

南大港湿地飞蝗种群分布与芦苇空间格局的关系^{*}

季 荣^{1, 2**} 谢宝瑜² 李典谟² 原 惠¹ 杨洪升¹

(1. 新疆师范大学生命科学与化学学院 乌鲁木齐 830054;

2. 中国科学院动物研究所 农业虫害综合治理研究国家重点实验室 北京 100080)

Effects of reed population pattern on spatial distribution of *Locusta migratoria manilensis* in Nandagang wetland.

Ji Rong^{1, 2**}, Xie Bao-Yu², Li Dian-Mo², Yuan Hui¹, Yang Hong-Sheng¹ (1. College of Life Sciences and Chemistry, Xinjiang Normal University, Urumqi 830054, China; 2. State Key Laboratory Management of Pest Insects and Rodents, Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080, China)

Abstract The spatial distribution pattern of reed and *Locusta migratoria manilensis* (Meyen) were studied. The results showed that the both distribution patterns were best described using spherical models, which had spatial autocorrelation at distances about 502 m and 814 m, respectively. Locusts mainly located in northeast and southeast areas with worse reed conditions ($30 \sim 70$ individuals $\cdot$ m⁻²), but were rarely found in west and south areas with better reed conditions (> 120 , $70 \sim 120$ individuals $\cdot$ m⁻² respectively) and in north areas with the worst reed conditions (< 30 individuals $\cdot$ m⁻²), which showed significant correlation between locust distribution and reed densities.

Key words spatial patterns geostatistics *Locusta migratoria manilensis* *Phragmites australis*, Nandagang wetland

摘 要 利用地统计学方法, 在 GIS 平台下研究南大港湿地东亚飞蝗 *Locusta migratoria manilensis* (Meyen) 和芦苇 (*Phragmites australis*) 种群的空间格局及两者间的关系。结果表明, 研究区域内飞蝗、芦苇种群均具有较强的空间相关性, 变异函数曲线都为球状模型, 空间自相关范围分别为 502 m 和 814 m。其次, 飞蝗主要集中分布在研究区域内芦苇长势较差 ($30 \sim 70$ 棵 $\cdot$ m⁻²) 的东北部和东南部地块, 而在长势较好的西部 (> 120 棵 $\cdot$ m⁻²)、南部 ($70 \sim 120$ 棵 $\cdot$ m⁻²) 和极差的北部 (< 30 棵 $\cdot$ m⁻²) 几乎没有蝗虫的分布, 且蝗虫种群数量与芦苇密度存在显著的相关性。

关键词 空间格局, 地统计学, 东亚飞蝗, 芦苇, 南大港湿地

南大港湿地位于河北省沧州市东北部, 渤海湾沿岸, 地处海洋生态系统向陆地生态系统的过渡区域及太平洋沿岸鸟类的南北迁徙带上, 复杂多样的生境条件导致南大港湿地边缘效应显著, 生物多样性异常丰富, 自然生态系统完整复杂, 已被列为我国重要湿地名录^[1]。但自 20 世纪 80 年代以来, 南大港湿地东亚飞蝗 *Locusta migratoria manilensis* (Meyen) 灾害持续发生, 常年地毯式的化学防治不仅导致湿地内生物资源尤其鸟类大幅度减少, 而且严重破坏了湿地的生态功能和当地的农业环境, 由此造成蝗灾“年年防治, 年年成灾”的被动局面^[1]。

芦苇 (*Phragmites australis*) 是南大港湿地内

的植被优势种, 同时也是东亚飞蝗的主要寄主。基于地统计学和地理信息系统的有关蝗虫分布与芦苇空间格局关系的研究报道还很少。地统计学是研究那些在空间分布上既有随机性又有结构性的自然现象的科学, 地统计学的应用已在生物学、生态学的空间现象研究中起着重要作用。地理信息系统可将大区域范围内样点的属性数据同地理数据结合起来, 使在大尺度上

^{*} 国家自然科学基金项目 (30460028)、教育部科技研究重点项目 (206165) 和新疆维吾尔自治区高校科研资助项目 (XJEDU2005I23, XJEDU2004S20) 资助。

