棉田绿盲蝽的空间分布型及其抽样模型*

矫振彪 陆宴辉 吴孔明**

(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 100193)

摘 要 2009—2010 年于河北省廊坊市对棉田绿盲蝽 *Apolygus lucorum*(Meyer-Dür)的空间分布型及其抽样模型进行了研究。结果表明,绿盲蝽成虫空间分布型与其种群密度有关,当种群密度大于百株 1.6 头时呈随机分布,当小于百株 1.6 头时一般呈聚集分布;绿盲蝽若虫在不同种群密度下均呈聚集分布;绿盲蝽整个种群呈 Possion 分布。应用 Iwao 的抽样模型建立了棉田绿盲蝽的理论抽样数公式:$N=(1.35/\bar{x})/D^2$。

关键词 绿盲蝽,棉花,空间分布型,抽样模型

Spatial distribution of *Apolygus lucorum* in cotton fields

JIAO Zhen-Biao LU Yan-Hui WU Kong-Ming**

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

Abstract We studied the spatial distribution of *Apolygus lucorum* (Meyer-Dür) in cotton fields in Langfang, Hebei Province in 2009 and 2010. The results show that the spatial distribution of adult *A. lucorum* usually fitted a uniform distribution when population density was higher than 1.6 individuals per 100 cotton plants, and changed to a clumped distribution if the density was lower than this. The spatial distribution of *A. lucorum* nymphs was clumped, whereas that of the population as a whole approximated the Possion distribution. The formula of the optimum theoretical sampling model constructed using Iwao's method was $N=(1.35/\bar{x})/D^2$.

Key words *Apolygus lucorum*, cotton, spatial distribution, sampling model

盲蝽属半翅目盲蝽科,种类繁多,是一类重要的农业害虫(Wheeler,2001)。近年来,由于转 Bt 基因棉花的大面积种植等原因,盲蝽发生为害程度日益加重,成为了制约我国棉花安全生产的关键因子(陆宴辉等,2007;Lu *et al.*,2010)。盲蝽寄主范围广泛、世代重叠现象严重且具有较强的活动扩散能力,在生产上防治困难(Lu *et al.*,2007)。发展科学合理的盲蝽种群测报与治理技术体系迫在眉睫。

害虫空间分布型及抽样模型对害虫种群监测及综合治理措施的制定具有重要意义。本文以我国盲蝽优势种类——绿盲蝽 *Apolygus lucorum*(Meyer-Dür)为研究对象,系统研究了绿盲蝽在棉田的空间分布型及抽样模型,为该害虫的种群监测、及时防控提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地点与调查方法

试验在河北省廊坊市安次区中国农业科学院廊坊科研中试基地进行,供试棉花品种为转 Bt 基因棉 SGK321,由中国农业科学院生物技术研究所提供。棉田面积为 0.5 hm^2,每年 5 月初进行播种,按常规方法进行栽培管理,同时全生育期内不喷施任何杀虫剂。

2009 和 2010 年的 6—9 月份,每 5 ~ 10 d 进行 1 次系统调查。每次随机选取 100 个以上调查点,每个调查点顺行选取棉花 5 株,采用目测法调查棉花上绿盲蝽若虫、成虫数量。

