苹果蠹蛾幼虫爬行特性*

杜 磊[1,2] 朱虹昱[1,2] 鲁天文[3] 姜红霞[4] 张润志[1,5**]

(1. 中国科学院动物研究所动物进化与系统学重点实验室 北京 100101;
2. 中国科学院研究生院 北京 100049; 3. 山丹县农技中心 山丹 734100;
4. 甘肃省植保植检站 兰州 730020;5. 农业虫害鼠害综合治理技术国家重点实验室 北京 100101)

摘 要 本文通过收集苹果和梨树上的蛀果模拟自然落果,研究了苹果蠹蛾 *Cydia pomonella* (L.)脱果幼虫的爬行特性。结果发现,58.91%的幼虫钻出蛀果进行了爬行,而41.09%滞留于果堆内部;在进行爬行的幼虫中,50%的幼虫爬行距离在0~1 m之间,95%的幼虫爬行距离在0~7 m之间,这意味着在实际防治过程中,落果周围0到7 m的范围都需要做防治处理,而0~1 m的范围需要重点防治;幼虫在果堆放置后的0~25 d持续脱果,表明当果园内有落果时需要马上及时清理;幼虫结茧的高度大部分在50 cm以下,在实际防治过程中,树干缚带诱杀幼虫时应将诱集带设置在距地面0~0.5 m的主干上,以保证落果幼虫也可以被诱集带捕获。

关键词 苹果蠹蛾,落果,爬行,结茧

Crawling behavior of *Cydia pomonella* larvae

DU Lei[1,2] ZHU Hong-Yu[1,2] LU Tian-Wen[3] JIANG Hong-Xia[4] ZHANG Run-Zhi[1,5**]

(1. CAS Key Laboratory of Zoological Systematics and Evolution, Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China; 2. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China;
3. Shandan Agricultural Technology Extension Service Center, Shandan 734100, China;
4. Gansu Plant Protection and Quarantine Station, Lanzhou 730020, China;
5. State Key Laboratory of Integrated Management of Pest Insects and Rodents, Beijing 100101, China)

Abstract The crawling distance of codling moth *Cydia pomonella* (L.) larvae was investigated in larvae obtained from 1 128 damaged apple fruit samples. 58.91% of larvae crawled while 41.09% of them did not. The crawling distance of most larvae (95%) ranged from 0 to 7 m but the crawling distance of 50% larvae ranged from 0 to 1 m. These results indicate that control measures should be implemented within 0 – 7 m from where fruit have fallen and especially within 0 – 1 m from fallen fruit. The larvae continue to damage apples for 25 days after the fruit has fallen which means that fallen fruit needs to be collected in a timely fashion. Cocooning height tended to be below 50 cm which means that trap bands should be located within 0 – 50 cm of the ground.

Key words *Cydia pomonella*, falling apple, crawling, cocooning

老熟幼虫在脱果后对化蛹场所的选择以及结茧行为是苹果蠹蛾 *Cydia pomonella* (L.)生活史中的重要环节。当幼虫完全成熟之后,通常在夜间离开果实并寻找结茧场所(Garlick and Boyce, 1940)。一般老熟幼虫在树干上结茧化蛹,因此在树干上绑缚诱集带诱集老熟幼虫成为一项重要的防治措施并在苹果蠹蛾根除活动中得以应用(Judd and Gardiner, 2005)。目前,该防治方法主要针对从果树上蛀果脱果后爬行至树干结茧的幼虫,以及从落果中脱果返回至树干结茧的幼虫,但防治效果不一。茧在果树不同部位分布比例的调查结果之间存在许多差异。在主干上分布的比例从16% (Woodside, 1941)到77% (Sherman, 1933)不等。Wearing(1975)发现果树树干主分杈之上60到150 cm的部位以及果树基干是茧分布密度最高的地方,其余的茧则主要集中在天然的

* 资助项目:公益性行业(农业)科研专项(200903042)、973计划课题(2009CB119204)。

** 通讯作者,E-mail: zhangrz@ioz.ac.cn

收稿日期:2011-12-10,接受日期:2011-12-23

树洞与凹陷、修剪裂口等部位。果树不同位置上茧的分布比例不能一概而论,实际越冬的幼虫数量会受到树上适合结茧的场所多少的限制,而后者又会受果树的树龄、管理方式甚至降雨等因素的影响(Putman, 1963)。另外,很少有幼虫在土壤、落叶以及草地中结茧,但是会在地面一些较大的物体比如秸秆、木块或干枯果中结茧。

