研究论文

不同食料植物对美国白蛾生长发育和繁殖的影响*

武海卫[1] 康 智[1**] 信善林[2] 秦绪兵[3] 张秋梅[3] 刘焕秀[1]

(1.山东省林业科学研究院 济南 250014;2.山东省寿光市林业局森保站 寿光 262700;
3.山东省林木保护站 济南 250014)

摘 要 2010年6月至7月,在室内研究了美国白蛾 *Hyphantria cunea* (Drury)第1代幼虫对洋白蜡、欧美107号杨、法桐和白榆的取食量及不同的食料种类对美国白蛾生长发育和繁殖的影响。结果表明,美国白蛾对受试的各树种的取食量以洋白蜡为最多,完成一代平均每头可以取食2.21 g,其次为欧美107号杨1.95 g,再次为法桐和白榆,分别为1.85 g/头和1.68 g/头。3龄后幼虫对不同的寄主呈现出一定的偏好性,特别是5龄和6龄幼虫对不同的寄主的取食量表现出显著差异。不同的食料植物对美国白蛾幼虫和蛹的发育历期、存活率、蛹重、成虫寿命、产卵量等有显著影响。取食法桐对其生长发育和繁殖表现出明显的不利性,主要表现为幼虫期延长、蛹重减轻、单雌产卵量降低。

关键词 美国白蛾,取食量,食料植物,生长发育

Effects of different food plants on the growth, development and reproduction of fall webworm, *Hyphantria cunea*, larvae

WU Hai-Wei[1] KANG Zhi[1**] XIN Shan-Lin[2] QIN Xu-Bing[3]
ZHANG Qiu-Mei[3] LIU Huan-Xiu[1]

(1. Shandong Academy of Forestry, Jinan 250014, China; 2. Forestry Bureau of Shouguang City, Shouguang 262700, China; 3. Forest Protection Station of Shandong Province, Jinan 250014, China)

Abstract Larvae of the first generation of *Hyphantria cunea* (Drury) were reared on leaves of four different food plant species; *Fraxinus pennsylvanica* Marsh., *Populus* × *euramericana* 'Neva', *Platanus orientalis* L. and *Ulmus pumila* L., under laboratory conditions in June and July 2010, and their food consumption, development and reproduction measured and compared. Larvae reared on *F. pennsylvanica* had the highest leaf consumption with each larva consuming about 2.21 g leaves to complete from hatching to pupation, followed by larvae raised on *P.* × *euramericana* 'Neva' which consumbed 1.95 g. Larvae raised on *P. orientalis* and *U. pumila* consumed much less food throughout the larval stage, about 1.85 g and 1.68 g respectively. Differences in consumption of the different food plants first became apparent in fourth instar larvae and were particularly obvious in the fifth and sixth instars. Different food plants had significant effects on larval and pupal developmental duration, survival rate, pupal weight and fecundity. Our results indicate that *P. orientalis* does not support optimal larvae development and reproduction because feeding larvae on the leaves of this plant prolonged larval stages, decreased pupal weight and reduced average fecundity.

Key words *Hyphantria cunea*, leaf consumption, food plant, growth and development

美国白蛾 *Hyphantria cunea* (Drury)是一种食性杂、繁殖快、适应性强、传播途径广、危害严重的世界性检疫害虫(张春玲等,1993)。据国家林业局2011年第5号公告,截止2011年2月,美国白蛾已扩散至北京、天津、河北、山东、辽宁、吉林、河南和江苏8个省(直辖市)的42个市、336个县

