

苹果蠹蛾在辽宁省彰武县梨树上的发生规律

房 阳¹ 蔡 明² 可 欣³ 邢竣策¹ 杨雪清^{1*} 王小奇^{1*}

(1. 沈阳农业大学植物保护学院, 沈阳 110866; 2. 辽宁省植物保护站, 沈阳 110034;

3. 辽宁省彰武县农业技术推广中心植保站, 彰武 123200)

摘要:为明确辽宁省苹果蠹蛾 *Cydia pomonella* (Linnaeus) 的发生规律, 于2014—2016年连续3年对辽宁省彰武县哈尔套镇10个村59个不同梨园采用三角屋胶粘式诱捕器进行了雄成虫数量消长动态的监测, 并对幼虫蛀果率、老熟幼虫数量及化蛹行径、蛹期进行调查。结果表明, 在辽宁省彰武县, 从4月下旬至9月下旬, 苹果蠹蛾成虫共有2次发生高峰: 第1次为5月下旬, 第2次为7月中下旬; 苹果蠹蛾在2016年全年内有3次明显的蛀果高峰期: 第1次为6月下旬至7月上旬, 第2次为8月上旬, 第3次为8月下旬。老熟幼虫更趋向于脱果后直接掉落到地上再从地上沿着树干往上爬并在老翘皮下寻找合适位置化蛹; 苹果蠹蛾经人工饲养的蛹期为9.95 d。研究表明, 苹果蠹蛾在辽宁省彰武县1年发生2代, 第1代从5月中旬到9月下旬, 越冬代从7月中旬到翌年6月下旬。

关键词: 苹果蠹蛾; 梨; 发生规律; 综合治理

Occurrence regularity of codling moth *Cydia pomonella* on pear fruits in Zhangwu County of Liaoning Province

Fang Yang¹ Cai Ming² Ke Xin³ Xing Junce¹ Yang Xueqing^{1*} Wang Xiaoqi^{1*}

(1. College of Plant Protection, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110866, Liaoning Province, China;

2. Plant Protection Station in Liaoning Province, Shenyang 110034, Liaoning Province, China;

3. Agricultural Technology Promotion Center, Plant Protection Station in Zhangwu County of Liaoning Province, Zhangwu 123200, Liaoning Province, China)

Abstract: To determine the occurrence regularity of codling moth *Cydia pomonella* (Linnaeus) in Liaoning Province, the number of male adults was monitored in three consecutive years (2014—2016) by using triangle adhesive traps in 59 different pear orchards in ten villages of Haertao Town, Zhangwu County, Liaoning Province. The fruit decay rate, the number of mature larvae, pupation, pupal period and life history were also determined. The results showed that there were two occurrence peaks of codling moth adults from late April to late September in Zhangwu County: late May and mid-July to late July. The codling moth had three obvious peaks of fruit decay rate in 2016: late June to early July, early August and late August. The mature larvae tended to fall to the ground and crawl up the tree trunk to pupate in proper position after they escaped from pear fruits. The pupal period was 9.95 days. Two generations of the codling moth occurred per year in Zhangwu County: the first generation occurred from mid-May to late September, and the overwintering generation from mid-July to late June the next year.

Key words: codling moth; pear; occurrence regularity; integrated pest management

基金项目: 国家自然科学基金(31501666), 辽宁省教育厅一般项目(L5015489), 辽宁省植物保护站农作物病虫害疫情监测防控项目(2015NYB015)

* 通信作者 (Authors for correspondence), E-mail: wxq1120@sina.com, sling233@hotmail.com

收稿日期: 2017-01-16

苹果蠹蛾 *Cydia pomonella* (Linnaeus) 属鳞翅目卷蛾科, 俗称苹果小卷蛾(张学祖, 1957), 是世界上重要的果树害虫, 也是我国一类检疫对象, 几乎遍布全球绝大多数苹果和梨种植区(林伟等, 1996)。该虫寄主广泛, 以幼虫蛀果为害, 对全球水果种植业造成巨大的经济损失(Yang & Zhang, 2015)。苹果蠹蛾在我国的发生最早见于新疆维吾尔自治区(张学祖, 1957), 之后随着交通和旅游业的发展, 进一步向东部地区扩散, 目前已在辽宁全局(金瑞华, 1997)及甘肃、宁夏、内蒙古、黑龙江等省区局部地区发生(张润志等, 2012)。黄土高原和环渤海湾是我国2大苹果优势产区, 苹果蠹蛾依照目前的扩散速度, 势必对我国苹果产业发展造成极大影响(杨雪清, 2014)。辽宁省地处渤海湾北部, 是环渤海湾优势水果产区中非常重要的一环, 更是南果梨的优势产地和寒富苹果的主要产区(邢竣策, 2016)。2014年5月, 该虫在辽宁省彰武县哈尔套镇首次被发现; 随后呈现出朝南扩散为害之势(可欣等, 2016)。如果不能有效控制其扩散, 将严重影响甚至威胁河北及山东等省水果产业的发展, 对辽宁省及环渤海湾优势果区果业生产造成巨大的经济损失(邢竣策, 2016)。

