

同核异质粳稻不育系特性比较

汤述翥 孙叶 张宏根 顾燕娟 陆驹飞 田舜 余波 顾铭洪

(扬州大学农学院 教育部植物功能基因组学重点实验室, 江苏扬州 225009)

Comparison on the Characteristics of the Isonuclear Alloplasmic CMS Lines in japonica Rice

TANG Shu-zhu, SUN Ye, ZHANG Hong-gen, GU Yan-juan, LU Ju-fei, TIAN Shun, YU Bo, GU Ming-hong

(The Key Laboratory of Education Ministry for Plant Functional Genomics; Agricultural College, Yangzhou University, Yangzhou 225009, China)

Abstract: The characteristics of two types of isonuclear alloplasmic CMS lines derived from Suqiu, Liuqianxin were studied in male sterile stability, restorable ability, flowering habit and outcrossing rate. Most pollen granules of BT-type and HL-type CMS lines were stained-abortion, and those of WA-type CMS lines were mainly typical-abortion. Selfed seed-setting rate of BT Suqiu A and BT Liuqianxin A were 0.06% and 3.72%, respectively, the sterility of those CMS lines were the most unstable. The pollen abortive degree of CMS lines affected the length of panicle-neck above the sheath of flag leaf, the more serious abortive degree, the shorter the length of panicle-neck above the sheath of flag leaf. Flowering time and flowering duration of BT-type CMS lines were close to its maintainers. Flowering time of HL-type CMS line was later than that of its maintainers, but flowering duration was the same. Flowering time of WA was distinctly laggar and flowering duration was longer, and flowering was not concentrated. The outcrossing rates of BT- and HL-type CMS lines were higher than that of WA-type CMS line. As to the restorable characteristic, BT-type was the best, HL-type the second, and WA-type the worst.

Key words: hybrid rice; japonica rice; isonuclear alloplasmic CMS line; sterility; restorable ability; flowering habit

摘要: 对由粳稻品种苏秋、六千辛转育成的 2 套同核异质不育系的不育性、可恢复性、开花习性及其异交特性进行了鉴定,结果表明:1)BT 型、HL 型不育系花粉以染败为主,WA 型不育系花粉以典败为主;BT 型苏秋 A 和 BT 型六千辛 A 分别有 0.06% 和 3.72% 的自交结实率,不育性最不稳定。2)不育系的花粉败育程度影响穗颈伸出剑叶叶鞘的长度,败育越彻底,穗伸出度越短。3)BT 型不育系的花时、花期与保持系最为接近;HL 型不育系花时稍有滞后,花期相仿;WA 型不育系花时明显滞后,花期明显拉长,开花不集中。4)BT 型、HL 型不育系的异交结实率无显著差异,但明显高于 WA 型不育系。5)BT 型不育系的恢复性最好,HL 型不育系次之,WA 型不育系最难恢复。提出了用 HL 型不育系部分替代 BT 型不育系的设想,以解决目前生产上杂交粳稻 BT 型不育系不育性不够稳定及细胞质单一的问题。

关键词: 杂交水稻; 粳稻; 同核异质雄性不育系; 不育性; 可恢复性; 开花习性

中图分类号: Q943; S334.5; S511.035.1

文献标识码: A

文章编号: 1001-7216(2005)06-0521-06

质核互作雄性不育系是水稻三系法利用杂种优势的亲本材料。不育系细胞质的来源有许多,但生产上广泛应用的仅少数几种,杂交籼稻以野败型为主,红莲型少有应用,杂交粳稻以 BT 型为主。3 种不育胞质的恢保关系不同、花粉败育时期及特征不同、育性遗传方式不同,通常认为是 3 种代表类型^[1,2]。扬州大学水稻研究所将这 3 种不育细胞质导入粳型广亲和品种苏秋和粳稻品种六千辛,转育成 2 套同核异质粳稻不育系。本研究通过对这 2 套同核异质不育系进行系统鉴定,研究了不同细胞质对粳稻不育系的不育性、可恢复性、开花习性及其异交特性的影响,为其在品种间或亚种间杂种优势利用中应用提供参考依据。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

