

栽培稻及其近缘野生种间杂交揭示杂草稻的起源

许红云¹, 熊海波¹, 朱 骞¹, 石瑜敏², 王威豪²,
刘百龙², 徐家星¹, 文建成¹, 李东宣¹, 陈丽娟¹

(¹ 云南农业大学稻作研究所, 昆明 650201; ² 广西农业科学院水稻研究所, 南宁 530000)

摘要: 本研究旨在通过水稻种间、亚种间和品种间的杂交, 在套袋隔离和自然授粉两种条件下对其杂交亲本主要农艺性状类型及杂交后代群体中杂草稻发生频率、类型及主要特征以及杂草稻的发生趋势进行调查分析, 直接验证和重演杂草稻起源的主要路径。杂草稻的主要特征为: 颖壳褐色或金色, 种皮红色, 散穗、易落粒, 中芒或无芒。结果表明, 如果以近缘野生种为亲本, 在其 F₂ 群体中比较容易发生类似杂草稻的单株; 杂交组合中杂草稻出现频率的大小依次为: 杂草稻或野生稻/粳稻 (44.44%) > 杂草稻或野生稻/籼稻 (28.34%) > 籼稻/粳稻 (3.3%) > 籼稻/籼稻 (1.41%) > 粳稻/粳稻 (0%)。这一结果显示杂交亲本间遗传差异越大, 在后代中出现杂草稻类型植株的频率就越高。套袋条件下, 后代中杂草稻出现的频率为 10.7%, 而不套袋情况下为 4.9%。

关键词: 有害生物; 杂草稻; 野生稻; 籼稻; 粳稻

Origin of Weedy Rice as Revealed by Hybridizations among Cultivated Rice and its Wild Relatives

XU Hong-yun¹, XIONG Hai-bo¹, ZHU Qian¹, SHI Yu-min², WANG Wei-hao², LIU Bai-long²,
XU Jia-xing¹, WEN Jian-cheng¹, LI Dong-xuan¹, CHEN Li-juan¹

(¹ Rice Reseach Institute, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201;

² Rice Reseach Institute, Guangxi Academy of Agricultural Sciences, Nanning 530000)

Abstract: The objectives of this study are to explore the occurrence and development of weedy rice by investigating the frequency of weedy rice, which occurred in the progenies of crosses amount wild rice species, typical weedy rice, rice subspecies and cultivars. The results of this study indicated that wild and weedy rice showed brown or golden color of glum with or without awns and red pericarp, spreading type of panicles and shattering easily. Analysis for qualitative characteristics in F₂ population suggested that the hybrid combinations with one of its parental line, which genetically nearer to its ancestry lines, would be prone to produce more weedy rice like plants. The frequencies of occurrence of weedy rice like plants in F₂ population varied depending on the genetic similarities between the two parents. The more different between two parental lines are the more frequent weedy rice like plants produced. The sequence is as: weedy rice or wild rice/*Japonica* (44.44%) > weedy rice or wild rice/*Indica* (28.34%) > *Indica*/*Japonica* (3.30%) > *Indica*/*Indica* (1.41%) > *Japonica*/*Japonica* (0%). By bagging the panicle during flowering, the occurrence of weedy rice in the F₂ population would be as high as 10.7%, while 4.9% of without bagging for the same hybrid combinations, indicating that certain degree of out-crossing would be relatively reduce the occurrence of weedy rice in the F₂ population. A road map for occurrence and population development of weedy rice was discussed. Method of effective control of weedy rice was also proposed.

