ارزیابی تأثیر تنش خشکی بر عملکرد دانه و بهره‌وری آب در ارقام بومی و اصلاح شده برنج

Evaluation of effect of drought stress on seed yield and water productivity in local and hybrid rice *(Oryza sativa L.)* varieties

فاطمه کهنسال‌واجارگاه[1*]، فرزاد پاک‌نژاد[2]، عبدالرضا آقاجانی[3].

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد زراعت، دا نشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی،واحد کرج، کرج- ایران.
۲- دانشیار زراعت، دا نشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی،واحد کرج، کرج- ایران.
۳- دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد ورامین-پیشوا، باشگاه پژوهشگران جوان، ورامین، ایران.

***نویسنده مسوول مکاتبات:** fateme.kohansal@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۹/۲۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۲/۲۴

چکیده

به‌منظور مقایسه تأثیر تنش خشکی بر عملکرد دانه و بهره‌وری آب در ارقام مختلف برنج بومی و اصلاح شده آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی در شرایط گلدانی انجام شد. ۱۵ رقم برنج ایرانی که شامل ارقام بومی و اصلاح شده در سه شرایط آبیاری غرقاب، تنش در مرحله رویش و تنش در مرحله زایش درچهار تکرار مورد مطالعه قرار گرفتند. طبق نتایج تجزیه واریانس، اثرات متقابل بین آبیاری و ارقام برای کلیه صفات معنی‌دار بود. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بیش‌ترین عملکرد دانه متعلق به ارقام سپیدرود (۶۵/۱۸ گرم در گلدان) و هیبرید (۶۴/۶۳ گرم در گلدان) در شرایط غرقاب، ارقام محمدی(۳۵/۸۵ گرم در گلدان) و درفک (۳۲/۵۲ گرم در گلدان) در شرایط تنش رویش و ارقام محمدی (۳۷/۵۱ گرم در گلدان) و ساحل (۳۲/۴۸ گرم در گلدان) در شرایط تنش زایش بود. از نظر بهره‌وری آب دانه و بهره‌وری آب کل در شرایط تنش در مرحله رویش و تنش در مرحله زایش، رقم محمدی به‌عنوان رقم متحمل به‌خشکی شناخته شد.

واژگان کلیدی: برنج، تنش خشکی، غرقاب، رویش، زایش.

مقدمه

برنج مهم‌ترین محصول غذایی بعد از گندم در جهان است و مهم‌ترین غله‌ای است که بیش از نیمی از غذای مردم جهان را تشکیل می‌دهد. برنج دانه‌ای است که بیش از ۸۰ درصد از کالری روزانه را برای مصرف کننده فراهم می‌کند (Gallagher, 1984). برنج بزرگ‌ترین مصرف کننده آب بین همه محصولات کشاورزی است و بیش از ۸۰ درصد کل مصرف منابع آب در آسیا را به‌خود اختصاص داده است (Bouman *et al*., 2007) و (Bouman and Toung, 2001). خشکی بر حسب زمان، طول و شدت دوره تنش سبب کاهش عملکرد از طریق تأثیر بر هر یک از اجزای آن می‌شود (نحوی و همکاران، ۱۳۸۳). بنابراین عملکرد دانه و اجزای آن به‌عنوان یکی از مهم‌ترین شاخص‌های گیاهان سازگار یا متحمل به تنش، باید در برنامه به‌نژادی مورد توجه قرار گیرد (ممنوعی، ۱۳۷۹). بوجانگ و فوکایی (Boojung and Fukai, 1996)تاثیر کمبود آب در مراحل مختلف رشد برنج را بر عملکرد و اجزای عملکرد تحت شرایط دیم ارزیابی کردند و به این نتایج دست یافتند، زمانی که تنش خشکی در مرحله رشد رویشی اعمال شد، تأثیر کمی بر روی رشد و عملکرد دانه داشت. کاهش ۳۰ درصدی عملکرد موجب کاهش تعداد خوشه و تعداد دانه در خوشه شد. زمانی که خشکی در خلال دوره گل‌دهی اتفاق افتاد، تاثیر آن روی عملکرد بسیار زیاد بود، گل‌دهی به تاخیر افتاده و تعداد دانه در خوشه نسبت به شرایط بدون تنش تا ۶۰ درصد کاهش یافت، همچنین باعث کاهش درصد پرشدن دانه نیز شد و زمانی‌که خشکی در خلال دوره پرشدن دانه اتفاق افتاد، درصد پر شدن دانه تا ۴۰ درصد کاهش یافت. آن‌ها اظهار نمودند که تأثیر تنش یا شدت آن در خلال دوره پر شدن دانه مؤثر است و تنش خشکی در این مرحله باعث تسریع در رسیدگی می‌گردد. رضایی و نحوی (۱۳۸۲) در یک بررسی بر روی کارایی مصرف آب در برنج رقم هاشمی بیان کردند که تیمار آبیاری با فاصله هشت روزه بیش‌ترین و غرقاب دائم کم‌ترین راندمان مصرف آب را دارند. صفائی چائی‌کار و همکاران (۱۳۸۶) در ارزیابی تحمل ژنوتیپ‌های برنج به تنش خشکی انتهای فصل بیش‌ترین آسیب ناشی از تنش خشکی، مربوط به عملکرد شلتوک (۴۰ درصد) بیان کردند. رضائی و همکاران (۱۳۸۹) در بررسی تغییرات مصرف آب در مدیریت‌های مختلف آبیاری و تأثیر آن بر میزان عملکرد ارقام مختلف برنج گزارش کردند که رقم محلی در مقابل تنش خشکی متحمل بوده ولی ارقام هیبرید و اصلاح شده در اثر تغییر روش آبیاری کاهش عملکرد شدیدی دارند. نتایج بررسی آن‌ها نشان که ارقام غیربومی در تنش‌های کم عکس‌العمل مشابه دارند ولی در تنش‌های زیاد ارقام هیبرید درصد کاهش عملکرد بیش‌تری دارند.