关于苹果蠹蛾的爬行特性,Garlick(1948)发现幼虫能在果实的各个部位之间进行大范围的活动。McIndoo(1928)研究认为老熟幼虫在结茧的时候却表现出强烈的负向光性、正向地性以及正向触性,但是很少有研究报道老熟幼虫爬行的最远距离。苹果蠹蛾幼虫的爬行和结茧行为受到化学信号的影响,在寻找到合适的结茧场所之后,幼虫就会结茧并向环境中释放一种聚集信息素,这种信息素会将同种的幼虫吸引到化蛹的场所(Duthie *et al.*, 2003; Jumean *et al.*, 2004, 2005, 2007)。幼虫结茧的聚集分布可能是苹果蠹蛾的一种种群繁殖策略,能使羽化出来的雄蛾在较短的时间内找到雌蛾(Duthie *et al.*, 2003)。与单个的茧相比,由于聚集分布的茧的稀释作用以及结构性的防护,降低了茧被寄生蜂寄生的概率(Jumean *et al.*, 2009)。

明确苹果蠹蛾幼虫爬行结茧的特性是进行人工防治结茧的重要环节,它直接决定了果园内部害虫种群的数量。掌握落果脱果幼虫在地面的爬行特性,以及爬回树干结茧的比例,对于清除落果以及捆绑诱集带等人工防治措施具有重要的启示作用。目前在我国,带虫蛀果的运输是一种重要且非常危险的苹果蠹蛾传播方式,2009 年前,植物检疫部门曾多次在交通干线上截获大量带有苹果蠹蛾幼虫的残次果品。幼虫在这类果品运输与储存的过程中脱果并结茧,将会影响残次果无害化处理的效果,并给苹果蠹蛾疫情的阻截工作造成很大困难。由于对于苹果蠹蛾脱果幼虫爬行特性的研究有限,因此,本项研究就是在人工采集并堆放蛀果的基础上,调查幼虫在脱果之后的爬行特性和结茧行为,以期揭示苹果蠹蛾老熟幼虫爬行的最远距离以及在封闭环境条件下结茧的倾向,从而为以阻止苹果蠹蛾远距离传播为目的的应急检疫处理措施提供参考。

1　材料与方法

1.1　实验时间地点

本项实验于 2006 年进行,实验用蛀果采自甘肃省山丹县东乐乡的一个果园(北纬 38°50.608′,东经 100°44.973′)。该果园位于河西走廊中部的温凉半干旱区,海拔高度 1 570 m 左右,年平均气温 8 ~5℃,年降雨量 150 ~230 mm。果园长约 70 m,宽约 50 m,总面积约为 0.33 hm^2。果园中种植 10 ×22 排梨树,树龄 20 年,树高 2 ~5 m 之间。由于之前有部分被砍伐,因此实际有梨树 195 株(苹果梨占 70.26%,早酥梨占 14.36%,身不知梨占 8.21%,日面红梨占 6.67%)。该果园调查之前几年处于无人管理的状态,2006 年在其中发现有严重的苹果蠹蛾危害,平均蛀果率达 22.01%。室内实验在山丹县农技中心疫情监测站内进行,室内面积为 11.6 m ×6.7 m =77.7 m^2。

1.2　实验方法

在室内布置结茧场所。首先,选取一批圆木桩作为诱集幼虫结茧的场所,选取的木桩长 77 ~149 cm,顶端直径(7.21 ±1.154)cm,底端直径(8.15 ±0.907)cm,整个木桩粗细均匀。清除树皮之后,在木桩上绑缚宽度 15 cm 的粗麻布片作为老熟幼虫的诱集带,诱集带自木桩末端绑起,带间间距 40 cm,根据木桩长度的不同,每个木桩上都绑缚 2 ~3 条诱集带。将制作好的木桩放置在实验室内,首先沿房间对角线布设 10 个木桩,木桩间隔在 1 m 左右,剩余的木桩布置在房间的西、南两面墙边以及房间中部(图 5)。在布置完成之后,9 月 16 日采集果园中树冠上与地面的虫蛀果,共采集 1 128 个,采集的蛀果统一堆放于房间的东北角,并将该角落定为空间坐标的原点,同时将北面墙角基线定为 X 轴,东面墙角基线定为 Y 轴,北面墙壁和东面墙壁的相交线定为 Z 轴,这样就形成一个空间坐标系。其中,虫果堆放在原点处,半径 1 m。各个诱集木桩在房间中的坐标位置及编号见图 5。从 9 月 18 日开始,每天上午 10:00 检查房间中脱果幼虫的位置和状态,对每一头发现的幼虫或茧,用卷尺测量其到各个轴的距离并记录其坐标位置(x, y, z)和状态(活动幼虫/茧/死亡幼虫)。整个调查持续到 10 月 10 日结束。在所有调查结束之后,从蛀果堆中抽取 380 个果实

