

# 加拿大一枝黄花天敌——白条银纹夜蛾的 寄主专性研究

陈谦<sup>1</sup> 王强<sup>2</sup> 何家庆<sup>2,3,†</sup>

1. 北京大学城市与环境学院生态学系, 北京 100871; 2. 南京大学生命科学学院, 南京 210093; 3. 安徽大学  
生命科学院, 合肥 230601; † 通信作者, E-mail: hejq1949@126.com

**摘要** 实验室条件下, 以白条银纹夜蛾(*Argyrogramma albostrata*)二代4龄幼虫为实验对象, 选择52科104种植物对其进行寄主专性测定, 观察幼虫的取食选择和存活时间。结果显示, 该虫幼虫仅取食小飞蓬、钻叶紫菀、马兰、一年蓬和加拿大一枝黄花5种植物的叶片, 其他植物叶片均无咬痕, 直至饥饿死亡。分别用以上5种植物的新鲜叶片饲喂白条银纹夜蛾幼虫, 观察其生活史, 得到以下几点结论。1) 饲喂小飞蓬、钻叶紫菀、马兰和加拿大一枝黄花的昆虫幼虫期存活率较高, 大量死亡发生在成虫期; 饲喂一年蓬的幼虫在幼虫期存活率较低, 仅极少量能存活到成虫期。2) 饲喂不同植物对该虫幼虫各龄期长度影响不同。3) 饲喂小飞蓬、钻叶紫菀、马兰和加拿大一枝黄花的昆虫化蛹率、羽化率、平均寿命和蛹重均显著高于取食一年蓬的幼虫。由此得出, 白条银纹夜蛾为寡食性昆虫, 其食料植物多为菊科外来杂草, 可在小飞蓬、钻叶紫菀、马兰和加拿大一枝黄花上正常完成生活史, 饲喂一年蓬抑制该虫生长。

**关键词** 白条银纹夜蛾; 加拿大一枝黄花; 寄主专性; 生活史; 入侵防控

**中图分类号** S476

## The Host Specificity of a Nature Enemy *Argyrogramma albostrata* against *Solidago canadensis*

CHEN Qian<sup>1</sup>, WANG Qiang<sup>2</sup>, HE Jiaqing<sup>2,3,†</sup>

1. Department of Ecology, College of Urban and Environmental Sciences, Peking University, Beijing 100871;  
2. School of Life Sciences, Nanjing University, Nanjing 210093; 3. School of Life Sciences, Anhui University,  
Hefei 230601; † Corresponding author, E-mail: hejq1949@126.com

**Abstract** The second generation larva of *Argyrogramma albostrata* of 4th instar, which were fed in the lab with *Solidago canadensis* under the condition of room temperature and natural light, were used as material for the experiment of host specify. 104 plant species from 52 families were used in testing host specify and the herbivory of leaves of different plants and survival time were observed. The results show that leaves of *Conyza canadensis*, *Aster subulatus*, *Kalimeris indica*, *Erigeron annuus* and *S. canadensis* were eaten by *A. albostrata* after 24 hours, while other plants were not eaten until the larva were starve to death. Then the life history of *A. albostrata* fed on *C. canadensis*, *A. subulatus*, *K. indica*, *E. annuus* and *S. canadensis* were observed and the main indexes of life history were recorded. The main results are as follows. 1) Survival rates of *A. albostrata* fed on *C. canadensis*, *A. subulatus*, *K. indica*, and *S. canadensis* are higher than larva fed on *E. annuus* significantly. 2) Fed on different plants have different influence on the length of different instars of *A. albostrata*. 3) Pupation rate, emergence rate, longevity and pupation weight of *A. albostrata* fed on *C. canadensis*, *A. subulatus*, *K. indica*, and *S. canadensis* are higher than that fed on *E. annuus*. The results indicate that *A. albostrata* is oligophagous, only eat *C. canadensis*, *A. subulatus*, *K. isindica*, *E. annuus* and *S. canadensis*. *A. albostrata* can complete its life history on *C. canadensis*, *A. subulatus*, *K. indica*, and *S. Canadensis*. However, the growth of lava of *A. albostrata* is

国家自然科学基金(30040027)资助

收稿日期: 2015-03-17; 修回日期: 2015-04-17; 网络出版日期: 2016-09-02

constrained when fed on *E. annuus*.

**Key words** *Argyrogramma albostrata*; *Solidago canadensis*; host specificity; life history; biological control

加拿大一枝黄花(*Solidago canadensis*), 原产北美, 是一种世界性恶性入侵杂草<sup>[1]</sup>, 具有耐旱、耐荫和耐贫瘠的特点<sup>[2-4]</sup>, 在我国入侵地目前主要为浙江、上海、江苏、安徽、江西、湖北以及台湾等地, 其扩张速度十分惊人, 对被入侵地的生物多样性构成严重威胁<sup>[5-7]</sup>。

加拿大一枝黄花具有无性和有性两套繁殖系统, 具有极强的繁殖能力<sup>[8]</sup>。目前的主要防治方法有物理方法、化学方法和生物方法。物理和化学方法防治成本较高, 且难以取得很好的成效<sup>[9]</sup>。生物防治方法具有经济、安全和高效的优点。从原产地引进天敌对加拿大一枝黄花进行防控, 是生物防治的一种思路, 但新引进物种是否会对本地生态系统产生威胁, 尚需进一步论证<sup>[10]</sup>。入侵地本土生物对本地生态系统威胁的风险相对较小, 因此利用入侵地本土生物防控加拿大一枝黄花是一种更为安全的方法。国内学者发现, 人工使用不同种类的菟丝子对加拿大一枝黄花地上部分进行寄生能够抑制该草的有性繁殖, 但很难彻底抑制加拿大一枝黄花的无性繁殖<sup>[11-12]</sup>。利用真菌寄生的方法, 也能够一定程度上控制加拿大一枝黄花的扩展<sup>[13]</sup>。但是, 由于防控效果的限制, 这些方法均只能作为防控加拿大一枝黄花的辅助方法。因此, 寻找、发现和评估新的、更为便捷有效的本土生物, 对防控加拿大一枝黄花的扩张有重要意义。

