

土壤含水量及蛹室对甜菜夜蛾蛹越冬的影响^{*}

郑霞林 王 攀 丛晓平 雷朝亮 王小平^{**}

(华中农业大学植物科学技术学院,湖北省昆虫资源利用与害虫可持续治理重点实验室 武汉 430070)

摘 要 研究了自然条件下土壤含水量和蛹室对甜菜夜蛾 *Spodoptera exigua* Hübner 蛹越冬的影响,发现蛹在自然蛹室中能存活 30 d 以上(不超过 60 d)。处理 15 d,随着土壤含水量的变化,蛹的存活率分别降至 80 %、20 % 和 43 %。但处理 30、60、90 和 120 d 时死亡率均达到 100 %。调查发现,随着处理时间的延长,各土壤含水量中所埋的蛹死亡特征均有一个相同趋势,即发黑、发霉——肿胀——腐烂——残留部分蛹体。不同土壤含水量条件下,蛹的过冷却点、结冰点和蛹体含水量间均存在显著性差异($P \leq 0.05$),尤以在最低的土壤含水量条件下蛹的过冷却点、结冰点和蛹体含水量最低,分别为 $(-20.2 \pm 1.1) ^\circ\text{C}$ 、 $(-11.95 \pm 2.5) ^\circ\text{C}$ 和 $(57.6 \pm 7.7) \%$ 。在室外变温条件下,结果初步表明蛹室对蛹有一定的保护作用。

关键词 甜菜夜蛾,蛹,土壤含水量,蛹室,越冬

Effects of soil moistures and pupal chamber on overwintering of *Spodoptera exigua*

ZHENG Xia-Lin WANG Pan CONG Xiao-Ping LEI Chao-Liang WANG Xiao-Ping^{**}

(College of Plant Science and Technology, Huazhong Agricultural University, Hubei Insect Resource Utilization and Sustainable Pest Management Key Laboratory, Wuhan 430070, China)

Abstract Effects of soil moisture and pupal chamber characteristics on the overwintering of *Spodoptera exigua* Hübner were studied in the field in Wuhan District. *S. exigua* pupae could survive more than 30 days in natural pupal chambers. After 15 days the survival rate of pupae exposed to high, moderate and low soil moisture levels decreased to 80%, 20% and 43% respectively. No pupae survived longer than 60 days. Extension of the treatment time over 60 days caused pupae to blacken, swell and decay until only a residual puparium remained. The pupal supercooling point (SCP), freezing point (FP) and body water content (BWC) differed significantly between the three different soil moisture levels ($P \leq 0.05$). SCP, FP and BWC were the lowest $(-20.2 \pm 1.1) ^\circ\text{C}$, $(-11.95 \pm 2.5) ^\circ\text{C}$ and $(57.6 \pm 7.7) \%$ respectively at the lowest soil moisture level. The pupal chamber evidently provides essential protection required for pupae to overwinter in field.

Key words *Spodoptera exigua* pupae, soil moisture, pupal chamber, overwintering

甜菜夜蛾 *Spodoptera exigua* Hübner (鳞翅目 Lepidoptera: 夜蛾科 Noctuidae: 灰翅夜蛾属 *Spodoptera*) 是一种世界性农业害虫,其寄主植物达 35 科 108 属 170 多种植物 (Brady and Ganyard, 1972)。甜菜夜蛾从 57°N 至 45°S 均有分布。20 世纪 90 年代以来,在我国部分地区大面积暴发成灾 (江幸福和罗礼智, 1999; 罗礼智等, 2000; 敖成光等, 2002; 陈凤英, 2004)。据

French (1969) 和 Kimura (1991) 报道,甜菜夜蛾在 44°N 以北的大不列颠群岛、芬兰、瑞士、丹麦、俄罗斯西北部和日本北部等地区均不能越冬,而在日本南部 (Suenaga and Tanaka, 2000)、土库曼斯坦 (Kurdov, 1986; 1987)、北美南部 (Trumble and Baker, 1984) 均以蛹在土中越冬。现已明确甜菜夜蛾在我国广东、深圳、台湾等南方地区常年发生,无滞育现象 (Fye and Carranza, 1973) 和

