳/۹۸، ۸۴، ۸۴/۲۹، ۸۰/۱۲، ۸۳/۹۵ و ۸۲/۳۷ درصد دارای بیشترین باروری دانه بودند. لاین‌های ۱ (TM6-230-VE-7-5-1)، ۴ (TM6-B-2-1-E) و ۷ (HM5-250-E-1-1) دارای بیشترین میزان عرض دانه (به‌ترتیب برابر با ۲/۷۳، ۲/۶۷ و ۲/۶۷ میلی‌متر) بودند. ژنوتیپ‌های ۸ (HM5-250-E-3-2)، ۱۰ (HM5-250-7-6) و ۱۸ (گیلانه) دارای بیشترین تعداد پنجه بارور (به‌ترتیب برابر با ۲۱، ۱۹ و ۲۰) بودند. بیشترین و کمترین میزان طول میانگره (به‌ترتیب برابر با ۴۶/۳۳ و ۳۱/۶۷سانتی‌متر) در لاین‌های ۸ (HM5-250-E-3-2) و ۱ (TM6-230-VE-7-5-1) مشاهده شد (جدول ۱۱).

همانطور که ملاحظه گردید صفات درصد باروری دانه، عرض دانه و تعداد پنجه از صفات تأثیرگذار بر عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی بودند و می‌توانند به عنوان متغیرهای مناسب جهت انتخاب ارقامی با قابلیت تحمل به شرایط تنش خشکی از بین لاین‌های مورد مطالعه استفاده شوند. میزان این صفات در ژنوتیپ‌های ۱ (TM6-230-VE-7-5-1)، ۷ (HM5-250-E-1-1)، ۱۱ (HM5-300-E-1) و ۱۳ (HM5-300-5-1) بیشترین مقادیر را نشان می‌داد و بنابراین این ژنوتیپ‌ها می‌توانند در زمینه تولید ارقام مقاوم به خشکی از طریق فرآیندهای انتخاب به کار گرفته شوند. همچنین در شرایط تنش خشکی، طول خروج خوشه در مقایسه با آبیاری نرمال کمتر بود که این نشان می‌دهد تنش خشکی باعث کاهش خروج خوشه از غلاف شده است که منتج به افزایش نرعقیمی و پوکی دانه‌های برنج می‌شود (۱۴). در ارتباط با اثر مستقیم منفی تعداد پنجه در بوته بر عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی، به نظر می‌رسد که در شرایط تنش خشکی یکی از راه‌های مقابله با تنش خشکی کاسته شدن از تعداد پنجه‌ها باشد. در این راستا، هیوارد (۲۰) اظهار داشت که افزایش ظرفیت پنجه‌زنی ممکن است در اقلیم‌های خشک نامناسب باشد، زیرا این امر موجب تخلیه سریع‌تر رطوبت خاک شده و گیاه در مراحل پایانی دوره رشدی با کمبود آب مواجه خواهد شد. از طرفی اثر مستقیم این صفت بر درصد باروری دانه مثبت شده است که نشان می‌دهد در شرایط تنش خشکی کاهش تعداد پنجه‌و در نتیجه افزایش دانه‌های پر در هر خوشه می‌تواند سبب افزایش تحمل گیاه به تنش شود. برخلاف توجیه فوق، کاتون و همکاران (۹) از قدرت پنجه‌زنی به عنوان یک صفت موثر در افزایش توانایی رقابتی یاد کردند. آنها اظهار داشتند که رشد زیادتر ممکن است از طریق افزایش سطح برگ و در نتیجه تولید مقدار مواد فتوسنتری بیشتر، پتانسیل تولید پنجه را افزایش دهد، از طرفی در اثر پنجه‌زنی زیادتر، ممکن است سطح برگ افزایش یافته و این امر منجر به رشد بیشتر گردد. یکی از مهمترین دلایل اثرات خشکی، ممانعت از رشد طولی بالاترین میانگره یعنی دمگل است که منجر به باقی ماندن خوشه درون غلاف برگ پرچم و از دست رفتن محصول می‌شود (۱۱). به این ترتیب، اگر تنش خشکی طی دوره رشد دمگل به وقوع بپیوندد، بسته به شدت تنش، فرآیند خروج خوشه کند شده یا متوقف می‌گردد. با آبیاری مجدد ممکن است دمگل رشد طولی خود را از سر بگیرد، اما معمولاً به طول نهایی لازم نرسیده، بخش عمده‌ای از خوشه درون غلاف برگ پرچم باقی می‌ماند.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-23]

