مجله به‌زراعی نهال و بذر
جلد ۲-۳۰، شماره ۱، سال ۱۳۹۳

اثر میزان بذر بر عملکرد و خصوصیات مورفولوژیک مرتبط با خوابیدگی بوته در انواع روش‌های کاشت مستقیم برنج رقم هاشمی

Effect of Seed Rate on Yield and Lodging Related Morphological Traits of Rice cv. Hashemi Direct Seeding Mothods

نسیم غلامی‌رضوانی[۱]، مسعود اصفهانی[۲]، شادی کعبی‌رهنما[۱]، علی اعلمی[۳]، مجید نحوی[۴] و محمدرضا علیزاده[۵]

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد رشته زراعت، دانشیار و استادیار، دانشکده کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت
۴ و ۵- به ترتیب مربی و دانشیار، موسسه تحقیقات برنج کشور، رشت

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۶/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۲/۱۱

چکیده

غلامی رضوانی، ن.، اصفهانی، م.، کعبی‌رهنما، ش.، اعلمی، ع.، نحوی، م. و علیزاده، م. ر. ۱۳۹۳. اثر میزان بذر بر عملکرد و خصوصیات مورفولوژیک مرتبط با خوابیدگی بوته در انواع روش‌های کاشت مستقیم برنج رقم هاشمی. **مجله به‌زراعی نهال و بذر ۲-۳۰ (۱):** ۸۵- ۶۱.

به منظور ارزیابی اثر میزان بذر بر عملکرد و صفات مورفولوژیک مرتبط با خوابیدگی بوته در انواع روش‌های کاشت مستقیم برنج رقم هاشمی آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و سه روش کاشت به عنوان کرت‌های اصلی و سه میزان بذر، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار به عنوان کرت‌های فرعی طی دو سال (۱۳۸۹ و ۱۳۹۰) در موسسه تحقیقات برنج کشور (رشت) اجرا شد. روش‌های کاشت شامل کاشت ردیفی، کپه‌ای و دست‌پاش بذر جوانه‌دار شده در بستر گِلخراب بودند. نتایج نشان داد که بیشترین عملکرد دانه (۲۷۵۳ کیلوگرم در هکتار)، طول میانگره‌ها، وزن تر میانگره‌ها، سطح مقطع میانگره سوم (۴/۴ میلی‌مترمربع) و چهارم (۷/۱ میلی‌مترمربع)، گشتاور خمشی میانگره سوم (۴۹۳/۱ گرم سانتی‌متر) و چهارم (۵۱۸/۹ گرم سانتی‌متر) و مقاومت به شکستگی میانگره سوم (۹۴۷/۲ گرم سانتی‌متر) و چهارم (۱۶۵۱/۸۱ گرم سانتی‌متر) از روش کاشت کپه‌ای به دست آمد. بیشترین عملکرد دانه (۲۴۸۶ کیلوگرم در هکتار) از میزان بذر ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. با افزایش میزان بذر، طول میانگره‌ها و وزن تر میانگره‌ها و گشتاور خمشی میانگره سوم و چهارم، کاهش یافتند. نتایج تجزیه رگرسیون گام به گام نشان داد که اولین صفتی که وارد رابطه شد سطح مقطع میانگره بود که به تنهایی ۵۶ درصد از تغییرات مقاومت به شکستگی میانگره را توجیه کرد و در مرحله بعد صفت فشردگی میانگره وارد مدل شد و به همراه مقاومت به شکست ۵۹ درصد از تغییرات مقاومت به شکستگی میانگره را توجیه کرد. بر اساس نتایج این آزمایش به نظر می‌رسد که می‌توان با استفاده از روش کاشت مستقیم بذر جوانه‌دار شده به صورت کپه‌ای و میزان بذر ۸۰ کیلوگرم در هکتار تا حد زیادی از مشکلات ناشی از خوابیدگی بوته در زراعت برنج رقم هاشمی در شرایط اقلیمی منطقه مورد آزمایش اجتناب کرد.

واژه‌های کلیدی: برنج، کاشت مستقیم، ورس، مقاومت به شکستگی، گشتاور خمشی.

آدرس پست الکترونیکی نگارنده مسئول: esfahani@guilan.ac.ir

مقدمه

برنج بعد از گندم دومین گیاه مهم زراعی از نظر سطح زیر کشت محسوب می‌شود و تشکیل دهنده ماده غذایی اصلی حدود نیمی از جمعیت جهان است (Esfahani *et al.*, 2009). کشت غرقابی (در شرایط آبیاری) رایج‌ترین شیوه کشت برنج در آسیا است، به طوری که حدود نیمی از ۸۰ درصد آب منابع شیرین که در آسیا جهت اهداف آبیاری مصرف می‌شود، صرف آبیاری برنج می‌شود (Dawe, 2005) با توجه به این که منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی جهان در حال کاهش است، آب به عنوان عامل محدود کننده کشت برنج محسوب می‌شود (Farooq *et al.*, 2009). همین موضوع باعث شده است که در اکثر کشورهای جنوب شرقی آسیا سیستم کشت برنج از روش نشاکاری به روش کاشت مستقیم تغییر پیدا کند (Pandey and Velasco, 1999). در ایران نیز در سال‌های اخیر طرح‌های تحقیقاتی و ترویجی فراوانی در خصوص کاشت مستقیم برنج انجام شده است. فراهم بودن ارقام برنج زودرس از یک سو و مشکل افزایش هزینه‌های کارگری و کاهش سودمندی تولید برنج از سوی دیگر، کشاورزان را تشویق به تغییر سیستم کشت نشایی به کاشت مستقیم کرده است. افزایش هزینه‌های کارگری که منجر به کمبود کارگر در هنگام نشاکاری و تاخیر در کشت برنج می‌شود از دیگر عوامل تمایل به کاشت مستقیم است (Pandey and Velasco, 1999). به عنوان مثال در استان گیلان برای تولید برنج مرغوب دانه بلند در یک هکتار به روش نشاکاری، ۱۱۱ نفر کارگر در روز نیاز است که هزینه آن در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ معادل با ۲۷۹۸۵۰۰۰ ریال بود (جدول پیش‌بینی هزینه تولید یک هکتار شالی‌کاری استان گیلان به نقل از دفتر برنج سازمان جهاد کشاورزی استان گیلان، ۱۳۹۰-۱۳۸۹). در مقابل در استان خوزستان با دارا بودن بیشترین سطح زیر کشت مستقیم برنج، برای تولید یک هکتار برنج به روش خشکه‌کاری به ۲۵ کارگر در روز نیاز است که هزینه آن در سال زراعی ۱۳۹۰-۱۳۸۹ معادل با ۳۰۰۰۰۰۰ ریال بود (جدول پیش‌بینی هزینه تولید یک هکتار برنج‌کاری استان خوزستان، ۱۳۹۰-۱۳۸۹). از طرف دیگر مصرف آب زیاد و افزایش هزینه‌های تولیدی باعث کاهش سودمندی روش نشاکاری برنج شده است (Pandey and Velasco, 1999). به عنوان مثال هزینه تولید یک هکتار برنج مرغوب دانه بلند به روش نشاکاری در استان گیلان در سال زراعی ۱۳۹۰-۱۳۸۹ برابر با ۴۲۵۵۸۷۶۰ ریال و در سال زراعی ۱۳۹۱-۱۳۹۰ برابر با ۵۱۷۲۰۵۶۷ ریال بود (جدول پیش‌بینی هزینه تولید یک هکتار شالی‌کاری استان گیلان به نقل از دفتر برنج سازمان جهاد کشاورزی استان گیلان، ۱۳۹۰-۱۳۸۹) در حالی‌که هزینه تولید یک هکتار برنج‌کاری به روش خشکه‌کاری در شرایط استان خوزستان در سال زراعی ۱۳۹۰-۱۳۸۹ معادل با ۱۱۲۲۰۰۰۰ ریال

بود (جدول پیش‌بینی هزینه تولید یک هکتار برنج‌کاری استان خوزستان، ۱۳۹۰-۱۳۸۹). کاشت مستقیم مزایای متعددی نسبت به روش نشاکاری دارد که در این زمینه می‌توان به بازده اقتصادی بالا، کاشت سریع‌تر و آسان‌تر گیاه برنج، مصرف آب کمتر، کاهش نیازهای کارگری، حذف مراحل آماده‌سازی خزانه و نشاکاری برنج اشاره کرد (Bhushan *et al*., 2007). در روش کاشت مستقیم به دلیل مشکلاتی که در استقرار گیاه وجود دارد، لازم است برای به دست آوردن عملکرد مطلوب از میزان بذر مناسبی در زمان کاشت استفاده شود (Aslam *et al*., 2002). انتخاب میزان بذر مناسب برای حصول تراکم مطلوبی از بوته، بر پایه عوامل مختلف گیاهی و محیطی انجام می‌شود. از جمله عوامل گیاهی می‌توان به ارتفاع بوته، ظرفیت پنجه‌زنی، خوابیدگی بوته، حجم گیاه و هدف از تولید (استفاده از دانه یا اندام‌های رویشی) اشاره کرد (Kotayama, 1951). یکی از عواملی که باعث افزایش محدودیت در استفاده از این روش می‌شود، استقرار ضعیف گیاهچه‌ها است که منجر به وقوع خوابیدگی بوته و کاهش عملکرد می‌شود (Yoshinga *et al*., 1997). خوابیدگی بوته (ورس) یکی از مشکلات اصلی در تولید غلات است که باعث بروز خساراتی مانند کاهش میزان عملکرد، کاهش کیفیت محصول و ایجاد مشکلاتی در برداشت ماشینی محصول می‌شود (Weber and Fehr, 1966). خوابیدگی بوته به تغییر وضعیت غیر قابل برگشت بوته از حالت عمودی به افقی اطلاق می‌شود (Berry *et al*., 2004). این وضعیت معمولاً در اثر عدم تناسب در ساختار ساقه گیاه به وجود می‌آید. با توجه به این که خصوصیات مورفولوژیک غلات به صورتی است که قسمت‌های پایینی بوته، نگهدارنده قسمت‌های بالایی آن که شامل خوشه، برگ‌ها و بخش بالای ساقه هستند، بنابر این تناسب بین استحکام بخش پایینی بوته و وزن قسمت‌های بالایی آن، تعیین کننده میزان مقاومت گیاه نسبت به خوابیدگی است (Kashiviwagi *et al*., 2005). شرایط نامساعد آب و هوایی مانند باد و بارندگی‌های سنگین، آفات و بیماری‌هایی مانند پوسیدگی ساقه (Zuber *et al*., 1999)، مصرف بیش از حد کود نیتروژن، تراکم بالای بوته و افزایش رطوبت محیط (Champoux *et al*., 1995)، از عوامل اصلی وقوع خوابیدگی بوته محسوب می‌شوند.