^{*} 资助项目:公益性行业(农业)科研专项经费项目(200803007)。

^{**} 通讯作者, E-mail: xpwang@mail.hzau.edu.cn

收稿日期:2010-04-14,接受日期:2010-08-14

越冬现象 (Chen *et al.*, 1988; 戴淑慧和杨亚萍, 1993)。但关于其越冬北界仍存在争议 (王就光, 1990; 江幸福等, 2001)。甜菜夜蛾能否在湖北越冬目前尚无定论, 有研究报道甜菜夜蛾可在长江流域越冬 (周传金和徐学芹, 1993; 刘效明等, 1995; 陆致平和谢贻格, 1995), 但又有研究表明在湖北没有发现甜菜夜蛾越冬现象 (尹仁国等, 1994)。在甜菜夜蛾的各虫态中, 蛹被认为是最有可能越冬的虫态 (韩兰芝等, 2005)。因此前人采用直接埋蛹的方法以评价其在当地越冬的可能性 (江幸福等, 2001; 韩兰芝等, 2005), 但并没有研究蛹室在其越冬中的作用。事实上, 自然条件下影响甜菜夜蛾蛹越冬的因素很多, 尤以土壤含水量和温度最为重要。本文研究了土壤含水量对蛹越冬的影响, 以及蛹室在自然低温条件下对蛹的保护作用, 以期为进一步研究甜菜夜蛾蛹在野外的越冬情况提供参考。

1 材料与方法

1.1 土样及供试虫源

1.1.1 土样的选取及土样含水量的测定 选取华中农业大学实验基地的园土为土样, 土样分别取自表层 (0~3.0 cm)、中层 (3.1~6.0 cm) 和下层 (6.1~10.0 cm) 若干。带回室内, 每种土样分别称取湿重 100 g, 在 105 °C 烘箱中烘 24 h, 然后称其干重。土壤含水量的计算公式为:

$$\text{土壤含水量}(\%) = \frac{\text{湿重} - \text{干重}}{\text{湿重}} \times 100$$

经计算, 土壤含水量依次为 11%、18% 和 21%。

1.1.2 供试虫源 2008 年 7 月于武汉市东西湖慈惠农场采集甜菜夜蛾幼虫, 带回室内于温度 (25 ± 1) °C, 相对湿度 60%~80% 和光周期 L:D=16:8 条件下用人工饲料饲养。

1.2 实验方法

1.2.1 土壤含水量对甜菜夜蛾蛹越冬存活的影响 为了解土壤含水量对甜菜夜蛾蛹越冬的影响, 分别将 3 种不同含水量的土样装满塑料花盆 (口径 16 cm, 高 14 cm), 在室内 25 °C 条件下每盆接入预蛹期幼虫 10 头, 15 个重复。室内放置 3 d, 待幼虫均入土化蛹后, 用纱布封口 (防止羽化后逃逸), 将带蛹的花盆分别按照 20 °C (2 d)—15 °C (2 d)—10 °C (2 d) 的梯度进行温度驯化。然后在

试验田 (菜地) 中挖长 × 宽 × 高 = 340 cm × 120 cm × 20 cm 的条形沟, 2008 年 12 月 9 日将封口的花盆埋入其中, 表面覆土少许与地表平齐。埋蛹之后无任何人工保护措施, 处在自然环境中。分别隔 15、30、60、90 和 120 d 取样, 各土样取 3 盆 / 次, 并测定土壤含水量, 测量方法同 1.1.1。将蛹带回室内后, 以能在温度 (25 ± 1) °C, 湿度 60%~80% 和 L:D=14:10 的条件下, 成功羽化者为活蛹 (江幸福等, 2001)。

1.2.2 土壤含水量条件下甜菜夜蛾蛹的过冷点、结冰点和含水量的比较 将收集的各土样中的正常蛹带回室内, 先编号并称其鲜重, 然后利用昆虫过冷却点测量系统 (江苏森意经济发展有限公司) 测定并记录其过冷却点和结冰点。最后将蛹放置在 80 °C 烘箱中烘 12 h, 然后称其干重, 记录并计算各蛹体含水量。

