

# 丝带凤蝶滞育与非滞育蛹及其成虫的形态学观察

杨秋生, 王小平, 徐 淑, 潘 悦, 雷朝亮\*

(华中农业大学植物科学技术学院, 武汉 430070)

**摘要:** 丝带凤蝶 *Seriginus montelus* 是一种有开发价值的观赏昆虫, 以蛹滞育越冬, 成虫存在多型现象。本研究从体色、个体大小和蛹腹部刺突长度等方面比较了丝带凤蝶滞育与非滞育蛹及其成虫的形态差异。与非滞育蛹相比, 滞育蛹体色较深, 触角末端的淡黄色与体色差异明显, 3 日龄滞育蛹腹部第 9 节刺突长度是 3 日龄非滞育蛹的 4 倍左右, 这些差异可以用于该虫蛹滞育早期判别。滞育蛹羽化成虫的翅展和尾突长度显著小于非滞育蛹羽化成虫, 且腹部及翅面斑纹也存在明显的差异, 这些差异与丝带凤蝶春型、夏型成虫的描述相一致, 表明丝带凤蝶成虫季节多型是与滞育相关联的。

**关键词:** 丝带凤蝶; 滞育; 蛹; 成虫; 多型现象

中图分类号: Q964 文献标识码: A 文章编号: 0454-6296(2008)04-0454-06

## Morphology of diapause and non-diapause pupae and their adults of *Seriginus montelus* Gray (Lepidoptera: Papilionidae)

YANG Qiu-Sheng, WANG Xiao-Ping, XU Shu, PAN Yue, LEI Chao-Liang\* (College of Plant Science and Technology, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China)

**Abstract:** *Seriginus montelus* Gray is an ornamental insect with exploitability, which overwinters as diapause pupae, and adults have polymorphism. In this study, the morphology of diapause and non-diapause pupae and their adults were investigated in this butterfly in terms of color, body and wing size, and the length of spine on the 9th abdomen of pupae. Compared with non-diapause pupae, the color of diapause pupae is darker. The faint yellow of antenna terminal is obviously different from the body color. The length of spine on the 9th abdomen of 3-day-old diapause pupae is about four times that of 3-day-old non-diapause pupae. Therefore, non-diapause and diapause pupae can be identified at this stage. The wingspan and tail length of adults from diapause pupae are significant smaller than those of adults from non-diapause pupae. There are also obvious differences in pattern of abdomen and wing. These differences are consistent with the descriptions of the spring form and summer form in this butterfly. The results suggest that the seasonal polymorphism of adult is related to diapause in *S. montelus*.

**Key words:** *Seriginus montelus*; diapause; pupa; adult; polymorphism

在自然界中, 同一昆虫种群内常有形态、体色等变化, 这种变化是昆虫对环境适应性、或种类特性的表现形式之一, 常被称为多型现象。在鳞翅目昆虫中, 性二型和季节多型是两种较为常见的多型现象。前者是长期进化过程中性选择的结果(王孟卿和杨定, 2005), 而后者则是由环境条件改变造成的(Tauber *et al.*, 1986)。

丝带凤蝶 *Seriginus montelus* Gray 是东亚地区特

有种, 存在 3 个亚种(周尧, 1992), 也有研究认为是 4 个地方型(白九维等, 1998; 武春生, 2001)。主要分布于中国, 在俄罗斯、日本和韩国也有分布; 寄主为马兜铃 *Aristolochia debilis* 和北马兜铃 *A. contorta* (Tani, 1994; 武春生, 2001)。丝带凤蝶以蛹滞育越冬, 光周期是蛹滞育诱导的主要因子(Tani, 1994; 杨秋生等, 2007; Wang *et al.*, 2007); 成虫存在雌雄二型, 也存在季节多型现象, 越冬蛹羽化的成虫为春

基金项目: 华中农业大学科研启动项目(2007XRC040)