在分类学上, 白条银纹夜蛾(*Argyrogramma albostrata*)属于鳞翅目夜蛾科。幼虫浅绿色, 前端细后端粗, 第1, 2, 3腹节常弯曲成尺蠖状。初龄幼虫喜食寄主植物幼嫩叶片背部叶肉部分, 通过吐丝悬挂迁移; 大龄幼虫取食整片叶片, 外来干扰时会假死掉落躲避。成虫多为暗褐色, 有白色条纹自中室基部延伸至中部; 成虫有较强的趋光性, 卵散产于寄主植物叶片背部<sup>[14]</sup>。白条银纹夜蛾在国内主要分布区域为安徽、江苏、浙江、上海、台湾、山东、辽宁、陕西和四川等地, 主要寄主植物有小飞蓬、白菜、甘蓝、桃和马尾松等。

王强等<sup>[14]</sup>野外调查发现, 白条银纹夜蛾有取食加拿大一枝黄花和小飞蓬(*Conyza canadensis*)等菊科植物的现象, 甚至有部分加拿大一枝黄花叶片被取食后仅残留主叶脉, 对该草生长的抑制作用十分显

著。利用昆虫防控有害植物被认为是一种较为有效的方法<sup>[15-16]</sup>。本文对白条银纹夜蛾的寄主专性进行研究, 评估该虫应用于入侵杂草的生物防控是否会危害其他植物。昆虫的生活史可以反映昆虫发生代数、各世代、各虫态的发生期和历期等情况<sup>[17]</sup>, 有助于评估白条银纹夜蛾防控加拿大一枝黄花的潜力。本文对白条银纹夜蛾取食不同寄主植物时生活史的主要指标进行分析, 确定该虫在不同寄主植物上的生活史差异, 探讨利用该虫防控加拿大一枝黄花的可行性, 为加拿大一枝黄花的生物防控提供参考依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 实验材料

7月上旬, 从野外加拿大一枝黄花入侵地植株上采集白条银纹夜蛾3~4龄幼虫。在室温和自然光下, 用加拿大一枝黄花新鲜叶片饲养昆虫。待昆虫结蛹后, 转移至网罩内, 让其羽化并自由交配。提供新鲜加拿大一枝黄花枝条供其产卵, 并每天更换。待幼虫孵化后, 立即从加拿大一枝黄花枝条上用毛笔端小心转移至小试管中, 用于试验。部分幼虫以加拿大一枝黄花叶片饲养备用。

### 1.2 寄主专性测试

供试植物的选择遵循以下原则<sup>[18-19]</sup>: 1) 与加拿大一枝黄花亲缘关系近的植物; 2) 与加拿大一枝黄花伴生的植物; 3) 重要的农作物、经济作物、林木及具有重要生态价值的植物; 4) 其他可能被取食的植物和文献中记载的该虫寄主植物(图1)。根据以上原则选择52科104种供试植物(附录)。

分别采集每种供试植物幼嫩叶片。将每种植物叶片略微剪碎, 取适量碎片分别置于试管中。每管投放已饥饿12小时的4龄幼虫5头, 重复3组, 置于生化培养箱(温度为 $27\pm 2$  °C, 湿度为 $75\pm 5\%$  RH, 光周期为L:D=15:9)中饲养。每隔24小时观察取食情况, 记录虫体生长的相关指标, 直至饥饿死亡。

### 1.3 不同寄主生活史测试

通过野外调查以及寄主植物专性筛选实验, 发现白条银纹夜蛾仅取食菊科的小飞蓬、钻叶紫菀(*Aster subulatus*)、马兰(*Kalimer isindica*)、一年蓬(*Erigeron annuus*)和加拿大一枝黄花。分别测试该

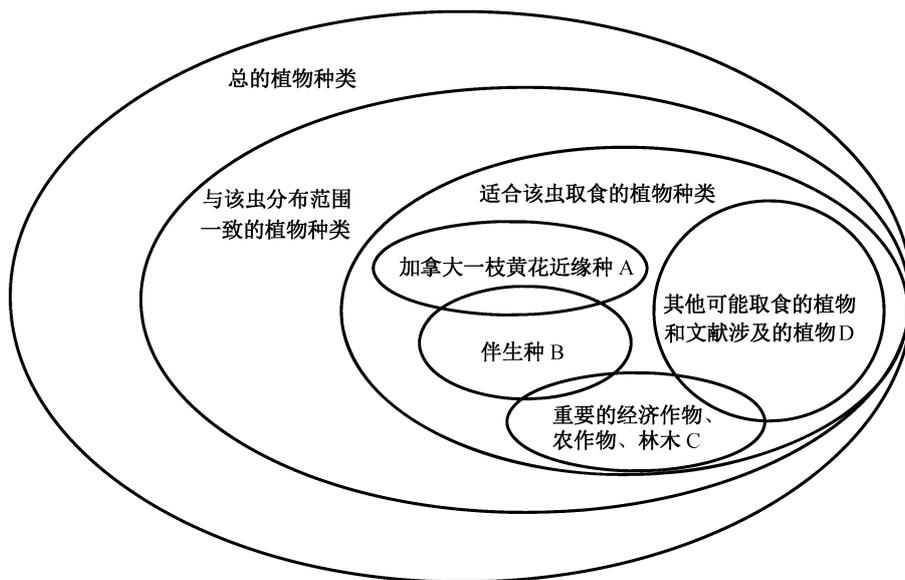


图 1 寄主专性测植物选定原则  
Fig. 1 Principle of choosing species for testing host specificity

