

春尺蠖生物学特性研究*

卿 薇^{1**} 阿地力·沙塔尔^{1***} 闫文兵²

(1. 新疆农业大学林学与园艺学院, 乌鲁木齐 830052; 2. 克拉玛依市农业综合开发区管委会, 克拉玛依市 834000)

摘 要 【目的】为新疆北疆地区春尺蠖 *Apocheima cinerarius* 预测预报工作提供理论依据。【方法】本文在林间对春尺蠖的各虫态进行详细调查, 记述了各虫态的形态特征、生活史、性比、行为与习性。【结果】春尺蠖蛹主要集中在树盘基部 30~60 cm、土壤深度为 20~30 cm 范围的土层中, 成虫羽化后, 次日 19:00—23:00 或第 3 天下午 4:00—6:00 交尾, 其交配行为是多次交配型。雌虫比雄虫羽化稍早, 雌虫平均寿命为 16~18 d, 雄虫平均寿命为 8~13 d。翌日黄昏开始产卵, 卵期最长 34 d, 最短 26 d, 雌虫每天平均产卵块数最高达 5.1 块/头、平均卵粒数为 363.1 粒/头, 最低为 1 块/头、平均卵粒数为 86 粒/头, 平均孵化率为 86%。1、2 龄幼虫食叶量较低, 3 龄开始暴增, 5 龄最高, 平均每日食叶量可达 443 mm²/头。【结论】春尺蠖成虫按翅面斑纹和颜色, 可分三种类型: 深色型、常见型、浅色型。幼虫的头壳与虫龄呈显著直线正相关。幼虫 1~2 龄期间, 死亡率较高, 高达 60.37%; 4~5 龄幼虫, 死亡率较低, 且食叶量占总食叶量的 85.81%。所以应选择在 3 龄幼虫高峰期之前进行防治。雌雄比为 1 : 0.7068, 可预测下一代种群数量呈上升趋势。**关键词** 春尺蠖, 生活史, 性比, 行为, 习性, 时间动态

Bionomics of *Apocheima cinerarius* Erschoff

QING Wei^{1**} ADIL Sattar^{1***} YAN Wen-Bing²

(1. College of Forestry and Horticulture, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China;

2. Comprehensive Agricultural Development Zone, Karamay City, Xinjiang 834000, China)

Abstract [Objectives] To provide a theoretical basis for forecasting *Apocheima cinerarius* Erschoff in the northern Xinjiang region. [Methods] The morphological characteristics, life cycle, sex ratio, behavior and habits of *A. cinerarius* were investigated and described. [Results] *A. cinerarius* pupae are mainly distributed 30 to 60 cm from the base of trees at a soil depth of about 20 to 30 cm. Mating occurs from 19:00 to 23:00 on the day after eclosion, or between 4:00 and 6:00 on the following day. Individual insects mate with multiple mates. Female eclosion occurs slightly earlier than male, and average female life expectancy is 16 to 18 d c.f. compared to 8 to 13 days for males. Oviposition begins the following evening after mating. The longest egg stage was 34 d and the shortest 26 d. Females lay an average of 5.1 eggs a day, and the average total number of eggs laid was 363.1. The lowest number of eggs laid was 1, and the average was 86. The average hatching rate was 86%. First and 2nd instar larvae consumed the least amount of leaves, and 5th instar larvae the most, averaging up to 443 mm²/day. [Conclusion] Adults can be classified into three morphs on the basis of wing surface markings; dark type, common type, and light type. There was a significant, positive correlation between larval head size and age. First and 2nd instar larvae had a relatively high mortality rate of up to 60.37% compared to the 4th and 5th instars, and fresh leaves accounted for 85.81% of total amount of leaf matter consumed by 1st and 2nd instar larvae. Therefore, to minimise crop damage, control operations should be implemented before the peak of the 3rd instar. A male to female ratio of 1 : 0.7068 is a reliable predictor of a population increase in the next generation.

Key words *Apocheima cinerarius* Erschoff, life history, sex ratio, behavior and habits, biological characteristics, time dynamics

* 资助项目 Supported projects: 新疆维吾尔自治区科技计划项目 (201130102-3); 2015 农业综合开发区林业有害生物预测预报项目

**第一作者 First author, E-mail: 331428350@qq.com

***通讯作者 Corresponding author, E-mail: adl1968@126.com

收稿日期 Received: 2015-08-20, 接受日期 Accepted: 2015-10-16

春尺蠖 *Apocheima cinerarius* Erschoff 属鳞翅目 (Lepidoptera) 尺蛾科 (Geometridae), 最早由 Erschoff 于 1874 年定名 (Scoble, 1990), 各地又称为沙枣尺蠖、杨尺蠖、胡杨尺蠖、桑尺蠖等 (汪学俭和王辉锋, 2014), 主要分布于黑龙江、内蒙、甘肃、青海、新疆、宁夏等省 (萧刚柔, 1992)。它是新疆、甘肃、青海等地林业最重要的害虫之一, 在新疆地区尤其为害严重 (中国科学院动物研究所, 1991)。春尺蠖蚕食杨树、胡杨、榆树、桑、沙枣、苹果、梨、核桃等多种树木的叶、芽和花蕾。此害虫发生期早、幼虫发育快、食量大、寄主种类多、易局部爆发成灾, 轻则影响寄主生长, 严重时则枝梢干枯树势衰弱, 导致蛀干害虫猖獗发生引起林木大面积死亡 (黄晓曦和刘占国, 2009)。并且种群正成迅速蔓延之势, 危害越来越严重, 对春尺蠖的种群控制已成为当务之急 (尹奉璋等, 2002)。

