

## اثر آرایش کاشت بر خوابیدگی بوته و عملکرد پنج رقم برنج محلی

اسماعیل یساری

استادیار، بخش علوم کشاورزی، دانشگاه پیام نور، ساری، ایران.

(تاریخ دریافت: ۹۶/۳/۵ - تاریخ پذیرش: ۹۶/۱۰/۳۰)

### چکیده

به منظور بررسی اثر آرایش کاشت بر خوابیدگی بوته و عملکرد پنج رقم محلی برنج، آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در مزرعه‌ای واقع در شهرستان بابل در سال ۱۳۹۳ انجام شد. تیمارها شامل پنج رقم طارم محلی، طارم هاشمی، طارم دیلمانی، طارم لنگرودی و سنگ طارم به‌عنوان عامل اصلی و سه سطح تراکم کاشت ۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ بوته در مترمربع، به‌عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند. کمترین تعداد کل خوشه‌چه و تعداد خوشه‌چه پوک در خوشه برای رقم طارم لنگرودی و کمترین تعداد پنجه در بوته و تعداد خوشه در متر مربع به ترتیب در رقم‌های طارم محلی و سنگ طارم مشاهده گردید. بیشترین مقاومت به شکستگی و کمترین شاخص خوابیدگی میانگره‌های سوم و چهارم در رقم طارم لنگرودی مشاهده گردید. تعداد کل پنجه در بوته با افزایش تراکم کاشت کاهش یافت؛ در حالی که تعداد خوشه در متر مربع به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. تعداد گره، طول میانگره‌های اول و دوم، قطر میانگره چهارم و همچنین حرکت خمش میانگره‌های سوم و چهارم با افزایش تراکم، روند کاهشی داشتند. حداقل شاخص خوابیدگی میانگره سوم و چهارم (۱۹۹/۶۵ و ۲۴۱/۴) مربوط به تراکم ۸۰ بوته در مترمربع بود. اثرات متقابل رقم در تراکم کاشت بر کلیه صفات زراعی و خصوصیات مورفولوژیکی وابسته به خوابیدگی اثر معنی‌داری داشت. لذا، بین ارقام مختلف برنج در آرایش‌های مختلف کاشت از نظر شاخص‌های خوابیدگی و عملکرد تفاوت وجود داشت.

**واژه‌های کلیدی:** برنج، تراکم کاشت، حرکت خمش، شاخص خوابیدگی و مقاومت به خوابیدگی.

## Effect of planting arrangement on lodging and yield in rice (*Oryza sativa* L.) cultivars

Esmail Yasari

Assistant Prof, Department of Agricultural Sciences, Payame Noor University, Sari, I. R of IRAN.

(Received: March 3, 2018 – Accepted: June 25, 2018)

### ABSTRACT

In order to investigate the effect of planting arrangement on lodging and yield in rice cultivars, a split plot experiment based on randomized complete blocks design was conducted in four replications. The main plot was five rice cultivars (Tarom Mahalli, Tarom Hashemi, Tarom Deylamani, Tarom Langrudi and Sang Tarom) and three plant density (40, 80, 120 plant. M<sup>-2</sup>) were design as sub-plot. The lowest total spikelet's and sterile spikelet's were obtained in Tarom Langrudi and the lowest tiller number per hill and panicle number.m<sup>-2</sup> were produced in Tarom Mahalli and Sang Tarom, respectively. Shortest length of first, second and third internode and biggest third internode diameter and also the least plant height were obtained in Tarom Langrudi. As a result the most lodging resistance and the least lodging index for third and fourth internode were produced in Tarom Langrudi. Total tiller numbers were decreased with increasing of plant density but in this case the panicles numbers were increased significantly. Node number, the length first, second internodes, the fourth internode diameter and also the third, fourth internode bending movement were decreased with increasing plant density. Minimum lodging index in the third and fourth internodes were produced in 80 plants per m<sup>2</sup>. Interaction of variety and planting density had significant effect on all agronomical traits and morphological characteristics that related to lodging traits. Therefore, there were significant differences between different rice cultivars in different planting arrangement.

**Keywords:** Bending moment, Breaking resistance, Lodging index, Planting density, Rice.

\* Corresponding author E-mail: e\_yassari@yahoo.com

### مقدمه

خوابیدگی بوته یا ورس، از مهم‌ترین عوامل محیطی محدودکننده برای دستیابی به حداکثر عملکرد دانه در غلات از جمله برنج می‌باشد. در تراکم‌های بالای گیاهی، خوابیدگی با از بین بردن ساختمان طبیعی تاج پوشش گیاهی، میزان فتوسنتز و تولید ماده خشک را کاهش می‌دهد (Dastan, 2012; Esfahani et al., 2009). 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 (Dastan et al., 2012). خوابیدگی بوته از انتقال آب، مواد غذایی و آسیمیلایون از طریق آوندهای چوب و آبکش جلوگیری کرده و اثر منفی بر پر شدن دانه‌ها دارد (Kashiwagi et al., 2005). سایه-اندازی برگ‌ها و خسارت دستجات آوندی در اثر شکستن ساقه، فتوسنتز و جذب و تحلیل نوری را کاهش داده و موجب پر شدن ضعیف دانه و کاهش عملکرد می‌شود. همچنین خوابیدگی بوته از انتقال آب، مواد غذایی و مواد فتوسنتزی از طریق آوندهای چوب و آبکش ممانعت به عمل می‌آورد که به کاهش مواد فتوسنتزی برای پر شدن دانه منجر می‌شود (Kashiwagi et al., 2006; Kashiwagi and Ishimaru, 2004). خصوصیات مورفولوژیک اکثر غلات که دانه و خوشه‌های نسبتاً سنگین آنها در انتهای ساقه قرار داشته و همچنین در بخش عمده‌ای از دوران رشد خود، به ویژه هنگام گلدهی دارای ساقه‌هایی با میانگره‌های توخالی هستند، سبب می‌شود تا این گیاهان همیشه در معرض خطر خوابیدگی قرار داشته باشند (Kashiwagi et al., 2005). با ارزیابی اثر میزان بذر بر عملکرد و صفات مورفولوژیک مرتبط به خوابیدگی بوته در انواع روش‌های کاشت مستقیم برنج رقم طارم هاشمی، مشخص شد که بیشترین عملکرد دانه (۲۷۵۳ کیلوگرم در هکتار)، طول میانگره‌ها، وزن تر میانگره‌ها، سطح مقطع میانگره‌ها، گشتاور خمشی و مقاومت به شکستگی میانگره‌ها از روش کاشت کپه‌ای به دست آمد. همچنین، بیشترین عملکرد دانه (۲۴۸۶ کیلوگرم در هکتار) از میزان بذر ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. با افزایش میزان بذر، طول میانگره‌ها، وزن تر و گشتاور خمشی میانگره‌ها کاهش یافتند (Esfahani et al., 2014). دیگر محققان با ارزیابی

