

تأثیر زمان نشاکاری و دمای پوشش گیاهی بر صفات ریختی و عملکرد دانه در رقم‌های مختلف برنج

امیر وحدتی راد^۱، مسعود اصفهانی^{۲*}، غلامرضا محسن آبادی^۳، عاطفه صبوری^۴ و علی اعلمی^۵
۱، ۲، ۳، ۴ و ۵. دانشجوی دکتری، استاد و استادیاران، گروه زراعت و اصلاح نباتات،

دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۶/۲ - تاریخ تصویب: ۱۳۹۴/۹/۴)

چکیده

با توجه به اهمیت صفات ریختی (مورفولوژیک)، دمای پوشش گیاهی و ارتباط آن‌ها با عملکرد دانه رقم‌های برنج، آزمایشی به صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال‌های ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ در مزرعه پژوهشی دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان انجام گرفت. تیمارهای آزمایشی شامل سه زمان نشاکاری (۱۵ اردیبهشت، ۳۰ اردیبهشت و ۱۵ خرداد) در کرت‌های اصلی و شش رقم برنج (هاشمی، سنگ جو، علی کاظمی، درفک، خزر و گوهر) در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که با تأخیر در زمان نشاکاری، شمار پنجه بارور در بوته در سال اول و دوم به ترتیب تا ۶/۴ و ۶/۱ پنجه بارور و شاخص سطح برگ به طور معناداری تا ۱/۶ و ۱/۵۱ به ترتیب در سال اول و دوم آزمایش و سرعت پنجه‌زنی تا ۰/۰۸ پنجه در روز کاهش یافت. نتایج نشان داد که رقم خزر در سال اول و دوم به ترتیب با ۲/۶۹ و ۳/۱۱ درجه سلسیوس، بیشترین تفاوت دمای پوشش گیاهی با محیط را داشت و دمای پوشش گیاهی کمتری نسبت به محیط داشت. نتایج این پژوهش نشان داد که با تأخیر در زمان کاشت، عملکرد دانه بیشتر رقم‌های برنج به طور معنی‌داری کاهش یافت. به نظر می‌رسد رقم خزر با حفظ شمار پنجه بارور در مترمربع و داشتن دمای پوشش گیاهی پایین‌تر نسبت به دیگر رقم‌های در زمان‌های نشاکاری مختلف، توانست پایداری (ثبات) عملکردی خود را در شرایط نامساعد محیطی همچون دمای میانگین بالا و دریافت کمتر دما و تابش جمعی در طول دوره رشد به‌ویژه دوره پر شدن دانه حفظ کند.

واژه‌های کلیدی: برنج، پنجه بارور، دمای پوشش گیاهی و سرعت پنجه‌زنی.

مقدمه

برنج یک گیاه زراعی بسیار مهم است و امنیت غذایی را برای شماری از کشورها فراهم می‌کند. در شرایط اقلیمی آینده، عملکرد برنج به شرایط محیطی فصل رشد مانند دما و میزان تابش در دسترس بستگی دارد که در شرایط نامساعد می‌تواند به کاهش عملکرد در برخی از کشورهای تولیدکننده برنج منتهی شود (Nagarajan et al., 2010; Welch et al., 2010).

بنابر بررسی‌های Matsui et al. (2001) عملکرد برنج در برخی نواحی مورد کشت و کار در صورتی‌که پیش‌بینی افزایش دما در سال‌های آینده درست باشد، ممکن است به شدت کاهش یابد. در نواحی که کشت برنج رواج دارد، ترجیح داده می‌شود که دوره رشد زایشی برنج به دماهای بالا برخورد نکند، چراکه باعث افزایش عقیمی سنبلچه‌ها در خوشه می‌شود. زمان کشت نامناسب می‌تواند گیاه را در معرض دماهای بالا

در مراحل رشد بحرانی قرار دهد. در هنگامی که رقم‌های برنج در معرض دمای بالا قرار می‌گیرند، فعالیت، جوانه‌زنی گرده و باروری گلچه کاهش پیدا می‌کند. در شرایط همسان در رقم‌های مقاوم روند کمتری از کاهش عملکرد نسبت به رقم‌های حساس قابل مشاهده است (Krishnan *et al.*, 2011).

شمار پنجه‌های هر گیاه برنج یک مؤلفه کلیدی برای عملکرد نهایی دانه است. ظرفیت عملکرد در رقم‌های مختلف برنج تا حدودی با ظرفیت پنجه‌دهی مشخص می‌شود. اگرچه شمار زیاد پنجه باعث ناهماهنگی در توزیع شیره پرورده، مواد غذایی و زمان رسیدن می‌شود و همچنین باعث افزایش شمار پنجه‌های نابارور در گیاه می‌شود (Krishnan *et al.*, 2011). Yoshida & Hata (1977) گزارش کردند که دمای بالا منجر به افزایش شمار پنجه‌ها شده است و در مدت سه تا پنج هفته پس از زمان کشت، روی سرعت پنجه‌دهی و رشد نسبی گیاه تأثیرگذار بود. Deng *et al.* (2015) اظهار کردند که کشت زود هنگام در رقم‌های برنج می‌تواند سبب کاهش شمار پنجه‌های بارور در گیاه شود.

یکی از شاخص‌های مهم رشد که می‌تواند بر توان نورساخت (فتوسنتز) گیاه مؤثر باشد شاخص سطح برگ است. از شاخص سطح برگ برای رصد کردن رشد گیاه زراعی و برآورد عملکرد دانه استفاده می‌شود. شاخص سطح برگ بالا میزان تبخیر از سطح خاک را کاهش می‌دهد و تابش دریافتی را با کارایی بیشتری به ماده خشک تبدیل می‌کند. بنابراین مقدار شاخص سطح برگ در طول مرحله گلدهی برنج عامل مهمی برای دستیابی به عملکرد بالا است (Ozalkan *et al.*, 2010). شاخص سطح برگ از جمله صفاتی است که تحت تأثیر عامل‌های ژنتیکی و محیطی است. افزایش دمای هوای پیرامونی در زیاد شدن سطح برگ تأثیر تعیین‌کننده‌ای داشته و موجب بیشتر شدن شمار برگ‌ها می‌شود. در مقادیر مساوی شاخص سطح برگ، بوته‌هایی که برگ‌های کوچک و زیادتری نسبت به بوته‌هایی که برگ‌های بزرگ و اندک دارند، مناسب‌ترند (Dharmarathna *et al.*, 2012).

تفاوت دمای هوا و اندام‌های برنج بسته به دمای

هوا، رطوبت هوا و رقم متفاوت است. رقم‌های برنج با خوشه‌های عمودی تفاوت دمایی بیشتری با دمای محیط نسبت به رقم‌های با خوشه‌های افقی نشان می‌دهند. در شرایط رطوبت پایین هوا، تفاوت دما بین اندام‌های گیاه برنج با محیط پیرامون بیشتر است. این گیاه در شرایط اقلیمی با رطوبت پایین هوا و دمای بالا، باروری سنبلچه‌ای بالاتری نسبت به شرایط رطوبت بالای هوا و دمای هوای همسان در طول پر شدن دانه دارد (Yan *et al.*, 2008). Yan *et al.* (2008) با بررسی روی ارتباط بین دمای اندام‌های گیاهی و محیط در رقم‌های برنج گزارش کردند که بیشترین تفاوت دمایی با محیط به ترتیب در برگ سوم، برگ ماقبل پرچم و برگ پرچم مشاهده شد. دمای هوا می‌تواند اثر بیشتری روی اندام‌های بالایی مانند خوشه در مقایسه با برگ‌های پایینی بگذارد. بالاتر بودن دمای خوشه نسبت به دیگر اندام‌های گیاهی می‌تواند به دریافت بیشتر تابش مربوط باشد. دمای پایین‌تر اندام‌های برنج در مرحله پر شدن دانه به‌طور مثبت با باروری سنبلچه همبستگی دارد. دمای بالای اندام گیاهی در مرحله پر شدن دانه می‌تواند باعث افزایش تنفس و کاهش نورساخت شود و در نهایت کاهش در باروری سنبلچه و عملکرد دانه را در پی خواهد داشت. (Ayeneh *et al.*, 2002). Zhang *et al.* (2007) با بررسی ارتباط بین دمای پوشش گیاهی و عملکرد دانه در رقم‌های برنج گزارش کردند که دمای پوشش گیاهی برنج در مرحله گلدهی به‌طور منفی و معناداری با عملکرد دانه و باروری سنبلچه همبستگی داشت. تحقیقات آنان نشان داد که تابش و دمای هوا اثر بسیار معنی‌داری روی دمای پوشش گیاهی برنج در مرحله گلدهی داشت و افزایش دمای محیط و تابش دریافتی، باعث افزایش دمای پوشش گیاهی شد. بنابراین با توجه به اهمیت تأثیر دما و تابش بر ویژگی‌های ریختی (مورفولوژیک)، دمای پوشش گیاهی و ارتباط آن‌ها با صفات عملکردی رقم‌های برنج، این پژوهش با هدف شناخت تنوع ژنوتیپی، نقش تغییرپذیری دما و تابش بر ویژگی‌های یادشده و بررسی ارتباط صفات موردبررسی با یکدیگر طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه گیلان واقع در عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۱۱ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۹ درجه و ۳۹ دقیقه شرقی با ارتفاع ۲۹ متر از سطح دریا در بهار و تابستان سال‌های ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ به اجرا گذاشته شد. آزمایش به صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. سه زمان نشاکاری: ۱۵ اردیبهشت (زود هنگام)، ۳۰ اردیبهشت (بهنگام) و ۱۵ خرداد (دیر هنگام) به عنوان کرت‌های اصلی و شش رقم برنج: هاشمی، سنگ جو و علی کاظمی (رقم‌های بومی) در فک، خزر و گوهر (رقم‌های اصلاح شده) در کرت‌های فرعی قرار داده شدند. از زمان‌های نشاکاری مختلف (زود هنگام، بهنگام و دیر هنگام) برای قرار گرفتن رقم‌های برنج مورد بررسی در شرایط دمایی و تابش متفاوت استفاده شد. زمان‌های نشاکاری با توجه به تاریخ معمول نشاکاری برنج در منطقه که اواخر اردیبهشت ماه است انتخاب شد. عملیات تهیه زمین شامل شخم، دیسک، کرت‌بندی و تسطیح به صورت گلخار انجام شد. عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم بر پایه نتایج تجزیه خاک و نیاز کودی هر رقم به زمین داده شد. یک سوم کود نیتروژن (از منبع اوره) هنگام تسطیح زمین، یک سوم هنگام آغاز پنجه‌زنی و یک سوم هنگام ظهور خوشه در زمین پخش شد. آماده‌سازی و کاشت بذر در خزانه در زمان‌های نشاکاری اول، دوم و سوم به ترتیب در ۱۵ فروردین، اول و ۱۹ اردیبهشت انجام گرفت و انتقال گیاهچه‌ها به زمین اصلی در مرحله چهار برگی انجام شد. ابعاد کرت‌ها ۳×۴ متر در نظر گرفته شد. کاشت به صورت تک نشاء در هر کپه به فاصله ۲۵ سانتی‌متر روی ردیف و ۲۵ سانتی‌متر بین ردیف انجام گرفت. مراقبت‌های لازم شامل مبارزه با علف‌های هرز به صورت وجین دستی در دو مرحله انجام شد. پیش از نشاکاری از علف‌کش بوتاکلر با غلظت دو در هزار برای کنترل علف‌هرز سوروف در زمین اصلی استفاده شد. برای مبارزه با کرم ساقه‌خوار برنج از دیازینون دانه‌ای ۱۰ درصد، بر پایه میزان آلودگی بوته‌ها به کرم ساقه‌خوار برنج و اوج (پیک) پرواز پروانه به میزان ۲۰ کیلوگرم در هکتار استفاده شد.

