

DOI: 10.12101/j.issn.1004-390X(n).201708015

## 取食紫茎泽兰对斜纹夜蛾生长发育及繁殖的影响\*

王尹<sup>1</sup>, 李胜<sup>1</sup>, 姜丽娜<sup>1</sup>, 木霖<sup>2</sup>, 喜超<sup>1,3</sup>, 岳英<sup>2\*\*</sup>, 桂富荣<sup>1,3\*\*</sup>

(1. 云南农业大学植物保护学院, 云南昆明 650201;

2. 云南省农业环境保护监测站, 云南昆明 650201;

3. 云南省高原特色农业产业研究院, 云南昆明 650201)

**摘要:**【目的】为了明确斜纹夜蛾取食紫茎泽兰对其生长发育和繁殖的影响。【方法】在室内分别利用紫茎泽兰和白菜叶片饲喂斜纹夜蛾幼虫, 比较其生长发育、繁殖及存活差异。【结果】斜纹夜蛾可在紫茎泽兰上完成整个世代, 但相较于其适宜寄主白菜, 取食紫茎泽兰叶片导致其生长发育速率降低、历期延长、体重减轻, 存活率、羽化率和繁殖力下降。取食紫茎泽兰的斜纹夜蛾各龄幼虫发育历期和蛹期与取食白菜叶片的斜纹夜蛾间差异显著 ( $P < 0.05$ ), 取食紫茎泽兰的幼虫其历期比取食白菜的延长 10.26 d; 取食紫茎泽兰的斜纹夜蛾 1~6 龄幼虫的体重显著低于取食白菜的同龄幼虫 ( $P < 0.05$ ); 蛹重比取食白菜的斜纹夜蛾蛹重低 15.79% ( $P < 0.05$ ); 紫茎泽兰上的斜纹夜蛾幼虫的累计存活率和羽化率分别为 40.61% 和 83.33%, 分别比白菜上降低 31.96% 和 11.67% ( $P < 0.05$ ); 同时, 取食紫茎泽兰叶片可导致斜纹夜蛾成虫产卵期延长, 单雌产卵量下降, 并对其性比产生一定影响。【结论】斜纹夜蛾取食紫茎泽兰虽不利于自身的生长发育, 但能够完成整个世代, 说明紫茎泽兰可以作为斜纹夜蛾的寄主植物, 斜纹夜蛾具有成为紫茎泽兰天敌的潜力。

**关键词:** 斜纹夜蛾; 紫茎泽兰; 生长发育; 繁殖力

中图分类号: S 451.1

文献标识码: A

文章编号: 1004-390X (2018) 05-0836-06

## Effects of *Ageratina adenophora* on the Growth and Adult Fecundity of *Spodoptera litura*

WANG Yin<sup>1</sup>, LI Sheng<sup>1</sup>, JIANG Lina<sup>1</sup>, MU Lin<sup>2</sup>, XI Chao<sup>1,3</sup>, YUE Ying<sup>2</sup>, GUI Furong<sup>1,3</sup>

(1. College of Plant Protection, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China;

2. Yunnan Agri-environmental Protection and Monitoring Center, Kunming 650201, China;

3. Yunnan Plateau Characteristic Agriculture Industry Research Institute, Kunming 650201, China)

**Abstract:** [Purpose] To clarify the effects of *Ageratina adenophora* on the growth and fecundity of *Spodoptera litura*. [Method] The study on the effect of host plant as the *A. adenophora* and *Brassica rapa* on the growth, fecundity and survival of *S. litura* were conducted in laboratory [Result] *S. litura* can complete a whole generation fed with leaves of *A. adenophora*. But compared with the suitable host plant *B. rapa*, the growth rate of *S. litura* decreased, duration prolonged, weight loss, and survival rate, eclosion rate and fecundity decreased feeding on the leaves of *A. adenophora*. The

收稿日期: 2017-08-03

修回日期: 2017-12-18

网络出版时间: 2018-10-16

\*基金项目: 国家自然科学基金项目 (31660546, 31260450); 国家重点研发计划重点专项 (2016YFC1202100); 云南省科技人才培养计划项目 (2013HB072) 和云南省农业环境保护监测站项目。

