دانشگاه گیلان
دانشکده علوم کشاورزی

تحقیقات غلات
سال سوم/ شماره سوم/ ۱۳۹۲ (۱۹۵-۱۸۱)

ارزیابی صفات مورفولوژیک مرتبط با خوابیدگی بوته در ارقام بومی و اصلاح شده برنج (*Oryza sativa* L.)

مریم برومند[۱]، مسعود اصفهانی[۲*]، محمدرضا علیزاده[۳] و علی اعلمی[۴]

۱، ۲ و ۴- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت، دانشیار و استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان، ۳- استادیار پژوهش موسسه تحقیقات برنج کشور

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۲/۲۲- تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۷/۸)

چکیده

خوابیدگی بوته یکی از مشکلات عمده در زراعت برنج است که بسته به زمان وقوع می‌تواند تا ۵۰ درصد کاهش عملکرد محصول را به دنبال داشته باشد. شناسایی صفات موثر در مقاومت به خوابیدگی بوته در ژنوتیپ‌های مقاوم، می‌تواند در برنامه‌ریزی بهتر برای روش‌های مقابله و کاهش خسارت ناشی از خوابیدگی استفاده شود. این آزمایش به منظور ارزیابی صفات مورفولوژیک مرتبط با خوابیدگی بوته در ارقام بومی و اصلاح شده برنج، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در موسسه تحقیقات برنج کشور- رشت در سال ۱۳۹۱ اجرا شد. ارقام برنج مورد آزمایش شامل سه رقم بومی (هاشمی، سنگ‌جو و علی‌کاظمی) و سه رقم اصلاح شده (کادوس، خزر و گوهر) بودند. با توجه به نتایج ضرایب همبستگی، همبستگی مثبت و معنی‌داری بین ضخامت میانگره سوم با مقاومت به شکستگی میانگره سوم ($r=۰/۹۱۴^{**}$) و ضخامت میانگره چهارم با مقاومت به شکستگی میانگره چهارم ($r=۰/۸۴۶^{**}$) و ضخامت میانگره سوم و چهارم با مقاومت فشاری بوته (به ترتیب $r=۰/۹۳۵^{**}$ و $r=۰/۹۲۶^{**}$) وجود داشت. همچنین، این همبستگی مثبت و معنی‌دار بین نسبت وزن تر به طول میانگره با مقاومت به شکستگی در میانگره سوم ($r=۰/۹۳۷^{**}$) و مقاومت فشاری بوته ($r=۰/۸۷۰^{**}$)، نسبت وزن تر به طول میانگره با مقاومت به شکستگی در میانگره چهارم ($r=۰/۹۲۲^{**}$) و مقاومت فشاری بوته ($r=۰/۸۳۵^{**}$) مشاهده شد. نتایج تجزیه رگرسیون گام به گام نشان داد که تنها صفت ضخامت میانگره روی مقاومت فشاری بوته اثر معنی‌داری داشت که به تنهایی ۸۳ درصد از تغییرات را توجیه کرد. در مرحله بعد با در نظر گرفتن مقاومت به شکستگی میانگره به عنوان متغیر وابسته و سایر صفات مورفولوژیک به عنوان متغیرهای مستقل و انجام تجزیه رگرسیون گام به گام، دو صفت نسبت وزن تر به طول میانگره و وزن خشک به طول میانگره در مدل رگرسیونی باقی ماندند که با نتایج حاصل از ضرایب همبستگی مطابقت داشت. به نظر می‌رسد که صفات ضخامت و نسبت وزن به طول میانگره اهمیت زیادی در مقاومت به خوابیدگی برنج دارند و می‌توانند به عنوان شاخص‌های غیر مستقیم جهت انتخاب ارقام با مقاومت بالا به خوابیدگی در نظر گرفته شوند.

واژه‌های کلیدی: برنج، شاخص خوابیدگی، گشتاور خمشی، مقاومت به شکستگی

* نویسنده مسئول: esfahani@guilan.ac.ir

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

خوابیدگی بوته (ورس) در بسیاری از ارقام بومی برنج یکی از مشکلات اساسی در تولید این محصول در ایران به شمار می‌رود. خوابیدگی بوته باعث ایجاد محدودیت در مصرف بهینه کود نیتروژن و کاهش محصول ناشی از آن از یک سو و عدم امکان توسعه برداشت ماشینی محصول و افزایش هزینه‌های برداشت از سوی دیگر می‌شود. خوابیدگی بوته یکی از مشکلات اصلی در تولید غلات است که باعث ایجاد خساراتی مانند کاهش میزان عملکرد و کاهش کیفیت دانه می‌شود (Weber and Fehr, 1966).

با توجه به خصوصیات مورفولوژیک اکثر غلات که خوشه و دانه‌ها در قسمت انتهایی ساقه تشکیل می‌شوند، تناسب بین استحکام بخش پایینی بوته و وزن قسمت‌های بالایی آن، تعیین کننده میزان مقاومت گیاه نسبت به خوابیدگی است (Kashiwagi *et al*., 2005). خوابیدگی به معنی خم شدن ساقه به سمت زمین و افتادن آن است. خم شدن و انحنای ساقه (در صورت خوابیدگی) اغلب در قاعده غلاف برگ مربوط به میانگره‌های پایه صورت گرفته و در ناحیه گرهی رخ نمی‌دهد (Esfahani *et al*., 2009) شرایط نامساعد آب و هوایی مانند وزش باد و بارندگی‌های سنگین در اواخر دوره رویش گیاه (مقارن با مرحله خوشه‌دهی)، باعث خوابیدگی بوته و به دنبال آن ایجاد اختلال در پر شدن دانه‌ها در اثر قطع شدن مسیر انتقال مواد پرورده در آوندها، جوانه‌زنی پیش از برداشت دانه‌ها روی خوشه گیاه مادری، شیوع بیماری‌ها و در مجموع کاهش عملکرد می‌شود (Mobasser *et al*., 2009).

باساک و همکاران (Basak *et al*., 1962) گزارش کردند که همبستگی خطی مثبت بین کاهش عملکرد در اثر خوابیدگی بوته و افزایش مصرف نیتروژن وجود دارد. ویرسما و همکاران (Wiresma *et al*., 1986) گزارش کردند که شدت و میزان خسارت ناشی از خوابیدگی بوته بستگی به زمان وقوع آن دارد و بین شدت خوابیدگی و عملکرد دانه رابطه خطی منفی وجود دارد. کونو (Kono, 1995) گزارش کرد که سه نوع خوابیدگی بوته در برنج‌های غرقابی (تحت آبیاری دائمی) قابل مشاهده است که شامل خمیدگی ساقه، شکستگی ساقه و خوابیدگی از ناحیه ریشه است. وی همچنین اظهار داشت که خمیدگی ساقه، نوع اصلی ورس در برنج‌های غرقابی است که علت اصلی آن افزایش وزن خوشه در دوره رسیدگی و افزایش طول میانگره پایینی با افزایش سطح آب و شرایط نامساعد آب و هوایی از جمله وقوع باد و باران در اواخر فصل رشد است. لی و همکاران (Li *et al*., 2009) با بررسی مقاومت به خوابیدگی بوته در نه رقم برنج گزارش کردند که شاخص خوابیدگی همبستگی مثبتی با طول ساقه و طول میانگره‌ها داشته و خوابیدگی بوته غالباً در میانگره‌های پایینی ۲۰ تا ۴۰ سانتی‌متر از سطح زمین گزارش شد. همچنین همبستگی بین وزن تر ساقه و میانگره‌ها، قطر بزرگ و کوچک میانگره‌ها، سطح مقطع میانگره‌ها، مقاومت به شکستگی و گشتاور خمشی مثبت بوده و همچنین گشتاور خمشی با شاخص خوابیدگی بوته برنج همبستگی مثبت دارد.

