

文章编号: 0529-6579 (2000) S2-0072-06

褐飞虱与白背飞虱自然种群空间关系*

周 强¹, 张润杰², 古德祥²

(1. 华南农业大学热带亚热带生态研究所, 广州 510642;

2. 中山大学生物防治国家重点实验室/昆虫学研究所, 广州 510275)

摘 要: 运用地质统计学中的交叉变差函数方法, 研究稻田中褐飞虱和白背飞虱自然混合种群密度的空间分布关系。结果表明: 在水稻不同生长发育期, 褐飞虱与白背飞虱存在正或负的相关关系, 但在水稻生长的个别阶段不同飞虱种群密度的空间关系不明显。褐飞虱与白背飞虱在早稻中多为不相关关系, 且方向差异不明显, 但在水稻生长的中期, 稻飞虱种间不但存在相关范围等于 18 m 的正相关关系, 而且存在相关范围等于 54 m 的负相关关系。两种飞虱在晚稻田中的空间关系多为负相关关系, 相关范围等于 54 m 或更大, 且方向差异较明显。

关键词: 褐飞虱; 白背飞虱; 空间关系; 地质统计学

中图分类号: Q968 **文献标识码:** A

褐飞虱 *Nilaparvata lugens* Stål (Brown planthopper, BPH) 和白背飞虱 *Sogatella furcifera* (White back planthopper, WBPH) 是严重危害水稻产量的 2 种迁飞性昆虫^[1]。褐飞虱和白背飞虱混合发生于水稻田中, 在水稻的各生育期均可发现两种飞虱的存在, 它们在稻田内的空间分布受不同水稻品种、不同的栽培管理和气候地理条件的影响^[2]。

深入研究种群与其系统中其它物种间的相互关系是系统生态学和害虫管理实践的基础^[3]。就空间范围而言, 多物种 (或群落) 的空间结构由垂直结构和水平结构组成^[4]。目前, 众多对种间关系的研究焦点都集中在对数量丰富度、关联系数、列联表和相似性系数等方法上, 前提是假设不同位置的样本相互独立, 各样本间不存在空间位置差异^[5], 即不考虑研究对象的空间位置对结果的影响, 而且对多种群间的空间关系的研究极少。但是, 自然环境或生物等变量并不是纯随机变量, 而是既有随机性, 又有结构性 (指在空间分布上有某种程度的相关性或连续性) 的变量。故经典统计学方法应用于比较不同昆虫种群空间关系时, 不能提供有相关范围和相关方向等更详细的结果。地质统计学是在地质分析和统计分析互相结合的基础上形成的一套分析空间相关变量的理论和方法, 它以区域化变量理论为基础, 以变差函数为主要工具, 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^[6,7]。它能充分利用调查数据的空间特征, 揭示周期性和无周期性生态

* 基金项目: 国家“九五”攻关资助项目 (96-005-01-01-06); 广东省自然科学基金资助项目 (960037)

收稿日期: 1999-10-15; 作者简介: 周强 (1968~), 男, 博士, 讲师; 通讯联系人: 张润杰

参数的本质; 它的估计值一般比经典方法更为精确, 并且可避免系统误差^[8].

1 材料与方法

1.1 试验地点和调查方法

实验样田设于广东省四会市大沙镇富溪乡, 该地区有多年的害虫综合防治史, 全乡农药施用量较少. 实验区内设面积为 3 600 m² (60 m × 60 m) 的样田 (图 1), 均匀分成 400 个 9 m² (3 m × 3 m) 的小样点, 样田内水稻品种和水肥管理等农业措施基本统一. 样方的调查时间为 1997 年早稻和晚稻两季. 在水稻生育期内, 平均每隔 10~15 d 调查 1 次. 每一样方调查 5 丛水稻, 目测褐飞虱和白背飞虱数量.

