

李铮友 著

滇型杂交水稻育种

DIAN-TYPE

HYBRID

RICE

BREEDING

云南科技出版社

. 035. 1



云南省自然科学学术著作出版基金资助

滇型杂交水稻育种

DIAN-TYPE HYBRID RICE BREEDING

李 铮 友

Li Zhengyou

云南科技出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

滇型杂交水稻育种/李铮友著. —昆明: 云南科技出版社, 2000.12

ISBN 7-5416-1459-3

I. 滇... II. 李... III. ①水稻-杂交育种-研究-云南省 IV. S511.035.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 74648 号

书 名: 滇型杂交水稻育种
作 者: 李铮友
出 版 者: 云南科技出版社 (昆明市环城西路 609 号)
责任编辑: 肖 娅 侯德勋
责任校对: 金 红
版式设计: 翟 苑
印 刷 者: 云南地质矿产局印刷厂
发 行 者: 云南科技出版社
开 本: 787 × 1092 1/16
印 张: 16.25
字 数: 400 千字
版 次: 2000 年 12 月第 1 版
印 次: 2000 年 12 月第 1 次印刷
印 数: 800 册
书 号: ISBN 7-5416-1479-3/S·223
定 价: 40.00 元
若发现印装错误请与承印厂联系

序

1989年，我带中国云南省政府农业考察团去菲律宾访问，考察了国际水稻所，后到了刚组建不久的菲律宾国家水稻所。由于初创，条件较差，但所长奥宾博士带领着全所人员勤勤恳恳地为国工作的精神深深感动了我们；他真诚待人的谈吐，精明能干的工作才能给了我们很深的印象。大家谈得很投机，决定协作开展滇型杂交水稻的育种工作。又经几年的交往，彼此成了好朋友。

我们于1992年，签了合作协议，1993年派了技术人员带种子去菲开展了实质性的合作。

去年，我被派去巴基斯坦示范中国的滇型杂交稻，获得了成功，并与该国农业研究委员会和中巴水稻协会签了六年科研合作协议后，决定到菲律宾看望老朋友和履行合作协议。

菲稻所仅成立十年，没想到成就如此惊人，名声已远传多国，充分体现了所长的领导才能。为庆祝建所十周年，我写一诗以表友情，谨录于下：

耕读随父幼北伊^① 勤工俭学巴罗斯^②
 学成宏图展菸所^③ 旋建杏学巴塔克^④
 开创稻所凭诚绩 率众耕耘何苦辛
 十年转瞬菲稻益 名扬环宇鬓半丝

注：①北伊——北伊洛可斯。②罗斯、巴罗斯——菲律宾大学所在地。③他曾任菲菸草所所长。④他曾任巴塔克的MMSU大学校长。

来菲后，在奥宾老友的支持下，利用这里的良好学风，幽静环境，静心写此书，书成，写此序以志。

中国国家级有突出贡献专家、教授 李铮友

1996.3 于 Maligaya

Prelude

In 1989, leading a government agricultural delegation from of Yunan Province, I visited the International Rice Research Institute. Then I called on newly-established PhilRice. During of Phikice the conditions the early years, was still under improvement, but we were deeply touched by the fact that the Director, Dr. Santiago R. Obien was confidently in leading all the staff to be working hard for his motherland. We were also highly impressed by his sincerely speech and working style, smart with good. We talked very congenially and decided to have a collaborative research on breeding of Dian type hybrid rice. After several years communication, we have become nice friends.

We signed an agreement of memorandum in 1992. Then a Chinese researcher was dispatched to bring some rice seeds to PhilRice and started the collaborative research in 1993.

Last year I was dispatched to Pakistan to demonstrate Chinese Dian Type hybrid rice. It was very successful. We signed an agreement with the Agricultural Research Council of Pakistan and PAK-China Rice Association for a six-year collaborative research. After that I made my mind to revisit my old friend in the Philippines and implement collaborative agreement.

It is hard to imagine that PhilRice made such achievements during last ten years. It makes us surprised, and makes itself well known all over the world. This result is made by brilliant management. In order to congratulate the 10th anniversary of the institute, I would like to contribute a poem as follows:

(In Chinese....)

