

## 桃小食心虫卵的空间格局动态研究

贾楠<sup>1</sup>, 王小奇<sup>1\*</sup>, 刘薇薇<sup>2</sup>, 林文中<sup>2</sup>

(1. 沈阳农业大学 植物保护学院, 辽宁 沈阳 110161; 2. 普兰店市植物保护站, 辽宁 普兰店 116200)

**摘要:** 桃小食心虫 (*Carpocapsa niponensis* Walsingham) 是我国果树的主要害虫之一, 为了研究该虫在苹果园内的空间分布情况, 2009 年 7—8 月在大连市普兰店地区苹果园中对其进行动态调查研究。应用扩散系数 ( $C$ )、平均拥挤度 ( $m^*$ ) 等 6 种聚集度指标分析桃小食心虫卵的空间分布型, 结果表明, 桃小食心虫卵在 7 月 1—15 日、7 月 16—31 日、8 月 1—20 日在单棵苹果树上的空间分布型分别为均匀分布、聚集分布、聚集分布, 在整个苹果园中的分布型均为聚集分布。并利用聚集均数  $\lambda$  分析了该虫的聚集原因, 认为是由其自身的习性和环境因素中的任何一个, 或者二者共同作用引起的。

**关键词:** 桃小食心虫; 卵; 空间分布型; 聚集指标; 不同时期; 苹果树

**中图分类号:** S436.611.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1004-3268(2012)12-0106-04

Dynamics Studies on Spatial Distribution Pattern of  
*Carpocapsa niponensis* EggsJIA Nan<sup>1</sup>, WANG Xiao-qi<sup>1\*</sup>, LIU Wei-wei<sup>2</sup>, LIN Wen-zhong<sup>2</sup>

(1. College of Plant Protection, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110161, China;

2. Plant Protection Station of Pulandian, Pulandian 116200, China)

**Abstract:** *Carpocapsa niponensis* Walsingham is one of main pests damaging the apple tree in China. Six aggregation indices such as diffusion coefficient ( $C$ ) and mean crowding ( $m^*$ ) were used to analyze the spatial distribution of the eggs of *C. niponensis* Walsingham in the apple orchard during July to August, 2009. The results showed that the distribution of *C. niponensis* eggs belonged to the pattern of symmetrical distribution during July 1 to July 15, and aggregative distribution during July 16 to July 31, August 1 to August 20 on a single tree. But the distribution pattern in the whole apple orchard was aggregative distribution. The aggregation was caused by either one of its behavior and environment or the both through Arbous & Blackith's method.

**Key words:** *Carpocapsa niponensis* Walsingham; egg; spatial distribution pattern; aggregation index; different time; apple tree

桃小食心虫 (*Carpocapsa niponensis* Walsingham) 属于昆虫纲鳞翅目 (Lepidoptera) 果蛀蛾科 (Carpocapsidae), 又名桃蛀果蛾, 是果树的重要蛀果害虫之一, 主要危害苹果、梨、李子、山楂、沙果、海棠、杏等<sup>[1]</sup>。由于被害果内充满虫粪, 使果实提前变红、脱落, 导致果实的产量和质量严重下降。若未加防治或防治不及时, 虫果率常高达 30%~50%, 甚至 100%<sup>[2]</sup>。因此, 防治桃小食心虫不仅要选用适合的药剂, 更重要的是掌握准确的施药时机, 而正确

施药时间的确定则依赖于对桃小食心虫田间分布型的了解和正确的抽样调查方法<sup>[3-4]</sup>。

目前有关桃小食心虫卵的空间分布型研究中, 均以 1 次调查的数据分析作为结果, 但桃小食心虫卵在 6 月初可能已开始出现, 9 月中旬才逐渐消失, 历经 3 个多月, 所以某一次的调查数据不能准确反映实际情况。为了提高预测预报的准确性, 于 2009 年对辽宁省大连市普兰店地区苹果园内桃小食心虫卵的分布型做了动态的调查研究, 并提出了新的调查方法。

收稿日期: 2012-06-06

基金项目: 公益性行业 (农业) 科研专项 (200803006)

作者简介: 贾楠 (1985-), 女, 内蒙古呼和浩特人, 在读硕士研究生, 研究方向: 昆虫生态。E-mail: jiayuan\_yuan\_903@163.com

