

斜纹夜蛾 NPV 染病幼虫发育与温度的关系*

张文军 齐艳红 庞义 陈其津

(中山大学生物防治国家重点实验室, 广州 510275)

摘要 在不同温度下, 以不同剂量的 SIN PV 饲食斜纹夜蛾 *Spodoptera litura* F. 幼虫. 结果表明, 1~6 龄染病幼虫的发育起点温分别是 18.79, 16.29, 14.19, 10.87, 8.39, 7.03℃; 1~6 龄染病幼虫的发育最适温分别是 32.85, 33.48, 34.22, 31.75℃. 1~6 龄染病幼虫的取食最适温分别是 26.5, 25.57, 27.90, 27.82, 29.01, 28.85℃. 建立了 1~6 龄染病幼虫取食白菜量的温度依赖模型, 死亡速率模型, 以及依赖于温度和 SIN PV 饲食量的发育速率模型.

关键词 斜纹夜蛾 *Spodoptera litura* F., 核型多角体病毒, 温度, 剂量, 发育

分类号 Q 965.8

斜纹夜蛾 *Spodoptera litura* F. 严重危害白菜、甘蓝、茄等作物, 是我国十大经济害虫之一. 长期以来, 对该虫采用了不合理的化学防治, 造成害虫抗药性急剧增大, 食菜中毒的事件时有发生. 从而, 斜纹夜蛾核型多角体病毒成为该虫重要的无污染替代防治手段. 有关温度和 SIN PV 剂量对斜纹夜蛾 NPV 病的影响, 过去的报道多集中于适温区^[1,2], 也缺乏 SIN PV 病的发育温度参数. 为此, 本文在较宽的温度范围内确定了该病的发育温度参数, 染病幼虫的取食量关系, 以及发病与剂量的关系等, 为深入揭示 SIN PV 病的生态学机制提供基础.

1 材料与方法

取斜纹夜蛾新产卵块, 以 10% 甲醛溶液浸泡消毒并冲洗干净, 孵化后用干净白菜叶片饲喂至 3 龄和 5 龄. 准备 5 个恒温箱, 分别为 20, 25, 30, 35, 及 40℃. 日光灯 (40 W, 2 支) 照明, 光照时间 14 h/d, 每箱内置 1 个水盘, 保持相对湿度 50%~70%.

取 SIN PV 纯品, 以 10 倍稀释法配制浓度为 8×10^{11} , 8×10^{10} , 8×10^9 , 8×10^8 , 8×10^7 PIBs/L 的多角体悬浮液备用.

每个温度、每个 SIN PV 浓度供试 15~20 头 3 龄幼虫, 单头置入塑料小瓶, 瓶内置涂沫过 25 μ L SIN PV 液的干净白菜叶 (半径 4 mm) 片. 另设无菌水涂叶的对照组. 首先使幼虫饥饿 12 h, 取食 24 h 后, 以无 SIN PV 的干净白菜叶片饲喂. 逐日记载各瓶的虫龄、显症时间、病死时间及白菜取食量等, 并抽样镜检. 对 5 龄幼虫, 试验与 3 龄相同.

* 广东省自然科学基金 (960057) 资助项目

收稿日期: 1997-03-05 张文军, 男, 32 岁, 副教授

2 结果分析

2.1 SINPV 的侵染潜育关系

斜纹夜蛾 3 龄幼虫饲食 SINPV 时, 染病幼虫的显症时间随 SINPV 剂量 (D) 的增加而缩短, 从而, 剂量愈大, 幼虫发病愈快. 对 4 龄接种, 因虫体抗病性较强, 这种关系变弱. 已知显症时间的倒数为潜育速率 (ν), ν 与 D 的关系如 (1) 式, 计算的各参数见表 1.

$$\nu = a + b \ln D \tag{1}$$

表 1 斜纹夜蛾 幼虫 SINPV 潜育速率与饲毒剂量的关系

Tab. 1 Relationship between SINPV dosage and latent developmental rate of *S. litura* larva

饲毒期	参数	θ / $^{\circ}\text{C}$				
		20	25	30	35	40
3 龄	a	0.062 3	0.079 5	0.146 8	0.065 7	0.109 1
	b	0.006 0	0.006 9	0.008 9	0.012 7	0.014 9
	r	0.905 3	0.883 9	0.844 0	0.808 8	0.891 5
	n	5	5	5	5	5
4 龄	a	0.073 7	0.125 5	0.286 8	0.608 3	0.213 2
	b	0.002 9	0.003 9	- 0.005 9	- 0.023 6	- 0.000 6
	r	0.885 4	0.544 7	- 0.896 8	- 0.775 3	- 0.138 3
	n	5	3	3	5	5

