

具野稻细胞质的胞质型雄性不育系的体细胞克隆变异

I. IR66707A 及 IR69700A 体细胞克隆变异的类型

马镇荣 凌定厚 王昌虎 刘卫

(中国科学院华南植物研究所, 广东 广州 510650)

摘要: 水稻雄性不育系 IR66707A 及 IR69700A 来自国际水稻所 (IRRI), 它们的不育性只能被保持而不能被恢复, 属于胞质型雄性不育。以这两个不育系以及它们与正常品种的杂种 F_1 为供体, 经离体培养, 共获得了 136 个体细胞克隆。在 R_1 代中发现了三个类型的突变或变异, 即可育突变、雄性不育和雌雄性均不育的变异。第一类型的可育突变有两例, 其 R_2 的可育与不可育 (出现分离) 之比为 3:1, 证实为显性单基因突变。第二类型的雄性不育又可分为两种: 第一种是不育性可被恢复的, 与供体不育系完全不同, 其中一部分克隆的不育性不能被保持但因环境的改变而转换为可育, 另一部分克隆的不育性不受环境因素的影响 (不具转换能力), 但其不育性既可恢复又可不完全保持 (即 F_1 的育性尚有分离)。第二种是不育性不能被恢复, 与供体相似。育性不具转换能力的突变可望培育成为核质互作型雄性不育系, 而育性可转换的突变则可望培育成为两系杂交稻中的两用核不育系。

关键词: 体细胞克隆变异; 胞质型雄性不育; 水稻

中图分类号: S511.035.3

文献标识码: A

文章编号: 1005-3395(2002)02-0152-09

Somaclonal Variation of Cytoplasmic Male Sterile Lines with Wild Rice Cytoplasm

I. The Types of Somaclonal Variation from IR66707A & IR69700A

MA Zhen-rong LING Ding-hou WANG Chang-hu LIU Wei

(South China Institute of Botany, the Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510650, China)

Abstract: Male sterile rice varieties IR66707A and IR69700A from IRRI contain cytoplasm of *Oryza perennis* and *O. glumaepatula*, respectively. Their sterility can only be maintained but cannot be restored, so they are cytoplasmic male sterile. Among the total 136 somaclones, three types of mutants were obtained by somatic cell culturing from the two male sterile lines, and their F_1 progenies derived from crossing with normal cultivars. They were fertile mutants (type I), various male sterile mutants (type II), and female sterile mutants (type III). In type I, among 18 clones (R_1) from the donors of hybrid F_1 , two were fertile. The fertility in the R_2 generation was segregated and the ratio of fertility to sterility was 3:1, showing that the

收稿日期: 2001-07-30 接受日期: 2001-12-13

基金项目: 广东省自然科学基金(990771); 广东省科技项目(A2010105)重大专项资助

mutants were controlled by a single dominant gene. In Type II, the sterility of some clones could be restored which were quite different from the donors of male sterile lines. Among these clones, a part of the sterility could not be maintained but could be converted to be fertile as the environment changed, another part was inconvertible, but restorable and incompletely maintainable, although some segregation appeared. Also in type II, the sterility of some clones could not be restored, and were similar to the donors. It is suggested that the convertible mutants could serve as dual-purpose genic male-sterile lines in rice breeding. Type III was completely sterile, both for male and female.

