

东南亚特种水稻种质资源光合特性研究

张晓丽¹, 王强¹, 陈雷^{1,3}, 唐茂艳¹, 吕荣华², 郭辉¹, 梁天锋¹, 高国庆¹

(¹广西农业科学院水稻研究所/广西水稻遗传育种重点实验室, 南宁 530007;

²广西农业科学院国际合作处, 南宁 530007; ³广西大学农学院, 南宁 530004)

摘要: 东南亚国家丰富的自然资源和多样化的种植与消费习惯, 孕育了大量的特种水稻资源, 如有色稻、糯稻和香稻等。这些资源长期在相对封闭的区域种植, 基因高度纯合, 表型十分稳定, 是进行遗传和生理特性研究的良好材料。本研究对 56 份越南、老挝、柬埔寨的特种水稻资源进行光合指标测定和统计分析, 结果表明供试材料的光合速率 (Pn) 和光合功能期差异 (RSP) 均表现为极显著水平, 均值分别为 27.15 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$ 和 35.3 d; 进一步对这两个指标进行二维排序绘制象限图, 从中筛选出了 Pn 和 RSP 均值较高的种质资源 14 份, 占总数的 25%, 这些高光效特种稻种质资源可作为特种品种选育的中间材料, 同时也可为光合机理研究、高光效基因定位等提供基因资源。探讨了特种稻光合速率与农艺性状之间的相关性, 其中, C1、C2、C29、C43、C49、C54、C56、C59、C60 和 C62 株型为中间类型、叶片颜色为绿色或深绿、剑叶状态为中间类型或直立, 其光合速率相对高一些, 为潜在的高光效育种材料。

关键词: 特种稻; 种质资源; 东南亚; 光合

Photosynthetic Characters of Special Rice Germplasm Resources from Southeast Asia

ZHANG Xiao-li¹, WANG Qiang¹, CHEN Lei¹, TANG Mao-yan¹, LV Rong-hua²,
GUO Hui¹, LIANG Tian-feng¹, GAO Guo-qing¹

(¹Rice Research Institute, Guangxi Academy of Agricultural Sciences/Guangxi Key Laboratory of Rice Genetics and Breeding,

Nanning 530007; ²International Cooperation Department, Guangxi Academy of Agricultural Sciences, Nanning 530007;

³Agriculture College of Guangxi University, Nanning 530004)

Abstract: In Southeast Asia countries, diversified natural resources, planting practice and consumption habit gave birth to a large number of special rice resources, including the colored rice, glutinous rice and fragrant rice types. These resources were long-term planted in relatively closed area, therefore, possessed highly homozygous genes and stable phenotypic characteristics. They are ideal materials for genetic and physiological research. Fifty-six special rice resources collected from Vietnam, Laos and Cambodia were used to measure their photosynthetic parameters and statistical analysis. The results showed that photosynthetic rate (Pn) and photosynthetic function duration (RSP) of the tested materials were extremely significant level, with the average values being 27.15 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$ and 35.3 d respectively. By making two-dimensional drawing quadrant, screened out 14 germplasm with relatively higher Pn and RSP, accounting 25% of the total. These germplasm can be used as an intermediate material of special rice type breeding, but also provides genetic resources for the photosynthetic mechanism research and high efficiency gene mapping. In additions, the correlation between special rice photosynthesis rate and agronomic traits were discussed. It was suggested that plants with intermediate plant type, green or dark green leaf color, erect or intermedi-

收稿日期: 2015-12-21 修回日期: 2016-02-26 网络出版日期: 2016-10-12

URL: <http://www.cnki.net/kcms/detail/11.4996.S.20161012.0916.002.html>

基金项目: 国家自然科学基金项目(31560363); 公益性行业(农业)科研专项(201203029); 广西自然科学基金(2014GXNSFBA118071); 广西农业科学院科技发展基金(2015JM19); 广西自然科学基金(2016GXNSFBA380171)

第一作者主要从事水稻栽培与生理研究。E-mail: zhangxiaoli@gxaas.net

通信作者: 高国庆, 主要从事水稻分子育种及水稻新技术国际转移研究工作。E-mail: gqgao@gxaas.net

ate flag leaf state type, relatively high photosynthetic rate, will be a potential material of high photosynthetic breeding.