کاتوزی و همکاران (۱۳۸۸) در بررسی تأثیر مدیریت آبیاری بر سرعت، طول دوره پر شدن و محتوای نسبی آب برگ سه رقم برنج اعلام کردند که محتوای نسبی آب برگ رقم بومی علی کاظمی نسبت به ارقام بهار و درفک بیش‌تر بود. نتایج به‌دست آمده از مطالعه پر شدن دانه نشان داد که رقم بهار با دارا بودن بیش‌ترین طول دوره مؤثر پر شدن دانه و بالاترین عملکرد (۶۷۱۰ کیلوگرم در هکتار) نسبت به ارقام درفک و علی کاظمی رقم مناسب‌تری در مدیریت‌های مختلف آبیاری است. این تحقیق به‌منظور بررسی تاثیر تنش خشکی بر عملکرد دانه و بهره‌وری آب در ارقام مختلف برنج با شرکت ۱۵رقم برنج در سه محیط بدون تنش، تنش خشکی در مرحله رویش و تنش خشکی در مرحله زایش انجام شد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی واکنش ژنوتیپ‌های برنج به تنش خشکی (تنش خشکی در مرحله رویش و تنش خشکی در مرحله زایش) از ۱۵ رقم برنج شامل ارقام حسنی، غریب، محمدی، هاشمی، علی‌کاظمی، سنگ‌جو، نعمت، ندا، فجر، گوهر، هیبرید، درفک، خزر، ساحل، سپیدرود در سه شرایط بدون تنش، تنش خشکی در مرحله رویش و تنش خشکی در مرحله زایش هر کدام به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملا تصادفی با چهار تکرار مورد مطالعه قرار

گرفتند. این آزمایش به‌صورت گلدانی در شهرستان رودسر با طول جغرافیایی ۳۸ درجه و ۸ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۵۰ درجه و ۱۹ دقیقه شمالی با ارتفاع ۲۲- متر از سطح دریای آزاد انجام شد. نشاها در گلدان‌هایی به ارتفاع ۴۰ سانتی‌متر و قطر۳۰ سانتی‌متر به‌صورت یک بوته در هر گلدان کاشته شدند. آبیاری گلدان‌ها در هر سه شرایط بدون تنش، تنش‌خشکی در مرحله رویش و تنش‌خشکی در مرحله زایش تا ۱۰ روز بعد از نشاکاری به‌صورت آبیاری همه روزه بود و بعد از آن تنش خشکی در مرحله رویش شروع شد که گلدان‌هایی که در محیط تنش در مرحله رویش قرار داشتند به‌صورت متناوب هر هشت روز یک‌بار آبیاری می شدند تا مرحله ۵۰درصد گلدهی بعداز این مرحله تنش در مرحله رویش قطع و تنش در مرحله زایش شروع می‌شد که گلدان‌هایی که در محیط تنش در مرحله زایش قرار داشتند به‌صورت متناوب هر هشت روز یک‌بار آبیاری می‌شدند.

لازم به‌ذکر است در شرایط رشدی غرقاب از ابتدای دوره رویش تا مرحله رسیدگی کامل آبیاری به‌صورت همه روزه انجام شد. جهت تامین نیاز کودی ارقام، با توجه به آزمایش خاک و نوع رقم به صورت ۵۵۸/۳۲ کیلوگرم در هکتار (۱/۵ گرم در گلدان) سولفات پتاسیم، ۳۷۲/۲۱ کیلوگرم در هکتار (یک گرم در گلدان) فسفات تریپل برای هر گلدان استفاده شده و اوره برای ارقام بومی که شامل ارقام حسنی، غریب، محمدی، هاشمی، علی کاظمی، سنگ جو ۷۴۴/۴۳ کیلوگرم در هکتار (دو گرم در گلدان) و برای ارقام پر محصول شامل ارقام نعمت، ندا، فجر، گوهر، هیبرید، درفک، خزر، ساحل، سپید رود ۱۱۱۶/۶۵ کیلوگرم در هکتار(سه گرم در گلدان) برای هر گلدان استفاده شد.

کلیه عملیات زراعی از قبیل وجین، مبارزه با آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز مطابق روش معمول انجام شد.در هنگام بارندگی روی گلدان‌ها حفاظ کشیده شد تا از ورود آب خارجی به گلدان‌ها جلوگیری گردد و میزان آب مصرفی برای هر گلدان در کل دوره رشد گیاه ثبت شد که آب مصرفی برای کل دوره رشد در شرایط غرقاب، تنش در مرحله رویش و تنش در مرحله زایش این مقدار به‌ترتیب ۳۴۷۷/۴۹، ۱۷۶۶/۹۸، ۲۶۶۶/۱ لیتر بود. صفات مورد مطالعه در این آزمایش شامل عملکرددانه (عملکرد شلتوک یا دانه کل بوته‌های هر گلدان محاسبه و بر حسب گرم در گلدان بیان گردید)، بیوماس بیولوژیک (عملکرد شلتوک و ساقه و برگ کلیه بوته‌های هر گلدان محاسبه گردید)، بهره‌وری آب دانه (از تقسیم عملکرد دانه به آب مصرفی هر گلدان به‌دست آمد)، بهره‌وری آب کل (از تقسیم بیوماس کل به آب مصرفی هر گلدان به‌دست آمد)، هدایت روزنه‌ای (به‌وسیله دستگاه پرومتر برای دو برگ از یک بوته در یک روز قبل از آبیاری اندازه‌گیری شد) و مقدار آب نسبی برگ (که بر اساس فرمول ۱۰۰ × (وزن خشک - وزن آماس)/ (وزن خشک- وزن تر)=RWC محاسبه شد) بود که بر اساس دستورالعمل استاندارد مؤسسه تحقیقات بین المللی برنج اندازه‌گیری شدند. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها و انجام کلیه تجزیه‌های آماری از نرم افزار SAS استفاده گردید.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بین ژنوتیپ‌ها تفاوت معنی‌داری ($P<0/01$) از نظر کلیه صفات مورد مطالعه در سه شرایط آبیاری تنش خشکی در مرحله رویش، تنش در مرحله زایش و بدون تنش وجود داشت (جدول یک). اثرات متقابل بین آبیاری (غرقاب، تنش در مرحله رویش و تنش در مرحله زایش) و ژنوتیپ برای کلیه صفات معنی‌دار بود. یعنی از نظر کلیه صفات، دو عامل آبیاری و رقم روی هم اثر متقابل دارند و نمی‌توانند مستقل از یکدیگر عمل کنند. نتایج مقایسه میانگین ارقام برنج مورد مطالعه تحت سه شرایط بدون تنش و تنش‌خشکی در مرحله رویش و تنش‌خشکی در مرحله زایش نشان داد که اثرات متقابل بین دو عامل شرایط آبیاری و ارقام در صفت عملکرد دانه نشان داد که در شرایط غرقاب بیش‌ترین میانگین مربوط به رقم سپیدرود (۶۵/۱۸ گرم در گلدان) بود که با رقم هیبرید در یک گروه قرار می‌گیرد.

