

家蚕不同品系卵巢管数目变异及其与造卵数的关系

代方银, 王先燕, 谭端, 鲁成*, 向仲怀

(西南大学蚕学与生物技术学院, 农业部蚕学重点实验室, 重庆 400716)

摘要: 选取西南大学家蚕 *Bombyx mori* 基因库中 157 个品系及杂交材料的雌蛾进行解剖和观察, 调查了卵巢管数目的多样性, 并初步研究了其生物学特性。结果发现, 家蚕资源品系大范围存在雌蛾卵巢管数目变异现象。157 个品系及其杂交材料中有 87 个发生了卵巢管数目变异现象, 占 55.41%, 变异类型有 11 种。不同类品系间卵巢管数目变异率差别显著, 其中突变品系的变异率最高, 达 60.19%; 突变系杂交材料的变异率最低, 有 37.50%。在发生卵巢管数目变异的突变品系中, 个体变异率最高达 50%, 最低为 2%。调查部分品系发现, 品系内卵巢管数目增加并不见总造卵数一定增加, 而单根卵巢管平均造卵数均低于(4, 4)正常型。通过对实用型品系 21-871 和突变系 06-051 上下世代雌蛾的解剖观察, 发现这两个品系的上下代雌蛾卵巢管数目均有相近的变异趋势, 提示卵巢管数目变异有遗传性。

关键词: 家蚕; 品系; 卵巢管数目; 变异; 生殖意义

中图分类号: Q963 文献标识码: A 文章编号: 0454-6296(2006)06-0903-05

Variation in ovariole number of diverse lines and its relationship with egg productivity in the silkworm, *Bombyx mori*

DAI Fang-Yin, WANG Xian-Yan, TAN Duan, LU Cheng*, XIANG Zhong-Huai (The Key Sericultural Laboratory of Agricultural Ministry, College of Sericulture and Biotechnology, Southwest University, Chongqing 400716, China)

Abstract: The female moths of 157 bred and hybrid lines of the silkworm, *Bombyx mori*, which are maintained in the gene pool of Southwest University, China, were dissected, and the diversity in their ovariole number was investigated. Variation in ovariole number of the ovaries of female moths was detected in 87 of the 157 (55.4%) bred/hybrid lines, and 11 mutant types of ovariole number were found. The proportion of individuals with atypical ovariole number showed significant differences among the bred/hybrid lines surveyed. The highest proportion (60.19%) was found in the mutant lines and the lowest (37.50%) in the hybrid lines. In the mutant lines with different ovariole numbers of the ovaries of female moths, the proportions ranged from 2% to 50%. Observations on some bred/hybrid lines revealed that the increase in ovariole number in the line was not necessarily accompanied by an increase in total eggs produced and that the average egg number per ovariole was always lower than that of the normal type (4, 4). The results of analysis on the variation in ovariole number of three successive generations of the commercially reared bred line 21-871 and the mutant line 06-051 suggested that variation in ovariole number is inheritable.

Key words: *Bombyx mori*; bred/hybrid lines; ovariole number; variation; reproductive significance

昆虫雌性生殖系统的功能主要在于形成成熟卵子、提供受精场所、产卵等。对其结构的了解是研究生殖生理的首要条件。其中卵巢又是雌性生殖系统中的重要组成部分, 卵巢管数的变异对卵生昆虫的

繁殖、飞行行为等都会产生重要的影响(刘向东等, 2003a)。对昆虫卵巢管数量的变异及其与飞行行为关系的研究已有报道(张孝羲和王茂涛, 1991; 刘向东等, 2003b), 然而关于鳞翅目昆虫中的典型代表

基金项目: 国家“973”计划项目(2005CB121000) 科技部国际合作重点项目(2005DFA30180)

作者简介: 代方银, 男, 1969年生, 博士研究生, 副教授, 研究方向为家蚕基因资源与遗传育种, E-mail: fyldai@swau.cq.cn

* 通讯作者 Author for correspondence, E-mail: lucheng@swau.cq.cn

收稿日期 Received: 2006-03-13; 接受日期 Accepted: 2006-08-24

——家蚕 *Bombyx mori* 的卵巢管变异性 ,在家蚕解剖学上鲜见报道。鳞翅目昆虫的卵巢一般由 4 根(很少为 4 根以上)长的多滋卵巢管组成 ,聚集成束状 (忻介六和刘钟钰 ,1982)。本研究通过解剖家蚕基因库中 157 个品系及杂交材料的雌蛾 ,发现了家蚕卵巢管数目变异现象的多种类型 ,初步分析了在品系间的分布情况、与造卵数的关系以及卵巢管数目变异的遗传性 ,现报道如下。