Key words: special rice; germplasm resources; southeast asia; photosynthetic

随着人民生活水平不断提高,城乡居民的饮食结构逐渐发生变化,人们对稻米的要求由原先单一的饱腹功能转为集饱腹、美味、营养、保健等为一体的复合性功能,而特种稻米作为一种独特的营养食品必将成为现代人的新宠,对于亚洲尤其是对拥有 13 亿人口并以稻米为主粮的中国而言,它更有着得天独厚的优势^[1]。同时,随着现代稻米加工业的迅速发展和农作物种植结构的调整以及农产品国际竞争力的需求,对特种稻米的需求量逐年增多,稻农对通过种植优质、高营养特种稻来实现农业较高收入的愿望更加迫切,稻米高级化、多样化、功能化是当前社会发展的必然趋势^[2-3]。特种稻的种植与加工,适应市场发展的需求,它为增加农业生产效益、提高农民收入开创了一条途径,同时,作为一种新兴产业,它的开发与应用不仅给水稻生产带来新的经济增长点,更重要的是它给粮食市场注入新的活力^[4]。

在东南亚国家中,位于中南半岛的越南、老挝、柬埔寨三国,都是多民族的国家,地形复杂、气候多样,多样化的自然条件和大米消费习惯,孕育了大量的特色地方水稻品种,其中,分布于半岛各地的有色稻、糯稻和香稻等特色品种,在许多地方仍作为传统食品被广泛种植^[5]。这些品种长期处于相对封闭的自然环境,其遗传背景纯合度高,农艺性状表现稳定,是进行遗传规律和生理基础研究的理想材料。目前有一些特种稻品种的育出^[6],产量有限,限制了其大面积推广种植,这是否因其含有其他色素而影响叶绿素含量,从而影响光合强度,最终影响产量^[7],也值得进一步研究探讨。广西与东盟国家水稻产区所处气候带毗邻或相似,在广西开展东南亚特种水稻种质资源研究具有独特的地理优势,研究特种稻的光合特性,可以从光合角度为特种稻高产育种提供中间材料。

作物 90% 的生物产量来自于光合作用,光合效率与作物产量密切相关,若要实现超高产,除了利用杂种优势外,大幅度提高光能利用率也不失为一个主要途径。高光效种质资源的挖掘与利用是高光效育种的基础和前提。以往的科研工作者研究肯定了不同的水稻品种或种质资源光合速率存在显著差异。徐树照等^[8]从 1440 份太湖流域粳稻中,筛选出光合速率高、农艺性状极优的 28 个种质资源;李霞等^[9]探讨了不同水稻品种不同层次的光合特性;康公平等^[10]研究得出茶陵普通野生稻的光合性能强于超高

产或高产栽培稻,且在高温下表现更为突出;曹树青等^[11]对 230 份稻种资源的光合特性指标进行了研究,发现品种间光合差异显著,籼稻光合速率偏高,粳稻光合功能期偏长;张宗琼等^[12]对东南亚国家水稻种质资源进行了研究,通过聚类筛选出来 8.5% 的高光效水稻资源。但目前,我国对东南亚特种水稻种质资源的光合特性研究尚鲜有报道。本研究拟以 2014 年从越南、老挝、柬埔寨等东南亚国家引进的有色稻、糯稻和香稻资源为材料,对其光合特性进行研究和评价,旨在从不同背景的种质中筛选出可被利用的高光效资源,为广西特种品种选育提供中间材料,同时也为光合机理研究、高光效基因定位等提供基因资源。