1.2 数据分析

用地质统计学中的交叉变差函数 (cross-variogram) 计算褐飞虱与白背飞虱在水稻不同生长期的交叉变差函数值, 具体计算公式如

$$\text{下}^{[9]}: r_{AB}(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z_A(x_i) - Z_A(x_i + h)] \cdot [Z_B(x_i) - Z_B(x_i + h)] \quad (1)$$

式中, $r_{AB}(h)$ 为相隔距离等于 h 的变量 A 与变量 B 之间的交叉变差函数值; $N(h)$ 是相隔距离为 h 的所有点的配对数; $Z_A(x_i)$ 是变量 A 在点 x_i 处的平均密度, $Z_A(x_i + h)$ 是变量 A 在点 $x_i + h$ 处的平均密度; $Z_B(x_i)$ 是变量 B 在点 x_i 处的平均密度, $Z_B(x_i + h)$ 是变量 B 在点 $x_i + h$ 处的平均密度. 值随距离 h 的增加而增大, 则表示两变量间存在正相关关系; 值随距离 h 的增加而变小, 则表示两变量间存在负相关关系; 值不随距离 h 的增加而改变, 或只是随机的改变, 则表示两变量间不存在相关关系. 两变量间的交叉变差函数值可能大于 0, 也可能小于 0, 这由两变量间的正相关或负相关关系决定.

2 结果与分析

2.1 褐飞虱和白背飞虱种群发生动态

褐飞虱和白背飞虱在稻田中发生高峰期的时间不相同. 褐飞虱在早晚稻田中发生的高峰期均出现在水稻生长的后期. 在早稻移栽后 100 d 和晚稻移栽后 72 d, 褐飞虱密度最高; 白背飞虱发生的高峰期则出现在水稻生长的中前期, 在早稻移栽后 60 d 和晚稻移栽后 50 d, 白背飞虱密度最高 (表 1). 从 2 种飞虱的种群动态变化来看, 早稻生长前期和后期, 2 种飞虱的密度差异较大; 晚稻生长中期, 2 种飞虱的密度差异较大. 上述结果表明: 两物种在样田中的密度变化, 在时间位上存在一定程度的不相关性或不相容性.

2.2 早稻褐飞虱与白背飞虱种间空间关系

1997 年早稻不同生长期不同方向、不同间距褐飞虱与白背飞虱交叉变差函数曲线见图 2. 在不同取样时间和沿不同空间方向, 褐飞虱与白背飞虱种群间的关系有较大变化.

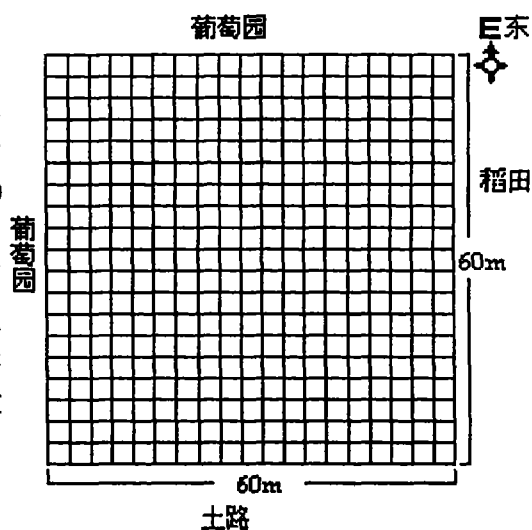


图 1 实验地取样点分布图

表1 不同时间褐飞虱和白背飞虱密度数据基本统计(四会富溪, 1997)