* 资助项目:山东省科技攻关项目(2009GG10009020)。

** 通讯作者,E-mail:kangpo@163.com

收稿日期:2011-09-15,接受日期:2012-03-19

(市、区),对我国林业和园林绿化造成极大的危害,并严重威胁生态环境安全。据文献记载,我国准确记录的美国白蛾的寄主树种种类有 129 种(肖进才等,2001)。在这些寄主种类中,美国白蛾的取食强度是否相同呢?目前尚未见有相关的报道。另外,不同的寄主树种由于组织形态、水分和营养物质的含量变化、次生代谢物质的种类及含量差异都有可能改变昆虫的适口度,也会反过来影响害虫的取食行为和生长发育(杨雪彦等,1992;Torikata and Matsui,1996;Floyd and Godly,1997;王绍卿等,1997;Sandtrom,2000)。鉴于此,本文测定了美国白蛾第 1 代幼虫在白榆、法桐、洋白蜡和欧美 107 号杨 4 种不同树种上的取食量,分析了这 4 种食料种类对美国白蛾生长发育和繁殖的影响,现将研究结果报道如下。

1 材料与方法

1.1 供试虫源和食料植物

1.1.1 供试虫源 于 2009 年 11 月在山东省寿光市国有机械化林场采集美国白蛾越冬蛹,带回实验室,埋于土表下约 2 cm 的带土花盆内,定时喷水保持覆土湿润。待翌年 5 月成虫羽化后,释放于内壁贴有蜡纸的养虫笼(长 × 宽 × 高 = 40 cm × 50 cm × 100 cm)内,成虫交尾后可产卵于蜡纸上,将卵置于带有湿纱布的培养皿内让其孵化,以初孵幼虫供试。

1.1.2 供试食料植物 洋白蜡(*Fraxinus pennsylvanica* Marsh.)、欧美 107 号杨(*Populus* × *euramericana* 'Neva')、法桐(*Platanus orientalis* L.)和白榆(*Ulmus pumila* L.),叶片均采自寿光市国有机械化林场,水肥条件和管理措施一致。

1.2 试验方法

1.2.1 美国白蛾幼虫取食量测定和生长发育的观察 测定工作在山东省林业科学研究院寿光实验站的养虫室内完成,室内通风条件好,温、湿度条件与林间美国白蛾生活场所的条件基本近似。因美国白蛾 1 至 3 龄幼虫个体小,蜕皮较一致,采用集体饲养。每养虫瓶(ϕ = 8 cm,h = 7.5 cm)放入同时孵化的幼虫 100 头,选择鲜嫩的各树种叶片 1 ~ 5 片,用梅特勒 · 托利多(Mettler Toledo)电子天平(瑞士 METTLER 公司,精度为 0.001 g)称重后放入养虫瓶内,再用相同材质小一号养虫瓶(ϕ = 8 cm,h = 7 cm)反扣,不完全封口,分列编号。每天定时更换叶片 1 次,同时取出残留叶片称重。记录各养虫瓶内幼虫的蜕皮时间、蜕皮次数和养虫室内的温、湿度。因 4 龄后幼虫个体较大,蜕皮时间不一致,并且取食量剧增,采用个体饲养,每天定时更换叶片 1 次,同时取出残留叶片称重,直至结茧化蛹。参照石娟等(2003)的方法,在室温高于 29℃后,由于叶片失水较快,需在养虫瓶中放入潮湿的纱布条以增加养虫瓶内的湿度,可防止叶片萎蔫。化蛹后第 4 天称量雌雄蛹的蛹重,并记录化蛹初始日期和羽化日期。成虫羽化后,往雌成虫的养虫瓶内放入雄成虫 1 头,用 10% 蜂蜜水饲养。每日记录各雌虫产卵量直至成虫全部死亡,记录成虫死亡的日期。

1.2.2 数据分析方法 利用 Office Excel 2007 试验数据进行计算和处理,结果以平均数 ± 标准差(mean ± SD)表示,采用 DPS 统计软件(V6.55 版)对数据进行方差分析(ANOVA)和多重比较(LSD)。

2 结果与分析

2.1 不同食料植物饲养下的 1 龄幼虫的成活率和老熟幼虫化蛹率

本试验将美国白蛾初孵幼虫分成 30 组,每组 100 头,分别置于 30 个养虫瓶中,每 6 组选择鲜嫩的 1 种食料植物的叶片进行饲喂,每天定时更换叶片 1 次。待全部幼虫第 1 次蜕皮时,统计幼虫的成活率。4 龄后幼虫采用个体饲养,每种食料植物处理设置 65 个重复,待全部幼虫化蛹后,统计幼虫的化蛹率。

