

بررسی اثرات تنش خشکی انتهایی فصل بر اساس شاخص‌های ارزیابی در ۹ لاین و رقم اصلاح شده برنج

محمدباقر خورشیدی بنام^۱، مهرداد عبدی^۲، شهرام ایرانی پور^۳ و رحیم اکبری^۳

چکیده

این پژوهش در سال ۱۳۸۴ با هدف تعیین تأثیر تنش خشکی آخر فصل با استفاده از شاخص‌های ارزیابی تنش در نه رقم و لاین امید بخش برنج در چهار تکرار به صورت کرت‌های خرد شده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی انجام شد. برای تعیین میزان تحمل یا حساسیت ارقام به تنش خشکی، مقادیر ۵ شاخص شامل میانگین حساسی، میانگین هندسی، شاخص تحمل، شاخص حساسیت به تنش، و شاخص تحمل به تنش محاسبه شدند. نتایج نشان داد که بین ارقام از لحاظ عملکرد تنوع زیادی وجود دارد. ارقام صالح، ۸۳۰، محلی دوم و هیبرید در هر دو شرایط عملکردی بیشتر از عملکرد میانگین گروه خود تولید کردند. هم‌چنین عملکرد حسن سرایی بیشتر از میانگین گروه تحت تنش ولی عملکرد ۸۴۱ کمتر از میانگین گروه تنش بود. رقم ۸۴۰ که در شرایط بدون تنش عملکردی بیشتر از میانگین نشان داده بود تحت شرایط تنش کاهش عملکرد نشان داد. ارقام هاشمی و محلی اول و ۸۴۱ در هر دو شرایط کمترین عملکرد را تولید کردند. بالاترین میزان شاخص STI متعلق به ارقام صالح و لاین ۸۳۰ و محلی دوم بود (به ترتیب ۱/۵، ۱/۲۶، و ۱/۰۲)، رقم صالح بر اساس شاخص GMP نیز تحمل بالاتری داشت (۸۴۴۴ کیلوگرم در هکتار). از نظر شاخص‌های SSI و TOL رقم هاشمی نسبت به تنش متحمل تر از رقم صالح بود، در حالی که رقم صالح بر اساس شاخص MP از تحمل نسبی بیشتری برخوردار بود. با مقایسه ضرایب همبستگی Yp و Ys با شاخص‌های اندازه‌گیری شده، سه شاخص MP، GMP و STI از ضرایب همبستگی بالاتری نسبت به سایرین برخوردار بودند، لذا بهترین شاخص‌ها برای غربال ژنوتیپ‌های مقاوم و حساس به‌شمار آمدند. بر اساس روش‌های به کار گرفته شده در این بررسی برای غربال کردن ژنوتیپ‌های مقاوم و حساس، رقم صالح از نظر شاخص بهره‌وری متحمل‌ترین رقم نسبت به تنش بوده و بعد از آن لاین ۸۳۰ قرار داشت.

واژه‌های کلیدی: برنج، رقم، تنش خشکی، عملکرد

تاریخ دریافت مقاله: ۸۶/۹/۲۶ تاریخ پذیرش: ۸۷/۵/۵

۱- استادیار مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی و دانشگاه آزاد اسلامی واحد میانه

۲- استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد میانه

۳- فارغ التحصیلان کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد میانه و کارشناسان ارشد سازمان جهاد کشاورزی شهرستان میانه

مقدمه و بررسی منابع

برنج غذای دو سوم مردم دنیا را تشکیل می‌دهد و ۷۵ درصد تولید این محصول از مناطق غرق‌آبی به‌دست می‌آید (۱۱). تخمین زده می‌شود که حدود ۲۰۰ میلیون تن از محصول برنج در اثر تنش‌های محیطی، بیماری‌ها و آفات از بین می‌رود و تنش خشکی تقریباً در ۵۰٪ از اراضی تولید برنج دنیا اتفاق می‌افتد (۱۱).

تنش خشکی رفتاری بسیار پیچیده دارد. در شرایط تنش خشکی، وضعیت آبی گیاه بیشتر از نوع عکس‌العمل گیاه، میزان عملکرد محصول را تعیین می‌کند. تحمل تنش به خشکی می‌تواند به‌وسیله عملیات ساده و ارزان زراعی کنترل شود (۹). اندازه گیاه می‌تواند در این مورد مؤثر باشد. گیاهان کوچک با سطح برگ کمتر و شاخص سطح برگ کوچک‌تر به‌طور نسبی آب کمتری در نواحی با کمبود آب مصرف می‌کنند. البته گیاهان کوچک‌تر عملکرد کمتری نیز تولید می‌کنند. تعیین رابطه بین اقتصاد آب و کاهش بالقوه عملکرد یک عمل مهم در تعیین مقاومت ژنوتیپ‌ها به تنش کمبود آب است. طول یا حجم ریشه و قابلیت سبز ماندن در اثر وقوع تنش نیز می‌تواند یکی از ابزارهای تحمل به تنش کمبود آب باشد (۱۰).

رفتارهای سازگاری گیاه به تنش نقش مهمی در تحمل به تنش ایفا می‌کنند. این رفتارها توسط ژن‌ها کنترل می‌شوند و می‌توانند تحت شرایط تنش به خصوصی و گاهی شرایط غیر تنش عمل کنند. عملکرد زمانی کاهش می‌یابد که میزان آب در ناحیه ریشه از میزان اشباع کمتر باشد (۱۱). کمی میزان آب در گیاه باعث کاهش قدرت زنده مانی گیاه می‌شود. ظرفیت پایداری فعالیت‌های گیاه تحت شرایط تنش،

نقش مهمی در تحمل به تنش ایفا می‌کند. به‌طور مثال فتوسنتز تحت شرایط خشکی کاهش می‌یابد. اگر رقم معینی بتواند تحت شرایط تنش، فعالیت فتوسنتزی خود را فعال نگاه دارد، می‌توان گفت که آن رقم دارای نوعی از تحمل به تنش آب است. از آنجایی که آب قابل دسترس گیاه نقش مهمی در فعالیت‌های حیاتی و مراحل سازگاری گیاهان تحت استرس دارد، عواملی مثل سطح برگ، گسترش ریشه، فنولوژی گیاه و ساختار سطح برگ تأثیر مهمی بر فعالیت‌های گیاه می‌گذارند (۱۹).

