



王岩, 兰文旭, 孙吉舟, 敬波, 陈创夫. 阿尔泰蝠蛾 (鳞翅目: 蝙蝠蛾科) 幼虫食性的观察 [J]. 环境昆虫学报, 2020, 42 (5): 1210–1215.

阿尔泰蝠蛾 (鳞翅目: 蝙蝠蛾科) 幼虫食性的观察

王岩^{1,4,5,6}, 兰文旭², 孙吉舟³, 敬波³, 陈创夫^{4,5,6*}

(1. 石河子大学医学院, 新疆维吾尔自治区石河子 832000; 2. 新疆阿勒泰地区野生动植物保护办公室, 新疆维吾尔自治区阿勒泰 836500; 3. 喀纳斯景区管理委员会, 新疆维吾尔自治区布尔津 836600; 4. 石河子大学动物科技学院, 新疆维吾尔自治区石河子 832000; 5. 石河子大学畜牧学博士后流动站, 新疆维吾尔自治区石河子 832000; 6. 西部地区高发人兽共患传染病防治协同创新中心, 新疆维吾尔自治区石河子 832000)

摘要: 对阿尔泰山上的阿尔泰蝠蛾幼虫进行了为期6年的食性观察, 发现阿尔泰蝠蛾幼虫在野外采食的植物是新疆芍药、块根芍药、白喉乌头、阿尔泰牡丹草、新疆藜芦、新疆猪牙花、阿尔泰羽衣草、柳兰、新疆白鲜和药用蒲公英, 与蝠蛾属的其他昆虫不同。其中, 大部分植物为新疆阿尔泰山上的特有植物和中药, 甚至有些还有毒性。在人工饲养的情况下, 阿尔泰蝠蛾喜食胡萝卜和南瓜。该观察结果将为以后阿尔泰蝠蛾幼虫的野外采集和人工饲养等研究提供一定的帮助。

关键词: 阿尔泰蝠蛾; 蝙蝠蛾科; 幼虫; 食性

中图分类号: Q968.1; S899

文献标识码: A

文章编号: 1674-0858 (2020) 05-1210-06

Observations on the feeding habits of larvae of *Hepialus altaicola* Wang (Lepidoptera: Hepialidae)

WANG Yan^{1,4,5,6}, LAN Wen-Xu², SUN Ji-Zhou³, JING Bo³, CHEN Chuang-Fu^{4,5,6*} (1. School of Medicine, Shihezi University, Shihezi 832000, Xinjiang Uygur Autonomous Region, China; 2. Wildlife Protection Office of Altay Region, Altay 836500, Xinjiang Uygur Autonomous Region, China; 3. Administration of Kanas Scenic Spot, Burgin 836600, Xinjiang Uygur Autonomous Region, China; 4. College of Animal Science and Technology, Shihezi University, Shihezi 832000, Xinjiang Uygur Autonomous Region, China; 5. Animal Husbandry Post-doctoral Station of Shihezi University, Shihezi 832000, Xinjiang Uygur Autonomous Region, China; 6. Collaborative Innovation Center for Prevention and Control of High Incidence Zoonotic Infectious Diseases in Western China, Shihezi 832000, Xinjiang Uygur Autonomous Region, China)

Abstract: Field survey of feeding habits of *Hepialus altaicola* larvae was carried out from the Altai Mountains from 2014 to 2019. Ten species of plants were found to be eaten by the larvae of *H. altaicola*: *Paeonia sinjiangensis*, *P. anomala*, *Aconitum leucostomum*, *Gymnospermium altaicum*, *Veratrum lobelianum*, *Erythronium sibiricum*, *Alchemilla pinguis*, *Chamaenerion angustifolium*, *Dictamnus angustifolius* and *Taraxacum officinale*, different from the plants eaten by the larvae in different species of *Hepialus*, meanwhile, most of them are endemic plants and Chinese medicinal herbs, even though some of them are poisonous. While rearing *H. altaicola* larvae under laboratory conditions, we found they liked to

