

杨二尾舟蛾(*Cerura menciiana* Moore)

发育起点温度和有效积温的研究

谢 令 德

(青海大学, 西宁, 810016)

摘 要

1989—1991年在西宁地区室温条件下, 利用回归直线法对杨二尾舟蛾发育起点温度 $C \pm S_c$ 和有效积温 $K \pm S_k$ 进行了系统研究。其结果: 卵期 $C \pm S_c = 9.13 \pm 0.39$ (°C), $K \pm S_k = 117.44 \pm 4.65$ (日·度); 一龄幼虫 $C \pm S_c = 9.51 \pm 2.35$ (°C), $K \pm S_k = 64.36 \pm 15.2$ (日·度); 二龄幼虫 $C \pm S_c = 12.64 \pm 1.71$ (°C), $K \pm S_k = 64.81 \pm 13.57$ (日·度); 三龄幼虫 $C \pm S_c = 11.95 \pm 2.08$ (°C), $K \pm S_k = 53.64 \pm 12.87$ (日·度); 四龄幼虫 $C \pm S_c = 12.82 \pm 0.78$ (°C), $K \pm S_k = 66.56 \pm 7.01$ (日·度); 五龄幼虫 $C \pm S_c = 11.99 \pm 1.64$ (°C), $K \pm S_k = 101.43 \pm 20.08$ (日·度); 成虫 $C \pm S_c = 15.14 \pm 1.7$ (°C), $K \pm S_k = 91.37 \pm 24.16$ (日·度)。并认为杨二尾舟蛾蛹期在西宁地区有滞育越冬现象。

关键词: 杨二尾舟蛾; 发育起点温度; 有效积温

杨二尾舟蛾(*Cerura menciiana* Moore)。属鳞翅目舟蛾科(Notodontidae), 几乎遍布全国, 东北、华北、华东、西北均有广泛分布。幼虫取食杨树叶、柳树叶, 大发生年可将树叶吃光。由于成熟幼虫常在树干基部皮缝、树叉处咬成碎屑与丝粘合作茧化蛹, 易使苗木、幼树或枝条折断。有关该虫的形态特征及生物学特性国内已有报道(郑哲民, 1962; 北京林学院主编, 1980), 但对其发育起点温度和有效积温的研究未见报道。为对杨二尾舟蛾的预测预报和防治提供科学依据, 作者对该虫进行了系统饲养和研究, 报道如下。

一、材料和方 法

(1) 虫源与饲养方法 1989—1991年3—10月, 采用20瓦交流黑光灯诱集活成虫。

* 试验期间, 得到青海大学农业昆虫学副教授查录钦先生的热情指导, 王小林、詹昊辉、周玉芹等同志的大力协助, 在此一并致谢。
本文1994年3月21日收到。

将成虫置于养虫盒内,饲喂5%蔗糖水,使其产卵。待卵产出后立即置于垫有一层滤纸的培养皿内保湿饲养。初孵幼虫集中饲养,至4龄时分开单独饲养。饲养期间,饲喂杨树叶,每日保证新鲜饲料并清除粪便。蛹期饲养是在盛有土壤的罐头瓶内进行,保持土壤一定的湿度。饲养期间,每日观察记载各虫态及虫龄的发育历期。

羽化出来的成虫,以雌雄配对置于养虫盒内饲养,饲喂5%蔗糖水,记载产卵期、产卵量、存活天数。

(2)温度记载与统计方法 在饲养室内用水银温度计记载每日8:00、14:00、20:00时的温度,夜间2:00时用自记温度计记载。日平均温度为上述4次温度的平均值;各虫态、虫龄发育期的平均温度以其发育历期内的日均温的加权平均值计算。

(3)虫龄划分 通过单头饲养观察脱皮次数,并结合显微测量头宽和体长,确定各虫龄。

(4)测定方法 采用生物统计学(北京农业大学主编,1981)上常用的“最小二乘法”求系数的公式,得出发育起点温度和有效积温,即

$$C = \frac{\sum V^2 \sum T - \sum V \sum VT}{n \sum V^2 - (\sum V)^2}$$

$$K = \frac{n \sum VT - \sum V \sum T}{n \sum V^2 - (\sum V)^2}$$

$$S_c = \sqrt{\frac{\sum (T - T')^2}{n - 2} \left(\frac{1}{n} + \frac{\bar{V}^2}{\sum (V - \bar{V})^2} \right)}$$

$$S_k = \sqrt{\frac{\sum (T - T')^2}{(n - 2) \sum (V - \bar{V})^2}}$$

式中 T : 温度观察值; V : 发育速率(即发育历期 N 的倒数); \bar{V} : 发育速率的平均值; n : 样本数; T' : 温度理论值; C : 发育起点温度; K : 有效积温; S_c 、 S_k 分别为 C 、 K 的标准误差。