اغلب ارقام پر محصول که برای شرایط آبیاری اصلاح شده‌اند به تنش آبی بسیار حساس می‌باشند و این موضوع میزان سازگاری آن‌ها به شرایط دیم را که خطر تنش کمبود آب در طی فصل رشد وجود دارد، محدود می‌کند. اصلاح برای مناطق با خشکی انتهای فصل منجر به زودرسی می‌شود. اما برخی ارقام متحمل که عملکرد بیشتری در شرایط تنش ایجاد می‌کنند نیز وجود دارند. ارقامی با خصوصیات فرار از خشکی انتهای فصل و قابلیت حفظ رشد در این شرایط، دارای قابلیت تولید یک محصول مطمئن تحت شرایط تنش می‌باشند (۱۴).

پانتووان^۱ و همکاران (۲۰۰۲) گزارش کردند که تنوع شدیدی در عملکرد دانه و سایر صفات در هر دو شرایط با تنش و بدون تنش مشاهده شده است (۱۶). در این تحقیق گیاهانی که گل‌دهی آن‌ها با تأخیر شروع شد بیشتر صدمه دیدند چرا که آن‌ها زمانی به گل رفتند که میزان آب خاک کاهش شدیدی یافته بود. نتایج تجزیه واریانس برای هر رقم در محیط‌های مختلف نشان داد که ارقامی که با محیط اثر متقابل متفاوتی برای صفات وزن هزار دانه و

استفاده کنند، حتی ارقام نیمه پاکوتاه فجر و نعمت نتوانستند در شرایط خشکی از پتانسیل‌های ژنتیکی خود برخوردار شوند (۴).

به گزارش صدرموسوی (۱۳۷۵) از بین ۶ رقم کاشته شده در منطقه میانه، فقط دو رقم دم‌سیاه و بی‌نام به محصول نشسته و بقیه به‌خاطر کوتاهی فصل رشد و استفاده از آب چاه، محصول تولید نکردند (۳). یوان^۱ و همکاران (۱۹۹۳) اظهار داشتند که در طی دهه ۱۹۸۰، معرفی و توسعه واریته‌های اصلاح شده با عملکرد مناسب در هر دو شرایط آبیاری غرق آبی و تنش‌دار، منجر به افزایش معنی‌دار در تولید برنج چین گردید (۲۰). هنرنژاد و همکاران (۱۳۷۶) در آزمایش پایداری و سازگاری ارقام برنج در شرایط محیطی مختلف، رقم بچارا به‌علت دارا بودن بالاترین عملکرد و کمترین انحراف در تجزیه پایداری در شرایط تنش و غیر تنش مطلوب‌ترین رقم معرفی نمودند (۷).

در ایران اراضی آبی تحت کشت برنج با کمبود آب در زمان‌ها، شدت‌ها و مدت‌های مختلف مواجه می‌شوند. انواع مختلفی از استرس‌های خشکی، عملکرد دانه برنج را در منطقه میانه کاهش می‌دهند که از این میان تنش آب در آخر فصل رشد به‌خاطر کاهش و یا قطع آب رودخانه‌های فصلی بسیار مهم‌تر می‌باشد. لذا این تحقیق در راستای تخمین میزان تنوع در عملکرد دانه و عکس‌العمل ژنوتیپ‌های مختلف امید بخش به شرایط تنش آبی و تعیین میزان کاهش عملکرد ارقام در موقع بروز تنش در منطقه میانه و شاخص‌های مربوطه به اجرا در آمد.

تعداد سنبلچه بارور دارند با صفات مربوط به خشکی نیز روابط متفاوتی دارند. لذا انتخاب برای بالاترین عملکرد در محیط‌های مختلف بهترین اقدام می‌باشد.

برنج بر خلاف سایر غلات نسبت به آب نیاز بالاتری دارد و بنابراین تحمل آن به خشکی کم است. البته برنج‌های غیر غرقابی به‌خاطر سابقه‌گزینشی ۵۰۰۰ ساله به تنش خشکی مقاوم‌تر هستند. خصوصیتی که موجب جذب بهتر آب از خاک می‌شوند، مانند عمیق بودن ریشه یا کاهش آب تعرقی به‌خاطر وجود موم روی برگ، تحمل گیاه به تنش خشکی را افزایش می‌دهد.

به گزارش پیردشتی^۱ و همکاران (۲۰۰۵) کمبود آب بر رشد و نمو گیاه تأثیر گذاشته و عملکرد ارقام را کاهش می‌دهد. در این تحقیق تنش آب در طول دوره رشد، ارتفاع گیاه را کاهش داده است. تنش در مرحله گل‌دهی با کاهش تعداد خوشه‌های بارور و درصد دانه پر شده بیشترین کاهش عملکرد را نسبت به سایر مراحل نشان داد (۱۷).

قربان‌پور و همکاران (۱۳۸۳) نشان دادند که تنش در زمان گل‌دهی شدیدترین خسارت را به برنج می‌زند، به‌طوری‌که تعداد دانه در خوشه در این شرایط شدیداً کاهش می‌یابد. وی هم‌چنین نشان داد که تعداد گلچه‌های غیر بارور در شرایط تنش در مرحله گل‌دهی ۴۶٪ و در شاهد ۲۲٪ بود و وزن هزاردانه نیز در شرایط تنش به میزان ۱۷٪ نسبت به شاهد کاهش یافت. تحت شرایط تنش شدید وقتی که عملکرد به کمتر از ۵۰٪ شاهد می‌رسد، ارتباط بین عملکرد تحت شرایط شاهد و تنش از بین می‌رود. در این بررسی ژنوتیپ‌های مورد آزمایش نتوانستند از قدرت پر محصولی ذاتی خود تحت شرایط تنش

