Archive of SID
doi: 10.22124/c.2018.4319.1178

تحقیقات غلات

دوره هشتم/ شماره دوم/ تابستان ۱۳۹۷ (۱۵۵-۱۳۹)

اثر زمان نشاکاری بر جذب و کارایی مصرف تابش در ارقام برنج (*Oryza sativa* L.)

حاتم حاتمی[۱]، غلامرضا محسن‌آبادی[۲]، مسعود اصفهانی[۳]*، بهمن امیری‌لاریجانی[۴] و علی اعلمی[۵]

تاریخ دریافت: ۹۵/۱/۳۰ تاریخ پذیرش: ۹۵/۴/۲۰

چکیده

شکل‌گیری عملکرد دانه به عواملی مانند میزان انرژی تابشی در دسترس و ویژگی‌های ژنتیکی گیاه مانند میزان جذب تابش، کارایی تبدیل تابش جذب‌شده به زیست‌توده و سهم زیست‌توده در عملکرد دانه بستگی دارد. در راستای تغییر اقلیم، به‌منظور بررسی تاثیرپذیری این ویژگی‌ها از عوامل و شرایط محیطی، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مرکز ترویج و توسعه تکنولوژی هراز در بهار سال‌های ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ اجرا و جهت مواجه شدن ارقام برنج با شرایط محیطی مختلف از سه زمان نشاکاری استفاده شد. فاکتورهای آزمایشی شامل شش رقم برنج (صمدی، هاشمی، طارم، شیرودی، کشوری و گوهر) و سه زمان نشاکاری (۱۵ اردیبهشت، ۳۰ اردیبهشت و ۲۰ خرداد) بودند. نتایج نشان داد که ارقام برنج از نظر عملکرد دانه، زیست‌توده، شاخص سطح برگ در مرحله ۵۰ درصد گلدهی و ۲۰ روز پس از گلدهی، شاخص برداشت، تابش فعال فتوسنتزی (PAR) جذبی تجمعی، درصد تابش فعال فتوسنتزی جذبی و کارایی مصرف تابش، سرعت و مدت پر شدن دانه و تعداد خوشه در واحد سطح اختلاف معنی‌داری داشتند. کلیه ویژگی‌های گیاهی مورد مطالعه به غیر از کارایی مصرف تابش در زمان‌های مختلف نشاکاری دارای اختلاف معنی‌داری بودند. بیش‌ترین عملکرد دانه، زیست‌توده، شاخص برداشت، PAR دریافتی تجمعی، PAR جذبی تجمعی، مدت پر شدن دانه و طول دوره رشد در زمان نشاکاری اول (به‌ترتیب ۷۲۰۴ کیلوگرم در هکتار، ۱۷۲۲۹ کیلوگرم در هکتار، ۴۱/۹ درصد، ۱۰۵۰ مگاژول در مترمربع، ۸۲۷ مگاژول در مترمربع، ۲۰/۶ روز و ۱۰۵ روز) و کم‌ترین مقدار آن‌ها در زمان نشاکاری سوم حاصل شد. نتایج این تحقیق نشان داد که تغییر در زمان نشاکاری ارقام برنج باعث تغییر میانگین دما طی دوره رشد، تغییر میزان تابش دریافتی تجمعی و به تبع آن تغییر تابش جذبی تجمعی شد، اما اثر معنی‌داری بر کارایی مصرف تابش نداشت.

واژه‌های کلیدی: پرشدن دانه، تابش فعال فتوسنتزی، زیست‌توده، شاخص سطح برگ

۱- دانشجوی دکتری، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران

۲- استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران

۳- استاد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران

۴- استادیار پژوهش، موسسه تحقیقات برنج کشور، معاونت آمل، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، آمل، ایران

۵- دانشیار، گروه بیوتکنولوژی کشاورزی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران

* نویسنده مسئول: esfahani@guilan.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

در شکل‌گیری عملکرد دانه گیاهان زراعی عواملی چون میزان انرژی تابشی در دسترس و ویژگی‌های ژنتیکی گیاه مانند میزان جذب تابش، کارایی تبدیل تابش جذب شده به زیست‌توده و سهم زیست‌توده در عملکرد دانه نقش دارند (Long *et al.*, 2006). ارزیابی کارایی مصرف تابش یا RUE (Radiation Use Efficiency) راهکاری موثر و کارآمد برای کمّی کردن تجمع ماده خشک در گیاهان زراعی معرفی شده است. این نسبت به ازای جذب هر واحد تابش فعال فتوسنتزی تعریف می‌شود (Monteith, 1977). در شرایط مطلوب، تجمع خالص زیست توده (فتوسنتز ناخالص منهای تنفس) به طور خطی با جذب تابش ارتباط دارد و شیب این خط (مقدار ماده خشک تولید شده به ازاء هر واحد تابش جذب شده) به عنوان کارآیی مصرف تابش خوانده می‌شود (Kiniry *et al.*, 1989; Sinclair and Horie, 1989). یکی از پیش‌شرط‌های لازم برای دستیابی به عملکرد بالا، تامین شرایط مطلوب جهت استفاده از تابش خورشیدی به منظور تولید مواد فتوسنتزی در بالاترین حد کارآیی آن است (بهشتی و همکاران، ۱۳۸۱). فتوسنتز و در نتیجه زیست توده تولیدی به طور مستقیم با میزان تابش جذب شده توسط پوشش گیاهی مرتبط است (Sinclair and Horie, 1989, Monteith and Unsworth, 1990). ارتباط عملکرد دانه با کارایی دریافت و جذب تابش توسط گیاه تا حد زیادی تابع شاخص سطح برگ (Rosati and Djong, 2003)، تطبیق حداکثر شاخص سطح برگ با حداکثر تابش در دسترس (Sinclair and Horie, 1989)، ضریب خاموشی (Rosati and Djong, 2003) و همچنین کارایی مصرف تابش (Rosati *et al.*, 2004) می‌باشد. شاخص سطح برگ، دوام سطح برگ و آرایش فضایی اندام‌های هوایی گیاهی عوامل موثر در میزان جذب تابش ورودی به درون پوشش گیاهی در مراحل مختلف نمو گیاه می‌باشند (Dwyer *et al.*, 1992). تعدادی از محققان رابطه نزدیکی بین رشد و عملکرد گیاهان زراعی و جذب تابش بدست آوردند (Li *et al.*, 2009; Miranzadeh *et al.*, 2011; Ahmad *et al.*, 2012).

مقایسه میزان RUE ذرت، سویا و برنج نشان داد که گیاه برنج به رغم نبود مسیر فتوسنتزی گیاهان چهارکربنه، به دلیل تولید زیاد کربوهیدرات‌ها، RUE بالاتری در مقایسه با سایر گیاهان سه‌کربنه داشت (Sinclair and Muchow, 1999). آن‌ها بیشینه کارایی مصرف تابش پتانسیل برنج را در حدود ۱/۵ گرم بر مگاژول بر اساس تابش خورشیدی جهانی (معادل ۲/۹ گرم بر مگاژول بر اساس PAR) پیشنهاد کردند. میزان RUE در برنج از ۲/۰۹ (Kiniry *et al.*, 2001) تا ۵/۰۹ گرم بر مگا ژول در مترمربع بر اساس PAR (Cambpell *et al.*, 2001) گزارش شده است. میزان RUE برنج ۲/۲ ، گندم ۲/۷ و ذرت ۳/۳ گرم ماده خشک بر مگاژول ذکر گردیده است (Mitchel *et al.*, 1998). کارایی مصرف تابش ارقام برنج رشد یافته در کیوتو (Kyoto) و یوان (Yunnan) با استفاده از روش مونتیس (Monteith, 1977) برآورد شد و عدد ۱/۴۷ گرم بر مگا ژول گزارش شد (Katsura *et al.*, 2008).

در مطالعات مختلف میزان RUE برنج متفاوت گزارش شده است. دلیل این اختلاف را می‌توان به نحوه اندازه‌گیری تابش، نحوه محاسبه PAR از مجموع تابش یا تغییرات تابش جذبی در طول فصل رشد، اختلاف بین تابش دریافت شده توسط گیاه با مقدار تابش جذب شده، در نظر گرفتن یا صرف نظر کردن از سهم زیست توده ریشه در زیست توده کل گیاه، اندازه‌گیری بین دو مرحله متوالی یا کل دوره رشد، مکان‌های مختلف اندازه‌گیری، حجم نمونه‌های اندازه‌گیری، دما و در نهایت وضعیت مواد غذایی و آب در دسترس گیاه نسبت داد (Sinclair and Muchow, 1999). در گزارشی رقم، تراکم و تاریخ کاشت تاثیری بر ضریب خاموشی ارقام مختلف گندم و جو نداشت (Kemanian *et al.*, 2004)، البته در گیاهان زراعی تغییر قابل ملاحظه کارایی مصرف تابش در شرایط مختلف محیطی گزارش شده است (Sinclair *et al.*, 1992).