进行详细的剖果检查并由此估计仍然滞留在蛀果堆中的幼虫总数,之后清除蛀果堆,对整个房间所有角落的结茧数量及位置进行调查和记录。同时拆除所有诱集木桩上的诱集带,统计每个诱集带中的幼虫数量。

利用 SPSS 17.0 对数据进行简单的统计分析,作出果堆外活跃虫口数以及结茧数随时间变化的序列图,计算不同高度以及不同距离的活跃虫口数以及结茧数所占的比例,从而对老熟幼虫的爬行距离以及结茧习性进行分析。

2 结果与分析

2.1 脱果幼虫爬行距离

幼虫在地面上爬行距离的大小与调查时间的关系并不明显,在调查的第 2 天即有幼虫爬到了距原点 10.8 m 的位置。爬行最远的幼虫位置距原点直线距离为 11.6 m,到达这个距离的幼虫最后全部死亡,未能成功结茧;在东面墙壁和南面墙壁之间,如果假定幼虫沿墙角的折线进行爬行,则最大距离可达 14.6 m。

距原点(蛀果堆)不同距离范围的茧的数量及比例见表 1。由表 1 可知,结茧数量随着距原点距离的延长而迅速减少;41.09% 的幼虫没有进行长距离爬行,仍然在果堆附近,而 58.91% 的幼虫进行了爬行(图 1);爬出果堆的幼虫爬行距离大多较短,50% 的幼虫爬行距离在 0 ~ 1 m 处,99% 的幼虫爬行距离在 0 ~ 7 m,只有 1% 的幼虫爬行距离超过 7 m。

从总体上看,苹果蠹蛾的最大爬行距离并不长,在 20 m 以下,有相当一部分幼虫选择在蛀果堆内结茧,这可能是由于果堆间隙适合作茧,以及苹果蠹蛾幼虫释放聚集素吸引的结果。爬出果堆的幼虫普遍爬行距离较短,绝大部分幼虫没有爬行到 7 m 之外,意味着在果园中,落果周围 7 m 之内的范围需要做人工防治处理,如堆置草把,清除杂草等等。

表 1 不同距离范围内苹果蠹蛾的结茧数量和比例

Table 1 Numbers and proportions of the codling moth cocoons within different distances

位置 Position	果堆内	0 ~ 1 m	1 ~ 2 m	2 ~ 3 m	3 ~ 4 m	4 ~ 5 m	5 ~ 6 m	6 ~ 7 m	> 7 m
茧(虫)数 Numbers of cocoons	226	160	51	41	22	12	16	13	4
所占比例 Cocoon proportion	41.09%	29.09%	9.27%	7.64%	4.18%	2.36%	3.09%	2.55%	0.73%

2.2 结茧的时间

果堆外结茧数量随时间推移而逐渐上升,而活动幼虫的数量则没有明显的变化趋势。从脱果至结茧这 25 d 中,每天都有一定量的幼虫脱出蛀果。开始果堆外幼虫的死亡率很低,到实验后期逐渐增高,可达到 34.62%(图 2)。

利用 SPSS 17.0 对蛀果放置天数与果堆外总虫口数和总结茧数之间进行回归分析,结果见表 2。果堆外总结茧数与蛀果堆放时间之间,以及果堆外总虫口数与蛀果对方时间之间均存在显著的

表 2 果堆外总结茧数和总虫口数与放置时间的回归系数表

Table 2 Regressions of the total cocoons outside the injured fruit pile and the time of storage