از بیست روز پس از نشاکاری، شمار پنجه‌های هر رقم در شش بوته تصادفی در هر کرت به صورت هفتگی تا هنگام بیشترین پنجه‌زنی شمارش شد. در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک دانه‌ها، یک ناحیه ۱ مترمربعی در هر کرت به طور تصادفی انتخاب و شمار پنجه‌های بارور شمارش و درصد باروری پنجه‌ها از رابطه زیر محاسبه شد:

$$\text{درصد باروری پنجه‌ها} = 100 \times \text{نسبت پنجه‌های بارور به کل پنجه‌ها}$$

سرعت پنجه‌زنی رقم‌ها از رابطه زیر به دست آمد (Badshah et al., 2014):

$$\text{سرعت پنجه‌زنی} = \frac{\text{بیشترین شمار پنجه‌ها}}{\text{دوره پنجه‌زنی (روز)}}$$

پنج روز پس از گرده‌افشانی سه بوته از هر کرت انتخاب و مساحت سطح برگ کل آن‌ها با استفاده از دستگاه سطح برگ سنج (GCL, Buble Etch Tank, England) اندازه‌گیری و به صورت سطح برگ بر مترمربع زمین بیان شد.

از مرحله ۵۰ درصد گلدهی تا رسیدگی فیزیولوژیک دانه‌ها، تغییرات دمای درونی پوشش گیاهی (روند تغییرپذیری دما) در طول دوره پر شدن دانه، به طور هفتگی با استفاده از دماسنج مادون قرمز اندازه‌گیری شد و هم‌زمان با تفاضل دمای بیرون پوشش گیاهی از آن، مقدار (ΔT) به دست آمد. اندازه‌گیری‌ها در بازه زمانی دوازده ظهر تا دو بعدازظهر انجام شد (Yan et al., 2008). دماسنج مادون قرمز در فاصله ۱ متری هر کرت از چهار طرف مستقر و اشعه مادون قرمز با زاویه ۴۵ درجه به مرکز پوشش گیاهی تابانده شد و عدد خوانده شده به عنوان دمای پوشش گیاهی ثبت شد. در همان لحظه دمای هوای بیرون از پوشش گیاهی با مشاهده عدد دماسنج تعبیه شده در مزرعه یادداشت شد. از رابطه زیر برای محاسبه اختلاف دمای بین هوا و پوشش گیاهی در تجزیه‌های آماری استفاده شد (Ayeneh et al., 2002):

$$\text{اختلاف دمای بین هوا و پوشش گیاهی (}^{\circ}\text{C)} = \text{دمای پوشش گیاهی (}^{\circ}\text{C)} - \text{دمای محیط (}^{\circ}\text{C)}$$

در زمان برداشت ۴ مترمربع از هر کرت با رعایت حاشیه برای اندازه‌گیری عملکرد دانه در نظر گرفته شد و عملکرد دانه با رطوبت ۱۴ درصد محاسبه شد. برای دمای کمینه، بیشینه و میزان تابش روزانه در طول اجرای آزمایش از داده‌های هواشناسی مرکز تحقیقات هواشناسی کشاورزی استان گیلان (شهرستان رشت) استفاده شد. تجزیه واریانس ساده، مرکب، تجزیه رگرسیون، مقایسه میانگین با استفاده از روش دانکن و رسم نمودارهای مربوطه با استفاده از نرم‌افزارهای SAS (Elliott, 2000)، Genstat (Payne, 2009) و Excel (Dodge & Stinson, 2007) انجام شد. لازم به یادآوری است که تجزیه مرکب داده‌ها پس از آزمون یکنواختی واریانس اشتباه آزمایشی انجام شد.

نتایج و بحث

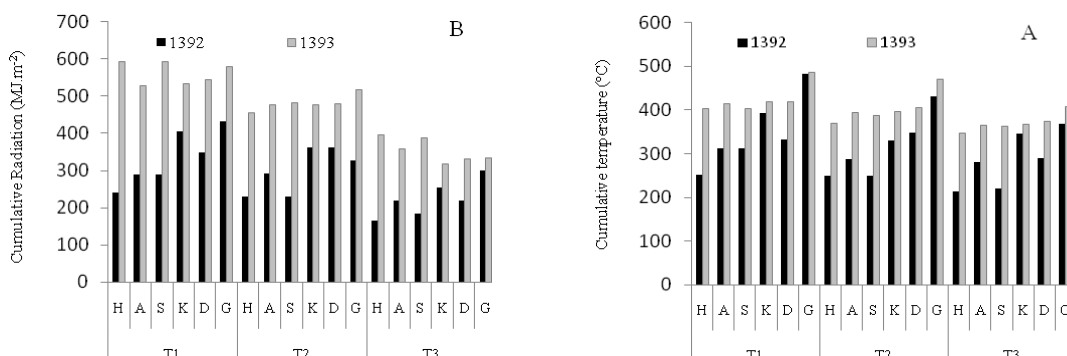
سرعت پنجه‌زنی رقم‌های برنج با تغییر در زمان نشاکاری و روبه‌رو شدن با شرایط دما و تابش متفاوت، متغیر بود. به‌طور کلی روند پنجه‌زنی در آغاز به‌صورت افزایشی بوده و سپس حالت کاهشی به خود گرفت. رقم‌های درفک و گوهر بیشترین شمار پنجه در طول دوره نمونه‌برداری در هر دو سال را داشتند. با تأخیر در زمان نشاکاری، شمار پنجه‌های شمارش‌شده در همه رقم‌های کاهش پیدا کرد. بررسی دما و تابش تجمعی دریافتی در دوره پر شدن دانه رقم‌های برنج گویای آن بود که تأخیر در زمان نشاکاری (زمان نشاکاری دوم و سوم) باعث کاهش دما و تابش تجمعی دریافتی توسط رقم‌های برنج موردبررسی شد، به‌طوری‌که با تأخیر در زمان نشاکاری، دمای میانگین روزانه در رقم‌های مختلف، بین ۱ تا ۲ درجه سلسیوس افزایش نشان داد. بیشترین سرعت پنجه‌زنی در سال اول آزمایش، به‌طور میانگین ۰/۲۱ پنجه در هر روز در زمان نشاکاری اول به دست آمد که رقم‌های گوهر و خزر به ترتیب با ۰/۲۵ و ۰/۱۵ پنجه در هر روز، بیشترین و کمترین سرعت پنجه‌زنی را داشتند. کمترین سرعت پنجه‌زنی در سال اول آزمایش، به‌طور میانگین به میزان ۰/۱۲ پنجه در هر روز در زمان نشاکاری دوم و سوم به دست آمد که رقم‌های گوهر و علی‌کاظمی به ترتیب با ۰/۱۶ و ۰/۱۰ پنجه در هر

