

两系杂交水稻杂种优势研究

II. 生理和生物学基础分析

曾宋君* 梁承邨 梁敬琨 陈宝源

(中国科学院华南植物研究所, 广州 510650)

摘要 本实验研究了籼粳交、籼爪交、籼籼交三种类型的两系杂交稻组合 W6154s/02428、W6154s/轮回 422、W6154s/Lemoney 的某些生理和生物学特性。结果表明, 三种类型的两系杂交水稻组合在分蘖能力、萌发种子的淀粉酶活性、秧苗期根的吸收能力均表现出亚种间的籼粳交组合 > 亚亚种的籼爪交间组合 > 品种间的籼籼交组合 > 三系组合(对照)。种子萌发时两系组合的根的吸收能力表现出负向的平均优势和竞争优势, 亚种间组合 W6154s/02428 的净光合速率在生育各期均较高, 亚亚种间组合 W6154s/轮回 422 在灌浆中期谷粒中过氧化物酶的活性较低。

关键词 两系杂交水稻; 生理和生物学基础; 杂种优势

分类号 Q943

STUDIES ON THE HETEROSIS OF TWO-LINE HYBRID RICE II. ANALYSES OF PHYSIOLOGICAL AND BIOLOGICAL CHARACTERS

Zeng Songjun Liang Chengye Liang Jinkun Chen Baoyuan

(South China Institute of Botany, Academia Sinica, Guangzhou 510650)

Abstract Some physiological and biological characters of three types of two-line F_1 hybrid rices: Indica-Japonica (W6154s/02428), Indica-Javanica (W6154s/Lunhui422), Indica-Indica (W6154s/Lemoney) were studied. The analyses of tillering ability, amylase activity of germinated seeds, and absorption capacity of roots at seedling stage showed a tendency to be in the order W6154s/02428 > W6154s/Lunhui422 > W6154s/Lemoney > Weiyou 64. Root absorption capacity of two-line F_1 hybrid rices during seed sprouting showed negatively in average heterosis and competitive heterosis as compared to that of their parents or Weiyou 64. Net photosynthetic rate of W6154s/02428 was higher than that of other combinations at all growth stages, and the activity of POD in panicles of W6154s/Lunhui422 at the middle stage of grain filling was lowest compared to that of other combinations.

Key words Two-line hybrid rice; Physiological and biological basis; Heterosis

* 现工作单位: 中国科学院华南植物研究所华南植物园, 广州 510520

1997-05-08 收稿; 1998-02-13 修回

前人对两系杂交水稻组合的选育已进行了较多的研究^[1],但对两系杂交水稻的生理和生物学基础研究较少,且多集中在籼粳交籽粒充实度的灌浆研究上^[2-7],特别是对三种类型的两系杂交水稻组合,即亚种间组合、亚亚种间组合、品种间组合的生理和生物学特征进行对比研究更少见报道^[8-10]。本文试图了解三种类型的两系杂交水稻组合之间以及它们与三系杂交组合之间在分蘖动态、淀粉酶活性、根系活力、叶绿素含量、净光合速率、过氧化物酶活性等方面的生理和生物学特征的异同点,探求两系杂交水稻杂种优势形成的生理与生物学基础,为两系杂交水稻育种与杂种栽培提供一些理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

选用水稻材料以籼型光敏核不育系 W6154s 为母本,粳型(02428)、爪哇型(轮回 422)、籼型(Lemoney)广亲和品种为父本及它们的杂交组合 W6154s/02428、W6154s/轮回 422、W6154s/Lemoney 和三系组合威优 64(对照)。这三个组合的杂种优势特性在三种类型的杂交组合中具有一定的代表性^[11]。

1.2 试验方法

试验材料于 1992 年 7 月 27 日播种,8 月 18 日扦插,小区随机排列,单株植,株行距 25 cm×16.7 cm,每小区 10 行,每行 10 株,每小区间隔 50 cm,小区重复 3 次。