1 材料与方法

1.1 供试材料与试验设计

供试材料为 56 份从越南、老挝、柬埔寨等东南亚国家引进的特种水稻种质资源,包括糯稻、香稻、有色稻 3 种。

试验于 2014 年在广西壮族自治区农业科学院水稻研究所(108°14'51"E, 22°50'54"N)进行,共测定了 56 份特种水稻种质资源的光合相关指标和光合功能期。早造 3 月初播种,4 月初插秧,每份供试材料种植 10 行,每行 20 株,单株种植,种植规格 16 cm × 20 cm,水肥常规管理和病虫害防治。

1.2 试验方法

1.2.1 净光合速率 在水稻的抽穗扬花期^[13],选择晴朗无风的天气,9:00 - 11:30 期间,利用 LI-6400XT 便携式光合作用测量仪测定其净光合速率(Pn, net photosynthetic rate)。测定时随机选取各个小区内生长状况健康的植株剑叶,对其进行标记并量取叶宽,每个种质资源小区内选取 3 ~ 4 个重复,为了避免因种质资源测定时间间隔过长而产生的差异,在测定过程中,第 1 个种质资源的第 1 片叶测定后,随即测下一个种质资源,直至测完当天最后一个种质资源,再返回来测定第 1 个种质资源的第 2 片剑叶,最大程度地保证了试验条件的一致性和试验数据的可靠性。试验采取控制环境条件进行测量,其中设定参比室内 CO₂ 浓度为 380 μmol/mol,叶温控制 28 °C,光强为 1500 mol/m² · s。

1.2.2 光合功能期 有研究报道,光合功能期与叶绿素含量相对稳定期基本一致^[14-15],因此,在剑叶伸出叶鞘至叶片枯黄期间测定,采用 SPAD-502 叶

绿素测定仪测定叶绿素含量,以叶片全展到叶绿素含量下降至全展叶绿素含量的 80% 所持续的天数定为叶绿素含量相对稳定期 (RSP, relative steady phase of chlorophyll content)^[16]。测定时,在待测叶中部及距离中部上下约 3 cm 处各测 1 次(避开叶片中脉),取 3 次平均值作为该叶片的 SPAD 测定值。

1.3 数据处理与分析

利用 Excel 2010 软件进行数据统计,用 SPSS 19.0 软件进行聚类分析,用 DPS 7.5 进行方差分析。

2 结果与分析

2.1 不同种质资源的净光合速率差异

56 个特种水稻种质资源的净光合速率差异较大,变幅为 17.21 ~ 36.96 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$,平均净光合速率为 27.15 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$,最高值与最低值相差大约 2.26 倍,变异系数(CV)为 17.8%。所有参试的种质资源 Pn 频率分布呈现偏常态(图 1),Pn 值在 21 ~ 25 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$ 之间的种质资源数比重最大,为 35.7%;Pn 值在 33 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$ 及其以上的有 8 个,占参试品种的 14.3%。方差分析结果表明,东南亚特种种质资源 Pn 差异达到极显著水平($P < 0.01$) (表 1)。

表 1 特种种质资源品种间差异的方差分析

Table 1 variance of photosynthetic rate among special rice varieties

项目	变异来源	平方和	自由度	均方	F 值	平均值 ± 标准差	变异系数 (%)
	Source of variance	Sum of squares	df	Mean square	F value	Mean ± SD	CV
Pn	品种间	3828.08	55	69.60	4.206 **		17.8
	品种内	1853.21	112	16.55			
	总变异	5681.30	167				
RSP	品种间	2575.92	55	46.83	19.512 **	27.08 ± 4.82	11.2
	品种内	268.84	112	2.40			
	总变异	2844.76	167				

