

海南北部普通野生稻育性相关性状调查与分析

严小微, 唐清杰, 王惠艰, 云 勇, 符 研, 邢福能

(海南省农业科学院粮食作物研究所, 海口 571100)

摘要: 调查和分析了海南北部普通野生稻 40 个居群的柱头颜色、柱头外露率、花粉育性、自交结实率和自然结实率。结果发现, 海南北部普通野生稻柱头颜色分为褐色、紫色、白色、紫白双色、褐白双色 5 类。柱头总外露率均在 60% 以上, 平均总外露率 82.4%, 其中有 28 个居群总外露率在 80% 以上, 最高总外露率达 96.7%。花粉可育率平均为 25.6%, 可育率在 40% 以上的居群占总居群的 22.5%, 可育率最高达 91.4%。自然结实率在 3.0%~53.1% 之间; 自交结实率在 0~46.8% 之间, 有 4 个居群的花粉可育率和自交结实率均为 0; 自然结实率最高的单株达 98.6%。这些结果对海南野生稻进一步研究和利用提供了重要依据。

关键词: 海南; 普通野生稻; 柱头外露率; 花粉育性

Investigation and Analysis of Fertility Characteristics of *Oryza rufipogon* Griff. in North Part of Hainan Province

YAN Xiao-wei, TANG Qing-jie, WANG Hui-jian, YUN Yong, Fu Yan, XING Fu-neng

(Cereal Crops Research Institute, Hainan Academy of Agricultural Sciences, Haikou 571100)

Abstract: Color of stigma, percentage of stigma exsertion, pollen fertility, and seed setting rate by self-pollination and under natural conditions were investigated for 40 natural populations of *Oryza rufipogon* Griff. collected from north part of Hainan Province. The results showed that there were several kinds of stigma color named brown, purple, white, mixed color of purple and white, mixed color of brown and white. Percentage of stigma exsertion exceed 60%, among which 28 natural populations came up to 80%, and highest percentage of stigma exsertion was 96.7%. Average percentage of pollen fertility was 25.6%, and over 40% populations accounting for 22.5% and highest pollen fertility was 91.4%. Seed setting rate under natural conditions was 3.0%-53.1%, and seed setting rate of self-pollination was 0-46.8%, 4 natural populations were barrenness. Highest rate of seed setting under natural conditions reached to 98.6%. The findings might provide reference for further study and breeding utilization of *Oryza rufipogon* Griff. in Hainan province.

Key words: Hainan province; *Oryza rufipogon* Griff.; percentage of stigma exsertion; pollen fertility

海南普通野生稻有利基因的挖掘利用, 为中国的杂交水稻事业做出了较大贡献。“杂交水稻之父”袁隆平利用在海南三亚南红农场发现的野败不育株, 通过转育实现了杂交水稻三系配套, 掀起了水稻生产的“第二次绿色革命”, 使中国水稻育种和生产稳居世界前列^[1]; 朱英国利用海南陵水红芒野生

稻育成了红莲型不育系, 并育成了一批杂交稻组合应用于生产^[2]。可以说没有海南普通野生稻的挖掘利用, 就没有中国的杂交水稻。普通野生稻的育性关系到育种利用价值, 育性极低的材料可以转育成为三系不育系, 高度可育的材料可以转育为强优恢复系^[3]。董轶博等^[4]、王晓玲等^[5]分别研究了

收稿日期: 2013-12-26 修回日期: 2014-03-03 网络出版日期: 2014-06-09

URL: <http://www.cnki.net/kcms/detail/11.4996.S.20140609.1428.023.html>

基金项目: 海南省自然科学基金项目(312085); 公益性行业(农业)科研专项经费项目(201003021)

第一作者研究方向为热带水稻资源与育种研究。E-mail: yxwei-888@163.com

通信作者: 邢福能, 研究方向为水稻资源研究与利用。E-mail: xfn6653@163.com

海南万宁、儋州普通野生稻居群的开花习性和育性,结果表明,万宁普通野生稻居群内东部和西部群体花期、单穗平均结实率差异显著,花粉育性与栽培稻均无显著差异;儋州普通野生稻居群单穗可育率大于 50% 居多,结实率介于 0 ~ 45%,多数小于 10%。贺晃等^[6]对海南文昌 3 个不同居群普通野生稻花粉育性进行观察研究,结果认为不同居群和同一居群不同群体的花粉可育率都有不同。上述研究只限于部分育性相关性状,且居群数目极少,但对海南北部普通野生稻的育性相关性状缺乏系统研究。

