

普通小麦 PTS 光温敏雄性不育的遗传分析*

宋亚珍¹, 陈天佑¹, 雷国材¹, 耿东梅², 王 强¹, 路 明¹

(1 西北农林科技大学 农学院, 陕西 杨陵 712100; 2 北京农林科学院, 北京 100089)

[摘要] 以 PTS 和常规品种(系)小偃 6 号、西农 8727、小偃 22、陕 229、陕 7859、周麦 11 等互为父母本进行杂交, 分期播种 F₁ 和 F₂, 田间考察自交结实率和育性分离情况。结果表明: F₁ 正反交组合的结实率不受细胞质影响, 说明 PTS 系的育性遗传为核基因控制。同时, F₂ 代育性变化是一个连续的过程, 以结实率 70% 为界划分可育与不育及半不育时, 出现 3 : 1 的分离比, 因此认为 PTS 系的不育表达是一主效隐性基因和多个微效(修饰)基因共同作用的结果。

[关键词] 普通小麦; 光温敏雄性不育; 遗传分析

[中图分类号] S512.103

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2003)03-0047-04

植物杂种优势的研究与利用已在许多作物取得了举世瞩目的成就, 实际生产中获得了巨大的经济效益。小麦和水稻、玉米、油菜等其他作物一样, 具有明显的杂种优势。因此, 有效地利用其杂种优势, 是提高小麦单位面积产量的有效途径之一。自从 1951 年 Kihara 发现小麦雄性不育现象以来, 杂种优势利用研究已取得了长足进展^[1]。目前国内外已探索出小麦杂优利用的多种途径, 并有部分杂交组合已在生产中试种。其中小麦光温敏雄性不育性的研究与利用是近年来研究的热点之一^[2]。光温敏感型雄性不育材料应用于作物杂种优势利用, 制种简便, 成本较低, 不育性易恢复, 组合选配范围广泛, 我国农业科技人员已培育出了水稻、玉米、高粱等作物的生态雄性不育系, 并有部分两系杂种进入生产应用。对小麦研究较多也较为清楚的有 D² 型细胞质与普通小麦核代换光温敏不育系^[3]、ES 系^[4]、CS 系^[5]等光温敏雄性不育材料。也有专家报道培育并转育成功 K 型细胞质、T 型细胞质光温敏雄性不育系^[6,7]。本试验通过对普通小麦光温敏雄性不育材料 PTS 遗传特点的分析, 为加快研究与利用这类新的雄性不育小麦提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试材料 PTS 为西北农林科技大学农学院作物育种教研组在 83(1)-44/3/Chum 18/Bau//Seri

组合的高代材料中所发现的株系, 扬花后期植株穗部颖壳开张, 数日不闭合, 花药较小, 花粉量少或无, 呈现出雄性不育特点。套袋隔离, 不同株穗自交结实率多在 20% ~ 80%, 分蘖穗结实率明显低于主穗, 初步推断其属于生态型光温敏雄性不育材料, 其不育性与低温短日有关。

所用常规品种(系)有小偃 6 号、西农 8727、小偃 22、陕 229、陕 7859、周麦 11 等。

1.2 试验方法

1999 年和 2000 年春分别选非正季播种 PTS 半不育株去雄作母本, 常规品种(系)小偃 6 号、西农 8727 等为父本进行正交。同时取 PTS 半不育株的可育穗对常规品种去雄穗授粉进行反交。正反交 F₁ 代分别于 2000-10-04(I)、11-04(II)和 12-04(III)播种, 正交 F₂ 代分别于 2000-10-04(I)、10-29(II)和 11-23(III)播种, 每期同时播种所对应的父本和母本, 大田常规管理。开花前每期每组合套袋 20 株, 每株 1 穗, 于 2001 年小麦成熟期考察 F₁ 和 F₂ 套袋穗自交结实率, 用国内法与国际法分别计算。

国内法:

$$\text{自交结实率}/\% = \frac{\text{小穗基部小花结实数}}{\text{小穗基部小花总数}} \times 100\%$$

国际法:

$$\text{自交结实率}/\% = \frac{\text{小穗结实总数}}{\text{小穗基部小花总数}} \times 100\%$$

成熟期调查 F₁ 育性恢复度及 F₂ 育性分离情况。规定以自交结实率(国内法)大于 70% 为可育,

* [收稿日期] 2002-11-27

[作者简介] 宋亚珍(1972-), 女, 陕西长安人, 在读博士, 主要从事小麦遗传育种研究。

小于 5% 为不育, 5% ~ 70% 为半不育。

2 结果与分析

2.1 PTS 正反交 F_1 育性表现及 PTS 系不育性遗传特性

由表 1 可知, 除个别组合外, 大多数组合同一播期正交与反交自交结实率按国内法、国际法统计比较差异均不明显。表明 F_1 的结实率不受细胞质影响, 由此推断 PTS 系的育性遗传为核基因控制。正

