甘肃省苹果蠹蛾卵的空间分布格局*

魏玉红 罗进仓** 周昭旭 刘月英
(甘肃省农业科学院植物保护研究所 兰州 730070)

摘 要 为准确掌握苹果蠹蛾 *Cydia pomonella*(L.)的田间发生动态,本文对苹果园中苹果蠹蛾卵的空间分布格局和抽样技术进行了研究。结果表明:在第2代卵发生高峰期,苹果叶片上的苹果蠹蛾卵量显著高于果实上的卵量(叶片上着卵量占总卵量的58.2%,$P<0.05$),叶片上的卵主要分布于叶片正面(正面着卵量占叶片上总卵量的69.6%,$P<0.05$);在树冠不同方位上,东、南两面的着卵量最大,但在不同空间层次上分布的卵量没有差异。卵在叶片和果实上均呈聚集分布,且聚集强度随种群密度的升高而增加,其聚集是由环境因素造成的。文中还根据Taylor幂法则参数建立了苹果蠹蛾卵的理论抽样数模型。

关键词 苹果蠹蛾,卵,空间分布格局,抽样技术

The spatial distribution of *Cydia pomonella* eggs in apple orchards in Gansu Province

WEI Yu-Hong LUO Jin-Cang** ZHOU Zhao-Xu LIU Yue-Ying
(Institute of Plant Protection, Gansu Academe of Agricultural Science, Lanzhou 730070, China)

Abstract In order to accurately determine the population dynamics of the codling moth *Cydia pomonella*(L.) the spatial distribution of codling moth eggs was investigated in apple orchards in Gansu Province. The results indicate that significantly more 2nd generation eggs were found on leaves than on fruit; leaves had 58.2% of the total amount of eggs. 69.6% of the total number of eggs found on leaves were on their lower surface. More eggs were found in the southern and eastern sectors of apple trees than in the western and northern sectors, but there was no difference in the amounts of the eggs laid at different levels of the trees. Eggs were clumped in space and the degree of clumping increased with population density. The optimal sampling number was calculated by Taylor's method.

Key words *Cydia pomonella*, eggs, spatial distribution pattern, sampling technique

苹果蠹蛾 *Cydia pomonella*(L.)是危害苹果、梨、桃等仁果类果树的一种世界性检疫害虫。苹果蠹蛾原产于欧亚大陆中南部地区,1957年首次在我国新疆局部地区发现其发生危害(张学祖,1957);1989年传入甘肃敦煌后迅速沿河西走廊向东扩散至甘肃的酒泉、张掖、武威、白银、兰州等地,并进一步扩散蔓延,到2008年已在我国新疆、甘肃、黑龙江、内蒙、宁夏等地发生,发生面积达32.96万 hm^2(王春林和王福祥,2009)。

苹果蠹蛾在我国发生危害后,国内先后在苹果蠹蛾生物学(张耀荣和蒋银荃,2001;于江南等,2004;常小蓉,2005;林伟丽等,2006;周福铭等,2006;李新荣,2007;秦占毅等,2007;周昭旭等,2008;王春林和王福祥,2009;张开骅,2010)、生态学(林伟等,1996;金瑞华等,1996;杨富银等,2009)、监测技术(杜磊等,2007;石磊等,2009;王安勇等,2009;阿地力·沙塔尔等,2011;张新平等,2011)及防治技术(张耀荣和蒋银荃,2001;常小蓉,2005;周福铭等,2006;秦占毅等,2007;张开骅,2010;魏玉红等,2009)等方面进行了大量的研究报道。空间分布格局是昆虫种群的一个重要特征,也是昆虫种群生态学的重要研究内容之一。通过空间分布格局的研究,不仅可以揭示种群的空间结构特征,而且可以为制定抽样技术提供理

*资助项目:公益性行业(农业)科研专项(200903042)、甘肃省科技支撑计划项目(097JKCA084)。
**通讯作者,E-mail: jincang1964@sohu.com
收稿日期:2011-12-10,接受日期:2011-12-23