作者简介: 杨秋生, 女, 1965 年生, 湖北襄阳人, 研究方向资源昆虫学, E-mail: yqs91112@yahoo.com.cn

\* 通讯作者 Author for correspondence, E-mail: ioir@mail.hzau.edu.cn

收稿日期 Received: 2007-09-15; 接受日期 Accepted: 2008-02-25

型, 而其后各代成虫均为夏型(周尧, 1994; 袁秀珍, 1996; 武春生, 2001; 罗志文等, 2005), 是研究昆虫多型现象和季节性适应机制的一种理想材料。

根据滞育与非滞育个体的形态差异进行滞育判别, 是昆虫季节性适应机制研究中经常采用的方法之一。过去, 对丝带凤蝶滞育和非滞育蛹形态学研究较少, 有报道认为二者腹部刺突长度存在差异(Tani, 1994); 对于丝带凤蝶春型和夏型成虫的研究也不够详细和深入(袁秀珍, 1996; 罗志文等, 2005), 特别是季节多型与蛹滞育间的关系, 很少被提及。然而, 这些问题对理解该虫季节性适应机制具有重要的作用。

本文对丝带凤蝶武汉种群滞育与非滞育蛹形态进行了详细观察, 比较了滞育和非滞育蛹羽化成虫的形态差异, 以建立蛹滞育的早期判别标准, 明确成虫季节多型与滞育间的相关性。

1 材料与方法

1.1 供试虫源

丝带凤蝶采自湖北省武汉市江夏区(114°19'E, 30°33'N)。从野外采集丝带凤蝶成虫, 放入种植有马兜铃和盆栽蜜源植物的网室(3 m×5 m×5 m)饲养, 定期采集卵块供室内试验(杨秋生等, 2007)。

1.2 试验方法

滞育蛹和非滞育蛹的获得及判别方法参考 Tani (1994) 和 Wang 等(2007)的方法。将丝带凤蝶卵块置于恒温 25℃ 和光周期 12L:12D(诱导滞育的光周期)下孵化, 以离体马兜铃叶片饲养到化蛹, 在此条件下饲养的蛹全部进入滞育; 恒温 25℃ 和光周期 16L:8D(防止滞育的光周期)下孵化, 以离体马兜铃叶片饲养到化蛹, 在此条件下饲养的蛹全部发育。

丝带凤蝶蛹历期约 10 天(杨秋生等, 2007), 为能在早期区分滞育与非滞育蛹, 在丝带凤蝶幼虫化蛹后第 3 天(此时蛹体壁已硬化), 分雌雄观察蛹的形态特征, 并测定蛹个体大小和鲜重。蛹羽化成虫后, 进行形态观察, 并测量体长、体宽、翅展和尾突长度。其中, 滞育蛹化蛹后第 15 天(25℃ 下, 化蛹后 15 天未羽化即视为滞育蛹)转入 25℃ 和 16L:8D 条件下进行滞育解除(滞育解除持续 55~119 天), 获得成虫。

1.3 数据处理

利用 SPSS 软件(SPSS Inc., Chicago, Illinois, U.S.A.) 对测定数据进行 *t* 测验, 显著水平 *P* = 0.05。

2 结果与分析

2.1 滞育蛹与非滞育蛹形态差异

丝带凤蝶 3 日龄蛹近圆柱形, 淡黄色, 有黑褐色斑块。头部背面和两侧各 1 个小的淡黄色突起, 腹面有 2 个较大的黑色突起。腹面喙、触角和翅脉纹清晰。腹部第 1~6 节背面有 2 排双刺突, 侧面各有 1 排单刺突, 橙黄色。3 日龄滞育与非滞育蛹的形态差异主要在于体色、腹部刺突长度和蛹体大小。

2.1.1 蛹体色: 非滞育蛹为淡黄色, 有黑褐色斑块, 而滞育蛹体色深于非滞育蛹, 以黑褐色为主。化蛹初期, 蛹腹面触角末端淡黄色, 随蛹的发育, 颜色发生不同的变化(图 1:A)。滞育蛹触角末端的淡黄色与体色差异明显, 持续时间长, 在滞育解除前渐变为与体色相近的深色。非滞育蛹触角末端的淡黄色与体色差异不大, 持续时间短, 仅 3~4 天, 其后渐变深色, 直至羽化(图 1:B)。

