

阴雨寡照地区高产水稻的生物学特征研究

王 卫, 谢小立^①, 陈安磊

(中国科学院亚热带农业生态研究所 亚热带农业生态过程重点实验室, 湖南 长沙 410125)

摘要: 以水稻(*Oryza sativa* Linn.)的常规稻品种‘黄华占’、‘湘早籼 45’和‘湘晚籼 13’, 一般杂交稻品种‘金优 402’和‘Ⅱ优 838’, 超级杂交稻品种‘株两优 819’、‘丰源优 299’、‘陆两优 966’和‘Y 两优 1 号’为实验材料, 在 2008 年和 2009 年不同产季, 对种植于多阴雨的湖南桃源县的不同品种水稻的产量构成因子、群体性状和叶片净光合速率(P_n)差异进行了研究。结果显示: 在产量构成因子方面, 不同品种水稻的有效穗数、每穗粒数、结实率、千粒质量和产量均有一定差异, 超级杂交稻品种的产量高于一般杂交稻及常规稻品种; 其中, 产量分别与有效穗数和结实率呈显著正相关($P < 0.05$), 与每穗粒数呈极显著正相关($P < 0.01$), 与千粒质量无显著相关性。在群体性状方面, 不同品种水稻的株高、最大茎蘖数、最大叶面积指数(LAI)、生物量及收获指数均有一定差异, 但产量分别与株高、最大 LAI 和生物量呈极显著正相关, 与收获指数呈显著正相关, 与最大茎蘖数无显著相关性; 其中, 产量与最大 LAI 的相关系数最大(0.889)。在拔节期和抽穗期, 各品种水稻单叶的 P_n 日变化曲线呈“双峰型”, P_n 第 1 个峰值差异均较小, “午休”阶段以及第 2 个峰值 P_n 差异增大, 总体上看“午休”阶段常规稻品种的 P_n 降幅明显大于杂交稻; 各品种的 P_n 日平均值也有明显差异, 常规稻品种的 P_n 日平均值总体上低于杂交稻。研究结果表明: 在阴雨寡照的生态条件下超级杂交稻品种的产量高于其他类型水稻品种, 其高产机制与叶面积指数的增加有关。

关键词: 超级稻; 产量构成因子; 群体性状; 叶面积指数; 净光合速率; 阴雨寡照区域

中图分类号: S511.01; S314 文献标志码: A 文章编号: 1674-7895(2013)03-0052-06

DOI: 10.3969/j.issn.1674-7895.2013.03.08

Study on biological characteristics of high-yielding rice (*Oryza sativa*) in rainy and sunless area

WANG Wei, XIE Xiaoli^①, CHEN Anlei (Key Laboratory for Agro-ecological Processes in Subtropical Region, Institute of Subtropical Agriculture, the Chinese Academy of Sciences, Changsha 410125, China), *J. Plant Resour. & Environ.* 2013, 22(3): 52-57

Abstract: Taking conventional rice cultivars ‘Huanghuazhan’, ‘Xiangzaoxian 45’ and ‘Xiangwanxian 13’, common hybrid rice cultivars ‘Jinyou 402’ and ‘Ⅱ you 838’, and super hybrid rice cultivars ‘Zhuliangyou 819’, ‘Fengyuanyou 299’, ‘Luliangyou 966’ and ‘Y liangyou No. 1’ of rice (*Oryza sativa* Linn.) as experimental materials, variation of yield component factors, population traits and net photosynthetic rate (P_n) of leaf among different rice cultivars cultivated in a typically rainy and sunless region of Taoyuan County in Hu’nan Province was studied at different production seasons in 2008 and 2009. Results show that in respect of yield component factors, there are certain differences in number of productive ear, number of grain per ear, seed-setting rate, 1 000-grain weight and yield among different rice cultivars, and yield of super hybrid rice cultivars is higher than that of common hybrid rice and conventional rice cultivars. In which, yield has a significantly positive correlation with number of productive ear and seed-setting rate ($P < 0.05$), respectively, and has a very significantly positive correlation with number of grain per ear ($P < 0.01$), while no significantly correlation with 1 000-grain weight. In respect of population traits, plant height, maximum tiller number, maximum leaf area index (LAI), biomass and harvest index among different rice cultivars are different, but yield has a very significantly positive correlation with plant height, maximum LAI and biomass, respectively, and a