在新疆, 首先是张学祖教授 (1983) 对该虫的发生为害、形态特征以及防治方法做过报道, 并定名“春尺蠖”。张圭松等 (1981) 在张学祖研究的基础上, 进一步确定了新疆的四个主要发生中心: 第一个是吐鲁番和鄯善, 在鄯善发生迄今已有 80 年历史; 第二个是北疆的昌吉、阜康、克拉玛依、塔城地区以及乌鲁木齐一带; 第三个是南疆的皮山、墨玉、和田、洛浦、阿勒泰一带; 第四个是南疆沿塔里木河两岸的胡杨林以及东疆的哈密地区。由于北疆地区春尺蠖发育历期均在从 3 月中下旬至 5 月中下旬、发生规律相近, 通过本实验系统调查, 以期为北疆地区春尺蠖预测预报工作提供理论依据。20 世纪 50 年代以来, 对春尺蠖的形态特征和生物学特性的描述有一些报导 (王颖, 2008)。国内对春尺蠖预测预报、空间动态分布方面做了大量研究 (刘娟和王秀静, 2015), 祁诚进 (1997)、王颖 (2008)、李斌和王浩 (2010) 等人利用历期法、物候法预测发生期, 张海波 (2006)、刘娟 (2015) 等人在宁夏、天津等地区利用回归分析预测法进行发生期的预测, 主要以空气温度和湿度等环境因子作为重要的预测预报参数提出的, 但春尺蠖以蛹在土壤内越冬, 其土壤中的越冬深度、成虫的羽化

期主要受土壤温度和湿度的影响。

此外, 春尺蠖预测预报模型是在内蒙古地区研究而建立的, 因内蒙古和新疆之间气候、土壤、植被、害虫天敌等许多方面有差异, 因此在内蒙古研究建立的春尺蠖预测预报模型不太符合新疆地区发生的春尺蠖预测预报 (娜仁格日乐等, 2012)。为此, 本文针对这些实际情况, 通过田间调查与试验, 采集春尺蠖各发生期的生命参数, 为新疆地区春尺蠖预测预报工作提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试虫源: 在新疆昌吉自治州阜康市九运街镇五运村野外发生地, 利用林间挖蛹采集到春尺蠖的蛹并罩笼, 让其羽化、配对、产卵, 进行野外人工饲养。

试验仪器: 养虫笼、放大镜、工具箱、尼龙网、纱笼、GPS、WatchDog2000 气象站等。

1.2 试验地概况

调查样地设于新疆维吾尔自治区昌吉回族自治州阜康市, 地处天山东段 (博格达山) 北麓、准噶尔盆地南缘, 样地位于东经 $87^{\circ}46' \sim 88^{\circ}44'$, 北纬 $43^{\circ}45' \sim 45^{\circ}30'$, 海拔 1 600~1 900 m。属中温带大陆性干旱气候, 冬季时间长, 春秋季节不明显, 夏季酷热, 昼夜温差大。林地主要树种以杨树为主, 还有榆树、沙枣、沙棘等树种。

1.3 试验方法

1.3.1 春尺蠖的形态观察 观察卵、幼虫、蛹及成虫等虫态各个发育阶段状况, 描述形态特征, 测量幼虫头宽、体长, 并对重要形态特征在解剖镜下观察。

1.3.2 春尺蠖的生活史、性比的调查 2014 年 3 月中旬, 在阜康市九运街五队, 选取虫口密度较大、以杨树为主要寄主树种的标准地。在标准地内按对角线或“Z”字形选一株的方法, 选取 20 株寄主树作为调查标准树, 记录各虫态出现的时间、羽化雌雄数, 统计性比, 从入土化蛹起一直观察到 2015 年 3 月成虫羽化为止, 绘制生活史。

1.3.3 春尺蠖的生活习性与发生动态调查

(1) 蛹在土壤中的分布调查 2014 年 3 月中旬在标准地选择 20 棵标准树, 以标准树树干基部为中心, 挖扇形样坑(树冠冠幅为半径的圈内), 半径为 90 cm, 每棵样株由树干基部到树冠投影外沿挖 1/4 的扇形样坑, 从树干基部开始每 30 cm 为一个小样方, 每个小样方由上到下以 10 cm 为基准分层挖取, 深度为 50 cm, 收集并统计健康蛹数、死亡蛹数和雌雄个数。5 月下旬将老熟幼虫放入铺入棉花和土壤的锥形瓶中饲养, 观察化蛹习性及蛹的存活情况。

(2) 羽化、交尾行为观察 在野外样地检查蛹并统计完毕后, 将其埋入不同土层深度和不同树盘距离的土层中待其羽化, 连续观察直至羽化期结束。记录各个时间段羽化的雌雄数量, 并计算其性比。待其羽化后, 在养虫盒中分别按雌: 雄=1:1、1:2、1:3、2:1、3:1 引入刚羽化未交配的雌雄虫, 连续观察记录交尾时间、持续时间长短, 各处理重复 10 次(徐忠宝等, 2013)。

(3) 产卵、卵孵化率调查 在产卵结束后, 将每个卵块做标记, 并记录每块卵块的卵粒数。在每个标准地的树皮或树杈处上选取易于观察处标记新产中等大小的卵块 30 块, 每隔 2 d 观察一次, 根据日期记录每隔 2 d 春尺蠖累计孵化卵粒个数。

(4) 幼虫取食、死亡率调查 在幼虫期将幼虫放在枝条上, 套上尼龙纱网, 在室外进行饲养观察, 观察各龄幼虫数量、死亡情况。从卵孵化进度达到 50% 时开始到 5 龄幼虫占 84% 时结束(林德成等, 2014)。在标准地每天调查一次, 检查各龄幼虫数量, 并统计各龄幼虫出现的始盛期、高峰期、盛末期。幼虫老熟后, 采取林间地面罩网, 罩网内接入幼虫并定期观察, 入土后 5—10 月挖土调查记载 2 次, 观察发育进度和死亡情况。

从林内采集 100 条幼虫在室内养虫笼中进行人工饲养, 1 龄幼虫用直径 15 mm 的试管饲养, 试管口用海绵盖住扎牢(徐锦松, 1989)。2 龄幼虫用垫有白纸的养虫盒饲养, 3~5 龄在垫有白纸的养虫箱中饲养, 每天早晨更换新鲜叶片,

并用叶面积求积仪测量日取食量直至幼虫化蛹为止。分别对幼虫各龄期食叶量进行记录。

1.4 数据统计及分析

采用 Microsoft Excel 表格处理软件和 SPSS Base Ver.19.0 统计软件(SPSS, IL, Chicago, USA) 进行数据分析。