Key words: Harmful organisms; Weedy rice; Wild rice; *Indica*; *Japonica*

收稿日期: 2011-11-27 修回日期: 2012-02-11

基金项目: 国家自然科学基金“有害生物杂草稻的发生机制研究”(30860057)

作者简介: 许红云, 硕士, 农艺师, 主要从事稻种资源及水稻遗传育种研究

通信作者: 陈丽娟, 教授, 博导。E-mail: chenlijuan@hotmail.com

杂草稻(*Oryza sativa* f. *spontanea*)是指发生在水稻田及周边并与栽培稻同一物种的杂草类型^[1]。由于其果皮多为红色,常被称为红稻、赤米或赤稻(red rice)等。一些杂草稻形态上与野生稻(*O. rufipogon*)相似,具有谷壳黑色、种皮红色、千粒重较低、种子休眠期长、极易落粒等特征^[2-3]。杂草稻在世界范围内的广泛分布不仅对水稻生产造成了较严重的影响,还侵袭其他旱地作物,如黄麻、玉米、大豆和蔬菜等^[4]。据估计,韩国杂草稻导致水稻年总产量的直接损失达到5%~10%^[5]。在20世纪60年代前,杂草稻在我国稻区的多数省份还有分布,但随着稻作生产方式的改变而几近灭绝或呈现此消彼长的趋势。近年来,由于直播、免耕等轻简化栽培技术的推广应用,杂草稻在我国分布范围正逐渐由南向北扩散,各主要水稻产区均出现了不同程度的危害。杂草稻已成为水稻生产面临的一个严重问题。

对杂草稻的起源,很多学者进行了大量的研究^[1,6-20],推测杂草稻的可能来源为:(1)栽培稻品种间杂交、基因重组或回复突变等产生野生性状即返祖遗传;(2)栽培稻与1年生野生稻近缘祖先种杂交和伴生遗留下来;(3)栽培稻与多年生野生稻种间自然异交产生的后代;还存在与伴生栽培稻等多重异交^[11]。这些推论到目前为止尚无直接和确切的证据。本研究通过对稻属种间和种内不同杂交后代类似杂草稻类型分离植株出现的情况进行分析,以期获得直接证据,验证和重演杂草稻产生的途径,为杂草稻的防治、利用提供参考依据。

表 1 杂交亲本的名称及类型

Table 1 Types of cross-parents used in this study

类型 Classification	亲本 Parent	类别代码 Code	类别 Type	说明 Remark	材料提供单位 Source
栽培稻	滇屯 502、云恢 290、9311、明恢 63、桂朝 2 号	I1	感温型籼稻		YAU-RRI
	八宝谷、毫木西、毫尻、IR64、南 34、(团结)云系 10 号、银光、滇梗优 5 号	I2	感光型籼稻		
	台湾品种、日本晴、安山稻	J1	高海拔粳稻	滇型	
		J2	低纬或高纬粳稻	热带或温带粳稻	
野生稻	普通野生稻(越南)	PW	多年生野生稻	同一单株繁衍的群体	YAU-RRI CNRRI
	尼瓦拉野生稻(尼泊尔)	AW	1 年生野生稻		GXAAS-RRI
杂草稻	韩国 1946	TYP1	杂草稻 I	类似籼型栽培稻	YAU-RRI
	中国黑掉谷	TYP2	杂草稻 II	类似籼型野生稻	
	韩国 Sharei	TYP3	杂草稻 III	类似粳型栽培稻	
	中国槽稻	TYP4	杂草稻 IV	类似粳型野生稻	国家水稻种质资源中期库

1 材料与方法

1.1 材料

选用的 22 份有代表性的栽培稻(*Oryza sativa*, 粳、粳亚种,鉴别方法参见程侃声等^[21-22])、杂草稻(*O. sativa* f. *spontanea*, 自生型、拟态型,鉴别方法参见 Chen 等^[23])、野生稻(*O. rufipogon*、*O. nivara*)等杂交亲本,分别由云南农业大学稻作研究所(YAU-RRI)、中国水稻所(CNRRI)和广西农科院水稻所(GXAAS-RRI)提供(表 1)。