1.2.3 蛹室对甜菜夜蛾蛹越冬存活的影响 为了解低温条件下蛹室对蛹是否具有保护作用, 采用 3 种处理方式以研究蛹室对甜菜夜蛾蛹越冬存活的影响。(1) 模拟蛹室, 将 1 头蛹放入 1 个 PCR 管中, 然后将带蛹的 PCR 管放入带土的塑料花盆中;(2) 自然蛹室, 将预蛹期幼虫接入带土的塑料花盆中, 让其自然入土化蛹;(3) 无蛹室, 将蛹直接放入带土的塑料花盆中。具体处理方法如下:

将预蛹期幼虫放入带土的塑料盒中让其自然入土化蛹, 幼虫入土后的第 5 天, 收集 400 头蛹, 分装入 400 个 PCR 管内, 20 管 / 盆, 共 20 盆。收集 400 头蛹, 埋入带土的花盆中, 20 头蛹 / 盆, 共 20 盆。塑料花盆中自然入土的蛹不做任何处理, 让其保持自然蛹室, 20 头 / 盆, 共 20 个重复。于 2009 年 12 月 9 日将 60 个花盆埋入试验田 (菜地) 中的条形沟中, 表面覆土 2~3 cm 与地表平齐。然后盖上两端通风的塑料拱棚避免自然降雨的影响。分别隔 15、30、60、90 和 120 d 取样, 各处理取 3 盆 / 次。将蛹带回室内后, 以能在温度 (25 ± 1) °C, 湿度 60%~80% 和 L:D=14:10 的条件下, 成功羽化者为活蛹 (江幸福等, 2001)。该实验仅调查其存活率, 不测定过冷却点、结冰点和蛹体含水量。

1.3 数据分析

采用 SPSS 软件 (SPSS Inc., Chicago, Illinois, U. S. A.) 对甜菜夜蛾蛹的过冷却点、结冰点和蛹

体含水量(%)进行方差分析(ANOVA),平均数进行LSD多重比较,显著水平 $P=0.05$ 。

2 结果与分析

2.1 土壤含水量对甜菜夜蛾越冬存活的影响

处理15 d,土壤含水量由最初的11%、18%和21%分别变化至11.2%、18.5%和18.8%,但蛹的存活率分别下降至80%、20%和43%(表1)。带回室内的起始土壤含水量为11%、18%和21%的蛹在温度(25±1)℃,湿度60%~80%和L:D=14:10的条件下,分别在第7、7和3天开始羽化,羽化的成虫均不能完全展翅,但均能正常交配和产卵。蛹处理30、60、90和120 d,均无存活个

体。现场调查发现,大多数蛹早期出现发黑、肿胀的现象,随着处理时间的延长,腐烂和残缺不全蛹的数量逐渐增多。

2.2 土壤含水量对甜菜夜蛾蛹过冷却点、结冰点和蛹体含水量的影响

蛹处理15 d,其过冷却点($F=19.56$, $df=2$, 45 , $P=0.000$)、结冰点($F=3.1$, $df=2$, 45 , $P=0.055$)和蛹体含水量($F=4.352$, $df=2$, 45 , $P=0.019$)间均存在显著性差异(表1)。其中以土壤含水量由11%增加至11.2%的处理组(在3个处理组中,该组的土壤含水量最低)中,蛹的过冷去点、结冰点和蛹体含水量最低。

表1 土壤含水量对甜菜夜蛾蛹越冬存活及抗寒力的影响
Table 1 Effects of soil moistures on pupal survival and cold hardiness of *S. exigua*