r 为相关系数, n 为样品个数

2.2 染病幼虫的死亡速率关系

定义幼虫的死亡速率 $\nu_D = (dx/dt) / n$, 式中, n 为供试虫数, x 为死亡数量, t 为发育历期. 由此求得 3 龄和 4 龄饲毒后, 各龄幼虫的死亡速率. 3 龄饲毒时各龄的 ν_D 与温度 (θ) 和 D 有下列关系

$$\nu_D = a + b_1\theta + b_2\theta + b_3 \ln D \tag{2}$$

由 3~ 6 龄的死亡速率值插值 1~ 2 龄, 并以 (2) 式拟合, 得各参数见表 2

表 2 各龄幼虫 死亡速率与温度和 SINPV 剂量的关系

Tab. 2 Relationships between dying velocity and temperature and SINPV dosage for different instars of *S. litura* larva

龄期	a	b_1	b_2	b_3	r	F	n
1 龄	0.177 2	- 0.013 8	0.000 3	0.003 9	0.985 5	95.546 3	16
2 龄	0.083 1	- 0.008 2	0.000 3	0.004 4	0.986 5	104.354 9	16
3 龄	0.205 9	- 0.015 5	0.000 4	0.002 4	0.977 6	60.990 5	17
4 龄	- 0.092 5	0.003 8	0.000 04	0.003 4	0.971 4	144.785 1	20
5 龄	0.030 1	- 0.007 7	0.000 2	0.005 8	0.999 8	12 478.45	23
6 龄	- 0.772 3	0.049 4	- 0.000 7	0.005 6	0.999 9	106 420	25

r 为复相关系数, F 为 F 分布值

根据表 2, 饲毒剂量高, 则幼虫的死亡速率大. 在所测试的温区内, 除 6 龄幼虫外, 各龄幼虫的死亡速率随温度升高而增大.

2.3 染病幼虫的取食量关系

3 龄和 4 龄饲毒后, 各龄幼虫对白菜叶片的日取食量 (P) 随温度 (θ) 的升高而增大, 达

到最大后, 随温度的继续升高而减小, 符合下列关系

$$P = at + bt + ct^2 \tag{3}$$

对 3 龄和 4 龄饲毒的各龄取食量平均, 仍符合模型 (3). 另一方面, 1~ 6 龄易感幼虫的日取食量随龄期增大呈指数式变化. 据此, 以 3~ 6 龄染病幼虫的日取食量对 1~ 2 龄进行指数插值, 并以模型 (3) 拟合, 即得表的参数.

根据模型 (3) 及表的参数, 1~ 6 龄染病幼虫的日取食量分别在 26. 5, 25. 57, 27. 90, 27. 82, 29. 0 和 28. 85℃ 时达到最大, 其温度低于对应龄期的易感幼虫^[3].

表 3 各龄染病幼虫日取食量与温度的关系

Tab. 3 Relationships between temperature and daily feeding amount for different instars of infected *S. litura* larva

龄期	a	b	c	r	F	n
1 龄	- 5. 743 2	0. 551 2	- 0. 010 4	0. 963 9	22. 653 2	5
2 龄	- 1. 976 6	0. 241 8	- 0. 004 2	0. 961 1	21. 363 6	5
3 龄	- 15. 686 0	1. 356 1	- 0. 024 3	0. 959 8	20. 849 4	5
4 龄	- 36. 627 3	3. 238 7	- 0. 058 2	0. 959 6	20. 731 4	5
5 龄	- 68. 082 9	5. 674 1	- 0. 097 8	0. 940 2	15. 482 9	5
6 龄	- 224. 648 9	18. 165 0	- 0. 314 8	0. 998 5	383. 14 2	5

据测定, 1 cm² 的白菜叶片相当于 0. 028 6 g 鲜质量或 0. 001 6 g 干质量. 将 (3) 式分别乘以 0. 028 6 和 0. 001 6, 即得日取食鲜质量和干质量与温度的关系.

2. 4 染病幼虫的发育速率关系

分析 3 龄和 4 龄饲毒后各龄幼虫于各饲毒剂量下的平均发育速率 ($v_F = t^{-1}$), 发现基本符合发育速率模型. 基于类似的依据, 对 1~ 6 龄, 3 龄及 4 龄饲毒后各龄的发育速率进行指数插值并平均, 得各龄染病幼虫的平均发育速率 (\bar{v}), 符合

$$\bar{v} = \frac{K}{H} \frac{e^{-r(\theta-\theta_0)}}{e^{-r(\theta-\theta_0)}} \left(1 - \frac{e^{-(\theta-\theta_L)}}{W}\right) \left(1 - \frac{e^{-(\theta_H-\theta)}}{W}\right) \tag{4}$$

式中, K 为最适发育速率的 2 倍, Q 为发育速率随温度的增长率, θ_0 为最适发育温度, θ_L 为发育起点温度, θ_H 为发育最高温度, W 为发育对极端温度的相对忍耐力. 以模型 (4) 拟合^[4], 得表 4 所示参数.