2.1.2 蛹腹部刺突: 非滞育蛹腹部背面刺突浅黄色, 圆钝(图 1:C); 而滞育蛹腹部背面刺突橙黄色, 细长且尖(图 1:D); 以第 9 腹部背面刺突为例, 其长度是非滞育蛹的 4 倍左右, 差异显著(表 1)。



图 1 丝带凤蝶 3 日龄蛹的触角末端(A, 非滞育; B, 滞育)、腹部刺突(C, 非滞育; D, 滞育)

Fig. 1 The antenna terminal (A, non diapause; B, diapause) and spine on the abdomen (C, non diapause; D, diapause) of 3-day-old pupae of *Sericinus montelus* 滞育和非滞育蛹在 25℃ 配合 12L:12D 和 16L:8D 条件下获得。

图中标尺示 1.0 mm。Diapause and non-diapause pupae were obtained at 25℃ combined with 12L:12D and 16L:8D, respectively. The bars indicate 1.0 mm.

表 1 丝带凤蝶 3 日龄滞育与非滞育蛹个体大小和第 9 腹节刺突长度

Table 1 The body size and the length of spine on the 9th abdomen of 3-day-old diapause and non-diapause pupae of *Seriginus montelus*

测量指标 Measured items	雄蛹 Male pupae			雌蛹 Female pupae		
	非滞育 Non-diapause	滞育 Diapause	<i>t</i> 测验结果 Results of <i>t</i> -test	非滞育 Non-diapause	滞育 Diapause	<i>t</i> 测验结果 Results of <i>t</i> -test
体长 (mm) Body length	18.9 ± 0.20	20.0 ± 0.11	<i>t</i> = 5.090 , <i>P</i> = 0.00	19.7 ± 0.82	20.6 ± 0.11	<i>t</i> = 1.200 , <i>P</i> = 0.243
体宽 (mm) Body width	4.9 ± 0.13	5.2 ± 0.04	<i>t</i> = 2.000 , <i>P</i> = 0.052	5.3 ± 0.58	5.9 ± 0.47	<i>t</i> = 0.603 , <i>P</i> = 0.553
体鲜重 (mg) Fresh weight of body	236.8 ± 6.04	254.3 ± 3.36	<i>t</i> = 2.541 , <i>P</i> = 0.015	257.2 ± 8.06	288.9 ± 5.43	<i>t</i> = - 2.400 , <i>P</i> = 0.025
刺突长度 (mm) Spine length	0.3 ± 0.02	1.3 ± 0.01	<i>t</i> = - 344.597 , <i>P</i> = 0.00	0.3 ± 0.01	1.3 ± 0.01	<i>t</i> = - 313.551 , <i>P</i> = 0.00

滞育蛹和非滞育蛹在 25℃ 分别配合 12L:12D 和 16L:8D 条件下获得。第 9 腹节刺突长度测定样本量均为 29 ;其他测定中 ,非滞育雄蛹、滞育雄蛹、非滞育雌蛹和滞育雌蛹样本量分别为 40 44 23 和 59。表中数值为平均数 ± 标准误。Diapause and non-diapause were obtained at 25℃ combined with 12L:12D and 16L:8D respectively. The sample numbers of the spine on the 9th abdomen are 29 ; in other treatments , the numbers of non-diapause and diapause male pupae , and non-diapause and diapause female pupae measured are 40 , 44 , 23 and 59 , respectively. Data in the table are given as mean ± SE .