در ارتباط با تأثیر ویژگی‌های فیزیکی مانند قطر بزرگ و قطر کوچک، ضخامت، سطح مقطع و اثر آن‌ها بر مقاومت به شکستگی و مقاومت فشاری، برای ارقام برنج مورد استفاده در آزمایش حاضر تا کنون از نظر صفات مورد مطالعه گزارشی منتشر نشده است. این آزمایش جهت ارزیابی صفات مورفولوژیک مرتبط با مقاومت به خوابیدگی بوته در ارقام بومی و اصلاح شده و شناسایی مؤثرترین خصوصیات مورفولوژیک به عنوان شاخص‌هایی جهت انتخاب غیر مستقیم ارقامی با مقاومت بالا به خوابیدگی بوته در برنج انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۳۹۱ در موسسه تحقیقات برنج کشور-رشت انجام شد. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در زمینی به مساحت ۹۰۰ متر مربع در کرت‌هایی به ابعاد ۵×۴ متر پیاده شد و در آن شش رقم برنج شامل سه رقم بومی (هاشمی، سنگ‌جو و علی‌کاظمی) و سه رقم اصلاح شده (کادوس، خزر و گوهر) کشت شدند. در نیمه اول خرداد ماه، گیاهچه‌های سالم و یکنواخت برنج در مرحله سه برگی از خزانه انتخاب و به زمین اصلی منتقل و با فاصله ۲۰×۲۰ سانتی‌متر به صورت تک نشا نشاکاری شدند. برای تأمین عناصر غذایی مورد نیاز بر اساس نتایج آزمون خاک، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم (از منبع سولفات پتاسیم) و ۷۵ کیلوگرم در هکتار فسفر (از منبع سوپر فسفات تریپل)، بلافاصله بعد نشاکاری و ۳۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن (از منبع اوره)

Archive of SID

www.SID.ir

قبل از مرحله حداکثر پنجه‌زنی و ۳۰ کیلوگرم در هکتار نیز در مرحله ظهور خوشه به زمین اضافه شد. در طی مراحل رویشی، عملیات سم‌پاشی با حشره‌کش دیازینون ۱۰ درصد به میزان ۱۵ کیلوگرم در هکتار برای جلوگیری از خسارت کرم ساقه‌خوار برنج صورت گرفت و مبارزه با علف‌های هرز نیز به صورت دستی در دو مرحله (به ترتیب ۱۴ و ۲۸ روز پس از نشاکاری) انجام شد. با اجرای آبیاری تناوبی، محتوای آب کرت‌های آزمایشی در حد ظرفیت اشباع خاک (تا حد ایجاد ترک‌های مویی در سطح خاک) حفظ شد.

به منظور اندازه‌گیری صفات مربوط به خوابیدگی بوته،۳۰ روز پس از گل‌دهی، چهار بوته به طور تصادفی از هر کرت کف بر شده و ۱۵ عدد از بزرگ‌ترین پنجه‌ها همراه با ساقه اصلی انتخاب و خصوصیات مربوط به ورس شامل، طول ساقه از فاصله بین قاعده بوته تا گره گردن خوشه، طول خوشه و طول میانگره‌های اول، دوم، سوم و چهارم از بالا به پایین، وزن تر خوشه و میانگره‌ها شامل برگ و غلاف برگ مربوط به هر میانگره، قطر بزرگ و کوچک و ضخامت میانگره‌های سوم و چهارم، اندازه‌گیری شدند. با توجه به اینکه خوابیدگی بوته برنج معمولاً در میانگره‌های سوم و چهارم بوته اتفاق می‌افتد (Hoshikawa and Wang, 1990)، خصوصیات مورفولوژیک و مرتبط با خوابیدگی میانگره‌های سوم و چهارم اندازه‌گیری شدند. گشتاور خمشی (Bending moment; BM) در میانگره‌های سوم و چهارم با استفاده از روابط زیر محاسبه شدند (Islam *et al*., 2007):

$$BM_3 = L_3(W_P + W_1 + W_2 + W_3) \quad (۱)$$

$$BM_4 = L_4(W_P + W_1 + W_2 + W_3 + W_4) \quad (۲)$$

Bm_4 ،Bm_3: به ترتیب گشتاور خمشی میانگره سوم و میانگره چهارم بر حسب گرم در سانتی‌متر، L_3: طول میانگره سوم از پایین تا نوک خوشه، L_4: طول میانگره چهارم از پایین تا نوک خوشه بر حسب سانتی‌متر، W_p، W_1 و W_2: به ترتیب وزن تر خوشه، وزن تر میانگره اول و دوم همراه با برگ و غلاف و W_3 و W_4: به ترتیب وزن تر میانگره سوم و چهارم بر حسب گرم می‌باشند.

مقاومت به شکستگی (Breaking resistance; Br) در نقطه میانی میانگره‌های سوم و چهارم همراه با غلاف برگ با استفاده از نیروسنج دیجیتالی (Lutron FG-500 A, Taiwan) اندازه‌گیری و سپس شاخص خوابیدگی (Lodging index; LIN) با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد (Amano *et al*., 1993):

$$LIN = \frac{Bm}{Br} \times 100 \quad (۳)$$

سطح مقطع میانگره سوم و چهارم با استفاده از رابطه (۴) (Alizadeh *et al*., 2011) و با توجه به دو قطری بودن ساقه برنج، قطر متوسط میانگره‌های پایه (میانگره سوم و چهارم) با استفاده از رابطه (۵) محاسبه شد (Chuanren *et al*., 2004):

(۴)

$$\text{(Cross-sectional area)} \quad A_c = \frac{\pi.t}{2}[D + d - 2t]$$

$$\text{(Avg. Stem diameter)} \quad Sd = \frac{D + d}{2} \quad (۵)$$

A_c: سطح مقطع میانگره بر حسب میلی‌متر مربع، Sd:قطر متوسط میانگره بر حسب میلی‌متر، D، d و t: به ترتیب قطر بزرگ، قطر کوچک و ضخامت میانگره بر حسب میلی‌متر می‌باشند.

