

卷叶螟绒茧蜂寄生棉大卷叶螟的行为 及其与寄主密度的关系

康晓霞 杨益众* 赵光明 张小丽 杨 进

(扬州大学园艺与植物保护学院, 江苏 扬州 225009)

摘要: 卷叶螟绒茧蜂 *Apanteles derogatae* Watanabe 是棉大卷叶螟 *Sylepta derogata* Fabricius 幼虫期的一种重要内寄生蜂, 对棉大卷叶螟种群有较好的控制作用。在实验室条件下, 运用人工接虫观察法研究卷叶螟绒茧蜂对棉大卷叶螟幼虫的寄生行为。结果表明, 该蜂搜寻寄主的时间平均为 2.38 min, 处理寄主的时间仅需 0.86 min; 寄生寄主的最适龄期为寄主 2 龄幼虫; 对 1 龄幼虫的致死率达 32%, 但其寄生率仅为 16%, 其余 16% 的个体为穿刺致死。饲喂蜂蜜水能显著增加该蜂的产卵量, 延长其产卵历期和增强其穿刺能力。寄生蜂的寄生能力与寄主密度的关系呈抛物线型: 在寄生蜂均为 16 头/m³ 雌蜂条件下, 当寄主密度从 80 头/m³ 增加到 320 头/m³ 时, 寄主的被寄生个体数随之增加, 但当寄主密度超过 320 头/m³ 后, 寄主的被寄生个体数反而随寄主密度的上升呈下降趋势。

关键词: 棉大卷叶螟; 卷叶螟绒茧蜂; 寄生行为; 最适龄期; 寄主密度

Parasitic behavior of *Apanteles derogatae* Watanabe and its relation to the density of *Sylepta derogata* Fabricius

KANG Xiao-xia YANG Yi-zhong* ZHAO Guang-ming ZHANG Xiao-li YANG Jin

(School of Horticulture and Plant Protection, Yangzhou University, Yangzhou
225009, Jiangsu Province, China)

Abstract: *Apanteles derogatae* Watanabe is major larva endoparasitoid and plays an important role in controlling *Sylepta derogata* Fabricius. This paper studied the parasitic behavior of *A. derogatae* with the method of artificial inoculation under laboratory conditions. The results indicated the searching time of the parasitoid was 2.38 min on average and the attacking time was 0.86 min. *A. derogatae* preferred the 2nd instar larvae to other instar larvae. The death rate of the 1st instar larvae of host was 32%, while the parasitic rate was only 16%, the other 16% died because of puncturing. It can prolong the parasitism and puncturing time when the parasitoids were fed with honey water solution. The correlation showed a parabolic curve between the parasitic ability of parasitoid and the host density. When parasitoid density was 16/m³ female, the number of parasitized larvae increased as the increase of host density from 80/m³ to 320/m³, but the number of parasitized larvae gradually decreased when the host density increased over 320/m³.

Key words: *Sylepta derogata*; *Apanteles derogatae*; parasitic behavior; best instar; host density

基金项目: 江苏省“十五”攻关项目 (BE2001342), 江苏省教育厅项目 (02KJB210001), 江苏省“六大人才”高峰项目 (06-G-035)

作者简介: 康晓霞, 女, 1981 年生, 硕士研究生, 主要从事害虫生物防治研究, 现在江苏省邗江区农业局工作, email: kangkangtongtong@tom.com

* 通讯作者 (Author for correspondence), email: zzyang@yzu.edu.cn

收稿日期: 2006-02-11

近年来,随着化学生态学和行为生态学的蓬勃发展,寄生性昆虫的行为学研究日益受到广泛重视。在寄生蜂行为学研究中,雌蜂如何寻找与处理寄主以及影响寄生率因子一直是众多学者探讨的热点。尹承山等^[1]对黄腹潜蝇茧蜂 *Opius caricivora* F. 行为学的研究表明,黄腹潜蝇茧蜂处理寄主的时间比寻找寄主的时间短;其它一些学者的研究指出,寄主龄期^[2~4]、营养条件和寄主密度^[5~7]等对寄生蜂的寄生行为有重要影响。

卷叶螟绒茧蜂 *Apanteles derogatae* Watanabe 是棉大卷叶螟 *Sylepta derogata* Fabricius 幼虫期的一种寄生蜂。近年来田间调查表明,它在长江下游棉区的棉田里种群数量大、对棉大卷叶螟有较好的控制作用^[8]。但关于此蜂的行为学研究国内外鲜见报道。作者对该蜂的寄生行为及其影响因子进行了研究。

