

稻田田埂昆虫群落与田埂杂草关系的研究*

庄西卿**

(福建农学院, 福州)

摘 要

为探索稻田田埂昆虫群落与田埂类型的关系, 本文对田埂昆虫群落进行主分量分析和模糊聚类分析, 结果表明: 田埂昆虫群落类型与田埂类型有一定的联系。经典范分析, 从定量上明确田埂昆虫群落与田埂类型的关系程度 ($r_1 = 0.8232$), 并得出田埂杂草高度是影响田埂昆虫群落的关键因子。

关键词: 稻田, 田埂, 昆虫群落, 杂草。

一、引 言

自害虫防治进入综合治理时代后, 人们已经把保护利用自然界中害虫天敌的工作提高到极为重要的地位。为能做好害虫天敌的保护利用这项工作, 对生态系中昆虫群落的研究就显得非常的迫切和重要。

根据系统科学的理论, 稻田生态系中的昆虫群落可以作为一个系统来考虑。因此, 依系统的层次性原理, 稻田昆虫群落又可划分为两个亚群落(或亚系统), 即稻田田间昆虫亚群落和稻田田埂昆虫亚群落。作为一个系统中的两个亚系统, 它们必然存在着一定的联系。因此, 对稻田生态系来说, 不仅要研究稻田田间内的昆虫群落, 而且也要研究稻田田埂杂草上的昆虫群落。只有这样, 我们才有可能提出真正有效的害虫天敌保护利用措施。

田埂杂草上的昆虫群落在稻田生态系中的重要性, 目前已得到普遍的认识; 现已对田埂杂草上的蜘蛛^[1]、赤眼蜂^[2]和缨小蜂^[3,4]等天敌做了一些研究工作。可是, 田埂杂草上天敌资源的保护利用是涉及到整个昆虫群落及其生态环境的复杂问题, 而我们又缺乏这方面的信息。本文拟就这个问题作些探讨, 所采用的一切数理方法也只是探索性的, 仅供参考。

二、调查材料与方 法

本研究在1984年夏季进行, 主要是用捕虫网采集稻田田埂杂草上的昆虫, 捕虫网的口径为30厘米, 网底接有一个10×3厘米的塑料管。调查时, 将捕获的昆虫倒入30×3厘米的大玻璃试管中, 并注入75%的酒精, 塞上棉花, 带回室内鉴定。调查时间均在下午, 网扫的摆幅在2米左右。调查对象是福州洪塘区13处有代表性的田埂, 每处扫300网, 查后记载各处昆虫

* 本文承蒙福州大学数学系郭福星副教授审阅, 谨此致谢。

** 作者现在工作单位为福建省热带作物研究所。

本文于1987年1月17日收到。

种类和数量。同时,也测定各种田埂上杂草的高度和密度、田埂面的宽度及高度。

三、结果与分析

(一) 稻田田埂上昆虫群落的主分量分析

为了解不同类型田埂杂草上昆虫群落间的差异,我们于1986年6月对12种有代表性的田埂进行取样,并选定5种的水稻害虫和5种的害虫天敌作为12个样本的属性。对这样一个具有12个样本10个属性的原始数据,可以采用10维空间中的12个样本点来表示。然而,这样的表示方法,其困难是可想而知的。更何况想通过这种方法来分析它们之间的关系。为此,需要对原有数据进行简化和精练。在群落研究中,通常是采用排序方法。它是在尽可能多地保存原有数据信息的条件下,用较低维的空间来描画所有样本点^[5]。

在近代排序方法中,使用最多的是主分量分析,其计算过程如下:

1. 原始数据的标准化、设 X 为原始数据矩阵,即 $X = (x_{ij})_{12 \times 10}$, 其中 x_{ij} 代表了第 i 个样本中第 j 个属性的数据。