صفات مورفولوژیک مرتبط با خوابیدگی بوته در ارقام بومی و اصلاح‌شده برنج گزارش کردند که ارقام اصلاح‌شده خزر، کادوس و گوهر دارای بیشترین مقاومت و سه رقم بومی سنگ‌جو، علی‌کاظمی و هاشمی به ترتیب حساسیت بیشتری به خوابیدگی بوته داشتند. همچنین، نتایج ضرایب همبستگی و تجزیه رگرسیون گام‌به‌گام نشان داد که ضخامت میانگره‌ها و نسبت وزن به طول میانگره، نقش مؤثری در افزایش مقاومت به خوابیدگی داشته و می‌توان از این صفات به‌عنوان شاخص‌هایی جهت شناسایی ارقام با مقاومت بالا به خوابیدگی بوته استفاده کرد (Broomand et al., 2013).

در تحقیقی دیگر، لاین‌های ۸۴۱، ۸۳۱ و ۴۱۶ به ترتیب بیشترین مقاومت و ارقام بومی سنگ‌جو، هاشمی و علی‌کاظمی نیز به ترتیب حساسیت بیشتری به خوابیدگی بوته داشتند (Faraji et al., 2013). Dastan et al., (2012) گزارش کردند که شاخص خوابیدگی میانگره‌های سوم و چهارم برای رقم سنگ طارم به‌میزان ۵۹/۸۷ و ۷۴/۴۷ درصد بیشتری از رقم طارم هاشمی بود، علت آن را می‌توان به افزایش گشتاور خمشی و کاهش مقاومت به شکستگی رقم سنگ طارم نسبت داد. Yadi et al. (2012) نیز بزرگ‌ترین قطر میانگره سوم و چهارم برنج را از تراکم ۴۰ بوته در متر مربع گزارش کردند. در تحقیقی دیگر، صفات مورفولوژیک وابسته به خوابیدگی در بین ژنوتیپ‌های برنج متفاوت بود. قطر میانگره چهارم در بین ژنوتیپ‌های برنج از ۱۴ تا ۲۶ میلی‌متر متغیر بود. قطر میانگره سوم و چهارم، از مهمترین صفات مورفولوژیک وابسته به خوابیدگی در برنج است، زیرا خوابیدگی ساقه معمولاً در میانگره‌های پایین‌تر رخ می‌دهد (Islam et al., 2007).

حداکثر بهره‌برداری از عوامل لازم جهت رشد گیاه، وقتی حاصل می‌شود که جمعیت گیاهی رقابت زیادی برای دستیابی به عوامل تولید داشته باشند، لذا افراد جامعه گیاهی به‌علت رقابت بین بوته‌ها تحت تنش نسبتاً شدید قرار می‌گیرند. لذا در زمانی که حاصلخیزی خاک زیاد است باید تعداد بوته در واحد سطح را در مقایسه با ضعیف‌بودن خاک بیشتر در نظر گرفت (Tang and Qingfa, 2000). در صورتی که فقط عملکرد دانه مد نظر باشد باید فاصله کاشت مناسبی را انتخاب نمود، زیرا فراتر از آن به‌علت تراکم زیاد بوته، مواد فتوسنتزی به‌جای رشد دانه، بیشتر صرف رشد

مهمترین آماره‌های آب و هوایی طی دوره نمو و رشد گیاه برنج نیز در جدول ۲ ارائه شد. نمونه برداری خاک قبل از کاشت از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر انجام شد. نتایج آزمون خاک محل آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است. آزمایش به صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار اجرا شد، به طوری که پنج رقم (طارم محلی، طارم هاشمی، طارم دیلمانی، طارم لنگرودی و سنگ طارم) به عنوان عامل اصلی و سه سطح تراکم کاشت (۴۰، ۸۰ و ۱۲۰ بوته در متر مربع به ترتیب با آرایش کاشت ۱۵×۱۶/۶، ۱۰×۱۲/۵ و ۱۰×۸/۳ سانتی‌متر) به عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند. تراکم مطلوب گیاه برنج با توجه به نوع رقم متفاوت است که برای ارقام محلی ۱۶ الی ۲۵ بوته توصیه می‌شود (Gholami & Fatehi Abdolmaleki, 2010). در اواخر بهمن ماه زمین را به وسیله گاواهن برگرداندار شخم زده و در نیمه اول اردیبهشت، عملیات شخم شامل شخم بهاره و ماله‌زدن و تسطیح انجام شد. قبل از نشاءکاری زمین به چهار تکرار و در هر تکرار به ۱۵ کرت با ابعاد ۲×۵ متر تقسیم شد. کود اوره به میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار در سه نوبت که یکی در زمان نشاءکاری (۲۰ اردیبهشت ماه) و دیگری در زمان ظهور خوشه آغازین و مرحله آخر در زمان خوشه‌دهی کامل به گیاه اصلی داده شد.

رویشی یا تنفس گیاه می‌گردد (Haji Christodoulou, 1991). علت افزایش عملکرد دانه برنج، تحت تراکم کاشت بالا را زیاده‌تر شدن تعداد خوشه در واحد سطح گزارش کردند، در صورتی که تعداد پنجه و پنجه موثر در کپه در این تحقیق کاهش معنی‌داری نشان داد (Baloch *et al.*, 2002). با افزایش تراکم کاشت با وجود کاهش تعداد کل پنجه و پنجه موثر در کپه، به علت افزایش تعداد ساقه در واحد سطح، بر تعداد خوشه در متر مربع و در نتیجه عملکرد دانه در واحد سطح افزوده شد (Mobasser *et al.*, 2008). با توجه به اهمیت تراکم کاشت بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه و همچنین نقش زیاد خوابیدگی بر صفات زراعی برنج، این مطالعه جهت بررسی آثار تراکم کاشت بر صفات مورفولوژیک وابسته به خوابیدگی و عملکرد در پنج رقم برنج محلی انجام شد.

### مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه‌ای شخصی واقع در روستای نجارکلا از توابع شهرستان بابل در سال ۱۳۹۳ اجرا شد. عرض جغرافیایی محل آزمایش ۳۶ درجه و ۳۳ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی آن ۵۳ درجه شرقی و ارتفاع از سطح دریا ۱۴ متر بود. مجموع بارندگی و تبخیر منطقه طی دوره‌های رشد گیاه به ترتیب ۸۸۸ و ۷۹ میلی‌متر بوده است.

Table 1. Description of climate parameters and soil properties in Babol region and description of name, origin and other characteristics of rice cultivars in the experiment

Site	Min. temp. (°C)	Max. temp. (°C)	Mean. temp. (°C)	Evaporation (mm)	Rain (mm)	Mean humidity (%)	Mean sunshine hours
Apr.	10.8	18.6	14.7	63.2	99.3	77	123.6
May	16.4	24.8	20.6	85.9	41.4	78	140.9
Jun.	19.9	27.8	23.8	121.8	24.6	80	232.8
Jul.	22.3	30.7	26.5	130.2	39.6	79	203.0
Aug.	22.5	33.1	27.8	142.3	11.4	76	232.5
Sep.	21.6	31.0	26.3	113.9	88.5	65	193.0
Mean 15 years	18.5	26.9	32.2	120.8	93.4	77.5	182.7
Soil properties	Depth (cm)	Texture	EC (dSm <sup>-1</sup> )	pH	Organic matter (%)	Phosphorus (PPM)	Potassium (PPM)
Babol region	0-30	Clay loam	0.8	7.94	3.38	23	100

(آفت کرم ساقه‌خوار) در طی فصل رشد انجام شدند. در طی مراحل نمو و رشد صفات ذیل با حذف اثرات حاشیه‌ای اندازه‌گیری شدند (Islam *et al.*, 2007).

(۱) ارتفاع گیاه، از ۱۲ بوته

(۲) تعداد خوشه در متر مربع، از شمارش خوشه‌های موجود در مترمربع.

(۳) تعداد کل پنجه، در هر کرت از ۱۲ بوته.

کود فسفر (سوپرفسفات تریپل) و کود پتاسیم (سولفات-پتاسیم) به ترتیب به میزان ۱۱۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار استفاده گردید. هنگامی که نشاءها به ارتفاع ۲۵ سانتی‌متر رسیدند، جهت نشاءکاری به زمین اصلی انتقال و سپس بسته به نوع تیمار تراکم کاشت با آرایش کاشت‌های متفاوت کشت شدند. کلیه اعمال آبیاری و کنترل علف‌های هرز، بیماری‌های گیاهی (بیماری بلاست) و کنترل آفات

(۲) قطر میانگره سوم و چهارم توسط کولیس بر حسب میلی‌متر محاسبه شد.

(۳) حرکت خمش<sup>۱</sup> در میانگره سوم و چهارم هر ساقه به- ترتیب زیر محاسبه گردید.

وزن تر همین قسمت × طول گیاه از پایین‌ترین گره میانگره سوم تا راس خوشه = حرکت خمش میانگره سوم

وزن تر همین قسمت × طول گیاه از پایین‌ترین گره میانگره چهارم تا راس خوشه = حرکت خمش میانگره چهارم

(۴) مقاومت به شکستگی<sup>۲</sup> از طریق دستگاه پروستریت‌تستر<sup>۳</sup> و بر اساس میزان نیروی لازم برای شکستن میانگره‌های سوم و چهارم ساقه برنج اندازه‌گیری شد.

شاخص خوابیدگی میانگره‌های سوم و چهارم از طریق<sup>۴</sup> فرمول‌های زیر حاصل گردید (Islam et al., 2007).

(۴) تعداد کل خوشه‌چه و تعداد خوشه‌چه پر نشده در خوشه با شمارش از ۱۲ خوشه در هر کرت.

(۵) عملکرد دانه، عملکرد کاه و عملکرد بیولوژیک از طریق برداشت از ۴ متر مربع از وسط هر کرت با رطوبت ۱۲٪

به دست آمدند. همچنین شاخص برداشت به صورت نسبتی از عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیک به دست آمد.

(۶) وزن هزار دانه با انتخاب و شمارش ۱۰ نمونه ۱۰۰ تایی و سپس توزین آن‌ها (بر حسب ۱۲٪ رطوبت) به دست آمد.

جهت اندازه‌گیری صفات مورفولوژیکی وابسته به خوابیدگی (۳۰ روز پس از خوشه‌دهی) از هر کرت ۴ بوته و از هر بوته ۳ ساقه انتخاب و سپس صفات زیر

روی آنها اندازه‌گیری شد (Islam et al., 2007).

(۱) طول میانگره‌های اول تا چهارم به ترتیب از بالا به پایین ساقه بر حسب سانتی‌متر اندازه‌گیری گردید.

$$LIN_3 = \frac{\text{حرکت خمش میانگره سوم}}{\text{مقاومت به شکستگی میانگره سوم}} \times 100$$

(شاخص خوابیدگی میانگره سوم)

$$LIN_4 = \frac{\text{حرکت خمش میانگره چهارم}}{\text{مقاومت به شکستگی میانگره چهارم}} \times 100$$

(شاخص خوابیدگی میانگره چهارم)

کمترین آن برای رقم طارم محلی و تراکم ۱۲۰ بوته در متر مربع به دست آمد (جدول ۲). تعداد کل خوشه‌چه و تعداد خوشه‌چه پوک در خوشه، از نظر آماری تحت تأثیر رقم و اثر متقابل رقم و تراکم کاشت در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌داری را نشان دادند (جدول ۲). کمترین تعداد کل خوشه‌چه و خوشه‌چه پوک در خوشه برای رقم طارم لنگرودی حاصل گردید و حداکثر تعداد خوشه‌چه پوک در خوشه (۲۹/۶۲ عدد) برای رقم سنگ طارم به دست آمد و این دو جز عملکرد از نظر آماری تحت تأثیر تراکم کاشت قرار نگرفتند (جدول ۳). تعداد خوشه در مترمربع از نظر آماری تحت تأثیر رقم و تراکم کاشت در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت (جدول ۲). تعداد خوشه در متر مربع با افزایش تراکم کاشت از ۴۰ به ۱۲۰ بوته در متر مربع

داده‌های به دست آمده با نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۱ مورد تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال یک و پنج درصد انجام گرفت.