收稿日期: 2013-01-11

基金项目: 国家科学技术部国际科技合作专项项目(2012DFB30030)

作者简介: 王 卫(1982—),男,湖南长沙人,博士,助理研究员,主要从事农田生态学研究。

^①通信作者 E-mail: xlx@isa.ac.cn

significantly positive correlation with harvest index, while no significant correlation with maximum tiller number. In which, correlation coefficient between yield and maximum LAI is the highest (0.889). In elongation and heading stages, Pn diurnal change curve of single leaf of all cultivars tested are "double-peaks" type, variation of the first peak value of Pn is smaller but that at "middle depression" and that of the second peak value of Pn among different cultivars increases. Generally, Pn reducing range of conventional rice cultivars is obviously greater than that of hybrid rice cultivars at "middle depression". There is an obvious difference in Pn daily average among different cultivars, and Pn daily average of conventional rice cultivars is generally lower than that of hybrid rice cultivars. It is suggested that under ecological condition of rainy and sunless region, yield of super rice cultivars is relatively higher than that of other type rice cultivars, and the high-yielding mechanism relates to increasing of leaf area index.

Key words: super hybrid rice; yield component factor; population trait; leaf area index; net photosynthetic rate; rainy and sunless area

高产和超高产是作物育种的永恒主题,是粮食安全最有效的保障。中国是水稻(*Oryza sativa* Linn.)生产和消费大国,受耕地面积的限制,水稻产量的增加主要依赖于单产提高,为此已选育出很多具有高产潜力的水稻品种。据统计,截止至2010年4月份,全国认定的超级稻品种达80个,2010年推广面积达660万 hm^2 ,占全国水稻种植面积的近四分之一^[1]。在云南省的一些特定区域,超级稻品种产量高达14~18 $\text{t}\cdot\text{hm}^{-2}$ ^[2]。2011年,袁隆平院士培育的超级稻品种在湖南隆回的百亩试验田里创造了13.9 $\text{t}\cdot\text{hm}^{-2}$ 的超高产纪录。由于超级稻品种高产潜力的发挥需要优越的生态条件和很高的栽培技术水平,因而在很多地区超级稻的产量远达不到高产水平。

目前对高产及超高产水稻品种生物学特征的研究较多,但对光照不足条件下高产水稻生物学特征的研究报道较少。作者选择多阴雨的湖南桃源丘陵地区,对该区域气候条件下不同品种水稻的产量构成因子、群体性状及光合速率等生物学特征进行研究,以期水稻品种的生态适应性选育提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 材料

实验在中国科学院桃源农业生态试验站进行。该区域地理坐标为东经111°27'、北纬28°55';多阴雨天气,年降水量1448mm,年均太阳辐射总量427.5 $\text{kJ}\cdot\text{cm}^{-2}$,年日照时数约1500h;土壤为第四纪红色粘土发育的水稻土,含有机碳17.1 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、全氮1.83 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、全磷0.65 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 和全钾12.5 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。