[DOI: 10.29252/jcb.10.27.180]



شکل ۲- دیاگرام ضرایب علیت در شرایط تنش خشکی
Figure 2. Path coefficients diagram in drough stress condition

جدول ۱۰- اثرات مستقیم+ و غیرمستقیم متغیرهای مستقل بر درصد باروری دانه به عنوان متغیر وابسته در شرایط تنش خشکی
Table 10. Direct (under lined) and indirect path coefficient on grain productivity in drought stress condition

متغیر	عرض دانه	تعداد پنجه بارور	عرض برگ پرچم	اثر کل یا همبستگی با متغیر وابسته
عرض دانه	۰/۶۰	-۰/۰۶۷	-۰/۱۸	۰/۶۵
تعداد پنجه بارور	-۰/۰۶۳	۰/۵۶	۰/۱۶	۰/۳۹
عرض برگ پرچم	۰/۱۱	-۰/۱۱	-۰/۳۷	-۰/۳۹
ضریب تبین (R^2=۰/۷۰)			اثرات باقیمانده ($\sqrt{1-R^2}$ =۰/۴۹)	

+ زیر اثرات مستقیم خط کشیده شده است.

جدول ۱۱- میانگین عملکرد دانه و صفات مؤثر بر آن در شرایط تنش خشکی
Table 11. Mean comparison of grain yield and its components in drough stress condition

ژنوتیپ	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	عرض دانه (میلی‌متر)	درصد باروری دانه	طول میانگره (سانتی‌متر)	عرض برگ پرچم (سانتی‌متر)	تعداد پنجه
TM6-230-VE-7-5-1	۲۷۸۸/۳	۲/۷۳	۶۲/۹۴	۳۱/۶۷	۱/۱۳	۱۶
TM6-230-VE-8-4-1	۲۱۶۳/۰	۲/۶۳	۷۱/۴۸	۳۵/۳۳	۱/۰۰	۱۴
TM6-250-10-7-1	۲۱۷۸/۳	۲/۴۷	۸۳/۹۸	۳۵/۰۰	۱/۰۰	۱۷
TM6-B-2-1-E	۲۱۹۴/۰	۲/۶۷	۸۴/۰۰	۳۵/۶۷	۱/۰۳	۱۵
TM6-B-7-1	۱۹۶۵/۷	۲/۷۰	۷۷/۶۰	۳۵/۰۰	۱/۱۰	۱۳
TM6-B-19-2	۱۹۷۱/۰	۲/۵۰	۷۰/۵۱	۴۰/۶۷	۱/۱۷	۱۴
HM5-250-E-1-1	۲۳۷۵/۰	۲/۶۷	۸۴/۲۹	۴۱/۳۳	۱/۰۳	۱۷
HM5-250-E-3-2	۱۶۹۶/۷	۲/۴۷	۸۰/۱۲	۴۶/۳۳	۰/۹۰	۲۱
HM5-250-7-1	۱۶۸۴/۳	۲/۴۷	۷۲/۵۴	۴۴/۰۰	۰/۷۷	۱۶
HM5-250-7-6	۱۶۳۷/۷	۲/۳۳	۷۶/۳۵	۴۲/۳۳	۱/۰۰	۱۹
HM5-300-E-1	۱۸۷۷/۷	۲/۴۷	۷۷/۸۴	۳۸/۰۰	۰/۹۷	۱۵
HM5-300-3-1	۱۷۲۲/۷	۲/۵۰	۸۳/۹۵	۳۹/۰۰	۱/۰۰	۱۵
HM5-300-5-1	۲۰۲۴/۰	۲/۵۳	۸۲/۳۷	۳۸/۰۰	۱/۰۰	۱۳
KM5-200-4-2-E	۷۲۶/۳	۲/۱۳	۴۳/۶۷	۳۸/۰۰	۱/۱۳	۱۰
خزر	۶۴۲/۷	۲/۳۰	۶۷/۰۰	۴۷/۶۷	۰/۹۷	۱۵
هاشمی	۱۶۲۰/۷	۲/۱۰	۴۲/۶۳	۳۹/۰۰	۱/۱۰	۱۲
طارم	۱۸۵۹/۳	۲/۲۰	۶۲/۴۱	۴۴/۰۰	۱/۱۷	۱۵
گیلانه	۱۵۷۵/۶۷	۲/۱۷	۶۹/۲۰	۳۵/۳۳	۱/۳۳	۲۰
میانگین	۱۸۱۶/۸۳	۲/۴۴	۷۱/۸۳	۳۹/۲۴	۱/۰۴	۱۵/۳۵
LSD	۲۹۵/۹۴	۰/۱۲	۱۰/۸۵	۳/۵۷	۰/۰۸	۳/۵۶