海南北部一般指五指山以北地区,夏秋高温高湿,冬春多阴湿寒。普通野生稻是喜高温高湿的植物,海南北部适合普通野生稻生长,居群分布密集,其生态环境主要分布在山塘、河流两岸、河滩、水沟、沼泽地、荒田等地,其农艺性状、特征特性变异丰富,大穗大粒,柱头无长外露,扬花期耐冷耐阴湿性较强,颜色各异,感光特性分化较大,王效宁等^[7]分析认为海南北部普通野生稻比南部普通野生稻的遗传多样性更丰富。本研究通过收集、异位保存海南北部普通野生稻,在扬花期调查其柱头外露率、花粉可育率、结实率,并对花粉育性及其发育特点进行调查分析,为在水稻育种上进一步利用海南普通野生稻资源提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料

海南北部地区普通野生稻来自海南省农业科学院澄迈县永发试验基地热带野生稻异位保存圃。2011 年和 2012 年冬季,在扬花期分别对海南北部地区 40 个普通野生稻居群(表 1)进行育性调查,共调查 400 个原生茎。

1.2 方法

1.2.1 开花期柱头性状调查 在 40 个野生稻居群开花时,每个居群选取 10 株,每株取 1 穗,观察柱头颜色,统计柱头单、双、总外露率。

1.2.2 花粉育性调查 在 40 个野生稻居群开花时,根据董轶博等^[4]的方法,每个居群取 3 株次日将开花单穗,撕开颖壳,剥取花药,在载玻片上捣碎,用 1% 的 I-KI₂ 溶液染色,光学显微镜下(10 × 10 倍)观察花粉形态和染色程度,每穗取 3 个视野,统计可育和不育花粉粒数。3 个视野可育率平均值作为该穗花粉可育率,3 株花粉可育率均值作为该居群年度花粉可育率,取 2 年花粉可育率平均值作为该居群

花粉可育率。

1.2.3 套袋自交结实率调查 在 40 个野生稻居群开花前用牛皮纸袋进行套袋,每个居群套 10 株,每株选 10 穗,成熟期收获套袋种子考种,计算单株自交结实率,10 个单株自交结实率均值作为该居群年度自交结实率,取 2 年套袋自交结实率平均值作为该居群自交结实率。

1.2.4 自然结实率调查 在 40 个野生稻居群扬花后用尼龙网袋套袋,每个居群套 10 株,每株选 10 穗,成熟期收获套袋种子考种,计算单株结实率,10 个单株结实率均值作为该居群年度自然结实率,取 2 年自然结实率平均值作为该居群自然结实率。

2 结果与分析

2.1 柱头颜色

观察结果表明,海南北部 40 个普通野生稻居群的柱头颜色共有白色、紫色、褐色、白紫双色和褐白双色 5 种,其中柱头白色的居群 4 个,编号 1、4、8、12,柱头紫色的居群 2 个,编号 3、15,柱头白紫双色的居群 2 个,编号 5、31,柱头褐白双色的居群 5 个,编号 10、14、20、27、37,其他居群的柱头颜色均为褐色,共 27 个(表 1)。

2.2 柱头外露率

对海南北部 40 个普通野生稻居群的柱头外露率统计结果(表 1、图 1)表明,只有 4 个居群的柱头双外露率低于 60%,其他居群都高于 60%,居群 30 的最高达 85.9%;柱头总外露率均在 60% 以上,其中有 28 个居群达 80% 以上,居群 23 的最高达 96.7%,40 个居群平均总外露率达 82.4%。可见,海南北部地区普通野生稻的柱头外露率普遍较高。

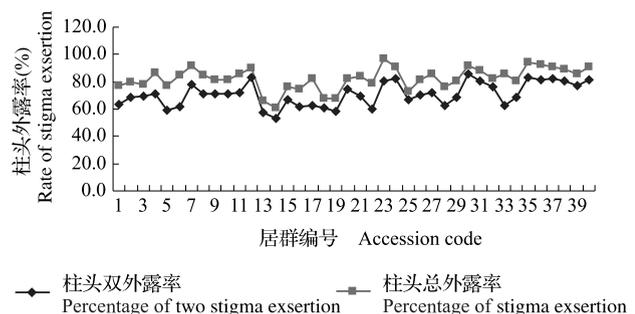


图 1 40 个普通野生稻居群柱头外露率

Fig. 1 Rate of stigma exsertion of 40 natural populations of *Oryza rufipogon* Griff. in north of Hainan province