2008年进行早稻和晚稻试验,早稻品种为‘株两优819’(‘Zhuliangyou 819’)和‘金优402’(‘Jinyou

402’),晚稻品种为‘丰源优299’(‘Fengyuanyou 299’)和‘黄华占’(‘Huanghuazhan’),每个品种1个小区,小区面积75 m^2 。2009年进行早稻和中稻试验,早稻品种为‘湘早籼45’(‘Xiangzaoxian 45’)、‘金优402’和‘陆两优966’(‘Luliangyou 966’),中稻品种为‘湘晚籼13’(‘Xiangwanxian 13’)、‘II优838’(‘II you 838’)和‘Y两优1号’(‘Y liangyou No. 1’),每个品种1个小区,小区面积200 m^2 。随机区组设计,每个品种均设3次重复。供试品种均通过正式审定,其中,‘黄华占’、‘湘早籼45’和‘湘晚籼13’为常规稻品种,‘金优402’和‘II优838’为一般杂交稻品种,‘株两优819’、‘丰源优299’、‘陆两优966’和‘Y两优1号’为超级杂交稻品种。按当地常规栽培技术进行各项田间管理。

1.2 测定方法

1.2.1 株高、茎蘖数和叶面积指数测定方法 在灌浆期用塑料尺测定植株地面以上的自然株高,每小区测定10穴,取平均值。移栽后在每小区选取10穴植株定点观测分蘖动态。自分蘖期(移栽后15~20d)开始,每小区取3穴,每隔10d取样1次,用手持式CI-203型激光叶面积测定仪(美国CID公司)测定叶面积,计算叶面积指数(LAI, leaf area index)。

1.2.2 叶片净光合速率(Pn)测定方法 使用LI-6400型光合测定仪(美国LI-COR公司)测定顶端全展叶片中部的Pn值。2008年,在分蘖期、拔节期和灌浆期各选择1d测定,测定日为晴天,时间为9:30至11:30;内置光源,光照强度1500 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 。2009年,在拔节期和抽穗期也各选择1d测定,测定日为晴天,分别于8:00、10:00、12:00、14:00、16:00和18:00定时测定;内置光源,光照强度与该时段日照的光照强度一致。重复测定3~5次。

1.2.3 考种方法 于成熟期在每小区取样 3 穴,统计有效穗数。将样株置于 105 ℃ 杀青 30 min, 然后于 85 ℃ 烘干后称取植株干质量,并换算成单位面积的生物量。脱粒后将稻粒浸入水中,沉入者为实粒、浮起者为空秕粒,将实粒捞出后于 85 ℃ 烘干并称取实粒质量;统计实粒数和空秕粒数。按下列公式计算每穗粒数、结实率、千粒质量和收获指数:每穗粒数=(实粒数+空秕粒数)/有效穗数;结实率=实粒数/(实粒数+空秕粒数);千粒质量=(实粒质量/实粒数)×1 000;收获指数=实粒质量/植株干质量。

按小区收割后统计产量,谷场晒干后取 1 kg 稻粒小样烘干后测定稻粒含水量,最后统一按 14% 含水量计算各品种的产量。

1.3 数据处理和分析

使用 Excel 2003 与 SPSS 15.0 统计分析软件对所有测定数据进行统计分析。

2 结果和分析

2.1 不同品种水稻产量构成因子的比较

在 2008 至 2009 年不同产季不同品种水稻产量构成因子的差异见表 1。由表 1 可见:杂交稻的产量高于常规稻,而超级杂交稻的产量较高。

在 2008 年,早稻品种‘株两优 819’的产量比品

种‘金优 402’高 16.29%,差异达显著水平;前者的有效穗数和结实率也显著高于后者,而其每穗粒数及千粒质量均小于后者。同年,晚稻品种‘丰源优 299’的产量比品种‘黄华占’高 5.44%,但差异不显著;前者的有效穗数、每穗粒数和结实率与后者也无显著差异,但其千粒质量则显著高于后者。

在 2009 年,早稻品种‘金优 402’和‘陆两优 966’的产量比品种‘湘早籼 45’分别高 9.9% 和 12.7%,但三者无显著差异;三者的有效穗数及结实率也均无显著差异。同年,晚稻品种‘Ⅱ优 838’和‘Y 两优 1 号’的产量比品种‘湘晚籼 13’分别高 20.6% 和 25.4%,差异显著;而前二者的有效穗数也高于后者,但三者的结实率无显著差异。