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات در ارقام برنج در سه شرایط بدون تنش و تنش خشکی در مرحله رویش و مرحله زایش

Table 1. Variance analysis in rice genotype at three condition, submerge, stress in vegetative stage and stress in reproductive stage.

				(MS) مربعات میانگین				
S.O.V	منابع تغییرات	درجه آزادی df	بهره وری آب کل Total Water productivity	بهره وری آب دانه Seed Water productivity	محتوی نسبی آب RWC	هدایت روزنه ای Stomata conductance	عملکرد بیولوژیک BY	عملکرد دانه Seed yield
Irrigation	آبیاری	2	26988.74**	2355.81**	2041.4**	266330.98**	34158.22**	16532.55**
Cultivar	رقم	14	453.78 **	280.96 **	480.75**	7316.62**	1021.37**	382.64**
Irrigation* cultivar	رقم*آبیاری	28	186.73 **	240.24**	452.53**	7482.74*	398.33**	276.52**
Error	خطا	135	60.54	7.23	92.94	277.26	54.64	15.15
CV	ضریب تغییرات		14.54	14.01	11.58	11.64	10.10	14.37

** Significantly at 1% level of probability

** معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد

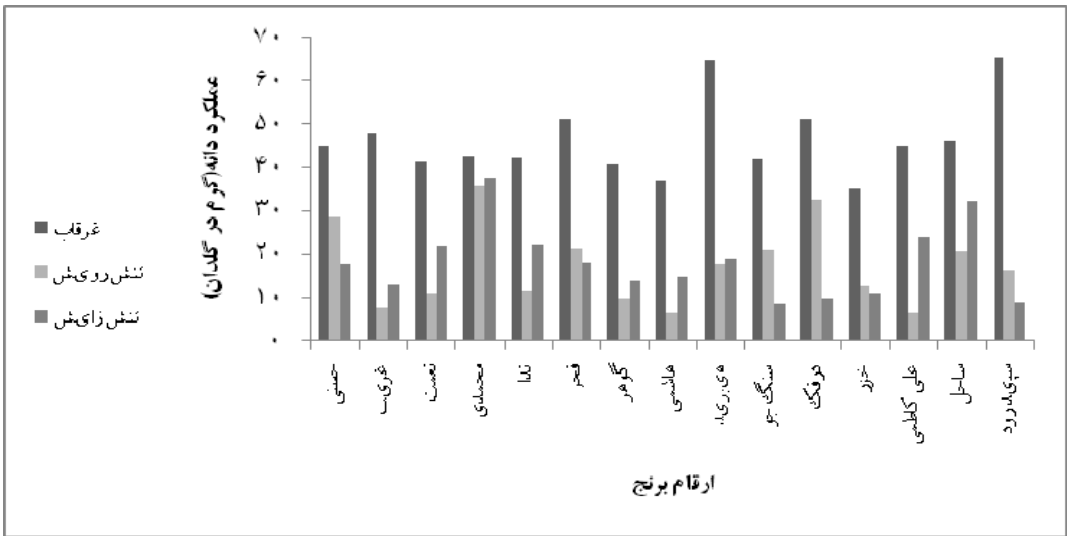
و کم‌ترین میانگین مربوط به رقم خزر (۳۵/۰۱ گرم در گلدان) بود که با رقم هاشمی در یک گروه جای دارد (شکل یک). در شرایط تنش در مرحله رویش بیش‌ترین میانگین مربوط به رقم محمدی (۳۵/۸۵ گرم در گلدان) که با رقم درفک در یک گروه قرار می‌گیرد و کم‌ترین میانگین مربوط به رقم علی‌کاظمی (۶/۶۲) بود که با ارقام هاشمی، غریب، گوهر، نعمت و ندا در یک گروه قرار می‌گیرند. در شرایط تنش در مرحله زایش بیش‌ترین میانگین مربوط به رقم محمدی (۳۷/۵۱ گرم در گلدان) که با رقم ساحل در یک گروه قرار می‌گرفت و کم‌ترین میانگین مربوط به رقم سنگ‌جو (۸/۶۹) بود که با ارقام سپیدرود، درفک، خزر، غریب و گوهر در یک گروه قرار می‌گرفت. بالا یا پایین بودن سطوح عملکرد در این ارقام را می‌توان با متغیربودن اجزای عملکرد در آن‌ها و هم‌چنین واکنش متفاوت نسبت به شرایط محیطی مرتبط دانست.

