应用昆虫学报 *Chinese Journal of Applied Entomology* 2014, 51(3): 661–667. DOI: 10.7679/j.issn.2095–1353.2014.079

玉米田蚜虫种群的空间动态*

白树雄** 张 聪 闫占峰 何康来 王振营***

（中国农业科学院植物保护研究所，植物病虫害生物学国家重点实验室，北京 100193）

摘 要 **【目的】** 明确我国黄淮海地区玉米蚜虫种类及其空间分布，掌握玉米蚜虫田间发生规律。**【方法】** 采用系统调查法于 2009—2010 年在河北廊坊对春玉米、夏玉米上玉米蚜虫种群的发生动态进行了研究。**【结果】** 结果表明，该地区取食为害玉米的蚜虫有 5 种；玉米蚜 *Rhopalosiphum maidis* (Fitch) 和禾谷缢管蚜 *R. padi* (L.)混合发生，为玉米田蚜虫的优势种群。**【结论】** 几种蚜虫的混合种群在玉米田间的动态分布始终呈聚集分布；二项分布 k 和聚集型指标 $m^*/\bar{x}$ 判断表明，随着玉米的生长发育，玉米蚜虫表现扩散-聚集-再扩散-再聚集的趋势。

关键词 玉米蚜虫，玉米，空间分布型，聚集指标

Spatial dynamics of aphids in corn fields

BAI Shu-Xiong** ZHANG Cong YAN Zhan-Feng HE Kang-Lai WANG Zhen-Ying***

(State Key Laboratory for the Biology of the Plant Diseases and Insect Pests, Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China)

Abstract **[Objectives]** To clarify the species of corn aphids and their spatial dynamics in north China cornfields. **[Methods]** Systematic investigations of aphid population dynamics and spatial distribution patterns were carried out in cornfields in 2009-2010 in Langfang, Hebei Province. **[Results]** Five species of aphids occurred in the cornfields; of which *Rhopalosiphum maidis* (Fitch) and *R. padi* (L) co-occurred and were the predominant species. **[Conclution]** Mixed aphid populations generally had an aggregated distribution on the corn plants but the degree of aggregation varied seasonally.

Key words corn aphids, maize, spatial distribution pattern, aggregation indices

玉米是我国三大粮食作物之一，还是重要的饲料作物及工业原料，在我国国民经济中具有重要地位。随着市场玉米需求量增大，玉米种植面积逐年扩大，自 2008 年玉米已经成为我国种植面积最大的作物，播种面积为 2 986 万 hm^2，总产为 1.659 亿吨（张合成和刘增胜，2009）。然而，近年来由于作物耕作制度的改变、气候变化、品种更替和多样化、玉米种植面积和种植密度的提高，玉米病虫害种类以及发生危害程度也发生了变化（石洁等，2005），玉米蚜虫的发生和为害近年来逐年加重（王永宏等，2002；丁伟等，2003，李丽莉等，2007；闫占峰等，2011），已成为我国玉米生产中急待解决的问题。目前，对玉米田蚜虫的发生为害研究较少，且主要局限在防治技术及生物学研究（卢方林等，2001；金焕贵等，2009；李耀光等，2010），缺乏系统的研究。因此，加强玉米田蚜虫发生演变特点的研究和分析，掌握其发生规律，对于制定正确的玉米

* 资助项目：现代农业产业技术体系建设专项（CARS-02）

**E-mail: sxbai@ippcaas.cn

***通讯作者，E-mail: wangzy61@163.com

收稿日期：2014-03-15，接受日期：2014-03-31

蚜虫防治策略，科学适时地指导生产防治具有重要的意义。本文通过对我国黄淮海地区玉米田蚜虫的发生及空间分布的研究，可以推测该害虫田间分布情况，对了解该害虫的种群动态和预测预报具有重要意义。