作者简介: 王尹 (1993—), 男, 重庆忠县人, 在读硕士研究生, 主要从事农业昆虫与害虫防治研究。

E-mail: 511743918@qq.com

\*\*通信作者 Corresponding authors: 岳英 (1964—), 女, 云南昆明人, 高级农艺师, 主要从事农业环境保护研究。E-mail: ynyueying@126.com; 桂富荣 (1973—), 男, 云南会泽人, 教授, 博士生导师, 主要从事外来入侵生物研究。E-mail: furonggui18@sina.com

网络出版地址: [http://dx.doi.org/10.12101/j.issn.1004-390X\(n\).201708015](http://dx.doi.org/10.12101/j.issn.1004-390X(n).201708015)

larval and pupal duration of *S. litura* feeding on the leaves of the two host plants have significant difference ( $P < 0.05$ ), the larval duration of *S. litura* was prolonged 10.26 days fed on *A. adenophora*. The weight of the 1<sup>st</sup> to 6<sup>th</sup> the instar larvae of *S. litura* feeding on *A. adenophora* were significantly decreased than those of the same instar of *S. litura* feeding on *B. rapa*, and pupal weight decreased by 15.79% ( $P < 0.05$ ) than feeding on *B. rapa*. The larval survival rate and eclosion rate of *S. litura* feeding on *A. adenophora* were 40.61% and 83.33%. It was decreased by 31.96% and 11.67% than feeding on *B. rapa* ( $P < 0.05$ ), respectively. Meanwhile, it caused a prolong for the oviposition duration of adult *S. litura*, significantly decreased the single female fecundity that feeding on *A. adenophora*, and decreased the sex ratio of *S. litura* population. [ **Conclusion** ] Although the leaves of *A. adenophora* were not suitable for the growth and development of *S. litura*, the insect may eventually adapt to it as a host plant and completed a whole generation. So *S. litura* has the potential to become one kind of generalist enemy of *A. adenophora*.

**Keywords:** *Spodoptera litura*; *Ageratina adenophora*; growth; fecundity

紫茎泽兰 (*Ageratina adenophora*) 是中国外来入侵物种中危害最为严重的入侵植物之一, 于 20 世纪 40 年代由中缅边境传入中国云南省, 现已在云南、贵州、四川等省区广泛分布和危害<sup>[1-2]</sup>, 不仅给入侵地的农林牧业带来巨大的经济损失, 还对入侵地的生态系统造成破坏; 因此开展对紫茎泽兰的防治已势在必行<sup>[3]</sup>。利用天敌昆虫防治紫茎泽兰是控制其传播扩散的主要方法之一。根据对寄主植物的选择性差异, 天敌昆虫可分为广食性和专食性天敌两大类<sup>[4]</sup>。泽兰实蝇 (*Procecidochares utilis*) 为紫茎泽兰的专食性天敌, 对紫茎泽兰的生长、繁殖均具有一定的抑制作用<sup>[5-6]</sup>, 但除了在夏威夷和新西兰取得很好的防治效果<sup>[6-7]</sup>外, 并没有在其他国家和地区达到理想的控制效果<sup>[8-9]</sup>。在中国, 有研究表明: 东方行军蚁 (*Dorylus orientalis*)<sup>[10]</sup> 和昆明旌蚧 (*Ortheziidae quadrua*)<sup>[11]</sup> 是紫茎泽兰的广食性天敌。此外, 斜纹夜蛾 (*Spodoptera litura*) 具有分布范围广、食性杂、繁殖潜能大、对外部环境条件适应能力强等特点<sup>[12]</sup>, 其幼虫 (2~3 龄) 可取食紫茎泽兰<sup>[13]</sup>, 因此斜纹夜蛾也可能是紫茎泽兰的广食性天敌。

目前, 天敌昆虫防治是较为理想的控制外来植物入侵的方法, 一般从原产地考察、引进和释放寄主专一性天敌<sup>[14]</sup>。但长期研究表明: 在入侵地发现了不少广食性天敌对入侵植物具有控制作用的现象, 其中有部分也是农业害虫, 如甜菜白带野螟 (*Hymenia recurvalis*) 是甜菜上的重要经济害虫, 但它对空心莲子草 (*Alternanthera philoxeroides*) 有极强的趋性, 且取食量极大, 发生严重时可将

某些区域空心莲子草被取食得只剩茎秆和叶片主脉, 对陆生型空心莲子草控效显著<sup>[15-16]</sup>。昆明旌蚧是一种园林植物主要害虫, 有研究表明: 它可以感染紫茎泽兰和飞机草 (*Chromolaena odorata*) 这两种外来入侵植物, 并使其生活力下降直至死亡, 该虫主要聚集于茎结处危害, 吸食植株的汁液<sup>[11]</sup>。而斜纹夜蛾寄主范围过于广泛, 可从不同空间的角度考虑, 进行安全性试验后, 释放到林地、荒坡等生态系统, 又或可借鉴澳大利亚对待空心莲子草的方法, 对斜纹夜蛾进行检疫性分区管理。