起始土壤含水量(%) ^ξ Primary soil moisture (%)	处理时间(d) Treatment time (d)	土壤含水量(%) Soil moisture when sampling (%)	存活率(%) Survival rate (%)	过冷却点(℃) [*] Surpercooling points (℃)	结冰点(℃) [*] Freezing points (℃)	蛹体含水量(%) [*] Body water content of pupae (%)
11 (表层土, Topsoil)	15	11.2	80 (n=13)			
	30	15.6	0 (n=30)	-20.2±1.1 A (n=15)	-11.95±2.5 A (n=15)	57.6±7.7 A (n=15)
	60	17.5	0 (n=30)			
	90	21.5	0 (n=30)			
	120	16.5	0 (n=30)			
18 (中层土, Interface layer)	15	18.5	20 (n=15)			
	30	20.4	0 (n=30)	-12.3±9.9 B (n=12)	-9.36±2.8 B (n=12)	58.8±11.4 B (n=12)
	60	20.9	0 (n=30)			
	90	22.2	0 (n=30)			
	120	17.2	0 (n=30)			
21 (下层土, Subsoil)	15	18.8	43 (n=11)			
	30	21.8	0 (n=30)	-14.1±4.0 B (n=16)	-10.72±2.7 AB (n=16)	58.6±7.0 B (n=16)
	60	17.9	0 (n=30)			
	90	21.1	0 (n=30)			
	120	16.1	0 (n=30)			

注:同列不同字母表示有显著性差异($P\leq 0.05$);^{*}均为蛹处理第15天的结果;^ξ表示3种土壤含水量分别取自田间表层土(0~3.0 cm)、中层土(3.1~6.0 cm)和下层土(6.1~10.0 cm)的自然土壤含水量。
The different letters in the same row indicate significant difference ($P\leq 0.05$); ^{*} shows the results of 15 d after treated; ^ξ indicates three soil moistures collected from topsoil (0~3.0 cm), interface layer (3.1~6.0 cm) and subsoil (6.1~10.0 cm) respectively in field.

2.3 蛹室对甜菜夜蛾蛹越冬存活的影响

结果显示,在模拟蛹室、自然蛹室和无蛹室3种处理方式下,野外埋蛹15 d,蛹的存活率均有所下降,但模拟蛹室和自然蛹室中蛹的存活率较无蛹室低

30%左右。其中模拟蛹室内蛹被真菌寄生的寄生率为5%,自然蛹室内未完全化蛹的比例为65.7%,无蛹室中蛹的腐烂率为17.4%。处理30 d,自然蛹室中蛹的存活率较其它两者高10%~20%。其中模

拟蛹室内蛹的腐烂率和被真菌寄生的寄生率分别为 30.3 % ,无蛹室中蛹的腐烂率为 35.8 % 。处理 60 、2.5 % 和 5.0 % ,自然蛹室内未完全化蛹的比例为 90 和 120 d ,蛹的死亡率均达到 100 % (表 2)。

表 2 蛹室对甜菜夜蛾蛹越冬存活的影响

Table 2 Effects of pupal chamber on pupal survival of *S. exigua*

蛹室类型 ^a	处理时间(d)	样本量	存活率(%)	备注
Type of pupal chamber	Treatment time (d)	Sample Number (Ind.)	Survival rate (%)	Note
模拟蛹室 Simulated chamber	15	80	12.2	少许蛹被真菌寄生 Few pupae parasitized by entomogenous fungi
自然蛹室 Natural chamber	15	80	20.1	存在部分未完全化蛹的幼虫 ,死蛹的比例较小 Parts of larvae couldn't pupate ,little percentages of dead pupae
无蛹室 Without chamber	15	80	54	部分死蛹和少数腐烂的蛹 Parts of pupae died and rotted
模拟蛹室 Simulated chamber	30	80	11	死蛹较少 ,但被真菌寄生比处理 15 d 时稍多 Little dead pupae ,percentage of pupae parasitized by entomogenous fungi more than that of 15 d
自然蛹室 Natural chamber	30	80	35	未化蛹的幼虫较少 ,有部分蛹和幼虫被真菌寄生 Few larvae couldn't pupate ,few larvae and pupae parasitized by entomogenous fungi
无蛹室 Without chamber	30	80	21.2	蛹的腐烂率比前期明显增大 Percentage of rotten pupae more than prophase

注:a ,埋蛹时间为 2009 年 12 月 9 日;处理 60、90 和 120 d 的存活率均为 0。

a indicates the treatment time was 9 Dec. 2009; the survivals were zero at 60 ,90 and 120 d.

