"مجله علوم زراعی ایران"
جلد شانزدهم، شماره۳، پاییز ۱۳۹۳

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

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

فرناز فرجی[۱]، مسعود اصفهانی[۲]، محمدرضا علیزاده[۳] و علی اعلمی[۴]

چکیده

فرجی، ف.، م. اصفهانی، م.ر. علیزاده و ع. اعلمی. ۱۳۹۳. ارزیابی صفات مورفولوژیک مرتبط با خوابیدگی بوته در ژنوتیپ‌های منتخب بومی و اصلاح شده برنج (*Oryza sativa* L.). **مجله علوم زراعی ایران. ۱۶(۳): ۲۶۴-۲۵۰.**

به منظور ارزیابی صفات مورفولوژیک مرتبط با خوابیدگی بوته در ژنوتیپ‌های بومی و اصلاح شده برنج، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۱ در موسسه تحقیقات برنج کشور - رشت به اجرا گذاشته شد. ژنوتیپ‌های برنج مورد آزمایش شامل سه رقم بومی (هاشمی، سنگ‌جو و علی‌کاظمی) و سه لاین (۸۳۱ و ۸۴۱ و ٤١٦) بودند. با توجه به نتایج تجزیه همبستگی، همبستگی مثبت و معنی‌داری بین قطر متوسط میانگره سوم با مقاومت به شکستگی میانگره سوم ($r=۰/۹٦۱^{**}$) و قطر متوسط میانگره چهارم با مقاومت به شکستگی میانگره چهارم ($r=۰/۹۰۲^{**}$)، قطر متوسط میانگره سوم و چهارم با مقاومت فشاری بوته به ترتیب ($r=۰/۸۸٤^{**}$) و ($r=۰/۸۵۳^{**}$) وجود داشت. همچنین، همبستگی مثبت و معنی‌داری بین نسبت وزن تر به طول میانگره با مقاومت به شکستگی در میانگره سوم ($r=۰/۹۳۷^{**}$) و مقاومت فشاری بوته ($r=۰/۷۵۲^{*}$)، نسبت وزن تر به طول میانگره با مقاومت به شکستگی در میانگره چهارم ($r=۰/۸۲۵^{**}$) و مقاومت فشاری بوته ($r=۰/۸۱۰^{**}$) مشاهده شد. نتایج تجزیه رگرسیون گام به گام نشان داد که تنها صفت قطر متوسط میانگره روی مقاومت فشاری بوته اثر معنی‌داری داشت که به تنهایی ۸۸ درصد از تغییرات را توجیه کرد. در مرحله بعد صفت نسبت وزن تر به طول میانگره با ضریب تبیین ۰/۸٦ تنها صفت موثر در مقاومت به شکستگی میانگره بود که این نتایج با نتایج حاصل از ضرایب همبستگی مطابقت داشت. نتایج نشان داد که صفات قطر متوسط و نسبت وزن به طول میانگره‌های سوم و چهارم اهمیت زیادی در مقاومت به خوابیدگی برنج دارند و می‌توانند به عنوان شاخص‌هایی غیر مستقیم جهت انتخاب ژنوتیپ‌های با مقاومت بالا در مرحله گلدهی در نظر گرفته شوند.

واژه‌های کلیدی: برنج، خوابیدگی بوته، شاخص خوابیدگی و گشتاور خمشی.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۲/۶ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۷/۰۲ این مقاله مستخرج از رساله دکتری نگارنده اول می‌باشد.

۱- دانشجوی دکتری دانشکده کشاورزی دانشگاه گیلان
۲- دانشیار دانشکده کشاورزی دانشگاه گیلان. عضو انجمن علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران (مکاتبه کننده) (پست الکترونیک: mesfahan@yahoo.com)
۳- دانشیار پژوهش موسسه تحقیقات برنج کشور
۴- استادیار دانشکده کشاورزی دانشگاه گیلان

مقدمه

برنج غذای اصلی حدود نیمی از مردم جهان به ویژه مردم کشورهای در حال توسعه است. این محصول یک سوم کل سطح زیر کشت جهانی غلات را در بردارد و حدود ۳۵ تا ۶۵ درصد کالری مصرفی ۲/۷ میلیارد نفر در جهان را تأمین می‌کند (Anonymous, 2012). همانند سایر گیاهان زراعی تولید بهینه محصول برنج توسط برخی از عوامل محیطی (زنده و غیرزنده) و مدیریتی محدود می‌شود.