نسبت وزن تر به طول میانگره‌ها و وزن خشک به طول میانگره‌ها پس از خشکاندن در آون ۷۵ درجه سانتی‌گراد، محاسبه شدند (Islam *et al*., 2007). اندازه‌گیری مقاومت فشاری در مزرعه نیز با انتخاب ۱۰ بوته به طور تصادفی از هر کرت انجام شده و با وارد کردن فشار در بوته (ارتفاع ۲۰ سانتی‌متری از کف زمین)، جهت خواباندن گیاه از حالت عمودی به مایل (تا حد زاویه ۴۵ درجه) با استفاده از نیروسنج دیجیتالی (Lutron FG-500 A, Taiwan) اندازه‌گیری شد (Kashiwagi and Ishimaru, 2004). تجزیه داده‌ها شامل آزمون نرمال بودن، تجزیه واریانس، مقایسه میانگین‌ها و تعیین ضرایب همبستگی بین صفات با استفاده از نرم افزار SAS نسخه ۹ (SAS, 2002) و برای تجزیه رگرسیون گام به گام و تجزیه خوشه‌ای از نرم افزار SPSS نسخه ۱۶ (SPSS, 2007) استفاده شد. داده‌های مرتبط با شاخص خوابیدگی که به صورت درصد بودند، به زاویه ($\text{ArcSin}\sqrt{x}$) تبدیل شده و سپس مورد تجزیه قرار گرفتند. مقایسه میانگین‌ها

Archive of SID

www.SID.ir

نیز با استفاده از آزمون توکی در سطح احتمال یک و پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد بین ارقام برنج مورد مطالعه از نظر صفات عملکرد دانه، ارتفاع بوته، طول ساقه، طول میانگره‌های اول، دوم و سوم، قطر متوسط، ضخامت و سطح مقطع میانگره‌های سوم و چهارم، نسبت وزن خشک به طول میانگره‌های سوم و چهارم، مقاومت فشاری بوته، مقاومت به شکستگی میانگره‌های سوم و چهارم، گشتاور خمشی میانگره‌های سوم و چهارم و شاخص خوابیدگی میانگره چهارم در سطح معنی‌دار یک درصد و برای صفت شاخص خوابیدگی میانگره سوم در سطح پنج درصد اختلاف معنی‌دار وجود داشت. برای صفت طول میانگره چهارم نیز اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد (جدول ۱). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که رقم کادوس با میانگین ۵۷۱۶/۶ کیلوگرم در هکتار و رقم گوهر با میانگین ۵۲۳۳/۳ کیلوگرم در هکتار به ترتیب بیشترین میزان عملکرد را دارا بودند و کمترین میزان عملکرد در رقم هاشمی با میانگین ۳۸۸۳/۳ کیلوگرم در هکتار به دست آمد (جدول ۲).

با توجه به اینکه مقاومت به خوابیدگی به مقاومت ساقه در برابر نیروی خارجی که به عنوان مقاومت به شکستگی نشان داده می‌شود، بستگی داشته و در واقع مقدار نیروی لازم برای شکستن بافت گیاهی است (Matsuo *et al*., 1995)، همچنین، مقاومت فشاری می‌تواند شاخص مناسبی برای تعیین میزان مقاومت بوته برنج نسبت به خوابیدگی باشد (Won *et al*., 1998). در آزمایش حاضر مقاومت به شکستگی میانگره و مقاومت فشاری بوته به عنوان شاخص‌هایی جهت تعیین ارقام مقاوم مورد توجه قرار گرفتند. با توجه به نتایج آزمایش، بیشترین مقاومت به شکستگی میانگره‌های سوم و چهارم در رقم خزر (به ترتیب ۱۴/۴۳ و ۲۰/۸۷ نیوتن) مشاهده شد که با رقم کادوس (به ترتیب ۱۴/۳۷ و ۱۷/۵۲ نیوتن) و رقم گوهر (به ترتیب ۱۰/۷۱ و ۱۳/۸۶ نیوتن) تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۲). می‌توان چنین اظهار کرد که سه رقم اصلاح شده خزر، کادوس و گوهر با داشتن بیشترین مقدار مقاومت فشاری بوته به ترتیب با میانگین‌های ۱۰/۰۶، ۹/۲۸ و ۸/۴۴ نیوتن، مقاوم به خوابیدگی و سه رقم بومی سنگ‌جو، علی‌کاظمی و هاشمی با داشتن کمترین مقدار مقاومت فشاری بوته (به ترتیب ۴/۷۴، ۳/۴ و ۴/۹۱ نیوتن) همچنین، با دارا بودن کمترین مقدار مقاومت به شکستگی میانگره سوم و چهارم حساس به خوابیدگی بوته می‌باشند (جدول ۲).

برای تفکیک و تمایز ارقام برنج مورد مطالعه از نظر کلیه صفات مرتبط به خوابیدگی، تجزیه خوشه‌ای به روش Ward انجام شد. نتایج تجزیه خوشه ارقام مورد بررسی را در دو گروه کاملاً مجزا قرار داد که در یکی سه رقم بومی (گروه اول) و در گروه دیگر سه رقم اصلاح شده (گروه دوم) قرار گرفتند (شکل ۱). بررسی دو گروه حاصل بر اساس انحراف میانگین هر گروه از میانگین کل صفات مورد بررسی، نشان داد که ارقام اصلاح شده (گروه دوم) بیشترین مقدار مقاومت فشاری بوته، مقاومت به شکستگی میانگره سوم و چهارم، ضخامت، قطر و سطح مقطع میانگره سوم و چهارم، نسبت وزن خشک به طول میانگره سوم و چهارم و نسبت وزن تر به طول میانگره سوم و چهارم را دارا بودند. این صفات در ارقام بومی (گروه اول) دارای ارزش کمتری از میانگین کل ارقام مورد مطالعه بودند. بر عکس صفات ارتفاع و شاخص خوابیدگی میانگره سوم و چهارم در ارقام بومی (گروه اول) بیشتر از میانگین کل و در ارقام اصلاح شده (گروه دوم) کمتر از میانگین کل ارقام مورد مطالعه، مشاهده شدند. بر اساس این نتایج مشخص می‌شود ارقام اصلاح شده مورد بررسی مقاومت به خوابیدگی بالاتری نسبت به ارقام محلی دارند که احتمالاً این ویژگی به دلیل افزایش ارزش صفات ضخامت، قطر و سطح مقطع میانگره سوم و چهارم، نسبت وزن خشک به طول میانگره سوم و چهارم و نسبت وزن تر به طول میانگره سوم و چهارم است.

برای ارزیابی بهتر و تعیین روابط صفات مورد مطالعه از ضرایب همبستگی استفاده شد. با توجه به نتایج ضرایب همبستگی بین ضخامت، قطر، سطح مقطع میانگره سوم و چهارم با مقاومت به شکستگی میانگره سوم و چهارم و مقاومت فشاری همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت، بنابراین می‌توان اظهار کرد که افزایش ضخامت، قطر و سطح مقطع میانگره سوم و چهارم افزایش مقاومت به شکستگی میانگره سوم و چهارم و افزایش مقاومت فشاری را به دنبال دارد که با نتایج تجزیه خوشه همخوانی دارند. ضمناً در این بین بیشترین همبستگی بین ضخامت

Archive of SID

www.SID.ir

شکل ۱- تجزیه خوشه‌ای ارقام بومی و اصلاح شده برنج بر اساس صفات مورفولوژیک مرتبط با خوابیدگی بوته با استفاده از روش Ward's

Figure 1. Cluster analysis of native and improved rice cultivars based on morphological characteristics related to lodging, using Ward's method

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات مورفولوژیک و صفات مرتبط با خوابیدگی بوته در ارقام بومی و اصلاح شده برنج

Table 1. Analysis of variance for morphological characteristics and lodging related of native and improved rice cultivars