二、结 果

卵初产时为暗绿色,不久除卵孔区外均转为砖红色,孵化时呈黑红色。卵呈半圆球形,卵直径约1.2毫米左右。卵期饲养结果见表1。根据计算,其发育起点温度为 9.13 ± 0.39 (°C),有效积温为 117.44 ± 4.65 (日·度),相关系数 $r=0.8007$ 、($P<0.01$)。

表1 杨二尾舟蛾卵的发育历期

Table 1 The development period of *Cerura menciana* Moore egg.

组 号 Item Group	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
供试卵粒数 Test amount	38	37	31	42	11	10	50	140	52	31
平均历期 Average period(day)	14.9	15.0	14.4	14.1	14.0	13.7	10.5	10.0	9.6	10.0
平均温度 Average temperature (°C)	16.95	17.06	17.12	17.33	17.49	17.95	20.36	20.66	21.14	21.28

初孵幼虫身体常作扭动，性活泼，怕见阳光，常躲在阴暗处，随着龄期增加，这种现象消失，而活动性减少，显得懒惰。幼虫共5龄，1—2龄食量很小，3龄开始增加，4龄明显增加，5龄食量猛增，是主要为害虫龄。幼虫期饲养见表2。根据计算，1龄幼虫

表2 杨二尾舟蛾幼虫的发育历期

Table 2 The development period of *Cerura menciata* Moore larva

虫龄 Instar	组号 Group 项目 Item	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		1龄 First instar	供试头数 Test amount	2	32	32	20	24	5	6	45
1龄 First instar	平均历期 Average period (day)	7.5	7.7	7.5	6.8	6.0	6.6	5.8	6.2	5.7	6.0
	平均温度 Average temperature (°C)	18.06	18.08	18.22	18.37	18.74	19.17	21.52	21.06	20.61	20.25
	供试头数 Test amount	11	62	21	8	6	6	9	14		
2龄 Second instar	平均历期 Average period (day)	8.6	8.5	8.2	8.0	7	7	8.8	8.4		
	平均温度 Average temperature (°C)	20.17	20.54	21.01	21.25	21.67	21.81	19.67	19.78		
	供试头数 Test amount	2	6	39	32	22	5	12	8	7	
3龄 Third instar	平均历期 Average period (day)	5.0	6.0	5.7	6.3	6.4	6.5	6.7	6.8	7.2	
	平均温度 Average temperature (°C)	22.02	21.99	21.41	21.17	20.68	20.17	19.42	19.18	19.12	
	供试头数 Test amount	14	25	10	7	6	11	2	26	6	
4龄 Fourth instar	平均历期 Average period (day)	9.4	9.6	9.7	9.9	9.6	9.6	8.5	7.8	7.5	
	平均温度 Average temperature (°C)	19.88	19.81	19.71	19.67	19.67	19.53	20.28	21.76	21.80	
	供试头数 Test amount	8	11	15	15	6	7	4	8	14	
5龄 Fifth instar	平均历期 Average period (day)	13.9	13.6	13.0	12.3	12.2	12.6	11.5	11.4	10.9	
	平均温度 Average temperature (°C)	19.28	19.58	19.80	19.76	19.91	20.19	20.39	21.55	21.65	
	供试头数 Test amount										

发育起点温度为 9.51 ± 2.35 (°C), 有效积温为 64.36 ± 15.2 (日·度), 相关系数 $r = 0.8318$ ($P < 0.01$); 2 龄幼虫发育起点温度为 12.64 ± 1.71 (°C), 有效积温为 64.81 ± 13.57 (日·度), 相关系数 $r = 0.8931$ ($P < 0.01$); 3 龄幼虫发育起点温度为 11.95 ± 2.08 (°C), 有效积温为 53.64 ± 12.87 (日·度), 相关系数 $r = 0.8448$ ($P < 0.01$); 4 龄幼虫发育起点温度为 12.82 ± 0.78 (°C), 有效积温为 66.56 ± 7.01 (日·度), 相关系数 $r = 0.7527$ ($P < 0.05$); 5 龄幼虫发育起点温度为 11.99 ± 1.64 (°C), 有效积温为 101.43 ± 20.08 (日·度), 相关系数 $r = 0.8057$ ($P < 0.01$)。