1.2 数据分析

将不同年份、不同日期调查数据按成虫、若虫

* 资助项目:公益性行业(农业)科研专项(200903004)。

**通讯作者,E-mail:kmwu@ippcaas.cn

收稿日期:2012-02-28,接受日期:2012-04-19

及整个种群(成虫和若虫)进行统计整理。应用多种数学模型确定其空间分布,分析聚集原因,并提出抽样技术。

1.2.1 聚集指数的检验 (1)采用公式 $t_0 = \left|\frac{s^2}{\bar{x}} - 1\right| / \sqrt{\frac{2}{n-1}}$($n$ 为样本容量),对每组调查数据的 Poisson 分布系数 C,即扩散系数进行 t 检验。(2)I 指标:$I = s^2/m - 1$(s^2 为样本方差,m 为样本均数)。当 $I<0$ 时为均匀分布,当 $I = 0$ 时为随机分布,当 $I>0$ 时为聚集分布。(3)m^*/m 指标:当 $m^*/m<1$ 时为均匀分布,当 $m^*/m = 1$ 时为随机分布,当 $m^*/m>1$ 为聚集分布。(4)扩散系数(C):$C = s^2/m$。当 $C<1$ 时为均匀分布,当 $C = 1$ 时为随机分布,当 $C>1$ 时为聚集分布。(5)扩散型指数 I_δ 法:$I_\delta = n(\sum (fx_i^2 - N)/N(N-1))$。其中 n 为抽样数,N 为总虫数,x_i 为 i 样本的虫口数。当 $I_\delta<1$ 时为均匀分布,$I_\delta = 1$ 时为随机分布,$I_\delta > 1$ 时为聚集分布。(6)负二项分布中的 K 指标:$K = m^2/(s^2 - m)$。当 $K<0$ 时为均匀分布,当 $K>0$ 时为聚集分布,当 K 趋向于正无穷大时为随机分布。

1.2.2 线性回归的方程检验 采用 Iwao(1977)提出的 $m^* - m$ 回归分析法即 $m^* = \alpha + \beta\bar{x}$,方程式中 α 为分布的基本成分按大小分布的平均拥挤度,当 $\alpha<0$ 时,个体间相互排斥,当 $\alpha = 0$ 时分布的基本成分为单个个体,当 $\alpha>0$ 时个体间相互吸引,分布的基本成分为个体群。式中 β 为成分的空间分布式图,当 $\beta<1$ 时为均匀分布,当 $\beta = 1$ 时为随机分布,当 $\beta>1$ 时为聚集分布。聚集原因分析应用的种群聚集均数 λ 进行分析。$\lambda = r_m/2k$,式中 r 为 $2k$ 自由度 $\chi^2_{0.5}$ 的分布函数值。k 为负二项分布的参数,m 为平均值。当 $\lambda \geqslant 2$ 时,其聚集原因是由昆虫本身的习性引起或由于昆虫本身聚集习性与环境条件 2 个因素所引起的,当 $\lambda<2$ 时,其聚集可能由于某些环境因素作用所致。

1.2.3 抽样技术 理论抽样数的确定应用 Iwao(1977)的理论抽样原理,建立理论抽样模型:$N = t^2[(\alpha+1)/\bar{x} + \beta - 1]/D^2$,式中,$N$ 为最适抽样数,D 为允许误差,t 为概率保证值(实际调查中 $t = 1$),$\bar{x}$ 为平均值,α、β 为 $m^* = \alpha + \beta\bar{x}$ 直线回归方程的常数。然后求出理论抽样数,以此作为实际调查抽样数量。

2 结果与分析

2.1 空间分布型

2.1.1 成虫 2009 年绿盲蝽成虫在刚迁入棉田时,即当百株虫量小于 1.3 头时,成虫呈现聚集分布($C>1$,$P<0.05$);随后当百株虫量增加到 1.3 头以上时,成虫呈随机分布($C = 1$,$P<0.05$);2010 年百株成虫数量小于 1.6 头时,呈聚集分布($C>1$,$P<0.05$),当种群密度大于 1.6 头之后,采用 Iwao 法回归得 $m^* = -0.06 + 1.24\bar{x}$($R^2 = 0.98$),$\alpha \approx 0$,$\beta \approx 1$,绿盲蝽成虫呈随机分布(表 1)。

2.1.2 若虫 扩散系数 C 的 t 检验结果表明,2009 和 2010 年绿盲蝽若虫在不同种群密度下均呈聚集分布($C>1$,$P<0.05$)。除 2010 年 7 月 28 日调查 $\lambda>2$,其它聚集均数 $\lambda<2$,说明绿盲蝽的聚集是由环境因素引起(表 2)。