بنابراین، در این پژوهش ضمن مقایسه ارقام برنج، اثر زمان‌های نشاکاری بر میزان انرژی تابشی در دسترس، میزان جذب تابش، کارآیی تبدیل تابش جذب شده به زیست توده و سهم زیست توده در عملکرد دانه و و ارتباط آن‌ها با سایر صفات گیاهی در دو گروه برنج بومی و اصلاح شده مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در بهار سال ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳در مزرعه آزمایشی مرکز ترویج و توسعه تکنولوژی هراز به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه

www.SID.ir

Archive of SID

تکرار اجرا گردید. تیمارهای آزمایشی شامل ارقام بومی و اصلاح شده برنج در شش سطح (سه رقم بومی شامل صمدی، هاشمی و طارم و سه رقم اصلاح شده شامل شیرودی، کشوری و گوهر) و سه زمان نشاکاری (۱۵ اردیبهشت، ۳۰ اردیبهشت و ۲۰ خرداد) بودند. ارقام در سه دسته زودرس، متوسط رس و دیررس قرار دارند (جدول ۱). در زمان نشاکاری متوسط دمای هوا در سال ۱۳۹۲ به ترتیب معادل ۱۸، ۱۹ و ۲۱/۵ درجه سانتی‌گراد و دمای خاک به ترتیب معادل ۲۱، ۲۴/۲ و ۲۶ درجه سانتی‌گراد بود. در سال ۱۳۹۳ متوسط دمای هوا به ترتیب معادل ۱۸، ۲۰/۸ و ۲۴ درجه سانتی‌گراد و دمای خاک به ترتیب معادل ۲۱، ۲۵/۵ و ۲۷ درجه سانتی‌گراد بود که از ایستگاه هواشناسی محل اجرای آزمایش دریافت گردید. اندازه کرت‌های آزمایشی ۴×۳ متر در نظر گرفته شده و گیاهچه‌های برنج به صورت تک نشاء به فاصله۲۰×۲۰ (برای ارقام بومی) و به فاصله ۲۵×۲۰ سانتی متر (برای ارقام اصلاح شده) نشاکاری شدند (Solymani and Amiri, 2004). کوددهی و سایر عملیات داشت بر اساس توصیه‌های زراعی موسسه تحقیقات برنج کشور برای هر رقم اجرا شد و برای ارقام بومی و اصلاح شده میزان کود اوره، سوپر فسفات تریپل و سولفات پتاسیم به ترتیب ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار مورد استفاده قرار گرفت. کل کود فسفاته بهمراه یک سوم کود اوره و نصف کود پتاسه قبل از نشاکاری به عنوان کود پایه مصرف شد. یک سوم کود اوره در ۲۵- ۲۰ روز پس از نشاکاری و یک سوم کود اوره و نصف کود پتاسه در زمان ظهور خوشه اولیه استفاده شد. برای کنترل علف هرز اویارسلام و سوروف، علف‌کش بن-سولفورون متیل و بوتاکلر قبل از نشاکاری مصرف شد و برای کنترل آفت ساقه‌خوار برنج در دو مرحله گرانول‌پاشی دریازینون ۱۰ درصد انجام شد. برای رقم پرمحصول شیرودی در زمان حداکثر پنجه‌دهی برای مبارزه با بیماری شیت‌بلایت با قارچ‌کش پروپیکونازول (تیلت) محلول‌پاشی صورت گرفت. در هر کرت ردیف‌های اول و دوم کاشت به عنوان حاشیه در نظر گرفته شده و اندازه‌گیری‌ها و نمونه برداری برای ویژگی‌های مورد نظر از قسمت‌های باقی مانده هر کرت انجام شد (Kwachai, 1972). مراحل فنولوژیک گیاه برنج بر پایه دستورالعمل BBCH ثبت گردید. در این دستورالعمل نمو گیاه به ده مرحله اصلی تقسیم شده و هر مرحله اصلی شامل مراحل فرعی رشد است.

جدول ۱- ویژگی‌های ارقام برنج مورد مطالعه در این تحقیق. منبع: موسسه تحقیقات برنج کشور

Table 1. Characteristics of the rice varieties studied in this research. Source: Rice Research Institute of Iran

Variety	Plant height (cm)	No. of tiller	Grain yield (ton.ha^{-1})	Growth period (day)	Days from transplanting to 50% flowering
Tarom Samadi	175	12.5	4.5	110	50
Tarom Hashemi	140	15	3.8-4.1	113	52
Tarom Mahalli	142.5	14	3.8-4.2	118	57
Shiroodi	106	19	7.5	134	75
Keshvari	115	17	7.5-8.5	130	70
Gohar	120	14	9-10	145	85

میزان تابش خورشیدی دریافتی یا رسیده به سطح پوشش گیاهی (مگا ژول در مترمربع) با استفاده از دستگاه سولاریمتر نصب شده در ارتفاع یک و نیم متری از سطح زمین در ایستگاه هواشناسی محل اجرای آزمایش اندازه‌گیری و ۵۰ درصد آن به‌عنوان تابش فعال فتوسنتزی در نظر گرفته شد. کارآیی مصرف تابش از نسبت وزن خشک کل اندام هوایی در مرحله رسیدگی به تابش دریافتی تجمعی در کل دوره رشد محاسبه شد (Yunbo *et al.*, 2009). جذب تابش توسط پوشش گیاهی بین ساعت ۱۱:۰۰ و ۱۳:۰۰ در زمان‌های اواسط پنجه‌زنی، آغازش خوشه، به ساقه رفتن، ۱۵ روز بعد از گلدهی و زمان رسیدگی در بالا و کف پوشش گیاهی به‌طور هم‌زمان

www.SID.ir

Archive of SID

با استفاده از تابش‌سنج (ساخت شرکت SKY Instruments کشور انگلستان، SpectroSence2^{+} مدل SKL 908/2 0805) اندازه‌گیری شد. در هر نوبت در پایین پوشش گیاهی در محل معینی از محل تقاطع قطرهای هر کرت، برای هر کرت در چهار محل به صورت عمود بر جهت ردیف‌ها و موازی ردیف‌های کاشت در پایین پوشش گیاهی قرائت شد و متوسط این چهار قرائت جهت تعیین و محاسبه میزان تابش دریافتی برای پوشش گیاهی مورد استفاده قرار گرفت. درصد جذب تابش (LI) با استفاده از رابطه (۱) محاسبه شد که در آن I و I_0 به‌ترتیب میزان تابش در زیر و بالای پوشش گیاهی هستند (Soleymani *et al.*, 2011):

$$LI = (1-\frac{I}{I_0})\times 100 \quad (۱)$$

تابش دریافتی در هر دوره رشد (RR) نیز با رابطه (۲) محاسبه شد که در آن، RR_B و RR_E به‌ترتیب تابش دریافتی در ابتدا و انتهای دوره رشد و ICR تابش تجمعی ورودی در دوره است.

$$RR = \frac{1}{2\times(RR_B + RR_E)\times ICR} \quad (۲)$$

تابش دریافتی تجمعی در کل فصل رشد از جمع تابش دریافتی در دوره‌های مختلف رشد گیاه حاصل شد.

جدول ۲- اطلاعات هواشناسی سال ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳. منبع: ایستگاه هواشناسی مرکز ترویج و توسعه تکنولوژی هراز

Table 2. Meteorological parameters in 2013 and 2014. Source: Meteorological Station of Haraz Extension and Technology Development Center, Mazandaran, Iran

Meteorological parameter	April		May		June		July		August		September		October	
	2013	2014	2013	2014	2013	2014	2013	2014	2013	2014	2013	2014	2013	2014
Mean daily temperature (°C)	12.5	13.3	17.1	19.1	21.8	22.9	26.3	27	26	28.3	26.5	27.9	20.5	19
Mean maximum daily temperature (°C)	14.9	15.8	19.6	21.8	24	25.6	28.8	29.5	28.4	31.4	29	30.7	23.6	21.8
Mean minimum daily temperature (°C)	12.5	10.7	14.5	16.4	19.5	20.3	23.3	24.5	23.5	25.2	24	25.1	17.5	16.3
Soil mean temperature in 10 cm depth (°C)	15.9	14.8	19.5	20.9	25.1	25	30.3	27.6	27.6	31	27.1	29.9	22.6	23.7
Mean relative humidity (%)	74.3	74	69.1	71.7	71.7	72.7	70.8	72.7	75.1	67.5	78.4	71.6	73.1	76.3
Precipitation (mm)	2.9	73	10.5	3.5	3	82.5	12.5	3.5	8.1	0	10	17	40	234
Sunshine duration (hour)	180	216.5	275	259	280	265	292	261	192	310	191	210.5	134	143
Cumulative radiation ($Mj.m^{-2}.day$)	13.9	16.6	20.6	18.4	20.6	19.4	22.7	18.8	15.2	21.5	15.3	15.6	13	10.4