تنش آبی در مرحله زایشی و پرشدن دانه، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک را کاهش می‌دهد و کاهش عملکرد دانه در نتیجه کاهش تعداد خوشه در بوته و تعداد دانه پر در خوشه می‌باشد. فوکای و کوپر (Fukai and Cooper, 1995) اظهار کردند که با هم‌زمان شدن تحقیقات فیزیولوژیکی و برنامه‌های اصلاحی می‌توان ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی را از روی عملکردشان تشخیص داد. طبق بیان آن‌ها ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی عملکرد دانه بالاتری را نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها نشان می‌دهند. بنابراین با توجه به عملکرد بالا و شاخص برداشت بالای رقم محمدی تحت شرایط تنش در مرحله زایش و رقم درفک در شرایط تنش در مرحله رویش و زمان گل‌دهی مناسب، این ارقام جهت فرار از خشکی و حفظ رشد در خلال دوره خشکی ارقامی مناسب برای کاشت در شرایط خشکی محسوب می‌گردند (شکل یک).

لازم به ذکر است که تحت شرایط تنش، عملکرد ارقام تنها شاخص منتخب نیست، زیرا عملکرد دانه، صفتی کمی بوده و توسط تعداد زیادی ژن کنترل می‌شود. همچنین وراثت‌پذیری این صفت به‌دلیل معنی‌دار بودن اثر متقابل ارقام × آبیاری (جدول یک) پایین بوده و بنابراین انتخاب بر اساس صرفا عملکرد دانه در جهت بهبود تحمل به خشکی چندان مؤثر نخواهد بود و باید اجزای عملکرد و سایر صفات مرتبط با عملکرد دانه را به‌همراه عملکرد مدنظر قرار داشت. صفات مورفولوژیک و فنولوژیک به سادگی و با دقت زیاد قابل اندازه‌گیری بوده و وراثت‌پذیری نسبتا بالایی دارند، پس انتخاب بر اساس این صفات

ممکن است راه مطمئن و سریعی برای غربال جوامع گیاهی و بهبود عملکرد باشد (Richards, 1996).

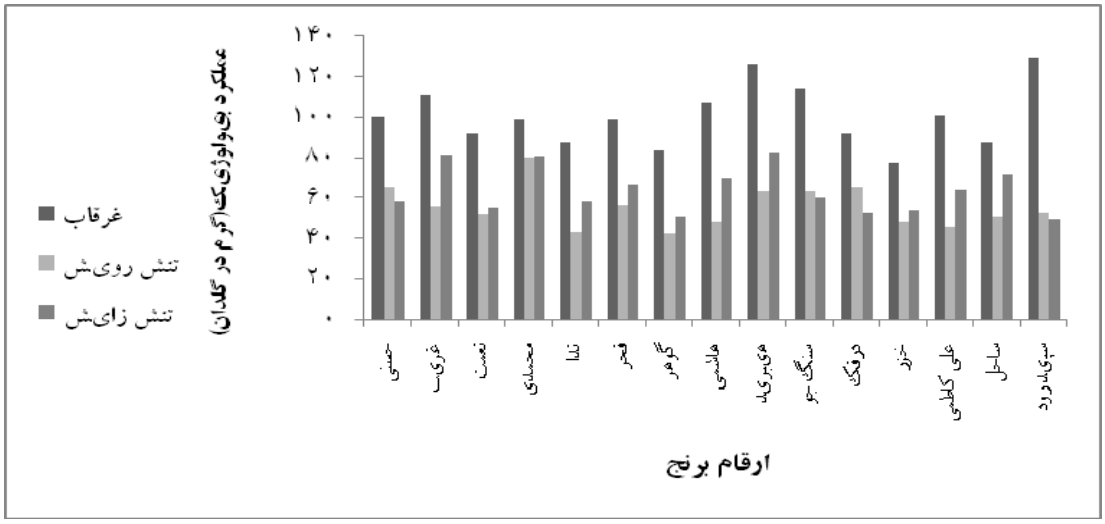
در حقیقت انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی علاوه بر این‌که باید با توجه به نتایج هر سه شرایط رشد انجام شود، باید برمبنای یک شاخص انتخاب که علاوه بر عملکرد، صفات مرتبط با عملکرد را نیز در بردارد، انجام شود. رضائی و همکاران (۱۳۸۹) در بررسی تغییرات مصرف آب در مدیریت‌های مختلف آبیاری و تأثیر آن بر میزان عملکرد ارقام مختلف برنج گزارش کردند که رقم محلی در مقابل تنش خشکی متحمل بوده ولی ارقام هیبرید و اصلاح شده در اثر تغییر روش آبیاری کاهش عملکرد شدیدی دارند. نتایج بررسی آن‌ها نشان که ارقام غیربومی در تنش‌های کم عکس‌العمل مشابه دارند ولی در تنش‌های زیاد ارقام هیبرید درصد کاهش عملکرد بیش‌تری دارند.



شکل ۱- اثر متقابل بین آبیاری و رقم بر عملکرد دانه ارقام برنج

Fig 1. Interaction of irrigation and cultivar on seed yield of rice cultivars

اثرات متقابل بین دو عامل آبیاری و ارقام در عملکرد بیولوژیک نشان داد که در شرایط غرقاب بیش‌ترین میانگین مربوط به رقم سپید رود (۱۲۸/۸۲ گرم در گلدان) که با رقم هیبرید در یک گروه بود و کم‌ترین میانگین مربوط به رقم خزر (۷۷/۶۸ گرم در گلدان) که با ارقام گوهر، ساحل و ندا در یک گروه قرار می‌گیرند (شکل دو). در شرایط تنش در مرحله رویش، بیش‌ترین میانگین مربوط به رقم محمدی (۸۰/۰۵ گرم در گلدان) و کم‌ترین میانگین مربوط به رقم گوهر (۴۲/۰۰۲ گرم در گلدان) که با ارقام ندا، علی کاظمی، هاشمی، خزر، ساحل و نعمت یک گروه قرار می‌گیرند. در شرایط تنش در مرحله زایش، بیش‌ترین میانگین مربوط به رقم هیبرید (۸۱/۹۶ گرم در گلدان) که با ارقام غریب و محمدی در یک گروه بود و کم‌ترین میانگین مربوط به رقم سپیدرود (۴۹/۶۹ گرم در گلدان) که با ارقام گوهر، درفک، خزر، نعمت، حسنی، ندا، سنگ جو در یک گروه قرار می‌گیرند. بیش‌تر بودن عملکردبیولوژیک یک رقم را می‌توان به تعداد پنجه، تعداد خوشه در بوته و تعداد دانه در خوشه نسبت داد، زیرا عملکرد بیولوژیک بر اثر تنش خشکی کاهش می‌یابد. وینکل (Winkel, 1989) گزارش داد که حساس‌ترین مرحله به خشکی در غلات، حد فاصل به گل‌دهی تا خوشه رفتن است. واریته‌هایی که قبل از گل‌دهی بتوانند زیست توده بالایی تولید و ذخیره مواد پرورده در ساقه را افزایش دهند جزو واریته‌های متحمل به خشکی محسوب می‌شوند.