1 材料与方法

1.1 试验地点与调查方法

试验在中国农业科学院廊坊科研中试基地（116.4°E；39.3°N）玉米试验田完成。该试验田土质为沙壤土。本试验所有玉米品种均为目前华北地区种植主要品种-郑单 958，购买于北京德农种业有限公司。

本试验分为春播玉米和夏播玉米，春玉米于 2010 年 4 月 27 日播种，夏玉米分别于 2009 年 6 月 23 日和 2010 年 6 月 21 日播种。播种面积均在 2 000 m^2 以上，肥水管理按照常规进行，全生育期不使用任何化肥农药。

自玉米出苗后每天调查一次，当发现蚜虫后，每隔 5 d 调查一次，调查采用双平行线跳跃式取样，每次选 10 点，每点调查 30 株，记录玉米全株蚜虫种类及数量。计数精度视虫口密度而定，当每株虫量在 50 头以下时逐头实数；50~200 头时或 200 头以上时；分别以 5~10 头或 20 头为单位目测估计。田间不易识别的种类采集带回实验室内鉴定。

1.2 资料整理

对所调查的各种蚜虫数量进行分类统计，并将调查资料按日期、玉米生育期、蚜虫密度等进行综合分析，调查时间与玉米生育期见表 1，表 2。

1.3 数据处理及判断依据

将调查数据进行整理分析，计算每株的平均蚜量和方差，通过 SAS 软件计算分析，得到各项聚集度指标值。

扩散系数 C（丁岩钦等，1978），$C = S^2/\bar{x}$，其中 S^2 为样本方差，$\bar{x}$ 为种群的平均密度。当 $C < 1$ 时，种群为均匀分布；当 $C = 1$ 时，为随机分布；当 $C > 1$ 时，为聚集分布。

丛生指标 I（David and Moore，1954），$I = S^2/\bar{x} - 1$。当 $I < 0$ 时，种群为均匀分布；当 $I = 0$ 时，为随机分布；当 $I > 0$ 时，为聚集分布。

负二项分布 k 值（Waters，1959），$k = \bar{x}^2/(S^2 - \bar{x})$。当 $k < 0$ 时，种群为均匀分布；当 $k > 0$ 时，为聚集分布；当 $k \to \infty$（一般在 8 以上）时，为随机分布。

久野指数 C_A（Kuno，1968），$C_A = 1/k = (S^2 - \bar{x})/\bar{x}^2$。当 $C_A < 0$ 时，种群为均匀分布；$C_A = 0$ 时，为随机分布；$C_A > 0$ 时，为聚集分布。

平均拥挤度 m^* 和聚集性指标 $m^*/\bar{x}$（Lloyd，1967），$m^* = \bar{x} + (S^2 - \bar{x})/\bar{x}$。$m^*$ 为平均拥挤度指标，当 $m^*/\bar{x} < 1$ 时，种群为均匀分布；$m^*/\bar{x} = 1$ 时，为 Poisson 分布；$m^*/\bar{x} > 1$ 时，为聚集分布。

聚集均数 $\lambda = \dfrac{\bar{x}\lambda}{2k}$，式中 $\bar{x}$ 为害虫平均密度，k 为负二项式中 k 值，r 为自由度等于 $2k$ 的 $\chi^2_{0.05}$（卡方）分布函数值。当 $\lambda < 2$ 时，昆虫聚集是由环境条件引起的；当 $\lambda \geq 2$ 时，昆虫聚集是由昆虫本身的聚集习性或与环境因素综合作用引起的。

2 结果与分析

2.1 廊坊地区玉米田蚜虫种类

经调查发现在河北省廊坊地区为害玉米的蚜虫种类有 5 种，分别为：玉米蚜 *Rhopalosiphum maidis*（Fitch），荻草谷网蚜 *Macrosiphum miscanthi*（Takahashi），麦二叉蚜 *Schizaphis graminum*（Rondani），禾谷缢管蚜 *R. padi*（L），棉蚜 *Aphis gossypii* Glover。长期以来，国内荻草谷网蚜 *Macrosiphum miscanthi*（Takahashi）一直被误认为麦长管蚜 *Macrosiphum avenae*（Fabricius），本文引用文献时仍按照原文的麦长管蚜名称，同时由于称谓上的习惯，国内报道大多仍将荻草谷网蚜称为麦长管蚜。