移栽时间 ¹⁾ d	n	平均密度 ²⁾		标准误差		偏斜度		最大值	
		BPH	WBPH	BPH	WBPH	BPH	WBPH	BPH	WBPH
42 ⁺	400	0.070	0.560	0.027	0.067	15.3	1.9	10	5
60 ⁺	200	0.085	1.775	0.030	0.095	5.4	0.6	3	6
70 ⁺	400	0.345	0.160	0.053	0.029	5.5	5.5	10	6
85 ⁺	400	0.335	0.095	0.046	0.028	4.1	13.8	7	10
100 ⁺	400	1.428	0.047	0.202	0.013	5.2	6.8	40	3
20 ⁻	400	0.053	0.864	0.022	0.119	5.3	2.4	2	8
50 ⁻	400	0.108	3.275	0.047	0.190	7.7	1.1	5	10
72 ⁻	400	0.250	1.158	0.069	0.198	11.8	2.6	4	13

1) 移栽后时间/d, + 为早稻, - 为晚稻; 2) 头/丛

总的来说, 褐飞虱与白背飞虱空间分布的关系多为不相关 1 种情况, 但在水稻生长中前期, 两物种间存在一定的正相关或负相关的关系。

水稻移栽后 42 d, 全方向和不同方向(南北和东西向)褐飞虱与白背飞虱的交叉变差函数值随距离的改变而呈随机的变化, 表明种间空间关系在此阶段基本上是不相关关系, 与空间位置的关系不大且无方向性(图 2a)。水稻移栽后 60 d, 褐飞虱与白背飞虱的分布关系与空间位置有关, 随着距离的增加, 两物种间的交叉变差函数值也逐渐下降, 并且从极小距离开始就小于 0, 南北与东西方向交叉变差函数曲线有着相同的变化趋势, 表明在此阶段, 褐飞虱与白背飞虱种群间关系为负相关关系, 即褐飞虱密度高的区域, 白背飞虱密度较低, 反之, 白背飞虱密度高的区域, 则褐飞虱密度较低; 负相关程度随距离的增加而增加, 两种飞虱的负相关范围等于 54 m(图 2b)。水稻移栽后 70 d, 与前一阶段相反, 褐飞虱与白背飞虱的种间关系为正相关关系。在 18 m 的范围内, 随着距离的增加, 两物种间的正相关程度增加, 即随着距离的增加, 两物种间密度空间分布的相似程度增加, 这种种间相关性的方向差异不明显; 当间距超过 18 m, 2 种飞虱间不再存在相关关系(图 2c)。水稻移栽后 85 d, 全方向交叉变差函数曲线表明: 褐飞虱与白背飞虱的种间关系为不相关关系; 但沿南北方向, 在间距为 30 m 的范围内, 褐飞虱与白背飞虱彼此间存在正相关关系, 而沿东西方向基本上为不相关关系(图 2d)。水稻移栽后 100 d, 褐飞虱与白背飞虱的空间关系基本上是随机的, 与空间位置的变化无关, 种间关系表现为不相关关系(图 2e)。

2.3 晚稻褐飞虱与白背飞虱种间空间关系

1997 年晚稻不同生长期不同方向、不同间距褐飞虱与白背飞虱交叉变差函数曲线见图 3。在不同取样时间和沿不同空间方向, 褐飞虱与白背飞虱种群间的关系不同, 且种间关系相对早稻更无规律性。

晚稻移栽后 20 d 和 50 d, 褐飞虱与白背飞虱的种间交叉变差函数曲线走向相似。在此阶段, 褐飞虱与白背飞虱密度分布的空间关系变化较小, 全方向交叉变差函数曲线表明褐飞虱与白背飞虱的种间关系为不相关关系, 但不同方向的种间关系有差异; 沿东西方向都为不相关关系, 但均沿南北方向有一定程度的负相关关系, 且负相关的范围较大, 为 54 m(图 3a)。水稻移栽后 72 d, 褐飞虱与白背飞虱的种间关系较复杂, 且与空间位置和方向有关, 全方向交叉变差函数曲线表明, 褐飞虱与白背飞虱的种间关系在 36 m 的距离

