

寄主抗药性对菜蛾绒茧蜂生物学特性的影响

李元喜, 刘树生*, 刘银泉

(浙江大学应用昆虫学研究所, 杭州 310029)

摘要: 以小菜蛾 *Plutella xylostella* 敏感品系 SP 作寄主饲养的菜蛾绒茧蜂 *Cotesia plutellae* SC 品系分别寄生于小菜蛾的 SP 品系 (SC-SP 组合) 或抗性 RP 品系 (SC-RP 组合), 还以小菜蛾 RP 品系作寄主饲养的菜蛾绒茧蜂 RC 品系分别寄生于小菜蛾的 SP 品系 (RC-SP 组合) 或 RP 品系 (RC-RP 组合), 均在幼虫中期施用氰戊菊酯, 考察了药剂对该蜂生物学特性的影响。结果发现: 在不施用杀虫剂时, SC-RP 组合中蜂的结茧率为 45.8%, 显著低于其它组合, 所结茧长 0.76 mm, 育出雌蜂前翅和后足胫节长分别为 3.28 mm 和 2.33 mm, 也分别小于其它各组合的结果, 表明寄主抗药性对该蜂有不利影响; 施用杀虫剂后, RC-RP、SC-RP 组合中, 蜂的结茧率分别为 95.5% 和 37.8%, 显著高于 SC-SP 和 RC-SP 组合中蜂的结茧率 (22.5%, 25.8%), 表明寄主抗性保护其体内的幼蜂少受杀虫剂的影响; RC-SP 组合在受到和未受到杀虫剂作用时茧的羽化率分别为 95.2% 和 93.6%, 无显著差异, 卵+幼虫及雌蛹的发育历期在处理和对照间也无显著差异, 表明用抗性寄主饲养的菜蛾绒茧蜂在寄生敏感寄主时仍表现一定的耐药性, 有利于该蜂抗药性的发展, 即寄主-寄生蜂之间在抗药性方面存在协同进化。

关键词: 小菜蛾; 菜蛾绒茧蜂; 氰戊菊酯; 寄主抗药性; 生物学特性

中图分类号: Q965.8 文献标识码: A 文章编号: 0454-6296 (2002) 04-0459-06

Effects of host insecticide resistance on the biological characteristics of *Cotesia plutellae*

LI Yuan-Xi, LIU Shu-Sheng*, LIU Yin-Quan (Institute of Applied Entomology, Zhejiang University, Hangzhou 310029, China)

Abstract: The effects of strains of *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae), strains of *Cotesia plutellae* (Hymenoptera: Braconidae), fenvalerate and their interactions on the biological characteristics of *C. plutellae* were studied in the laboratory. Two strains of *P. xylostella*, one susceptible to fenvalerate (SP) and the other resistant (RP), and two strains of *C. plutellae*, one that had been reared using SP as host (SC) and the other which had been reared using RP as host (RC), were arranged in four host-parasitoid combinations, i. e., SC-SP, SC-RP, RC-SP, and RC-RP. The results showed that, in the absence of the insecticide, the parasitoids in the SC-RP combination had a lower percentage of cocoon formation (45.8%), shorter cocoon length (7.8 mm) and females had shorter forewings (3.28 mm) and hind tibia (2.33 mm), compared to those in SC-SP, RC-SP, and RC-RP combinations. This indicated that insecticide resistance in the host had detrimental effects on the parasitoid. When fenvalerate was applied to the host-parasitoid system, percentages of cocoon formation in the RC-RP and SC-RP combinations were 95.5% and 37.8%, respectively, significantly higher than those in the SC-SP (22.5%) and RC-SP (25.8%) combinations, suggesting that host insecticide resistance offered some protection to the parasitoid larvae inside the hosts. When the RC-SP combination was either unexposed or exposed to the insecticide, the parasitoids had similar percentages of adult emergence (93.6% vs 95.2%) as well as similar development times, indicating that the parasitoids, which had been reared on a resistant host strain, still showed some tolerance to the insecticide when parasitizing a susceptible host strain, and this effect should favour the development of insecticide resistance in the parasitoid. This demonstrates co-evolution in the development of insecticide resistance in this host-parasitoid system.

