مقاله تحقیقی

تعیین مهم‌ترین صفات تعیین کننده عملکرد ارقام مختلف برنج در شرایط نرمال و تنش خشکی

محمدرضا کریم [۱]، حسین صبوری [۲،*]، محمد علی ابراهیمی [۳]، سمیه سنچولی [۴،*]

۱. دانشجوی سابق کارشناسی ارشد بیوتکنولوژی کشاورزی
۲. دانشیار تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، ایران
۳. استادیار گروه بیوتکنولوژی دانشگاه پیام نور تهران
۴. دانشجوی دکترای فیزیولوژی گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، ایران

***مسئول مکاتبات:** آدرس الکترونیکی: Hosseinsabouri561@gmail.com، تلفن: ۰۹۱۱۱۴۳۸۹۱۷ و Sh_sanchouli@yahoo.com، تلفن: ۰۹۱۱۷۹۳۰۶۳۱

محل انجام تحقیق: دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، ایران

تاریخ دریافت:۹۹/۹/۲۹ تاریخ پذیرش:۹۹/۱۱/۹

فصلنامه علمی پژوهشی دانش زیستی ایران
جلد ۱۴- شماره ۴-ز-زمستان ۱۳۹۸

چکیده

به‌منظور ارزیابی اثر تنش خشکی بر عملکرد و تعدادی از صفات وابسته به آن، ۱۴ ژنوتیپ برنج (شامل ۵ رقم بومی و ۹ رقم خارجی) در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در سه تکرار در دو محیط بدون تنش (غرقاب) و تنش خشکی در مزرعه تحقیقاتی واقع در شهرستان علی‌آبادکتول (زیر نظر دانشگاه گنبدکاووس) مورد مطالعه قرارگرفت. آبیاری مزرعه آزمایشی در هر دو محیط غرقاب و تنش، تا مرحله پنجه‌دهی ارقام به‌طور یکسان به صورت غرقاب انجام‌شد، سپس برای ایجاد تنش، آبیاری از ۴۰ روز پس از نشاء (مرحله حداکثر پنجه‌زنی) به فاصله هر ۲۵ روز تا پایان فصل زراعی انجام شد. نتایج تجزیه واریانس نشان‌داد که تفاوت معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها از نظر کلیه صفات مورد مطالعه در دو شرایط مطالعه وجود داشت. بیشترین میانگین عملکرد در شرایط نرمال و تنش متعلق به ژنوتیپ‌های IR83752-B-B-12-3 و سپیدرود بود. وزن خوشه (۰/۸۵**) در شرایط بدون تنش (غرقاب) و حجم ریشه (۰/۹۸**) در شرایط تنش خشکی، بالاترین همبستگی مثبت و معنی-داری را با عملکرد دانه داشتند. نتایج تجزیه علیت نشان داد که در شرایط بدون تنش، تعداد خوشه و در شرایط تنش خشکی، تعداد دانه پر خوشه دارای بالاترین اثر مستقیم و مثبت بر عملکرد دانه داشتند. در گروه‌بندی ارقام بر اساس تجزیه کلاستر با استفاده از روش ward، ارقام در شرایط نرمال و تنش در سه گروه قرار گرفتند. نتایج تجزیه کلاستر نشان‌داد که ارقام IR83752-B-B-12-3، Pegaso و سپیدرود که دارای حجم، وزن تر و وزن خشک ریشه بیشتری نسبت به ارقام دیگر بودند در گروه متحمل به خشکی قرار گرفتند.

واژه‌های کلیدی: تنش خشکی، تجزیه خوشه‌ای، تجزیه علیت، برنج، صفات مورفولوژیکی

مقدمه

برنج *(Oryza sativa L.)* از غلات دانه‌ریز بوده، یکی از مهم‌ترین غذاها در سراسر جهان است و جایگاه عمده‌ای در تغذیه بشر، بخصوص در کشورهای در حال توسعه دارد (۸،۹). بیش از ۹۰ درصد برنج جهان در آسیا تولید و مصرف می شود که ۶۰ درصد جمعیت جهان در آن زندگی می‌کنند (۱۰). گرم شدن کره زمین و تغییرات آب و هوایی تاثیر منفی بر تولید محصولات کشاورزی دارد (۱۱). در بین تنش های غیر زنده تنش خشکی رو به افزایش است که بر رشد محصولات در سراسر جهان تاثیر

می گذارد و رشد گیاهان به خصوص غلات را تحت تاثیر قرار داده است (۱۲). خشکی یک پدیده طبیعی است که به عنوان یک محدودیت عمده در تولید مواد غذایی در سراسر جهان از آن نام برده می شود، زیرا می‌تواند در طول زمان و شدت متفاوت در هر مرحله از رشد رخ دهد (۱۳). خشکی از عمده خطرات برای تولید موفق محصولات زراعی بخصوص برنج در جهان است، از این رو یکی از چالش‌های اصلی در کشاورزی تولید غذای بیشتر با آب کمتر می‌باشد (۳۰). بنابراین، توسعه ارقام مقاوم به تنش خشکی به عنوان محوری برای تحقیق، ضروری به نظر می‌رسد (۱۳) گیاهان از طریق مکانیسم‌های مختلف و پیچیده‌ای که به واسطه سازگاری آن‌ها در مقابل تنش-خشکی به وجود آمده‌است، مانند فرار یا اجتناب از خشکی، می‌توانند تنش‌خشکی را تحمل‌کنند (۱۴). تنش-خشکی ناشی از آبیاری غیر غرقابی ضمن تأثیر بر میزان آب مصرفی با جلوگیری از انتقال املاح و مواد غذایی به گیاه و کاهش فتوسنتز باعث کاهش تعداد پنجه، سطح برگ، تجمع ماده خشک، تعداد دانه پر در خوشه، وزن صد دانه و در نهایت عملکرد می‌شود (۱). مناسب‌ترین معیار برای تنش، معیاری است که بتواند ژنوتیپ با عملکرد بالا در هر دو محیط تنش و بدون تنش را از سایر ژنوتیپ‌ها تفکیک نماید (۱۵). از این‌رو شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی یکی از محورهای اصلی برنامه-های اصلاحی برنج در مناطقی از جهان (از جمله ایران) که تحت تنش خشکی و یا در معرض خشکی هستند، می‌باشد. درک بهتر صفات ریخت تشریحی (مورفو-آناتومی) مرتبط با تنش خشکی و شناخت ماهیت و اساس فیزیولوژیکی تغییرات تحمل تنش خشکی می‌تواند برای ایجاد ژنوتیپ‌های جدید زراعی به منظور حصول عملکرد بیشتر، تحت شرایط آبی مورد استفاده قرار گیرد (۱۶).

بلوچزهی و کیانی (۲) بر روی تعین شاخص انتخاب برای بهبود عملکرد برنج از طریق تجزیه علیت کار کردند. آنها طبق نتایج موجود به این نتیجه رسیدند که صفات تعداد دانه در خوشه، تعداد دانه پر، نسبت طول به عرض دانه و تعداد پنجه بارور همبستگی معنی‌داری را با عملکرد دانه داشتند. تحلیل رگرسیون گام به گام نشان داد که صفات تعداد دانه در خوشه، تعداد پنجه بارور و طول دانه به ترتیب ۳۵/۱،۳۱ و ۸/۱ درصد از تغییرات عملکرد دانه را توجیه کردند. نتایج تجزیه علیت نشان داد که بیشترین اثرات مستقیم به ترتیب مربوط به صفات تعداد پنجه بارور (۰/۸۲۰) و تعداد کل دانه در خوشه (۰/۷۱۴) می باشد. تعداد دانه پر در خوشه (۰/۶۴۱) بیشترین اثر غیرمستقیم را بر عملکرد دانه داشت. بر اساس نتایج به دست آمده از این تحقیق می توان صفات تعداد پنجه بارور و تعداد کل دانه در خوشه را به عنوان شاخص‌های بهبود عملکرد دانه در برنج معرفی کرد.

جهانی و همکاران (۳) بر روی ارزیابی صفات زراعی همبسته با عملکرد دانه در برنج با استفاده از روش‌های تجزیه رگرسیون و علیت کار کردند. طبق نتایج به دست آمده از تجزیه و تحلیل ضرایب همبستگی نشان از رابطه مثبت و معنی‌داری بین عملکرد دانه با تعداد دانه پر در خوشه (۰/۳۶۸)، وزن هزار دانه (۰/۴۴۱) و عرض دانه (۰/۳۲۱) بود. به منظور گزینش صفات توجیه کننده عملکرد دانه، تجزیه رگرسیون گام به گام انجام شد و صفات وزن هزار دانه، تعداد دانه پر در خوشه، تعداد پنجه بارور در بوته، طول دانه و سطح برگ پرچم به‌عنوان مؤثرترین صفات بر عملکرد دانه وارد مدل شدند. به‌منظور درک روابط مستقیم و غیر مستقیم این صفات با عملکرد دانه تجزیه ضرایب مسیر انجام شد. نتایج نشان داد که بیشترین میزان ارتباط مستقیم و کمترین میزان ارتباط منفی از طریق سایر صفات با عملکرد دانه مربوط به صفات وزن هزار دانه (۰/۵۴۸) و تعداد دانه پر در خوشه (۰/۵۶۰) بود. صفات وزن هزار دانه و تعداد دانه پر در خوشه به عنوان معیار انتخاب غیرمستقیم برای بهبود عملکرد دانه معرفی و به منظور استفاده در پروژه‌های اصلاحی برنج توصیه می شوند.