1.2 方法

1.2.1 试验设计 2009 年在云南昆明温室和广西南宁田间种植不同类型杂交亲本。通过栽培稻(栽)、杂草稻(杂)、野生稻(野)之间不同亲本进行种间和种内(其中包括亚种间及品种间)杂交,分别配制裁/栽(粳/粳、粳/粳、粳/粳)、栽/杂(粳/杂、粳/杂)和栽/野(粳/野、粳/野)不同类型的杂交组合,同时尽量进行同一组合的正反交。原则上以栽培稻(籼稻和粳稻)为母本,以野生稻(1 年生和多年生)和杂草稻(自生型和拟态型)为父本,进行人工杂交。人工杂交则是将母本人工去雄,然后人工授予父本花粉。每个杂交组合保证 30 粒种子。当年获得 145 个杂交组合的种子。F₁及其相应亲本于 2010 年早稻(上半年)在云南元江和广西南宁种植、鉴定,甄别真假杂种,同时筛选出含盖亚种间及品种间各类型杂交组合的 F₂群体,每个群体力争 100 个

以上单株,F₂于同年晚稻(下半年)在云南元江和广西南宁种植,同一组合分别进行套袋和不套袋处理,成熟期详细观察记载 F₂群体分离情况,收获各组合中类似于典型杂草稻植株的 F₃种子。水肥和病虫害管理同常规。

1.2.2 取样考种 根据杂草稻评价标准^[24],成熟期田间调查单株落粒性、种子颖壳颜色;每小区每单株收 3 穗,分装 3 袋,进行室内考种,观测颖壳色、种皮色、稃尖颜色、芒的长短有无、穗型等性状。

2 结果与分析

2.1 供试亲本的主要农艺性状

杂交亲本材料的主要农艺性状见表 2,栽培稻主要特征为稻谷(黄色)颖壳、白色种皮、无芒、紧穗和难落粒;而野生稻、杂草稻的主要特征为褐色或金色颖壳、红色种皮、散穗、易落粒、中长芒或无芒。

2.2 F₂质量性状分离表现

观察和记载了不同类型组配的杂交组合,对其中 F₂群体性状分离情况的分析结果表明:在 14 个组合中,从质量性状上看,后代出现了超亲性状或类

似于杂草稻的植株。例如:父本和母本种皮均为白色的后代出现了种皮为红色的单株;双亲均无芒的后代出现有芒的单株等(表 3)。以易落粒、红色种皮、穗型松散为杂草稻主要的判别标准,结果分析后有以下几个趋势:(1)野生稻或杂草稻与栽培稻杂交较易产生类似杂草稻后代;(2)栽培稻中,以感光(温)型的籼稻为母本,相对容易产生类似杂草稻单株;(3)以高纬度粳稻为母本的杂交组合,少数组合可产生类似杂草稻单株。

2.3 F₂出现类似典型杂草稻的组合类型及频率

2.3.1 套袋处理对杂草稻出现频率的影响 为了考察隔离条件对各组合后代中类似杂草稻出现频率的影响,对 F₁单株进行了套袋处理,套袋条件下,后代中杂草稻出现的频率为 10.7%,而不套袋情况下为 4.9%(表 4)。结果表明,套袋可以显著地提高类似杂草稻在杂交后代出现的频率自交导致的基因重组,大大增加了杂草稻出现的频率,加速了杂草稻的传播速度。而一定程度的异交则可能降低杂草稻出现的频率。