2 结果与分析

2.1 形态特征

2.1.1 成虫 雄成虫: 体长 10~15 mm, 翅展 28~37 mm。触角浅黄色, 羽毛状。胸部有灰色长毛。触角羽毛状, 浅黄色。翅发达。前翅灰褐色, 匀着疏散的暗色鳞片。内横线、外横线、中横线黑色, 向外弯曲; 中横线常不清晰。在后缘处内横线和外横线之间有暗纹。亚外缘线为波齿状的暗色带。缘毛深、浅色相间。后翅淡灰褐色。翅中间 1 条双弧纹略显, 臀角处缘毛灰黑色。前、后翅的反面灰白色, 有光泽。腹部毛色污黄。成虫体色按翅面斑纹和颜色, 可分三种类型: 1. 深色型, 前翅灰黑色, 中部颜色较深, 有黑色鳞片所组成的内横线、中横线和外横线。3 条曲线, 中横线中段较模糊; 2. 常见型, 前翅灰褐色, 内横线褐色, 中、外横线较模糊; 3. 浅色型, 前翅灰白至浅灰褐色, 内、外横线褐色, 其余斑纹不明显(图 1)。雄虫性活泼, 好动。

雌成虫: 翅退化, 体长 7~19 mm, 触角丝状, 复眼黑色, 体灰褐色, 足细长。腹部背面各节有数目不等的成排黑刺, 刺尖端圆钝, 第 1~4 腹节较明显, 第 1、4 节的为单行, 第 2、3 节的为双行, 前列较长而刺较细小, 后列较短而刺较粗大。臀板上有突起和黑刺列。腹部背面中间有 2 条隐约可辨的暗色纵行细带。产卵器有时外伸。寄主不同体色差异较大, 可由淡黄至灰黑色。

2.1.2 卵 椭圆形, 长约 0.8~1.0 mm。宽约 0.6 mm, 卵壳色泽变化与胚胎发育进程分四个阶段: 产卵 11~15 d 时, 卵呈现浅灰或灰白色, 有珍珠光泽, 卵上中部有一较明显深色斑。13~18 d 后, 卵呈现桔黄色, 有珍珠光泽, 中部或基部颜色加深, 尖端透明。再过 14~20 d 后, 卵呈现灰紫、

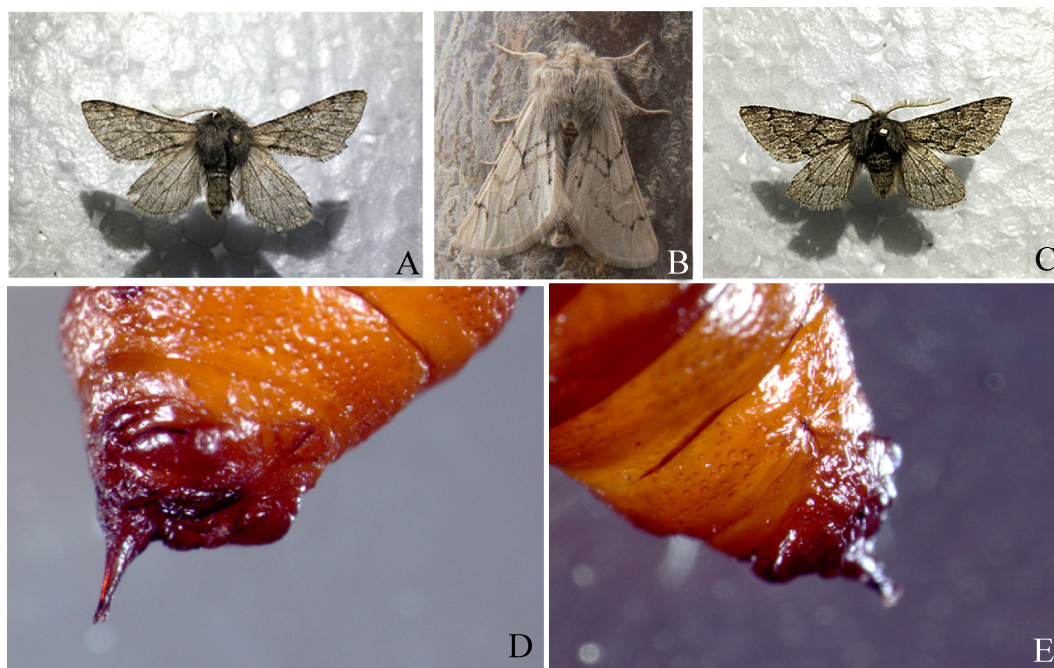


图 1 春尺蠖形态图

Fig. 1 The morphological characteristics of *Apocheima cinerarius* Erschoff

A. 常见型; B. 浅色型; C. 深色型; D. 雄蛹; E. 雌蛹。

A. Common type; B. Light color type; C. Deep color type; D. Male pupa; E. Female pupa.

浅紫色有珍珠光泽。再经历 20~25 d 的发育后, 卵变为深紫色、蓝紫色, 有珍珠光泽。此时, 卵胚胎发育已完成, 黑色幼虫形成。

2.1.3 幼虫 幼虫期分为 5 个龄期。腹部第 2 节两侧各有一瘤状突起, 腹线白色, 气门线浅黄色。一般背面有 5 条纵向的黑色条纹, 两侧各有 1 宽而明显的白色条纹。但体色多变, 有黑褐色、灰

褐色、灰黄色、灰黄绿色、青灰色, 甚至灰白色等。即使是同一条幼虫, 各龄的体色也会发生变化, 一般 1~2 龄幼虫体色为黑褐色, 3~5 龄幼虫多为灰黄绿色、青灰色, 随龄期的增加, 体色和花纹加深。除胸足 3 对外, 仅腹部第 6 节有腹足 1 对, 末端有臀足 1 对, 趾沟是双序中带状。1~5 龄幼虫头宽和体长见表 1。

表 1 春尺蠖各虫龄体长和头宽测量结果

Table 1 Body length and head capsule width of *Apocheima cinerarius*

发育阶段 Developmental stage	长 ± SE (变幅) (mm) Body length ± SE (range) (mm)	头宽 ± SE (变幅) (mm) Head capsule width ± SE (range) (mm)	重复数 Repeat number (n)
1 龄幼虫 1st instars	3.373 ± 0.095 Aa (3.278-3.468)	0.449 ± 0.023 Aa (0.426-0.472)	30
2 龄幼虫 2nd instars	7.013 ± 0.187 Bb (6.826-7.200)	0.905 ± 0.022 Bb (0.883-0.927)	30
3 龄幼虫 3rd instars	11.044 ± 0.474 Cc (10.570-11.518)	1.782 ± 0.019 Cc (1.763-1.801)	30
4 龄幼虫 4th instars	18.291 ± 0.688 Dd (17.603-18.979)	2.983 ± 0.018 Dd (2.965-3.001)	30
5 龄幼虫 5th instars	32.039 ± 1.033 Ee (31.006-33.072)	3.478 ± 0.012 Ee (3.466-3.490)	30

表中数据为平均值 ± 标准误, 经 Duncan's 新复极差检验, 每行数据后标有不同大写字母表示差异极显著 ($P < 0.01$); 不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。

Data are mean ± SE, and followed by different capital or small letters in the same row indicate significantly different at 0.01 or 0.05 level by Duncan's multiple range test, respectively.