یکی از مهم‌ترین این عوامل که باعث کاهش میزان تولید در سطح جهانی می‌شود، خوابیدگی بوته (ورس) است. خوابیدگی بوته یکی از مشکلات اصلی در تولید غلات است که باعث ایجاد خساراتی مانند کاهش میزان عملکرد، کاهش کیفیت دانه و ایجاد مشکلاتی در برداشت ماشینی محصول می‌شود. با توجه به خصوصیات مورفولوژیک بیشتر 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 and Ishimaru, 2004). سه نوع خوابیدگی بوته در برنج غرقابی قابل مشاهده است؛ خمیدگی ساقه، شکستگی ساقه و خوابیدگی از ناحیه ریشه. در همین رابطه گزارش شده است که خمیدگی ساقه، نوع اصلی خوابیدگی بوته در برنج غرقابی بوده که علت اصلی آن افزایش وزن خوشه در دوره رسیدگی و افزایش طول میانگره پایینی با افزایش سطح آب و وقوع شرایط نامساعد آب و هوایی از جمله باد و باران شدید در اواخر فصل رشد است (Kono, 1995). وقوع خوابیدگی بوته در بسیاری از ارقام بومی برنج در ایران نیز یکی از مشکلات اساسی در تولید این محصول به شمار می‌رود. خوابیدگی بوته‌های برنج در طی دوره رسیدگی نه تنها از طریق سایه‌اندازی بر روی سایر بوته‌ها باعث کاهش فتوسنتز و کاهش عملکرد آنها می‌شود، بلکه همچنین با قطع مسیر انتقال مواد در آوندها از انتقال آب، مواد غذایی و مواد پرورده در امتداد آوندهای چوب و آبکش جلوگیری کرده و باعث کاهش فراهمی مواد پرورده در فرآیند پر شدن دانه‌ها می‌شود (Kashiwagi *et al*., 2005). بعلاوه، خوابیدگی بوته باعث عدم امکان توسعه برداشت ماشینی محصول و افزایش هزینه‌های برداشت می‌شود. نتایج نشان داده است که افزایش تولید ماده خشک یا شاخص برداشت، یک راه مؤثر برای بهبود عملکرد بالقوه برنج است. با این حال، افزایش تولید ماده خشک در عمل اغلب با مقاومت در برابر خوابیدگی بوته رابطه عکس دارد (Zhang *et al*., 2010). افزایش مقاومت به خوابیدگی بوته با تولید رقم‌های نیمه‌پاکوتاه در اوایل دهه ۱۹۶۰ یکی از دستاوردهای بزرگی است که به وقوع انقلاب سبز در گندم و برنج منتهی شد (Chandler, 1969)، اما نتایج مطالعات اخیر نشان داده است که ارتفاع بوته در برنج و گندم نیمه‌پاکوتاه ممکن است فتوسنتز پوشش گیاهی و تولید ماده خشک را محدود کرده و در نهایت به عملکرد دانه آسیب برساند (Kuroda *et al*., 1989; Gent, 1995). اوکاوا و ایشیهارا (Ookawa and Ishihara, 1992) گزارش کردند که در گیاه برنج ارتفاع بوته عامل اصلی در تعیین مقاومت به خوابیدگی نیست. آن‌ها مشاهده کردند که حساسیت به خوابیدگی در بین رقم‌هایی با ارتفاع بوته یکسان، متفاوت بود. گزارش شده است که خوابیدگی ساقه می‌تواند باعث کاهش انتقال کربن و مواد پرورده برای پر شدن دانه، افزایش تنفس و کاهش جذب و تحلیل کربن درون پوشش گیاهی برنج شود (Setter *et al*., 1997). این موضوع به دلیل سایه‌اندازی بوته‌ها بر روی یکدیگر، کاهش جذب تابش خورشید و در نتیجه کاهش فتوسنتز پوشش گیاهی می‌باشد. ستر و همکاران (Setter *et al*., 1997) نشان دادند که اعمال تیمارهای خوابیدگی بوته که ارتفاع بوته را تا ۷۵ درصد کاهش دادند (۷۵ درصد خوابیدگی) به شدت بر جذب تابش توسط پوشش گیاهی تأثیر داشته و عملکرد دانه را ۶۰ تا

[DOR: 20.1001.1.15625540.1393.16.3.7.6]

۸۰ درصد کاهش داد. نتایج حاصل از این آزمایش این فرضیه را که علت اصلی تأثیر منفی خوابیدگی بوته در طی دوره پر شدن دانه به دلیل سایه‌اندازی برگ‌ها و خوشه‌ها روی یکدیگر می‌باشد، تایید کرد.

مقاومت به خوابیدگی بوته در برنج تحت تأثیر عوامل مورفولوژیکی و بیوشیمیایی قرار دارد. در بین صفات مورفولوژیکی، گزارش شده‌است که قطر و وزن ساقه به طور مستقیم با مقاومت به خوابیدگی و استحکام ساقه در ارتباط هستند (Zuber *et al*., 1999).

در ارتباط با تاثیر ویژگی‌های فیزیکی مانند قطر بزرگ و قطر کوچک، ضخامت، سطح مقطع و اثر آنها بر مقاومت به شکستگی و مقاومت فشاری، برای ژنوتیپ‌های 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 ژنوتیپ‌های بومی و اصلاح شده و شناسایی موثرترین 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 فصل زراعی ۱۳۹۱ در مزرعه موسسه تحقیقات برنج کشور در رشت به اجرا گذاشته شد. عرض جغرافیایی محل آزمایش ۳۷ درجه و ۱۶ دقیقه شمالی، طول جغرافیایی آن ۴۱ درجه و ۳۶ دقیقه شرقی بوده است. آزمایش در مساحت ۹۶۰ متر مربع در کرت‌هایی به ابعاد ۵×۴ متر پیاده شد. در نیمه اول خرداد ماه گیاهچه‌های سالم و یکنواخت برنج در سن بیست و پنج روزگی از خزانه انتخاب و به زمین اصلی منتقل و به فاصله ۲۰×۲۰ سانتی متر به تعداد یک گیاهچه در هر کپه، نشاکاری شدند. ۱۰ روز پس از نشاکاری برای مبارزه شیمیایی با علف‌های هرز از علف کش بوتاکلر (ماچتی) به میزان ۳ لیتر در هکتار استفاده شد. با اجرای آبیاری تناوبی میزان آب موجود در خاک در حد ظرفیت اشباع خاک (تا حد ایجاد ترک‌های مویی در سطح خاک که معادل سطح رطوبتی بالاتر از ظرفیت زراعی می‌باشد) نگه‌داری شد. برای کنترل کامل علف‌های هرز و بسته به شرایط رشد بوته‌ها، عملیات وجین دستی علف‌های هرز طی دو نوبت (نوبت اول دو هفته و نوبت دوم ۳۵ روز بعد از نشاکاری) انجام گرفت. این آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار (با فاصله دو متر) با ۶ ژنوتیپ برنج (هاشمی، سنگ جو، علی‌کاظمی و لاین‌های ۸۴۱، ۸۳۱، ۴۱۶) که از نظر فیزیولوژیکی، مورفولوژیکی، فنولوژیکی و ژنتیکی دارای تنوع کافی بودند، انجام شد (جدول ۲). یک روز قبل از نشاکاری مقادیر ۳۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از منبع اوره، ۷۵ کیلوگرم در هکتار فسفر خالص از منبع سوپرفسفات تریپل و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم خالص از منبع سولفات پتاسیم بر اساس نتایج آزمون تجزیه خاک (جدول ۱) به کلیه کرت‌ها افزوده شدند. ۳۰ کیلوگرم نیتروژن (از منبع اوره) در هکتار در زمان حداکثر پنجه‌زنی و ۳۰ کیلوگرم در هکتار نیز در زمان ظهور خوشه به صورت سرک و به طور یکنواخت در زمین پخش شد.