### نتایج و بحث

طبق یافته‌های جدول ۲، ارتفاع بوته از نظر آماری تحت تأثیر رقم و اثر متقابل رقم و تراکم کاشت در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌داری را نشان داد. حداکثر ارتفاع بوته برای رقم طارم محلی و تراکم کاشت ۴۰ بوته در مترمربع و کمترین برای رقم طارم لنگرودی و تراکم ۱۲۰ بوته در مترمربع حاصل شد (شکل ۱). تعداد پنجه در کپه از نظر آماری تحت تأثیر رقم، تراکم کاشت و اثر متقابل آنها در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت (جدول ۲). حداکثر تعداد پنجه در کپه، تحت اثر متقابل رقم و تراکم کاشت برای رقم طارم دیلمانی و تراکم ۴۰ بوته در متر مربع و

1. Bending movement  
2. Breaking resistance  
3. Prostrate Tester  
4. Lodging index

برای رقم‌های طارم محلی، طارم هاشمی، طارم دیلمانی، طارم لنگرودی و سنگ طارم به ترتیب با نسبت‌های ۲۴/۵، ۲۲/۶، ۱۴/۲، ۱۳/۹ و ۱۸/۴ درصد روند صعودی داشته است (جدول ۳). رقم و اثرات متقابل رقم و تراکم کاشت بر وزن هزار دانه در سطح احتمال یک درصد اثر معنی‌داری داشته است (جدول ۲). عملکرد دانه از نظر آماری تحت تأثیر رقم، تراکم کاشت و اثر متقابل آنها در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت (جدول ۱).

جدول ۲- میانگین مربعات ارتفاع بوته، اجزای عملکرد و عملکرد دانه در تراکم‌های مختلف کاشت در پنج رقم برنج

Table 2. Mean square of plant height, seed yield and yield components in different planting densities in five rice cultivars

S.O.V.	DF	Mean square						
		Grain yield	1000 grain weight	Panicle number/m <sup>2</sup>	Number of sterile spikelet's/panicle	Total number of Spikelete/panicle	Tiller per hill	Plant height
Replication	3	9060.99**	1.02	10058.44**	6.15	451.88	3.15*	59.52*
Cultivar (C)	4	203837.55**	23.2**	1567.30**	1012.79**	1388.23**	12.07**	1249.19**
Error	12	1229.04	2.91	555.58	3.72	245.18	0.82	6.73
Plant density (P)	2	8009.51**	2.27*	23822.45**	4.72*	127.77*	57.97**	24.8*
C×P	8	9334.87**	6.19**	308.67*	30.94**	798.02**	4.94**	133.99**
Error	30	494.11	1.29	160.85	9.15	202.51	1.02	15.27
CV (%)	-	3.59	4.15	3.78	21.57	12.86	16.16	2.54

\* and \*\* shows the significant differences at 5 and 1 (%) levels, respectively

جدول ۳- اثر متقابل رقم و تراکم کاشت بر برخی اجزای عملکرد و عملکرد دانه برنج

Table 3. Interaction effects of planting densities on rice seed yield and yield components

Cultivar	Plant Density (plants.m <sup>2</sup> )	Grain yield (g.m <sup>-2</sup> )	Panicle number.m <sup>-2</sup>	Tiller number per hill
Tarom Mahalli	40	772.50	273.75	6.75
	80	684.25	308.50	4.50
	120	740.75	363.00	3.62
Tarom Hashemi	40	453.00	278.75	8.83
	80	500.75	324.75	7.99
	120	430.75	360.50	5.33
Tarom Deylmani	40	658.75	351.00	9.50
	80	728.75	381.00	6.50
	120	553.75	409.25	5.37
Tarom Langrudi	40	737.00	338.50	5.62
	80	754.50	363.50	8.00
	120	642.50	393.50	3.81
Sang Tarom	40	515.00	267.75	8.12
	80	485.75	286.25	5.75
	120	505.00	328.25	3.87
LSD		43.22	18.32	1.964

Means were compared based on LSD test at 1 and 5 levels.

سطح احتمال یک درصد اثر معنی‌داری داشته است (جدول ۲). عملکرد دانه از نظر آماری تحت تأثیر رقم، تراکم کاشت و اثر متقابل آنها در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت (جدول ۱). حداکثر عملکرد دانه تحت اثر متقابل رقم و تراکم کاشت برای رقم طارم محلی در تراکم ۴۰ بوته در متر مربع (۷۷۲/۵ گرم در متر مربع) و حداقل آن برای رقم طارم هاشمی در تراکم ۱۲۰ بوته در متر مربع (۴۳۰/۷۵ گرم در متر مربع) حاصل شد (جدول ۳). حداکثر اختلاف

تعداد خوشه در مترمربع از نظر آماری تحت تأثیر رقم و تراکم کاشت در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت (جدول ۲). تعداد خوشه در متر مربع با افزایش تراکم کاشت از ۴۰ به ۱۲۰ بوته در متر مربع برای رقم‌های طارم محلی، طارم هاشمی، طارم دیلمانی، طارم لنگرودی و سنگ طارم به ترتیب با نسبت‌های ۲۴/۵، ۲۲/۶، ۱۴/۲، ۱۳/۹ و ۱۸/۴ درصد روند صعودی داشته است (جدول ۳). رقم و اثرات متقابل رقم و تراکم کاشت بر وزن هزار دانه در