Key words: Somaclonal variation; Cytoplasmic male sterile; Rice

Larkin 和 Scowcrof^[1]把由离体培养所引起的变异称为体细胞克隆变异(Somaclonal variation)。20年来,有关体细胞克隆变异的报道涉及了多种植物的许多性状。由离体培养产生的体细胞克隆变异已成为农作物育种中的一种重要的变异源。以水稻为例,通过这一变异源获得的突变体有涉及抗胡麻叶斑病^[2]和白叶枯病^[3]、耐寒性^[4]及对酸或盐碱性土壤的忍耐性^[5]、植株高矮和株型^[6]、穗粒形态及大小^[7]、生育期^[5]和育性^[8]等方面的,几乎包括了形态、生理及各种重要的农艺性状和经济性状。在通过体细胞克隆变异创造水稻雄性不育新种质(系)方面,本实验室先后获得了雄性不育的突变^[8-10]、雄性不育的回复突变等^[11];李平等^[12]在 D 汕 B 的体细胞克隆中筛选出温敏型水稻雄性不育系 T 汕 S; 戚秀芳等^[13]用离体诱变技术获得水稻雄性不育系 TR370A;美国 Rutger^[14]报道,对水稻品种 Calrose76 作花药培养,获得一个对环境敏感的雄性不育植株。近几年来,我们在不育系的不育类型相互转变方面进行了研究^[15],取得了进展。

国际水稻所(IRRI)经远缘杂交获得的水稻雄性不育系 IR66707A 和 IR69700A,分别具有 *Oryza perennis*^[16]及 *Oryza glumaepatula* 的细胞质^[17],它们的不育性只能被保持而不能被恢复,属于细胞质型雄性不育系。我们对 IR66707A 和 IR69700A(图 1)进行了离体培养,在它们的体细胞克隆中,发现了各种类型的变异和突变。本文报道所发现的各种变异类型。我们将陆续报道这些突变或变异的遗传行为及其育种价值。

1 材料和方法

材料 试验材料为两类:一类为不育系 IR66707A 和 IR69770A(以下分别简称为 7A 和 0A);另一类为 7A 和 0A 与正常栽培品种杂交所产生的 F₁(如 7A/3550 等)。由于 7A 和 0A 与任何品种杂交的 F₁ 都是雄性不育的,故所采用的供体均为雄性不育材料。

外植体 离体培养用幼穗和种子两种外植体,即上述两类不育材料的幼穗(发育时期为第二枝梗分化期^[9]),以及 7A 和 0A 分别与其保持系回交所获得的当代种子。



图 1 供体雄性不育系 IR66707A 及 IR69700A(对照)
Fig. 1 Male sterile lines IR66707A and IR69700A(Control)

离体培养 所使用的培养基、培养方法、表面消毒、无菌操作以及试管苗的移植与管理等按文献[8]。幼穗培养 3-4 周后,把愈伤组织转移到分化和继代培养基上。成熟种子在剥去颖壳离体培养一周后,将盾片从胚乳上分离开来,弃去胚乳,重新接种到新的诱导培养基上,使盾片与胚乳相连的一面(表皮吸收细胞面)与培养基接触,从而使愈伤发育得更好,愈伤的诱导及植株再生频率更高。

克隆的世代 以愈伤组织为单位,来自同一愈伤的所有植株(1-40 株不等)视为同一克隆,通过不同的编号将不同的克隆和同一克隆不同的继代世代区别开来。由离体培养的再生植株当代称为 R_1 代,其种子后代为 R_2 代,如此类推。

克隆的育性鉴别 由于供体是雄性不育的,花粉不为 I-KI 染色,自交不能结实,故克隆(R_1 及其后代)的花粉若可被 I-KI 染色且自交结实的则视为可育,判定为可育变异。

克隆不育性可恢复性及育性转换的鉴别 由于 7A 和 0A 与任何品种杂交的 F_1 都是不育的,所以,凡克隆的测交 F_1 的花粉可被 I-KI 染色且自交结实者,均视为不育性可恢复,判定该克隆的不育性发生了可恢复变异。此外,由于供体终年表现不育,所以凡克隆在一定时期表现不育而在另一时期表现可育者,均判定该克隆在育性转换方面发生了变异。