相关性分析结果(表 2)表明:各供试水稻品种的产量与有效穗数和结实率呈显著正相关($P < 0.05$),与每穗粒数呈极显著正相关($P < 0.01$),与千粒质量无显著相关性($P > 0.05$)。水稻产量与各产量构成因子的逐步回归方程为 $Y = 11.287X_1 + 5485.500X_2 + 20.245X_3 - 3622.000$ ($r^2 = 0.540$, $P < 0.01$),其中 Y 为产量、 X_1 为有效穗数、 X_2 为结实率、 X_3 为每穗粒数;有效穗数、结实率和每穗粒数对水稻产量的通径系数分别为 0.366、0.333 和 0.455。可见,在产量构成因子方面,每穗粒数多、有效穗数多和结实率高是高产水稻的特征,而千粒质量对产量的影响较小。

表 1 2008 年和 2009 年不同产季不同品种水稻产量构成因子的差异分析¹⁾

Table 1 Variance analysis on yield component factors of different cultivars of rice (*Oryza sativa* Linn.) at different production seasons in 2008 and 2009¹⁾

产季和品种 Production season and cultivar	有效穗数/m ⁻² Number of productive ear	每穗粒数 Number of grain per ear	结实率/% Seed-setting rate	千粒质量/g 1 000-grain weight	产量/kg·hm ⁻² Yield
2008 年早稻 Early rice in 2008					
金优 402 Jinyou 402	198a	122a	63.8b	25.37a	4 805b
株两优 819 Zhuliangyou 819	222a	99b	75.9a	24.40a	5 588a
2008 年晚稻 Late rice in 2008					
黄华占 Huanghuazhan	252a	137a	71.8a	22.70b	5 886a
丰源优 299 Fengyuanyou 299	221a	150a	83.1a	26.12a	6 205a
2009 年早稻 Early rice in 2009					
湘早籼 45 Xiangzaoxian 45	260a	109b	70.5a	22.49c	4 503a
金优 402 Jinyou 402	253a	117b	66.1a	26.95a	4 948a
陆两优 966 Luliangyou 966	229a	136a	66.3a	25.97b	5 076a
2009 年中稻 Middle-season rice in 2009					
湘晚籼 13 Xiangwanxian 13	238b	152ab	71.9a	23.65b	5 729b
Ⅱ优 838 Ⅱ you 838	260ab	143b	72.6a	25.20a	6 910a
Y 两优 1 号 Y liangyou No. 1	280a	160a	70.5a	24.15ab	7 187a

¹⁾ 同列中不同的小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$) Different small letters in the same column indicate the significant difference ($P < 0.05$).

表2 不同品种水稻产量构成因子间的相关性分析结果¹⁾
Table 2 Correlation analysis result among yield component factors of different cultivars of rice (*Oryza sativa* Linn.)¹⁾

因子 Factor	不同因子间的相关系数 Correlation coefficient among different factors			
	NG	SSR	W	Y
NPE	0.152	0.022	-0.296	0.413 *
NG		0.190	-0.071	0.569 **
SSR			-0.092	0.427 *
W				-0.008

¹⁾NPE:有效穗数 Number of productive ear; NG:每穗粒数 Number of grain per ear; SSR:结实率 Seed-setting rate; W:千粒质量 1 000-grain weight; Y:产量 Yield. **: $P < 0.01$; *: $P < 0.05$.