منابع تغییر SOV	درجه آزادی d.f	میانگین مربعات Mean square								
		عملکرد دانه Grain yield	ارتفاع بوته Plant height	طول ساقه Stem length	طول میانگره اول First internode length	طول میانگره دوم 2th internode length	طول میانگره سوم 3th internode length	طول میانگره چهارم 4th internode length	قطر متوسط میانگره سوم Avg. diameter of 3th internode	قطر متوسط میانگره چهارم Avg. diameter of 4th internode	ضخامت میانگره سوم Thickness of 3th internode	ضخامت میانگره چهارم Thickness of 4th internode	سطح مقطع میانگره سوم Cross-sectional area of 3th internode	سطح مقطع میانگره چهارم Cross-sectional area 4th internode
بلوک Block	2	179916.6	4.197	8.020	0254	3.868	1.843	2.665	0.316	0.218	0.062	0.006	25.22	7.178
رقم Cultivar	5	1216583.3**	453.603**	395.062**	18.225**	87.093**	87.726**	3.881ns	3.945**	4.060**	3.854**	3.952**	445.149**	585.930**
خطا Error	10	12250.0	11.877	8.345	1.263	1.056	1.140	1.186	0.382	0.160	0.115	0.077	29.862	21.515
ضریب تغییرات CV (%)		2.229	2.698	2.948	2.543	4.007	5.973	11.768	8.539	5.005	11.460	8.276	19.817	13.637

ns، * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

ns, *, and **: Not significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

www.SID.ir

www.SID.ir

ادامه جدول ۱

Table 1. Continued

منابع تغییر SOV	درجه آزادی d.f	میانگین مربعات Mean square										
		نسبت وزن خشک به طول میانگره سوم Dry weight/length of 3th internode	نسبت وزن تر به طول میانگره سوم Fresh weight/length of 3th internode	نسبت وزن خشک به طول میانگره چهارم Dry weight/length of 4th internode	نسبت وزن تر به طول میانگره چهارم Fresh weight/length of 4th internode	مقاومت فشاری بوته Pushing resistance	مقاومت به شکستگی میانگره سوم Breaking resistance of 3th internode	مقاومت به شکستگی میانگره چهارم Breaking resistance of 4th internode	گشتاور خمشی میانگره سوم Bending moment of 3th internode	گشتاور خمشی میانگره چهارم Bending moment of 4th internode	شاخص خوابیدگی میانگره سوم Lodging index of 3th internode	شاخص خوابیدگی میانگره چهارم Lodging index of 4th internode
بلوک Block	2	49.353	1017.702	85.101	748.364	0.285	8.072	8.237	7700.5	1017.8	12.091	5.258
رقم Cultivar	5	263.403**	19442.677**	93.989**	43878.251**	23.337**	43.363**	72.374**	377745.1**	709201.5**	56.877*	38.451**
خطا Error	10	24.335	779.665	11.654	1005.275	0.394	5.500	4.140	16154.1	16154.1	10.881	4.752
ضریب تغییرات CV (%)		13.236	15.610	8.034	12.427	9.226	23.529	15.099	7.732	6.974	9.915	6.878

ns، * و**: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد.

ns, * and **: Not significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

جدول ۲- مقایسه میانگین صفات مورفولوژیک و صفات مرتبط با خوابیدگی بوته در ارقام بومی و اصلاح شده برنج

Table 2. Mean comparison for morphological characteristics and lodging related of native and improved rice cultivars

ارقام برنج Rice cultivars	عملکرد دانه Grain yield (kg.ha^{-1})	ارتفاع بوته Plant height (cm)	طول ساقه Stem length (cm)	طول میانگره اول First internode length (cm)	طول میانگره دوم 2th internode length (cm)	طول میانگره سوم 3th internode length (cm)	طول میانگره چهارم 4th internode length (cm)	قطر میانگره سوم Avg. diameter of 3th internode (mm)	قطر میانگره چهارم Avg. diameter of 4th internode (mm)	ضخامت میانگره سوم Thickness of 3th internode (mm)	ضخامت میانگره چهارم Thickness of 4th internode (mm)	سطح مقطع میانگره سوم Cross-sectional area of 3th internode (mm^2)	سطح مقطع میانگره چهارم Cross-sectional area of 4th internode (mm^2)
هاشمی Hashemi	3883.3^{d}	139.7^{a}	108.58^{a}	45.55^{ab}	32.19^{a}	21.90^{a}	8.92^{a}	6.46^{ab}	6.91^{cb}	1.95^{b}	2.21^{b}	16.88^{bc}	20.26^{c}
سنگ جو Sangjo	4650.0^{c}	133.4^{ab}	106.20^{a}	42.36^{bc}	30.03^{ab}	23.37^{a}	10.43^{a}	5.31^{b}	6.31^{c}	1.73^{b}	2.12^{b}	12.09^{c}	17.45^{c}
علی کاظمی Alikazemi	4583.3^{c}	141.7^{a}	109.04^{a}	46.01^{ab}	28.37^{b}	22.73^{a}	10.90^{a}	7.49^{ab}	8.25^{ab}	2.15^{b}	2.65^{b}	21.72^{abc}	28.72^{bc}
کادوس Kadus	5716.6^{a}	112.2^{c}	82.74^{b}	41.17^{c}	18.13^{d}	10.89^{b}	8.13^{a}	7.87^{a}	8.43^{a}	4.08^{a}	4.24^{a}	37.50^{b}	42.09^{ab}
خزر Khazar	4483.3^{c}	121.0^{cb}	93.44^{b}	47.39^{a}	22.85^{c}	13.84^{b}	8.74^{a}	8.33^{a}	9.46^{a}	4.11^{a}	4.26^{a}	40.96^{a}	52.39^{a}
گوهر Gohar	5233. 3^{b}	117.9^{c}	87.82^{b}	42.60^{bc}	22.28^{c}	14.52^{b}	8.40^{a}	8.01^{a}	8.89^{a}	3.77^{a}	4.64^{a}	36.29^{ab}	43.22^{ab}

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون توکی اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد ندارند.

Means in each column followed by similar letter (s) are not significantly different at 1% probability level using Tukey's multiple range test.

www.SID.ir

ادامه جدول ۲

Table 2. Continued

ارقام برنج Rice cultivars	نسبت وزن خشک به طول میانگره سوم Dry weight/length of 3th internode (mg.cm^{-1})	نسبت وزن تر به طول میانگره سوم Fresh weight/length of 3th internode (mg.cm^{-1})	نسبت وزن خشک به طول میانگره چهارم Dry weight/length of 4th internode (mg.cm^{-1})	نسبت وزن تر به طول میانگره چهارم Fresh weight/length of 4th internode (mg.cm^{-1})	مقاومت فشاری بوته Pushing resistance (N)	مقاومت به شکستگی میانگره سوم Breaking resistance of 3th internode (N)	مقاومت به شکستگی میانگره چهارم Breaking resistance of 4th internode (N)	گشتاور خمشی میانگره سوم Bending moment of 3th internode (g.cm)	گشتاور خمشی میانگره چهارم Bending moment of 4th internode (g.cm)	شاخص خوابیدگی میانگره سوم Lodging index of 3th internode (%)	شاخص خوابیدگی میانگره چهارم Lodging index of 4th internode (%)
هاشمی Hashemi	29.45^{b}	131.43^{bc}	38.83^{ab}	179.58^{cd}	4.91^{a}	7.33^{b}	9.87^{c}	1323.5^{b}	1636.3^{c}	35.3^{ab}	32.6^{a}
سنگ‌جو Sangjo	28.94^{b}	79.23^{c}	35.85^{b}	93.28^{d}	4.74^{a}	5.76^{b}	8.22^{c}	858.0^{c}	1061.5^{d}	30.1^{ab}	25.4^{ab}
علی‌کاظمی Alikazemi	29.55^{b}	132.57^{bc}	38.45^{ab}	215.42^{bc}	3.4^{a}	7.19^{b}	10.50^{bc}	1394.1^{b}	1840.1^{bc}	39.0^{a}	34.6^{a}
کادوس Kadus	47.13^{ab}	230.77^{ab}	45.77^{ab}	294.81^{bc}	10.06^{b}	14.37^{a}	17.52^{ab}	1397.3^{b}	1768.6^{bc}	19.3^{b}	20.1^{b}
خزر Khazar	49.46^{a}	301.48^{a}	50.38^{a}	444.15^{a}	9.28^{b}	14.43^{a}	20.87^{a}	1904.9^{a}	2516.5^{a}	27.3^{ab}	24.0^{ab}
گوهر Gohar	39.07^{ab}	197.73^{b}	45.63^{ab}	303.57^{b}	8.44^{b}	10.71^{ab}	13.86^{abc}	1680.5^{ab}	2111.3^{ab}	30.7^{ab}	29.8^{ab}