به عنوان مثال افزایش تراکم بذر در واحد سطح منجر به خوابیدگی در گیاه برنج می‌شود (Unan *et al*., 2013). استفاده از روش کشت مستقیم گیاه برنج به صورت دست‌پاش نیز باعث حساسیت بیشتر بوته‌ها نسبت به روش کشت مستقیم به صورت کپه‌ای می‌شود (Yoshinga, 2005). این عوامل از طریق کاهش فتوسنتز به دلیل خود سایه‌اندازی، تخریب دستجات آوندی از طریق شکستگی

ساقه (Setter *et al*., 1997)، اختلال در پر شدن دانه‌ها در اثر قطع مسیر انتقال آب و مواد پرورده در دستجات آوندی (Kashiwagi *et al*., 2005)، افزایش رطوبت درون پوشش گیاهی و فراهم شدن شرایط برای شیوع بیماری‌ها (Kono, 1995)، جوانه‌زنی دانه‌ها روی خوشه گیاه مادری به خصوص در ارقامی که دوره خواب کوتاهی دارند (Islam *et al*., 2007)، باعث کاهش عملکرد و کیفیت دانه‌ها می‌شوند.

خمیدگی و شکستگی ساقه، نوع اصلی ورس در برنج غرقابی (Lowland) محسوب می‌شوند که علت اصلی آن افزایش وزن خوشه در دوره رسیدگی و شرایط نامساعد آب و هوایی از جمله باد و باران در اواخر فصل رشد است (Kono, 1995). شکستگی ساقه معمولا در میانگره‌های پایینی (زیر میانگره سوم) به علت خمیدگی‌های میانگره‌های بالایی اتفاق می‌افتد (Islam *et al*., 2007). خوابیدگی از ناحیه ریشه، اغلب در ارقام برنج آپلند و یا در روش کشت مستقیم برنج مشاهده می‌شود و فراوانی آن در ارقام برنج غرقابی بسیار پایین است (Watanabe, 1997).

در بسیاری از برنامه‌های به‌نژادی غلات، هدف اصلی کاهش ارتفاع بوته به منظور کاهش تاثیر سنگینی بخش بالایی بوته روی بخش پایینی آن و در نهایت بهبود مقاومت به خوابیدگی است (Keller *et al*., 1999)، اما کاهش ارتفاع بوته به منظور بهبود مقاومت به خوابیدگی، ممکن است به کاهش ظرفیت فتوسنتزی پوشش گیاهی منجر شود. ارتفاع متعادل برای حداکثر ظرفیت فتوسنتزی در پوشش گیاهی برای گندم بین ۷۰ تا ۱۰۰ سانتی‌متر (Flintham *et al*., 1997) و برای ارقام جدید برنج، در حدود ۱۰۰ سانتی‌متر (Kumar *et al*., 1999) گزارش شده است. نتایج تحقیقات نشان داده است که از ارتفاع بوته نمی‌توان به عنوان یک شاخص برای تعیین میزان مقاومت بوته نسبت به خوابیدگی استفاده کرد (Easson *et al*., 1993).

برای ارزیابی میزان مقاومت به خوابیدگی بوته در برنج، روش‌های مختلفی وجود دارد که از آن جمله می‌توان به خصوصیات مورفولوژیک (قطر و وزن ساقه) که رابطه مستقیمی با مقاومت بوته در برابر خوابیدگی و استحکام ساقه در برابر شکستگی دارد (Zuberet *et al*., 1999) و طول و قطر میانگره‌های پایینی (Wan and Ma, 2003) اشاره کرد. به طور کلی خوابیدگی بوته در مزارع کشت مستقیم نسبت به روش نشاکاری بیشتر مشاهده می‌شود و گیاهان در طول دوره پر شدن دانه به خوابیدگی بوته حساس‌تر هستند (Setter *et al*., 1997). این آزمایش به منظور مقایسه مقادیر مختلف بذر در انواع روش‌های کشت مستقیم برنج رقم هاشمی در مقایسه با روش کشت نشایی انجام شده و طی آن صفات مرتبط با خوابیدگی بوته نیز

ارزیابی شدند.

مواد و روش‌ها

این آزمایش طی دو سال ۱۳۸۹ و ۱۳۹۰ در موسسه تحقیقات برنج کشور واقع در رشت با عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۱۶ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۱ درجه و ۳۶ دقیقه شرقی با ارتفاع ۷ متر پایین‌تر از سطح دریای آزاد انجام شد. خاک محل آزمایش دارای بافت رسی با اسیدیته ۶/۴۳، هدایت الکتریکی عصاره اشباع ۰/۸۸ دسی‌زیمنس بر متر و کربن آلی و نیتروژن کل به ترتیب ۰/۸۶ و ۰/۰۹۶ درصد، فسفر و پتاسیم قابل دسترس ۴/۷ و ۱۴۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار، سه روش کاشت (در کرت‌های اصلی) و سه میزان بذر (در کرت‌های فرعی) اجرا شد. روش‌های کاشت شامل کاشت ردیفی بذر جوانه‌دار شده در بستر گِلخراب با فاصله بین ردیف ۲۵ سانتی‌متر (Drum Direct Seeding)، کاشت کپه‌ای بذر جوانه‌دار شده در بستر گِلخراب با فواصل ۲۵ در ۱۵ سانتی‌متر (Hill Wet Seeding)، کاشت بذر جوانه‌دار شده به‌صورت دست‌پاش در بستر گِلخراب (Broadcasting) بودند. مقادیر بذر نیز ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار برای هر سه روش کشت مستقیم در نظر گرفته شد. در این آزمایش از برنج بومی رقم هاشمی استفاده شد.

این رقم بیش از ۸۵ درصد از کل اراضی سطح زیر کشت برنج استان گیلان را به خود اختصاص داده و با کیفیت پخت عالی و بازارپسندی خوب به عنوان یکی از ارقام مورد پسند کشاورزان برای کاشت است. رقم هاشمی پا بلند (حدود ۱۴۰ سانتی‌متر)، با ساقه نازک و حساس به کرم ساقه‌خوار برنج و با خاصیت کودپذیری پایین است که در زمان دانه‌بندی و سنگین شدن خوشه‌ها به دلیل نازک بودن ساقه و همچنین زیاد بودن فاصله میانگره‌ها در صورت بارش باران و وزش باد امکان خسارت ورس در آن زیاد است. البته با مدیریت صحیح استفاده از کود، به خصوص کود نیتروژن و همچنین رعایت فاصله کاشت می‌توان تا حدود زیادی از خسارت جلوگیری کرد. پس از آماده‌سازی زمین شامل شخم دوم، کانال‌کشی و تسطیح زمین، عملیات کاشت با استفاده از بذری که به منظور جوانه‌دار شدن پس از ۲۴ ساعت خیساندن، در مکانی گرم با دمای تقریبی ۲۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت ۹۵ درصد به مدت ۴۸ ساعت نگهداری شدند تا اندکی جوانه بزنند و به مرحله سینه کبوتری (Pigeon breasted) (مرحله‌ای که پوشینه بیرونی بذر توسط ساقه‌چه و ریشه‌چه شکافته می‌شود) برسند، در کرت‌هایی به ابعاد ۴×۳ متر که به صورت گِلخراب با توجه به روش کشت آماده شده بودند، به صورت هوازی (Aerobic) انجام شد. در زمان کاشت کودهای فسفر از منبع سوپر فسفات تریپل به میزان ۴۷ کیلوگرم

در هکتار و پتاسیم از منبع سولفات پتاسیم به میزان ۷۵ کیلوگرم در هکتار به زمین داده شدند. کود نیتروژن از منبع اوره به میزان ۴۰ کیلوگرم در هکتار به صورت پایه و همین مقدار به صورت سرک در هنگام پنجه‌زنی به زمین داده شد. برای مبارزه با علف‌های هرز از علف‌کش بوتاکلر به میزان سه لیتر در هکتار و دو نوبت وجین دستی استفاده شد. همچنین زمانی که گیاهچه‌ها در کرت‌های کشت مستقیم به مرحله سه تا چهار برگی رسیدند، از علف‌کش پروپانیل به میزان ۱۲ لیتر در هکتار به صورت محلول‌پاشی استفاده شد. آبیاری کرت‌ها با ایجاد مبادی ورودی مجزا برای روش‌های کشت مستقیم انجام شد. اولین آبیاری یک هفته پس از بذرکاری به صورت سبک انجام شد. با رسیدن ارتفاع گیاهچه‌ها به حدود ۱۵ تا ۲۰ سانتی‌متر، مزرعه غرقاب و تا ۱۰ روز قبل از برداشت به صورت تناوبی با رسیدن آب موجود در خاک در حد ظرفیت اشباع خاک (مشاهده ترک‌های مویی در سطح خاک) آبیاری انجام شد. برای تعیین عملکرد دانه (با رطوبت ۱۴درصد) و عملکرد بیولوژیکی با رعایت اثر حاشیه‌ای از مساحت شش مترمربع از هر کرت، بوته‌ها از نزدیکی سطح زمین کف‌بر و پس از جدا کردن دانه از بقایا، به مدت ۴۸ ساعت در آون ۷۵ درجه سانتی‌گراد خشکانده و پس از توزین صفات مورد نظر اندازه‌گیری شدند. اجزای عملکرد و خصوصیات مورفولوژیک برنج بر اساس سیستم استاندارد ارزیابی صفات (Standard Evaluation System, IRRI) اندازه‌گیری و ثبت شدند.