\* 通讯作者: 王小奇 (1961-), 男, 辽宁沈阳人, 教授, 主要从事昆虫生态研究。E-mail: wxq1120@sina.com

## 1 材料和方法

### 1.1 研究地点概况

研究样地普兰店地区位于东经  $121^{\circ}50'33''$  至  $122^{\circ}36'15''$ , 北纬  $39^{\circ}18'25''$  至  $39^{\circ}59'00''$ , 属北温带湿润季风气候区, 无严寒之冬和酷暑之夏, 却又四季分明。全年平均气温  $8.4 \sim 9.4^{\circ}\text{C}$ , 年平均降水量  $635 \sim 920.8\text{ mm}$ , 年无霜期  $174 \sim 188\text{ d}$ , 日照时数平均每天  $7\text{ h}$ 。

### 1.2 调查方法

(1) 选择 1 个桃小食心虫发生较重的已成龄苹果园, 随机取有卵树 10 棵, 于 2009 年 7 月 1—15 日、7 月 16—31 日、8 月 1—20 日 3 个时期分别进行调查, 每 2 d 调查一次。调查时每棵果树分为东、南、西、北、东北、东南、西北、西南 8 个方向, 对每个方位的果子编号调查(各 25 个), 共调查 200 个果, 记载各方位的卵果数, 并计算其平均数与方差。

(2) 于上述同样时期, 在桃小食心虫发生较重的 4 个果园中, 东南西北中 5 个方位各取 4 棵果树, 每棵果树随机调查 100 个果, 每 2 d 调查一次, 记载每棵的卵果数, 并计算其平均数与方差。

### 1.3 空间分布型的测定

采用聚集度指标法<sup>[3]</sup>, 其中主要指标有: 平均拥挤度  $m^*$ 、丛生指标 ( $I$ )、聚集性指标 ( $m^*/m$ )、Cassie 指标 ( $Ca$ )、扩散系数 ( $C$ )、负二项分布指标 ( $K$ )。  $I > 0, m^*/m > 1, Ca > 0, C > 1, K > 0$  时为聚集分布。

为进一步证明整个果园桃小食心虫的分布情况, 采用 Iwao  $m^*-m$  回归分析法和 Taylor 幂法则进行分析。Iwao  $m^*-m$  回归分析法<sup>[5]</sup>:  $m^*$  和平均密度  $m$  的回归方程为  $m^* = \alpha + \beta m$ , 其截距  $\alpha$  和回归系数  $\beta$  揭示种群分布特征,  $\alpha$  说明分布的基本成分按大小分布的平均拥挤度,  $\beta$  说明基本成分的空间分布型。

当  $\alpha < 0$  时, 个体间相互排斥;  $\alpha = 0$  时, 个体间分布均匀, 是单个个体;  $\alpha > 0$  时, 个体间相互吸引, 分布的是个体群。当  $\beta < 1$  时, 均匀分布;  $\beta = 1$  时, 泊松分布;  $\beta > 1$  时, 聚集分布。

Taylor 幂法则<sup>[6]</sup>: 分析  $S^2$  与  $m$  的关系, 即  $\lg S^2 = \lg a + b \lg m$ , 其中,  $a$  表示抽样因素,  $b$  为聚集特征指数。  $b \rightarrow 0$  时为均匀分布,  $b = 1$  时为随机分布,  $b > 1$  时为聚集分布。

### 1.4 聚集原因分析

应用 Arbous & Blackith 的聚集均数  $\lambda = mr/2K$  进行聚集原因的分析,  $m$  为样本平均数,  $K$  为负二项分布函数 ( $K = 1/Ca$ ),  $r$  是自由度为  $2K$ 、概率值取 0.5 的  $X^2$  分布函数值。根据种群聚集均数 ( $\lambda$ ) 判定标准, 当  $\lambda < 2$  时, 其种群聚集原因是某些环境因子影响; 当  $\lambda \geq 2$  时, 其聚集原因是昆虫自身聚集行为和环境因素中的任一因子或二者共同作用引起<sup>[7]</sup>。

### 1.5 数据分析

采用 DPS(V3.01 版) 数据处理系统进行统计分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 桃小食心虫卵在单棵苹果树上的空间分布型