ارتفاع بین ۱۶ ژنوتیپ برنج را ۳۰ درصد گزارش کردند که از ۱۰۰ تا ۱۳۶ سانتی متر متغیر بود و بیان داشتند بین ارتفاع بوته و عملکرد دانه ارتباطی وجود نداشت و طول ساقه با طول میانگره‌های اول تا چهارم و حرکت خمش میانگره سوم و چهارم همبستگی مثبت و بسیار بالایی داشت (Islam et al., 2007). با کاهش تراکم کاشت به علت بر خورداری بیشتر گیاهچه‌ها از نور و مواد غذایی، بر تعداد پنجه در کپه افزوده شد و همچنین عملکرد دانه در تراکم کاشت بالا به علت افزایش تعداد خوشه در متر مربع افزایش یافت (Hamidulsalam & Altafossain, 2002). گزارشات حاکی از آن است که بین ژنوتیپ‌های مختلف برنج، از نظر تعداد میانگره، اختلاف معنی داری وجود دارد که علت آن نیز تنوع خصوصیات رشدی آنها است. همچنین، در طی دو سال، تعداد میانگره در بین خصوصیات مرفولوژیک وابسته به ورس با مقاومت به شکستگی میانگره سوم و چهارم همبستگی مثبت و بسیار بالایی داشت (Islam et al., 2007). در مطالعه‌ای دیگر، بیشترین تعداد خوشه‌چه در خوشه و درصد خوشه‌چه‌های پر شده و حداکثر وزن هزار دانه به ترتیب برای ژنوتیپ‌های زودرس، متوسط رس و دیررس برنج به دست آمد (Mobasser et al., 2008). همان طوری که در نتایج بیان گردید بیشترین مقاومت به شکستگی و کمترین شاخص خوابیدگی میانگره‌های سوم و چهارم برای رقم طارم لنگرودی حاصل شد که علت آن کوتاه بودن طول میانگره‌ها، ارتفاع بوته و کاهش تعداد میانگره‌ها بود. طول میانگره‌های اول، دوم، سوم و چهارم از نظر آماری تحت تاثیر رقم، تراکم کاشت و اثر متقابل آنها در سطح احتمال یک درصد قرار گرفتند (جدول ۴)، اثرات متقابل رقم و تراکم کاشت بر طول میانگره سوم در سطح احتمال ۵ درصد و بر طول میانگره چهارم در سطح احتمال یک درصد اثر معنی داری داشته است. در رقم طارم محلی، طارم هاشمی و طارم لنگرودی، با افزایش تراکم کاشت، طول میانگره سوم روند کاهشی داشت (جدول ۵)، ولی در رقم طارم دیلمانی کمترین طول میانگره سوم در تراکم ۸۰ بوته در متر مربع و در رقم سنگ طارم نیز در همین تراکم حاصل شد. حداکثر طول میانگره چهارم (۲۷/۶ سانتی متر) برای رقم طارم محلی و ۴۰ بوته در متر مربع و حداقل (۱۵ سانتی متر) برای رقم طارم لنگرودی در تراکم ۱۲۰ بوته در متر مربع به دست آمد (جدول ۵). رقم، تراکم کاشت و اثر

متقابل رقم و تراکم کاشت بر قطر میانگره سوم و چهارم در سطح احتمال یک درصد اثر معنی داری داشت (جدول ۴). Esfahani et al. (2014) گزارش کردند که روش کاشت اثر معنی داری بر طول میانگره‌های اول، دوم و چهارم برنج رقم طارم هاشمی داشت و بیشترین طول میانگره اول (۴۱/۹ سانتی متر)، دوم (۲۸/۴ سانتی متر) و چهارم (۶/۱ سانتی متر) از روش کاشت کپه‌ای به دست آمد. طبق یافته‌های Esfahani et al. (2014)، روش کاشت اثر معنی دار بر وزن تر میانگره‌ها داشت. بیشترین وزن تر میانگره‌های سوم و چهارم به ترتیب با میانگین ۸۹۰ و ۵۲۰ میلی گرم در روش کاشت کپه‌ای مشاهده شد. مقاومت به شکستگی در میانگره‌های سوم و چهارم تحت تاثیر رقم و اثر متقابل رقم و تراکم کاشت معنی داری شد (جدول ۴). بیشترین مقاومت به شکستگی میانگره سوم تحت اثرات متقابل رقم طارم هاشمی و تراکم ۴۰ بوته در متر مربع و کمترین آن برای رقم طارم دیلمانی و تراکم ۸۰ بوته در متر مربع به دست آمد. حداکثر مقاومت به شکستگی میانگره چهارم در رقم طارم هاشمی با ۴۰ بوته در متر مربع و کمترین آن برای رقم طارم محلی با تراکم ۱۲۰ بوته در متر مربع حاصل شد.

رقم، تراکم کاشت و اثر متقابل آنها بر حرکت خمش میانگره سوم و چهارم اثر بسیار معنی داری داشت (جدول ۴)؛ به طوری که کمترین حرکت خمش میانگره سوم و چهارم برای رقم طارم دیلمانی (به ترتیب ۱۱۰۲/۷ و ۱۶۴۲/۱ گرم بر سانتی متر) حاصل شد. کمترین حرکت خمش میانگره چهارم تحت اثر متقابل رقم و تراکم کاشت به ترتیب برای رقم طارم محلی با تراکم کاشت ۱۲۰ بوته (۱۵۵۱/۷ گرم بر سانتی متر) و طارم دیلمانی با تراکم ۸۰ بوته در متر مربع (۱۵۷۳/۷ گرم بر سانتی متر) حاصل شد (جدول ۶). Esfahani et al. (2014) گزارش کردند که روش کاشت اثر معنی داری بر طول میانگره‌های اول، دوم و چهارم برنج رقم طارم هاشمی داشت و بیشترین طول میانگره اول (۴۱/۹ سانتی متر)، دوم (۲۸/۴ سانتی متر) و چهارم (۶/۱ سانتی متر) از روش کاشت کپه‌ای به دست آمد. همچنین آنها دریافتند که روش کاشت بر سطح مقطع میانگره سوم و چهارم اثر معنی داری داشت که بزرگ‌ترین سطح مقطع میانگره سوم با میانگین ۴/۴ میلی متر مربع از روش کاشت کپه‌ای و کوچک‌ترین آن از روش کاشت

۴۲۲/۵ گرم در سانتی‌متر) در روش کاشت کپه‌ای و دستپاش مشاهده شد (Gholami *et al.*, 2014). طول ساقه با طول میانگره‌های اول تا چهارم و لحظه خمش میانگره سوم و چهارم همبستگی مثبت و بالایی دارد (Islam *et al.*, 2007). بیشتر بودن طول ساقه و شاخص سطح برگ در برنج‌های هیبرید، شاید در افزایش گشتاور خمشی نقش داشته باشد (Laza *et al.*, 2001). اثر روش کاشت بر مقاومت به شکستگی میانگره‌های سوم و چهارم برنج رقم طارم هاشمی معنی دار بود. بیشترین مقاومت به شکستگی میانگره سوم و چهارم از روش کاشت کپه‌ای و کمترین مقاومت به شکستگی میانگره سوم و چهارم از روش کاشت دستپاش به دست آمد (Esfahani *et al.*, 2014). به دلیل افزایش مقاومت فشاری در تاج پوشش گیاه برنج، خوابیدگی کاهش یافت که علت آن افزایش قطر و وزن ساقه و محتوای کربوهیدرات ساقه در مرحله رسیدگی بود (Kashiwagi & Ishimaru, 2004). در تحقیقی دیگر نیز بیشترین مقاومت به شکستگی میانگره‌ها برای رقم طارم لنگرودی حاصل شد که علت آن کاهش طول میانگره‌ها بود (Yadi *et al.*, 2012).