Key words: *Plutella xylostella*; *Cotesia plutellae*; fenvalerate; host insecticide resistance; biological characteristics

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (30070111)

第一作者简介: 李元喜, 男, 1972年生, 河南新蔡人, 博士, 讲师, 研究方向为害虫综合治理, E-mail: yxli@njau.edu.cn

* 通讯联系人 Author for correspondence, E-mail: shshliu@zju.edu.cn

收稿日期 Received: 2001-07-06; 接受日期 Accepted: 2002-02-09

协调生物防治和化学防治的关系一直是害虫综合治理中的重要问题。针对如何合理利用寄生昆虫和化学杀虫剂治理易对杀虫剂产生抗性的害虫已有许多研究 (Hoy *et al.*, 1990; Havron *et al.*, 1991; Zehori-Fein *et al.*, 1994; Baker *et al.*, 1995)。但有关寄主抗药性对寄生昆虫的影响的研究较少 (Furlong and Wright, 1993; Iqbal and Wright, 1993; Chilcutt and Tabashnik, 1997a, 1997b)。幼虫期内寄生昆虫能通过自身的存在或分泌一些物质影响、调控寄主的生理活动, 以达到自身顺利完成发育的目的 (Beckage, 1985)。反过来, 寄主昆虫生理生化变化对寄生昆虫也可能产生影响。寄主对杀虫剂产生抗性后, 某些酶的活性会发生变化 (唐振华, 1993), 此外, 其它的生理生化指标也可能发生变化, 从而影响寄主与寄生昆虫内分泌的相互关系, 最终影响到寄生昆虫的生长发育、存活, 乃至成虫的质量。

作者以十字花科蔬菜重要害虫小菜蛾 *Plutella xylostella* 及其幼虫期寄生蜂——菜蛾绒茧蜂 *Cotesia plutellae* 为对象, 探讨寄主对杀虫剂产生抗性后, 是否会影响寄生昆虫的生物学特性, 从而影响其控制害虫潜能, 以及在杀虫剂的作用下, 这种影响是否会发生改变, 希望为协调利用寄生昆虫和杀虫剂治理抗性害虫提供有益的资料。

1 材料与方 法

1.1 供试昆虫和试剂

供试小菜蛾为对氰戊菊酯相对敏感的品系 SP (取自中国科学院上海昆虫研究所) 和抗性品系 RP (采自杭州郊区并于室内用氰戊菊酯筛选, 抗性倍数为 606 倍), 菜蛾绒茧蜂为分别以小菜蛾 SP 品系繁育的敏育品系 SC (采自杭州郊区, 在室内已用 SP 繁育 20 余代) 和以小菜蛾 RP 品系繁育的抗育品系 RC (由 SC 分离, 试验前已用 RP 繁育 10 余代)。蜂的两个品系在室内繁育期间未接触过杀虫剂。供试杀虫剂为 20% 氰戊菊酯乳油, 南京红太阳集团生产。

1.2 处理组合和方法

按图 1 所示, 共设 SC-SP、SC-RP、RC-SP 和 RC-RP 4 种组合, 每一组合均按下述步骤进行试验。

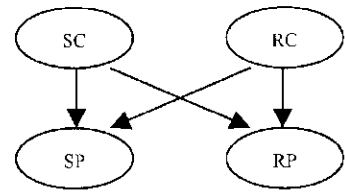


图 1 绒茧蜂和小菜蛾品系的试验组合
Fig. 1 Combinations of *Cotesia plutellae* and *Plutella xylostella* strains in experiments