2 实验结果

通过连续两年的实验,获得了 7A 和 0A 体细胞克隆共 118 个,其中来自 7A 的克隆 83 个 493 株,来自 0A 的克隆 35 个 433 株。此外,由 7A 和 0A 分别与栽培品种杂交而来的 F_1 代幼穗,经离体培养获得了 18 个克隆 85 株。从这些克隆中,发现了多种多样的变异,根据变异的性质,可将它们分为三种类型(表 1,图 2):类型 I 为可育突变,有 2 例,均来自 7A 与正常品种的 F_1 代;类型 II 为各种不同的雄性不育变异(包括育性可转换的、育性不可转换但可恢复的、以及仅在株叶形态和生育期上有些变化的变异),其中,经过测交已发现 4 个克隆(占类型 II 克隆数的 14.8%)的不育性可被恢复;类型 III 为雌性不育变异,有 41 例(占克隆总数的 30.1%),这种变异类型的雄性也是不育的。

表 1 不育系 7A 和 0A 体细胞克隆变异的类型及其分布频率

Table 1 Frequencies of somaclonal variants from sterile 7A and 0A in different types*

供体 Donors**	克隆数 No. of somaclones	类型 I Type I	频率 Frequency (%)	类型 II Type II	频率 Frequency (%)	类型 III Type III	频率 Frequency (%)
7A	83	0	0	21	25.3	29	34.9
0A	35	0	0	6	17.1	12	34.3
(7A/3550) F_1	10	1	10.0				
(7A/210-5) F_1	8	1	12.5				
合计 Total	136	2	1.5	27	19.9	41	30.1

* 类型 I: 可育突变 Type I = Fertile mutants; 类型 II: 各种不同的雄性不育变异 Type II = Various male sterile variants; 类型 III: 雌性不育变异 Type III = Female sterile variants; 各类型下的数字为变异体数。Numeral under each types represents the number of variants. ** 7A=IR66707A; 0A=IR69700A

2.1 类型 I, 可育突变

在全部 R_1 代 136 个克隆中发现了 2 个克隆为育性正常的。这两例可育变异均发生

在第二类试验材料(即7A与正常品种杂交 F_1)的克隆中,分别占它们各自组合的克隆数(R_1 代)的10.0%和12.5%。而来自第一类试验材料(即7A和0A)的118个克隆中,却未曾发现一例这种可育突变。

可育突变的 R_1 代的表现 表2的序号4和6分别为(7A/3550) F_1 和(7A/210-5) F_1 未经离体培养,完全不育。以它们的幼穗为外植体,诱导出愈伤并获得再生植株。 R_1 代分别于2000年早季和晚季种植,其中#46(图2:I)和#86表现为可育。它们的花粉染色率高达81.80%及75.00%;自交可以结实,结实率分别为84.07%和86.20%。而供体组合(序号4和6)及相同组合的其它姐妹克隆(仅列出#45和#47两个)仍然是不育的。以#46和#86的花粉给7A、0A及 R_1 代雄性不育株授粉,都收到杂交种子(数据未显示)。这表明,离体培养使雄性不育组合(7A/3550) F_1 等变为可育。

表2 两例可育突变及其姐妹克隆的育性表现

Table 2 Fertility expression of fertile mutants and their sister clones

序号 No.	株系代号 Line code	材料或组合 Material or combination*	花粉染色率(%) Pollen staining rate	结实率(%)** Seed setting percentage	备注 Note***
1	R_1 #46	(7A/3550) F_1	81.80	84.07	C
2	R_1 #45	(7A/3550) F_1	0	0	C
3	R_1 #47	(7A/3550) F_1	0	0	C
4	Control 1	(7A/3550) F_1	0	0	N
5	R_1 #86	(7A/210-5) F_1	75.00	86.20	C
6	Control 2	(7A/210-5) F_1	0	0	N
7	Control 3	7A	0	0	N

* 7A=IR66707A; ** 自由授粉结实 By free pollination; *** C: 经过离体培养 *in vitro* culture;

