应用昆虫学报 *Chinese Journal of Applied Entomology* 2011,48(5):1442—1447

酢浆灰蝶生物学特性研究*

庄海玲** 虞蔚岩 周泉澄 蔡 垚 封 腾 刘 慧 张海燕 李朝晖***

(南京晓庄学院应用生态研究所 南京 211171)

摘 要 通过野外观察、室内饲养等方法研究了酢浆灰蝶 *Pseudozizeeria maha* (Kollar) 的生活史及生物学特性。在南京地区,该蝶幼虫以酢浆草科 Oxalidaceae 的黄花酢浆草(*Oxalis corniculata* L.)为食,1 年 5 代,世代交替发生。酢浆灰蝶在 10 月末以蛹在枯枝落叶或土壤表层浅洞中越冬,越冬代成虫次年 5 月始见、中旬为高峰期,5 月中旬始见第 1 代卵及幼虫,6—10 月间各月各虫态均同时发生,期间每月中下旬为成虫活动高峰期。幼虫共 4 龄,野外 2 ~ 4 龄幼虫具迁移、避热与适蚁行为。在室内饲养条件下,卵期为 3 ~ 4 d,幼虫期为 22 ~ 26 d,蛹期为 6 ~ 7 d。

关键词 鳞翅目,灰蝶科,生活史,行为

Bionomics of the butterfly, *Pseudozizeeria maha* (Kollar)

ZHUANG Hai-Ling** YU Wei-Yan ZHOU Quan-Cheng CAI Yao
FENG Teng LIU Hui ZHANG Hai-Yan LI Zhao-Hui***

(Institute of Applied Ecology, Nanjing Xiaozhuang University, Nanjing 211171, China)

Abstract The life history and bionomics of *Pseudozizeeria maha* (Kollar) were studied in both the field and the laboratory. The host plant of this species is *Oxalis corniculata* L. This butterfly has five generations per year in Nanjing, China. It begins to overwinter as a pupa in a hole in the soil surface, or on shrubs, in late October. The adults emerge in early May with the peak of emergence in mid-May. The eggs and larvae of the first generation emerge in mid-May. Different developmental states are present at the same time but adults have a peak of emergence at the middle and end of every month from June to October. The larvae have four instars; larvae of the 2nd to 4th instars display myrmecophily, are migratory and display heat avoidance behaviors. The durations of the egg, larval, and pupal periods were 3 - 4, 22 - 26 and 6 - 7 days respectively, under the same laboratory conditions.

Key words Lepidoptera, Lycaenidae, life history, behavior

酢浆灰蝶 *Pseudozizeeria maha* (Kollar) 隶属于鳞翅目 Lepidoptera 灰蝶科 Lycaenidae 眼灰蝶亚科 Polyommatinae 酢浆灰蝶属 *Pseudozizeeria* Beuret,英文名 Pale grass blue,为东洋界常见的小型蝶种(周尧,1994,1998)。我国分布有 *P. maha maha* 与 *P. maha okinawana* 2 个亚种,前者广泛分布于中国大部分地区及东南亚地区,后者仅分布于我国台湾及日本(王敏和范骁凌,2002)。酢浆灰蝶的寄主植物为田间杂草——黄花酢浆草(*Oxalis corniculata* L.)(江苏省植物研究所,1982),因其食性专一,对环境变化有较强的指示性作用,是我国重要的生态指示蝶种之一(李朝晖等,2001,2004;李朝晖,2005)。国外学者利用其研究转基因抗虫玉米对非靶性昆虫的影响(Shirai and Takahashi, 2005; Wolt *et al.*, 2005)以及酢浆灰蝶与其寄主植物所含类黄酮物质的相关性(Hiroki *et al.*, 2008; Mizokami and Yoshitama, 2009),日本学者试图利用该蝶建立蝶类生理学与遗传学研究的标准模型(Hiyama *et al.*, 2010)。笔者于 2008—2010 年对该蝶进行了详细的全虫态研究。现将研究结果报道如下。