表 1 2 年海南北部普通野生稻 40 个居群的调查情况

Table 1 Investigation of 40 natural populations of *Oryza. rufipogon* Griff. in north of Hainan province in two years

居群编号 Population code	采样地点 Sampling site	单株编号 Accession code	柱头颜色 Stigma color	花粉可育率(%) Percentage of pollen fertility		居群单株间花粉 Percentage of pollen fertility among accessions in the same population		柱头总外露率(%) Percentage of stigma exertion	柱头双外露率(%) Percentage of two stigma exertion	自然结实率(%) Seed setting rate under natural condition	居群单株间自然 结实率变化幅度(%) Variance of seed setting rate under natural condition among accessions in the same population		自交结实率(%) Seed setting rate by self- pollination
				Percentage of pollen fertility	Percentage of pollen fertility among accessions in the same population	Percentage of stigma exertion	Percentage of two stigma exertion				Seed setting rate under natural condition	Variance of seed setting rate under natural condition among accessions in the same population	
1	海口西秀①	001-010	白	17.6	12.3 ~ 18.4	63.3	77.4	31.0	2.5 ~ 79.0	16.5			
2	海口长流镇	011-020	褐	65.0	45.6 ~ 70.8	68.3	80.0	44.5	15.6 ~ 68.5	30.4			
3	澄迈县白莲镇	021-030	紫	2.0	1.3 ~ 8.6	69.6	78.0	20.3	4.1 ~ 68.5	5.1			
4	海口三门坡镇①	031-040	白	15.6	10.5 ~ 19.3	71.0	87.0	8.8	0 ~ 37.8	5.4			
5	海口西秀②	041-050	白、紫	0	0	59.0	77.3	9.6	0 ~ 38.5	0			
6	海口红旗镇	051-060	褐	22.7	10.3 ~ 30.0	62.0	84.6	12.8	3.1 ~ 16.4	4.7			
7	海口三门坡②	061-070	褐	45.2	29.6 ~ 60.1	77.7	91.7	38.5	10.8 ~ 68.8	20.2			
8	海口旧洲①	071-080	白	0	0	71.5	84.6	6.6	14.0 ~ 34.6	0			
9	海口旧洲②	081-090	褐	39.1	26.6 ~ 41.6	71.1	81.2	36.0	15.2 ~ 50.5	37.2			
10	海口旧洲③	091-100	褐、白	5.5	2.3 ~ 8.5	70.9	81.0	36.9	9.7 ~ 61.9	20.3			
11	海口旧洲④	101-110	褐	12.3	9.3 ~ 16.6	72.1	86.0	12.3	6.4 ~ 13.9	8.9			
12	海口旧洲⑤	111-120	白	24.3	4.1 ~ 50.6	82.8	90.0	26.0	0 ~ 61.5	16.3			
13	海口旧洲⑥	121-130	褐	23.1	13.5 ~ 29.4	57.1	65.7	18.7	0 ~ 56.6	14.4			
14	海口旧洲⑦	131-140	褐、白	27.2	12.5 ~ 39.2	53.1	61.1	25.8	10.8 ~ 44.2	12.2			
15	文昌市英城镇	141-150	紫	25.2	6.7 ~ 50.6	66.5	76.0	19.1	4.2 ~ 36.3	8.2			
16	文昌市冯坡镇①	151-160	褐	46.8	30.6 ~ 58.3	61.8	74.4	20.5	5.2 ~ 32.6	13.5			
17	文昌市潭牛镇①	161-170	褐	58.2	36.2 ~ 68.4	62.5	82.5	41.2	20.6 ~ 60.5	30.4			
18	文昌市潭牛镇②	171-180	褐	41.8	4.4 ~ 82.1	60.8	68.0	31.3	14.2 ~ 58.5	25.2			
19	文昌市锦山镇	181-190	褐	3.2	1.6 ~ 10.2	58.6	67.3	3.0	1.0 ~ 7.8	1.8			
20	海口三江①	191-200	褐、白	0	0	74.2	82.2	7.9	5.3 ~ 24.5	0			

表 1 (续)