روز، بیشترین و کمترین سرعت پنجه‌زنی را داشتند. بررسی‌ها نشان داد که با تأخیر در زمان نشاکاری، سرعت پنجه‌زنی به‌طور میانگین تا ۳۸ درصد، در سال اول آزمایش کاهش یافت. با تأخیر در زمان نشاکاری، میزان تابش تجمعی دریافتی نیز در دوره پر شدن دانه به ترتیب در سال اول و دوم تا ۳۷ و ۴۲ درصد کاهش یافت. بیشترین و کمترین دمای تجمعی دریافتی در دوره پر شدن دانه، به ترتیب در رقم گوهر به میزان ۴۸۶/۷ درجه سلسیوس در روز در زمان نشاکاری اول و رقم هاشمی به میزان ۲۱۲/۶ درجه سلسیوس در روز در زمان نشاکاری سوم مشاهده شد (شکل ۱). در سال دوم آزمایش، بیشترین سرعت پنجه‌زنی به‌طور میانگین به میزان ۰/۱۷ پنجه در هر روز در زمان نشاکاری اول به دست آمد که رقم‌های گوهر و خزر به ترتیب با ۰/۱۹ و ۰/۱۲ پنجه در هر روز، بیشترین و کمترین سرعت پنجه‌زنی را داشتند. کمترین سرعت پنجه‌زنی در سال دوم آزمایش، به‌طور میانگین به میزان ۰/۱۱ پنجه در هر روز در زمان نشاکاری سوم به دست آمد که رقم‌های گوهر و علی‌کاظمی به ترتیب با ۰/۱۳ و ۰/۱۰ پنجه در هر روز، بیشترین و کمترین سرعت پنجه‌زنی را داشتند. بررسی‌ها نشان داد که با تأخیر در زمان نشاکاری، سرعت پنجه‌زنی به‌طور میانگین تا ۳۵ درصد، در سال دوم آزمایش کاهش یافت (شکل ۲).

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، می‌توان نتیجه‌گیری کرد که افزایش دمای میانگین و کاهش دما و تابش تجمعی دریافتی، که با تأخیر در زمان نشاکاری ایجاد شد (شکل ۱)، باعث کاهش سرعت پنجه‌زنی شد. به نظر می‌رسد دلیل این امر می‌تواند به پاسخ‌های متفاوت اندام گیاهی به میزان دما و تابش دریافتی در زمان نشاکاری مربوط باشد. زمان نشاکاری اول با توجه به دمای میانگین پایین و تابش مناسب شرایط خوبی را برای تولید پنجه و تسریع در روند آن ایجاد کرد که این شرایط با تأخیر در زمان نشاکاری مشاهده نشد. پایین بودن دمای میانگین هوا و در نتیجه افزایش طول دوره رشد رویشی یکی دیگر از عامل‌های مهم مؤثر بر افزایش شمار پنجه در بوته در رقم‌های موردبررسی در زمان نشاکاری اول بود. Oh-e et al. (2007) گزارش کردند که افزایش دمای هوا و کاهش

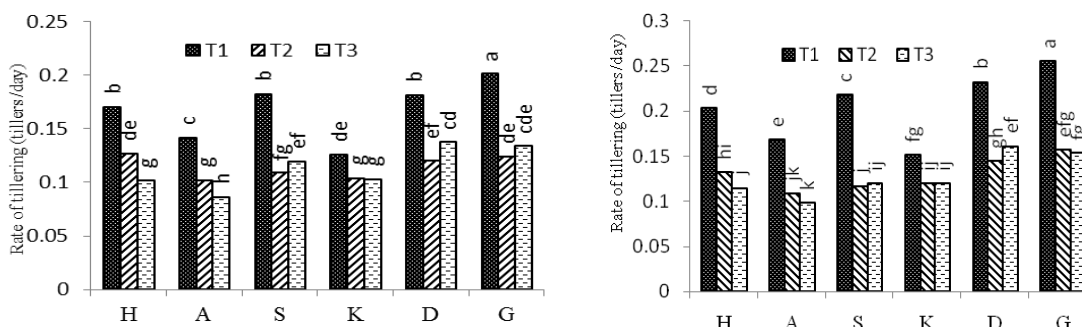
پنجه‌زنی تحت تأثیر دماهای پایین روز و دمای بالای شب در رقم‌های گندم افزایش می‌یابد. Yoshida (1976) با بررسی روی رقم‌های برنج بیان کرد که دماهای بالاتر باعث تسریع در روند پنجه‌دهی در رقم‌های موردبررسی شد و شمار پنجه‌ها در دماهای ۳۱ و ۲۸ درجهٔ سلسیوس کمترین و در دمای ۲۲ درجهٔ سلسیوس کمترین بود. رقم‌های موردبررسی و همچنین محل مورد آزمایش را می‌توان از جمله عامل‌های اثرگذار بر تفاوت میان نتایج گزارش شده، بیان کرد.

طول دورهٔ رشد رویشی، باعث حصول سریع‌تر بیشینهٔ پنجه‌زنی و در نتیجه کاهش شمار پنجه در بوته شد. عامل‌های ژنتیکی، محیطی و اثر متقابل آن‌ها روی کنترل پنجه‌زنی اثر می‌گذارند (Assuero & Tognetti, 2010). بررسی‌های بسیاری به نقل از Assuero & Tognetti (2010) گویای آن است که دماهای میانگین پایین هوا تا حد معینی در طول دورهٔ رشد، باعث افزایش پنجه‌زنی در غلات می‌شود. Pinthus & Meiri (1979) گزارش کردند که پنجه‌دهی و توسعهٔ



شکل ۱. A) تابش تجمعی دریافتی؛ B) دمای تجمعی دریافتی در دورهٔ پرشدن دانهٔ رقم‌های برنج در زمان‌های نشاکاری (رقم‌های موردبررسی به‌صورت گوهر (G)، درفک (D)، خزر (K)، هاشمی (H)، سنگ جو (S) و علی‌کاظمی (A) نمایش داده شده و در محور افقی زمان نشاکاری اول (T1)، زمان نشاکاری دوم (T2) و زمان نشاکاری سوم (T3) قرار دارند)

Figure 1. A) Cumulative Radiation; B) Cumulative Temperature in grain filling duration of rice cultivars in transplanting times (In horizontal axis: G (Gouhar), D (Dorfak), K (Khazar), H (Hashemi), Sangejo (S), Alikazemi (A), T1 (First transplanting time), T2 (Second transplanting time) and T3 (Third transplanting time))



شکل ۲. مقایسهٔ میانگین سرعت پنجه‌زنی رقم‌های برنج در سال ۱۳۹۲ (شکل سمت راست) و سال ۱۳۹۳ (شکل سمت چپ) در زمان‌های نشاکاری T1، T2 و T3 به ترتیب زمان‌های نشاکاری اول، دوم و سوم هستند.

Figure 2. Mean comparison of rate of tillering in rice cultivars in 2012 (right figure) and 2013 (left figure) in transplanting times (In horizontal axis: G (Gouhar), D (Dorfak), K (Khazar), H (Hashemi), Sangejo (S), Alikazemi (A), T1 (First transplanting time), T2 (Second transplanting time) and T3 (Third transplanting time))

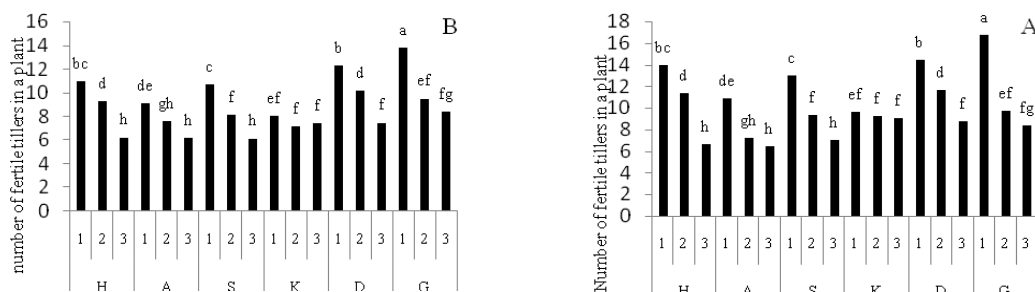
ترکیب‌های تیماری نشان داد که تأخیر در زمان نشاکاری در همهٔ رقم‌ها به‌غیر از خزر، با کاهش معنی‌داری روبه‌رو

تجزیهٔ واریانس ساده برای شمار پنجهٔ بارور در بوته در دو سال انجام شد. بررسی شمار پنجهٔ بارور در بوته در

دریافتی توسط رقم‌ها به ترتیب تا ۲۱ و ۲۷ درصد مرتبط باشد. ضمن اینکه رقم‌ها با تأخیر در زمان نشاکاری، با دمای میانگین بالاتر بین ۱ تا ۲ درجه سلسیوس نیز روبه‌رو شدند که بر نتیجه به‌دست‌آمده تأثیرگذار بوده است. نتایج نشان داد که رقم خزر در شرایط کاهش دریافت دما و تابش جمعی به ترتیب تا ۱۴ و ۲۵ درصد در کل دوره رشد، می‌تواند تولید شمار پنجه بارور و کل در بوته را حفظ کند که این پاسخ در دیگر رقم‌ها مشاهده نشد. به نظر می‌رسد سازوکار حفظ شمار پنجه کل و بارور در شرایط نامناسب دما و تابش از جمله عامل‌های اصلی در حفظ پایداری عملکرد باشد. Rafiei (2008) با بررسی تأثیر تاریخ کاشت بر رقم‌های برنج بیان کرد که برتری یک رقم در تولید پنجه، باعث عملکرد بیشتر شد و ارتباط مثبت و معنی‌داری را بین عملکرد دانه و شمار پنجه گزارش کرد. در ضمن برابری مراحل گذارشناسی (فنولوژیکی) مختلف با دماهای مناسب در زمان رشد رویشی، گلدهی، پر شدن دانه و کافی بودن طول فصل رشد را عامل افزایش شمار پنجه و عملکرد دانه بیان کرد که این شرایط در این آزمایش در زمان نشاکاری اول رخ داد. نتایج همسانی توسط Assuero & Tognetti (2010) و Castilla *et al.* (2010) گزارش شده است. Yamamoto *et al.* (1985) با بررسی روابط بین شرایط اقلیمی و رشد در گیاه برنج، بیان کردند که رخداد دماهای پایین‌تر در طول مرحله پنجه‌دهی، یک برتری مهم برای افزایش شمار پنجه‌های بارور در گیاه برنج است.