LSD: حداقل اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-23]
[DOI: 10.29252/jcb.10.27.180]

مجموع نتایج تجزیه رگرسیون و علیت حاکی از تأثیر مثبت صفات عرض دانه، درصد باروری دانه، عرض برگ پرچم، تعداد دانه پر در خوشه، تعداد پنجه و طول میانگره در شرایط آبیاری نرمال و صفات درصد باروری دانه، عرض دانه و تعداد پنجه در شرایط تنش خشکی بر روی عملکرد دانه بود و در نتیجه امکان بهبود عملکرد دانه با استفاده از متغیرهای فوق وجود دارد. در تطابق با نتایج تحقیق حاضر اثر مثبت تعداد پنجه بارور (خوشه) در بوته (۳۳،۳۴،۴۲،۱۸،۱۵،۱۰،۱،۴،۶،۷)، تعداد دانه پر در خوشه (۳۲،۲۷)، پاکوتاهی (۳۶،۱۹)، عرض دانه (۳۹)، درصد باروری دانه (۴) و عرض برگ پرچم (۳۸،۳۷) برعملکرد دانه برنج گزارش شده است. همچنین در تطابق با نتایج تحقیق حاضر، غیاثی اسکوئی و همکاران (۱۵) و سورک و بیسر (۴۴) نیز گزارش نمودند که تعداد دانه پر یکی از اجزای اصلی عملکرد در برنج است و می‌تواند به عنوان معیاری جهت انتخاب ارقام و لاین‌های پر محصول انتخاب شود. با توجه به نتایج این تحقیق، در نسل‌های اولیه اصلاحی که معمولاً وراثت‌پذیری عملکرد دانه متوسط می‌باشد، می‌توان در شرایط آبیاری نرمال، از صفات تعداد پنجه بارور، طول خروج خوشه، درصد باروری و طول و عرض دانه و در شرایط تنش خشکی از صفات عرض برگ پرچم، طول خروج خوشه از غلاف، تعداد دانه پر، درصد باروری و طول و عرض دانه که اثرات مستقیم و غیرمستقیم مثبت و همچنین همبستگی بالایی با عملکرد دانه داشتند و از وراثت‌پذیری بالایی هم برخوردار بودند، در جهت بهبود ژنتیکی عملکرد دانه استفاده نمود. با توجه به اینکه تعداد خوشه بارور (پنجه) و درصد باروری دانه که ناشی از تعداد دانه پر در هر خوشه است، در هر دو شرایط آبیاری نرمال و تنش خشکی اثر مثبت بر عملکرد دانه داشتند، به نظر می‌رسد که مخزن یا ظرفیت ذخیره‌ای بزرگی که به وسیله تعداد بیشتر دانه پر در هر خوشه حاصل می‌شود، مزیتی برای دستیابی به عملکرد بیشتر باشد. از طرفی تعداد خوشه به طور بالقوه باعث افزایش عملکرد می‌شود، زیرا تغییر دادن تعداد خوشه، سطح برگ یا منبع فتوسنتزکننده و نیز ظرفیت مخزن یا محل ذخیره مواد در گیاه را افزایش می‌دهد. بنابراین خصوصیاتی که دارای تقدم بروز هستند، می‌توانند آثار مستقیمی بر تولید داشته باشند و همچنین از طریق سایر صفاتی که در مراحل بعدی رشد و نمو گیاه ظاهر می‌شوند، اثر غیر مستقیمی بر عملکرد داشته باشند (۴۵). همچنین از آنجا که صفت تعداد ساقه بارور (پنجه) در مراحل خوشه‌دهی تا رسیدن قابل اندازه‌گیری است، بنابراین با توجه به اثر مستقیم بالا و همبستگی مثبت و معنی‌دار با عملکرد دانه و وراثت‌پذیری بالا به همراه پیشرفت ژنتیکی بالا، امکان انتخاب رقم با عملکرد دانه بالا قبل از رسیدن دانه از طریق این صفت امکان‌پذیر است. در تحقیق حاضر تأثیر منفی ارتفاع بوته بر عملکرد دانه در هر دو شرایط آبیاری نرمال (به عنوان متغیر رتبه اول) و شرایط تنش (با توجه به همبستگی منفی) ملاحظه گردید، که به نظر می‌رسد که ساقه کوتاه که از خصوصیات مورفولوژیکی در ارقام برنج اصلاح‌شده است، نقش عمده‌ای در عملکرد بالای برنج داشته باشد و ساقه کوتاه و محکم باعث می‌شود که برنج مقاومت بیشتری در مقابل ورس داشته باشد و مصرف زیاد ازت را تحمل نماید، در حالیکه یک گیاه پابلندتر حساسیت بیشتری به ورس داشته و واکنش کمتری به مصرف ازت دارد. همچنین در این ارتباط مشخص شده است که ارقام پاکوتاه تنفس ساقه کمی داشته و در نتیجه عملکرد دانه آن بیشتر است (۴۷). بنابراین می‌توان در وحله اول به انتخاب لاین‌های پاکوتاه برای افزایش عملکرد دانه در هر بوته امیدوار بود. صفت عرض دانه در هر دو شرایط تنش خشکی و آبیاری نرمال اثر مستقیم مثبت بر عملکرد دانه داشت، بنابراین گزینش لاین‌های دانه متوسط و دانه کوتاه ممکن است، بتواند عملکرد دانه را افزایش دهد، هرچند صفت دانه‌بلندی از شاخص‌های کیفیت برنج محسوب می‌شود.