2.1.3 整个种群 Iwao 法分析表明,2009 年绿盲蝽整个种群回归方程为 $m^* = 0.37 + 0.68\bar{x}$($R^2 = 0.29$,$\alpha>0$,$\beta \approx 1$),2010 年为 $m^* = 0.44 + 0.97\bar{x}$($R^2 = 0.96$,$\alpha>0$,$\beta \approx 1$),2009 和 2010 2 年回归结果为 $m^* = 0.35 + 1.00\bar{x}$($R^2 = 0.94$,$\alpha>0$,$\beta = 1$)。绿盲蝽整个种群呈 Possion 分布(表 3)。

2.2 抽样技术

根据 Iwao 统计方法,建立了理论抽样数模型 $N = (1.35/\bar{x})/D^2$。在允许一定误差值(设 $D = 0.05$、0.1、0.15、0.2、0.3)的前提下,应用上述模型,即可求得棉田绿盲蝽不同种群密度与不同精度要求下应抽取的理论抽样数,随着棉田绿盲蝽种群密度的增大,抽样数减少,允许误差越大,抽样数越小(表 4)。

3 讨论

丁岩钦(1963,1965)研究了绿盲蝽和三点盲蝽的混合种群和单个种群的分布型,发现成虫属 Possion 分布;若虫的分布型则随棉田内虫口密度的高低而异,当每株平均虫口在 0.22 头以下时,一般呈 Possion 分布;而虫口密度增至 0.28 头以上时,则为核心分布与负二项分布。本研究中,绿盲

表 1　棉田绿盲蝽成虫空间分布型参数

Table 1　Spatial distribution pattern parameters of *Apolygus lucorum* adults in cotton fields

年份 Year	时间 Survey date	虫口密度(头/100 株) Population density (individuals per 100 plants)	平均密度 $\bar{x}$	方差 S^2	扩散系数 C	负二项分布 k	扩散指标 I_δ	平均拥挤度 m^*	聚集性指标 $m^*/\bar{x}$	聚集均数 λ
2009	7-04	1.20	0.01	0.01	0.92	-0.15	0.00	-0.07	-5.60	-0.02
	7-11	1.05	0.01	0.01	0.99	-1.16	0.00	0.00	0.14	-0.01
	7-18	1.26	0.01	0.02	1.49	0.03	130.36	0.50	39.96	0.11
	7-25	0.98	0.01	0.01	1.24	0.04	145.00	0.25	25.53	0.17
	8-03	1.30	0.06	0.07	1.00	16.28	4.71	0.07	1.06	0.06
	8-08	1.65	0.08	0.09	1.04	2.00	1.52	0.12	1.50	0.05
	8-15	1.64	0.08	0.08	0.92	-1.06	0.00	0.00	0.05	-0.05
	8-22	1.33	0.07	0.06	0.94	-1.07	0.00	0.00	0.06	-0.01
	8-29	1.89	0.09	0.10	1.03	3.55	1.24	0.12	1.28	0.08
	9-05	1.49	0.07	0.08	1.07	1.00	2.07	0.15	2.00	0.05
2010	6-28	2.20	0.11	0.13	1.16	0.71	0.87	0.27	2.41	0.04
	7-10	1.62	0.08	0.10	1.27	0.30	1.79	0.35	4.36	0.06
	7-16	2.80	0.14	0.13	0.94	-2.19	0.53	0.08	0.54	-0.11
	7-22	3.60	0.18	0.19	1.05	3.79	1.27	0.23	1.26	0.15
	7-28	14.50	0.73	0.73	1.01	65.37	1.02	0.74	1.02	0.72
	8-03	28.10	1.41	1.85	1.32	4.43	1.23	1.72	1.23	1.16
	8-09	18.60	0.93	1.06	1.14	6.63	1.15	1.07	1.15	0.87
	8-18	11.30	0.57	0.63	1.11	4.99	1.20	0.68	1.20	0.47
	8-25	7.10	0.36	0.36	1.02	21.81	1.05	0.37	1.05	0.34
	9-02	3.70	0.19	0.20	1.09	1.99	1.20	0.28	1.50	0.11
	9-07	4.20	0.21	0.19	0.90	-2.01	0.23	0.11	0.50	-0.18