基金项目: 国家自然科学基金 (81560614); 中国博士后科学基金 (2016M602907)

作者简介: 王岩, 男, 1979年生, 博士, 副教授, 研究方向为医药昆虫及生物化学与分子生物学, E-mail: xueshengwangyan@126.com

* 通讯作者 Author for correspondence: 陈创夫, 博士, 教授, 从事动物遗传育种与繁殖和生物化学与分子生物学等研究工作, E-mail: ccf-xb@163.com

收稿日期 Received: 2019-11-11; 接受日期 Accepted: 2019-11-28

eat *Daucus carota* and *Cucurbita moschata*. These observations will provide some help for some studies on *H. altaicola*, such as the larval collection in the field, larval rearing and so forth.

Key words: *Hepialus altaicola*; Hepialidae; larvae; food habits

阿尔泰蝠蛾 *Hepialus altaicola* Wang, 为我国新疆特有昆虫, 仅分布于新疆的阿尔泰山, 是新疆虫草菌 *Ophiocordyceps gracilis* 的寄主昆虫。新疆虫草, 又被称为新疆细虫草、细虫草等, 是阿尔泰蝠蛾的幼虫和蛹被新疆虫草菌感染后形成的虫菌复合体, 为新疆传统哈萨克民族药, 具有抑菌、抗氧化、抗衰老、抗肿瘤、保护肝脏、提高免疫力等作用 (黄罗冬等, 2019)。由于其价格昂贵, 已陷入越挖越少、越少越挖的恶性循环怪圈; 又因为新疆虫草很少能产生子座, 不能像冬虫夏草那样通过寻找子座进行定位采挖, 所以只能漫无目的地挖寻, 需要大面积地翻开草皮, 刨开土层, 深挖 30 cm 左右, 对植被和生态环境破坏很严重。因此, 开展人工培育新疆虫草已是大势所趋。若要进行新疆虫草的人工培育, 就需要进行阿尔泰蝠蛾的人工繁育, 在此过程中, 弄清其食性是最为关键的一环。

对于阿尔泰蝠蛾幼虫的食性, 赵恒等 (1993) 认为其食谱与内地虫草蝠蛾的食谱无甚差别, 能取食蓼属 *Polygonum*、黄芪属 *Astragalus*、大黄属 *Rheum* 的一些植物。本研究于 2014 年至 2019 年对阿尔泰山上阿尔泰蝠蛾幼虫的食性进行了连续 6 年的春、夏、秋三季观察, 发现与前述报道不同, 并且与蝠蛾属其他种幼虫的食性也差异较大, 现将结果报道如下。

1 材料与方法

1.1 材料

实验所用阿尔泰蝠蛾幼虫, 均采自新疆阿勒泰地区布尔津县的阿尔泰山上, 海拔为 1 000 m 至 2 000 m 范围内。幼虫的各种食源植物和饲养土壤, 均采自昆虫栖身的周边。试验过程中, 昆虫的盛放容器为塑料桶, 桶内径为 35 cm, 桶高为 30 cm。用于幼虫人工饲养试验的胡萝卜 *Daucus carota*、马铃薯 *Solanum tuberosum*、番薯 *Ipomoea batatas*、南瓜 *Cucurbita moschata* 等均购自当地农贸市场, 用自来水清洗晾干后, 埋于土壤中, 进行食性观察试验。

1.2 方法

采取野外调查、当地试验和迁地室内饲养相

结合的方法进行。

1.2.1 野外调查

野外调查参照尹定华等 (1995) 报道的方法, 略有改动。简述如下, 于每年春、夏、秋三季分别进行 3 次野外调查, 每次在禾木或者喀纳斯的阿尔泰山上, 选取不同海拔、不同坡向、不同坡度、不同植被的样方 200 余个, 每个样方为 1 m², 刨开土层寻找幼虫, 同时对幼虫生活周边的各种植物的地下根 (茎) 部进行细致观察。2014 年至 2019 年间, 共观察样方近 4 000 个, 发现各龄幼虫近 3 000 头 (含刨土所致伤残幼虫)。若观察到植物的根 (茎) 部有蝠蛾幼虫 (或蛹) 生活, 同时观察到该植物根 (茎) 上有被采食的痕迹, 并且确认观察不到其他能采食植物的动物后, 进行拍照, 然后再采集该种植物用于后续的物种鉴定。随后, 采集周边的该种植物的根 (茎), 连带幼虫和当地土壤一起装入塑料桶 (d = 35 cm, h = 30 cm) 中, 带回山上的暂住地, 以便进行后续的当地试验。