۳۰ روز پس از مرحله گرده‌افشانی پنج کپه از هر کرت ریشه بر شده و از هر کپه ۴ عدد از بزرگترین پنجه‌ها همراه با ساقه اصلی انتخاب (Islam *et al*., 2007) و صفات ارتفاع بوته (فاصله بین قاعده بوته تا گره گردن خوشه)، طول خوشه (از ناحیه گره گردن خوشه تا نوک بالاترین دانه بدون احتساب ریشک)، طول میانگره‌ها (میانگره‌های ۱، ۲، ۳ و ۴ از بالا به پایین)، وزن تر خوشه و میانگره‌ها (شامل برگ و غلاف برگ مربوط به هر میانگره) و قطر میانگره‌ها (با استفاده از کولیس) اندازه‌گیری شدند.

با توجه به اینکه خوابیدگی بوته برنج معمولا در میانگره‌های سوم و چهارم بوته اتفاق می‌افتد

[DOR: 20.1001.1.15625540.1393.16.3.7.6]

جدول۱- مشخصات خاک محل اجرای آزمایش

Table 1. Soil properties of the experimental site

بلوک Block	هدایت الکتریکی Ec ($ds.m^{-1}$)	اسیدیته کل pH	فسفر قابل استفاده P available ($mg.kg^{-1}$)	نیتروژن کل Total N(%)	پتاسیم قابل استفاده K available ($mg.kg^{-1}$)	مواد آلی OC (%)	کلسیم قابل استفاده Ca available ($mg.kg^{-1}$)	بافت خاک Soil texture
بلوک ۱ Block I	1.11	7.2	16.4	0.18	145	2.05	10.2	رسی لومی Clay loam
بلوک ۲ Block II	1.11	7.5	16.4	0.16	145	1.76	10.2	رسی لومی Clay loam
بلوک ۳ Block III	1.11	7.6	16.4	0.18	145	2.02	10.2	رسی لومی Clay loam

جدول ۲- خصوصیات ژنوتیپ‌های برنج مورد استفاده در آزمایش

Table 2. Characteristics of rice genotypes used in the experiment

ژنوتیپ‌های برنج Rice genotypes	نوع ژنوتیپ Genotype type	ارتفاع بوته Plant height (cm)	روز تا ۵۰ درصد گلدهی Day to 50% flowering	عملکرد دانه Grain yield ($kg.ha^{-1}$)	شجره Pedigree
هاشمی Hashemi	رقم محلی Native	135-140	90-95	3500	-
سنگ جو Sangjo	رقم محلی Native	120-125	90-95	4200	-
علی کاظمی Alikazemi	رقم محلی Native	120-125	95-100	3800	-
841	لاین وارداتی Imported line	95-100	95-100	5400	IR67423-42-2-3-3
831	لاین وارداتی Imported line	100-105	95-100	4400	IR67017-180-2-1-2
416	لاین Line	105-110	105-110	5500	نعمت /غریب// سنگ جو/ نعمت Nemat/Sangjo//Gharib/Nemat

[DOR: 20.1001.1.15625540.1393.16.3.7.6]

(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_3، Bm_4: 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 بیضوی شکل (دو قطری) بودن ساقه برنج ، قطر متوسط میانگره‌های پایه (میانگره سوم و چهارم) با استفاده از رابطه (۵) محاسبه شد (Chuanren *et al*., 2004):

$$\text{(Cross-sectional area)}\ A_c = \frac{\pi.t}{2}[D + d - 2t] \quad (۴)$$

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

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 در مرحله رسیدگی 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). برای تعیین عملکرد دانه نیز با مشاهده علائم رسیدگی فیزیولوژیک در هر رقم و با رعایت اثر حاشیه‌ای (حذف دو ردیف) در هر کرت اقدام به برداشت محصول شد و عملکرد دانه بر مبنای رطوبت ۱۴ درصد محاسبه شد.

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 به عامل‌ها به روش مولفه‌های اصلی و چرخش وریماکس و تجزیه رگرسیون گام به گام از نرم افزار SPSS نسخه ۱۶ (SPSS, 2007) استفاده شد. داده‌های مرتبط با شاخص خوابیدگی که به صورت درصد بودند، به زاویه (ArcSin $\sqrt{x}$) تبدیل شده و سپس مورد تجزیه قرار گرفتند. مقایسه میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون توکی در سطح احتمال یک درصد انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس میانگین صفات اندازه‌گیری شده نشان داد که بین ژنوتیپ‌های برنج مورد مطالعه از نظر صفات عملکرد دانه، ارتفاع بوته، طول میانگره‌های اول، دوم و سوم و چهارم، قطر متوسط، ضخامت و سطح مقطع میانگره‌های سوم و چهارم، نسبت وزن تر و خشک به طول میانگره‌های سوم و چهارم، مقاومت

[DOR: 20.1001.1.15625540.1393.16.3.7.6]

فشاری بوته، مقاومت به شکستگی میانگره‌های سوم و چهارم، گشتاور خمشی میانگره‌های سوم و چهارم و شاخص خوابیدگی میانگره‌های سوم و چهارم، اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که لاین ۴۱۶ با میانگین ۵۸۱۵ کیلوگرم در هکتار بالاترین میزان عملکرد دانه را دارا بود که با دو لاین ۸۳۱ و ۸۴۱ اختلاف معنی‌داری نداشت و کمترین میزان عملکرد در رقم علی‌کاظمی با میانگین ۴۲۳۱ کیلوگرم در هکتار به دست آمد که با دو رقم هاشمی و سنگ جو اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۳).