1 材料与方法

1.1 卷叶螟绒茧蜂种群的建立

分别于 2004 年和 2005 年 7~8 月间自扬州大学实验农牧场棉花田采集被寄生的棉大卷叶螟幼虫,带回室内饲养。羽化的卷叶螟绒茧蜂成虫放入温度为 $26 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 、相对湿度为 $75\% \pm 2\%$ 、光照 12L:12D 的光照培养箱中,饲以 10% 的蜂蜜水。为了保证研究的延续性,卷叶螟绒茧蜂以室内饲养的棉大卷叶螟低龄幼虫持续繁殖。试验所用养虫笼体积为 $50\text{ cm} \times 50\text{ cm} \times 50\text{ cm}$,外部罩以 100 目的尼龙纱网。

1.2 寄生蜂搜寻和处理寄主的观察

参照尹承山等^[1]方法并加以改进。在室温下,将含有棉大卷叶螟 1~3 龄幼虫的棉叶放入直径为 150 mm、带盖的培养皿中,再将装有已交配但未曾产卵的雌蜂指形管($\Phi 8\text{ mm} \times 60\text{ mm}$)管口伸入培养皿内,待雌蜂爬出管口时开始计时,然后分别记录雌蜂到达寄主幼虫上方和离开寄主时的时间。雌蜂到达寄主时的时间减去爬出管口时的时间即为寄生蜂寻找寄主所花费的时间,处理寄主的时间为雌蜂离开寄主时的时间减去到达寄主时的时间。逐头进行观察,共观察 30 头雌蜂。

1.3 卷叶螟绒茧蜂对棉大卷叶螟寄主的龄期选择与致死作用

寄主为室内饲养的棉大卷叶螟 1~5 龄幼虫,各

10 头,群体饲养,每处理计 50 头。试验时,于群体饲养寄主幼虫的养虫笼内接入已交配的雌蜂 10 头,24 h 后移出寄生蜂,继续饲养棉大卷叶螟幼虫直至化蛹或寄生蜂羽化出蜂。记录各龄期幼虫的被寄生率和出蜂数。试验重复 5 次。另设不接蜂的棉大卷叶螟 1~5 龄幼虫各 50 头为对照。

1.4 成虫期营养对卷叶螟绒茧蜂产卵和寄生能力的影响

取同期羽化的雌、雄蜂置于养虫笼内,在 $26 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 、RH $75\% \pm 2\%$ 和 12L:12D 的光照培养箱内保存 1 天后进行试验。于另外两个养虫笼内以罐头瓶盛水保湿带柄棉叶,其中一只养虫笼内补充 10% 的蜜水,另一只养虫笼内补充清水,蜜水与清水均直接滴于笼内棉叶上。第 2 天两笼分别接入棉大卷叶螟 2 龄幼虫 20 头、雌雄成蜂各 2 头,在 $26 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 、RH $75\% \pm 2\%$ 、12L:12D 的光照培养箱内产卵寄生 1 天后,移棉大卷叶螟幼虫于笼外继续饲养,再于第 3、4、5、6、7 天重复上述接寄主工作。观察记载供试寄主幼虫的存活、被寄生与穿刺致死情况以及寄生蜂的寿命等,直至棉大卷叶螟幼虫全部化蛹。每天更换寄主植物,同时设不被寄生的棉大卷叶螟幼虫为对照。试验重复 4 次。

1.5 不同寄主密度对卷叶螟绒茧蜂寄生能力及穿刺能力的影响

在 $26 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 条件下以蜂蜜水饲养 1 天并已交配的雌蜂和以保湿棉叶饲养的棉大卷叶螟 2 龄幼虫为研究材料。试验时,让寄生蜂在 $26 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 、RH $75\% \pm 2\%$ 和 12L:12D 的光照培养箱内寄生寄主 24 h 后移去寄生蜂。继续以棉叶饲养供试幼虫,直至化蛹,记录寄主的被寄生率、死亡率和死亡原因。试验共设 6 个寄主密度,分别是每 2 头雌蜂在体积为 $50\text{ cm} \times 50\text{ cm} \times 50\text{ cm}$ 的养虫笼内寄生 10、20、30、40、50、60 头寄主,另设不被寄生的棉大卷叶螟幼虫 30 头为对照。试验重复 4 次。