2. 计算属性间的内积矩阵 S

$$S = XX^T = (s_{hi}) \quad (h, i = 1, 2, \dots, 12)$$

其中 X^T 为 X 的转置矩阵。

3. 求出 S 的特征根 λ 和变换矩阵 U

$$\lambda = (\lambda_i) \quad (i = 1, 2, \dots, 12)$$

且 $\lambda_i > \lambda_{i+1}$ ($i = 1, 2, \dots, 11$)。 λ_i 代表着第 i 个主分量所反映的原始数据信息量的大小。

与12个特征根相对应的有12个特征向量 u_i ($i = 1, 2, \dots, 12$), 并按行排列成变换矩阵 U

$$U = \begin{pmatrix} u_1 \\ u_2 \\ \vdots \\ u_{12} \end{pmatrix}$$

4. 求出12个样本的排序坐标 Y

$$Y = UX$$

根据以上的计算过程,通过计算机执行,得出二维排序所占有信息量的百分数 P 为:

$$P = (\lambda_1 + \lambda_2) / \sum_{i=1}^{12} \lambda_i = 51\%$$

其中 λ_i 为内积矩阵 S 的特征根。并在求出12个样本二维排序坐标的基础上,绘制成图1的排序图。

从图1可见,不同类型田埂上昆虫群落的排序位置是不同的,但大约可以划分为三个集团,而这些集团的形成与田埂类型有关。例如,样本4和9的田埂属于杂草生长较高、密度却较低的类型,因此它们的排序位置就远离了坐标原点,处于 Y 轴正半轴前方附近。样本12恰好与样本4和9相反,它所在田埂的杂草生长较矮,密度却较高,其排序位置虽然也是远离了坐标原点,与样本4和9一样,均为不正常的杂草生长类型;但其位置并非在 Y 轴正半轴前

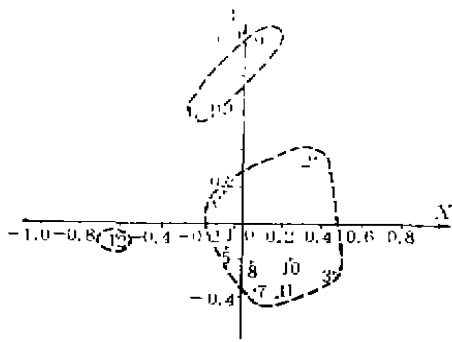


图 1 12个田埂昆虫群落样本二维排序图
Fig.1 The two-dimensional ordination of 12 samples of insect community of rice field ridges

糊的, 不同类型之间还存在着许多中间类型。因此, 在主分量分析中, 样本集团的划分具有较多的主观意识, 人为影响较大。为更好地进行不同类型田埂昆虫群落的比较, 了解夏季田埂昆虫群落与田埂类型的关系, 本文采用模糊聚类法 (fuzzy cluster analysis) 对有关的调查数据进行分析。

模糊聚类分析法是模糊数学中的一个数值分类方法。其过程为:

1. 对原始数据 (X) 用总和 (T) 标准化

$$X' = X/T = (x_{ij}/T) \quad (i = 1, 2, \dots, 12 \quad j = 1, 2, \dots, 10)$$

2. 利用夹角余弦法计算样本间的相关矩阵。
3. 根据最小传递闭包定理, 化模糊相关关系矩阵为模糊等价关系矩阵。
4. 利用水平集原理进行类型间的动态聚类分析。

按上述分析过程。经电子计算机执行后, 得图 2 动态聚类树。

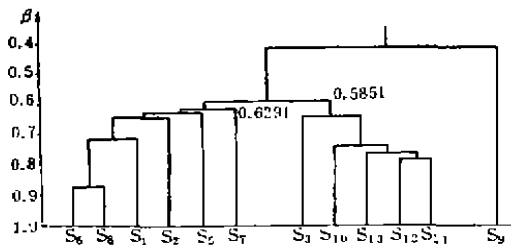


图 2 稻田田埂昆虫群落12个样本的模糊聚类树
Fig.2 The tree of Fuzzy Cluster Analysis of 12 samples of insect community of rice field ridges