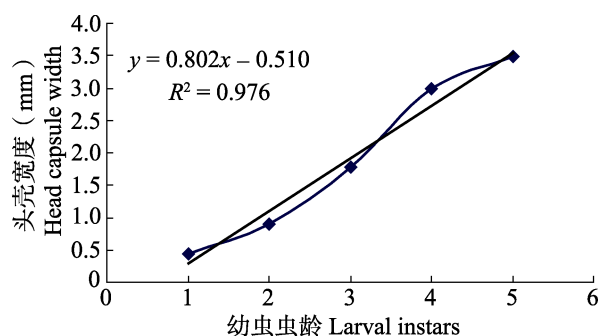


图2 春尺蠖各龄幼虫头壳宽与虫龄相关关系

Fig. 2 The correlative curve between larval head-capsule widths and larval instars in *Apocheima cinerarius* Erschoff

根据表 1 的数据,经统计分析得回归直线 $y=0.802x-0.510$, (y : 虫龄, x : 头壳宽度), 相关系数 $r=0.998$, $P<0.01$, 即方程为非常显著直线相关, 证明推断结果是可靠的。

2.1.4 蛹 长 12~20 mm, 蛹初化时为黄绿色, 经过 2~3 d 后, 尾部先变为红黄色, 随后头部变为红黄色, 蛹壳变硬, 触碰时尾部可摇摆。后期变成黄褐色或红褐色, 触碰时蛹体坚硬不可动。末端一根尾刺及分叉。雌蛹第八、第九节交界处有褶皱的不明显的生殖器孔, 且与最后一个气孔在同一体节上, 雄蛹只有第九节有明显清晰的生殖器孔 (图 1)。

2.2 生活史及习性

2.2.1 生活史 根据田间调查研究, 春尺蠖在阜康地区 1 年发生一代, 以蛹在树冠下的土壤中越冬。

夏、越冬。越冬蛹翌年 3 月中下旬, 当日 30 cm 深土层温度上升为 0℃ 以上, 即土壤开始解冻之时, 成虫开始羽化。羽化高峰期出现在 3 月 30 日前后, 直到 4 月上旬仍有少数羽化。雌成虫寿命最短 16 d, 最长达 18 d; 雄成虫寿命最短 8 d, 最长达 13 d; 3 月下旬到 4 月上旬为产卵期, 约 9~13 d, 4 月中旬到下旬为卵孵化期, 约 17~21 d, 卵期最短 26 d, 最长可达 34 d; 幼虫于 4 月中旬出现, 最短 28 d, 最长达 38 d; 5 月中、下旬老熟幼虫入土化蛹越冬, 蛹期为 10 个月左右。

2.2.2 成虫习性 成虫多在夜间羽化, 羽化时通过腹部的收缩膨胀, 将蛹壳撑开羽化而出, 羽化后的成虫钻出土壤, 将蛹壳留在土壤中。从羽化破蛹壳至成虫爬出约需 20~30 min, 刚羽化出的雌虫静止于土壤上, 体色很浅, 静止约 0.5 h 后, 开始往树上爬行。刚羽化出的雄虫翅由皱缩、展开到竖立体背需 10~15 min, 展翅后放下, 平覆于体背开始爬行。大约 2~4 h 后, 雄虫体色变深, 行为活跃, 开始飞翔。羽化时间多在 20:00 至次日 10:00, 白天羽化较少。雄成虫有强趋光性, 白天静伏在树干阴面或树根处叶下, 晚上活动。

2.2.3 交配习性 自然状态下, 雌雄虫羽化出土后, 从不同方向沿树干向上爬行, 在树干 0~3 m 处进行交配, 交尾高峰大多于次日 19:00—23:00 或第 3 天 4:00—6:00 在树皮表面或者树枝上交尾, 一般是呈一条直线 (尾部相对), 交配时间最长时间达 57 min, 最短达 8 min, 其交配行为

表 2 春尺蠖在阜康市的生活史

Table 2 Life cycle of *Apocheima cinerarius* Erschoff in Fukang

月份 Month 世代 Generation	1-2 月 Jan.-Feb.			3 月 Mar.			4 月 Apr.			5 月 May.			6-12 月 Jun.-Dec.		
	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
	F	M	L	F	M	L	F	M	L	F	M	L	F	M	L
蛹 Pupae															
成虫 Adult				+	+		+								
产卵 Oviposition				.			.								
幼虫 Larvae							~	~		~	~				
蛹 Pupae															

~幼虫; . 卵; 蛹; +成虫; 上: 上旬; 中: 中旬; 下: 下旬。

~ Larva; . Egg; Pupa; +Adult; F: The first ten days of a month; M: The middle ten days of a month; L: The last ten days of a month.

是多次交配型。

2.2.4 产卵习性 雌雄交配完毕, 经 1~2 d 后可以产卵, 雌虫寻觅粗糙的树皮裂缝或者是断枝的下方, 卵堆产 (呈不规则块状), 雌虫平均产卵块数 1~5.1 块/头, 平均卵粒数为 86~363.1 粒/块, 最多可产卵 550 余粒, 平均孵化率为 86% 左右。

2.2.5 幼虫取食习性与各龄期死亡率 刚孵化的幼虫向上爬行, 以树木的幼芽和花蕾为食, 随着幼虫的成长, 取食幼叶。多沿叶缘向内取食, 呈大缺刻, 可吐丝下垂。幼虫在初龄期有一个食叶量突增的过程, 随着虫体发育逐渐趋缓, 在 2~3 龄期食叶量基本保持稳定, 在末龄幼虫期食叶量有一个剧增的过程。严重的将会全部吃光, 树木就如同到了秋天一般, 待一棵树蚕食光之后, 幼虫又会吐丝, 借助风力荡到其它树上, 继续进行蚕食, 幼虫平常静止时会将会头部扬起, 腹足紧紧抓住树枝, 若收到惊吓会立刻的吐丝下垂, 然后慢慢的用胸足绕丝上升。5 月底老熟幼虫会钻入土壤化蛹。