因变量 Dependent variables	*F* 值 (*F* value)	*Sig.*	R^2	回归系数 Rregression coefficient		
				B		标准误(SE)
总茧数 Total cocoons	508.862	0.000	0.964	常数项系数	-14.325	2.929
				回归系数	4.656	0.208
总虫口数 Total population	305.558	0.000	0.914	常数项系数	-13.885	3.669
				回归系数	4.546	0.260

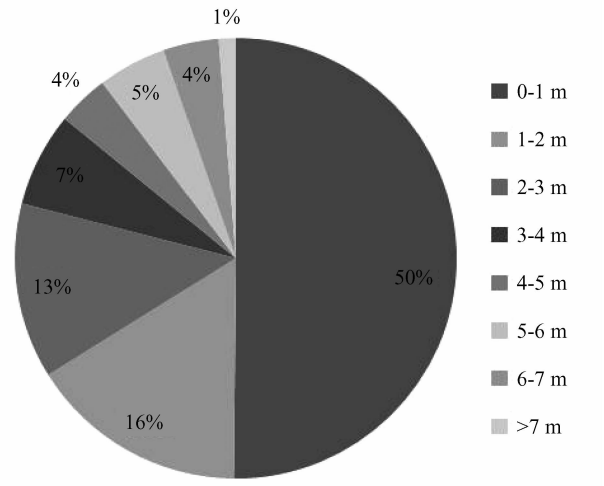

图 1　爬出果堆幼虫爬行距离分布

Fig. 1　The distance of crawling larvae

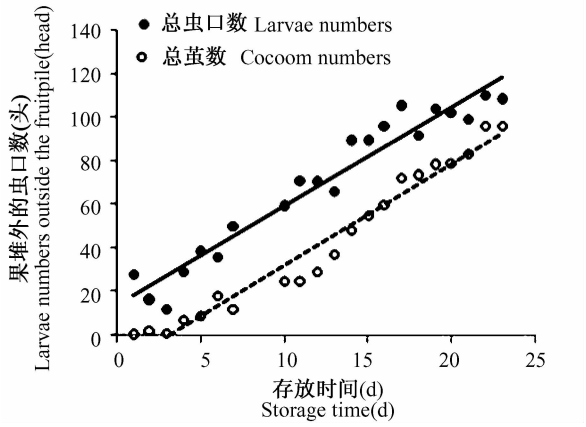

图 3　蛀果堆总结茧数与总虫口数量随时间的变化趋势

Fig. 3　Numbers variation of total cocoons and larvae outside the pile of injured fruits with time