其中，玉米蚜和禾谷缢管蚜混合发生，为玉米田优势种群。麦长管蚜在春玉米田初期为优势种群，而在其他时期及夏玉米田仅为零星发生。棉蚜及麦二叉蚜零星发生。

2.2 聚集度指标分析

春玉米田蚜虫调查数据的样本统计量及相关参数见表 1。结果表明：除 7 月 3 日玉米田蚜虫种群数量极低（百株虫量仅 1 头）外，其他各次调查的聚集度指标均满足 $C > 1$、$C_A > 0$、$I > 0$、$K > 0$、$m^*/m > 1$，并且 $K < 8$，空间分布型表现为聚集分布，因此在春玉米的全生育期内，玉米蚜虫的空间分布型为聚集分布。K 值越趋近于 0，聚集程度越高，各时期 K 值均比较小，说明聚集程度较高。

夏玉米田蚜虫调查数据的样本统计量及相关参数见表 2。结果表明：两年夏玉米田蚜虫种群的各项聚集度指标均满足 $C > 1$、$C_A > 0$、$I > 0$、$K > 0$、$m^*/m > 1$，并且 $K < 8$，空间分布型表现为聚集分布，因此夏玉米田蚜虫的空间分布型为聚集分布。K 值越趋近于 0，聚集程度越高，各时期 K 值均比较小，说明聚集程度较高。

2.3 聚集或扩散趋势分析

对春玉米田蚜虫聚集和扩散趋势进行分析，结果（表 1）表明，玉米蚜虫随着玉米生育周期呈现扩散-聚集-扩散的大体趋势。该趋势与蚜虫自身习性有关，当$\lambda \geq 2$ 时，昆虫聚集原因为昆虫本身聚集习性引起或由于昆虫本身聚集习性与环境条件 2 个因素。此时正处于蚜虫刚刚迁入或迁出玉米田，其聚集趋势多呈现扩散趋势。而当$\lambda < 2$ 时，昆虫聚集是由环境条件引起，此时蚜虫多呈现聚集趋势。

由表 2 可知，夏玉米田蚜虫聚集和扩散趋势也呈现大体先扩散后聚集趋势。但随着玉米生育期变化其聚集原因由单一环境条件转变为由多因素条件控制，其聚集趋势呈现扩散-聚集-扩散的短暂反复。

综合春玉米及夏玉米蚜虫聚集原因及聚集和扩散趋势分析，并结合玉米生育期，可知当玉米处于苗期蚜虫聚集原因主要由环境因素决定，后随着蚜虫数量变化，其本身聚集习性与环境条件等开始共同决定其聚集和扩散趋势。随玉米进入繁殖阶段，蚜虫数量开始上升，其聚集性出现阶段性的变化。

3 讨论

昆虫的种群空间分布图式分为随机分布、聚集分布、均匀分布 3 种，常用的概率分布模型有 Poisson 分布、负二项分布、奈曼分布和二项分布，其中 Poisson 分布属于随机分布，负二项分布、奈曼分布属于聚集分布，二项分布属于均匀分布(Iwao，1968)。国内外学者对几种主要的概率分布模型及其应用进行了详细的描述（David and Moore，1954；Waters，1959；Taylor，1961；Kuno，1968； Iwao，1972；丁岩钦，1980；Weiss *et al.*，1983; 徐汝梅等，1984；徐汝梅，1987；于秀林和任朝佐，1986）。对昆虫种群空间格局的分析，需要考虑昆虫聚集程度的测度，国内外学者从不同角度提出了一些衡量聚集程度的统计指标，主要有扩散系数 C（丁岩钦等，1978）、丛生指标 I（David and Moore，1954）、负二项分布 k 值（Waters，1959）、久野指数 C_A（Kuno，1968）、平均拥挤度 m^* 和聚块性指标 m^*/m (Lloyd，1967)等。