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون توکی اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد ندارند

Means in each column followed by similar letter (s) are not significantly different at 1% probability level using Tukey's multiple range test

www.SID.ir

با مقاومت به شکستگی (r= ۰/۹۱۴**) و مقاومت فشاری بوته (r= ۰/۹۳۵**) در میانگره سوم و ضخامت با مقاومت به شکستگی (r= ۰/۸۴۶**) و مقاومت فشاری بوته (r= ۰/۹۲۶**) در میانگره چهارم وجود داشت (جدول ۳). ضمناً بیشترین مقدار ضخامت میانگره سوم و چهارم در رقم خزر به ترتیب با میانگین ۴/۱۱ و ۴/۲۶ میلی‌متر مشاهده شد که با دو رقم اصلاح شده دیگر تفاوت معنی‌داری نداشت. همچنین، بیشترین قطر متوسط میانگره سوم و چهارم نیز در رقم خزر (به ترتیب ۸/۳۳ و ۹/۴۶ میلی‌متر) و کمترین آن در رقم بومی سنگ‌جو به ترتیب با میانگین ۵/۳۱ و ۶/۳۱ میلی‌متر مشاهده شد. به همین ترتیب، بیشترین مقدار سطح مقطع میانگره سوم و چهارم در ارقام اصلاح شده خزر، کادوس و گوهر مشاهده شد (جدول ۲).

همبستگی مثبت و معنی‌داری بین نسبت وزن خشک به طول میانگره سوم و چهارم و نسبت وزن تر به طول میانگره سوم و چهارم با مقاومت به شکستگی میانگره سوم و چهارم مشاهده شد. بیشترین همبستگی بین نسبت وزن تر به طول میانگره با مقاومت به شکستگی در میانگره سوم (r= ۰/۹۳۷**) و نسبت وزن تر به طول میانگره با مقاومت به شکستگی در میانگره چهارم (r= ۰/۹۲۲**) مشاهده شد (جدول ۳). می‌توان چنین بیان کرد که ارقام اصلاح شده خزر، کادوس و گوهر به ترتیب با داشتن بیشترین نسبت وزن به طول میانگره و سه رقم بومی سنگ‌جو، علی‌کاظمی و هاشمی با داشتن کمترین مقدار این نسبت، دارای بیشترین و کمترین مقاومت به شکستگی میانگره‌های سوم و چهارم بودند که با اطلاعات تجزیه خوشه هماهنگی دارد.

با توجه به تأثیر متفاوت صفات بر مقاومت گیاه به خوابیدگی از روش تجزیه رگرسیون گام به گام جهت شناسایی صفات مورفولوژیک موثر بر مقاومت فشاری بوته استفاده شد. بر این اساس مقاومت فشاری به عنوان متغیر وابسته و سایر صفات به عنوان متغیر مستقل مورد بررسی قرار گرفتند. بر اساس نتایج، تنها صفت ضخامت میانگره (x) با ضریب رگرسیونی مثبت و بالا (۲/۱۸۸) در مدل رگرسیونی وارد شده و رابطه (۶) به دست آمد. ضریب تبیین مدل برازش یافته معادل ۰/۸۳۹ بود که نشان می‌دهد این صفت در مجموع ۸۳ درصد از تنوع مربوط به مقاومت فشاری بوته (*Pr*) را توجیه می‌کند، بنابراین می‌توان اظهار داشت این صفت مهم‌ترین صفت موثر در مقاومت فشاری در ارقام برنج مورد مطالعه است و احتمالاً انتخاب ارقام مقاوم از طریق این صفت، اثر بخش خواهد بود. البته نتایج تجزیه‌های قبلی در بالا نیز اهمیت این صفت را در مقاومت فشاری بوته مطرح کرده بودند. در ادامه با توجه به اهمیت صفت مقاومت به شکستگی میانگره (*Br*) تجزیه رگرسیون گام به گام برای این صفت به عنوان متغیر وابسته و سایر صفات به عنوان متغیرهای مستقل در نظر گرفته شدند که بر این اساس رابطه (۷) به دست آمد. اولین صفت وارد شده در این مدل، نسبت وزن تر به طول میانگره (x_1) بود که به تنهایی ۸۷ درصد از تغییرات مقاومت به شکستگی میانگره را توجیه می‌کند. در مرحله بعدی صفت نسبت وزن خشک به طول میانگره (x_2) به مدل وارد شد که به همراه نسبت وزن تر به طول میانگره، بیش از ۸۹ درصد از تغییرات مقاومت به شکستگی میانگره را توجیه می‌کنند.

$$Pr = -0.114 + 2.188(x) \qquad (۶)$$

$$Br = -1.763 + 0.031(x_1) + 0.170(x_2) \qquad (۷)$$

این نتایج نشان می‌دهند که دو صفت ضخامت میانگره و نسبت وزن به طول میانگره در افزایش مقاومت به شکستگی حایز اهمیت هستند که البته با نتایج حاصل از ضرایب همبستگی تا حد زیادی مطابقت دارند. همچنین این نتایج با نتایج آزمایش زوبر و همکاران (Zuber *et al.*, 1999) که افزایش نسبت وزن به طول ساقه را عاملی در افزایش مقاومت به شکستگی ساقه بیان کردند، مطابقت داشت. فلاح (Fallah, 2012) افزایش ضخامت میانگره‌های سوم و چهارم و افزایش وزن در واحد طول میانگره را عامل افزایش مقاومت به شکستگی و کاهش شاخص خوابیدگی در برنج گزارش کرد. اسلام و همکاران (Islam *et al.*, 2007) بیان کردند که همبستگی مثبت و معنی‌داری بین نسبت وزن به طول میانگره با مقاومت به شکستگی میانگره‌ها وجود دارد. همبستگی منفی و معنی‌داری بین ارتفاع بوته با مقاومت فشاری (r= -۰/۸۶۷**)، مقاومت به شکستگی میانگره سوم (r= -۰/۷۶۹**) و میانگره چهارم (r= -۰/۷۳۳**) وجود داشت. همبستگی مثبت و معنی‌دار بین ارتفاع بوته با شاخص خوابیدگی میانگره سوم (r=۰/۷۵۸**) و میانگره