1 材料和方法

1.1 材料

取自西南大学(原西南农业大学)家蚕基因库的 157 个品系及杂交材料的雌蛾。

1.2 方法

1.2.1 调查个体数与时间 : 每品系或杂交组合抽取 15 个雌蛾调查其卵巢管数目变异情况(部分品系因群体小 ,抽样个体数只在 11 ~ 14 个之间)。2003 年 9 - 10 月抽样解剖了秋季蚕中 67 个品系及杂交材料的雌蛾 ;2004 年 4 - 6 月抽样解剖了春季蚕中 86 个品系及杂交材料的雌蛾 ;2004 年 7 - 10 月抽样解剖夏季、秋季蚕中 8 个品系及杂交材料的雌蛾 ,其中 4 个品系被重复解剖调查 :总计调查了 157 个品系及杂交组合。

1.2.2 雌蛾的解剖 : 用剪刀将雌蛾从胸腹部交界处剪断 ,取腹部将剪刀紧贴体壁剪 3 ~ 4 条纵线 ,然后在尾部紧贴外部生殖器剪一圈 ,将体壁展开钉于蜡盘中央 ,用水冲洗 ,使卵管与体内脂肪、器官、体壁完全分离 ,移入二重皿中展开 ,就可见到完整的雌蛾内部生殖器。记录各个品系及杂交材料的卵巢管数目。对于要记数造卵数的品系及杂交材料 ,记录每个品系及杂交材料的每只蛾每根卵巢管的造卵数。若发现有卵巢管数目变异的个体 ,在解剖镜下将卵巢管以外的杂质剔除干净 ,然后将二重皿中的水吸干 ,摆顺生殖器 ,滴上甘油蛋白以保持水分 ,防止变形。再用数码相机摄下实物全貌。

对全部保存品系及杂交材料 ,依据对雌蛾的解剖观察 ,统计并分析卵巢管数目变异的类型和卵巢管数目变异在品系间的分布特征 ;选择 6 个品系或杂交组合调查了卵巢管数目变异与造卵数的关系 ;同时选择 2 个代表品系(实用型品系 21-871 和突变系 06-051)进行 3 个连续世代的卵巢管数目调查 ,用于分析卵巢管数目变异的可遗传性。

2 结果与分析

2.1 卵巢管数目异常现象及类型

据家蚕解剖学著作介绍 ,末龄雌蚕的 2 个卵巢各产生 4 根卵巢管 ,共有 8 根卵巢管 ,至成虫期卵巢管游离于体腔中 ,充满卵粒(浙江农业大学 ,1998) ,此为正常型(normal type)。我们通过研究家蚕的一个新的小卵突变的表型与遗传(2002 ,未发表) ,发现其卵巢管数目有变异现象。本研究解剖了 157 个品系及杂交材料的雌蛾 ,发现有 87 个品系及杂交材料发生了卵巢管数目变异 ,卵巢管数目变异的类型有 11 种 ,主要类型见图 1(图中卵巢管内有卵粒) ,其中卵巢管数目最多的有 12 根 ,最少的有 5 根。而在除正常型外的各种异常类型中 ,变异率最高的是(4 ,5)类型 ,其变异率达 6.56% ,而最低的是(2 ,3)类型和(5 ,7)类型 ,两者的变异率为 0.0465%。各变异类型的个体发生频率见表 1。

表 1 不同卵巢管数目变异类型的个体发生频率

Table 1 Frequency of various types of ovariole number variation in the silkworm			
卵巢管数目 变异类型 Types of ovariole number variation	卵巢管数目 (根) Number of ovarioles	发生变异 的蛾数(头) Number of moths with variation	变异比率 (%) Variant percentage
(4 ,5)	9	141	6.5612
(3 ,4)	7	75	3.4900
(5 ,5)	10	17	0.7911
(4 ,6)	10	12	0.5584
(5 ,6)	11	9	0.4188
(3 ,3)	6	8	0.3723
(3 ,5)	8	7	0.3257
(2 ,4)	6	4	0.1861
(6 ,6)	12	2	0.0931
(2 ,3)	5	1	0.0465
(5 ,7)	12	1	0.0465
(4 ,4)	8	1 872	87.1103

注 Notes : 表中(4 ,5)表示雌蛾的 1 对卵巢中 1 个卵巢有 4 根卵巢管 ,另一个卵巢有 5 根卵巢管 ;下同。解剖的总蛾数为 2 149 头。The two figures in the brackets represent the number of ovarioles in the pair of the female moth. For example , (4 ,5) means that one ovary has 4 ovarioles and the other has 5 ovarioles. The same below. The total number of dissected moths is 2 149.