محاسبه درجه- روز رشد تجمعی با استفاده از میانگین مجموع دمای حداقل و حداکثر روزانه و با احتساب ۱۰ درجه سلسیوس به‌عنوان دمای پایه (صفر گیاهی) برای برنج محاسبه شد (Das and Jat, 1977). برای محاسبه شاخص سطح برگ در مرحله ۵۰ درصد گلدهی و ۲۰ روز پس از آن، نمونه‌گیری از چهار کپه از هر کرت انجام و سپس سطح برگ (LA) با استفاده از رابطه (۳) تعیین شد که در آن، LL و LW به‌ترتیب طول و عرض برگ و K ضریب تصحیح سطح برگ است که برای برنج بر اساس رقم و مرحله رشد از ۰/۶۷ تا ۰/۸۰ متغیر است، اما از ۰/۷۵ می‌توان برای کلیه مراحل رشد به جز مراحل گیاهچه‌ای و رسیدگی استفاده کرد (Yoshida, 1981):

$$LA = LL\times LW\times K \quad (۳)$$

برای تعیین وزن خشک کل اندام هوایی و شاخص برداشت در مرحله رسیدگی، ۱۰ کپه به‌طور مورب از سطح چهار مترمربع ناحیه برداشت نمونه‌گیری شد. وزن خشک اندام هوایی بعد از خشکاندن نمونه‌ها در آون در دمای ۸۰ درجه سلسیوس تا رسیدن به وزن ثابت به‌دست آمد. در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک، بوته‌های چهار مترمربع از فضای عملکرد هر کرت کف‌بر و پس از خشکاندن در مزرعه، خرمنکوبی و توزین و سپس عملکرد دانه بر اساس رطوبت ۱۴ درصد محاسبه شد. برای تعیین سرعت و مدت پر شدن دانه، در مرحله ظهور خوشه تعدادی از خوشه‌های مربوط به ساقه اصلی در هر کرت با استفاده از روبان رنگی علامت‌گذاری شدند. هشت روز بعد از شروع گلدهی نمونه‌برداری برای هر ژنوتیپ آغاز و خوشه‌های ساقه‌های

www.SID.ir

Archive of SID

اصلی سه کپه در هر کرت انتخاب شدند. نمونه‌برداری‌ها به فاصله سه روز صورت گرفت و نمونه‌ها به مدت ۷۲ ساعت در دمای ۸۰ درجه سلسیوس در آون خشکانده شدند (Oh-e *et al.*, 2007). وزن خشک محاسبه شده در هر نمونه‌برداری، برای تجزیه رگرسیون لجستیک پر شدن دانه مورد استفاده قرار گرفت. فرآیند پر شدن دانه با استفاده از معادله رشد ریچاردز بر اساس رابطه (۴) ارزیابی شد (Yang *et al.*, 2001):

$$Y = \frac{W}{1+e^{(B-CX)}} \qquad (۴)$$

در این رابطه، Y و W به‌ترتیب وزن دانه در هر نمونه‌برداری و وزن نهایی دانه (گرم) و X زمان (روز) پس از گلدهی هستند.

جدول ۳- اطلاعات هواشناسی سال ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳ در زمان‌های نشاکاری و مراحل مختلف رشد گیاه برنج. منبع: ایستگاه هواشناسی مرکز ترویج و توسعه تکنولوژی هراز

Table 3. Meteorological parameters in 2013 and 2014 in transplanting time and different rice growth stage. Source: Meteorological Station of Haraz Extension and Technology Development Center

Meteorological parameter	Transplanting to 50% flowering						50% flowering to 30 days after flowering					
	June 10		May 20		May 5		June 10		May 20		May 5	
	2014	2013	2014	2013	2014	2013	2014	2013	2014	2013	2014	2013
Mean daily temperature (°C)	26.8	25.7	24.8	23.5	23.3	21.8	28.1	26.4	28.2	26	28	26.3
Mean maximum daily temperature (°C)	29.5	28.2	27.4	26	25.9	24.2	31.3	28.9	31.2	28.5	30.9	28.8
Mean minimum daily temperature (°C)	24.2	23.1	22.2	21	20.6	19.4	25	23.8	25.2	23.6	25.2	23.7
Soil mean temperature in 10 cm depth (°C)	26.7	25.8	26.7	25.8	26.3	25	27.3	26.6	27.4	26.1	26.9	26
Mean relative humidity (%)	70.7	72.3	73	71.5	72.2	71.4	71	77.7	68.7	74.3	69.2	72.5
Precipitation (mm)	71.5	76	87.5	16.3	87.5	25	49.4	69	17.3	75.3	0	53.6
Sunshine duration (hour)	597	541	539	549	561	573	239	204	294	197	284	230
Cumulative radiation ($Mj.m^{-2}.day$)	1297	1315	1198	1302	1299	1347	552	498	654	514	641	578
Growth degree day (GDD)	1103	1076	944	843	899	774	573	494	565	486	535	494

سرعت پر شدن دانه (R) و مدت پر شدن دانه (T) نیز به‌ترتیب از روابط (۵) و (۶) به‌دست آمد. مدت پر شدن دانه زمانی که W بین ۵ درصد تا ۹۵ درصد وزن نهایی بود، تعیین شد.

$$R = \frac{CA}{4} \qquad (۵)$$

$$T = \frac{CB + 2.944}{C} \qquad (۶)$$

تجزیه داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام شد. برای داده‌هایی که به‌صورت درصد بودند، تبدیل داده‌ها ($Arc\,Sin\sqrt{X}$) انجام شد. برای تجزیه واریانس داده‌ها ابتدا آزمون بارتلت برای تعیین یکنواختی خطاهای آزمایشی داده‌های دو سال انجام شد و با توجه به معنی‌دار نشدن این آزمون و در نتیجه یکنواختی خطاهای آزمایشی در دو سال، تجزیه واریانس داده‌ها به‌صورت مرکب انجام شد. مقایسه میانگین‌ها نیز با استفاده از روش چنددامنه‌ای دانکن انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج نشان داد که اثر زمان نشاکاری و رقم بر عملکرد دانه در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). عملکرد دانه در زمان نشاکاری اول (۷۲۰۴ کیلوگرم در هکتار) بیشترین و در زمان نشاکاری سوم (۵۷۲۹ کیلوگرم در هکتار) کمترین مقدار بود. وزن زیست توده در زمان نشاکاری اول (۱۷۲۲۹ کیلوگرم در هکتار) بیش‌ترین و در زمان نشاکاری سوم (۱۵۱۲۱ کیلوگرم در هکتار) کم‌ترین مقدار را داشت. با توجه به همبستگی بالا و معنی‌دار (r=۰/۷۳**) بین عملکرد دانه و زیست توده (جدول ۸)، به نظر می‌رسد که احتمالا یکی از عواملی که در حصول عملکرد بالا در تاریخ نشاکاری اول می‌تواند نقش موثری داشته باشد، زیست توده بالاتر است.

در زمان نشاکاری اول، بیشترین PAR دریافتی تجمعی (۱۰۵۰ مگاژول بر مترمربع)، PAR جذبی تجمعی (۸۲۷ مگاژول بر مترمربع) و طول دوره رشد حاصل شد.

www.SID.ir

Archive of SID

در سال اول و دوم، دوره رشد در زمان نشاکاری اول به ترتیب ۱۰۴ و ۱۰۶روز و مجموع ساعات آفتابی به‌ترتیب ۸۰۳ و ۸۴۵ ساعت، باعث دریافت PAR تجمعی بیشتری شد (جدول‌های ۵ و ۶).