بیشترین مقاومت به شکستگی میانگره‌های سوم و چهارم به ترتیب برای هیبریدهای SL-10H و SL-9H و کمترین شاخص خوابیدگی برای ژنوتیپ ایندیکای IR72 به دست آمد (Islam *et al.*, 2007). بیشترین طول ساقه و افزایش شاخص سطح برگ در برنج‌های هیبرید شاید در افزایش حرکت خمش و شاخص خوابیدگی نقش داشته باشد (Laza *et al.*, 2001). با کاهش تعداد خوشه در کپه، برخی صفات وابسته به خوابیدگی مانند مقاومت به شکستگی و شاخص خوابیدگی به طور وسیعی تغییر می‌یابد (Yoshinaga, 2005). با افزایش تراکم کاشت، حرکت خمش میانگره‌های سوم و چهارم به حداقل رسید، زیرا حداقل تعداد میانگره و طول میانگره سوم در تراکم ۱۲۰ بوته در متر مربع حاصل شد و همچنین ارتفاع بوته با زیادت شدن تعداد بوته در واحد سطح، کاهش غیر معنی‌داری نشان داد. بیشترین حرکت خمش میانگره سوم در تراکم پایین به دست آمد؛ زیرا بیشترین تعداد و طول میانگره سوم تحت تراکم ۴۰ بوته در متر مربع حاصل شد. به عبارت دیگر طول میانگره‌های اول، دوم و سوم و همچنین تعداد میانگره‌ها با افزایش تراکم کاشت، به طور

دستپاش به دست آمد. آن‌ها اظهار داشتند که به نظر می‌رسد با افزایش تراکم بوته به دلیل افزایش رقابت، قطر میانگره‌های سوم و چهارم کاهش یافت. کمترین وزن تر میانگره‌های سوم و چهارم نیز به ترتیب با میانگین ۷۴۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم، از روش کاشت دستپاش به دست آمد. آنها بیان کردند که به نظر می‌رسد که فراهم بودن فضای کافی برای استفاده از نور و مواد غذایی، نقش مهمی در افزایش وزن تر میانگره‌ها داشت. Yadi *et al.* (2012) نیز بزرگترین قطر میانگره سوم و چهارم برنج را از تراکم ۴۰ بوته در متر مربع گزارش کردند. در تحقیقی دیگر صفات مورفولوژیک وابسته به خوابیدگی در بین ژنوتیپ‌های برنج متفاوت بود. قطر میانگره چهارم در بین ژنوتیپ‌های برنج از ۱۴ تا ۲۶ میلی‌متر متغیر بود. قطر میانگره سوم و چهارم از مهمترین صفات مورفولوژیک وابسته به خوابیدگی در برنج می‌باشند، زیرا خوابیدگی ساقه معمولاً در میانگره‌های پایین تر رخ می‌دهد (Islam *et al.*, 2007). صفت شاخص خوابیدگی میانگره سوم و چهارم از نظر آماری تحت تاثیر رقم و اثر متقابل رقم و تراکم کاشت در سطح احتمال یک درصد قرار گرفتند و اثر تراکم کاشت بر شاخص خوابیدگی میانگره سوم در سطح احتمال ۵ درصد و بر شاخص خوابیدگی میانگره چهارم در سطح احتمال یک درصد اثر معنی‌داری داشت (جدول ۴). بیشترین شاخص خوابیدگی (۵۳۶ و ۴۲۴/۷ درصد) میانگره سوم و چهارم در رقم طارم هاشمی به ترتیب در تراکم‌های ۴۰ و ۱۲۰ بوته در مترمربع حاصل گردید و کمترین شاخص خوابیدگی میانگره سوم و چهارم در رقم طارم لنگرودی در تراکم ۱۲۰ بوته در مترمربع به دست آمد که به ترتیب برابر ۶۵/۷ و ۷۴/۳ درصد بود (جدول ۶). Yadi *et al.* (2012) گزارش کردند که با افزایش تراکم کاشت از ۴۰ به ۱۲۰ بوته در متر مربع، گشتاور خمشی میانگره سوم کاهش می‌یابد. آنها بالاترین گشتاور خمشی میانگره چهارم را از ۴۰ و ۸۰ بوته در متر مربع گزارش کردند. در تحقیقی دیگر روش‌های کاشت اثر معنی‌داری بر گشتاور خمشی میانگره‌های سوم و چهارم گیاه برنج داشتند. بیشترین گشتاور خمشی میانگره سوم (۴۹۳ گرم در سانتی‌متر) از روش کاشت کپه‌ای و کمترین گشتاور خمشی میانگره سوم (۳۹۰/۷ گرم در سانتی‌متر) از روش کاشت دستپاش حاصل شد. همچنین، بیشترین و کمترین گشتاور خمشی میانگره چهارم (به ترتیب ۵۸۱/۹ و

میانگره چهارم، طول میانگره‌های اول، دوم، سوم و چهارم و نیز مقاومت به شکستگی میانگره‌های سوم و چهارم همبستگی مثبت دارند، ولی با وزن خشک، حرکت خمش و شاخص خوابیدگی در میانگره‌های سوم و چهارم همبستگی معنی‌داری ندارند (Islam *et al.*, 2007). علاوه بر صفات مورفولوژیک نظیر قطر و وزن ساقه، میزان کربوهیدرات در مرحله رسیدگی (Yang, 2001)، محتوای سلولز یا لیگنین در ساقه Jones (2001) و میزان نشاسته در ساقه Kashiwagi *et al.* (2005) بر مقاومت به شکستگی، حرکت خمش و خوابیدگی گیاه برنج موثر هستند.