居群编号 Population code	采样地点 Sampling site	单株编号 Accession code	柱头颜色 Stigma color	花粉可育率 (%)		居群单株间花粉 可育率变化幅度 (%)		柱头双外露率 (%) Percentage of two stigma exertion	柱头总外露率 (%) Percentage of stigma exertion	自然结实率 (%) Seed setting rate under natural condition	居群单株间自然 结实率变化幅度 (%)		自交结实率 (%) Seed setting rate by self- pollination
				Percentage of pollen fertility	Percentage of pollen fertility among accessions in the same population	Percentage of stigma exertion	Variance of seed setting rate under natural condition among accessions in the same population				Variance of seed setting rate among accessions in the same population		
21	海口三江②	201-210	褐	6.1	2.2~8.6	69.3	84.0	26.8	4.8~64.2	12.3			
22	海口三江③	211-220	褐	7.9	2.9~19.6	60.0	79.0	18.6	0~44.6	10.4			
23	文昌市罗豆镇	221-230	褐	45.8	36.5~60.3	80.2	96.7	27.5	2.2~49.5	17.0			
24	海口三江④	231-240	褐	24.3	10.3~39.6	82.0	90.6	22.6	0~46.6	16.5			
25	文昌市铺前镇	241-250	褐	33.2	18.8~49.7	67.1	72.9	21.9	12.5~44.2	6.3			
26	文昌市冯坡镇②	251-260	褐	44.1	16.2~68.6	70.7	81.2	20.8	14.5~45.2	31.9			
27	海口三江⑤	261-270	褐、白	2.6	0~13.2	72.2	85.5	19.0	0.7~61.7	5.3			
28	海口灵山镇①	271-280	褐	30.5	15.6~40.9	62.5	76.4	22.9	10.2~36.8	21.4			
29	文昌市东路镇①	281-290	褐	52.0	36.2~68.9	68.8	80.5	31.5	12.6~53.2	19.9			
30	文昌市东路镇②	291-300	褐	39.6	20.5~58.2	85.9	91.8	49.4	20.0~69.6	12.2			
31	海口大致坡镇①	301-310	白、紫	14.3	0~30.1	80.2	88.3	10.7	5.1~25.0	7.1			
32	海口大致坡镇②	311-320	褐	0	0	76.4	82.5	9.9	2.6~30.5	0			
33	澄迈永安镇①	321-330	褐	29.1	20.6~32.2	62.7	85.9	40.8	12.4~98.6	17.7			
34	海口三江⑥	331-340	褐	1.5	0~8.2	68.5	80.7	7.4	8.0~15.6	6.5			
35	海口演丰镇	341-350	褐	23.3	12.5~36.2	83.5	94.2	11.0	0~28.8	5.0			
36	海口云龙镇	351-360	褐	26.1	15.6~35.6	81.5	92.5	30.3	14.3~52.8	12.0			
37	海口三江⑦	361-370	褐、白	21.3	10.6~28.7	82.6	90.8	35.3	2.0~97.2	14.5			
38	海口灵山镇②	371-380	褐	91.4	86.5~92.6	80.2	89.5	53.1	30.5~78.4	46.8			
39	海口市永兴镇	381-390	褐	40.1	28.5~50.6	76.8	85.7	36.4	10.5~60.5	29.6			
40	澄迈县②	391-400	褐	14.6	10.2~25.6	81.4	90.6	19.8	2.0~51.3	12.3			

2.3 花粉育性

对海南北部 40 个普通野生稻居群的花粉育性进行检测结果(表 1、图 2)表明,花粉可育率平均为 25.6%。居群 38 的可育率最高达 91.4%,有 4 个居群的可育率为 0,分别为 5、8、20、32。可育率在 40% 以上的居群有 9 个,占总数的 22.5%,可育率在 40% 以下的居群有 31 个,占 77.5%。从调查的 40 个普通野生稻居群来看,花粉育性普遍偏低,育性较高的居群不多,且少数出现完全不育。败育的类型主要有典败、圆败和染败 3 种。

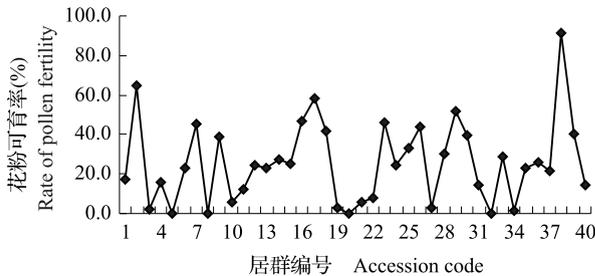


图 2 40 个普通野生稻居群花粉可育率

Fig. 2 Rate of pollen fertility of 40 natural populations of *Oryza. rufipogon* Griff.