供试材料为扬州大学水稻研究所育成的海南野

生稻天然败育株细胞质(野败型,WA 型)、海南红芒野生稻细胞质(红莲型,HL 型)、印度春籼 Chinsurah Boro II 细胞质(BT 型)的 2 套同核异质粳稻不育系苏秋 A、六千辛 A 及相应的保持系。各不育系均已回交 11 代以上。

用于可恢复性测定的测验种为明恢 63(福建)、413(中国水稻研究所)、6078(四川)、559(江苏)、136(江苏)、1001(广西)等 6 个 WA 型籼稻恢复系,9311(江苏)、特青(广东)等 2 个对 HL 型不育系具有恢复力的籼稻品种,宁恢 3-2(江苏)、C 堡(安徽)、皖恢 9 号(安徽)、湘虎 115(安徽)、C9083(辽宁)、C9022(辽宁)、培 C311(湖南)、轮回 422(湖南)等 8 个 BT 型粳稻恢复系。

收稿日期: 2005-02-04; 修改稿收到日期: 2005-05-10。

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(30471065); 江苏省高新技术研究计划资助项目(BG2004302)。

第一作者简介: 汤述翥(1958—),男,副教授。

1.2 试验方法

1.2.1 同核异质粳稻不育系育性鉴定

抽穗扬花期上午开花前取不育系、保持系主茎或大分蘖穗各100个,每穗选中上部枝梗当日即将开放的颖花2朵,镜检花粉育性,根据对I₂-KI的染色反应,将花粉分为典败、圆败、染败和正常可育4种类型,记录各类花粉数目并折算成百分率。同时,对不育系各套100个以上的自交袋,15 d后调查自交小穗育性。

1.2.2 同核异质粳稻不育系开花习性和异交特性调查

始穗期早晨选不育系、保持系标记刚见穗的主茎或大分蘖各10个,记录见穗日期、始花日期,统计见穗至开花天数;自始花日起,每日下午开花结束后根据颖花内花药的有无或排列状况(整齐或散乱),统计各穗当天开花数目,并剪去已开颖花,直至单穗开花结束,根据调查结果统计单穗开花天数、描绘每日开花量分布曲线,同时统计闭花率。

进入盛花后,选不育系、保持系各10穗,上午开花时每隔15 min记录1次开花的数目,同时剪去已开颖花,直至每日开花结束,连续观察5 d,根据调查结果统计日开花高峰、绘制花时分布曲线。

盛花期,选取3种细胞质的不育系各10株,去除已开花或未见穗的分蘖,每株保留2个以上正待始花的稻穗,将其同时移至盛花的水稻不育系繁殖田和制种田中接受异花授粉,20 d后调查异交结实率。其中苏秋A(8月中旬)移至盛花的BT花糯A繁殖田,六千辛A(8月下旬)移至盛花的葵优18试种田。

扬花结束后,取不育系、保持系各20株,调查与包颈有关的株高和节间配置情况。以上试验均于

2002年在扬州进行。

1.2.3 同核异质粳稻不育系可恢复性鉴定

1998年以同核异质粳型广亲和不育系苏秋A及其保持系为母本分别与粳、籼恢复系杂交,鉴定不同细胞质不育系杂种F₁的结实率,并进行差异显著性测定。

2 结果与分析

2.1 不同质源粳稻不育系的花粉败育特征与套袋自交小穗育性

2套同核异质粳稻不育系花粉镜检结果与套袋自交小穗育性结果列于表1。

从表1看出,BT型苏秋A和BT型六千辛A花粉以染败为主,这与过去的研究结论及育种实践相一致;WA型不育细胞质导入粳稻后,花粉呈100%典败,显得比WA型籼稻不育系败育更彻底;值得注意的是,HL型籼稻不育系花粉以圆败为主,HL型苏秋A和HL型六千辛A的花粉均以染败为主,说明花粉败育不仅与不育细胞质有关,很大程度上还与细胞核的育性基因有关。