دانش گیلوایی و همکاران (۴) در مقاله‌ایی بر روی ارزیابی تجزیه علیت عملکرد و اجزای عملکرد در برنج تحت شرایط نرمال و تنش خشکی در مزرعه تحقیقات گیلان کار کردند. نتایج تجزیه واریانس، تفاوت معنی‌داری را بین لاین‌ها از نظر کلیه‌ی صفات مورد مطالعه در دو شرایط محیطی نشان داد. رگرسیون گام به گام برای عملکرد دانه به عنوان متغیر وابسته و سایر صفات به عنوان متغیر مستقل نشان داد که در شرایط بدون تنش صفات دمای کانوپی، تعداد خوشه در بوته، طول برگ پرچم، میزان کلروفیل b، تعداد دانه پر در خوشه، شاخص کلروفیل، تعداد روز تا گلدهی، میزان پرولین و طول خوشه با ضریب تبیین ۶۰ درصد و در شرایط تنش میزان

پرولین، دمای کانوپی و تعداد دانه پر در خوشه با ضریب تبیین ۵۷ درصد سهم مؤثرتری در توجیه عملکرد دانه داشتند. در تجزیه علیت عملکرد دانه، بیشترین آثار مستقیم مثبت مربوط به طول برگ پرچم، تعداد خوشه در بوته و تعداد دانه پر در خوشه تحت شرایط بدون تنش و تعداد دانه پر در خوشه و میزان پرولین تحت شرایط تنش بود که نشان دهنده اهمیت این صفات در عملکرد دانه می‌باشد.

Islam و همکاران (۱۷) به منظور ارزیابی همبستگی، تجزیه و تحلیل ضرایب مسیر با تأثیر مستقیم و غیر مستقیم بین ده ژنوتیپ برنج (*Oryza sativa* L.) از جنوب تایلند بر صفات موثر در عملکرد پژوهشی انجام دادند. نتایج نشان داد مقادیر ضریب همبستگی برای ارتفاع بوته، تعداد پنجه، تعداد خوشه، طول خوشه، طول برگ پرچم، عرض برگ پرچم، وزن خشک کل، وزن کل دانه، وزن هزار دانه و دانه پر شده با عملکرد دانه همبستگی فنوتیپی بسیار مثبتی داشتند. بنابراین، عملکرد دانه برنج با ارتفاع بوته، دانه پر شده، وزن خشک کل، عرض برگ پرچم و وزن هزار دانه مانند صفات موثر در عملکرد بهبود می‌یابد زیرا این صفات اثرات فنوتیپی بالا، مثبت و مستقیم بر عملکرد برنج داشتند.

برنج به عنوان یک محصول استراتژیک در کشور بوده و از گیاهانی است که نیاز آبی بالایی دارد. با توجه به این که تنش خشکی و کم آبی، به ویژه در سال‌های اخیر، نقش به‌سزایی در میزان محصول تولیدی برنج از لحاظ سطح و میزان عملکرد داشته است و پیش‌بینی می‌شود که این مسئله در آینده به صورت بسیار جدی بروز نماید (۴)، هدف این پژوهش شناسایی مهمترین صفات موثر بر عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی و تعیین متحمل‌ترین ارقام نسبت به تنش کمبود آب بود.

مواد و روش‌ها

به منظور ارزیابی اثر تنش خشکی بر عملکرد و تعدادی از صفات وابسته به آن و شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل و حساس به این تنش ۹ ژنوتیپ خارجی و ۵ ژنوتیپ ایرانی دریافتی از موسسه تحقیقات برنج کشور و موسسه بین المللی تحقیقات برنج (جدول ۱) در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با ۳ تکرار در دو شرایط، بدون تنش (غرقاب) و تنش خشکی در مزرعه تحقیقاتی (زیر-نظر دانشگاه گنبدکاووس) واقع در در شهرستان علی آباد کتول با طول جغرافیایی ۵۴/۵۱ شرقی و عرض جغرافیایی ۳۶/۵۴ شمالی با ارتفاع ۱۳۶ متر از سطح دریا انجام شد. این منطقه از نظر آب و هوایی جزء اقلیم معتدل و مرطوب محسوب می‌شود و دارای زمستان‌های سرد و تابستان گرم می‌باشد. با توجه به تحقیقات انجام شده در دانشگاه گنبد کاووس (۵) این ارقام انتخاب شدند به طوری‌که طیفی از ارقام متحمل تا حساس در این پژوهش وجود داشته باشند. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در عمق (۳۰-۰ سانتی متر) در جدول (۲) گزارش شده است.

اندازه واحدهای آزمایشی دو متر مربع با ابعاد کرت (۱×۲) و با فاصله یک متر از یکدیگر در نظر گرفته شده بعد از انتساب تصادفی تیمارها به واحدهای آزمایشی نشاکاری به صورت یک بوته در هر کپه انجام شد هر ژنوتیپ در پنج ردیف با فاصله ۲۵ سانتی متر بین بوته‌ها و ۲۵ سانتی متر بین ردیف‌ها در ردیف‌های به طول دو متر کشت شد. آبیاری مزرعه آزمایشی در هر دو محیط غرقاب و تنش، تا مرحله پنجه‌دهی ارقام به طور یکسان به طور غرقاب انجام شد سپس برای ایجاد تنش، آبیاری از ۴۰ روز پس از نشاء (مرحله حداکثر پنجه‌زنی) تا پایان فصل زراعی به فاصله ۲۵ روز قطع شد. جهت جلوگیری از قرار آب و علف کش‌ها مرز کرت‌ها تا عمق ۶۰ سانتی-متری با پوشش نایلونی پوشانیده شدند. وجین علف‌های هرز، ۲۱ روز پس از نشاءکاری و وجین دوم به فاصله ۱۹ روز از وجین اول انجام شد. به منظور مبارزه با پروانه ساقه خوار برنج از سم دیاز ینون ۱۰ درصد به میزان ۱۵ کیلوگرم در هکتار در موقع وجین و در زمان خوشه‌دهی و چند روز قبل از رسیدگی استفاده شد.

برداشت از سطح مزرعه زمانی که به رسیدگی فیزیولوژیکی رسید، انجام شد. در مرحله رسیدگی جهت تعیین عملکرد دانه، از یک مترمربع برداشت انجام و عملکرد دانه با رطوبت ۱۴ درصد در هکتار محاسبه گردید. صفات مورد مطالعه شامل: وزن بوته (حسب گرم)، وزن خوشه (گرم)، تعداد خوشه، وزن کاه (گرم)، طول خوشه (سانتی‌متر)، تعداد دانه پر خوشه، تعداد دانه پوک خوشه، درصد باروری (از تقسیم تعداد دانه پر بر تعداد کل دانه‌ها ضربدر ۱۰۰)، وزن دانه پر (گرم)، تعداد خوشه‌چه اولیه، ارتفاع بوته (سانتی‌متر)، وزن تر ریشه (گرم)، وزن خشک

ریشه (وزن خشک ریشه ۱۰ بوته تصادفی از هر کرت بدین صورت که ریشه تر به مدت ۴۸ ساعت در آون در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد قرارگرفت و سپس با ترازو وزن شد) و حجم ریشه (بوته‌ها با استفاده از بیل با فاصله شعاعی ۲۵ سانتی‌متر از اطراف هر بوته و عمق ۴۰ سانتی‌متر از خاک خارج شدند). پس از خارج کردن بوته-ها از خاک با استفاده از روش شوویلومیکس[1] (۱۸) بوته‌ها به مدت ۷ روز در آب غوطه‌ور شدند تا گل‌های اطراف ریشه جدا شود. پس از آن ریشه‌ها تحت فشار آب شسته و به آزمایشگاه منتقل شدند. حجم ریشه ۱۰ بوته تصادفی از هر کرت با استوانه مدرج که گنجایش ۱۰۰۰ میلی لیتر داشت ۸۰۰ میلی لیتر آب به آن اضافه شد سپس ریشه‌ها در داخل استوانه مدرج قرار گرفتند. (به اندازه حجم ریشه‌ها آب در استوانه مدرج بالا آمدند). پس از ثبت صفات تجزیه واریانس (مرکب و تجزیه جداگانه برای دو شرایط)، مقایسه میانگین‌ها به‌روش LSD، همبستگی‌ها، تجزیه علیت و تجزیه کلاستر با استفاده از نرم افزارهای SAS و SPSS انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس برای صفات مورد مطالعه حاکی از اثر بسیار معنی‌دار ($p<0.01$) ژنوتیپ بر کلیه صفات مورد مطالعه در دو شرایط محیطی تنش خشکی و بدون تنش خشکی بود. معنی‌دار بودن صفات مورد مطالعه بیانگر وجود تنوع ژنتیکی بین ارقام از لحاظ صفات مورد مطالعه است که برخی از این صفات می‌توانند در تحمل به خشکی در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه مورد استفاده قرار گیرد. البته چون ارقام مورد مطالعه در آزمایش دارای مبدأ متفاوت و شامل ارقام محلی و ارقام اصلاح شده داخلی و خارجی هستند، طبیعتاً وجود تفاوت بین آن‌ها نیز منطقی بود. تجزیه واریانس اثر متقابل شرایط کشت × ژنوتیپ‌ها برای صفات وزن بوته، وزن خوشه، تعداد خوشه، وزن کاه، طول خوشه، تعداد دانه پر خوشه، تعداد دانه پوک خوشه، باروری، وزن دانه پر، تعداد خوشه چه اولیه و وزن تریشه درسطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شدند. واکنش‌های متفاوت ژنوتیپ‌های برنج بین محیط غرقاب و تنش خشکی توسط تعدادی از محققین مختلف بررسی شده-است که می‌توان به Lanceras و همکاران (۱۹) و صفایی چایی‌کار و همکاران (۶) اشاره کرد. Yang و همکاران (۲۰) نیز اختلاف معنی داری برای تمام صفات مورد بررسی در شرایط تنش خشکی و آبیاری مرسوم در برنج گزارش کردند.

نظر به معنی‌دار شدن اثر متقابل ژنوتیپ × شرایط کشت تجزیه واریانس مرکب، به دو تجزیه جداگانه نرمال و تنش برش‌دهی شد (جداول ۴ و ۵). تجزیه واریانس ژنوتیپ‌ها در هر دو شرایط غرقاب و تنش خشکی نشان داد ژنوتیپ‌ها از نظر کلیه‌ی صفات مورد مطالعه در هر دو شرایط تفاوت بسیار معنی‌داری داشتند.

مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها نشان داد که بالاترین میزان عملکرد در شرایط غرقاب به ترتیب متعلق به ژنوتیپ‌های IR83752-B-B-12-3 با میانگین عملکرد ۴/۲۱ تن در هکتار، سپیدرود با میانگین عملکرد ۳/۶۶۰ تن در هکتار و سنگ جو با میانگین عملکرد ۳/۳۰۰ تن در هکتار بود. در شرایط تنش خشکی به ترتیب ژنوتیپ‌های IR83752-B-B-12-3 با میانگین عملکرد ۰/۵۶ تن در هکتار و سپیدرود با میانگین عملکرد ۰/۴۴۹ تن در هکتار، بیشترین عملکرد را به خود اختصاص دادند. Pantuwan و همکاران (۲۱) و یانگ و همکاران (۲۰) گزارش کردند که تنوع شدیدی در عملکرد دانه و سایر صفات در هر دو شرایط با تنش و بدون تنش وجود دارد. چنان که مشاهده می‌شود (جدول ۶) کاهش شدید عملکرد در ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش نسبت به شرایط غرقاب وجود دارد. عملکرد بالا در این ژنوتیپ‌ها را می‌توان با متغیر بودن اجزای عملکرد در آن‌ها و همچنین واکنش متفاوت به شرایط محیطی مرتبط دانست. ارقامی مانند IR83752-B-B-12-3 و سپیدرود که در شرایط غرقاب بالاترین مقدار عملکرد را داشتند از نظر صفات، وزن خوشه، طول خوشه و وزن تر ریشه ببیشترین مقدار را نشان دادند (جدول ۷)، به طوری که پایداری در این اجزاء باعث ثبات عملکرد این ارقام در شرایط تنش شد. ارقامی مانند IR83752-B-B-12-3 و سپیدرود که در شرایط تنش بالاترین مقدار عملکرد را داشتند، از لحاظ صفات وزن بوته، وزن خوشه و طول خوشه، بیشترین مقدار را دارا بوده و از لحاظ دیگر صفات مورد بررسی مانند ارتفاع گیاه، حجم ریشه، تعداد خوشه چه اولیه در رتبه بالایی بودند (جدول ۷).

[1] Shovelomics

جدول ۱- ویژگی‌های ژنوتیپ‌های مورد بررسی.

شماره	ژنوتیپ	منشاء	شماره	ژنوتیپ	منشاء
۱	Sange Jo	Landrace (Iran)	۸	Garib siah Rihani	Landrace (Iran)م
۲	IR82616-B-B-64-3	IRRI	۹	IRAT216	TOX152F2/OS6 (Africa)
۳	Gardeh	Landrace (Iran)	۱۰	IR83752-B-B-12-3	IRRI
۴	Swarna	Africa	۱۱	Caiapo	Italy
۵	Sepidroud	Sadri Garm/IR8/IR28	۱۲	Pegaso	Italy
۶	Tarom Mahali	Landrace (Iran)	۱۳	IR63372-15	IRRI
۷	Graldo	Italy	۱۴	USEN	IRRI

جدول ۲- مشخصات نمونه خاک مزرعه.

مشخصات نمونه خاک	درصد اشباع (sp)	هدایت الکتریکی	pH	مواد خنثی شده (٪)	کربن آلی (٪)	ازت کل (٪)	فسفر قابل جذب (ppm)	پتاسیم قابل جذب (ppm)	رس	لای	ماسه	نوع بافت خاک
	۷۹/۹	۱۰/۵	۷/۹	۴	۲/۴۳	۰/۲۴	۹/۸	۲۹۵	۵۲	۳۶	۱۲	C

خصوصیت فرار از خشکی انتهای فصل و قابلیت رشد در این شرایط، دارای قابلیت تولید یک محصول مطمئن تحت شرایط تنش می‌باشد (۲۲). زودرسی برای برخی از ارقام یک مکانیسم جهت فرار از خشکی است، ولی برخی ارقام از مکانیسم‌های دیگری استفاده می‌کنند، چون بعضی از ارقام زودرس دارای عملکرد بالا و برخی دیگر از ارقام زودرس دارای عملکرد پایین هستند. رقم Pegaso زودرس با عملکرد نسبتا بالا در شرایط تنش خشکی بود، علت عملکرد بالا این رقم اجزای عملکرد بالای (تعداد خوشه، تعداد دانه پر در خوشه و وزن خوشه) می‌باشد. البته زودرسی باعث کاهش عملکرد ارقام می‌شود، رقم USEN زودرس‌ترین ژنوتیپ در شرایط تنش خشکی بود، ولی به علت عملکرد و اجزای عملکرد پایین (تعداد خوشه، تعداد دانه پر در خوشه و وزن خوشه) نمی‌تواند به عنوان یک رقم متحمل شناسایی شود. بنابراین در تحقیقات مربوط به تحمل خشکی توجه به صفت زودرسی گیاه ضرورت دارد تا اثر تنش در زمان گلدهی به حداقل برسد، چون زمان گلدهی به عنوان مرحله اصلی تعیین کننده عملکرد و اجزای عملکرد دانه برنج محسوب می‌شود. با توجه به عملکرد و اجزای عملکرد بالای رقم IR83752-B-B-12-3 تحت شرایط رشدی، این رقم جهت فرار از خشکی و حفظ رشد در خلال دوره خشکی می‌تواند رقمی مناسب برای کاشت در شرایط خشکی محسوب شود. درصد کاهش میانگین صفات نشان داد که بیشترین آسیب ناشی از تنش خشکی، مربوط به کاهش حجم ریشه (۹۶/۰۷ درصد) و وزن کاه (۹۲/۲۳ درصد) بود (جدول ۸). تنش آبی به طور محسوسی باعث کاهش وزن مرطوب، خشک و حجم ریشه گردید. این نتایج با نتایج سایر محققین (۱۱،۲۳) هم‌خوانی داشت با این وصف وجود رطوبت مناسب و کافی رشد ریشه را افزایش می‌دهد و با فاصله از مقدار بهینه رطوبت، رشد ریشه کاهش پیدا می‌کند. جلوگیری از رشد ریشه‌های جانبی در شرایط تنش خشکی، به عنوان یک واکنش انطباقی برای تضمین بقای گیاه در شرایط نامناسب رشد پذیرفته شده است (۷). نتایج این تحقیق نشان داد که تنش آبی، همچنین باعث کاهش عملکرد شد که این کاهش عملکرد در اثر وجود تنش آبی و در نتیجه کاهش در مقدار توسعه ریشه‌ها در تحقیقات دیگر (۲۰) نیز گزارش شده است. در آزمایشی که ذرت و لوبیا تحت دو رژیم رطوبت (آبیاری کامل و تنش آبی) در داخل جعبه‌های چوبی رشد داده شدند، مشاهده شد که درشرایط آبیاری خوب، ریشه‌های هر دو گیاه به خوبی در همه قسمت‌های جعبه‌ها گسترده شده و به طور قابل ملاحظه‌ای با هم مخلوط شدند. در حالی که تنش آبی باعث محدودیت رشد ریشه‌ها گردید (۲۴).

جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب برای صفات مختلف.

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات												
		وزن بوته	وزن خوشه	تعداد خوشه	وزن کاه	طول خوشه	تعداد دانه پر	باروری	وزن دانه پر	تعداد خوشه‌چه	ارتفاع گیاه	وزن تر ریشه	وزن خشک ریشه	حجم ریشه	عملکرد شلتوک
شرایط کشت	۱	۱۰۴۱۵۷/۵۸**	۹۵۷۶۹/۶۵**	۸۵۸۰/۹۶**	۳۸۶۰۵۳/۲۰**	۱۴۱/۴۴**	۶۵۶۳۲/۱۹**	۴۵۸۳/۲۲**	۶۱/۱۳**	۱۷/۱۹**	۵۶/۰۷	۱۷۴۰۹۳/۰۶**	۱۹۴۰۷/۹۶**	۷۷۹۰۲۹/۳۳**	۱۱۳۸۲۷۵۸/۶**
خطای اول	۴	۴۱۸/۹۰	۱۱/۱۵	۵/۰۷	۸۷/۵۸	۳/۵۵	۶۵۸/۷۸	۱۸۲/۰۵	۱/۶۴*	۲/۶۵	۱۲۳۶/۴۸	۵/۱۸	۰/۳۱	۲۳۰/۲۶**	۱۰۰۵/۸
ژنوتیپ	۱۳	۱۰۹۶۰/۶۸**	۱۳۵۶/۴۹**	۳۱۴/۳۵**	۴۸۴۱/۹۹**	۵۹/۱۵**	۴۶۷۰/۳۰**	۱۶۳۵/۲۱**	۴/۱۱**	۲۲/۲۰**	۳۹۳۳/۳۶**	۲۱۷۳۲/۵۳**	۱۱۲۳/۳۵**	۱۶۸۴۵۷/۳۱**	۹۷۸۱۳۹/۳**
شرایط کشت×ژنوتیپ	۱۳	۸۷۱۴/۰۴**	۹۸۳/۲۸**	۱۲۹/۱۶**	۳۹۴۴/۴۲**	۸/۷۷**	۳۹۱۴/۲۹**	۷۶۷/۰۲**	۱/۹۲**	۳/۱۳*	۱۰۴۹/۷۵	۱۵۶۴۸/۱۱**	۷۶۴/۳۶**	۱۶۳۶۲۱/۶۱**	۷۹۹۴۴۵/۵**
خطای دوم		۱۰۲۰/۲۳	۱۳۹/۳۳	۱۵/۵۸	۵۴۱/۴۱	۳/۱۷	۹۳۹/۰۳	۲۳۲/۶۴	۰/۵۷	۱/۲۰	۱۱۶۱/۱۳	۵/۳۷	۱/۱۲	۴۱/۹۷	۵۵۳۳/۴
ضریب تغییرات		۲۱/۶۳	۲۸/۵۷	۲۳/۱۷	۲۹/۳۷	۷/۱۳	۳۲/۴۸	۲۲/۱۴	۳۵/۲۶	۱۰/۹۵	۳۳/۰۸	۳/۳۳	۴/۲۰	۱/۹۶	۴/۸۴

*، **، به ترتیب معنی‌دار بودن در سطح ۵٪ و ۱٪ .