شد. رقم خزر در هر دو سال با تأخیر در زمان نشاکاری، تغییر معنی‌داری در شمار پنجه بارور آن ایجاد نشد که این مسئله می‌تواند از دلایل اصلی ثبات عملکرد این رقم به‌رغم روبه‌رو شدن با شرایط دمایی و تابش متفاوت باشد. شرایط دما و تابش با تأخیر در زمان نشاکاری، با تغییرهایی همراه بود و به‌طور کلی رقم‌های برنج موردبررسی با تأخیر در زمان نشاکاری، در طول دوره رشد با دماهای میانگین بالاتر و دوره رشد کوتاه‌تر و درنهایت دریافت دما و تابش جمعی کمتر روبه‌رو شدند. دوره کوتاه رشد به همراه دمای میانگین بالاتر باعث تولید کمتر پنجه بارور در رقم‌های گوهر، درفک، سنگ جو، علی‌کاظمی و هاشمی با تأخیر در زمان نشاکاری شد. Erfani *et al.* (1998) با بررسی تاریخ کاشت روی رقم‌های برنج گزارش کردند که تأخیر در زمان کاشت باعث کاهش شمار پنجه بارور می‌شود. آنان اختلال در توزیع مواد نورساختی در اندام گیاهی را از جمله عامل‌های تأثیرگذار بر کاهش شمار پنجه بارور در رقم‌های برنج با تأخیر در زمان کاشت دانستند که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد. نتایج همسانی توسط Rafiei (2008) گزارش شده است.

هنگامی بوته‌های برنج در معرض دمای هوای بالا در طول مرحله رویشی قرار بگیرند، ممکن است شمار پنجه‌های بارور به‌شدت کاهش یابد (Krishnan *et al.*, 2011). در این آزمایش مشاهده شد که شمار پنجه در بوته با تأخیر در زمان نشاکاری در همه رقم‌ها به‌جز رقم خزر کاهش پیدا کرد که این کاهش شمار پنجه کل در بوته می‌تواند با کاهش دما و تابش جمعی



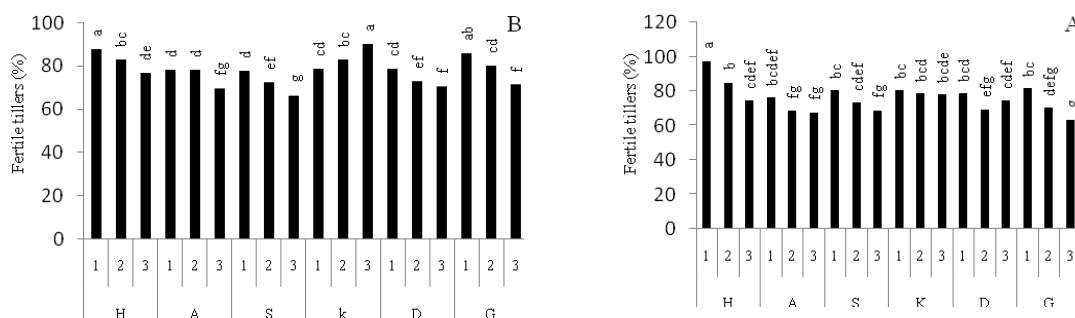
شکل ۳. مقایسه میانگین تأثیر زمان نشاکاری بر صفت شمار پنجه بارور در رقم‌های برنج در سال (A) ۱۳۹۲ و (B) ۱۳۹۳

(در محور افقی ۱، ۲ و ۳ به ترتیب زمان‌های نشاکاری اول، دوم و سوم هستند.)

Figure 3. Mean comparison of transplanting time on number of fertile tillers in rice cultivars in A) 2012 and B) 2013. (In horizontal axis: G (Gouhar), D (Dorfak), K (Khazar), H (Hashemi), Sangejo (S), Alikazemi (A) and T1, T2 and T3 are first, second and third transplanting times)

که البته اختلاف معنی‌داری با رقم‌های گوهر، علی‌کاظمی و درفک در زمان نشاکاری دوم و سنگ جو و علی‌کاظمی در زمان نشاکاری سوم نداشت. در سال دوم آزمایش، بیشترین درصد پنجه‌بارور در رقم خزر به میزان ۹۰/۳ درصد به دست آمد که اختلاف معنی‌داری با رقم‌های هاشمی و گوهر در زمان نشاکاری اول نداشت (شکل ۴).

مقایسه میانگین روی صفت درصد پنجه‌بارور نشان داد که در سال اول تحقیق، رقم هاشمی در زمان نشاکاری اول با ۹۷/۲ درصد بیشترین درصد پنجه‌بارور را داشت و اختلاف معنی‌داری با دیگر ترکیب‌های تیماری نشان داد. کمترین درصد پنجه‌بارور به میزان ۶۳/۱۸ در رقم گوهر در زمان نشاکاری سوم مشاهده شد



شکل ۴. مقایسه میانگین تأثیر زمان کشت بر صفت درصد پنجه‌بارور در رقم‌های برنج در سال (A) ۱۳۹۲ و (B) ۱۳۹۳ (در محور افقی ۱، ۲ و ۳ به ترتیب زمان‌های نشاکاری اول، دوم و سوم هستند).

Figure 3. Mean comparison of transplanting time on fertile tillers (%) in rice cultivars in A) 2012 and B) 2013. (In horizontal axis: G (Gouhar), D (Dorfak), K (Khazar), H (Hashemi), Sangejo (S) and Alikazemi (A) and T1, T2 and T3 are first, second and third transplanting times)

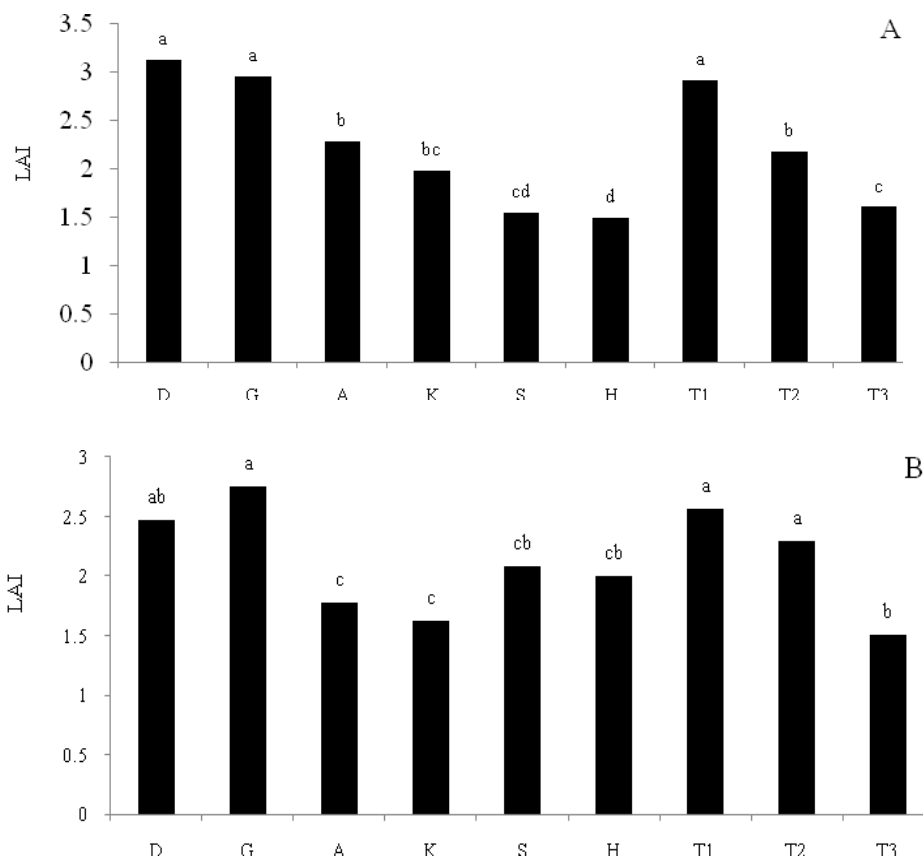
می‌رسد در مقابل شمار کل پنجه، شمار پنجه‌بارور حساسیت و تأثیرپذیری بیشتری نسبت به تأخیر در زمان نشاکاری، افزایش دمای میانگین روزانه و کاهش دریافت دما و تابش تجمعی در طول دوره رشد دارد. با بررسی درصد پنجه‌بارور در سال اول در رقم‌های خزر و علی‌کاظمی و در سال دوم در رقم خزر مشاهده شد که نسبت افت شمار پنجه‌کل و بارور نزدیک به یک میزان رخ داده است. در رقم خزر در سال دوم، با تأخیر در زمان نشاکاری، درصد پنجه‌بارور به‌طور معناداری افزایش داشت. بررسی‌ها نشان داد که در رقم یادشده، کاهش شمار پنجه‌کل با ثابت ماندن تقریبی پنجه‌بارور همراه بوده است که عامل یادشده در افزایش درصد پنجه‌بارور اثرگذار بوده است (شکل ۳).