对各个时期调查样点数据进行整理, 计算出桃小食心虫卵在单棵果树上的各种聚集度指标值, 结果见表 1—3。从统计结果可以看出, 7 月 16—31 日和 8 月 1—20 日的 10 个样方桃小食心虫卵聚集程度的每个参数值均符合聚集分布的条件:  $I > 0, m^*/m > 1, Ca > 0, C > 1, K > 0$ , 由此可以判断, 在这 2 个时期桃小食心虫卵在单棵果树上的空间格局为聚集分布, 而在 7 月 1—15 日即桃小食心虫产卵前期时, 卵的聚集度指标  $I < 0, m^*/m < 1, Ca < 0, C < 1, K < 0$ , 呈现均匀分布状态。

表 1 7 月 1—15 日桃小食心虫卵在单棵苹果树上的各项聚集度指标

样方号	$m$	$S^2$	聚集指标					
			$m^*$	$I$	$m^*/m$	$Ca$	$C$	$K$
1	1.250	1.071 43	1.107	-0.143	0.886	-0.114	0.857	-8.750
2	1.250	0.500 00	0.650	-0.600	0.520	-0.480	0.400	-2.083
3	0.875	0.410 71	0.344	-0.531	0.394	-0.606	0.469	-1.649
4	0.875	0.696 43	0.671	-0.204	0.767	-0.233	0.796	-4.288
5	1.125	0.410 71	0.490	-0.635	0.436	-0.564	0.365	-1.772
6	1.000	0.666 67	0.667	-0.333	0.667	-0.333	0.667	-3.000
7	1.625	0.553 57	0.966	-0.659	0.594	-0.406	0.341	-2.465
8	0.750	0.500 00	0.417	-0.333	0.556	-0.444	0.667	-2.250
9	1.375	0.267 85	0.570	-0.805	0.414	-0.586	0.195	-1.708
10	1.125	0.982 14	0.998	-0.127	0.887	-0.113	0.873	-8.859

注: 7 月 1—15 日期间累加卵果数为 91 个。

表 2 7 月 16—31 日桃小食心虫卵在单棵苹果树上的各项聚集度指标

样方号	m	$S^2$	聚集指标						$\lambda$
			$m^*$	I	$m^*/m$	Ca	C	K	
1	5.250	24.500 00	8.917	3.667	1.698	0.698	4.667	1.432	4.344
2	9.875	66.696 43	15.629	5.754	1.583	0.583	6.754	1.716	6.819
3	8.250	59.928 57	14.514	6.264	1.759	0.759	7.264	1.317	7.423
4	6.500	45.714 29	12.533	6.033	1.928	0.928	7.033	1.077	4.195
5	7.250	49.357 14	13.058	5.808	1.801	0.801	6.808	1.248	4.037
6	7.375	47.125 00	12.765	5.390	1.731	0.731	6.39	1.368	6.388
7	7.875	42.696 43	12.297	4.422	1.561	0.561	5.422	1.781	7.428
8	8.500	54.857 14	13.954	5.454	1.642	0.642	6.454	1.559	6.461
9	8.875	64.696 43	15.165	6.290	1.709	0.709	7.290	1.411	3.574
10	5.750	29.928 57	9.955	4.205	1.731	0.731	5.205	1.367	4.984

注:7 月 16—31 日期间累加卵果数为 604 个。

表 3 8 月 1—20 日桃小食心虫卵在单棵苹果树上的各项聚集度指标

样方号	m	$S^2$	聚集指标						$\lambda$
			$m^*$	I	$m^*/m$	Ca	C	K	
1	1.875	2.982 14	2.465	0.590	1.315	0.315	1.590	3.175	1.580
2	3.875	5.839 29	4.382	0.507	1.131	0.131	1.507	7.644	3.635
3	3.375	13.410 71	6.349	2.974	1.881	0.881	3.974	1.135	2.067
4	3.000	8.857 14	4.952	1.952	1.651	0.651	2.952	1.537	2.313
5	3.625	9.410 71	5.221	1.596	1.440	0.440	2.596	2.271	1.892
6	3.125	7.839 29	4.634	1.509	1.483	0.483	2.509	2.071	2.535
7	3.875	7.553 57	4.824	0.949	1.245	0.245	1.949	4.082	3.484
8	3.750	14.785 71	6.693	2.943	1.785	0.785	3.943	1.274	3.488
9	4.500	11.714 29	6.103	1.603	1.356	0.356	2.603	2.807	4.288
10	1.875	2.410 71	2.161	0.286	1.152	0.152	1.286	6.563	1.763