چشمگیری روند نزولی داشتند. با افزایش تراکم کاشت از ۴۰ به ۱۶۰ بوته در متر مربع از ارتفاع ساقه کاسته شد (Yoshinaga, 2005)، که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد و نیز شاخص خوابیدگی بر خلاف مقاومت به شکستگی با افزایش تراکم کاشت روند صعودی داشت. قطر و وزن تر میانگره سوم و چهارم از مهمترین صفات مورفولوژیکی وابسته به خوابیدگی در برنج می‌باشند، زیرا خوابیدگی ساقه معمولاً در میانگره‌های پایین‌تر رخ داده (Hoshikawa & Wang, 1990)، به همین دلیل مقاومت به شکستگی و شاخص خوابیدگی این میانگره‌ها نقش مهمی در خوابیدگی بوته دارند (Islam *et al.*, 2007). ارتفاع ساقه با قطر

جدول ۴- میانگین مربعات صفات مورفولوژیکی وابسته به خوابیدگی تحت تراکم‌های کاشت در ارقام مختلف برنج

Table 4. Mean square of morphological traits depending to lodging under planting densities in rice different cultivars

Source of Variation	DF	Internode length				Internode diameter		Internode lodging resistance		Internode lodging movement		Internode lodging index	
		First	Second	Third	Fourth	Third	Fourth	Third	Fourth	Third	Fourth	Third	Fourth
Replication	3	6.89	3.85	2.37	5.43	1.83 **	1.35**	1.93 **	3.89	165779.83 **	196087.08 **	3460.37	2269.14
Cultivar (C)	4	306.53 **	104.29**	23.15 **	93.69 **	2.32 **	3.72 **	117.79 **	159.88 **	691322.42 **	880235.23 **	142299.24 **	104349.63**
Error	12	11	2.48	2.57	4.24	0.66	0.81	0.43	3.17	67306.13	133798.44	2788.01	1927.35
Plant density (P)	2	35.12 **	40.28 **	29.09 **	8.79 *	0.24 **	1.94 **	0.98*	5.1 *	477552.81 **	690550.51 **	5495.29 *	9895.51 **
C×P	8	46.06 **	19.85 **	12.68 *	32.27 **	0.54 **	0.78 **	42.81 **	37.73 **	114834.19 **	202057.87 **	29190.78 **	6041.91 **
Error	30	5.75	4.48	4.38	5.001	0.05	0.19	0.33	2.06	15475.47	40630.22	1619.36	1092.89
CV (%)	-	5.49	6.69	7.55	11.04	4.09	6.58	8.85	14.38	9.06	10.50	15.44	14.85

\* and \*\* shows the significant differences at 5 and 1 (%) levels, respectively

جدول ۵- آثار متقابل رقم و تراکم کاشت در برخی خصوصیات مورفولوژیکی وابسته به خوابیدگی در برنج

Table 5. Interaction effects between cultivar and planting densities on morphological traits depending to lodging in rice

Cultivar	Plant Density (hill.m <sup>-2</sup> )	Internode Length (cm)				Number of Internode	Internode Diameter (mm)	
		First	Second	Third	Fourth		Third	Fourth
Tarom Mahalli	40	37.25	32.50	31.25	27.60	5.44	5.44	7.06
	80	39.37	33.25	27.50	20.60	4.57	4.57	5.51
	120	41.50	33.00	27.12	23.50	5.72	5.72	6.25
Tarom Hashemi	40	56.25	41.00	28.77	15.90	5.80	5.80	7.18
	80	49.75	33.37	28.12	18.87	6.10	6.10	7.02
	120	48.37	32.87	27.12	16.50	5.58	5.58	6.08
Tarom Deylamani	40	48.75	32.37	30.62	20.45	5.41	5.41	5.95
	80	38.50	28.50	25.12	18.87	4.97	4.97	5.60
	120	44.75	31.87	29.12	18.75	5.69	5.69	6.08
Tarom Langrudi	40	39.62	27.62	25.20	18.75	6.20	6.20	6.79
	80	37.25	26.87	26.07	22.00	6.42	6.42	6.81
	120	39.87	38.75	23.25	15.00	6.02	6.02	6.38
SangTarom	40	42.75	31.37	29.37	22.25	6.28	6.28	7.68
	80	46.50	28.75	26.62	19.80	6.14	6.14	7.54
	120	43.62	32.50	30.45	24.87	5.41	5.88	6.86
LSD		4.663	4.116	3.022	4.349	4.97	0.4348	0.8476

Means were compared based on LSD test at 1 and 5 levels



جدول ۶- اثرات متقابل رقم و تراکم کاشت بر مقاومت به شکستگی، حرکت خمش و شاخص خوابیدگی در برنج

Table 6. Interaction effects of cultivar and planting densities on lodging resistance, bending movement and bending index in rice

Cultivar	Plant Density	bending index (%)		bending movement (g.cm)		lodging resistance (g.stem)	
		Internode 3	Internode 4	Internode 3	Internode 4	Internode 3	Internode 4
Tarom Mahalli	40	267.20	227.2	1802.70	2486.00	6.82	11.02
	80	326.00	167.00	1240.70	1793.50	4.18	11.68
	120	244.50	201.00	1067.00	1551.70	4.37	7.75
Tarom Hashemi	40	536.00	372.70	1967.00	2554.70	3.68	6.81
	80	364.70	317.70	1745.70	2413.00	4.78	7.61
	120	351.00	424.70	1457.50	1968.00	4.12	4.55
Tarom Deylamani	40	158.00	208.00	1174.20	1756.20	7.43	8.43
	80	201.70	189.70	1016.50	1573.70	5.00	8.28
	120	341.00	272.70	1117.20	1596.20	3.25	5.81
Tarom Langrudi	40	139.20	122.50	1172.70	1644.70	8.44	13.47
	80	133.70	147.70	1230.50	1825.50	9.21	12.42
	120	65.70	74.30	1199.50	1591.50	8.37	21.47
Sang Tarom	40	247.25	189.70	1535.25	1979.20	6.32	10.51
	80	180.75	176.00	1514.5	2165.50	8.37	12.32
	120	351.00	246.50	1266.5	1881.00	3.65	7.72
LSD		78.25	64.50	241.9	392.0	1.117	2.791

Means were compared based on LSD test at 1 and 5 levels

میان‌گره‌ها، صفت مناسبی برای ارزیابی حساس و یا متحمل- بودن ارقام برنج به خوابیدگی بوته در آرایش‌های مختلف کاشت است. با توجه به این صفت، رقم طارم هاشمی در مقایسه با سایر ارقام، دارای تحمل بالاتری نسبت به خوابیدگی بوته بود.

