

# 烤烟胞质雄性不育杂种经济性状的杂种优势表现

胡日生<sup>1a,2</sup>, 高春洋<sup>2</sup>, 郭清泉<sup>1a\*</sup>, 赵松义<sup>2</sup>, 朱列书<sup>1a,1b</sup>, 詹菽国<sup>1b</sup>

(1. 湖南农业大学, a. 农学院; b. 烟草工程与技术研究中心, 长沙 410128; 2. 中国烟草中南农业试验站, 长沙 410007)

**摘要:** 以自育的 3 个烤烟(*Nicotiana tabacum* L.)胞质雄性不育系和 4 个国内推广烤烟品种为材料, 配成 12 个杂种, 研究烤烟 6 个经济性状(产量、产值、均价、上等烟比例、上中等烟比例和级指)的杂种优势表现。结果表明: (1) 经济性状的离中优势相当普遍, 100%组合的产值和产量存在显著的正向离中优势, 其它经济性状有 12.50%–83.33%组合的离中优势达显著或极显著水平; (2) 有较多组合的产量和上等烟比例存在超高亲优势, 其中分别有 75.00%和 66.67%组合的超高亲优势达到显著或极显著水平, 其它经济性状也有 8.33%–50.00%组合的超高亲优势达到显著或极显著水平; (3) MsYZ203-6 × 红花大金元组合在 6 个经济性状上均表现极显著的超亲优势, MsYZ206-9 × 云烟 87 组合在除均价外的 5 个经济性状上表现极显著的超亲优势。

**关键词:** 烤烟; 胞质不育杂种; 离中优势; 超高亲优势

中图分类号: S572.035.1

文献标识码: A

文章编号: 1005-3395(2007)06-0501-05

## Heterosis for Economic Traits in Flue-cured Tobacco Ms-hybrids

HU Ri-sheng<sup>1a,2</sup>, GAO Chun-yang<sup>2</sup>, GUO Qing-quan<sup>1a\*</sup>,

ZHAO Song-yi<sup>2</sup>, ZHU Lie-shu<sup>1a,1b</sup>, ZHAN You-guo<sup>1b</sup>

(1a. College of Agronomy; 1b. Tobacco Research Center of Engineering and Technology, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China; 2. Central South Agricultural Experiment Station, China National Tobacco Company, Changsha 410007, China)

**Abstract:** Twelve hybrid crosses among 3 cytoplasmic male sterile lines and 4 varieties of flue-cured tobacco popular in China were used to determine the heterosis in the following economic characters: yield, production value, average price, high class tobacco ratio, high and middle class tobacco ratio and tobacco class index. Results were as follows: (1) Heterosis from mid-parent was found in most crosses, and the yield and production value in 100.00% crosses were significantly different at 0.05 or 0.01 levels, so were the other economic characters in 12.50%–83.33% crosses; (2) Heterosis over higher-parent for yield and high class tobacco ratio was found in most crosses, and the heterosis of yield was in 75.00% and high class tobacco ratio in 66.67% crosses were significant at 0.05 or 0.01 levels, respectively. The others economic characters were in 8.33%–50.00% of crosses with significance at 0.05 or 0.01 levels respectively. (3) The cross of MsYZ203-6 × Honghuadajinyuan showed significant heterosis over higher-parent in all economic characters expressed above, and cross of MsYZ206-9 × Yunyan87 showed significant heterosis over higher-parent in all economic characters above except average price.