交组合 F_1 育性不同播期的自交结实率以国内法计算时差异也不显著, 可以认为 F_1 不论何期播种育性基本正常。

从表 1 可以看出, F_1 的育性在组合内不同播期间以国内法计算的自交结实率基本稳定, 而国际法计算的自交结实率随播期有上升趋势, 可能是第 II、III 期播种的 F_1 因低温干旱出苗差, 后期单株间距离较大, 通风透光良好, 满足小穗中部第 3~4 朵小花发育条件, 而形成中间小花结实较多现象。

表 1 2001 年正反交 F_1 自交结实率

Table 1 Selfed seed fertility of F_1

播期 Sowing date	正交			反交		
	F_1 (/)	自交结实率/% Selfed seed fertility ratio		F_1 (/)	自交结实率/% Selfed seed fertility ratio	
		国内 China	国际 Inter- national		国内 China	国际 Inter- national
I	PTS/陕 7859 Shaan 7859	89.4 a	131.6 a	陕 7859 Shaan 7859/PTS	87.4 a	131.1 a
	PTS/西农 8727 Xinong 8727	93.1 a	161.3 a	西农 8727 Xinong 8727/PTS	84.3 a	120.4 b
	PTS/小偃 22 Xiaoyan 22	83.6 a	148.7 a	小偃 22 Xiaoyan 22/PTS	90.5 a	141.9 a
	PTS/周麦 11 Zhoumai 11	80.5 a	121.0 a	周麦 11 Zhoumai 11/PTS	81.3 a	134.8 a
	PTS/小偃 6 Xiaoyan 6	80.4 a	124.3 a	小偃 6 Xiaoyan 6/PTS	85.3 a	132.6 a
	PTS/绵阳 19M ianyang 19	85.9 a	120.6 a	绵阳 19M ianyang 19/PTS	91.3 a	123.2 a
	PTS/陕 229 Shaan 229	77.6 a	117.1 a	陕 229 Shaan 229/PTS	73.9 a	123.9 a
	PTS/928	47.2 a	72.4 a	928/PTS	67.9 b	102.9 b
II	PTS/西农 1376 Xinong 1376	89.2 a	132.6 a	西农 1376 Xinong 1376/PTS	81.4 a	122.2 a
	PTS/陕 229 Shaan 229	81.8 a	135.4 a	陕 229 Shaan 229/PTS	84.4 a	133.8 a
	PTS/西农 8727 Xinong 8727	93.9 a	151.7 a	西农 8727 Xinong 8727/PTS	87.3 a	137.2 a
	PTS/周麦 11 Zhoumai 11	69.7 a	103.6 a	周麦 11 Zhoumai 11/PTS	72.1 a	124.1 b
	PTS/陕 7859 Shaan 7859	87.7 a	131.4 a	陕 7859 Shaan 7859/PTS	88.9 a	152.1 b
III	PTS/西农 1376 Xinong 1376	94.3 a	153.9 a	西农 1376 Xinong 1376/PTS	85.1 a	138.3 a
	PTS/陕 7859 Shaan 7859	87.4 a	151.4 a	陕 7859 Shaan 7859/PTS	83.7 a	135.0 a
	PTS/陕 229 Shaan 229	91.7 a	138.4 a	陕 229 Shaan 229/PTS	87.0 a	124.2 a
	PTS/陕旱 8675 Shaanhan 8675	79.0 a	127.9 a	陕旱 8675 Shaanhan 8675/PTS	88.5 a	139.3 a
	PTS/周麦 11 Zhoumai 11	88.1 a	151.3 a	周麦 11 Zhoumai 11/PTS	84.3 a	131.7 a
	PTS/928	81.3 a	141.2 a	928/PTS	80.5 a	127.1 a

注: 标不同字母表示在 0.05 水平差异显著。

Note: The different letters mean significant difference at 0.05 level

2.2 PTS 系 F_2 代育性分离及育性遗传分析

田间调查 5 个组合 F_2 代育性分离, 统计其频率分布, 用国内法计算自交结实率并将其划分为 5 个区间: 0% ~ 5%, 5.1% ~ 20%, 20.1% ~ 50%, 50.1% ~ 70%, 70.1% ~ 100%。统计结果见表 2。