### نتیجه‌گیری کلی

نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که بین ارقام مختلف برنج در آرایش‌های مختلف کاشت، از نظر شاخص‌های خوابیدگی و عملکرد تفاوت وجود دارد. با توجه به نتایج به‌دست آمده، گشتاور خمشی، مقاومت به شکستگی و شاخص خوابیدگی

### REFERENCES

- Baloch, A. W., Soomro, A.M., Javed, M. & Ahmed. M. (2002). Optimum plant density for high yield in rice (*Oryza sativa* L.). *Asian Journal of Plant Science*, 1(1), 25-27.
- Broomand, M., Esfahani, M., Alizadeh, M.R. & Alami, A. (2013). Evaluation of morphological characteristics related to lodging in native and improved rice (*Oryza sativa* L.) cultivars. *Cereal Research*, 3(3), 181-195. (In Farsi)
- Esfahani, M., Mojtabaie-Zamani, M. & Amiri-Larijani, B. (2009). The Growing Rice Plant- An Anatomical Monograph. University of Guilan Press. Rasht, Iran. 380pp. (In Farsi).
- Esfahani, M., Gholami Rezvani, N., Kaabi Rahnama, Sh., Aalimi, A.; Nahvi, M. & Alizadeh, M. R. (2014) Effect of Seed Rate on Yield and Lodging Related Morphological Traits of Rice cv. Hashemi Direct Seeding Methods. *Journal of Seed and Plant Production*. 30(1), 61-85. (In Farsi)
- Dastan, S. (2012). Evaluation on agronomic and ecophysiological indices of lowland rice genotypes in modified agronomical methods. Ph.D. Thesis, Islamic Azad University, Science and Research Branch, Tehran 287pp. (In Farsi)
- Dastan, S., Siavoshi, M., Zakavi, D., Ghanbari Malidarreh, A., Yadi, R., Ghorbannia, E. & Nasiri, A. (2012). Application of nitrogen and silicon rates on morphological and chemical lodging related characteristics in rice (*Oryza sativa*) at the north of Iran. *Journal of Agriculture Science, Canada*, 4(6), 12-18.
- Faraji, F., Esfahani, M., Alizadeh, M.R. & Alami, A. (2013). Evaluation of morphological characteristics related to lodging in selected local and improved rice (*Oryza sativa* L.) cultivars. *Iranian Journal of Crop Science*, 16(3), 250-264. (In Farsi)
- Gholami, M. & Fatehi Abdolmaleki, A (2010) *Rice Cultivars*, Publication of Agricultural Researches, Education and Extension Organization, 108. (In Farsi).
- Gholami Rezvani, N., Esfahani, M., Kabii Rahnama, Sh., Alami, A., Nahvi, M. & Alizadeh, M.R. (2013). Effect of seed rate on yield and lodging related morphological traits of rice cv. Hashemi in direct seeding methods. *Seed and Plant Production Journal*, 2-30(1), 61-85. (In Farsi)
- Haji, Christodoulou, A. (1991). The relationship of grain yield with harvest index and total biological yield of barley in dryland technical *Bulletin No. 126*. Agricultural Institute. Nicosia, Gyprus.
- Hamidulsalam, M. & Altaf Hussain, S. M. (2002). Effect of fertilization and planting density on the yield of two varieties of fine rice, *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 5(5), 513-516.
- Hoshikawa, K. & Wang, S. B. (1990). Studies lodging in rice plants. I. A general observation on lodged rice culms. *Japan Journal of Crop Science*, 59, 809-814.

13. Islam, M. S., Peng, S., Visperas, R., Ereful, N., Bhuiya, M. S. U. & Julfikar, A.W. (2007). Lodging- related Morphological traits of hybrid rice in a tropical irrigated ecosystem. *Field Crops Research*, 101, 240-248.
14. Jones, L., Ennos, A. R. & Turner, S. (2001). Cloning and characterization of irregular xylem4 (irx4): a severely lignin-deficient mutant of Arabidopsis. *Plant Journal*, 26, 205-216.
15. Kashiwagi, T. & Ishimaru, K. (2004). Identification and analysis of a locus for improvement of lodging resistance in rice. *Plant Physiol*, 134, 676-683.
16. Kashiwagi, T., Sasaki, H. & 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.
17. Kashiwagi, T., Madoka, Y., Hirotsu, N. & Ishimaru, K. (2006). Locus *prl5* improves lodging resistance of rice by delaying senescence and increasing carbohydrate re-accumulation. *Plant Physiology and Biochemistry*, 44, 152-157.
18. Laza, M. R. C., Peng, S., Sanico, A. L., Visperas, R. M. & Akita, S. (2001). Higher leaf area growth rate contributes to greater vegetative growth of F<sub>1</sub> rice hybrids in the tropics. *Plant Production Science*. 4(3), 184-188.
19. Mobasser, H. R., Mohseni, Delarestagh., M, Khorgami., A, Barari, Tari, D. & Pourkalhor, H. (2008). Effect of planting density on agronomical characteristics of rice varieties in North of Iran. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 3208-3209.
20. Tang, W. & Qingfa, W. U. (2000). Effect of sowing density and fertilizer application on hybrid early rice cultivar. *Zhejiang Nongye Kexue*, 6, 269-273.
21. Yadi, R., Siavoshi, M., Mobasser, H.R., Dastan, S. & Nasiri, A.R. (2012). Effect of plant density on morphologic characteristics related to lodging and yield components in different rice varieties (*Oryza sativa*). *Journal of Agriculture Science, Canada* 4(1), 31-38.
22. Yang, J., Zhang, J., Wang, Z. & Zhu, Q. (2001). Activates of starch hydrolytic enzymes and sucrose-phosphate synthase in the stems of rice subjected to water stress during grain filling. *Journal of Experimental Botany*, 52, 2169-2179.
23. Yoshinaga, S. (2005). Improved Lodging Resistance in Rice (*Oryza sativa* L.) cultivated by submerged direct seeding using a Newly Developed Hill Seeder. *JARQ* 39(3), 147-152 (2005) <http://www.jircas.affric.go.jp>