شاخص تنش

اثرات تنش خشکی، بر روی تمام صفات، در قالب شاخص تنش (SI) برای هر ژنوتیپ محاسبه شد و از مقادیر آنها برای رتبه‌بندی ژنوتیپ‌ها از نظر تحمل به خشکی استفاده شد. مقادیر نزدیک‌تر این شاخص به ۱ نشان‌دهنده اثر بیشتر تنش بر ژنوتیپ مورد مطالعه می‌باشد، در حالی‌که مقادیر نزدیک به صفر بیانگر تحمل بیشتر آن ژنوتیپ به تنش است (۱۴). کمترین مقدار این شاخص مربوط به ژنوتیپ ۱ (TM6-230-VE-7-5-1) و در پی آن ژنوتیپ‌های ۷ (HM5-250-E-1-1)، ۳ (TM6-250-10-7-1)، ۴ (TM6-B-2-1-E) و ۲ (TM6-230-VE-8-4-1) بود (جدول ۱۲). بنابراین، ژنوتیپ‌های اخیر جزء ژنوتیپ‌های مقاوم به خشکی از نظر صفات زراعی مورد مطالعه و عملکرد دانه بودند. همچنین بیشترین مقادیر این شاخص به‌ترتیب مربوط به ژنوتیپ‌های ۱۵ (خزر)، ۱۴ (KM5-200-4-2-E)، ۱۸ (گیلانه)، ۱۶ (هاشمی) و ۱۷ (طارم) بود، که در گروه ژنوتیپ‌های حساس جای گرفتند. در تطابق با نتیجه تحقیق حاضر، آفیوکوا و همکاران (۳) نیز با استفاده از این شاخص اقدام به شناسایی ژنوتیپ‌های حساس و مقاوم به خشکی در برنج نمودند. از دیگر نکاتی که در تحقیق حاضر ملاحظه شد این بود که از نظر شاخص تنش ارقام والدی هاشمی، خزر و طارم و رقم اصلاح‌شده گیلانه حساس‌ترین و لاین‌های موتانت حاصل از آنها مقاومترین ژنوتیپ‌ها به تنش خشکی بودند. این نتیجه در تطابق با تحقیق پناه‌آبادی و همکاران (۲۹) است که نشان دادند لاین موتانت MT149 نسبت به رقم والدی خود (ندا) از نظر تمام صفات مورد مطالعه تحت شرایط تنش خشکی برتری داشت.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-23]

[DOI: 10.29252/jcb.10.27.180]

