



图4 黄唇树白蚁兵蚁

A 头和前胸背面观 B 头部侧面观 C 整体

*Porotermes adamsoni*, 乳白蚁 *Coptotermes* spp. 等钻蛀性害虫。这些害虫多深入木材内部, 去皮和一般喷药处理无法触及这些害虫; 由于原木直径多在 1 m 以上, 而溴甲烷熏蒸只能对直径 20 cm 以下的木材起完全杀虫作用(从表面渗入 10 cm), 因此溴甲烷熏蒸也不能完全杀死白蚁、材小蠹、长小蠹等钻蛀性极强的害虫。

据作者了解, 澳大利亚检疫检验局如发现进境原有类似情况, 会在专门场所将原木切割, 以满足熏蒸要求; 而对出口原木则不采用该程序。

由于澳洲盲白蚁, 新白蚁, 树白蚁的若蚁易产生补充繁殖蚁, 而乳白蚁群体数量大, 这些一旦传入, 极易建群定居, 因此应当实施严格彻底的检疫处理。

## 参 考 文 献

- 1 Hill G. F. Termites (Isoptera) from the Australian Region. Melbourne. Australian Council for Scientific Industrial Research, CSIRO, 1942 1~479.
- 2 Krishna K, Emerson A. E. *Novitates*, 1962 2089, 1~65
- 3 Kemner N. A. *Fysiogr. Sallsk. Handl.*, 1931, 42(13): 1~53.

## 冬虫夏草寄主玉树蝠蛾幼虫的生物学

李玉玲<sup>1\*</sup> 徐成体<sup>1</sup> 何力剑<sup>2</sup>

(1. 青海省畜牧兽医科学院草原研究所 西宁 810003; 2 河北保定农业研究所 保定 071000)

**Bidog of *Hepialus yushuensis*.** LI Yu-Ling<sup>1\*</sup>, XU Cheng-Ti<sup>1</sup>, HE Li-Jian<sup>2</sup> (1. *Qinghai Academy of Animal and Veterinary Sciences*, Xining 810003, China; 2. *Baoding Agriculture Institute*, Baoding 071000, China)

**Abstract** *Hepialus yushuensis* Chu et Wang is native insect to the west-plateau of China. We have explored the biological characteristics of *H. yushuensis* for 5 years from 1996 to 2000 in Batang of Yushu, Qinghai Province. The larva eats roots of many kinds of plants in the alpine shrub-meadow zone. It has an unusual ability of enduring low temperature. It is adapted to the soil temperature of 6~10 °C for larva development, and likes to live damp environment between 40%~60% of humidity in the soil. The larva lives through winter and could be found all the year round.

**Key words** *Cordyceps sinensis*, *Hepialus yushuensis*, larvae, biology, observation

**摘要** 在青海虫草最主要产区玉树巴塘地区对玉树蝠蛾 *Hepialus yushusis* Chu et Wang 进行野外定点调查观察, 结果表明: 玉树蝠蛾幼虫是一种多食性昆虫, 对低温有特殊的适应能力, 适宜生长发育的地温是  $6 \sim 10^{\circ}\text{C}$ ; 幼虫喜潮湿, 最适土壤含水量为  $40\% \sim 60\%$ ; 幼虫世代重叠, 在冻土层越冬。

**关键词** 冬虫夏草, 玉树蝠蛾, 幼虫, 生物学

青海高原自然条件特殊, 生态环境多样, 适宜于冬虫夏草 (*Cordyceps sinensis* (Berk) Sacc) 的繁衍生息。产区冬虫夏草一般都分布在海拔在海拔  $3\ 000 \sim 5\ 000\ \text{m}$  之间的山地阴坡、半阴坡的灌丛和分水岭两侧草甸之中, 以莎草科蒿草属植物和蓼科中的头花蓼 (*Polygonum sphaerostachyum*)、珠芽蓼 (*Polygonum viviparum* L.)、小大黄 (*Rheum pumilum* Maxim) 等为主的高山草甸草原<sup>[2]</sup>, 这些地段也常常生长一些稀疏的木本萎萎菜、金腊梅 (*Potentilla frutiosa* L.), 这类草场由于高寒, 生产力和利用率都极低, 但土壤有机质极为丰富, 生草层疏松肥沃, 水分充足, 土壤呈深黑色。