表 2　棉田绿盲蝽若虫空间分布型参数

Table 2　Spatial distribution pattern parameters of *Apolygus lucorum* nymphs in cotton fields

年份 Year	时间 Survey date	虫口密度(头/100 株) Population density (individuals per 100 plants)	平均密度 $\bar{x}$	方差 S^2	扩散系数 C	负二项分布 k	扩散指标 I_δ	平均拥挤度 m^*	聚集性指标 $m^*/\bar{x}$	聚集均数 λ
2009	7-04	1.00	0.01	0.04	3.83	0.00	50.00	2.84	284.30	0.64
	7-11	0.90	0.01	0.01	1.33	0.03	44.33	0.34	37.17	0.07
	7-18	0	0	—	—	—	—	—	—	-
	7-25	0.74	0.01	0.01	1.66	0.01	270.67	0.67	90.50	0.15
	8-03	1.60	0.08	0.08	1.00	49.18	3.43	0.08	1.02	0.08
	8-08	2.55	0.13	0.17	1.31	0.42	3.45	0.43	3.41	0.07
	8-15	19.81	0.99	1.18	1.20	5.05	1.20	1.19	1.20	0.92
	8-22	2.92	0.15	0.17	1.16	0.90	2.14	0.31	2.11	0.04
	8-29	1.37	0.07	0.09	1.25	0.27	4.85	0.32	4.68	0.06
	9-05	1.81	0.09	0.10	1.15	0.60	2.76	0.24	2.67	0.03
2010	6-28	3.50	0.18	0.29	1.63	0.28	4.71	0.81	4.62	0.14
	7-10	3.15	0.16	0.20	1.26	0.62	1.07	0.41	2.62	0.06
	7-16	4.90	0.25	0.47	1.91	0.27	4.76	1.15	4.70	0.21
	7-22	42.80	2.14	3.40	1.59	3.64	1.27	2.73	1.27	0.13
	7-28	63.40	3.17	5.34	1.68	4.64	1.21	3.85	1.22	2.85
	8-03	35.40	1.77	1.91	1.08	22.93	1.04	1.85	1.04	0.02
	8-09	28.20	1.41	1.15	0.81	-7.58	0.87	1.22	0.87	-1.33
	8-18	31.00	1.55	2.37	1.53	2.93	1.34	2.08	1.34	1.15
	8-25	16.90	0.85	0.90	1.06	14.15	1.07	0.90	1.07	0.82
	9-02	8.00	0.40	0.55	1.37	1.10	1.77	0.77	1.91	0.25
	9.7	4.70	0.24	0.41	1.76	0.31	3.89	1.00	4.25	0.17

表 3 棉田绿盲蝽整个种群(成虫和若虫)空间分布型参数

Table 3 Spatial distribution pattern parameters of *Apolygus lucorum* (adults and nymphs) in cotton fields