**Key words:** Flue-cured tobacco Ms-hybrid; Heterosis from mid-parent; Heterosis over higher-parent

杂种优势在生物界普遍存在, 是杂合体在一种或多种性状上优于两个亲本的现象。随着雄性不育

系的发现, 杂种优势的利用已作为提高作物产量和品质的一个重要途径, 在水稻 (*Oryza sativa* L.)<sup>[1-2]</sup>、玉

收稿日期: 2007-03-05 接受日期: 2007-07-02

基金项目: 国家烟草专卖局烟草育种重大项目 (200201008); 湖南省烟草专卖局烤烟育种专项 (2003-01) 资助

\* 通讯作者 Corresponding author

米(*Zea mays* L.)<sup>[3-4]</sup>、小麦(*Triticum aestivum* L.)<sup>[5]</sup>、油菜(*Brassica napus* L.)<sup>[6]</sup>、棉花(*Gossypium hirsutum* L.)<sup>[7]</sup>等作物上已得到广泛应用。烤烟(*Nicotiana tabacum* L.)是一种重要的经济作物,早期杂种优势利用主要是采用去雄的方法进行杂交制种,由于去雄费时、费力、成本高,烟草杂种优势在生产中长期没有得到充分应用。随着烟草胞质雄性不育系的发现,烟草杂种优势利用才重新得到关注,特别是近年来,随着育种技术的发展和品种知识产权保护意识的增强,烟草杂种优势利用引起了重点关注,世界主要产烟国正在不断加大烟草雄性不育系杂交育种的研究与应用,并取得了较大成功。在 1996-1997 年,美国、巴西推荐使用的烟草品种有 2/3 为杂种,到 2002 年,美国杂交种种植面积已达 70%以上,其中杂种 NC71 已基本取代 K326<sup>[8]</sup>。

中国杂种优势利用起步较早,但发展比较缓慢。早在 20 世纪 70 年代,中国农业科学研究院烟草研究所从美国引进白肋烟杂种(Ms Burley21 × Kyl0) F<sub>1</sub>,并转育成功烤烟雄性不育系 Ms G-28。随后,又利用 Ms G-28 成功转育一系列烤烟雄性不育材料,并配制了大量的杂交组合。但是,烤烟杂种在生产上的利用效果并不理想。迄今为止,全国尚没有一个综合性状突出的烤烟杂种能取代 K326 和 NC89,而成为生产上广泛应用的当家品种<sup>[9]</sup>。因此加强烤烟杂种优势利用研究十分必要。

中国烟草中南农业试验站利用 Ms-G28,以抗黑胫病高代材料 YZ206-9、优质高代材料 YZ203-6 和抗普通花叶病高代材料 MsYZ216-1 为轮回亲本,经过 8 个世代的回交,转育成功遗传稳定的烤烟胞质雄性不育材料 MsYZ206-9、MsYZ203-6 和 MsYZ216-1。本文以这 3 个烤烟胞质雄性不育系材料为基础配组杂交种,通过测定烤烟杂种产量、产值、均价、上等烟比例、上中等烟比例和级指 6 个经济性状的杂种优势表现,为烤烟胞质不育杂种的杂种优势利用提供依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 试验设计

2004 年选用中国烟草中南农业试验站选育的 3 个烤烟(*Nicotiana tabacum* L.)胞质雄性不育系材料(MsYZ206-9、MsYZ203-6 和 MsYZ216-1)与 4 个烤烟推广品种(分别为引自云南的红花大金元和云

烟 87;以及引自美国的 G-80 和 G-28)为供试材料,按 NC II 设计配制 12 个杂种 F<sub>1</sub>。在中国烟草中南农业试验站永州基地种植 F<sub>1</sub>及其亲本,每一材料种植 3 行,每行 20 株,株行距 50 cm × 120 cm,3 次重复,随机区组排列。试验田肥力中等,速效 N、P、K 分别为 132.4 mg kg<sup>-1</sup>、9.1 mg kg<sup>-1</sup>、127.0 mg kg<sup>-1</sup>。2004 年 12 月 10 日播种,漂浮育苗,2005 年 3 月 12 日移栽,烟叶成熟采收,三段式烘烤工艺烘烤。

### 1.2 性状测定

按 GB2635-1992《烤烟》42 个等级质量标准<sup>[10]</sup>对初烤原烟进行分级,统计各小区产量、上等烟比例和上中等烟比例,按 2005 年国家颁布的烤烟价格统计产值、均价、级指。