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 ژنوتیپ‌های مقاوم مورد توجه قرار گرفتند. با توجه به نتایج آزمایش، بیشترین مقاومت به شکستگی میانگره‌های سوم و چهارم در لاین ۸۴۱ (به ترتیب ۱۰/۴۵ و ۱۴/۱۰ نیوتن) مشاهده شد که با لاین ۸۳۱ و ۴۱۶ تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۳). می‌توان چنین اظهار کرد که سه لاین ۸۴۱، ۴۱۶ و ۸۳۱ با داشتن بیشترین مقدار مقاومت فشاری بوته به ترتیب با میانگین‌های ۷/۷۵، ۶/۱۷ و ۶/۱۶ نیوتن، مقاوم به خوابیدگی و سه رقم بومی سنگ‌جو، هاشمی و علی‌کاظمی با داشتن کمترین مقدار مقاومت فشاری بوته (به ترتیب ۴/۱۰، ۵/۴۱ و ۵/۸۳ نیوتن) همچنین، با دارا بودن کمترین مقدار مقاومت به شکستگی میانگره سوم و چهارم حساس به خوابیدگی بوته می‌باشند (جدول ۳).

برای بررسی رفتار صفات و گروه‌بندی آن‌ها در ارتباط با صفت خوابیدگی در ژنوتیپ‌های بومی و اصلاح شده برنج مورد مطالعه از روش تجزیه به عامل‌ها استفاده شد که نتایج آن در جدول ۴ ذکر شده است. در مجموع دو عامل اصلی و مستقل، ۹۱/۹۸ درصد از تغییرات کل داده‌ها را توجیه می‌کند. بالا بودن واریانس مشترک اکثر صفات نشان دهنده انتخاب مناسب تعداد عامل‌ها می‌باشد، زیرا واریانس مشترک در حقیقت قسمتی از واریانس یک متغیر است که به عامل‌های مشترک مرتبط است و بالا بودن آن، دقت بالای برآورد واریانس متغیر را نمایش می‌دهد. ضخامت میانگره سوم و طول میانگره چهارم صفاتی بودند که به ترتیب بیشترین و کمترین سهم را در واریانس مشترک عامل‌های استخراج شده دارا بودند. در عامل اول صفات ضخامت میانگره سوم و چهارم، قطر متوسط میانگره سوم و چهارم، سطح مقطع میانگره سوم و چهارم، نسبت وزن خشک به میانگره سوم و چهارم، نسبت وزن تر به میانگره سوم و چهارم، مقاومت به شکستگی میانگره سوم و چهارم و مقاومت فشاری بوته ضرایب عاملی مثبت و بالایی داشتند. بالا بودن این ضرایب نشان می‌دهد که این صفات در این عامل دارای بالاترین تنوع بوده و سایر صفات دارای تنوع کمتری هستند و انتخاب جهت بهبود یا افزایش این صفات در این عامل کارآیی خواهد داشت. همچنین صفات ارتفاع بوته، طول ساقه، طول میانگره‌ها (میانگره‌های ۱، ۲، ۳ و ۴) و شاخص خوابیدگی میانگره سوم و چهارم دارای ضرایب عاملی منفی بودند. این عامل ۷۷/۵۵ درصد از کل واریانس داده‌ها را شامل شد. عامل دوم با ۱۴/۴۳ درصد از کل واریانس داده‌ها شامل صفت گشتاور خمشی میانگره سوم و چهارم با ضریب عاملی مثبت و بالا بود (جدول ۴). مشابه بودن علامت ضرایب عاملی نشان دهنده تاثیر صفات در یک جهت می‌باشد. به عبارت دیگر تقویت صفات ضخامت میانگره سوم و چهارم، قطر متوسط میانگره سوم و چهارم،

[DOR: 20.1001.1.15625540.1393.16.3.7.6]

جدول۳- مقایسه میانگین صفات مورفولوژیک و صفات مرتبط با خوابیدگی بوته در ژنوتیپ‌های بومی و اصلاح شده برنج

Table 3. Mean comparison for morphological characteristics and lodging related of native and improved rice genotypes

ژنوتیپ‌های برنج Rice genotypes	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 متوسط میانگره سوم Avg. diameter of 3th internode (mm)	قطر متوسط 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	4286 c	133.96 a	103.97 a	45.38 a	30.84 a	19.75 a	8.00 abc	5.60 b	6.30 b	1.75 c	2.27 cd	12.98 c	18.45 c
سنگ‌جو Sangjo	4340 bc	133.94 a	106.76 a	41.27 b	30.98 a	23.33 a	9.86 ab	5.17 b	6.25 b	1.59 c	2.22 d	10.92 c	17.91 c
علی‌کاظمی Alikazemi	4231 c	140.83 a	108.25 a	45.11 a	27.04 ab	22.54 a	10.41 a	5.46 b	6.39 b	2.06 bc	2.59 cd	20.71 b	27.42 b
لاین ۸۴۱ Line 841	5388 ab	98.38 c	70.93 d	34.01 c	19.14 c	10.56 b	7.22 bc	7.37 a	7.88 a	3.98 a	3.94 a	33.18 a	36.50 a
لاین ۸۳۱ Line 831	5228 abc	113.37 b	84.77 b	39.78 b	22.76 bc	13.66 b	8.57 abc	7.91 a	8.20 a	3.06 ab	3.03 bc	30.61 a	31.87 ab
لاین ۴۱۶ Line 416	5815 a	106.45 bc	77.26 c	39.56 b	20.63 c	10.48 b	6.59 c	7.32 a	8.10 a	3.45 a	3.73 ab	30.38 a	36.47 a