由表 1 可以看出,采用法桐、欧美 107 号杨、洋白蜡和白榆饲养的美国白蛾 1 龄幼虫均全部成活,成活率达到 100%。除取食白榆叶片的幼虫化蛹率略低于 90% 外,其他 3 种均在 93% 以上。

2.2 第 1 代美国白蛾在不同寄主上的取食量

2.2.1 第 1 代美国白蛾在不同寄主上的取食总量 统计整个幼虫期美国白蛾的取食量,结果表明:对于供试食料植物,美国白蛾第 1 代幼虫对洋白蜡叶片的取食量最多,平均每头取食 2.21 g;其次为欧美 107 号杨 1.95 g;再次为法桐和白榆,分别为 1.85 g/头和 1.68 g/头。随着幼虫龄期的增大,美国白蛾对各个寄主的取食量均逐渐增加,特

表 1　不同食料植物饲养下美国白蛾 1 龄幼虫的成活率和化蛹率

Table 1　Survival rate of 1st instar larvae and the pupation rate of *Hyphantria cunea* feeding with different food plants

树种 Tree species	1 龄幼虫成活率(%) Survival rate of 1st instar larvae	总存活率(%) Total survival rate	化蛹率(%) Pupation rate
法桐 *P. orientalis*	100	95.38	95.38
欧美 107 号杨 *P.* ×*euramericana*	100	95.38	95.38
洋白蜡 *F. pennsylvanica*	100	93.85	93.85
白榆 *U. pumila*	100	89.23	89.23