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۳۸۴ در مزرعه‌ای واقع در روستای گوندوغدی از توابع شهرستان میانه اجرا گردید. در این آزمایش نه رقم و لاین امید بخش برنج شامل ارقام و لاین‌های صالح، هاشمی، لاین ۸۳۰، لاین ۸۴۰، حسن سرایی، محلی اول، بذر هیبرید، لاین ۸۴۱ و محلی دوم که از مؤسسه تحقیقات برنج کشور در رشت تهیه شده بودند در چهار تکرار به صورت کرت‌های خرد شده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی کاشته شدند. خاک محل آزمایش لومی بود. جهت آماده‌سازی خزانه برای بذریابی، ابتدا زمین مورد آزمایش آبیاری و غرقاب شد و سپس با تیلر به عمق ۲۰-۱۵ سانتی‌متر شخم زده شد. پس از شخم دوم و تسطیح، بسترهای خزانه به‌روش ایستگاهی تهیه گردید. مقدار بذر مصرفی به میزان ۲۰۰ گرم در متر مربع خزانه استفاده شد. قبل از تسطیح به مقدار ۲۰۰ کیلوگرم اوره، ۱۴۰ کیلوگرم فسفات آمونیم و ۲۰۰ کیلوگرم سولفات پتاس در هکتار توزین و به زمین خزانه و زمین اصلی پاشیده شد. بذر را به مدت ۲۴ ساعت در آب معمولی خیسانده و بعد به مدت ۱۲ ساعت در محلول ۲ در هزار مانکوزب قرار داده و بدون آبکشی بذر را در گرم‌خانه در گونی‌های کفی جوانه‌دار نموده و در این مدت بذر را به آرامی چند بار به‌هم زده تا جوانه‌زنی یکنواخت حاصل شود و برای خشک نشدن بذر آب‌پاشی انجام گرفت. بذر جوانه زده در سینی مخصوص کشت گردید. برای هر هکتار حدود ۲۰۰ سینی در نظر گرفته شد. خاک مزرعه الک شده و بعد از مخلوط کردن با کود روی سینی مخصوص دستگاه نشاکار ریخته شد و با ماله صاف گردید برای جلوگیری از نفوذ بیشتر ریشه‌ها به خاک زیر سینی‌ها،

یک ورق روزنامه روی سوراخ‌های سینی پهن شد. بذور جوانه‌دار شده را روی آن‌ها ریخته و کمی خاک نیز روی بذور اضافه گردید. سینی‌ها روی هم چیده شده و کف خزانه آب ریخته شد تا رطوبت نسبی محیط بالا رود. سینی‌ها هر روز بازبینی و آب‌پاشی شدند تا ارتفاع بوته‌ها به حدود ۲-۳ سانتی‌متر رسید. در این حالت سینی‌ها در محل خزانه قرار داده شده و آبیاری گردیدند. پس از قرار دادن سینی‌ها در خزانه روی آن‌ها با نایلون پوشانده شد و هر چند روز یک بار نایلون را جهت تهویه و هوادهی باز کرده و مراقبت‌های لازم انجام شد. جهت مبارزه با آفت مگس خزانه از سم کارباریل به مقدار ۳ کیلوگرم در هکتار استفاده شد. در طول رشد نشاها در خزانه اقدام به آماده‌سازی زمین اصلی گردید. زمین اصلی پس از آبیاری و دو بار شخم به عمق ۳۰-۲۵ سانتی‌متر تسطیح و غرقاب گردید. بعد از تخلیه آب، سطح کرت‌ها توسط مارکری به ابعاد ۲۰×۲۰ سانتی‌متر نشانه‌گذاری و سپس نشاها در مرحله ۳ تا ۴ برگگی (۲۵ تا ۳۰ روز بعد از بذریابی) به تعداد ۳-۴ عدد در هر کپه در کرت‌هایی به ابعاد ۳×۴ متر با دست کاشته شدند. برای مبارزه با علف هرز سوروف از علف کش اوردرام به مقدار ۴ لیتر در هکتار که به آب کرت‌ها اضافه شد، استفاده گردید. مدیریت یکنواخت آبیاری برای همه کرت‌ها تا ۵۰٪ گل‌دهی بوته‌ها انجام و بعد از این مرحله، آب در تیمار تنش قطع گردید. پس از نشاکاری، نمونه‌برداری از اندام‌های هوایی به تناوب انجام گرفت. از ۱۵ ردیف کاشته شده در هر کرت یک ردیف از طرفین جهت اثرات حاشیه حذف و ردیف‌های دوم و چهارم جهت نمونه‌برداری انتخاب شدند. در مرحله رسیدگی جهت تعیین عملکرد دانه، از سطح ۵ متر مربع

از نظر فرناندز مناسب‌ترین معیار انتخاب معیاری است که بتواند ژنوتیپ‌های گروه A را از سایر گروه‌ها تشخیص دهد.

اولین بار فیشر و مورر^۱ (۱۹۷۸) شاخص حساسیت به تنش را معرفی کردند (۱۳) که از فرمول‌های زیر محاسبه می‌گردد.

$$SI = 1 - (\overline{ys} / \overline{yp}), \quad SSI = (1 - (ys / yp)) / SI$$

در این دو معادله: ys = عملکرد هر ژنوتیپ در محیط دارای تنش، yp = عملکرد هر ژنوتیپ در محیط بدون تنش، \overline{yp} = میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها در محیط بدون تنش، \overline{ys} = میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها در محیط تنش می‌باشند.

شاخص SI بیان‌گر شدت تنش^۲ است. هر چه میزان این شاخص کمتر باشد، ژنوتیپ نسبت به خشکی مقاومت بالاتری دارد. شاخص حساسیت به تنش ژنوتیپ‌هایی را بر می‌گزیند که در محیط دارای تنش عملکرد بالا ولی در محیط بدون تنش عملکرد پایینی دارند. بنابراین این شاخص نمی‌تواند ژنوتیپ‌های گروه A و C را از یکدیگر تفکیک کند. روزیل و هامبلین^۳ (۱۸) شاخص‌های تحمل (TOL) و شاخص بهره‌وری متوسط (MP) را معرفی نمودند (۱۸) که عبارتند از:

$$TOL = yp - ys \quad \text{و} \quad MP = (yp + ys) / 2$$

آن‌ها: ys = عملکرد هر ژنوتیپ در محیط دارای تنش، و yp = عملکرد هر ژنوتیپ در محیط بدون تنش می‌باشند. هر چه شاخص تحمل کوچک‌تر باشد، حساسیت به خشکی ژنوتیپ کمتر بوده و مطلوب‌تر است. گزینش براساس این شاخص سبب

برداشت انجام و عملکرد دانه با رطوبت ۱۴٪ در هکتار محاسبه گردید. در این تحقیق از ۵ شاخص شامل شاخص بهره‌وری متوسط^۱، شاخص میانگین هندسی بهره‌وری^۲، شاخص تحمل^۳، شاخص حساسیت به تنش^۴ و شاخص‌های تحمل به تنش^۵ برای تعیین میزان تحمل یا حساسیت ارقام به تنش خشکی استفاده شد. داده‌های حاصل با استفاده از نرم‌افزار SPSS13 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه دانکن انجام گرفت. همچنین برای رسم نمودارها از برنامه Excel استفاده شد.