[DOR: 20.1001.1.15625540.1393.16.3.7.6]

ادامه جدول ۳

Table 3. Continued

ژنوتیپ‌های برنج Rice genotypes	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	82.02 b	110.91b	87.58 c	169.83 c	5.41 bc	6.51 c	8.93 cd	1282.52 ab	1573.09 ab	39.32 a	34.75 a
سنگ‌جو Sangjo	60.50 b	75.63 b	65.47 c	100.50 d	4.10 c	5.21 c	7.46 d	842.14 c	1017.01 c	32.06 ab	26.79 b
علی‌کاظمی Alikazemi	81.30 b	111.76 b	102.53 c	187.33 c	5.83 bc	7.56 bc	10.72 bc	1396.59 a	1820.10 a	36.96 a	33.40 a
لاین ۸۴۱ Line 841	167.59 a	209.49 a	203.39 ab	254.24 ab	7.75 a	10.45 a	14.10 a	1043.85 bc	1306.50 b	19.57 c	18.16 c
لاین ۸۳۱ Line 831	168.29 a	210.36 a	172.51 b	215.64 bc	6.16 ab	9.37 ab	10.97 b	1207.12 ab	1515.74 b	25.37 bc	27.30 b
لاین ۴۱۶ Line 416	193.07 a	241.34 a	238.80 a	298.50 a	6.17 ab	9.26 ab	11.46 b	1157.21 ab	1440.15 b	24.51 bc	24.70 b

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

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 1% probability level, using Tukey Test

[DOR: 20.1001.1.15625540.1393.16.3.7.6]

جدول۴- تجزیه به عامل‌ها برای صفات مورفولوژیک و صفات مرتبط با خوابیدگی بوته در ژنوتیپ‌های بومی و اصلاح شده برنج

Table 4. Factor analysis for morphological traits and lodging related traits of native and improved rice genotypes

صفات گیاهی Plant Characteristics		واریانس مشترک Communality	ضرایب عاملی Factors loading: عامل اول 1	عامل دوم 2
Hi		0.980	-0.968*	0.209
Ls		0.986	-0.986*	0.115
L1		0.926	-0.834*	0.479
L2		0.973	-0.983*	-0.090
L3		0.947	-0.973*	-0.014
L4		0.578	-0.759*	0.045
Th3		0.999	-0.64	0.997*
Th4		0.994	-0.49	0.996*
Sd3		0.989	0.995*	0.013
Sd4		0.592	0.976*	-0.002
Ac3		0.971	0.950*	0.260
Ac4		0.834	0.876*	0.259
D/L3		0.853	0.920*	0.076
D/L4		0.891	0.944*	0.019
F/L3		0.934	0.962*	0.091
F/L4		0.877	0.889*	-0.259
Br3		0.938	0.958*	0.145
Br4		0.922	0.871*	0.403
Bm3		0.809	0.844*	0.311
Bm4		0.958	0.959*	0.197
Pr		0.935	0.946*	0.201
LIN3		0.971	-0.919*	0.357
LIN4		0.938	-0.791*	0.558
Total عامل	سهم کلی	-	17.84	3.32
Variance (%)	میزان واریانس	-	77.55	14.43
Cumulative variance (%)	واریانس تجمعی	-	77.55	91.98

Hi: ارتفاع بوته، Ls، L1، L2، L3، L4: به ترتیب طول ساقه، طول میانگره اول، دوم، سوم و چهارم، Th3 و Th4: به ترتیب ضخامت میانگره سوم و چهارم، Sd3 و Sd4: به ترتیب قطر متوسط میانگره سوم و چهارم، Ac3 و Ac4: به ترتیب سطح مقطع 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، 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، LIN3 و LIN4: به ترتیب شاخص خوابیدگی میانگره سوم و چهارم، GY: عملکرد دانه.

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

[DOR: 20.1001.1.15625540.1393.16.3.7.6]

سطح مقطع میانگره سوم و چهارم، نسبت وزن خشک به میانگره سوم و چهارم، نسبت وزن تر به میانگره سوم و چهارم، مقاومت به شکستگی میانگره سوم و چهارم و مقاومت فشاری بوته می‌تواند سبب افزایش مقاومت گیاه به خوابیدگی شود و ژنوتیپ‌هایی که مقادیر این صفات در آن‌ها بیشتر باشد احتمالا از تحمل بالاتری نسبت به خوابیدگی برخوردار خواهند بود و برعکس در خصوص صفات ارتفاع بوته، طول ساقه، طول میانگره‌ها (میانگره‌های ۱، ۲، ۳ و ۴) و شاخص خوابیدگی میانگره سوم و چهارم این روال برقرار است. به طور کلی صفاتی که در تجزیه عاملی ضریب مثبت داشتند در ارقام بومی نسبت به ژنوتیپ‌های اصلاح شده از میانگین پایین‌تری برخوردار بودند که نشان می‌دهد ارقام بومی نسبت به خوابیدگی مقاومت کمتری دارند.