明确苹果蠹蛾的发生规律是综合治理的前提, 但该虫世代重叠严重, 发生世代和发生规律因地而异。在温带地区1年可发生2代, 在热带地区1年可发生3~4代(de Waal et al., 2010), 而在澳大利亚1年可发生1~3代(Geier, 1963)。在我国, 苹果蠹蛾在内蒙古每年发生2.5个世代, 3个成虫发生高峰期分别出现在5月上旬、7月中下旬和8月中下旬(徐婧等, 2012); 在新疆维吾尔自治区1年发生2~4代, 越冬代成虫于4月上旬至5月中旬开始羽化(张恒民等, 1998; 付文君和吉别克, 2013; 罗树凯等, 2016); 在甘肃省1年发生2~3代, 5月上中旬为越冬代成虫羽化高峰期(秦占毅等, 2007; 石磊等, 2009), 越冬代成虫发生期与第1代成虫发生期之间有明显的间隔期(周昭旭等, 2008), 5月上中旬第1代幼虫开始为害, 6月上中旬为第1代幼虫蛀果盛期, 7月中旬为第1代成虫羽化高峰期, 第2代幼虫于8月上旬开始陆续脱果, 第2代成虫于8月中旬至9月中旬发生(秦占毅等, 2007; 罗进仓等, 2015); 在黑龙江省东宁县1年发生2代, 翌年4月下旬越冬幼虫开始化蛹, 6月中旬为越冬代成虫羽化高峰期, 第2代成虫于7月下旬发生, 幼虫一直为害到9月中旬(赵星民, 2011)。

此外, 苹果蠹蛾在不同寄主上的发生规律也不同。如不同寄主植物对苹果蠹蛾甘肃种群幼虫和蛹

的发育历期有显著影响, 不同寄主上的幼虫历期长短排序依次为杏子>张掖2号苹果>苹果梨>红元帅苹果>早酥梨>红玉苹果>沙果, 不同寄主上的蛹期长短排序依次为杏子>苹果梨>张掖2号苹果>红玉苹果>早酥梨>红元帅苹果>沙果(杨富银, 2009)。在其它鳞翅目害虫上也有类似报道。如苹褐带卷蛾 *Adoxophyes orana* (Fischer von Röslerstamm) 全世代的发育历期在苹果上最短、李上最长(孙丽娜等, 2015); 桃小食心虫 *Carposina sasakii* Matsumura 幼虫发育历期在李上最短、梨上最长, 平均世代周期在梨和苹果上最长(李定旭等, 2012)。辽宁省当前主推品种为南果梨和苹果梨, 种植面积逐年增加(李俊才等, 2004)。因此, 在对大量西北地区苹果蠹蛾发生规律研究的基础上, 监测东北地区梨树上苹果蠹蛾的发生规律, 对于进一步认识该检疫害虫在不同区域和不同寄主上的发生和扩散, 进而指导害虫综合治理至关重要。本研究拟对苹果蠹蛾在辽宁省彰武县梨树上的发生规律进行监测, 并对幼虫蛀果率、老熟幼虫数量及化蛹行径、蛹期进行调查, 以期制定行之有效的疫情防控措施、延缓该检疫害虫扩散至环渤海湾优势苹果产区提供理论指导。

1 材料与方法

1.1 材料

供试果园: 试验在辽宁省阜新市彰武县哈尔套镇(42.491329°N, 122.149246°E)的东哈村、西哈村、后两村、黄花村、东风村、敖汉村、梨树村、富有村、柳树村以及平安村的59个果园进行, 均为常规管理。种植果树以南果梨、苹果梨和早酥梨为主, 株行距为3 m×5 m。从2014—2016年, 于监测到第1头成虫后10~15 d开始进行化学防控, 之后每隔15 d统一喷施化学药剂15%高氯·毒500倍液1次, 直至采果前10 d, 每年共喷施化学药剂6次。

诱捕器: 三角屋胶粘式诱捕器, 由硬纸板制成, 其横向截面为等腰三角形, 底边长14 cm, 腰长12 cm, 其纵长为24 cm, 诱芯通过铁丝悬挂于诱捕器内, 离底部粘虫板约1 cm, 北京中捷四方生物技术有限公司; 麻布条, 市售, 由麻布袋裁成宽20 cm, 长以能至少围住树干1圈为宜; 黄胶带, 宝鸡市广仁生物科技有限公司, 宽15 cm或20 cm, 长以能至少围住树干1圈为宜。

1.2 方法

1.2.1 苹果蠹蛾成虫消长动态调查

2014—2016年连续3年采用三角屋胶粘式诱捕

器监测苹果蠹蛾雄成虫数量的消长动态,监测点设置在哈尔套镇上述10个村的果园。2014年5月22日开始调查,该年共设置了33个监测点共111个三角屋胶粘式诱捕器;2015年和2016年均于4月28日开始调查,均设置了59个监测点各计143个三角屋胶粘式诱捕器。诱捕器于调查前一日在每个试验果园按1个/0.13 hm²的密度悬挂于树冠外围距地面1.5~1.8 m的树枝上(王安勇,2009)。此后,每天调查1次,记录诱捕器上捕获的成虫数。每隔30 d更换1次诱芯及粘虫板上的粘虫胶,直至9月底采果后果园内不再诱到成虫为止。根据诱捕数量绘制成虫消长动态折线图。