شاخص‌های مقاومت به خشکی

برای انتخاب گیاهان پر محصول در شرایط تنش، شاخص‌های متفاوتی پیشنهاد شده است. جهت تعیین نحوه تظاهر و عکس‌العمل ژنوتیپ‌های مختلف در دو محیط دارای تنش و بدون تنش، فرناندز^۶ (۱۹۹۲)، چهار نوع واکنش برای ژنوتیپ‌ها پیشنهاد کرد (۱۲):

- ۱- ژنوتیپ‌هایی که در دو محیط واجد تنش و بدون تنش عملکرد بالایی تولید می‌کنند (گروه A).
- ۲- ژنوتیپ‌هایی که فقط در محیط بدون تنش دارای عملکرد بالایی هستند (گروه B).
- ۳- ژنوتیپ‌هایی که فقط در محیط واجد تنش پر محصول هستند (گروه C).
- ۴- آن‌هایی که در هر دو محیط‌های تنش‌دار و بدون تنش عملکرد پایین‌تری دارند (گروه D).

1. Mean Productivity (MP)
2. Geometric Mean Productivity (GMP)
3. Stress Tolerance (TOL)
4. Stress Susceptibility Index (SSI)
5. Stress Tolerance Index (STI)
6. Fernandez

1. Fischer and Maurer
2. Stress Intensity
3. Rosielle and Hamblin

نتایج و بحث

عملکرد

نتایج حاصل از بررسی عملکرد ارقام در دو شرایط تنش و غیر تنش و نیز بررسی شاخص‌های ارزیابی تنش نشان داد که رقم صالح با ۸۶۷۱ و ۸۲۲۳ کیلوگرم در هکتار، لاین ۸۳۰ با ۸۲۱۵ و ۷۲۹۹ کیلوگرم در هکتار، رقم محلی دوم با ۷۱۷۹ و ۶۷۱۷ کیلوگرم در هکتار و بذر هیبرید با ۷۱۴۸ و ۶۴۲۳ کیلوگرم در هکتار به ترتیب در شرایط بدون تنش و تنش عملکردی بیشتر از عملکرد میانگین گروه خود تولید کردند (نمودار ۱). به عبارت دیگر این ارقام در شرایط تنش متحمل تر بوده و عملکرد بالاتری نشان دادند و در گروه اول قرار گرفتند. در حالی که حسن سرایی با ۶۸۳۱ و ۶۳۸۶ کیلوگرم در هکتار و لاین ۸۴۱ با ۶۷۴۰ و ۵۸۱۵ کیلوگرم در هکتار که در شرایط بدون تنش عملکردی در حوالی میانگین گروه تولید کرده بودند، در شرایط تنش خشکی عکس‌العملی کاملاً متفاوت نشان دادند و رقم حسن سرایی عملکردی بیشتر از میانگین ولی لاین ۸۴۱ عملکردی کمتر از میانگین گروه تنش نشان دادند. می‌توان چنین بیان کرد که رقم حسن سرایی به خاطر بومی و پابلند بودن به شرایط تنش متحمل تر از لاین ۸۴۱ می‌باشد و در گروه سوم قرار می‌گیرد. از طرف دیگر لاین ۸۴۰ با ۷۶۴۳ و ۵۴۴۸ کیلوگرم در هکتار که در شرایط بدون تنش عملکردی بیشتر از میانگین گروه نشان داده بود تحت شرایط تنش، کاهش عملکرد نشان داده و در گروه دوم قرار گرفت. ارقام هاشمی، محلی اول و لاین ۸۴۱ که در هر دو شرایط عملکردی کمتر از میانگین گروه را تولید کردند، در گروه چهارم قرار گرفتند.

انتخاب ژنوتیپ‌هایی می‌شود که تحت شرایط بدون تنش، عملکرد پایینی دارند، ولی در شرایط دارای تنش عملکرد بالقوه بالایی دارند. پس این شاخص قادر به جداسازی گروه C از گروه B می‌باشد. شاخص متوسط محصول‌دهی نیز باعث گزینش ژنوتیپ‌هایی می‌شود که عملکرد بالایی در شرایط مطلوب دارند، ولی از عملکرد پایینی در شرایط تنش برخوردارند.

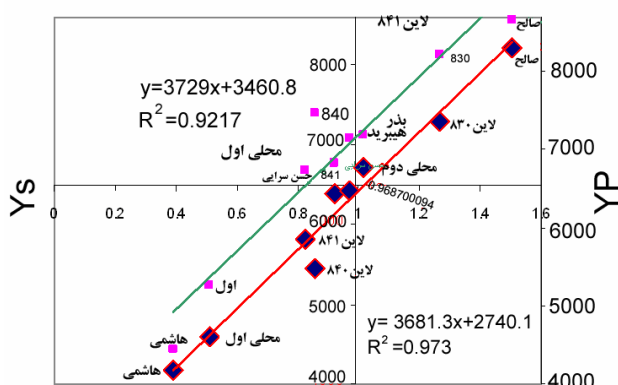
فرناندز (۱۹۹۲) شاخص تحمل به تنش (STI) را ارایه کرد که قادر به شناسایی ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا تحت هر دو محیط دارای تنش و بدون تنش می‌باشد. این شاخص به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$STI = ((yp) (ys)) / \overline{yp}^2$$

مقدار بالاتر شاخص STI برای یک ژنوتیپ، نمایانگر تحمل به خشکی بالاتر و عملکرد بالقوه بیشتر آن ژنوتیپ می‌باشد. بنابراین شاخص STI قادر به تفکیک و شناسایی ژنوتیپ‌های گروه A از گروه B و C می‌باشد. ژنوتیپی که مقدار شاخص STI آن بالاتر است، تحمل به خشکی و پتانسیل عملکرد بالایی دارد. فرناندز (۱۹۹۲) شاخص مفید دیگری به نام میانگین هندسی محصول‌دهی (GMP) را نیز معرفی کرد که به صورت زیر بیان می‌شود.

$$GMP = \sqrt{(ys)(yp)}$$

این شاخص در مقایسه با شاخص MP در تفکیک ژنوتیپ‌های گروه A از سایر گروه‌ها قدرت بیشتری دارد. شاخص GMP حساسیت کمتری به مقادیر بسیار متفاوت yp و ys دارد، در صورتی که شاخص MP، زمانی که اختلاف نسبی زیادی بین yp و ys وجود داشته باشد، میل زیادی به طرف yp نشان خواهد داد (۵ و ۱۲).



STI

نمودار ۲- بای پلات رابطه بین عملکرد YP و YS با STI



YS

نمودار ۱- بای پلات رابطه عملکرد YP با YS

بروز شرایط نامطلوب و مطلوب امکان پذیر است (۸).