** 表示差异极显著 ($P < 0.01$) ** represents extremely significant difference ($P < 0.01$)

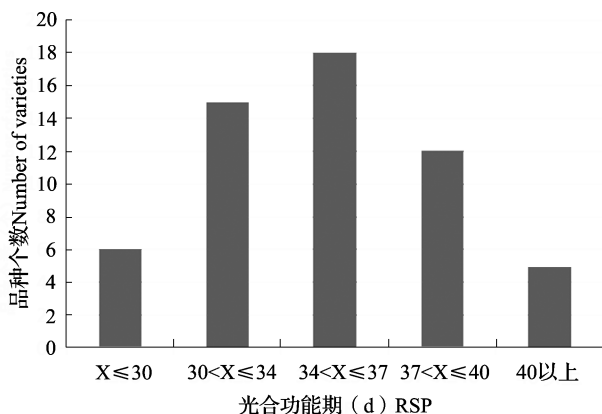


图 2 特种水稻种质资源光合功能期分布频率

Fig. 2 Distribution frequency of RSP in specific rice germplasm resources

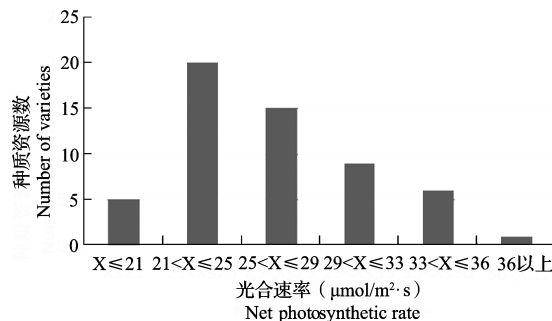


图 1 特种水稻种质资源光合速率分布频率

Fig. 1 Distribution frequency of photosynthetic rate in specific rice germplasm resources

2.2 不同种质资源的光合功能期的差异分析

供试水稻种质资源的光合功能期的平均值为 35.3 d,变幅为 28.9 ~ 44.6 d,最高值与最低值相差大约 1.54 倍,变异系数(CV)为 11.2%。所有参试的种质资源 RSP 频率分布呈现偏常态(图 2),光合功能期在 34.1 ~ 36.9 d 之间的种质资源数比重最大,为 30.36%;光合功能期在 40 d 及其以上的有 5 个,占参试品种的 8.92%。方差分析结果表明,东南亚特种种质资源光合功能期差异达到极显著水平 ($P < 0.01$) (表 1)。

2.3 光合性状的聚类分析及二维排列

采用 SPSS19.0 对供试特种种质资源 Pn 和 RSP 进行聚类分析(图 3),当平均欧氏遗传距离在 0.338 水平时,56 份特种种质资源的 Pn 被聚类为 5 类(图 3a)。其中第 1 类为极高光合速率类,包括 8 份种质资源,占总数的 14.3%,Pn 变幅为 33.90 ~ 36.96 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$;第 2 类为高光合速率类,Pn 变幅为 30.51 ~ 33.15 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$,这类资源有 7 个,占 12.5%;第 3 类为中高光合速率类,这类种质资源 13 个,占 23.2%,Pn 变幅 26.88 ~ 30.07 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$;第 4 类为中低光合速率类,这类资源有 24 个,占 42.9%,Pn 变幅为 21.60 ~ 25.90 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$;第 5 类为低光合速率,Pn 变幅为 17.21 ~ 19.50 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$,这类种质资源有 4 个,占 7% (表 2)。