5 龄幼虫老熟化蛹时, 身体较透明, 呈紫红褐色或绿褐色, 背部斑纹呈灰白色, 由叶部爬到枝干上, 一般离地面 1.5 米处的树干基部皮裂缝处结茧化蛹居多, 结茧时咬枝干碎屑吐丝掺合做茧。茧做好后几天在其内化蛹。茧呈椭圆形, 黑色或灰色, 茧壳坚硬。蛹期饲养结果见表 3。根据计算, 发育速率与温度之间的相关系数 $r = -0.8349$ ($P < 0.01$), 即二者之间呈负相关且极显著。根据有效积温法则, 如若发育速率与温度之间呈负相关, 即随着温度提高发育速率减慢, 与有效积温法则恰恰相反。在这种情况下, 再计算蛹的发育起点温度和有效积温就毫无意义, 故不予计算, 同时说明, 蛹的发育历期不受温度因子制约, 而是受光周期、遗传等其它因子制约。

表 3 杨二尾舟蛾蛹的发育历期
Table 3 The development period *Cerura menciata* Moore pupa

组号 Group	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
供试头数 Test amount	7	7	6	9	14	2	6	2	2	9	9	4	3	4
平均历期 Average period(day)	345.2	344.2	340.4	337.3	340.4	332.5	337	328	336.5	325	325.2	320	325	325
平均温度 Average temperature (°C)	10.14	10.10	9.97	9.88	9.78	9.63	9.78	9.49	9.78	9.48	9.50	9.19	9.36	9.49

表 4 杨二尾舟蛾成虫的发育历期
Table 4 The development period of *Cerura menciata* Moore adult stage

组号 Group	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
供试头数 Test amount	3	3	3	8	8	7	4	3	4	2
平均历期(天) Average period(day)	15.8	15.3	15.5	14.0	14.0	13.5	14.3	13.5	13.7	13.5
平均温度(°C) Average temperature (°C)	20.99	21.07	21.20	21.36	21.48	21.44	21.61	21.79	22.23	22.33

成虫4月底始见,5月大量出现,6月终见,成虫羽化不久即交尾产卵。根据室内饲养一代后的成虫产卵情况表明,平均产卵量303粒,最少的162粒,最多的606粒,多次产卵,一生平均产卵历期达13天左右;一般刚开始产卵量大,以后逐日减少。在室内饲养期间,饲喂5%蔗糖水、蒸馏水、对照(不喂任何东西)3种处理,其结果是成虫寿命和产卵量均是蔗糖水>蒸馏水>对照,说明成虫产卵必须有补充营养。成虫期饲养结果见表4。根据计算,成虫发育起点温度为 15.14 ± 1.7 (°C),有效积温为 91.37 ± 24.16 (日·度),相关系数 $r=0.8728$ ($P<0.01$)。

三、讨 论

杨二尾舟蛾卵、各龄幼虫及成虫的发育速率与温度呈正相关,符合有效积温法则,其中除4龄幼虫的相关程度达到显著水平外,其余皆达到极显著水平。故上述结果可用于杨二尾舟蛾相应虫态或虫龄的预测预报。而蛹的发育速率与温度之间呈负相关,此结果说明蛹的发育速率非但没随着温度升高而加快,反而随着温度升高而减慢,至少说明蛹期对温度不甚敏感。在西宁地区,该虫1年发生1代,以蛹越冬,蛹期长达300天以上,前期与后期进入越冬的几乎同一时间羽化,与有效积温法则不符。从昆虫越冬类型分析,一般分休眠和滞育2种类型,休眠是由不良环境条件直接引起,并且一旦不良环境条件消失,就会马上恢复生长发育;滞育虽然也是不良环境条件引起的,但不是直接引起的,并且一旦进入滞育状态,即使给以最适宜的条件,也不会马上恢复生长发育,即它已经具有一定的遗传稳定性。从我们的越冬饲养结果表明,更倾向于后一种类型,即滞育类型。而以往未曾见有关该虫蛹期滞育越冬的报道。据资料记载,杨二尾舟蛾在北京地区1年发生2代(北京林学院主编,1980),西安地区1年发生3代(郑哲民,1962)。而西宁地区1年发生1代,有滞育越冬现象。由于西宁地处青藏高原,气候寒冷,且时间长,强度大,昼夜温差大,无霜期短,赖以生存植物的生长期短,在长期的生物进化中,杨二尾舟蛾为了躲避不利于生存的自然环境条件,跟物候相适应,逐渐形成了滞育越冬的变异类群。至于杨二尾舟蛾蛹期滞育越冬现象,仅是根据室内饲养结果得出的初步结论,确切否,还有待于从光周期、遗传学分析等方面进一步深入研究。