BT型苏秋A和BT型六千辛A均出现不同程度的自交结实现象,预示了BT型不育系在生产应用中存在着潜在风险;HL型粳稻不育系的不育性较BT型稳定,WA型粳稻不育系的不育性最稳定。

2.2 不同质源粳稻不育系的株型特征

同核异质不育系及相应的保持系由于核基因型一致,故性状的表现型也基本一致,差异主要表现在与包颈相关的株高性状上。2套同核异质粳稻不育系及保持系株高性状的调查结果列于表2。

由表2可见,同核异质不育系和保持系的穗长基本没有差异,表明不育细胞质不影响穗部的经济

表1 同核异质不育系的花粉类型与套袋自交小穗育性

Table 1. Pollen type and bagged spikelet fertility of isonuclear alloplasmic CMS lines.

不育系/保持系 CMS line/ Maintainer line	花粉类型 Type of pollen				自交结实穗 所占比例 Percentage of panicles with selfed seed	小穗育性 Bagged spikelet fertility	
	典败 Typical abortion	圆败 Spherical abortion	染败 Stained abortion	正常 Normal		变幅 Range	平均 Average
苏秋 B Suqiu B	0.05	0.15	0.00	98.80	—	—	—
BT 苏秋 A BT Suqiu A	0.08	0.28	96.36	3.28	4.90	0.00~3.83	0.06
HL 苏秋 A HL Suqiu A	0.16	0.48	98.60	0.76	1.37	0.00~0.87	0.01
WA 苏秋 A WA Suqiu A	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
六千辛 B Liuqianxin B	0.50	2.50	0.00	97.00	—	—	—
BT 六千辛 A BT Liuqianxin A	0.40	1.70	96.55	1.35	64.29	0.00~11.91	3.72
HL 六千辛 A HL Liuqianxin A	0.65	2.25	96.45	0.65	0.00	0.00	0.00
WA 六千辛 A WA Liuqianxin A	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

%

表 2 同核异质不育系的株高与节间配置

Table 2. Plant height and internode disposition of isonuclear alloplasmic CMS lines.

不育系/保持系 CMS line/ Maintainer line	株高 Plant height /cm	节间长度 ¹⁾ Internode length ¹⁾ /cm					平均节间数 No. of internodes	穗长 Panicle length/cm	穗伸出度 Length of panicle-neck above sheath/cm
		-1	-2	-3	-4	-5			
		苏秋 B Suqiu B	122.9 a	39.9 a	23.8 a	21.4 a			
BT 苏秋 A BT Suqiu A	114.1 b	35.6 b	20.4 b	19.3 b	11.8	4.4	5.60	22.1	3.6 b
HL 苏秋 A HL Suqiu A	106.7 c	33.2 c	19.1 c	17.1 c	10.8	3.9	5.40	22.3	0.9 c
WA 苏秋 A WA Suqiu A	98.6 d	29.7 d	16.5 d	15.9 c	10.7	3.5	5.40	22.2	-3.1 d
六千辛 B Liuqianxin B	105.6 a	37.2 a	20.0 a	13.2 a	8.5 b	3.6 b	5.45 b	22.5	4.2 a
BT 六千辛 A BT Liuqianxin A	96.3 b	32.7 b	17.4 c	11.8 b	8.0 bc	3.3 b	5.85 a	22.4	3.3 b
HL 六千辛 A HL Liuqianxin A	106.6 a	34.1 b	19.0 ab	14.0 a	10.2 a	5.1 a	5.90 a	23.0	2.0 c
WA 六千辛 A WA Liuqianxin A	97.8 b	33.6 b	18.7 b	12.2 b	7.1 c	3.3 b	5.15 c	22.8	1.0 d

同一栏内数据后带相同字母者表示不同细胞质间在 0.05 水平上差异不显著。下同。

¹⁾-1~-5 表示倒 1~倒 5 节间。

Within a column, data followed by the same letters indicated no significant difference among different cytoplasms at the 0.05 level. The same as in tables below.