در نمودار ۲ رابطه بین عملکرد در شرایط بدون تنش و عملکرد در شرایط تنش با شاخص تحمل به تنش نشان داده شده است که بین این دو یک رابطه خطی با ضریب تبیین بیشتر از ۰/۹۲ و ۰/۹۷ وجود داشت.

شاخص حساسیت به تنش (SSI)

هر چه مقدار SSI کمتر باشد حساسیت به تنش کمتر و تحمل به آن بیشتر است. در محاسبه شاخص حساسیت به تنش یک جز بنام SI وجود دارد که به عنوان سختی محیط نامیده می شود. هر چه میزان SI بزرگتر باشد حاکی از شرایط سخت تر است. مقدار عددی SI بین صفر و ۱ تغییر می کند. در این آزمایش سختی محیط برابر ۰/۱۱۱ بود. از میان ارقام موجود رقم هاشمی نسبت به سایرین تحمل بیشتری نشان داد و نسبت به لاین ۸۴۰ برتر بوده و به تنش خشکی متحمل تر بود. مطالعات انجام شده توسط محققین نشان داده است که ارزیابی ژنوتیپها با استفاده از شاخص حساسیت محیطی، مواد آزمایشی را فقط بر اساس مقاومت و حساسیت به تنش دسته بندی می کند

هنر نژاد و همکاران (۱۳۷۶) و درستی و همکاران (۱۳۸۳) نشان دادند که برنج های موجود در بانک ژن حتی با داشتن نام های مشابه دارای تنوع زیادی می باشند و تفاوت بین ارقام برنج در بین بسیاری از صفات نیز گزارش گردیده است (۲ و ۷).

شاخص تحمل به تنش (STI)

این شاخص بر میانگین هندسی استوار است و مقادیر بالای این شاخص حاکی از تحمل بیشتر به تنش است که در این آزمایش با مقدار عددی ۱/۵، متعلق به رقم صالح بود و لاین ۸۳۰ و محلی دوم به ترتیب با مقادیر ۱/۲۷ و ۱/۰۲ در مرتبه بعدی قرار گرفتند. رقم های حسن سراپی و هیبرید در شرایط تنش دارای عملکرد نسبتاً یکسانی بودند ولی به دلیل بالابودن عملکرد هیبرید در شرایط عادی، شاخص تحمل به تنش آن بالاتر بوده (نمودار ۲) و در مجموع می توان چنین نتیجه گرفت که این شاخص زمانی قابل اعتماد است که با عملکرد بالا در شرایط تنش در نظر گرفته شود. به طور کلی عکس العمل گیاهان زراعی و ارزیابی آنها برای حداکثر عملکرد در شرایط محیطی متنوع وابسته به توانایی متفاوت آنها در استفاده از شرایط محیطی است. این امر از طریق تنظیم اجزای عملکرد و اثرات متقابل ارقام به هنگام

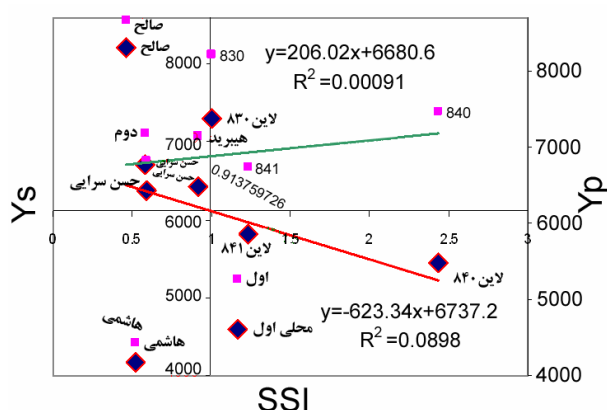
صفات که در پتانسیل عملکرد سهم دارند، ممکن است برای افزایش حساسیت به تنش عمل کنند و لذا گزینش هم برای Y_p و هم برای شاخص حساسیت به خشکی ممکن است موجب خنثی شدن یکدیگر شود (۱۳). نتایج این طرح با نتایج گفته شده مطابقت نداشت و همبستگی معنی داری بین Y_p و SSI مشاهده نشد (نمودار ۳). ولی با مشاهدات نورمند و همکاران (۱۳۸۰) مطابقت داشت (۶).

شاخص بهره‌وری متوسط (MP)

از میان ارقام مورد آزمون رقم صالح بر اساس شاخص MP از تحمل نسبی بیشتری برخوردار بود. واضح است که هر چه میزان عددی این شاخص بیشتر باشد، تحمل نسبی به تنش بیشتر است. اما این شاخص در گزینش ارقامی که دارای عملکرد بالا در شرایط تنش هستند مناسب نیست (۱۲). در این آزمایش نیز دو رقم صالح و هاشمی به خاطر کاهش کمتر عملکرد در شرایط تنش، از نظر شاخص TOL مقاوم‌ترین بودند و در دو سمت منحنی MP قرار گرفتند (نمودار ۴). یادآور می‌شود که یک شاخص مناسب برای گزینش آن است که منجر به انتخاب ژنوتیپ‌هایی با عملکرد بالا در هر دو شرایط تنش خشکی و بدون تنش شود (۱۲). علی‌رغم این نتیجه، مطالعه احمدزاده (نقل از ۵) حاکی از مطلوب بودن شاخص MP در شناسایی ارقام متحمل و پر محصول خشکی ذرت بود.

شاخص تحمل (TOL)

بر اساس شاخص TOL، تحمل نسبی متعلق به رقمی است که شاخص کوچک‌تری داشته باشد. از میان ارقام مورد آزمون، هاشمی از تحمل بیشتری برخوردار بود، اما عملکرد آن بسیار پایین بود. با مراجعه به نمودار ۵ مشاهده می‌شود که شاخص مزبور

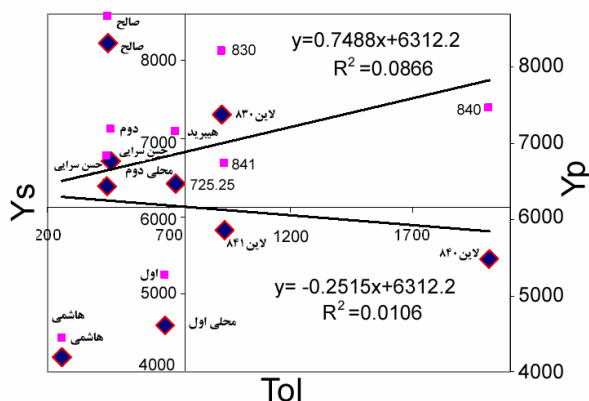


نمودار ۳- بای پلات رابطه بین عملکرد Y_p و Y_s با SSI

و به عبارت دیگر با استفاده از این شاخص می‌توان ژنوتیپ‌های حساس و مقاوم را بدون توجه به عملکرد بالقوه آن‌ها تعیین و شناسایی نمود (۱۳).