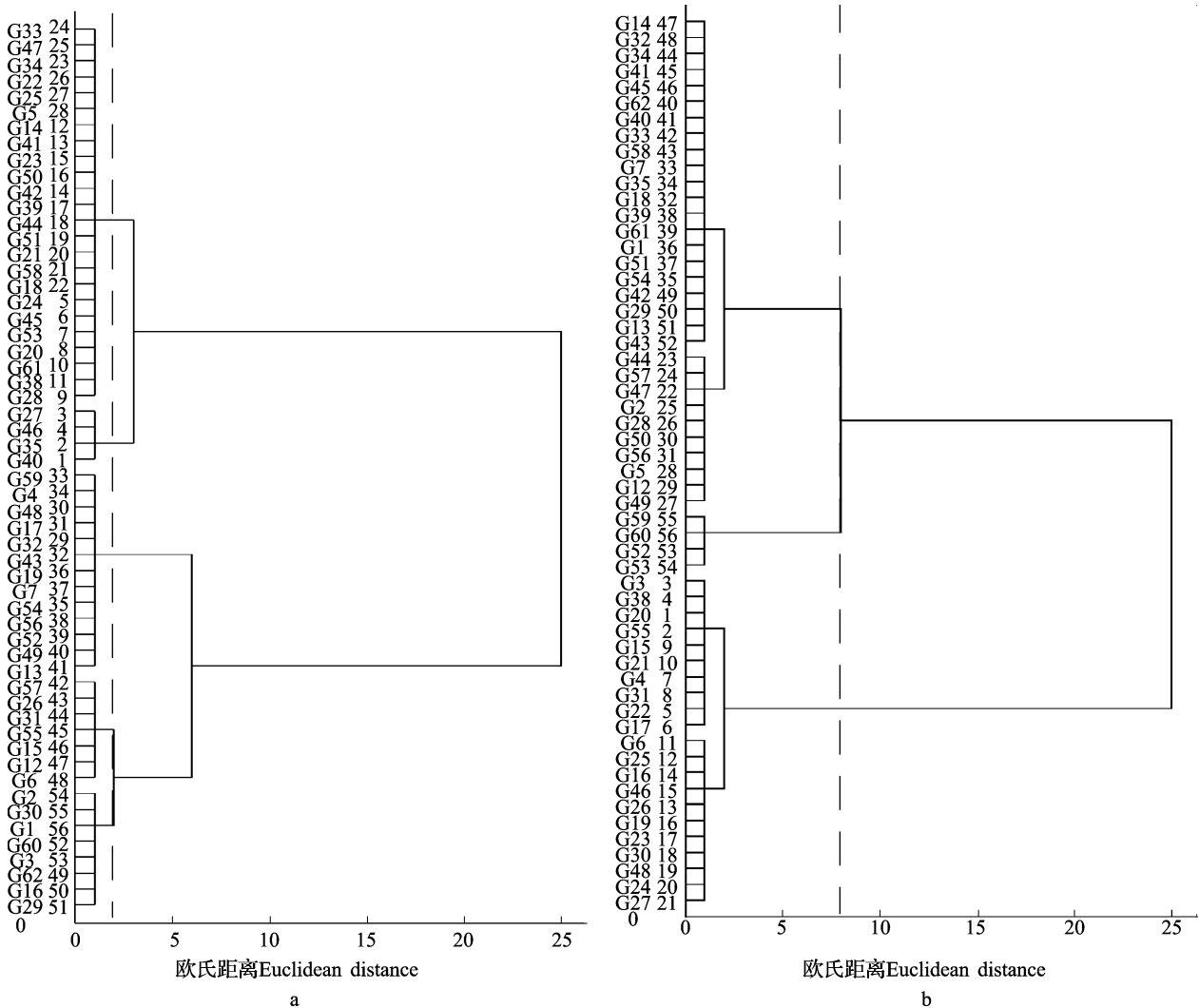


图3 种质资源光合速率(a)和光合功能期(b)的聚类分析图

Fig. 3 Cluster analysis map of Pn (a) and RSP (b) in rice germplasm resources

表2 种质资源光合速率和光合功能期的聚类结果

Table 2 Classification on Pn and RSP in rice germplasm resources

项目 Item	聚类类型 Clumber type	种质数目 Number of varieties	分布频率(%) Distribution frequency	组平均数 Average within group	变幅 Range
Pn ($\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$)	极高	8	14.3	35.25	33.90 ~ 36.96
	高	7	12.5	31.53	30.51 ~ 33.15
	中高	13	23.2	28.12	26.88 ~ 30.07
	中低	24	42.9	23.87	21.60 ~ 25.90
	低	4	7	18.78	17.21 ~ 19.50
RSP(d)	长	4	7.14	44.03	43.30 ~ 44.60
	中	31	55.4	36.98	34.10 ~ 40.70
	短	21	37.5	31.24	28.90 ~ 33.50