注:8 月 1—20 日期间累加卵果数为 263 个。

## 2.2 桃小食心虫卵在整个果园的空间分布型

对各个时期调查样点数据整理,计算出桃小食心虫卵在整个果园的各种聚集度指标值,结果见表 4—6。由分析结果可以看出,桃小食心虫卵在 3 个

时期的聚集程度各参数值均为: $I > 0$ ,  $m^*/m > 1$ ,  $Ca > 0$ ,  $C > 1$ ,  $K > 0$ ,由此可以判断出,在桃小食心虫卵的整个发育历期,其在整个果园中都表现为聚集状态。

表 4 7 月 1—15 日桃小食心虫卵在整个果园的各项聚集度指标

样地号	m	$S^2$	聚集指标						$\lambda$
			$m^*$	I	$m^*/m$	Ca	C	K	
1	18.400	54.300	20.351	1.951	1.106	0.106	2.951	9.431	17.891
2	15.400	45.300	17.342	1.942	1.126	0.126	2.942	7.932	14.891
3	13.400	36.800	15.146	1.746	1.130	0.130	2.746	7.674	12.520
4	18.800	52.700	20.603	1.803	1.096	0.096	2.803	10.426	18.338

表 5 7 月 16—31 日期间桃小食心虫卵在整个果园的各项聚集度指标

样地号	m	$S^2$	聚集指标						$\lambda$
			$m^*$	I	$m^*/m$	Ca	C	K	
1	25.800	68.200	27.443	1.643	1.064	0.064	2.643	15.699	24.931
2	23.000	67.500	24.935	1.935	1.084	0.084	2.935	11.888	22.578
3	21.000	53.000	22.524	1.524	1.073	0.073	2.524	13.781	20.831
4	25.400	69.800	27.148	1.748	1.069	0.069	2.748	14.531	24.769

表 6 8 月 1—20 日期间桃小食心虫卵在整个果园的各项聚集度指标

样地号	m	$S^2$	聚集指标						$\lambda$
			$m^*$	I	$m^*/m$	Ca	C	K	
1	18.800	65.200	21.268	2.468	1.131	0.131	3.468	7.617	17.697
2	16.000	51.500	18.219	2.219	1.139	0.139	3.219	7.211	14.800
3	17.000	63.500	19.735	2.735	1.161	0.161	3.735	6.215	15.509
4	16.400	60.300	19.077	2.677	1.163	0.163	3.677	6.127	15.177

### 2.3 空间格局 $Iwao$ 的回归模型

对 7 月 1—15 日、7 月 16—31 日和 8 月 1—20 日期间桃小食心虫卵在整个果园的分布情况进行  $Iwao$   $m^*-m$  回归分析,结果如下:7 月 1—15 日期间的空间  $m^*-m$  回归方程为  $m^* = 1.605\ 11 + 1.015\ 48m$ ,  $r = 0.999\ 4$ ;7 月 16—31 日期间的空间  $m^*-m$  回归方程为  $m^* = 1.286\ 55 + 1.017\ 90m$  ( $r = 0.997\ 2$ ),8 月 1—20 日期间的空间  $m^*-m$  回归方程为  $m^* = 2.105\ 89 + 1.024\ 57m$  ( $r = 0.983\ 6$ )。

结果表明,其中  $\alpha$  均大于 0,说明桃小食心虫卵在整个果园分布的基本成分是个体群,且个体间互相吸引; $\beta$  均大于 1,表明桃小食心虫卵在整个果园都呈现聚集分布。

### 2.4 Taylor 幂法则

对 3 个时期整个果园桃小食心虫卵的 Taylor 幂指数聚集度指标分别计算,结果如下:7 月 1—15 日期间桃小食心虫卵在整个果园空间分布的  $S^2$  与  $m$  的回归方程为  $\lg S^2 = 0.340\ 75 + 1.095\ 18 \lg m$ ,  $r = 0.983\ 4$ ;7 月 16—31 日期间的回归方程为  $\lg S^2 = 0.179\ 21 + 1.184\ 35 \lg m$ ,  $r = 0.879\ 6$ ;8 月 1—20 日期间的回归方程为  $\lg S^2 = 0.353\ 61 + 1.156\ 62 \lg m$ ,  $r = 0.776\ 7$ 。结果表明, $b$  值均大于 1,说明桃小食心虫卵在整个果园都呈现聚集分布。