Li Zhengyou

Professor and National Expert with
Great Achievements

Author

March 1996 at Maligaya

前 言

20 世纪 60 年代初，杂交优势在农业上的应用已非常普遍了，但中国的主要粮食作物——稻，还未育成杂交稻用于生产。我从 1958 年开始水稻育种工作，以后借鉴了玉米、高粱等育成杂交种用于生产的例证，从 1965 年起，开展了杂交水稻育种。1969 年育成了中国第一个水稻雄性不育系，1973 年实现了中国粳型三系配套，育出了中国第一个粳型杂交稻组合。此项科研成果获得了 1978 年国家科学大会个人奖、集体奖。以后，在全国相继育出了滇型台杂 8 号、科杂 20 号、滇杂 25 号、寻杂 29、丰优 57、黎优 57、D 优 57、盐优 K·C57 等杂交水稻用于生产。到 90 年代初，育出了强优势的籼、粳交杂交偏粳稻型的榆杂 29。1994 年在云南省宾川县作高产示范，验收的 1.05 亩，亩产达 1 108.55kg，超过了世界粳稻的最高单产水平，同时在云南省大理市的示范田亩产也超过 1 000kg；1995 年又继续示范，在云南省宾川、巍山等县仍有亩产超 1 000kg 的田块，云南省洱源县示范 700 亩，平均亩产 814.169kg，巍山县示范 165 亩，平均亩产 885.45kg，在云南省许多地方大面积种植，一般亩产都可超过 700kg。

致于杂交籼稻，我们也一直在进行选育，先后育成了滇型的金优 401、金优 402、莲优 101、九优 1 号、巴伏 1 号等，而新的强优组合正在选育、试种。

我们一直把杂交稻与常规稻的选育结合进行，选育保持系、恢复系就是选育常规稻。有十余个保持系、恢复系在生产上作为常规稻使用，获得了国家优质米奖，云南省科技成果一等、三等奖，另外还有许多得了地区奖。其中滇榆 1 号亩产达 1 024kg，破了当时粳稻丰产世界纪录。

我们还和菲律宾国家水稻所（PhilRice），巴基斯坦国家农业研究委员会（PARC），协作开展杂交水稻育种研究，在不久的将来定将结出硕果。

写本书时菲律宾国家水稻所所长奥宾博士给予了大力支持，在此深表感谢。

领导和支持过滇型杂交水稻育种的同志很多，在此，不能一一致谢，仅列出以下同志以表感谢：王启明将军、祁文、纳信真、师常俊、王启珠、黄本铤、何汉安、贺庆瑞。

本书主要是用我的科研材料、数据写的，仅个别地方引用了别书的资料，都有注明。

李铮友

Preface

Although utilization of heterosis became popular for many crop species at the beginning of the 1960s, rice as a main crop in China did not use hybrid varieties in agricultural production. I embarked on my career on rice breeding in 1958. Referring to the successful experiences of using heterosis in maize and sorghum production, I started hybrid rice breeding in 1965 and successfully bred a rice sterility system in 1969, the first in China. I also made three systems of Sinica hybrid rice available in 1973 in China. Because of this achievement, I received collective and individual rewards from the National Scientific conference in 1978. Subsequently, many hybrid rices such as Dian-type Tai-za # 8, Ke-za # 20, Dian za # 25, Xun-za # 29, Feng-you # 57, Li-you # 57, D-you # 57, and Yan-you K C # 57 were bred and used for rice production in China. Yu-za # 29, a hybrid variety between indica and Japonica with a strong heterosis, was produced in the early 1990s. The yield of this hybrid rice variety reached 1 108.55 kg/mu* on an experimental plot of 1.05 mu in Bingchuan County, Yunnan, in 1994. This surpasses the highest yield produced by any other Sinica rice variety in the world. Similar yield was achieved in different plots in Dali County, Yunnan, with yields of more than 1 000 kg/mu in the same year. The experiments in 1995 showed similar results with a yield higher than 1 000 kg/mu in Binchuan, Wei-shan, and other counties, and an average yield of 814.169 kg/mu from more than 700/mu in Er-yan County, and 885.45 kg/mu from more than 165 mu in Wei-shan County. In general speaking, the average yield of this hybrid variety reached more than 700 kg/mu in Yunnan province.

On indica hybrid rice, We have also continuously conducted breeding work. We bred the Dian Type: Jin-you # 401, Jin-you # 402, Lian-you # 101, and Jiu-you # 301, etc. We are now breeding a new combination with stronger heterosis.