Archive of SID

www.SID.ir

www.SID.ir

جدول ۳- ضرایب همبستگی بین صفات مورفولوژیک و صفات مرتبط با خوابیدگی بوته در ارقام بومی و اصلاح شده برنج

Table 3. Correlation coefficients between morphological traits and lodging related traits of native and improved rice cultivars

	Hi	Ls	L1	L2	L3	L4	Th3	Th4	Sd3	Sd4
Hi	1									
Ls	0.985**	1								
L1	0.490*	0.484*	1							
L2	0.921**	0.934**	0.379	1						
L3	0.931**	0.952**	0.258	0.931**	1					
L4	0.620**	0.645**	0.174	0.481*	0.694**	1				
Th3	-0.898**	-0.914**	-0.141	-0.913**	-0.957**	-0.592**	1			
Th4	-0.820**	-0.877**	-0.063	-0.874**	-0.957**	-0.505*	0.972**	1		
Sd3	-0.570*	-0.643**	0.153	-0.698**	-0.754**	-0.533*	0.834**	0.800**	1	
Sd4	-0.574*	-0.626**	0.253	-0.712**	-0.736**	-0.394	0.853**	0.869**	0.948**	1
Ac3	-0.815**	-0.844**	-0.043	-0.858**	-0.907**	-0.591**	0.978**	0.944**	0.918**	0.919**
Ac4	-0.772**	-0.792**	0.074	-0.818**	-0.856**	-0.472*	0.954**	0.976**	0.871**	0.944**
D/L3	-0.807**	-0.808**	-0.063	-0.811**	-0.893**	-0.624**	0.919**	0.865**	0.790**	0.814**
D/L4	-0.665**	-0.679**	0.078	-0.708**	-0.762**	-0.565*	0.819**	0.763**	0.771**	0.798**
F/L3	-0.718**	-0.726**	0.182	-0.746**	-0.857**	-0.601**	0.918**	0.892**	0.866**	0.896**
F/L4	-0.637**	-0.651**	0.304	-0.701**	-0.784**	-0.483*	0.879**	0.887**	0.872**	0.928**
Br3	-0.769**	-0.809**	-0.083	-0.817**	-0.892**	-0.666**	0.914**	0.829**	0.828**	0.804**
Br4	-0.733**	-0.732**	0.109	-0.759**	-0.852**	-0.616**	0.884**	0.846**	0.799**	0.828**
Bm3	-0.439	-0.493**	0.446	-0.514*	-0.655**	-0.470*	0.755**	0.784**	0.885**	0.907**
Bm4	-0.408	-0.455	0.497*	-0.511*	-0.621**	-0.363	0.741**	0.781**	0.867**	0.918**
Pr	-0.867**	-0.897**	-0.128	-0.889**	-0.957**	-0.631**	0.935**	0.926**	0.758**	0.765**
LIN3	0.758**	0.749**	0.502*	0.722**	0.738**	0.612**	-0.652**	-0.506*	-0.399	-0.326
LIN4	0.719**	0.653**	0.432	0.618**	0.648**	0.583*	-0.553*	-0.499	-0.245	-0.223

Ac3 و Ac4: به ترتیب سطح مقطع میانگره سوم و چهارم، Br3 و Br4: به ترتیب مقاومت به شکستگی میانگره سوم و چهارم، Bm3 و Bm4: به ترتیب گشتاور خمشی میانگره سوم و چهارم، Pr: مقاومت فشاری، Hi: ارتفاع بوته، Ls، L4، L3، L2، L1: به ترتیب طول ساقه، طول میانگره چهارم، سوم، دوم و اول، Sd4 و Sd3: به ترتیب قطر متوسط میانگره سوم و چهارم، Th3 و Th4: به ترتیب ضخامت میانگره سوم و چهارم، D/L3 و D/L4: به ترتیب نسبت وزن خشک به طول میانگره سوم و چهارم، F/L3 و F/L4: به ترتیب نسبت وزن تر به طول میانگره سوم و چهارم، LIN3 و LIN4: به ترتیب شاخص خوابیدگی میانگره سوم و چهارم.

Ac3, Ac4: Cross-sectional area of 3th and 4th Internodes respectively; Br3, Br4: Breaking resistance of 3th and 4th Internodes respectively; Bm3, Bm4: Bending moment of 3th and 4th Internodes respectively; Pr: Pushing resistance, Hi: Plant height, Ls, L1, L2, L3, L4:Stem length, length of internodes 1, 2, 3, 4 respectively; Sd3, Sd4: Avg. diameter of 3th and 4th Internode respectively; Th3,Th4: Thickness of 3th and 4th Internode respectively; D/L3, D/L4: Dry weight: length of 3th and 4th Internodes respectively; F/l3, F/L4: Fresh weight: length of 3th and 4th Internodes respectively; LIN3, LIN4: Lodging index of 3th and 4th Internodes respectively.

Table 3. Continued

ادامه جدول ۳

	Ac3	Ac4	D/L3	D/L4	F/L3	F/L4	Br3	Br4	Bm3	Bm4	pr	LIN3	LIN4
Ac3	1												
Ac4	0.966**	1											
D/L3	0.927**	0.890**	1										
D/L4	0.860**	0.819**	0.874**	1									
F/L3	0.942**	0.933**	0.932**	0.871**	1								
F/L4	0.912**	0.938**	0.843**	0.852**	0.970**	1							
Br3	0.932**	0.857**	0.962**	0.869**	0.937**	0.849**	1						
Br4	0.890**	0.873**	0.904**	0.825**	0.967**	0.922**	0.937**	1					
Bm3	0.823**	0.853**	0.701**	0.743**	0.861**	0.920**	0.698**	0.769**	1				
Bm4	0.807**	0.857**	0.678**	0.729**	0.854**	0.931**	0.672**	0.760**	0.989**	1			
Pr	0.877**	0.873**	0.836**	0.717**	0.870**	0.835**	0.853**	0.872**	0.718**	0.697**	1		
LIN3	-0.601**	-0.463	-0.730**	-0.571*	-0.567*	-0.411	-0.785**	-0.654**	-0.161	-0.119	-0.608**	1	
LIN4	-0.475*	-0.391	-0.644**	-0.427	-0.517*	-0.351	-0.670**	-0.654**	-0.072	-0.036	-0.557*	0.905**	1

Ac3 و Ac4: به ترتیب سطح مقطع میانگره سوم و چهارم، Br3 و Br4: به ترتیب مقاومت به شکستگی میانگره سوم و چهارم، Bm3 و Bm4: به ترتیب گشتاور خمشی میانگره سوم و چهارم، Pr: مقاومت فشاری، Hi: ارتفاع بوته، Ls، L4، L3، L2، L1: به ترتیب طول ساقه، طول میانگره چهارم، سوم، دوم و اول، Sd4 و Sd3: به ترتیب قطر متوسط میانگره سوم و چهارم، Th3 و Th4: به ترتیب ضخامت میانگره سوم و چهارم، D/L3 و D/L4: به ترتیب نسبت وزن خشک به طول میانگره سوم و چهارم، F/L3 و F/L4: به ترتیب نسبت وزن تر به طول میانگره سوم و چهارم، LIN3 و LIN4: به ترتیب شاخص خوابیدگی میانگره سوم و چهارم.