جهت بررسی بیشتر ارتباط دو به دوی صفات با یکدیگر و تفسیر بهتر نتایج فوق از ضرایب همبستگی استفاده شد. با توجه به نتایج ضرایب همبستگی بین ضخامت، قطر، سطح مقطع میانگره سوم و چهارم، نسبت وزن خشک به میانگره سوم و چهارم و نسبت وزن تر به 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، نسبت وزن خشک به میانگره سوم و چهارم و نسبت وزن تر به میانگره سوم و چهارم افزایش مقاومت به شکستگی میانگره سوم و چهارم و افزایش مقاومت فشاری را به دنبال دارد که این موضوع با نتایج تجزیه به عامل‌ها نیز همخوانی داشت. بیشترین همبستگی بین قطر متوسط با مقاومت به شکستگی ($r= ۰/۹۶۱^{**}$) و مقاومت فشاری بوته ($r= ۰/۸۸۴^{**}$) در میانگره سوم و قطر متوسط با مقاومت به شکستگی ($r= ۰/۹۰۲^{**}$) و مقاومت فشاری بوته ($r= ۰/۸۵۳^{**}$) در میانگره چهارم وجود داشت (جدول ۵). ضمنا بیشترین مقدار ضخامت میانگره سوم و چهارم در لاین ۸۴۱ به‌ترتیب با میانگین ۳/۹۸ و ۳/۹۴ میلی‌متر مشاهده شد. همچنین، بیشترین قطر متوسط میانگره سوم و چهارم نیز در لاین ۸۴۱ (به ترتیب ۷/۹۱ و ۸/۲۰ میلی‌متر) مشاهده شد که با لاین‌های ۸۳۱ و ۴۱۶ اختلاف معنی‌داری نداشت؛ و کمترین آن در رقم بومی سنگ‌جو به ترتیب با میانگین ۵/۱۷ و ۶/۲۵ میلی‌متر مشاهده شد که با رقم‌های هاشمی و علی‌کاظمی اختلاف معنی‌داری نداشت. به همین ترتیب، بیشترین مقدار سطح مقطع میانگره سوم و چهارم در لاین‌های ۸۴۱، ۸۳۱ و ۴۱۶ مشاهده شد (جدول ۳).

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 ($r= ۰/۸۲۵^{**}$) مشاهده شد (جدول ۵). می‌توان چنین بیان کرد که لاین‌های ۴۱۶، ۸۴۱ و ۸۳۱ به ترتیب با داشتن بیشترین نسبت وزن به طول میانگره و سه رقم بومی سنگ‌جو، هاشمی و علی‌کاظمی با داشتن کمترین مقدار این نسبت، دارای بیشترین و کمترین مقاومت به شکستگی میانگره‌های سوم و چهارم بودند. با توجه به جدول تجزیه به عامل و جدول ضرایب همبستگی این طور به نظر می‌رسد که صفات ضخامت میانگره سوم و چهارم، قطر متوسط میانگره سوم و چهارم، سطح مقطع میانگره سوم و چهارم، نسبت وزن خشک به میانگره سوم و چهارم و نسبت وزن تر به میانگره سوم و چهارم که ضرایب عاملی مثبت و بالایی دارند و نیز همبستگی مثبت و بالایی با مقاومت به شکستگی میانگره و مقاومت فشاری بوته داشتند، می‌توانند شاخص‌های مهمی برای ارزیابی و انتخاب ارقام مقاوم به خوابیدگی به شمار آیند.

با توجه به تاثیر متفاوت صفات بر مقاومت گیاه به

[DOR: 20.1001.1.15625540.1393.16.3.7.6]

جدول۵- ضرایب همبستگی بین صفات مورفولوژیک و صفات مرتبط با خوابیدگی بوته در ژنوتیپ‌های بومی و اصلاح شده برنج

Table 5. Correlation coefficients between morphological traits and lodging related traits of native and improved rice genotypes

	Hi	Ls	L1	L2	L3	L4	Th3	Th4	Sd3	Sd4	Ac3	Ac4
Hi	1											
Ls	0.995**	1										
L1	0.904**	0.873**	1									
L2	0.910**	0.940**	0.793*	1								
L3	0.966**	0.981**	0.766*	0.921**	1							
L4	0.816**	0.821**	0.563	0.652*	0.874**	1						
Th3	-0.957**	-0.977**	-0.849**	-0.987**	-0.952**	-0.727*	1					
Th4	-0.933**	-0.956**	-0.824**	-0.975**	-0.931**	-0.747*	0.983**	1				
Sd3	-0.889**	-0.904**	-0.703*	-0.887**	-0.925**	-0.672*	0.891**	0.815**	1			
Sd4	-0.909**	-0.923**	-0.731*	-0.918**	-0.936**	-0.687*	0.912**	0.860**	0.987**	1		
Ac3	-0.820**	-0.854**	-0.634*	-0.925**	-0.877**	-0.560	0.892**	0.831**	0.967**	0.967**	1	
Ac4	-0.890**	-0.919**	-0.714*	-0.967**	-0.930**	-0.655*	0.943**	0.912**	0.955**	0.980**	0.979**	1
D/L3	-0.917**	-0.942**	-0.695*	-0.936**	-0.973**	-0.783*	0.932**	0.908**	0.956**	0.980**	0.944**	0.980**
D/L4	-0.899**	-0.894**	-0.805**	-0.858**	-0.868**	-0.711*	0.859**	0.886**	0.785*	0.868**	0.762*	0.870**
F/L3	-0.903**	-0.932**	-0.667*	-0.936**	-0.970**	-0.782*	0.929**	0.906**	0.951**	0.972**	0.947**	0.979**
F/L4	-0.763*	-0.821**	-0.481	-0.882**	-0.884**	-0.768*	0.861**	0.882**	0.783*	0.808**	0.834**	0.876**
Br3	-0.862**	-0.902**	-0.711*	-0.968**	-0.903**	-0.633*	0.901**	0.893**	0.961**	0.920**	0.917**	0.889**
Br4	-0.782*	-0.826**	-0.708*	-0.915**	-0.796*	-0.552	0.828**	0.783*	0.916**	0.902**	0.775*	0.808**
Bm3	0.266	0.175	0.535	-0.022	-0.041	0.079	-0.053	-0.069	0.025	-0.037	0.169	0.054
Bm4	0.265	0.172	0.507*	-0.054	-0.052	0.131	-0.032	-0.045	0.024	-0.031	0.189	0.074
Pr	-0.764	-0.807**	-0.663	-0.864**	-0.792*	-0.590	0.723*	0.694*	0.884**	0.853**	0.758*	0.762*
LIN3	0.948**	0.931**	0.960**	0.890**	0.857**	0.607	-0.914**	-0.887**	-0.838**	-0.877**	-0.796*	-0.864**
LIN4	0.866**	0.832**	0.986**	0.756*	0.715*	0.534	-0.805*	-0.806**	-0.623*	-0.676*	-0.563	-0.669*
GY	0.935**	-0.945**	-0.750*	-0.906**	-0.957**	-0.809**	0.911**	0.913**	0.896**	0.948**	0.871**	0.878**