جدول ۴- تجزیه واریانس برای صفات مختلف تحت شرایط نرمال.

منابع تغییر	درجه آزادی	وزن بوته	وزن خوشه	تعداد خوشه	وزن کاه	طول خوشه	تعداد دانه پر	باروری	وزن دانه پر	تعداد خوشه چه	ارتفاع گیاه	وزن تر ریشه	وزن خشک ریشه	حجم ریشه	عملکرد شلتوک
بلوک	۲	۷۸۱/۱۲	۱۵/۵۱	۴/۷۸	۱۴۷/۵۴	۰/۲۵	۹۰۲/۵۷	۱۶۱/۲۹**	۲/۹۳*	۲/۶۶	۲۷۳/۲۶	۹/۸۶	۰/۴۵	۵۴۹/۰۷**	۲۰۰۳/۸۸*
ژنوتیپ	۱۳	۱۹۴۲۸/۳۲**	۲۲۰۴/۲۴**	۴۱۲/۴۴**	۸۶۹۶/۲۱**	۳۸/۴۵**	۵۵۵۴/۲۴**	۱۰۶۴/۸۴**	۵/۰۲**	۱۲/۶۵**	۱۲۷۵/۱۰**	۳۶۴۱۹/۹۱**	۱۷۷۶/۲۱**	۳۳۱۹۳۷/۲۱**	۱۷۵۴۵۶۴/۳۲**
خطا	۲۶	۱۹۹۲/۵۹	۷۱.۲۷۳	۲۶/۴۵	۱۰۷۰/۴۹	۲/۵۸	۱۵۰۶/۹۳	۲۳۳/۵۵	۰/۸۶	۰/۸۷	۲۱۸/۶۷	۱۰/۰۷	۲/۰۷	۸۲/۶۳	۱۱۰۵۷/۵۵
ضریب تغییرات		۱۷/۲۳	۲۲/۰۳	۱۸/۹۴	۲۲/۲۵	۶/۴۲	۳۱/۴۷	۲۰/۰۳	۳۰/۸۷	۸/۹۱	۱۴/۵۸	۲/۷۶	۳/۵۵	۱/۴۳	۳/۸۹

*، **، به ترتیب معنی‌دار بودن در سطح ۵٪ و ۱٪

جدول ۵- تجزیه واریانس برای صفات مختلف در شرایط تنش خشکی.

منابع تغییر	درجه آزادی	وزن بوته	وزن خوشه	تعداد خوشه	وزن کاه	طول خوشه	تعداد دانه پر	باروری	وزن دانه پر	تعداد خوشه چه	ارتفاع گیاه	وزن تر ریشه	وزن خشک ریشه	حجم ریشه	عملکرد شلتوک
بلوک	۲	۵۶/۶۷	۶/۶۹	۵/۳۵	۲۷/۰۶	۶/۸۶	۴۶۷/۹۵	۲۰۲/۸۱	۰/۳۶	۲/۶۴	۲۱۹۹/۷۳	۰/۶۸	۰/۱۷	۱/۴۵	۷/۷۸*
ژنوتیپ	۱۳	۲۴۶/۴۰**	۴۵/۵۳**	۳۰/۷۲**	۸۸/۱۶**	۲۹/۴۷**	۳۰۳۰/۳۵**	۱۳۳۷/۳۹**	۱/۰۲**	۱۲/۶۸**	۳۷/۰۸**	۹۶۰/۷۳	۱۱۱/۴۹**	۱۴۱/۰۵**	۲۳۰۲۰/۴۸**
خطا	۲۶	۴۷/۸۶	۴/۹۵	۴/۷۱	۱۲/۳۴	۳/۵۰	۳۷۱/۱۳	۲۳۱/۷۳	۰/۲۹	۱/۵۴	۲۱۰۳/۵۹	۰/۶۷	۰/۱۸	۱/۲۹	۹/۳۲
ضریب تغییرات		۱۹/۰۷	۲۹/۴۸	۳۱/۳۴	۳۰/۷۶	۷/۸۹	۲۹/۰۲	۲۴/۷۵	۴۱/۵۹	۱۲/۶۹	۴۵/۹۸	۳/۴۳	۴/۲۷	۴/۵۷	۰/۸۱

*، **، به ترتیب معنی‌دار بودن در سطح ۵٪ و ۱٪

جدول ۶- مقایسه میانگین اثرات ساده تیمارهای آزمایشی بر صفات مورد بررسی.

	وزن بوته (گرم)	وزن خوشه-ها بوته (گرم)	تعداد خوشه بوته (تعداد)	وزن کاه بوته (گرم)	طول خوشه (سانتی متر)	تعداد دانه پر خوشه (تعداد)	باروری (درصد)	وزن دانه پرخوشه (گرم)	تعداد خوشه چه (تعداد)	ارتفاع گیاه (سانتی متر)	وزن تر ریشه بوته (گرم)	وزن خشک ریشه (گرم)	حجم ریشه (سانتی مترمربع)	عملکرد در هکتار (کیلوگرم در هکتار)
شرایط کشت														
نرمال	۲۵۸/۹۸a	۷۵/۰۷a	۲۷/۱۴a	۱۴/۷a	۲۶/۲۹a	۱۲۲/۲۸a	۷۶/۲۶a	۳/۱۵a	۱۰/۴۷a	۱۰۳/۳۷a	۱۱۴/۹۵a	۴۰/۴۵a	۶۳۴/۲۱a	۲۷۰۱/۲۶a
خشکی	۳۶/۲۷b	۷/۵۴b	۶/۹۲b	۱۱/۴۱b	۲۳/۷۰b	۶۶/۳۸b	۶۱/۴۹b	۱/۳۰b	۹/۵۷b	۹۹/۷۴b	۲۳/۹۰b	۱۰/۰۵b	۲۴/۸۸b	۳۷۲/۴۳b
ژنوتیپ‌ها														
Sange Jo	۱۸۵/۹۴b	۵۷/۴۹bc	۲۸/۱۶a	۹۷/۷۲bc	۲۴/۷۵ef	۹۸/۸۳bcd	۷۴/۰۹ab	۱/۸۰cdef	۹fg	۸۰/۷۶cd	۵۸/۹۸e	۲۳/۹۰d	۳۵۰f	۱۸۶۴/۵۰a
IR82616-B-B-64	۹۷/۸۱e	۱۵/۸۲f	۸/۱۶fg	۵۸/۰۵fg	۲۶/۳۳de	۵۴/۱۷f	۴۸/۰۵d	۱/۴۲def	۱۲/۳۳bc	۸۹/۱۶bcd	۵۲/۶۰f	۲۴/۹۰d	۷۳/۵۰k	۱۰۱۶h
Gardeh	۱۱۴/۶de	۴۰/۹۶d	۱۸/۸۳c	۵۲/۷۱fg	۲۲/۸۳fg	۱۲۱/۳۳b	۸۶/۳۵a	۲/۸۶ab	۱۰/۳۳de	۹۷/۴۳bcd	۴۲/۸۲g	۱۴/۸۱g	۳۷۲e	۱۲۰۴/۳۳g
Swarna	۹۳/۹۸e	۳۵/۵۸de	۱۲/۲۳de	۳۶/۰۹g	۲۱/۵۹gh	۱۱۹/۵۰bc	۸۵/۲۱a	۳/۶۵a	۹/۱۶ef	۹۳/۶۸bcd	۲۵/۰۶k	۱۰/۱۱h	۱۲۹/۸۳j	۱۰۰۲h
Sepidroud	۲۰۵/۵۸ab	۷۴/۹۷a	۳۲/۱۶a	۹۲/۹۰bcd	۲۵/۵۰de	۹۱/۱۷bcde	۸۶/۶۲a	۱/۹۶cde	۹/۳۳ef	۷۵/۸۱d	۲۳۹/۷۱a	۴۹/۸۰a	۶۷۷a	۲۰۵۴/۵۰b
Tarom Mahali	۱۸۰/۳۰bc	۴۳/۴۵d	۲۰/۳۳bc	۱۰۴/۲۰b	۲۶/۵۰cde	۹۶/۵۰bcd	۷۹/۶۱ad	۲/۲۶cde	۸/۶۶fg	۱۶۹/۲۴a	۳۷/۱۳hi	۲۴/۷۱d	۳۴۷/۵۰f	۱۸۴۰c
Graldo	۱۲۹/۹۲de	۳۹/۶۸d	۱۳/۱۶de	۶۶/۸۹def	۲۰/۲۵h	۹۰/۸۳bcde	۷۰/۲۳abc	۲/۰۲cde	۹/۳۳ef	۸۱/۵۰cd	۳۵/۳۰i	۱۴/۱۷g	۱۴۷h	۱۴۳۸f
Garib siah Rihan	۱۱۹/۰۴de	۳۲/۲۳de	۱۶/۱۶cde	۶۲/۱۷efg	۲۶/۷۵bcde	۷۳def	۶۶/۰۵bc	۱/۶۶def	۷/۸۳gf	۸۷/۰۳bcd	۲۵/۶۰k	۹/۸۳h	۲۴۲/۳۳g	۱۲۸۴g
IRAT216	۱۴۶/۶۶de	۳۴/۵۸de	۱۱/۸۳ef	۷۴/۱۸cdef	۲۲/۸۳fg	۸۱edf	۲۷e	۱/۲۱ef	۱۴/۱۶a	۸۱/۵۵cd	۸۶c	۴۹/۴۲a	۳۸۸/۵۰d	۱۵۷۹/۸۳e
IR83752-B-B-12	۲۳۸/۹۰a	۶۱/۱۵b	۲۳/۵۰b	۱۵۰/۱۰a	۲۹/۴۱a	۵۸/۱۷df	۵۴/۰۲cd	۲/۰۳cd	۹/۶۶ef	۱۰۵/۳۳cd	۱۵۸/۵۳b	۴۵/۲۸b	۵۳۴/۸۳b	۲۳۸۵a
Caiapo	۱۱/۷۲de	۲۵/۸۶ef	۷/۱۶g	۶۸/۵۶def	۲۵/۸۰efg	۱۵۷/۳۳a	۶۶/۳۳cd	۳/۷۳a	۱۲/۶۶b	۱۱۹/۱۷bc	۳۰/۱۲j	۱۸/۵۵e	۱۴۲/۳۳i	۱۲۶۶/۵۰g
Pegaso	۱۲۲/۶۶de	۳۷/۰۸de	۱۱/۶۶efg	۶۱/۳۸efg	۱۹/۵۰h	۱۲۰/۳۳b	۶۹/۸۶abc	۲/۵۹bc	۱۱/۶۶cd	۸۱/۷۵cd	۶۰/۳۵e	۲۶/۴۵c	۳۵۳/۳۳f	۱۲۶۸/۵۰g
IR63372-15	۱۴۴/۴۹cd	۳۳/۷۳de	۱۶/۶۶cd	۸۵/۸۵bcde	۲۷abcd	۷۴def	۷۶/۶۱ab	۱/۷۳cdef	۹/۳۳ef	۱۲۱/۷۵b	۳۹/۰۳h	۱۶/۶۹f	۳۴۹/۵۰f	۱۵۸۶e
USEN	۱۶۸/۶۹bc	۴۵/۷۳cd	۱۸/۳۳c	۹۷/۱۴bc	۲۸/۷۵ab	۸۴/۵۰cdef	۷۴/۲۶ab	۲/۲۶bcd	۷/۳۳h	۱۲۱/۶۷b	۸۰/۷۷d	۲۴/۴۳d	۴۸۱c	۱۷۴۴/۶۷d