表 2 杂交亲本主要特征特性

Table 2 Key characteristics of parental materials

品种名称 Varieties	类型 Type	颖壳色 Color of glum	种皮色 Color of pericarp	芒长 Length of awn	穗型 Type of panicle	落粒性 Shattering
滇屯 502	感温型籼稻 (I1)	金色	白色	无	紧穗型	难落粒
云恢 290		金色	白色	无	紧穗型	难落粒
9311		金色	白色	无	紧穗型	难落粒
明恢 63		金色	白色	无	紧穗型	难落粒
桂朝 2 号		金色	白色	无	紧穗型	难落粒
八宝谷	感光型籼稻 (I2)	金色	白色	无	紧穗型	难落粒
毫木西		金色	白色	无	紧穗型	难落粒
毫屁		金色	白色	无	紧穗型	难落粒
IR64		金色	白色	无	紧穗型	难落粒
(团结)云系 10 号	高海拔粳稻 (J1)	金色	白色	无	紧穗型	难落粒
南 34		金色	白色	无	紧穗型	难落粒
银光		金色	白色	无	紧穗型	难落粒
滇粳优 5 号		金色	白色	无	紧穗型	难落粒
台湾品种	低纬或高纬粳稻 (J2)	金色	白色	无	紧穗型	难落粒
日本晴		金色	白色	无	紧穗型	难落粒
安山稻		金色	白色	无	紧穗型	难落粒
普通野生稻(越南)		褐色	红色	有	散穗型	易落粒
尼瓦拉野生稻(尼泊尔)	1 年生 (AW)	褐色	红色	有	散穗型	易落粒
韩国 1946	杂草稻 I (TYP1)	金色	红色	有	散穗型	易落粒
中国黑掉谷	杂草稻 II (TYP2)	褐色	红色	无	散穗型	易落粒
韩国 Sharei	杂草稻 III (TYP3)	褐色	红色	无	散穗型	易落粒
中国橐稻	杂草稻 IV (TYP4)	褐色	红色	有	散穗型	易落粒

表 3 F₂ 质量性状分离表现
Table 3 The segregation performance of F₂ population for qualitative characteristics

组合名称 Combination	杂交 类型 Cross type	颖壳色 Color of glum				果皮色 Color of pericarb				穗型 Type of panicle				落粒性 Shattering				芒性 characteristics of awn	
		亲本 Parent	超亲(似杂草稻) Generation	亲本 Parent	白色/白色	亲本 Parent	超亲(似杂草稻) Generation	亲本 Parent	紧穗/紧穗	散穗型	亲本 Parent	难落粒/难落粒	超亲(似杂草稻) Generation	亲本 Parent	超亲(似杂草稻) Generation	亲本 Parent	超亲(似杂草稻) Generation	芒性	超亲(似杂草稻) Generation
明恢 63/毫木西	I1/I2	金色/金色	淡黄色	白色/白色	白色/白色	金色/金色	红色	紧穗/紧穗	散穗型	散穗型	难落粒/难落粒	易落粒	易落粒	无芒/无芒	无芒/无芒	无芒/无芒	无芒/无芒	无	无