冬虫夏草在地表平均温度  $4.4 \sim 9^{\circ}\text{C}$  左右, 土壤肥沃, 疏松, 土层深厚的草甸, 土壤湿度在  $40\% \sim 60\%$ , 坡度在  $15^{\circ} \sim 30^{\circ}$  的山坡中分布较多。虫草菌于每年 7~8 月份, 寄生在蝙蝠蛾幼虫的体内。染病幼虫钻入土中越冬, 10 月份地表温度  $5^{\circ}\text{C}$  时, 幼虫死亡僵化。随着地温不断下降, 僵化程度增大。僵化后的幼虫头部开始长出子座, 11 月至第 2 年 2 月地温降至  $-2 \sim 3^{\circ}\text{C}$  时, 子座生长缓慢; 到 4 月, 地温上升到  $5^{\circ}\text{C}$  时, 子座迅速加快生长;  $10 \sim 20\ \text{d}$  后, 顶部开始膨大, 出现子囊果, 呈棕褐色;  $40 \sim 55\ \text{d}$  子囊孢子成熟, 约 1 个月后停止生长, 地下虫体开始腐烂, 子座开始萎缩。

随着近年来冬虫夏草分布区的生态环境遭受人为破坏日趋严重, 虫源锐减, 加之人为的采集虫草过量 and 过早, 影响了自然环境下寄主虫草蝙蝠蛾的生存和虫草菌孢子的生长发育, 使得虫草菌孢子感染寄主幼虫的机率减少; 再加上自然因素(如气候越来越暖、干旱等)的影响, 野生冬虫夏草生产面积正在逐年缩小, 产量也随之大降。产、质量大幅度下降。

冬虫夏草的全人工培养研究, 首先必须对

冬虫夏草菌的寄主昆虫进行研究。青海省的主要寄主昆虫主要有虫草蝠蛾 *Hepialus armoricanus* Oberthur、玉树蝠蛾 *Hepialus yushuensis* Chu et Wang、门源蝠蛾 *H. menyuanicus* Chu et Wang 等<sup>[1]</sup>。其中玉树蝠蛾是青海省冬虫夏草主要产区的优势寄主昆虫。从 1996 年至 2000 年, 作者在青海省玉树州玉树县巴塘乡巴塘基地(海拔  $4\ 600\ \text{m}$ )对玉树蝠蛾幼虫的生物学特性进行了观察, 现报告如下。

## 1 调查方法

野外调查时间为 1996~2000 年的每年 4~10 月, 地点在青海省玉树州巴塘乡(海拔  $4\ 600\ \text{m}$ )冬虫夏草产区。选取不同植被、不同坡向、不同土层深度的样方 300 余个, 每个样方为  $1\ \text{m}^2$ , 采挖幼虫进行观察, 共观察样方 2 000 余个, 各龄幼虫 4 000 余条。观察幼虫生长与环境因子的关系。

## 2 结果与分析

### 2.1 幼虫的食性

玉树蝠蛾幼虫是一种多食性昆虫, 有 1 对锋利的钳型口器, 常常将块根、茎咬成碎片。据尹定华等在四川康定地区的研究, 贡嘎蝠蛾在自然条件下取食的种类很多, 但最喜爱取食的植物种类主要为莎草科、禾本科、蓼科、毛茛科、水麦冬科的植物<sup>[3]</sup>。青海产区的虫草分布更高, 一般海拔在  $4\ 200\ \text{m}$  以上, 这类草场珠芽蓼很少, 而蓼科植物中的头花蓼和小大黄为主要取食的植物, 玉树蝠蛾幼虫主要啃食植被中的头花蓼、珠芽蓼和小大黄等蓼科植物的根, 也啃食小灌木状黄茂 (*Astragalus* sp.) 和金腊梅以及