* 资助项目:江苏省 2009 年大学生实践创新训练计划项目、南京晓庄学院生态学开放实验室项目。

** 为南京晓庄学院 2007 级生物科学专业本科生。

*** 通讯作者,E-mail: lizhh6710@126.com

收稿日期:2010-11-01,接受日期:2010-12-29

1　材料与方法

1.1　野外观察

于南京晓庄学院方山校区校园内,观察酢浆灰蝶成虫婚飞,交配,产卵等过程。标记带卵植株 10 棵左右,以后每隔 2 ~3 d 观察卵的变化,幼虫活动,预蛹情况; 参照 Fiedler(1996) 和 Pierce 等(2002) 的方法观察幼虫与蚂蚁之间的相关性,并拍照记录。

1.2　室内饲养

从野外采取带虫卵(20 枚) 植株小枝,立即用湿棉球将枝端包裹,保持叶片新鲜。若带卵叶片不慎枯萎或叶柄折断,可将叶片展开平铺于湿棉花上,幼虫仍可孵出。将所得虫卵带回实验室编号放入养虫盒中,每天观察卵的变化、幼虫行为以及预蛹羽化等情况。参照李朝晖(2008a,2008b) 的方法,观察并适时记录幼虫体长、体重、头壳宽等数据。

2　结果与分析

2.1　形态特征

2.1.1　成虫　体型小型,雌蝶翅正面暗褐色,翅基有黑色鳞片,雄蝶翅面淡蓝色,外缘黑色区较宽。反面翅边缘有较规则眼点,中央部位眼点分布不规则,眼上有微毛。

2.1.2　卵　近半球形,顶部中间略凹,白色,卵宽 0.70 ~1.30 mm,高 0.86 ~1.28 mm。卵外密布凹槽,正面正中部有受精孔,初生卵受精孔四周略显淡绿色(图版Ⅰ:1)。1 ~2 d 后卵完全变白,3 d 后受精孔附近变黑,卵壳变薄和透明,隐约可见幼虫头部(图版Ⅰ:2)。

2.1.3　幼虫　为毛虫式,形态特殊,短而扁,呈蛞蝓状。身体较柔软,共 13 体节,每侧均有 9 个气孔。头部较小,暗红色,略呈半扁圆球形,每个颅侧区均有 6 只单眼。头正面为三角形的唇基,额区狭窄,在唇区上成“人”字形。口器咀嚼式。头后部三体节为胸部,各有胸足一对,其后的体节为腹部,具 4 对腹足,最后为尾部,一对尾足。腹足,尾足均为吸盘式,可缩回体内。一龄幼虫(图版Ⅰ:5):出壳幼虫体淡黄色,外表棘毛白色较长,不分枝,节间存在平行排列的整齐斑点,幼虫进食后,背中线可见绿色食道,呈波浪式向后波动。棘毛分 4 排,平行排列于背中线与体侧两边,各棘毛长短交错,头尾部棘毛排列无规则,头部后方有 4 ~5 根黑色棘毛;2 龄幼虫(图版Ⅰ:6):幼虫灰绿色,体节上密布不规则黑色斑点,背中线两侧以及头尾部棘毛较长呈黑色,体侧棘毛白色较短。背中线两侧有平行排列的斑纹,在全部幼虫中有 2 只斑纹为深红色;3 龄幼虫(图版Ⅰ:7):刚蜕皮的幼虫淡绿色,取食后为绿色,体表斑点较少,棘毛灰色且短而多,背中线条纹与其 2 龄相同,体侧气孔 9 对,较明显;4 龄幼虫(图版Ⅰ:8):体绿色,身体较为肥硕。各龄幼虫体长、体重及头壳宽详见表 1,其中头壳宽的数值随虫龄呈直线增长,其回归方程为:$y = 0.17x + 0.01$($R^2 = 0.9767$,其中 x 为龄期,y 为头壳宽)。

表 1　酢浆灰蝶各龄幼虫的体长(mm)、体重(g)和头壳宽(mm)

Table 1　Body length(mm), weight(g) and head capsule width(mm) of larvae of *Pseudozizeeria maha*