分蘖动态 在移栽 10 d 后开始观察,每隔 10 d 记录一次,随机定点 10 株进行测定。三种类型组合的各发育时期基本一致。

叶绿素含量测定 用直径 0.8 的打孔器在随机选取的 6 株水稻主茎最上部的展开叶,每叶在其中部取三个圆片,每次测定时各叶三个圆片中取一圆片共 6 个放入 2.25 ml 无水酒精、2.25 ml 分析纯丙酮、0.5 ml 蒸馏水的混和液中,并于冰箱中避光抽取 24 h 后,在 751 型紫外分光光度计上比色测定叶绿素的总含量: $CT = D_{652} \times 1000 / 34.5$ (每升毫克数)。最后用 $\mu\text{g cm}^{-2}$ 表示叶绿素含量^[12,13]。

净光合速率测定 取材方法与叶绿素含量测定相同。每次测定用 10 个叶片中的 10 个圆片,先将 10 个圆片切成 1 mm² 大小的颗粒放入 2 ml pH7.2 的磷酸缓冲液中抽气 10 min 转入反应杯中再在 25 ℃ 下平衡 3 min 后测呼吸强度。再用 700 爱因斯坦饱和光强度照射测光合强度,最后算出净光合速率,单位用 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 表示^[14]。

过氧化物酶活性测定 在水稻抽穗后的灌浆初期、灌浆中期、基本成熟期三个时期,分别取 30 粒谷粒加入 2 ml 0.2 mol/L pH6.0 的磷酸缓冲液研磨后高速离心两次,上清液用于酶活性测定。反应液为 0.2 mol/L pH6.0 的磷酸缓冲液 50 ml + 0.028 ml H₂O₂ + 0.019 ml 愈创木酚。在 470 nm 处测定反应混合液吸收的增加以确定过氧化物酶的活性,单位以每分钟增加 0.01 OD 值为酶活性单位^[15]。

淀粉酶活性测定 每份试验材料取 10 粒种子在 24 ℃ 恒温箱中浸种 2 d 再培养 3 d 后取发芽状况良好的种子,研磨匀浆定容到 10 ml 放置 10-20 min 后离心,上清液用于酶活性测定^[16]。酶活性单位用 mg 麦芽糖/1 粒种子 min 表示。

根系活力测定 每份试验材料取 5 粒种子在 25 ℃ 恒温箱中浸种 2 d 再培养 5 d 后的种根进行第一次测定, 第二次测定取 3 株播种后 20 d 的秧苗的根系用常规方法^[7]测定。根系活力单位为 $\mu\text{g } \alpha\text{-萘胺}/1 \text{ 株根系 h}$ 。

$$\text{平均优势率} = \frac{F_1 - \text{MP}}{\text{MP}} \times 100\%, \text{ 公式中的 MP 为亲本中值。}$$

$$\text{竞争优势率} = \frac{F_1 - \text{D}}{\text{D}} \times 100\%, \text{ D 为三系对照。}$$

2 结果与分析

2.1 分蘖能力

分蘖能力除前期外呈现出 W6154s/02428 > W6154s/ 轮回 422 > W6154s/Lemoney > 威优 64 > 亲本平均的变化趋势(图 1)。分蘖能力的大小在一定程度上能反映出其营养生长的强弱^[8], 由此可知三种类型的两系杂交水稻其营养生长的趋势呈现出亚种间组合的籼粳交 > 亚亚种间组合的籼爪交 > 品种间组合的籼籼交 > 三系组合(对照) > 亲本。但籼粳交 W6154s/02428 后期的无效分蘖较多。