虫以这 5 种植物为食料生活史的差异。生活史测试环境条件同寄主专性测试条件。

用毛笔端小心地将刚孵化的幼虫转移到试管中，每管 20 头，分别放入足量的 5 种供试植物叶片，用卷纸塞紧管口，重复 3 组。因幼虫有反重力方向迁移习性，所以试管口呈 15° 向下倾斜放置，使供试植物叶片在试管底部，并保证所有幼虫集中于叶片上。每隔 24 小时更换叶片，并统计昆虫成活率和龄期变化。待昆虫长到 3 龄时，为保证幼虫的生活空间，将幼虫转移至直径为 16 cm 的培养皿中，每天清理粪便，并补充新鲜叶片至结茧化蛹。化蛹后，将蛹从丝中分离，并转移至一次性纸杯中，用纱网封口。观察记录羽化时间和成虫存活时间。

#### 1.4 数据处理

所有数据用 Microsoft Excel 2010 工作表进行

整理，使用 Sigma plot 12.0 作图，利用 SPSS 16.0 进行数据统计和方差分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 寄主专性分析

对入侵地及周边地区 52 科 104 种自然分布种以及人工栽培种植物(见附录)寄主专性测定的结果是：24 小时后，仅在小飞蓬、钻叶紫菀、马兰、一年蓬和加拿大一枝黄花叶片上发现取食痕迹，其他植物叶片上均未发现咬痕；72 小时后，小飞蓬、钻叶紫菀、马兰、一年蓬和加拿大一枝黄花上的幼虫存活率高于 80%，其他植物上所有幼虫均死亡(表 1)。这个结果说明白条银纹夜蛾仅取食菊科植物小飞蓬、钻叶紫菀、马兰、一年蓬和加拿大一枝黄花(表 2)。

表 1 白条银纹夜蛾的取食专性测定结果  
Table 1 Results of host specificity of *A. albostrigata*

寄主植物选择范畴		总计	A	B	C	D
供试植物	科	52	1	13	41	12
	种	104	12	21	69	18
取食植物	科	1	1	0	0	0
	种	5	5	0	0	0

说明：A. 与加拿大一枝黄花亲缘关系近的植物；B. 与加拿大一枝黄花伴生的植物；C. 重要的农作物、经济作物、林木及具有重要生态价值的植物；D. 其他可能被取食的植物和文献中记载的该虫寄主植物。

表 2 被取食植物的种类、生活型、原产地和危害程度  
Table 2 Species, lifeform, geographic origins and harmful degree of plant intake

种	生活型	原产地	危害程度	主要参考文献
小飞蓬	一年生	北美洲	区域性恶性杂草	Prieur-Richard 等 <sup>[20]</sup> , Weaver <sup>[21]</sup>
钻叶紫菀	一年生	北美洲	一般竞争性杂草	刘克明等 <sup>[22]</sup> , 何家庆 <sup>[23]</sup>
马兰	多年生	中国	无明显危害	毛焕胜 <sup>[24]</sup>
一年蓬	一年生	北美洲	区域性恶性杂草	Bennington 等 <sup>[25]</sup> , 王瑞等 <sup>[26]</sup>
加拿大一枝黄花	多年生	北美洲	区域性恶性杂草	Werner 等 <sup>[27]</sup> , 何家庆 <sup>[23]</sup>

## 2.2 不同寄主生活史测试

### 2.2.1 存活率

饲喂不同植物对白条银纹夜蛾存活率有不同影响(图 2)。取食小飞蓬、钻叶紫菀、马兰和加拿大一枝黄花的昆虫存活率趋势较为一致, 即幼虫期存活率较高, 大量死亡期发生在成虫期, 分别为饲喂第 20~22 天、21~24 天、20~23 天和 23~27 天。饲喂一年蓬的幼虫在幼虫期存活率较低, 饲喂第 11~14 天有大量幼虫死亡, 仅极少量能存活到成虫期。这可能是由于一年蓬缺乏保证幼虫正常生长的某种营养物质。

### 2.2.2 龄期

饲喂不同植物对白条银纹夜蛾各龄期的影响不同(表 3)。在 1 龄期和 2 龄期, 取食一年蓬和加拿大一枝黄花的幼虫龄期较长; 在 3 龄期, 取食小飞蓬、钻叶紫菀和加拿大一枝黄花的幼虫龄期最长;

在 4 龄期和 5 龄期, 取食加拿大一枝黄花的幼虫龄期最长; 在 6 龄期, 取食钻叶紫菀和马兰的幼虫龄期最长; 在蛹期, 饲喂小飞蓬和加拿大一枝黄花的龄期最长; 在成虫期, 是饲喂钻叶紫菀和加拿大一枝黄花的昆虫龄期最长。4 龄期和 5 龄期是白条银纹夜蛾取食量最大的时期<sup>[14]</sup>, 饲喂加拿大一枝黄花时, 幼虫的这两个龄期显著长于饲喂其他植物 ( $p < 0.05$ ), 说明白条银纹夜蛾幼虫对加拿大一枝黄花叶片的破坏性可能强于其他植物。

### 2.2.3 化蛹率、羽化率、平均寿命和蛹重

从总体上看, 饲喂不同植物对白条银纹夜蛾的化蛹率、羽化率、平均寿命和蛹重 4 项指标均有显著影响( $p < 0.01$ , 表 4)。饲喂小飞蓬、钻叶紫菀、马兰和加拿大一枝黄花这 4 种植物时, 白条银纹夜蛾的化蛹率、羽化率、平均寿命和蛹重差异不显著 ( $p > 0.05$ , 图 3)。但是, 上述 4 种植物的各项指标均