龄期 Stadium	1 龄 1^{st} instar	2 龄 2^{nd} instar	3 龄 3^{rd} instar	4 龄 4^{th} instar
体长(mm) Body length(mm)	0.68 - 2.00	1.38 - 4.90	2.72 - 7.58	4.58 - 11.08
平均值 ± 标准误 Mean ± SE	1.42 ± 0.33	2.74 ± 0.77	5.00 ± 1.18	8.02 ± 1.50
头壳宽(mm) Head capsule width(mm)	0.19 - 0.30	0.34 - 0.46	0.45 - 0.52	0.58 - 0.98
平均值 ± 标准误 Mean ± SE	0.21 ± 0.05	0.37 ± 0.05	0.50 ± 0.04	0.76 ± 0.18
体重(g) Weight(g)	0.0004 - 0.0005	0.0010 - 0.0090	0.0010 - 0.0315	0.0078 - 0.0516

2.1.4　预蛹　幼虫绿色,停止进食,体长缩短,身体弯曲,头部后缩,气孔明显,棘毛白色最短,静止于老叶叶片或叶柄上,褪完的皮压于身体下方,待褪完头壳后移动到体前方。整个预蛹过程历时较长,且变化不太明显,颜色由绿色变为亮黄色。

2.1.5　蛹　初成蛹为淡绿色,气孔明显,棘毛白

色较为稀疏，体侧可见成虫翅脉，体侧 6 对气孔白色，背中线绿色(图版Ⅰ:9)。蛹期 6～7 d，蛹由淡绿色变为淡黄色(图版Ⅰ:10)，再变为灰黑色(图版Ⅰ:11)，老熟蛹呈黑色金属光泽，蛹壳内成虫复眼较为明显，触角可出现间歇性摆动(图版Ⅰ:12，13)。

2.2 生活史

在南京地区，酢浆灰蝶 1 年 5 代，越冬代成虫 5 月初始见。第 1 代：卵期 3～4 d，幼虫期约 22～26 d，蛹期 6～7 d，成虫 6 月中旬始见。第 2 代：与第 1 代的历期基本一致，成虫 7 月中旬始见。第 3、4 代：成虫 8、9 月中旬始见。第 5 代：卵期 3～4 d，幼虫期约 22～26 d，蛹期约 210～240 d(图 1)。

2.3 行为特征

2.3.1 幼虫行为特征 取食行为：1 龄幼虫出卵前啃食受精孔四周卵壳(图版Ⅰ:3)，完成一圈后，幼虫将头部从卵壳中伸出，随后整个幼虫爬出卵壳。幼虫出壳后会继续取食卵壳，残留下 1/3 卵壳于叶片上(图版Ⅰ:4)。1 龄幼虫取食范围较小，主要取食叶部叶脉两侧，并留下“天窗”。粪便较为稀薄。2 龄幼虫食量变大，前期幼虫仍以“天窗”式取食，后期则由叶边缘开始啃食。3 龄幼虫食量最大，幼虫行动最为活跃。4 龄幼虫前期食量较大，但此龄幼虫耐饥能力较强，在高温天气，可以忍住约 40 h 不进食。

图 1 酢浆灰蝶生活史(2008—2010，南京)

Fig. 1 Life history of *Pseudozizeeria maha*(2008－2010, Nanjing)

世代 Generation	日期 Data																		越冬 Overwintering 11—翌年 4 月 November to next April
	5 May			6 June			7 July			8 August			9 September			10 October			
	上 Early	中 Middle	下 Late	上 Early	中 Middle	下 Late	上 Early	中 Middle	下 Late	上 Early	中 Middle	下 Late	上 Early	中 Middle	下 Late	上 Early	中 Middle	下 Late	
5 代成虫	－	－	－																
1 代卵		+	+																
1 代幼虫		△	△	△	△														
1 代蛹				·	·	·													
1 代成虫				—	—	—	—												
2 代卵					+	+	+	+											
2 代幼虫					△	△	△	△	△										
2 代蛹							·	·	·	·									
2 代成虫								—	—	—	—								
3 代卵								+	+	+	+	+							
3 代幼虫								△	△	△	△	△							
3 代蛹										·	·	·	·						
3 代成虫											—	—	—	—					
4 代卵												+	+	+					
4 代幼虫												△	△	△	△				
4 代蛹														·	·	·			
4 代成虫														—	—	—	—		
5 代卵															+	+	+		
5 代幼虫															△	△	△	△	
5 代蛹(越冬)																·	·	·	·