1.2.2 当地试验

将前述从阿尔泰蝠蛾幼虫的野外栖息地所带回的水桶 (含幼虫、土壤和可疑食源植物), 置于山上的暂住地, 模仿野外观察的土层深度分别埋置植物和幼虫于塑料桶中, 每个桶只放 1 种植物, 静置 5 d 后, 观察植物根 (茎) 部有无新形成的取食痕, 以便进一步确定该植物是否为幼虫的食源植物。

1.2.3 迁地室内饲养

将野外采集的阿尔泰蝠蛾幼虫带回实验室后, 按照王岩等 (2018) 所报道的方法进行饲养。幼虫为单瓶单头饲养, 选择幼虫原栖身处的腐殖土为饲养土, 将市场上购买新鲜的食材埋置于土中, 将饲养瓶置于光照培养箱中 (MGC-250P 型, 上海, 一恒), 饲养条件为 12℃、RH 50%、16L:8D, 定期观察食材表面有无取食痕。

2 结果与分析

在阿尔泰山上进行的野外调查和当地试验观察结果显示, 蝠蛾幼虫能取食隶属于毛茛目 Ranunculales (4 种) 的毛茛科 Ranunculaceae

(3 种) 和小檗科 *Berberidaceae* (1 种)、百合目 *Liliales* (2 种) 的百合科 *Liliaceae* (2 种)、蔷薇目 *Rosales* (1 种) 的蔷薇科 *Rosaceae* (1 种)、桃金娘目 *Myrtales* (1 种) 的柳叶菜科 *Onagraceae* (1 种)、无患子目 *Sapindales* (1 种) 的芸香科 *Rutaceae* (1 种)、桔梗目 *Campanulales* (1 种) 的菊科 *Asteraceae* (1 种) 的 10 种植物的块根或者鳞(块)茎(表 1; 图 1)。它们分别是新疆芍药 *Paeonia sinjiangensis* (图 1A)、块根芍药(窄叶芍药) *P. anomala*、白喉乌头 *Aconitum leucostomum* (图 1F)、阿尔泰牡丹草 *Gymnospermium altaicum* (图 1G)、新疆藜芦(阿尔泰藜芦) *Veratrum lobelianum* (图 1D)、新疆猪牙花 *Erythronium sibiricum* (图 1E)、阿尔泰羽衣草 *Alchemilla pinguis* (图 1I)、柳兰 *Chamaenerion angustifolium* (图 1B)、新疆白鲜 *Dictamnus angustifolius* (图 1C)、药用蒲公英 *Taraxacum officinale* (图 1H)。其中, 以新疆芍药、白喉乌头、阿尔泰牡丹草、新疆藜芦、新疆猪牙花、阿尔泰羽衣草、柳兰、新疆白

鲜和药用蒲公英为主, 虽然观察到在块根芍药下有幼虫生活 ($n=2$), 但数量十分稀少, 不足新疆芍药等植物下的 1% ($n>2000$), 幼虫的采食痕也很浅, 并且明显瘦弱许多。然而, 在新疆芍药、新疆猪牙花、柳兰、新疆藜芦和新疆白鲜下的幼虫都很肥壮, 可能与这些植物的根部的营养丰富有关, 尤其是新疆猪牙花, 富含淀粉和糖分(生食甜脆), 当地人称为“别克”, 常作为蔬菜像土豆一样蒸熟后款待客人; 在柳兰的根部, 幼虫时常钻进其内部进行取食, 只留后端部分身体在外(图 1B)。白喉乌头和新疆藜芦都是有毒植物, 但是阿尔泰蝠蛾幼虫, 却可以采食自如, 尤其是在新疆藜芦根下的幼虫, 不仅发育正常, 还很肥壮, 不次于同期生长于新疆芍药下的幼虫。在阿尔泰羽衣草、阿尔泰牡丹草和药用蒲公英下的幼虫数量虽然比不上前述 5 种非常喜欢采食的植物 ($n>800$), 但也能正常化蛹(图 1I)。在这 10 种植物中, 新疆芍药、块根芍药、阿尔泰牡丹草、新疆藜芦、新疆猪牙花、阿尔泰羽衣草和新疆白鲜都