当平均欧氏遗传距离在 7.696 水平时, RSP 被聚类为 3 类(图 3b)。其中第 1 类为较短光合功能

期, 包括 21 份种质资源, 占总数的 37.5%, RSP 变幅为 28.9 ~ 33.5 d; 第 2 类为长光合功能期, 这类种

质资源4个,占7.14%,RSP变幅为43.3~44.6 d;第3类为中等光合功能期,RSP变幅为34.1~40.7 d,这类资源有31个,占55.4%(表2)。

以供试的特种水稻种质资源光合功能期为X轴,净光合速率为Y轴,做二维排序图,56份种质资源的Pn和RSP均值点,分别为27.08 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$, 35.33 d。以此点为中心,横纵坐标轴将二维排序图分为4个象限(图4)。各象限分布的种质资源数相对均匀,在象限I、II、III、IV区域中的分布频率分别为25.0%、25.0%、21.43%、28.57%。象限I:净光合速率高,光合功能期短;象限II:净光合速率和光合功能期2个参数均为高值;象限III:净光合速率和光合功能期2个参数均为低值;象限IV:净光合速率低,光合功能期长。象限I中包含的材料,即2个参数均为高值的特种种质资源,共14份,分别为C1、C2、C7、C12、C13、C29、C43、C49、C52、C54、C56、C59、C60、C62,这些种质资源的株叶型多数为中间类型,剑叶性状为直立或是中间类型,叶色为绿色或深绿色。

表3 不同叶色、株型和叶型的光合速率比较

Table 3 Comparison of photosynthetic rate with different leaf colors, plant types and leaf types

叶色 Leaf color	Pn 均值($\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$) Average	株型 Plant type	Pn 均值($\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$) Average	剑叶类型 Flag leaf type	Pn 均值($\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$) Average
绿色 Green	27.80	中间型 Middle	27.52	中间型 Middle	28.57
深绿 Dark green	26.68	集中型 Erect	27.34	直立 Erect	26.43
浅绿 Weak green	26.43	披散型 Loose	26.22	水平 Flat	25.83

3 讨论

光合指标为数量性状,受到包括试验材料、不同年度、不同季节、不同地域以及仪器调控等许多因素的影响。为了最大程度上减少试验结果的误差,本试验在整个试验过程中,最大程度上做到栽培管理措施一致、测定控制条件相同,各个材料的测定时期和部位一致,保证了试验数据的可靠性。本试验中的56份特种水稻种质资源,平均净光合速率为27.15 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$,变幅为17.21~36.96 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$,最高值与最低值相差大约2.26倍,曹树青等^[11]测定国内230份稻种资源,其光合速率的平均值为23.4 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$,变幅为17.9~29.6 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$;本团队在2014年测定164份东南亚稻种资源的净光合速率,均值为22.52 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$,变幅为11.26~33.86 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$ ^[12],两个试验在相同的田间管理和测定控制条件下进行,在光合速率均值和最大值