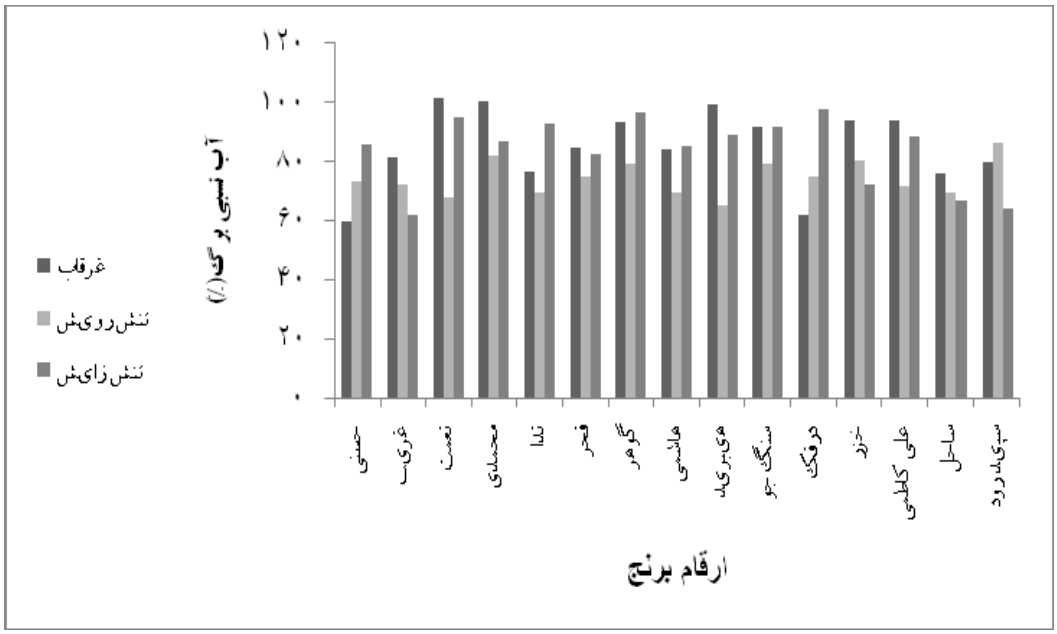
شکل ۲- اثر متقابل بین آبیاری و رقم بر عملکرد بیولوژیک ارقام برنج

Fig 2. Interaction of irrigation and cultivar on biological yeild of rice cultivars

اثرات متقابل بین دو عامل آبیاری و ارقام در محتوی آب نسبی برگ نشان داد که در شرایط غرقاب بیش‌ترین میانگین مربوط به رقم نعمت (۱۰۱/۷۵ درصد) که ارقام محمدی، هیبرید، خزر، علی‌کاظمی، گوهر و سنگ‌جو در یک گروه قرار می‌گیرد و کم‌ترین میانگین مربوط به رقم حسنی (۵۹/۷۵ درصد) که با رقم درفک در یک گروه بود (شکل ۳). در شرایط تنش در مرحله رویش، بیش‌ترین میانگین مربوط به رقم سپیدرود (۸۶/۵۰ درصد) که ارقام محمدی، خزر، گوهر، سنگ‌جو، فجر، درفک و حسنی در یک گروه قرار می‌گیرد و کم‌ترین میانگین مربوط به رقم هیبرید (۶۵/۲۵ درصد) که با ارقام نعمت، ساحل، هاشمی، ندا، علی‌کاظمی و غریب در یک گروه بود.

در شرایط تنش در مرحله زایش بیش‌ترین میانگین مربوط به رقم درفک (۹۷/۷۵ درصد) که ارقام گوهر، نعمت، ندا، سنگ‌جو، هیبرید، علی‌کاظمی، محمدی، حسنی و هاشمی در یک گروه قرار می‌گیرد و کم‌ترین میانگین مربوط به رقم غریب (۶۱/۷۵ درصد) که با ارقام سپیدرود، ساحل و خزر در یک گروه بود. یاداو و بوشان (Yadav and Bhushan, 2001) تأثیر ۱۰ روز تنش رطوبتی را در خلال دوره‌های پنجه‌زنی و گلدهی ژنوتیپ‌های برنج مطالعه کردند و اظهار نمودند که در اثر تنش رطوبتی، مقدار آب نسبی برگ کاهش یافت. با آبیاری مجدد گیاهان، آب نسبی برگ بهبود یافت، اما تا ۷۲ ساعت نمی‌توانند به وضعیت قبل از تنش برگردند و این بهبود مجدد در مرحله پنجه‌زنی بیش‌تر از مرحله گل‌دهی است.

۱۰ روز تنش‌خشکی در خلال دوره گل‌دهی باعث کاهش پتانسیل اسمزی و پتانسیل آب برگ در همه ژنوتیپ‌ها شد. میزان بالاتر محتوای آب نسبی برگ در شرایط تنش آبی در حفظ و نگهداری فتوسنتز گیاهی جهت پر شدن دانه‌ها مهم است (Niknam *et al*., 2003).