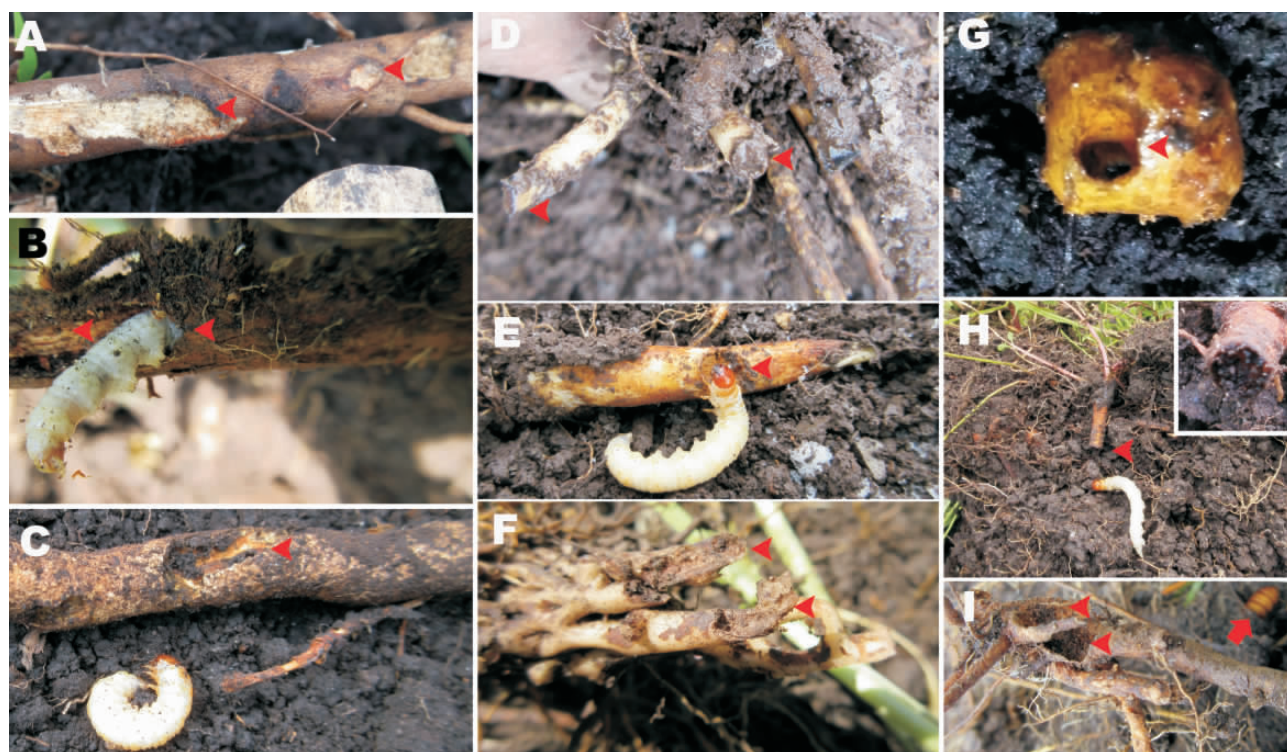


图 1 野外观察到的阿尔泰蝠蛾幼虫取食的各种植物

Fig. 1 Field observation of plants eaten by *Hepialus altaicola* larvae

注: A, 新疆芍药; B, 柳兰; C, 新疆白鲜; D, 新疆藜芦; E, 新疆猪牙花; F, 白喉乌头; G, 阿尔泰牡丹草; H, 药用蒲公英, 插图所示为从另一个角度所拍的根部采食痕的放大图像; I, 阿尔泰羽衣草。长箭头所指为幼虫所化的蛹, 短箭头所指为幼虫在植物上的取食痕。Note: A, *P. sinjiangensis*; B, *C. angustifolium*; C, *D. angustifolius*; D, *V. lobelianum*; E, *E. sibiricum*; F, *A. leucostomum*; G, *G. altaicum*; H, *T. officinale*, inset shows the enlarged feeding mark in other aspect; I, *A. pinguis*. Long arrow indicates the pupa transformed from larva. Short arrows indicate the feeding marks on the plants.

是新疆特有种植物, 占比为 7/10, 主要分布在阿尔泰山上。这可能是阿尔泰蝠蛾长期与周围环境相适应的结果。

在人工饲养的条件下, 发现阿尔泰蝠蛾幼虫喜食伞形目 Apiales 伞形科 Umbelliferae 的胡萝卜和葫芦目 Cucurbitales 葫芦科 Cucurbitaceae 的南瓜

(表 1); 南瓜富含糖分, 为幼虫所喜食, 但是在土壤中很快就会腐烂变质, 与胡萝卜相比, 需增加更换食料的频次。未发现茄目 Solanales 茄科 Solanaceae 的马铃薯和同为茄目旋花科 Convolvulaceae 的番薯的表面有取食痕迹。

表 1 阿尔泰蝠蛾幼虫取食的植物
Table 1 Edible plants of *Hepialus altaicola* in larval stage