为28株/百平方厘米)、是属于杂草长势较好的田埂类型。第二种类型的田埂杂草, 生长状态相对比第一种类型的差, 但又比第三种类型的好 (平均高度为 18.8 厘米, 密度为 16.8 株/百平方厘米)。第三种类型杂草长势最差 (平均高度为 12 厘米, 密度为 15 株/百平方厘米)。这些说明了田埂杂草的生长类型决定了其上的昆虫类型。

方, 而是在X轴负半轴附近。除了上述3个样本外, 其余各样本的田埂类型较为相似, 杂草生长相对适中, 因此, 它们在坐标上的排序位置也相对集中, 处于坐标原点的周围。以上说明了昆虫群落类型与田埂杂草生长状况有一定的联系。

(二) 稻田田埂昆虫群落类型的模糊聚类分析

主分量分析已说明了不同类型田埂上的昆虫群落存在着一定的差别。然而, 昆虫群落的划分具有相对的不确定性, 即划分的外延是模糊的, 不同类型之间还存在着许多中间类型。因此, 在主分量分析中, 样本集团的划分具有较多的主观意识, 人为影响较大。为更好地进行不同类型田埂昆虫群落的比较, 了解夏季田埂昆虫群落与田埂类型的关系, 本文采用模糊聚类法 (fuzzy cluster analysis) 对有关的调查数据进行分析。

根据图2的聚类树, 当 $0.5851 \leq \beta \leq 0.6291$

时 (β 代表了样本归并的阈值), 12个样本可分为三类: $\{S_1, S_2, S_5, S_8, S_7, S_8\}$ 、 $\{S_3, S_{10}, S_{11}, S_{12}, S_{13}\}^{1)}$ 和 $\{S_9\}$ 。从调查中看出, 第一类型的昆虫群落不仅种类丰富, 而且捕获的总数量也多; 其次是第二种类型的昆虫群落; 最后是第三种类型的。而上述田埂昆虫群落类型的划分与田埂类型的划分相一致。第一种类型的昆虫群落所在田埂的杂草, 不仅长得高 (平均高度为45.8厘米), 而且也密 (平均

1) 样本4的数据性质不适合模糊聚类分析, 故剔除, 另加入样本13。

(三) 稻田田埂昆虫群落与田埂四因子关系的典范分析

主分量分析和模糊聚类分析的结果已初步揭示了夏季稻田田埂类型与田埂昆虫群落类型之间的关系。然而,因它们所采用的数据均属于同一性质的数据,即昆虫群落的原始数据。因此,在获得有关田埂类型方面数据的基础上,本文又引入了典范分析 (canonical variate analysis) 方法,它不仅求出样本的排序坐标,简化原始数据,而且能找出这两类属性间的关系程度^[5]。

对同一地区的田埂类型而言,它们之间的差异主要表现在田埂杂草的高度和密度以及田埂面本身的宽度和高度。它们组成了田埂昆虫群落的4个生态环境因子。相对昆虫群落数据的第一观察集而言,这方面的数据属于第二观察集。在昆虫群落生态学研究,多样性指数是群落生态组织独特的、可测定的生态学特征之一^[7],因此本文选用昆虫群落组成的种类数和群落多样性指数作为刻画昆虫群落的主要属性。多样性指数的测定是利用Shannon-Wiener所提出的公式^[8]。

$$H' = - \sum_{i=1}^n P_i \ln P_i$$

其中 H' 为多样性指数, P_i 为第 i 种昆虫数量与昆虫总数的比值。现根据调查所得的全部原始数据,整理成表1。

典范分析的全过程如下:

1. 计算样本属性间的协方差矩阵 Σ

$$\Sigma = \frac{1}{N-1} \begin{pmatrix} X_1 \\ X_2 \end{pmatrix} (X_1^T X_2^T) = \begin{pmatrix} \Sigma_{11} & \Sigma_{12} \\ \Sigma_{21} & \Sigma_{22} \end{pmatrix}$$