表3 2008年和2009年不同产季不同品种水稻群体性状的差异分析¹⁾
Table 3 Variance analysis on population traits of different cultivars of rice (*Oryza sativa* Linn.) at different production seasons in 2008 and 2009¹⁾

产季和品种 Production season and cultivar	株高/cm Plant height	M_{TN}/m^{-2}	M_{LAI}	生物量/kg·hm ⁻² Biomass	收获指数 Harvest index
2008 早稻 Early rice in 2008					
金优402 Jinyou 402	96a	343a	4.11a	8 428a	0.456b
株两优819 Zhuliangyou 819	85b	327a	4.41a	7 898a	0.508a
2008 晚稻 Late rice in 2008					
黄华占 Huanghuazhan	100b	307a	5.43a	12 253a	0.432b
丰源优299 Fengyuanyou 299	114a	293a	5.89a	13 442a	0.492a
2009 早稻 Early rice in 2009					
湘早籼45 Xiangzaoxian 45	80c	350b	3.58b	9 183b	0.491a
金优402 Jinyou 402	89b	406a	4.75a	12 093a	0.436b
陆两优966 Luliangyou 966	98a	381ab	4.80a	11 344a	0.470a
2009 中稻 Middle-season rice in 2009					
湘晚籼13 Xiangwanxian 13	140a	274b	5.52b	12 929a	0.460b
Ⅱ优838 Ⅱ you 838	131ab	357a	6.56a	13 887a	0.490ab
Y两优1号 Y liangyou No. 1	126b	359a	6.87a	14 543a	0.516a

¹⁾同列中不同的小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$) Different small letters in the same column indicate the significant difference ($P < 0.05$). M_{TN} :最大茎蘖数 Maximum tiller number; M_{LAI} :最大叶面积指数 Maximum leaf area index.

高于常规稻;而在中稻各品种中,杂交稻的最大茎蘖数、最大LAI、生物量及收获指数均高于常规稻。从品种上看,超级杂交稻品种‘陆两优966’的收获指数高于同季的一般杂交稻‘金优402’但低于常规稻‘湘早籼45’;超级杂交稻‘Y两优1号’的收获指数高于同季的常规稻‘湘晚籼13’和一般杂交稻‘Ⅱ优838’,在3个品种中最高。

相关性分析结果(表4)表明:产量与株高、最大LAI和生物量呈极显著正相关、与收获指数呈显著正相关,其中产量与最大LAI的相关系数最大(0.889)。水稻产量与最大LAI和收获指数的逐步回归方程为 $Y = 737.03X_4 + 5 665.50X_5 - 844.00$ ($r^2 = 0.824$, $P < 0.01$),其中Y为产量、 X_4 为最大LAI、 X_5 为收获指数;最大LAI和收获指数对产量的通径系数分别为0.848

2.2 不同品种水稻群体性状的比较

2008至2009年不同产季不同品种水稻群体性状的差异见表3。在2008年,早、晚稻各品种间的最大茎蘖数、最大叶面积指数(LAI)和生物量均无显著差异,但株高和收获指数均有显著差异;从品种上看,超级杂交稻‘株两优819’和‘丰源优299’的收获指数均高于常规稻‘黄华占’和一般杂交稻‘金优402’。在2009年,早、中稻各品种间的株高、最大茎蘖数、最大LAI、生物量和收获指数均有一定差异;其中,在早稻各品种中,杂交稻的最大茎蘖数、最大LAI和生物量

表4 不同品种水稻群体性状间的相关性分析结果¹⁾
Table 4 Correlation analysis result among population traits of different cultivars of rice (*Oryza sativa* Linn.)¹⁾

性状 Trait	不同性状间的相关系数 Correlation coefficient among different traits				
	M_{TN}	M_{LAI}	Bio	HI	Y
H	-0.270	0.770 **	0.730 **	0.138	0.721 **
M_{TN}		-0.071	-0.023	-0.082	-0.119
M_{LAI}			0.814 **	0.212	0.889 **
Bio				0.006	0.722 **
HI					0.370 *

¹⁾H:株高 Plant height; M_{TN} :最大茎蘖数 Maximum tiller number; M_{LAI} :最大叶面积指数 Maximum leaf area index; Bio:生物量 Biomass; HI:收获指数 Harvest index; Y:产量 Yield. **: $P < 0.01$; *: $P < 0.05$.