2.1.3 蛹体大小：滞育蛹的蛹长、蛹宽均大于非滞育蛹 ,但仅雄蛹蛹长差异显著。滞育雌雄蛹鲜重均显著大于非滞育雌雄蛹鲜重(表 1)。

2.2 滞育和非滞育蛹羽化后的成虫形态差异

2.2.1 成虫大小：滞育蛹羽化获得成虫的体长、体

宽、翅展和尾突长度均显著小于非滞育蛹羽化成虫。滞育蛹羽化获得成虫的尾突与翅展的比例约为 1 : 2.5 ,非滞育蛹羽化成虫则约为 1 : 3.5 ;非滞育蛹羽化成虫的尾突长度接近滞育蛹羽化成虫尾突长度的 2 倍(图 2 和表 2)。

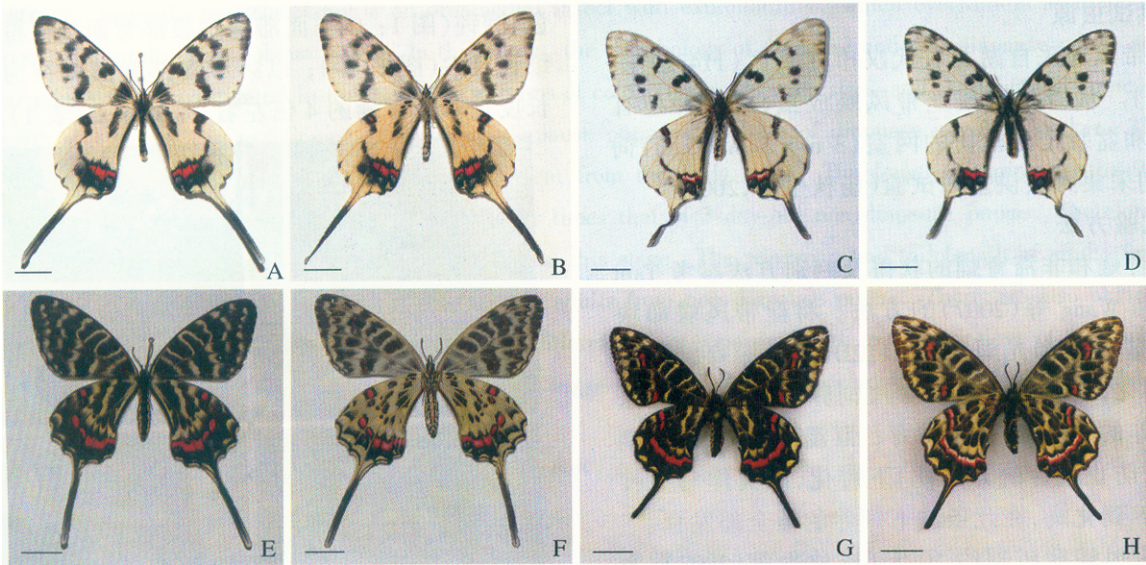


图 2 丝带凤蝶成虫

Fig. 2 Adults of *Seriginus montelus*

A. 非滞育蛹羽化雄虫正面 Upperside of male adults from non-diapause pupae ; B. 非滞育蛹羽化雄虫反面 Underside of male adults from non-diapause pupae ; C. 滞育蛹羽化雄虫正面 Upperside of male adults from diapause pupae ; D. 滞育蛹羽化雄虫反面 Underside of male adults from diapause pupae ; E. 非滞育蛹羽化雌虫正面 Upperside of female adults from non-diapause pupae ; F. 非滞育蛹羽化雌虫反面 Underside of female adults from non-diapause pupae ; G. 滞育蛹羽化雌虫正面 , Upperside of female adults from diapause pupae ; H. 滞育蛹羽化雌虫反面 Underside of female adults from diapause pupae。滞育和非滞育蛹来源于 25℃ 配合 12L:12D 和 16L:8D 条件 ,并在 25℃、16L:8D 下羽化的成虫。图中标尺线示 1 cm。Diapause and non-diapause pupae were obtained at 25℃ combined with 12L:12D and 16L:8D , respectively , and then maintained at condition of 25℃ and 16L:8D until eclosion. The bars indicated 1.0 cm.