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشابه در هرستون اختلاف معنی‌داری ندارند.

جدول ۷- مقایسه میانگین صفات ژنوتیپ‌های برنج مورد بررسی در شرایط غرقاب و تنش خشکی

ژنوتیپ		وزن بوته (گرم)	وزن خوشه‌ها بوته (گرم)	تعداد خوشه بوته (تعداد)	وزن کاه بوته (گرم)	طول خوشه (سانتی‌متر)	تعداد دانه پر خوشه (تعداد)	باروری (درصد)	وزن دانه پر خوشه (گرم)	تعداد خوشه- چه (تعداد)	ارتفاع گیاه (سانتی‌متر)	وزن تر ریشه بوته (گرم)	وزن خشک ریشه (گرم)	حجم ریشه (سانتی‌متر)	عملکرد در هکتار (کیلوگرم در هکتار)
Sange Jo	نرمال	۳۳۰/۲۷bc	۱۰۴/۴۸bc	۴۴/۶۶ab	۱۸۴/۳۵bcd	۲۶/۶۶bcd	۱۲۷/۳۳abcdef	۸۴/۵۷a	۲/۷۳cde	۸/۶۶f	۸۳/۷۵f	۹۶/۰۵e	۳۷/۰۴e	۶۶g	۳۳۰۰c
	تنش	۴۱/۶۰bc	۱۰/۱۴bcd	۱۱/۶۶ab	۱۳/۰۸bc	۲۲/۸۳cde	۷۰/۳۳bcd	۶۳/۶۱bcd	۰/۵۶def	۹/۳۳def	۷۷۷/۷۷b	۲۱/۹۱ef	۱۰/۷۷d	۳۲b	۴۲۹d
IR82616-B-B-64-3	نرمال	۱۶۵/۴۸ef	۲۹/۷f	۱۲/۶۶fg	۱۰۶/۱۶fg	۲۹/۱۶ab	۹۰/۳۳efg	۴۱/۷۱c	۲/۳۰de	۱۳b	۹۷/۶۵def	۸۰/۹۴f	۴۰/۴۴d	۱۲۳k	۱۷۲۰h
	تنش	۳۰/۱۵cdef	۱/۹i	۳/۶۶fg	۹/۹۴cd	۲۳/۵۰bcde	۱۸ef	۵۴/۴۰bcd	۰/۵۳ef	۱۱/۶۶abc	۸۰/۷۶b	۲۴/۲۶cd	۹/۳۶e	۲۴e	۳۱۲g
Gardeh	نرمال	۱۸۶/۷۳ef	۶۹/۸۶ed	۲۸/۳۳de	۹۳/۹۹fg	۲۴/۳۳de	۱۴۶/۶۷abcde	۹۴/۵۱a	۳/۶۰bcd	۱۱cd	۹۱/۲۰def	۶۶/۱۸g	۲۱/۲۶h	۷۱۵/۳۳e	۱۹۸۰/۶۷g
	تنش	۴۱/۵۹bc	۱۲/۰۷abc	۹/۳۳bcd	۱۱/۴۳c	۲۱/۳۳de	۹۶b	۷۸/۱۹ab	۲/۲۱ab	۹/۶۶cde	۱۰۳/۶۷b	۱۹/۴۷g	۸/۳۶f	۲۸/۶۶cd	۴۲۸d
Swarna	نرمال	۱۵۵/۱۰f	۶۵/۵۸de	۲۰ef	۶۳/۸۸g	۲۲e	۱۶۰/۳۳abc	۹۵/۹۷a	۵/۷۰a	۹/۳۳ef	۹۰/۳۵ef	۳۸/۰۲i	۱۷/۳۸i	۲۴۱/۳۳j	۱۶۷۰h
	تنش	۳۲/۸۶cdef	۵/۵۹efghi	۴/۶۶efg	۸/۲۹cde	۲۱ef	۷۸/۷۶bc	۷۴/۴۶abc	۱/۶۰abcd	۹defg	۹۷b	۱۲/۱۰h	۲/۵۸i	۱۸/۳۳gh	۳۳۴f
Sepidroud	نرمال	۳۶۶/۲۳ab	۱۳۵/۲۳a	۵۱/۳۳a	۱۷۳/۳۰cbd	۲۶/۸۳bcd	۹۳/۳۳defg	۸۲/۶۳a	۲/۴۱cde	۹ef	۷۶/۶۱ef	۴۴۸/۳۰a	۸۸/۵۲b	۱۳۲۰a	۳۶۶۰b
	تنش	۴۴/۹۳ab	۱۴/۶۹a	۱۳a	۱۲/۴۹c	۲۴/۱۶bcd	۸۹b	۹۰/۶۱a	۱/۵۱abcd	۹/۶۶cde	۷۵b	۳۱/۱۲b	۱۱/۰۸d	۳۴a	۴۶۵b
Tarom Mahali	نرمال	۳۲۱/۶۶bc	۷۸/۱۴cd	۳۲cd	۱۶۹/۱۱b	۲۸/۸۳ab	۱۱۴/۱۳bcdef	۸۳/۰۲a	۲/۷۰cde	۸/۳۳f	۱۳۴/۸۰ab	۵۵/۸۸h	۳۹/۹۴d	۶۷۶fd	۳۲۸۰c
	تنش	۳۸/۹۵bcd	۸/۷۷bcde	۸/۶۶bcd	۱۲/۲۹c	۲۴/۱۵bcd	۷۸/۷۶bc	۷۶/۲۱abc	۱/۸۳abc	۹defg	۲۰۳/۶۷a	۱۸/۸۳g	۹/۴۸e	۱۹g	۴۰۰e
Graldo	نرمال	۲۳۱/۰۳de	۷۲/۷۰d	۱۸/۶۶fg	۱۳۰/۳۰def	۲۲/۲۳e	۱۳۹/۶۷abcde	۸۰/۵۹a	۲/۹۹cde	۱۱/۶۶bcd	۱۰۰cdef	۵۸/۷۲h	۲۱/۲۶h	۳۷i	۲۵۸۰e
	تنش	۲۸/۸۱def	۷/۱۶defg	۷/۵۶cde	۳/۴۹e	۱۶/۱۶f	۴۲de	۵۹/۸۷bcd	۱/۰۶cdef	۷gh	۶۳b	۱۱/۸۹h	۷/۰۷g	۲۱f	۲۹۶h
Garib siah Rihani	نرمال	۲۱۴/۳۳def	۵۹/۵۸de	۲۷/۳۳de	۱۱۴/۱۰efg	۲۷/۳۳bc	۹۷/۳۳cdef	۸۳/۷۷a	۲/۵۴ecd	۸/۳۳f	۷۵/۳۹f	۳۹/۰۳i	۱۵/۲۸i	۴۶۷/۳۳h	۲۳۱۰f
	تنش	۲۳/۷۶f	۴/۹۰fghi	۵efg	۱۰/۲۷cd	۲۶/۱۶ab	۴۸/۶۷cde	۴۸/۳۴d	۰/۷۸def	۷/۳۳fgh	۹۸/۶۷b	۱۲/۱۷h	۴/۳۸h	۱۷h	۲۵۸j
IRAT216	نرمال	۲۶۳/۸۹de	۶۷/۱۵de	۲۰/۶۶ef	۱۳۹/۷۰def	۲۴/۶۶cde	۱۵۷abcd	۵۱/۳۷bc	۲/۰۹def	۱۵a	۹۴/۶۷def	۱۴۷/۰۹c	۹۱/۵۸a	۷۵۰d	۲۸۵۰/۶۷d
	تنش	۲۹/۴۲def	۲/۰۲hi	۳g	۸/۶۶cde	۲۱ef	۵f	۲/۶۴e	۰/۳۳f	۱۳/۳۳a	۶۸/۴۳b	۲۴/۹۰c	۸/۲۶f	۲۷d	۳۰۹g