1 龄幼虫期取食量小, 在叶片的叶面形成小缺刻或孔洞, 经常吐丝垂吊; 由表 3 可见, 幼虫从 4 龄期起食叶量开始激增, 至 5 龄期食量大增, 进入暴食期, 食叶量达到最大, 该时期取食量占整个幼虫期取食量的 85% 以上。初龄幼虫有转叶危害习性。

幼虫取食为害范围比较广, 主要取食杨树、

榆树、沙枣、沙棘等树种, 同时发现, 还大量取食稠李。根据取食量的测定 (表 4), 统计各种树种作物的叶片取食量比例来看, 危害最严重的为箭杆杨、新疆杨、白榆; 以下依次是倒榆、银白杨、园冠榆、稠李、胡杨、裂叶榆、大叶榆、沙枣、沙棘、白柳、垂柳。对春尺蠖不同寄主植物的取食量数据进行方差分析, 通过试测值的 F 检验: $F=1491.04>F_{0.01}=0.001$, $P<0.01$, 说明了春尺蠖对不同寄主植物的选择具有显著性的差异。

不同龄期幼虫存活率一般也不相同。研究结果可知: 1 龄、2 龄期幼虫发育历期较长, 体型小、抵抗力弱, 死亡率高; 随着虫龄的增长, 34 龄期幼虫发育较快, 体型变大, 抵抗力增强, 死亡率较低, 5 龄期幼虫入土时死亡率较高 (表 5)。

2.2.6 化蛹习性 老熟幼虫体背变红, 行动缓慢, 在树下比较松软的土壤中或者一些枯枝落叶中化蛹。此时的老熟幼虫喜黑暗, 身体蜷缩之后如果遇到光便会重新爬出来, 寻找黑暗的化蛹场所。

春尺蠖越冬蛹主要集中分布在树盘基部 30~60 cm、土壤深度为 20~30 cm 的土层中, 在 0~10 cm、10~20 cm、20~30 cm 的土层中春尺蠖的羽化率相对较高, 达到 80% 左右; 在 30~40 cm、40~50 cm 的土层中春尺蠖羽化率相对较低, 约为 75% 左右 (表 6)。对春尺蠖越冬蛹在不同距树盘基部距离和不同土层中的羽化率的数据进行方差分析, 通过试测值的 F 检验: 土层深度: $F=6.08>F_{0.01}=0.004$, $P<0.01$, 说明了不同土层深

表 3 春尺蠖各龄幼虫在杨树上的取食量 (mm^2/d)

Table 3 The food consumed of *Apocheima cinerarius* larvae in *Populus nigra* var *thevestina*

幼虫虫龄 Instar	测定数量 (头) Meaure quantity (n)	每日取食量均值 (mm^2/d) Average of food consumed (mm^2/d)	95%置信区间 (平均值±标准误) (mm^2/d) 95% confidence interval (Mean±SE)	占幼虫总食量比 (%) Percentage of total food consumed
1 龄 1st	100	0.8180	$0.8180 \pm 0.0170\text{a}$	0.09
2 龄 2nd	100	4.5570	$4.5570 \pm 0.0517\text{b}$	5.21
3 龄 3rd	60	77.7966	$77.7966 \pm 4.2509\text{c}$	8.89
4 龄 4th	60	347.8930	$347.8930 \pm 51.2172\text{d}$	39.77
5 龄 5th	60	443.7666	$443.7666 \pm 20.4731\text{e}$	46.04

表中不同小写字母表示在 5%显著水平下各处理组之间差异显著 (Duncan's 多重检验, $P>0.05$)。

Values in the same column followed by different letters are significantly different at the 0.05 level by Duncan's multiple range test ($P>0.05$).

表 4 不同寄主植物上春尺蠖幼虫取食量
Table 4 The food consumed of *Apocheima cinerarius* larvae in different host plants

树种 Varieties of trees	平均取食量 (mm ² /d) Food consumed (mm ² /d)
箭杆杨 <i>Populus nigra</i> Linn.var <i>thevestina</i> (Dode) Bean.	874.8312
新疆杨 <i>Populus alba</i> var. <i>pyramidalis</i> Bunge.	859.4859
白榆 <i>Ulmus pumila</i> Linn.	838.0475
倒榆 <i>Ulmus pumila</i> Linn var <i>pendula</i> (Kirchn.) Rehd.	752.8479
银白杨 <i>Populus alba</i> Linn.	748.8396
圆冠榆 <i>Ulmus densa</i> Litv.	744.9840
稠李 <i>Padus avium</i> Mill.	743.6065
胡杨 <i>Populus euphratica</i> Olive	717.3615
裂叶榆 <i>Ulmus laciniata</i> (Trautv.) Mayr.	590.3862
大叶榆 <i>Ulmus laciniata</i> Pall.	578.8469
沙枣 <i>Elaeagnus angustifolia</i> Linn.	568.6402
沙棘 <i>Hippophae rhamnoides</i> Linn.	367.4291
白柳 <i>Salix alba</i> Linn.	323.6879
垂柳 <i>Salix babylonica</i> Linn.	312.4534

表 5 春尺蠖各龄幼虫死亡率
Table 5 The survival rate of *Apocheima cinerarius* larvae

幼虫虫龄 Instar	1 龄 1st	2 龄 2nd	3 龄 3rd	4 龄 4th	5 龄 5th
死亡率 (%) Survival rate	32.33	28.04	8.09	8.67	10.67

度对春尺蠖的羽化率具有显著性的影响 ;距树盘基部距离 : $F=0.20 < F_{0.01}=0.82$, $P>0.01$, 说明了不同的距树盘基部距离对春尺蠖的羽化率没有显著性的影响。

2.3 春尺蠖的发生动态

2.3.1 羽化的时间动态 在试验地每天记录羽化的雌雄数量 ,根据每日的羽化数量绘制出羽化进

度曲线 ,从图 3 可见 :雌虫比雄虫羽化稍早 ,雄虫羽化时间较短。3 月 30-4 月 3 日羽化数呈现升高趋势 ,并于 4 月 1 日达到高峰期 ,其余日期与 1 日相比都处于下降趋势 ,4 月 4 日至 8 日基本结束。