1.6 数据分析与统计

幼虫的被刺死亡率(%) = 幼虫的净死亡率(%) - 幼虫的被寄生率(%)

$$\text{选择系数} = Ri / \sum_{i=1}^m Ri$$

式中: Ri 为寄主虫龄 i 的被寄生数占该供试虫龄数的比例; m 为供试寄主的最高虫龄。

统计分析采用 Duncan 氏新复极差测验法。

2 结果与分析

2.1 卷叶螟绒茧蜂对棉大卷叶螟幼虫的搜寻与寄生行为

卷叶螟绒茧蜂搜寻寄主时,先在棉叶正反面来回爬行,并以触角贴近叶面不停地交替敲打叶片,同时用产卵器试探性地穿刺叶片。一旦发现棉大卷叶螟幼虫危害卷叶的虫道后,寄生蜂就沿着虫道宽的方向爬行,并以产卵器试探性地穿刺。开始穿刺时,两次穿刺之间的间隔时间较长,越接近寄主,产卵器穿刺的频率越快,向寄主方向爬行的速度越慢;当接

触到寄主幼虫后,寄生蜂渐渐停止爬行,此时频频摇头和摆动触角,并以触角轻轻地敲打寄主,接着进行产卵寄生。产卵时,雌蜂腹部下弯,对准寄主猛烈一刺,把卵产入寄主体内,完成产卵过程。有时因为距离、角度不适,雌蜂会调整方位或等待合适时机重新进行穿刺。

观察结果表明,在直径为 150 mm 的培养皿中,有 60% 的卷叶螟绒茧蜂需要 1 min 以上的时间才能寻找到寄主幼虫,而 53.3% 的雌蜂在 1 min 内就能完成对寄主的寄生(表 1)。这说明卷叶螟绒茧蜂寻找寄主的时间比处理寄主的时间长。

表 1 卷叶螟绒茧蜂搜寻和寄生寄主所需时间(min)

Table 1 The time taken by *A. derogatae* to search and attack host

项目 Item	<1.0 min		1.0~3.0 min		3.0~5.0 min		>5.0 min		时间范围(min) Range of time	平均时间(min) ± SE Average data of time ± SE
	蜂数 n	%	蜂数 n	%	蜂数 n	%	蜂数 n	%		
搜寻寄主(n=30) Host searching	12	40.0	14	46.7	3	10.0	1	3.3	0.53~9.31	2.38 ± 0.62
处理寄主(n=30) Host attacking	16	53.3	13	43.3	1	3.3	0	0.0	0.27~3.12	0.86 ± 0.53

注: n 为观察的寄生蜂头数。Note: n is the number of *A. derogatae* observed.

2.2 卷叶螟绒茧蜂对棉大卷叶螟幼虫的龄期选择与致死作用

卷叶螟绒茧蜂对棉大卷叶螟低龄幼虫有明显的偏好性,寄生的最适龄期为棉大卷叶螟第 2 龄幼虫,寄生率和选择系数分别达到了 52.0% 和 0.70(表

2)。同时,卷叶螟绒茧蜂对棉大卷叶螟 1 龄幼虫的寄生率也达到 16%,而对 3 龄及 3 龄以上幼虫的寄生率仅占 6%(表 2)。这可能与高龄幼虫比较活泼、反抗能力较强等有关。

表 2 卷叶螟绒茧蜂对棉大卷叶螟不同龄期幼虫的选择性

Table 2 Selectivity of *A. derogatae* to different instars larva of *S. derogata*

寄主龄期 Host instar	寄生率 (%), A Parasitic rate	选择系数 Selective coefficient	接蜂组死亡率 (%), B Death rate of experiment	对照组死亡率 (%), C Death rate of comparison	净致死率 (%), D = B - C Net death rate	被刺死亡率 (%), E = D - A Death rate for puncturing
1	16.0	0.22	44.0	12.0	32.0	16.0
2	52.0	0.70	64.0	8.0	56.0	4.0
3	6.0	0.08	12.0	4.0	8.0	2.0
4	—	—	8.0	6.0	2.0	—
5	—	—	12.0	12.0	0.0	—

通常情况下,寄生蜂搜索与寄生同龄寄主的概率是等同的,接蜂组死亡率(B)与对照组死亡率(C)之差为卷叶螟绒茧蜂所产生的净致死作用(D)。然而表 2 显示,卷叶螟绒茧蜂对棉大卷叶螟 1~3 龄幼虫的净死亡率(D)均大于其寄生率(A),特