1.2.2 苹果蠹蛾蛀果率调查

在2016年自果树结果起至采收前,每隔7 d调查1次西哈村、东哈村及后两村3个村共12个果园(占地13.33 hm²)的蛀果率。调查方法参照王安勇(2009)和翟小伟(2009)的方法,在每个果园根据东、西、南、北、中5个方位,每个方位随机选取3株果树,共15株果树,具体调查株树依据果园实际大小适当调整,记录每株树上实际的果数以及每株果树上东、西、南、北、中5个方向枝条上的蛀果数,发现虫蛀果摘下剖开鉴定是否为苹果蠹蛾,统计记录蛀果数并计算蛀果率。蛀果率=蛀果数/总调查果数×100%。

1.2.3 苹果蠹蛾老熟幼虫数量及化蛹行径调查

在占地1.33 hm²的西哈村Z果园中,按照东、西、南、北、中5个方向,每个方向随机选取10棵果树,包括南果梨、苹果梨和早酥梨,共选取50棵,于2016年5月上旬在果树主干的底部,距地面约30 cm高度绑缚1圈宽20 cm的麻布条,每隔7 d记录所选取的50棵果树上麻布条内的老熟幼虫数量,直至9月底采果后果园内不再诱集到老熟幼虫为止。

在西哈村Z果园随机选取30株梨树并作好标记,包括南果梨、苹果梨和早酥梨,在每株树的树干主干、所有分枝下面的上部、中部、下部分别粘1圈20 cm宽的黄胶带、15 cm宽的黄胶带、20 cm宽的麻布条,用胶带把麻布条上端口封死。黄胶带每隔15 d更换1次。试验设3次重复,每个重复调查10株树。从2016年6月开始,每隔7 d调查并记录上部、中部及下部老熟幼虫数量,直至诱集不到老熟幼虫为止。

1.2.4 苹果蠹蛾蛹期观察

从南果梨、苹果梨和早酥梨上诱集到的老熟幼虫共41头,按每管1头放于2 mL离心管内,管盖上扎小孔透气,于室内温度25±2℃、相对湿度40%~50%条件下按其来源分别以南果梨、苹果梨和早酥

梨进行人工饲养。观察并记录化蛹时间。将蛹置于长40 cm、宽20 cm、高26 cm的成虫饲养箱中,观察并记录羽化时间及成虫历期。

1.3 数据分析

采用SPSS 17.0软件对试验数据进行方差分析,应用Duncan氏新复极差法进行差异显著性检验。

2 结果与分析

2.1 苹果蠹蛾成虫数量的消长动态

通过2014—2016年连续3年的监测,绘制了彰武县苹果蠹蛾成虫数量的消长动态(图1)。2014年,越冬代成虫于6月1日达到高峰,为34头/111个诱捕器,第1代成虫于7月25日达到羽化高峰,为27头/111个诱捕器,发生期持续93 d;2015年,越冬代成虫最早出现于4月29日,于5月17日达到高峰,为22头/143个诱捕器,发生期持续63 d,第1代成虫于7月17日达到羽化高峰,为18头/143个诱捕器,发生期持续91 d;2016年,越冬代成虫最早出现于5月2日,于5月26日达到高峰,为44头/143个诱捕器,发生期持续58 d,第1代成虫于7月17日达到羽化高峰,为38头/143个诱捕器,发生期持续87 d。表明从4月下旬至9月下旬,苹果蠹蛾成虫共有2次发生高峰,第1次为5月下旬,第2次为7月中下旬,从8月下旬至9月中旬一直维持均衡的诱捕量,9月底不再诱捕到成虫。第1代成虫发生期持续时间比越冬代成虫发生期略长。

2.2 苹果蠹蛾蛀果率

西哈村、东哈村和后两村苹果蠹蛾蛀果率较高,2015—2016年蛀果率在0.08%~0.36%之间(图2)。2016年3个村的全年平均蛀果率较2015年均有一定程度的下降,其中西哈村苹果蠹蛾2年间蛀果率差异不显著,东哈村和后两村2016年的蛀果率0.13%和0.08%均显著低于2015年的蛀果率0.33%和0.10%。

2016年不同月份的蛀果率表明,苹果蠹蛾在全年内有3次蛀果高峰期:第1次为6月下旬至7月上旬,第2次为8月上旬,第3次为8月下旬;7月12日蛀果率最高,从8月下旬开始蛀果率逐渐减小(图3)。

2.3 苹果蠹蛾老熟幼虫数量及化蛹行径

树干麻布条下收集到的苹果蠹蛾老熟幼虫统计结果显示,老熟幼虫从6月份开始脱果准备化蛹,7月下旬有1次明显的老熟幼虫发生高峰,在7月26日达最大,为3.20头/株树。9月中旬起老熟幼虫数量明显减少,9月27日只诱到0.18头/株树(图4)。