### 1.3 统计分析

按文献[11-13]方法进行烤烟杂种经济性状离中优势: $\hat{H}_m = \bar{F}_1 - \frac{1}{2}(\bar{P}_1 + \bar{P}_2)$ 和超高亲优势: $\hat{H}_h = \bar{F}_1 - \bar{P}_1$ 的统计分析,并进行显著性检测: $H_0: H_m = 0$  (离中优势不显著), $H_0: H_h \leq 0$  (超高亲优势不显著)。

## 2 结果和分析

### 2.1 烤烟亲本和杂种经济性状的综合表现

3 个不育系母本、4 个父本以及 12 个杂种在 6 个经济性状上的平均值、极差和差异显著性见表 1。结果表明:母本间、父本间和杂种间均存在 0.01 水平的极显著差异,说明试验材料和杂种的遗传差异是显著存在的;在产量、产值、上等烟比例、上中等烟比例和级指 5 个经济性状上,12 个杂种的平均值均高于母本和父本。仅均价上,杂种的平均值与母本相当,略高于父本。

### 2.2 各经济性状的离中优势及其显著性

各经济性状的离中优势分析及其显著性检测结果(表 2)表明:100%组合的产值和产量的正向离中优势达到 0.05 或 0.01 的显著差异水平。其它 4 个经济性状表现为正向和负向离中优势并存的现象。有 83.3%组合的上等烟比例正向离中优势达到 0.05 或 0.01 的显著差异水平,其余 16.7%组合的负向离中优势也达到 0.05 或 0.01 的显著差异水平;有 50.0%组合的级指正向离中优势达到 0.05 或 0.01 的显著差异水平,另有 8.3%组合的负向离中优

表 1 亲本、杂种经济性状的统计分析

Table 1 Statistical analysis of economic traits in flue-cured tobacco parents and F<sub>1</sub> hybrids

性状 Traits	母本 (不育系) Female parent (sterile line)			父本 Male parent			杂种 Hybrids		
	平均数 Mean	范围 Rang	F值 F value	平均数 Mean	范围 Rang	F值 F value	平均数 Mean	范围 Rang	F值 F value
产量 Yield (kg hm <sup>-2</sup> )	2157.3	2069.80-2216.10	33.40**	2196.2	1969.70-2475.50	181.90**	2432.9	2201.20-2843.50	198.90**
产值 Production value (Yuan hm <sup>-2</sup> )	19164.5	18319.4-20784.7	66.0**	18649.3	13293.4-24135.7	1092.6**	21813.8	19402.8-26199.4	148.3**
均价 Average price (Yuan hm <sup>-2</sup> )	8.9	8.3-9.5	38.5**	8.4	6.7-9.8	426.4**	8.9	8.5-10.1	13.1**
上等烟比例 High class tobacco ratio (%)	17.4	9.1-25.4	6521.2**	14.5	5.8-25.5	2172.0**	23.8	13.7-34.7	2516.0**
上中等烟比例 High and middle class tobacco ratio (%)	85.2	80.7-89.4	1303.6**	79.4	65.4-88.3	31.9**	86.4	80.8-94.7	322.8**
级指 Class index	0.52	0.48-0.55	50.0**	0.49	0.39-0.57	181.9**	0.53	0.49-0.62	78.1**

\* 和 \*\* 分别表示在 0.05 和 0.01 水平上有显著差异, 下表同。\* and \*\* indicate significant difference at the 0.05 and 0.01 levels, respectively.

The same for following tables.