2.2 品系间卵巢管数目变异的分布特征

在解剖的 157 个品系及杂交材料中 ,突变系杂交材料有 16 个 ,发生了卵巢管数目变异现象的有 6 个 ,地方种有 5 个 ,发生了卵巢管数目变异现象的有 2 个 ,培育种有 22 个 ,发生了卵巢管数目变异现象的有 11 个 ,培育系杂交种有 6 个 ,发生了卵巢管数目变异现象的有 3 个 ,突变品系有 108 个 ,发生了卵巢管数目变异现象的有 65 个。

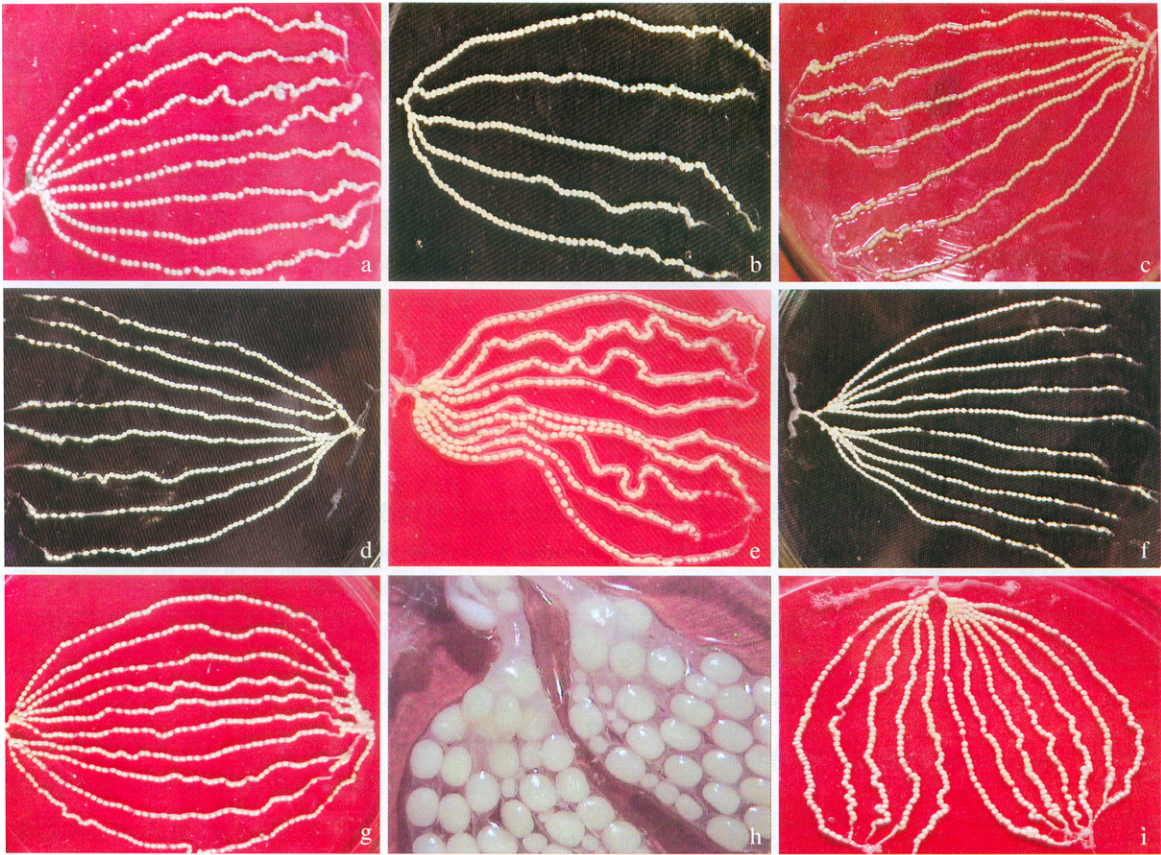


图 1 家蚕卵巢管数目变异

Fig. 1 Variation in ovariole number in the silkworm

a：家蚕卵巢管正常型——(4 A) 卵巢管类型 Normal type of ovarioles (4 A) in the silkworm；b：家蚕卵巢管(2 B) 变异类型 Mutant type of ovarioles (2 B)；c：家蚕卵巢管(3 A) 变异类型 Mutant type of ovarioles (3 A)；d：家蚕卵巢管(3.5) 变异类型 Mutant type of ovarioles (3.5)；e：家蚕卵巢管(4.5) 变异类型 Mutant type of ovarioles (4.5)；f：家蚕卵巢管(5.5) 变异类型 Mutant type of ovarioles (5.5)；g：家蚕卵巢管(4.6) 变异类型 Mutant type of ovarioles (4.6)；h：家蚕卵巢管(6.6) 变异类型(放大图局部,有小型卵突变) Mutant type of ovarioles (6.6) (part of magnified picture)；i：家蚕卵巢管(5.7) 变异类型 Mutant type of ovarioles (5.7)。

由图 2 可知,不同类品系间卵巢管数目变异率差别显著,其中突变品系的变异率最高,达 60.19%,突变系杂交材料的变异率最低,为 37.50%。

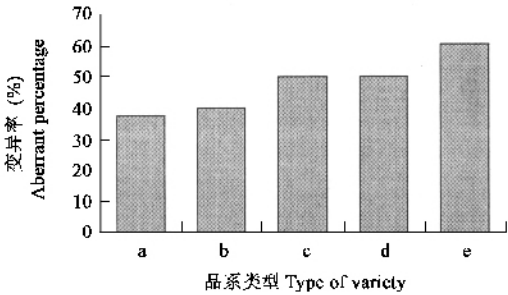


图 2 家蚕不同类品系卵巢管数目的变异

Fig. 2 Variation in ovariole number in different lines of silkworm