本研究通过测定斜纹夜蛾取食紫茎泽兰叶片后的生长发育、繁殖能力以及存活情况, 并以其较适宜寄主植物白菜作为对照, 以进一步探讨斜纹夜蛾以紫茎泽兰作为寄主植物的适应性, 为紫茎泽兰的广谱性天敌防治提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

#### 1.1.1 供试虫源

于河南省济源白云实业有限公司 (已未接触杀虫剂连续饲养 14 年) 购得斜纹夜蛾卵, 饲养于人工气候箱 (光周期  $L : D = 16 \text{ h} : 8 \text{ h}$ , 温度  $27 \text{ }^\circ\text{C} \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ ) 内, 取得  $F_1$  代初孵幼虫用于试验。

#### 1.1.2 供试寄主植物

紫茎泽兰种子采自云南省昆明市落索坡 ( $E 102.74^\circ$ ,  $N 25.12^\circ$ ), 育苗至植株高 30~40 cm 后采摘叶片喂养斜纹夜蛾。白菜购自云南省昆明市盘龙区蒜村农贸市场。

## 1.2 试验方法

将斜纹夜蛾初孵幼虫置于玻璃培养皿 ( $d=11.5\text{ cm}$ ,  $h=2.2\text{ cm}$ ) 中, 用清洗消毒后的紫茎泽兰及白菜新鲜叶片 (事先用 5% 新鲜石灰粉抹洗浸泡、洗净晒干) 饲养。将 2 龄后单头接入玻璃指形管 ( $d=2.8\text{ cm}$ ,  $h=8\text{ cm}$ ) 内, 分别放入不同供试寄主, 并用棉塞塞紧指形管管口, 防止幼虫逃逸。将指形管放入人工气候箱内培养 ( $27\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 光周期  $16\text{ L} : 8\text{ D}$ )。根据每天取食情况更换新鲜寄主植物叶片, 清除残留及粪便。每隔 12 h 观察 1 次, 记录幼虫发育和存活情况, 每种寄主植物测试 20 头幼虫, 重复 3 次。同时另外选取 200 头用以补充与死亡虫口数相同且同一龄期的斜纹夜蛾活虫, 使供试虫口总数始终保持 60 头。观察记录每天幼虫的存活数、化蛹数和羽化数, 计算幼虫发育历期、幼虫存活率及成虫羽化率, 并称量不同龄期幼虫及蛹的重量。

成虫羽化后, 随机按雌雄比 1 : 1 配对饲养于自制的产卵容器中 (产卵容器由铁丝做成 1 个  $8\text{ cm}\times 8\text{ cm}\times 8\text{ cm}$  的框架, 用保鲜膜将铁丝各面围住), 产卵容器底部放入 10% 蜂蜜水, 以供成虫补充营养。斜纹夜蛾成虫在产卵容器中自由交配产卵, 记录成虫寿命、雌雄比、产卵期和单雌产卵量, 以及卵的发育历期和孵化率。

## 1.3 数据分析

以上试验数据, 均使用 Excel 2007 和 SPSS 23.0 软件进行处理, 应用独立样本  $t$  检验分析两种寄主饲养的斜纹夜蛾各项指标的差异。

## 2 结果与分析

### 2.1 取食紫茎泽兰及白菜叶片对斜纹夜蛾发育历期的影响

斜纹夜蛾取食紫茎泽兰及白菜叶片后的发育历期差异明显 (表 1), 取食紫茎泽兰的斜纹夜蛾各龄幼虫和蛹的发育历期均显著长于取食白菜叶片的斜纹夜蛾 ( $P<0.05$ )。其中, 紫茎泽兰上的幼虫历期为 22.60 d, 显著长于白菜上的 10.26 d ( $P<0.05$ ); 两种寄主饲养的斜纹夜蛾均为 6 龄幼虫发育历期最长, 且紫茎泽兰上饲养的是白菜上的 2.84 倍 ( $P<0.05$ ); 同时, 紫茎泽兰上的斜纹夜蛾蛹期为 11.40 d, 比白菜上的斜纹夜蛾蛹期长 3.43 d ( $P<0.05$ )。