桂朝 2 号/滇梗优 5 号	I1/I1	金色/金色	淡黄色	白色/白色	白色/白色	金色/金色	微红	紧穗/紧穗	散穗型	散穗型	难落粒/难落粒	易落粒	易落粒	无芒/无芒	无芒/无芒	无芒/无芒	无芒/无芒	有芒	有芒
桂朝 2 号/安山稻	I1/I2	金色/金色	淡黄色	白色/白色	白色/白色	金色/金色	微红	紧穗/紧穗	散穗型	散穗型	难落粒/难落粒	易落粒	易落粒	无芒/无芒	无芒/无芒	无芒/无芒	无芒/无芒	有芒	有芒
毫尾/桂朝 2 号	I2/I1	金色/金色	黄褐条纹	白色/白色	白色/白色	金色/金色	红色	紧穗/紧穗	散穗型	散穗型	难落粒/难落粒	易落粒	易落粒	无芒/无芒	无芒/无芒	无芒/无芒	无芒/无芒	有芒	有芒
八宝谷/云恢 290		金色/金色	淡黄色	白色/白色	白色/白色	金色/金色	红色	紧穗/紧穗	散穗型	散穗型	难落粒/难落粒	易落粒	易落粒	无芒/无芒	无芒/无芒	无芒/无芒	无芒/无芒	有芒	有芒
IR64/(团结)云系 10 号	I2/I1	金色/金色	淡黄色	白色/白色	白色/白色	金色/金色	红色	紧穗/紧穗	散穗型	散穗型	难落粒/难落粒	无	无	无芒/无芒	无芒/无芒	无芒/无芒	无芒/无芒	有芒	有芒
八宝谷/滇梗优 5 号		金色/金色	黄褐条纹	白色/白色	白色/白色	金色/金色	无	紧穗/紧穗	散穗型	散穗型	难落粒/难落粒	无	无	无芒/无芒	无芒/无芒	无芒/无芒	无芒/无芒	无	无
(团结)云系 10 号/IR64	J1/I2	金色/金色	金色	白色/白色	白色/白色	金色/金色	无	紧穗/紧穗	散穗型	散穗型	难落粒/难落粒	无	无	无芒/无芒	无芒/无芒	无芒/无芒	无芒/无芒	有芒	有芒
安山稻/9311	I2/I1	金色/金色	褐色	白色/白色	白色/白色	金色/金色	红色	紧穗/紧穗	散穗型	散穗型	难落粒/难落粒	无	无	无芒/无芒	无芒/无芒	无芒/无芒	无芒/无芒	有芒	有芒
台湾品种/毫木西	I2/I2	金色/金色	黄褐条纹	白色/白色	白色/白色	金色/金色	红色	紧穗/紧穗	散穗型	散穗型	难落粒/难落粒	无	无	无芒/无芒	无芒/无芒	无芒/无芒	无芒/无芒	无	无
普通野生稻(越南)/IR64	PW/I2	褐色/金色	金色	红色/白色	红色/白色	褐色/金色	红色	散穗/紧穗	散穗型	散穗型	易落粒/难落粒	极易落粒	极易落粒	有芒/无芒	有芒/无芒	有芒/无芒	有芒/无芒	超长芒	超长芒
尼瓦拉野生稻/毫木西	AW/I2	褐色/金色	淡黄色	红色/白色	红色/白色	褐色/金色	红色	散穗/紧穗	散穗型	散穗型	易落粒/难落粒	极易落粒	极易落粒	有芒/无芒	有芒/无芒	有芒/无芒	有芒/无芒	超长芒	超长芒
韩国 1946/安山稻	TYP1/I2	金色/金色	淡黄色	红色/白色	红色/白色	金色/金色	红色	散穗/紧穗	散穗型	散穗型	易落粒/难落粒	难落粒	难落粒	有芒/无芒	有芒/无芒	有芒/无芒	有芒/无芒	有芒	有芒
日本晴/中国槽稻	J2/TYP4	金色/褐色	黄褐色条纹	白色/红色	白色/红色	金色/褐色	红色	散穗/紧穗	散穗型	散穗型	易落粒/难落粒	极易落粒	极易落粒	无芒/有芒	无芒/有芒	无芒/有芒	无芒/有芒	超长芒	超长芒