¹⁾-1 to -5 mean the 1st internode to the 5th internode from the top.

性状。除 WA 型苏秋 A 外，粳稻不育系的包颈也不严重，但不育系的不育程度或花粉败育程度会影响穗伸出度(穗颈节伸出剑叶叶鞘的长度)和植株的高度，同核异质品种间存在显著差异。WA 型不育系败育最彻底，穗伸出度最短，甚至包颈，植株最矮；BT 型不育系花粉败育迟、不育性相对较差，穗伸出度及株高与保持系的差异也最小。

不育细胞质不仅明显抑制倒 1 节间的伸长，还对倒 2、倒 3 节间的伸长有抑制作用，对基部节间没有影响。

不育细胞质对株高性状的作用大小还与不育系的核背景有关，六千辛同核异质材料间的差异明显小于苏秋。HL 型六千辛 A 虽然穗伸出度和倒 1 节间均短于保持系，由于倒 4、倒 5 节间明显长于保持

系，所以株高并无明显差异，是由误差造成还是其他原因，尚需验证。

2.3 不同质源粳稻不育系的开花习性

2 套同核异质不育系及保持系的开花动态见表 3 和图 1、图 2。

2.3.1 同核异质不育系单穗开花动态

BT 型苏秋 A 与保持系均在见穗当日始花，HL 型、WA 型六千辛 A 及 HL 型苏秋 A 也多在见穗当日始花，仅 WA 型苏秋 A 多在见穗后第 3 天始花。BT 型、HL 型不育系全穗花期为 7 d 左右，始花后 2~5 d 为盛花期，与保持系相近。WA 型不育系开花期长、闭颖率高，WA 型六千辛 A 全穗花期 10 d 以上，始花后 4~7 d 为盛花期，WA 型苏秋 A 全穗花期 15 d 以上，由于闭颖率高达 57.4%，没有明显

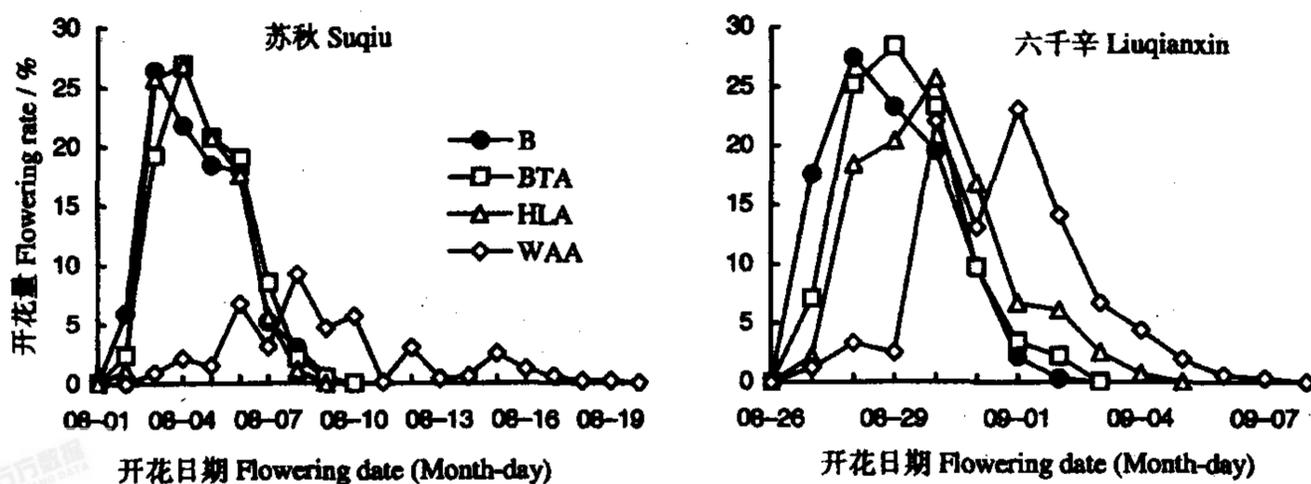


图 1 同核异质不育系单穗开花动态

Fig. 1. Flowering dynamics in a panicle of isonuclear alloplasmic CMS lines.