میانگین عملکرد دانه در ارقام اصلاح شده در زمان نشاکاری اول ۸۱۲۵ و در ارقام بومی ۶۲۸۴ کیلوگرم در هکتار بود. عملکرد دانه در ارقام پرمحصول ۲۲/۵ درصد بیشتر از ارقام محلی بود. با تاخیر در نشاکاری میزان کاهش عملکرد دانه در ارقام بومی ۱۷/۵ درصد و در ارقام اصلاح شده ۲۳ درصد بود، به نظر می‌رسد ارقام بومی در شرایط محیطی متغیر از ثبات عملکردی بیشتری برخوردارند. نتایج یک آزمایش نشان داد با تاخیر در زمان نشاکاری میزان کاهش عملکرد در ارقام اصلاح شده ۱۸/۵ درصد و در ارقام بومی ۱۵/۵ درصد بود و یکی از دلایل آن، بیشتر بودن نسبت انشعابات ثانویه به انشعابات اولیه خوشه در ارقام اصلاح شده بود. این نسبت در ارقام اصلاح شده ۳/۰۷ و در ارقام بومی ۲/۲۹ بود. با تغییر شرایط محیطی از طریق تغییر زمان نشاکاری تعداد انشعاب اولیه تغییر معنی‌داری نداشت، اما تعداد انشعاب ثانویه دارای تفاوت معنی‌داری بود و با افزایش دما در طول دوره رشد (خصوصا زمان نشاکاری سوم) تعداد انشعاب ثانویه کمتر شد که به تبع آن تعداد دانه در خوشه نیز کاهش پیدا کرد. در ارقام بومی تعداد کل دانه در خوشه با تعداد دانه در انشعابات اولیه دارای همبستگی بالایی بود ($r=0.91^{**}$)، اما در ارقام اصلاح شده همبستگی بالایی بین تعداد خوشه‌چه در خوشه و تعداد خوشه‌چه در انشعابات ثانویه وجود داشت ($r=0.94^{**}$). از آنجایی‌که تعدادخوشه‌چه در انشعابات اولیه و انشعابات ثانویه با تاخیر در زمان نشاکاری به ترتیب ۲/۵ و ۱۳/۵ درصد کاهش داشتند، به نظر می‌رسد که ارقام بومی در شرایط متفاوت اقلیمی، با ثبات‌تر از ارقام اصلاح شده باشند (Hatami *et al.*, 2014). میزان تابش جذبی تجمعی در زمان نشاکاری اول در ارقام بومی و اصلاح شده به ترتیب معادل ۷۴۲ و ۹۱۲ و در زمان نشاکاری سوم ۶۵۸ و ۷۹۲ (مگاژول در مترمربع) بود. در زمان نشاکاری اول تابش جذبی تجمعی در ارقام اصلاح شده ۱۸/۶ درصد و در زمان نشاکاری سوم ۱۷ درصد بیشتر از ارقام بومی بود. میزان کاهش تابش جذبی تجمعی با تاخیر در کاشت در ارقام بومی ۱۱ درصد و در ارقام اصلاح شده ۱۳ درصد بود. نتایج نشان داد که یکی از دلایل کاهش عملکرد در ارقام بومی نسبت به اصلاح شده، مربوط به کاهش تابش جذبی تجمعی بوده است. با توجه به همبستگی مثبت و بالای شاخص سطح برگ در ۲۰ روز پس از ۵۰ درصد گلدهی با تابش جذبی تجمعی ($r= 0.59^{**}$) و درصد تابش جذب شده ($r= 0.62^{**}$)، می‌توان شاخص سطح برگ را از عوامل موثر در جذب تابش دانست. ارقام شیرودی و گوهر به ترتیب با عملکرد دانه ۸۳۱۱ و ۷۷۵۱ کیلوگرم در هکتار در یک گروه آماری قرار گرفتند و دارای بیشترین و رقم هاشمی با ۵۱۱۳ کیلوگرم در هکتار، دارای کمترین میزان عملکرد دانه بودند. رقم هاشمی علی‌رغم تولید زیست توده بالا، به‌دلیل شاخص برداشت پایین‌تر که احتمالاً به دلیل کارآیی پایین انتقال مواد فتوسنتزی از منبع به مخزن و یا پایین بودن کارآیی انتقال مجدد مواد پرورده ذخیره شده به دانه‌ها، سرعت پر شدن بالاتر، مدت پر شدن کمتر و یا تعداد دانه کمتر در خوشه (داده نشان داده نشد)، دارای عملکرد دانه کمتری بود (جدول ۵).

سال، رقم و زمان نشاکاری بر وزن زیست توده اثر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد داشتند (جدول ۴). وزن زیست توده در سال دوم بیشتر از سال اول بود. در سال دوم شاخص سطح برگ بیشتر در مرحله ۵۰ درصد گلدهی و ۲۰ روز پس از آن نسبت به سال اول را می‌توان از دلایل برتری وزن زیست توده در سال دوم ذکر نمود. به نظر می‌رسد که شاخص سطح برگ بیشتر باعث افزایش درصد PAR جذبی گردیده و تولید ماده خشک بیشتر شد. ماده خشک کل اندام هوایی در رقم گوهر (۱۷۴۰۴ کیلوگرم در هکتار) بیشتر از سایر ارقام بود، لیکن کارآیی مصرف تابش آن کمتر از سایر ارقام بود، بنابراین نمی‌توان زیست توده بیشتر در این رقم را به RUE نسبت داد. به نظر می‌رسد که PAR دریافتی تجمعی بیشتر (۱۱۱۳ مگاژول بر مترمربع)، بواسطه دوره رشد طولانی‌تر، دلیل این افزایش بوده است (جدول ۵). میزان PAR جذبی تجمعی (۹۳۵ مگاژول بر مترمربع)، درصد PAR جذب شده در رقم گوهر (۸۴/۲ درصد) نسبت به سایر ارقام از بیشترین میزان برخوردار بود. نتایج نشان داد که در رقم گوهر برتری سایر ویژگی‌های مرتبط با جذب تابش باعث بی اثر شدن RUE کمتر گردید. طول دوره رشد در ارقام پرمحصول ۱۴/۸ درصد بیشتر از ارقام بومی و زیست توده ارقام پرمحصول ۴/۳ درصد بیشتر از ارقام بومی بود.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۴- تجزیه واریانس مرکب ویژگی‌های گیاهی و جذب تابش ارقام برنج در تیمارهای زمان نشاکاری

Table 4. Combined analysis of variance for the plant characteristics and radiation absorption in rice varieties in transplanting time treatments

		Mean square										
Source of variations	df	Grain yield	LAI at 50% flowering	LAI at 20 days after flowering	Biomass	Harvest index	Radiation use efficiency	Grain filling rate	Grain filling period	Absorbed PAR	Absorbed PAR percentage	Panicle number per m^2
Year	1	19728.9^{ns}	191.41**	21.81^{ns}	81189348.1**	474.3^{ns}	0.21^{ns}	0.69**	359.7**	56902.23^{ns}	1424.99^{ns}	45545.4**
Replication (Year)	4	605982.2	0.84	1.13	1563515.7	25.8	0.39	0.01	5.8	36442.87	378.15	835.10
Transplantig time	2	19773771.8**	3.40**	2.53*	41007186.1**	133.4**	0.02^{ns}	1.07**	278.0**	99.24**	19.2**	7275.68**
Year × Transplanting time	2	1847818.3*	4.74**	3.86**	5711073.1*	54.1^{ns}	0.08*	1.21**	77.3**	6136.12**	66.23**	3848.54**
Variety	5	28540490.0**	11.11**	9.97**	15159657.7**	676.9**	0.57**	1.21**	212.7**	133812.29**	179.90**	14575.7**
Year × Variety	5	782928.2^{ns}	4.84**	1.53*	1624399.2^{ns}	41.8*	0.07*	0.16**	13.0^{ns}	2893.18**	3.56	1994.06**
Variety × Transplanting time	10	456025.1^{ns}	2.54**	0.86^{ns}	2425883.8^{ns}	8.9^{ns}	0.12**	0.20**	42.9**	4591.18**	36.71**	1448.48**
Variety × Transplanting time × Year	10	1239314.7*	1.62**	0.53^{ns}	4801337.5**	32.5^{ns}	0.09**	0.37**	51.8**	2053.87**	9.57**	3433.80**
Error	68	515858.8	0.44	0.49	1366498.1	16.8	0.02	0.03	8.3	231.22	2.08	439.24
Coefficient of variation (%)	-	11.0	11.4	20.7	8.6	10.4	7.1	13.8	15.4	1.94	1.82	7.13

^{ns}, * and **: Not-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵- مقایسه میانگین ویژگی‌های گیاهی و جذب تابش ارقام برنج در تیمارهای مختلف زمان نشاکاری در سال ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳

Table 5. Mean comparison of plant traits and radiation absorption in rice varieties in different transplanting time treatments in 2013 and 2014

Treatment	Grain yield (kg/ha)	LAI at 50% flowering	LAI at 20 days after flowering	Biomass (kg/ha)	Harvest index (%)	RUE (g/MJ)	Grain filling rate (mg/day)	Grain filling period (day)	Received PAR (MJ/m^2)	Absorbed PAR (MJ/m^2)	Absorbed PAR percentage	Panicle number per m^2
Year												
2013	6493 a	4.4 b	3.0 b	15404 b	42.0 a	2.05 a	1.40 a	16.7 b	1004	760.0 a	75.6 a	273.2 b
2014	6520 a	7.0 a	3.9 a	17138 a	37.9 b	2.14 a	1.24 b	20.4 a	974	806.7 a	82.8 a	314.3 a
Transplantig time												
May 5	7204 a	5.8 a	3.3 b	17229 a	41.9 a	2.11 a	1.16 c	20.6 a	1050	827.2 a	78.7 b	310 a
May 20	6587 b	5.4 b	3.3 b	16465 b	40.0 ab	2.06 a	1.29 b	19.6 a	1012	798.6 b	79.0 b	286 b
June 10	5729c	5.9 a	3.8 a	15121 c	38.0 b	2.11 a	1.50 a	15.4 b	907	725.5 c	80.0 a	285 b
Rice varieties												
Tarom Samadi	5780 bc	4.9 b	2.6 d	14952 d	38.8 c	2.10 b	1.57 a	15.6 b	921	714 c	77.5 c	293 bc
Tarom Hashemi	5113 d	4.9 b	3.1 cd	16458 abc	31.3 d	2.30 a	1.58 a	17.2 b	927	722 c	77.7 c	298 b
Tarom Mahalli	6380 b	5.2 b	2.9 d	16336 bc	39.0 c	2.28 a	1.47 a	16.3 b	921	717 c	77.9 c	308 b
Shiroodi	8311 a	6.6 a	3.6 bc	16997 ab	48.9 a	2.09 b	0.94 c	24.0 a	1072	812 b	75.9 d	335 a
Keshvari	5707 cd	6.3 a	4.2 ab	15483 cd	37.1 c	1.92 c	1.13 b	16.6 b	982	804 b	82.0 b	277 c
Gohar	7751 a	6.4 a	4.4 a	17404 a	44.8 b	1.86 c	1.22 b	22.0 a	1113	935 a	84.2 a	251 d