N: 未经离体培养 Did not culture *in vitro*

可育突变 R_2 的分离及其遗传分析 两例可育变异中,#46发现于2000年早季,#86则是在晚季发现的,故本文仅能分析前者 R_2 代的育性分离的遗传表现。#46的 R_2 代共种植127株,育性发生了分离(图3)。在127株中,不育株为26株,其余为可育株。按3:1的分离比作 χ^2 测验的结果,P值为0.2-0.3,远大于0.05,表明观察数26与预期数31.8的差异不显著,可育株数与不育株数在 R_2 代的分离比符合孟德尔一对基因所控制的性状遗传规律。这证明克隆#46的育性突变为单一显性基因所控制,并由此可知, R_1 为杂合子(Rr),表现为可育; R_2 代发生分离,在 R_2 代的群体中约3/4的个体具有显性基因(RR,Rr),表现可育;约1/4的个体为隐性纯合(rr),表现不育。

2.2 类型II,各种不同的雄性不育变异

在7A和0A的体细胞克隆中,发现了各种不同的雄性不育变异或突变。这一类又可



图2 IR66707A及IR69700A体细胞克隆中各种类型的变异
Fig. 2 Somaclonal variation types from male sterile lines IR66707A and IR69700A

I. 可育突变 Fertile mutant; II. 可被恢复的雄性不育突变 Male sterile mutants (restorable); III. 雌性不育变异 Female sterile variants

分为两种,一种是不育性不能被恢复的;另一种是可被恢复的(图 2: II),与供体不育系完全不同的。后者的一部分克隆的不育性不能被保持但因环境的改变而转换为可育;另一部分克隆的不育性不受环境因素的影响,但可以被“不完全保持”。以下主要阐述后者的表现。

育性可被恢复的突变 表 3 仅列出一小部分数据,以显示 R_1 代 7A 和 0A 部分克隆在早季和晚季的育性及其测交 F_1 代的恢保特征。可以看出,序号 1、3、4、7 各克隆的测交 F_1 代是可育的,表现为恢复;而其余克隆及两个对照(供体)的测交 F_1 代则是不育的,表现为保持。在实际试验中,采用了 30 多个品种(包括青油粘、广陆矮 4、3550、明恢 63、粳籼 89、博 B、优 IB 及珍汕 B 等栽培品种、广亲和品种、三系的恢复系和保持系)对

表 3 7A 和 0A 部分克隆(R_1)的育性表现及其在测交 F_1 中的恢保特性*

Table 3 Sterility expression of some somaclones (R_1) from 7A and 0A, and restoring or maintaining characters in TF_1 *

序号 No.	克隆号 Somaclone code	早季 Early rice		晚季 Late rice		测交 F_1 中的恢(R)保(M)特征 Restorable (R) or maintainable (M) in TF_1
		花粉染色率 Pollen staining rate (%)	结实率 Seed setting percentage (%)	花粉染色率 Pollen staining rate (%)	结实率 Seed setting percentage (%)	
1	0A15-1	0	3.02±0.81	72.62	52.20±4.90	R
2	0A16-2	0	0.95±0.21	0	1.05±0.99	M
3	DP7A1-1	0	1.64±0.95	65.25	33.38±7.82	R
4	DP 7A2-0	0	2.72±0.69	0	2.67±1.21	R
5	DP 7A8-0	0	1.33±0.71	0	1.09±0.81	M
6	DP 7A8-2	0	0.55±0.78	0	0	M
7	7A32-1	0	0.13±0.17	0	0	R
8	7A(Control 1)	0	0	0	0	M
9	0A(Control 2)	0	0	0	0	M

* (1)7A=IR66707A, 0A=IR69700A; (2) 结实率为自由授粉结实 Data of seed setting percentage were obtained by free pollination; (3) 测交父本为青油粘、广陆矮 4、3550、明恢 63、粳籼 89、博 B、优 IB、珍汕 B 等。Test crossing paternal plants were Qingyouzhan, Guanglu'ai 4, 3550, Minghui 63, Jingxian 89, Bo B, You IB, Zhenshan B and others.