年份 Year	时间 Survey date	虫口密度(头/100 株) Population density (individuals per 100 plants)	平均密度 $\bar{x}$	方差 S^2	扩散系数 C	负二项分布 k	扩散指标 I_δ	平均拥挤度 m^*	聚集性指标 $m^*/\bar{x}$	聚集均数 λ
2009	7-04	2.20	0.02	0.05	2.22	0.02	9.09	1.24	56.29	0.28
	7-11	1.95	0.02	0.02	1.14	0.14	8.53	0.16	7.96	0.03
	7-18	1.26	0.01	0.02	1.49	0.03	130.36	0.50	39.96	0.11
	7-25	1.72	0.02	0.02	1.41	0.04	89.23	0.43	24.96	0.093
	8-03	2.89	0.14	0.16	1.12	1.21	2.81	0.26	1.82	0.08
	8-08	4.20	0.21	0.25	1.17	1.21	1.84	0.38	1.83	0.12
	8-15	21.45	1.07	1.25	1.17	6.41	1.16	1.24	1.16	0.95
	8-22	4.25	0.21	0.24	1.13	1.69	1.60	0.34	1.59	0.15
	8-29	3.26	0.16	0.19	1.17	0.95	2.03	0.33	2.05	0.04
	9-05	3.30	0.16	0.17	1.03	4.83	1.21	0.20	1.21	0.14
2010	6-28	5.70	0.29	0.43	1.49	0.58	2.76	0.78	2.73	0.36
	7-10	4.77	0.24	0.30	1.27	0.87	0.87	0.51	2.14	0.06
	7-16	7.70	0.39	0.60	1.56	0.69	2.46	0.94	2.45	0.13
	7-22	46.40	2.32	3.72	1.60	3.86	1.26	2.92	1.26	1.91
	7-28	77.90	3.90	5.87	1.51	7.67	1.13	4.40	1.13	3.64
	8-03	63.50	3.18	4.16	1.31	10.28	1.10	3.48	1.10	0.07
	8-09	46.80	2.34	2.36	1.01	338.40	1.00	2.35	1.00	2.33
	8-18	42.30	2.12	2.87	1.36	5.96	1.17	2.47	1.17	1.84
	8-25	24.00	1.20	1.30	1.08	14.93	1.07	1.28	1.07	1.14
	9-02	11.70	0.59	1.11	1.90	0.65	2.42	1.48	2.54	0.20
	9-07	8.90	0.45	0.56	1.26	1.68	1.48	0.71	1.59	0.31

表 4 棉田绿盲蝽种群理论抽样数

Table 4 The optimum sampling number of *Apolygus lucorum* in cotton fields

允许误差 Allowable error	绿盲蝽种群密度(百株虫量) Population density of *A. lucorum* (individuals per 100 plants)									
	1	5	10	15	20	25	30	40	50	100
0.05	54 000	10 800	5 400	3 600	2 700	2 160	1 800	1 350	1 080	540
0.1	13 500	2 700	1 350	900	675	540	450	338	270	135
0.15	6 000	1 200	600	400	300	240	200	150	120	60
0.2	3 375	675	338	225	169	135	113	84	68	34
0.3	1 500	300	150	100	75	60	50	38	30	15

蝽成虫空间分布型与虫口密度有关,虫口密度大于百株 1.6 头时一般呈聚集分布,若虫在不同虫口密度下均呈聚集分布,整个种群呈 Possion 分布,此外绿盲蝽分布型还与棉花生长期有关,这也是虫口密度影响空间分布型的表现。

盲椿象的空间分布受其发育虫态、季节不同、种群密度及农药使用等多个因素影响。多数盲椿象若虫的聚集程度要大于成虫(Wheeler,2001),若虫的聚集分布可能与卵的聚集分布、若虫所取食植物各组织的含氮量、庇护场所等因素有关(Sevacherian and Stern, 1972; Thistlewood and Smith,1996),美国牧草盲蝽 *Lygus lineolaris* 若虫聚集程度与若虫龄期有关,随着龄期增长其聚集程度逐渐增高(Mukerji,1973)。白豆草盲蝽 *Lygus elisus* 和豆荚草盲蝽 *Lygus hesperus* 的成虫和若虫在加利福尼亚棉田均呈负二项分布,若虫聚集程度比成虫高(Sevacherian and Stern,1972)。在华盛顿州和爱荷华州的扁豆田,豆荚草盲蝽成虫和