\* E-mail: lyxct@126.com

重登收稿日期: 2006-07-31, 修回日期: 2006-12-22

其他植物的根系。

## 2.2 幼虫对温度的反应

玉树蝠蛾幼虫由于对食物和温度的要求,多数在5~25 cm的土层活动,白天都离地面较近,幼虫5月在土层中分布最集中的深度约10 cm左右,地温约3~6℃。即使1年中温度最高的7月份,幼虫活动层地温也不到10℃。作者曾将健康幼虫在-6℃的冰箱中放置20~30 min,使虫体冻僵,然后渐渐升温溶化,数小时后又能复活,说明玉树蝠蛾幼虫对低温有特殊的适应能力。

表1结果显示,玉树蝠蛾幼虫从开始微动到有不安宁表现的平均温度范围是2.3~15.7℃,正常活动的温度是10℃以下,从而也证明了该幼虫喜欢低温的特性。

表1 玉树蝠蛾5龄幼虫对温度的反应

温度℃	持续时间(s)	重复次数	幼虫反应*
2~3	300~480	3	微动
7~8	16~30	3	活跃
14~18	39~60	3	躁动(不安)
24~28	59~95	3	兴奋匍匐
33~37	65~112	3	假死
37~40	75~118	3	死亡

\*反应等级:以幼虫对光及外界触动的反应为划分依据。

## 2.3 土壤含水量对幼虫生长和存活的影响

实验结果显示,幼虫喜潮湿,需求的最适土壤含水量为40%~60%(表2)。湿度过低时幼虫能吐丝筑“巢”,防止体内水分散失,含水量过大时常爬出地面,浮在水面也能维持数天而不死。

表2 土壤含水量对幼虫体重变化的影响(温度均为8℃)

处理天数 (d)	土壤相对含水量(%)									
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	
1	-54.0	-3.0	-0.1	-1.7	0.2	3.4	13.3	12.7	5.4	
2	-61.5	-7.3	0.1	0.1	1.3	5.2	26.2	33.3	30.3	
4	-	-11.0	-2.3	-5.2	0.1	2.4	36.1	22.0	11.9	
6	-	-15.3	-3.0	-8.3	-1.9	-17.5	31.2	22.3	33.9	
9	-	-24.6	-3.0	-12.2	-4.2	-16.0	44.2	21.6	62.1	
14	-	-47.2	-4.7	-16.3	3.0	-16.1	52.6	0	67.3	

注:鲜重变化;“+”增加,“-”减少。

由表2可以看出,当土壤湿度为零时,2 d内幼虫体重损失61.51%,幼虫于第2天全部死亡。从体重损失上看,不适合幼虫生长。

观察发现,为了抵抗干燥的环境,幼虫能吐出大量的丝状物,将身体包围来防止体内水分的散失,以延长其存活时间。所以,即使在20%~30%的土壤湿度下,处理幼虫直到第14 d仍无1条虫死亡。

当土壤含水量为60%时已达到饱和,达到70%~80%时即有水从土壤中浸出,在这种情况下,幼虫一般都很快速浮到水面上来,虽然全身泡胀不能动弹,但取出后放在滤纸上,体内水分渐渐排出后还能恢复正常。即使在水面飘浮3 d的幼虫仍能复活,说明蝠蛾幼虫对土壤湿度的适应范围较大,要求并不十分严格的,在不适宜的湿度条件下,它的抵抗能力较强。但在

含水量80%处理的土中,幼虫浮在水面,第2天全部死亡。

## 2.4 幼虫在地下的分布

在自然条件下,玉树蝠蛾幼虫长年生活在地下5~35 cm的土壤中,蝠蛾完成1个世代需4~5年的时间,其中85%以上的时间是处于幼虫期营地下生活,幼虫有6个龄期,全年具有明显的世代重叠现象(表3)。

## 2.5 玉树蝠蛾各虫态1年中的分布

于5月初土壤化冻10 cm时和12月初分别进行野外观察,在冻土层幼虫的分布区能见到明显的隧道,隧道内壁有小粒冰渣和已冻僵僵和半僵呈死亡状态和有些微动但却不能爬行的幼虫,这些幼虫都非常瘦弱。从冻土中挖出冻僵的幼虫,随着温度的升高,虫体又变得柔软并活动爬行,寻找食物。它们基本上都分布在