别是 1 龄幼虫的致死率是其寄生率的 2 倍。这说明有部分幼虫的死亡为寄生蜂刺死所致。

2.3 补充营养对卷叶螟绒茧蜂产卵和寄生能力的影响

结果显示,卷叶螟绒茧蜂的产卵寄生作用在补

充蜂蜜水与补充清水间差异极显著。补充蜜水的雌蜂除第7天外每天均能产卵寄生,而补充清水的雌蜂,其产卵寄生期仅持续了4天,且寄生能力逐日下降。羽化后第2~5天,雌蜂的穿刺致死作用在补充

蜂蜜水与补充清水间没有显著差异,而到了第6天后,补充清水的雌蜂已丧失穿刺能力,而补充蜜水的雌蜂穿刺能力仍然很强(表3)。

表3 卷叶螟绒茧蜂成蜂期营养对寄主的寄生作用与穿刺作用(头/d·♀)

Table 3 Influence of nutrition of *A. derogatae* on the parasitic and puncturing ability

成虫日龄 Day of adult	寄主平均被寄生数(头) Average parasitic rate of host		寄主被穿刺致死数(头) Death rate of host for puncturing	
	补充清水 Fed with pure water	补充蜜水 Fed with honey solution	补充清水 Fed with pure water	补充蜜水 Fed with honey solution
	第2天 The 2nd day	3.24 ± 0.40	6.55 ± 0.42 **	2.26 ± 0.46
第3天 The 3rd day	1.91 ± 0.24	7.21 ± 0.23 **	1.56 ± 0.43	1.50 ± 0.21
第4天 The 4th day	0.86 ± 0.24	4.42 ± 0.48 **	2.14 ± 0.56	1.93 ± 0.46
第5天 The 5th day	0.84 ± 0.56	2.85 ± 0.36 **	1.46 ± 0.63	1.64 ± 0.45
第6天 The 6th day	0	1.53 ± 0.48 **	0	2.40 ± 0.64 **
第7天 The 7th day	0	0	0	2.14 ± 0.42 **

注: ** 表示补充蜂蜜水与补充清水之间的差异达极显著水平($P < 0.01$)。Note: ** Means the difference is significant between the fed with pure water and the fed with honey solution ($P < 0.01$)。

从表3中还看出,不管是补充蜜水还是补充清水,成蜂的产卵寄生高峰期均为羽化后的第2天和第3天,第4天后就明显下降。这说明卷叶螟绒茧蜂的产卵寄生期相对集中。

2.4 不同寄主密度对卷叶螟绒茧蜂寄生能力与穿刺致死能力的影响

研究表明,寄生蜂的寄生作用与寄主幼虫密度

间的关系表现为抛物线型,当寄主密度较低时,寄生作用随着寄主密度的增加而增强;随着寄主密度的不断增加,寄生作用开始减弱,当2头寄生蜂寄生320头及以上寄主时,寄主的被寄生数开始下降。而寄生蜂的穿刺致死作用随着寄主密度的增加一直呈现增加的趋势(图1)。

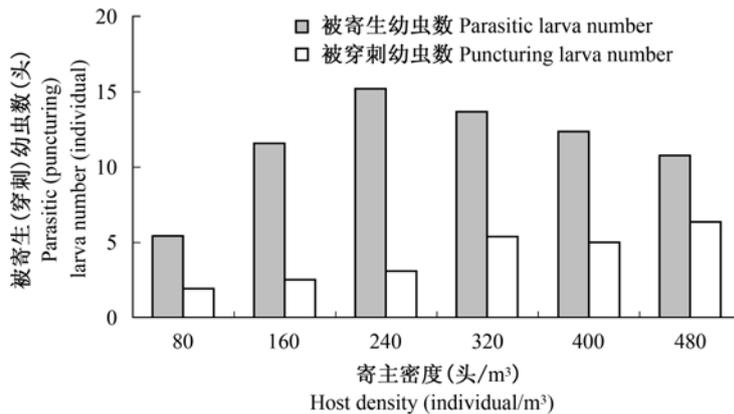


图1 不同寄主密度对卷叶螟绒茧蜂寄生和穿刺致死能力的影响

Fig. 1 Influence of host density on the parasitic and puncturing ability of *A. derogatae*

3 讨论

随着长江下游棉区转基因棉花的大面积种植,棉大卷叶螟的种群数量已呈现上升趋势^[9],而卷叶螟绒茧蜂亦随之成为棉田的优势寄生性天敌,对控

制棉大卷叶螟等害虫的种群数量起到了较好作用,在不施药棉田里的寄生率高达25.7%^[8]。因此,如何保护卷叶螟绒茧蜂和进一步发挥其控制作用是今后需要研究解决的内容。