表 2 经济性状的离中优势及其显著性

Table 2 Heterosis from mid-parent value and its statistical significance for different economic traits in flue-cured tobacco hybrids

组合 Combination	均价 Average price (Yuan kg <sup>-1</sup> )	产值 Production value (Yuan hm <sup>-2</sup> )	产量 Yield (kg hm <sup>-2</sup> )	上等烟比例 High class tobacco ratio (%)	上中等烟比例 High and middle class tobacco ratio (%)	级指 Class index
1×4	0.47*	4054.98**	375.47**	2.84**	11.14**	0.073**
1×5	0.46*	3757.18**	268.47**	9.29**	5.82**	0.056**
1×6	0.04	1142.96**	120.38**	-2.40**	4.66**	0.013
1×7	-0.28	1551.09**	247.92**	-2.02**	0.63	0.003
2×4	1.50**	6145.49**	343.88**	11.81**	12.13**	0.10**
2×5	0.22	1405.40**	107.37**	14.37**	0.43	0.023**
2×6	0.33	3198.80**	278.75**	14.23**	0.40	0.030**
2×7	0.41	6303.89**	611.61**	19.86**	0.75	0.030**
3×4	0.76**	2922.43**	166.90**	7.84**	8.51**	0.053**
3×5	0.27	1528.15**	104.94**	12.13**	3.86**	0.010
3×6	-0.26	1842.58**	278.49**	5.07**	-1.44	-0.017*
3×7	-0.19	1030.54**	169.25**	0.98**	2.64	-0.010
均值 Mean	0.31	2906.96	256.12	7.83	4.13	0.03
范围 Range	-0.28-1.50	1030.54-6303.89	104.94-611.61	-2.40-19.86	-1.44-12.13	-0.017-0.10
显著正向离中 优势组合数	4	12	12	10	6	7
显著负向离中 优势组合数	0	0	0	2	0	1

势达到 0.05 或 0.01 的极显著差异水平; 分别有 58.3% 和 12.50% 组合的上中等烟比例和均价的正向离中优势达到 0.05 或 0.01 的显著差异水平, 但均不存在显著的负向离中优势。从表 2 还可以看出组合 MsYZ206-9 × 红花大金元、MsYZ206-9 × 云烟 87、MsYZ203-6 × 红花大金元和 MsYZ216-1 × 红花大金元在所有的 6 个经济性状上均存在显著或极显著的正向离中优势, 具有较好杂种优势表现。

### 2.3 各经济性状的超高亲优势及其显著性

各经济性状的超高亲优势及其显著性检测列于表 3。结果表明: 有较多组合表现超高亲优势的经济性状为产值(75.0% 组合)、产量(83.3% 组合)和上

等烟比例(66.7% 组合), 分别有高达 50.0% 组合的产值、75.0% 组合的产量和 66.7% 组合的上等烟比例超高亲优势达到 0.05 或 0.01 的显著差异水平; 均价、上中等烟和级指次之, 分别有 41.7%、50.0% 和 41.7% 组合表现出超高亲优势, 且有 8.3% 组合的均价、16.7% 组合的上中等烟比例和 33.3% 组合的级指超高亲优势达到 0.05 或 0.01 的显著差异水平; 从表 3 还可看出, 组合 MsYZ203-6 × 红花大金元超高亲优势表现最好, 在产量、产值、均价、上等烟比例、上中等烟比例和级指 6 个经济性状上均存在 0.01 极显著差异水平的超高亲优势; 其次是 MsYZ206-9 × 云烟 87, 在除均价外的其它 5 个经济性状上存在 0.01 极显著差异水平的超高亲优势。

表 3 烤烟杂种各经济性状的超高亲优势及其显著性

Table 3 Heterosis over high-parent value and its statistical significance for the economic traits in flue-cured tobacco hybrids