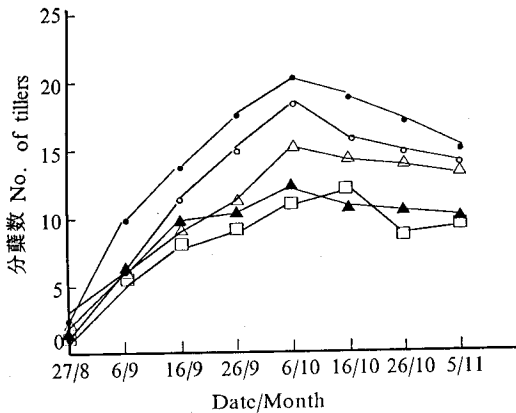


图 1 两系杂交水稻 F₁ 代及其亲本和三系对照的分蘖动态
Fig. 1 Tillingering dynamics of two-line F₁ hybrid rices, their parents and three-line combination

—●— W6154s/02428; —○— W6154s/Lunhui 422; —△— W6154s/Lemoney;
—▲— Weiyou 64 (control); —□— Average of all parents

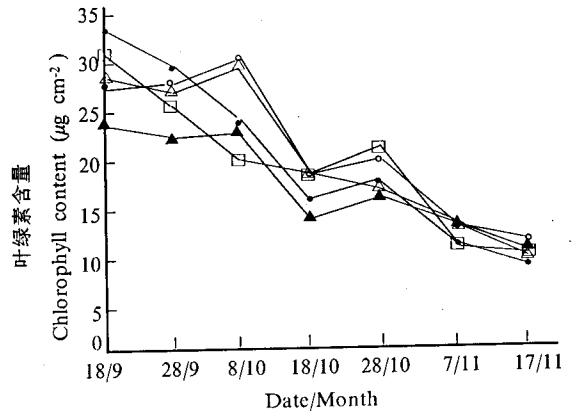


图 2 两系杂交水稻 F₁ 代及其亲本和三系对照的叶绿素含量
Fig. 2 Chlorophyll content of two-line F₁ hybrid rices, their parents and three-line combination

2.2 叶绿素含量的变化

所有品种叶绿素含量分蘖前期均较高, 分蘖盛期下降, 灌浆后期有所回升, 黄熟期与衰老期迅速下降。各种类型的组合中亚种间组合 W6154s/02428 的前期较高, 但分蘖盛期下降速度最快, 后期下降快且含量低。三系对照威优 64 各时期叶绿素的含量均较低(图 2)。

2.3 净光合速率的变化

所有品种分蘖前期光合作用率较强, 分蘖盛期下降, 灌浆期上升较快且达到最高值, 黄熟

期与衰老期又迅速下降。 籼粳交亚种间组合 W6154s/02428 和籼爪交亚种组合 W6154s/ 轮回 422 的净光合速率各时期均较强。 值得注意的是亲本的净光合速率也较强。 另外, 净光合速率与叶绿素的含量没有明显的对应关系(图 3)。

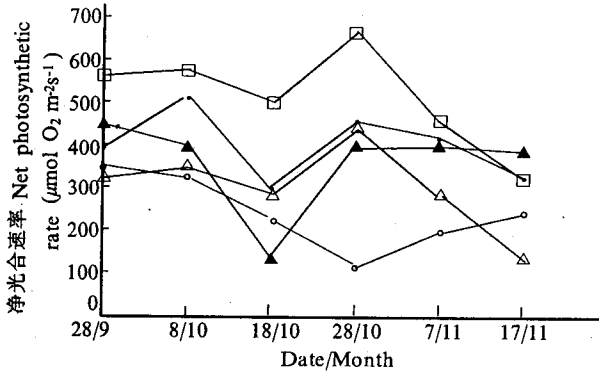


图 3 两系杂交水稻 F₁ 代及其亲本和三系对照的净光合速率
Fig. 3 Net photosynthetic rate of two-line F₁ hybrid rices, their parents and three-line combination

—○— W6154s/02428; —○— W6154s/Lunhui 422; —△— W 6154s/Lemoney;
—▲— Weiyou 64 (control); —□— Average of all parents