表 3 武汉 2008—2009 年冬季气温

Table 3 Winter temperatures during 2008 – 2009 in Wuhan

2008 年 12 月份			2009 年 1 月份			2009 年 2 月份		
连续 < 0 ℃			连续 < 0 ℃			连续 < 0 ℃		
< 0 ℃ 天数 (d)	的天数(d)	最低温度 (℃)	< 0 ℃ 天数 (d)	的天数(d)	最低温度 (℃)	< 0 ℃ 天数 (d)	的天数(d)	最低温度 (℃)
Days below 0 ℃ (d)	duration continuously below 0 ℃ (d)	The lowest temperature (℃)	Days below 0 ℃ (d)	duration continuously below 0 ℃ (d)	The lowest temperature (℃)	Days below 0 ℃ (d)	duration continuously below 0 ℃ (d)	The lowest temperature (℃)
3	2	-0.9	10	7	-4.5	0	0	1.5

3 讨论

本文研究了土壤含水量和蛹室对甜菜夜蛾蛹越冬的影响 ,结合两年的埋蛹结果发现甜菜夜蛾蛹在自然蛹室中能存活 30 d 以上(不超过 60 d)。但 2008 年埋蛹的结果显示不同土壤含水量条件下 ,蛹处理 15 d 时其存活率分别降至 80 %、20 % 和 43 % ,同时土壤含水量也有所改变(相对于起

始土壤含水量而言)。处理 30、60、90 和 120 d 时死亡率均达到 100 %。调查发现 ,随着处理时间的延长 ,各土壤含水量中所埋的蛹均存在发黑、发霉、肿胀、腐烂等现象 ,这可能与自然降雨量过多(或称土壤湿度过大)有关(图 1)(中国气象科学数据共享服务网)。有研究表明 ,土壤含水量高于 25.7 % 不利于甜菜夜蛾化蛹(马骏等,2000)。在本文研究过程中虽然取样调查时所测得的土壤含

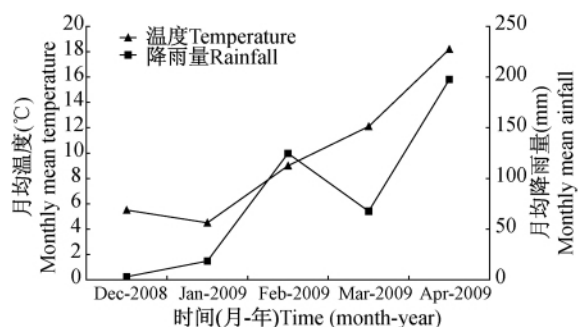


图1 武汉2008年12月—2009年4月均温度和降雨量
Fig. 1 Monthly mean temperatures and rainfalls during December 2008 to April 2009 in Wuhan

水量均未超过25.7%,但可能在某段时间持续降雨导致土壤含水量过大(譬如2008年12月份—2009年3月份较多的降雪及化雪后过多的水分),致使蛹的死亡。当然,气温也是影响其存活的主要因素之一(图1)(中国气象科学数据共享服务网)。尽管2008—2009年的雨雪天气偏多,但气象部门称武汉2008—2009年是一个强暖冬,2008年12月和2009年1月、2月的平均气温分别比常年同期偏高1.5℃、0.8℃、3.0℃,总体上比常年同期平均值(5.2℃)高出1.7℃(吴翠华,2009)。各月份低于0℃的天数也不是很多,最低极端温度仅为-4.5℃(表3)(湖北省气象与生态自动监测网),而甜菜夜蛾蛹的过冷却点可达-17℃左右,在-5℃下也能存活24.84 d(江幸福等,2001),可见气温并不是导致2008年所埋的蛹仅能存活15 d的主要因素,而土壤含水量过大才是主要原因。