组合 Combination	均价 Average price (Yuan kg <sup>-1</sup> )	产值 Production value (Yuan hm <sup>-2</sup> )	产量 Yield (kg hm <sup>-2</sup> )	上等烟比例 High class tobacco ratio (%)	上中等烟比例 High and middle class tobacco ratio (%)	级指 Class index
1×4	-0.90	327.34	267.36**	-6.95	-0.85	-0.0033
1×5	0.33	2063.65**	123.68**	9.22**	5.26**	0.046**
1×6	-0.67	-1345.89	15.27	-11.64	0.12	-0.023
1×7	-0.81	660.65	217.13**	-8.50	-4.37	-0.023
2×4	0.72**	3579.54**	220.68**	10.14**	4.48*	0.053**
2×5	-0.50	-1449.82	-22.32	6.18**	-3.35	-0.020
2×6	0.14	3086.29**	216.64**	11.59**	-1.43	0.020*
2×7	0.35	6032.64**	595.90**	18.22**	0.10	0.030*
3×4	0.03	1624.09**	174.96**	5.58**	0.56	0.010
3×5	-0.18	-1380.02	-97.93	8.29**	2.41	-0.017
3×6	-0.33	1783.03**	267.42**	3.36**	-1.94	-0.020
3×7	-0.40	706.33	80.37**	-1.74	-0.33	-0.023
均值 Mean	-0.18	1307.32	171.60	3.65	0.056	0.0025
范围 Range	-0.90-0.72	-1449.82-6032.64	-97.93-595.90	-11.64-18.22	-4.37-5.26	-0.023-0.053
显著超高亲优势组合数	1	6	9	8	2	4

## 3 小结和讨论

### 3.1 关于杂种优势的表述方法

对杂种优势的表述可以有不同的方法。较经典的方法是用相对优势或优势率来表述杂种优势, 其优点是可以比较杂种不同性状的优势大小, 因此对烟草经济性状杂种优势的研究以往多采用相对优势<sup>[14-16]</sup>。但是相对优势不能求数学期望, 难以进行显著性检测, 也难与遗传效应关联<sup>[11,13]</sup>。本文中是根据

线性模型分析中的线性对比<sup>[17]</sup>(Linear contrast)和数量遗传学中的尺度检测<sup>[18]</sup>(Scaling test)原理来表述杂种优势, 既简单明了, 又便于统计测验。在加性-显性遗传模型下, 亲本近交系  $P_1$ 、 $P_2$  及其杂种  $F_1$  的遗传分量可以表示为:  $\bar{P}_1 = \mu + [a]$ ,  $\bar{P}_2 = \mu - [a]$ ,  $\bar{F}_1 = \mu + [d]$ 。杂种优势可以表示为:  $H_m = [d]$ ,  $H_h = [d] - [a]$ 。故测验离中优势  $H_0: H_m = 0$  实际上就是测验  $H_0: [d] = 0$ , 即测验杂种性状的表达是否存在显著的显性效应  $[d]$ ,

而测验  $H_0: H_a=0$ , 则是测验显性效应  $[d]$  是否显著大于加性效应  $[a]$ 。

### 3.2 关于烤烟经济性状的杂种优势表现和杂种组合的评价

杂种优势的实践意义是杂种在活力、产量等方面的超亲表达。对烤烟经济性状而言, 在杂种优势利用过程中, 选择具有显著正向离中优势或超高亲优势的组, 可能更有利于育种目标的实现。在本研究中, 显著的正向离中优势组合最多的经济性状是产值和产量, 其次是上等烟比例、上中等烟比例、级指, 较少的是均价; 超高亲优势组合较多的经济性状为产量和上等烟比例, 其次是产值和级指, 较少的是上中等烟比例和均价。

朱军等<sup>[11]</sup>研究表明, 杂种优势最高的组合并不一定是表现型值(或基因型值)最高的组合, 本研究也有类似结果。例如产值超高亲优势估计值最高的是组合 MsYZ203-6 × G-28, 但 2005 年的产值却位居第二, 组合 MsYZ206-9 × 云烟 87 产值超高亲优势估计值位列第四, 其 2005 年的产值却高居第一。因此评价烤烟杂种组合的优劣, 应同时考虑其经济性状表现型值(或基因型值)和杂种优势表现, 根据各经济性状的综合分析结果, 全面评价杂交组合的优劣。根据 12 个烤烟胞质雄性不育杂种组合的综合表现推断, 组合 MsYZ206-9 × 云烟 87 具有突出的综合表现, 可能具有较好的杂种优势利用潜力。