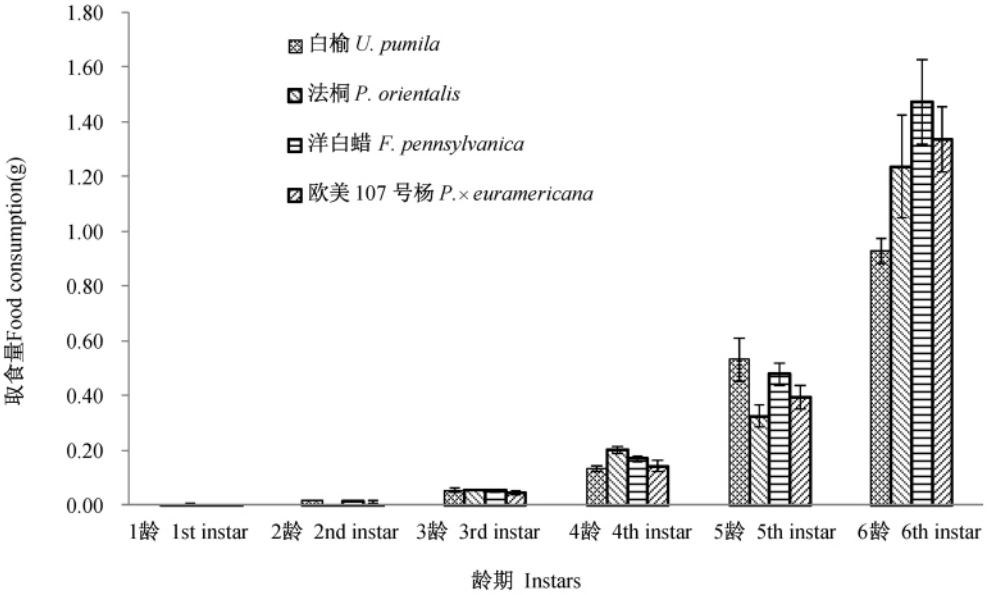

图 1　美国白蛾第 1 代幼虫在不同寄主上的取食量

Fig. 1　Food consumption of the first generation of *Hyphantria cunea* larvae

别是达到 4 龄后,食量显著增大,各个寄主上 4 ~ 6 龄幼虫的累积取食量均达到了整个世代总取食量的 95% 以上(图 1)。

2.2.2　同一寄主树种上美国白蛾的取食量差异

由于本试验对于 1 ~ 3 龄的美国白蛾幼虫采用的是 100 头为一组集体饲养的方法,而对于 4 ~ 6 龄的幼虫采用的是个体饲养,样本数量和重复次数都不同,并且,由 2.2.1 可知,美国白蛾幼虫自 4 龄后取食量显著增加,是取食量剧增的分界线。为准确比较不同寄主树种上美国白蛾的取食量差异,本试验分析采用分虫龄阶段的方法进行。

LSD 法多重比较结果显示,同一寄主树种不同龄期之间美国白蛾幼虫的取食量均有显著的差异。对于供试的全部树种,美国白蛾 3 龄幼虫的取食量都显著高于 2 龄和 1 龄幼虫的取食量,2 龄幼虫的取食量也都显著高于 1 龄幼虫的取食量。与低龄幼虫相似,对于供试的全部树种,6 龄幼虫的取食量显著高于 5 龄和 4 龄幼虫的取食量,5 龄幼虫的取食量也显著高于 4 龄幼虫的取食量(表 2)。

2.2.3　相同龄期的美国白蛾幼虫在不同寄主上的取食量差异　同一龄期美国白蛾第 1 代幼虫对不同树种取食量的 LSD 法多重比较结果表明,1 龄幼虫对于白榆的取食量显著低于对欧美 107 号杨、洋白蜡和法桐的取食量,而后三者的取食量之间没有显著差异;2 龄幼虫对 4 种寄主的取食量之间没有显著差异;3 龄幼虫对洋白蜡的取食量显著高于其他 3 种树种,而对欧美 107 号杨的取食量则显著低于其他 3 种树种,对法桐和白榆的取食量没有显著差异。4 龄幼虫对法桐的取食量显著高于其他 3 种树种的取食量,而对洋白蜡、欧美 107 号杨和白榆的取食没有显著差异。5 龄和

表 2 同一寄主树种上美国白蛾第 1 代幼虫取食量的差异

Table 2 Differences in the food consumption of the larvae of *Hyphantria cunea* to the same host plants

龄期 Instars	树种 Tree species			
	白榆 *U. pumila*	法桐 *P. orientalis*	洋白蜡 *F. pennsylvanica*	欧美 107 号杨 *P. ×euramericana*
1 龄 1st instar	0.0049 ± 0.0009 c	0.0064 ± 0.0007 c	0.0086 ± 0.0012 c	0.0087 ± 0.0010 b
2 龄 2nd instar	0.0183 ± 0.0007 b	0.0139 ± 0.0009 b	0.0167 ± 0.0003 b	0.0132 ± 0.0005 b
3 龄 3rd instar	0.0568 ± 0.0007 a	0.0569 ± 0.0004 a	0.0567 ± 0.0007 a	0.0477 ± 0.0007 a
4 龄 4th instar	0.1376 ± 0.0107 C	0.2049 ± 0.0139 C	0.1729 ± 0.0120 C	0.1473 ± 0.0201 C
5 龄 5th instar	0.5386 ± 0.0777 B	0.3293 ± 0.0409 B	0.4795 ± 0.0419 B	0.3943 ± 0.0432 B
6 龄 6th instar	0.9309 ± 0.0464 A	1.2385 ± 0.1888 A	1.4688 ± 0.1541 A	1.3375 ± 0.1197 A

注:表中数据为平均值 ± 标准差; 同列数字标后不同字母表示在 0.05 水平上差异显著(LSD 法多重比较),下表同。

Data in the table are mean ± SD, and those in the same column followed by different letters are significantly different at 0.05 level (LSD test). The same below.