表 4 套袋对类似杂草稻在 F₂ 出现频率的影响

Table 4 The effect of panicle bagging on occurrence of weedy rice in F₂ population (%)

处理	收取的株数	分离的似杂草稻株数	分离率
Treatment	Harvested plants	Segregated plants	Ratio
套袋	917	99	10. 7
不套袋	2175	106	4. 9

2.3.2 杂交方式对杂草稻出现频率的影响 如表 5 所示,F₂群体中杂交组合中杂草稻出现频率的大小依次为:杂草稻或野生稻/粳稻(44. 44%) > 杂草稻或野生稻/籼稻(28. 34%) > 籼稻/粳稻(3. 30%) > 籼稻/籼稻(1. 41%) > 粳稻/粳稻(0%)。这一结果显示杂交亲本间遗传差异越大,后代中类似杂草稻出现的频率就越高。

3 讨论

杂草稻是兼有野生稻和栽培稻特性,类似杂草的一种水稻类型,本研究通过水稻种间、亚种间和品种间的杂交,对其 F₂分离群体中出现类似杂草稻性状的发生及其频率进行了调查研究,并分析了在套袋隔离和自然授粉两种条件下各类型杂交组合 F₂ 中杂草稻发生频率的变化。

在栽培稻不同类型亚种间杂交的很多组合中(表 3),F₂中出现的杂草稻性状是其亲本中所没有的,如:种皮颜色、落粒性和芒性等,尤其是以感光(温)型的籼稻为母本的杂交组合,相对容易产生类似杂草稻单株;而以高纬度粳稻为母本的杂交组合,相对不容易产生类似杂草稻植株,仅有安山稻/9311,台湾品种/毫木西两个组合的后代出现类似杂草稻类型。虽然不同类型的籼粳交和籼籼交组合后代产生类似杂草稻的频率分别为 3. 30% 和 1. 41%,此两类杂草稻的来源较少,但不能忽视它的客观存在。本研究的结果进一步显示,组配中如果含有进化程度较低的亲本(1 年生、多年生野生稻和杂草稻),在 F₂群体中比较容易发生类似杂草稻的单株(表 5)。在稻作的进化过程中,一般认为野生稻或杂草稻保留了较大的原始性状,如易落粒性、抗逆性好等特点,籼稻次之,而粳稻保留的原始特征特性最少。这一结果证实了杂草稻大部分来源于栽培稻个体间基因重组等产生野生性状,即遗传返祖的假说。

对各组合 F₂ 群体出现类似杂草稻的频率分析结果表明,亲本间遗传差异的大小对杂草稻出现的频率有重要的影响,即遗传差异越大,杂草稻出现的

表 5 杂交组合与其杂交后代中杂草稻出现的频率

Table 5 Pattern of hybridization and its frequency of weedy rice occurrence in F₂ population

组合	杂交类型	总株数	杂草稻株数	频率(%)
Combination	Cross type	Total plants	Weedy rice plants	Frequency
日本晴/中国橐稻	J2/TYP4	141	48	34. 0
明恢 63/中国橐稻	I1/TYP4	123	33	26. 8
韩国 1946/(团结)	TYP1/J1	140	45	32. 1
云系 10 号				
韩国 1946/安山稻	TYP1/J2	102	21	20. 6
韩国 Sharei/南 34	TYP3/J1	170	160	76. 5
韩国 Sharei/银光	TYP3/J1	108	48	44. 4
			加权平均	44. 44
普通野生稻 (越南)/IR64	PW/I2	140	50	35. 7
尼瓦拉野生稻 (尼泊尔)/毫木西	AW/I2	114	22	19. 3
			加权平均	28. 34
IR64/(团结)云 系 10 号	I2/J1	110	5	4. 5
八宝谷/滇梗优 5 号	I2/J1	170	0	0. 0
南 34/桂朝 2 号	J1/I1	337	3	0. 9
安山稻/桂朝 2 号	J2/I1	138	1	0. 7
安山稻/滇屯 502	J2/I1	188	1	0. 5
明恢 63/安山稻	I2/J2	152	2	1. 3
桂朝 2 号/安山稻	I1/J2	153	24	15. 7
滇梗优 5 号/八宝谷	J1/I2	91	0	0. 0
滇梗优 5 号/滇屯 502	J1/I1	111	12	10. 8
			加权平均	3. 3
IR64/桂朝 2 号	I2/I1	156	4	2. 6
IR64/滇屯 502	I2/I1	140	1	0. 7
八宝谷/云恢 290	I2/I2	140	4	2. 9
桂朝 2 号/IR64	I1/I2	261	0	0. 0
毫木西/明恢 63	I2/I1	92	2	2. 2
			加权平均	1. 41
(团结)云系 10 号/安山稻	J1/J2	195	0	0. 0
南 34/安山稻	J1/J2	138	0	0. 0
安山稻/(团结)	J2/J1	160	0	0. 0
云系 10 号				
日本晴/银光	J2/J1	165	0	0. 0
			加权平均	0. 0

频率越高。野生稻或杂草稻与栽培稻杂交相对容易产生杂草稻后代(表 3,表 5),其中野生稻有来自尼泊尔的 1 年生尼瓦拉(*O. nivara*)野生稻和来自越南的多年生野生稻(*O. rufipogon*)。F₂群体中,杂草稻出现频率以杂草稻或野生稻与粳稻或籼稻杂交的后