若虫随季节和种群密度变化而呈不同空间分布型,成虫在开始迁入扁豆田时呈聚集分布,随后生长季中期成虫在低种群密度下呈集群分布,在高种群密度下呈均匀分布或随机分布;若虫呈均匀分布,但在生长季后期种群密度上升时呈集群分布(Schotzko and O'Keeffe,1989)。在魁北克的果园中,4 种盲蝽 *Lygocoris communis*、*Lygidea mendax*、*Campylomma verbasci* 和 *Heterocordylus malinus* 的成虫和若虫均呈随机分布,果树不同部位的盲椿象数量没有差别,但若虫以团块形式呈随机分布,而成虫以个体呈随机分布(Boivin and Stewart,1983)。除上述因素外,农药的使用也会改变盲椿象的空间分布型(Yong and Yong,1988)。本文中发现若虫成聚集分布可能与成虫的相对集中产卵有关。

绿盲蝽整个种群呈 Possion 分布,可采用随机抽样法进行种群抽样,棉田内调查最适抽样数与种群密度和允许误差有关,故在实际调查中,应根据人力与时间的实际情况,选择适当的允许误差,对于调查测报可对照理论数表进行,为确定绿盲蝽抽样数提供了理论基础。

参考文献(References)

Boivin G, Stewart PK, 1983. Spatial dispersion of phytophagous mirids (Hemiptera:Miridae) on apple trees. *J. Econ. Entomol.*, 76(6):1242—1247.

Iwao S, 1977. The m^*-m statistics as a comprehensive method for analyzing spatial patterns of biological populations and its application to sampling problems// Morisita M (ed.). Studies on Methods of Estimating Population Density, Biomass and Productivity in Terrestrial Animals. Tokyo:JIBP Synthesis. 21—46.

Lu YH, Wu KM, Guo YY, 2007. Flight potential of *Lygus lucorum* (Meyer-Dür) (Heteroptera: Miridae). *Environ. Entomol.*, 36(5):1007—1013.

Lu YH, Wu KM, Jiang YY, Xia B, Li P, Feng HQ, Wyckhuys KAG, 2010. Mirid bug outbreaks in multiple crops correlated with wide-scale adoption of Bt cotton in China. *Science*, 328(5982):1151—1154.

Mukerji MK, 1973. The development of sampling techniques for populations of the tarnished plant bug, *Lygus lineolaris* (Hemiptera:Miridae). *Res. Popul. Ecol.*, 15(2):50—63.

SchotzkoD J, O'Keeffe LE, 1989. Geostatistical description of the spatial distribution of *Lygus hesperus* (Hemeroptera: Miridae) in lentils. *J. Econ. Entomol.*, 82(5):1277—1288.

Sevacherian V, Stern VM, 1972. Spatial distribution patterns of *Lygus* bugs in California cotton field. *Environ. Entomol.*, 1(6):695—704.

Thistlewood HMA, Smith RF, 1996. Management of the mullein bug, *Campylomma verbasci* (Meyer) (Heteroptera: Miridae), in pome fruit orchards of Canada//Alomar O, Wiedenmann RN (eds.). Zoophytophagous Heteroptera: Implications for Life History and Integrated Pest Management. Lanham: Entomological Society of America. 119—140.

Wheeler Jr AG, 2001. Biology of the Plant Bugs (Hemiptera: Miridae). New York:Cornell University Press. 507.

Young LJ, Young JH, 1988. The effect of insecticides on the spatial distribution of cotton insects. Proceedings of the Beltwide Cotton Production Research Conferences, January 3—8. Memphis. 323—324.

丁岩钦, 1963. 棉盲蝽生态学特性的研究Ⅱ. 棉株营养成分含量与盲蝽为害的关系. 植物保护学报, 2(4):365—370.

丁岩钦, 1965. 棉盲蝽生态学特性的研究Ⅲ. 棉盲蝽在棉田内的分布型及其影响因子分析. 昆虫学报, 14(3):264—273.

陆宴辉, 梁革梅, 吴孔明, 2007. 棉盲蝽综合治理研究进展. 植物保护, 33(6):10—15.