6 龄的美国白蛾幼虫对各个树种的取食量差异显著。按取食量大小排列,5 龄幼虫对 4 个寄主的取食量顺序为白榆 > 洋白蜡 > 欧美 107 号杨 > 法桐;6 龄幼虫取食量顺序为洋白蜡 > 欧美 107 号杨 > 法桐 > 白榆(表 3)。

2.3 不同的食料植物对美国白蛾发育历期的影响

饲养结果表明,采用不同的食料植物叶片饲喂美国白蛾幼虫,其幼虫的历期、蛹期和成虫期各有显著的差异。在供试的 4 种食料植物中,以取食白榆叶片的美国白蛾的幼虫历期最短,约(31.68 ± 0.94) d,显著短于其他 3 种食料植物;而取食法桐叶片的美国白蛾幼虫历期则显著长于取食另外 3 种食料植物的幼虫历期,约(37.23 ± 0.42) d;取食欧美 107 号杨和洋白蜡的幼虫历期之间差异不显著。从蛹的发育历期来看,取食白榆和法桐叶片的美国白蛾蛹期较短,分别约为(8.98 ± 0.83) d 和(8.89 ± 1.28) d,显著短于取食欧美 107 号杨和洋白蜡叶片的美国白蛾蛹期,采用欧美 107 号杨叶片饲喂的蛹期约为(9.46 ± 0.87) d,采用洋白蜡叶片饲喂的蛹期约为(9.62 ± 0.80) d。从成虫寿命来看,用白榆叶片饲喂的美

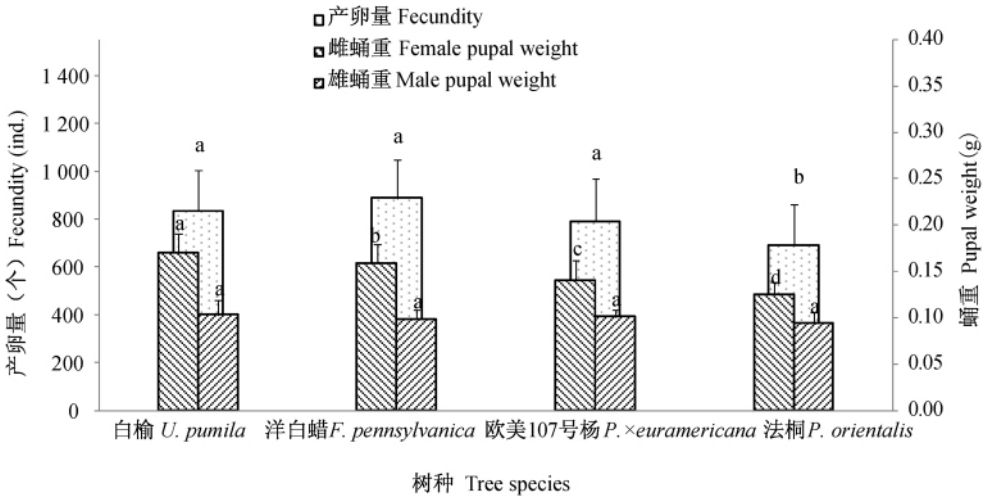

图 2 不同食料饲喂下美国白蛾的蛹重和产卵量

Fig. 2 The pupal weight and the fecundity of *Hyphantria cunea* feeding with different host plants

图上标有不同字母表示在 0.05 水平上差异显著(LSD 法多重比较)。

Histograms with different letters are significantly different at 0.05 level (LSD test).