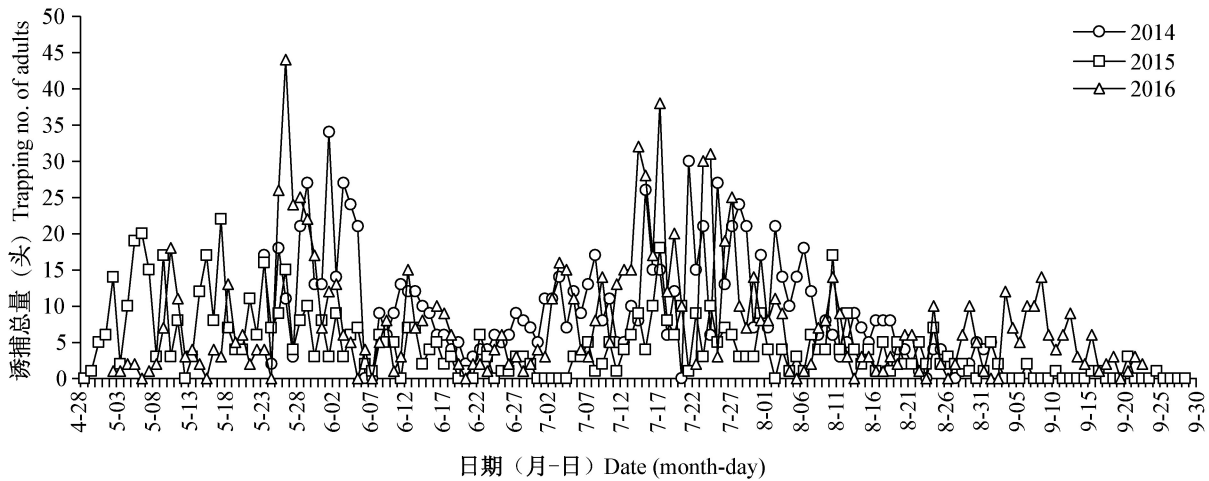


图1 2014—2016年辽宁省彰武县梨园中苹果蠹蛾雄成虫消长动态

Fig. 1 The numbers of *Cydia pomonella* male adults occurred in pear gardens in Zhangwu County of Liaoning Province in 2014—2016

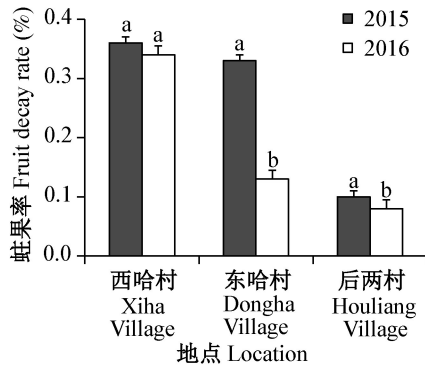


图2 2015—2016年西哈村、东哈村及后两村梨园中苹果蠹蛾的蛀果率

Fig. 2 The fruit decay rate in pear gardens in Xiha, Dongha and Houliang villages in 2015 and 2016

图中数据为平均数±标准差。不同字母表示同村不同年份间经Duncan氏新复极差法检验在 $P<0.05$ 水平差异显著。Data are mean±SD. Different letters on the bars indicate significant difference between 2015 and 2016 in the same village at $P<0.05$ level by Duncan's new multiple range test.

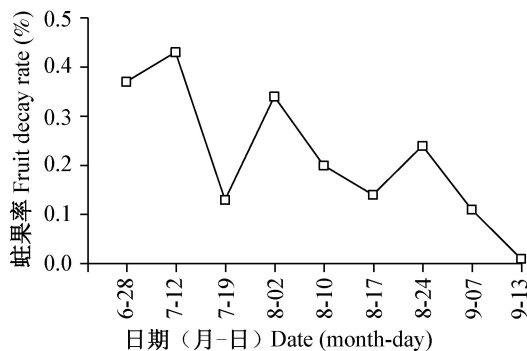


图3 2016年辽宁省彰武县梨园中苹果蠹蛾蛀果率

Fig. 3 The fruit decay rate caused by *Cydia pomonella* in pear gardens in Zhangwu County of Liaoning Province in 2016

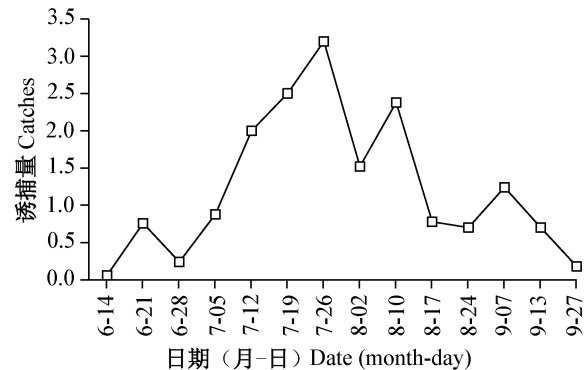


图4 2016年辽宁省彰武县梨园中苹果蠹蛾老熟幼虫的诱捕量

Fig. 4 The catches of the mature larvae of codling moth in pear gardens in Zhangwu County of Liaoning Province in 2016