a:突变系杂交材料 Crossbred material of mutant lines；b:地方种 Local varieties；c:培育种 Breeding varieties；d:培育系杂交种 Crossbreds of breeding varieties；e:突变品系 Mutant lines。

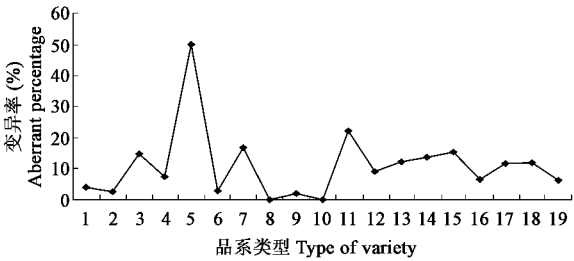


图 3 家蚕不同类型品系卵巢管数目的个体变异率

Fig. 3 Variant percentage of ovariole number in different lines in the silkworm

1：茧形 Cocoon shape；2：茧色 Cocoon color；3：卵形 Egg shape；4：卵色 Egg color；5：过剩斑纹和过剩肢 Extra-mottles and extra-legs；6：幼虫斑纹 Larval mottles；7：幼虫头、尾斑 Larval head and tail spots；8：蚁蚕体色 Skin color of newly hatched larva；9：幼虫体色 Larval skin color；10：嵌合体 and 畸形 Hereditary mosaic and monster；11：幼虫体形 Larval shape；12：油蚕 Translucent；13：染色体变异 Chromosomal variation；14：化性、眠性、发育 Univoltine, moultnism, and development；15：成虫突变系 Imago mutant lines；16：连锁定位系统 Linkage positioning system；17：未知突变系 Unknown mutant lines；18：地方品种 Local varieties；19：实用品种 Practical varieties。

由图 3 可知 ,在发生卵巢管数目变异的突变品系内 ,个体变异率最高达 50% ,最低为 2%。第 5 类为腹肢及斑纹变异 ,这一类在突变品系中卵巢管数目的个体变异率最高 ;其次是第 11 类 ,均为家蚕体形变异。推测这两类变异可能与卵巢管数目变异有一定的关系。

2.3 卵巢管数目变异与造卵数的关系

2.3.1 卵巢管数目变异与每根卵巢管的造卵数 :家蚕每条卵巢管内的卵数因化性、品种不同而异 ,约在 50~80 粒之间。由表 2 可知 ,所调查的 6 个品系及杂交材料中 ,发生了卵巢管数目变异现象的雌蛾的平均每根卵巢管的造卵数都低于正常雌蛾的平均每

