

家蚕白卵突变新系 BT924 的遗传学研究

代方银¹, 鲁成¹, 向仲怀¹, 陈智毅², 陈元霖³

(1. 西南农业大学蚕桑学院, 农业部蚕桑学重点实验室, 重庆 400716; 2. 广东省农业科学院蚕业所, 广州 510640; 3. 厦门大学生物系, 厦门 361005)

摘要: 新的家蚕白色卵突变系 BT924 是由蓖麻蚕 DNA 导入家蚕品种苏学 5 诱导获得。性状特征: 滞育卵当年白色, 越冬后呈浅黄褐色; 蛾区内及区间卵色略有变异, 幼虫皮肤低度透明, 成虫复眼黑色。采用家蚕卵色正常型(黑卵)和突变型红色卵(*re*)、桃红眼白卵(*pe*)、第 2 白卵(*w-2*)、第 3 白卵(*w-3*)及 BH863 油蚕白卵(*w-3^{bh}*)与之杂交, 进行遗传分析, 结果表明, BT924 白卵及其油蚕性状由隐性单基因控制, 普通遗传, 基因座与 *w-3* 相同, 即: 10-19.6。命名为: white egg BT924, 基因符号: *w-3^{bt}*。*w-3^{bt}* 对 *re* 表现上位作用。同时发现家蚕基因库保存的桃红眼白卵(*pe*)标记基因系 *pe000* 同时持有红色卵(*re*)基因, 其卵色基因型为 *re pe/re pe*。

关键词: 家蚕; 突变; 白色卵; 基因分析

中图分类号: Q963

文献标识码: A

文章编号: 0253-9772(2000)04-0229-04

Genetical Research of BT924—A New Line in White Egg Mutants of Silkworm

DAI Fang-yin¹, LU Cheng¹, XIANG Zhong-huai¹, CHEN Zhi-yi², CHEN Yuan-lin³

(1. College of Sericulture and Silk Engineering, Southwest Agricultural University, The Key Sericulture Laboratory of Agricultural Ministry, Chongqing, Beibei 400716; 2. Sericulture Institute of Agricultural Science College in Guangdong Province, 510640; 3. Biologist Department of Xiamen University 361005, China)

Abstract: A new line in white egg mutants of silkworm (*Bombyx mori*)—BT924 was derived from incorporation of eri-silkworm (*Philosamia cynthia ricini* Donovan) DAN into the silkworm race “Su Xue 5”. It has the following characteristic traits: The diapause eggs are white in color in the hibernating year and become fawn after hibernation; Slight intra- and inter-batch variation in gee color may exist; Larval skin is slightly translucent; And the compound eyes of the imagos are black. In the present research, the new white egg mutant line was crossed with a normal silkworm race (black egg) and with the mutant lines *re*, *pe*, *w-2*, *w-3* and *w-3^{bh}* for genetical analysis. White egg of BT924 together with its translucency was shown to be controlled by a single recessive gene and share the same locus with *w-3* (10-19.6). It has been named “white egg BT924” with the gene symbol *w-3^{bt}*. *w-3^{bt}* is epistatic to *re*. In addition, the marker gene line *pe000* of *pe* maintained in the laboratory was shown to carry the *re* gene as well, its genotype being *re pe/re pe*.

Key words: silkworm; mutant; white egg; gene analysis

家蚕卵色正常型为黑褐色, 其突变种类丰富, 有白色、褐色、红色、灰色、紫色等^[1]。其中白卵突变基因, 迄今研究报道有 13 种之多, 即: 第 1 白卵 (*w-1*; 10-12.7)、第 2 白卵 (*w-2*; 10-16.1)、第 3 白卵 (*w-3*; 10-19.6)、第 4 白卵 (*w-4*; 10-?)、第 5 白

卵 (*w-5*; 10-?)、新白卵 (*wn*; 10-?)、桃红眼白卵 (*pe*; 5-0.0), 以及 *w-2* 的等位基因红眼第 2 白卵 (*w-2'*) 和 *w-3* 基因座上的白卵油蚕 (*w-3^{oe}*)、三聚氰胺诱发白卵油蚕 (*w-3^{ml}*)、青熟白卵油蚕 (*w-3^{ol}*)、新白卵油蚕 (*w-3^{ox}*)、BH 863 油蚕白卵 (*w-*