در این آزمایش رقم محلی حسن سرایی و رقم اصلاح شده هاشمی و صالح دارای SSI مشابهی بودند. البته این شاخص قادر به تشخیص ارقام پرمحصول و کم‌محصول نیست (نمودار ۳).

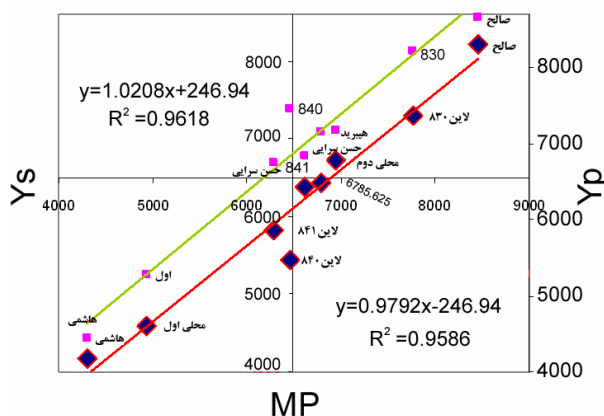
اهدائی (۱۳۷۲) در مطالعه‌ای که بر روی تعدادی از ارقام بومی و پیشرفته گندم بهاره در محیط‌های تحت تنش به منظور بررسی عکس‌العمل‌های مختلف به این تنش‌ها انجام داد، نتیجه گرفت که از نظر میانگین شاخص حساسیت، ارقام بومی با واریته‌های پیشرفته تفاوتی ندارند (۱). گزارش شده است که گزینش برای هر یک از این صفات در شرایط دارای تنش، باعث کاهش حساسیت به تنش می‌شود. در این آزمایش شاخص حساسیت (SSI) و عملکرد در شرایط عادی (Y_p) همبستگی نشان ندادند که نشان می‌دهد این معیارها ممکن است اجزای مستقلی باشند که در سازگاری به تنش‌های محیطی شرکت می‌کنند (۱۴). در حالی که فیشر و مورر (۱۹۷۸) دریافتند که حساسیت به خشکی به‌طور مثبت و معنی‌دار با Y_p همبستگی دارد و بیان‌گر این است که تعدادی از



نمودار ۵- بای پلات رابطه بین عملکرد در YP و YS با Tol

مناسب نیست (۱۲). ارقام صالح، لاین ۸۳۰ و لاین ۸۴۰ در شرایط بدون تنش و ارقام صالح، لاین ۸۳۰ و محلی دوم در شرایط تنش، عملکرد بیشتری تولید نمودند (نمودار ۱).

با توجه به نمودار ۶ می‌توان ملاحظه نمود که رقم صالح ضمن این که در شرایط بدون تنش محصول بسیار زیادی تولید کرده است، در شرایط تنش نیز عملکرد بالاتری نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها داشته است. دارا بودن بالاترین مقدار شاخص تحمل به تنش ($STI=1/5$) در بین ژنوتیپ‌ها مویده همین مطلب می‌باشد (نمودار ۲). به نظر فرناندز (۱۹۹۲) در تعیین بهترین شاخص مقاومت به خشکی، شاخصی که دارای همبستگی معنی‌دار بالا با عملکرد دانه تحت شرایط تنش و بدون تنش بوده و از طرفی بر اساس نوع همبستگی، باعث افزایش عملکرد در هر دو شرایط شود، به‌عنوان بهترین شاخص معرفی می‌گردد (۱۲). با توجه به جدول ۱ شاخص‌های GMP ، STI و MP همبستگی مثبت و معنی‌دار با شرایط تنش‌دار و GMP و MP همبستگی مثبت و معنی‌دار با عملکرد در شرایط بدون تنش دارند و باعث افزایش عملکرد در هر دو محیط می‌شوند.

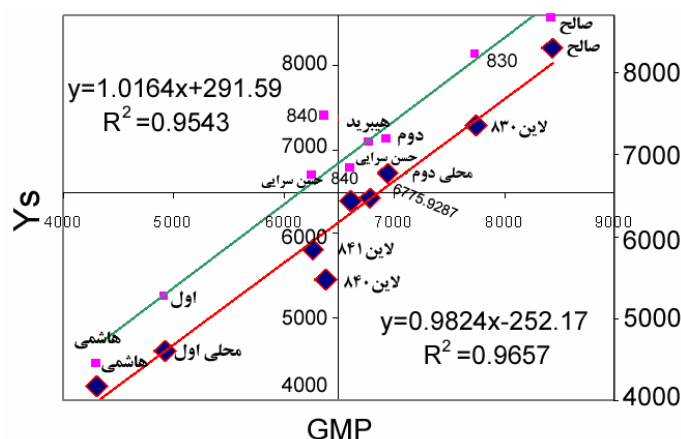


نمودار ۴- بای پلات رابطه بین عملکرد در YP و YS با MP

در گزینش ارقامی موفق بوده که عملکرد آن‌ها در شرایط تنش مناسب است، ولی در گزینش ارقامی که در هر دو محیط بدون تنش و تنش‌دار دارای عملکرد مناسب بودند توفیق نداشت. هر چند این شاخص به تغییرات کمتر و یا ثبات بیشتر در تغییر شرایط اشاره دارد، ولی کم بودن شاخص TOL لزوماً بر بالا بودن عملکرد در شرایط عادی یا تحت تنش دلالت ندارد بلکه ممکن است یک رقم در شرایط عادی عملکرد پایینی داشته باشد و در شرایط تنش با افت اندک عملکرد روبرو شود که موجب کوچک‌تر شدن شاخص TOL خواهد شد. بنابراین TOL زمانی معتبر است که همراه با عملکرد بالا در نظر گرفته شود. در مقایسه ارقام صالح و هاشمی، عملکرد صالح بیشتر بود ولی هاشمی TOL کمتری داشت.

