

白纹伊蚊对自然生境选择性的模糊判别*

刘复生 姚传森 林佩卿
(昆虫学研究所)

摘 要

对白纹伊蚊在5种自然生境中的孳生状况进行整年调查结果,采用阳性指数和容器指数作为指标,运用模糊聚类分析方法,判别白纹伊蚊在不同季节对自然生境的选择性是不相同的。在冬、春季,荫篷中的积水容器为其最适孳生地;而在夏、秋季,种群则更趋于孳生在住宅区的竹篱笆中。此外,竹林中的竹苑和花圃中堆放的积水空花盆是较差生境,香蕉喇叭口则为不适生境。文中并讨论了不同生境中蚊虫的防治策略。

关键词 白纹伊蚊, 生境, 模糊聚类

白纹伊蚊(*Aedes albopitus* (Skuse))是登革热病毒的重要传播媒介,是我国重要疾病的十大媒介蚊种之一,是现阶段蚊虫防治的重要对象^[1]。

白纹伊蚊孳生场所非常复杂,包括室内和户外多种人工和天然积水容器^[2],并且它的孳生地类型常因地区和环境的不同而有所差别。同时,种群在不同季节中对自然生境的选择性也不一致,对种群来说,哪种生境“最适宜”,哪种“不适宜”,这些概念没有明确的外延,带有模糊性,因此,对它的生境选择性采用模糊理论去分析研究是恰当的。

本研究对白纹伊蚊在各种自然生境中的孳生状况进行了整年调查,根据这些调查结果,采用一定的指标,对各种自然生境进行模糊聚类分析,以判别自然种群的最适生境,为防治提供依据。

1 研究方法

1.1 主要自然生境的孳生情况调查

在中山大学校园内的荫篷、住宅区、竹林、花圃、香蕉园等五种自然生境中,相应调查其积水植物花盆、竹篱笆、竹苑、堆放的积水空花盆,香蕉喇叭口。每旬于每种生境中随机抽查30个样本(容器和香蕉喇叭口),计数有水有虫(未成熟期)样本数、有水无虫样本数及无水无虫样本数,整年调查,并由此得出阳性指数、有水容器数和容器指数。

各项指数含义及计算公式如下:

阳性指数 = 有水有虫(幼虫或/和蛹)样本数,
有水容器数 = 有水有虫样本数 + 有水无虫样本数,

本文1989年12月15日收到

• 国家自然科学基金资助项目

$$\text{容器指数} = \frac{\text{有水有虫样本数}}{\text{有水容器数}} \times 100$$

1.2 模糊聚类分析方法与步骤

聚类分析是近十几年来发展很迅速的一种新的数学方法,其基本任务是将所考察的对象进行合理的分类。现在的分类问题,多伴随着模糊性,模糊的分类,要由模糊等价关系来确定。

为了确定各种样本之间的关系,常用下述两种量来表示其间的接近程度:

相似系数 r ——用来表示样本之间相似程度的度量, r 愈接近于1,样本间愈近似。

距离 d ——将每个样本看作是 m 维空间的一个点,然后定义点与点之间的距离 d , d 越小,两种样本越接近。

模糊聚类分析步骤:

①对数据进行标准化处理

$$X_{ij} = (X'_{ij} - \bar{X}_j) / S_j, \quad \begin{matrix} i = 1, 2, \dots, n \\ j = 1, 2, \dots, m \end{matrix}$$

其中, X'_{ij} 为第 i 个样本第 j 项指标原始观察值, \bar{X}_j 、 S_j 分别为第 j 项指标均值和标准差。

②相似矩阵的标定。设 U 为需要被分类对象的主体,建立 U 上的相似关系 \tilde{R} 。

论域中第 i 个元素与第 j 个元素之间的距离采用通常的欧氏距离,

$$d_{ij} = \sqrt{\sum_{k=1}^m (X'_{ik} - X'_{jk})^2}, \quad (i, j = 1, 2, \dots, n)$$

d_{ij} 的大小反映了两个元素间差异的大小。

建立相似矩阵 $\tilde{R} = (r_{ij})$, 其中

$$r_{ij} = 1 - d_{ij}/M,$$

M 为适当选定的一个常数,以使 $0 \leq r_{ij} \leq 1$ 。由 r_{ij} 与 d_{ij} 的关系可知,当 r_{ij} 愈大(小)时,第 i 个元素与第 j 个元素之间的差异愈小(大)。

③ 建立模糊等价矩阵。相似矩阵 \tilde{R} 一般只满足反身性和对称性,不满足传递性,不能直接用于分类。为此,取 \tilde{R} 的乘幂:

$$\tilde{R}^2, \tilde{R}^4, \tilde{R}^8, \dots$$

当 $\tilde{R}^{2^k} = \tilde{R}^k \triangleq \tilde{R}^*$ 时, \tilde{R}^* 便是一个模糊等价矩阵。这里 $k \leq \log n / \log 2^{\epsilon}$ 。