收稿日期: 2000-04-14; 修回日期: 2000-06-20

基金项目: 国家自然科学基金资助(项目编号: 39970570)

作者简介: 代方银(1969-), 男, 贵州人, 学士学位, 助研, 专业方向: 蚕遗传。通讯作者: 鲁成(1957-), 男, 重庆人, 博士学位, 教授, 博导, 专业方向: 遗传育种。Tel: 023-68251753

3th) [1-6]。白色卵是限性卵色品种最主要的基础卵色,是遗传学研究的重要材料。

新型白卵系统 BT924 是以家蚕品种苏学 5 为受体,导入蓖麻蚕素白 DNA 获得的变异品系[7]。主要性状特征为:滞育卵当年白色,越年后略呈浅褐色,幼虫姬蚕、白血、低度油蚕,蛾复眼黑色。BT924 白卵蛾区、蛾区内色调略有变异,这种特征稳定遗传。选择色调深浅不同的蛾区或剥下同一蛾区中白色和带浅褐色的卵粒分别饲养制种,后代卵色不趋向其中一方,仍然表现区间和区内的较小的差异性。该系统 1994 年由广东省农科院蚕业所移送西南农业大学家蚕基因库保存和鉴定,该年度内春、夏、秋各蚕期饲养,此后均不滞育,1995 年春制种少量滞育,1996 年春制种全部滞育,均表现为越年性。与 BT924 同时引入的还有 BH863 白卵油蚕,其研究结果已作报道[6]。现报告 BT924 白卵的遗传分析结果。

1 材料及方法

1.1 材料

新型白卵突变系:BT924 卵白色略带浅褐,蛾眼黑色,低度油蚕。

正常型黑卵系统:k005 伴性赤蚁,非油蚕性,卵黑色。

红色卵标志基因:re000 系,红眼红卵。

所用的白色卵标志基因:桃红眼白卵 (pe) 为 pe000 系;第 2 白卵 (w-2) 为 ew000 系,白眼白卵;第 3 白卵 (w-3) 为 e19 系,卵浅黄褐色,幼虫低度油蚕,蛾复眼黑色;BH863 白卵 (w-3th),卵纯白色,蛾复眼黑色。

1.2 方法

以上述标志基因及正常型系统与 BT924 杂交,调查 F₁、F₂ 及 RF₁ 各世代表型及分离比,由此分析 BT924 白卵的遗传方式和基因的连锁群,及与其他白卵基因的关系。

2 结果与分析

2.1 BT924 白卵的遗传方式

BT924 白卵与黑卵 k005 杂交后代,待卵转为固有色后调查,其正、反交结果相同,F₁ 为黑卵,F₂ 蛾区内分离黑色卵和白色卵,且成 3:1 比例。F₁ 回交 BT924,所产卵蛾区内分离黑色卵和白色卵,并成 1:1 之比。结果见表 1。这表明 BT924 白卵受常染色

表 1 BT924 白卵与黑卵间 F₂ 和 RF₁ 卵色分离

杂交组合	黑卵数	白卵数	比例	χ ² _c
(BT924×k005)F ₂	3706	1270	3:1	0.697
(k005×BT924)F ₂	2514	820	3:1	0.270
(BT924×k005)F ₁ ×BT924	1993	1990	1:1	0.799
BT924×(BT924×k005)F ₂	1725	1790	1:1	0.583

注:①卵粒数均为 10 蛾区合计;②χ²_{0.1,1}=2.71。

体隐性单基因支配,普通遗传。

在此杂交试验中,同时调查了子代幼虫油蚕性状的表现情况,结果:F₁ 幼虫皮肤均正常而不透明,F₂ 由 3 蛾区卵中的黑卵孵化而来的幼虫 4 龄计 1085 头全部正常,而由其中的白卵孵化而来的幼虫 4 龄计 350 头全部为低度油蚕。故认为,BT924 的低度油蚕性仍由支配其白卵性状的基因控制,属基因的多效性。