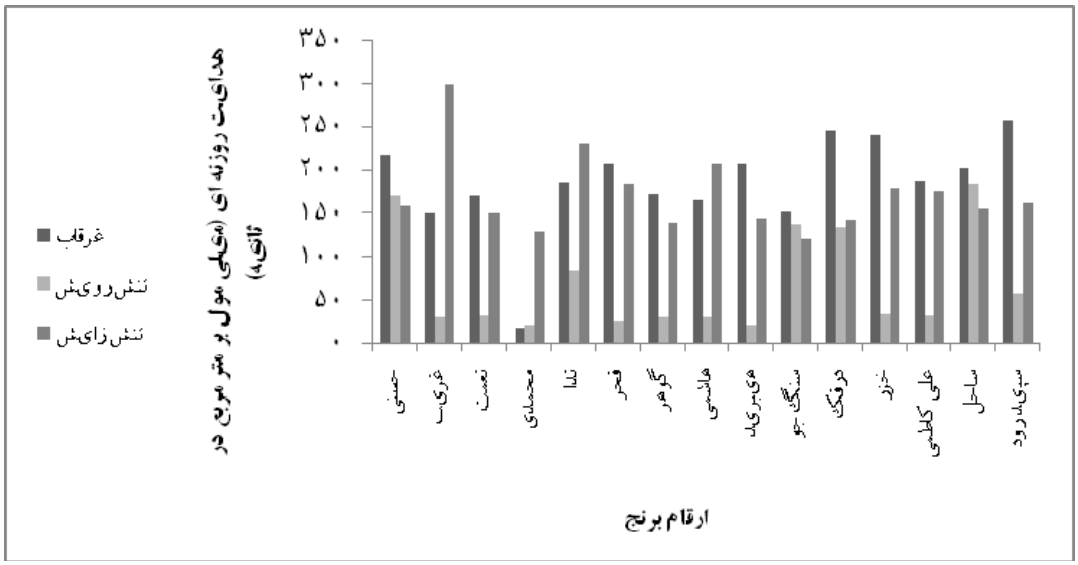
شکل ۳- اثر متقابل بین آبیاری و رقم بر آب نسبی برگ ارقام برنج

Fig 3. Interaction of irrigation and cultivar on leaf relative water content of rice cultivars

اثرات متقابل بین دو عامل آبیاری و ارقام در صفت هدایت روزنه‌ای نشان داد که در شرایط غرقاب بیش‌ترین میانگین مربوط به رقم سپیدرود (۲۵۷/۵۶ میلی‌مول بر مترمربع در ثانیه) که با ارقام درفک و خزر در یک گروه بود و کم‌ترین میانگین مربوط به رقم غریب (۱۵۰/۵۵ میلی‌مول بر مترمربع در ثانیه) که با ارقام سنگ جو، هاشمی، محمدی و گوهر در یک گروه قرار می‌گیرند (شکل چهار).

در شرایط تنش در مرحله رویش، بیش‌ترین میانگین مربوط به رقم ساحل (۱۸۵/۳۲ میلی‌مول بر مترمربع در ثانیه) که با رقم حسنی در یک گروه بود. و کم‌ترین میانگین مربوط به رقم هیبرید (۲۰/۶۵ میلی‌مول بر مترمربع در ثانیه) که با ارقام محمدی، فجر، گوهر، هاشمی، غریب، علی کاظمی، نعمت و خزر در یک گروه قرار می‌گیرند. در شرایط تنش در مرحله زایش بیش‌ترین میانگین مربوط به رقم ندا (۲۳۱/۲۰ میلی‌مول بر مترمربع در ثانیه) بود و کم‌ترین میانگین مربوط به رقم سنگ جو (۱۱۹/۳۲ میلی‌مول بر مترمربع در ثانیه) که با ارقام محمدی و گوهر در یک گروه قرار می‌گیرند.

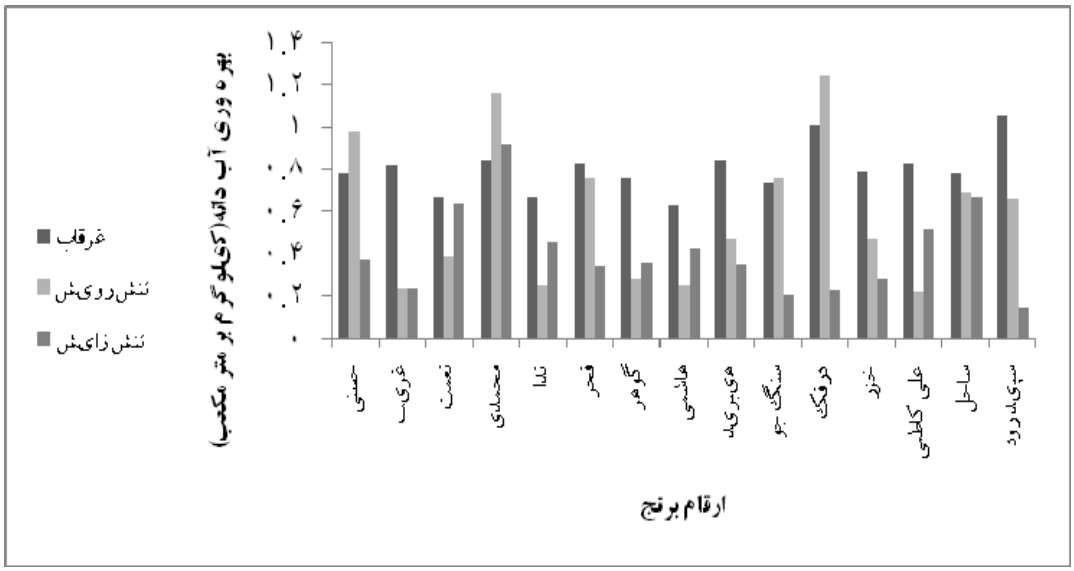
نتایج مربوط به صفت آب نسبی برگ را می‌توان برای این صفت نیز تعمیم داد. کم‌بودن مقدار هدایت روزنه‌ای در شرایط تنش‌خشکی در مرحله رویش حاکی از این بود که ارقام انتخاب شده در شرایط تنش‌خشکی هدایت روزنه‌ای کم‌تری دارند و نسبت به خروج آب مقاومت بیش‌تری نشان می‌دهند و این عکس‌العمل روزنه‌ها در جهت کاهش جریان تعرقی و حفظ جریان ورود گاز کربنیک به گیاه به‌عنوان یکی از ترکیبات اصلی در فرآیند فتوسنتز برای گیاه بود. هدایت روزنه‌ای رابطه نزدیکی با محتوای نسبی آب برگ و فشار آماس در شرایط خشکی دارد. بنابراین کاهش محتوی آب برگ در شرایط کمبود آب منجر به کاهش هدایت روزنه‌ای، ورودی اکسیدکربن و در نهایت کاهش فتوسنتز می‌شود (Kumar *et al*., 1993).