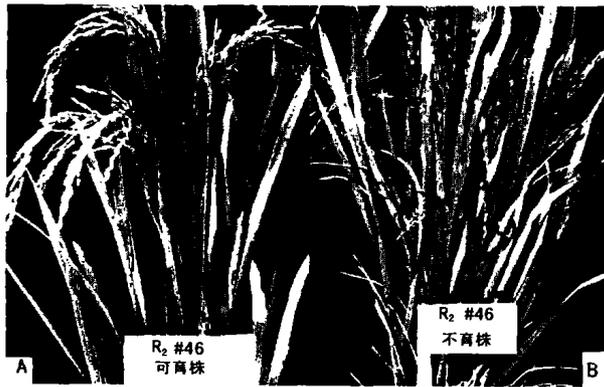


图 3 可育突变 #46 R_2 代的育性分离

Fig. 3 Fertility segregation in R_2 generation from fertile mutant (#46)

A.可育株 Fertile plant; B.不育株 Sterile plant



图 4 雄性不育克隆(R_1)0A15-1(左)及其可育的杂种一代 0A15-1/珍汕 B(右), 表示 0A15-1 的不育性可被恢复

Fig. 4 Somaclone 0A15-1 (left) and its hybrid F_1 0A15-1/ZSB (right), showing that the sterility of the clone can be restored

上述这些克隆进行广泛测交。在 0A 的 R_1 代 5 个克隆中,惟有 0A15-1 的测交 F_1 都表现为恢复,其结实率均在 80%以上,其中 0A15-1/珍汕 B (ZSB) (图 4),结实率高达 91.5%;另外 4 个克隆的测交 F_1 均表现为保持(结实率在 5.0%以下)。在 7A 的 7 个克隆的 F_1 代 33 组合中,有 4 个克隆的 9 组合的育性不能被恢复,其余 3 个克隆(DP7A1-1, DP7A2-0, 7A32-1)的 F_1 代 24 组合均表现为可育,表明这 3 个克隆及上述 0A15-1 的恢保持性已经发生突变,即由供体的不可恢复变为可恢复。

为了解可恢复克隆的不育性的性质,即它们的不育性是否能被另一些品种所保持,专门对具有恢复能力的克隆作了“测保”杂交试验。表 4 显示,部分克隆的不育性不能被保持,如 DP7A1-1 和 0A15-1 分别有 15 和 9 个组合的测交 F_1 ,它们均一致表现可育;其余克隆的不育性既能被一些测交品种所恢复(R),又能被另一些品种所“保持”(M)。而所谓“保持”的组合均表现为“不完全保持”,即它们的测交 F_1 的育性尚有分离。例如 7A2-0(序号 3)共有 11 个 F_1 组合,其中 10 个组合均表现为恢复,但在 7A2-0/G0745 测交 F_1 这个组合中,有 16 株不育,8 株可育。

表 4 可恢复克隆在“测保”杂种 F_1 中的育性表现Table 4 Restoration and maintenance of F_1 testcrossed from restorable somaclones with relevant male parents

序号 No.	克隆代号 Somaclonal code	测交父本 Male parents in testcross*	测交杂种 F_1 的育性表现 Fertility of testcross F_1			测交父本与相应 克隆的恢保关系 R or M ***
			组合或株数合计 Total com. or ind.**	可育组合或株数 No. of fertile com. or ind.	不育组合或株数 No. of sterile com. or ind.	
1	DP7A1-1	广陆矮等	15 (com.)	15	0	恢复(R)
2	7A32-1	青油粘等	5 (com.)	5	0	恢复(R)
	7A32-1	IR64	5 (ind.)	4	1	保持不完全(M)
3	DP7A2-0	G0743 等	10 (com.)	10	0	恢复(R)
	DP7A2-0	G0745	24 (ind.)	8	16	保持不完全(M)
4	0A15-1	珍汕 B 等	9(com.)	9	0	恢复(R)

* 测交父本品种见表 3 注释 Varieties of male parents in testcross are noted in Table 3; ** com. = 组合 combinations; ind. = 株数 individuals; *** R = restorable; M = incompletely maintainable, i.e., having fertility segregation in each combination.