### 参考文献

- [1] Zeng Q C(曾千春), Zhou K D(周开达). Current status in the use of hybrid rice in China [J]. Chin J Rice Sci(中国水稻科学), 2000, 14(4):243-246.(in Chinese)
- [2] Wu X J(武小金). Possible approaches to improve rice heterosis [J]. Chin J Rice Sci(中国水稻科学), 2000, 14(1):61-64.(in Chinese)
- [3] Teng W T(滕文涛), Cao J S(曹靖生), Chen Y H(陈彦惠), et al. Analysis of maize heterotic groups and patterns during past decade in China [J]. Sci Agri Sin(中国农业科学), 2004, 37(2):1804-1811.(in Chinese)
- [4] Zheng S H(张世煌), Peng Z B(彭泽斌). Heterosis and germplasm enhancement, improvement and development of maize [J]. Sci Agri Sin(中国农业科学), 2000, 33(C00):34-39.(in Chinese)
- [5] Yang C L(杨春玲), Gou R L(郭瑞林), Guan L(关立), et al. Current status and some problems of the utilization of wheat heterosis in China [J]. Henan Agri Sci(河南农业科学), 2002(9):14-15.(in Chinese)
- [6] Chen S Y(陈社员), Guan C Y(官春云), Wang G H(王国槐), et al. Gene engineering and the utilization of heteroseres in rape [J]. Crop Res(作物研究), 2002, 16(3):110-111.(in Chinese)
- [7] Yang F Q(杨芳荃), Li Y Q(李育强), Zhang Z G(张志刚). Research theory and practice of cotton hybrid vigour utilization [J]. Hunan Agri Sci(湖南农业科学), 2004(4):6-8.(in Chinese)
- [8] Zhang W S(张务水). Progress in the breeding of tobacco in the World [EB/OL]. <http://www.tobaccoinfo.com.cn> (in Chinese)
- [9] Wang X M(王绍美), Xu L F(许立峰), Fu X K(付宪奎), et al. Present situation and outlook of the utilization of flue-cured tobacco heterosis in China [J]. Chin Tobacco Sci(中国烟草科学), 2005(1):6-9.(in Chinese)
- [10] China's State Tobacco Monopoly Administration(中国烟草专卖局). National Criterion for Leaf Tobacco Grading in Chinese [M]. Beijing: Chinese Criterion Press, 1992:1-3.(in Chinese)
- [11] Zhu J(朱军). Analysis Methods for Genetic Models [M]. Beijing: Chinese Agricultural Press, 1997:240-255.(in Chinese)
- [12] Chen J G(陈建国), Zhu J(朱军), Pan Q M(潘启明). Genetic analysis on heterosis of quality traits in *indica-japonica* hybrid rice [J]. Seed(种子), 1998(2):4-6,10.(in Chinese)
- [13] Ao Y(敖雁), Xu C W(徐辰武), Mo H D(莫惠栋). Quantitative analysis for inheritance of quality characters in indica hybrid rice [J]. Acta Gen Sin(遗传学报), 2000, 27(8):706-712.(in Chinese)
- [14] Luo Q Z(骆启章). Utilization of hybrid tobacco [M]// Chinese Agricultural Encyclopedia (Crop). Beijing: Chinese Agricultural Press, 1991:139-177.(in Chinese)
- [15] Lu Z E(卢忠恩). Preliminary analysis on main character heterosis of flue-cured tobacco [J]. J Agri Sci Yanbian Univ(延边大学农学院学报), 1997, 19(4):237-241.(in Chinese)
- [16] Hui A T(惠安堂). Studies on utilization of Ms hybrid flue-cured tobacco [J]. Shaanxi J Agri Sci(陕西农业科学), 1995(3):21-22.(in Chinese)
- [17] Zhu J(朱军). Theory of Linear Model Analysis [M]. Beijing: Science Press, 1999.(in Chinese)
- [18] Li J N(李加纳). Survey of Quantitative Genetics [M]. Chengdu: Southwest Normal University Press, 1995.(in Chinese)