B, BTA, HLA 和 WAA 分别代表保持系、BT 型不育系、HL 型不育系和 WA 型不育系。下同。

B, BTA, HLA and WAA represent maintainer line, BT-type CMS line, HL-type CMS line and WA-type CMS line, respectively. The same as in figures below.

表 3 同核异质不育系的花期与日开花时间

Table 3. Flowering duration and flowering time of isonuclear alloplasmic CMS lines.

不育系/保持系 CMS line/ Maintainer line	抽穗至开花天数		单穗开花天数		日开花起止时间 Flowering time (O'clock)	日开花小时数 Daily flowering time/h	闭花率 Rate of closed spikelets /%
	Days from heading to flowering/d		Flowering days of each panicle/d				
	变幅	平均	变幅	平均			
	Range	Average	Range	Average			
苏秋 B Suqiu B	0	0.0	6~8	7.0	9:30~13:00	2.75	0.8
BT 苏秋 A BT Suqiu A	0	0.0	6~8	7.2	10:00~13:30	3.25	0.7
HL 苏秋 A HL Suqiu A	0~1	0.2	6~7	6.8	10:30~15:00	4.00	1.4
WA 苏秋 A WA Suqiu A	1~2	1.8	15~17	16.4	11:00~17:00	5.75	57.4
六千辛 B Liuqianxin B	0	0.0	5~7	6.2	10:30~13:30	2.67	0.0
BT 六千辛 A BT Liuqianxin A	0	0.0	6~7	6.6	10:30~13:30	2.50	0.6
HL 六千辛 A HL Liuqianxin A	0~1	0.1	7~9	8.2	10:30~14:00	2.75	0.6
WA 六千辛 A WA Liuqianxin A	0~3	0.3	10~12	11.6	10:30~17:00	5.67	6.7

表 4 同核异质不育系的异交结实率

Table 4. Outcrossing rate of isonuclear alloplasmic CMS lines.

%

品种 Variety	BT 型不育系 BT-type A line		红莲型不育系 HL-type A line		WA 型不育系 WA-type A line	
	变幅	平均	变幅	平均	变幅	平均
	Range	Average	Range	Average	Range	Average
苏秋 Suqiu	1.8~33.1	17.2 a	1.3~34.3	14.3 a	0.0~7.3	3.1 b
六千辛 Liuqianxin	17.0~47.8	32.6 a	20.0~46.3	31.9 a	6.1~17.3	10.9 b

的盛花期,在始花后 5~9 d 相对开花较多。

2.3.2 同核异质不育系日开花动态

苏秋保持系及 BT 型、HL 型、WA 型 3 种细胞质不育系日始花时间依次相差 0.5 h 左右,六千辛保持系及 BT 型、HL 型、WA 型 3 种细胞质不育系日始花时间均在上午 10:30 前后。2 个 BT 型不育系均在 11:00~12:30 进入盛花,11:30 前后达开花高峰,与保持系一致,平均每天开花 3 h 左右。HL 型六千辛 A 虽比保持系迟半小时进入盛花,但开花高峰及平均日开花时间也和保持系一致;HL 型苏

秋 A 比保持系迟 1 h 进入盛花,12:30 前后达开花高峰,平均每天开花约 4 h。2 个 WA 型不育系开花不集中,下午 15:00 前后才出现一个不明显的开花高峰,至 17:00 开花结束,平均日开花近 6 h。

2.4 不同细胞质来源粳稻不育系的异交结实特性

从 2 套同核异质不育系的异交结实率看(表 4),HL 型不育系的异交结实率与 BT 型不育系无显著差异,WA 型不育系的异交结实率显著低于 BT 型和 HL 型不育系。苏秋 A 和六千辛 A 非同期抽穗,两者的异交结实率缺乏可比性。