调查结果显示,上部黄胶带和下部麻布条均诱集到了老熟幼虫,而中间黄胶带没有诱集到老熟幼虫,表明老熟幼虫既可以脱果后沿着树干往下爬并在树干寻找合适位置化蛹(上部阻隔带),也可以脱果后直接掉落到地上再从地上沿着树干往上爬并在树干寻找合适位置化蛹(下部阻隔带)。下部麻布条诱集到的老熟幼虫数量比上部黄胶带诱集到的老熟幼虫数量略多,整体来看,下部诱集到的老熟幼虫数量明显多于上部(表1),说明苹果蠹蛾老熟幼虫更趋向于脱果后直接掉落到地上再从地上沿着树干往上爬并在老翘皮下寻找合适位置化蛹。

2.4 苹果蠹蛾蛹期观察

苹果蠹蛾老熟幼虫于室内温度 $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度40%~50%条件下人工饲养的蛹期平均为9.95 d,蛹期最长为11 d,蛹期最短为8 d。

表 1 苹果蠹蛾老熟幼虫化蛹行径试验区数量

Table 1 The numbers of the mature larvae of codling moth in pupation test sites

位置 Location	老熟幼虫数量 (头/株树) No. of the mature larvae per pear tree									
	6-21	7-12	7-19	8-02	8-10	8-17	8-24	9-07	9-13	9-27
上部 Top	0.40± 0.06 b	0.60± 0.06 a	0.57± 0.03 b	0.30± 0.06 a	0.50± 0.06 b	0.13± 0.03 a	0.23± 0.03 a	0.33± 0.03 b	0.10± 0.00 b	0.10± 0.06 ab
中部 Middle	0.00± 0.00 c	0.00± 0.00 b	0.00± 0.00 c	0.00± 0.00 b	0.00± 0.00 c	0.00± 0.00 b	0.00± 0.00 b	0.00± 0.00 c	0.00± 0.00 c	0.00± 0.00 b
下部 Bottom	0.53± 0.03 a	0.80± 0.12 a	0.93± 0.08 a	0.40± 0.06 a	0.80± 0.06 a	0.20± 0.06 a	0.23± 0.07 a	0.60± 0.09 a	0.23± 0.03 a	0.20± 0.00 a

表中数据为平均数±标准差。同列数据后不同字母表示经 Duncan 氏新复极差法检验在 $P<0.05$ 水平差异显著。Data are mean±SD. Different letters in the same column indicate significant difference at $P<0.05$ level by Duncan's new multiple range test.

3 讨论

可欣等(2016)对辽宁省彰武县苹果蠹蛾成虫消长动态、发生特点进行了描述;但由于调查年份较短,该研究未对苹果蠹蛾发生规律进行详细描述。本研究于2014—2016年连续3年在彰武县对苹果蠹蛾成虫进行监测,并统计分析了田间蛀果率、老熟幼虫数量及化蛹行径、蛹期等,发现苹果蠹蛾在辽宁省彰武县1年发生2代,第1代从5月中旬到9月下旬,越冬代从7月中旬到翌年6月下旬;主要以老熟幼虫在果树主干树缝或老翘皮下越冬,翌年4月上旬老熟幼虫开始化蛹,4月下旬越冬代成虫开始羽化,5月中旬至下旬为越冬代成虫羽化高峰期;5月下旬1代幼虫开始蛀果为害,6月中旬1代老熟幼虫开始脱果,幼虫脱果后在树皮裂缝中、老翘皮下或树洞中结茧化蛹,7月上旬开始出现1代成虫,7月中旬至下旬成虫羽化达到高峰,9月中旬老熟幼虫脱果寻找适宜的越冬场所化蛹。苹果蠹蛾在辽宁省彰武县的发生世代数与赵星民(2011)在黑龙江省东宁县的研究结果一致,表明在东北地区苹果蠹蛾1年可发生2代。而在甘肃(石磊等,2009)、新疆(付文君和吉别克,2013;罗树凯等,2016)、内蒙古(徐婧等,2012)等西北省区苹果蠹蛾1年可发生2~4代。不同地区苹果蠹蛾发生世代不同可能是因为东北地区以平原为主,属季风气候,而西北地区以高原和盆地为主,属大陆性气候,地形及气候的不同导致夏季西北地区气温高于东北地区,因此西北地区苹果蠹蛾发育更快,世代更多(刘德祥等,2005)。Riedl & Croft (1978)报道光周期和温度对苹果蠹蛾的生长发育有协同效应;Ranjbar et al. (2009)对不同温度下苹果蠹蛾的发育速率进行了模型拟合,证明了温度是影响伊朗苹果蠹蛾生长发育和世代数的主要生态因子;

另外,寄主差异也可能造成苹果蠹蛾生长发育的进度不同,从而导致发生世代不同(杨富银,2009)。在苹果上,苹果蠹蛾1年发生2~3代且以3代居多(周昭旭等,2008;石磊等,2009;王安勇,2009);而本研究中苹果蠹蛾在梨树上1年发生2代。