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از تجزیه واریانس ساده صفت شاخص سطح برگ برای دو سال، مقایسه میانگین بر پایه اثرگذاری‌های اصلی زمان کشت و رقم صورت گرفت. مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین شاخص سطح برگ در سال اول آزمایش به میزان ۳/۱۲ در رقم درفک به دست آمد که البته اختلاف

با توجه به کاهش شمار پنجه‌کل و شمار پنجه‌بارور با تأخیر در زمان کاشت، درصد پنجه‌بارور نیز در بیشتر رقم‌های موردبررسی به‌غیر از رقم‌های خزر و علی‌کاظمی در سال اول و رقم خزر در سال دوم کاهش داشت که نشان می‌دهد نسبت افت پنجه‌بارور به شمار کل پنجه بیشتر بوده است. باوجود کاهش شمار پنجه در بوته و انتظار افزایش نسبت منبع به مخزن، درصد پنجه‌بارور در بیشتر رقم‌های موردبررسی کاهش یافت. به نظر می‌رسد افزایش دمای هوا در مراحل رشد رویشی و زایشی با تأخیر در زمان نشاکاری و تأثیر آن بر تولید پنجه‌های نابارور بیشتر، می‌تواند باعث تولید پنجه‌های نابارور و در نتیجه کاهش شمار پنجه‌های بارور شود از سوی دیگر با توجه به اینکه در اغلب رقم‌های برنج گرده‌افشانی در اواسط روز انجام می‌شود بنابراین در تاریخ‌های دیر کاشت در دوره گرده‌افشانی با گرمای شدید همراه بوده که ناباروری را در بیشتر گلچه‌ها به دنبال خواهد داشت و این نیز دلیل دیگری برای کاهش شمار پنجه‌های بارور در تاریخ‌های دیر کاشت است. به نظر

نشاکاری اول به میزان ۲/۵۶ به دست آمد که اختلاف معنی‌داری با زمان نشاکاری دوم نداشت. زمان نشاکاری سوم با ۱/۵۱، کمترین شاخص سطح برگ را در میان زمان‌های نشاکاری داشت. کمترین شاخص سطح برگ در سال اول آزمایش در رقم هاشمی و در سال دوم آزمایش در رقم خزر به دست آمد (شکل ۵).

معنی‌داری با رقم گوهر نداشت. در سال اول آزمایش، بیشترین شاخص سطح برگ در زمان نشاکاری اول به دست آمد که اختلاف معنی‌داری با دیگر زمان‌های نشاکاری داشت. کمترین شاخص سطح برگ در زمان نشاکاری سوم به میزان ۱/۶ به دست آمد. در سال دوم آزمایش، بیشترین شاخص سطح برگ در زمان



شکل ۵. مقایسه میانگین تأثیر زمان کشت بر صفت درصد پنبه بارور در رقم‌های برنج در دو سال (A ۱۳۹۲ و B ۱۳۹۳. در محور افقی T1، T2 و T3 به ترتیب زمان‌های نشاکاری اول، دوم و سوم هستند)

Figure 5. Mean comparison of transplanting time on LAI in rice cultivars in A) 2012 and B) 2013. (In horizontal axis: G (Gouhar), D (Dorfak), K (Khazar), H (Hashemi), Sangejo (S) and Alikazemi (A) and T1, T2 and T3 are first, second and third transplanting times)

میانگین هوا می‌تواند مؤید مطلب بالا باشد (جدول ۱). نتایج همسانی توسط Baloch *et al.* (2006) در برنج گزارش شده است. شاخص سطح برگ رقم هاشمی در سال دوم آزمایش با افزایش معنی‌داری نسبت به سال اول آزمایش روبه‌رو شد که این روند در دیگر رقم‌ها مشاهده نشد. به نظر می‌رسد نتیجه به‌دست‌آمده می‌تواند به پاسخ متفاوت رقم هاشمی از لحاظ شاخص

کاهش شاخص سطح برگ در زمان‌های نشاکاری دوم و سوم می‌تواند به کاهش طول دوره رویشی رقم‌ها به علت افزایش دمای میانگین هوا مربوط باشد. بالا بودن دمای محیط در زمان‌های نشاکاری دوم و سوم باعث تسریع در مراحل رشدی گیاه و کاهش توسعه و شمار برگ‌ها در رقم‌های موردبررسی شد. همبستگی منفی و معنی‌دار شاخص سطح برگ با دمای

دوره رشد، باعث کاهش شاخص سطح برگ می‌شود. با تأخیر در زمان نشاکاری به علت رخداد دمای میانگین بالا، شاخص سطح برگ به‌طور معناداری کاهش پیدا کرد. Ghosh & Singh (1998) همبستگی مثبت و معنی‌داری را بین شاخص سطح برگ با عملکرد دانه مشاهده کردند. آنان بیان کردند که شاخص سطح برگ در مرحله گلدهی تا ۷۹ درصد تغییرپذیری‌های عملکردی را توجیه می‌کند و تأخیر در زمان نشاکاری تا ۱۵ روز، اثر نامطلوبی روی شاخص سطح برگ برنج می‌گذارد که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد. نتایج همسانی نیز توسط Wada *et al.* (2002) گزارش شده است.

سطح برگ به شرایط محیطی در سال اول و دوم آزمایش نسبت به دیگر رقم‌ها مربوط باشد. شاخص سطح برگ یکی از مهم‌ترین صفات برای رصد کردن رشد گیاه زراعی و تخمین عملکرد دانه است. شاخص سطح برگ بالا، میزان تبخیر از سطح خاک را کاهش می‌دهد و تابش دریافتی را با کارایی بیشتری به ماده خشک تبدیل می‌کند (Ozalkan *et al.*, 2010). بنابراین یکی از عامل‌های اصلی در دستیابی به عملکرد دانه بالا در رقم‌های گوهر و درفک در این بررسی، بالا بودن شاخص سطح برگ است که نشان‌دهنده بالا بودن سطح نورساختی در گیاه است (Krishnan *et al.*, 2011). رخداد دماهای بالا در طی

جدول ۱. ضریب‌های همبستگی بین دمای میانگین، دما و تابش تجمعی با عملکرد دانه و برخی ویژگی‌های ریختی

Table 1. Correlation coefficient between mean temperature, cumulative temperature and cumulative radiation with grain yield and some of morphologic traits

	Grain yield (kg.ha ⁻¹)	Fertile tillers in m ²	Rate of tillering	Fertile tillers (%)	LAI
Cumulative temperature (°C)	0.775**	0.607**	0.571**	0.277 ^{ns}	0.615**
Cumulative radiation (MJ.m ⁻²)	0.844**	0.705**	0.646**	0.465**	0.708**
Mean temperature (°C)	-0.25 ^{ns}	-0.561**	-0.586**	-0.115 ^{ns}	-0.334*

ns, * و **: به ترتیب معنی‌دار نبودن و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

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

البته تفاوت معنی‌داری با رقم‌های علی‌کاظمی و هاشمی در زمان نشاکاری سوم و رقم سنگ جو در زمان‌های نشاکاری اول و دوم نداشت (شکل ۶). رقم‌های هاشمی، علی‌کاظمی، سنگ جو، خزر، درفک و گوهر با تأخیر در زمان نشاکاری به ترتیب با ۴۴، ۴۰/۵، ۳۱، ۸، ۴۸/۸ و ۴۴/۱ درصد افت عملکرد دانه روبه‌رو شدند. بنابراین رقم درفک بیشترین درصد افت عملکرد دانه را در میان رقم‌های موردبررسی از خود نشان داد و کمترین میزان نیز به رقم خزر اختصاص داشت.

با توجه به معنی‌دار نبودن آزمون یکنواختی واریانس‌ها، تجزیه مرکب روی صفت عملکرد دانه انجام شد (جدول ۲). مقایسه میانگین ترکیب‌های تیماری نشان داد که بیشترین عملکرد شلتوک در رقم‌های گوهر و درفک به ترتیب به میزان ۵۷۷۷ و ۵۱۰۸ کیلوگرم در هکتار در زمان نشاکاری اول به دست آمد که تفاوت معنی‌داری با دیگر ترکیب‌های تیماری موردبررسی داشتند. کمترین میزان عملکرد دانه در رقم سنگ جو در زمان نشاکاری سوم به دست آمد که

جدول ۲. جدول تجزیه واریانس مرکب اثر سال و تغییر در زمان کشت روی صفت عملکرد دانه در رقم‌های برنج

Table 2. Combined variance analyse of effect of year and effect of transplanting time on grain yield in rice cultivars

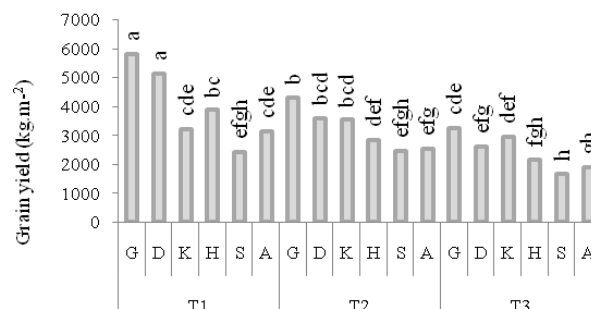
E _b	Y×G×T	Y×G	G×T	G	T×Y×R	T×Y	T	Y×R	Y	df
60	10	5	10	5	8	2	2	4	1	
441427.1	15865.4 ^{ns}	47048 ^{ns}	1499645**	12271880**	5776779 ^{ns}	6357.8 ^{ns}	20394610**	1348011.1	44620.8 ^{ns}	GY
	14.9			CV _b			20.9			CV _a

Y اثر سال، R اثر تکرار، T اثر زمان کشت، G اثر ژنوتیپ، E_b خطای کرت فرعی، df درجه آزادی، GY عملکرد دانه، CV_a ضریب تغییرپذیری کرت اصلی و CV_b ضریب تغییرپذیری کرت فرعی هستند.