^{**} E-mail: jirongxj@yahoo.com.cn

收稿日期: 2006-11-22, 修回日期: 2007-01-24, 2007-05-23 再修回

分析研究对象的分布格局和变异规律变得较为方便。

本研究选择国家一类蝗区(即常年重点防治地区)河北省南大港国营农场水库为研究区,在GIS平台下运用地统计学方法,探讨飞蝗种群分布与其寄主芦苇间的空间格局关系,旨在为区域蝗灾预测、蝗区改造、湿地恢复及当地农业环境保护提供基础数据。

1 研究方法

1.1 研究区概况

南大港水库(38°28.04′~38°33.54′N, 117°25.74′~117°32.78′E)位于河北省黄骅市南大港国营农场境内,东临渤海,是南大港湿地的核心部分,主要面积约4 700 hm²。年均气温11.9℃,年均降水量627.6 mm,库区内主要是壤性土质,植被以芦苇为主^[3]。进入20世纪末,由于降雨量少、地下水利用过度、人工蓄水不足等原因,库区内除低洼地和防火沟里有季节性的积水外,常年处于枯水状态。

该水库是南大港湿地蝗虫主要发生区,每年高密度的群居型蝗蝻和成虫都主要分布在库区内。在蝗灾严重发生的年份,4~5龄蝗蝻最高密度可达10 000头·m⁻²,大面积芦苇被危害致只剩茎秆^[3]。给当地生态、农业和经济造成了严重损失,已列为国家一类蝗区即常年防治的重点地区^[4]。

1.2 数据采集与处理

数据采集于2002年夏蝗危害盛期,且于化学防治前进行。首先对整个研究区域采取450 m的栅格取样,共计289个样点(图1),然后在每一样方内采用双对角线法抽取5个100 m×100 m的样点,调查其蝗虫数量(头·m⁻²)和芦苇密度(棵·m⁻²)以求其平均值。

地统计学已被证明是分析土壤空间变异、生物学及生态学领域中空间分布格局最有效的方法之一^[5,9]。本研究地统计学采用ArcGIS(ver. 8.1)分析,计算公式为:

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i + h)]^2.$$

其中 $\gamma(h)$ 为变异函数; $N(h)$ 为采样点对观察值, $Z(x)$ 为系统属性 Z 在空间位置 x 处的值,是一个区域化随机变量。空间局部插值估计采用块段克立格法(Block Kriging,如果估计的不是某一点 X_0 的值,而是以 X_0 为中心块段的平均值)。

检验数据的正态分布是使用地统计学克立格方法的前提,只有当数据呈正态分布时,克立格方法才是可行的。本研究利用SPSS(ver. 12.0)统计软件中的P-P正态概率图法对数据进行检验^[7]。

将最新南大港水库地形图(1:15 000,南大港农场提供)矢量化,并将地图上由河北省沧州水文资源勘测局所测的312个点海拔高程在ArcGIS下进行空间插值以得到其二维平面图^[3]。

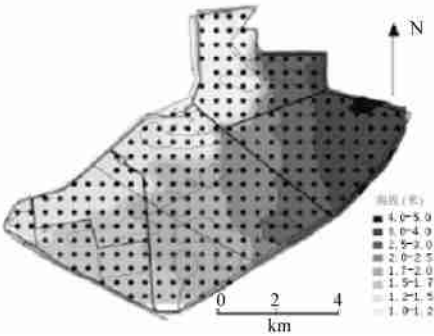


图1 样点与南大港水库高程图层叠加

2 结果与分析

2.1 东亚飞蝗和芦苇格局的变异函数及Kriging分析

表1表明,东亚飞蝗和芦苇两者的变异函数曲线均为球状模型,块金方差与基台值之比 $C_0/(C_0 + C)$ 表明,东亚飞蝗和芦苇由随机因素引起的差异分别占总空间异质性的19.48%和21.08%,而由空间自相关引起的空间变异性分别占总空间异质性的80.52%和78.92%,空间自相关范围分别为502 m和814 m。

$C_0/(C + C_0)$ 可揭示变量的空间变异程度,比值小于0.25,表示变量具有强烈的空间相关

性;若大于 0.75,则空间相关性很弱;若比值介于 0.25~0.75 之间,表明空间相关性中等;如果比值接近于 1,则无空间自相关性^[8,9]。由此得出,研究区域内东亚飞蝗和芦苇两者的空间分布具有较强的空间相关性,即自然因素对东亚飞蝗和芦苇空间格局的影响起主导作用。研究区域内东亚飞蝗和芦苇空间分布格局如图 2。