其中 N 为样本数, X_1 为田埂数据矩阵, X_2 为昆虫群落数据矩阵。 X_1^T 和 X_2^T 分别为 X_1 和 X_2 的转置矩阵。

表 1 典范分析的十三个样本数据

Table 1 The data of 13 samples used by Canonical Variate Analysis

样 本 号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
杂草高度 (cm)	70	25	20	0	40	40	20	80	12	25	12	20	17
杂草密度 (株/百平方厘米)	80	38	13	0	22	25	21	32	15	15	12	20	24
田埂面高 (cm)	100	30	25	15	110	27	45	200	5	13	17	23	15
田埂面宽 (cm)	150	25	40	45	200	50	35	350	20	20	45	40	22
昆虫种类数	24	18	12	2	26	27	25	24	2	7	8	20	18
多样性指数	2.76	2.73	2.33	0.69	2.08	2.57	2.82	2.15	0.69	1.83	1.91	2.65	2.34

2. 计算矩阵 G 和 H

$$G = \Sigma_{11}^{-1} \Sigma_{12} \Sigma_{21}^{-1} \Sigma_{22}^T$$

$$H = \Sigma_{22}^{-1} \Sigma_{21}^T \Sigma_{11}^{-1} \Sigma_{12}$$

其中 Σ_{11}^{-1} 、 Σ_{21}^{-1} 和 Σ_{22}^{-1} 分别为 Σ_{11} 、 Σ_{21} 和 Σ_{22} 的逆矩阵。

3. 求矩阵 G 的特征根,并按大小排列,即 λ_1 和 λ_2 ,且 $\lambda_1 \geq \lambda_2$;2个特征根对应于2对典范变量 ζ_1 , η_1 和 ζ_2 , η_2 。这里的每对典范变量就相当于主分量分析时的一维排序。2对典

范变量间的 2 个典范相关系数 r_1 和 r_2 就是相应特征根 λ_1 和 λ_2 的平方根, 即

$$r_i = \sqrt{\lambda_i} \quad (i=1, 2)$$

4. 由以下两式求第一对典范系数 a_1 和 b_1

$$(G - \lambda_1 I_4) a_1 = O_4$$

$$(H - \lambda_1 I_2) b_1 = O_2$$

其中 I_4 和 I_2 分别为 4 阶和 2 阶的单位矩阵; O_4 和 O_2 分差是 4 维和 2 维的零列向量。另外,

$$a_1 = (a_{11} \ a_{12} \ a_{13} \ a_{14})^T$$

$$b_1 = (b_{11} \ b_{12})^T$$

根据以上步骤, 计算结果是

$$\lambda_1 = 0.6777 \quad \lambda_2 = 0.0233$$

那么, 用第一维排序所占有的信息量为

$$\frac{\lambda_1}{\lambda_1 + \lambda_2} \times 100\% = 96.63\%$$

这说明了用一维排序则可反映它们两者之间的关系。第一对典范变量 ξ_1 与 η_1 的相关系数为

$$r_1 = \sqrt{\lambda_1} = \sqrt{0.6777} = 0.8232$$

对应于 λ_1 的典范系数 a_1 和 b_1 为

$$a_1 = (a_{11} \ a_{12} \ a_{13} \ a_{14}) = (1.00 \ 0.68 \ 0.61 \ -0.48)$$

$$b_1 = (b_{11} \ b_{12}) = (1.00 \ -0.08)$$

根据以上结果可知, 田埂中 4 个环境因子与田埂昆虫群落有较高的相关性 (相关系数 $r_1 = 0.8232$); 由于典范变量是一组线性组合, 因此根据典范系数 a_1 和 b_1 的各分量大小可知, 田埂类型与昆虫群落类型间之所以有较高的相关性是由于田埂杂草的高度与昆虫群落组成种类数的主要贡献, 它们典范系数均为 1.00。从这里也可得出, 杂草的高度是影响昆虫群落的关键因子, 对昆虫群落来说, 受影响最大的是其组成的种类数。此外, 在田埂 4 个因子的组合中, 起较大作用的还有杂草的密度 ($a_{12} = 0.68$)。