表 2 丝带凤蝶滞育与非滞育蛹羽化成虫个体大小

Table 2 The body size of adults from diapause and non-diapause pupae of *Seriginus montelus*

测量指标 Measured items	雄虫 Male adult			雌虫 Female adult		
	非滞育 Non-diapause	滞育 Diapause	<i>t</i> 测验结果 Results of <i>t</i> -test	非滞育 Non-diapause	滞育 Diapause	<i>t</i> 测验结果 Results of <i>t</i> -test
翅展( mm ) Wingspan	66.3 ± 1.02	53.5 ± 0.35	<i>t</i> = 11.333 , <i>P</i> = 0.00	63.0 ± 0.68	48.6 ± 0.58	<i>t</i> = 18.645 , <i>P</i> = 0.00
尾突长( mm ) Fantail length	26.9 ± 0.32	14.9 ± 0.48	<i>t</i> = 13.585 , <i>P</i> = 0.00	25.4 ± 0.40	13.2 ± 0.31	<i>t</i> = 5.510 , <i>P</i> = 0.00
体长( mm ) Body length	21.1 ± 0.23	17.1 ± 0.14	<i>t</i> = 16.064 , <i>P</i> = 0.00	20.7 ± 0.32	15.8 ± 0.20	<i>t</i> = 19.345 , <i>P</i> = 0.00
体宽( mm ) Body width	3.6 ± 0.05	3.2 ± 0.02	<i>t</i> = 13.127 , <i>P</i> = 0.00	3.6 ± 0.06	3.1 ± 0.02	<i>t</i> = 7.264 , <i>P</i> = 0.00

滞育和非滞育是指蛹的来源 ,分别在 25℃配合 12L:12D 和 16L:8D 条件下获得 ,在 25℃、16L:8D 下羽化成虫 ;非滞育雄虫、滞育雄虫、非滞育雌虫和滞育雌虫样本量分别为 42 ,38 ,44 和 34。表中数值为平均数 ± 标准误。Diapause and non-diapause pupae were obtained at 25℃ combined with 12L:12D and 16L:8D respectively ,and then maintained at condition of 25℃ and 16L:8D until eclosion. The numbers of non-diapause and diapause male pupae , and non-diapause and diapause female pupae measured are 42 ,38 ,44 and 34 , respectively. Data in the table are given as mean ± *SE* .

2.2.2 成虫体色：滞育蛹羽化成虫的腹部腹面纵向有 1 较宽黑色条形绒毛区 ,绒毛较长 ,在黑色条带中间有一暗红色纵带 ,被黑色绒毛覆盖 ,雌蝶暗红带宽于雄蝶。而非滞育蛹羽化成虫的腹部腹面 ,黑色绒毛区很窄 ,呈线型 ,绒毛很短 ,在纵向黑色条形绒毛区中央有一条纵向红色和黄白色相间的纵带 ,清晰可见。翅面斑纹差异如表 3。

表 3 丝带凤蝶滞育和非滞育蛹羽化成虫翅面斑纹差异

Table 3 Differences on wing pattern of adults from diapause and non-diapause pupae of *Seriginus montelus*

观察指标 Observation index	雄虫 Male adult		雌虫 Female adult	
	非滞育 Non-diapause	滞育 Diapause	非滞育 Non-diapause	滞育 Diapause
前翅 Fore wing	底色	淡黄色	白色	黑色
	基区第一黑带	色深且宽	色浅且窄	稍窄
	中室及外中区条斑	中室 2 条黑条斑 , 外中区 1 黑条斑	中室 2 条黑条斑 ,外中 区为不规则黑斑	4 条黄带 ,其中第 2 和 第 3 条在前缘相连
	红斑	无	外中区黑斑及中区近后缘 黑斑中各夹一红斑	4 条黄带 ,其中第 3 和 第 4 条在前缘相连
	反面红斑	中区近后缘黑斑 中夹一红斑	同正面	外中区前缘、中部及中区 后缘红斑呈断续带状
	反面红斑	中区近后缘黑斑 中夹一红斑	同正面	同正面
后翅 Hind wing	底色	正面淡黄色 ,背面黄色	正面白色 ,背面淡黄色	黑色
	中室黑带	有一带状斑 ,深黑色	一带状斑 ,淡黑色或无斑	黑色
	中横带与臀角黑斑	错位连接	不连接	一黄色带状条斑 ,斑宽
	臀角区	有一红色横斑 ,斑宽	有一红色横斑 ,斑窄	一黄色带状条斑 ,斑窄
	外缘线	淡黄色	黑色	一黄色带状条斑 ,斑宽 错位连接
	反面红斑	前缘与臀角区各 一带状红斑	前缘与臀角区各一带状 红斑 ,臀角区红斑内侧 ( 外中区 )是白色带	有一红色横斑 ,斑宽且 断续延伸至前缘