1.2.1 获取被寄生幼虫及施药方法: 利用单头寄生法 (李元喜等, 2001), 获取被寄生的小菜蛾 2 龄幼虫 300 头, 20 头为一个单位, 参照施祖华和刘树生 (1998) 方法, 用小养虫笼在 $25 \pm 1^\circ\text{C}$ 、RH 50% ~ 80%、每天 14 h 光照的条件下饲养。进入第 5 天即绒茧蜂进入幼虫中期时, 更换所有叶片, 处理组每叶面喷施 4 mL 用蒸馏水稀释 800 倍的氰戊菊酯溶液。对照喷施等量的蒸馏水。

1.2.2 菜蛾绒茧蜂结茧及羽化观察: 氰戊菊酯处理 24、48 h 后各检查一次, 以后每 12 h 检查一次。检查过程中解剖死亡的小菜蛾幼虫, 观察其体内幼蜂的发育进度, 按不同日期、不同小养虫笼收集蜂茧。每 12 h 检查一次茧的羽化情况, 记录羽化蜂的性别并单头放于长 8 cm、口径 1.5 cm 的玻璃试管中, 标记羽化日期, 用脱脂棉封口。

1.2.3 雌蜂寄生能力的测定: 取刚羽化的部分雌雄蜂配对, 并供以 10% 蜂蜜水, 24 h 后每头雌蜂供以小菜蛾 2 龄幼虫 20 头, 置于小养虫笼内, 笼的顶部加一滴 10% 蜂蜜水。以 SC 为寄生昆虫的 2 种组合育出的雌蜂均供 SP 品系 2 龄幼虫, 而以 RC 为寄生昆虫的 2 种组合育出的雌蜂均供 RP 品系 2 龄幼虫。24 h 后去除雌蜂, 再经 24 h 后, 解剖所有供试小菜蛾幼虫, 检查被寄生情况。

1.2.4 菜蛾绒茧蜂茧长及羽化蜂大小的测量: 在带测微尺的解剖镜下测量所有茧的长度。雌蜂死亡后用 10% NaOH 水溶液浸泡 20 ~ 30 min 后测量其前翅及后足胫节长。

1.3 数据分析

结茧率和羽化率用 *U* 测验进行比较, 蜂的发育历期、个体大小和后代的产卵量用 Statistica® 软件中的 ANOVA/MANOVA 模块进行方差分析并用 LSD 法对平均数之间的差异做显著性检验。

2 结果与分析

2.1 菜蛾绒茧蜂结茧率及羽化率

各组合中，与对照相比，氰戊菊酯处理后，以 SP 为寄主的蜂的结茧率显著下降（图 2），而以 RP 为寄主的蜂结茧率变化不显著（ $P > 0.05$ ）；经氰戊菊酯处理后，以 SP 为寄主的 2 种组合的蜂的结茧率较以 RP 为寄主的 2 种组合的显著要低，且 RC-RP 组合的结茧率最高。

4 种组合分别经氰戊菊酯处理后，仅 SC-SP 组合所结茧的羽化率比对照的显著下降（图 3）；4 种组合之间，SC-SP 所结茧的羽化率较其它 3 种组合的显著要低，RC-RP 所结茧的羽化率也较 SC-RP 的显著要高。

2.2 不同组合对蜂发育历期的影响

氰戊菊酯处理引起以 SC 为寄生昆虫组合中蜂卵 + 幼虫发育时间的显著延长（表 1），其中以 SP 为寄主的组合延长最为明显。方差分析结果显示各因子及互作对卵 + 幼虫发育历期均有显著影响（表 4）。以 SC 为寄生昆虫的组合中，氰戊菊酯处理引起雌蛹发育历期的显著延长（表 2）。4 种组合的 4 个对照之间，以 SC-RP 中雌蛹的发育历期最短。方差分析结果表明氰戊菊酯及蛾品系是影响菜蛾绒茧蜂雌蛹发育历期的主要因素（表 4）；双因子中，仅蜂 × 氰戊菊酯互作对雌蛹的发育历期有显著影响；三因子互作对雌蛹的发育历期无显著影响。