本研究指出,卷叶螟绒茧蜂搜寻和处理寄主的

时间较短,分别为 2.38 min 和 0.86 min,处理寄主的时间比寻找寄主的时间更短,从而提高了卷叶螟绒茧蜂对寄主的寄生作用。这也说明卷叶螟绒茧蜂的“学习”过程较短^[10]。当然,本研究是在室内培养皿中进行的,与大田环境毕竟有差异。因此,如何在大田环境中研究卷叶螟绒茧蜂的搜寻与寄生行为,是今后需要进一步探讨的课题。

绒茧蜂对寄主虫龄的选择与寄主虫龄的大小、活泼程度、反抗能力以及免疫防御功能等因素有关^[11]。在寄主适应上,卷叶螟绒茧蜂对棉大卷叶螟 2 龄幼虫表现出明显的嗜好性,对 1 龄或 3 龄以上的幼虫兴趣减弱;另外,卷叶螟绒茧蜂对 1 龄幼虫的致死作用要明显大于其寄生作用,研究者认为这种致死作用包括了寄生蜂的寄生作用与机械穿刺作用。由于 1 龄幼虫反抗能力相对较弱且防御能力较差,也许更经不起穿刺,所以被刺死率也相对高些。至于穿刺时寄生蜂是否产了卵以及是否一定会引起寄主死亡,还有待于深入研究。

卷叶螟绒茧蜂成虫期营养能显著增加其产卵量,这与许多绒茧蜂的研究结果一致^[5-7]。寄主密度对卷叶螟绒茧蜂的寄生作用有一定影响,表现为寄主密度增加时,卷叶螟绒茧蜂的寄生能力随之增强,但当寄主密度超过一定范围后,寄生蜂的寄生能力反而有所下降。在人工繁殖寄生蜂时,人们总是希望以较少的种蜂育出更多的子代,而卷叶螟绒茧蜂有多次攻击同一寄主和 1 头寄主幼虫只能育出 1 头寄生蜂的过寄生现象^[12]。因此,在繁殖卷叶螟绒

茧蜂时有必要考虑适宜的寄主密度。

致谢:浙江大学陈学新教授帮助鉴定天敌标本,谨致谢意。

参 考 文 献(References)

- 1 尹承山,陈学新,朗法勇,等. 美洲斑潜蝇寄生蜂——黄腹潜蝇茧蜂成虫的生物学特性. 昆虫学报, 2003,46(4): 505-511
- 2 王奎武,蒋杰贤,游兰韶,等. 斜纹夜蛾侧沟茧蜂对寄主龄期的选择. 湖南农业大学学报, 2001,27(5): 367-369
- 3 甘明,苗雪霞,丁德诚. 日本柄瘤蚜茧蜂与其寄主豆蚜的相互作用:寄主龄期选择及其对发育的影响. 昆虫学报, 2003,46(5): 598-604
- 4 李建成,张青文,刘小侠,等. 中红侧沟茧蜂成虫日龄及粘虫幼虫龄期对寄生效果的影响. 中国生物防治, 2005,21(1): 14-17
- 5 陈常铭,胡淑恒,胡京生,等. 纵卷叶螟绒茧蜂的研究(膜翅目:茧蜂科). 昆虫学报, 1983,26(4):387-395
- 6 杨怀文. 微红绒茧蜂的生物学特性观察. 生物防治通报, 1985, 1(2): 6-10
- 7 杭三葆,林冠伦. 二化螟绒茧蜂生物学特性的研究. 生物防治通报, 1989,5(1): 16-18
- 8 康晓霞,陈建,杨益众,等. 江淮棉区棉大卷叶螟主要寄生蜂(蝇)种类与习性观察. 昆虫知识, 2006,43(5): 663-666
- 9 刘芳,杨益众,康晓霞,等. 转 Bt 基因棉对棉大卷叶螟种群动态的影响. 昆虫知识, 2005, 42(3): 275-277
- 10 刘树生,江丽辉,李月红. 寄生蜂成虫在寄主搜索过程中的学习行为. 昆虫学报,2003,46(2): 228-236
- 11 许维岸,李照会,李强. 绒茧蜂生物学和生态学特性. 山东农业大学学报, 1997,28(2): 221-227
- 12 康晓霞,赵光明,杨益众,等. 棉大卷叶螟寄生蜂——卷叶螟绒茧蜂生物学习性观察. 中国生物防治, 2006,22(4):275-278