2.2 BT924 白卵与红卵 (re) 及桃红眼白卵系的遗传

前述各种家蚕白卵均由第 5 或第 10 连锁群上的基因支配,其中第 5 连锁群上只有桃红眼白卵 (pe:5-0.0) 一例。本研究首先进行了 BT924 白卵与属于第 5 连锁群的红卵 (re:5-31.7) 和桃红眼白卵 (pe) 的杂交试验。

2.2.1 BT924 白卵与红卵 (re) 杂交结果 BT924 与 re000 杂交,结果如表 2。F₁ 表现黑卵,F₂ 分离黑卵、红卵、白卵三种卵色,且成 9:3:4 比例。这表明 BT924 白卵基因与 re 为独立遗传关系,对 re 表现上位作用(图 1)。

2.2.2 BT924 白卵与桃红眼白卵系的杂交结果

表 2 BT924 白卵与红卵 (re) 间 F₂ 卵色分离

杂交组合	黑卵数	红卵数	白卵数	比例	χ ² _c
re000×BT924	1556	503	662	9:3:4	1.014

注:①卵粒数均为 10 蛾区合计;②χ²_{1,2}=4.61。

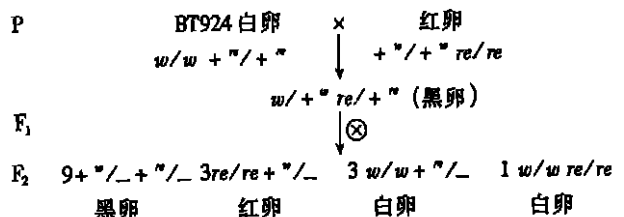


图 1 BT924 白卵对红卵 (re) 的上位作用
w 示 BT924 白卵基因

BT924 白卵与 *pe000* 杂交, F_1 均为黑色卵, F_2 分离出黑、白、红 3 种卵色(表 3)。

F_2 分离的红色卵为两亲本没有的性状, 观其卵色, 与 *re* 红卵无异。将其单独剥下饲养, 后代性状稳定, 蛾眼亦为深红色, 与 *re000* 杂交, 后代不发生分离, 说明仍为 *re* 红色卵。虽然 2.2.1 结果已表明 BT924 白卵对 *re* 有上位作用, 但此 *re* 基因不可能为 BT924 所持有, 否则, 无论其为同质型(*re/re*)或异质型(*re/+*), 在 2.2.1 的杂交试验中, F_1 就会有红色卵出现(*re/re* 情况, 在 2.1 杂交试验 F_2 也会有红色卵出现), 而实际不然。故说明家蚕基因库保存的桃红眼白卵基因系 *pe000* 同时具有 *re* 基因, 由于 *pe* 对 *re* 有上位作用^[3], 因而只表现白色卵性状。设定 BT924 白卵的基因型为 $w^+/w^{+^e}+^{pe}/+^{re}+^{pe}$, *pe000* 系基因型应为 $+^w/+^w re^{pe}/re^{pe}$ 。

据现行家蚕连锁遗传图上公布的 *pe* 和 *re* 间的交换值为 31.7%^[3], 则二者间的遗传如图 2 示。经 χ^2

表 3 BT924 白卵与桃红眼白卵系 *pe000* 杂交 F_2 性状

杂交组合	黑卵数	白卵数	红卵数	分离比	χ^2
BT924× <i>pe000</i>	1445	1244	187	8.049 : 7 : 0.951	0.456

注: ①卵粒数均为 10 蛾区合计; ② $\chi^2_{0.1,2} = 4.61$ 。

检测, 实际结果与理论推测吻合(表 3)。

2.3 BT924 白卵与 *w-2* 的遗传

为探明 BT924 白卵基因是否属于第 10 连锁群, 以 *w-2* 标志基因系 *ew000* 与 BT924 进行了杂交试验。结果如表 4。此结果说明支配 BT924 白卵的基因属于第 10 连锁群, 与 *w-2* 连锁, 但位点不同(图 3)。如果 BT924 与 *w-2* 独立, 则 F_2 两种卵色的分离比应为 9 : 7。