2.3 不同组合对育出雌蜂产卵量的影响

氰戊菊酯处理引起 SC-SP、RC-SP 2 种组合育出雌蜂产卵量的显著下降（ $P < 0.05$ ），而对以 RP 为寄主的 2 种组合育出雌蜂的产卵量无显著影响（ $P > 0.05$ ）（表 3）。方差分析结果显示，在单因子

中，氰戊菊酯是主要的影响因素，互作效应中，蛾 × 蜂、蛾 × 氰戊菊酯均达到显著水平，三因子互作对产卵量无显著影响（表 4）。

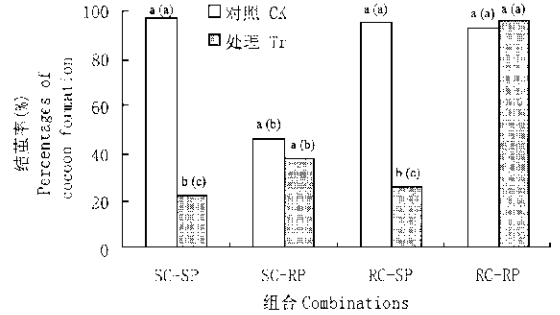


图 2 不同组合中蜂的结茧率

Fig. 2 Percentages of cocoon formation in different host-parasitoid combinations

柱上方字母表示显著性检验结果，无括号的字母为同一组合对照与处理间、括号内的字母为 4 种组合的 4 个对照之间、或 4 种组合的 4 个处理之间的比较，字母不同表示差异显著（ $P < 0.05$ ）。图 3 同此。Different letters above columns denote significant differences ($P < 0.05$). Letters without brackets show results of comparison between control and treatment in the same combination, and letters in brackets show results of comparison between the four controls or comparison between the four treatments with insecticides

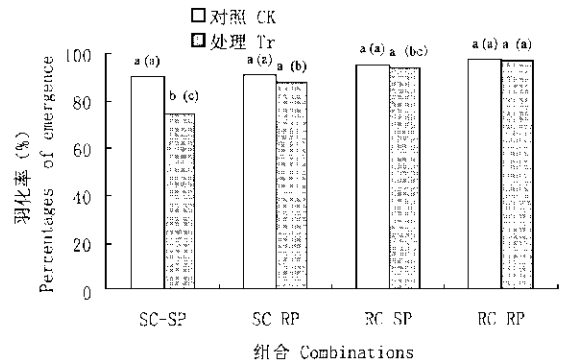


图 3 不同组合中蜂茧的羽化率

Fig. 3 Percentages emergence of cocoons in different host-parasitoid combinations
Symbols as in Fig. 2

表 1 4 种寄生蜂-寄主组合在未受（对照）或受到（处理）氰戊菊酯作用时菜蛾绒茧蜂卵 + 幼虫的发育历期（天）

Table 1 Developmental time (days) of egg + larva of *Cotesia plutellae* in four parasitoid-host combinations with (treatment) or without (CK) application of fenvalerate

寄主品系 Host strains	SC (M ± SE)		RC (M ± SE)	
	对照 CK (n)*	处理 Treatment (n)	对照 CK (n)	处理 Treatment (n)
SP	7.3 ± 0.03 (173) a(c)**	8.5 ± 0.08 (67) b	7.5 ± 0.04 (62) a(b)	7.5 ± 0.03 (94) a
RP	7.9 ± 0.13 (54) a(a)	8.4 ± 0.11 (98) b	7.7 ± 0.05 (92) a(a)	7.6 ± 0.03 (168) a

* 供试样本数 Sample size; ** 字母不同表示差异显著 (LSD 检验, $P < 0.05$), 无括号的字母为同一组合对照与处理间、括号内的字母为 4 种组合的 4 个对照之间的比较; 下同 Different letters after the means denote significant differences (LSD test, $P < 0.05$). Letters without brackets show results of comparison between control and treatment in the same combination, and letters in brackets show results of comparison between the four controls of the four combinations. The same for the following tables