	D/L3	D/L4	F/L3	F/L4	Br3	Br4	Bm3	Bm4	pr	LIN3	LIN4	Yield
D/L3	1											
D/L4	0.886**	1										
F/L3	0.998**	0.865**	1									
F/L4	0.900**	0.724*	0.920**	1								
Br3	0.907**	0.720*	0.937**	0.938**	1							
Br4	0.761*	0.612*	0.788*	0.825**	0.949**	1						
Bm3	0.033	-0.354	0.087	0.346	0.197	0.196	1					
Bm4	0.033	-0.338	0.087	0.348	0.220	0.232	0.994**	1				
Pr	0.735*	0.529	0.752*	0.810**	0.936**	0.984**	0.254	0.276	1			
LIN3	-0.842**	-0.912**	-0.817**	-0.619*	-0.801**	-0.730*	0.418	0.390	-0.669*	1		
LIN4	-0.650*	-0.831**	-0.618*	-0.440	-0.636*	-0.645*	0.613*	0.580	-0.578	0.944**	1	
GY	0.974**	0.962**	0.964**	0.845**	0.826**	0.688*	-0.151	-0.151	0.641*	-0.881**	-0.737*	1

[DOR: 20.1001.1.15625540.1393.16.3.7.6]

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. نتایج نشان داد که تنها صفت قطر متوسط میانگره (x) با ضریب رگرسیونی مثبت (۱/۰۶۵) در مدل رگرسیونی وارد شده و رابطه (۶) به دست آمد. ضریب تبیین مدل برازش یافته معادل ۰/۸۸۴ بود که نشان می‌دهد این صفت در مجموع ۸۸ درصد از تنوع مربوط به مقاومت فشاری بوته (*Pr*) را توجیه نمود، بنابراین صفت مذکور مهم‌ترین صفت موثر در مقاومت فشاری در ژنوتیپ‌های برنج مورد مطالعه بود و انتخاب ژنوتیپ‌های مقاوم از طریق این صفت، اثر بخش خواهد بود. البته نتایج تجزیه های 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. تنها صفت وارد شده در این مدل، نسبت وزن تر به طول میانگره (x) بود که به تنهایی ۸۶ درصد از تغییرات مقاومت به شکستگی میانگره را توجیه می‌کند.

$$Pr = 3.083+1.065\ (x) \qquad (۶)$$

$$Br = 2.690+0.182\ (x) \qquad (۷)$$

این موضوع با نتایج آزمایش زوبر و همکاران (Zuber *et al*., 1999) که افزایش قطر ساقه و نسبت وزن به طول ساقه را عاملی اصلی در افزایش مقاومت به شکستگی ساقه اعلام 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 نسبت وزن به طول میانگره با مقاومت به شکستگی میانگره‌ها در ارتباط است و همبستگی مثبت و معنی‌داری بین آنها وجود دارد. تراشیما و همکاران (Terashima *et al*., 1994) نیز افزایش ضخامت ساقه را موثرترین صفت مورفولوژیک در افزایش مقاومت به خوابیدگی بوته گیاه برنج گزارش کردند.

نتایج تجزیه همبستگی نشان داد که بین عملکرد دانه در ژنوتیپ‌های برنج با صفات ارتفاع بوته، طول ساقه، طول میانگره‌ها، گشتاور خمشی میانگره سوم و چهارم و شاخص خوابیدگی میانگره سوم و چهارم همبستگی منفی و معنی‌داری وجود داشت. از سوی دیگر عملکرد دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری با صفات موثر در عامل اول در روش تجزیه به عامل‌ها نشان داد که در این بین بیشترین همبستگی را با صفات نسبت وزن خشک به طول میانگره سوم (r= ۰/۹۷۴**)، نسبت وزن تر به طول میانگره سوم (r= ۰/۹۶۴**)، نسبت وزن خشک به طول میانگره چهارم (r= ۰/۹۶۲**) و قطر متوسط میانگره چهارم (r= ۰/۹۴۸**) داشت که این نتیجه نیز با نتایج تجزیه رگرسیون گام به گام همخوانی داشت. وقوع کمتر خوابیدگی در میانگره‌های سوم و چهارم باعث افزایش عملکرد دانه می‌شود، زیرا در این شرایط انتقال مواد فتوسنتزی به سمت دانه‌ها بهتر انجام شده و در نتیجه تعداد دانه‌های پوک و پنجه‌های نابارور در واحد سطح به حداقل می‌رسند، بنابراین به نظر می‌رسد صفاتی که تأثیر بیشتری بر مقاومت به خوابیدگی بوته دارند، با عملکرد دانه نیز همبستگی بالاتری دارند و این موضوع نشان می‌دهد که نقصان عملکرد دانه تا حد زیادی تحت تأثیر خوابیدگی بوته قرار دارد و می‌توان با تقویت صفات مؤثر بر مقاومت به خوابیدگی، عملکرد دانه را بهبود بخشید.