Ac3, Ac4: Cross-sectional area of 3th and 4th Internodes respectively; Br3, Br4: Breaking resistance of 3th and 4th Internodes respectively; Bm3, Bm4: Bending moment of 3th and 4th Internodes respectively; Pr: Pushing resistance, Hi: Plant height, Ls, L1, L2, L3, L4:Stem length, length of internodes 1, 2, 3, 4 respectively; Sd3, Sd4: Avg. diameter of 3th and 4th Internode respectively; Th3,Th4: Thickness of 3th and 4th Internode respectively; D/L3, D/L4: Dry weight: length of 3th and 4th Internodes respectively; F/l3, F/L4: Fresh weight: length of 3th and 4th Internodes respectively; LIN3, LIN4: Lodging index of 3th and 4th Internodes respectively.

www.SID.ir

چهارم ($r=۰/۷۱۹^{**}$) نشان داد که ارتفاع بوته بالا اغلب باعث کاهش مقاومت به شکستگی، کاهش مقاومت فشاری و افزایش شاخص خوابیدگی می‌شود (جدول ۳). رقم علی‌کاظمی با بیشترین میانگین ارتفاع بوته (۱۴۱/۷ سانتی‌متر)، بیشترین شاخص خوابیدگی میانگره سوم و چهارم (به ترتیب ۳۹ و ۳۴/۶ درصد) و رقم کادوس با کمترین میانگین ارتفاع بوته (۱۱۲/۲ سانتی‌متر)، کمترین میزان شاخص خوابیدگی میانگره سوم و چهارم (به ترتیب ۱۹/۳ و ۲۰/۱ درصد) را داشت (جدول ۲). بنابراین می‌توان اظهار داشت، افزایش شاخص خوابیدگی در ارقام بومی نسبت به ارقام اصلاح شده، به علت زیادتر بودن ارتفاع بوته، طول ساقه و طول میانگره‌های آن‌ها است.

فام و همکاران (Pham *et al.*, 2004) با آزمایش روی ۱۲ ژنوتیپ مختلف برنج، همبستگی مثبت و معنی‌داری بین طول میانگره‌های پایه (میانگره‌های چهارم و پنجم) با طول ساقه و همچنین طول ساقه با شاخص خوابیدگی ($r=۰/۸۱۵^{**}$) گزارش کردند. لزا و همکاران (Leza *et al.*, 2001) طی آزمایشی نشان دادند که بلندتر بودن طول ساقه در ارقام برنج هیبرید می‌تواند در افزایش شاخص خوابیدگی نقش داشته باشد. در آزمایش اسلام و همکاران (Islam *et al.*, 2007) روی ۱۶ ژنوتیپ برنج و بررسی صفات مورفولوژیک مرتبط با خوابیدگی بوته، نشان دادند که میانگین ارتفاع بوته پنج رقم با مقاومت بالا نسبت به ورس ۱۲۳ سانتی‌متر و متوسط ارتفاع پنج رقم حساس به ورس ۱۱۴ سانتی‌متر بوده است. اکاوا و ایشی‌هارا (Ookawa and Ishihara, 1992) نیز گزارش کردند که ارتفاع بوته نمی‌تواند مهم‌ترین عامل در تعیین مقاومت به خوابیدگی بوته در برنج محسوب شود. آن‌ها دریافتند که اگر نسبت وزن به طول میانگره‌های پایه افزایش یابد، ارتفاع بوته بدون وقوع خوابیدگی بوته، می‌تواند تا ۱۲۰ سانتی‌متر نیز افزایش یابد. ترشیما و همکاران (Terashima *et al.*, 1994) افزایش ضخامت ساقه را مؤثرترین صفت مورفولوژیک در افزایش مقاومت به خوابیدگی بوته گیاه برنج گزارش کردند. در آزمایش حاضر نیز ارتفاع بوته رقم خزر که مقاومت به شکستگی و مقاومت فشاری بالایی داشت، با رقم پا بلند سنگ‌جو با کمترین میزان مقاومت به شکستگی و مقاومت فشاری، تفاوت معنی‌داری نداشت. با توجه به این موضوع به نظر می‌رسد که در رقم خزر، ضخامت، قطر و نسبت وزن به طول میانگره بیشتر، حساسیت ناشی از افزایش ارتفاع بوته را کاهش داد و می‌توان اظهار کرد که ارتفاع بوته (به تنهایی) شاخص مناسبی برای تشخیص مقاومت به خوابیدگی بوته یک رقم محسوب نمی‌شود.

با توجه به همبستگی بالای گشتاور خمشی میانگره‌های سوم و چهارم با ضخامت، قطر، سطح مقطع، نسبت وزن به طول میانگره و مقاومت به شکستگی میانگره‌های سوم و چهارم، بیشترین مقدار گشتارخمشی میانگره‌های سوم و چهارم در رقم خزر به ترتیب با میانگین ۱۹۰۴/۹ و ۲۵۱۶/۵ گرم در سانتی‌متر و کمترین مقدار آن در رقم سنگ‌جو به ترتیب با میانگین ۸۵۸ و ۱۰۶۱/۵ گرم در سانتی‌متر مشاهده شد (جدول ۲). همبستگی گشتاور خمشی با شاخص خوابیدگی معنی‌دار نبود که این موضوع با نتایج آزمایش اسلام و همکاران (Islam *et al.*, 2007) مطابقت داشت.

نتیجه‌گیری کلی

در این آزمایش ارقام برنج اصلاح شده خزر، کادوس و گوهر به ترتیب دارای بیشترین مقاومت و سه رقم بومی سنگ‌جو، علی‌کاظمی و هاشمی نیز به ترتیب حساسیت بیشتری به خوابیدگی بوته داشتند. با توجه به نتایج ضرایب همبستگی و تجزیه رگرسیون گام به گام، می‌توان اظهار داشت که ضخامت میانگره‌های سوم و چهارم و نسبت وزن به طول میانگره نقش موثری در افزایش مقاومت به خوابیدگی داشته و می‌توان از این صفات به عنوان شاخص‌هایی جهت شناسایی ارقام با مقاومت بالا به خوابیدگی بوته استفاده کرد. نتایج آزمایش نشان داد در بین صفات مورد ارزیابی، ارتفاع بوته با دارا بودن همبستگی منفی و معنی‌دار با مقاومت به شکستگی و مقاومت فشاری، به تنهایی نمی‌تواند شاخص مناسبی جهت تشخیص مقاومت به خوابیدگی بوته برنج در نظر گرفته شود. در واقع حساسیت ناشی از افزایش ارتفاع بوته با افزایش میزان صفاتی مانند ضخامت و نسبت وزن به طول میانگره، قابل جبران است.

سپاسگزاری

از دانشگاه گیلان و موسسه تحقیقات برنج کشور جهت حمایت و مساعدت در اجرای این تحقیق تشکر و قدردانی می‌شود.

Archive of SID

www.SID.ir

References

Amano, T., Zhu, Q., Wang, Y., Inoue, N. and Tanaka, H. 1993. Case studies on high yields of paddy rice in Jiangsu Province, China. II. Analysis of characters related to lodging. **Journal of Crop Science** 62 (2): 275–281.

Alizadeh, M. R., Dabbaghi, A., Rahimi-Ajdadi, F., Rezaei, M. and Rahmati, M. H. 2011. Effect of salinity and irrigation regimes on the internode physical variations of rice stem. **Australian Journal of Crop Science** 5 (12): 1595-1602.