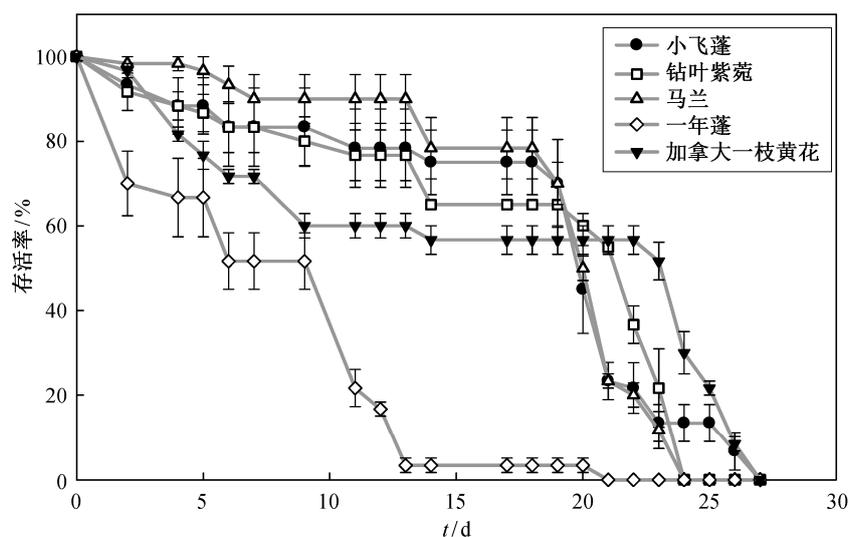


图 2 取食不同植物白条银纹夜蛾的存活率曲线

Fig. 2 Survival curves of *A. albostriata* fed on different plants

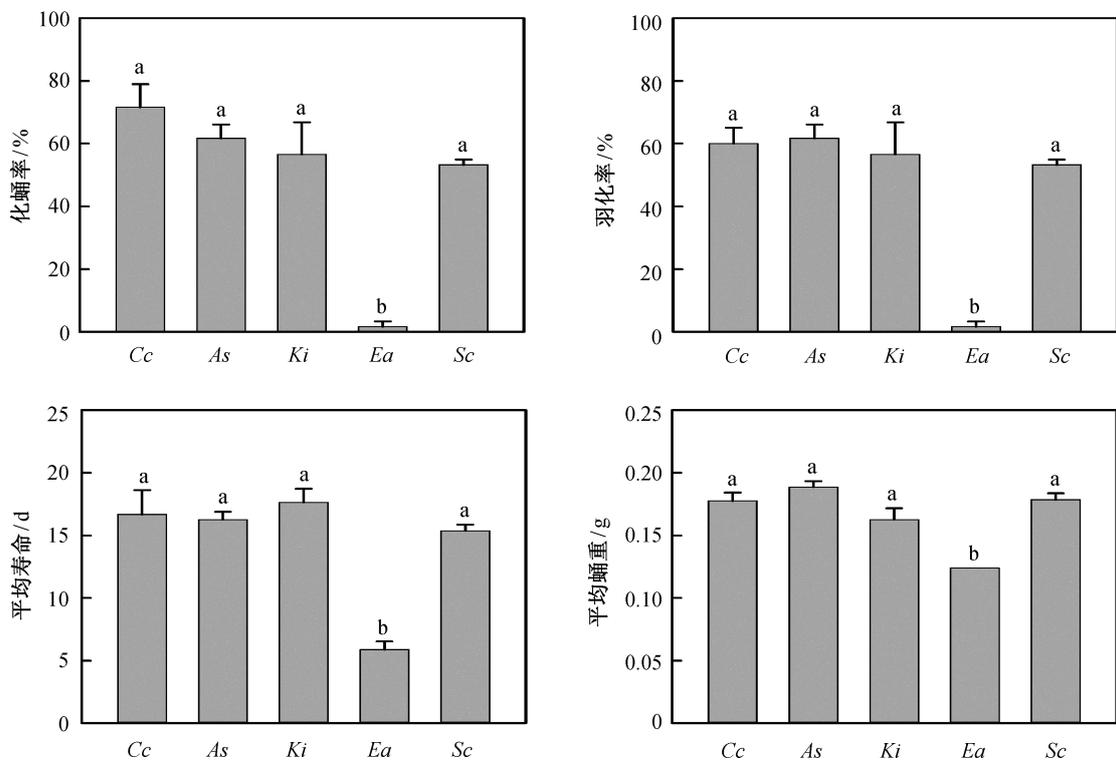
表 3 喂食 5 种不同植物对白条银纹夜蛾龄期的影响(天)  
Table 3 Influences on the length of different instars fed on different plants