④ 选定不同水平的 λ_i ($0 \leq \lambda_i \leq 1$), 并定义

$$r_{ij} = \begin{cases} 1, & r_{ij} \geq \lambda \\ 0, & r_{ij} < \lambda \end{cases}$$

用这种矩阵表示 R_λ 的隶属函数,并将该矩阵也记作 R_λ ,由此,便得需要的分类。

2 结果与分析

1987年至1988年调查了白纹伊蚊自然生境的孳生情况,表1为1988年的调查结果。

表1 白纹伊蚊5种自然生境阳性指数、容器指数

Tab. 1 The positive indexes and container indexes of *Aedes albopictus* in five kinds of natural habitats

生境类型	春			夏		
	阳性指数	有水容器数	容器指数	阳性指数	有水容器数	容器指数
荫蓬	3.8165	13,097	0.2914	6.2222	8.444	0.7368
竹苑	0.1111	7,641	0.0145	1.4444	4.444	0.3250
花圃	0.0694	20,681	0.0034	4.1111	12.111	0.3394
竹篱笆	0	13,250	0	9.3333	21.000	0.4444
香蕉喇叭口	0	21,188	0	0	14.111	0
生境类型	秋			冬		
	阳性指数	有水容器数	容器指数	阳性指数	有水容器数	容器指数
荫蓬	1.8889	8,667	0.2180	1.7726	6.953	0.2550
竹苑	1.5556	4,667	0.3333	0	1.794	0
花圃	2.3333	6,111	0.3818	0.1111	9.821	0.0113
竹篱笆	3.7778	10,000	0.3778	0.5000	1.667	0.3000
香蕉喇叭口	0	12,000	0	0	4.500	0

表征自然生境类型的指标很多,本文采用阳性指数(X_1)作为白纹伊蚊在自然生境中孳生率的一个测度,表征其对自然生境的选择性;以有水有虫容器数在有水容器数中所占的比例(X_2),即容器指数,作为对生境中水分选择的一个测度,它刻划了白纹伊蚊对小生境内在性质的选择。

由上述调查资料,分别对白纹伊蚊在不同季节中及全年中的自然生境进行模糊聚类分析。考虑到春、冬季气温较低,虫口密度也较低,而夏、秋季的气温与虫口密度均较高的情况,分别对春、冬季,夏、秋季,及全年进行分析。

2.1 春季与冬季自然生境聚类分析

对春、冬季平均,得各项阳性指数(X_1)和容器指数(X_2),并算得各对应的规格化数值 X'_1 和 X'_2 (表2)。

表2 春、冬季自然生境中的 X_1 、 X_2 和 X'_1 、 X'_2 值Tab. 2 X_1 , X_2 and X'_1 , X'_2 value in spring and winter

生境*	原始数据		规格化数据	
	X_1	X_2	X'_1	X'_2
A	2.7946	0.2732	1.7836	1.5301
B	0.0556	0.0073	-0.4818	-0.6620
C	0.0903	0.0074	-0.4531	-0.6612
D	0.2500	0.1500	-0.3210	0.5144
E	0	0	-0.5277	-0.7222

* A—荫蓬, B—竹苑, C—花圃, D—竹篱笆, E—香蕉喇叭(下同)

计算 d_{ij} 值, 取 $M = 3.5$, 取定论域 $U = \{A, B, \dots, F\}$, 建立相似矩阵 $\tilde{R} = (r_{ij})$,

$$\tilde{R} = \begin{pmatrix} 1 & 0.1 & 0.11 & 0.33 & 0.08 \\ 0.1 & 1 & 0.99 & 0.661 & 0.98 \\ 0.11 & 0.99 & 1 & 0.662 & 0.97 \\ 0.33 & 0.661 & 0.662 & 1 & 0.64 \\ 0.08 & 0.98 & 0.97 & 0.64 & 1 \end{pmatrix}$$

计算模糊等价关系.

$$\tilde{R}^* = \tilde{R}^2 = \begin{pmatrix} 1 & 0.33 & 0.33 & 0.33 & 0.33 \\ 0.33 & 1 & 0.99 & 0.64 & 0.98 \\ 0.33 & 0.99 & 1 & 0.64 & 0.98 \\ 0.33 & 0.64 & 0.64 & 1 & 0.64 \\ 0.33 & 0.98 & 0.98 & 0.64 & 1 \end{pmatrix}$$

给定 λ 值, 分类

- ① $0.99 < \lambda \leq 1$, 则将 U 分为五类, $\{A\}, \{B\}, \dots, \{E\}$;
- ② $0.98 < \lambda \leq 0.99$, 将 U 分为 $\{B, C\}$, 余同①, 共四类;
- ③ $0.64 < \lambda \leq 0.98$, 将 U 分为 $\{B, C, E\}$, 余同②, 共三类;
- ④ $0.33 < \lambda \leq 0.64$, 将 U 分为 $\{B, C, D, E\}, \{A\}$ 二类;
- ⑤ $0 \leq \lambda \leq 0.33$, 将 U 分为 $\{A, B, \dots, E\}$ 一类.