به منظور اندازه‌گیری صفات مربوط به خوابیدگی بوته، ۳۰ روز بعد از گلدهی پنج بوته از هر کرت با رعایت اثر حاشیه‌ای به صورت تصادفی انتخاب و از هر بوته چهار ساقه (ساقه اصلی و پنجه‌های اولیه) جدا شدند و خصوصیات مربوط به ورس شامل، طول ساقه (فاصله بین قاعده بوته تا گره گردن خوشه)، طول خوشه، تعداد میانگره‌ها، 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 گشتاور خمشی (Bending moment; BM) در میانگره‌های سوم و چهارم با استفاده از رابطه‌های زیر اندازه‌گیری شدند (Islam *et al.*, 2007):

(۱) BMN_3 = (وزن تر میانگره ۳ + وزن تر خوشه و میانگره‌های ۱ و ۲) × طول میانگره ۳ همراه با خوشه

(۲) BMN_4 = (وزن تر میانگره ۳ + ۴ + وزن تر خوشه و میانگره‌های ۱ و ۲) × طول میانگره ۴ همراه با خوشه

مقاومت به شکستگی (Breaking resistances) در نقطه میانی میانگره‌های ۳ و ۴ همراه با غلاف برگ با استفاده از نیروسنج

(Lutron FG-500 A, Taiwan) اندازه‌گیری و سپس شاخص خوابیدگی با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد (Amano *et al.*, 1993):

(۳) (۱۰۰ × مقاومت به شکستگی / گشتاور خمشی) = شاخص خوابیدگی (درصد)

با توجه به این که خوابیدگی بوته معمولاً در میانگره‌های پایینی ساقه اتفاق می‌افتد (Hoshikawa and Wang, 1990)، ضخامت و قطرهای بزرگ و کوچک میانگره‌های ۳ و ۴ پس از حذف غلاف برگ با استفاده از کولیس دیجیتال (Mitutoya, Japan) اندازه‌گیری و سطح مقطع آن‌ها با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد (Alizadeh *et al.*, 2011):

(۴) (۲× ضخامت - قطر کوچک+ قطر بزرگ) × (۲/ ضخامت × ۳/۱۴) = سطح مقطع میانگره (میلی‌مترمربع)

وزن خشک میانگره‌ها همراه با غلاف برگ، پس از خشکاندن در آون ۷۰ درجه سانتی‌گراد توزین و چگالی (Culm Density) میانگره‌های سوم و چهارم با استفاده از رابطه زیر محاسبه شدند:

(۵) (طول میانگره × سطح مقطع میانگره)/ وزن خشک میانگره = چگالی میانگره (میلی‌گرم بر میلی‌مترمکعب)

چگالی طول میانگره‌های سوم و چهارم (Culm Length Density) از نسبت وزن خشک میانگره بر طول میانگره بر حسب میلی‌گرم بر میلی‌متر محاسبه شد. میزان فشردگی (Flattening) میانگره سوم و چهارم با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد (Hoshikawa and Wang, 1990):

(۶) ۱۰۰ × (قطربزرگ میانگره / قطر کوچک میانگره - ۱) = میزان فشردگی میانگره (درصد)

قبل از انجام تجزیه مرکب داده‌ها، به منظور اطمینان از یکنواختی واریانس اشتباه آزمایشی از آزمون بارتلت استفاده شد. برای تجزیه رگرسیون گام به گام از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۶ استفاده شد. جهت تبدیل داده‌ها از رابطه ($\sqrt{x}$ ArcSin) استفاده شد. محاسبات آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۱ انجام شد و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون توکی در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

عملکرد دانه

نتایج نشان داد که روش‌های مختلف کشت مستقیم تاثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه داشت

جدول ۱- تجزیه واریانس مرکب اثر روش کاشت و میزان بذر بر خصوصیات مرتبط با خوابیدگی بوته برنج رقم هاشمی

Table 1. Combined analysis of variance for effects of seeding method and seed rate treatments on lodging related characteristics in rice (cv. Hashemi)

S.O.V.	منابع تغییرات	درجه آزادی df.	عملکرد دانه Grain yield	طول میانگره اول First internode length	طول میانگره دوم Second internode length	طول میانگره سوم 3rd internode length	طول میانگره چهارم 4th internode length	وزن تر میانگره اول First internode fresh weight	وزن تر میانگره دوم Second internode fresh weight	وزن تر میانگره سوم 3rd internode fresh weight	وزن تر میانگره چهارم 4th internode fresh weight	سطح مقطع میانگره سوم 3rd internode cross-section area	سطح مقطع میانگره چهارم 4th internode cross-section area
Year (Y)	سال	1	2665.01^{ns}	66.60**	266.48**	168.89**	21.59**	0.68**	0.28**	0.03**	0.006**	0.29*	0.004^{ns}
Replication/ Y	سال/ تکرار	4	215644.17**	8.94*	5.15**	5.30**	0.10^{ns}	0.02**	0.01*	0.002^{ns}	0.001^{ns}	0.31**	0.43**
Seeding method (SM)	روش کاشت	2	1057237.78**	116.19**	64.38**	0.51^{ns}	5.62**	0.08**	0.18**	0.12**	0.25**	16.87**	34.64**
Y × SM	روش کاشت × سال	2	269550.78**	58.14**	19.86**	4.72**	0.94**	0.001^{ns}	0.002^{ns}	0.003^{ns}	0.001^{ns}	0.08^{ns}	2.90**
Error a	خطای الف	8	1954744.09	3.00	1.58	0.42	0.21	0.002	0.004	0.002	0.0005	0.20	0.15
Seed rate (SR)	میزان بذر	2	322594.52**	12.10*	4.49^{ns}	5.23**	0.57*	0.19**	0.18**	0.009**	0.11**	3.87**	3.07**
SR × Y	میزان بذر × سال	2	223872.57**	13.28**	2.00^{ns}	4.81**	0.03^{ns}	0.001^{ns}	0.001^{ns}	0.0005^{ns}	0.03**	0.49**	0.47**
SM × SR	میزان بذر × روش کاشت	4	230589.14**	4.63^{ns}	0.83^{ns}	0.83^{ns}	1.05**	0.05**	0.08**	0.009**	0.14**	0.65**	1.24**
Y × S< × SR	سال × روش کاشت × میزان بذر	4	223872.57**	2.24^{ns}	0.74^{ns}	1.77^{ns}	0.71**	0.002^{ns}	0.002^{ns}	0.002^{ns}	0.005**	0.65**	1.02**
Error b	خطای ب	24	32487.24	3.03	1.54	0.93	0.14	0.002	0.004	0.001	0.0007	0.062	0.076
C.V (%)	درصد ضریب تغییرات		8.45	4.44	4.73	6.79	6.86	5.88	5.24	5.36	6.82	7.46	4.87

* and **: Significant at the 5% and 1% probability levels, repectively.

ns: Not significant.

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۵٪ و ۱٪.

ns: غیر معنی‌دار.

(جدول ۱). بیشترین عملکرد دانه از روش کشت کپه‌ای با میانگین ۲۷۵۳ کیلوگرم در هکتار و کمترین عملکرد دانه با میانگین ۱۲۷۶ کیلوگرم در هکتار از روش کشت دستپاش به دست آمد (جدول ۲).

تیمارهای مقادیر بذر اثر معنی‌داری بر عملکرد دانه داشتند (جدول ۱). بیشترین عملکرد دانه (با میانگین ۲۴۸۶ کیلوگرم در هکتار) در تیمار ۱۰۰ کیلوگرم بذر در هکتار و کمترین عملکرد دانه (با میانگین ۱۸۳۴ کیلوگرم در هکتار) در تیمار ۶۰ کیلوگرم در هکتار به دست آمد (جدول ۲). اثر متقابل روش کشت × میزان بذر تاثیر معنی‌داری بر عمکرد دانه داشت (جدول ۱). بیشترین عملکرد دانه در روش کشت کپه‌ای با میزان بذر ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار با میانگین عملکرد دانه ۳۴۰۹ کیلوگرم در هکتار و کمترین عملکرد دانه با میانگین‌های ۱۱۰۳، ۱۲۸۴ و ۱۴۴۰ کیلوگرم در هکتار از تیمارهای روش کشت دستپاش با مقادیر بذر ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار به دست آمد (جدول ۳).

با توجه به نتایج این آزمایش به نظر می‌رسد که در روش کشت کپه‌ای به علت وجود فاصله کافی بین بوته‌ها و پنجه‌زنی مناسب بوته‌های برنج، رقابت برای استفاده از عوامل محیطی بین بوته‌های برنج و علف‌های هرز کمتر بوده است. کاهش عملکرد در روش کشت دستپاش را می‌توان به عدم وجود فاصله یکنواخت و مناسب بین بوته‌ها و افزایش رقابت شدید بین بوته‌های برنج و علف‌های هرز در استفاده از منابع غذایی و نور نسبت داد. چنگ (Cheng, 2000) اظهار داشت که دلیل اصلی پایین بودن عملکرد برنج در روش کشت مستقیم دستپاش، عدم توانایی در مدیریت صحیح و مناسب علف‌های هرز بعد از استقرار گیاهچه‌ها است. انوس و سادیکو (Onos and Sadikko, 1998) نیز اظهار کردند که در روش کشت مستقیم با افزایش فاصله بوته‌ها، تعداد خوشه در واحد سطح و عملکرد دانه افزایش می‌یابد. با توجه به نتایج این آزمایش به نظر می‌رسد که علت افزایش عملکرد در میزان بذر ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار، افزایش تعداد خوشه در واحد سطح باشد. بلوچ و همکاران (Bloach *et al.*, 2002) عنوان کردند که با افزایش تراکم کاشت، در اثر افزایش تعداد خوشه در واحد سطح، بر میزان عملکرد دانه نیز افزوده می‌شود.