注：+卵 Egg；△幼虫 Larva；·蛹 Pupa；—成虫 Adult。

适蚁行为(图版Ⅰ:16～18)：野外观察表明：弓背蚁属蚁类 *Camponotus* 在黄花酢浆草上发现酢浆灰蝶幼虫(2～4 龄)后，爬行于幼虫身体上或附近，不断活动前肢，并随着幼虫的移动而移动，通常 1 只幼虫周围有 1～3 只蚂蚁活动，即使中午幼虫停止活动落于地面，蚂蚁仍然不会离去。部分

蚂蚁夜间离去，白天又返回到幼虫身边。观察中并未发现其移动幼虫的迹象。

当幼虫进入预蛹前期，通常离开植物，在地面爬行并寻找黑暗潮湿的角落预蛹(室内饲养幼虫通常在黄花酢浆草的叶片背部预蛹)。高温天气老熟幼虫停留于土壤表层或寄主根部，直到下午暑气散去才出来取食。幼虫停于土壤表层时在其周围活动的蚂蚁数量增多，蚂蚁搬动周边的细小土壤颗粒围在幼虫四周。下午幼虫移动后蚂蚁仍会跟随，直到幼虫取食蚂蚁逐渐离去。野外曾观察到蚂蚁试图将酢浆灰蝶老熟幼虫拖入蚁穴的现象。

避热行为(图版Ⅰ:19):室内一龄幼虫一般活跃于叶片，叶柄等部位，稍大后会爬行于盒壁。野外的幼虫早晚一般位于植株上，不取食时停留于叶芽，叶柄等处，中午气温较高时，部分幼虫停息于潮湿的土壤表层或近地面叶片上。野外 4 龄幼虫常落于潮湿地面，并钻到枯枝落叶下避暑。

迁移行为: 当一株植物 2/3 叶片被取食过或者植株枯萎，幼虫将缓慢的迁移到附近植株上。

2.3.2　成虫行为特征　羽化: 蛹背前部出现裂缝，成虫缓慢的从蛹壳中伸出头部，四肢，躯干以及尾部，初出的成虫翅膀皱缩，在空气中缓慢展开，直至完全伸开，羽化完成。觅食: 成虫喜飞行于道路两旁开花植物上，吸食红花酢浆草(*Oxalis corymbosa* DC)，黄花酢浆草，一年蓬(*Erigeron annuus*(L.) Pers.)等植物花蜜。婚飞与交配: 成熟的雌雄成虫婚飞约 1 ~ 2 h，停于任意植物或枯草上交配，若交配期间被人为或其他因素干扰可中断交配或以未分离状态飞到别处继续交配，交配时间一般约 1 ~ 2 h，交配完毕雄蝶飞向别处停留或死亡，雌蝶沿黄花酢浆草带低飞，低飞速度适中，行动较为缓慢。遇到惊吓可加快速度向草丛间飞去。产卵: 雌蝶飞行一段时间后停在生长较为良好的黄花酢浆草叶片上，腹部向下弯曲，伸至叶片背面产卵，成虫产卵一般相对集中，多产，一般 1 叶 1 卵，在成虫较多的地方可以发现几片 2 枚卵的叶片甚至偶尔 4 枚卵的叶片。卵一般产于叶背面。

3　讨论

灰蝶科是蝶类第二大科，全球分布约 6 000 余种。部分灰蝶幼虫通过腺体分泌物质控制某些蚁类，并制造低频振荡穿透其栖息基质与蚁类传递信息。部分肉食性灰蝶幼虫以蚁类幼虫为食，部分灰蝶幼虫利用与蚁类的联系诱导其进行回哺。并非所有灰蝶的生长需要蚁类参与，但 3/4 的灰蝶种类均存在与某种蚁类的适蚁现象。酢浆灰蝶为亚洲常见的广布蝶种，但其幼虫与蚂蚁之间的适蚁行为及其作用机制以及完整的行为过程还有待进一步研究。此外，其幼虫期(2 ~ 3 龄)存在 2 种不同形态(图版Ⅰ:14,15)，其形态上的差异产生机理与诱导因素需通过进一步实验加以阐明。酢浆灰蝶食性单一，仅以酢浆草属植物为食，后者为我国广布杂草。因此，酢浆灰蝶为我国生态监测的重要蝶种之一，进一步探究其与寄主植物及关联生物的生存关系，研究其协同进化机理，具有理论与应用的双重意义。