IR83752-B-B-12-3	نرمال	۴۲۱/۸۰a	۱۰۹/۸۶ab	۳۷bc	۲۷۴/۹۴a	۲۸/۸۳ab	۹۶def	۷۶/۲۸bc	۲/۶۹cd	۱۰/۳۳de	۱۱۲/۳۳bcde	۲۳۴/۷۲b	۶۲/۶۰b	۱۰۴۰b	۴۲۱۰a
	تنش	۵۶a	۱۲/۴۵ab	۱۰bc	۲۵/۲۲a	۲۹/۱۶a	۸۶/۳۳b	۷۰/۶۶abcd	۱/۲۰cdef	۸defg	۹۸/۳۳b	۸۲/۳۵a	۲۷/۹۶a	۲۹/۶۶c	۵۶۰a
Caiapo	نرمال	۱۹۱/۷۹def	۴۳/۱۲ef	۱۰/۶۶g	۱۱۸/۲۴efg	۲۸/۵۰ab	۱۹۰a	۸۰/۶۰a	۵/۱۰ab	۱۲/۳۳bc	۱۱۵/۳۳abcd	۳۷/۳۱i	۲۵/۲۰g	۲۵۲j	۲۰۶۸g
	تنش	۴۴/۶۴ab	۸/۶۱cdef	۳/۶۶fg	۱۸/۸۴b	۲۸/۵۰a	۱۲۴/۶۷a	۵۲/۷۰cd	۲/۳۶a	۱۳ab	۱۲۳b	۲۲/۹۳de	۱۱/۹۱c	۳۲/۶۶ab	۴۴۹c
Pegaso	نرمال	۲۰۷/۱۹def	۶۶/۱۵de	۱۶/۶۶fg	۱۱۰/۷۰fg	۱۸/۱۶f	۱۶۹/۶۷ab	۸۸/۲۳a	۳/۸۸bc	۱۱/۳۳cd	۸۴/۴۹f	۹۸/۲۳e	۳۸/۱۵de	۶۷۲/۶۶g	۲۱۴۰fg
	تنش	۳۸/۱۳bcd	۸/۰۱def	۶/۶۶cdef	۱۲/۰۵c	۲۰/۸۳ef	۷۱bcd	۵۱/۵۱cd	۱/۳۰bcde	۱۱bcd	۷۹b	۲۲/۴۷ef	۱۴/۷۵b	۳۰c	۳۹۷e
IR63372-15	نرمال	۲۶۲/۲۳cd	۶۳/۸۷de	۲۹/۲۳dc	۱۶۶/۶۴bcde	۲۹/۵۰ab	۷۱/۳۳fg	۷۴/۰۵ab	۱/۸۳ef	۱۰/۳۳df	۱۳۹/۳۳a	۶۸/۶۲g	۲۹/۲۸f	۶۸۸f	۲۸۶۰d
	تنش	۲۶/۶۵ef	۳۵/۰۹ghi	۴fg	۵/۰۵e	۲۴/۵۰bc	۷۶/۶۷bc	۷۹/۱۷ab	۱/۶۲abcd	۰/۳۳efgh	۱۰۸/۱۷b	۹/۴۵i	۴/۱۰h	۱۱i	۲۷۶i
USEN	نرمال	۳۰۸bc	۸۵/۷۷bcd	۳۰/۶۶cd	۱۸۶/۵۶bc	۳۱a	۱۲۴/۶۷bcdef	۸۹/۳۴a	۳/۴۶cd	۸f	۱۲۳/۳۳abc	۱۴۰/۲۹d	۴۸/۴۳de	۹۳۸c	۳۱۸۸/۳۳c
	تنش	۲۹/۷۳def	۵/۷۰efgh	۶defg	۸/۷۰cde	۲۶/۵۰ab	۴۴/۳۳de	۵۹/۱۹cde	۱/۰۷cdef	۶/۶۶h	۱۲۰b	۲۱/۲۶f	۱۰/۴۳d	۲۴e	۳۰۱h

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشابه در هرستون اختلاف معنی‌داری ندارند

Laboski و همکاران (۲۵) بیان کردند وقتی توزیع ریشه توسط عوامل دیگر محدود نشود، مقدار رطوبت خاک عمق ریشه دوانی را کنترل می‌کند. به عقیده این محققان مقدار کافی رطوبت در ناحیه ریشه، عامل مهمی برای استفاده کارآمد از عناصر غذایی موجود به شمار می-آید. با در نظر گرفتن درصد تغییرات صفات می‌توان چنین استنباط کرد که این آسیب ناشی از کاهش شدید اجزای عملکرد (تعداد دانه پر در خوشه، تعداد خوشه چه اولیه، تعداد خوشه، وزن خوشه) نیز می‌باشد که دلیل آن اعمال تنش کمبود آب در دوره پر شدن دانه می‌باشد. نتایج با یافته‌های Jongdee و همکاران (۲۶) و Zheng و همکاران (۲۷) مطابقت داشت. بنابراین کاهش عملکرد در شرایط تنش خشکی به ترتیب به علت کاهش حجم ریشه، وزن کاه، وزن خوشه و تعداد خوشه در بوته بود (جدول ۸). از آنجایی که در اثر تنش خشکی طول دوره زایشی گیاهان کاهش یافته بود این نتیجه دور از انتظار نبود، زیرا در اثر تنش خشکی سطح سبز برگ و دوام آن کاهش یافته و متعاقب آن تولید مواد فتوسنتزی نقصان می‌یابد و به علت کمی مواد فتوسنتزی و افزایش رقابت درون بوته‌ای تعداد پنچه بارور و در نتیجه تعداد دانه پر کمتری تولید می گردد.

در شرایط غرقاب وزن خوشه بیشترین ضریب همبستگی مثبت و معنی‌دار را با عملکرد (۰/۸۵) داشت و در محیط تنش، حجم ریشه بیشترین ضریب همبستگی مثبت و معنی‌دار را با عملکرد (۰/۹۸) نشان داد (جدول ۹).

Perween و همکاران (۲۸) با بررسی اثر تنش خشکی و شرایط آبیاری بر صفات فیزیولوژیکی، دریافتند صفات رشد و عملکرد مانند پنجه های موثر، عملکرد بیولوژیکی، شاخص برداشت (٪) و تعداد دانه های بارور در خوشه با عملکرد دانه در بوته تحت آبیاری و همچنین مرحله تنش خشکی همبستگی معنی داری و مثبت داشتند.

نتایج تجزیه علیت نشان داد که صفات مختلفی در توجیه عملکرد دانه در شرایط بدون تنش و تنش خشکی نقش داشتند، به طوری که در شرایط بدون تنش، تعداد خوشه (جدول ۱۰) و در شرایط تنش خشکی (جدول ۱۱) تعداد دانه پر در خوشه دارای بالاترین اثر مستقیم و مثبت بر عملکرد دانه بود. در شرایط غرقاب بیشترین اثر غیر مستقیم و مثبت را تعداد خوشه از طریق وزن دانه پر اعمال کرد، در حالی که در شرایط تنش خشکی بیشترین اثر غیر مستقیم و مثبت بر عملکرد مربوط به صفت وزن دانه پر از طریق تعداد دانه پر در خوشه بود. همان‌طوری که ملاحظه می‌شود در شرایط خشکی تعداد دانه پر دارای بالاترین اثر مثبت و مستقیم بر عملکرد دانه بود و در شرایط غرقاب، واسطه تمامی صفات مؤثر بر عملکرد بوده و از این طریق بالاترین اثر غیر مستقیم تمامی صفات دیگر را موجب شده است. به این ترتیب تعداد دانه پر به عنوان مهم‌ترین صفت جهت افزایش عملکرد در هر دو محیط می‌تواند مورد توجه به نژادگران قرار گیرد. گزارش Surek و Beser (۲۹) نیز حاکی از آن است که تعداد دانه پر یکی از اجزای اصلی عملکرد در برنج است که می‌تواند به عنوان معیاری جهت انتخاب ارقام و لاین‌های پرمحصول برنج استفاده شود.

تجزیه کلاستر بر اساس روش ward و برش دندروگرام در فاصله ۱۰ واحدی برای ژنوتیپ مورد مطالعه؛ موجب گروه بندی ارقام در سه گروه در شرایط تنش خشکی و در شرایط نرمال گردید (شکل ۱ و ۲). گروه بندی ارقام در شرایط تنش باعث تقسیم بندی ارقام به سه گروه نیمه محتمل به خشکی، نیمه حساس به خشکی و حساس به خشکی گردید (شکل ۱). گروه اول در شرایط تنش خشکی که شامل ارقام محلی سپیدرود، سنگ جو، گرده، غریب سیاه ریحانی و ارقام خارجی Swarna،IR82616-B-B-64-3،IR83752-B-B-12-3، Pegaso، USEN در گروه نیمه متحمل به خشکی قرار گرفته وزن تر، وزن خشک ریشه و تعداد خوشه بیشتری نسبت به بقیه ارقام داشتند. گروه دوم که شامل رقم محلی طارم و رقم خارجی Caiapo در گروه نیمه حساس به خشکی قرار گرفته ارتفاع بوته و دانه پوک بیشتری نسبت به ارقام دیگر داشتند. گروه سوم که شامل رقم خارجی IRAT216 درگروه حساس به خشکی قرار گرفت کمترین تعداد دانه پر در خوشه و وزن خشک ریشه نسبت به ارقام دیگر داشتند.

جدول ۸- مقایسه میانگین و درصد کاهش صفات در ژنوتیپ‌های برنج تحت شرایط غرقاب و تنش خشکی.