جدول ۱۲- شاخص تنش در ۱۸ ژنوتیپ برنج مورد مطالعه

Table 12. Stress index in 18 rice genotypes

ژنوتیپ	شاخص تنش
TM6-230-VE-7-5-1	۰/۲۳
TM6-230-VE-8-4-1	۰/۴۴
TM6-250-10-7-1	۰/۴۳
TM6-B-2-1-E	۰/۴۳
TM6-B-7-1	۰/۵۰
TM6-B-19-2	۰/۴۹
HM5-250-E-1-1	۰/۴۲
HM5-250-E-3-2	۰/۵۷
HM5-250-7-1	۰/۵۸
HM5-250-7-6	۰/۵۸
HM5-300-E-1	۰/۵۴
HM5-300-3-1	۰/۵۸
HM5-300-5-1	۰/۵۳
KM5-200-4-2-E	۰/۷۸
خزر	۰/۷۹
هاشمی	۰/۶۲
طارم	۰/۵۶
گیلانه	۰/۶۳

در مجموع با توجه به نتایج حاصل از این تحقیق امکان استفاده از صفاتی مانند عرض دانه و درصد باروری دانه (به عنوان متغیرهای رتبه اول)، عرض برگ پرچم، تعداد دانه پر در خوشه، تعداد پنجه و طول میانگره (به عنوان متغیرهای رتبه دوم) برای انتخاب غیرمستقیم جهت نیل به عملکرد بالاتر در شرایط عدم تنش خشکی وجود دارد. همچنین در شرایط تنش خشکی، درصد باروری دانه، عرض دانه و تعداد پنجه در بوته به صورت مستقیم و غیر مستقیم بر عملکرد دانه تأثیرگذار بودند. از آنجا که در شرایط تنش خشکی، ژنوتیپ‌های ۱ (TM6-230-VE-7-5-1)، ۲ (TM6-230-VE-8-4-1)، ۳ (TM6-250-10-7-1) و ۴ (TM6-B-2-1-E) دارای بیشترین میزان عملکرد دانه و همچنین صفات تأثیرگذار بر آن بودند و همچنین با عنایت به شاخص تنش هم جزء ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی بودند و می‌توانند به عنوان لاین‌هایی مناسب در بحث تولید ارقام متحمل به خشکی از طریق فرآیندهای انتخاب به کار گرفته شوند. این نتایج همچنین نشان‌دهنده تأثیر مطلوب جهش برای ایجاد لاین‌های موتانت متحمل به خشکی در برنج و پتانسیل بیشتر رقم طارم محلی در پاسخ به جهش در مقایسه با دو رقم هاشمی و خزر می‌باشد. نتایج حاصل از تحقیق حاضر پیشنهاد می‌کنند که صفات تعداد پنجه کمتر، درصد باروری دانه بیشتر و طول میانگره کوتاه‌تر به عنوان شاخص‌های قابل اطمینان برای بهبود مقاومت به خشکی در نظر گرفته شوند. بنابراین بنا به مجموع دلایل فوق، به منظور دستیابی به عملکرد بیشتر، بایستی صفاتی همچون عرض دانه، درصد باروری دانه، عرض برگ پرچم، تعداد دانه پر در خوشه، تعداد پنجه و طول میانگره در شرایط عدم تنش خشکی و درصد باروری دانه، عرض دانه و تعداد پنجه در بوته در شرایط تنش خشکی که دارای اثرات مستقیم و غیر مستقیم مثبت بر عملکرد دانه بودند، در اولویت برنامه‌های اصلاحی قرار گیرند تا بتوان از این صفات در گزینش ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا استفاده کرد.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-23]

[DOI: 10.29252/jcb.10.27.180]