参考文献(References)

Fiedler K, 1996. Host-plant relationships of lycaenid butterflies: large-scale patterns, interactions with plant chemistry, and mutualism with ants. *Entomol. Exp. Appl.*, 80(1):259—267.

Hiroki M, Kaori TY, Kunijiro Y, 2008. Flavonoids in the leaves of *Oxalis corniculata* and sequestration of the flavonoids in the wing scales of the pale grass blue butterfly, *Pseudozizeeria maha*. *J. Plant Res.*, 121(1):133—136.

Hiyama A, Iwata M, Otaki JM, 2010. Rearing the pale grass blue *Zizeeria maha*(Lepidoptera, Lycaenidae):Toward the establishment of a lycaenid model system for butterfly physiology and genetics. *Entomological Science*, 13(3):293—302.

江苏省植物研究所编, 1982. 江苏植物志. 南京: 江苏科学技术出版社. 1—25.

李朝晖, 2005. 江苏蝴蝶. 南京: 南京出版社. 1—164.

李朝晖, 虞蔚岩, 华春, 宋东杰, 陆曦, 戴莹, 2008a. 猫蛱蝶的生物学特性与生境调查. 昆虫知识, 45(3):452—457.

李朝晖, 陈建秀, 黄诚, 钱范俊, 归鸿, 张孝羲, 王行政, 2004. 江苏省蝶类名录及分布研究. 南京林业大学学报(自然科学版), 28(4):73—78.

李朝晖, 华春, 虞蔚岩, 宋东杰, 陈慧, 徐善金, 汤飞, 2008b. 黑脉蛱蝶的生物学特性与生境调查. 昆虫知识, 45(5):754—756.

李朝晖, 赵清良, 殷宁, 宋东杰, 2001. 南京紫金山地区鳞翅目蝶类种类分布及其季节性变化. 四川动物, 20(2):76—78.

Mizokami H, Yoshitama K, 2009. Sequestration and metabolism of host-plant flavonoids by the pale grass blue, *Pseudozizeeria maha* (Lepidoptera: Lycaenidae). *Entomological Science*, 12(2): 171—176.

Pierce NE, Braby MF, Heath A, Lohman DJ, Mathew J, Rand DB, Travassos MA, 2002. The ecology and evolution of ant association in the *Lycaenidae*(Lepidoptera.). *Annu. Rev. Entomol.*, 47: 733—771.

Shirai Y, Takahashi M, 2005. Phenotypic plasticity in the range-margin population of the lycaenid butterfly *Zizeeria maha*. *Appl. Entomol. Zool.*, 40(1): 151—159.

王敏，范骁凌，2002. 中国灰蝶志. 河南：河南科学技术出版社. 312—313.