### 2.5 聚集原因分析

昆虫种群在空间的聚集原因,既可能是由于物种自身行为特性中的聚集习性所致,也可能是由于受某些环境因素的影响,本研究根据 Arbous & Blackith 的种群聚集均数( $\lambda$ )判定标准进行判定。由表 2—6 可见,桃小食心虫卵在单棵果树及整个果园的聚集均数  $\lambda$  值多数大于 2,少部分小于 2,这说明桃小食心虫的聚集分布是由其自身习性和环境因素中任何一个引起的或两者共同作用引起的。

## 3 结论与讨论

空间分布型是昆虫种群的重要属性之一,是该种群在空间相对静止的分布状况,揭示了个体某一时期的行为习性、各环境因子对其的影响,以及空间结构异质性程度<sup>[3]</sup>,是桃小食心虫的生物学特性与特定条件相互作用、协同进化的结果。对桃小食心虫卵的空间分布型进行动态研究,不仅可以揭示其空间结构以及种群下的结构状况,而且对估计种群密度、确定某些试验统计数据和防治指标等都有重要的作用。

现场观测发现,样地人为活动频繁,周围有大面积其他农作物,可能为桃小食心虫成虫栖息创造良好环境。成虫喜傍晚出来活动,进行交配产卵,在调查中还发现,果树的东方及东北方向的卵果数较多,这

种现象可能与成虫的喜阴习性有关,其具体原因有待进一步研究。在调查中发现,桃小食心虫卵在单棵果树以及整个果园中的分布以每果 1 粒卵为多,少数有 2 粒或 3 粒,极个别会出现 5 粒的情况,并只有产卵前期在单棵树上表现为均匀分布,而其他各时期均呈现聚集分布,存在个体间的相互吸引,基本成分为个体群。分析其聚集原因,认为是由桃小食心虫自身的习性和被调查果园的整体环境因素中的任何一个因素引起的或 2 种因素共同作用下引起的。

有关桃小食心虫卵的空间分布型研究较多,结果均表明,桃小食心虫卵的空间格局呈聚集分布<sup>[4,8-9]</sup>。然而上述研究一般都采取静态的调查研究方法,以 1 次调查的数据分析作为结果。本试验是在上述研究的基础上进行的,在空间和时间上做了更详细的规划。在空间上,不仅调查统计了桃小食心虫卵在整个果园中的分布情况,还具体调查了其在单棵果树上的分布特点;在时间上,试验采取的是在桃小食心虫产卵的不同时期进行的分期调查,而不是仅在桃小食心虫卵的盛发期做一次调查,这样可以具体地体现桃小食心虫卵的动态变化。为了更好地指导整个果园中桃小食心虫的防治,本研究还用  $Iwao$  回归分析法和 Taylor 幂法则对整个果园的桃小食心虫卵分布进行了分析,为进一步确定理论抽样数提供了依据。本试验方法在以前方法的基础上得到了延伸,具有更明确的实践意义,虽然调查期长,但却能详细描述桃小食心虫卵空间分布型的整个动态变化,并且可以为抽样技术研究提供良好的理论依据与相关的试验方法,对指导桃小食心虫的防治有极其重要的意义。

### 参考文献:

- [1] 程家安,刘玉升. 桃小食心虫的研究概况[J]. 昆虫学报, 1997,28(2):86-931.
- [2] 姜元振,朴春树,张树丰,等. 桃小食心虫对苹果为害及其防治指标的制订[J]. 植物保护学报,1990,17(4):359-364.
- [3] 徐汝梅,成新跃. 昆虫种群生态学[M]. 北京:科学出版社,2005:7-60.
- [4] 朴春树,姜元振,赵凤玉,等. 苹果园桃小食心虫卵的分布型[J]. 中国果树,1989(3):24-27.
- [5] Iwao S. Application of the  $M^*-M$  method to analysis of spatial pattern by changing the quadra size[J]. Res Popul Ecol,1972,14(1):97-128.
- [6] Taylor L R. Aggregation, variance and the mean[J]. Nature,1961,189:7325.
- [7] 丁岩钦. 昆虫数学生态学[M]. 北京:科学出版社,1994:22-134.
- [8] 高兴文,孔繁华. 苹果园桃小食心虫的分布型及调查方法研究[J]. 山东农业大学学报:自然科学版,2000,31(3):244-248.
- [9] 周弘春,王贵强,林志伟,等. 桃小食心虫卵的空间分布型与序贯抽查[J]. 黑龙江八一农垦大学学报,1996,8(4):21-25.