We always try to combine hybrid breeding with conventional breeding. Selection of maintainer and restorer lines is similar to breeding conventional rice varieties. So far, we have released more than 10 maintainers and restorers

as conventional rice varieties in rice production. The Chinese government rewarded us with a national medal for high quality rice breeding, and we also received the first and third prize medals of the Yunnan's Science and Technology, plus many local praises for our varieties. Among them, Dian-yu # 1 achieved the yield of 1 024 kg/mu, which broke the highest recorded yield of Sinica rice varieties in the world at that time.

We also have active collaboration with the Philippine Rice Research Institute (PhilRice) and Pakistan Agriculture Research Council (PARC) in the programs of hybrid rice research and breeding. These collaborations will produce great fruits in the near future.

I am very grateful to Dr. Santiago R. Obien, Director of PhilRice, who offered priceless support for the publication of this book.

I also greatly acknowledge General Wang Qi Ming, Qi Wen, Na Xinzhen, Shi Changjun, Wang Qizhu, Huang Benxian, He Hana, He Qingrui, and many other colleagues, who supported the practice of breeding Dian Type hybrid rice in one way or another.

This book mainly includes the data and results of my own experiments, except for those cited data which are indicated particularly in the text.

Li Zhengyou

目 录

第一章 不同细胞质不育系的选育	(1)
第一节 依据“云南稻种分类设想”，杂交选育不育系	(1)
第二节 滇一型至滇十型不育系的选育	(5)
第三节 稻雄性不育系分类	(12)
第二章 保持系、恢复系育种	(16)
第一节 保持系、恢复系优良性状的综合选择	(16)
第二节 籼粳亚种杂交选育保持系、恢复系	(19)
第三节 具高海拔粳、籼稻某些性状的保持系、恢复系育种	(28)
第四节 具云南糯米、软米、紫米老品种主要性状的保持系、恢复系育种	(44)
第五节 异季、异地育种	(54)
第六节 花药培养	(60)
第三章 保持系的转育及人工制造不育系的转育及保纯	(62)
第一节 保持系的转育及人工制造	(62)
第二节 不育系的转育及保纯	(63)
第四章 恢复系的测交筛选、转育和保纯	(68)
第一节 恢复系的特殊性状要求和测交筛选	(68)
第二节 滇一、三型粳稻不育系人工创造、制造恢复系	(69)
第三节 恢复系的转育	(76)
第四节 性状不稳定的恢复材料的选育及恢复系提纯	(81)
第五章 两系杂交稻	(83)
第一节 滇型杂交稻使用两系法的情况	(83)
第二节 温敏不育系的提出	(84)
第三节 滇型两系法和三系法比较	(84)
第六章 杂交稻某些特性的育种	(86)
第一节 抗病、虫的杂交稻育种	(86)
第二节 抗寒杂交稻育种	(90)
第三节 具落粒、不易落粒等性状的杂交稻育种	(92)
第四节 具感光性或感温性的杂交稻育种	(94)

第七章 强优势杂交稻组合的选配和利用	(99)
第一节 选用不同细胞质的不育系	(99)
第二节 在当地使用的杂交稻、常规稻基础上提高	(99)
第三节 针对云南各主要稻区生态、经济特点，选配强优势 组合	(100)
第四节 滇型杂交水稻的栽培方法简述	(103)
第五节 超高产育种探索	(103)
第六节 巴斯玛提杂交稻选育	(106)

Table of contents

Chapter 1	The breeding of male sterility systems with different cytoplasm	(115)
1.1	The breeding of male sterility system through hybridization based on “the proposal of rice species classification in Yunnan”	(115)
1.2	The breeding of male sterility systems of Dian-1 Type to Dian-10 Type	(120)
1.3	The classification of rice male sterility system	(129)
Chapter 2	Breeding for maintainer and restorer lines	(133)
2.1	Comprehensive selection on agronomy traits of both maintainer and restoring line	(133)
2.2	Breeding for maintainer line and restorer line by <i>Indica Sinica</i> hybridization	(137)
2.3	Breeding of maintaining and restoring lines with some characteristics of <i>Indica</i> and <i>Sinica</i> varieties suitable for high altitude	(152)
2.4	Breeding for maintaining and restoring lines with some characteristics of traditional glutinous rice, soft rice, and purple rice from Yunnan province.	(172)
2.5	Breeding in different location and different season	(184)
2.6	Anther culture	(192)
Chapter 3	Breeding for maintainer and the conversion and purification of an artificial male sterile line	(195)
3.1	Breeding for maintainer of cytoplasmic male sterile and artificial creation	(195)
3.2	The breeding and purification of cytoplasmic male sterile lines	(197)
Chapter 4	The breeding, screening, test-crossing and purification of restorer line	(202)