** نشان‌دهنده معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد و ns نشان‌دهنده معنی‌دار نبودن است.

Y, R, T, G, E_b, GY, CV_a and CV_b are effect of year, replicant, transplanting time, genotype, subplot error, grain yield, CV of main plot and CV of subplot.

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



شکل ۶. مقایسه میانگین عملکرد دانه رقم‌های برنج (گوهر (G)، درفک (D)، خزر (K)، هاشمی (H)، سنگ جو (S) و علی کاظمی (A)) در زمان‌های نشاکاری (T₁ (زمان نشاکاری اول)، T₂ (زمان نشاکاری دوم) و T₃ (زمان نشاکاری سوم))

Figure 6. Mean comparison of grain yield of rice cultivars (In horizontal axis, rice cultivars: Gouhar (G), Dorfak (D), Khazar (K), Hashemi (H), Sangejo (S) And Alikazemi (A) and transplanting times as first transplanting time (T₁), second transplanting time (T₂) and third transplanting time (T₃))

گزارش Shan *et al.* (2011) روی رقم‌های برنج نیز با نتایج این تحقیق همخوانی دارد.

بررسی روابط همبستگی بین شمار پنجه بارور در مترمربع با دیگر ویژگی‌های ریختی و عملکرد دانه نشان داد که صفت بیان شده همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه در سطح احتمال ۱ درصد داشت (**۰/۷۸۱). این همبستگی مثبت و معنی‌دار با شمار کل پنجه در مترمربع، درصد پنجه بارور و شاخص سطح برگ نیز مشاهده شد. همان‌طور که در جدول یک مشاهده می‌شود شمار پنجه بارور در مترمربع همبستگی مثبت و معنی‌داری با دما و تابش جمعی در سطح احتمال ۱ درصد داشت. درحالی‌که صفت یادشده با دمای میانگین هوا در طول دوره رشد همبستگی منفی و معنی‌داری نشان داد. بر پایه نتایج بالا می‌توان نتیجه‌گیری کرد که صفت شمار پنجه بارور در مترمربع به شدت تحت تأثیر زمان‌های نشاکاری قرار گرفت و دریافت کمتر دما و تابش جمعی با تأخیر در زمان نشاکاری، باعث کاهش شمار پنجه بارور در مترمربع شد. از جمله عامل‌هایی که بر کاهش شمار پنجه بارور در مترمربع اثرگذار بود، افزایش دمای میانگین هوا، با تأخیر در زمان نشاکاری بود. مسئله بالا نشان داد که صفت شمار پنجه بارور در مترمربع در این تحقیق، به شدت تحت تأثیر دما قرار داشت. نتایج همسانی توسط Erfani *et al.* (1998)، Rafiei (2008) و Assuero & Tognetti (2010) گزارش شده است.

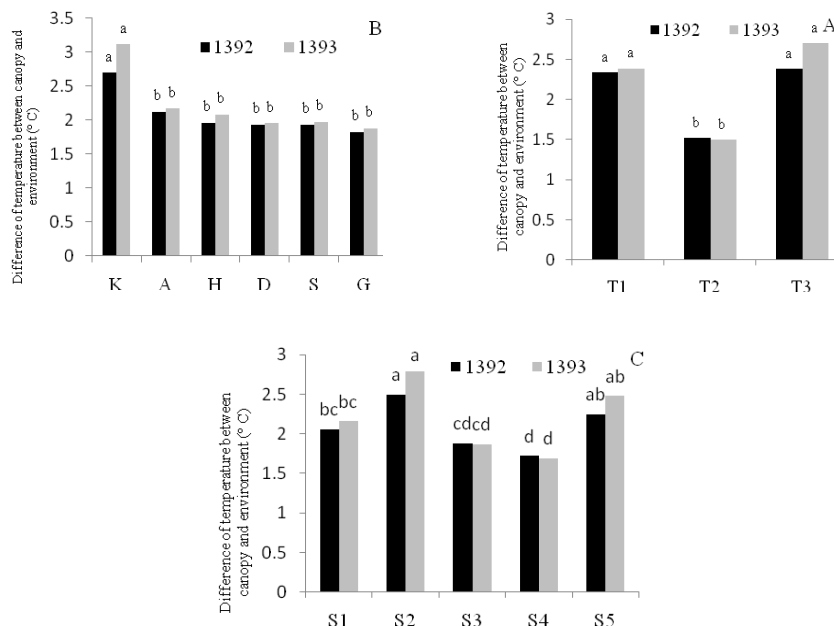
شمار پنجه کل در مترمربع روند همسانی در روابط با دیگر صفات موردبررسی داشت. درصد پنجه بارور

بررسی‌ها روی بسیاری از گیاهان زراعی نشان می‌دهد که تأخیر در زمان کاشت باعث کاهش عملکرد دانه می‌شود (Egli & Cornelius, 2009; Sindelar *et al.*, 2010). نتایج این پژوهش نشان داد که با تأخیر در زمان کاشت، به علت بالا رفتن دمای میانگین هوا تا میزان ۲۵/۳ درجه سلسیوس در سال اول و ۲۸/۳ درجه سلسیوس در سال دوم آزمایش و کاهش تابش دریافتی تا میزان ۱۰/۱ مگاژول بر مترمربع در روز در سال اول و ۱۳/۳ مگاژول بر مترمربع در روز در سال دوم و در نتیجه کاهش در دما و تابش جمعی دریافتی در طول دوره پر شدن دانه رقم‌ها، شرایط نامساعدی برای پر شدن دانه ایجاد شده است. همان‌طور که در شکل شش مشاهده می‌شود پاسخ رقم‌ها به زمان‌های نشاکاری یکسان نیست. رقم‌های سنگ جو و خزر با تأخیر در زمان نشاکاری، کمترین میزان کاهش در عملکرد دانه در بین رقم‌های موردآزمایش را داشتند. با توجه به اینکه رقم خزر به‌طور معنی‌داری عملکرد بیشتری نسبت به رقم سنگ جو دارد، می‌تواند به‌عنوان پایدارترین رقم از نظر میزان عملکرد دانه در این آزمایش معرفی شود. You *et al.* (2009) کاهش معنی‌داری در عملکرد دانه رقم‌های گندم در شرایط دمای بالا مشاهده کردند. نتایج تحقیق Ahmed & Hassan (2011) اثرگذاری‌های ناسازگار شرایط اقلیمی در زمان‌های کشت دیر هنگام به‌ویژه دمای بالا را عامل اصلی کاهش عملکرد دانه در رقم‌های گندم گزارش کردند و راهکار مناسب برای پرهیز از این هم‌زمانی را اتخاذ زمان کاشت زودتر دانستند.

آن‌ها در شرایط دما و تابش متفاوت می‌تواند به پایداری عملکردی آن‌ها کمک کند.

نتایج ناشی از تجزیهٔ واریانس ساده روی صفت تفاوت دمای پوشش گیاهی با محیط نشان داد که در سال اول و دوم تحقیق، اثر زمان کشت، رقم، زمان نمونه‌برداری، اثر متقابل زمان نمونه‌برداری در زمان کشت و اثر متقابل زمان نمونه‌برداری در رقم در سطح احتمال ۱ درصد و اثر متقابل زمان نمونه‌برداری در سال اول و دوم به ترتیب در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد معنی‌دار شد. رقم‌های موردبررسی در زمان‌های کشت مختلف در برابر زمان‌های نمونه‌برداری پاسخ‌های متفاوتی داشتند. این موضوع نشان می‌دهد بسته به اینکه زمان نمونه‌برداری در کدام مرحلهٔ زایشی و در چه شرایط محیطی انجام می‌شود تغییرپذیری صفت یادشده متفاوت بود. با توجه به پیچیدگی روابط متقابل و به‌منظور درک مناسب‌تر تغییرپذیری، مقایسهٔ میانگین بر پایهٔ اثرگذاری‌های اصلی صورت گرفت (شکل ۷).

همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه و تابش تجمعی در سطح احتمال ۱ درصد داشت. هرچند همبستگی معنی‌داری بین صفات یادشده با دمای تجمعی، دمای میانگین هوا و درصد پنجهٔ بارور مشاهده نشد. بنابراین درصد پنجهٔ بارور با توجه به نبود همبستگی معنی‌دار با دمای تجمعی، کمتر تحت تأثیر زمان نشاکاری قرار گرفت و بیشتر تحت تأثیر اثر رقم بود. با توجه به مطالب بالا می‌توان نتیجه‌گیری کرد که صفات شمار پنجهٔ بارور و کل در مترمربع به‌طور مؤثرتری نسبت به درصد پنجهٔ بارور، می‌توانند تغییرپذیری عملکردی رقم‌های برنج را در شرایط متفاوت دما و تابش توجیه کنند. با توجه به همبستگی مثبت و معنی‌دار شاخص سطح برگ با عملکرد دانه، پنجهٔ بارور و کل در مترمربع، دما و تابش تجمعی و همبستگی منفی و معنی‌دار آن با دمای میانگین هوا در طول دورهٔ رشد، می‌توان نتیجه‌گیری کرد که رقم‌هایی با ویژگی شمار پنجهٔ کل و بارور در مترمربع بالا و در نتیجه شاخص سطح برگ بیشتر، عملکرد دانهٔ بالاتری دارند و تغییرپذیری اندک



شکل ۷. مقایسهٔ میانگین تأثیر اصلی زمان کشت (الف)، رقم (ب) و زمان نمونه‌برداری (ج) بر صفت تفاوت دمای تاج‌پوشش و محیط در رقم‌های برنج (در محور افقی، رقم‌های برنج به‌صورت گوهر (G)، درفک (D)، خزر (K)، سنگ جو (S)، علی‌کاظمی (A) و هاشمی (H) نمایش داده شده‌اند؛ T1، T2 و T3 به ترتیب نشان‌دهندهٔ زمان نشاکاری اول، دوم و سوم هستند؛ S1، S2، S3، S4 و S5 به ترتیب زمان نمونه‌برداری اول، دوم، سوم، چهارم و پنجم را نشان می‌دهند.)

Figure 7. Mean comparison of main effects transplanting time (A), cultivar (B) and sampling time (C) on difference of temperature between canopy and environment in rice cultivars (In horizontal axis, rice cultivars: Gouhar (G), Dorfak (D), Khazar (K), Hashemi (H), Sangejo (S) And Alikazemi (A) and transplanting times as first transplanting time (T1), second transplanting time (T2) and third transplanting time (T3) and S1, S2, S3, S4 and S5 are first, second, third, fourth and fifth sampling times respectively.)

تاج‌پوشش گیاهی رقم‌های برنج گزارش کردند که رقم‌هایی از برنج با داشتن خوشه عمودی، تفاوت دمایی بیشتری از رقم‌های دیگر با خوشه‌های افقی نشان دادند. در این تحقیق نیز رقم خزر به علت داشتن ویژگی‌های خاص ریختی مانند داشتن خوشه عمودی، قادر به ایجاد تفاوت دمایی بیشتری نسبت به رقم‌های دارای خوشه افقی مانند رقم‌های بومی سنگ جو، علی‌کازمی و هاشمی بود. اگرچه با توجه به وجود این ویژگی در رقم‌های درفک و گوهر، به نظر می‌رسد سازوکارهای دیگری نیز در رقم خزر وجود دارند که منجر به تفاوت بیشتر دمایی تاج‌پوشش گیاهی با محیط می‌شوند. این سازوکارها می‌تواند به فعالیت‌های آنزیم‌های پاداکسندگی (آنتی‌اکسیدانته)، چرخه‌های دفاعی یاخته، پروتئین‌های تکانه (شوک) گرمایی و دیگر فرآیندهای یاخته‌ای و مولکولی مربوط باشد (Krishnan *et al.*, 2011) که نیاز به بررسی بیشتری دارد.

در این بررسی، بین زمان نشاکاری دوم و اول اختلاف معنی‌داری از لحاظ تفاوت دمایی تاج‌پوشش گیاهی با محیط وجود داشت. عاملی که بر تفاوت کمتر دمایی تاج‌پوشش گیاهی با محیط در زمان نشاکاری دوم نسبت به زمان نشاکاری اول اثر گذاشت، افزایش دمایی میانگین هوا در زمان نشاکاری دوم در دوره پر شدن دانه بود (شکل ۷-الف). بررسی‌ها Yan *et al.* (2008) نشان داد که در دماهای پایین هوا، اختلاف دمایی پوشش گیاهی با محیط در مرحله پر شدن دانه بیشتر است و در دماهای بالای محیط، اختلاف دمایی تاج‌پوشش گیاهی با محیط در مرحله پر شدن دانه کمتر است که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد. زمان نمونه‌برداری یک، دو، سه، چهار و پنج به ترتیب در حدود با مراحل گرده‌افشانی، شیری، خمیری، خمیری سفت و رسیدگی فیزیولوژیک دانه مصادف بود. رقم‌های موردبررسی بیشترین تفاوت دمایی تاج‌پوشش گیاهی با محیط را در زمان نمونه‌برداری دوم که در حدود مصادف با آغاز مرحله شیری شدن دانه بود نشان دادند. بنابراین به نظر می‌رسد رقم‌های برنج با توجه به مرحله پر شدن دانه، تغییرپذیری دمایی معنی‌داری در تاج‌پوشش گیاهی

مقایسه میانگین اثر رقم روی صفت تفاوت دمایی پوشش گیاهی با محیط نشان داد که رقم خزر در سال اول و دوم به ترتیب با ۲/۶۹ و ۳/۱۱ درجه سلسیوس، بیشترین تفاوت دمایی تاج‌پوشش گیاهی با محیط را داشت و در نتیجه دمایی پایین‌تر و خنک‌تر تاج‌پوشش گیاهی نسبت به دمایی محیط داشت. بررسی تأثیر زمان کشت روی صفت یادشده گویای آن بود که کمترین تفاوت دمایی تاج‌پوشش گیاهی با محیط، در زمان نشاکاری دوم به میزان ۱/۵ درجه سلسیوس (میانگین دو سال) به دست آمد که اختلاف معنی‌داری با دیگر زمان‌های نشاکاری داشت. بررسی تأثیر زمان نمونه‌برداری نیز نشان داد که بیشترین تفاوت دمایی پوشش گیاهی با محیط، در زمان نمونه‌برداری دوم به میزان ۲/۵ و ۲/۸ درجه سلسیوس به ترتیب در سال اول و دوم رخ داد که البته اختلاف معنی‌داری با زمان نمونه‌برداری پنجم نداشت. کمترین تفاوت دمایی تاج‌پوشش گیاهی با محیط در زمان نمونه‌برداری چهارم به میزان ۱/۷ درجه سلسیوس به دست آمد و اختلاف معنی‌داری بین زمان نمونه‌برداری چهارم و سوم مشاهده نشد.

یکی از راه‌های مؤثر برای بررسی تأثیر دمایی محیط روی رقم‌های برنج، بررسی دمایی تاج‌پوشش گیاهی و بررسی تفاوت دمایی آن‌ها با محیط است (Yan *et al.*, 2008). Feng *et al.* (2005) با بررسی تفاوت دمایی تاج‌پوشش گیاهی رقم‌های گندم با محیط نشان دادند که به‌طور کلی رقم‌هایی از گندم که بتوانند دمایی تاج‌پوشش گیاهی خود را پایین‌تر از دمایی محیط نگه دارند، قادر به عملکرد فیزیولوژیک بهتر در شرایط تنش دمایی بالا هستند. در این بررسی رقم خزر بیشترین تفاوت دمایی تاج‌پوشش گیاهی با محیط در مقایسه با دیگر رقم‌ها را داشت و دمایی تاج‌پوشش گیاهی خنک‌تری نسبت به محیط داشت. این اختلاف دمایی بیشتر می‌تواند در مرحله پر شدن دانه به کاهش تنفس تاج‌پوشش گیاهی (Berry & Bjorkman, 1980)، افزایش در فرآیند نورساخت (Reynolds *et al.*, 1994) و در نهایت حفظ و پایداری باروری سنبلچه و عملکرد دانه در شرایط نامساعد دمایی منجر شود. Yan *et al.* (2008) در بررسی دمایی

تاجپوشش گیاهی با محیط را داشت که این مسئله توانست در شرایط نامساعد محیطی همچون دمای میانگین بالا و دریافت کمتر دما و تابش جمعی در طول دوره رشد به‌ویژه در دوره پر شدن دانه، با توجه به خنک‌تر بودن تاجپوشش گیاهی، به کارکرد بهتر فرآیندهای فیزیولوژیک و بیوشیمیایی رقم یادشده کمک کند. بنابراین به نظر می‌رسد حفظ پایداری عملکرد رقم خزر در زمان‌های مختلف نشاکاری و روبه‌رو شدن با شرایط دما و تابش متفاوت، می‌تواند به حفظ شمار پنجه بارور و داشتن دمای تاجپوشش گیاهی پایین‌تر از محیط نسبت به دیگر رقم‌های مربوط باشد.

خود نسبت به محیط دارند که این موضوع نیاز به بررسی‌های بیشتری دارد.