本文研究结果明确了我国黄淮海地区玉米种植区蚜虫种类，其空间分布型无论是春玉米田还是夏玉米田蚜虫均呈聚集分布。该结果与丁伟等(2002)、王永宏（2002）等研究结果一致。然而由于蚜虫优势种群不同，其聚集和扩散趋势也略有不同。黄淮海地区蚜虫在苗期多处于扩散趋势，而随着其种群数量变化、自身聚集习性及天敌等外部环境变化呈现聚集-扩散-聚集阶段性变化。玉米蚜虫的这种空间格局及其时序动态特征，一方面与其自身具有繁殖快、迁移性强的特点有关，另一方面受到营养、天敌和环境条件变化的影响。

对害虫种群空间格局的研究是田间抽样估计虫口密度方法的基础。对于玉米田蚜虫的抽样方法应根据其分布方式来决定。由于其呈聚集分布，因此应采取与聚集分布相适合的取样方法，如五点法，双平行线法等。本文试验调查仅采取了双平行线跳跃取样调查方法，无法比较各种抽

样方法的准确性；同时抽样所得数值能否真实反映玉米田间蚜虫种群密度还需进一步研究。

致谢：长江大学农学院 07 级实习生俞立杰、侯佳乐，湖南农业大学生物安全科学技术学院 07 级实习生赖小平以及吉林农业大学农学院 07 级实习生王婧、王丽妍参与了本研究的试验工作，在此一并致谢！

参考文献 (References)

David FN, Moore PG, 1954. Notes on contagious distributions in plant populations. *Annals of Botany*, (18): 47–53.

Iwao S, 1968. A new regression method for analyzing the aggregation pattern of animal populations. *Researches on Population Ecology*, 10(1): 1–20.

Iwao S, 1972. Application of the m^*-m method to the analysis of spatial patterns by changing the quadrat size method to the analysis of spatial patterns by changing the quadrat size. *Researches on Population Ecolog*y, 14(1): 97–128.

Kuno E, 1968. Studies on population dynamics of rice leafhopper in a paddy field. *Bulletin of the Kyushu National Agricultural Experiment Station*, (14): 131–246.

Lloyd M, 1967. Means crowding. *Journal of Economic Entomology*, (36): 1–13.

Taylor LR, 1961. Aggregation, variance and the mean. *Nature*, 189(4766):: 732–735.

Waters WE, 1959. A quantitative measure of aggregation in insects. *Journal of Economic Entomology*, 52(6): 1180–1184.

Weiss MJ, Mayo ZB, Newton JP, 1983. Influence of irrigation practices on the spatial distribution of corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae) eggs in the soil. *Environmental Entomology*, 12(4): 1293–1295.

丁伟, 王进军, 赵志模, 陈贵红, 2002. 春玉米田蚜虫种群的数量消长及空间动态. 西南农业大学学报, 24(1): 13–16. [DING W, WANG JJ, ZHAO ZM, CHEN GH, 2002. Studies on the population dynamics of aphids on spring sown maize. *Journal of Southwest Agricultural University,* 24(1): 13–16.]

丁伟, 赵志模, 王进军, 陈贵红, 2003. 三种玉米蚜虫种群的生态位分析. 应用生态学报, 14(9): 1481–1484. [DING W, ZHAO ZM, WANG JJ, CHEN GH, 2003. Niches analysis of three aphid populations on spring sowing maize. *Chinese Journal of Applied Ecology,* 14(9): 1481–1484.]

石洁, 王振营, 何康来, 2005. 黄淮海地区夏玉米病虫害发生趋势与原因分析. 植物保护, 31(5): 63–65. [SHI J, WANG ZZ, HE KL, 2005. Occurrence trend and the reason analysis of diseases and insect pests on summer corn in Huang-Huai-Hai Region. *Plant Protection,* 31(5): 63–65.]