4.1	The special characteristics of restorer and its selection via test crossing	(202)
4.2	The artificial creation of restorer for <i>Sinica</i> Dian 1 and Dian 3 type male sterile line	(204)
4.3	Transforming restorer lines	(211)
4.4	The selection of unstable restorer materials and purification of restorer	(216)
Chapter 5	Two-line hybrid rice	(219)
5.1	Two-line method used in Dian-type hybrid rice	(219)
5.2	Temperature-sensitive male sterile lines	(220)
5.3	Comparison of Yunnan two-line and three-line methods	(221)
Chapter 6	Special breeding purposes of hybrid rice	(222)
6.1	The breeding of hybrid rice resistant to diseases and insect pests	(222)
6.2	The breeding of hybrid rice resistant to coldness	(224)
6.3	The breeding of hybrid rice with shattering or non-easily shattering spikelets	(228)
6.4	The breeding of hybrid rice with photoperiod sensitivity and thermo-sensitivity	(231)
Chapter 7	Breeding and utilization of hybrid rice with remarkable heterosis	(237)
7.1	Choosing male sterile lines with different cytoplasmic backgrounds	(237)
7.2	Improvement based on the local hybrid and conventional varieties	(238)
7.3	Select rice hybrids with remarkable heterosis based on ecological and economic properties of respective major rice production region in Yunnan	(239)
7.4	Cultivation methods of Dian type hybrid rice	(242)
7.5	Breeding for super high-yielding varieties	(243)
7.6	Breeding of basmati hybrid rice	(246)

第一章 不同细胞质不育系的选育

我们的祖先在很多年以前，就已经用马与驴杂交，生产杂交种——骡使用了。很多年后，人们才开始利用杂交鸡、猪、玉米、洋葱等等。而杂交稻在 20 世纪 70 年代才用于生产，它有强的杂种优势，增产显著。

杂种优势是遗传组成不同的亲本杂交；产生的第一代在形态、生活力、繁殖力、抗逆性、适应性、产量和品质等性状上具有比双亲和本地生产用种优越的现象。

杂交稻育种从选育不育系开始于 60 年代初。此期以前，我没有见到过任何稻不育系选育研究的资料。1965 年我发现水稻不育株后，开始了不育系的选育。通过成千组合的杂交研究后，觉得应根据杂交子代出现不育或低育株的有无、多少及一些性状的变化，作为判断双亲亲缘远近的标准，进行水稻分类，亲缘越远的杂交，后代中越容易得到不育株，育出不育系。

第一节 依据“云南稻种分类设想”，杂交选育不育系

在“云南稻种系统分类探讨”一文中，我将云南栽培稻分为七级。第一级，云南光壳旱稻和云南省由普通野生稻起源来的栽培水稻；第二级，籼亚种与粳亚种；第三级，高海拔生态型及低海拔生态型；第四级，早季稻和晚季稻群；第五级，高积温组及低积温组；第六级，粘、软、糯变种；第七级，栽培品种。

上述分类的前三级，彼此的亲缘关系远，遗传距离大，杂交能育成不育系。由于当时我国还没有开展遗传物质分子水平的研究，以后也还没有人对滇型不育系的遗传机理进行其遗传物质的分子水平研究，所以只能将已有的研究整理出来，供大家参考。有待今后学者对滇型杂交稻的遗传机理，从分子水平上进行研究。

我们设想稻的细胞质里有雄性育性基因，细胞核里也有相应的雄性育性基因。如两者是适应的，它的雄性即可育，如不相适应，雄性会成为不育、低育、半育的。

设高、低海拔粳稻的细胞质里有雄性育性基因 AA' ，细胞核内有 3 对雄性育性基因 $aabbcc$ ， $a'a'b'b'c'c'$ ，高、低海拔籼稻的细胞质里有雄性育性基因 BB' ，细胞核内有 3 对雄性育性基因 $AABBCC$ ， $A'A'B'B'C'C'$ 。各自的雄性育性基因型写为 $A \cdot aabbcc$ ， $A' \cdot a'a'b'b'c'c'$ ， $B \cdot AABBCC$ 及 $B' \cdot A'A'B'B'C'C'$ 。用“ $\cdot$ ”把细胞质和细胞核雄性育性基因隔开，便于识别，以下同。