منابع

1. Abouzari Gazafrodi, A., R. Honarnejad, M.H. Fotokian and A. Alami. 2007. Study of correlations among agronomic traits and path analysis in rice (*Oryza sativa* L.). Journal of Science and Technologyin Agriculture and Nature Resources, 10(2): 99-106 (In Persian).
2. Adilakshmi, D. and M. Girija Rani. 2012. Variability, character association and path analysis in rice varieties under submergence. Crop Research, 44(1&2): 146-151.
3. Afiukwa, C.A., J.O. Faluyi, C.J. Atkinson, B.E. Ubi, D.O. Igwe and R.O. Akinwale. 2016. Screening of some rice varieties and landraces cultivated in Nigeria for drought tolerance based on phenotypic traits and their association with SSR polymorphisms. African Journal of Agricultural Research, 11(29): 2599-2615.
4. Aminpanah, H. and P. Sharifi. 2013. Path analysis of rice (*Oryza sativa* L.) grain yield and its related components in competition with barnyard grass [*Echinochloa crus-galli* (L.) P. Beauv. Journal of crop Production and Proccessing, 3: 105-121 (In Persian).
5. Bagheri, N.A., N.A. Babaeian-Jelodar and A. Pasha. 2011. Path coefficient analysis for yield and yield components in diverse rice (*Oryza sativa* L.) genotypes. Biharean Biologist, 5(1): 32-35.
6. Bakar, B.B., N.A.N. Lajili, S. Suhaimi, A. Suzana and J. Abdul Munir. 2005. Path analysis of two sympatric weed species (*Echinochloa crus-galli* ssp. *crus-galli* (L.) Beauv. and *Ischaemum rugosum* Salisb.) in competition with rice (*Oryza sativa* L. var. MR84) - a comparative study. Plant Protection Quarterly, 20(2): 67-73.
7. Balouchzaehi1 A.B. and G. Kiani. 2013. Determination of selection criteria for yield improvement in rice through path analysis. Journal of Crop Breeding, 5(12): 75-84 (In Persian).
8. Beikzadeh, H., S.M. Alavi Siney, M. Bayat and A.A. Ezady. 2015. Estimation of genetic parameters of effective agronomical traits on yield in some of Iranian rice cultivar. Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi), 104: 73-78 (In Persian).
9. Caton, B.P., A.E. Cope and M. Mortimer. 2003. Growth traits of diverse rice cultivars under severe competition: Implications for screening for competitiveness. Field Crops Research, 83:157-172.
10. Chauby, P.K. and R.P. Singh. 1994. Genetic variability, correlation and path analysis of yield and yield components of rice. Madras Agricultural Journal, 81: 468-470.
11. Dey, M.M. and H.K. Upadhyaya. 1996. Yield loss due to drought, cold and submergence tolerance. Journal of Rice Research in. Asia, 5: 63-66.
12. Dingkuhn, M., D.E. Johnson, A. Sow and A.Y. Audebert. 1999. Relationships between upland rice canopy characteristics and weed competitiveness. Field Crops Research, 61: 79-95.
13. Fischer, R.A. and R. Maurer. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivar: I- Grain yield response. Australian Journal of Agriculture Research, 29: 897-912.
14. Ghiasy Oskoee, M., H. Farahbakhsh, H. Sabouri and G. Mohammadinejad. 2012. Effect of drought stress on yield and yield components in rice landraces and improved cultivars under Gonbad Kavous environmental condition. Cereal Research, 2(3): 165-179 (In Persian).
15. Gohari, M., M. Khayat, and S. Lack. 2010. Correlation and path analysis in some of important agronomic traits on grain yield of rice cultivars. New Finding in Agriculture, 4(3): 261-269 (In Persian).
16. Haider, Z., A.S. Khan and S. Zia. 2012. Correlation and path coefficient analysis of yield components in rice (*Oryza sativa* L.) under simulated drought stress condition. American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science, 12(1): 100-104.
17. Haider, *Z.*, A. Razaq, A. Mehboob, S. ur Rehman, A. Iqbal, A. Hussain, U. Saeed, M.T. Naveed, S. Zia, Z. Mahmood and K. Mehmood. 2013. Comparison of associations among yield and yield components in rice (*Oryzae sativa* L.) under simulated drought stress condition using multivariate statistics. International Journal of Scientific and Engineering Research, 4 (8): 329-340.
18. Hasan-Nataj, E., M. Pouryousef, N. Babaeian-Jelodar, H. Pirdashti and N. Bagheri. 2013. Investigation of morphological traits related to yield of rice (*Oryza Sativa* L.) promising lines. Journal of Crop Breeding, 5(11): 34-48 (In Persian).
19. Honarnejad, R. 2003. Study of correlation between some quantitative traits and grain yield in rice (*Oryza sativa* L.) using path analysis. Iranian Journal of Crope Sciences, 1: 25-34 (In Persian).
20. Hurd, E.A. 1971. Can we breed for drought resistance? In: Larson K. L. and Rachter J. D. (Eds). Drought injury and in resistance crop. CSSA Special Publication II, Crop Science Society of America, USA. pp: 77-88.
21. Jayasudha, S. and D. Sharma. 2010. Genetic parameters of variability, correlation and path-coefficient for grain yield and physiological traits in rice (*Oryza sativa* L.) under shallow lowland situation. Electronic Journal of Plant Breeding, 1(5): 33-38.
22. Jahani, M., G. Nematzadeh and G. Mohammadi Nejad. 2015. Evaluation of Agronomic Traits Associated with Grain Yield in Rice (*Oryza sativa*) Using Regression and Path Analysis. Journal of Crop Breeding, 7(16): 115-122 (In Persian).
23. Johnson, H.W., H.F. Robinson and R.E. Comstock. 1955. Estimates of genetic and environmental variability in soybean. Agronomy Journal. 47: 314-318.
24. Majd, F. and M.R. Ardakani. 2004. Nuclear Techniques in Agriculture Sciences. Tehran University Press, 381 pp.
25. Majidi, T. 2011. Path analysis software. Available in: http://www.pathanalysis.mihanblog.com/.
26. 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.
27. Mumeni, A., A.A. Zali and P. Vejdani. 1996. Study correlations and path analysis for some of important agronomic traits on rice grain yield. Fourt Iranian Agronomy and Plant Breeding Congress, Esfahan University, 28–30 August, (In Persian).