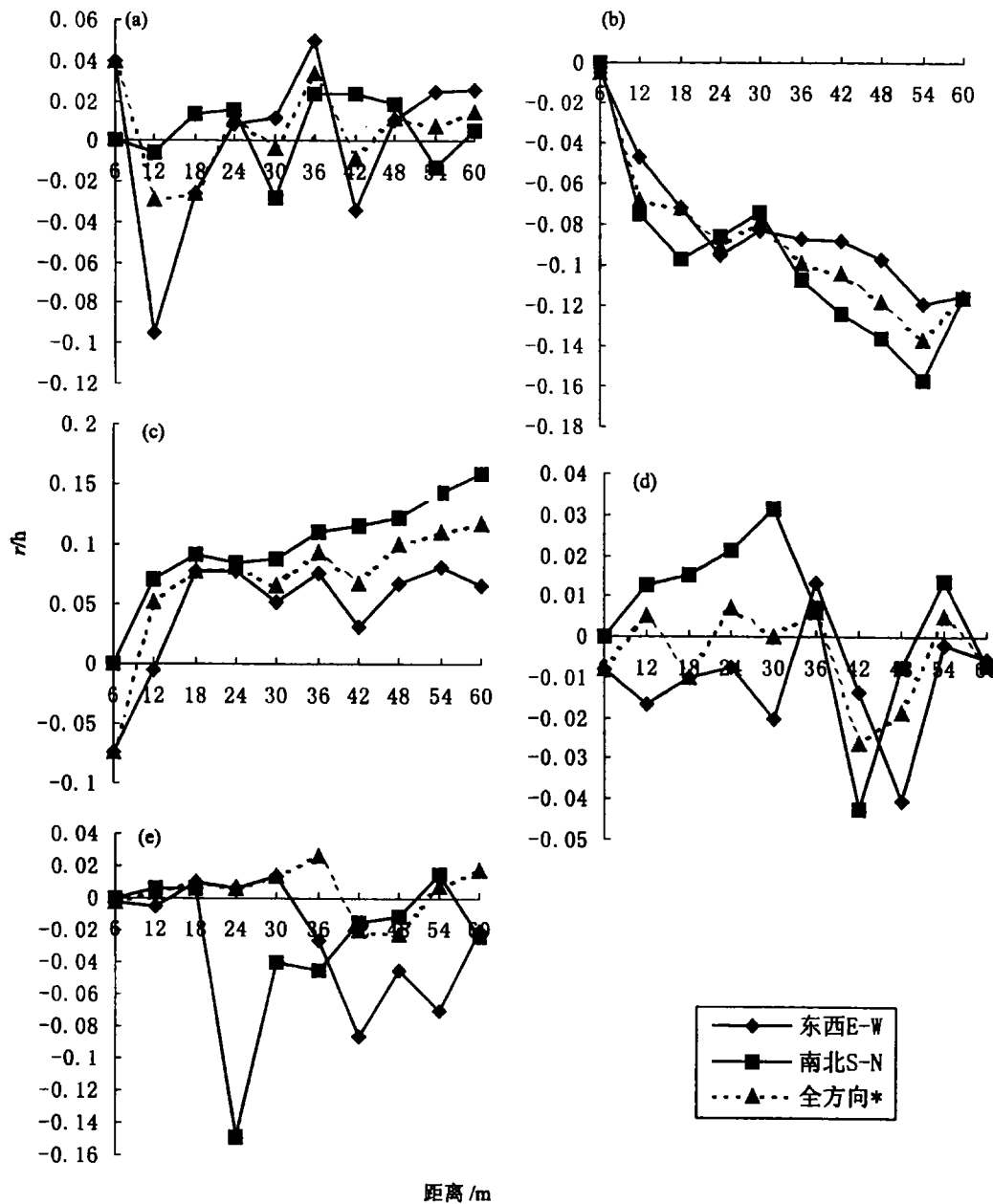


图2 早稻褐飞虱与白背飞虱种群间交叉变差函数图 (1997 早稻)
水稻移栽后时间/d: a 42; b 60; c 70; d 85; e 100

内为正相关关系; 沿东西方向, 随着距离的增加, 两物种间的正相关程度增加; 沿南北方向, 随着距离的增加, 两物种间的负相关程度增加, 褐飞虱与白背飞虱种群间沿南北方向存在明显的生境隔离现象 (图 3b)。