表 3 玉树蝠蛾幼虫在土下的分布(%)

月份	调查次数	总虫数	土下深度(cm)/温度(°C)					
			≤5	6~10	11~15	16~20	21~25	≥26
5	4	728	2.8	29.4	32.6	21.4	13.0	0.8
		平均温度(°C)	3.3	2.4	2.0	1.7	0.1	—
6	3	340	7.4	32.7	46.8	12.1	1.2	0
		平均温度	10.0	5.6	4.3	3.5	—	—
7	3	36	10.0	42.0	31.0	6.0	6.0	5.0
		平均温度	10.2	7.0	6.3	5.5	5.7	—
8	2	332	1.0	21.0	42.0	27.0	5.0	4.0
		平均温度	7.5	4.4	3.3	1.9	1.7	1.7
9	1	106	4.0	25.0	42.0	26.0	3.0	0
		平均温度	—	—	—	—	—	—
12	1	14	0	7.0	29.0	47.0	14.0	3.0
		平均温度	—	-3.0	—	—	-3.5	—

虫态	1~4			5			6			7			8			9			10~12(月)
	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	
卵									•		•	•	•		•	•	•		
幼虫	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
蛹				⊙	⊙		⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙						
成虫									+	+	+	+	+	+	+	+			

• 卵      - 幼虫      ⊙ 蛹      + 成虫

图 1 玉树蝠蛾各虫态在 1 年中的分布

冻土层 7~28 cm 的隧道内,集中分布在 13~20 cm 的区域内,该区域的地温也在 -3~3.5 °C 左右。12 月上旬玉树地区虫草分布区的冻土层已达 50 cm 深,以上是未冻层,地温大约在 0~2 °C 以上,但并未发现幼虫活动的隧道和痕迹,说明玉树蝠蛾幼虫是在冻土层越冬,不取食,呈休眠状态(图 1)。

由表 3 可以看出,玉树蝠蛾幼虫在土中一年四季都有,并以幼虫越冬,根据高祖<sup>[4]</sup>等在四川康定地区的研究副蛾幼虫是在冻土层以下越冬<sup>[4~6]</sup>,但青海玉树地区冬季冻土层深达 1.5 m 以上,生长虫草的高山顶部多数地 60 cm 以下即是石砾母质层,非常坚硬,幼虫不太可能钻入冻土层以下。

### 3 讨论

冬虫夏草的生产目前主要通过人工发酵提取菌丝体和野外天然虫草的采集,前者主要利用了虫草菌的无性繁殖技术,其药效和营养成

份与后者相比存在着很大差异。由于天然虫草的收获量远不能满足市场的需要,因此,进行野生虫草的驯化培养研究已日趋重要。从技术发展趋势看,冬虫夏草生产量的增加主要有 2 个途径:一是提高高原草甸区虫草的基数,二是进行人工仿生态培育。无论采用什么方法,均必须解决冬虫夏草寄主昆虫的饲养技术,提高冬虫夏草菌对寄主昆虫感染率。这已成为制约冬虫夏草产业的主要技术瓶颈,而幼虫寄主的饲养成功与否又取决于对幼虫生物学的了解与掌握,这样才能真正做到低成本地进行规模化生产,才能真正做到冬虫夏草人工培养的产业化。

### 参 考 文 献

- 1 刁治民. 生物学杂志, 1996, 70(2): 20~22.
- 2 李玉玲. 青海畜牧兽医杂志, 1996, 6: 12~15.
- 3 尹定华, 陈仕江, 李黎. 昆虫知识, 1995, 32(5): 289~291.
- 4 高祖<sup>[4]</sup> 余虹. 昆虫学报, 1992, 35(3): 317~321.
- 5 杨大荣, 杨有武. 动物学研究, 1987, 8(1): 1~11.
- 6 杨大荣. 昆虫学报, 1991, 34(1): 32~27.