Basak, M. N., Sen, S. K. and Bhattacharjee, P. K. 1962. Effects of high nitrogen fertilization and lodging on rice yields. **Agronomy Journal** 54: 477-480.

Chuanren, D., Bochu, W., Pingqing, W., Daohong, W. and Shaoxi, C. 2004. Relationship between the minute structure and the lodging resistance of rice stems. **Colloids and Surfaces B: Biointerfaces** (35): 155–158.

Esfahani, M., Mojtabaie-Zamani, M. and Amiri-Larijani, B. 2009. The growing rice plant: An anatomical monograph. (Translated). University of Guilan Press. (In Persian).

Fallah, A. 2012. Silicon effect on lodging parameters of rice plants under hydroponic culture. **International Journal of Agricultural Science** 2 (7): 630-634.

Hoshikawa, K. and Wang, S. B. 1990. Studies on lodging in rice plant I: a general observation on lodged rice culms. **Japanese Journal of Crop Science** 59 (4): 809-814.

Islam, M. S., Peng, S., Visperas, R. M., Erful, N., Bhuiya, M. S. U. and Julwquar, A. W. 2007. Lodging related morphological trait of hybrid rice in a tropical irrigated ecosystem. **Field Crops Research** 101: 240-248.

Kashiwagi, T. and Ishimaru, K. 2004. Identification and functional analysis of a locus for improvement of lodging resistance in rice. **Plant Physiology** 134 (2): 676-683.

Kashiwagi, T., Sasaki, H. and Ishimaru, K. 2005. Factors responsible for decreasing sturdiness of the lower part in lodging of rice (*Oryza sativa* L.). **Journal of Plant Production Science** 8 (2): 166-172.

Kono, M. 1995. Physiological aspects of lodging. In: Matsuo, T., Kumazawa, K., Ishii, K., Ishihara, K. and Hirata, H. (Eds.). Science of the rice plant. Vol. 2. Physiology. Food and Agriculture Policy Research Center. Tokyo, Japan.

Leza, M. R. C., Peng, S., Sanico, A. L., Visperas, R. M. and Akita, S. 2001. Higher leaf area growth rate contributes to greater vegetative growth of F_1 rice hybrids in the tropics. **Journal of Plant Production Science** 4 (3): 184-188.

Li, H. J., Zhang, X. J., Li, W. J., Xu, Z. J. and Xu, H. 2009. Lodging resistance in japonica rice varieties with different panicle types. **Chinese Journal of Rice Science** 23 (2): 191-196.

Mobasser, H. R., Yadi, R., Azizi, M., Ghanbari, A. M. and Samdaliri, M. 2009. Effect of plant density on morphological characteristics related-lodging on yield and yield components in rice (*Oryza sativa* L.) varieties in Iran. Am-Eur. **Journal of Agricultural and Environmental Science** 5 (6): 745-754.

Ookawa, T. and Ishihara, K. 1992. Varietal differences of physical characteristics of the culm related to lodging in paddy rice. **Japanese Journal of Crop Science** 61: 419-425.

Pham, Q. D., Abe, A., Hirano, M., Sagawa, S. and Kuroda, E. 2004. Analysis of lodging-resistant characteristics of different rice genotypes grown under the standard and nitrogen-free basal dressing accompanied with sparse planting density practices. **Journal of Plant Production Science** 7: 243-251.

SAS. 2002. The SAS system for windows. Release 9.0. SAS Institute, Cary, NC.

SPSS. 2007. The SPSS system for windows. Release 16.0. SPSS Inc. An IBM Company Headquarters, USA.

Takahashi, E. 1995. Uptake mode and physiological function of silica. In: Matsuo, T., Kumazawa, K., Ishii, R., Ishihara, K. and Hirata, H. (Eds.). Science of the rice plant. Vol. 2. Physiology. Food and Agriculture Policy Research Center Tokyo, Japan. pp: 1-111.

Terashima, K., Ogata, T. and Akita, S. 1994. Eco-physiological characteristics related with lodging tolerance of rice in direct sowing cultivation. II. Root growth characteristics of tolerant cultivars to root lodging**. Japanese Journal of Crop Science** 63: 34-41.

Weber, C. R. and Fehr, W. R. 1966. Seed yield losses from lodging and combine harvesting in soybean. **Agronomy Journal** 58: 287-289.

Archive of SID

www.SID.ir

Wiresma, D. W., Opolinger, E. S. and Guy, S. O. 1986. Environmental and cultivar effects on winter wheat response to ethephon plant growth regulator. **Agronomy Journal** 78: 761-764.

Won, J. G., Hirahara, Y., Yoshida, T. and Imabayashi, S. 1998. Selection of rice lines using SPGP seedling method for direct seeding. **Journal of Plant Production Science** 1: 280-285.

Zuber, U., Winzeler, H., Messmer, M. M., Keller, M., Keller, B., Schmid, J. E. and Stamp, P. 1999. Morphological traits associated with lodging resistance of spring wheat (*Triticum aestivum* L.). **Journal of Agronomy and Crop Science** 182: 17-24.

Archive of SID

www.SID.ir

Evaluation of morphological characteristics related to lodging in native and improved rice (*Oryza sativa* L.) cultivars

Maryam Broomand[1], Masoud Esfahani[2*], Mohammad Reza Alizadeh[3] and Ali Aalami[4]

1, 2 and 4. Graduate Student in Agronomy, Assoc. and Assist. Profs., respectively, Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, 3. Research Assist. Prof., Rice Research Institute of Iran (RRII)

(Received: May 12, 2013- Accepted: September 30, 2013)

Abstract

Plant lodging is one of the major problems that may occur depending on the time to 50% reduction in yield of rice crop. Identification of plant characteristics related to lodging resistance considered as the prerequisite for reduction of losses in rice cultivation. In order to evaluate the morphological characteristics and lodging related traits in native and improved rice cultivars, a field experiment was laid out in randomized complete block design with three replications in 2012 at the Rice Research Institute of Iran, Rasht. Rice genotypes including three native rice cultivars (Hashemi, Sangjo and Alikazemi) and three improved (Kadous, Gohar and Khazar). Results showed correlation between thickness of internode whit breaking resistance of third internode ($r=0.914^{**}$) and thickness of fourth internode whit breaking resistance of fourth internode ($r=0.846^{**}$), thickness of third and fourth internode whit pushing resistance ($r= 0.935^{**}$ and $r= 0.926^{**}$, respectively). Also significant positive correlation between fresh weight/length of internode whit breaking resistance in third internode ($r= 0.967^{**}$) and pushing resistance ($r= 0.870^{**}$), fresh weight/length of internode whit breaking resistance in fourth internode ($r= 0.922^{**}$) and pushing resistance ($r= 0.835^{**}$) were observed. Stepwise regression analysis showed that thickness of internode was the lone trait that significantly affected the pushing resistance. fresh weight/length of internode and dry weight/length of internode had highly significant effect on breaking resistance that was in correspondence with the results of correlation analysis. It seems that the thickness and weight/length of internode, have major roles in rice plant resistance to lodging and could be considered as indirect indices in selection for higher resistant rice cultivars.

Keywords: Bending moment, Breaking resistance, Lodging index, Rice

*Corresponding author: esfahani@guilan.ac.ir

Archive of SID

www.SID.ir