طول میانگره‌ها

نتایج نشان داد که روش کشت تاثیر معنی‌داری بر طول میانگره‌های اول، دوم و چهارم داشت (جدول ۱). بیشترین طول میانگره اول (۴۱/۹ سانتی‌متر)، دوم (۲۸/۴ سانتی‌متر) و چهارم (۶/۱ سانتی‌متر) از روش کشت کپه‌ای به دست آمد (جدول ۲). اثر مقادیر بذر نیز بر طول میانگره‌های اول، سوم و چهارم معنی‌دار بود (جدول ۱). بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها، بیشترین طول میانگره اول و سوم به ترتیب با میانگین ۴۰ و ۱۴/۸ سانتی‌متر از میزان

جدول ۲- مقایسه میانگین صفات مرتبط با خوابیدگی بوته در تیمارهای روش کاشت و میزان بذر در برنج رقم هاشمی

Table 2. Mean comparison of lodging related characteristics in seeding method and seed rate treatments in rice (cv. Hashemi)

Treatments	تیمارها	عملکرد دانه **Grain yield ($kgha^{-1}$)**	طول میانگره اول **First internode length (cm)**	طول میانگره دوم **Second internode length (cm)**	طول میانگره سوم **3rd internode length (cm)**	طول میانگره چهارم **4th internode length (cm)**	وزن تر میانگره اول **First internode fresh weight (mg)**	وزن تر میانگره دوم **Second Internode fresh weight (mg)**	وزن تر میانگره سوم **3rd Internode fresh weight (mg)**	وزن تر میانگره چهارم **4th Internode fresh weight (mg)**	سطح مقطع میانگره سوم **3rd internode cross-section area (mm^2)**	سطح مقطع میانگره چهارم **4th internode cross-section area (mm^2)**
		Seeding method روش کاشت										
Drum direct seeding	کشت ردیفی	2367b	38.6b	25.4b	14.1a	5.3b	900a	1280a	770b	330b	3.0b	5.5b
Hill wet seeding	کشت کپه‌ای	2753a	41.9a	28.4a	14.4a	6.1a	850b	1260a	890a	520a	4.4a	7.1a
Broadcasting	کشت دستپاش	1276c	36.9c	25.0b	14.1a	5.0c	770c	1090b	740c	300c	2.5c	4.3c
		Seed rate ($kgha^{-1}$) میزان بذر										
60 ($kgha^{-1}$)	۶۰	1834c	39.1ab	26.4a	14.0ab	5.6a	920a	1270a	790b	480a	3.4b	5.9a
80 ($kgha^{-1}$)	۸۰	2077b	40.0a	26.7a	14.8a	5.5ab	880a	1270a	830a	350b	3.7a	5.8a
100 ($kgha^{-1}$)	۱۰۰	2486a	38.4b	25.7a	13.8b	5.3b	720b	1090b	790b	320c	2.8c	5.2b

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

Means in each column, followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Tukey's Test.

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات مرتبط با خوابیدگی بوته در اثر متقابل تیمارهای روش کاشت × میزان بذر در برنج رقم هاشمی

Table 3. Mean comparison of lodging related characteristics in interaction effect of seeding method × seed rate treatments in rice (cv. Hashemi)

Treatments	تیمارها	عملکرد دانه Grain yield (gha^{-1})	طول میانگره چهارم 4th internode length (cm)	وزن تر میانگره اول First internode fresh weight (mg)	وزن تر میانگره دوم Second internode fresh weight (mg)	وزن تر میانگره سوم 3td Internode fresh weight (mg)	وزن تر میانگره چهارم 4th Internode fresh weight (mg)	سطح مقطع میانگره سوم 3rd internode cross-section area (mm^2)	سطح مقطع میانگره چهارم 4th internode cross-section area (mm^2)
Drum direct seeding × 60	ردیفی × ۶۰	2133b	5.3bc	970a	1290ab	740c	270d	3.1bc	5.9cd
Drum direct seeding × 80	ردیفی × ۸۰	2360b	5.2bc	0830b	1260ab	840ab	360bc	3.2bc	5.3de
Drum direct seeding × 100	ردیفی × ۱۰۰	2608b	5.5bc	890ab	1270ab	740c	360bc	2.8bc	5.3de
Hill wet seeding × 60	کپه‌ای × ۶۰	2265b	6.7a	940ab	1400a	890a	810a	4.4a	7.6a
Hill wet seeding × 80	کپه‌ای × ۸۰	2586b	5.9ab	940ab	1260ab	870a	390b	4.7a	7.1ab
Hill wet seeding × 100	کپه‌ای × ۱۰۰	3409a	5.6bc	690c	1120b	910a	36b0c	4.0a	6.6bc
Broadcasting × 60	دستپاش × ۶۰	1103c	4.9bc	840b	1120ab	730c	350bc	2.6c	4.3f
Broadcasting × 80	دستپاش × ۸۰	1284c	5.3bc	860ab	1280ab	770bc	300cd	3.3b	5.1e
Broadcasting × 100	دستپاش × ۱۰۰	1440c	4.7c	590c	890c	710c	250d	1.6d	3.5f

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

Means in each column, followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Tukey's Test.

بذر ۸۰ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. بیشترین طول میانگره چهارم با میانگین ۵/۶ سانتی‌متر از میزان بذر ۶۰ کیلوگرم در هکتار به دست آمد (جدول ۲).

اثر متقابل روش کشت × میزان بذر تاثیر معنی‌داری بر طول میانگره چهارم داشت (جدول ۱). با توجه به آرایش کشت گیاه در روش کشت کپه‌ای به نظر می‌رسد که فضای کافی برای رشد میانگره‌ها نسبت به دو روش کشت ردیفی و دستپاش بیشتر فراهم بوده است. یوشیناگا (Yoshinaga, 2005) گزارش کرد طول ساقه در روش کشت کپه‌ای بیشتر از روش کشت دستپاش بوده است. با توجه به این‌که افزایش ارتفاع بوته تحت تاثیر عوامل محیطی و روش‌های مدیریتی مزرعه است، در روش‌های کشتی که بوته‌ها به صورت تنک کشت می‌شوند، به دلیل افزایش سریع‌تر تعداد برگ‌ها، ارتفاع ظاهری بوته بیشتر از روش‌هایی است که در آن بوته‌ها به صورت متراکم کشت می‌شوند (Esfahani *et al.*, 2009). به نظر می‌رسد که با افزایش تراکم بوته به دلیل افزایش رقابت درون گروهی بر سر نور و مواد غذایی، طول میانگره‌ها کاهش می‌یابد. یدی و همکاران (Yadi *et al.*, 2012) در آزمایشی اثر تراکم را بر خصوصیات مورفولوژیک مرتبط با خوابیدگی بوته و اجزای عملکرد ارقام مختلف برنج، مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج نشان داد که با افزایش تراکم بوته از ۴۰ به ۱۲۰ بوته در مترمربع، طول میانگره‌های اول، دوم و سوم کاهش یافت. نام‌بردگان علت این کاهش را رقابت بوته‌ها برای جذب مواد غذایی اعلام کردند. مبصّر و همکاران (Mobasser *et al.*, 2009) گزارش کردند که با افزایش تراکم بوته، طول میانگره‌های اول، دوم، سوم و چهارم کاهش می‌یابند. هوشیکاوا و وانگ (Hoshikawa and Wang, 1990) گزارش کردند که بین طول میانگره‌های پایین بوته برنج و وقوع خوابیدگی ارتباط زیادی وجود دارد. خوابیدگی در ساقه‌هایی که طول میانگره پایین آن‌ها بیشتر است، اتفاق می‌افتد، به عبارت دیگر دلیل اصلی وقوع خوابیدگی در چنین ساقه‌هایی طویل بودن میانگره‌های پایینی بوته است.

وزن تر میانگره‌ها

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که روش کشت اثر معنی‌داری بر وزن تر میانگره‌های اول تا چهارم داشت (جدول ۱). بیشترین و کمترین وزن تر میانگره اول به ترتیب با میانگین ۹۰۰ و ۷۷۰ میلی‌گرم در روش‌های کشت ردیفی و دستپاش مشاهده شد (جدول ۲). در میانگره دوم بیشترین وزن تر در روش‌های کشت ردیفی و کپه‌ای با میانگین ۱۲۸۰ و ۱۲۶۰ میلی‌گرم مشاهده شد (جدول ۲). بیشترین وزن تر میانگره‌های سوم و چهارم به ترتیب با میانگین ۸۹۰ و ۵۲۰ میلی‌گرم در روش کشت کپه‌ای مشاهده شد و کمترین وزن تر میانگره سوم و چهارم به ترتیب با میانگین ۷۴۰ و

۳۰۰ میلی‌گرم، از روش کشت دستپاش به دست آمد (جدول ۲). مقادیر بذر تاثیر معنی‌داری بر وزن تر میانگره‌های اول تا چهارم داشتند (جدول ۱). بیشترین وزن تر میانگره اول با میانگین ۹۲۰ و ۸۸۰ میلی‌گرم و میانگره دوم با میانگین ۱۲۷۰ میلی‌گرم از مقادیر بذر ۶۰ و ۸۰ کیلوگرم در هکتار به دست آمد (جدول ۲). در میانگره سوم بیشترین وزن تر با میانگین ۸۳۰ میلی‌گرم از میزان بذر ۸۰ کیلوگرم در هکتار به دست آمد (جدول ۲). بیشترین وزن تر میانگره چهارم (۴۸۰ میلی‌گرم) نیز از میزان بذر ۶۰ کیلوگرم در هکتار به دست آمد (جدول ۲). اثر متقابل روش کشت × میزان بذر تاثیر معنی‌داری بر وزن تر میانگره‌های اول تا چهارم داشت (جدول ۱). به نظر می‌رسد که فراهم بودن فضای کافی برای استفاده از نور و مواد غذایی نقش مهمی در افزایش وزن تر میانگره‌ها داشته است. گزارش شده است که در میان خصوصیات مورفولوژیک برنج، وزن و قطر ساقه همبستگی مثبتی با مقاومت به خوابیدگی و نیروی شکست دارند (Zuber *et al*., 1999). غلاف برگ که میانگره را احاطه کرده، بخشی از وزن تر میانگره‌ها را تشکیل می‌دهد و سهم زیادی در جلوگیری از خوابیدگی ساقه در میانگره‌های پایینی دارد. چناچه میانگره‌های پایینی طویل و ضعیف باشند، نقش غلاف برگ افزایش می‌یابد (Esfahani *et al.*, 2009). کاشیواگی و همکاران (Kashiwagi *et al*., 2005) گزارش کردند که افزایش وزن قسمت‌های پایینی ساقه باعث افزایش استحکام و ایستادگی ساقه شده و مانع از هر گونه کاهش در استحکام قسمت‌های پایینی گیاه در پاسخ به ویژگی‌های قسمت‌های بالای مانند وزن قسمت‌های بالایی و خوشه می‌شود.