论依据。有关苹果蠹蛾空间格局的研究,仅见于林伟丽等(2007)利用性信息素诱集技术对香梨园苹果蠹蛾成虫空间分布格局的研究和翟小伟等(2009)对梨园中苹果蠹蛾卵的分布特征和空间格局的研究。苹果是苹果蠹蛾最重要的寄主,了解苹果园中苹果蠹蛾的空间分布特征,有助于抽样技术的制定,从而为苹果蠹蛾田间种群动态的准确监测提供技术依据,为此本文对苹果园中苹果蠹蛾第 2 代卵的空间分布格局进行了研究,并建立了理论抽样数模型。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验在甘肃省张掖市甘州区长安乡苹果园中进行。果园面积约 6.67 hm^2,以黄元帅、红元帅和国光为主栽品种,平均树龄 30 年;果园间种啤酒大麦、苜蓿等,管理粗放,树势衰弱,加之未采取任何防治措施,苹果蠹蛾发生严重。

1.2 调查方法

在第 2 代苹果蠹蛾卵的发生高峰期(7 月中旬),随机选取 10 株苹果树进行调查。调查方法参照张志春和王楠(2006),将每株树分为东、西、南、北 4 个方位和上中下 3 个高度共计 12 个样点,每个样点随机选取 50 枚叶片和 20 枚果实,检查着卵情况并分别记录叶片和果实上的卵粒数。

1.3 空间分布格局的测定

采用 David 和 Moore(1954)的丛生指标 I、Kuno(1968)扩散系数 Ca 和 Lloyd(1967)聚块性指标 m^*/m 等聚集度指标及 Taylor 幂法则进行分析,并用 Blackith(1961)的种群聚集均数(λ)(丁岩钦,1994;徐汝梅和成新跃,2005)分析苹果蠹蛾卵在苹果树冠上的聚集原因。

1.4 理论抽样数的确定

用 Taylor 幂法则的理论抽样数模型确定卵的理论抽样数,其模型为:

$$n = \frac{t_a^2}{D^2} a m^{b-2}$$ (张连翔,2006)

式中:D 为允许误差;t_a 为置信度;a, b 分别为 Taylor 幂法则回归方程式中的参数;m 为种群密度值。

1.5 显著性分析

在 SPSS 17.0 下,叶片与果实之间使用 t 检验进行分析,果园朝向间的数据使用 Duncan 多重比较后在 0.05 水平下进行分析。

2 结果与分析

2.1 卵在苹果树上的空间分布规律

苹果树叶片和果实上苹果蠹蛾的着卵量有显著差异(图 1),叶片上的卵量显著高于果实上的卵量($P < 0.01$),占总卵量的 58.2%(N = 736 粒);且叶片上的卵主要分布于叶片正面,正面的卵量占叶片上总卵量的 69.6%(N = 428 粒)。

从表 1 可以看出,苹果蠹蛾卵在树冠不同方位上的分布有所差异,无论是叶片或果实上,东、南方向上卵的分布比例显著高于西、北方向,卵在东、南、西、北方位叶片上所占的比例依次为:

表 1 2 代苹果蠹蛾卵在苹果树冠不同方位上的分布

Table 1 Distribution of 2nd generation *Cydia pomonella* eggs in different position on apple tree

方位 Position	叶片 Leaf		果实 Fruit	
	均值(粒/叶) Mean(egg/leaf)	所占比例 Proportion(%)	均值(粒/果) Mean(egg/leaf)	所占比例 Proportion(%)
东 East	0.11803a	35.89	0.06822a	33.69
南 South	0.11359a	34.54	0.05941ab	29.34
西 West	0.05338b	16.23	0.03841b	18.97
北 North	0.04389b	13.34	0.03643b	17.99
上层 Upper	0.0910a	36.99	0.1337a	33.75
中层 Middle	0.0910a	36.99	0.1275a	32.18
下层 Lower	0.0640a	26.02	0.1350a	34.07

注:同一列数据后标有相同字母表示经 Duncan 多重比较后在 0.05 水平上差异不显著($P \geqslant 0.05$)。

Data followed by same letters in the same column indicate no significantly different at 0.05 level by Duncan's multiple range test.