目 Order	科 Family	种 Species	取食状况 Feeding preference
毛茛目 Ranunculales	毛茛科 Ranunculaceae	新疆芍药 <i>P. sinjiangensis</i>	+++
		块根芍药 (窄叶芍药) <i>P. anomala</i>	+
		白喉乌头 <i>A. leucostomum</i>	++
百合目 Liliales	小檗科 Berberidaceae	阿尔泰牡丹草 <i>G. altaicum</i>	++
		新疆藜芦 (阿尔泰藜芦) <i>V. lobelianum</i>	+++
		新疆猪牙花 <i>E. sibiricum</i>	+++
蔷薇目 Rosales	蔷薇科 Rosaceae	阿尔泰羽衣草 <i>A. pinguis</i>	++
桃金娘目 Myrtales	柳叶菜科 Onagraceae	柳兰 <i>C. angustifolium</i>	+++
无患子目 Sapindales	芸香科 Rutaceae	新疆白鲜 <i>D. angustifolius</i>	+++
桔梗目 Campanulales	菊科 Asteraceae	药用蒲公英 <i>T. officinale</i>	++
伞形目 Apiales	伞形科 Umbelliferae	胡萝卜 <i>D. carota</i>	+++
葫芦目 Cucurbitales	葫芦科 Cucurbitaceae	南瓜 <i>C. moschata</i>	+++

注: +++代表非常喜欢, ++代表喜欢, +代表能取食。Note: +++ represents very like, ++ represents like, + represents be able to eat.

3 结论与讨论

野外调查和当地试验结果显示, 阿尔泰蝠蛾幼虫能取食分别隶属于 6 个目、7 个科的新疆芍药、块根芍药、阿尔泰牡丹草、新疆藜芦、新疆猪牙花、阿尔泰羽衣草、新疆白鲜、白喉乌头、柳兰和药用蒲公英, 共计 10 种植物。其中, 前 7 种是新疆特有种植物, 新疆芍药、新疆猪牙花、柳兰、新疆藜芦和新疆白鲜是其非常喜欢食用的植物, 新疆芍药、块根芍药、新疆藜芦、新疆猪牙花、新疆白鲜、白喉乌头和药用蒲公英为药用植物, 新疆藜芦和白喉乌头还为有毒植物。