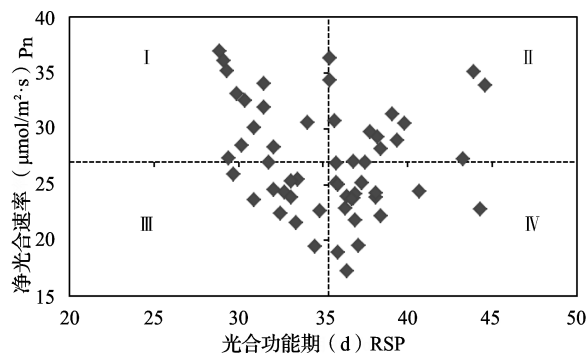


图4 光合功能期和净光合速率的二维象限图

Fig. 4 Two-dimensional quadrant diagram of Pn and RSP

2.4 不同叶型、株型和叶色的光合速率比较

由表3可知,叶色光合速率根据叶色的不同而不同,表现为绿色>深绿>淡绿;株型为中间类型的种质资源,其光合速率较高;剑叶光合速率方面,中间类型>直立>水平,差异达不到显著水平。供试材料中,C1、C2、C29、C43、C49、C54、C56、C59、C60和C62的Pn较高,其株型一般为中间类型、剑叶表现为直立与水平的中间类型或直立、叶色绿色或是深绿。

上,前者均高于后者,对比之下说明引进的特种种质资源中净光合速率存在差异,且含有部分高光效资源,可以作为高光效育种的改良材料,同时也为进一步研究高光效机理及相关基因的挖掘提供材料。

在水稻高光效育种和潜在产量挖掘范围,除了提高光合速率,也需持续运转(即光合功能期长)^[17-18],刘怀年等^[19]也提到光合功能期是光合特性的重要内容,在研究中应予以同等重视。本研究通过测试光合速率和光合功能期等光合指标,通过二维象限图从总体上更直观地区分与筛选,光合速率和光合功能期均较高的材料有14份,其Pn和RSP均值分别达到31.28 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$ 和38.71 d,可为这些材料在高光效育种中的开发利用提供一定的理论依据。

光合速率高和光合功能期长的种质资源的利用,需建立在理想株型的基础上,本研究探讨了光合速率与农艺性状之间的相关性,与以往研究者研究

结果相似^[1,19],其生长发育特征方面,在田间进行高光效育种材料的选择时,尽量选择株型为中间类型、叶片颜色为绿色或深绿、剑叶状态为中间类型或直立,光合速率相对高一些,为潜在的高光效育种材料。

光合作用是形成作物产量的基础,同时也是形成稻米品质的基础^[20]。针对东南亚特种种质资源,群体光合特性与稻米品质指标之间的相关性,是本研究尚需探讨的方向和内容,有待进一步研究,以期优质特种稻米种质资源利用及光合作用对品质作用机理提供理论依据。

参考文献

- [1] 张建国,朴钟泽,陆家安,等. 中国特种稻的研究利用现状与前景[J]. 上海农业学报,2002,18(s):53-57
- [2] 韩龙植,南钟浩,全东兴,等. 特种稻种质创新与营养特性评价[J]. 植物遗传资源学报,2003,4(3):207-213
- [3] 全东兴,韩龙植,南钟浩,等. 特种稻种质资源研究进展与展望[J]. 植物遗传资源学报,2004,5(3):227-232
- [4] 赵则胜. 特种稻研究与利用[J]. 北方水稻,2007(6):1-6
- [5] 李丹婷,农保选,夏秀忠,等. 东南亚稻种资源收集与鉴定评价[J]. 植物遗传资源学报,2012,13(4):622-625
- [6] 赵则胜,蒋家云,戚家华,等. 特种稻遗传育种研究现状[J]. 上海农业学报,2002,18(s):40-46
- [7] 周汉钦,潘大建,范芝兰,等. 广东特种稻的研究利用及育种问题探讨[J]. 广东农业科学,2004(6):19-21
- [8] 徐树照,王荣福,蒋荷,等. 太湖流域粳稻高净光合种质资源的筛选[J]. 江苏农业学报,1985,1(3):17-24
- [9] 李霞,焦德茂,刘友良. 不同水稻品种各层叶片光合能力的比较[J]. 江苏农业学报,2004,20(4):213-219
- [10] 康公平,徐国云,陈志,等. 茶陵普通野生稻光合特性研究[J]. 作物学报,2007,33(9):1558-1562
- [11] 曹树青,翟虎渠,杨图南,等. 水稻种质资源光合速率及光合功能期的研究[J]. 中国水稻科学,2001,15(1):29-34
- [12] 张宗琼,张晓丽,王强,等. 东南亚水稻种质资源的光合特性比较及聚类分析[J]. 南方农业学报,2014,45(8):1358-1362
- [13] 金留福,史春余. 高产水稻生育后期群体光合特性的研究[C]//高佩文,谈松. 水稻高产理论与实践——第四届全国水稻高产理论与实践研讨会论文集汇编. 北京:中国农业出版社,1994:54-58
- [14] 张荣铤,程在全,方志伟,等. 关于小麦光合速率高值持续期的初步研究[J]. 南京师范大学学报,1992,15(S):76-86
- [15] 张荣铤,戴新宾,许晓明,等. 叶片光合功能期与作物光合生产潜力[J]. 南京师范大学学报,1999,22(3):250-260
- [16] 曹树青,陆巍,翟虎渠,等. 用水稻苗期叶绿素含量相对稳定期估算水稻剑叶光合功能期的方法研究[J]. 中国水稻科学,2001,15(4):309-313
- [17] 匡廷云,卢从明,李良璧. 作物光能利用效率与调控:第一版[M]. 济南:山东科学技术出版社,2004:288-336
- [18] 高宇,田括. 超级稻水稻生理与众研究进展[J]. 中国农学通报,2004,20(3):1-3
- [19] 刘怀年,李平,邓晓建. 水稻种质资源单叶光合速率研究[J]. 作物学报,2006,32(8):1252-1255
- [20] 赵全志,高桐梅,李梦琴,等. 糯米群体光合速率的比较及其与品质的关系[J]. 华北农学报,2005,20(6):1-3