2.3.2 成虫雌雄比的时间动态 整体雌雄比为 1 : 0.7068。在整个羽化期内 ,初期多为雌虫 ,3 月 24 日雌雄性比为 1 : 0.0869 随着羽化时间的推移 ,雄虫羽化量增加 ,并超过雌虫量 ,3 月 24—30 日日羽化初期雌成虫数量多于雄成虫数量 ,雌雄比由 1 : 0.0869 降低到 1 : 0.9438 ,而此阶段越冬蛹的羽化数量也达到高峰 ;3 月 30—4 日 1 雄成虫多于雌成虫 ,雌雄比由 1 : 0.9438 上升到 1 : 3.733 ;刚羽化的雌雄虫 1~2 d 后可交配产

表 6 春尺蠖越冬蛹各土层的羽化率
Table 6 The distribution and eclosion rate of *Apocheima cinerarius* overwintering pupae

指标 Indicator	土层深度 (cm) Soil depth					距树盘基部的距离 (cm) The distance of trunk root		
	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	0-30	30-60	60-90
比例 (%) Proportion	0.04	33.95	36.38	26.16	3.47	24.32	38.72	36.96
羽化率 (%) Eclosion rate	83.83	82.75	82.52	74.72	75.98	81.53	82.33	80.28

卵,羽化后期由于交尾后的雄成虫大量死亡而导致雄成虫数量明显减少,雌虫数量明显增多,雌雄比又逐步上升,性比从 1:0.6315 到 1:0.0872,趋于稳定(图 4)。

2.3.3 产卵的时间动态 根据每天记录的雌虫产卵量进度,绘制出春尺蠖产卵量进度的时间动态

图,从图 5 可见:3 月 28 日为产卵初期,3 月 28—4 月 1 日羽化数呈现升高趋势,达到高峰期,4 月 5 日为产卵末期。

2.3.4 卵孵化的时间动态 根据每天记录的卵孵化进度,绘制出春尺蠖卵孵化进度的时间动态曲线,从图 6 可见:4 月 10 日为卵孵化初期,4 月

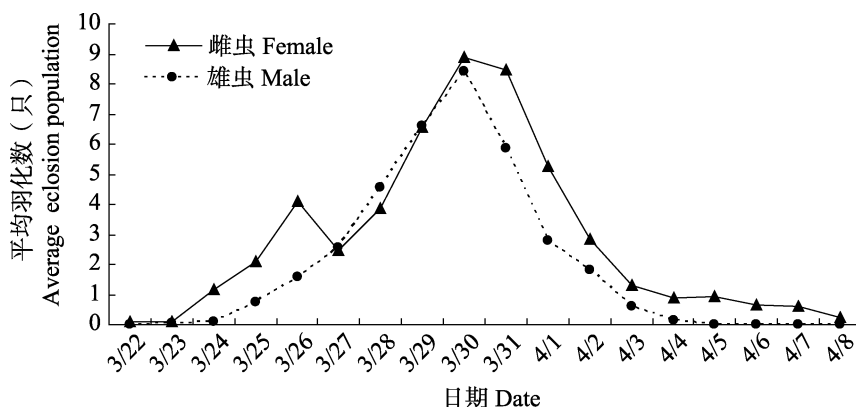


图 3 春尺蠖雌、雄虫平均羽化数时间动态

Fig. 3 The daily means eclosion time dynamics of female and male *Apocheima cinerarius*

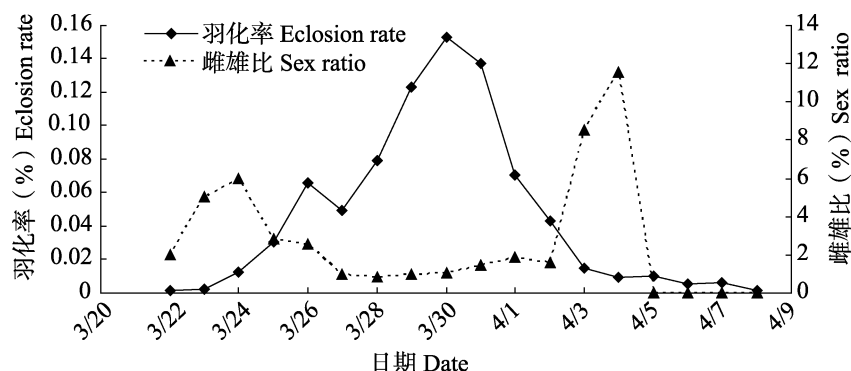


图 4 春尺蠖羽化数及性比的时间动态

Fig. 4 The daily means eclosion and sex ratio time dynamics of *Apocheima cinerarius*

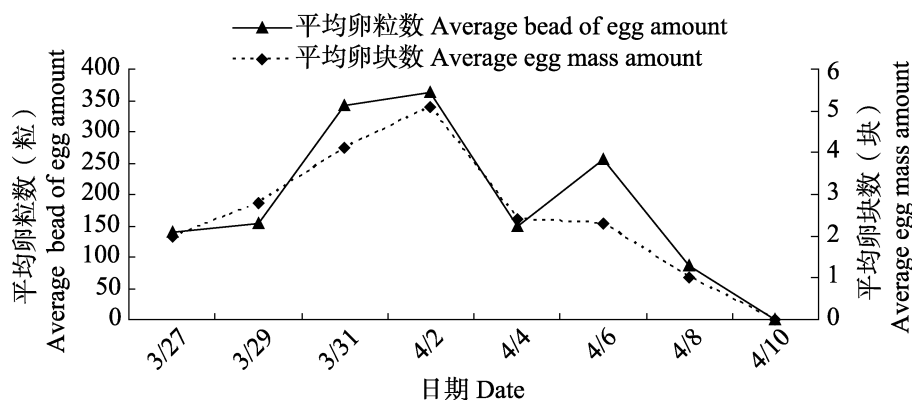


图 5 春尺蠖产卵进度的时间动态

Fig. 5 The daily means eclosion time dynamics of *Apocheima cinerarius* oviposition