代为最多,加权平均值分别为 44.44% 和 28.34%, 合计 72.78%。根据稻作进化的常识,本试验中杂交亲本间遗传差异的大小应是:杂草稻或野生稻与粳稻 > 杂草稻或野生稻与籼稻 > 籼稻与粳稻 > 籼稻与籼稻 > 粳稻与粳稻。众所周知,亲本间遗传差异越大,后代基因重组突变几率就越大。本研究结果为杂草稻来源于野生稻与栽培稻种间异交产生的后代的假说提供了有力的证据。由于本研究的 F_2 群体还相对较小,进一步的研究中应加大杂交分离群体,以提高验证结果的准确性。

本研究发现了一个非常有趣的现象,杂草稻出现的频率在套袋条件下(10.7%)大于不套袋(4.9%)的频率。初步推测:在套袋隔离条件下,杂交组合 F_1 的自交使等位基因纯合,隐性性状得以表现,从而大大提高了杂草稻出现的频率;而不套袋情况下,由于杂交组合 F_1 自然异交(接受除 F_1 之外的其他异源花粉)导致基因杂合,隐性性状基因被掩盖,使得杂草稻特征特性未能表现出来,因此降低了杂交后代中杂草稻出现的几率。由此表明,只有特定亲本的异交和特异基因位点的重组可加快其后代杂草稻的发生,这个现象值得深入研究,为解释“杂草稻表现为远祖野生稻特征特性”提供了新的证据。

无论 1 年生还是多年生野生稻,杂草稻和栽培稻,它们同属于 AA 基因组,虽然它们之间的异交存在障碍,但基因流仍然存在^[25-26],且不同地域的不同类型间材料的异交,产生不同形态的杂草稻也是必然的,只是出现几率、传播范围和速度的问题。本研究结果表明,由于育种周期的缩短,导致大多数现代品种自身的遗传不够稳定、遗传组成更加复杂;栽培多样化的要求,导致在较小的范围内有众多的品种类型,品种间的相互杂交从而导致了杂草稻的发生;杂草稻发生后再次和栽培稻杂交,加快了杂草稻群体的放大;在自然条件下这种过程得到了加速发展,从而形成越来越大的危害。

在自然条件下的稻作生产中,由于不能预知它们到底来源于哪种类型品种间的杂交,虽然仅有极少数的特异性异交会致杂草稻的产生,但并不能完全避免发生的可能。为了防控杂草稻的危害,建议如下:(1)提高育成品种遗传稳定性;(2)在同一地区种植的品种类型不宜过多过杂,以减少产生杂草稻的机会;(3)要坚持正确的原种繁殖程序,在同时繁殖多个品种时,要注意严格的隔离保纯。