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-23]

[DOI: 10.29252/jcb.10.27.180]

28. Nematzadeh, G.A., A.J. Ali, M. Sattari, A. Valizadeh, E. Alinejad and M.Z. Nouri. 2006. Relationship between different allogamic associated trait characteristics of five newly developed cytoplasmic male sterile lines in rice. Journal of Central European Agriculture, 7(1): 49-56.
29. Panahabadi, R., A. Ahmadikhah and H. Askari. 2016. The effects of drought stress on morpho-physiological characters and expression of *OsCat A* in rice seedling. Journal of Agricultural Biotecnology, 8(2): 1-16 (In Persian).
30. Pandey, V.R., P.K. Singh, O.P. Verma and P. Pandey. 2012. Inter-relantionship and path coefficient estimation in rice under salt stress environment. International Journal of Agricultural Research, 1: 1-16.
31. Pantuwan, G., S. Fukai, M. Cooper, S. Rajatasereekul and J.C. O'Toole. 2002. Yield response of rice (*Oryza sativa* L.) genotypes to different types of drought under rainfed lowlands. Plant factors contributing to drought resistance. Journal of Field Crops Research, 73: 181-200.
32. Prakash, S. and B.G. Prakash. 1987. Path analysis in ratoon rice. Rice Abstract, 24: 215-218.
33. Rahim Souroush, H., M. Mesbah and A. Hosseinzadeh. 2005. Study relations among yield and yield component traits in rice. Iranian Journal of Agriculture Sciences, 35(4): 983-993 (In Persian).
34. Ravindra Babu, V., K. Shreya, K.S. Dangi, G. Usharani and A.S. Shankar. 2012. Correlation and path analysis studies in popular rice hybrids of India. International Journal of Scientific and Research Publications, 2(3): 1-5.
35. Roy, D. 2000. Plant breeding analysis and exploitation of variation. Alpha Science. 798 pp.
36. Sabori, H., G. Mohammadinejad and M. Fazlalipour. 2011. Selection for improve rice yield by multivariate analysis. Iranian Journal of Field Crops Research, 9(4): 639-650 (In Persian).
37. Sabori, H., A. Rezai, S.A.M. Mirmohammady Maibody and M. Esfahani. 2006. Path analysis for rice grain yield and related traits in tow planting patterns. Journal of Science and Technologyin Agriculture and Nature Resources, 9(1): 113-128 (In Persian).
38. Sarawgi, K.A., N.K. Ratagi and D.K. Soni. 1997. Correlation and path analysis in rice accessions from Madhya Pradesh. Field Crop Science, 38: 1130-1136.
39. Satheeshkumar, P. and K. Saravanan. 2012. Genetic variability, correlation and path analysis in rice (*Oryza Sativa* L.). International Journal of Current Research, 4: 82-85.
40. Selvaraj, C.I., P. Nagarajan, K. Thiyagarajan, M. Bharathi and R. Rabindran. 2011. Genetic parameters of variability, correlation and path coefficient studies for grain yield and other yield attributes among rice blast disease resistant genotypes of rice (*Oryza Sativa* L.). African Journal of Biotechnology, 10(17): 3322-3334.
41. Shahid-Masood, M., A. Javaid, M. Ashiq Rabbani and R. Anwar. 2005. Phenotypic diversity and trait association in bread wheat (*Triticum aestivum* L.) landraces from Baluchistan, Pakistan. Pakistan Journal of Botany, 37: 949-957.
42. Sharifi P., H. Dehghani, A. Mumeni and M. Moghaddam. 2013. Study genetic relations of some of rice agronomic traits with grain yield by some of multivariate analysis. Iranian Journal of Crop Science, 44(1): 169-179 (In Persian).
43. SPSS. 2008. The SPSS System for Windows. Release 22.0. SPSS Inc., IBM Company Headquarters, USA.
44. Surek, H. and N. Beser. 2005. Selection for grain yield and its components in early generations in rice (*Oryza sativa* L.). Trakya University Journal Sciences, 6: 51-58.
45. Vaezi, S., S. Abde-Mishani, B. Yazdi-Samadi and M.R. Ghanadha. 2000. Correlation and path analysis in maize yield and yield components. Iranian Journal of Agriculture Science, 31(2): 71-82 (In Persian).
46. Venuprasad. R., H.R. Lafitte and G.N. Atlin. 2007. Response to direct selection for grain yield under drought stress in rice. Crop Science, 47: 285-293.
47. Watson, P.R., D.A. Derksen, R.C. Van Acker and M.C. Blrvine. 2002. The contribution of seed, seedling and mature plant traits to barley cultivar competitiveness aginest weeds. Proc. National Meeting- Canadian Weed Science Society, pp: 49-57.
48. Yadav, R.B., R.K. Dubey, M.K. Srivastava and K.K. Sharma. 1995. Path coefficient analysis under three densities in rice. Journal of Soils and Crops, 5(1): 43-45.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-23]