表 1 斜纹夜蛾取食紫茎泽兰及白菜叶片的发育历期  
Tab. 1 Development duration of *S. litura* fed with leaves of *A. adenophora* and *B. rapa* <sup>d</sup>

发育阶段 development duration	寄主植物 host plants	
	紫茎泽兰 <i>A. adenophora</i>	白菜 <i>B. rapa</i>
1 龄 1 <sup>st</sup> instar	2.30±0.53 a	1.27±0.34 b
2 龄 2 <sup>nd</sup> instar	2.35±0.47 a	1.97±0.43 b
3 龄 3 <sup>rd</sup> instar	2.48±0.34 a	1.93±0.37 b
4 龄 4 <sup>th</sup> instar	2.84±0.39 a	1.87±0.36 b
5 龄 5 <sup>th</sup> instar	3.38±0.47 a	2.04±0.46 b
6 龄 6 <sup>th</sup> instar	9.23±0.83 a	3.24±0.49 b
幼虫期 larvae stage	22.60±0.49 a	12.34±0.95 b
预蛹期 prepupal duration	2.02±0.41 a	1.60±0.46 b
蛹期 pupal duration	11.40±0.80 a	7.97±0.73 b

注: 同行不同小写字母表示差异显著 (独立样本  $t$  检验,  $P<0.05$ ), 下同。

Note: Different lowercase letters in the same lines indicate significant difference (independent  $t$ -test,  $P<0.05$ ), the same as below.

### 2.2 取食紫茎泽兰及白菜叶片对斜纹夜蛾体重的影响

两种寄主饲养的斜纹夜蛾幼虫期 (1~6 龄) 体重均有显著差异 ( $P<0.05$ , 表 2)。取食紫茎泽兰叶片的斜纹夜蛾幼虫在 1~6 龄体重分别比取食白菜的斜纹夜蛾幼虫体重降低了 84.61%、87.38%、88.82%、90.47%、65.30% 和 75.75% ( $P<0.05$ ), 但在末龄幼虫时, 取食两种寄主的幼虫体重差异未达到显著水平 ( $P>0.05$ ); 取食紫茎泽兰叶片的斜纹夜蛾蛹重为 299.82 mg, 比白菜上的降低了 15.79% ( $P<0.05$ )。

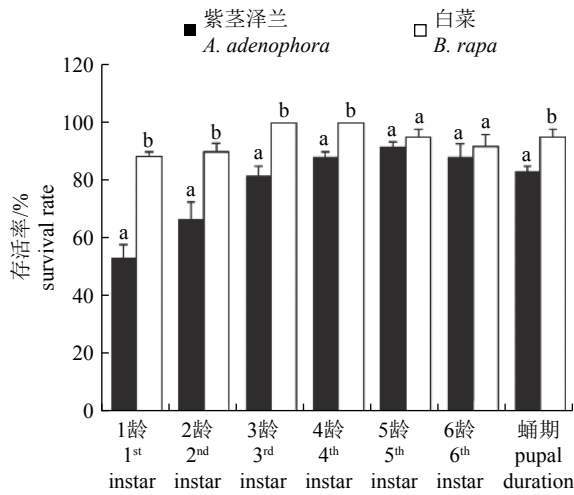
表 2 斜纹夜蛾取食紫茎泽兰及白菜叶片的体重  
Tab. 2 Weight of *S. litura* fed with leaves of *A. adenophora* and *B. rapa* <sup>mg</sup>

发育阶段 development duration	寄主植物 Host plants	
	紫茎泽兰 <i>A. adenophora</i>	白菜 <i>B. rapa</i>
1 龄 1 <sup>st</sup> instar	0.02±0.01 a	0.13±0.04 b
2 龄 2 <sup>nd</sup> instar	0.14±0.04 a	1.11±0.16 b
3 龄 3 <sup>rd</sup> instar	0.79±0.20 a	7.07±0.99 b
4 龄 4 <sup>th</sup> instar	3.62±0.46 a	38.02±5.49 b
5 龄 5 <sup>th</sup> instar	56.91±5.00 a	164.04±14.02 b
6 龄 6 <sup>th</sup> instar	93.77±7.63 a	386.73±29.61 b
末龄 last instar	1 137.79±80.06 a	1 160.19±89.17 a
蛹重 pupal weight	299.82±16.90 a	356.04±15.75 b