和0.190。分析结果表明:在群体性状方面,植株较高、叶面积指数大、生物量大和收获指数高是高产水

稻的重要特征。

2.3 不同品种水稻净光合速率 (P_n) 的比较

2009 年不同产季 (早稻和中稻) 不同品种水稻在拔节期和抽穗期单叶净光合速率 (P_n) 的日变化曲线分别见图 1 和图 2。结果显示:各品种水稻的 P_n 日变化曲线均呈“双峰型”;其中第 1 个峰值均出现在 10:00 左右,而第 2 个峰值的出现时间略有差异,早稻品种的第 2 个峰值出现在 16:00 左右,中稻品种的第 2 个峰值出现在 14:00 左右。品种间 P_n 的第 1 个峰

值差异较小,但在“午休”阶段 P_n 差异增大,常规稻品种的 P_n 降幅更大,其 P_n 明显低于杂交稻;至第 2 个峰值,常规稻品种的 P_n 仍低于杂交稻。作者前期的研究结果^[3]显示:早稻超级杂交稻‘株两优 819’和杂交稻‘金优 402’的 P_n 值在分蘖期、孕穗期和灌浆期均很相近,晚稻超级杂交稻‘丰源优 299’的 P_n 值在分蘖期显著低于常规稻‘黄华占’ ($P < 0.05$)、但在孕穗期和灌浆期均显著高于后者 ($P < 0.05$),显示超级杂交稻品种的 P_n 总体上高于常规稻品种。

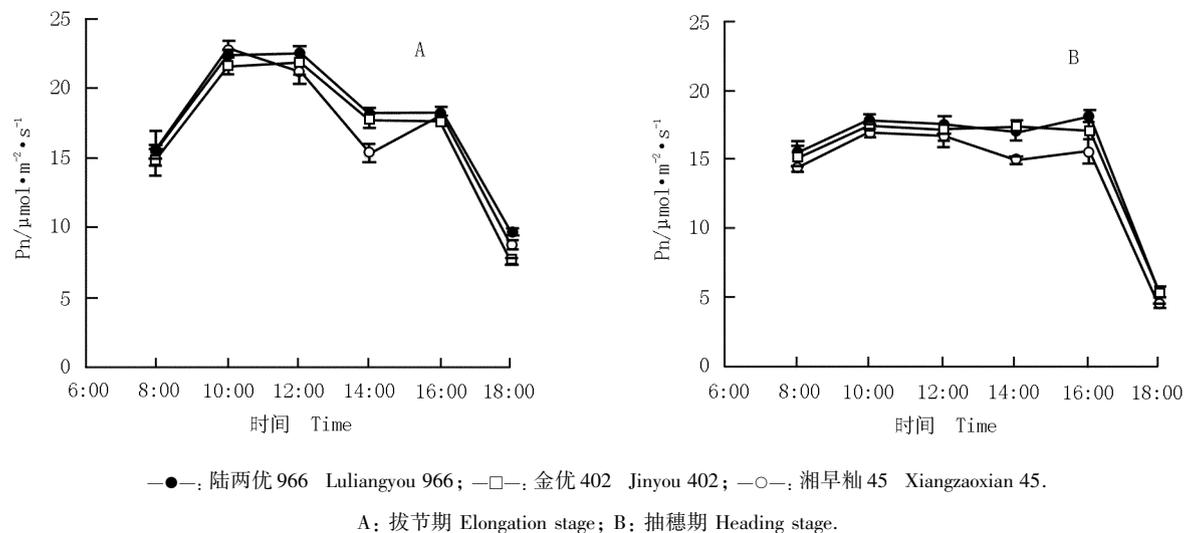


图 1 2009 年早稻品种单叶净光合速率 (P_n) 的日变化曲线

Fig. 1 Diurnal change curve of net photosynthetic rate (P_n) of single leaf of early rice (*Oryza sativa* Linn.) cultivars in 2009