نتیجه‌گیری

در این آزمایش لاین‌های برنج ۸۴۱، ۸۳۱ و ۴۱۶ به ترتیب دارای بیشترین مقاومت و سه رقم بومی

[DOR: 20.1001.1.15625540.1393.16.3.7.6]

سنگ‌جو، هاشمی و علی‌کاظمی 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 قطر 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 ژنوتیپ‌های 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 حساسیت به خوابیدگی بوته برنج در نظر گرفته شود. در واقع شاید حساسیت ناشی از افزایش ارتفاع بوته با صفاتی مانند قطر و نسبت وزن به طول میانگره، قابل جبران باشد. به نظر می‌رسد که با افزایش مقادیر این صفات و افزایش مقاومت به خوابیدگی، بخشی از کاهش عملکرد دانه ناشی از خوابیدگی بوته پیشگیری خواهد شد.

سپاسگزاری

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

منابع مورد استفاده

References

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

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

Anonymous, 2012. Available at:http://www.irri.org.

Chandler, J. 1969. Plant morphology and stand geometry in relation to nitrogen. In: Eastin, J. D, Haskins, F. A., Sullivan, C. Y., Van Bavel. C. H. M. (Eds.). Physiological Aspects of Crop Yield. Am. Soc. Agron., Madison,Wisconsin. pp: 265-285.

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

Fallah, A. 2012. Silicon effect on lodging parameters of rice plants under hydroponic culture. Int. J. Agric. Sci. 2(7): 630-634.

Gent, M. P. N. 1995. Canopy light interception, gas exchange and biomass in reduced height isolines of winter wheat. Crop Sci. 35: 1636-1642.

Hoshikawa, K. and S. B. Wang. 1990. Studies on lodging in rice plant I: a general observation on lodged rice culms. Japan J. Crop Sci. 59(4): 809-814.

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

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

[DOR: 20.1001.1.15625540.1393.16.3.7.6]

Kashiwagi, T., H. Sasaki and K. Ishimaru. 2005. Factors responsible for decreasing sturdiness of the lower part in lodging of rice (*Oryza sativa* L.). J. Plant Prod. Sci. 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. Physiol. Food and Agric. Policy Res. Center. Tokyo. Japan.

Kuroda, E., T. Ookawa and L. Ishihara. 1989. Analysis on difference of dry matter production inside stands. Japan J. Crop Sci. 58(3): 374-382.

Matsu, T., K. Kumazawa, R. Ishii, K. Ishihara and H. Hirata. 1995. Science of the rice plant. Vol. 2. Physiol. Food and Agricul. Policy Res. Center. Tokyo. Japan.

Ookawa, T. and K. Ishihara. 1992. Varietal difference of physical characteristics of the culm related to lodging in paddy rice. Japanese J. Crop Sci. 61: 419-425.

SAS. 2002. The SAS system for Windows. Release 9.0. SAS Inst., Cary, NC. US.

SPSS. 2007. The SPSS system for Windows. Release 16.0. SPSS Inc., an IBM Company Headquarters, USA.

Setter, T. L., E. V. Laureles and A. M. Mazaredo. 1997. Lodging reduces yield of rice by self-shading and reductions in canopy photosynthesis. Field Crops Res. 49: 95-106.

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

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

Zhang F.Z., Z. X. JIN, G. H. Ma, W. N. Shang, H. Y. Liu, M. L. Xu and Y. Liu. 2010. Relationship between lodging resistance and chemical contents in culms and sheaths of Japonica rice during grain filling. Rice Sci. 17(4): 311−318.

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

[DOR: 20.1001.1.15625540.1393.16.3.7.6]

Evaluation of morphological characteristics related to lodging in selected local and improved rice (*Oryza sativa* L.) genotypes

Faraji, F.[1], M. Esfahani[2], M.R. Alizadeh[3] and A. Aalami[4]

ABSTRACT

Faraji, F., M. Esfahani, M.R. Alizadeh and A. Aalami. 2014. Evaluation of morphological characteristics related to lodging in selected local and improved rice (*Oryza sativa* L.) genotypes. **Iranian Journal of Crop Sciences. 16(3): 250-264. (In Persian).**

To evaluate the morphological characteristics and lodging related traits in local and improved rice genotypes, a field experiment was carried out using randomized complete block design with three replications in 2013 at the Rice Research Institute of Iran, Rasht, Iran. Rice genotypes included three local cultivars (Hashemi, Sangjo and Alikazemi) and three improved lines (841, 831 and 416). Results showed significant relationship between average diameter of internode whit breaking resistance of third internode ($r = 0.961^{**}$) and average diameter of fourth internode whit breaking resistance of fourth internode ($r = 0.902^{**}$), average diameter of third and fourth internode with pushing resistance ($r = 0.884^{**}$ and $r = 0.853^{**}$, respectively). Also significant positive correlation between fresh weight:length ratio of internode whit breaking resistance in third internode ($r = 0.937^{**}$) and pushing resistance ($r = 0.752^{*}$), fresh weight:length ration of internode with breaking resistance in fourth internode ($r = 0.825^{**}$) and pushing resistance ($r = 0.810^{**}$) were observed. Stepwise regression analysis showed that average diameter of internode was the only trait that significantly affected the pushing resistance, and explained 88% of observed variance alone. Fresh weight:length ratio of internode had highly significant effect on breaking resistance ($r^2 = 0.86$) which corresponded with the results of correlation analysis. It seems that the thickness and weight:length ratio of internode have major roles in resistance of rice plant to lodging and could be considered as indirect criteria in selection for resistant to lodging in rice breeding programs.

Key words: Bending moment, Lodging index and Rice.

[DOR: 20.1001.1.15625540.1393.16.3.7.6]

Received: April, 2014 **Accepted: September, 2014**

1- PhD. Student, University of Guilan, Rasht, Iran
2- Associate Prof., University of Guilan, Rasht, Iran (Corresponding author) (Email: mesfahan@yahoo.com)
3- Associate Prof., Rice Research Institute of Iran, Rasht, Iran
4- Assistant Prof., University of Guilan, Rasht, Iran