سطح مقطع میانگره‌ها

نتایج نشان داد که روش کشت اثر معنی‌داری بر سطح مقطع میانگره‌های سوم و چهارم داشت (جدول ۱). بزرگ‌ترین سطح مقطع میانگره سوم با میانگین ۴/۴ میلی‌متر مربع از روش کشت کپه‌ای و کوچک‌ترین (۲/۵ میلی‌مترمربع) از روش کشت دستپاش به دست آمد (جدول ۲). بزرگ‌ترین و کوچک‌ترین سطح مقطع میانگره چهارم به ترتیب با میانگین ۷/۱ و ۴/۳ میلی‌متر مربع از روش کشت کپه‌ای و دستپاش به دست آمدند (جدول ۲). مقادیر بذر نیز اثر معنی‌داری بر سطح مقطع میانگره سوم و چهارم داشتند (جدول ۱). بزرگ‌ترین سطح مقطع میانگره سوم با میانگین‌های ۳/۷ میلی‌متر مربع از مقدار بذر ۸۰ کیلوگرم در هکتار و کمترین سطح مقطع با میانگین ۲/۸ میلی‌متر مربع از میزان بذر ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار به دست آمد (جدول ۲). در میانگره چهارم بیشترین سطح مقطع از مقادیر بذر ۶۰ و ۸۰ کیلوگرم در هکتار (به ترتیب ۵/۹ و ۵/۸ میلی‌متر مربع) و کم‌ترین (۵/۲ میلی‌متر مربع) از مقدار بذر ۱۰۰ کیلوگرم

در هکتار به دست آمدند (جدول ۲).

اثر متقابل روش کشت × میزان بذر تاثیر معنی‌داری بر سطح مقطع میانگره‌های سوم و چهارم داشت (جدول ۱). به نظر می‌رسد که با افزایش تراکم بوته به دلیل افزایش رقابت، قطر میانگره‌های سوم و چهارم و در نهایت سطح مقطع این میانگره‌ها کاهش یافته است. مبصّر و همکاران (Mobasser *et al*., 2009) گزارش کردند با افزایش تراکم بوته از ۴۰ به ۱۲۰ بوته در مترمربع، قطر میانگره چهارم کاهش می‌یابد. یدی و همکاران (Yadi *et al*., 2011) نیز بزرگ‌ترین قطر میانگره سوم و چهارم را از تراکم ۴۰ بوته در مترمربع گزارش کردند.

قطر میانگره چهارم همبستگی معنی‌داری با گشتاور خمشی و مقاومت شکست میانگره‌های پایینی دارد (Islam *et al*., 2007). هوشیکاوا و وانگ (Hoshikawa and Wang, 1990) گزارش کردند به دلیل این که خوابیدگی بوته برنج غالباً در میانگره‌های پایینی رخ می‌دهد، قطر میانگره‌های سوم و چهارم نقش مهمی در خوابیدگی بوته دارند. کاهش قطر میانگره‌های سوم و چهارم باعث کاهش مقاومت گیاه در برابر خوابیدگی می‌شود. قنبری و همکاران (Ghanbari *et al*., 2012) خصوصیات مورفولوژیک مرتبط با خوابیدگی را در پاسخ به زمان مصرف کلرومکوات کلراید (CCC) و مقادیر مختلف نیتروژن در برنج مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج نشان داد که افزایش مصرف کود نیتروژن، افزایش معنی‌دار طول ساقه و طول میانگره‌های سوم و چهارم را به دنبال داشت و قطر میانگره‌های سوم و چهارم کاهش یافت و باعث افزایش حساسیت گیاه به خوابیدگی شد.

گشتاور خمشی (Bending moment) **میانگره سوم و چهارم**

نتایج نشان داد که روش‌های کاشت اثر معنی‌داری بر گشتاور خمشی میانگره سوم و چهارم داشتند (جدول ۴). بیشترین گشتاور خمشی میانگره سوم (۴۹۳/۱ گرم سانتی‌متر) از روش کاشت کپه‌ای و کمترین گشتاور خمشی میانگره سوم (۳۹۰/۷ گرم سانتی‌متر) از روش کاشت دستپاش به دست آمد (جدول‌های ۵ و ۶). بیشترین و کمترین گشتاور خمشی میانگره چهارم (به ترتیب ۵۸۱/۹ و ۴۲۲/۵ گرم سانتی‌متر) در روش کاشت کپه‌ای و دستپاش مشاهده شدند (جدول‌های ۵ و ۶). مقادیر بذر نیز اثر معنی‌داری بر گشتاور خمشی میانگره سوم و چهار داشتند (جدول ۴). بیشترین گشتاور خمشی میانگره سوم و چهارم از مقادیر بذر ۶۰ و ۸۰ کیلوگرم در هکتار به دست آمدند. کمترین گشتاور خمشی میانگره سوم و چهارم از میزان بذر ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار به دست آمد (جدول‌های ۵ و ۶). اثر متقابل روش کاشت × میزان بذر اثر معنی‌داری بر گشتاور خمشی میانگره سوم و چهارم داشت (جدول ۴). به نظر می‌رسد که افزایش گشتاور خمشی میانگره‌های سوم و چهارم باعث افزایش مقاومت به خوابیدگی بوته می‌شود. در روش کاشت کپه‌ای

جدول ۴- تجزیه واریانس مرکب اثر روش کاشت و میزان بذر بر خصوصیات مرتبط با خوابیدگی بوته در برنج رقم هاشمی

Table 4. Combined analysis of variance for effects of seeding methods and seed rates on lodging related characteristics in rice (cv. Hashemi)

S.O.V.	منابع تغییر	درجه آزادی df.	گشتاور خمشی میانگره سوم 3rd internode bending moment	گشتاور خمشی میانگره چهارم 4th internode bending moment	مقاومت به شکستگی میانگره سوم 3rd internode breaking resistance	مقاومت به شکستگی میانگره چهارم 4th internode breaking resistance	شاخص خوابیدگی میانگره سوم 3rd Internode lodging index	شاخص خوابیدگی میانگره چهارم 4th Internode lodging index	چگالی میانگره سوم 3rd Internode culm density	چگالی میانگره چهارم 4th Internode culm density	چگالی طول میانگره سوم 3rd Internode culm length density	چگالی طول میانگره چهارم 4th Internode culm length density	فشردگی میانگره سوم 3rd Internode Flattenin	فشردگی میانگره چهارم 4th Internode Flattenin
Year (Y)	سال	1	5282.44**	3116.76**	114718.01**	154005.60**	113.82**	64.70**	0.30**	0.24**	3.42**	0.88**	17.32**	14.49*
Replication/ Y	سال / تکرار	4	4735.87**	5930.72**	232.98^{ns}	1651.23^{ns}	35.07**	23.63**	0.009	0.003	0.02*	0.005	1.15^{ns}	1.26^{ns}
Seeding method (SM)	روش کاشت	2	47079.16**	88134.09**	610186.59**	4580383.09**	289.92**	1417.93**	0.17**	0.14**	0.01^{ns}	0.004^{ns}	45.39**	1.03^{ns}
Y × SM	روش کاشت × سال	2	3612.34**	4914.36**	26603.95	28054.57**	135.19**	77.22**	0.02**	0.0008^{ns}	0.16**	0.01*	19.90**	37.88**
Error a	خطای الف	8	890.10	1233.55	945.33	3755.46	12.66	5.14	0.001	0.001	0.005	0.002	0.47	1.20
Seed rate (SR)	میزان بذر	2	2345.30**	36581.40**	53428.47**	347974.86**	36.74*	138.62**	0.07**	0.04**	0.001^{ns}	0.11**	3.69**	36.12**
SR × Y	میزان بذر × سال	2	1187.19^{ns}	3124.20**	1071.66^{ns}	770.56^{ns}	8.49^{ns}	0.76^{ns}	0.003^{ns}	0.02**	0.01^{ns}	0.009**	21.29*	7.64*
SM × SR	میزان بذر × روش کاشت	4	6211.75**	13729.68**	15792.89**	28138.12**	52.28**	104.51**	0.034**	0.006**	0.03^{ns}	0.02**	1.90^{ns}	32.04**
Y × SM × SR	سال × روش کاشت × میزان بذر	4	725.30^{ns}	707.38^{ns}	5536.56**	1981.97^{ns}	18.53*	4.12^{ns}	0.01**	0.02**	0.02*	0.05**	16.07**	30.19^{ns}
Error b	خطای ب	24	391.67	476.45	789.28	1399.69	6.67	4.54	0.001	0.0009	0.007	0.004	0.76	1.85
C.V (%)	درصد ضریب تغییرات		4.47	4.29	3.77	3.45	4.99	4.59	11.45	9.03	9.14	10.34	3.59	4.98

* and **: Significant at the 5% and 1% probability levels, repectively.

ns: Not significant.