شاخص میانگین هندسی بهره‌وری (GMP)

از میان ارقام مورد آزمون، رقم صالح بر اساس شاخص GMP از تحمل نسبی بیشتری برخوردار بود (نمودار ۶). واضح است که هرچه میزان عددی این شاخص بیشتر باشد تحمل نسبی به تنش بیشتر است. اما این شاخص مثل شاخص MP در گزینش ارقامی که دارای عملکرد بالا در شرایط تنش هستند



نمودار ۶- بای پلات رابطه بین عملکرد در YP و YS با GMP

جدول ۱- ضرایب همبستگی ساده بین شاخص‌های تنش

N=9	SSI	STI	TOL	GMP	MP	Y _p
Y _s	-۰/۳۰	۰/۹۸۶**	-۰/۱۰۳	۰/۹۸۳**	۰/۹۷۹**	۰/۹۲**
SSI		-۰/۱۷۰	۰/۹۷۵**	-۰/۱۱۹	-۰/۱۰۰	۰/۰۹۵
STI			۰/۰۳۱	۰/۹۹۴**	۰/۹۹۳**	۰/۹۶**
TOL				۰/۰۸۳	۰/۱۰۲	۰/۲۹۴
GMP					۱/۰۰**	۰/۹۷۷**
MP						۰/۹۸۱**

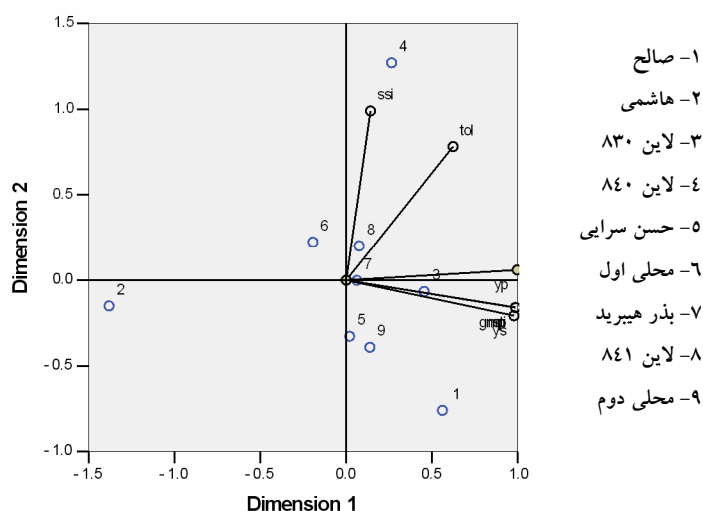
** معنی دار در سطح احتمال ۰/۰۱

جدول ۲- مقادیر ویژه و درصد تغییرات موجود در بین دو عامل

عامل	کل	% تغییرات	تجمعی %
۱	۴/۹۳۰	۷۰/۴۲۷	۷۰/۴۲۷
۲	۲/۰۵۸	۲۹/۳۹۹	۹۹/۸۲۶

جدول ۳- مقادیر عامل‌ها بر اساس تجزیه به مؤلفه‌ها و گردش واریماکس و روش کایزر

	اجزا	
	۱	۲
GMP	۱/۰۰۰	
MP	۱/۰۰۰	
STI	۰/۹۹۵	
Y _s	۰/۹۸۱	
Y _p	۰/۹۷۸	
TOL		۰/۹۹۵
SSI		۰/۹۹۳



نمودار ۷- نمودار بای پلات دو عامل اصلی برای متغیرهای مورد نظر و مختصات ۹ رقم و لاین برنج

منفی غیر معنی‌دار نشان داد. لذا با توجه به نمودار ۷ می‌توان مشاهده کرد که رقم صالح و لاین ۸۳۰ با میانگین عملکرد بالا و حساسیت کم به تنش خشکی ارقامی مناسب در هر دو شرایط می‌باشند. در مقابل ارقام هاشمی و محلی اول به‌عنوان ارقام کم محصول همبستگی منفی به ترتیب معنی‌دار و غیر معنی‌دار با عامل اول دارند. هم‌چنین لاین ۸۴۰ بیشترین مقادیر SSI و TOL را نشان داد. مؤلفه دوم برای Yp، SSI و TOL دارای بیشترین مقادیر مثبت، و منفی برای Ys بود، بنابراین اگر از میزان مؤلفه دوم کاسته شود ارقام با GMP و MP بالاتر انتخاب خواهند شد.

هم‌چنین با توجه به زوایای موجود بین SSI با سایر شاخص‌ها مشخص شد که این شاخص با تمام شاخص‌ها به‌جز TOL و Yp رابطه منفی داشته و رابطه آن با TOL معنی‌دار است. اما رابطه TOL فقط با شاخص‌های Ys منفی غیر معنی‌دار شد. دو شاخص STI و GMP به‌عنوان بهترین شاخص‌ها،

در این تحقیق ماتریس داده‌ها از طریق تجزیه به عامل‌ها به دو عامل خلاصه شد که این دو عامل ۹۹/۸۳ درصد تغییرات را توجیه کردند (جدول ۲). ترسیم بای پلات بر اساس دو عامل اصلی و برای متغیرهای مورد نظر صورت گرفت. اولین مؤلفه ۷۰/۴۳٪ از واریانس کل را در بر گرفته و همبستگی زیادی با Yp، Ys، MP، GMP، و STI نشان داد. این عامل با SSI همبستگی جزئی و با TOL همبستگی مثبت غیر معنی‌دار نشان داد (نمودار ۷). لذا این عامل می‌تواند ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی و عملکرد بالا را از ژنوتیپ‌های حساس تفکیک نماید. با توجه به این‌که مقادیر پایین SSI و TOL مطلوب هستند بنابراین اگر میزان مؤلفه اول افزایش یابد ارقامی انتخاب می‌شوند که دارای عملکرد بالا در شرایط بدون تنش و تنش‌دار هستند.

دومین عامل اصلی که ۲۹/۴ درصد از تغییرات ماتریس داده‌ها را بیان می‌کند با SSI و TOL همبستگی مثبت ولی با GMP و Yp همبستگی

نتیجه گیری کلی

بر اساس روش‌های به کار گرفته شده در این بررسی برای غربال کردن ژنوتیپ‌های مقاوم و حساس، هرگاه ژنوتیپی دارای شاخص میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) بیشتری بوده و شاخص حساسیت به تنش (SSI) کمتری نسبت به سایرین داشته باشد، به عنوان رقم متحمل شناخته می‌شود. با ملاحظه نمودارهای ۳، ۶ و ۷ مشاهده می‌شود که رقم صالح از نظر شاخص بهره‌وری متحمل‌ترین به تنش بوده و بعد از آن لاین ۸۳۰ قرار دارد. همچنین در مقایسه ضرایب همبستگی Y_p و Y_s با شاخص‌های اندازه‌گیری شده MP ، GMP ، STI ، SSI و TOL سه شاخص اول از ضرایب همبستگی بالاتری نسبت به سایرین برخوردار بودند و به عنوان بهترین شاخص‌ها معرفی می‌گردند.