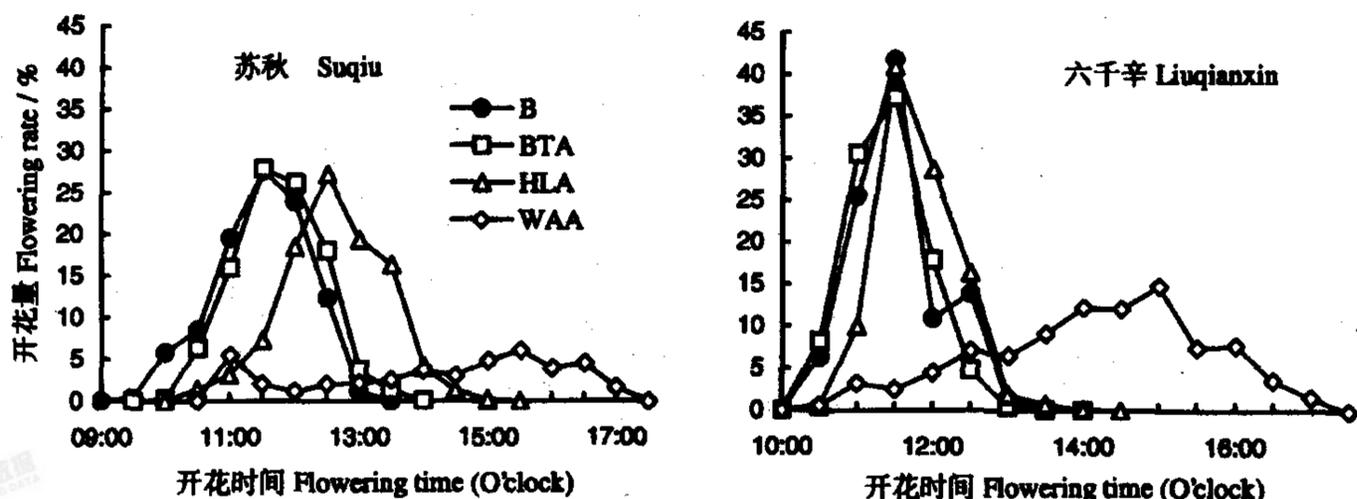


图 2 同核异质不育系日开花动态

Fig. 2. Flowering dynamics in a day of isonuclear alloplasmic CMS lines.

表 5 同核异质广亲和不育系苏秋 A 与粳、梗恢复系杂交 F₁ 结实率

Table 5. Seed-setting rate of F₁ hybrid between Suqiu isonuclear alloplasmic CMS lines and restorer lines in indica or japonica rice. %

粳型恢复系 indica					梗型恢复系 japonica				
restorer line	保持系 Maintainer line	不育系 CMS line			restorer line	保持系 Maintainer line	不育系 CMS line		
		WA	BT	HL			BT	HL	WA
明恢 63 Minghui 63	89.1 a	80.1 b	74.4 b	78.1 b	宁恢 3-2 Ninghui 3-2	78.3 a	77.3 a	44.2 b	0.1 c
413	75.1 a	65.3 b	67.3 b	3.2 c	C 堡 C Bao	73.3 a	64.9 b	23.6 c	0.1 d
6078	85.9 a	80.9 ab	79.4 b	83.8 ab	皖恢 9 号 Wanhui 9	82.5 a	75.3 a	64.7 b	1.5 c
559	80.3 a	46.4 c	61.3 b	24.9 d	湘虎 115 Xianghu 115	71.2 a	66.5 a	63.1 a	11.7 b
136	89.3 a	76.4 b	62.7 c	55.4 c	C9083	67.2 a	64.3 a	44.6 b	0.4 c
9311	65.0 a	65.3 a	57.9 a	0.3 b	C9022	82.2 a	77.5 ab	75.0 b	30.7 c
特青 Teqing	81.2 a	76.6 a	68.2 b	1.0 c	培 C311 Pei C311	82.4 a	81.9 a	80.8 a	31.5 b
1001	82.1 a	73.3 b	53.9 c	23.1 d	轮回 422 Lunhui 422	82.1 a	81.5 a	75.1 a	41.8 b
平均 Average	81.0 a	70.5 b	65.6 c	33.7 d	平均 Average	77.4 a	73.7 b	58.9 c	14.7 d