滞育和非滞育是指蛹的来源 ,分别在 25℃配合 12L:12D 和 16L:8D 条件下获得 ,在 25℃、16L:8D 下羽化成虫 ;非滞育雄虫、滞育雄虫、非滞育雌虫和滞育雌虫观察样本数分别为 42 ,38 ,44 和 34。Diapause and non-diapause pupae were obtained at 25℃ combined with 12L:12D and 16L:8D respectively ,and then maintained at condition of 25℃ and 16L:8D until eclosion. The numbers of non-diapause and diapause male adults and non-diapause and diapause female adults are 42 ,38 ,44 and 34 , respectively. .

3 讨论

滞育是昆虫为避开不利其生长发育环境的一种生存策略 ,可发生于各个虫态。不同虫态滞育判别标准各不相同 ,即使是同一虫态滞育 ,昆虫种类不同滞育判别标准也不一样。蛹滞育昆虫滞育的判别主

要依据其个体形态和发育进度。例如 ,棉铃虫 *Helicoverpa armigera* 是以蛹的复眼侧面的眼点移动 ( 吴孔明和郭予元 ,1995 ) 蛹期长短 ( Hackett and Gatehouse ,1982 ) 进行判别 ;菜粉蝶 *Pieris rapae* 蛹滞育判别标准是滞育蛹蛹体透明光滑 ,蛹历期是发育蛹最短历期的 3 倍以上 ( Yata *et al.* ,1979 ) ;丝带凤蝶蛹滞育判别则依据蛹发育羽化进度 ( Tani ,1994 ;



Wang *et al.*, 2007)。本研究结果表明,丝带凤蝶 3 日龄滞育与非滞育蛹形态的主要区别在于蛹个体大小、触角末端颜色和腹部刺突长短(图 1 和表 1)。3 日龄滞育蛹个体较大,触角末端淡黄色且持续时间长,腹部刺突较长,约为非滞育蛹的 4 倍。本研究中观察到的滞育蛹腹部刺突较非滞育蛹要长的结果,与 Tan(1994)的报道相吻合。因此,可以利用这些差异来区分丝带凤蝶滞育与非滞育蛹,对丝带凤蝶蛹滞育进行早期判别。

丝带凤蝶以蛹越冬,成虫存在春、夏型差异,春型个体小,尾突较短(袁秀珍,1996;罗志文等,2005)。本研究结果表明,丝带凤蝶滞育与非滞育蛹羽化成虫的形态和个体大小存在明显差异(图 2 和表 2、3),这种差异与丝带凤蝶春型、夏型成虫的描述相一致(袁秀珍,1996;罗志文等,2005),表明丝带凤蝶成虫季节多型可能是与滞育相关联的。事实上,这种现象在自然界中较为普遍,很多以滞育越冬或越夏的鳞翅目昆虫,都存在滞育介导的季节多型现象(Tauber *et al.*, 1986)。

本研究中,同一温度下获得的丝带凤蝶滞育蛹重于非滞育蛹(表 1),这一结果与我们过去的报道是一致的(Wang *et al.*, 2007)。然而,滞育蛹羽化成虫较非滞育蛹羽化成虫个体要小(表 2),我们推测可能与滞育蛹在滞育期间大量的代谢贮备被消耗有关(Tauber *et al.*, 1986;王小平和薛芳森,2006),这需要进一步的试验来验证。