但是, 阿尔泰蝠蛾却喜欢取食这 2 种有毒植物, 并能正常生长发育; 在当地采样时, 发现牛、羊和马都不取食这 2 种植物, 以致于经常发现这两种植物突兀地挺立在草场上。另外, 本研究没

有发现阿尔泰蝠蛾取食蓼属、黄芪属和大黄属的一些植物。室内饲养发现阿尔泰蝠蛾幼虫喜食胡萝卜和南瓜。据目前作者的文献检索发现, 尚未有文献报道阿尔泰牡丹草、新疆猪牙花、阿尔泰羽衣草、新疆白鲜、白喉乌头和药用蒲公英是蝠蛾的食源植物。

据以往的文献报道 (沈发荣等, 1990; 杨大荣等, 1992; 王忠等, 1995; 尹定华等, 1995; 尹定华等, 2004; 张泽锦等, 2009; 涂永勤等, 2011; 张德利等, 2014; 黄雪峰等, 2016; 李文佳等, 2017), 其他蝠蛾所食的植物 (含人工饲喂食材) 共计有 95 种。按照种类由多至少依次有蔷薇目 18 种, 其中豆科 Fabaceae 13 种、蔷薇科 5 种; 杜鹃花目 Ericales 15 种, 其中报春花科 Primulaceae 2 种, 杜鹃花科 Ericaceae 13 种; 蓼目 Polygonales 13 种, 全为蓼科 Polygonaceae; 禾本目 Poales 12 种, 其中禾本科 Poaceae 7 种, 莎草科

Cyperaceae 5 种; 毛茛目 7 种, 全为毛茛科; 桔梗目 Campanulales 6 种, 其中菊科 5 种, 桔梗科 Campanulaceae 1 种; 唇形目 Lamiales (也称玄参目 Scrophulariales) 3 种, 其中唇形科 Lamiaceae 2 种, 玄参科 Scrophulariaceae 1 种; 十字花目 Brassicales 3 种, 全为十字花科 Brassicaceae; 金虎尾目 Malpighiales 3 种, 全为杨柳科 Salicaceae; 茄目 2 种, 其中茄科 1 种, 旋花科 Comolvaceae 1 种; 百合目 2 种, 全为百合科; 伞形目 Apiales 2 种, 全为伞形科 Umbelliferae; 龙胆目 Gentianales 2 种, 全为龙胆科 Gentianaceae; 牻牛儿苗目 Geraniales 2 种, 全为牻牛儿苗科 Geraniaceae; 虎耳草目 Saxifragales 2 种, 全为虎耳草科 Saxifragaceae; 石竹目 Caryophyllales 2 种, 全为石竹科 Caryophyllaceae; 泽泻目 Alismatales 1 种, 为水麦冬科 Juncaginaceae。其中人工食材主要有 7 种, 分别是鲜玉米粒 *Zea mays*、胡萝卜 *D. carota*、马铃薯 *S. tuberosum*、番薯 *I. batatas*、白菜 *Brassica pekinensis*、油菜 *Brassica campestris*、萝卜 *Raphanus sativus*; 但是, 在本研究中, 发现阿尔泰蝠蛾对胡萝卜和南瓜较为喜食, 对马铃薯和番薯没有啃食现象, 这与李文佳等 (2017) 所报导的其他蝠蛾昆虫不同。可能与本研究在饲喂这两种植物之前, 没有对食材进行削皮处理有关。