本研究结果表明,苹果蠹蛾成虫在2015年5月上旬和8月上旬、2016年9月下旬有疑似发生高峰出现,8月上旬和9月上旬出现较低的老熟幼虫发生高峰,推断苹果蠹蛾在彰武县存在世代重叠现象。在调查过程中还发现,7—8月可在田间观察到苹果蠹蛾的各虫态,进一步证明了世代重叠的存在,这与 de Waal et al. (2010)和赵星民(2011)的研究结果吻合。苹果蠹蛾成虫消长动态研究结果表明,辽宁省彰武县越冬代成虫羽化集中在5月下旬,第1代成虫发生高峰在7月中下旬。因此,在接下来的1周内为第1代幼虫和第2代幼虫化学防治的适期。

王安勇等(2009)的研究结果表明,三角式和飞翼式诱捕器的诱捕效果显著优于水盆式和圆筒式,因此本试验采用三角屋胶粘式诱捕器对苹果蠹蛾雄成虫消长动态进行研究。2016年5月2日出现第1头成虫,比2015年4月29日出现第1头成虫晚了3 d,可能原因是2016年4月中旬及下旬平均气温比2015年4月中旬及下旬平均气温低6.7℃,温度低导致越冬幼虫化蛹晚,成虫羽化也较晚。此外,在苹果蠹蛾成虫发生期有个别几天未捕获到成虫,使得消长动态曲线间断。通过对气象资料的分析,发现这些天有雷阵雨、中雨或暴雨等不同程度的降雨,表明降雨可能会影响苹果蠹蛾的发育,这与金瑞华等(1996)的研究结果相吻合。

在本试验中,参照王安勇(2009)和翟小伟(2009)采用的幼虫数量调查方法并结合实际总结出

的蛀果率调查方法进行了调查。该方法采用摘果鉴定,必然会导致后续再次调查时蛀果率下降,造成8月下旬开始蛀果率逐渐减小,究竟是幼虫陆续脱果寻找合适位置化蛹,还是幼虫并未脱果但由于调查方法本身造成的蛀果率下降还有待进一步研究确定。但由于苹果蠹蛾早期与桃小食心虫、梨小食心虫 *Grapholita molesta* (Busck) 等造成的蛀果为害状极为相似,单从果实上虫孔和为害状难以准确鉴定是何种害虫所致,目前尚无更科学有效的蛀果率调查方法。

本试验发现苹果蠹蛾老熟幼虫更趋向于脱果后直接掉落到地上再从地上沿着树干往上爬并在树干寻找合适位置化蛹,这与翟小伟(2009)的研究结果不同,该研究发现苹果蠹蛾幼虫主要是从树的上部向下爬行并寻找合适的结茧化蛹或越冬场所。结论不一致的原因可能是,第1代幼虫为害时,造成落果的程度较低,老熟幼虫脱果后直接沿着树干往下爬行;而第2代幼虫为害时造成危害较大,使得果实大量落果,落果后直接从果内爬出,沿着树干往上爬行并在老翘皮下寻找合适位置化蛹越冬。另外一个原因可能存在第1代老熟幼虫有部分在地面越冬的情况。从观测的数据看,7月19日树干麻布条下收集到的老熟幼虫数量为2.50头/株树,而化蛹行径试验区上部(0.57头/株树)、下部(0.93头/株树)收集到的老熟幼虫量共计1.50头/株树,说明其余老熟幼虫没有往树干上爬行寻找化蛹场所,而是钻入地表化蛹,这与张润志等(2012)的研究结果相符。在今后的研究中,应进一步对辽宁省苹果蠹蛾对不同寄主偏好、环境条件与害虫发生关系、防治关键技术等进行深入研究,为拦截和减缓该虫进一步扩散提供理论依据。

参 考 文 献 (References)