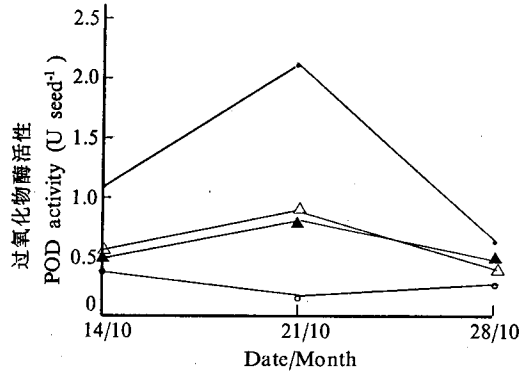


图 4 两系杂交水稻 F₁ 代和三系对照谷粒中的过氧化物酶活性
Fig. 4 Activity of POD in panicles of two-line F₁ hybrid rices and three-line combination

2.4 过氧化物酶活性

参试组合与三系对照在灌浆初期至基本成熟期的过氧化物酶活性的动态见图 4。所有材料除 W6154s/02428 外在灌浆初期至基本成熟期相差不大, 亚种间组合 W6154s/02428 在灌浆前期和中期比其它材料大一倍, 而亚种组合 W6154s/ 轮回 422 在各时期酶的活性均最低。

2.5 淀粉酶活性

表 1 所示三种类型的两系组合杂交水稻种子萌发时淀粉酶活性其竞争优势均高于三系对照威优 64。三种类型组合的平均优势呈现出亚种间组合 W6154s/02428 > 亚种组合 W6154s/ 轮回 422 > 品种间组合 W6154s/Lemoney。由此可知, 两系杂交组合亲本间的遗传距离越远, 酶活性平均优势越强。

表 1 淀粉酶活性及其优势表现
Table 1 Activity of amylase and heterosis expression of F₁ hybrids

	W6154s/02428	W6154s/Lunhui 422	W6154s/Lemoney	Weiyou 64
淀粉酶活性 (mg 麦芽糖 种子 ⁻¹ min ⁻¹)	0.370	0.130	0.320	0.242
Amylase activity (mg maltose seed ⁻¹ min ⁻¹)				
竞争优势 Competitive heterosis		33%	12%	45%
平均优势 Average heterosis		28%	26%	15%

2.6 根吸收活力

表 2 所示种子萌发时三种类型的组合根的吸收能力的平均优势和竞争优势, 除

W6154s/02428 的竞争优势为零外, 其余均为负值。秧苗期根的吸收活力以亚种间杂种 W6154s/02428 的平均优势和竞争优势较高, 分别为 24% 和 11%, 竞争优势则表现出亚种间组合 > 亚亚种组合 > 品种间组合。

表 2 根吸收活性及其优势表现

Table 2 Absorption capacity of roots and heterosis expression of F_1 hybrids

	时期 Stage	W6154s	02428	W6154s/ 02428	Lunhui 422	W6154s/ Lunhui 422	Lemoney	W6154s/ Lemoney	Weiyou 64
根吸收活力 * Root absorption capacity	种子萌发期 Germinating	0.22	0.27	0.14	0.14	0.06	0.24	0.11	0.14
	秧苗期 Seedling	0.92	0.55	0.91	0.71	0.86	0.60	0.83	0.82
竞争优势 Competitive heterosis	种子萌发期 Germinating			0%		-60%		-19%	
	秧苗期 Seedling			11%		4%		1%	
平均优势 Average heterosis	种子萌发期 Germinating			-42%		-69%		-50%	
	秧苗期 Seedling			24%		5%		10%	

* 根吸收活力的单位为 $\mu\text{g } \alpha\text{-萘胺 根系}^{-1} \text{ h}^{-1}$; $\mu\text{g } \alpha\text{-naphthylamine per roots of an individual in an hour}$.