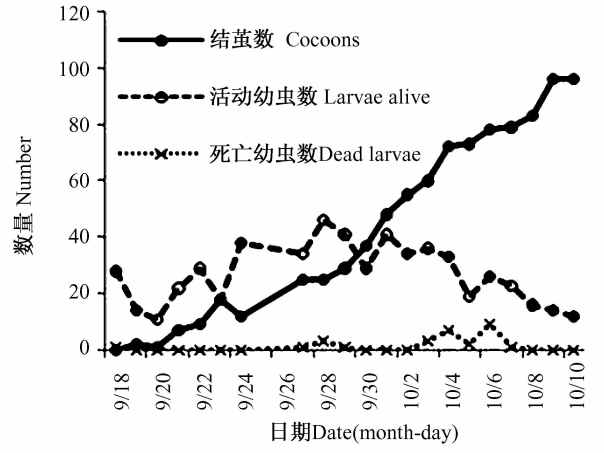

图 2　蛀果堆外不同存活状态的幼虫数量变化

Fig. 2　Numbers variation of living larvae outside the pile of injured fruits

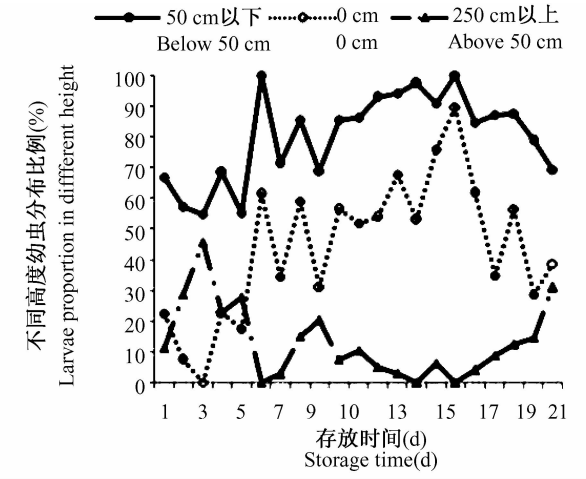

图 4　蛀果堆外幼虫爬行高度及比例

Fig. 4　Larvae crawling heights outside the pile of fruits in a closed space

线性关系,随着存放时间的延长,蛀果幼虫以稳定数量持续不断向外扩散,并在周围的环境中结茧,总茧数与总虫口数的增长速率一致(图 3)。

幼虫在不同高度的分布比例随调查时间的变化情况见图 4。幼虫主要在 50 cm 以下的范围内爬行,处于 50 cm 以下的幼虫占总幼虫数的比例在整个调查期间变化不大,平均为 80.00%。在 0 ~50 cm 的范围内,调查早期位于墙角基线(高度 0 cm)的幼虫所占的比例较低(早期只有 20% 左右),但是随着时间的延长,0 cm 高度上的幼虫比例也明显上升,最高时达 89.47%。除去 50 cm 以下范围,剩余幼虫分布高度多在 250 cm 以上(图 4),主要位于房间的顶壁及墙壁拐角处,而在 50 ~ 250 cm 之间发现的幼虫数量则很小。

2.3　诱集木桩上的结茧情况

从木桩上的诱集带中共检查到 66 头老熟幼虫,占果堆外部结茧幼虫总数的 17.14%。这意味着仅有 17.14% 的地面幼虫回到树桩结茧。树桩诱集的结果同室内其他位置结茧数量的调查结果相类似,沿实验房间对角线方向,幼虫最远可以到达 7 号木桩(距原点 8.3 m,距虫果堆边缘 7.3 m)并在上面结茧(图 5);绝大部分幼虫都在 7 m 左右的范围内结茧。随着距离的延长,木桩上结茧数

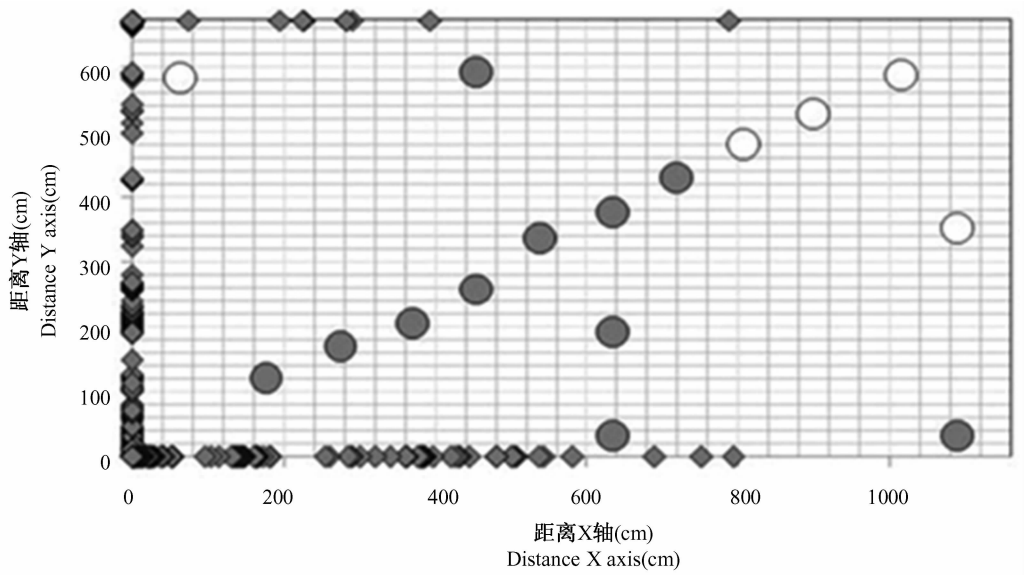

图 5 茧(幼虫)在室内空间位置分布图

Fig. 5 Spatial distribution of the cocoons/larvae in a closed space

每个菱形标识代表一个茧的位置,圆形标识标注诱集木桩的空间位置,
其中实心圆代表诱集到幼虫的木桩,空心圆代表未诱集到幼虫的木桩。

Rhombus symblos represent the cocoon position, round symblos represent the stake position.
Solid circle represents the stake captured several larvae, empty circle represents the stake captured no larvae.