2.4 不同组合育出幼蜂所结茧长、雌蜂前翅及后足胫节长

t 测验结果表明, 除 SC-RP 组合外, 氰戊菊酯处理引起各组合所结茧的长度显著下降 ($P < 0.05$), 以 SC-SP 下降最为显著 (表 5)。方差分析结果显示, 单因子中, 仅蛾品系无显著影响; 蜂 \times 氰戊菊酯、蛾 \times 氰戊菊酯及三因子互作达显著水平 (表 8)。

各组合中, 氰戊菊酯处理对育出雌蜂前翅长的

影响结果类似于氰戊菊酯处理对茧长的影响结果 (表 6)。后足胫节长变化和前翅长略有不同, RC-RP 组合受氰戊菊酯影响不显著 (表 7)。方差分析结果表明, 三个因子对育出雌蜂前翅长均有显著影响, 氰戊菊酯与小菜蛾的互作及三因子互作对前翅长有显著影响 (表 8); 单因子中, 蜂品系和氰戊菊酯对羽化雌蜂后足胫节长有显著影响, 除蛾 \times 蜂互作外, 其它二因子或三因子互作对育出雌蜂后足胫节长均有显著影响 (表 8)。

表 2 4 种寄生蜂-寄主组合在未受 (对照) 或受到 (处理) 氰戊菊酯作用时菜蛾绒茧蜂蛹的发育历期 (天)

Table 2 Development time (days) of female pupae of *Cotesia plutellae* in four parasitoid-host combinations with (treatment) or without (CK) application of fenvalerate

寄主品系 Host strains	SC (M \pm SE)		RC (M \pm SE)	
	对照 CK (n)*	处理 Treatment (n)	对照 CK (n)	处理 Treatment (n)
SP	4.7 \pm 0.03 (108) a (a)	4.8 \pm 0.06 (30) b	4.7 \pm 0.06 (25) a (a)	4.7 \pm 0.06 (26) a
RP	4.5 \pm 0.08 (22) a (b)	4.7 \pm 0.06 (23) b	4.7 \pm 0.04 (59) a (a)	4.7 \pm 0.04 (76) a

表 3 4 种寄生蜂-寄主组合在未受 (对照) 或受到 (处理) 氰戊菊酯作用时育出的菜蛾绒茧蜂的产卵量 (粒/雌)

Table 3 Fecundity of *Cotesia plutellae* female wasps reared from four parasitoid-host combinations with (treatment) or without (CK) application of fenvalerate

寄主品系 Host strains	SC (M \pm SE)		RC (M \pm SE)	
	对照 CK (n)*	处理 Treatment (n)	对照 CK (n)	处理 Treatment (n)
SP	75.6 \pm 4.33 (18) a (a)	57.8 \pm 4.17 (17) b	78.8 \pm 3.24 (20) a (a)	56.7 \pm 2.17 (20) b
RP	69.0 \pm 3.92 (21) a (a)	64.4 \pm 4.82 (21) a	58.9 \pm 2.36 (22) a (b)	55.7 \pm 3.01 (22) a

表 4 蜂品系、蛾品系、氰戊菊酯及其互作对菜蛾绒茧蜂卵 + 幼虫、雌蛹发育历期及雌蜂产卵量影响的方差分析结果

Table 4 Results of ANOVA of effects of wasp strains, host strains, fenvalerate and their interactions on developmental time of egg + larva and female pupa and female fecundity of *Cotesia plutellae*