2.5 不同质源粳稻不育系的可恢复性

用 3 种细胞质的广亲和不育系苏秋 A 分别与粳、梗恢复系配组,鉴定杂种 F₁ 的结实率,并以苏秋 B 测配的相应 F₁ 为对照,进行差异显著性测定(表 5)。从结果可以看出,除明恢 63 和 6078 对 3 种细胞质苏秋 A 的恢复力没有显著差异外,其余 WA 型粳稻恢复系均不能正常恢复 WA 型苏秋 A,并且对 BT 型、HL 型不育系的恢复力明显好于对 WA 型不育系的恢复力;对 HL 型不育系具有恢复力的粳稻品种 9311 和特青对 BT 型苏秋 A 也具有较好的恢复力;BT 型梗稻恢复系均不能恢复 WA 型苏秋 A,但有些 BT 型梗稻恢复系能同时恢复 HL 型苏秋 A,如轮回 422、培 C311、C9022、湘虎 115。总体而言,BT 型不育系的可恢复性明显好于 HL 型,WA 型梗稻不育系最难恢复。

3 讨论

目前已发现的水稻不育细胞质来源约有百种以上,在我国水稻生产上应用的主要有 WA、G(冈型)、ID(印野型)、D、DA(矮败型)、HL、K、BT 和 DT(滇型)等 9 种胞质不育系类型,前 7 种类型用于粳型杂交稻,后 2 种类型用于梗型杂交稻^[3]。我国推广的三系杂交稻以粳稻为主,其中 WA 型不育系以其不育性稳定而得以在生产利用中占主导地位(1998 年 WA 型不育系配制的粳稻组合占杂交水稻总推广面积的 57.8%^[3])。杂交梗稻的推广面积较小(1998 年约 3.56 万 hm² 左右^[3]),以利用 BT 型不育系为主。BT 型梗稻不育系花粉败育时期较晚、不育性不够稳定、常给制种纯度带来较大影响是制约杂交梗稻推广的重要原因之一。BT 型梗稻不育系在生产应用中主要存在两大问题:一是自交结实现象,使杂种 F₁ 中出现大量不育株;二是同质恢现象,导致杂种 F₁ 优势下降。这两种现象在秀岭 A

(辽宁)、六千辛 A(江苏)等不育系中均普遍存在^[4,5]。据笔者调查,1997 年江苏响水六优 3 号制种田 BT 型六千辛 A 不育系中的同质恢复系占 10% 以上。

鉴于以上原因,我国不少水稻育种家试图将粳稻 WA 型不育细胞质转移到梗稻不育系中,以克服 BT 型不育胞质的缺点。遗憾的是虽育成许多 WA 型梗稻不育系,但这类不育系存在两大缺陷,一是开花习性明显变劣,二是很难找到强恢复源。张爱国等^[6]曾用 20 年时间育成了开花习性得到改良的 WA 型梗稻不育系珍 5A,所配组合珍优 83 亦参加了 2001 年安徽省区试,但终因杂种结实率不稳定而未能通过品种审定,其他尚未见有关 WA 型梗稻不育系应用于生产的报道。笔者亦曾用自选的对 WA 型粳稻不育系和 BT 型梗稻不育系均具恢复力的系列广亲和恢复系与珍 5A 配组,未能找到结实性符合应用标准的组合。因此,寻求杂交梗稻育种可利用的其他细胞质源,解决杂交梗稻 BT 型不育系不育性不够稳定和细胞质单一的问题显得很有必要。