国白蛾雌成虫寿命最长,约为(5.96 ± 1.22) d,显著长于采用法桐、欧美 107 号杨和洋白蜡这 3 种食料植物叶片饲喂的幼虫,而这三者之间没有显著差异(表 4)。

表 3　相同龄期的美国白蛾第 1 代幼虫对不同寄主树种取食量的差异

Table 3　Differences in the food consumption of the same instar larvae of *Hyphantria cunea* to different host plants

龄期 Instars	树种 Tree species			
	欧美 107 号杨 *P. ×euramericana*	洋白蜡 *F. pennsylvanica*	法桐 *P. orientalis*	白榆 *U. pumila*
1 龄 1st instar	0.0087 ± 0.0010 a	0.0086 ± 0.0012 a	0.0064 ± 0.0007 a	0.0049 ± 0.0009 b
2 龄 2nd instar	0.0149 ± 0.0005a	0.0164 ± 0.0003 a	0.0147 ± 0.0009 a	0.0183 ± 0.0007 a
3 龄 3rd instar	0.0476 ± 0.0007 c	0.0685 ± 0.0007 a	0.0574 ± 0.0004 b	0.0568 ± 0.0007 b
4 龄 4th instar	0.1473 ± 0.0201 b	0.1729 ± 0.0120 ab	0.2049 ± 0.0139 a	0.1376 ± 0.0107 b
5 龄 5th instar	0.3943 ± 0.0432 c	0.4795 ± 0.0419 b	0.3293 ± 0.0409 d	0.5386 ± 0.0777 a
6 龄 6th instar	1.3375 ± 0.1197 b	1.4688 ± 0.1541 a	1.2385 ± 0.1888 c	0.9309 ± 0.0464 d

表 4　不同的食料植物饲喂下美国白蛾的发育历期

Table 4　The developmental period of larval, pupal and adult stages feeding with different host plants

树种 Tree species	幼虫期(d) Larval stage	蛹期(d) Pupal stage	成虫寿命(d) Adult longevity	
			♀	♂
法桐 *P. orientalis*	37.23 ± 0.42 a	8.89 ± 1.28 c	5.07 ± 1.25 b	4.5 ± 1.16 b
欧美 107 号杨 *P. ×euramericana*	35.82 ± 0.83 b	9.46 ± 0.87 b	4.92 ± 0.93 b	6.45 ± 1.06 a
洋白蜡 *F. pennsylvanica*	35.65 ± 0.80 b	9.62 ± 0.80 ab	5.13 ± 1.32 b	5.27 ± 1.19 b
白榆 *U. pumila*	31.68 ± 0.94 c	8.98 ± 0.83 c	5.96 ± 1.22 a	6.22 ± 1.72 a

2.4　不同食料对蛹重和产卵量的影响

采用 LSD 法多重比较结果表明,雄蛹的蛹重不受取食植物种类的影响,雌蛹的蛹重有显著性差异。采用白榆叶片饲喂的美国白蛾雌蛹蛹重最重,约为 0.17 g/个;采用法桐叶片饲喂的美国白蛾雌蛹蛹重最轻,约为 0.12 g/个。从雌蛾的产卵量来看,同样以用法桐叶片饲喂的美国白蛾产卵量最低,约为 690.39 个/头,显著低于其他 3 种食料植物饲喂的美国白蛾产卵量,而采用后 3 种食料植物饲喂的美国白蛾产卵量之间没有显著差异(图 2)。

3　结论与讨论

3.1　本试验的分析结果表明,在供试的 4 种寄主树种中,美国白蛾第 1 代幼虫的取食量以洋白蜡为最多(平均每头可以取食 2.21 g),略低于闰志利等(2001)在河北唐海县白蜡上的测定值(2.78 g/头),分析原因可能是美国白蛾第 1 代幼虫在河北唐海发育历期长(河北唐海最长 40 d,本实验最长 37 d)、龄期多(河北唐海 7 龄,本实验 6 龄)有关。测定结果还表明,随着虫龄的增大,对各个寄主的取食量逐渐增大,4 龄后的累积取食量均达到了整个世代总取食量的 95% 以上,这与早期在其他寄主上取食量的测定结果一致(李玉璠等,1981;庄河县森保站,1982;乔秀荣和吴伯军,2000)。