### 2.3 取食紫茎泽兰及白菜叶片对斜纹夜蛾存活率的影响

取食紫茎泽兰叶片对斜纹夜蛾的存活率产生

较大影响(图1),3龄以前的斜纹夜蛾在紫茎泽兰上的存活率低于80%。在1~4龄幼虫时,紫茎泽兰上的斜纹夜蛾存活率随着龄期的增加而增加,分别为53.33%、66.66%、81.66%和88.33%,显著低于白菜上的斜纹夜蛾存活率(88.33%、90.00%、100.00%和100.00%, $P<0.05$ ),而5龄和6龄幼虫存活率在两种寄主之间无显著差异( $P>0.05$ )。紫茎泽兰上的幼虫累计存活率和羽化率为40.61%和83.33%,分别比白菜上的降低了31.96%和11.67%( $P<0.05$ )。



注:不同字母表示该组数据之间差异显著(独立样本 $t$ 检验, $P<0.05$ ),柱形图上条线表示标准误;下同。

Note: Different letters indicate significant difference among the values (independent  $t$ -test,  $P<0.05$ ), column chart on the lines indicate the standard error; the same as follow.

图1 斜纹夜蛾取食紫茎泽兰及白菜叶片的存活率

Fig. 1 Survival rate of *S. litura* fed with leaves of *A. adenophora* and *B. rapa*

## 2.4 取食紫茎泽兰及白菜叶片对斜纹夜蛾繁殖力的影响

斜纹夜蛾幼虫取食两种寄主植物,在产卵前期无显著差异( $P>0.05$ ,表3),但成虫寿命、产卵期、单雌产卵量均有明显不同。取食紫茎泽兰的成虫单雌产卵量(1 098.33粒)显著低于取食白菜的(1 586.16粒, $P<0.05$ );取食紫茎泽兰叶片的成虫寿命及产卵期又显著长于取食白菜的( $P<0.05$ )。取食紫茎泽兰叶片的斜纹夜蛾雌雄比为0.87,种群呈现下降趋势,而白菜上的斜纹夜蛾雌雄比为1.08,有利于其种群增殖。

## 2.5 取食紫茎泽兰及白菜叶片对斜纹夜蛾 $F_2$ 代卵的影响

斜纹夜蛾幼虫取食两种寄主后,其成虫产出

表3 斜纹夜蛾取食紫茎泽兰及白菜叶片的繁殖力

Tab. 3 Fecundity of *S. litura* fed with leaves of *A. adenophora* and *B. rapa*

繁殖力参数 parameters of fecundity	寄主植物 host plants	
	紫茎泽兰 <i>A. adenophora</i>	白菜 <i>B. rapa</i>
产卵前期/d preoviposition duration	1.30±0.55 a	1.28±0.52 a
产卵期/d oviposition duration	7.08±1.14 a	5.03±0.89 b
成虫寿命/d adult longevity ♀♂	9.95±1.55 a	5.96±0.98 b
产卵量/(粒·雌 <sup>-1</sup> ) mean fecundity (eggs laid per female)	1 098.33±170.64 a	1 586.16±206.46 b
性比(♀/♂) sex ratio	0.87/1	1.08/1

的 $F_2$ 代卵有较大差异(图2)。紫茎泽兰上的斜纹夜蛾卵历期为4.06 d,长于白菜上的斜纹夜蛾卵历期(3.43 d, $P<0.05$ ),而且紫茎泽兰上的卵孵化率仅为79.63%,低于白菜上的卵孵化率(89.99%, $P<0.05$ )。

## 3 讨论

不同寄主植物所含有的营养成分不同,昆虫取食不同寄主植物后生长发育会有一些的差异<sup>[17]</sup>。本试验结果表明取食紫茎泽兰和白菜的斜纹夜蛾其幼虫的发育历期差异显著,这与GARAD等<sup>[18]</sup>对斜纹夜蛾和苏超等<sup>[19]</sup>对乌柏黄毒蛾取食不同寄主的研究结果一致。TUAN等<sup>[20]</sup>的研究表明:斜纹夜蛾在25℃条件下取食白菜后幼虫总历期为15.6 d,长于本试验的结果(12.3 d),原因可能在于两者的试验温度不同;陈乾锦等<sup>[21]</sup>的研究也发现,27℃时斜纹夜蛾的发育历期最短。本试验中斜纹夜蛾取食紫茎泽兰和白菜后龄期(6龄)一致,这与姚文辉<sup>[22]</sup>、姚苗苗等<sup>[23]</sup>的研究结果相同,但TUAN等<sup>[20]</sup>指出,斜纹夜蛾幼虫取食芋头和芝麻存在7龄以及取食花生存在8龄的情况,这可能与寄主成分及昆虫的防御机制有关<sup>[24]</sup>。斜纹夜蛾取食紫茎泽兰的幼虫总历期为22.6 d,长于朱俊洪等<sup>[25]</sup>、邓海滨等<sup>[26]</sup>及黄东林等<sup>[27]</sup>报道的斜纹夜蛾取食不同寄主后的幼虫总历期。可见取食紫茎泽兰叶片会延长其幼虫发育持续时间,这可能是由于不同寄主植物所含的营养物质及次生物质存在差异,斜纹夜蛾需要延长取食时间及增加取食量才能保证自身继续发育,调节自身发育