测试植物	龄期/d							
	1 龄	2 龄	3 龄	4 龄	5 龄	6 龄	蛹期	成虫
小飞蓬	2.54±0.03 <sup>a</sup>	1.08±0.04 <sup>ab</sup>	2.85±0.10 <sup>a</sup>	1.11±0.05 <sup>a</sup>	1.65±0.09 <sup>a</sup>	1.22±0.06 <sup>a</sup>	7.63±0.14 <sup>a</sup>	1.69±0.12 <sup>a</sup>
钻叶紫菀	2.55±0.06 <sup>a</sup>	1.03±0.03 <sup>a</sup>	2.56±0.10 <sup>a</sup>	1.61±0.09 <sup>ab</sup>	2.55±0.09 <sup>b</sup>	1.84±0.11 <sup>b</sup>	5.02±0.12 <sup>b</sup>	2.86±0.13 <sup>c</sup>
马兰	2.50±0.05 <sup>a</sup>	1.14±0.05 <sup>b</sup>	1.84±0.08 <sup>b</sup>	1.17±0.07 <sup>a</sup>	1.58±0.10 <sup>a</sup>	1.85±0.16 <sup>b</sup>	5.44±0.11 <sup>c</sup>	1.79±0.13 <sup>a</sup>
一年蓬	4.82±0.14 <sup>b</sup>	2.17±0.08 <sup>c</sup>	1.22±0.15 <sup>c</sup>	2.00 <sup>*</sup>	1.00 <sup>*</sup>	2.00 <sup>*</sup>	5.00 <sup>*</sup>	2.00 <sup>*</sup>
加拿大一枝黄花	4.45±0.10 <sup>c</sup>	2.45±0.07 <sup>d</sup>	2.59±0.06 <sup>a</sup>	2.43±0.09 <sup>c</sup>	3.28±0.08 <sup>c</sup>	1.15±0.09 <sup>a</sup>	7.28±0.13 <sup>a</sup>	2.29±0.06 <sup>b</sup>

说明: 数据为各次重复的量测平均值±标准误; 同列不同字母表示处理间差异显著( $p < 0.05$ ); \*表示实验中仅获得一个数值。

表 4 饲喂不同植物对白条银纹夜蛾化蛹率、羽化率、平均寿命和蛹重影响的单因素方差分析  
Table 4 ANOVA test of effects of feeding on different plants on the pupation rate, emergence rate, longevity and pupa weight

差异来源	化蛹率		羽化率		平均寿命		平均蛹重	
	F	p	F	p	F	p	F	p
不同物种	20.72	<0.01	21.05	<0.01	19.56	<0.01	6.93	<0.01



Cc: 小飞蓬; As: 钻叶紫菀; Ki: 马兰; Ea: 一年蓬; Sc: 加拿大一枝黄花

图 3 取食不同植物对白条银纹夜蛾化蛹率、羽化率、平均寿命和蛹重的影响

Fig. 3 Influences on pupation rate, emergence rate, longevity and pupation weight of *A. albostriata* fed on different plants

显著高于取食一年蓬的幼虫( $p < 0.05$ ), 说明白条银纹夜蛾能够在小飞蓬、马兰、钻叶紫菀和加拿大一枝黄花上正常生长, 而取食一年蓬的白条银纹夜蛾生长受到严重抑制。

### 3 讨论

#### 3.1 白条银纹夜蛾的食性分析

我们还发现白条银纹夜蛾仅取食菊科 5 种植物, 表明该虫为寡食性昆虫。该虫在小飞蓬、钻叶紫菀、马兰、加拿大一枝黄花均可完成生活史, 极少数幼虫在一年蓬上也能完成生活史。我们发现取食的 5 种植物(除马兰外)均为杂草, 利用价值小, 其中小飞蓬、一年蓬和加拿大一枝黄花等甚至有严重的危害(表 2), 这在一定程度上可避免投放白条银纹夜蛾防控加拿大一枝黄花时, 对其他有经济价值的植物产生危害。

文献[28-29]记载白条银纹夜蛾的寄主植物有小飞蓬、白菜、甘蓝、桃和马尾松等, 但我们的寄主专性研究结果显示, 该虫并不取食白菜、甘蓝、桃和马尾松, 说明其食性可能会随着时间或者寄主植物种类及环境条件等的变化而变化。我们先前的观察也发现, 在小飞蓬、钻叶紫菀、马兰、加拿大一枝黄花和一年蓬 5 种植物同时存在时, 该虫优先取食加拿大一枝黄花。由于供试昆虫的亲本采集于加拿大一枝黄花的植株上, 且在其上羽化和产卵, 所以是否因亲代取食的植物种类影响供试昆虫的取食优先性, 需要进一步研究。昆虫的食性不仅受到遗传因素的影响, 还受到环境因素的影响<sup>[30]</sup>, 在完全野生的条件下, 其食性是否会发生改变, 尚需进一步的探索。至于加拿大一枝黄花已成该虫优先取食的现象, 可能需要从环境因素及虫体内消化系统的生化与分子机制方面找原因。另外, 该幼虫对同为菊科的一年蓬有严重利用障碍, 可能是由于一年蓬叶片中缺乏白条银纹夜蛾生长过程所必需的营养物质<sup>[31-32]</sup>。

#### 3.2 白条银纹夜蛾与加拿大一枝黄花分布区的分析

目前, 加拿大一枝黄花在中国的安徽、江苏、上海和浙江等省市已泛滥成灾, 造成巨大经济损失。在辽宁、山东、陕西、四川、云南、湖北、江西、广东和台湾等地也有报道, 并且呈现快速扩张的趋势<sup>[33-34]</sup>。

白条银纹夜蛾在国内的分布区域为安徽、江

苏、浙江、上海、台湾、山东、辽宁、陕西和四川等地<sup>[28-29]</sup>, 涵盖大部分加拿大一枝黄花的入侵区域, 特别是在安徽、江苏、上海和浙江等加拿大一枝黄花泛滥区有分布, 为防控所侵入地区的加拿大一枝黄花提供了天敌昆虫的自然种群。

#### 3.3 白条银纹夜蛾与加拿大一枝黄花发生时间和防控方法的分析

野外观察发现, 白条银纹夜蛾在合肥地区一年发生 4~5 代, 5 月底至 6 月初气温升高时开始发生, 7—9 月为发生高峰期。3—9 月为加拿大一枝黄花营养生长期, 其中夏季是其营养生长和克隆繁殖的旺盛期, 9 月中旬开始现蕾, 10 月为盛花期<sup>[35]</sup>。白条银纹夜蛾的发生时间与加拿大一枝黄花的营养生长期相互吻合, 且在加拿大一枝黄花地上部分枯萎的休眠期不发生, 这会避免该虫为度过食物短缺季节寻找第二寄主而对其他植物造成危害。