通过表1可知,土壤含水量对甜菜夜蛾蛹的过冷却点、结冰点和蛹体含水量均有影响,且存在显著性差异($P < 0.05$)。在最低(土壤含水量由起始的11%上升至11.2%)的土壤含水量条件下,蛹的过冷却点和结冰点最低,分别为-20.2℃和-11.9℃,低于前人的研究结果(江幸福等,2001;韩兰芝等,2005)。但随着土壤含水量的上升,蛹的过冷却点和结冰点均有所升高。越冬蛹的蛹体含水量在昆虫的抗寒性方面起着重要的作用(Block,1996; Zvereva,2002)。本研究中,不同土壤含水量条件下蛹体含水量间均存在显著性差异($P < 0.05$)。且在土壤含水量由起始的11%上升至11.2%处理中,蛹体含水量最低。推测在该土壤含水量(该含水量的土样取自0~3 cm表土

层)条件下,甜菜夜蛾蛹的过冷却点、结冰点和蛹体含水量均较其它两者低的原因是甜菜夜蛾对环境适应的结果。因为土壤越深,土壤含水量越大,土壤保温效果越好,所以随着土壤含水量(也可称土壤深度)的增加,甜菜夜蛾蛹的过冷却点、结冰点和蛹体含水量也随之升高。事实上,甜菜夜蛾通常在田间0~3 cm深处化蛹(尹仁国,1992;冯殿英等,1995;刘春奇,2005;王玉磊等,2008;郑霞林等,2010),而表土层的保温效果最差(较更深土壤的处理而言),为了适应环境变化,所以甜菜夜蛾蛹的过冷却点、结冰点和蛹体含水量均较低。

室外变温条件下,结果初步表明蛹室对甜菜夜蛾蛹有一定的保护作用。虽然处理15 d时,自然蛹室下蛹的存活率较无蛹室下蛹的低,但随着处理时间的延长,自然蛹室下蛹的存活率比无蛹室下蛹的存活率高。毫无疑问,冬季是一个持续低温的过程,而在这个过程中,只有自然蛹室条件下蛹的存活率较高,初步判断蛹室应该起到了一定的保护作用。但为什么处理15 d时,自然蛹室下蛹的存活率反而较无蛹室下蛹的低,可能是调查取样时导致的误差,具体原因有待通过进一步的多年重复实验进行验证。处理15 d和30 d,模拟蛹室下蛹的存活率均较无蛹室下蛹的存活率低,可能是PCR管内通气性差和昼夜温差大而积水(水蒸气)所致,该方法在今后的实验中有待进一步改进。

致谢:本单位研究生胡远峰和熊进峰在实验过程中给予帮助,一并致谢。

参考文献 (References)

- 敖成光,王金良,朱晓群,姜伟峰,2002. 甜菜夜蛾灾变原因及农业防治技术. 长江蔬菜, (5): 28.
- Block W,1996. Cold or draught—the lesser of two evils for terrestrial arthropods? *Eur. J. Entomol.*, 93 (3): 598—617.
- Brady UE, Ganyard MC,1972. Identification of sex pheromone of the female beet *Spodoptera exigua*. *Ann. Ent. Soc. Amer.*, 65 (4): 893—899.
- 陈凤英,2004. 斜纹夜蛾、甜菜夜蛾在江西重发生的原因初探. 当代蔬菜, (9): 36—37.
- Chen WS, Tu CC, Chang FI,1988. Ecological studies on the new insect pests of asparagus. *Asparagus Res. Newsl.*, 6 (1): 107—111.
- 戴淑慧,杨亚萍,1993. 甜菜夜蛾生物学特性及防治研究. 植物保护, 19 (2): 20—21.