- de Waal JY, Malan AP, Leving J, Addison MF. 2010. Key elements in the successful control of diapausing codling moth, *Cydia pomonella* (Lepidoptera: Tortricidae) in wooden fruit bins with a South African isolate of *Heterorhabditis zealandica* (Rhabditida: Heterorhabditidae). *Biocontrol Science Technology*, 20(5): 489–502
- Fu WJ, Ji BK. 2013. Occurrence and control of codling moth in Yili Valley. *Modern Agricultural Science and Technology*, (4): 155, 162 (in Chinese) [付文君, 吉别克. 2013. 伊犁河谷地区苹果蠹蛾的发生与防治. *现代农业科技*, (4): 155, 162]
- Geier PW. 1963. The life history of codling moth, *Cydia pomonella* (L.) (Lepidoptera: Tortricidae), in the Australian Capital Territory. *Australian Journal of Zoology*, 11(3): 323–367
- Jin RH. 1997. Investigation on distribution of codling moth in China. *Science Foundation in China*, 11(2): 124–125 (in Chinese) [金瑞
- 华. 1997. 检疫性危险害虫苹果蠹蛾在我国分布的调查研究. *中国科学基金*, 11(2): 124–125]
- Jin RH, Zhang JX, Bai ZH, Liu L. 1996. An analysis risk of the codling moth in China. *Journal of Plant Protection*, 23(2): 191–192 (in Chinese) [金瑞华, 张家炯, 白章红, 刘龙. 1996. 苹果蠹蛾在我国危险性评估研究简报. *植物保护学报*, 23(2): 191–192]
- Ke X, Liu JB, Li X, Wang L, Cao YW, Guo YG, Liu SM. 2016. Occurrence characteristic and integrated prevention and control measure of codling moth in Zhangwu County. *Modern Agricultural Science and Technology*, (9): 146–147 (in Chinese) [可欣, 刘建斌, 李新, 王蕾, 曹友文, 郭亚光, 刘淑梅. 2016. 彰武县苹果蠹蛾发生特点与综合防控措施. *现代农业科技*, (9): 146–147]
- Li DX, Lei XH, Li Z, Gao LW, Shen ZR. 2012. Effects of different host plants on the development and reproduction of the peach fruit borer, *Carposina sasakii* Matsumura (Lepidoptera: Carposinidae). *Acta Entomologica Sinica*, 55(5): 554–560 (in Chinese) [李定旭, 雷喜红, 李政, 高灵旺, 沈佐锐. 2012. 不同寄主植物对桃小食心虫生长发育和繁殖的影响. *昆虫学报*, 55(5): 554–560]
- Li JC, Liu C, Wang JZ, Cai ZM, Sha SF. 2004. Development program of pear advantage region in Liaoning Province. *Northern Fruits*, (S): 10–13 (in Chinese) [李俊才, 刘成, 王家珍, 蔡忠民, 沙守峰. 2004. 辽宁省梨优势区域发展规划. *北方果树*, (S): 10–13]
- Lin W, Lin CJ, Chong J. 1996. The role of ecological factors on codling moth geographic distribution. *Plant Quarantine*, 10(1): 1–7 (in Chinese) [林伟, 林长军, 宠金. 1996. 生态因子在苹果蠹蛾地理分布中的作用. *植物检疫*, 10(1): 1–7]
- Liu DX, Dong AX, Lu DR. 2005. Climatic change of northwest China and its influence on agricultural production in recent 43 years. *Agricultural Research in the Arid Areas*, 23(2): 195–201 (in Chinese) [刘德祥, 董安祥, 陆登荣. 2005. 中国西北地区近43年气候变化及其对农业生产的影响. *干旱地区农业研究*, 23(2): 195–201]
- Luo JC, Zhou ZX, Liu YY, Wei YH, Zhang DW. 2015. Occurrence status and research advance of the codling moth in Gansu. *Journal of Biosafety*, 24(4): 281–286 (in Chinese) [罗进仓, 周昭旭, 刘月英, 魏玉红, 张大为. 2015. 甘肃苹果蠹蛾的发生现状与研究进展. *生物安全学报*, 24(4): 281–286]
- Luo SK, Liang HJ, Chen J, Liu R. 2016. First determination of occurrence regularity of codling moth in Alaer of Xinjiang. *Xinjiang Agricultural Reclamation Technology*, 39(5): 33–34 (in Chinese) [罗树凯, 梁虎军, 陈婧, 刘容. 2016. 新疆阿拉尔地区苹果蠹蛾发生规律初探. *新疆农垦科技*, 39(5): 33–34]
- Qin ZY, Liu SH, Yue CX, Zhang JY. 2007. Biological characteristic and integrated control technology of codling moth in Dunhuang of Gansu Province. *Plant Quarantine*, 21(3): 170–171 (in Chinese) [秦占毅, 刘生虎, 岳彩霞, 张家银. 2007. 苹果蠹蛾在甘肃敦煌的生物学特性及综合防治技术. *植物检疫*, 21(3): 170–171]
- Ranjbar AH, Fathipour Y, Radjabi G, Rezapana M. 2009. Temperature-dependent development and temperature thresholds of codling moth (Lepidoptera: Tortricidae) in Iran. *Environmental Entomology*, 38(3): 885–895
- Riedl H, Croft BA. 1978. The effects of photoperiod and effective temperatures on the seasonal phenology of the codling moth (Lepidop-