量呈现下降趋势(图 6)。

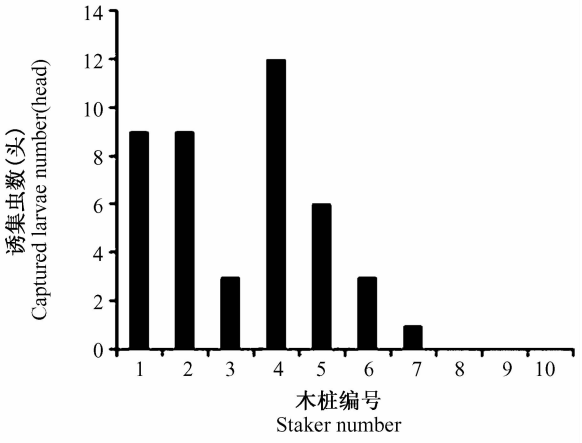

图 6 不同距离树桩上诱集的幼虫数量

Fig. 6 Numbers of the cocooning larvae on the stakes in different ranges from its emerging point

除 1 ~ 10 号木桩之外,其他木桩上也诱集到了不同数量的结茧幼虫,最远诱集到幼虫的木桩距原点 10.9 m(11 号)。另外,13 和 14 号木桩也诱到了较高数量的幼虫,可能是受到靠近墙角的幼虫活动的影响。比较 1 ~ 5 号木桩上 3 个不同高度诱集带所诱集的幼虫数量,结果发现紧贴地面的诱集带上结茧幼虫的数量占到诱集总数的 87.18%,明显高于中部与顶部诱集带上的数量(图 7);在 6 ~ 16 号木桩上只绑缚有 2 条诱集带,在这些木桩上底部诱集带结茧的比例更高,占到这些木桩上结茧总数的 96.30%。

3 讨论

由于苹果蠹蛾成虫是该物种进行扩散的主要虫态,因此从上个世纪开始,多数有关苹果蠹蛾扩散能力研究针对成虫的飞行能力进行(Mani and Wildbolz, 1977; Shumacher *et al.*, 1997; Gharekhani, 2009),而与苹果蠹蛾幼虫的爬行距离和扩散范围有关的研究相对较少。苹果蠹蛾幼虫危害果实造成落果,其脱果而出选择结茧地点的阶段是对其人工防治的关键时期。Steiner (1929)的研究发现,树干上的幼虫大部分来自于树冠蛀果,落果中的苹果蠹蛾幼虫只有少部分回到树干作茧。Van Leeuwen(1929)发现在树干上作茧的幼虫中有 33.3% 的来自落果,而 Eyer 和 Flint (1937)发现 43% 的幼虫来自落果。Cutright (1937)也发现了相似的结果。Woodside(1941)发现有 38.2% ~ 45.4% 的幼虫来自落果。在地面上

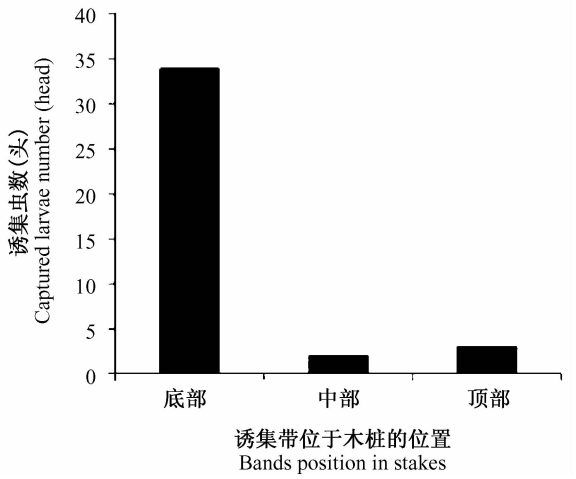

图 7　不同位置诱集带诱集的幼虫数量

Fig. 7　Numbers of the cocooning larvae on the different heights of stake bandings

幼虫结茧位置往往位于植物或植物残体(71.6%),此外,也有一些幼虫在水果(4.5%)、土壤(17.9%)或木块(6%)中结茧(Wearing and Skilling, 1975)。因此,拣除落果及清除地面有利于作茧的杂物对苹果蠹蛾人工防治非常有必要。但是,已有报道并未详细研究落果中幼虫脱果后的扩散距离,因此无法确定拣除落果等人工防治措施在大田中的应用范围。本研究发现,50% 的苹果蠹蛾幼虫自落果中脱出后的爬行距离在 0 ~ 1 m 之间,95% 的幼虫爬行距离在 7 m 之内,因此在实际防治中,蛀果周边 1 m 半径之内的区域需要重点防治,0 ~ 7 m 的范围也要进行作茧场所的清理,本研究结果为实际防治方法提出了有力的理论依据。