杂种优势主要由双亲的核核互作所产生,不育细胞质对杂种的负效应仅表现在与育性相关的性状上^[7,8]。不育系的可恢复性直接影响杂种的结实性和产量,同时不育系的育性稳定性和异交结实性又直接影响不育系的制种和繁殖应用价值,所以对不同不育细胞质的育种利用研究应着重在以上三个方面。关于粳稻同核异质不育系这方面的比较研究已有许多报道^[9~11],而对梗稻同核异质不育系探讨还不多。梅启明、戴捷等先后对 12 种不同细胞质来源的梗选 2 号、梗选 6 号、农垦 58 等 3 套同核异质梗稻不育系的不育特性进行了比较,WA、ID、G、D 型等 9 类不育系花粉败育类型以典败为主,HL 型以圆败为主(本研究结果以染败为主),BT 型和 DT 型以染败为主^[12,13],但未对这些不育系的自交结

实性、可恢复性、开花习性及异交特性作比较,应用前景不明。本研究选择 WA、HL、BT 3 种代表类型的 2 套同核异质粳稻不育系对以上特性进行系统鉴定,对于全面比较这些不育细胞质在粳稻杂种优势利用中的应用价值,具有较好的参考意义和代表性。从本研究的结果来看,WA 型不育细胞质转移到粳稻不育系中,不育系花粉败育更为彻底,不育性更为稳定,但开花习性明显变劣,异交结实率明显降低,可恢复性明显变差,在生产上应用较困难。HL 型不育细胞质转移到粳稻不育系中,对不育系的开花习性和异交结实性没有明显影响,可恢复性虽与 BT 型不育系有差距,但远远好于 WA 型不育系,而不育系的育性稳定性又好于 BT 型不育系。因此,在粳稻杂种优势利用中可以用 HL 型不育系部分替代 BT 型不育系,以解决目前生产上杂交粳稻 BT 型不育系不育性不够稳定及细胞质单一的问题。

参考文献:

- 1 朱英国. 对我国水稻雄性不育系分类的初步探讨. 作物学报, 1980, 6(1): 17-24.
- 2 袁隆平, 陈洪新. 杂交水稻育种栽培学. 长沙: 湖南科学技术出版社, 1988. 50-53.
- 3 曾千春, 周开达, 朱 祯, 等. 中国水稻杂种优势利用现状. 中国水稻科学, 2000, 14(4): 243-246.
- 4 林 生, 杨振玉, 齐德权. BT 秀岭 A 不育系的稳定性分析研究. 杂交水稻, 1987, (3): 9-12.
- 5 王才林, 汤玉庚, 汤述翥, 等. 六优杂交粳稻的混杂原因及其防止途径. 杂交水稻, 1988, (4): 10-12, 34.
- 6 张爱国, 徐乐斌, 金宜祥, 等. 野败型粳三系配套及遗传机理的研究. 安徽农业科学, 2003, 31(1): 17-18, 21.
- 7 王才林, 汤述翥, 汤玉庚. 杂交粳稻同核异质不育系细胞质效应的研究. 中国水稻科学, 1998, 12(2): 65-71.
- 8 汤述翥, 张亚东, 孙红芹, 等. 水稻同核异质广亲和不育系细胞质效应的研究. 作物学报, 2003, 29(2): 202-207.
- 9 严文贵. 几个水稻同核异质不育系的异交习性研究. 杂交水稻, 1987, (4): 8-11.
- 10 王文明, 周开达, 文宏灿, 等. 水稻花时的质核效应分析. 四川农业大学学报, 1995, 13(4): 461-464.
- 11 黄荣华, 杨仁崔, 梁康迳. 龙特浦同核异质不育系的育性比较. 福建农业大学学报, 2000, 29(3): 277-280.
- 12 梅启明. 水稻同核异质雄性不育系的选育研究. 湖北农业科学, 1998, (1): 7-10.
- 13 戴 捷, 梅启明, 刘小川, 等. 水稻农垦 58 同核异质雄性不育系的选育及其不育特性的研究. 湖北农业科学, 2003, (3): 14-16.