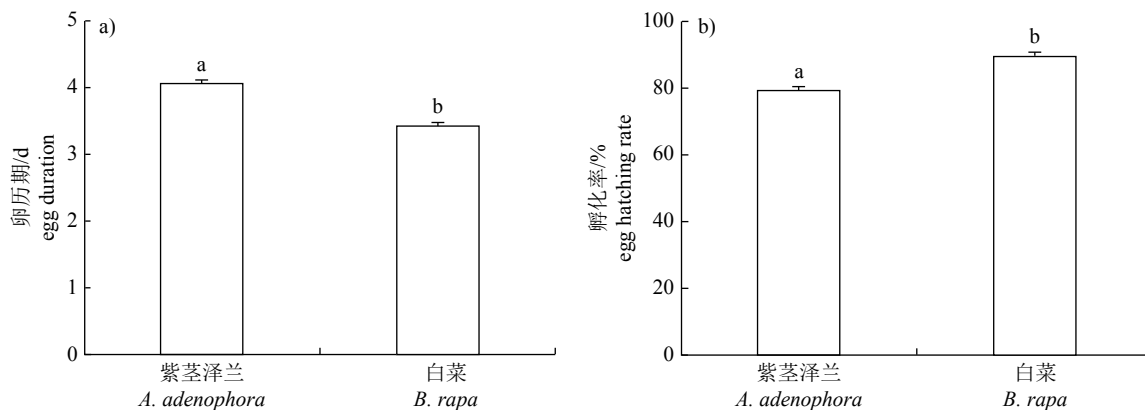


图 2 斜纹夜蛾取食紫茎泽兰及白菜叶片的  $F_2$  代卵历期及孵化率

Fig. 2 The egg duration and hatching rate of the  $F_2$  generation of *S. litura* fed with the leaves of *A. adenophora* and *B. rapa*

的规律适应寄主植物<sup>[24]</sup>。

XUE 等<sup>[28]</sup>和涂业苟等<sup>[29]</sup>研究表明：饲喂不同寄主植物会导致斜纹夜蛾蛹期、蛹重和蛹的羽化率出现显著差异。本研究结果也表明：取食紫茎泽兰及白菜的斜纹夜蛾，其蛹期、蛹重及羽化率均存在显著差异，但相较于其较适宜的寄主白菜而言，取食紫茎泽兰会显著延长蛹期、降低蛹重和羽化率，所以紫茎泽兰并不利于斜纹夜蛾的生长发育。此外，本试验发现取食紫茎泽兰的斜纹夜蛾幼虫在末龄以前各龄期体重及存活率都显著低于取食白菜的斜纹夜蛾，到 6 龄末期将要化蛹时，其体重与以白菜饲养的幼虫间并无显著差异。这可能是因为斜纹夜蛾幼虫取食对其发育有利的食物时存活率较高、虫体较大，而取食不利于其发育的食物则死亡率高、虫体小<sup>[29]</sup>。

寄主植物的种类和营养成分还可影响昆虫的繁殖力，取食不利于幼虫生长发育的寄主对成虫的繁殖不利。紫茎泽兰的枝叶有毒，且有特殊的气味<sup>[30]</sup>，甜菜夜蛾幼虫<sup>[13]</sup>和黄蚂蚁<sup>[31]</sup>取食紫茎泽兰叶片后很快就死亡。严珍等<sup>[32]</sup>研究发现斜纹夜蛾幼虫取食番茄后其成虫产卵量很低，仅为 655.7 粒；GARAD 等<sup>[18]</sup>研究表明斜纹夜蛾取食蓖麻、花生、秋葵和向日葵 4 种寄主的产卵量都很高，达 3 121 粒以上。本试验中取食紫茎泽兰的斜纹夜蛾成虫寿命长于取食白菜，其产卵期也较长，但其单雌产卵量显著低于取食白菜的斜纹夜蛾， $F_2$  代卵的特征亦弱于取食白菜的斜纹夜蛾，可见斜纹夜蛾取食紫茎泽兰会明显降低其繁殖