Wearing 和 Skilling(1975)的研究发现,从落果中脱出的幼虫只有 25% 会选择回到果树树干作茧,而本研究的结果表明,从落果中脱出的幼虫仅有 17.14% 回到树桩结茧,与前人的研究结果基本一致。由于落果中脱出的幼虫不会全部回到原树干结茧,大部分幼虫在距落果较近的场所结茧化蛹,因此及时清除落果、对落果及其周边环境中开展人工或化学防治在实际防治工作中具有重要的意义。幼虫脱果的时间与落果清理的有效性直接相关,幼虫全部脱果之后这种防治措施就基本没有意义。本研究证明,当蛀果离开树干后,脱果的幼虫皆为老熟幼虫,因此脱果这一行为与果实是否落地没有关系,而与幼虫自身发育程度有关。由于老熟幼虫自果实落地起就开始进行脱果爬行,寻找合适结茧场所,因此在实际防治工作中,落果的清理应该在出现落果的一周内进行。在树干上绑缚诱集带诱集老熟幼虫是一项重要的防治措施并已应用于对苹果蠹蛾的根除行动(Judd *et al.*, 2005)。Van Leeuwen(1929)发现 20% 的幼虫被诱集带捕获,在 Cutright(1937)的研究中,诱集带捕获的幼虫比例为 28%;在 Newcomer 等(1933)的研究中该比例为 33% ~ 68%;在 Woodside(1941)的研究中,该比例为 57% ~ 71.3%;而在 Worthley(1932, 1934)与 Farrar 和 Flint(1933)的研究中,这一比例为 70% ~ 96%。不同的研究结果主要是由诱集带的布置和处理方式不同所造成的。与上述研究不同,本文只集中研究了诱集带对落果中脱出幼虫的诱集效果,结果证明捆绑诱集带的人工防治方法对于落果幼虫同样有效。

Headlee(1929)发现 91% 的苹果蠹蛾幼虫在树的主干和大侧枝下结茧,Sherman(1933)发现 77% 的苹果蠹蛾在树杈下结茧。Worthley(1934)发现 28% ~ 60% 的幼虫在未剥皮或未捆绑诱集带的树干上结茧,5% ~ 10% 在剥皮和捆绑诱集带上的树上结茧。Woodside(1941)发现,只有 8.2% ~ 20.6% 苹果蠹蛾的幼虫在主干结茧。Wearing(1975)认为果树树干分叉之上 60 ~ 150 cm 的部位以及果树基干是苹果蠹蛾茧分布密度最高的地方,其余的茧主要集中在天然的树洞与凹陷,或修剪裂口部分。本文研究发现,在木桩上,苹果蠹蛾幼虫主要在距地面 50 cm 以内的部分活动,这与 2011 年本研究组在内蒙古进行野外调查结果一致。不同研究产生差异的原因包括适合结茧场所的多少,树龄,管理方式和降雨量等。在实际操作时,应在果树基部捆绑诱集带,以保证从地面落果中脱出的幼虫可以被成功诱集。

综上所述,落果中苹果蠹蛾幼虫脱果后的爬行特性对于落果清理、诱集带捆绑这些人工防治措施的应用有着重要意义。为了更有效的实施这些防治措施,今后开展的研究不应该仅仅集中于单纯的爬行距离,应对多种影响脱果幼虫爬行特性的因素,如果园管理状况,温度,湿度,苹果的品系等开展深入研究。

致谢:本项研究得到了甘肃省植保植检站蒲崇建

站长、张文解书记和贾迎春科长在野外实验中提供了帮助,中国科学院动物研究所李亚兰硕士在实验材料准备中提供了帮助,刘宁老师在数据分析中提供了帮助,在此一并表示感谢。

参考文献(References)

Cutright CR, 1937. Codling moth biology and control investigations. Wooster, Ohio : Ohio Agricultural Experiment Station. 583.

Duthie B, Gries G, Gries R, Krupke C, Derksen S, 2003. Does pheromone based aggregation of codling moth larvae help procure future mates? *J. Chem. Ecol.*, 29(2):425—436.