- 冯殿英,王继藏,任兰花,贾恩宽,徐春明,1995. 甜菜夜蛾生物学特性及防治研究. 山东农业科学, (4): 39—41.
- French RA, 1969. Migration of *Laphygma exigua* to the British Isles in relation to large-scale weather system. *J. Anim. Ecol.* 38 (1): 199—210.
- Fye RE, Carranza RL, 1973. Cotton Pest: Overwintering of three Lepidopterous Species in Arizona. *J. Econ. Entomol.* , 66(3): 657—659.
- 韩兰芝,翟保平,张孝曦, 2005. 甜菜夜蛾的抗寒力研究. 植物保护学报 32 (2): 169—173.
- 湖北省气象与生态自动监测网. <http://zdz.hbqx.gov.cn/zhindex.php?sc=2009021219>.
- 江幸福,罗礼智,1999. 甜菜夜蛾暴发原因及防治对策. 植物保护 25 (3): 32—34.
- 江幸福,罗礼智,李克斌,赵廷昌,胡毅,2001. 甜菜夜蛾抗寒与越冬能力研究. 生态学报 21 (10): 1575—1582.
- Kimura S, 1991. Immigration of the beet armyworm *Spodoptera exigua* to Northern Coastal area of Akita Prefecture, 1990, in relation to atmospheric conditions. *Ann. Rept. Plant. Prot. North Japan* ,(42): 148—151.
- Kurdov M, 1986. Prognosis of massive multiplication of the small ground moth *Spodoptera exigua* Hbn. (*Laphygma exigua* Hbn.) in Turkmenistan. *Izv. Akad. Nauk Turkm. SSR Ser. Biol. Nauk.* ,(1): 25—28.
- Kurdov M, 1987. Forecasting of mass reproduction of the lesser cotton worm *Spodoptera exigua* Hbn. (*Laphygma exigua* Hbn.) in Turkmenistan. *Izv. Akad. Nauk Turkm. SSR Ser. Biol. Nauk.* ,(2): 70—73.
- 刘春奇, 2005. 甜菜夜蛾在佛甲草上的发生及防治. 湖南农业科学 38 (3): 57—58.
- 刘效明,凌万开,熊桂和,1995. 甜菜夜蛾生物学特性及防治技术. 植物保护 21 (6): 29—30.
- 陆致平,谢贻格,1995. 甜菜夜蛾的发生规律及其防治研究. 中国植物保护研究进展,北京:中国科技出版社. 191—193.
- 罗礼智,曹雅忠,江幸福,2000. 甜菜夜蛾发生危害特点及其趋势分析. 植物保护 26 (3): 37—39.
- 马骏,柏连阳,陈永年,2000. 甜菜夜蛾生态学特性研究. 植物保护学报 27 (3): 215—220.
- Suenaga H, Tanaka A, 2000. Occurrence of beet armyworm, *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae), in Welsh Onion field. 鹿儿岛农业试验场研究报告, (28): 31—38.
- Trumble JT, Baker TC, 1984. Flight phenology and pheromone trapping of *Spodoptera exigua* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) in southern coastal California. *Environ. Entomol.* ,13 (5): 1278—1282.
- 王就光,1990. 蔬菜病虫害防治及杂草防除. 北京:中国农业出版社. 212—217.
- 王玉磊,赵传东,姚峰,朱继红,2008. 甜菜夜蛾为害特点及其发生规律研究. 现代农业科技, (12): 124—125.
- 吴翠华,2009. 江城遭遇强暖冬. 楚天金报,2009年3月3日,13版. <http://ctjb.cnhubei.com/html/ctjb/20090303/ctjb639257.html>.
- 尹仁国,1992. 甜菜夜蛾的发育起点温度、生活习性及其防治建议. 中国植保导刊,12 (3): 22—24.
- 尹仁国,欧阳本友,刘爱媛,1994. 甜菜夜蛾生物学特性的研究. 昆虫知识 31 (1): 7—10.
- 郑霞林,王攀,王小平,雷朝亮,2010. 鳞翅目昆虫的化蛹场所、行为及影响因素. 生物学通报 45 (2): 11—14.
- 中国气象科学数据共享服务网. <http://cdc.cma.gov.cn/shishi/month.jsp?stprovid=湖北&station=57494>.
- 周传金,徐学芹,1993. 甜菜夜蛾生物学特性及防治研究. 中国甜菜, (1): 24—27.
- Zvereva EL, 2002. Effects of host plants quality on overwintering success of the leaf beetle *Chrysomela lapponica* (Coleoptera: Chrysomelidae). *Eur. J. Entomol.* , 99 (2): 189—195.