温敏雄性不育突变 由 7A 和 0A 所获得的 118 个克隆在早季(3 月初移栽大田, 5-6 月抽穗)都是不育的。留稻莠至 9 月份,大多数克隆仍然是不育的。然而,部分克隆(如 0A15-1, 0A16-3, DP7A1-1 等)在 10 月底至 11 月初所抽出的穗子却是可育的,不过结实率高低差异较大。以 0A16-3 为例,10 月份以后抽穗的,其结实率最高为 43.2%,最低为 21.4%,平均值为 34.43% (数据未列表)。这表明通过离体培养,7A 和 0A 两个胞质型不育系的某些克隆已变为温敏或光敏核不育类型。

为跟踪研究这种育性转换突变,2000 年早季种植 R_2 代共 168 株系,并进行遮光短日照处理和人工气候箱低温处理等试验(结果将另文报道)。从抽穗期开始,定株定期进行花粉镜检和套袋自交。

表 5 显示,与 R_1 代相似, R_2 代各株系从 5 月底抽穗起到 10 月下旬止一直保持不育,稳定不育期有 145-155 d,比目前生产上应用的两用核不育系培矮 64S 的稳定不育期

表 5 温敏雄性不育突变在 R_2 代的不育性及育性转换
Table 5 Sterility and fertility conversion of thermo-sensitive male sterile mutants in R_2 generation

株系 Plant lines	早季 Early rice			结实率 ** Seed setting percentage (%)	晚季 Late rice					结实率 ** Seed setting percentage (%)
	花粉染色率 Pollen staining rate(%) D/M*				花粉染色率 Pollen staining rate(%) D/M*					
	30/5	11/6	27/6		20/8	29/8	28/9	18/10	3/11	
0A15-1-1	0	0	0	3.19±2.82	0	0	0	0	82.26	49.20±9.90
0A16-3-14	0	0	0	1.43±0.96	0	0	0	0	74.88	44.35±13.94
0A16-4-16	0	0	0	2.90±2.27	0	0	0	0	84.94	50.22±7.63
DP7A1-1-1	0	0	0	1.60±2.47	0	0	0	0	83.52	29.83±7.82
7A3-2-1	0	0	0	0.57±0.48	0	0	0	0	89.08	52.80±12.49
7A8-4-3	0	0	0	0.93±0.48	0	0	0	0	85.62	46.84±9.94

*D/M: Date/Month; ** 结实率为自由授粉结实 Data of seed setting percentage were obtained by free pollination.

(约 115 d) 长 1 个月以上, 这对于将来安排早晚两季制种是有利的。各株系在 11 月初的花粉染色率均在 72.88%–89.08% 之间, 但自交结实率仅有 50% 左右, 最低的仅 29.83% (DP7A1-1-1), 这可能与寒露后才抽穗、立冬后才成熟有关。

育性既不能转换也不能恢复的克隆 在所获得的体细胞克隆中, DP7A8-0, DP7A8-2, 0A16-2 等均属这种类型, R_1 及稻菟终年不结实, 杂交可收到种子, 但 F_1 代全部不育, 与供体不育系相似, 只是叶片稍窄, 叶色稍淡, 抽穗较迟, 故亦称之为“似供体型”。相对于 7A 和 0A 的其它克隆变异而言, 可以说这类克隆没有发生变异。

2.3 类型 III, 雌性不育变异

在 7A 和 0A 克隆中, 分别有 16 个和 5 个克隆属于这种类型。它们不仅雄性不育, 雌性也是不育的。用它们的花粉给不同的不育株授粉, 均不能结实; 用多个品种的花粉分别给它们作人工授粉, 并将它们中正在抽穗的植株移植在盛花期的父本群中, 也都未能收到一粒杂交种子。这一类型的植株, 叶片较宽, 稻穗几乎完全被包裹在剑叶的叶鞘内而不能抽出 (图 2: III)。这种变异在生产上未必有用, 但可以利用它们作为研究材料。