2.4 结实率

分别用网袋和纸袋两种套袋方法所得结实率代表自然结实率和自交结实率,结果表明(图 3),两种处理的结实率存在一定差异,自交结实率普遍低于自然结实率,这可能是套袋改变小花的环境条件与减少异交率所致。40 个居群的自然结实率变化范围在 3.0% ~ 53.1% 之间,平均 24.2%,居群 38 的最高,居群 19 的最低(表 1);自然结实率在单株间的变化也较大,最高的单株达 98.6%。40 个居群的自交结实率变化范围在 0 ~ 46.8% 之间,平均 14.4%,

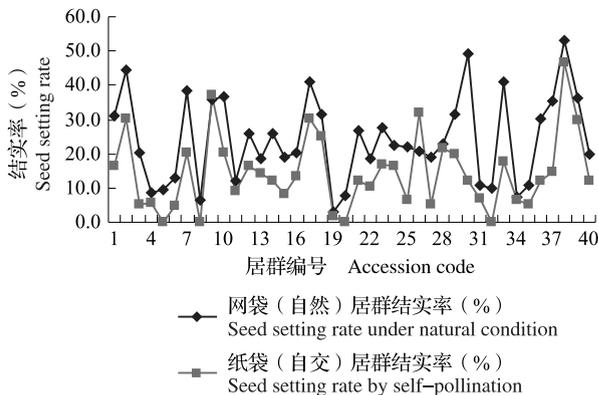


图 3 40 个普通野生稻居群结实率

Fig. 3 Seed setting rate of pollen fertility of 40 natural populations of *Oryza. rufipogon* Griff.

居群 38 的最高,最高的单株达 74.7%,居群 5、8、20、32 的自交结实率为 0(表 1),说明海南北部普通野生稻的结实率总体上偏低。

3 讨论

3.1 海南北部普通野生稻柱头颜色与外露率

典型的普通野生稻柱头颜色紫色外露^[8],在向栽培稻演化时,柱头颜色由紫变白^[9]。邵游等^[10]研究表明栽培稻与普通野生稻的杂交 F₁ 柱头颜色呈现紫色、白色或红色。而调查海南北部 40 个普通野生稻居群,柱头颜色多为褐色,少数为紫色、白色、紫白双色、褐白双色。这说明海南北部普通野生稻与栽培稻可能存在基因交流现象。王效宁等^[7]分析认为海南北部普通野生稻比南部普通野生稻的遗传多样性更丰富,从另一个角度说明海南北部普通野生稻基因变异更丰富。

柱头外露率高是关系到杂交水稻制种异交结实高低的一个重要农艺性状^[11],是选育不育系的一个重要农艺性状^[12]。从调查看,海南北部普通野生稻柱头外露率普遍较高,柱头总外露率全部达到 60% 以上,其中有 28 个居群总外露率达 80% 以上,最高总外露率达 96.7%。可见,海南北部普通野生稻柱头外露率高,是不育系选育的重要资源。

3.2 花粉育性与结实率

普通野生稻是多年生的稻属野生稻,具有遗传异质性、杂合性、异花授粉性和雄性不育性等特性^[5]。从调查的野生稻居群看,花粉可育率最高达 91.4%,但大于 40% 以上的居群只占总数的 22.5%,甚至还有 4 个居群完全不育。

网袋套袋和纸袋套袋得出的结实率也普遍偏低,与花粉可育率较低一致。普通野生稻的结实率除了与花粉育性和异交习性有关外,对环境条件的反应也较敏感。纸袋套袋结实率比网袋套袋结实率低,可能是套袋小花受温度、光照强度^[3]、降雨^[13]等环境条件影响,避免了株间异交所致。纸袋套袋试验期间遇到阴雨天气,袋子潮湿,阳光照射少、透气差,影响野生稻结实。海南普通野生稻开花时间一般在 11-12 月,而野生稻异位保存圃海南澄迈县 11-12 月日均温度较低,11 月平均温度 22.2 °C、12 月平均温度 19.4 °C,也不利于授粉结实。吕川根等^[14]的研究指出:日均温在 13.7 ~ 29.3 °C 的范围内时,温度每降低 1 °C,亚种间杂种的花粉育性平均降低 (3.42 ± 1.6)%,结实率平均降低 (6.74 ±

1.6)%。温圣贤等^[15]的研究指出,水稻不育系结实率的高低主要取决于母本柱头外露率。但从实际调查结果看,海南北部普通野生稻花粉可育率高的居群自交结实率也高,而柱头外露率均较高的居群结实率却不高,研究结果与上述研究不同可能是调查的样本类型、数量与遗传背景不同。普通野生稻结实率不高可能是雄性不育、雌性不育及自交不亲和等原因所致。另外,普通野生稻穗粒强、弱分化明显,每穗扬花期往往可持续 15~25 d,期间受阴冷天气影响也容易中断灌浆产生秕粒。