根卵巢管的造卵数。

2.3.2 卵巢管数目变异与每蛾造卵数 :由表 3 可知 ,在 06-051 过剩半月纹过剩肢(06-051 E^{El}) 06-051 正常斑纹正常肢、21-871、21-871 nlw(+)这 4 个品系中 ,发生了卵巢管数目变异现象的个体的平均每蛾造卵数都要比正常个体的平均每蛾造卵数低 ;大造和(05-030 × 21-104) F_3 bl² 这 2 个材料的情况则相反 ,发生了卵巢管数目变异现象的个体的平均每蛾造卵数比正常个体的平均每蛾造卵数高。仅从这一结果来看 ,各品系的个体变异率的高低与平均每蛾造卵数没有一致的趋势。

表 2 家蚕卵巢管数目变异与每蛾的每根卵巢管的平均造卵数(粒/根)的关系

Table 2 The relationship between variation in ovariole number and average egg production per ovariole per moth in the silkworm						
卵巢管数目类型 Type of ovariole number	06-051 E^{El}	06-051 正常 06-051 Normal	21-871 nlw(+)	21-871	大造 Dazao	(05-030 × 21-104) F_3 bl ²
(4 5)	47.27	46.09	46.63	46.94	32.08	51.72
(4 6)	43.30	38.90	47.30	—	—	—
(5 5)	45.34	45.20	—	—	—	—
(5 6)	47.61	—	—	—	—	—
(5 7)	—	—	45.58	—	—	—
(4 4)	57.94	53.18	58.60	53.15	35.38	54.39

表 3 家蚕卵巢管数目变异与每蛾平均造卵数(粒/蛾)的关系

Table 3 The relationship between variation in ovariole number and average egg number per moth in the silkworm						
卵巢管数目类型 Type of ovariole number	06-051 E^{El}	06-051 正常 06-051 Normal	21-871 nlw(+)	大造 Dazao	21-871	(05-030 × 21-104) F_3 bl ²
(4 5)	425.40	414.80	419.67	288.75	422.50	465.50
(4 6)	433.00	389.00	473.00	—	—	—
(5 5)	453.38	452.00	—	—	—	—
(5 6)	523.75	—	—	—	—	—
(5 7)	—	—	547.00	—	—	—
(4 4)	463.50	425.42	468.82	283.07	425.16	435.15
变异个体平均每蛾造卵数 Average egg number per moth in the variants	460.11	417.33	448.4	288.75	422.50	465.50
总体平均每蛾造卵数 Average total egg number per moth	460.72	421.95	463.95	283.76	424.96	436.89
品系内的个体变异率 Individual mutant percentage in the variety(%)	81.82	42.86	23.81	12.12	7.41	5.71

2.4 遗传性的初步调查

在实验过程中 ,2003 年 10 月和 2004 年春 2 次对实用型品系 21-871 进行了解剖(即解剖了 21-871 的上下两代)均发现了有卵巢管数目变异的现象 ;而在 2004 年春和 2004 年 8 月两次对突变系 06-051 进行了解剖 ,也均发现了有卵巢管数目变异的现象 ;

2006 年春季蚕期再次同时对 21-871 和 06-051 雌蛾进行抽样解剖调查 ,结果与前大体一致(表 4)。各代变异趋势相近 ,提示卵巢管数目变异有遗传性 ,或者说具有可遗传的系统(06-051 变异率达 80% 及以上)。

表 4 家蚕品系 21-871 和 06-051 的 3 个世代卵巢管数目变异

Table 4 The variation in ovariole number of three generation of 21-871 and 06-051 in the silkworm

品系 Lines	世代 Generation	变异类型 Mutant type					发生变异蛾数 (头) Number of moths with variation in ovariole number	解剖蛾数 (头) Total number of dissected moths	变异比率 (%) Variant percentage	调查时间 Research time
		(3 5)	(4 5)	(4 6)	(5 5)	(5 6)				
21-871	1	—	2	—	—	—	2	15	6.8966	2003.9
	2	—	2	—	—	—	2	14	14.2857	2004.6
	3	—	4	—	—	—	4	30	13.3333	2006.6
06-051	1	2	4	—	4	2	12	14	85.7143	2004.6
	2	2	4	1	3	2	12	15	80.0000	2004.8
	3	—	5	1	8	4	18	22	81.8182	2006.6