四、讨 论

在昆虫调查研究时, 无论是在什么样的生态系中, 都要面临着一个取样问题。不同种的昆虫或同一种昆虫在不同的密度下, 可能会要求不同的取样方法。本研究的网捕法所得的数据并非对每一种昆虫的代表性都一样, 只是因为网捕法能够在一处的田埂上对多数种类的昆虫同时取样, 调查的种类范围较广; 而且还能保持统计分析时单位的一致性。

在本文的主分量分析时, 二维排序所占有的信息量只有 51%, 结果损失的信息量较多, 所以分析效果不很理想。模糊聚类分析时, 样本的归类取决于 β 值的大小, 而 β 值大小的确定在较大程度上是基于研究人员本身的主观意识, 因此分析结果受人为干扰较大。相对上述两种方法而言, 典范分析则可较客观地从定量上揭示两类不同性质属性间的关系。因而, 它是一种较好的研究分析方法。然而, 这种方法所用的观察变量是被看成为一个总体, 并非一个样本, 否则还需要进行典范相关的显著性检验。但是, 正如 Pielou (1977) 所指出的, 在研

究群落生态时,如果我们把手头的数据看成是研究它本身的资料,一般是可靠的;要想对推想的样本的总体做出结论,往往会带来统计上更大的困难^[10]。

根据本研究可知,稻田田埂与田埂昆虫群落存在着一定的联系,而杂草高度和密度是影响昆虫群落的主要因子。因此,在保护和利用稻田天敌资源时,对此应加以重视。我们建议要改变过去那种“田埂三面光”的除草方法,适当地保存一定量的田埂及田边杂草,为稻田害虫天敌提供一个良好过渡基地,从而才能更好地发挥它们在综合治理中的作用。

参 考 文 献

- [1] 陈常铭等, 1982, 稻田害虫天敌昆虫资源, 湖南科学技术出版社, XI+223.
- [2] 林乃铨, 1981, 闽北稻田赤眼蜂发生动态调查, 福建农学院学报, (3): 41—49.
- [3] 金行模等, 1979, 稻虱螟小蜂初步研究, 昆虫天敌, (3): 51—57.
- [4] 罗昌南等, 1980, 稻飞虱卵寄生蜂——螟小蜂生物学特征及保护利用的探讨, 福建农学院学报, (2): 44—60.
- [5] 阳含熙等, 1981, 植物生态学的数量分类法, 第232—253页和第304—316页, 科学出版社.
- [6] 周新远, 1979, 模糊数学在生态学中的应用研究, 139—156页, 西南农学院研究生硕士论文集.
- [7] 赵志模, 1982, 稻田寄生蜂群落种——多度关系, 多样性及群落排序的探讨, 西南农学院学报, (2): 13—22.
- [8] Pielou, E.C., 1975, Ecological Diversity, 50—160, New York and London.
- [9] Pielou, E.C., 1977, Mathematical Ecology. (卢泽恩译). 第267—291页, 科学出版社.

STUDIES ON THE RELATIONSHIP BETWEEN THE INSECT COMMUNITY AND THE GRASSES ON THE RICE FIELD RIDGES

Zhuang Xiqing*

(Fujian Agricultural College, Fuzhou)

In order to reveal the relationship between the insect community and the grasses on the rice field ridges, several mathematical analysis methods have been introduced into the studies in this paper. The method of Principal Components Analysis (PCA) is applied first to the ordination of samples of the insect community. Then, the Fuzzy Cluster Analysis is used to classify the types of the insect community. By these analysis, it is clear that the type of the insect community has the relationship with the type of the rice field ridges. After the application of Canonical Variate Analysis of the multivariate Statistical Analysis, it is more explicit that the number of species and diversity of the community is closely related to the height and the density of the grasses on the ridges and the height and the width of the ridges of the rice fields ($r_1 = 0.8232$). The height of the grasses is also identified as the key-factor influencing the insect community in the grasses on the rice field ridges.

Key words: rice field, rice field ridges, insect community, grasses.

* Present address, Fujian Tropical Crop Research Institute, Wu Feng, Zhang Zhou, Fujian, P.R. China.