صفات	شرایط بدون تنش	شرایط تنش خشکی	درصد کاهش صفات
وزن بوته (گرم)	۲۵۸/۹۸a	۳۶/۲۷b	۸۶/۰۹
وزن خوشه (گرم)	۷۵/۰۷a	۷/۵۴b	۸۹/۹۵
تعداد خوشه (تعداد)	۲۷/۱۴a	۶/۹۲b	۷۴/۵۰
وزن کاه (گرم)	۱۴۷a	۱۱/۴۱b	۹۲/۲۳
طول خوشه (سانتی‌متر)	۲۶/۲۹a	۲۳/۷۰b	۱۲/۲۴
تعداد دانه پر خوشه (تعداد)	۱۲۲۲/۲۸a	۶۶/۳۸b	۴۵/۷۱
باروری (درصد)	۷۶/۲۶a	۶۱/۴۹b	۱۹/۳۶
وزن دانه پر (گرم)	۳/۱۵a	۱/۳۰b	۵۶/۶۶
تعداد خوشه چه اولیه (تعداد)	۱۰/۴۷a	۹/۵۷b	۸/۵۹
ارتفاع گیاه (سانتی‌متر)	۱۰۱/۳۷a	۹۹/۷۴b	۱/۶۰
وزن تر ریشه (گرم)	۱۱۴/۹۵a	۲۳/۹۰b	۷۹/۲۰
وزن خشک ریشه (گرم)	۴۰/۴۵a	۱۰/۰۵b	۷۵/۱۵
حجم ریشه (سانتی‌متر مربع)	۶۳۴/۲۱a	۲۴/۸۸b	۹۶/۰۷
عملکرد (کیلوگرم)	۲۷۰۱/۲۶a	۳۷۲/۴۳b	۸۶/۲۱

نتیجه‌گیری

به طور کلی نتایج حاصل از این مطالعه به وجود عوامل پنهانی که به طور مستقیم و غیرمستقیم در ایجاد روابط بین صفات زراعی کمی سهیم می باشند، تاکید داشت. بنابراین افزایش عملکرد با توجه به روابط بین صفات مرتبط با عملکرد دانه و صفات زراعی در برنامه‌های به نژادی میسر خواهد شد. در این راستا، با توجه به رابطه معنی‌دار بین عملکرد دانه و ارتفاع گیاه، در برنامه‌های اصلاح برای افزایش عملکرد دانه می‌توان از ژنوتیپ‌های با ارتفاع کم جهت افزایش عملکرد استفاده نمود. براساس نتایج کاهش عملکرد در شرایط تنش خشکی به ترتیب به علت کاهش حجم ریشه، وزن کاه، وزن خوشه و تعداد خوشه در بوته بود از آنجایی که در اثر تنش خشکی طول دوره زایشی گیاهان کاهش یافته بود این نتیجه دور از انتظار نبود، زیرا در اثر تنش خشکی سطح سبز برگ و دوآم آن کاهش یافته و متعاقب آن تولید مواد فتوسنتزی نقصان می‌یابد و به علت کمی مواد فتوسنتزی و افزایش رقابت درون بوته‌ای تعداد پنجه بارور و در نتیجه تعداد دانه پر کمتری تولید می‌گردد.

تقدیر و تشکر

از معاونت پژوهشی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس قدردانی می گردد.

جدول ۹- ماتریس ضرایب همبستگی بین صفات مورد بررسی در شرایط نرمال و تنش خشکی (قسمت پایین شرایط نرمال و قسمت بالا شرایط تنش خشکی).

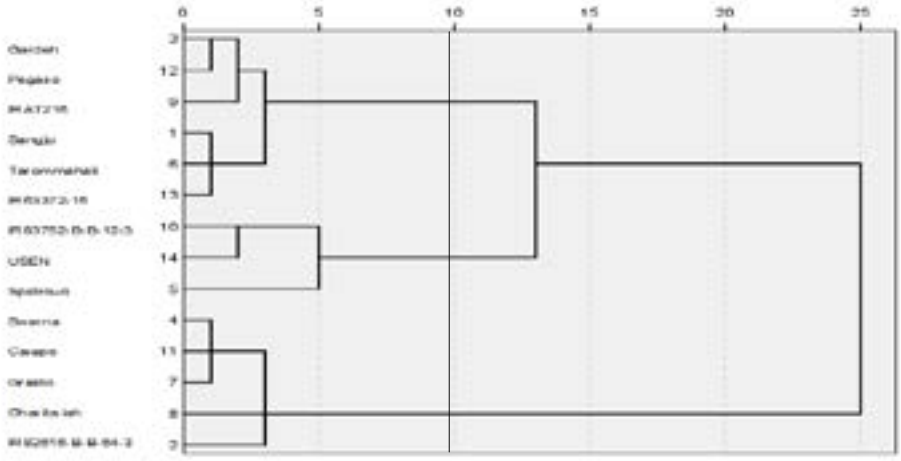
صفات	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴
۱. وزن بوته	۱	۰/۸۲۰**	۰/۶۲۰*	۰/۸۷۰**	۰/۴۰۴	۰/۶۶۳**	۰/۳۵۸	۰/۴۰۲	۰/۳۷۳	۰/۱۲۹	۰/۷۵۱**	۰/۷۹۴**	۰/۷۱۷**	/۷۷۶**
۲. وزن خوشه	۰/۸۴۱**	۱	۰/۸۸۱**	۰/۵۶۴*	۰/۱۸۹	۰/۷۰۰**	۰/۶۰۵*	۰/۴۶۶	۰/۱۱۴	۰/۰۸۵	۰/۴۶۱	۰/۵۱۷	۰/۶۱۲*	/۸۱۶**
۳. تعداد خوشه	۰/۷۹۸**	۰/۹۰۸**	۱	۰/۳۳۳	−۰/۰۰۱	۰/۳۷۷	۰/۵۸۵*	۰/۱۰۶	−۰/۰۲۰	−۰/۰۰۹	۰/۳۷۵	۰/۴۱۱	۰/۴۸۹	/۶۱۴*
۴. وزن کاه	۰.۹۴۲**	۰/۶۵۹*	۰/۶۲۵*	۱	۰/۶۹۳**	۰/۵۱۹	۰/۱۰۲	۰/۲۳۲	۰/۴۲۲	۰/۱۹۱	۰/۸۲۴**	۰/۸۳۹**	۰/۶۰۰*	/۷۴۰**
۵. طول خوشه	۰/۴۱۳	۰/۰۶۶	۰/۲۹۴	۰/۵۲۲	۱	۰/۳۸۴	۰/۱۴۲	۰/۲۱۱	−۰/۰۵۲	۰/۳۹۸	۰/۵۲۰	۰/۴۸۴	۰/۱۲۸	۰/۳۹۷
۶. تعداد دانه پر خوشه	−۰/۴۵۱	−۰/۲۸۳	−۰/۵۲۱	−۰/۴۷۹	−۰/۵۷۹*	۱	۰/۶۳۶*	۰/۸۶۴**	−۰/۲۵۷	۰/۳۶۸	۰/۱۶۸	۰/۲۴۱	۰/۲۷۸	/۶۶۳**
۷. باروری	۰/۰۴۵	۰/۳۶۰	۰/۲۹۶	−۰/۰۷۰	−۰/۲۸۰	۰/۲۸۲	۱	۰/۵۷۱*	−۰/۴۸۰	۰/۳۰۳	۰/۰۶۵	۰/۰۴۸	−۰/۰۸۵	۰/۳۳۴
۸. وزن دانه پر	−۰/۴۵۸	−۰/۲۲۷	−۰/۴۰۷	−۰/۴۶۰	−۰/۳۷۴	۰/۷۴۱**	۰/۵۵۳*	۱	−۰/۰۹۷	۰/۵۲۶	−۰/۰۷۳	−۰/۰۰۳	۰/۰۳۴	۰/۳۹۶
۹. تعداد خوشه چه	−۰/۳۷۵	−۰/۴۹۴	−۰/۶۲۴*	−۰/۲۶۷	−۰/۲۶۶	۰/۳۶۶	−۰/۶۸۲**	−۰/۰۶۷	۱	−۰/۱۳۷	۰/۲۳۴	۰/۲۸۶	۰/۷۰۷**	۰/۳۹۳
۱۰. ارتفاع گیاه	۰/۲۰۹	−۰/۱۶۹	−۰/۱۱۴	۰/۳۶۸	۰/۵۵۴*	−۰/۱۹۴	−۰/۰۸۰	۰/۰۹۱	−۰/۰۵۷	۱	−۰/۰۶۵	−۰/۰۰۹	−۰/۲۹۵	۰/۱۳۱
۱۱. وزن تر ریشه	۰/۶۷۰**	۰/۷۸۶**	۰/۶۷۳**	۰/۵۱۴	۰/۱۳۳	۰/۳۴۰	−۰/۰۶۳	−۰/۳۱۹	−۰/۱۱۷	−۰/۲۴۷	۱	۰/۹۳۳**	۰/۴۷۲	/۸۴۰**
۱۲. وزن خشک ریشه	۰/۵۹۷*	۰/۵۲۸	۰/۴۱۳	۰/۴۷۶	۰/۱۰۸	−۰/۱۶۶	−۰/۴۵۲	−۰/۴۵۷	۰/۲۹۰	−۰/۱۱۷	۰/۷۹۸**	۱	۰/۵۸۶*	/۷۹۲**
۱۳. حجم ریشه	۰/۸۱۳**	۰/۸۵۳**	۰/۸۰۱**	۰/۶۷۷**	۰/۱۸۶	۰/۳۳۴	۰/۲۰۶	۰/۳۸۵	−۰/۳۳۱	۰/۰۰۴	۰/۸۰۹**	۰/۶۶۴**	۱	/۹۸۵**
۱۴. عملکرد	۰/۸۰۹**	۰/۸۵۹**	۰/۷۹۸**	۰/۶۹۳**	۰/۴۱۷	۰/۴۵۴	۰/۰۳۲	۰/۴۸۶	۰/۳۵۰	۰/۲۴۷	۰/۶۴۶*	۰/۵۹۰*	۰/۸۰۴**	۱

جدول ۱۰- تجزیه علیت صفات گیاهی موثر بر عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها در شرایط بدون تنش.