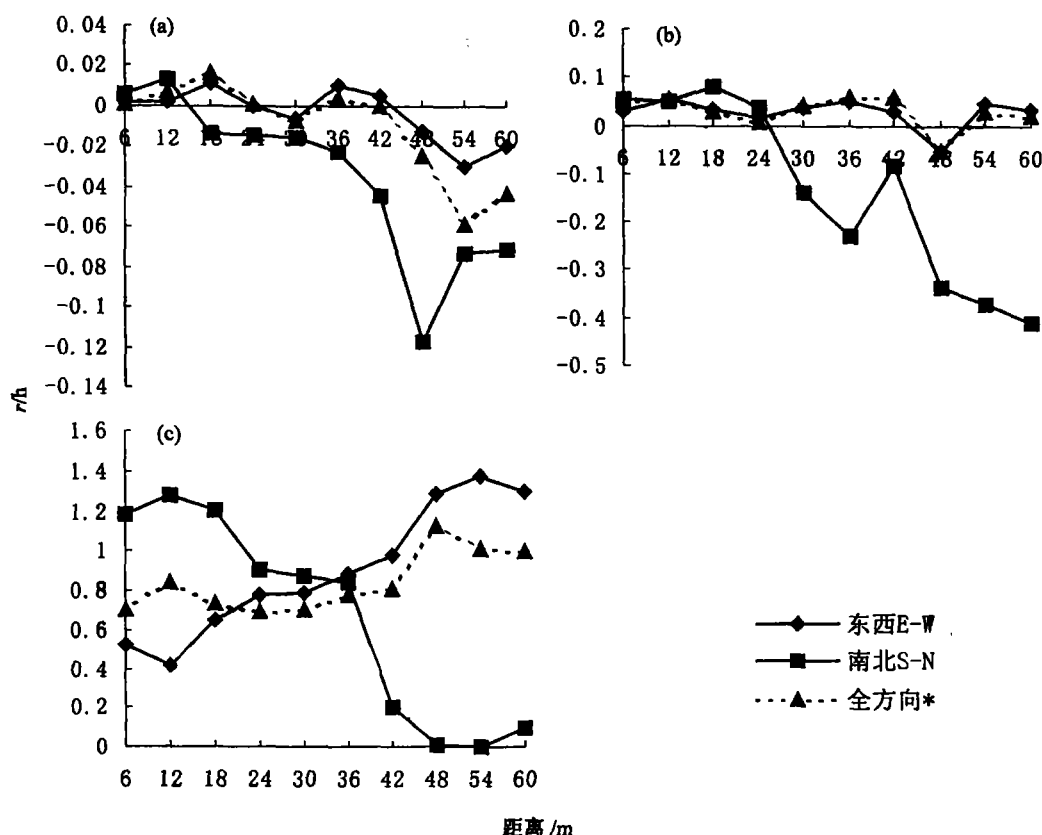


图3 晚稻褐飞虱与白背飞虱种群间交叉变差函数图(1997晚稻)