Means followed by the similar letters in each column have not significant different by Duncan's multiple range test at 5% probability level.

www.SID.ir

Archive of SID

با توجه به جدول ۵ به غیر از کارایی مصرف تابش، میزان PAR دریافتی تجمعی، PAR جذبی تجمعی و درصد PAR جذب شده در ارقام بومی کمتر از ارقام اصلاح شده بود و باعث کاهش زیست توده نسبت به ارقام اصلاح شده گردید. شاخص سطح برگ ارقام اصلاح شده در مرحله ۵۰ درصد گلدهی و ۲۰ روز پس از آن در ارقام اصلاح شده به ترتیب ۲۲/۳ و ۲۹/۵ درصد بیشتر از ارقام بومی بود (جدول ۵). با توجه به همبستگی مثبت و معنی‌دار بین PAR جذبی و درصد تابش جذب شده با شاخص سطح برگ در ۲۰ روز پس از ۵۰ درصد گلدهی (جدول ۸)، به نظر می‌رسد که شاخص سطح برگ از عوامل موثر در افزایش زیست‌توده باشد که با نتایج سایر محققان مشابه است. عملکرد بالای دانه در برنج سوپر هیبرید به تولید زیست توده بیشتر (Zong *et al.*, 2002; Katsura *et al.*, 2007, 2008)، شاخص سطح برگ بالا در مرحله رسیدگی (Lin *et al.*, 2002)، دوام سطح برگ بیشتر (Katsura *et al.*, 2007, 2008) و درصد بالای باروری پنجه‌ها نسبت داده شد (Wang *et al.*, 2002).

میانگین دمای روزانه از زمان نشاکاری تا ۵۰ درصد گلدهی در زمان نشاکاری اول در سال‌های اول و دوم به ترتیب ۲۱/۸ و ۲۳/۸ درجه سانتی‌گراد و در زمان نشاکاری سوم ۲۵/۷ و ۲۶/۸ درجه سانتی‌گراد بود (جدول ۲). تغییر در زمان نشاکاری باعث تغییر ۹/۸ و ۱۴/۶ درصدی در وزن زیست توده به ترتیب در ارقام بومی و ارقام اصلاح شده شد. اگرچه دمای بالا تا حدی باعث تحریک رشد گیاه می‌شود، اما سرعت نمو نیز افزایش می‌یابد و بنابراین دوره رشد گیاه کاهش می‌یابد. با توجه به افزایش میانگین دما، طول دوره رشد در زمان نشاکاری سوم نسبت به زمان اول نشاکاری در هر دو سال آزمایش کمتر بود. کریشنان و همکاران (Krishnan *et al.*, 2011) نشان دادند که در شرایط دمای بالا، بافت‌ها و اندام‌های گیاهی زمان کمتری برای انباشتن مواد فتوسنتزی دارند که موجب تولید اندام‌های کمتر یا کوچکتر شده و باعث تجمع زیست‌توده کم‌تری می‌شود که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد.

زمان نشاکاری بر کارآیی مصرف تابش اثر معنی‌داری نداشت و میزان آن در زمان‌های نشاکاری اول، دوم و سوم به‌ترتیب برابر ۲/۱۱، ۲/۰۶ و ۲/۱۱ گرم بر مگاژول بود (جدول ۵). میانگین دمای روزانه در طول دوره رشد (از زمان نشاکاری تا رسیدگی) در سال اول حدود ۲۵ و در سال دوم حدود ۲۶/۵ درجه سلسیوس بود و تفاوت دما در زمان‌های مختلف نشاکاری در سال اول ۲ و در سال دوم ۲/۵ درجه سانتی‌گراد بود (جدول ۳). به نظر می‌رسد که تغییرات دما در محدوده‌ای نبوده است که باعث تغییر قابل ملاحظه‌ای در فتوسنتز و تنفس گیاه شده و کارآیی مصرف تابش را تغییر دهد. فتوسنتز به تنش دمای بالا حساس است و حفظ ظرفیت فتوسنتزی بالا برای تحمل تنش ضروری است. احتمالاً به دلیل اینکه برنج به دامنه وسیعی از دمای محیط سازگاری دارد، درجه حرارت مطلوب برای فتوسنتز برنج دارای محدوده وسیعی است. در برنج اثر دما روی تغییر میزان فتوسنتز از ۴۰-۲۰ درجه سلسیوس اندک گزارش شده است (Egeh *et al.*, 1992)، اگرچه گرم شدن جهانی در قرن آینده بر سرعت فتوسنتز در واحد سطح برگ در پوشش گیاهی بسته تاثیر گذار نیست، اما دمای خیلی بالا می‌تواند مانع فتوسنتز شود (Krishnan *et al.*, 2011).

نتایج یک آزمایش نشان داد که فتوسنتز برگ برنج از ۲۲ درجه سلسیوس تا ۳۲ درجه سلسیوس افزایش و سپس در دمای ۴۲ درجه سلسیوس کاهش یافت (Egeh *et al.*, 1992). دمای بالای شب عموماً به عنوان یکی از معایب، باعث تحریک تنفس گیاه می‌شود (Zheng *et al.*, 2002). نشان داده شد که بین گیاه برنج رشد یافته در شرایط دمای بالای شبانه (۳۲ سلسیوس) و دمای عادی (۲۷ درجه سلسیوس) برای سرعت تنفس برگ در زمان آبستنی و اواسط خمیری دانه، تفاوتی وجود نداشت (Mohammad and Tarpley, 2009). نتایج این تحقیق به نوعی با نتایج سایر محققان مشابه بود و نشان داد که با وجود تفاوت میانگین دما در طول دوره رشد در محدوده ۲۷- ۲۵ درجه سلسیوس، تغییر فتوسنتز به اندازه‌ای نبود که باعث تفاوت کارایی مصرف تابش شود. رقم و برهم‌کنش رقم در زمان نشاکاری و رقم در سال بر کارایی مصرف تابش معنی‌دار بود. کارآیی مصرف تابش در رقم هاشمی ۲/۳۰ بیش‌ترین و در رقم گوهر ۱/۸۶ (گرم بر مگاژول) کم‌ترین مقدار بود. رقم هاشمی در زمان نشاکاری سوم دارای بیش‌ترین (۲/۵) و رقم کشوری در زمان نشاکاری سوم دارای کم‌ترین (۱/۸ گرم بر مگاژول) کارایی مصرف تابش بود.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۶- مقایسه میانگین برهمکنش سال × زمان نشاکاری بر ویژگی‌های گیاهی و جذب تابش در ارقام برنج در سال ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳

Table 6. Mean comparison of year × transplanting time interaction effect on plant characteristics and radiation absorption in the rice varieties in 2013 and 2014

	Grain yield (kg/ha)		LAI at 50% flowering		LAI at 20 days after flowering		Biomass (kg/ha)		Harvest index (%)	
Treatment	2013	2014	2013	2014	2013	2014	2013	2014	2013	2014
Transplanting time										
May 5	6995 a	7413 a	4.7 a	6.9 a	2.9 b	3.7 a	16542 a	17915 a	42.6 a	41.9 a
May 20	6521 b	6653 b	3.6 b	7.1 a	2.5 b	4.1 a	15141 b	17788 a	42.7 a	37.4 b
June 10	5921 c	5494 c	4.8 a	7.1 a	3.6 a	3.9 a	14530 b	15711 b	41 a	35.0 b
Rice varieties										
Tarom Samadi	5881 bc	5679 de	4.02 a	5.8 b	2.1 b	3.02 c	14330 b	15574 c	41.16 b	36.4 bc
Tarom Hashemi	5105 d	5122 e	4.1 a	5.8 b	2.63 b	3.6 c	15382 b	17534 ab	33.46 c	29.2 d
Tarom Mahalli	6139 b	6621 c	4.12 a	6.2 b	2.52 b	3.2 c	15784 b	16886 b	38.83 b	39.3 bc
Shiroodi	8335 a	8286 a	4.74 a	8.4 a	3.5 a	3.7 bc	16360 a	17633 ab	51.14 a	46.6 a
Keshvari	5456 cd	5959 cd	4.23 a	8.4 a	3.94 a	4.5 b	14212 a	16753 b	38.61 b	35.7 c
Gohar	8045 a	7457 b	5.08 a	7.7 a	3.43 a	5.4 a	16359 a	18450 a	49.28 a	40.3 b