马森等<sup>[1]</sup>发现, 只有高强度的去叶处理, 才能显著降低加拿大一枝黄花的光合作用, 有效地抑制其根茎、地上茎和叶片的生长。白条银纹夜蛾 5 月底开始发生时, 加拿大一枝黄花的高度已经接近 1 m, 叶片数超过 50 片<sup>[35]</sup>。经测算, 每头昆虫生活史周期取食量换算为叶片数约为 20 片, 且 3~6 龄期昆虫取食量最大。这意味着在防控加拿大一枝黄花时, 必须充分考虑天敌对该草的危害程度, 选择合适的投放密度、合适龄期的幼虫以及恰当的投放时机。

白条银纹夜蛾在野外条件下对加拿大一枝黄花的危害程度、无性繁殖和有性繁殖的影响有待进一步确定。同时, 白条银纹夜蛾的天敌、气候因素也可能会对实际利用该虫防控加拿大一枝黄花产生影响, 这是我们下一步研究的方向。

#### 参考文献

- [1] 马森. 加拿大一枝黄花的入侵生物学研究[D]. 上海: 复旦大学, 2003
- [2] 郭水良, 方芳. 入侵植物加拿大一枝黄花对环境的生理适应性研究. 植物生态学报, 2003, 27(1): 47-52
- [3] 孙晓方, 何家庆, 黄训端, 等. 不同光强对加拿大一枝黄花生长和叶绿素荧光的影响. 西北植物学报, 2008, 28(4): 752-758
- [4] 葛结林, 何家庆, 孙晓方, 等. 入侵植物加拿大一枝黄花对土壤水分变化的生态学响应. 西北植物学报, 2010, 30(3): 575-585

- [5] 董梅, 陆建忠, 张文驹, 等. 加拿大一枝黄花: 一种正在迅速扩张的外来入侵植物. 植物分类学报, 2006, 44(1): 72–85
- [6] Zhang S, Jin Y, Tang J, et al. The invasive plant *Solidago canadensis* L. suppresses local soil pathogens through allelopathy. *Applied Soil Ecology*, 2009, 41(2): 215–222
- [7] Zhang L, Zhang Y, Zou J, et al. Decomposition of *Phragmites australis* litter retarded by invasive *Solidago canadensis* in mixtures: an antagonistic non-additive effect. *Scientific Reports*, 2014(4): 5488
- [8] 李博, 陈家宽. 生物入侵生态学: 成就与挑战. 世界科技研究与发展, 2002, 24(2): 26–36
- [9] Guo S, Jiang H, Fang F, et al. Influences of herbicides, uprooting and use as cut flowers on sexual reproduction of *Solidago canadensis*. *Weed Research*, 2009, 49(3): 291–299
- [10] Ding J, Reardon R, Wu Y, et al. Biological control of invasive plants through collaboration between China and the United States of America: a perspective. *Biological Invasions*, 2006, 8(7): 1439–1450
- [11] 蒋华伟, 方芳, 郭水良. 日本菟丝子 (*Cuscuta japonica*) 寄生对加拿大一枝黄花 (*Solidago canadensis*) 生理生态特性的影响. 生态学报, 2008, 28(1): 399–406
- [12] 汪学敏, 何家庆, 王强, 等. 南方菟丝子对加拿大一枝黄花的寄生控制效应. 西北植物学报, 2011, 31(4): 761–767
- [13] Tang W, Zhu Y, He H, et al. First report of Southern blight on Canadian goldenrod (*Solidago canadensis*) caused by *Sclerotium rolfsii* in China. *Plant Disease*, 2010, 94(9): 1172–1172
- [14] 王强, 何家庆, 陈谦, 等. 取食加拿大一枝黄花的白条银纹夜蛾生物学特性及食性研究. 中国农学通报, 2011, 27(4): 60–65
- [15] McBrien H, Harmsen R, Crowder A. A case of insect grazing affecting plant succession. *Ecology*, 1983, 64(5): 1035–1039
- [16] Huffaker C B. Theory and practice of biological control. Amsterdam, 2012
- [17] 蒲天胜. 对昆虫生活史有关问题的认识与讨论. 广西植保, 2005, 18(2): 24–27
- [18] 李保平, 孟玲. 杂草生物防治中天敌昆虫寄主专一性测定及其风险分析. 中国生物防治, 2006, 22(3): 161–168
- [19] 刘爱萍, 徐林波, 王慧, 等. 丝路蓟天敌——丝路蓟绿叶甲的寄主专一性. 草业科学, 2008, 25(11): 98–102
- [20] Prieur-Richard A H, Lavorel S, Grigulis K, et al. Plant community diversity and invasibility by exotics: invasion of Mediterranean old fields by *Conyza bonariensis* and *Conyza canadensis*. *Ecology Letters*, 2000, 3(5): 412–422
- [21] Weaver S E. The biology of Canadian weeds. 115. *Conyza canadensis*. *Canadian Journal of Plant Science*, 2001, 81(4): 867–875
- [22] 刘克明, 胡光万. 湖南的新记录植物(二). 生命科学研究, 1998, 2(1): 37
- [23] 何家庆. 中国外来植物. 上海: 上海科学技术出版社, 2012: 278
- [24] 毛焕胜. 食药两用的马兰. 蔬菜, 2000, 8: 32
- [25] Bennington C, Stratton D. Field tests of density and frequency dependent selection in *Erigeron annuus* (Compositae). *American Journal of Botany*, 1998, 85(4): 540–545
- [26] 王瑞, 王印政, 万方浩. 外来入侵植物一年蓬在中国的时空扩散动态及其潜在分布区预测. 生态学杂志, 2010, 29(6): 1068–1074
- [27] Werner P A, Gross R S, Bradbury I K. The biology of Canadian weeds: 45. *Solidago canadensis* L. *Canadian Journal of Plant Science*, 1980, 60(4): 1393–1409
- [28] 朱弘复. 中国经济昆虫志. 北京: 科学出版社, 1963
- [29] 章士美, 赵泳祥. 中国农林昆虫地理分布. 北京: 中国农业出版社, 1996: 267–268
- [30] 戴华国, 孙丽娟. 寄主植物对植食性昆虫种下分化和新种形成的影响. 武夷科学, 2002, 18(1): 243–246
- [31] 钦俊德. 昆虫与植物关系的研究进展和前景. 动物学报, 1995, 41(1): 12–20
- [32] 钦俊德. 诠释植食性昆虫是怎样选择食料植物的. 生物学通报, 2003, 38(6): 1–3
- [33] 余岩, 陈立立, 何兴金. 基于 GARP 的加拿大一枝黄花在中国的分布区预测. 云南植物研究, 2009, 31(1): 57–62
- [34] 陆建忠, 翁恩生, 吴晓雯, 等. 加拿大一枝黄花在中国的潜在入侵区预测. 植物分类学报, 2007, 45(5): 670–674
- [35] 黄华, 郭水良. 外来入侵植物加拿大一枝黄花繁殖生物学研究. 生态学报, 2005, 25(11): 2795–2803