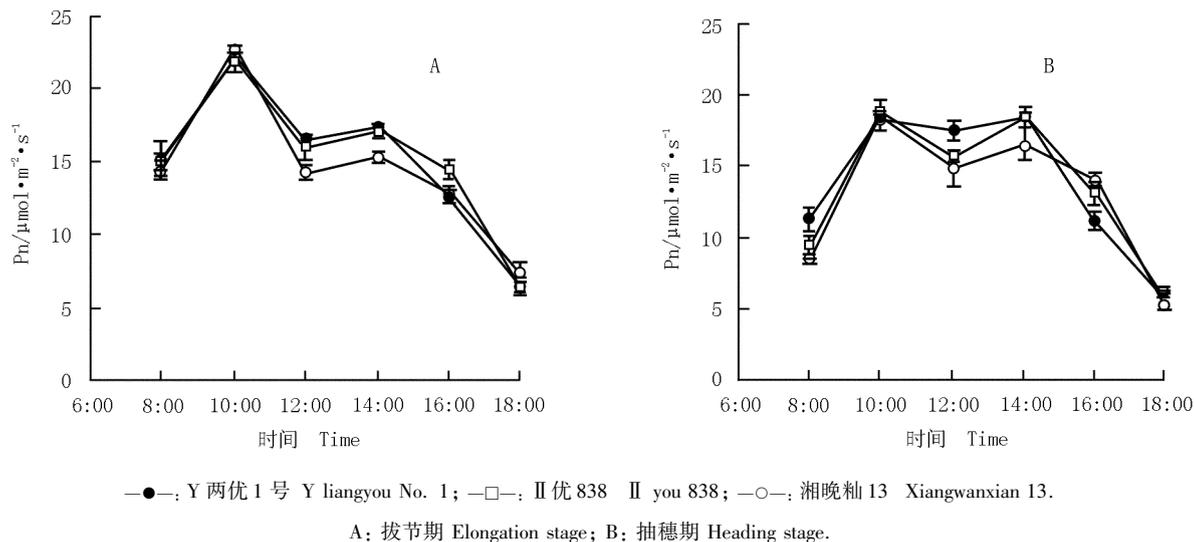


图 2 2009 年中稻品种单叶净光合速率 (P_n) 的日变化曲线

Fig. 2 Diurnal change curve of net photosynthetic rate (P_n) of single leaf of middle-season rice (*Oryza sativa* Linn.) cultivars in 2009

在拔节期,早稻品种‘陆两优966’、‘金优402’和‘湘早籼45’的 P_n 日平均值分别为17.95、17.05和17.12 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,在抽穗期3个品种的 P_n 日平均值分别为15.28、14.98和13.94 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。在拔节期,中稻品种‘Y两优1号’、‘II优838’和‘湘晚籼13’的 P_n 日平均值分别为15.10、15.19和14.60 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$,在抽穗期3个品种的 P_n 日平均值分别为13.80、13.59和13.04 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。总体上看,常规稻品种的 P_n 日平均值低于杂交稻。

3 讨 论

水稻高产原因可概括为库大(每穗颖花数多及单位面积颖花数多)、源强(株型优良、叶面积指数高、绿叶持续期长及光合速率高)、流畅(源库协调性好及收获指数高)、承载力大(根系发达及茎秆抗倒伏性强)等特性^[1-2,4-10],水稻品种如果具备其中的部分特性皆有可能获得高产。本研究供试的超级稻品种分别具有其中的部分特点,说明这些品种具备高产潜力。

光合作用是作物产量形成的物质基础,能够切合籽粒灌浆需求的光合特性是实现水稻超高产的关键环节^[7],当水稻的碳同化能力可为籽粒灌浆提供更多的光合产物时才能获得较高的籽粒产量;水稻的碳同化能力可简单地用叶片光合速率与叶面积的乘积来估算。在本研究中,不同水稻品种的产量与最大叶面积指数呈极显著正相关;高产水稻品种叶片的净光合速率(P_n)普遍较高,即杂交稻叶片的 P_n 值普遍高于常规稻。这与刘建丰等^[8]的研究结果基本一致。此外,在“午休”阶段,杂交稻品种的 P_n 降幅较小,说明杂交稻品种具有较强的耐光抑制光氧化的能力^[5]。