Means followed by the similar letters in each column have not significant different by Duncan's multiple range test at 5% probability level.

www.SID.ir

Archive of SID

Table 6. Continued

جدول ۶ - ادامه

Treatment	Radiation use efficiency (g/MJ)		Grain filling rate (mg/day)		Grain filling period (day)		Panicle number per m^2		Recieved PAR (MJ/m^2)		Absorbed PAR (MJ/m^2)		Absorbed PAR percentage		Growth period (day)	
	2013	2014	2013	2014	2013	2014	2013	2014	2013	2014	2013	2014	2013	2014	2013	2014
Transplanting time																
May 5	2.11 a	2.1 a	1.22 b	1.10 b	19.8 a	21.5 a	289 a	331 a	1025	1059	796 a	858 a	76.4 a	81 c	104	106
May 20	1.97 a	2.16 a	1.57 a	1.02 b	16.1 ab	23.2 a	255 c	317 ab	1015	1009	769 b	828 b	75.2 a	83 b	103	104
June 10	2.06 a	2.16 a	1.41 ab	1.59 a	14.3 b	16.5 b	275 b	295 b	932	955	718 c	733 c	75.1a	85 a	101	103
Rice varieties																
Tarom Samadi	2.08 a	2.12 bc	1.6 ab	1.54 a	14.3 b	17 c	254 cd	332 a	917	948	693 c	735 f	74.5 b	80 d	94	97
Tarom Hashemi	2.26 a	2.33 a	1.81 a	1.35 ab	14.3 b	20 bc	273 bc	323 ab	925	958	684 c	760 d	73.7 b	82 c	95	98
Tarom Mahalli	2.31 a	2.26 ab	1.44 ab	1.50 a	15.7 b	17 c	291 b	326 ab	917	944	685 c	748 e	73.8 b	82 c	94	96
Shiroodi	2.07 a	2.10 c	0.97 c	0.92 c	21.3 a	26.6 a	322 a	348 a	1080	1073	789 b	836 b	72.5 b	79 e	115	113
Keshvari	1.76 b	2.08 c	1.22 bc	1.05 bc	14.8 b	18.5 c	259 cd	295 b	987	973	803 b	804 c	78.3 a	86 b	102	100
Gohar	1.8 b	1.93 d	1.37 bc	1.07 bc	19.9 a	23.5 ab	240 d	262 c	1128	1151	912 a	957 a	80.7 a	88 a	120	124

Means followed by the similar letters in each column have not significant different by Duncan's multiple range test at 5% probability level.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۷- مقایسه میانگین برهمکنش رقم × زمان نشاکاری بر ویژگی‌های گیاهی ارقام برنج در سال ۱۳۹۲ و ۱۳۹۳

Table 7. Mean comparison of variety × transplanting time interaction effects on plant characteristics and radiation absorption in rice varieties in 2013 and 2014

Treatment		LAI at 50% flowering	Radiation use efficiency (g/MJ)	Absorbed PAR (MJ/m^2)	Absorbed PAR (%)	Grain filling rate (mg/day)	Grain filling period (day)	Panicle number per m^2
Rice varieties	Transplanting time							
Tarom Samadi	May 5	5.0 def	2.10 c-g	735 hi	78 de	1.36 c	17.6 bcd	298 d-g
	May 20	4.7 ef	1.97 e-h	753 fgh	79 d	1.44 bc	17 b-e	302 c-f
	June 10	4.9 def	2.20 cde	653 k	76 ef	1.9 a	12.3 e	278 e-i
Tarom Hashemi	May 5	5.5 cde	2.27 bc	771 ef	80 cd	1.28 c	20.7 b	336 abc
	May 20	4.0 f	2.11 c-g	758 fgh	79 d	1.7 ab	17 b-e	288 d-h
	June 10	5.4 cde	2.50 a	637 k	74 f	1.75 a	13.6 de	270 f-i
Tarom Mahalli	May 5	5.7 b-e	2.48 ab	720 i	76 ef	1.31 c	16.6 b-e	324 a-d
	May 20	4.2f	2.16 cdef	745 gh	78 de	1.37 c	18.8 bc	312 b-e
	June 10	5.5 cde	2.22 cd	685 j	80 cd	1.72 ab	13.3 de	290 d-h
Shiroodi	May 5	6.7 ab	2.02 d-h	860 c	74 f	0.78 f	28 a	352 a
	May 20	6.5 abc	2.22 cd	815 d	75 f	0.89 ef	26.6 a	314 b-e
	June 10	6.5 abc	2.02 d-h	761 fg	79 d	1.16 cde	17.3 b-e	339 ab
Keshvari	May 5	5.1 def	1.95 fgh	868 c	82 bc	1.3 c	15 cde	288 d-h
	May 20	6.8 ab	2.02 d-h	791 e	80 cd	0.9 ef	19.6 bc	256 hi
	June 10	7.0 a	1.80 h	752 fgh	84 b	1.2 cd	15.3 cde	287 e-h
Gohar	May 5	6.7 ab	1.83 h	1009 a	83 b	0.94 def	25.8 a	263 ghi
	May 20	6 a-d	1.9 gh	930 b	83 b	1.45 bc	18.8 bc	245 i
	June 10	6.4 abc	1.87 gh	864 c	87 a	1.27 c	20.6 b	246 i

Means followed by the similar letters in each column have not significant different by Duncan's multiple range test at 5% probability level.

www.SID.ir

Archive of SID

RUE کم‌تر نشان‌دهنده سرعت کم‌تر فتوسنتز در تک برگ‌ها است. به‌نظر می‌رسد که کاهش کارآیی مصرف تابش در ارقامی مانند گوهر به‌واسطه طول دوره رشد بیش‌تر آن باشد، زیرا در رقم گوهر دوره رسیدگی به‌طور مشهودی طولانی‌تر از سایر ارقام بود و باعث جذب تابش بیش‌تر شد. در مقابل، با توجه به اینکه سرعت فتوسنتز در اواخر دوره رشد به مراتب کم‌تر از سایر مراحل رشدی گیاه برنج است، در مجموع نسبت ماده خشک تولیدی در برابر تابش جذب شده عدد کوچک‌تری خواهد بود. گزارش شده است که RUE توجیه کننده برتری عملکرد برنج رقم Liangyoupeijiu در مقایسه با ارقام پرمحصول برنج ژاپنی (ژاپونیکا) در کیوتو ژاپن یا در یون‌آن چین نبود (Katsura *et al.*, 2007, 2008). در مورد برتری عملکرد برنج سوپر هیبرید نیز نتیجه مشابهی گزارش شده است (Yunbo *et al.*, 2009). کارایی مصرف تابش در ارقام بومی ۱۲/۶ درصد بیش‌تر از ارقام پرمحصول بود. با توجه به کوتاه‌تر بودن دوره رشد ارقام بومی، کارآیی بیش‌تر الزاماً منجر به تولید زیست‌توده بیش‌تر نشد (جدول ۵).

شاخص سطح برگ در مرحله ۵۰ درصد گلدهی در ارقام اصلاح شده در یک گروه آماری و بیشتر از ارقام بومی که در گروه بعدی قرار داشتند، بود. در کل شاخص سطح برگ در مرحله ۵۰ درصد گلدهی در ارقام اصلاح شده و ارقام بومی به ترتیب ۶/۴ و ۵/۰ بود. شاخص سطح برگ در ۲۰ روز بعد از گلدهی در سال دوم در رقم گوهر بیشترین (۵/۴) و در سال اول در رقم صمدی کمترین مقدار (۲/۱) بود. میزان کاهش سطح برگ در ۲۰ روز پس از گلدهی نسبت به مرحله ۵۰ درصد گلدهی در ارقام بومی ۴۲ درصد و در ارقام اصلاح شده ۳۷/۵ درصد بود.