附录 白条银纹夜蛾的寄主专性测定植物种类和结果

供试植物	学名	取食	化蛹	羽化	所属类别	供试植物	学名	取食	化蛹	羽化	所属类别
菊科	Compositae					苋科	Amaranthaceae				
小薊	<i>Cephalanoplos segetum</i>	-	-	-	A	苋	<i>Amaranthus tricolor</i>	-	-	-	B
野艾蒿	<i>Artemisia lavandulaefolia</i>	-	-	-	AB	喜旱莲子草	<i>Alternanthera philoxeroides</i>	-	-	-	B
黄鹌菜	<i>Youngia japonica</i>	-	-	-	A	鸭跖草科	Commelinaceae				
黄花蒿	<i>Artemisia annua</i>	-	-	-	A	火柴头	<i>Commelina bengalensis</i>	-	-	-	BD
一年蓬	<i>Erigeron annuus</i>	+	+	+	AB	鸭跖草	<i>Commelina communis</i>	-	-	-	BCD
小飞蓬	<i>Conyza canadensis</i>	+	+	+	AB	紫竹梅	<i>Setcreasea purpurea</i>	-	-	-	C
艾	<i>Artemisia argyi</i>	-	-	-	A	鸬尾科	Iridaceae				
野菊花	<i>Dendranthema indicum</i>	-	-	-	AB	鸬尾	<i>Iris tectorum</i>	-	-	-	C
天名精	<i>Carpesium abrotanoides</i>	-	-	-	AB	藜科	Chenopodiaceae				
苍耳	<i>Xanthium sibiricum</i>	-	-	-	A	藜	<i>Chenopodium album</i>	-	-	-	BD
马兰	<i>Kalimeris indica</i>	+	+	+	AB	石蒜科	Amaryllidaceae				
钻叶紫菀	<i>Aster subulatus</i>	+	+	+	A	葱莲	<i>Zephyranthes candida</i>	-	-	-	C
十字花科	Brassicaceae					酢浆草科	Oxalidaceae				
甘蓝	<i>Brassica oleracea var. capitata</i>	-	-	-	C	红花酢浆草	<i>Oxalis corymbosa</i>	-	-	-	C
白菜	<i>Brassica pekinensis</i>	-	-	-	C	紫茉莉科	Nyctaginaceae				
油菜	<i>Brassica campestris</i>	-	-	-	C	紫茉莉	<i>Mirabilis jalapa</i>	-	-	-	C
石榴科	Punicaceae					千屈菜科	Lythraceae				
石榴	<i>Punica granatum</i>	-	-	-	C	紫薇	<i>Lagerstroemia indica</i>	-	-	-	C
茄科	Solanaceae					小檗科	Berberidaceae				
茄	<i>Solanum melongena</i>	-	-	-	C	南天竹	<i>Nandina domestica</i>	-	-	-	C
芸香科	Rutaceae					腊梅科	Calycanthaceae				
花椒	<i>Zanthoxylum bungeanum</i>	-	-	-	C	腊梅	<i>Chimonanthus praecox</i>	-	-	-	C
天南星科	Araceae					莎草科	Cyperaceae				
魔芋	<i>Amorphophallus rivieri</i>	-	-	-	C	莎草	<i>Cyperus rotundus</i>	-	-	-	B
鼠李科	Rhamnaceae					桔梗科	Campanulaceae				
枣树	<i>Ziziphus jujuba</i>	-	-	-	C	半边莲	<i>Lobelia chinensis</i>	-	-	-	B
柏科	Cupressaceae					马齿苋科	Portulacaceae				
侧柏	<i>Platycladus orientalis</i>	-	-	-	C	马齿苋	<i>Portulaca oleracea</i>	-	-	-	BD
棕榈科	Palmae					蓼科	Polygonaceae				
棕榈	<i>Trachycarpus fortunei</i>	-	-	-	C	长鬃蓼	<i>Polygonum longisetum</i>	-	-	-	B
榆科	Ulmaceae					车前草科	Plantaginaceae				
榆树	<i>Ulmus pumila</i>	-	-	-	C	车前草	<i>Plantago asiatica</i>	-	-	-	BD
银杏科	Ginkgoaceae					爵床科	Acanthaceae				
银杏	<i>Ginkgo biloba</i>	-	-	-	C	爵床	<i>Rostellularia procumbens</i>	-	-	-	D
杨柳科	Salicaceae					楝科	Meliaceae				
垂柳	<i>Salix babylonica</i>	-	-	-	C	香椿	<i>Toona sinensis</i>	-	-	-	C
白杨	<i>Populus tomentosa</i>	-	-	-	C	苦楝	<i>Melia azedarace</i>	-	-	-	C
无患子科	Sapindaceae					葫芦科	Cucurbitaceae				