- tera: Tortricidae). Canadian Entomologist, 110(5): 455-470
- Shi L, Chen M, Luo JC. 2009. Efficiency of three types of pheromone traps in capturing adult codling moth, *Cydia pomonella*, and its development. Journal of Gansu Agricultural University, 44(1): 115-117 (in Chinese) [石磊, 陈明, 罗进仓. 2009. 3 种性诱捕器诱捕苹果蠹蛾效果比较及成虫的时序动态变化. 甘肃农业大学学报, 44(1): 115-117]
- Sun LN, Qiu GS, Zhang HJ, Yan WT. 2015. Growth, development and reproduction of the summer fruit tortrix moth, *Adoxophyes orana beijingsensis* (Lepidoptera: Tortricidae), on four host plants. Acta Entomologica Sinica, 58(1): 53-59 (in Chinese) [孙丽娜, 仇贵生, 张怀江, 闫文涛. 2015. 苹小卷叶蛾在四种寄主植物上的生长发育及繁殖. 昆虫学报, 58(1): 53-59]
- Wang AY. 2009. Study on the biology and trapping effects of *Cydia pomonella* (L.). Master Thesis. Yangling: Northwest A&F University (in Chinese) [王安勇. 2009. 苹果蠹蛾的生物学特性及诱捕效果研究. 硕士学位论文. 杨凌: 西北农林科技大学]
- Wang AY, Zhang YL, Luo JC, Feng JN. 2009. Effects of type, color and hanging height of sex pheromone trap on catches in codling moth, *Cydia pomonella* (L.). Journal of Plant Protection, 36(4): 383-384 (in Chinese) [王安勇, 张雅林, 罗进仓, 冯纪年. 2009. 不同类型诱捕器对苹果蠹蛾的诱捕效果. 植物保护学报, 36(4): 383-384]
- Xing JC. 2016. Monitoring of the codling moth in pest-free area of Liaoning Province. Master Thesis. Shenyang: Shenyang Agricultural University (in Chinese) [邢竣策. 2016. 辽宁省苹果蠹蛾非疫区监测. 硕士学位论文. 沈阳: 沈阳农业大学]
- Xu J, Jiang HX, Aliya, Guo JM, Zhang RZ. 2012. Growth and patterns of population decline in *Cydia pomonella* adults in Gansu, Xinjiang and Inner Mongolia. Chinese Bulletin of Entomology, 49(1): 89-95 (in Chinese) [徐婧, 姜红霞, 阿丽亚, 郭静敏, 张润志. 2012. 甘肃、新疆、内蒙苹果蠹蛾成虫消长规律. 应用昆虫学报, 49(1): 89-95]
- Yang FY. 2009. Bionomics of *Cydia pomonella* L. and the effects of different host plants on growth, development and reproduction. Master Thesis. Lanzhou: Gansu Agricultural University (in Chinese) [杨富银. 2009. 苹果蠹蛾生物学特性及不同寄主植物对其生长发育的影响. 硕士学位论文. 兰州: 甘肃农业大学]
- Yang XQ. 2014. Molecular cloning and function study of detoxifying genes from *Cydia pomonella*. Ph. D Thesis. Yangling: Northwest A&F University (in Chinese) [杨雪清. 2014. 苹果蠹蛾解毒酶基因的克隆及功能研究. 博士学位论文. 杨凌: 西北农林科技大学]
- Yang XQ, Zhang YL. 2015. Investigation of insecticide-resistance status of *Cydia pomonella* in Chinese populations. Bulletin of Entomological Research, 105(3): 316-325
- Zhai XW. 2009. Occurrence dynamics and management technology based on chemical ecology of *Cydia pomonella* (L.) in fruit orchards. Master Thesis. Tai'an: Shandong Agricultural University (in Chinese) [翟小伟. 2009. 苹果蠹蛾发生规律和化学生态调控技术. 硕士学位论文. 泰安: 山东农业大学]
- Zhang HM, Sang MD, Yin CS, Xue GS. 1998. Occurrence and control of codling moth. Xinjiang Farm Research of Science and Technology, (1): 22 (in Chinese) [张恒民, 桑茂德, 尹长山, 薛根生. 1998. 苹果蠹蛾的发生及防治. 新疆农垦科技, (1): 22]
- Zhang RZ, Wang FX, Zhang YL, Chen HJ, Luo JC, Wang QY, Liu WX, Ainiwaer · Musha, Pu CJ, Yan YG, et al. 2012. Progress on monitoring and control of the codling moth, *Cydia pomonella* (L.). Chinese Bulletin of Entomology, 49(1): 37-42 (in Chinese) [张润志, 王福祥, 张雅林, 陈汉杰, 罗进仓, 王勤英, 刘万学, 艾尼瓦尔·木沙, 蒲崇建, 严勇敢, 等. 2012. 入侵生物苹果蠹蛾监测与防控技术研究. 应用昆虫学报, 49(1): 37-42]
- Zhang XZ. 1957. Taxonomic notes on the codling moth, *Carpocapsa pomonella* (L.) in Sinkiang. Acta Entomologica Sinica, 7(4): 467-472 (in Chinese) [张学祖. 1957. 苹果蠹蛾 *Carpocapsa pomonella* (L.) 在我国的新发现. 昆虫学报, 7(4): 467-472]
- Zhao XM. 2011. Study on occurrence regularity and integrated control of codling moth in the northern cold region. Plant Quarantine, 25(1): 87-88 (in Chinese) [赵星民. 2011. 北方寒地苹果蠹蛾发生规律及综合防治研究. 植物检疫, 25(1): 87-88]
- Zhou ZX, Lou JC, Chen M. 2008. Biological characteristics and dynamics of the codling moth, *Cydia pomonella* in the Zhangye area. Plant Protection, 34(4): 111-114 (in Chinese) [周昭旭, 罗进仓, 陈明. 2008. 苹果蠹蛾的生物学特性及消长动态. 植物保护, 34(4): 111-114]

(责任编辑:李美娟)