因子及互作 Factors and interactions	卵 + 幼虫发育历期 Development time of egg + larva		雌蛹发育历期 Development time of female pupa		产卵量 Fecundity	
	<i>F</i>	<i>P</i> -level	<i>F</i>	<i>P</i> -level	<i>F</i>	<i>P</i> -level
	蜂品系 wasp strain	52.65	< 0.0001	0.01	0.9352	2.07
蛾品系 host strain	12.73	0.0005	5.17	0.0278	2.18	0.1491
氰戊菊酯 fenvalerate	115.13	< 0.0001	6.44	0.0147	24.89	< 0.0001
蜂 \times 蛾 wasp \times host	7.32	0.0079	0.18	0.6721	5.08	0.0306
蜂 \times 氰戊菊酯 wasp \times fen.	105.09	< 0.0001	11.26	0.0016	0.48	0.4920
蛾 \times 氰戊菊酯 host \times fen.	67.36	< 0.0001	0.02	0.8825	11.24	0.0019
蛾 \times 蜂 \times 氰戊菊酯 host \times wasp \times fen.	53.01	< 0.0001	0.62	0.4363	0.06	0.8146

各因子水平: 蛾品系为 SP、RP 品系; 蜂品系为 SC、RC 品系; 氰戊菊酯: 喷施和不喷施。表 8 同

Factor levels: host strains: SP, RP; wasp strains: SC, RC; fenvalerate: spray, no spray. The same for Table 8

表 5 4 种寄生蜂-寄主组合在未受（对照）或受到（处理）氰戊菊酯作用时菜蛾绒茧蜂幼蜂啣出所结茧长度（ $\times 10^{-2}$ cm）Table 5 Length of cocoons formed by *Cotesia plutellae* larvae in four parasitoid-host combinations with (treatment) or without (CK) application of fenvalerate

寄主品系 Host strains	SC (M ± SE)		RC (M ± SE)	
	对照 CK (n)*	处理 Treatment (n)	对照 CK (n)	处理 Treatment (n)
SP	35.0 ± 0.11 (173) a (a)	29.6 ± 0.32 (67) b	34.5 ± 0.13 (94) a (b)	32.9 ± 0.26 (62) b
RP	32.8 ± 0.45 (54) a (c)	32.2 ± 0.32 (98) a	34.5 ± 0.13 (92) a (b)	33.0 ± 0.16 (168) b

表 6 4 种寄生蜂-寄主组合在未受（对照）或受到（处理）氰戊菊酯作用时菜蛾绒茧蜂雌蜂前翅长（ $\times 10^{-2}$ cm）Table 6 Forewing length of *Cotesia plutellae* female wasps reared from four parasitoid-host combinations with (treatment) or without (CK) application of fenvalerate

寄主品系 Host strains	SC (M ± SE)		RC (M ± SE)	
	对照 CK (n)*	处理 Treatment (n)	对照 CK (n)	处理 Treatment (n)
SP	24.3 ± 0.08 (108) a (a)	20.9 ± 0.45 (30) b	24.2 ± 0.12 (25) a (a)	22.9 ± 0.29 (26) b
RP	23.3 ± 0.35 (22) a (b)	22.9 ± 0.28 (23) a	24.3 ± 0.10 (59) a (a)	23.3 ± 0.19 (76) b

表 7 4 种寄生蜂-寄主组合在未受（对照）或受到（处理）氰戊菊酯作用时菜蛾绒茧蜂雌蜂后足胫节长（ $\times 10^{-2}$ cm）Table 7 Hind tibia length of *Cotesia plutellae* female wasps reared from four parasitoid-host combinations with (treatment) or without (CK) application of fenvalerate

寄主品系 Host strains	SC (M ± SE)		RC (M ± SE)	
	对照 CK (n)*	处理 Treatment (n)	对照 CK (n)	处理 Treatment (n)
SP	8.0 ± 0.04 (108) a (a)	6.8 ± 0.09 (30) b	7.9 ± 0.07 (25) a (ab)	7.5 ± 0.10 (26) b
RP	7.6 ± 0.11 (22) a (c)	7.4 ± 0.11 (23) a	7.8 ± 0.05 (59) a (b)	7.7 ± 0.07 (76) a