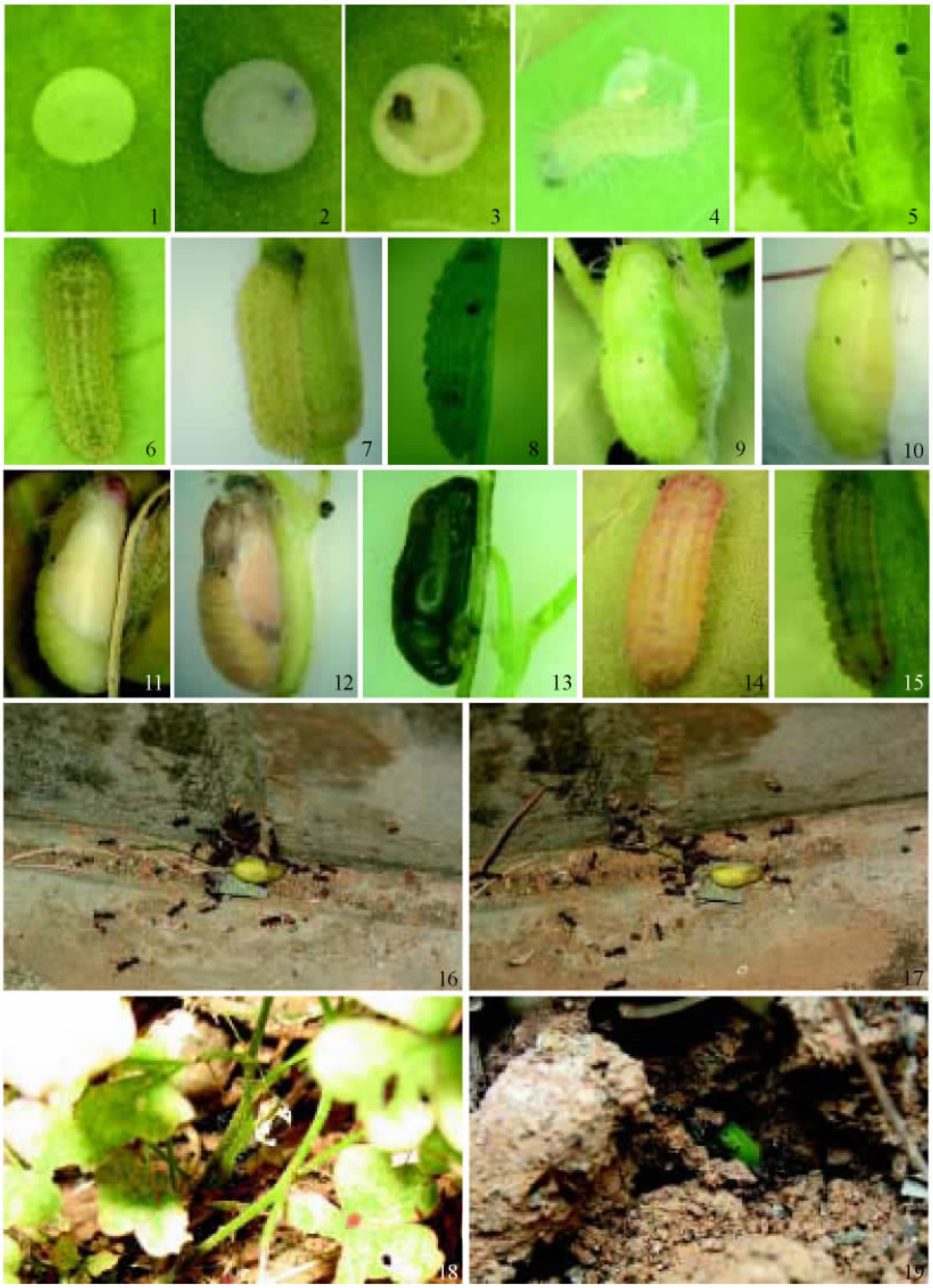
Wolt JD, Conlan CA, Majima K, 2005. An ecological risk assessment of Cry1F maize pollen impact to pale grass blue butterfly. *Environ. Biosafety Res.*, 4(4): 243—251.

周尧，1994. 中国蝶类志. 郑州：河南科学技术出版社. 447—451.

周尧，1998. 中国蝴蝶分类与鉴定. 郑州：河南科学技术出版社. 116—117.

图版 I　酢浆灰蝶生物学特性

Plate I　Bionomics of *Pseudozizeeria maha*



1，2. 卵 Egg　3. 1 龄幼虫出卵前 1st instars larva before out of eggs　4，5. 1 龄幼虫 1st instars larva　6. 2 龄幼虫 2nd instars larva　7. 3 龄幼虫 3rd instars larva　8. 4 龄幼虫 4th instars larva　9～13. 蛹 Pupa　14，15. 幼虫(2～3 龄) Larva (2nd～3rd instars)　16～18. 适蚁行为 Myrmecophily behavior　19. 避热行为 Heat avoidance behavior