表 1 东亚飞蝗和芦苇变异函数理论模型及有关参数

变量	飞蝗密度(头·m ⁻²)	芦苇密度(棵·m ⁻²)
理论模型	球状模型	球状模型
C ₀	13.45	14.29
C+C ₀	69.05	67.79
C ₀ /(C+C ₀)	0.1948	0.2108
a(m)	502	814
R ²	0.837	0.803

C₀:块金方差, C₀+C:基台值, a:变程, R²:决定系数。

图 2A 表明,飞蝗种群空间分布具有明显的斑块特征,主要呈片状分布在研究区域的东北部和东南部,其中高密度蝗群(>100 头·m⁻²)集中分布在东北部,且芦苇受灾程度明显重于东南部(调查时,研究区域东北部地块的芦苇光杆面积远大于东南部)。研究区域的西部、中部及北部地块几乎没有蝗虫的分布。从图 2B 可看出,芦苇构成了研究区域的外貌景观,分布最广,数量最多,但长势不均,西部地块芦苇长势最好,芦苇平均密度超过 120 棵·m⁻²,东部和北部长势较差,平均密度不超过 50 棵·m⁻²,甚至小于 30 棵·m⁻²。其次,盐地碱蓬和碱蓬主要分布在芦苇长势较差的地块,集中在研究区域的东北部和东南部,呈片状聚集分布,两者多混生。

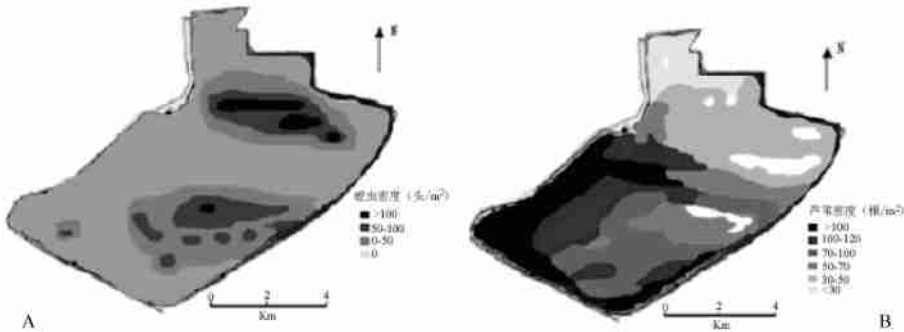


图 2 研究区域东亚飞蝗(A)和芦苇(B)的空间分布格局

2.2 蝗虫数量与芦苇密度的相关性分析

表 2 表明,芦苇的长势和疏密情况影响着蝗虫数量的分布,即在芦苇长势极好或极差的情况下,蝗虫数量很少,而在中等密度的芦苇

中,蝗虫数量较多。表 2 结果则进一步表明,在一定范围内,蝗虫数量与芦苇密度存在显著的正相关或负相关关系。

表 2 蝗虫数量与芦苇密度的相关性分析

样本 (个)	蝗虫密度(头·m ⁻²)				芦苇密度(棵·m ⁻²)				
	等级	最高	最低	平均	长势	最高	最低	平均	P
50	低	3	0	0.6±0.24	较好	210	67	91.7±8.06	-5.32*
50	低	9	0	4.1±0.24	极差	29	0	9.54±2.29	9.21*
50	中等—高	183	18	62.5±5.58	较差	76	26	32.4±6.21	16.08*