表 2　苹果园中 2 代苹果蠹蛾卵的聚集度指标

Table 2　Aggregation indices of 2nd generation *Cydia pomonella* eggs

样本号 No. of sample	平均密度 m	方差 V	平均拥挤度 m^*	丛生指标 I	扩散系数 Ca	聚块性指标 m^*/m	聚集均数 λ
叶片 Leaf							
1	0.0450	0.0564	0.2983	0.2533	5.6289	6.6289	0.3312
2	0.0583	0.0650	0.1732	0.1149	1.9708	2.9708	0.2254
3	0.0617	0.0680	0.1638	0.1021	1.6548	2.6548	0.2200
4	0.0767	0.0943	0.3062	0.2295	2.9922	3.9922	0.3714
5	0.0850	0.0913	0.1591	0.0741	0.8718	1.8718	0.2395
6	0.0917	0.0934	0.1102	0.0185	0.2017	1.2017	0.1693
7	0.0933	0.1081	0.2519	0.1586	1.6999	2.6999	0.3346
8	0.0950	0.0962	0.1076	0.0126	0.1326	1.1326	0.1575
9	0.1017	0.1282	0.3623	0.2606	2.5624	3.5624	0.4389
10	0.1500	0.1878	0.4020	0.2520	1.6800	2.6800	0.5354
果实 Fruit							
1	0.0792	0.0816	0.1095	0.0303	0.3826	1.3826	0.1862
2	0.0792	0.0983	0.3204	0.2412	3.0454	4.0454	0.3875
3	0.0917	0.0920	0.0950	0.0033	0.0360	1.036	0.1220
4	0.0958	0.1205	0.3536	0.2578	2.6910	3.6910	0.4364
5	0.1125	0.1254	0.2272	0.1147	1.0196	2.0196	0.3328
6	0.1292	0.1548	0.3273	0.1981	1.5333	2.5333	0.4456
7	0.1333	0.4424	2.4521	2.3188	17.3953	18.3953	2.4785
8	0.1583	0.1840	0.3206	0.1623	1.0253	2.0253	0.4692
9	0.2000	0.2444	0.4220	0.2220	1.1100	2.1100	0.6090
10	0.2333	0.4809	1.2946	1.0613	4.5491	5.5481	1.4768

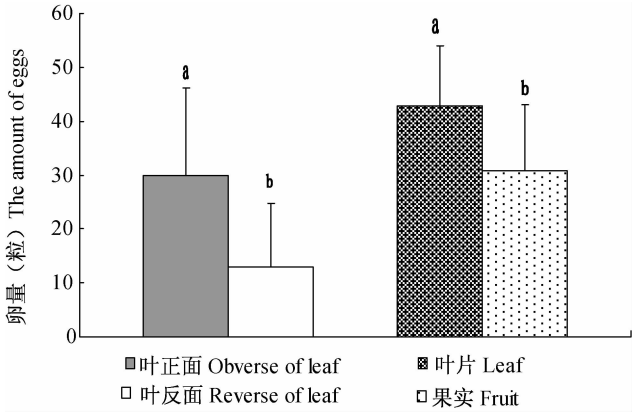

图 1　苹果蠹蛾 2 代卵在苹果树叶片及果实上的分布

Fig. 1　Distribution of the second generation eggs of codling moth in leaf and fruit of apple tree

图中不同字母表示差异显著(t 检验,$P < 0.05$)。

Histograms with different letters indicate significantly different at 0.05 level by t test.

35.89%、34.54%、16.23% 和 13.34%;在东、南、西、北方位果实上所占的比例依次为:33.69%、29.34%、18.97% 和 17.99%。这一结果可能与不同方位上的光照有关。但苹果蠹蛾卵在树冠不同层次上的分布差异不显著。

2.2　苹果蠹蛾卵的空间分布格局

2.2.1　聚集度指标的测定结果　丛生指标 I、扩散系数 Ca 和聚块性指标 m^*/m 的测定结果见表 2。从表 2 可以看出,苹果蠹蛾卵在叶片和果实上各个样本的丛生指标 $I > 0$、扩散系数 $Ca > 0$、聚块性指标 $m^*/m > 1$,表明第 2 代苹果蠹蛾卵在苹果树上的空间分布格局呈聚集分布。