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۵٪ و ۱٪.

ns: غیر معنی‌دار.

جدول ۵- مقایسه میانگین صفات مرتبط با خوابیدگی بوته در تیمارهای روش کاشت و میزان بذر در برنج رقم هاشمی

Table 5. Mean comparison of lodging related characteristics in seeding method and seed rate treatments in rice cv. Hashemi

تیمارهای آزمایشی Treatments		گشتاور خمشی میانگره سوم 3rd internode bending moment (gcm)	گشتاور خمشی میانگره چهارم 4th Internode bending moment (gcm)	مقاومت به شکستگی میانگره سوم 3rd internode breaking resistance (gcm)	مقاومت به شکستگی میانگره چهارم 4th internode breaking resistance (gcm)	شاخص خوابیدگی میانگره سوم 3rd Internode lodging index (%)	شاخص خوابیدگی میانگره چهارم 4th Internode lodging index (%)	چگالی میانگره سوم 3rd Internode culm density ($mgmm^{-3}$)	چگالی میانگره چهارم 4th Internode culm density ($mgmm^{-3}$)	چگالی طول میانگره سوم 3rd Internode culm length density ($mgmm^{-2}$)	چگالی طول میانگره چهارم 4^{th} Internode culm length density (m/mm^{-2})	فشردگی میانگره سوم 3rd Internode Flattenin (%)	فشردگی میانگره چهارم 4th Internode Flattenin (%)
						Seeding method	**روش کاشت**						
Drum direct seeding	کشت ردیفی	442.8b	501.9b	698.8b	909.7b	64.7a	57.6b	0.38b	0.32b	0.92a	0.62a	15.5b	20.9a
Hill wet seeding	کشت کپه‌ای	493.1a	581.9a	947.2a	1651.8a	52.4b	35.3c	0.25c	0.24c	0.94a	0.62a	16.3b	21.5a
Broadcasting	کشت دستپاش	390.7c	442.5c	587.6c	688.9c	66.6a	64.3a	0.43a	0.42a	0.98a	0.59a	19.5a	20.9a
						Seed rate ($kgha^{-1}$)	**میزان بذر**						
60 ($kgha^{-1}$)		460.8a	540.2a	720.4b	1049.1b	64.5a	55.4a	0.33b	0.27b	0.94a	0.67a	17.8a	22.2a
80 ($kgha^{-1}$)		465.0a	529.1a	806.9a	1236.5a	58.9b	47.0b	0.30b	0.36a	0.95a	0.52b	16.6b	19.0b
100 ($kgha^{-1}$)		400.9b	457.1b	706.3b	964.9c	60.1b	54.7a	0.43a	0.35a	0.96a	0.63a	16.8b	22.4a

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

Means in each column, followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Tukey's Test.

جدول ۶ - مقایسه میانگین صفات مرتبط با خوابیدگی بوته در اثر متقابل تیمارهای روش کاشت × میزان بذر در برنج رقم هاشمی

Table 6. Mean comparison of lodging related characteristics in seeding method × seed rate treatments in rice (cv. Hashemi)

Treatment	تیمارها	گشتاور خمشی میانگره سوم 3rd internode bending moment (gcm)	گشتاور خمشی میانگره چهارم 4th Internode bending moment (gcm)	مقاومت به شکستگی میانگره سوم 3rd internode breaking resistance (gcm)	مقاومت به شکستگی میانگره چهارم 4th internode breaking resistance (gcm)	شاخص خوابیدگی میانگره سوم 3rd Internode lodging index (%)	شاخص خوابیدگی میانگره چهارم 4th Internode lodging index (%)	چگالی میانگره سوم 3rd Internode culm density ($mgmm^{-3}$)	چگالی میانگره چهارم 4th Internode culm density ($mgmm^{-3}$)	چگالی طول میانگره چهارم 4^{th} Internode culm length density (m/mm^{-2})	فشردگی میانگره چهارم 4th Internode Flattenin (%)
Drum direct seeding × 60	ردیفی × ۶۰	456.2bc	509.2c	680.1d	821.8d	67.4a	62.5a	0.35cd	0.23d	0.75a	23.9ab
Drum direct seeding × 80	ردیفی × ۸۰	440.4cd	502.4c	772.4c	1143.9c	57.7bc	44.2b	0.34cd	0.35bc	0.52bc	17.5c
Drum direct seeding × 100	ردیفی × ۱۰۰	431.9cd	494.1c	644.1de	763.4de	69. 0a	66.2a	0.45b	0.38ab	0.58abc	22.4abc
Hill wet seeding × 60	کپه‌ای × ۶۰	532.4a	661.3a	884.1b	1610. 4b	60.2abc	41.1bc	0.28de	0.21d	0.65ab	25.2a
Hill wet seeding × 80	کپه‌ای × ۸۰	505.5ab	578.8b	983.6a	1779.3a	51.6cd	32.6c	0.23e	0.29cd	0.57bc	18.8bc
Hill wet seeding × 100	کپه‌ای × ۱۰۰	441.2cd	505.5c	973.9a	1565.8b	45.3d	32.3c	0.23e	0.23d	0.64abc	20.6abc
Broadcasting × 60	دستپاش × ۶۰	393.7d	449.8c	596.9e	715.0e	66.0ab	62.9a	0.38bc	0.37abc	0.63abc	17.7c
Broadcasting × 80	دستپاش × ۸۰	449.1c	505.8c	664.9de	786.3de	67.5a	64.3a	0.33cd	0.45a	0.47c	20.8abc
Broadcasting × 100	دستپاش × ۱۰۰	329.5e	371.7d	501. 1f	565.5f	66.1ab	65.8a	0.60a	0.44a	0.67ab	24.3a

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

Means in each column, followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Tukey's Test.

به دلیل فراهم بودن فضای کافی برای رشد و استفاده از نور و موادغذایی، طول و وزن تر میانگره‌ها بیشتر از دو روش دیگر بود، به همین دلیل گشتاور خمشی در این روش بیشتر از روش کشت ردیفی و دستپاش بود. افزایش تراکم باعث کاهش گشتاور خمشی میانگره‌های سوم و چهارم شد. یدی و همکاران (Yadi *et al*., 2011) گزارش کردند که با افزایش تراکم از ۴۰ به ۱۲۰ بوته در مترمربع، گشتاور خمشی میانگره سوم کاهش می‌یابد. آنها بالاترین گشتاور خمشی میانگره چهارم را از تراکم ۴۰ و ۸۰ بوته در مترمربع گزارش کردند. گزارش شده است که در گیاه برنج با افزایش تراکم، به دلیل افزایش رقابت گیاهی و محدودیت در جذب مواد غذایی، گشتاور خمشی کاهش می‌یابد (Mobasser *et al*., 2009).

مقاومت به شکستگی میانگره سوم و چهارم

اثر روش کاشت بر مقاومت به شکستگی میانگره سوم و چهارم معنی‌دار بود (جدول ۴). بیشترین مقاومت به شکستگی میانگره سوم و چهارم (به ترتیب ۹۴۷/۲ و ۱۶۵۱/۸ گرم سانتی‌متر) از روش کاشت کپه‌ای و کمترین مقاومت به شکستگی در میانگره سوم و چهارم (به ترتیب ۵۸۷/۶ و ۶۸۸/۹ گرم سانتی‌متر) از روش کاشت دستپاش به دست آمد (جدول ۵). مقادیر بذر نیز تاثیر معنی‌داری بر مقاومت شکست میانگره سوم و چهارم داشتند (جدول ۴). بیشترین مقاومت به شکستگی در میانگره سوم (۸۰۶/۹ گرم سانتی‌متر) از میزان بذر ۸۰ کیلوگرم در هکتار و کمترین مقاومت از مقادیر بذر ۶۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار به دست آمد (جدول‌های ۵ و ۶). در میانگره چهارم بیشترین و کمترین مقاومت به شکستگی (به ترتیب ۱۲۳۶/۵ و ۹۶۴/۹ گرم سانتی‌متر) در مقادیر بذر ۸۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد (جدول ۵). اثر متقابل روش کاشت × میزان بذر تاثیر معنی‌داری بر مقاومت به شکستگی میانگره سوم و چهارم داشت (جدول ۴). مقاومت به شکستگی و شاخص خوابیدگی میانگره‌های پایینی به دلیل این که خوابیدگی غالباً در این میانگره‌ها اتفاق می‌افتد، دارای اهمیت زیادی است. قطر میانگره‌های پایینی در افزایش مقاومت به شکستگی ساقه موثر است (Islam *et al*., 2007). شهیداله و همکاران (Shahidullah *et al*., 2009) گزارش کردند که بین مقاومت به شکستگی و شاخص خوابیدگی در برنج همبستگی منفی وجود دارد و مقاومت به شکستگی تاثیر مستقیم و منفی روی شاخص خوابیدگی دارد. اسلام و همکاران (Islam *et al*., 2007) اظهار کردند که رابطه نزدیک و منفی بین شاخص مشاهده‌ای خوابیدگی (Visual score of lodging) و مقاومت به شکستگی برنج وجود دارد. آن‌ها شاخص خوابیدگی مشاهده‌ای بیشتری را در

ژنوتیپ‌های با مقاومت به شکستگی کمتر گزارش کردند.