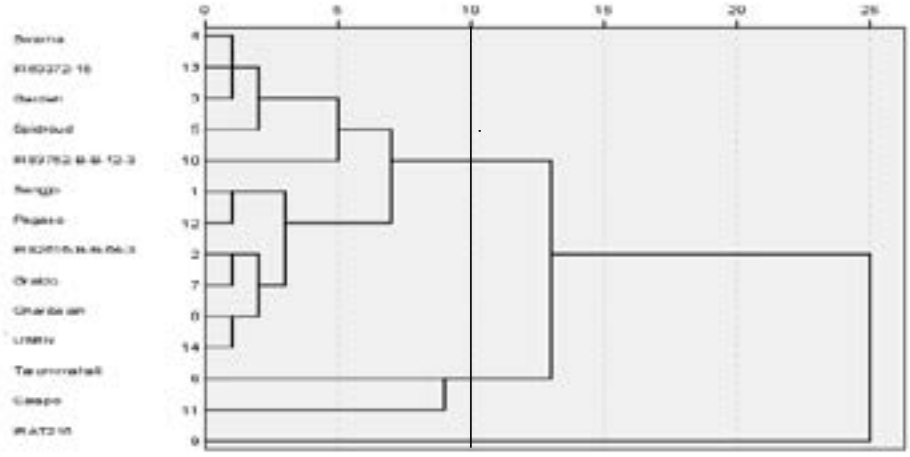
صفات	تعداد خوشه	تعداد دانه پر	وزن دانه پر
تعداد خوشه	۰/۶۴۶	-۰/۰۴۴	۰/۱۹۶
تعداد دانه پر	-۰/۳۳۷	۰/۰۵۸	-۰/۳۵۲
وزن دانه پر	-۰/۲۹۶	۰/۰۴۷	-۰/۴۲۹

جدول ۱۱- تجزیه علیت صفات گیاهی موثر بر عملکرد دانه ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش خشکی.

صفات	تعداد خوشه	تعداد دانه پر	وزن دانه پر
تعداد خوشه	۰/۳۳۳	۰/۳۰۱	۰/۰۴۰
تعداد دانه پر	۰/۱۱۲	۰/۸۹۶	-۰/۳۳۰
وزن دانه پر	۰/۰۳۵	۰/۷۷۴	-۰/۳۸۳



شکل ۱- دندروگرام ژنوتیپ‌های مورد بررسی در شرایط نرمال.



شکل ۲- دندروگرام ژنوتیپ‌های مورد بررسی در شرایط تنش خشکی.

منابع مورد استفاده

۱. رضایی، م.، نحوی، م.، ۱۳۸۶. بررسی تاثیر دور آبیاری در خاک های رسی بر کارایی مصرف آب و برخی از صفات دو رقم برنج محلی در استان گیلان. پژوهشنامه علوم کشاورزی. ۱ (۹): ۲۵-۱۵.

۲. بلوچزهی، ا.، کیانی، غ.، ۱۳۹۲. تعیین شاخص انتخاب برای بهبود عملکرد در برنج از طریق تجزیه علیت. پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی. ۵ (۱۲) :۷۵-۸۴.

۳. جهانی،م.، نعمت زاده، ق. ع.، محمدی نژاد، ق.، ۱۳۹۴. ارزیابی صفات زراعی همبسته با عملکرد دانه در برنج (*Oryza sativa*) با استفاده از روش های تجزیه رگرسیون و علیت. پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی. ۷ (۱۶) :۱۱۵-۱۲۲.

۴. دانش گیلوایی، م.، سمیع زاده، ح.، ربیعی، ب.، ۱۳۹۶. ارزیابی تجزیه علیت بر روی عملکرد و اجزای عملکرد در برنج (*Oryza sativa* L.)تحت شرایط نرمال و تنش خشکی. پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی. ۹ (۲۴) :۳۰-۳۹.

۵. صبوری، ح.، صبوری، ع.، جعفریان، ه.، جعفرزاده، م. ر.، سجادی، س. ج.، ملاشاهی، م.، ۱۳۸۸. تعیین ارقام مقاوم به خشکی برنج برای منطقه گنبدکاووس. مطبوعات دانشگاه گنبدکاووس.

۶. صفائی چایی‌کار، ص.، ربیعی، ب.، سمیع زاده، ح.، اصفهانی، م.، ۱۳۸۶. ارزیابی تحمل ژنوتیپ های برنج (*Oryza sativa* L.) به تنش خشکی انتهای فصل. نشریه علوم زراعی ایران. ۹ (۴) :۳۱۵-۳۳۱.

۷. حسینعلی پور، ب.، فرخیان فیروزی، ا.، راهنما، ا.، ۱۳۹۹. اثر تنش خشکی بر رشد و معماری ریشه گندم در مرحله رشد رویشی. علوم گیاهان زراعی ایران. ۵۱ (۱): ۷۵-۶۳.

16. Nam, N.H., Chauhan, Y.S., Johansen, C., 2001. Effect of timing of drought stress on growth and grain yield of extra-short-duration pigeonpea lines. Journal of Agriculture Science. 136: 179–189.
17. Islam, S.S., Anothai, J., Nualsri, C., Soonsuwon, W., 2020. Correlation and path analysis of phenological traits of Thai upland rice genotypes. Songklanakarin Journal of Plant Science. 7(2): 2563.
18. Venuprasad, R., Lafitte, H.R., Atlin, G.N., 2007. Response to direct selection for grain yield under drought stress in rice. Crop Science. 47: 285-293.
19. Lanceras, J.C., Pantuwan, G., Jongdee, B., Toojinda, T., 2004. Quantitative trait loci associated with drought tolerance at reproductive stage in rice. Plant Physiology. 135: 384-39910.
20. Yang, X., Wang, B., Chen, L., Li, P., Cao, C., 2019. The diferent infuences of drought stress at the fowering stage on rice physiological traits, grain yield, and quality. Scientific reports. 9:3742.
21. Pantuwan, G., Fukai, M., Cooper, S., Rajatasereekul, S., O'Toole J.C., 2002. Yield response of rice (*Oryza sativa* L.) genotypes to drought under rainfed lowlands 4. Vegetative stage screening in the dry season. Field Crops Research. 73: 153-168.
22. Blum, A. 2002. Drought tolerance- Is it a complex trait? International Crops Research Institute for Semi Arid Tropics. Patancheru, India.
23. Shelden, M.C., Roessner, U., Sharp, R.E., Tester, M., Bacic, A., 2013. Genetic variation in the root growth response of barley genotypes to salinity stress. Functional Plant Biology. 40: 516-530.
24. Adiku, S.G.K., Lafontaine, H.O., Bajazet, T., 2001. Patterns of root growth and water uptake of a maize-cowpea Mixture grown under greenhouse conditions. *Plant and Soil*. *235*:85-94.

8. Thiyagaragan, K., manomani, S., pushpam, R., Malarvizhi, D., deepa Shankar, P., 2005. Per Se and heterotic performance of private and public bred rice hybrids. Madras Agriculture Journal. 927(7-9): 532-535.
9. Dien, D.C., Mochizuki, T., Yamakawa, T., 2019. Effect of various drought stresses and subsequent recovery on proline, total soluble sugar and starch metabolisms in Rice (*Oryza sativa* L.) varieties. Plant Production Science. 22 (4): 530- 545.
10. Silva, M.A., Jifon, J.L., Da Silva, J.A.G., Sharma, V., 2007. Use of physiological parameters as fast tools to screen for drought tolerance in sugarcane. Brazilian Journal of Plant Physiology. 19: 193-201.
11. Manschadi, A.M., Christopher, J., deVoil, P., Hammer, G.L., 2006. The role of root architectural traits in adaptation of wheat to water-limited environments. Functional Plant Biology. 33: 823-837.
12. Adrees, M., Saeed Khan, Z., Ali, S., Hafeez, M., Khalid, S., Ziaur Rehman, M., Hussain, A., Hussain, K., Chatha, S.A.S., Rizwan, M., 2020. Simultaneous mitigation of cadmium and drought stress in wheat by soil application of iron nanoparticles. Chemosphere. 238: 124681.
13. Kim, Y., Chung, Y. S., Lee, E., Tripathi, P., Heo, S., Kim, K.H., 2020. Root Response to Drought Stress in Rice (*Oryza sativa* L). International Journa; of Molecular Sciences. 21: 1513.
14. Mostajeran, A., Rahimi-Eichi, V., 2008. Drought stress effects on root anatomical characteristics of rice cultivars (*Oryza sativa* L.). Pakistan Journal of Biological Science. 11 (18): 2173-2183.
15. Fernandez, G.C. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. Proceeding of the International Symposium on Adaptation of Vegetable and other Food Crops to Temperature and Water Stress. Taiwan, 13-18 August. 257-270.

25. Laboski C.A.M., Dowdy, R.H., Allmars, R.R., Lamb, J.A., 1998. Soil strength and water content influences on corn root distribution in a sandy soil. Plant and Soil. 203*:* 239-247.
26. Jongdee, B., Mitchell, J. H., Fukai, S., 1997. Modeling approach for estimation of rice yield reduction due to drought in Thailand. In: Fukai, S., Cooper, M. and Salisbury, J. (Eds,), Breeding strategies for rainfed lowland rice in drought-prone environments. Proceedings of an International Workshop, Ubon Ratchathani, Thailand, November 5–8, 1996. ACIAR Proceeding. 77.65–73.
27. Zheng, J.G., Ren, G.J., Lu, X.J., Jiang, X.L., 2003. Effect of water stress on rice grain yield and quality after heading stage. Chinese Journal of Rice Science. *3*: 239-24.
28. Perween, S., Kumar, A., Adan, F., Kumar, J., Raj, P., Kumar, A., 2020. Correlation and path analysis of yield components in rice (*Oryza sativa* L.) under irrigation and reproductive stage drought stress conditions. Current Journal of Applied Science and Technology. 39 (8): 60-68.
29. Surek, H., Beser, N., 2005. Selection for grain yield and its components in early generations in rice (*Oryza sativa* L.). Trakya University Journal Sciences. 6: 51-58.