2.2.2　Taylor 幂法则的测定结果　经对方差(V)和密度(m)用 Taylor 幂法则回归方程($\lg V = \lg a + b\lg m$)进行拟合,得出苹果蠹蛾卵在叶片和果实上的回归方程为:$\lg V = 0.0622 + 1.0035\lg m$(叶片,$r = 0.9696^{**}$)和 $\lg V = 0.5135 + 1.4190\lg m$(果实,$r = 0.8445^{**}$)。

从上述方程式可以看出,其参数 $\lg a > 0$ 且 $b > 1$,表明苹果蠹蛾卵在苹果叶片和果实上的分布

格局在一切密度下均呈聚集分布,且聚集强度随种群密度的升高而增加。

2.2.3 聚集因素分析 种群聚集均数(λ)可以分析苹果蠹蛾卵的聚集原因:当 λ < 2 时,聚集是由环境因素作用引起的,而不是由昆虫本身的习性活动引起;当 λ ≥ 2 时,聚集可能是由上述 2 个因素或其中之一所引起。由表 2 可知,在本次试验的密度条件下,各样本卵的聚集均数 λ < 2,表明苹果蠹蛾卵呈聚集分布的原因是由环境造成的,而不是由昆虫本身的习性活动所引起。结合卵在苹果树冠不同方位上分布的差异(表 1)分析,卵的聚集分布可能是由树冠局部的温度和光照差异造成的。

2.3 苹果蠹蛾卵理论抽样数的确定

根据 Taylor 幂法则回归方程式以及 Ruesink 和 Kogan 理论抽样数公式推导出苹果蠹蛾卵在叶片和果实上的理论抽样公式分别为:$n = \frac{t_a^2}{D^2}$ 1.1539 $m^{-0.9965}$(叶片)、$n = \frac{t_a^2}{D^2}$3.2621 $m^{-0.581}$(果实),据此求出置信水准 t_a = 1.96(概率保证为 95%),允许误差 D 分别为 0.2、0.1 时不同估计密度下的最适合理论抽样数如表 3 所示。

表 3 苹果园中苹果蠹蛾卵的理论抽样数

Table 3 Number of theoretical of *Cydia pomonella* eggs in apple orchard

允许误差 Error(D)	不同卵密度下的最适抽样数 Sampling number at different density of eggs						
	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.1
	叶片 Leaf						
0.2	2 740	2 193	1 829	1 568	1 373	1 221	1 099
0.1	10 957	8 773	7 316	6 274	5 492	4 884	4 397
	果实 Fruit						
0.2	2 033.1	1 785.9	1 606.4	1 468.7	1 359.1	1 269.2	1 193.8
0.1	8 132	7 143	6 425	5 875	5 436	5 077	4 775

3 讨论

苹果蠹蛾以幼虫蛀果为害,幼虫孵化后会很快蛀入果实,而卵期约 5 ~ 10 d,平均达到 9 d(秦占毅等,2007),因此了解和掌握苹果蠹蛾卵的空间分布格局,是准确掌握田间种群动态和实施有效防治策略的基础。本文研究结果表明,苹果蠹蛾第 2 代卵在苹果叶片上的着卵量显著高于果实上的卵量,这一研究结果与翟小伟等(2009)所报道的苹果蠹蛾 2 代卵在梨树上的分布情况一致。本文结果表明,叶片上的卵主要分布于叶片正面,占叶片上总卵量的 69.6%,而翟小伟等(2009)报道苹果蠹蛾 2 代卵在梨树叶片上主要分布于叶片背面,这种差异可能与树种有关。苹果蠹蛾 2 代卵在苹果树冠上的分布以东、南面的卵量最大,但在树冠上、中、下不同层次上的分布差异不显著,这与许永锋(2008)的研究结果一致,但与翟小伟等(2009)所报道的苹果蠹蛾卵在梨树树冠上的分布以中层最多、下层最少的结果有所差异。本文研究结果还表明,苹果蠹蛾卵在叶片和果实上均呈聚集分布,且聚集强度随种群密度的升高而增加,其聚集原因是由环境因素造成的,这一结果与翟小伟等(2009)及林伟丽等(2007)的研究结果一致。

根据本文研究结果,苹果蠹蛾卵主要分布树冠东、南方向的叶片上,因此在苹果蠹蛾的化学防治过程中,应该以树冠东南面为防治重点。

参考文献(References)

Blackith RE, 1961. The water reserves of hatchling locusts. *Comp. Biochem. Phys.*, 3(2):99—107.