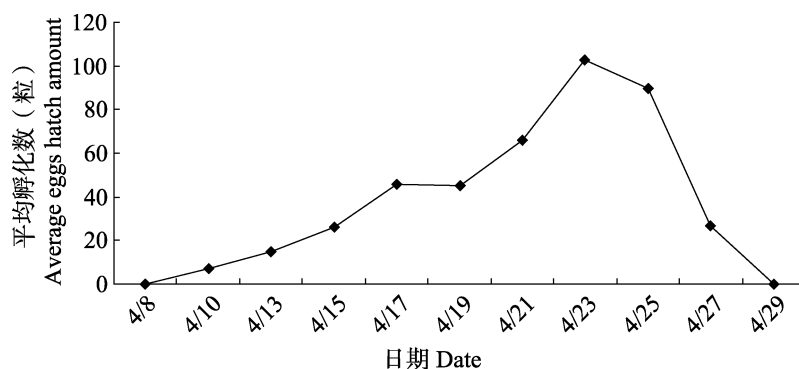


图 6 春尺蠖卵孵化进度的时间动态

Fig. 6 The daily means eclosion time dynamics of *Apocheima cinerarius* from eggs hatch

12—4月23日羽化数呈现升高趋势,达到高峰期。

3 小结与讨论

本研究春尺蠖各龄期的发育过程和形态特征发现:春尺蠖成虫体色按翅面斑纹和颜色,可分三种类型:深色型、常见型、浅色型。幼虫的头壳与虫龄呈显著直线相关,随虫龄增加头壳宽度不断增加。1、2龄头壳、体长较短,随虫龄增加,头宽、体长递增,到老熟幼虫时头宽最宽可达3.4 mm,体长最长可达33 mm左右。这一结果与曾文秀和王登亚(2008)研究宁夏地区春尺蠖体色分深、浅两种类型和周美仙等(2009)探讨内蒙古地区春尺蠖老熟幼虫头宽范围2.4~3.2 mm、体长在18~37 mm基本吻合。春尺蠖主要取食杨树、榆树等树种,同时发现该虫大量取食稠李。1~2龄期间,因体型小、抵抗力弱、食叶量较小,死亡率较高;4~5龄幼虫,因体型增大,抗药性增强,死亡率较低,并且食叶量占总食叶量的85.81%。所以应选择在3龄幼虫高峰期之前进行防治。

春尺蠖在北疆地区的发生规律与其他省份春尺蠖的发生规律有所差异。主要表现在:春尺蠖在翌年3月中下旬,当日30 cm深土层温度上升为0℃以上,即土壤开始解冻之时,成虫开始羽化。这与吴光荣(2014)研究天津地区2月底,当地表5~10 cm深处温度在0℃左右时成虫羽化出土有所差异。这可能与不同地域的气候、土壤温湿度有关,春尺蠖分布较广,不同地区各虫态出现时间也不大相同。例如,黑龙江地区4月中

旬才见春尺蠖成虫羽化,山东临清市2月12日左右可见始见成虫(娄国强等,2006;汪学俭和王辉锋,2014;杨乃丰等,2011)。春尺蠖幼虫发育历期为28~38 d,这与宁夏地区幼虫发育历期为32~38 d有所区别。这大概与土壤、植被、害虫天敌等因子有关。前人主要以空气温度等单一环境因子作为重要的预测预报参数提出的,但春尺蠖以蛹在土壤内越冬,其土壤中的越冬深度、成虫的羽化期主要受土壤温度和湿度的影响。因此在内蒙古研究建立的春尺蠖预测预报模型不太符合新疆地区发生的春尺蠖预测预报。建议监测土壤温湿度、空气温湿度、降雨、风速、天敌等环境因子,筛选多个主要影响因子作为预测预报参数,通过回归分析建立更为准确的预测预报模型。

春尺蠖越冬蛹主要集中分布在树盘基部30~60 cm、土壤深度为20~30 cm。这与萧刚柔(1991)研究结果基本一致。蛹期达10个月左右。雌虫比雄虫羽化稍早,雌虫的平均寿命在16~18 d,雄虫的平均寿命在8~13 d,雌雄比为1:0.7068。春尺蠖羽化可预测下一代种群数量呈上升状态。张鹏岳(1998)认为雄虫比雌虫羽化早,雌雄比为1.6:1,蛹期长达9个月左右,这与本实验结果存在差异。这可能因为不同地域的温度、湿度、土壤结构、灌溉条件等因子有关。为此,不同地区的土壤结构、土壤温湿度、天敌寄生率、食物质量等一系列因素对春尺蠖羽化率、羽化进度以及成虫的寿命、产卵量等有何影

响待进一步研究。

参考文献 (References)