3 讨论

国际水稻研究所 (IRRI) 自 1984 年开始, 通过远缘杂交培育出具 *Oryza perennis*^[16] 和 *Oryza glumaepatula*^[17] 细胞质的 IR69700A 和 IR66707A 后, 由于其不育性不能被恢复而一直未能在生产上被利用。我们通过体细胞克隆变异获得了各种不同类型的变异, 其中三种类型的突变是值得注意的。

首先是可育突变。本实验的结果显示, #46 为显性可育突变, 在 R_2 代有 3/4 的个体表现为可育, 1/4 的个体表现为不育。遗传分析证明克隆 #46 的育性突变为单一显性基因所控制。从育性正常品种通过体细胞克隆变异获得各种类型的不育突变已有大量的报道^[8-11], 但从雄性不育材料中获得可育突变的例子却不多。在本实验的两类供体材料 (不育系 7A 和 0A 本身及其与正常品种杂交的 F_1 代) 的体细胞克隆中, 仅在后者 (F_1 代的克隆) 中发现可育突变, 而且在 18 个克隆中就发现了 2 例; 但从前者 (7A 和 0A) 的 100

多个克隆中却未发现可育突变的发生。因此,这种突变是否与遗传的杂合性有关,值得注意。

此外,鉴于野生稻基本上都能成为野败不育系的强恢复系,而亲缘关系较远的次之;保持系品种与不育系之间也存在着明显的亲缘关系^[18]。这也许能给我们以启示:由于两例可育突变均来源于7A的杂交后代,具有7A的血缘,它们在对7A以至0A体细胞克隆及其衍生系的育性恢复和保持方面是否会有所作为,即它们能否成为一种新的恢复系或保持系资源?也是值得注意的。

其次,育性可恢复突变。就目前观察到的现象看,不育性可被恢复的克隆对“测保”的反应有两种:一种是所有的测交组合(F_1)都表现为可育,另一种是测交组合中某些组合表现为部分保持(育性分离或保持不完全)。换言之,并不是所有的测交品种都只是恢复这类克隆的育性。因为这还只是测交 F_1 的结果,克隆的不育性不能得到完全的保持是自然的。经过不断回交,保持的程度可能将随着核置换程度的增加而提高以至完全保持^[18]。假若达到这一步,就意味着体细胞克隆变异和相应的测交及回交,可能是胞质型雄性不育系变为核质互作型不育系的可行途径。

第三,育性可转换突变。部分克隆的不育性因温度的改变而转换为可育,测交 F_1 表明,所用的品种都不能使这些克隆的不育性得以保持,而是相反(恢复)。已有资料显示,其 F_2 代可育与不育个体的分离比为3:1,(DP7A1-1//DP7A1-1/明恢63)TF₁可育与不育个体的分离比为1:1,表明该突变为隐性单基因突变(将另文报道)。前人的研究早已证实,光温敏雄性不育为核遗传雄性不育^[19]。所以,本文报道的这一突变是胞质型雄性不育变为核型雄性不育的实例。虽然,三系不育系如龙特青甫A、协青早A等的育性也随着温度的改变而有所变化,珍汕97A也有因温度的升高而自交结实的现象,但它们都有特定的保持系,与光/温敏核不育系以及上述克隆突变的特性是有根本区别的。

据统计,目前我国80%以上的水稻光/温敏不育系的不育基因来源于农垦58S^[18]。故此,我们获得了新的温敏雄性不育突变(表5),对于增加这一领域的遗传多样性,为两系法杂交水稻生产直接或间接提供不同的种质,对于进一步开展水稻雄性不育的遗传研究,都有其特殊的意义。

参考文献:

- [1] Larkin P J, Scowcroft W R. Somaclonal variation — a novel source of variability from cell cultures for plant improvement [J]. *Theor Appl Genet*, 1981, 60:197-214.
- [2] 凌定厚. 运用植物毒素离体筛选水稻抗胡麻叶斑病种质的研究 [J]. *遗传学报*, 1986, 13(3):194-200.
- [3] 马镇荣, 陈梅芳, 陈琬瑛, 等. 水稻细胞无性系抗白叶枯病的研究 [A]. 中国科学院华南植物研究所集刊 [C], 第8集, 北京: 科学出版社, 1992, 192-200.
- [4] Bertin P, Boutharmon J, Kinet J M. Somaclonal variation and improvement of chilling tolerance in rice: changes in chilling-induced chlorophyll fluorescence [J]. *Crop Sci*, 1997, 37: 1727-1735.
- [5] Sathish P, Gamborg O L, Nabors M W. Establishment of stable NaCl-resistant rice plant lines from anther culture: distribution pattern of K^+/Na^+ in callus and plant cells [J]. *Theor Appl Genet*, 1997, 95:1203-1209.
- [6] Yamagishi M, Itoh K, Shimamoto K, et al. Characteristics of genetic variation in the progenies of protoplast-derived plants

- of rice, *Oryza sativa* cv. Nipponbare [J]. *Theor Appl Genet*, 1997, 94:1-7.
- [7] Xie Q J, Rush M C, Linscombe S D. Inheritance of homozygous somaclonal variation in rice [J]. *Crop Sci*, 1996, 36:1491-1495.
- [8] Ling D H, Ma Z R, Chen W Y, et al. Male sterile mutant from somatic cell culture of rice [J]. *Theor Appl Genet*, 1987, 75:127-131.
- [9] 凌定厚, 马镇荣, 陈梅芳, 等. 籼稻体细胞无性系雄性不育突变的类型 [J]. *遗传学报*, 1991, 18(2):132-139.
- [10] Ling D H, Ma Z R. Somaclonal male sterile mutants and their expression in rice [A]. In: *Rice Genetics II* [M]. Manila: IRR1, 1991, 295-303.
- [11] Ling D H, Ma Z R. *In vitro* production of male sterile rice plants [A]. In: Bajaj Y P S. *Biotechnology in Agriculture and Forestry*. Vol. 36. *Somaclonal Variation in Crop Improvement II* [C]. Berlin: Springer-verlag, 1996, 20-44.
- [12] 李平, 黄国寿, 胡延玉, 等. 水稻体细胞无性系 T 汕 S 的培育与育性表现 [A]. 陈英. *植物体细胞无性系变异与育种* [C]. 南京: 江苏科学出版社, 1991, 157-160.
- [13] 戚秀芳, 赵成章, 杨长登, 等. 水稻 TRB 型胞质雄性不育系的产生和特征 [J]. *中国水稻科学*, 1997, 11(1):11-15.
- [14] 朱英国. 水稻雄性不育生物学 [M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2000, 369-371.
- [15] 凌定厚, 马镇荣. 由离体培养获胞质型水稻雄性不育系的可恢复变异 [J]. *科学通报*, 2000, 45(13):1400-1404.
- [16] Dalmacio R D, Brar D S, Ishii T, et al. Identification and transfer of a new cytoplasmic male sterility source from *Oryza perennis* into rice (*O. sativa*) [J]. *Euphytica*, 1995, 82: 221-225.
- [17] Dalmacio R D, Brar D S, Virmani S S, et al. Male sterile line in rice (*Oryza sativa*) developed with *O. glumepatula* cytoplasm [J]. *IRRN*, 1996, 21(1): 22-23.
- [18] 朱英国. 水稻雄性不育生物学 [M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2000, 398 - 455.
- [19] 李泽炳. 光敏感核不育水稻育性转换机理与应用研究 [M]. 武汉: 湖北科学技术出版社, 1995, 1-38.