3 讨论

前人研究已经发现, 灌浆期功能叶叶绿素含量和实粒数及穗重有极显著的正相关关系^[19], 亚种间组合 W6154s/02428 除秧苗期叶绿素含量较高外, 其余各期均较低, 特别是后期下降快也表现出这种关系, 如何提高亚种间组合在各生育期的叶绿素以提高结实率和籽粒重值得进一步研究。

叶的光合强度能否成为作物高产的一项生理指标至今仍在争论^[18], 本实验中亚种间组合与亚亚种间组合净光合速率较高, 但亲本的净光合速率也较高, 高光合速率能否作为籼粳交高产的指标仍值得探讨。水稻根的吸收活力的强弱对植物的生长发育的抗逆性和适应性很有影响^[2], 本实验中水稻秧苗期根的吸收能力的大小表现出亚种间组合 > 亚亚种间组合 > 品种间组合, 与营养生长的强弱正相关。

种子淀粉酶活性体现出种子萌发时种子的活力。本实验中种子淀粉酶与营养生长有正向的相关关系。另外两系杂交水稻组合亲本间的遗传距离越远, 杂交种子淀粉酶的活性越强, 能否通过测定杂交种子淀粉酶活性来确定亲本的亲缘关系也值得进一步研究。

过氧化物酶的活性低有利于物质的积累, 与结实率、千粒重负相关^[20]。本实验中亚种间组合 W6154s/02428 过氧化物酶活性在灌浆期较高, 亚亚种间组合 W6154s/ 轮回 422 在灌浆期较低而与结实率及千粒重呈负相关验证了这种观点。

参考文献

- 1 袁隆平. 两系杂交水稻研究的进展. 中国农业科学, 1990, 23(3):1-6
- 2 祁祖白等. 籼粳杂种一代的生理学性状和米质性状的杂种优势. 遗传, 1990, 12(3):7-10
- 3 张祖建等. 亚种间杂交稻籽粒充实度表现及其配合力. 江苏农业学报, 1995, 16(2):5-9
- 4 段俊等. 不同类型水稻品种(组合)籽粒灌浆特性及库源关系的比较研究. 中国农业科学, 1996, 29(3):66-73
- 5 谷福林等. 水稻籼粳亚种间杂种高产的生物学基础. 江苏农业学报, 1989, (5):31-38
- 6 邓仲麓. 籼粳亚种间组合的光合特性及其机理研究. 杂交水稻, 1992, (4):42-44
- 7 周建林等. 亚种间杂交稻籽粒充实动态研究. 杂交水稻, 1992, (5):36-40
- 8 肖翊华主编. 光敏感核不育水稻的光周期及其生理学. 武汉: 武汉大学出版社, 1995
- 9 袁隆平主编. 两系杂交水稻研究论文集. 北京: 农业出版社, 1992
- 10 李泽炳主编. 光敏感核不育水稻育性转换机理与应用研究. 武汉: 湖北科学出版社, 1995
- 11 曾宋君等. 两系杂交水稻杂种优势研究 I. 主要经济性状表现. 热带亚热带植物学报, 1997, 5(4):56-61
- 12 沈伟奇. 测定水稻叶片叶绿素含量的混合液提取法. 植物生理学通讯, 1988, (3):62-64
- 13 山东农学院, 西北农学院编. 植物生理学实验指导. 济南: 山东科学技术出版社, 1980, 32-36
- 14 上海植物生理学会编. 植物生理学实验手册. 上海: 上海科学技术出版社, 1985, 100-104
- 15 罗广华等. 高浓度氧对水稻幼苗的伤害与活性氧的防御酶. 中国科学院华南植物研究所集刊, 第4集, 北京: 科学出版社, 1989, 169-176
- 16 山东农学院, 西北农学院编. 植物生理学实验指导. 济南: 山东科学技术出版社, 1980, 60-61
- 17 华东师范大学生物系生理教研室主编. 植物生理学实验指导. 北京: 高等教育出版社, 1980, 68-70
- 18 王永锐. 杂交水稻产量生理. 广州: 中山大学出版社, 1988, 22
- 19 张龙步. 水稻理想株型育种的理论与方法再论. 中国水稻科学, 1987, 1(3):144-154
- 20 桂树勋. 籼粳杂种一代优势的分析. 云南农业科技, 1990, 7-10