表 8 蜂品系、蛾品系、氰戊菊酯及其互作对幼蜂所结茧长及育出雌蜂个体大小影响的方差分析结果

Table 8 Results of ANOVA of effects of wasp strains, host strains, fenvalerate and their interactions on cocoon length and adult body size of *Cotesia plutellae*

因子及互作 Factors and interactions	茧长 Cocoon length		雌蜂前翅长 Forewing length of female		雌蜂后足胫节长 Hind tibia length of female	
	F	P-level	F	P-level	F	P-level
	蜂品系 wasp strain	26.81	< 0.0001	14.05	0.0005	4.21
蛾品系 host strain	0.146	0.7034	5.70	0.0212	2.91	0.0949
氰戊菊酯 fenvalerate	128.98	< 0.0001	42.83	< 0.0001	13.33	0.0007
蜂 × 蛾 wasp × host	0.15	0.7034	0.15	0.6989	0.32	0.5768
蜂 × 氰戊菊酯 wasp × fen.	11.54	0.0009	3.61	0.0638	7.76	0.0077
蛾 × 氰戊菊酯 host × fen.	50.80	< 0.0001	15.74	0.0003	4.86	0.0326
蛾 × 蜂 × 氰戊菊酯 host × wasp × fen.	48.02	< 0.0001	7.79	0.0077	5.68	0.0213

3 讨论

在无氰戊菊酯的情况下，SC-RP 组合中蜂的结茧率较其它 3 种组合的显著要低（图 2），且育出蜂的个体也显著的小（表 5~7），表明寄主抗药性

对菜蛾绒茧蜂有不利影响。Chilcutt 和 Tabashnik (1997a) 在研究寄生抗 Bt 小菜蛾的菜蛾绒茧蜂的结茧率时发现类似现象，说明寄主抗药性对寄生昆虫的不利影响在其它杀虫剂中也可能存在。寄主对杀虫剂产生抗性后，其生理生化指标发生改变，进而影响到体内的寄生昆虫，可能是产生上述结果的

原因。根据寄主-寄生昆虫内分泌的调控机理 (Beckage, 1985), 导致这种结果更具体的因子可能是抗性寄主激素分泌发生了改变。试验中所用 RC 品系是由 SC 连续寄生 RP 获得的, 而 SC-SP 和 RC-RP 两组合对照的结茧率间无显著差异 (图 2), 说明通过连续数代的寄生, SC 可以适应 RP 生理生化的变化, 更好地完成自己的发育, 这是两物种在分泌方面相互适应的结果。产卵量是寄生昆虫搜寻、捕获寄主并完成产卵的综合结果, 反映了寄生昆虫的寄生能力。对羽化雌蜂产卵量的考察发现, 4 个对照在未受氰戊菊酯处理时, 以 RC-RP 组合育出雌蜂的产卵量最少 ($P < 0.05$, 表 3), 这表明虽然经过 10 余代的寄生, RC 与 RP 之间仍存在一定的不适应性, 反映出两物种间的相互适应需要较长的时间。

氰戊菊酯处理后, 以 RP 为寄主的组合所受影响不显著, 且在各处理组中, 以 RP 为寄主的菜蛾绒茧蜂的结茧率均显著高于以 SP 为寄主的结果 (图 2), 说明在施用杀虫剂时, 寄主抗性对寄生昆虫有保护作用, 这与 Iqbal 和 Wright (1996)、Chilcutt 和 Tabashnik (1997b) 的研究结果一致。此外, 氰戊菊酯处理后, RC-SP 组合茧的羽化率所受影响不显著 (图 3), 则可能是以 RP 为寄主繁育十余代后, RC 获得了一定的耐药性, 从氰戊菊酯处理后蜂的结茧率及雌蛹发育历期的变化亦可得出同样的结论, 这表明, 在连续寄生抗药性寄主后, 寄生昆虫不仅在生理上能够适应抗药性寄主, 而且可能由于受到寄主体液酶活性的诱导而获得耐药性, 反映出二者具有协同进化关系。