همبستگی مثبت خیلی بالایی با هم داشتند. نتایج مشابه توسط نورمند موید و همکاران (۱۳۸۰) به دست آمده است (۶).

تجربه رگرسیون به روش پله‌ای در هر دو محیط نشان داد که دو شاخص GMP و SSI بیشترین اثرات معنی‌دار را بر عملکرد در هر دو شرایط دارند که به شرح زیر می‌باشد.

$$Y_p = -338.430 + 1.043 * GMP + 463.351 * SSI$$

$$Y_{p_s} = 1.002 * GMP + .214 * SSI$$

$$Y_s = 273.160 + .960 * GMP - 386.361 * SSI$$

$$Y_{s_s} = .961 * GMP - .186 * SSI$$

همان‌طور که ملاحظه می‌شود GMP با هر دو عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش رابطه مثبت معنی‌دار داشت، در حالی که اثر SSI بر عملکرد تحت شرایط تنش منفی ولی تحت شرایط بدون تنش مثبت می‌باشد. همان‌طور که در نمودار ۷ نیز دیده می‌شود اگر زاویه بین دو شاخص از ۹۰ درجه کمتر باشد رابطه آن‌ها مثبت و اگر بیشتر باشد این رابطه منفی است.

منابع

- ۱- اهدایی، ب. ۱۳۷۲. انتخاب برای مقاومت به خشکی در گندم. مقالات کلیدی اولین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران، ۶۲-۴۳.
- ۲- درستی، ح.، ی. صادقیان مطهر، و م. ر. قنادها. ۱۳۸۳. بررسی تنوع ژنتیکی بر اساس صفات زراعی در ارقام و لاین‌های پیشرفته برنج. نشریه نهال و بذر. انتشارات مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، جلد ۲۰ شماره ۲.
- ۳- صدر موسوی، م. ه. ۱۳۷۵. بررسی و مقایسه عملکرد ارقام برنج نیمه زودرس در استان آذربایجان شرقی (۶۹-۷۱). گزارش نهایی، انتشارات مرکز تحقیقات کشاورزی آذربایجان شرقی، ۲۵ صفحه.
- ۴- قربان‌پور، م.، د. مظاهری، ف. علی‌نیا، م. ر. نقوی و م. نحوی. ۱۳۸۳. اثر مدیریت‌های مختلف آبیاری بر روی برخی صفات فیزیولوژیک و مرفولوژیک برنج (*Oryza sativa* L.). پژوهش و سازندگی، ۶۵: ۲۴ تا ۳۲.
- ۵- نادری، ا.، ا. مجیدی، ه. ا. هاشمی، د. ع. رضائی، و ق. نورمحمدی. ۱۳۷۸. تحلیل کارایی شاخص‌های ارزیابی کننده تحمل گیاهان زراعی به تنش‌های محیطی و معرفی یک شاخص جدید. نشریه نهال و بذر، انتشارات مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، جلد ۱۵ شماره ۴.
- ۶- نورمند موید، ف.، م. ع. رستمی و م. ر. قنادها. ۱۳۸۰. ارزیابی شاخص‌های مقاومت به خشکی در گندم نان. مجله علوم کشاورزی ایران، ۳۲: ۸۰۶-۷۹۵.

- ۷- هنرنژاد، ر.، ح. درستی، م. ص. محمدصالحی و ع. ر. ترنگ. ۱۳۷۶. تعیین پایداری و سازگاری ارقام برنج در شرایط محیطی مختلف. نشریه نهال و بذر، انتشارات مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، جلد ۱۳ شماره ۴.
8. Bidinger. F. R., V. Mahalakshmi and G. D. P. Rao. 1987. Assessment of drought resistance in pearl millet, *Pennisetum americanum* (L.). II. Estimation of genotypes response to stress. Australian Journal of Agricultural Research 38:49-59.
 9. Blum, A. 1996. Crop responses to drought and the interpretation of adaptation. Plant Growth Regulators 20:135-148.
 10. Blum, A. 2002. Drought tolerance- Is it a complex trait? International Crops Research Institute for Semi Arid Tropics. Patancheru, India. ISBN 92-9066-448-7: 17-22
 11. Bouman, B. A. M. and T. P. Toung. 2001. Field water management to save water and increase it's productivity in irrigated lowland rice. Agriculture Water Management 49: 11-30.
 12. Fernandez, G. C. J. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. In: C. G. KUO. (ed.), Adaptation of food crops to temperature and water stress, AVRDC, Shanhua, Taiwan. Pp: 257-270.
 13. Fischer, R. A. and R. Maurer. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. 1. Grain yield responses. Australian Journal Agricultural Research 29:897-912.
 14. Henderson, S. A., V. Kamboonruang and M. Cooper. 1995. Evaluation of a glasshouse screening method to select for drought resistance in rain-fed lowland rice. In: Proceedings of the 1995 International Rice Research Institute, IRRI, Los Banos, Philippines.
 15. Lafitte, H. R., and B. Courtoisb. 2002. Interpreting cultivar x environment interactions for yield in upland rice. Crop Science. 42:1409-1420.
 16. Pantuwan, G., M. Fukai, S. Cooper, S. Rajatasereekul and J. C. O'Toole. 2002. Yield responses of rice (*Oryza sativa* L.) genotypes to different types of drought under rain-fed lowlands. I. Grain yield and yield components. Field Crops Research 73: 153-168.
 17. Pirdashti, H., Z. Tahmasebi Sarvestani, G. Nematzadeh, and A. Ismail. 2005. Study of water stress effects in different growth stages on yield and yield components of different rice (*Oryza sativa* L.) cultivars. In: Proceedings of the 4th International Crop Science Congress, 26 Sept. 1 Oct 2004, Brisbane, Australia, Handbook and Abstract. P 133.
 18. Rosielle, A. A. and J. Hamblin. 1981. Theoretical aspect of selection for yield in stress and non-stress environment. Crop Science 21: 23-32.
 19. Shiratsuchi, H., Y. Ohdaira and J. Takanashi. 2006. Relationship between dry weight and spikelet number of each tiller at heading in rice plants. The Society for Experimental Biology 25: 132-141.
 20. Yuan, L., P. You, Z. I. Chen and Y. Ding. 1993. Development and prospects of hybrid rice breeding. Biotechnology in Agriculture. Proceedings of the first Asia-Pacific conference on Agricultural Biotechnology, Beijing, China, 20-24 August 1992. 15:136-144.