3.3 海南普通野生稻育性利用

在水稻育种史上,野生稻曾起过巨大作用。如 1926-1930 年,丁颖教授利用广东普通野生稻与亚洲栽培稻杂交,成功培育出世界上第 1 个含有普通野生稻血缘的栽培稻“中山一号”,在育种与生产上利用了长达半个多世纪,为粮食增产做出了巨大贡献^[16]。1970 年,袁隆平利用海南三亚普通野生稻的野败细胞质雄性不育基因,实现了杂交稻的三系配套^[1]。1972 年,朱英国利用海南陵水红芒普通野生稻育成红莲型杂交稻^[2]。虽然海南野生稻在水稻育种史上起过巨大作用,但对海南野生稻优异基因的挖掘利用还不多,特别是对海南普通野生稻细胞核研究利用更少。本次调查发现海南北部普通野生稻 4 个完全不育和多个育性极低的居群,结实率高达 98.6% 的单株,居群平均柱头外露率达 80% 以上等优异性状。利用不育及育性极低、柱头外露率高的野生稻资源培育异交率高的不同细胞质雄性不育系,利用结实率高的野生稻资源培育恢复力强、花粉量足的恢复系^[12-16],加速杂交水稻育种进程。海南北部地区普通野生稻表现耐阴湿和耐冷性强于南部,变异

类型丰富,其利用价值不亚于南部地区普通野生稻,有待进一步深入研究利用。

参考文献

- [1] 胡宗荣,钟玉香,皇甫光华,等. 第二次绿色革命展望—利用亚种间杂种优势选育“超级稻”[J]. 农业科技通讯,2003(12):6-8
- [2] 黄文超,胡骏,朱仁山,等. 红莲型杂交水稻的研究与发展[J]. 中国科学:生命科学,2012,42(9):689-698
- [3] 陈成斌. 广西野生稻资源研究[M]. 南宁:广西民族出版社,2005:69-80
- [4] 董铁博,孔华,彭于发,等. 海南万宁普通野生稻居群开花习性和生殖特性研究[J]. 植物遗传资源学报,2008,9(2):218-222
- [5] 王晓玲,余洁,郭安平,等. 海南儋州普通野生稻开花习性及其育性研究[J]. 热带亚热带植物学报,2008,16(1):75-82
- [6] 贺冕,王晓玲,符儒民,等. 海南普通野生稻的花粉育性观察及杂交亲和性[J]. 热带作物学报,2007,28(3):10-14
- [7] 王效宁,韩东飞,云勇,等. 利用 SSR 标记分析海南普通野生稻的遗传多样性[J]. 植物遗传资源学报,2007,8(2):184-188
- [8] 李道远,陈成斌. 中国普通野生稻两大生态型与生态考察[J]. 广西农业科学,1993(1):6-11
- [9] 李晨,孙传清,穆平,等. 栽培稻与普通野生稻 BC₁ 群体分子连锁图的构建和株高的 QTL 分析[J]. 中国农业大学学报,2001,6(5):19-24
- [10] 邵游,唐锡华,黄庆榴,等. 野生稻与栽培稻杂交后的性状遗传规律[J]. 上海农业学报,1991,7(2):1-9
- [11] 李晨,孙传清,穆平,等. 栽培稻与普通野生稻两个重要分类性状花药长度和柱头外露率的 QTL[J]. 遗传学报,2001,28(8):746-751
- [12] 万建民. 中国水稻遗传育种与品种系谱(1986-2005)[M]. 北京:中国农业出版社,2010:51-59
- [13] 栗茂腾,蔡得田,黄利发,等. 开颖授粉和闭颖授粉水稻的耐湿性和花药结构比较[J]. 华中农业大学学报,2001,20(5):407-412
- [14] 吕川根,王才林,宗寿余,等. 温度对水稻亚种间杂种育性及结实率的影响[J]. 作物学报,2002,28(4):499-504
- [15] 温圣贤,杨书化,李泽炳,等. 6 个籼型水稻核不育系在武昌的育性转换特性研究[J]. 华中农业大学学报,1999,18(5):401-404
- [16] 李飞. 野生稻遗传资源在育种上的利用[J]. 福建稻麦科技,2006,24(1):37-39