- Huang XX, Liu ZG, 2009. Study on the biological characteristics of *Apocheima cinerarius* and control techniques. *China Agricultural Information*, 26(5): 97–98. [黄晓曦, 刘占国, 2009. 春尺蠖生物学特性及综合防治的研究. 中国农业信息, 26(5): 97–98.]
- Institute of Zoology, 1991. China Moth Map: I Copies. Beijing: Science Publishing: 749–950. [中国科学院动物研究所. 中国蛾类图鉴: I 册. 北京: 科学出版社. 749–950.]
- Li B, Wang H, 2010. Reservoir *Apocheima cinerarius* Erschoff in the short and medium term prediction and control. *Inner Mongolia Agricultural Science and Technology*, 11(4): 115–116. [李斌, 王浩, 2010. 水库库区春尺蠖中、短期预测预报及其防治. 内蒙古农业科技, 11(4): 115–116.]
- Lin DC, Li TS, Chen F, 2014. The *Apocheima cinerarius* Erschoff life habits and the prevention and control technology. *Shihezi Science and Technology*, 14(6): 14–16. [林德成, 李铁山, 陈芳, 2014. 春尺蠖补卷的生活习性及其防治技术. 石河子科技, 14(6): 14–16.]
- Liu J, Wang XJ, 2015. Research of occurrence regularity of *Apocheima cinerarius* Erschoff and method of the forecast. *Hebei Journal of Forestry and Orchard Research*, 12 (1): 40–42. [刘娟, 王秀静, 2015. 蓟县春尺蠖发生规律、预测预报及防治方法. 河北林果, 12(1): 40–42.]
- Lou GQ, Lu WY, Yu H, Wang DY, Wang YB, 2006. Dynamic study on population distribution of *Apocheima cinerarius* Erschoff based on GIS and GS. *Entomologica Sinica*, 4(4): 25–26. [娄国强, 吕文彦, 余昊, 王登元, 王运兵, 2006. 基于 GS 和 GIS 的春尺蠖种群分布动态研究. 昆虫学报, 4(4): 25–26.]
- Na RGRL, Ma CY, Gao S, Wu RN, 2012. Inner Mongolia west korshinskii *Apocheima cinerarius* Erschoff by reason and prevention and control countermeasures. *Inner Mongolia Forestry*, 29(6): 80–82. [娜仁格日乐, 马崇勇, 高松, 乌日娜, 2012. 内蒙古西部柠条春尺蠖成灾原因与防控对策. 内蒙古林业, 29(6): 80–82.]
- Qi CJ, Liu YX, Liu AX, Zhang JH, 1997. The forecast methods of *Apocheima cinerarius* on Lubei plain. *Shandong Forestry Science and Technology*, 36(6): 16–18. [祁诚进, 刘殷心, 刘爱兴, 张举恒, 1997. 鲁北平原枣尺蠖预测预报方法. 山东林业科技, 36(6): 16–18.]
- Scoble MJ, 1990. Geometrid Moths of the World: A Catalogue (Lepidoptera, Geometridae). Vol. 1, 2. Colingwood: CSIRO. 1016–1017.
- Wang XJ, Wang HF, 2014. The literautre review of *Apocheima cinerarius* (Erschoff) which belong to wingless geometrid moths. *Journal of Mountain Agriculture and Biology*, 33(4): 84–88. [汪学俭, 王辉锋, 2014. 尺蠖科雌蛾无翅类群重要害虫春尺蠖的研究综述. 山地农业生物学报, 33(4): 84–88.]
- Wang Y, 2008. The research of *Apocheima cinerarius* Erschoff forecasting and prevention and control of indicators. *Forest By-Product and Speciality in China*, 92(1): 130–131. [王颖, 2008. 春尺蠖预测预报及防治指标的研究. 中国林副特产, 92(1): 130–131.]
- Wu GR, 2014. Study on the biological characteristics of *Apocheima cinerarius* and control techniques. *Plant Protection*, 12(4): 26–27. [吴广荣, 2014. 春尺蠖生物学特性及防治方法. 植物保护, 12(4): 26–27.]
- Xiao GR, 1992. China's Forest Insects. Beijing: China Forestry Publishing. 889–933. [萧刚柔, 1992. 中国森林昆虫. 北京: 中国林业出版社. 889–933.]
- Xu JS, 1989. The relationship with food leaves larvae stage of *Phthonandria atrilineata* Butler. *Bulletin of Sericulture*, 22(1): 42–44. [徐锦松, 1989. 桑尺蠖幼虫发育阶段与食叶量的关系. 蚕桑通报, 22(1): 42–44.]
- Xu ZB, Liu AP, Xu LB, Gao SJ, Te ME, Cui ZL, 2013. Preliminary study of the bionomics of *Agrypon flexorius*. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 50(4): 981–990. [徐忠宝, 刘爱萍, 徐林波, 高书晶, 特木儿, 崔智林, 2013. 草地螟阿格姬蜂生物学特性初步研究. 应用昆虫学报, 50(4): 981–990.]
- Yang NF, You SZ, Jing GQ, 2011. Study on the biological characteristics of in Linqing. *Modern Agricultural Science and Technology*, 23(17): 159–160. [杨乃丰, 由淑贞, 井桂青, 2011. 临清市春尺蠖生物学特性研究. 现代农业科技, 23(17): 159–160.]
- Yin FZ, Zhao SY, Yu H, Feng XF, Wang YH, Sun QS, 2002. Study and preliminary report on effect of control vermin disaster with jiaduo lamp of frequency vibration and characters of *Apocheima cinerius* Erschoff adult bollworm eclosion. *Journal of Xinjiang Agricultural University*, 25(3): 68–70. [尹奉淳, 赵树英, 余昊, 冯晓峰, 汪玉河, 孙青山, 2002. 春尺蠖成虫羽化发蛾特性及应用佳多频振式杀虫灯控害效应研究初报. 新疆农业大学学报, 25(3): 68–70.]
- Yu H, Shao Q, Wang YB, Wang DY, 2005. Analysis on the dynamics of spatial pattern *Apocheima cinerarius* Erschoff population in Hetian Xinjiang. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 21(9): 334–338. [余昊, 邵强, 王运兵, 王登元, 2005. 新疆和田地区春尺蠖种群空间格局动态分析. 中国农学通报, 21(9): 334–338.]
- Zeng WX, Wang DY, 2008. Study on the biological characteristics of *Apocheima cinerarius* and control techniques. *Agricultural Extension Service*, 25(5): 46–47. [曾文秀, 王登亚, 2008. 春尺蠖的特征特性及防治方法. 农技服务, 25(3): 46–47.]
- Zhang GS, Wu TF, 1981. The *Apocheima cinerius* Erschoff occurrence regularity and aircraft spraying prevention research in Moyu Xinjiang. *Science of Sericulture*, (1): 17–18. [张圭松, 吴

- 婷芳, 1981. 新疆墨玉地区春尺蠖发生规律及飞机喷药防治研究. *蚕业科学*, (1): 17-18.]
- Zhang HB, Zhang QX, 2006. Preliminary research of coourence regularity of *Apocheima cinerarius* Erschoff and the forecast of occurrence time. *Journal of Agricultural Sciences*, 27(2): 54-57. [张海波, 张巧仙, 2006. 春尺蠖发生规律及发生期测报初步研究. *农业科学研究*. 27(2): 54-57.]
- Zhang PY, 1998. Research of occurrence regularity of *Apocheima cinerarius* Erschoff and method of the forecast. *Gansu Agricultural Science and Technology*, 21 (5): 46-48. [张鹏岳, 1998. 春尺蠖的发生规律及防治技术. *甘肃农业科技*, 21(5): 46-48.]
- Zhou MX, Gao F, Zhang RY, 2009. Preliminary study of the bionomics of *Apocheima cinerarius* Erschoff. *Journal of Inner Mongolia Forestry*, (11): 7-8. [周美仙, 高峰, 张如燕, 2009. 春尺蠖生物学特性观察初报. *内蒙古林业*, (11): 7-8.]