续附录

供试植物	学名	取食	化蛹	羽化	所属类别	供试植物	学名	取食	化蛹	羽化	所属类别
无患子	<i>Sapindus mukorossi</i>	-	-	-	C	西瓜	<i>Citrullus lanatus</i>	-	-	-	C
木兰科	Magnoliaceae					葫芦	<i>Lagenaria siceraria</i>	-	-	-	C
辛夷	<i>Magnolia liliflora</i>	-	-	-	C	南瓜	<i>Cucurbita moschata</i>	-	-	-	C
深山含笑	<i>Michelia maudiae</i>	-	-	-	C	松科	Pinaceae				
荷花玉兰	<i>Magnolia grandiflora</i>	-	-	-	C	雪松	<i>Cedrus deodara</i>	-	-	-	C
白玉兰	<i>Magnolia denudata</i>	-	-	-	C	马尾松	<i>Pinus massoniana</i>	-	-	-	CD
美人蕉科	Cannaceae					蔷薇科	Rosaceae				
美人蕉	<i>Canna indica</i>	-	-	-	C	月季	<i>Rosa chinensis</i>	-	-	-	C
金缕梅科	Hamamelidaceae					火棘	<i>Pyracantha fortuneana</i>	-	-	-	C
红花檵木	<i>Loropetalum chinense var. rubrum</i>	-	-	-	C	紫叶李	<i>Prunus cerasifera. Atropurpurea</i>	-	-	-	C
五加科	Araliaceae					贴梗海棠	<i>Chaenomeles speciosa</i>	-	-	-	C
八角金盘	<i>Fatsia japonica</i>	-	-	-	C	桃	<i>Amygdalus persica</i>	-	-	-	CD
杜鹃花科	Ericaceae					桑科	Moraceae				
杜鹃花	<i>Rhododendron simsii</i>	-	-	-	C	构树	<i>Broussonetia papyrifera</i>	-	-	-	C
槭树科	Aceraceae					无花果	<i>Ficus carica</i>	-	-	-	C
五角枫	<i>Acer elegantulum</i>	-	-	-	C	桑	<i>Morus alba</i>	-	-	-	C
旋花科	Convolvulaceae					葎草	<i>Humulus scandens</i>	-	-	-	BD
蕹菜	<i>Ipomoea aquatica</i>	-	-	-	C	忍冬科	Caprifoliaceae				
红薯	<i>Ipomoea batatas</i>	-	-	-	C	金银花	<i>Lonicera japonica</i>	-	-	-	C
牵牛	<i>Pharbitis nil</i>	-	-	-	B	木犀科	Oleaceae				
打碗花	<i>Calystegia hederacea</i>	-	-	-	B	桂花	<i>Osmanthus fragrans</i>	-	-	-	C
马蹄金	<i>hondra repens</i>	-	-	-	D	丁香	<i>Syzygium aromaticum</i>	-	-	-	C
茜草科	Rubiaceae					小蜡树	<i>Ligustrum sinense</i>	-	-	-	CD
栀子花	<i>Gardenia jasminoides</i>	-	-	-	C	迎春花	<i>Jasminum nudiflorum</i>	-	-	-	C
豆科	Leguminosae					禾本科	Gramineae				
龙爪槐	<i>Sophora japonica var. japonica</i>	-	-	-	C	紫竹	<i>Phyllostachys nigra</i>	-	-	-	C
合欢	<i>Albizia julibrissin</i>	-	-	-	C	狗尾草	<i>Setaria viridis</i>	-	-	-	B
紫藤	<i>Wisteria sinensis</i>	-	-	-	C	大戟科	Euphorbiaceae				
合萌	<i>Aeschynomene indica</i>	-	-	-	D	铁苋菜	<i>Acalypha australis</i>	-	-	-	D
紫荆	<i>Cercis chinensis</i>	-	-	-	C	通奶草	<i>Euphorbia hypericifolia</i>	-	-	-	D
鸡眼草	<i>Kummerowia striata</i>	-	-	-	D	葡萄科	Vitaceae				
落花生	<i>Arachis hypogaea</i>	-	-	-	C	葡萄	<i>Vitis vinifera</i>	-	-	-	C
天蓝苜蓿	<i>Medicago lupulina</i>	-	-	-	C	乌敛莓	<i>Cayratia japonica.</i>	-	-	-	B
国槐	<i>Sophora japonica</i>	-	-	-	D	百合科	Liliaceae				
豇豆	<i>Vigna unguiculata</i>	-	-	-	D	麦冬	<i>Ophiopogon japonicus</i>	-	-	-	C
卫矛科	Celastraceae					吊兰	<i>Chlorophytum comosum</i>	-	-	-	C
丝棉木	<i>Euonymus bungeanus</i>	-	-	-	C	锦葵科	Malvaceae				
蝶形花科	Papilionaceae					木槿	<i>Hibiscus syriacus</i>	-	-	-	C
车轴草	<i>Galium odoratum</i>	-	-	-	CD	棉花	<i>Gossypium herbaceum</i>	-	-	-	C

说明:“-”表示不出现;“+”表示出现;A, B, C 和 D 表示植物所属的类别, 同表 1。