理论上,作物产量是生物量与收获指数的乘积,所以提高生物量或收获指数均可以实现增产目的。在本研究中,供试各品种水稻的产量与生物量呈极显著正相关、与收获指数呈显著正相关;杨惠杰等^[2]的研究也得出了类似的结果。吴文革等^[9]认为:一些超级杂交籼稻品种通过优化株型、提高光能利用率使生物量提高,而非提高其收获指数。这些研究结果均表明现阶段水稻育种目标主要是通过增加生物量来实现高产目的,这可能是由于高产或超高产水稻需要更强的承载力来支撑稻穗,过多地降低茎秆和根系干物

质的分配比例对提高其抗倒伏性不利。

水稻高产与品种、生态条件和栽培技术三者均有关。超高产杂交稻有其适宜的种植区域,只有在光、温和土壤等环境条件非常适宜时才能充分表现出超高产潜力^[11]。本研究区域阴雨天较多、光照不足,但供试的超级杂交稻品种的产量依然高于常规稻品种及一般杂交稻品种,可见在较差的生态条件下超级杂交稻品种仍能表现出一定的高产优势。杂交稻叶片的光合速率普遍高于常规稻,但在光照不足的条件下这种优势难以发挥。在本研究中,供试各品种的产量与最大叶面积每时数(LAI)呈极显著正相关,说明超高产水稻的群体性状优良、LAI更高。根据作者多年的实地栽培经验,在湖南桃源这种多阴雨的气候条件下通过密植可以迅速提高水稻的LAI,使群体的光截获量和光能利用率提高,从而提高产量。因此,建议在寡照阴雨气候区域应选择种植耐密型水稻品种,通过发挥群体优势增加产量。

参考文献:

- [1] 付景,杨建昌. 超级稻高产栽培生理研究进展[J]. 中国水稻科学, 2011, 25(4): 343-348.
- [2] 杨惠杰,李义珍,杨仁崔,等. 超高产水稻的干物质生产特性研究[J]. 中国水稻科学, 2001, 15(4): 265-270.
- [3] 王卫,陈安磊,谢小立,等. 双季超级稻的生长与光合特性研究[J]. 长江流域资源与环境, 2011, 20(5): 635-640.
- [4] 曹树青,翟虎渠,钮中一,等. 不同产量潜力水稻品种的剑叶光合特性研究[J]. 南京农业大学学报, 2000, 23(3): 1-4.
- [5] 陈炳松,张云华,李霞,等. 超级杂交稻两优培九生育后期的光合特性和同化产物的分配[J]. 作物学报, 2002, 28(6): 777-782.
- [6] 刘建丰,袁隆平. 超高产杂交稻产量性状研究[J]. 湖南农业大学学报:自然科学版, 2002, 28(6): 453-456.
- [7] 翟虎渠,曹树青,万建民,等. 超高产杂交稻灌浆期光合功能与产量的关系[J]. 中国科学:生命科学, 2002, 32(3): 211-217.
- [8] 刘建丰,袁隆平,邓启云,等. 超高产杂交稻的光合特性研究[J]. 中国农业科学, 2005, 38(2): 258-264.
- [9] 吴文革,张洪程,钱银飞,等. 超级杂交中籼水稻物质生产特性分析[J]. 中国水稻科学, 2007, 21(3): 287-293.
- [10] 潘圣刚,黄胜奇,张帆,等. 超高产栽培杂交中籼稻的生长发育特性[J]. 作物学报, 2011, 37(3): 537-544.
- [11] 敖和军,王淑红,邹应斌,等. 超级杂交稻干物质生产特点与产量稳定性研究[J]. 中国农业科学, 2008, 41(7): 1927-1936.

(责任编辑:惠红)