زمان نشاکاری و رقم و نیز برهمکنش رقم و سال بر شاخص برداشت معنی‌دار بود (جدول ۴). شاخص برداشت در سال اول (۴۲ درصد) بیش‌تر از سال دوم (۳۷/۹ درصد) بود. به نظر می‌رسد که میانگین دمای بالاتر هوا حدود دو درجه سلسیوس در سال دوم نسبت به سال اول در فاصله ۵۰ درصد گلدهی تا ۲۰ روز پس از آن، یکی از دلایل کاهش شاخص برداشت در سال دوم بوده است (جدول ۳). محققان گزارش کرده‌اند که شاخص برداشت و کلیه ویژگی‌های مرتبط با فرآیند پس از برداشت و ویژگی‌های کیفی ظاهری دانه به‌طور معنی‌داری به دمای هوا در مرحله پر شدن دانه بستگی دارد. میانگین دمای روزانه از ۲۸-۲۶ درجه سلسیوس در مرحله رشد رویشی و ۲۷-۲۲ درجه سلسیوس در مرحله پر شدن دانه برای دستیابی به عملکرد بالا و کیفیت دانه در دره رود یانگ‌تسه، از طریق تنظیم زمان کاشت و استقرار گیاه توصیه شد (Deng *et al.*, 2015). شاخص برداشت در زمان نشاکاری سوم (۲۰ خرداد) کم‌تر از دو زمان نشاکاری دیگر بود (جدول ۵). شاخص برداشت با سرعت پر شدن دانه همبستگی منفی و معنی‌دار ($r=-0.66^{**}$) و با مدت پر شدن دانه همبستگی مثبت و معنی‌دار ($r=0.71^{**}$) داشت. به نظر می‌رسد که با توجه به اینکه سرعت و مدت پر شدن دانه در زمان سوم نشاکاری به‌ترتیب معادل ۱/۵ میلی‌گرم در روز (بیش‌ترین) و ۱۵/۴ روز (کم‌ترین) مقدار را داشتند، از عوامل موثر در کاهش شاخص برداشت نسبت به سایر زمان‌های نشاکاری بود. زمان گلدهی متوسط با وزن دانه بیش‌تر و افزایش عملکرد در گندم در ارتباط بوده و پر شدن دانه در ارقام زودرس در شرایط آب و هوایی ملایم‌تری اتفاق می‌افتد که زمان کافی برای پر شدن تدریجی دانه را فراهم کرده و از دمای بالا و تنش شرایط خشکی اجتناب می‌کند (Brdar *et al.*, 2008). شاخص برداشت دارای همبستگی مثبت با PAR جذبی ($r=0.62^{**}$)، عملکرد دانه ($r=0.72^{**}$) و زیست‌توده ($r=0.63^{**}$) بود و بنابراین کاهش PAR جذبی به‌واسطه کاهش ساعات آفتابی و کاهش میزان PAR دریافتی از عوامل دیگر تاثیرگذار در زمان سوم نشاکاری (۲۰ خرداد) بود (جدول‌های ۵ و ۸). به عبارت دیگر میزان عملکرد دانه و زیست‌توده در زمان سوم نشاکاری کاهش یافت، اما میزان کاهش عملکرد دانه بیش‌تر بود. شاخص برداشت در رقم شیرودی در سال اول بیش‌ترین (۵۱/۲) و در رقم هاشمی در سال دوم کم‌ترین (۲۹/۲) مقدار بود. شاخص برداشت در ارقام پرمحصول در حدود ۷ درصد بیش‌تر از ارقام بومی بود.

اثر زمان نشاکاری و رقم بر درصد تابش جذب شده معنی‌دار بود (جدول ۴). میزان تابش جذب شده در زمان نشاکاری سوم (۸۰ درصد) و اول کم‌ترین مقدار (۷۸/۸ درصد) بود. بیش‌ترین تابش جذبی در رقم گوهر (۸۴ درصد) و کم‌ترین آن در رقم شیرودی (۷۵/۹ درصد) مشاهده شد. یکی از دلایل این تفاوت را می‌توان شاخص سطح برگ بیش‌تر در ۲۰ روز پس از گلدهی ذکر کرد که همبستگی مثبت و معنی‌دار ($r=0.62^{**}$) با درصد تابش جذبی داشت. به عبارت دیگر میزان کاهش شاخص سطح برگ در رقم گوهر کم‌ترین و در رقم شیرودی بیش‌ترین بود.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۸- ضرایب همبستگی بین ویژگی‌های گیاهی و جذب تابش در ارقام برنج در زمان‌های مختلف نشاکاری

Table 8. Correlation coefficients among plant characteristics and radiation absorption in the rice varieties in different transplanting times

Characteristics	Grain yield	Biomass	LAI at 50% flowering	LAI at 20 days after flowering	Harvest index	Absorbed PAR	Absorbed PAR percentage	Radiation use efficiency	Panicle number per m^2	Grain filling rate
Biomass	0.73**	1								
LAI at 50% flowering	0.30ns	0.20ns	1							
LAI at 20 days after flowering	0.45 ns	0.12 ns	0.63**	1						
Harvest index	0.93**	0.45 ns	0.48*	0.34ns	1					
Absorbed PAR	0.72**	0.63**	0.44 ns	0.59**	0.62**	1				
Absorbed PAR percentage	-0.05 ns	-0.11 ns	0.24 ns	0.62**	-0.002 ns	0.52*	1			
Radiation use efficiency	-0.28 ns	0.11 ns	-0.42 ns	-0.61**	-0.44 ns	-0.68**	-0.69**	1		
Panicle number per m^2	0.23 ns	0.11 ns	-0.06 ns	-0.37 ns	0.24 ns	-0.23ns	-0.55**	0.33 ns	1	
Grain filling rate	-0.67**	-0.47*	-0.70**	-0.38 ns	-0.66**	-0.62**	-0.09 ns	0.42 ns	-0.26 ns	1
Grain filling period	0.81**	0.68**	0.48*	0.27ns	0.71**	0.68**	-0.04 ns	-0.30ns	0.24 ns	-0.81**

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

www.SID.ir

Archive of SID

درصد تابش جذب شده در ارقام پرمحصول بیش‌تر از ارقام بومی بود که دلیل آن می‌تواند شاخص سطح برگ بیش‌تر در زمان گلدهی و ۲۰ روز پس از آن باشد.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این تحقیق نشان داد که زمان‌های مختلف نشاکاری در برنج به‌عنوان یک عامل محیطی موجب تغییر در میانگین، حداقل و حداکثر دمای محیط، میزان ساعات آفتابی، میزان تابش، رطوبت نسبی و دمای محیط ریشه شد و تعداد خوشه، سرعت و مدت پرشدن دانه، شاخص برداشت، شاخص سطح برگ در زمان گلدهی و ۲۰ روز پس از گلدهی و عملکرد ارقام برنج را تغییر داد. تغییر زمان نشاکاری با تغییر طول دوره رشد و مصادف شدن مراحل نموی گیاه با دامنه متفاوتی از تابش روزانه، باعث تغییر در میزان تابش دریافتی تجمعی و به تبع آن تغییر در تابش جذبی تجمعی شد و وزن زیست‌توده متفاوتی حاصل شد، اما باعث تغییر در کارایی مصرف تابش نشد.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از همکاران محترم مرکز ترویج و توسعه تکنولوژی هراز، معاونت موسسه تحقیقات برنج کشور و سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی به‌خاطر مساعدت‌های آنان در مراحل مختلف اجرای پژوهش، صمیمانه تشکر و سپاسگزاری می‌شود.

References

Ahmad, S., H. Ali, M. Ismail, M. I. Shahzad, M. Nadeem, M. A. Anjum, M. Zia-Ul-Haq, N. Firdous and Khan, M. A. 2012. Radiation and nitrogen use efficiencies of C3 winter cereals to nitrogen split application. **Pakistan Journal of Botany** 44 (1): 139-149.

Beheshti, A., Kochaki, A. and Nasiri-Mahlati, M. 2003. Effect of planting arrangement on absorption and radiation use efficiency in three maize cultivar**. Seed and Plant** 18 (4): 417-431**.**

Brdar, D. M., Kraljevic-Bralalic, M. M. and Kobiljski, B. D. 2008. The parameters of grain filling and yield components in common wheat (*Triticum aestivum* L.) and durum wheat (*Triticum turgidum* L. var. durum). **Central European Journal of Biology** 3 (1): 75- 82.

Cambpell, C. S., Heilman, J. L., McInnes, K. J., Wilson, L. T., Medley, J. C., Wu, G. and Cobos, D. R. 2001. Seasonal variation in radiation use efficiency of irrigated rice. **Agriculture and Forest Meteorology** 110: 45-54.

Das, D. K. and Jat, R. L. 1977. Influence of three soil-water regimes on root porosity and growth of four rice varieties. **Agronomy Journal** 69: 197-200.

Dwyer, L. M., Stewart, D. W., Hamilton, R. I. and Honwing, L. 1992. Ear position and vertical distribution of leaf area in corn. **Agronomy Journal** 8: 430-438.

Egeh, A. O., Ingram, K. T. and Zamora, O. B.1992. High temperature effects on leaf gas exchange of four rice cultivars. **Philippine Journal of Crop Science** 17: 21-26.

Hatami, H., Mohsenabadi, Gh., Esfahani, M., Amiri Larijani, B. and Alami, A. 2014. Effect of transplanting date changes on panicle morphology and related trait in rice cultivars. Proceedings of The First International and 13th National Agronomy and Breeding Sciences Congress and 3rd Seed Technology and Sciences Conference. August 25-27, 2014, Karaj, Iran. (In Persian).