《植物遗传资源学报》影响力统计分析

农艺学——学科期刊影响因子表(统计年:2015年)

刊名	核心影响因子			核心总被引频次			综合评价总分		学科扩散 指标	学科影响 指标
	数值	排名	离均差率	数值	排名	离均差率	数值	排名		
作物学报	1.553	1	1.13	6944	1	3.40	97.24	1	13.68	1.00
中国水稻科学	1.538	2	1.11	2051	4	0.30	75.62	2	9.74	0.89
植物遗传资源学报	1.181	3	0.62	1867	6	0.18	57.90	4	9.89	0.95
棉花学报	0.987	4	0.35	1192	12	-0.25	52.34	6	7.42	0.79
中国油料作物学报	0.946	5	0.30	1621	9	0.03	58.21	3	10.53	0.79
中国棉花	0.889	6	0.22	757	14	-0.52	19.07	17	5.37	0.47
麦类作物学报	0.816	7	0.12	2272	3	0.44	50.30	7	10.05	0.84
玉米科学	0.802	8	0.10	2323	2	0.47	52.84	5	9.68	0.84
分子植物育种	0.730	9	0.00	1274	11	-0.19	46.42	10	9.58	1.00
作物杂志	0.667	10	-0.09	1294	10	-0.18	49.56	8	8.95	0.89
热带作物学报	0.609	11	-0.16	1963	5	0.24	46.98	9	14.21	0.74
中国稻米	0.572	12	-0.22	719	15	-0.54	28.02	15	6.89	0.79
大豆科学	0.486	13	-0.33	1647	8	0.04	39.43	11	10.68	0.79
中国麻业科学	0.434	14	-0.40	403	17	-0.74	16.86	18	3.63	0.47
作物研究	0.382	15	-0.48	698	16	-0.56	34.97	12	7.37	0.89
种子	0.360	16	-0.51	1807	7	0.14	33.82	13	10.68	0.89
杂交水稻	0.337	17	-0.54	760	13	-0.52	22.88	16	4.95	0.74
甘蔗糖业	0.308	18	-0.58	265	18	-0.83	13.94	9	3.68	0.26
RICE SCIENCE	0.252	19	-0.65	146	19	-0.91	31.79	14	3.58	0.53

来源于《2016年版中国科技期刊引证报告(核心版)》