卵 + 幼虫生活在寄主体内, 其发育历期在一定程度上反映了寄主-寄生昆虫的相互适应程度。方差分析结果表明, 蛾、蜂、氰戊菊酯三者对卵 + 幼虫的发育历期均有显著性影响, 说明寄主、寄生昆虫不同品系间相互适应程度不同, 品系间不同组合对氰戊菊酯作用的反应存在差异。

参 考 文 献 (References)

Baker J E, Throne J E, 1995. Evaluation of a resistant parasitoid for biologi-

cal control of weevils in insecticide-treated wheat. *J. Econ. Entomol.*, 88 (6): 1 570 - 1 579.

Beckage N E, 1985. Endocrine interactions between endoparasitic insects and their hosts. *Ann. Rev. Entomol.*, 30: 371 - 413.

Chilcutt C F, Tabashnik B E, 1997a. Host-mediated competition between the pathogen *Bacillus thuringiensis* and the parasitoid *Cotesia plutellae* of the diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae). *Environ. Entomol.*, 26 (1): 38 - 45.

Chilcutt C F, Tabashnik B E, 1997b. Independent and combined effects of *Bacillus thuringiensis* and the parasitoid *Cotesia plutellae* (Hymenoptera: Braconidae) on susceptible and resistant diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae). *J. Econ. Entomol.*, 90 (2): 397 - 403.

Furlong M J, Wright D J, 1993. Effect of acylurea insect growth regulator te-flubenzuron on the endo-larval stages of the hymenopteran parasitoids *Cotesia plutellae* and *Diadegma semiclausum* in a susceptible and an acylurea-resistant strain of *Plutella xylostella*. *Pestic. Sci.*, 39: 305 - 312.

Havron A, Kenan G, Rosen D, 1991. Selection for pesticide resistance in *Aphytis*. II. *A. lingnanensis*, a parasite of the California red scale. *Entomol. Exp. Appl.*, 61: 229 - 235.

Hoy M A et al., 1990. Release, dispersal, and recovery of a laboratory-selected strain of the walnut aphid parasite *Trioxys pallidus* (Hymenoptera: Aphidiidae) resistant to azinphosmethyl. *J. Econ. Entomol.*, 83 (1): 89 - 96.

Iqbal M, Wright D J, 1996. Host resistance to insecticides can confer protection to endo-larval parasitoids. *Bull. Entomol. Res.*, 86: 721 - 723.

Li Y X, Liu Y Q, Liu S S, 2001. Effect of superparasitism on bionomics of *Cotesia plutellae*. *Chinese Journal of Biological Control*, 17 (4): 151 - 154. [李元喜, 刘银泉, 刘树生, 2001. 过寄生对菜蛾绒茧蜂生物学特性的影响. *中国生物防治*, 17 (4): 151 - 154]

Shi Z H, Liu S S, 1998. Host age preference and suitability of *Cotesia plutellae* Kurdj. *Journal of Zhejiang Agricultural University*, 24 (4): 381 - 386. [施祖华, 刘树生, 1998. 菜蛾绒茧蜂对寄主龄期选择性和寄主适合性. *浙江农业大学学报*, 24 (4): 381 - 386]

Tang Z H, 1993. *Insect Resistance to Pesticides and Its Management*. Beijing: China Agriculture Press. [唐振华, 1993. 昆虫抗药性及其治理. 北京: 农业出版社]

Zchori-Fein E, Roush R T, Sanderson J P, 1994. Potential for integration of biological and chemical control of greenhouse whitefly (Homoptera: Aleyrodidae) using *Encarsia formosa* (Hymenoptera: Aphelinidae) and abamectin. *Environ. Entomol.*, 23 (5): 1 277 - 1 282.