从现有的三系看，不育基因和恢复基因是相对的，如泰引 1 号是野败型，滇四型籼稻的不育系的恢复系，却又是籼稻滇一型不育系的保持系，如它对两种不育系的雄性起作用的基因是相同的，则更可见恢复和不育是相对的。

远缘杂交，细胞质和细胞核的雄性育性基因不相适应，细胞核内的雄性育性基因也

不相适应，所以 F_1 、 F_2 、 B_1F_1 等代出现的不育、低育株多，随着回交世代增加，细胞核内逐步成了同一的雄性育性基因，仅余有质核之间的不适应性，若不足以影响雄性的不育，那它的雄性育性就正常。若质、核雄性育性基因不适应，就可成为稳定的不育系。

1. 野生稻与栽培稻杂交选育不育系

它们遗传距离远，彼此杂交再回交，可育出不育系。滇九型不育系都是如此育成的。

2. 起源于不同野生稻的光壳光叶旱稻与栽培水稻杂交选育不育系

滇十型不育系是用此法育成的。

3. 籼、粳亚种杂交选育不育系

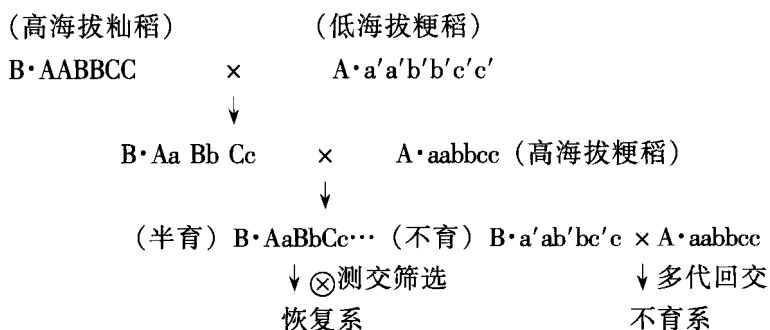
(1) 原产中国的低海拔籼稻与粳稻或梗稻与籼稻杂交选育不育系

由于是两亚种的远缘杂交， F_1 一般结实率都很低，有的也出现不育株，如继续回交，往往随回交代数的增高，结实率也逐步提高，难育成不育系。70 年代，我们用原产中国的低海拔籼、粳稻进行杂交，没有育出不育系。以后，国内许多兄弟单位用籼粳杂交育成的主要不育系也不是用国内的低海拔籼、粳稻杂交育成的，当然，原产国内的低海拔籼、粳稻杂交也能育成不育系，只是难以育成，尚需进一步探索。

(2) 三型交选育不育系

籼、粳亚种又分高、低海拔生态型，共有四型，用它们中的三种型进行杂交以选育不育系。这样，使子代的细胞质和细胞核有籼、粳的矛盾，细胞核内有高低海拔生态型的矛盾。即细胞质和细胞核的雄性育性基因不相适应，细胞核内又加进了一种雄性育性基因，使细胞质、核间的雄性育性更不易适应，容易产生不育株，随回交代数的加多，细胞核内雄性育性基因纯合后，如和细胞质的雄性育性基因仍不适应，它就能育成不育系。