David FN, Moore PG, 1954. Notes on contagious distribution in plant population. *Ann. Bot.*, 18(1):47—53.

Kuno E, 1968. Studies on the population dynamics of rice leafhoppers in a paddy field. *Bull. Kyushu Agric. Exp. Stn.*, 14:131—246.

Lloyd M, 1967. Mean crowding. *J. Anim. Ecol.*, 36(1):

1—30.

阿地力·沙塔尔, 陶万强, 张新平, 岳朝阳, 马四国, 牛天翔, 阿马努拉, 2011. 5 种引诱剂田间诱捕苹果蠹蛾效果比较. 西北农业学报, 20(3):203—206.

常小蓉, 2005. 金塔县苹果蠹蛾发生与宗防研究. 中国植保导刊, 25(4):35—36.

丁岩钦, 1994. 昆虫数学生态学. 北京:科学出版社. 22—134.

杜磊, 张润志, 蒲崇建, 贾迎春, 2007. 两种苹果蠹蛾性引诱剂诱捕器诱捕效率比较及地面植被的影响. 昆虫知识, 44(2):233—237.

金瑞华, 张家娴, 白章红, 刘龙, 李冬明, 1996. 苹果蠹蛾分布与降雨关系研究初报. 植物检疫, 10(3):129—141.

李新荣, 2007. 瓜州县防控苹果蠹蛾的成效与主要技术措施. 甘肃农业, (9):84—85.

林伟, 林长军, 庞金, 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.

林伟丽, 于江南, 薛光华, 2007. 苹果蠹蛾空间分布型及数学消长模型研究. 新疆农业大学学报, 30(1):40—43.

林伟丽, 于江南, 薛光华, 王永平, 2006. 新疆阿克苏地区苹果蠹蛾和梨小食心虫消长规律的研究. 新疆农业科学, 43(2):100—102.

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.

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(2):115—117.

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.

王春林, 王福祥, 2009. 苹果蠹蛾疫情防控阻截动态及思考. 植物保护, 35(2):102—103.

魏玉红, 罗进仓, 周昭旭, 刘月英, 2009. 苹果蠹蛾的发生与综合防控. 甘肃农业科技, (3):62—63.

徐汝梅, 成新跃, 2005. 昆虫种群生态学. 北京:科学出版社. 21—36.

许永锋, 2008. 苹果蠹蛾在张掖市发生与为害规律调查. 植物检疫, 22(4):246—248.

杨富银, 陈明, 罗进仓, 周昭旭, 2009. 不同食料对苹果蠹蛾生长发育和繁殖的影响. 植物保护, 2009, 35(5):62—64.

于江南, 吾木尔汗, 肉孜加玛丽, 范菊兰, 2004. 苹果蠹蛾越冬生物学及有效积温的研究. 新疆农业科学, 41(5):319—321.

翟小伟, 刘万学, 徐洪富, 万方浩, 2009. 蒲崇建苹果蠹蛾卵在梨园中的分布特性和空间格局. 植物保护学报, 36(4):343—348.

张开骅, 2010. 古浪县苹果蠹蛾的危害及综合防治. 甘肃农业科技, (5):61—62.

张连翔, 2006. Taylor 幂法则在昆虫种群抽样设计方面的应用. 东北林业大学学报, 34(6):54—57.

张新平, 岳朝阳, 刘爱华, 杨明禄, 盛承发, 阿里木, 张静文, 2011. 不同诱捕方法对苹果蠹蛾和梨小食心虫的诱捕效果. 新疆农业科学, 48(2):306—310.

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.

张耀荣, 蒋银荃, 2001. 苹果蠹蛾生物学特性及综合防治. 中国森林病虫, (1):21—23.

张志春, 王楠, 2006. 杨扇舟蛾卵和幼虫的空间分布型及抽样技术. 昆虫知识, 43(2):194—195.

周福铭, 戴峰, 罗文明, 张维保, 2006. 苹果蠹蛾的生物学特性与防治技术. 农业科技与信息, (7):13—14.

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.