本研究发现, 阿尔泰蝠蛾在野外所取食的植物, 与其他蝠蛾没有相同的种类。李文佳等 (2017) 报道称芍药 *P. lactiflora* 是蝠蛾的食物, 但是, 是哪种蝠蛾的食物, 作者在文中没有明确表明, 也未明确列出所对应的参考文献; 况且, 该种芍药在新疆阿尔泰山上没有分布, 因为芍药属在新疆只有 2 个种, 一种为新疆芍药, 另一种为块根芍药 (郭先锋, 2002)。至于前述文献报导的取食该芍药的蝠蛾是混淆了的阿尔泰蝠蛾, 或者是其他种, 还有待进一步核实。除此之外, 阿尔泰蝠蛾的野外食用植物与其他蝠蛾没有隶属于同一个属的; 隶属于同一个科的有毛茛科、百合科、蔷薇科和菊科, 它们分别隶属于 4 个不同的目: 毛茛目、百合目、蔷薇目和桔梗目。阿尔泰蝠蛾所食的小檗科 (毛茛目)、柳叶菜科 (桃金娘目) 和芸香科 (无患子目) 的野外食物, 也未在其他蝠蛾的食谱上有发现。其他蝠蛾的食物主要集中在豆科 (蔷薇目)、杜鹃花科 (杜鹃花目)、蓼科上 (蓼目), 尤其在杜鹃花科 (目) 上, 与阿尔泰蝠蛾的也差别较大。赵恒等 (1993) 认为阿

尔泰蝠蛾为多食性昆虫, 阿尔泰蝠蛾的食物谱与内地虫草蝠蛾的食物谱无甚差别, 它能取食蓼属、黄芪属、大黄属的一些植物; 但限于本研究时间和样方数量, 未能发现这些属内的植物能被阿尔泰蝠蛾幼虫取食。尤其是珠芽蓼 *Polygonum viviparum*, 在阿尔泰山上分布较为广泛, 但是未在其根下发现有幼虫生活, 未发现有采食痕 ($n > 40$)。对于禾本科等根系直径相对细小的植物, 限于本研究的观察能力所限, 在野外未能观察到明显的采食痕迹, 故在本研究中未做详细观察统计。至于阿尔泰蝠蛾为何很喜欢采食新疆芍药, 而不太喜欢采食同属的块根芍药, 相比较而言, 为何在块根芍药下的幼虫体势瘦弱许多等问题, 其原因尚待进一步研究。

该食性观察结果能够为阿尔泰蝠蛾幼虫的人工繁育奠定食料选择方面的研究基础, 可以为阿尔泰蝠蛾幼虫的人工饲养和虫草培育, 以及野外阿尔泰蝠蛾幼虫的采集、生物学观察、生态环境的保护等方面的工作提供一定的帮助。

致谢: 衷心感谢新疆大学逯永满老师在植物鉴定方面提供的帮助; 同时, 感谢当地林管站的董利站长等人在采样工作上给予的大力支持。

参考文献 (References)

- Guo XF. Advances in classification of Chinese herbaceous peony [J]. *Journal of Beijing Forestry University*, 2002, 24 (3): 99 - 102. [郭先锋. 中国芍药分类学研究进展 [J]. 北京林业大学学报, 2002, 24 (3): 99 - 102]
- Huang LD, Ma YF, Wang Y, et al. Research status and utilization progress of *Ophiocordyceps gracilis* [J]. *Mycosystema*, 2019, 26 (2): 141 - 150. [黄罗冬, 马玉凤, 王玥, 等. 细虫草资源研究现状及开发利用进展 [J]. 食用菌学报, 2019, 26 (2): 141 - 150]
- Huang XF, Wang Z, Zheng FY, et al. Preliminary screening of feed materials for *Hepialus* larvae and study on its feeding habits [J]. *Fujian Agricultural Science and Technology*, 2016, 47 (4): 16 - 18. [黄雪峰, 王忠, 郑方毅, 等. 蝙蝠蛾幼虫食料初步筛选及其取食研究 [J]. 福建农业科技, 2016, 47 (4): 16 - 18]
- Li WJ, Zhang ZY, Li QP, et al. Research progress of host insect of *Cordyceps* and its raising technique [J]. *World Chinese Medicine*, 2017, 12 (12): 285 - 293. [李文佳, 张宗耀, 李全平, 等. 冬虫夏草寄主昆虫及其饲养技术研究进展 [J]. 世界中医药, 2017, 12 (12): 285 - 293]
- Shen FR, Yang DR, Yang YX, et al. Diet research of *Hepialus baimaensis* larvae [J]. *Entomological Knowledge*, 1990, 27 (1): 36 - 37. [沈发荣, 杨大荣, 杨跃雄, 等. 白毛蝠蛾幼虫食性的