**致谢** 华中农业大学植物科学技术学院王雅娜同学参与部分研究工作,周兴苗博士、付新华博士和郑霞林同学协助帮助拍摄部分照片。

## 参 考 文 献 (References)

- Chou Y, 1994. Monograph of Chinese Butterflies. Henan Science and Technology Press, Zhengzhou. [周尧, 1994. 中国蝶类志. 郑州:河南科学技术出版社]
- Hackett DS, Gatehouse AG, 1982. Diapause in *Heliothis armigera* (Hübner) and *H. fletcheri* (Hardwick) (Lepidoptera: Noctuidae) in the Sudan Gezira. *Bull. Entomol. Res.*, 72: 409–422.
- Luo ZW, Li SZ, Li CF, Wang TT, 2005. Studies on biological characters of *Sericanus montelus*. *J. Jiamusi Univ. (Natural Science Edition)*, 23 (3): 437–442 [罗志文, 李世震, 李春丰, 汪婷婷, 2005. 丝带凤蝶的生物学特性研究初报. 佳木斯大学学报(自然科学版) 23 (3): 437–442]
- Pai JW, Wang HY, Cheng HY, 1998. The Rare Butterflies with Value of Appreciation in China (1): Papilionidae, Pamassiidae. Suxin Press, Taipei. 176 pp. [白九维, 王效岳, 陈小钰, 1998. 中国珍稀与观赏蝴蝶. 1, 凤蝶科. 绢蝶科. 台北: 淑馨出版社. 176 页]
- Tani S, 1994. The growth response to temperature and photoperiodic induction of pupal diapause in the introduced butterfly, *Sericanus montela* Grey (Lepidoptera: Papilionidae). *Nat. Environ. Sci. Res.* 7: 35–40.
- Tauber MJ, Tauber CA, Masaki S, 1986. *Seasonal Adaptations of Insects*. Oxford University Press, New York. 411 pp.
- Wang MQ, Yang D, 2005. Sexual dimorphism in insects. *Chinese Bulletin of Entomology*, 42(6): 721–725. [王孟卿, 杨定, 2005. 昆虫的雌雄二型现象. 昆虫知识, 42(6): 721–725]
- Wang XP, Xue FS, 2006. Post-diapause life-history traits in insects. *Chinese Bulletin of Entomology*, 43(1): 10–15. [王小平, 薛芳森, 2006. 昆虫滞育后的生物学特性. 昆虫知识, 43(1): 10–15]
- Wang XP, Yang QS, Zhou XM, Zhao F, Lei CL, 2007. Effect of photoperiod associated with diapause induction on the accumulation of metabolites in *Sericanus montelus* (Lepidoptera: Papilionidae). *Appl. Entomol. Zool.*, 43(3): 419–424.
- Wu CS, 2001. Fauna Sinica, Insecta Vol. 25, Lepidoptera: Papilionidae. Science Press, Beijing. 241–245. [武春生, 2001. 中国动物志. 第二十五卷. 鳞翅目: 凤蝶科. 北京: 科学出版社. 241–245]
- Wu KM, Guo YY, 1995. Inducing factors of pupal diapause in *Helicoverpa armigera*. *Acta Phytophylacica Sinica*, 22(4): 331–336. [吴孔明, 郭予元, 1995. 棉铃虫滞育的诱导因素研究. 植物保护学报, 22 (4): 331–336]
- Yang QS, Wang J, Wang XP, Rong XL, Lei CL, 2007. Effect of temperature on development in *Sericanus montelus* Gray (Lepidoptera: Papilionidae). *Chinese Bull. Entomol.*, 44(2): 223–226. [杨秋生, 王军, 王小平, 荣秀兰, 雷朝亮, 2007. 温度对丝带凤蝶发育的影响. 昆虫知识, 44(2): 223–226]
- Yata O, Shima H, Saigusa T, Nakanishi A, Suzuki Y, Toshida A, 1979. Photoperiodic response of four Japanese species of the genus *Pieris* (Lepidoptera: Pieridae). *Kontyu*, 47(2): 185–190.
- Yuan XZ, 1996. An example of the polymorphism of the insect in Lushui, Puqi. *Journal of Wuhan Institute of Education*, 15(6): 17–19. [袁秀珍, 1996. 蒲圻陆水昆虫多型现象一例. 武汉教育学院学报, 15 (6): 17–19]

(责任编辑: 袁德成)