بالا بودن سرعت پنجه‌زنی در کنار شاخص سطح برگ بالا می‌تواند از عامل‌های مهم در دستیابی به میانگین عملکرد دانه بالا در رقم‌هایی چون گوهر و درفک در زمان‌های نشاکاری متفاوت باشد که رقم خزر از لحاظ صفات یادشده کارکرد متوسطی داشت. رقم خزر، به‌رغم عملکرد متوسط، با حفظ شمار پنجه بارور توانست پایداری عملکرد خود را در شرایط متفاوت دما و تابش حفظ کند. بررسی اختلاف دمای تاجپوشش گیاهی و محیط در رقم‌های موردبررسی نشان داد که رقم خزر بیشترین اختلاف دمای

REFERENCES

- Ahmed, M. & Hassan, F. (2011). Cumulative effect of temperature and solar radiation on wheat yield. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici*, 39(2), 146-152.
- Assuero, S. & Tognetti, J. (2010). Tillering regulation by endogenous and environmental factors and its agricultural management. *The Americas Journal of Plant Science and Biotechnology*, 4(1), 35-48.
- Ayeneh A., Ginkel, M.V., Reynolds, M.P. & Ammar, K. (2002). Comparison of leaf, spike, peduncle and canopy temperature depression in wheat under heat stress. *Field Crops Research*, 79, 173-184.
- Badshah, M.A., Tu, N., Zou, Y., Ibrahim, M. & Wang, Ke. (2014). Yield and tillering response of super hybrid rice Liangyoupeijiu to tillage and establishment methods. *The Crop Journal*, 2, 79-86.
- Baloch, M.S., Awan, I.U. & Hassan, G. (2006). Growth and yield of rice as affected by transplanting dates and seedlings per hill under high temperature of Dera Ismail Khan, Pakistan. *Journal of Zhejiang University Science*, 7(7), 572-579.
- Berry, J. & Bjorkman, O. (1980). Photosynthetic response and adaptation to temperature in higher plants. *Annual Review of Plant Physiology*, 31, 491-532.
- Castilla, L. A., Sierra, J., Pineda, D., Echeverry, J., Garcés, G. & Perafán, R. (2010). Arroz y el cambio climático en Colombia: Análisis en la producción arrocería en el Tolima, Periodo 2009 B-2010 A. *Revista Arroz*, 58, 4-11.
- Deng, N., Ling, X., Sun, Y., Zhang, C., Fahad, Sh., Peng, Sh., Cui, K., Nie, L. & Huang, J. (2015). Influence of temperature and solar radiation on grain yield and quality in irrigated rice system. *European Journal of Agronomy*, 64, 37-46.
- Dharmarathna, W.R.S.S., Herath, S. & Weerakoon, S.B. (2012). Changing the planting date as a climate change adaptation strategy for rice production in Kurunegala district, Sri Lanka. *Sustain science*, 12, 192-200.
- Dodge, M. & Stinson, C. (2007). Microsoft Office Excel 2007 inside out. Microsoft Press. 1008 Pages.
- Egli, D.B. & Cornelius, P.L. (2009). A regional analysis of the response of soybean yield to planting date. *Agronomy Journal*, 101, 330-335.
- Elliott, R.J. (2000). Learning SAS in the Computer Lab. Pacific Grove, CA: Duxbury Press. 236 Pages.
- Erfani, A., Mazaheri, D. & Hashemi Dezfali, A. (1998). Study of effect of nitrogen and transplanting date on yield and physiological growth indices in rice. The 5th Iranian congress of agronomy and Plant Breeding. S. P. I. I., Karaj. Page 434. (in Farsi)
- Feng, B.L., Gao, X.L., Zhao, L., Gao, J.F., Wang, C.F. & Zhang, S.W. (2005). Relationships between canopy temperature and biological characters of wheat under drought conditions. *Chinese Journal of Ecology*, 24, 508-512.
- Ghosh, D.C. & Singh, B.P. (1998). Crop growth modeling for wet land rice management. *Environment and Ecology*, 16(2), 446-449.
- Krishnan, P., Ramakrishnan, B., Raja Reddy, K. & Reddy, V.R. (2011). Advances in Agronomy. In: (ed.), High Temperature Effects on Rice Growth, Yield, and Grain Quality. Academic Press, Burlington. pp. 87-206.
- Matsui, T., Omasa, K. & Horie, T. (2001). The difference in sterility due to high temperatures during the flowering period among japonica rice varieties. *Plant Production Science*, 4, 90-93.

18. Nagarajan, S., Jagadish, S.V.K., Hari Prasad, A.S., Thomar, A.K., Anand, A., Pal, M. & Agarwal, P.K. (2010). Local climate affects growth, yield and grain quality of aromatic and non-aromatic rice in northwestern India. *Agriculture Ecosystem Environment*, 138, 274-281.
19. Ozalkan, C., Seprto, H. & Daur, I. (2010). Relationship between some plant growth parameters and grain yield chickpea during different growth stages. *Turkish Journal of Field Crops*, 15(1), 79-83.
20. Oh-e, I., Saitoh K. & T. Kuroda. (2007). Effects of high temperature on growth, yield and dry-matter production of rice grown in the paddy field. *Plant Production Science*, 10, 412-422.
21. Payne, R. W. (2009). *GenStat. Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Statistics*, 1(2), 255-258.
22. Pinthus, M. J. & Meiri, J. (1979). Effects of the reversal of day and night temperature on tillering and on the elongation of stems and leaf blades of wheat. *Journal of Experimental Botany*, 30, 319-326.
23. Rafiei, M. (2008). Effect of planting date on yield of some rice cultivars in Khorramabad condition. *Seed and plant production*, 24(2), 251-263. (in Farsi)
24. Reynolds M.P., Balota, M., Delgado, M.I.B., Amani, I. & Fischer, R.A. (1994). Physiological and morphological traits associated with spring wheat yield under hot, irrigated conditions. *Australian Journal of Plant Physiology*, 21, 717-730.
25. Shan, F., Huang, J., Cui, K., Nie, L., Shan, T., Chen, C. & Wang, K. (2011). Impact of high-temperature stress on rice plant and its traits related to tolerance. *Journal of Agricultural Science*, 149, 545-556.
26. Sindelar, A.J., Roozeboom, K.L., Gordon, W.B. & Heer, W.F. (2010). Corn response to delayed planting in the Central Great Plains. *Agronomy Journal*, 102, 530-536.
27. Wada, Y., Yun, S., Sasaki, H., Maeda, T., Miura, K. & Watanabe, K. (2002). Dry matter production and nitrogen absorption of *Japonica-indica* hybrid rice cultivars grown under upland conditions-a comparison with *Japonica* cultivars. *Japanese journal of Crop Science*, 71(1), 28-35.
28. Welch, J.R., Vincent, J.R., Auffhammer, M., Moya, P.F. & Dobermann, A. (2010). Rice yields in tropical/subtropical Asia exhibit large but opposing sensitivities to minimum and maximum temperatures. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 102, 1026-1033.
29. Yamamoto, Y., Tamori, T. & Kawaguchi, S. (1985). Relations between weather and growth of rice plant. 1. Effects of air temperature on the growth of rice plant in the first half stage. *Bulletin of Toyama Agricultural Experimental Station*, 16, 20-26.
30. Yan, C.H., Ding, Y., Liu, Z., Wang, Q., Li, G., He, Y. & Wang, S.H. (2008). Temperature Difference between the Air and Organs of Rice Plant and Its Relation to Spikelet Fertility. *Agricultural Sciences in China*, 7(6), 678-685.
31. Yoshida, S. (1976). Carbon dioxide and yield of rice. "Climate and Rice", pp. 211-221. International Rice Research Institute, Los Banos, Philippines.
32. Yoshida, S. & Hara, T. (1977). Effects of air temperature and light on grain filling of an indica and japonica rice under controlled environmental conditions. *Soil Science and Plant Nutrition*, 23, 93-107.
33. You, L., Rosegrant, M.W., Wood, S. & Sun, D. (2009). Impact of growing season temperature on wheat productivity in China. *Agricultural and Forest Meteorology*, 149, 1009-1014.
34. Zhang, W., Han, Y. & Du, H. (2007). Relationship between Canopy Temperature at Flowering Stage and Soil Water Content, Yield Components in Rice. *Rice Science*, 14(1), 67-70.

Effects of transplanting time and canopy temperature on morphological traits and grain yield of rice cultivars

Amir Vahdatirad¹, Masoud Esfahani^{2*}, Gholamreza Mohsenabadi³, Atefeh Sabouri⁴ and Ali Alami⁵

1, 2, 3, 4, 5. Ph. D. Student, Professor and Assistant Professors, Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture, University of Guilan, Iran

(Received: Aug. 24, 2015 - Accepted: Nov. 25, 2015)

ABSTRACT

Because of importance of morphological characteristics, canopy temperature and their relationship with grain yield in rice varieties, an experiment was conducted based on split plot in a randomized complete block design with three replications in two years (2013-2014) at the College of Agriculture, University of Guilan. The experiment consisted of three transplanting times (5, 20 May and 5 June) as main plot and six cultivars of rice (Hashemi, Sange jo, Ali Kazemi, Dorfak, Khazar and Gouhar) as sub plots. The results showed that with delaying of transplanting time, number of fertilized tillers decreased up to 6.4 and 6.1 fertilized tillers at first and second year, respectively. With delaying in transplanting time, leaf area index decreased up to 1.6 and 1.51 in first and second year, respectively, and reduced tillering rate up to 0.08 tillers. Comparison of the temperature difference between canopy and environmental showed that Khazar cultivar had the highest temperature difference between canopies and environmental in amount of 2.69 and 3.11°C in the first and second year, respectively, and exhibited lower temperature of canopy compared to environment. The results showed that grain yield of rice cultivars except Khazar significantly reduced with delaying in transplanting time. So it should be noted that the Khazar, with the number of fertilized tillers and lower canopy temperature than other cultivars at different times, could be maintained their functional stability in front of unfavorable conditions such as the high average temperature, lower intake cumulative temperature and radiation during the growing season, especially during the grain filling stage.

Keywords: Canopy temperature, fertilized tiller, rice and tillering rate.

* Corresponding author E-mail: mesfahan@yahoo.com

Tel: + 98 911 1321386