شاخص خوابیدگی میانگره‌های سوم و چهارم

روش کشت اثر معنی‌داری بر شاخص خوابیدگی میانگره سوم و چهارم داشت (جدول ۴). بیشترین شاخص خوابیدگی میانگره سوم در روش‌های کپه‌ای و دستپاش (با میانگین۶۴/۷ و ۶۶/۶ درصد) و کمترین شاخص خوابیدگی (۵۲/۴ درصد) در روش کپه‌ای مشاهده شد (جدول‌های ۵ و ۶). در میانگره چهارم بیشترین (۶۴/۳ درصد) و کمترین (۳۵/۳ درصد) شاخص خوابیدگی به ترتیب از روش دستپاش و کپه‌ای به دست آمدند (جدول ۵).. اثر مقادیر بذر بر شاخص خوابیدگی میانگره سوم و چهارم معنی‌دار بود (جدول ۴). در هر دو میانگره بیشترین شاخص خوابیدگی از مقادیر بذر ۶۰ و ۱۰۰ و کمترین شاخص خوابیدگی از میزان بذر ۸۰ کیلوگرم در هکتار به دست آمد (جدول‌های ۵ و ۶). اثر متقابل روش کاشت × میزان بذر تاثیر معنی‌داری بر شاخص خوابیدگی میانگره سوم و چهارم داشت (جدول ۴). یوشیناگا (Yoshinaga, 2005) بیشترین (۱/۰۸درصد) و کمترین (۰/۷۲ درصد) شاخص خوابیدگی را از روش دستپاش و کپه‌ای مشاهده کرد. نامبرده گزارش کرد که با افزایش تراکم بوته از ۴۰ به ۱۶۰ بوته در مترمربع، شاخص خوابیدگی از۰/۷۵ به ۰/۹۱ درصد افزایش یافت. یدی و همکاران (Yadi *et al.*, 2012) بیشترین شاخص خوابیدگی میانگره سوم و چهارم را از تراکم‌های ۴۰ و ۱۲۰ و کمترین را از تراکم ۸۰ بوته در مترمربع گزارش کردند.

چگالی میانگره‌های سوم و چهارم

اثر روش کاشت بر چگالی میانگره سوم و چهارم معنی‌دار بود (جدول ۴). بیشترین چگالی میانگره سوم (۰/۴۳ میلی‌گرم بر میلی‌مترمکعب) از روش کاشت دستپاش و کمترین چگالی میانگره سوم (۰/۲۵ میلی‌گرم بر میلی‌مترمکعب) از روش کاشت کپه‌ای به دست آمد (جدول‌های ۵ و ۶). در میانگره چهارم بیشترین و کمترین چگالی (به ترتیب۰/۴۲ و ۰/۲۴ میلی‌گرم بر میلی‌متر مکعب) در روش کاشت دستپاش و کپه‌ای مشاهده شد (جدول ۵). اثر مقادیر بذر بر چگالی میانگره سوم و چهارم معنی‌دار بود (جدول ۴). در میانگره سوم بیشترین چگالی با میانگین ۰/۴۳ میلی‌گرم بر میلی‌متر مکعب از میزان بذر ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. کمترین چگالی نیز از مقادیر بذر ۶۰ (۰/۳۳ میلی‌گرم بر میلی‌متر مکعب) و ۸۰ (۰/۳۰ میلی‌گرم بر میلی‌مترمکعب) کیلوگرم در هکتار به دست آمد (جدول ۴). بیشترین چگالی میانگره چهارم (۰/۳۶ و۰/۳۵ میلی‌گرم بر میلی‌مترمکعب) در مقادیر بذر ۸۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتارو کمترین (۰/۲۷ میلی‌گرم بر میلی‌مترمکعب) در میزان بذر ۶۰ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد (جدول‌های ۵ و ۶). اثر متقابل روش کاشت × میزان بذر تاثیر معنی‌داری بر چگالی میانگره سوم و چهارم داشت (جدول ۴). با توجه به این

که چگالی میانگره از نسبت وزن خشک به حجم میانگره به دست می‌آید، به نظر می‌رسد که تناسب بین وزن و حجم باعث افزایش استحکام میانگره می‌شود. با توجه به این که در سایر صفات اندازه‌گیری شده مرتبط با خوابیدگی بوته، تیمار روش کشت دستپاش با میزان بذر ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار، جزء تیمارهای نامطلوب از نظر حساسیت به خوابیدگی محسوب می‌شود، بیشتر بودن میزان چگالی میانگره‌های سوم و چهارم در این تیمار را که عمدتا به دلیل وزن خشک پایین میانگره‌ها در این تیمار است را می‌توان به عنوان یک ویژگی منفی تلقی کرد، بنابر این به نظر می‌رسد که با افزایش میزان چگالی میانگره سوم و چهارم، حساسیت به خوابیدگی افزایش می‌یابد.

چگالی طول میانگره‌های سوم و چهارم

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که روش کاشت بر چگالی طول میانگره‌های سوم و چهارم اثر معنی‌داری نداشت (جدول ۴). اثر مقادیر بذر بر چگالی طول میانگره سوم غیر معنی‌دار و بر چگالی طول میانگره چهارم معنی‌دار بود (جدول ۴). بیشترین چگالی طول میانگره چهارم (۰/۶۷ و۰/۶۳ میلی‌گرم بر میلی‌متر) از روش‌های کاشت ردیفی و دستپاش و کمترین چگالی طول میانگره چهارم (۰/۵۲ میلی‌گرم بر میلی‌متر) از روش کاشت کپه‌ای به دست آمد (جدول ۵). اثر متقابل روش کاشت × میزان بذر تاثیر غیرمعنی‌داری بر چگالی طول میانگره سوم و تاثیر معنی‌داری بر چگالی طول میانگره چهارم داشت (جدول ۴). به نظر می‌رسد که افزایش وزن خشک قسمت‌های پایینی گیاه باعث افزایش مقاومت گیاه در برابر خوابیدگی می‌شود. ماتسوزاکی و همکاران (Matsuzaki *et al.*, 1972) اظهار کردند افزایش ذخیره کربوهیدرات‌ها به دلیل افزایش وزن خشک قسمت‌های پایینی ساقه باعث مقاومت بیشتر گیاه در برابر خوابیدگی می‌شود. به نظر می‌رسد که افزایش میزان چگالی طول میانگره چهارم باعث افزایش حساسیت به خوابیدگی بوته می‌شود.

میزان فشردگی (Flattening) میانگره‌های سوم و چهارم

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که روش کاشت اثر معنی‌داری بر فشردگی میانگره سوم داشت (جدول ۴). بیشترین فشردگی میانگره سوم (۱۹/۵ درصد) در روش کشت دستپاش مشاهده شد و کمترین در روش‌های کاشت ردیفی و کپه‌ای مشاهده شد (جدول‌های ۵ و ۶). روش کاشت تاثیر معنی‌داری بر فشردگی میانگره چهارم نداشت (جدول ۴). اثر مقادیر بذر بر میزان فشردگی میانگره سوم و چهارم معنی‌دار بود (جدول ۴). بیشترین فشردگی میانگره سوم با میانگین ۱۷/۸ درصد از میزان بذر ۶۰ کیلوگرم در هکتار و کمترین مقدار آن از مقادیر بذر ۸۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار به دست آمد (جدول‌های ۵ و ۶). در میانگره

چهارم بیشترین فشردگی با میانگین‌های ۲۲/۲ و ۲۲/۴ درصد از مقادیر بذر ۶۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. کمترین فشردگی (۱۹ درصد) از میزان بذر ۸۰ کیلوگرم در هکتار به دست آمد (جدول‌های ۵ و ۶). اثر متقابل روش کاشت × میزان بذر اثر غیر معنی‌داری بر میزان فشردگی میانگره سوم و تاثیر معنی‌داری بر میزان فشردگی میانگره چهارم داشت (جدول ۴). صفت فشردگی میانگره یکی از صفات مهم مورفولوژیکی مرتبط با خوابیدگی ساقه برنج است. بیشتر بودن فشردگی میانگره نشان دهنده بیشتر بودن سطح بیضوی میانگره است. گزارش شده است که سطح بیضوی میانگره‌های پایینی نسبت به میانگره‌های بالایی بیشتر است (Hoshikawa and Wang, 1990). فشردگی بیشتر در میانگره‌های سوم و چهارم باعث حساسیت گیاه به خوابیدگی می‌شود. نتایج آزمایش هوشیکاوا و وانگ (Hoshikawa and Wang, 1990) نشان داد در ساقه‌هایی که خوابیدگی بوته اتفاق افتاده بود، فشردگی میانگره‌های سوم و چهارم نسبت به ساقه‌هایی که در آن‌ها خوابیدگی رخ نداده بود، بیشتر بود.

نتایج تجزیه رگرسیون گام به گام

با توجه به تاثیر متفاوت صفات بر مقاومت گیاه به خوابیدگی از روش تجزیه رگرسیون گام به گام جهت شناسایی صفات مورفولوژیک موثر بر مقاومت به شکستگی بوته استفاده شد. بر این اساس مقاومت به شکستگی (Y) به عنوان متغییر وابسته و سایر صفات به عنوان متغییر مستقل در نظر گرفته شدند و رابطه (۷) به دست آمد. سطح مقطع میانگره (X_1) اولین صفتی بود که وارد رابطه شد که به تنهایی ۵۶ درصد از تغییرات مقاومت به شکستگی میانگره را توجیه کرد. صفت فشردگی میانگره (X_2) دومین صفتی بود که وارد مدل شد و به همراه سطح مقطع ۵۹ درصد از تغییرات مقاومت به شکستگی میانگره را توجیه کرد.

$$Y= 25.475 + 142.420(X_1) - 15.407(X_2) \qquad (۷)$$

این نتایج نشان می‌دهند دو صفت سطح مقطع و فشردگی میانگره در افزایش مقاومت به شکستگی نقش مهمی دارند. بر اساس رابطه (۷) سطح مقطع اثر مثبتی روی مقاومت به شکستگی داشت و فشردگی میانگره اثر منفی روی مقاومت به شکستگی داشت به عبارت دیگر با افزایش فشردگی میانگره، مقاومت به خوابیدگی کاهش می‌یابد. هوشیکاوا و وانگ (Hoshikawa and Wang, 1990) گزارش کردند افزایش فشردگی در میانگره‌های تحتانی باعث حساسیت گیاه به خوابیدگی می‌شود.