本研究构建了水稻种间、亚种间和品种间杂交 F_3 、 F_4 遗传群体,为进一步开展杂草稻的发生规律、

发展趋势以及落粒性、休眠性、种子寿命、种皮色、芒性、颖壳色和抗逆性等特征特性的分子进化基础研究奠定了不可或缺的材料基础。

参考文献

- [1] Tang L H, Morishima H. Genetic characteristics and origin of weedy rice[M]//Origin and differentiation of chinese cultivated rice. China Agricultural University Press, 1996:211-218
- [2] Suh H S, Sato Y I, Morishima H. Genetic characterization of weedy rice (*Oryza sativa* L.) based on morpho-physiology, isozymes and RAPD markers[J]. Theore Appl Genet, 1997, 94:316-321
- [3] Oka H I. Origin of cultivated rice[M]. Tokyo: Japan Scientific Society Press, 1988:254
- [4] Baki B B, Chin D V, Mortimer M, et al. Wild and weedy rice in rice ecosystems in Asia-a review [C]//International Rice Research Institute. Los Baños, 2000:118
- [5] Suh H S, Park S J, Heu M H. Collection and evaluation of Korean red rice. I. Regional distribution and seed characteristics[J]. Korean J Crop Sci, 1992, 37(5): 425-430
- [6] Suh H S, Back J H, Ha W G. Weedy rice occurrence and position in transplanted and direct-seeded farmer's fields[J]. Korean J Crop Sci, 1997, 42(2):352-356
- [7] 杨杰, 王军, 曹卿, 等. 江淮流域杂草稻叶绿体 DNA 的籼粳分化[J]. 中国水稻科学, 2009, 23(4):391-397
- [8] 吴明根, 袁晓丹, 柳奎奎, 等. 利用 RAPD 分子标记分析东北地区杂草稻的亲缘关系[J]. 安徽农业科学, 2007, 35(1): 49-51
- [9] 许聪, 吴万春. 杂草稻的分类地位和利用途径探讨[J]. 海南大学学报:自然科学版, 1996, 14(2):146-151
- [10] 杨杰, 王军, 曹卿, 等. 杂草稻红果皮基因的遗传分析[J]. 西北植物学报, 2009, 29(6):1084-1090
- [11] Chen Z J, Zhu L H. Karyotype analysis of Lu-Dao: An indigenous rice germplasm found in Jiangsu Province[J]. Acta Genetica Sinica, 1990, 17:1-5
- [12] 陈增建, 朱立宏. 槽稻与云南稻地方品种亲缘关系的初步研究[J]. 作物学报, 1990, 16(3): 219-227
- [13] 魏兴华, 杨致荣, 董岚, 等. 槽稻分类地位的 SSR 证据[J]. 中国农业科学, 2004, 37(7): 937-942
- [14] Londo J P, Schaal B A. Origins and population genetics of weedy red rice in the USA[J]. Mol Eco, 2007, 16:4523-4535
- [15] Gross B L, Reagon M, Hsu S C, et al. Seeing red: the origin of grain pigmentation in US weedy rice[J]. Mol Ecol, 2010, 19: 3380-3393
- [16] Reagon M, Thurber C, Gross B, et al. Genomic patterns of nucleotide diversity in divergent populations of U. S. weedy rice[J]. BMC Evol Biol, 2010, 10:180
- [17] Cho Y C, Choi I S, Shin Y S, et al. Inheritance of resistance to blast (*Pyricularia Grisea* Sacc.) in Korean weedy rice (*Oryza sativa* L.) [J]. Korean J Breeding, 1996, 28(3):309-316
- [18] Heu M H. Weedy rice "Sharei" showing closer cross affinity to Japonica type[J]. Rice Genetics Newsletter, 1988, 5:72-74
- [19] Morishima H, Sano Y, Oka H I. Differentiation of perennial and annual types due to habitat conditions in the wild rice *Oryza perennis* [J]. Plant Syst Evol, 1984, 144:119-135
- [20] Tang L H, Morishima H. Characteristics of weed rice strains[J]. Rice Genetics Newsletter, 1988, 5:70-72
- [21] 程侃声, 王象坤, 卢义宣, 等. 亚洲栽培稻分类的再认识[J]. 作物学报, 1984, 10(4):271-280
- [22] 程侃声, 王象坤, 卢义宣, 等. 论亚洲栽培稻的籼、粳分类[J]. 作物品种资源, 1988(1):1-5
- [23] Chen L J, Suh H S, Lee D S. Evolutionary significance of Chinese weedy rice "Lu-tao" [J]. SABRAO J Breeding Genetics, 2001, 33(2): 99-109
- [24] Suh H S. Characterization of weedy rice germplasm[M]. Gyeongsan: Wild Crop Germplasm Bank, Korean Science Financial Corp and Plant Functional Genomic Research Corp, 2003:1007
- [25] Chen L J, Lee D S, Song Z P, et al. Gene flow from cultivated rice (*Oryza sativa*) to its weedy and wild relatives [J]. Ann Bot, 2004, 93(1):67-73
- [26] Chu Y E, Oka H I. Introgression across isolating barriers in wild and cultivated *Oryza* species[J]. Evol, 1970, 24:344-355