滇一型、滇二型、滇三型、滇七型不育系均是用此法育成的。方法如下：



现就三型交研究的一些结果，总结于下表 1。

表 1 粳、粳、粳、粳三型三交子一代调查

母 本 (F ₁)				父 本		总 株 数	偏 粳 株 数	偏 籼 株 数	花 药 不 裂 株 数	不 育 株 数	结 实 正 常 株 数
母 本		父 本		品 名	亚种						
品 名	亚种 类型	品 名	亚种 类型								
红帽粳	高粳	通海大白谷	高粳	南特粘	低粳	2	0	2	2	2	0
红帽粳	高粳	通海大白谷	高粳	IR 24	低粳	38	0	38	7	6	3
725	高粳	IR 20	低粳	沱沱谷	高粳	7	0	7	4		
725	高粳	IR 20	低粳	老黄寨	高粳	5	0	5	3	1	1
红帽粳	高粳	南特粘	低粳	通海红谷	高粳	4	0	4	0	0	1
峨山大白谷	高粳	科情3号	低粳	红帽粳	高粳	9	9	0	8	8	0
峨山大白谷	高粳	科情3号	低粳	半节芒	高粳	3	3	0	1	0	0
峨山大白谷	高粳	科情号	低粳	大李红子	高粳	5	5	0	3	3	0
元江紫米	高粳	龟治	低粳	红帽粳	高粳	30	30	0	9	9	1
通海红谷	高粳	科情3号	低粳	红帽粳	高粳	1	1	0	1	1	0
科情3号	低粳	通海红谷	高粳	广二矮2号	低粳	48	4	44	22	21	0
科情3号	低粳	峨山大白谷	高粳	IR 20	低粳	10	0	10	3	2	1
初 锦	低粳	通海红谷	高粳	IR 20	低粳	11	0	11	10	0	0
南特粘	低粳	寻甸黑谷	高粳	台中31	低粳	25	25	0	3	4	0
南特粘	低粳	寻甸黑谷	高粳	科情3号	低粳	11	11	0	8	6	1
春 190	低粳	科情3号	低粳	红帽粳	高粳	78	78	0	78	78	0
IR 24	低粳	科情3号	低粳	红帽粳	高粳	2	2	0	0	1	0

注：高一高海拔生态类型 低—低海拔生态类型

通过对表 1 中三型交 F₁ 的分析，可以看出以下几点：

①三型交一代较大群体全不育的组合只有（印度）（春 190×科情 3 号）F₁×红帽粳，春 190 的细胞质里有强的不适应基因，用它作母本作三型交容易得到不育系。

设春 190 细胞质里的雄性育性基因为 Bs，细胞核里的雄性育性基因 AsAs BsBs（暂定为二对）。

$$\begin{aligned} &Bs \cdot AsAsBsBs \times B' \cdot a' a' b' b' \text{（低海拔梗稻）} \\ &\quad \downarrow \\ &\text{（不育）} Bs \cdot Asa' Bsb' \times A \cdot aabb \text{（高海拔梗稻）} \\ &\quad \downarrow \\ &\text{（全不育）} Bs \cdot AsaBsb \cdots \cdots Bs \cdot a' ab' b \end{aligned}$$

②如三型交一代群体中仅有不育株和半育株，这种组合较好。从它的后代中选不育的回交成不育系，选半育的通过自交选育恢复系，这样能同时获得三系。滇三型不育系、恢复系就是如此选育的。

③三型交一代中如果育、半育、不育株均有，那它同时获得三系的可能性更大。

④个别三型交组合子一代没有不育株出现。这种组合三个亲本的内在矛盾不大，没有连续选育的必要，但表 1 中此种组合的子一代群体小，不足以说明此种三型交子一代中不出现不育株。

⑤用三型交的办法也许可以获得粳型的不育系。（高粳红帽缨×高粳通海大白谷） F_1 ×低粳南特粘三交子一代的株数虽少，但不育情况很好，花药瘦小、不开裂、柱头外露，是粳型不育株。可惜当时我们正集中力量选粳型不育系，未继续选育下去。

粳粳稻杂交选育成的不育系，花粉多为染败的，有的花药也能开裂散粉，在不同的温度条件下，不育程度不同。如在某一温度范围孕穗、开花，雄性育性大部分正常，则是质核型温敏不育系，可用两系法制种。

4. 高海拔粳稻与低海拔粳稻杂交选育不育系

低海拔粳稻科情 3 号与高海拔粳稻昭通大白谷、昭通背子谷、曲靖大李子红等品种杂交，子一代结实率低，正、反交的情况都接近。有的组合继续回交，育成了不育系。

5. 高海拔籼稻与低海拔籼稻杂交选育不育系

用峨山大白谷等高海拔籼稻与低海拔籼稻 IR22、IR24 等杂交，无论正、反交，子一代花药都不正常，结实率低。说明有可能通过回交、三交等法育出不育系，见表 2。

表 2 IR22 等峨山大白谷等正、反交子一代结实率调查

组合及亲本名称	结 实 率 %	花 药 裂 否
IR22 × 峨山大白谷	5.6	不
峨山大白谷 × IR22	5.3	不
IR22	89.4	裂
峨山大白谷	92.1	裂
IR22 × 中棵红	6.3	不
中棵红	86.0	裂
IR22 × 昆明红谷	6.8	不
昆明红谷 × IR22	7.1	不
昆明红谷	81.3	裂
IR24 × 峨山大白谷	13.2	不
峨山大白谷 × IR24	13.2	不
IR24	92.0	裂