به طور کلی نتایج حاصل از این آزمایش

نشان داد که روش کاشت کپه‌ای در بین روش‌های کشت مستقیم مورد آزمایش و میزان بذر ۸۰ کیلوگرم در هکتار نسبت به سایر تیمارها، در بسیاری از صفات اندازه‌گیری شده مرتبط با خوابیدگی بوته، برتری داشتند. به نظر می‌رسد که در روش کاشت کپه‌ای به دلیل فاصله بیشتر بین بوته‌ها و تراکم متعادل گیاهی، هر گیاه به دلیل داشتن فضای بیشتری در اطراف خود، میزان تابش بیشتری دریافت کند و فعالیت فتوسنتزی بیشتری انجام دهد و این موضوع منجر به افزایش عملکرد دانه، طول میانگره‌ها و وزن تر میانگره‌ها در این روش می‌شود. همچنین بیشترین سطح مقطع، گشتاور خمشی و مقاومت به شکست میانگره‌های سوم و چهارم در این روش کاشت مشاهده شد. نتایج نشان داد که با افزایش میزان بذر، طول میانگره‌ها و وزن تر میانگره‌ها و به دنبال آن گشتاور خمشی میانگره سوم و چهارم، کاهش یافتند. با توجه به این که بیشترین سطح مقطع و مقاومت شکست میانگره سوم و چهارم در مقادیر بذر ۶۰ و ۸۰ کیلوگرم در هکتار به دست آمد، به نظر می‌رسد که وجود جمعیت متعادل گیاهی منجر به کاهش رقابت خارجی (بین بوته‌ها) و رقابت داخلی (بین اجزای هر بوته مانند پنجه‌ها، برگ و خوشه‌ها) برای استفاده از تابش شده است و این موضوع در نهایت افزایش مقاومت به خوابیدگی در بوته‌های برنج را به دنبال داشته است. در مجموع می‌توان اظهار داشت که با اعمال تراکم مناسب بوته می‌توان تا حد زیادی از مشکلات ناشی از خوابیدگی در روش کاشت مستقیم اجتناب کرد. تعیین تراکم متعادل گیاهی برای سایر ارقام برنج در روش‌های کاشت مستقیم می‌تواند به عنوان موضوع پژوهش‌های بعدی در نظر گرفته شود. علاوه بر این لازم است میزان خوابیدگی بوته در سایر روش‌های کاشت مستقیم مانند روش کاشت مستقیم در بستر خشک و یا کشت به صورت جوی و پشته‌ای برنج نیز مورد بررسی قرار گیرد.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از حمایت و مساعدت دانشگاه گیلان و موسسه تحقیقات برنج کشور (رشت) جهت اجرای این تحقیق سپاسگزاری می‌شود.

References

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.

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. Japanese Journal of Crop Science 62 (2): 275–281.

Aslam, M., Shamshad, H. S., and Shafi Nazir, M. 2002. Biological response of direct-seeding coarse rice to seeding density and planting time. Pakistan Journal of Agricultural Sciences 39(1): 28-31.

Baloch, A. W., Soomro, A. M., Javed, M. A., Ahmed, M., Bughio, H. R., Bughio, M. S., and Mastoi, N. N. 2002. Optimum plant density for high yield in rice (*Oryza sativa* L.). Asian Journal of Plant Sciences 1(1): 25-27.

Berry, P. M., Sterling, M., Spink, J. H., Baker, C. J., Sylvester-Bradley, R., Mooney, S. J., Tams, A. R., and Ennos, A. R. 2004. Understanding and reducing lodging in cereals. Advances in Agronomy 84: 217-271.

Bhushan, L., Ladha, J. K., Gupta, R. K., Singh, S., Tirol-Padre, A., Saharawat, Y. S., Gathala, M., and Pathak, H. 2007. Saving of water and labor in a rice-wheat system with no-tillage and direct seeding technologies. Agronomy Journal 99: 1288-1296.

Champoux, M. C., Wang, G., Sarkarung, S., Mackill, D. J., OToole, J. C., Huang, N., and McCouch SR. 1995. Locating genes associated with root morphology and drought avoidance in rice via linkage to molecular markers. Theoretical and Applied Genetics 90: 969-81.

Cheng_, Y. G. 2000. Extension services for rice production in China. China Rice. 1: 21-24.

Dawe, D. 2005. Increasing water productivity in rice-based systems in Asiapast trends, current problems, and future prospects. Plant Production Science 8: 221–230.

Easson, D. L., White, E. M., and Pickles, S. J. 1993. The effects of weather, seed rate and cultivar on lodging and yield in winter wheat. Journal of Agricultural Science 121: 145–156.

Esfahani, M., Mojtabaie-Zamani, M. and Amiri-Larijani, B. 2009. The Growing Rice Plant- An Anatomical Monograph. University of Guilan Press. Rasht, Iran. 380pp. (in Persian).

Farooq, M., Wahid, A., Lee, D., Ito, O., and Siddique, K. H. M. 2009. Advances in drought resistance of rice. Plant Science 28(4): 199-217.

Flintham, J. E., Boerner, A., Worland, A. J., and Gale, M. D. 1997. Optimizing wheat grain yield: Effects of *Rht* (gibberellin-insensitive) dwarfing genes. The Journal of Agricultural Science 128: 11-25.

Ghanbari, M. A., Habibi, E., and Mobasser, H. R. 2012. Response of morphological traits related to lodging in rice (*Oryza sativa* L.) in chlormequat chloride application time and nitrogen rates treatments in the north of Iran. International Conference on Agriculture, Chemical and Environmental Sciences (ICACES, 2012), Dubai (UAE)

Hoshikawa, K. A., and Wang, S. B. 1990. Studies on lodging in rice plants. I. Ageneral observation on lodged rice culms. Japanese Journal of Crop Science 59: 809-814.

Islam, M. S., Peng, S., Visperas, R. M., Ereful, N., Bhuiya, M. S. U., and Julfiquar, A. W. (2007). Lodging-related morphological traits of hybrid rice in a tropical irrigated ecosystem. Field Crops Research 101: 240-248.

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

Keller, M., Karutz, Ch., Schmid, J. E., Stamp, P., Winzeler, M., Keller, B., and Messmer, M. M. 1999. Quantitative trait loci for lodging resistance in a segregating wheat × spelt population. Theoretical and Applied Genetics 98: 1171-1182.

Kono, M. 1995. Physiological Aspects of Lodging. Science of the Rice Plant Physiology, 2. Food and Agricultural Policy Research Center, Tokyo, Japan. pp. 971–982.

Kotayama, T. 1951. Studies on the tillering of rice, wheat and barley. Yokondo, Tokyo, Japan. 117 pp.

Kumar, A., Tiwari, R. K. S., Parihar, S. S., Pandy, K. S., and Janoria, M. P. 1999. Performance of prototype rice line from ideotype breeding. International Rice Research Notes 24: 18-19.

Matsuzaki, A., Matsushima, S., Tomita, T., and Katsuki, E. 1972. Analysis of yield-determining process and its application to yield-prediction and culture improvement of lowland rice. CIX. Effects of nitrogen top dressing at full heading stage on lodging resistance, root activity, yield and kernel quality. Japanese Journal of Crop Science 41(2): 139–146.

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 varieties rice (*Oryza sativa* L.) in Iran. American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science 5 (6): 745-754.

Onos, A. S., and Sadikko, S. L. 1998. Effect of plant density on yield and yield attribute. Crop Scienc Journal. 22: 11-15.

Pandy, S., and Velasco, L. E. 1999. Economics of direct seeding in Asia: Patterns of adoption and research priorities. International Rice Research Notes 24(2): 6-11.

Setter, T. I., Laureles, E. V., and Mazaredo, A. M. 1997. Lodging reduces yield of rice by self shading and reduction of photosynthesis. Field Crops Research
49: 95-106.

Shahidullah, S. M., Hanafi, M. M., Ashrafuzzaman, M., Uddin, M. K., and Sariah Meon. 2009. Analysis of lodging parameters in aromatic rice. Archives of Agronomy and Soil Science 55(5): 525-533.

Unan, R., Sezar, I., Sahin, M., and Luis, A. J. M. 2013. Control of lodging and reduction in plant length in rice (*Oryza sativa* L.) with the treatment of trinexapac-ethyl and sowing density. Turkish Journal of Agriculture and Forestry 37: 257-264.

Wan, Y. Z., and Ma, G. H. 2003. A probe into the dynamic to lodging resistance of super hybrid rice. Hunan Agricultural University: Natural Sciences 29(2): 92-94.

Watanabe, T. 1997. Lodging resistance. Pp. 567-577. In: Matsuo, T., Futsuhara, Y., Kikuchi, F., and Yamaguchi, H. (eds.). Science of the Rice Plant. Food and Agriculture Policy Research Center, Tokyo, Japan.

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

Yadi, R., Siavoshi, M., Mobasser, H. R., Dastan, S., and Nasiri, A. 2012. Efect of plant density on morphologic characteristics related to lodging and yield components in different rice varieties (*Oriza sativa* L.). Journal of Agricultural Sciece 4(1): 31-38.

Yoshinaga, S. 2005. Improved lodging resistance in rice (*Oryza sativa* L.) cultivated by submerged direct seeding using a newly developed hill seeder. Japanese Journal of Crop Science 39 (3): 147 – 152.

Yoshinaga, S., Nagata, K., and Murakami, M. 1997. Varietal differences of growth in direct- seeded rice. Bulletin of Shikoku National Agricultural Experimental Station (Japan) 61: 83-89.

Zuber, U., Winzeler, H., Messer, M. M., Keller, B., Schimd, J. F., and Stamp, P. 1999. Morphological traits associated white lodging resistance of spring wheat (*Triticum eastivum* L.). Journal of Agronomy and Crop Science 182: 17-24.