Katsura, K., Maeda, S., Horie, T. and Shiraiwa, T. 2007. Analysis of yield attributes and crop physiological trait of Liangyoupeijiu, a hybrid rice recently bred in china. **Field Crops Research** 103: 170-177.

Katsura, K., Maeda, S., Lubis, L., Horie, T., Cao, W. and Shiraiwa, T. 2008. The high yield of irrigated rice in Yunnan, China. A cross-location analysis. **Field Crops Research** 107: 1-11.

Kemanian, A. R., Stockle, C. O. and Huggins, D. R. 2004. Variability of barley radiation use efficiency. **Crop Science** 44: 1662-1672.

Kiniry, J. R., McCauley, G., Xie, Y. and Arnorl, J. G. 2001. Rice parameters describing crop performance of four U.S. cultivars**. Agronomy Journal** 93: 1354-1361.

Krishnan, P. B., Ramakrishnan, K., Raja Reddy, K. and Reddy, V. R. 2011. High temperature effects on rice growth, yield and grain quality. In: Sparks, D. L. (Ed.). Advances in agronomy. Vol. 111. Burlington. Academic Press. pp: 87-206.

Kwanchai, A. G. 1972. Techniques for field experiments with rice. International Rice Research Institute, Los Banos, Leguna, Philippines.

www.SID.ir

Archive of SID
Li, Q., Liu, M., Zhang, J., Dong, B. and Bai, Q. 2009. Biomass accumulation and radiation use efficiency of winter wheat under deficit irrigation regimes. **Plant Soil Environment** 55 (2): 8591.

Line, X., Zhu, D. and Zhang, Y. 2002. Achieving high yielding plant type in super rice variety by optimizing crop management. **China Rice** 2: 10. (In Chinese with English Abstract).

Long, S. P., Zhu, X. G., Naidu, S. L. and Ort, D. R. 2006. Can improvement in photosynthesis increase crop yields. **Plant, Cell and Environment** 29: 315-330.

Michell, P. L., Sheehy, J. E. and Woodward, F. I. 1998. Potential yield and the efficiency of radiation in rice. IRRI Discussion Paper Series No. 32. International Rice Research Institute, Manila, Philippines. 62 p.

Miranzadeh, H., Emam, Y., Seyyed, H. and Zare, S. 2011. Productivity and radition use effieceny of four dry land wheat cultivars under different levels of nitrogen and chlormequat chloride. **Journal of Agriculture Science and Technology** 13: 339-351.

Mohammad, A. R. and Tarpley, L. A. 2009. Impact of high night time temperature on respiration, membrane stability, antioxidant capacity and yield of rice plants. **Crop Science** 49: 313-322.

Monteith, J. 1977. Climate and the efficiency of crop production in Britain. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London Biological Science** 281: 277-294.

Monteith, J. and Unsworth, M. 1990. Principles of environmental physics. Edward Arnold, London, UK. 291 p.

Nanyan, D., Linga, X., Suna, Y., Zhang, C., Fahada, SH., Penga, SH., Cuia, K., Niea, L. and Huanga, J. 2015. Influence of temperature and solar radiation on grain yield and quality in irrigated rice system. **European Journal of Agronomy** 64: 37-46.

Oh-e, I., Saitoh, K. and Kuroda, T. 2007. Effects of high temperature on growth yield and dry matter production of rice growth in the paddy field. **Plant Production Science** 10 (4): 412-422.

Rosati, A. and Djong, T. M. 2003. Estimating photosynthetic radiation use efficiency using incident light and photosynthesis of individual leaves. **Annals of Botany** 91: 869-877.

Rosati, A., Metcalf, S. G. and Lampinen, B. D. 2004. A simple method to estimate photosynthetic radiation use efficiency of canopies. **Annals of Botany** 93: 567-574.

Sinclair, T. R. and Horie, T. 1989. Leaf nitrogen, photosynthesis and crop radiation use efficiency: A review. **Crop Science** 29: 90-98.

Sinclair, T. R. and Muchow, R. C. 1999. Radiation use efficiency. **Advances in Agronomy** 65: 215-265.

Sinclair, T. R., Shiraiwa, T. and Hammer, G. L. 1992. Variation in crop radiation use efficiency with increased diffuse radiation. **Crop Science** 32: 1281-1284.

Soleymani, A. and Amiri Larijani, B. 2004. Principle of rice production. 1st ed. Arvich Publication.

Soleymani, A., Shahrajabian, M. H. and Naranjani, L. 2011. The responses of qualitative characteristics and solar radiation absorption of berseem clover cultivars to various nitrogen fertilizers levels**. Journal of Food, Agriculture and Environment** 9 (2): 319-321.

Wang, X., Tao, L., Yu, M. and Huang, X. 2002. Physiological characteristics of super hybrid rice variety Xieyou9308. **Chiniese Journal of Rice Science** 16: 38-44. (In Chinese with English Abstract).

Yang, J., Zhang, J., Wang, Z., Zhu, Q. and Liu, L. 2001. Water deficit-induced senescence and its relationship to the remobilization of pre-stored carbon in wheat during grain filling. **Agronomy Journal** 93: 196-206.

Yoshida, S. 1981. Fundamentals of rice crop science. International Rice Research Institute, Los Banos, Philippines.

Yunbo, Z., Tang, Q., Zou, Y., Li, D., Qin, J., Yang, S. H., Chen, L., Xia, B. and Peng, S. H. 2009. Yield potential and radiation use efficiency of super hybrid rice grown under subtropical condition. **Field Crops Research** 114: 91-98.

Zheng, S. H., Nakamoto, H., Yoshikawa, K., Furuya, T. and Fukuyama, M. 2002. Influence of high night temprature on flowering and pod setting in soybeen. **Plant Production Science** 5: 215-218.

Zong, S., Lu, C., Zhao, L., Wang, C., Dai, Q. and Zou, J. 2000. Physiological basis of high yield of an intersubspecific hybrid, Liangyoupeijiu. **Journal of Nanjing Agriculture Technology College** 16: 8-12. (In Chinese with English Abstract).

www.SID.ir

Archive of SID
doi: 10.22124/c.2018.4319.1178

University of Guilan
Faculty of Agricultural Sciences

Cereal Research
Vol. 8, No. 2, Summer 2018 (139-155)

Effect of transplanting date on radiation interception and radiation use efficiency in rice (*Oryza sativa* L.) varieties

Hatam Hatami[1], Gholamreza Mohasenabadi[2], Masoud Esfahani[3*], Bahman Amiri Larijani[4] and Ali Aalami[5]

Received: April 18, 2016 Accepted: July 10, 2016

Abstract

The formation of grain yield depends on fators such as available radiation and the genetic characteristics of plant like radiation interception rate, radiation use efficiency and biomass contribution. In regard to climatic changes, for studying the effect of environmental conditions on this characteristics, a factorial experiment in randomized complete block design with three replications was conducted at Haraz Extension and Technology Development Center, Iran, in two crop seasons, 2013 and 2014. Three transplanting dates were used to encounter rice varieties under different environmental conditions. Treatments included rice cultivars (Tarom Samadi, Tarom Hashemi, Local Tarom, Shiroudi, Keshvari and Gohar) and transplanting dates (5^{th} may, 20^{th} may and 10^{th} June). Results showed that grain yield, biomass, LAI at heading and 20 days after heading, harvest index, accumulated intercepted photosynthesis active radiation (PAR), radiation use efficiency, grain filling rate, grain filling period and panicle number.m^2 varied significantly between rice varieties. Transplanting date had significant effect on all traits, except radiation use efficiency. Highest grain yield, biomass, harvest index, accumulated incident PAR, accumulated intercepted PAR, grain filling period and growth duration were obtained in transplanting on 5th may (7204 $kg.ha^{-1}$, 17229 $kg.ha^{-1}$, 41.9%, 1050 $MJ.m^{-2}$, 827 $MJ.m^{-2}$, 20.6 and 105 days, respectively) and lowest in transplanting on 10th June. Results of this experiment showed that changing in transplanting date of rice varieties caused changing in mean temperature during growth period, accumulated incident PAR and accumulated intercepted PAR as fallow, but had non significant effect on radiation use efficiency.

Keywords: Biomass, Grain filling, Leaf area index, Photosynthesis active radiation

1. Ph. D. Student, Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agricultural Science, University of Guilan, Rasht, Iran
2. Assist. Prof., Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agricultural Science, University of Guilan, Rasht, Iran
3. Prof., Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agricultural Science, University of Guilan, Rasht, Iran
4. Research Assist. Prof., Rice Research Institute of Iran, Mazandaran Branch, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Amol, Iran
5. Assoc. Prof., Dept. of Agricultural Biotechnology, Faculty of Agricultural Science, University of Guilan, Rasht, Iran
* Corresponding author: esfahani@guilan.ac.ir

www.SID.ir