力。本研究表明：相较于斜纹夜蛾较适宜寄主白菜，虽然取食紫茎泽兰不太利于其生长发育，但并未导致死亡，而且取食紫茎泽兰叶片能够完成整个世代，说明紫茎泽兰可以作为斜纹夜蛾的寄主植物，斜纹夜蛾可望成为紫茎泽兰的一种广食性天敌。有关斜纹夜蛾对紫茎泽兰的控制效果，有待于进一步研究。

#### [参考文献]

- [1] 强胜. 世界性恶性杂草——紫茎泽兰研究的历史及现状[J]. 武汉植物学研究, 1998(4): 366.
- [2] 段惠, 强胜, 吴海荣, 等. 紫茎泽兰 (*Eupatorium adenophorum* Spreng)[J]. 杂草科学, 2003(2): 36. DOI: 10.3969/j.issn.1003-935X.2003.02.014.
- [3] 李小艳. 氨基吡啶酸对紫茎泽兰有性繁殖的影响[J]. 贵州农业科学, 2015(4): 95. DOI: 10.3969/j.issn.1001-3601.2015.04.025.
- [4] 钦俊德, 王琛柱. 论昆虫与植物的相互作用和进化的关系[J]. 昆虫学报, 2001, 44(3): 360. DOI: 10.3321/j.issn:0454-6296.2001.03.019.
- [5] BENNETT P H, VANSTADEN J. Gall formation in crofton weed, *Eupatorium adenophorum* Spreng. (syn. *Ageratina adenophora*), by the *Eupatorium* gall fly *Procecidochares utilis* Stone (Diptera: Trypetidae)[J]. Australian Journal of Botany, 1986, 34(4): 473. DOI: 10.1071/BT9860473.
- [6] BESS H A, HARAMOTO F H. Biological control of pamakani, *Eupatorium adenophorum*, in Hawaii by a tephritid gall fly, *Procecidochares utilis*. 2. population studies of the weed, the fly, and the parasites of the fly[J]. Ecology, 1959, 40(2): 244. DOI: 10.2307/1930034.
- [7] FOWLER S V, SYRETT P, HILL R L. Success and safety in the biological control of environmental weeds in New Zealand[J]. Australian Ecology, 2010, 25(5): 553. DOI: 10.1046/j.1442-9993.2000.01075.x.