水稻移栽后时间/d: a 20; b 50; c 72

3 讨论

褐飞虱和白背飞虱混合发生于稻田生态系统中,用口器刺吸水稻植株下部茎秆中的汁液,它们有着基本相似的营养生态位。在水稻不同发育期褐飞虱与白背飞虱种群密度分布的空间关系不同,在早稻中多为不相关关系,且方向差异不明显,但在水稻发育的某些阶段稻飞虱种间也存在正相关或负相关关系。在晚稻中多为负相关关系,且方向差异较明显。导致这种现象的具体原因不清楚,可能与稻飞虱种群的快速增殖或水稻的生长发育,以及稻飞虱种群间或稻飞虱与水稻间存在的化学作用有关。Kuno^[10]提出在田间自然状态下,褐飞虱与白背飞虱种间的相互作用不太明显,总体上存在正相关倾向;王荣富等^[11]认为褐飞虱与白背飞虱种间作用对增殖、性比和翅型产生正或负的效应。本实验结果认为褐飞虱与白背飞虱种间存在相关关系,这与前人的研究结果相似,但是,从地质统计学的分析结果来看,褐飞虱与白背飞虱种间关系较复杂,种群密度分布除了正相关关系和不相关关系以外,也存在负相关关系。种群间的负相关关系表明,在水稻生长的一定阶段,褐飞虱与白背飞虱种间在空间上存在明显的生境隔离现象,说明褐飞虱与白背飞虱间存在一定范围和一定方向的种间竞争。在进行稻飞虱田间抽样时,应该考虑样点的间隔距离和方向性对抽样分析结果的影响。

种间空间结构的研究是一个复杂的问题, 目前的方法还不完善^[8]. 地质统计学方法不仅能发现种间关系的性质, 即回答种间属相关还是不相关关系的问题, 而且能揭示种间关系的存在范围和种间关系沿不同空间方向的变化, 如果在以地质统计学的空间分析方法的基础上, 结合地理信息系统 (GIS) 的空间数据显示和管理功能, 可为了解种间复杂关系提供准确和直观的研究工具, 这也是本研究有待继续深入的地方.

参考文献:

- [1] 汤金仪, 胡伯海, 王建强. 我国水稻迁飞性害虫猖獗成因及其治理对策建议. 生态学报, 1996, 16 (2): 167 ~ 173.
- [2] 程家安. 水稻害虫. 北京: 中国农业出版社, 1996.
- [3] 徐汝梅. 昆虫种群生态学. 北京: 北京师范大学出版社, 1987.
- [4] 孙儒泳. 动物生态学原理. 北京: 北京师范大学出版社, 1992.
- [5] DAVIS P M. Statistics for describing populations handbook of sampling methods for arthropods in agriculture. 1994.
- [6] 侯景儒, 尹镇南, 李维明, 等. 实用地质统计学. 北京: 地质出版社, 1998.
- [7] ROSSI R E, MULLA D J, JOURNEL A G, et al. Geostatistical tools for modeling and interpreting ecological spatial dependence. Ecological Monographs, 1992, 62 (2): 277 ~ 314.
- [8] 周国法, 徐汝梅. 生物地理统计学. 北京: 科学出版社, 1998.
- [9] 周强, 张润杰, 古德祥. 地质统计学方法及其在昆虫种群空间结构研究中的应用. 动物学研究, 1998, 19 (6): 482 ~ 488.
- [10] KUNO E. Studies on the population dynamics of rice leafhoppers in a paddy field. Bull Kyushu Agri Exp Sta, 1968, 14: 131 ~ 246.
- [11] 王荣富, 程退年, 罗跃进, 等. 褐飞虱与白背飞虱共栖时的互作效应. 应用生态学报, 1997, 8 (4): 391 ~ 395.

Spatial Interactions Between Brown Planthopper and White Back Planthopper in the Rice Fields

ZHOU Qiang^{*}, ZHANG Run-jie, GU De-xiang

Abstract: Both brown planthopper and white back planthopper are important pests of rice. The spatial interactions between brown planthopper and white back planthopper, in different rice growing seasons, were studied using geostatistical methods. It was shown that the main spatial interactions was no-interaction, but the positive and negative interaction occurred in the 1st rice season, and the ranges were 18 m and 54 m. In the 2nd rice season, spatial interaction between brown planthopper and white back planthopper was negative interaction with a range of 54 m, and displayed different interactions with different directions.

Keywords: brown planthopper; white back planthopper; geostatistics; spatial interactions

^{*} Institute of Tropical and Subtropical Ecology, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China