将自交结实率在 0% ~ 70% 各单株归为一类, 认为是雄性不育(包含半不育), 自交结实率大于 70.1% 为可育类, 对不同组合不同播期自交结实率共 15 个统计值进行可育/不育为 3:1 的适合性测验。从表 2 可以看出, 仅第 III 期中的 PTS/小偃 22, PTS/核生 2, PTS × 贵农 22 组合(由于出苗差, 调查群体少)以及第 I 期中的 PTS × 1376 组合卡方值 $\chi^2_{0.05, 1}$ 大于 3.84, 自交结实率不符合 3:1 分离假设,

其他各组合各播期均符合 3:1 假设; 对这 5 个组合进行同一组合各播期的平均自交结实率 3:1 适合性卡方测验, 结果表明, 只有 PTS × 1376 组合平均值偏离 3:1 假设, 其余各组合均符合 3:1 的假设; 把同一播期所有组合按 0% ~ 70% 和 70.1% ~ 100% 的育性区间划分自交结实率为两大部分, 进行 3:1 适合性测验, 同样得到各播期所有组合的育性表达也接受 3:1 假设的结果。对所有组合所有播期平均自交结实率仍按 0% ~ 70%, 70.1% ~ 100% 划分, 进行 3:1 卡方测验, 结果亦接受 3:1 假设。以上分析表明, PTS 的不育性是由 1 对隐性基因控制的, 而且育性基因不因播期不同而改变其作用性质。

表 2 F₂ 代自交结实率分布和卡方测验
Table 2 Selfed seed fertility of F₂ and χ^2 test

组合 Cross	播期 Sowing date	株数 Seeding number	频率分布/% Sequence ratio					卡方值 χ^2
			0~ 5	5. 1~ 20	20. 1~ 50	50. 1~ 70	70. 1~ 100	
PTS/小偃 22 PTS/Xiaoyan 22	I	82	7. 1	2. 7	7. 1	9. 9	73. 1	0. 06
	II	75	13. 3	8. 0	6. 7	5. 3	66. 7	2. 33
	III	109	0. 9	6. 4	2. 8	2. 7	87. 2	8. 01 ^Δ
	平均 A verage	88. 9	7. 1	5. 7	5. 5	6. 0	75. 7	0. 001
PTS/核生 2 PTS/Hesheng 2	I	113	4. 4	2. 7	4. 4	9. 7	78. 8	0. 68
	II	22	9. 1	7. 2	5. 7	5. 3	72. 7	0. 000 01
	III	115	0. 0	6. 4	2. 5	0. 7	90. 4	13. 74 ^Δ
	平均 A verage	83. 3	4. 5	5. 4	4. 2	5. 2	80. 6	1. 13
PTS/贵农 22 PTS/Guiong 22	I	77	5. 2	3. 9	6. 5	9. 1	75. 3	0. 01
	II	57	8. 5	5. 4	2. 9	3. 0	80. 2	0. 57
	III	127	0. 8	3. 1	2. 8	1. 2	92. 1	18. 90 ^Δ
	平均 A verage	87	4. 8	4. 1	4. 1	4. 4	82. 5	2. 25
PTS/西农 1376 PTS/Xinong 1376	I	69	7. 7	19. 2	12. 5	8. 4	52. 2	17. 93 ^Δ
	II	34	14. 7	14. 5	5. 7	3. 3	61. 8	2. 49
	III	103	5. 8	10. 4	6. 1	3. 9	73. 8	0. 03
	平均 A verage	68. 7	9. 4	14. 7	8. 1	5. 2	62. 6	4. 99 ^Δ
PTS/西农 88(1) PTS/Xinong 88(1)	I	106	6. 9	9. 4	7. 2	2. 3	74. 2	0. 01
	II	34	6. 9	10. 3	8. 7	5. 1	69. 0	0. 37
	III	119	7. 6	14. 2	6. 8	3. 4	68. 1	2. 73
	平均 A verage	86. 3	7. 1	11. 3	7. 6	3. 6	70. 4	0. 74
各组合同期平均 Each date average of 5 crosses	I		6. 3	7. 6	7. 5	7. 9	70. 7	0. 65
	II		10. 5	9. 08	5. 94	4. 4	70. 08	0. 34
	III		3. 02	8. 1	4. 2	2. 38	82. 32	2. 88
总平均 Total average			6. 6	8. 3	5. 9	4. 9	74. 4	0. 00002