- [8] AULD B A. Incidence of damage caused by organisms which attack crofton weed in the Richmond-Tweed region of New South Wales[J]. Australian Journal of Science, 1969, 32: 163.
- [9] 李爱芳,高贤明,党伟光,等. 泽兰实蝇寄生状况及其对紫茎泽兰生长与生殖的影响[J]. 植物生态学报, 2006, 30(3): 496. DOI: 10.3321/j.issn:1005-264X.2006.03.017.
- [10] NIU Y F, FENG Y L, XIE J L, et al. Noxious invasive *Eupatorium adenophorum* May be a moving target: Implications of the finding of a native natural enemy, *Dorylus orientalis*[J]. Chinese Science Bulletin, 2010, 55(33): 3743. DOI: 10.1007/s11434-010-4117-0.
- [11] 许瑾,刘恩德,向春雷,等. 昆明旌蚧 *Orthezia quadrua* (Homoptera: Ortheziidae)——紫茎泽兰和飞机草的一种本地天敌[J]. 云南农业大学学报(自然科学), 2011, 26(4): 577. DOI: 10.3969/j.issn.1004-390X(n).2011.04.026.
- [12] 秦厚国,丁建,黄水金,等. 斜纹夜蛾发生量预测预报的研究[J]. 江西农业学报, 2008, 20(9): 64. DOI: 10.3969/j.issn.1001-8581.2008.09.020.
- [13] 牛燕芬,莫丽玲,张永福,等. 云南本地昆虫取食紫茎泽兰的原因研究[J]. 云南农业大学学报(自然科学), 2015, 30(4): 489. DOI: 10.16211/j.issn.1004-390X(n).2015.04.001.
- [14] DING J Q, REARDON R, WU Y, et al. Biological control of invasive plants through collaboration between China and the United States of America: a perspective[J]. Biological Invasions, 2006, 8(7): 1439. DOI: 10.1007/s10530-005-5833-2.
- [15] 黄思娣,曾爱平. 空心莲子草的天敌昆虫防治研究进展[J]. 吉林农业, 2010(6): 78.
- [16] 高同军,强胜,朱云枝,等. 甜菜白带野螟对空心莲子草的生物防治潜力研究[J]. 安徽农业科学, 2006, 34(13): 3023. DOI: 10.3969/j.issn.0517-6611.2006.13.079.
- [17] 王倩倩,李克斌,尹姣,等. 不同寄主植物对昆虫生长发育的影响[C]//“创新驱动与现代植保”——中国植物保护学会第十一次全国会员代表大会暨2013年学术年会论文集,北京:中国植物保护学会,2013.
- [18] GARAD G P, SHIVPUJE P R, BILAPATE G G. Larval and post-larval development of *Spodoptera litura* (Fabricius) on some host plants[J]. Proceedings: Animal Sciences, 1985, 94(1): 49. DOI: 10.1007/BF03186326.
- [19] 苏超,景军,王猛猛,等. 寄主植物对乌柏黄毒蛾取食量及生长发育的影响[J]. 应用昆虫学报, 2015(3): 686.
- [20] TUAN S J, LI N J, YEH C C. Growth performance and biometric characteristics of *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae) reared on different host plants[J]. Journal of Economic Entomology, 2015, 108(5): 2242. DOI: 10.1093/jee/tov192.
- [21] 陈乾锦,林智慧,杨建全,等. 温湿度对斜纹夜蛾幼虫发育历期、取食量与生存率的影响[J]. 中国烟草学报, 2001, 7(3): 27. DOI: 10.3321/j.issn:1004-5708.2001.03.007.
- [22] 姚文辉. 斜纹夜蛾的生物学特性[J]. 华东昆虫学报, 2005, 14(2): 122.
- [23] 姚苗苗,杨茂发,武承旭,等. 不同寄主植物对斜纹夜蛾生长发育的影响[J]. 广东农业科学, 2016, 43(1): 93. DOI: 10.3969/j.issn.1004-874X.2016.01.018.
- [24] 彭露,严盈,刘万学,等. 植食性昆虫对植物的反防御机制[J]. 昆虫学报, 2010, 53(5): 572.
- [25] 朱俊洪,张方平,任洪刚. 四种食料植物对斜纹夜蛾生长发育及营养指标的影响[J]. 昆虫知识, 2005, 42(6): 643. DOI: 10.3969/j.issn.0452-8255.2005.06.008.
- [26] 邓海滨,王晓容,陈永明. 不同寄主作物对斜纹夜蛾分布和生长发育的影响研究[J]. 广东农业科学, 2006(4): 53. DOI: 10.3969/j.issn.1004-874X.2006.04.018.
- [27] 黄东林,夏锦瑜,柳慧,等. 三种阔叶草坪草对斜纹夜蛾生长发育及营养利用的作用[J]. 昆虫学报, 2008, 51(2): 155. DOI: 10.3321/j.issn:0454-6296.2008.02.008.
- [28] XUE M, PANG Y H, WANG H T, et al. Effects of four host plants on biology and food utilization of the cutworm, *Spodoptera litura*[J]. Journal of Insect Science, 2010, 10(1): 22. DOI: 10.1673/031.010.2201.
- [29] 涂业苟,吴孔明,薛芳森,等. 不同寄主植物对斜纹夜蛾生长发育、繁殖及飞行的影响[J]. 棉花学报, 2008, 20(2): 105. DOI: 10.3969/j.issn.1002-7807.2008.02.005.
- [30] O'SULLIVAN B M. Investigations into crofton weed (*Eupatorium adenophorum*) toxicity in horses[J]. Australian Veterinary Journal, 1985, 62(1): 30.
- [31] 李云寿,邹华英,唐绍宗,等. 14种菊科植物提取物对菜青虫的杀虫活性[J]. 华东昆虫学报, 2000(2): 99.
- [32] 严珍,吕宝乾,彭正强,等. 取食番茄、辣椒和人工饲料对斜纹夜蛾生长发育和繁殖力的影响[J]. 热带作物学报, 2013, 34(7): 1335. DOI: 10.3969/j.issn.1000-2561.2013.07.025.

责任编辑:何承刚