丁岩钦, 1980. 昆虫种群数学生态学原理与应用. 北京: 科学出版社. 116. [DING YQ, 1980. The theory and application of insect population mathematical ecology. Beijing: Science Press, 116.]

丁岩钦, 李典谟, 陈玉平, 1978. 东亚飞蝗分布型的研究及其应用. 昆虫学报, 21(3): 243–259. [DING YQ, LI DM, CHEN YP, 1978. Studies on the patterns of distribution of the oriental migratory locust and its practical significance. *Acta Entomologica Sinica,* 21(3): 243–259.]

金焕贵, 伏广山, 赵英慧, 胡亚军, 2009. 不同药剂处理防治玉米蚜虫试验. 种子世界, (7): 26–27. [JIN HG, FU GS, ZHAO YH, HU YJ, 2009. Experiment on various chemical agents against corn aphid. *Seed world,* (7): 26–27.]

李丽莉, 王振营, 何康来, 白树雄，花蕾, 2007. 转 Bt 基因抗虫玉米对玉米蚜种群增长的影响. 应用生态学报, 18(5): 1077–1080. [LI LL, WANG ZY, HE KL, BAI SX, HUA L, 2007. Effects of transgenic corn expressing *Bacillus thuringiensis* cry1Ab toxin on population increase of *Rhopalosiphum maidis* Fitch. *Chinese Journal of Applied Ecology,* 18(5): 1077–1080.]

李耀光，刘太刚，孙友萍，卢丽华, 2010.高毒农药替代品种防治玉米蚜虫效果初探. 吉林农业，(7): 56. [LI YG, LIU TG, SUN YP, LU LH, 2010. Effect of alternative high toxic pesticides on corn aphids control. *Jilin Agriculture,* (7): 56.]

卢方林, 熊光明, 杨顺钊, 代亚芳，聂志钦，李国军，黎启明, 2001. 几种杀虫剂防治玉米蚜虫效果试验初报. 农药, 40(5): 28. [LU FL, XIONG GM, YANG SZ, DAI YF, NIE ZQ, LI GJ, LI QM, 2001. Studies of several pesticides on maize aphids control. *Pesticides,* 40(5): 28.]

王永宏, 仵均祥, 苏丽, 2002. 玉米蚜种群的空间动态. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 30(4): 55–58．[WANG YH, WU JX, SU L, 2002. Spatial dynamics of *Phopalosiphum maidis* population. Journal of Northwest Sci-tech University of Agriculture and Forestry (Natural Science Edition), 30(4): 55–58．]

徐汝梅, 1987. 昆虫种群生态学. 北京: 北京师范大学出版社. 8–13. [XU RM, 1987. Population ecology of insects. Beijing: Beijing Normal University Press, 8-13.]

徐汝梅, 刘来福, 丁岩钦, 1984. 改进的 IWAO M^*-M 模型. 生态学报, 4(2): 111–118. [XU RM, LIU LF, DING YQ, 1984. The improving of IOWA M^*-M model. *Acta Ecologica Sinica,* 4(2): 111–118.]

闫占峰, 王振营, 何康来, 2011. 棉蚜为害玉米初报. 植物保护,

37(6): 206 – 207. [YAN ZF, WANG ZY, HE KL, 2011. A preliminary report on *Aphis gossypii* infestation on corn. *Plant Protection,* 37(6): 206–207.]

于秀林, 任朝佐, 1986. 再次改进的 IWAO M*-M 模型. 生态学报, 6(3): 193 – 196. [YU XL, REN CZ, 1986. Further adapted IWAO M*-M model. *Acta Ecologica Sinica,* 6(3): 193–196.]

张合成, 刘增胜, 2009. 中国农业年鉴. 北京: 中国农业出版社. 12. [ZHANG HC, LIU ZS, 2009. China Agriculture Yearbook. Beijing: China Agriculture Press.]