表 4 各龄染病幼虫发育速率与温度的关系

Tab. 4 Relationships between temperature and developmental rate for different instars of infected *S. litura* larva

龄期	K	r	θ_0	θ_L	W	θ_H	i_2	n
1 龄	2. 922 0	0. 072 0	32. 849 2	18. 785 0	6. 764 0	40. 463 0	0. 560 8	5
2 龄	2. 914 1	0. 080 8	33. 480 8	16. 286 1	6. 379 3	40. 549 1	0. 311 8	5
3 龄	2. 499 0	0. 139 1	34. 222 1	14. 191 0	6. 523 2	41. 695 0	0. 302 1	5
4 龄	1. 935 9	0. 078 0	31. 754 5	10. 865 5	7. 676 5	41. 747 5	0. 487 2	5
5 龄	4. 091 4	0. 112 3	40. 707 1	8. 386 9	8. 440 3	46. 956 6	0. 679 1	5
6 龄	6. 309 5	0. 184 2	41. 203 6	7. 032 8	8. 484 3	49. 227 9	6. 477 8	5

根据表 4, 1~ 6 龄染病幼虫的 θ_L 分别为 18. 79, 16. 29, 14. 19, 10. 87, 8. 39, 7. 03℃; 1~ 4

龄染病幼虫的 θ_0 分别为 32.85, 33.48, 34.22, 31.75 $^{\circ}\text{C}$ 。染病幼虫发育所需的起点温高于易感幼虫。若考虑剂量的影响, 则 v_F 与 θ 及 D 的关系符合 (5) 式, 得各参数见表 5。

$$v_F = a + b_1\theta + b_2\theta + b_3 \ln D \quad (5)$$

表 5 各龄染病幼虫发育速率与温度和 SIN PV 剂量的关系

Tab. 5 Relationships between developmental rate and temperature and SIN PV dosage for different instars of infected *S. litura* larva

龄期	a	b_1	b_2	b_3	r	F	n
1 龄	-10.767 7	0.789 8	-0.013 3	0.032 8	0.759 9	27.926 2	17
2 龄	-8.321 1	0.580 9	-0.009 6	0.058 5	0.948 4	74.752 3	17
3 龄	-4.385 9	0.310 8	-0.004 9	0.021 7	0.999 8	16.379. 1	21
4 龄	-2.052 9	0.158 1	-0.002 6	0.024 8	0.655 6	0.736 2	25
5 龄	4.132 3	-0.291 0	0.005 8	-0.004 3	0.964 6	46.682 6	22
6 龄	23.556 8	-1.957 2	0.036 4	0.117 6	0.903 9	10.135 6	21

值得注意的是, 前述有关参数的获取应用了插值方法, 具有较充分的理论依据, 因此, 得到的参数具有趋势正确性。然而, 其准确度究竟多大, 仍有待进一步的研究中检验和完善。

参 考 文 献

- 1 黄冠辉, 丁翠. 斜纹夜蛾核多角体病毒病的研究. 昆虫学报, 1975, 18(1): 17-24
- 2 中山大学生物学系昆虫学专业昆虫病毒研究小组. 斜纹夜蛾核多角体病毒的初步研究. 中山大学学报(自然科学版), 1976(3): 92
- 3 张文军, 庞义, 齐艳红, 等. 斜纹夜蛾生长发育与温度的关系. 中山大学学报(自然科学版), 1997, 36(2): 6-9
- 4 张文军, 汪世泽, 袁志发, 等. 单纯型算法求解非线性方程参数及拟合检验. 西北农业大学学报, 1989, 17(增刊): 51-56

Relationship Between Temperature and Development of SIN PV-Infected Larvae of *Spodoptera litura* F.

Zhang Wenjun* Qi Yanhong Pang Yi Chen Qijin

Abstract The larvae of *Spodoptera litura* F. with different dosages of SIN PV under different temperatures, the results showed that the base temperature for development of 1st~6th instar infected larvae were 18.79, 16.29, 14.19, 10.87, 8.39, 7.03 $^{\circ}\text{C}$, and the optimal ones for 1st~4th instar were 32.85, 33.48, 34.22, 31.75 $^{\circ}\text{C}$, respectively. The optimal feeding temperature for 1st~6th instar larvae were 26.5, 25.57, 27.9, 27.82, 29.01, 28.85 $^{\circ}\text{C}$, respectively. The temperature-dependent models for dying velocity, feeding amount, and development of infected 1st~6th instar larvae were developed.

Keywords *Spodoptera litura* F., nuclear polyhedrosis virus, temperature, dosage, development

* State Key Laboratory for Biological Control, Zhongshan University, Guangzhou, 510275