- 观察 [J]. 昆虫知识, 1990, 27 (1): 36 - 37]
- Tu YQ, Zhang DL, Zeng W, *et al.* Study on biological characteristic of *Hepialus xiaojinensis* in Sichuan [J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 2011, 48 (4): 990 - 996. [涂永勤, 张德利, 曾伟, 等. 四川小金蝠蛾生物学特性研究 [J]. 应用昆虫学报, 2011, 48 (4): 990 - 996]
- Wang Y, Tao CC, Li Q, *et al.* Non - destructive methods for sex determination of the live pupae of *Hepialus altaicola* Wang (Lepidoptera: Hepialidae) [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2018, 40 (1): 30 - 35. [王岩, 陶常诚, 李琪, 等. 阿尔泰蝠蛾 (鳞翅目: 蝙蝠蛾科) 活蛹性别的无损鉴别方法 [J]. 环境昆虫学报, 2018, 40 (1): 30 - 35]
- Wang Z, Ma QL, Ma FQ, *et al.* Study on the biological character of the host of *Cordyceps sinensis*, *Hepialus yushuensis* [J]. *Gansu Agricultural Science and Technology*, 1995, 12: 38 - 40. [王忠, 马启龙, 马福全, 等. 玉树蝠蛾生物学特性研究 [J]. 甘肃农业科技, 1995, 12: 38 - 40]
- Yang DR, Li CD, Shu C, *et al.* Relationship between alpine meadow vegetation and *Hepialus* moths distribution [J]. *Southwest China Journal of Agricultural Sciences*, 1992, 5 (2): 68 - 73. [杨大荣, 李朝达, 舒畅, 等. 虫草蝠蛾分布与高寒草甸植物的关系 [J]. 西南农业学报, 1992, 5 (2): 68 - 73]
- Yin DH, Chen SJ, Li L, *et al.* Study on the biological character of the host of *Cordyceps sinensis*, *Hepialus biruensis* in Xizang [J]. *Special Wild Economic Animal and Plant Research*, 2004, 2: 1 - 5. [尹定华, 陈仕江, 李黎, 等. 西藏冬虫夏草寄主比如蝠蛾生物学特性的研究 [J]. 特产研究, 2004, 2: 1 - 5]
- Yin DH, Fu SQ, Li QS. Study of larvae biological characteristics of *Hepialus gonggaensis* [J]. *Entomological Knowledge*, 1995, 32 (5): 289 - 291. [尹定华, 傅善全, 李泉森. 贡嘎蝠蛾幼虫生物学特性的观察 [J]. 昆虫知识, 1995, 32 (5): 289 - 291]
- Zhang DL, Tu YQ, Liu F, *et al.* Study on palatability and feeding amount of *Hepialus* larvae [J]. *Southwest China Journal of Agricultural Sciences*, 2014, 27 (6): 2732 - 2734. [张德利, 涂永勤, 刘飞, 等. 蝠蛾幼虫嗜食性及取食量研究 [J]. 西南农业学报, 2014, 27 (6): 2732 - 2734]
- Zhang ZJ, Ye M, Zhou ZJ, *et al.* Advance on the artificial rearing of host insects of *Cordyceps sinensis* [J]. *Chinese Traditional and Herbal Drugs*, 2009, 40 (Suppl.): 85 - 87. [张泽锦, 叶萌, 周祖基, 等. 冬虫夏草寄主昆虫饲养研究进展 [J]. 中草药, 2009, 40 (增): 85 - 87]
- Zhao H, Liu YP, Qv XL, *et al.* Distribution and habitat survey of *Ophiocordyceps gracilis* from Altai Mountain [J]. *Mycosystema*, 1993, 1: 22 - 23. [赵恒, 刘平义, 屈新兰, 等. 阿尔泰山虫草的分布及生境调查 [J]. 新疆农业科学, 1993, 1: 22 - 23]