注: Δ 为卡方测验大于 $\chi^2_{0.05, 1} = 3.84$

Note: Δ is the number over $\chi^2_{0.05, 1} = 3.84$

3 讨 论

本研究结果表明, 各组合不同播期内 F₂ 代育性表现为连续变化, 当人为地以育性 70% 为界划分可育与不育时, 出现 3 : 1 的分离比, 可以认为 PTS 系的不育性是由 1 对主效基因加上多个微效(修饰)基因控制表达的。各组合内不同播期育性分离的频率分布主要在 0% ~ 70% 区段内发生改变, 70. 1% ~ 100% 分布频率在每一组合每一播期基本达到 3/4 的比例。而育性在 0% ~ 70% 变化, 是由不同的育性敏感微效(修饰)基因在对外界条件的不同反应基础上变化, 当温度光照条件达到一定的程度或某一范围, 所有的不育突变微效(修饰)基因均表达其不育性时, 频率分布在 0% ~ 70% 自交结实率区间将完全达到 1/4 的比例。这可能因为外因难以同时满足

多个微效(修饰)不育基因表达所需的环境条件, 在后代的不同播期才出现了育性连续分布, 即在每一特定阶段, 总有部分微效不育突变基因表达或不表达, 表现为自交结实率在低于 70% 的范围内频率分布连续变化, 而自交结实率在大于 70% 的范围内比例占总体的 3/4 左右。因此, 可以认为 PTS 系不育性属 1 对主效基因加上多个微效(修饰)核不育基因控制, 其总体水平可育与不育分离比符合 3 : 1 规律。

由于 PTS 目前只表现半不育性, 对光温条件反应的最敏感时期暂时还未找到, 因此该材料有待于更深入的研究。同时, 本试验在该材料 F₂ 代育性调查中发现, 不育或半不育株大多为矮秆植株, 高秆的植株极少, 不育性与矮秆是由于“一因多效”还是两个基因紧密连锁, 有待进一步研究。

[参考文献]

- [1] 张爱民, 黄铁城 小麦杂种优势利用途径与研究进展[J]. 作物杂志, 1997, (5): 16- 20
- [2] 赵昌平, 王 新 杂种小麦研究现状与光温敏二系法[J]. 北京农业科学, 1999, 17(2): 3- 5
- [3] 王 艳, 张爱民 小麦D²型细胞质光敏雄性不育的研究进展[J]. Chinese Agriculture Science Bulletin, 1998, 14(4): 16- 18
- [4] 周美兰, 唐启源, 程尧楚, 等 光温敏核不育ES-10 雄性败育机制的研究[J]. 湖南农业大学学报, 1997, 23(2): 117- 122
- [5] 余国东, 何立人, 谭昌华, 等 温敏雄性不育小麦C49S 育性转换与温度的关系[J]. 西南农业大学学报, 1996, 18(4): 328- 332
- [6] 傅大雄, 阮仁武 KM 型核质互作光、温敏雄性不育的发现与两系法杂交小麦的拓建[J]. 西南农业学报, 1998, 6(1): 117- 118
- [7] 胡昌川, 蒲传永, 李海龙, 等 T 型小麦两用系的研究[A]. 第一届国际杂交小麦会议文集[C]. 北京: 中国农业大学出版社, 1998

Genetic analysis of photo-themo partially sensitive male sterile lines of PTS wheat

SONG Ya-zhen¹, CHEN Tan-you¹, LEI Guo-cai¹, GENG Dong-mei², WANG Qiang¹, LUM ing¹

(1 College of Agronomy, Northwest Science and Technology University of Agriculture and Forestry, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2 Beijing Science Institute of Agriculture and Forestry, Beijing 100089, China)

Abstract: Photo-themo partially sensitive male sterile wheat line PTS was reciprocally crossed with 13 wheat varieties, selfed seed fertility (%) of F₁ hybrids and segregation ratio of the fertile and sterile plants in F₂ generation of 5 crosses were observed. The result showed that fertility of F₁ generation is not affected by maternal parents. F₂ generation gave sterile, part-sterile and fertile plants and the fertility change was successive. It seemed that sterility was controlled by nucleus alleles. If fertility of 70% was taken as the demarcation line between sterile and fertile plants, the ratio of fertile to sterile would be 3:1. So it could be indicated that the male sterility might be controlled by a number of microeffective modification genes, and their functions was similar to a major gene.

Key words: wheat; photo-themo sensitive; genetic analysis