3 结论与讨论

家蚕雌蛾内部生殖器官分卵巢、输卵管、产卵管、交配囊、粘液腺等。雌蛾卵巢一对,每个巢由 4 条发达的卵巢管组成,它们回曲游离于腹腔内,其端部形成较细的端丝 4 根端丝结扎在一起,附着于体壁上,化蛾前卵巢内开始成熟的卵,成串整齐排列(向仲怀,1995;浙江农业大学,1998)。现行的蚕体解剖生理学教材没有关于卵巢管数目变异的介绍。而本次解剖实验中大量发现了家蚕雌蛾有卵巢管数目变异的现象,并观察到 11 种变异类型,每个卵巢产生 2~7 条、每蛾共 5~12 条卵巢管。并且本实验结果表明,家蚕卵巢管数目多样性现象在家蚕遗传资源系统中大范围存在。

卵巢是昆虫生殖系统的重要结构,直接关系到其种群繁衍。黑腹果蝇的卵巢管数目与其雌性产卵力、环境选择等具有密切关系(Wayne *et al.*, 1997)。家蚕作为重要的经济昆虫,个体繁殖能力与蚕业生产有着重要关系,同时作为农林害虫最大类群鳞翅目昆虫的模式,又在生态系统研究中具有特殊的意义。因此,家蚕卵巢管数目变异与造卵能力之间的关系是值得探究的重要问题。本实验中初步对少数品系及杂交材料的造卵数进行调查,结果表明发生了卵巢管数目变异现象的雌蛾的平均每根卵巢管的造卵数都低于正常雌蛾的平均每根卵巢管的造卵数,而平均每蛾的总造卵数在正常个体与变异个体之间则没有发现一致的趋势。由于调查范围有限,因此确切的关系尚待进一步研究。

调查发现家蚕卵巢管数目变异率在不同类品系间差异悬殊,特别是斑纹和腹肢性状的突变系,系统发生率高达 60%,该类中的 06-051 系统,个体发生率在 80% 以上,也在一定程度上提示了家蚕卵巢管数目与长期选择形成的生物多样性之间具有某种特殊联系。通过对实用型品系 21-871 和突变系 06-051

上下世代雌蛾的解剖,发现这两个品系的上下代雌蛾卵巢管数目均有相近的变异趋势,提示卵巢管数目变异有遗传性,或至少可以认为具有可遗传的系统。同时,就图 2 的结果来看,突变系的变异发生率最高,而突变系的杂交材料的变异发生率最低,由此初步推测,卵巢管数目变异的遗传性可能主要由隐性基因支配。具体的遗传模式,今后有必要设计专门的实验进行研究。

参 考 文 献 (References)

Liu XD, Zhai BP, Zhang XX, Xiong F, 2003a. The relationship between flight behavior and ovary development in the cotton aphid. *Aphis gossypii*. *Entomol. Knowl.*, 40(1): 39–42.[刘向东, 翟保平, 张孝羲, 熊风, 2003a. 棉蚜飞行行为与卵巢发育的关系. 昆虫知识, 40(1): 39–42]

Liu XD, Zhang XX, Zhai BP, 2003b. Flight activity rhythm of the cotton aphid, *Aphis gossypii* Glover in Nanjing and its flight capacity. *Acta Entomol. Sin.*, 46(4): 489–493.[刘向东, 张孝羲, 翟保平, 2003b. 南京地区棉蚜的飞行活动节律及其飞行能力. 昆虫学报, 46(4): 489–493]

Wayne ML, Hackett JB, Mackay TFC, 1997. Quantitative genetics of ovariole number in *Drosophila melanogaster*. I. Segregating variation and fitness. *Evolution*, 51: 1156–1163.

Xiang ZH, 1995. Chinese Silkworm Seeds Science. Chengdu: Sichuan Science and Technology Press.[向仲怀, 1995. 中国蚕种学. 成都: 四川科学技术出版社]

Weber H (translated by Xin JL, Liu ZY), 1982. Entomological Compendium. Beijing: Higher Education Press. 490–450.[韦贝尔 H. 原著(忻介六, 刘钟钰译), 1982. 昆虫学纲要. 北京: 高等教育出版社. 490–450]

Zhang XX, Wang MT, 1991. Studies on the relationship between variation of ovary canal number and takeoff behaviour in green peach aphid. *Acta Phytophylacica Sinica*, 18(2): 161–166.[张孝羲, 王茂涛, 1991. 桃蚜卵巢小管数量的变异及其与飞行行为的关系. 植物保护学报, 18(2): 161–166]

Zhejiang Agricultural University, 1998. Anatomical Physiology of Silkworm. Beijing: China Agriculture Press. 215–219.[浙江农业大学, 1998. 蚕体解剖生理学. 北京: 农业出版社. 215–219]

(责任编辑:袁德成)