Eyer JR, Flint WP, 1937. Ten years' experiments with codling moth bait traps, light traps, and trap bands. Agricultural Experiment Station of the New Mexico College of Agriculture and Mechanic Arts. 253.

Farrar MD, Flint WP, 1933. Chemically treated bands. *J. Econ. Entomol.*, 26(2):364—373.

Garlick WG, 1948. A five-year field study of codling moth larval habits and adult emergence. *Sci. Agr.*, 28(7): 273—292.

Garlick WG, Boyce HR, 1940. A note on the habits of mature codling moth larvae. *Can. Entomol.*, 72:87.

Gharehkhani G, 2009. Modeling population dynamics and dispersion of codling moth *Cydia pomonella* L. (Lepidoptera, Tortricidae). Hohenheim University. Ph. D. Dissertation.

Headlee TJ, 1929. An operation in practical control of codling moth in heavily infested district-third and final report. *J. Econ. Entomol.*, 22(1):89—97.

Judd GJR, Gardiner MGT, 2005. Towards eradication of codling moth in British Columbia by complimentary action of mating disruption, tree-banding and sterile insect technique:a five-year case study in organic orchards. *Crop. Prot.*, 24(8):718—733.

Jumean Z, Gries R, Unruh T, Rowland E, Gries G, 2005. Identification of the larval aggregation pheromone of codling moth, *Cydia pomonella*. *J. Chem. Ecol.*, 31(4):911—924.

Jumean Z, Jones E, Gries G, 2009. Does aggregation behavior of codling moth larvae, *Cydia pomonella*, increase the risk of parasitism by Mastrus ridibundus? *Biol. Control*, 49(3):254—258.

Jumean Z, Lafontaine JP, Wood C, Judd GJR, Gries G, 2007. Pheromone-based trapping of larval codling moth, *Cydia pomonella*, in apple orchards. *Entomol. Exp. Appl.*, 122(1):87—91.

Jumean Z, Rowland E, Judd GJR, Gries G, 2004. Male and female cydia pomonella larvae (Lepidoptera:Olethreutidae) produce and respond to aggregation pheromone. *Can. Entomol.*, 136(6):871—873.

Mani E, Wildbolz T, 1977. The dispersal of male codling moths (*Laspeyresia pomonella* L.) in the upper rhine valley. *J. Appl. Entomol.*, 83(2):161—168.

McIndoo NE, 1928. Tropic responses of codling moth larvae. *J. Econ. Entomol.*, 21:631.

Newcomer EJ, Rolfs AR, Dean FP, 1933. A practical test of chemically treated bands for the control of the codling moth. *J. Econ. Entomol.*, 26(6):1056—1058.

Putman WL, 1963. The codling moth, *Carpocapsa pomonella* (L.) (Lepidoptera: Tortricidae): a review with special reference to Ontario. *Proc. Entomol. Soc. Ont.*, 93:22—60.

Schumacher P, Weber DC, Hagger C, Dorn S, 1997. Heritability of flight distance for *Cydia pomonella*. *Entomol. Exp. Appl.*, 85(2):169—175.

Sherman F, 1933. A summary of three years' experiments on the control of codling moth in Southwestern Michigan. *J. Econ. Entomol.*, 26(2):383—392.

Steiner LF, 1929. Miscellaneous codling moth studies. *J. Econ. Entomol.*, 22(4):648—654.

Van Leeuwen ER, 1929. Life history of the codling moth in northern Georgia. U. S. Dept. of Agriculture. 90.

Wearing CH, 1975. Integrated control of apple pests in New Zealand 3. Natural mortality of fifth-instar larvae of the codling moth tagged with cobalt-58 in relation to their distribution. *N. Z. J. Zool.*, 2(1):151—168.

Wearing CH, Skilling L, 1975. Integrated control of apple pests in New Zealand 5. Effect of larval density on the cocooning behaviour of fifth-instar codling moth larvae on young trees. *N. Z. J. Zool.*, 2(2):257—263.

Woodside AM, 1941. Studies of codling moth cocooning habits. *J. Econ. Entomol.*, 34(3):420—424.

Worthley HN, 1932. Chemically treated codling moth bands in Pennsylvania. *J. Econ. Entomol.*, 25(6):1133—1143.

Worthley HN, 1934. A second report on codling moth bands in Pennsylvania. *J. Econ. Entomol.*, 27:346—352.