3.2　对同一寄主树种上不同虫龄美国白蛾第 1 代幼虫取食量的分析结果表明,不同龄期的取食量差异显著。对同一龄期不同寄主上美国白蛾第 1 代幼虫取食量的分析结果表明,3 龄后幼虫对不同寄主表现出不同的嗜好性。3 龄幼虫对洋白蜡的取食量显著高于其他 3 种树种,而对欧美 107 号杨的取食量则显著低于其他 3 种树种,特别是 5 龄和 6 龄幼虫对不同的寄主的取食量均表现出显著差异。这种嗜好性同乔秀荣和吴伯军(2000)报道的美国白蛾对柳树和桑树的取食量的差异上的

报道相一致。

3.3 害虫的取食量是确定害虫经济危害水平的重要指标之一(Game and Lynch,1981),本文仅定量测定了美国白蛾第1代幼虫在4种树种上的食叶量,综合估测其经济危害水平还需考虑诸多因素的影响,如害虫的虫口密度、繁殖能力、世代及受害树种叶片大小、厚度和密度等。今后需进一步探讨美国白蛾对这几种树种的取食效率,这对于指导美国白蛾的防治有重要现实意义。

3.4 本试验研究表明,食料种类对美国白蛾生长发育和繁殖具有显著的影响。陈素伟等(2010)研究发现美国白蛾幼虫的体重、发育历期、存活率以及成虫产卵量和卵孵化率还与所取食的树种品种有明显的相关性。本试验所选取的食料植物种类均为文献记载的美国白蛾的嗜好种类(肖进才等,2001),但取食法桐对美国白蛾的生长发育和繁殖表现出明显的不利性,幼虫期显著延长,蛹重减轻,单雌产卵量降低。所以,从人工饲养的角度来看,不宜选用该树种的叶片作为食料。

参考文献(References)

Floyd R, Godly J, 1997. Breeding resistance in eucalyptus to inseet attack. *Trees and Natura Resource*, 39(1):16—19.

Gamer JW, Lynch RE, 1981. Fall armyworm leaf consumption and development on florunner peanuts. *J. Econ. Entomol.*, 74:191—193.

Torikata H, Matsui S, 1996. On the polyphenolic of the contents of them to the resistance to chestnut gall wasps. *Jpn. Soc. Hort. Sci.*, 35:89—97.

Sandtrom J, 2000. Nutritional quality of phloem sap relation to host plant alternation in thebird cherry-oat aphid. *Chemoecology*, 10(1):17—24.

陈素伟,陈汝敏,陈庆道,黄谊青,高群,王道臣,2010. 不同杨树品种对美国白蛾生长发育和存活的影响. 中国森林病虫,29(6):14—16.

李玉璠,王景文,艾德洪,于虎永,张生芳,张英华,李雁,1981. 美国白蛾生物学特性的观察. 辽宁农业科学,(6):36—42.

乔秀荣,吴伯军,2000. 美国白蛾的发生规律与综合防治. 河北林果研究,(4):360—362.

石娟,王月,徐洪儒,闫国增,梁洪柱,张秋霜,2003. 不同食料植物对舞毒蛾生长发育的影响. 北京林业大学学报,25(5):47—50.

王绍卿,童本群,时兴春,1997. 栗树枝条中酚类化合物含量与抗栗瘿蜂性状的关系. 辽宁林业科技,(2):48—51.

肖进才,袁淑琴,王健生,梁文强,王进泉,汤天庆,罗德明,丛龙威,2001. 美国白蛾生物学特性及防治. 山东林业科技,(S1):54—55.

闫志利,韩立萍,赵成民,孙瑞芳,2001. 河北省美国白蛾生物学特性及发生规律的研究. 河北农业科学,(3):30—38.

杨雪彦,周嘉熹,燕新华,1992. 欧美107号杨形态特征、组织结构与天牛危害的关系. 西北林学院学报,7(3):34—43.

张春玲,李志文,郭爱英,1993. 美国白蛾生物学特性的研究. 河北林学院学报,(3):239—243.

庄河县森保站,1982. 美国白蛾生活史观察初报. 辽宁林业科技,(6):28—30.