根据我们室内饲养结果,从卵期开始到下一代成虫产卵,完成整个世代约需400天左右,与在西宁地区1年发生1代的实际情况有一定差异。据分析造成室内饲养发育历期延长的原因,大致有3个:1是室温虽然也是变温,但比外界温度较恒定,变温与恒温对各种昆虫生长发育速率的影响各异,多数情况下,变温更增进生长发育速率,故而导致室内饲养下发育历期的延长,特别对蛹期影响较突出;2是食物条件的影响,在室内饲养条件下,幼虫取食的营养也许与自然状况下有一定差异,故延缓后期生长发育速率;3是昆虫中有些种类的发生期受多种因素影响,可以提前或推迟。这些原因还有待于进一步研究。

杨二尾舟蛾成虫产卵前期很短,多数虫在羽化的当天就产卵,少数虫第2天开始产卵。为此,我们研究了整个成虫期的发育起点温度和有效积温。

得出发育起点温度 C 和有效积温 K ,根据发育历期(N)公式——
$$N = \frac{K + S_n}{T - (C \pm S_n)}$$

建立相应的经验预测式, 来预测预报某虫态或虫龄的盛发期。进行杨二尾舟蛾的化学防治, 关键在于掌握防治适期, 即 3 龄幼虫前防治效果最佳。因此, 可利用卵至 2 龄幼虫发育起点温度和有效积温来预测 2 龄幼虫盛发期, 以确定防治适期, 指导林木化学防治。

参 考 文 献

- 北京林业学院主编, 1980, 森林昆虫学, 中国林业出版社, 283—284
北京农业大学主编, 1981, 昆虫学通论 (下册), 农业出版社, 687—694
郑哲民, 1962, 双尾天社蛾生活习性初步观察, 昆虫学报, 11 (4): 421—425
贺答汉, 1989, 昆虫的温周期反应及其研究, 昆虫知识, 26 (1): 53—56
Dingle. H (著), 巫国瑞等译, 1984, 昆虫迁飞和滞育的进化, 科学出版社, 41—143

A STUDY ON THE THRESHOLD OF DEVELOPMENT AND THE TEMPERATURE OF CONSTANT OF *CERURA MENCIANA* MOORE

Xie Lingde

(Agricultural Department of Qinghai University, Xining, 810016)

From 1989 to 1991, we conducted a study on the threshold of development and the temperature of constant of *Cerura menciana* Moore by lineat regression in Xining in the condition indoor temper temperature. The results are summariged as follows:

1. period of egg stage:

$$C \pm S_c = 9.13 \pm 0.39 (^\circ\text{C}), K \pm S_k = 117.44 \pm 4.65 (\text{day-degree})$$

2. period of the first instar larva:

$$C \pm S_c = 9.51 \pm 2.35 (^\circ\text{C}), K \pm S_k = 64.36 \pm 15.2 (\text{day-degree})$$

3. period of the second instar larva:

$$C \pm S_c = 12.64 \pm 1.71 (^\circ\text{C}), K \pm S_k = 64.81 \pm 13.57 (\text{day-degree})$$

4. period of the third instar larva:

$$C \pm S_c = 11.95 \pm 2.08 (^\circ\text{C}), K \pm S_k = 53.64 \pm 12.87 (\text{day-degree})$$

5. period of the fourth instar larva:

$$C \pm S_c = 12.82 \pm 0.78 (^\circ\text{C}), K \pm S_k = 66.56 \pm 7.01 (\text{day-degree})$$

6. period of the fifth instar larva:

$$C \pm S_c = 11.99 \pm 1.64 (^\circ\text{C}), K \pm S_k = 101.43 \pm 20.08 (\text{day-degree})$$

7. period of adult stage:

$$C \pm S_c = 15.14 \pm 1.7 (^\circ\text{C}), K \pm S_k = 91.37 \pm 24.16 (\text{day-degree})$$

We also discusses the diapause of *Cerura menciana* Moore in the stage of pupa in Xining, Qinghai.

Key word: *Cerura menciana* Moore; Threshold of development; Temperature of constant.