شکل ۴- اثر متقابل بین آبیاری و رقم بر هدایت روزنه ای ارقام برنج

Fig 4. Interaction of irrigation and cultivar on stomata conductance of rice cultivars

اثرات متقابل بین دو عامل آبیاری و ارقام در بهره‌وری آب دانه نشان داد که در شرایط غرقاب بیش‌ترین میانگین مربوط به رقم سپیدرود (۱/۰۶ کیلوگرم بر مترمکعب) که با رقم درفک در یک گروه بود و کم‌ترین میانگین مربوط به رقم هاشمی (۰/۶۳ کیلوگرم بر مترمکعب) که با ارقام ندا، نعمت و سنگ جو در یک گروه بودند(شکل پنج). در شرایط تنش رویش بیش‌ترین میانگین مربوط به رقم درفک(۱/۲۴ کیلوگرم بر مترمکعب) که با رقم محمدی در یک گروه بود و کم‌ترین میانگین مربوط به رقم علی‌کاظمی(۰/۲۲ کیلوگرم بر مترمکعب) که با ارقام غریب، هاشمی، ندا و گوهر در یک گروه بودند. در شرایط تنش زایش بیش‌ترین میانگین مربوط به رقم محمدی (۰/۹۲ کیلوگرم بر مترمکعب) بود و کم‌ترین میانگین مربوط به رقم سپیدرود (۰/۱۵ کیلوگرم بر مترمکعب) که با ارقام سنگ‌جو، درفک و غریب در یک گروه بودند.

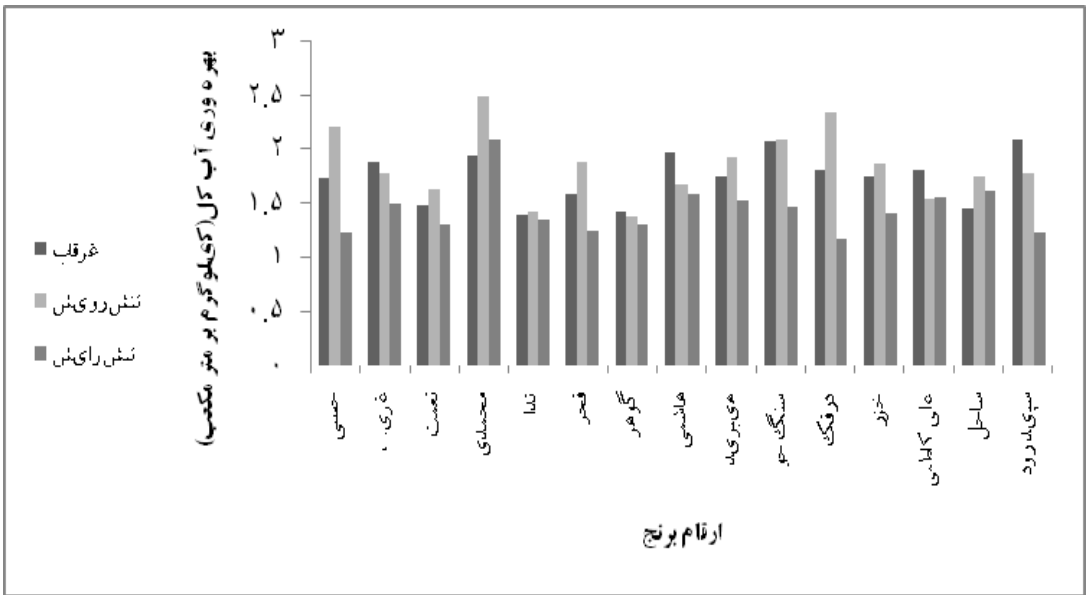


شکل ۵- اثر متقابل بین آبیاری و رقم بر بهره وری آب دانه ارقام برنج

Fig 5. Interaction of irrigation and cultivar on seed water productivity of rice cultivar

میزان عملکرد دانه در سه شرایط به‌ترتیب از بیش‌تر به کم‌تر مربوط به‌شرایط غرقاب، تنش زایش و تنش رویش است با توجه به عملکرد بالای شرایط غرقاب و آب مصرفی بالا در طی دوره رشد شرایط تنش رویش به‌دلیل مصرف آب کم‌تر در تولیددانه بیش‌ترین بهره وری آب را دارا بود. ارقام متحمل با مصرف آب کم‌تر عملکرد دانه بیش‌تری تولید می‌کنند بهره‌وری آب آن‌ها بیش‌تر است. اثرات متقابل بین دو عامل آبیاری و ارقام در بهره‌وری آب کل نشان داد که در شرایط غرقاب بیش‌ترین میانگین مربوط به رقم سپیدرود (۲/۰۹ کیلوگرم بر مترمکعب) و ارقام سنگ جو، هاشمی، محمدی، غریب، علی‌کاظمی و خزر در یک گروه بودند و کم‌ترین میانگین مربوط به رقم ندا (۱/۴۱ کیلوگرم بر مترمکعب) که با ارقام گوهر، ساحل، نعمت، فجر، حسنی و هیبرید در یک گروه بودند (شکل شش). در شرایط تنش در مرحله رویش بیش‌ترین میانگین مربوط به رقم محمدی (۲/۵۰ کیلوگرم بر مترمکعب) و ارقام درفک و حسنی در یک گروه بودند