2.4 BT924 白卵与 *w-3* 和 BH863 白卵的遗传

BT924 与第 3 白卵系 *e19* 杂交, F_1 为白色卵, F_2 仍均为白色卵, 蛾区内卵色略有差异(但分别计数困难)。这说明 BT924 白卵为第 3 白卵的等位点突变, 基因位点为 10-19.6。为进一步证实此结果, 又以最新被定位在 *w-3* 基因位点上的 BH863 白卵(*w-3^{hh}*:10-19.6)^[6]与 BT924 进行杂交, 结果 F_1 和

表 4 BT924×*ew000*(*w-2*) F_2 卵色分离

表型	黑卵	白卵
实验数	1530	1483
分离比	1 : 1	
χ^2	$\chi^2 = 0.702 < \chi^2_{0.1,1} = 2.71$	

注: 表中卵粒数为 10 蛾区合计。

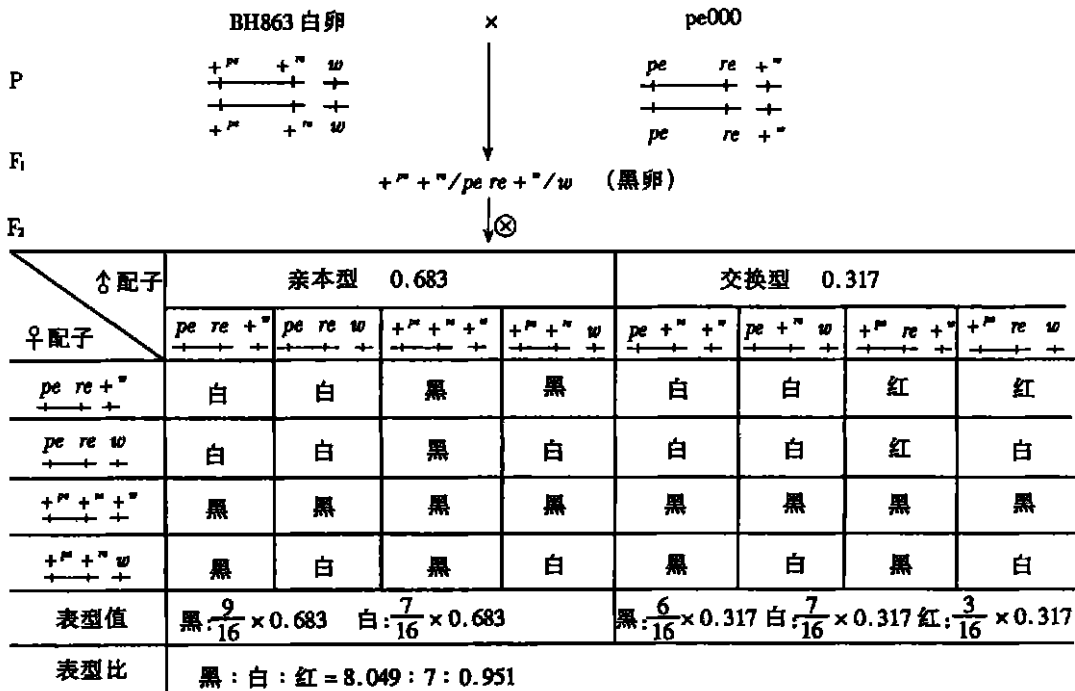


图 2 BT924 白卵与桃红眼白卵系 (*pe re/pe re*) 的遗传

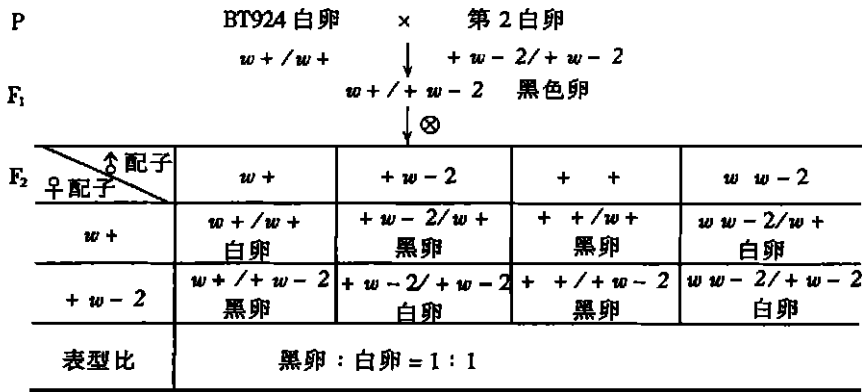


图 3 BT924 白卵与 $w-2$ 的连锁遗传

F₂ 均为白色卵, 仍然表现等位基因间的遗传关系。

3 讨论

综上所述, BT924 白卵为普通遗传, 遗传基因属于第 10 连锁群, 基因座: 10-19.6。该白卵基因同时引起低度油蚕。BT924 白卵对 re 表现上位作用。现将其命名为 white egg BT924, 根据等位基因命名原则, 给定其基因符号为 $w-3^{bt}$ 。本研究同时还确定了 $pe000$ 系统的基因型为 $pe\ re / pe\ re$ 。

家蚕卵呈白色, 乃因浆液膜不含色素或色素极淡之故(同时卵壳为正常型无色半透明)。通常浆液膜色与成虫复眼色一致(如 $w-1$ 、 $w-2$ 、 $w-4$ 、 wn 等, 卵呈白色, 蛾眼亦为白色), 但也有例外, 黑眼白卵为其极端者。家蚕白色卵突变中, 蛾复眼为黑色者尚有 $w-3$ 、 $w-3^{ml}$ 、 $w-3^{bt}$, 均在同一基因位点。此四者, 还同是轻度油蚕, 故就形态性状而言, 极其相近。4 个黑眼白卵油蚕, 各自来源不同, 其中 $w-3$ 为自然突变^[8], $w-3^{ml}$ 为三聚氰胺诱发^[3]。 $w-3^{bt}$ 与 $w-3^{ml}$ 均是用生物技术手段将外源遗传物质——蓖麻蚕 DNA 导入家蚕后获得的突变^[7,9,10], 是两份十分珍贵的遗传材料, 表型差异在: BH863 白卵的颜色均匀一致, BT924 却有个体差异。同时, 相同外源 DNA 导入致使同一基因座发生不同突变, 也是一个十分有趣的现象。至此, 报道发生在 $w-3$ 位点上的突变基因材料已达 10 例^[3,6], 且均为卵色、油蚕性或二者

兼具^[3,6]。其中既有自然的, 也有诱发的, 既有物理因素诱发, 也有化学因素诱发, 还有生物因素诱发。由此可见, 家蚕 $w-3$ 基因座(10-19.6)是十分活跃的, 突变结果也具有明显的方向性。

参考文献:

- [1] Fujii H. Genetical stocks and mutations of Bombyx mori: Important genetic resources[M]. Fukuoka Japan: Kyushu University APRIL, 1998. 29~52.
- [2] 江口正治. カイコにおける遺伝子の名称と記号[J]. 日本蚕学杂志, 1986 55(2):95~111.
- [3] 向仲怀主编. 家蚕遗传育种学[M]. 北京:农业出版社, 1994. 6~23, 273~289.
- [4] 鲁成 向仲怀. 家蚕新白卵系的遗传学研究[J]. 蚕学通讯, 1989, 8(4):8~13.
- [5] 蒋同庆, 向仲怀. 家蚕第 5 白卵($w-5$)红眼白卵系遗传学的研究[J]. 中国农业科学, 1981, (3):81~89.
- [6] 鲁成, 代方银, 向仲怀, 等. 一个新的家蚕油蚕白卵系 BH863 的基因型研究[J]. 动物学研究, 1999, 20(6):471~473.
- [7] 陈智毅, 吴福泉, 陆天锡, 等. 外源 DNA 诱导家蚕遗传变异的研究[J]. 广东农业科学, 1996, (3):32~35.
- [8] 土井良宏. 家蚕突变基因与连锁群[J]. 蚕学通讯, 1997, 17(1):33~40.
- [9] 陈元霖, 陈智毅, 桂慕燕, 等. 家蚕与蓖麻蚕的杂交研究[J]. 厦门大学学报(自然科学版), 1983 32(增刊 1):1~8.
- [10] 陈元霖, 陈智毅, 桂慕燕, 等. 蓖麻蚕 DNA 对家蚕的诱变作用[J]. 厦门大学学报(自然科学版), 1993, 32(增刊 1):20~27.