*表示显著水平的差异(P<0.05)。

3 结论与讨论

3.1 东亚飞蝗分布与芦苇空间格局的关系

研究结果表明,在一定程度上研究区域内的芦苇空间分布决定了飞蝗的空间分布特点,且两者数量之间存在显著的正相关或负相关关

系。分析其原因,首先与群居型东亚飞蝗的生物学习性有关^[19],正常情况下,群居型飞蝗有集中产卵和取食的行为,初孵化出来的幼蚴在附近取食,随着龄期增长和食量的增大,啃食完附近的芦苇后开始扩散迁移危害。其次,东亚飞蝗的分布与寄主植物芦苇的长势差异亦有关系。从图2可看出,研究区域内东亚飞蝗主要集中在芦苇长势较差(30~70棵·m⁻²)的东北部和东南部地块,而在长势较好的西部(>120棵·m⁻²)、南部(70~120棵·m⁻²)和极差的北部(<30棵·m⁻²)几乎没有蝗虫的分布。由表2再次证明,在一定范围内,研究区域内的蝗虫密度与其寄主芦苇的长势存在显著的正相关或负相关性。因此,地统计学为本研究探索东亚飞蝗种群空间分布的形成提供了可靠的分析方法,而对飞蝗寄主植物芦苇空间格局的地统计学分析则有助于揭示飞蝗种群空间分布形成的机制。

3.2 芦苇种群格局图在蝗灾预测及湿地恢复中的指导作用

芦苇分布格局是芦苇种群生物学特性对环境条件长期适应和选择的结果,明确芦苇种群的分布格局及其规律,对掌握其演变过程、蝗灾预测及其变化趋势有重要意义。通过地统计学变异函数分析和克立格法制图,得到区域尺度上芦苇的空间分布信息如芦苇长势差异斑块的形状及其大小、地理位置和相对位置,这不仅是对芦苇进行科学抽样的基础,而且可借助遥感技术反演地面芦苇长势状况,进而可预测最有可能发生蝗虫的区域,同时芦苇长势差异的空间分布图还可作为当地农业环境改造提供了理论依据。

其次,由于湿地淡水资源持续减少,海水不断侵蚀,研究区域湿生芦苇群落面临着被滩地

盐碱类植物取代的威胁。已有研究报道南大港湿地芦苇群落的形成经历了滨海裸滩涂、碱蓬群落、柽柳—碱蓬群落到芦苇群落的过程^[11],即从盐化积水的裸露滩涂向脱盐化的芦苇群落演替的途径。从图2B可以看出,碱蓬类等盐生植物主要集中分布在研究区域的东部,并有进一步扩散蔓延的趋势。这是因为在研究区域的东北侧有大规模的海产品养殖场,由于海水的不断引入已造成湿地内淡水咸化,土壤盐度不断增高,不能满足芦苇生长的基本条件,但促使了旱生耐盐碱的碱蓬类植物种类迅速繁殖。因此,在湿地恢复及当地环境改造与保护过程中,应以植物群落演替规律为依据,以淡水资源为突破口,人为阻止或减缓南大港湿地由湖泊到沼泽、洼地再到旱地以及植物群落的逆行演替过程。

参 考 文 献

1 张义文. 地理学与国土研究, 2001, 17 (4): 93~94.

2 李贻铨. 南大港农场水利志. 天津: 天津人民出版社, 1993. 4~48.

3 季荣, 张霞, 谢宝瑜, 李哲, 李典谟, 等. 昆虫学报, 2003, 46 (6): 713~719.

4 朱恩林. 中国东亚飞蝗发生与治理. 北京: 中国农业出版社, 1999. 3~38.

5 Li H., Remolds J. F. *Oikos*, 1995, 73 (2): 280~284.

6 Liebhold A. M., Rossi R. E., Kemp W. P. *Annu. Rev. Entomol.*, 1993, 38: 303~327.

7 卢文岱, 朱一力, 沙捷. SPSS for Windows 从入门到精通. 北京: 电子工业出版社, 1997.

8 Trangmar B. B., Yost R. S. *Adv. Agr.*, 1985 38: 44~94.

9 王政权编著. 地统计学及在生态学中的应用. 北京: 科学出版社, 1999.

10 季荣, 原惠, 谢宝瑜, 李哲, 李典谟. 昆虫知识, 2007, 44(1): 66~68.

11 赵彦民, 王立宝, 张义文, 周文志. 河北师范大学学报(自然科学版), 2003, 27 (3): 313~315.

《昆虫知识》中国学术期刊综合引证年度报告(2007)

总被引 频次	影响 因子	5 年影响 因子	即年 指标	他引总 引比	被引期 刊数	被引半 衰期	2006 载文量	基金论 文比	Web 即年 下载率	<i>h</i> 指数 (CN)
1478	1.068	1.071	0.092	0.75	264	5.2	218	0.85	32.2	16

(本刊)