و کم‌ترین میانگین مربوط به رقم گوهر (۱/۳۹ کیلوگرم بر مترمکعب) که با ارقام ندا، علی کاظمی، نعمت و هاشمی در یک گروه بودند. در شرایط تنش زایش بیش‌ترین میانگین مربوط به رقم محمدی (۲/۱۰ کیلوگرم بر مترمکعب و کم‌ترین میانگین مربوط به رقم درفک (۱/۱۸ کیلوگرم بر مترمکعب) که با ارقام سپیدرود، حسنی، فجر، نعمت، گوهر، ندا، خزر، سنگ جو و غریب در یک گروه بودند. رقم محمدی در شرایط غرقاب و شرایط تنش خشکی توانسته راندمان آب مصرفی خوبی داشت ولی رقم درفک فقط در شرایط تنش در مرحله رویش راندمان آب مصرفی خوبی داشت و در شرایط تنش زایش، راندمان آب مصرفی آن پایین بود. بررسی بهره‌وری آب علاوه بر مشخص کردن ارقام متحمل یک روش مناسب برای ارزیابی عملیات مدیریت آبیاری نیز است.



شکل ۶- اثر متقابل بین آبیاری و رقم بر بهره وری آب کل ارقام برنج

Figure 6. Interaction of irrigation and cultivar on total water productivity of rice cultivar

نتیجه‌گیری

نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهد عکس‌العمل ارقام مختلف در مقابل تغییر شرایط آبیاری متفاوت می‌باشد ارقام محلی سازگاری مناسب‌تر و عملکرد بالاتر در مقایسه با ارقام اصلاح شده و هیبرید در شرایط تنش آبی داشتند. با توجه به عملکرد دانه و سایر صفات اندازه‌گیری شده در ارقام مورد مطالعه، می‌توان ارقام درفک، محمدی و حسنی را به‌عنوان

ارقام متحمل به‌خشکی و ارقام هاشمی، خزر، گوهر، علی کاظمی، نعمت و ندا را به‌عنوان ارقام حساس به تنش خشکی در مرحله رویش معرفی کرد. هم‌چنین، می‌توان ارقام محمدی و ساحل را به‌عنوان ارقام متحمل به‌خشکی و ارقام درفک، سپیدرود، خزر، سنگ‌جو، هاشمی و گوهر را به‌عنوان ارقام حساس به تنش‌خشکی در مرحله زایش معرفی نمود.

منابع References

رضائی،م.، معتمد، ک.، یوسفی فلک‌دهی، ع. و امیری، ا. ۱۳۸۹. تغییرات مصرف آب در مدیریت‌های مختلف آبیاری و تأثیر آن بر میزان عملکرد ارقام مختلف برنج . نشریه آب و خاک.۲۴(۳) :۵۷۳-۵۶۵.

رضایی،م. و نحوی، م.۱۳۸۲. اثر دور آبیاری برمقدار مصرف آب و عملکرد برنج در گیلان.مجموعه مقالات یازدهمین همایش کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران.۸۳ :۲۴۰-۲۳۳.

صفـائی‌چائی‌کار،ص.، ربیعـی، ب.، سمیـع‌زاده، ح. و اصفهانی، م.۱۳۸۶. ارزیابی تحمل ژنوتیپ‌های برنج (*Oriza sativa L.*) به تنش‌خشکی انتهای فصل. مجله علوم زراعی ایران۹(۴) :۳۳۱-۳۱۵.

کاتوزی. م.، رحیم‌زاده‌فوئی، ف. و صبوری، ح. ۱۳۸۸.تأثیر مدیریت آبیاری بر سرعت، طول دوره دانه و محتوای نسبی آب برگ سه رقم برنج . علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی۱۳(۴۷ب) :۶۳۷-۶۲۳.

ممنوعی، ا. ۱۳۷۹. بررسی اثر تنش کم‌آبی بر تعدادی از صفات فیزیولوژیک، مورفولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد ارقام جو. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی دانشگاه گیلان.

نحوی، م.، یزدانی، م.ر.، اله‌قلی‌پور، م. و حسینی، م.۱۳۸۳. بررسی تأثیر نوبت‌های مختلف آبیاری بر کارایی مصرف آب و عملکرد برنج رقم خزر. مجله علوم کشاورزی ایران.۶(۲) :۶۰-۵۳.

Boojung, H., and Fukai, S. 1996. Effect of soil water deficit at different growth stages on rice growth and yield under upland conditions Phenology,biomass production and yield. Field Crops Research 1:47-55.

Bouman, B.A.M. 2007. A conceptual framework for the improvement of cropwater productivity at different spatial scales.Agriculture Systerm 93,43–60.

Bouman, B.A.M., and Tuong,T.P. 2001. Field water management to save water and increase its productivity in irrigated rice.Agriculture Water Management 49, 11–30.

Fukai, S. and Cooper, M. 1995. Development of drought-resistant cultivars using physiomorphological traits in rice.Field Crops Research 40:67-86.

Gallagher, E.J. 1984. Cereal Production. Butterworths, USA. 354pp.

Kumer, A., Elston, J., and Yadav, S.K. 1993. Effect of water deficit and different in tissue water statue on leaf conductance of Brassica species.Crop Res (Hisar) 6(3):350-356.

Niknam, S.R., Ma. Q., and Turner, D.W. 2003.Osmotic adjustment and seed yield of Brassica napus and Brassica junce genotypes in water-limited environment in south-western Australia. Aust.J.Exp. Agri. 43:1127-1135.

Richards, R.A. 1996. Defining selection criteria to improve yield under drought.Plant Growth Regulation 20:157-166.

Winkel, A. 1989. Breeding for drought tolerance in cereals.Vertage for pflan zenzuchtung 16: 357-368.

Yadav,R.S., and Bhushan,C.2001. Effect of moisture stress on growth and yield in rice genotypes. Indian Journal of Agriculture Research 2:104-107.