[DOI: 10.29252/jcb.10.27.180]

Evaluation of some Agronomic Traits and their Association with Grain Yield in Mutant Rice Lines under Normal and Post-anthesis Drought Stress Conditions

Peyman Sharifi[1], Ali Akbar Ebadi[2] and Hashem Aminpanah[3]

1- Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Rasht Branch, Islamic Azad University, Rasht, Iran (Corresponding author: peyman.sharifi@gmail.com)
2- Assistant Professor and Member of the Scientific Council of Rice Researches of the Country, Agricultural Research, Education and Promotion Organization, Rasht, Iran
3- Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Rasht Branch, Islamic Azad University, Rasht, Iran
Received: January 15, 2017 Accepted: January 13, 2018

Abstract

In order to evaluate the effect of drought stress and determine of effective traits on grain yield and estimate of genetic parameters, 18 mutant rice lines were studied in normal and drought stress conditions. The experiments were carried out separately using randomized complete block design with three replications during cropping season 2014-2015 at Iranian Rice Research Centers in North of Iran, Rasht. High values of heritability, genetic advances and genetic variances were observed for plant height, tiller number, filled grain number and unfilled grain number in both conditions, but grain productivity and grain yield were appeared only under drought stress conditions. This indicated the additive effects of genes in controlling of these traits and, therefore, these traits can be improved by selection in breeding programes. There were positive correlations between grain yield and tiller number, panicle exsertion, grain productivity and width and length of flagh leaf in normal irrigation condition. Grain yield had also positive correlation with flagh leaf width, panicle exsertion, filled grain number, grain productivity and width and length of grain under drought stress conditions. Regression and path analyses indicated positive effects of grain width, grain productivity, flagh leaf width, filled grain number, tiller number and internode length in normal irrigation conditions and grain productivity, grain width and tiller number under drought stress conditions. Therefore, it is possible to improve grain yield using these variables. The genotypes including G1, G2, G3 and G4 had the highest values of grain yield (2788, 2163, 2178 and 2194 kg ha^{-1}) under drought stress conditions, and influencing traits on grain yield. Due to the stress index (SI), these genotypes were also as drought tolerant and, thus, can be used for introducing the drought tolerance cultivar.

Keywords: Correlation, Heritability, Limited irrigation, Path analysis, Regression, Rice

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2026-04-23]

[DOI: 10.29252/jcb.10.27.180]