由上述各步, 得春、冬季生境聚类图(图1).

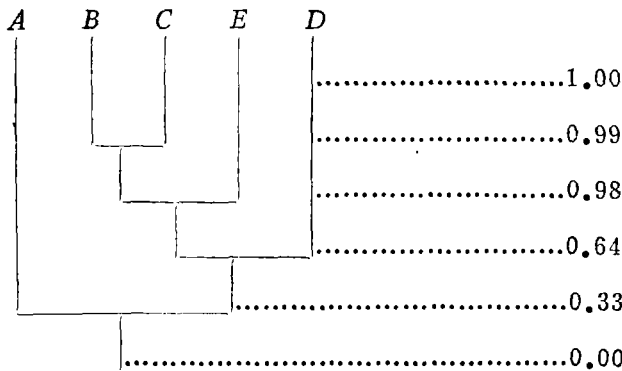


图1 春季与冬季生境聚类图

Fig. 1 Cluster graph of habitats in Spring and Winter

2.2 夏季与秋季自然生境聚类分析

对夏、秋季平均, 得 X_1 和 X_2 值及相应的 X'_1 和 X'_2 值(表3), 计算 d_{ij} 值, 取 $M = 4$.

建立 \tilde{R}, \tilde{R}^* .

表3 夏季与秋季自然生境中的 X_1 、 X_2 及 X'_1 、 X'_2 值
Tab.3 X_1 , X_2 and X'_1 , X'_2 value in summer and autumn

生境	原始数据		规格化数据	
	X_1	X_2	X'_1	X'_2
A	4.0556	0.4774	0.3953	0.8736
B	1.5000	0.3292	-0.6263	0.0729
C	3.2222	0.3606	0.0622	0.2426
D	6.5556	0.4111	1.3946	0.5154
E	0	0	-1.2258	-1.7056

$$\tilde{R} = \begin{pmatrix} 1 & 0.676 & 0.822 & 0.735 & 0.238 \\ 0.676 & 1 & 0.823 & 0.483 & 0.531 \\ 0.822 & 0.823 & 1 & 0.660 & 0.416 \\ 0.735 & 0.483 & 0.660 & 1 & 0.141 \\ 0.238 & 0.531 & 0.416 & 0.141 & 1 \end{pmatrix}$$

$$\tilde{R}^* = \tilde{R}^3 = \begin{pmatrix} 1 & 0.822 & 0.822 & 0.735 & 0.531 \\ 0.822 & 1 & 0.823 & 0.735 & 0.531 \\ 0.822 & 0.823 & 1 & 0.735 & 0.531 \\ 0.735 & 0.735 & 0.735 & 1 & 0.531 \\ 0.531 & 0.531 & 0.531 & 0.531 & 1 \end{pmatrix}$$

给定 λ 值, 分类

- ① 取 $0.823 < \lambda \leq 1$, 把U分为{A}, {B}, ..., {E}五类;
- ② 取 $0.822 < \lambda \leq 0.823$, 把U分为{B, C}, 余同①, 共四类;
- ③ 取 $0.735 < \lambda \leq 0.822$, 把U分为{A, B, C}, 余同②, 共三类;
- ④ 取 $0.531 < \lambda \leq 0.735$, 把U分为{A, B, C, D}, {E}二类;
- ⑤ 取 $0 \leq \lambda \leq 0.531$, 把U分为{A, B, ..., E}一类。

由上得夏、秋季生境聚类图(图2)。

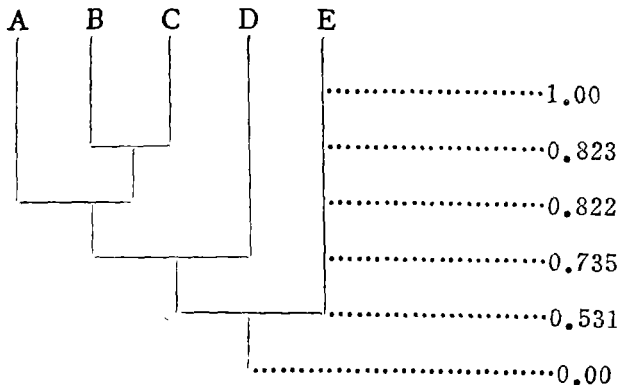


图2 夏季与秋季生境聚类图

Fig. 2 Cluster graph of habitats in Summer and Autumn

由春、冬季生境聚类图(图1)可见, A归并最迟, 为一特殊的生境类型, 与其他生境差异均较大。从其 X_1 、 X_2 值可知, 种群在A生境中的孳生率及对其中水分的选择性都最大, 表明A生境是最适的。图中D归并也较迟, 其 X_1 、 X_2 值也较大, 因此D为较适生境。而B、C、E都是较早地归并在一起, 说明其间的差异很小, 另外, 其 X_1 、 X_2 值都较低, 甚至为0, 可见这三种生境是较差的。

在夏、秋季生境聚类图(图2)中, E与其他生境的差别最大而归并最迟, 为特殊生境, 而其 X_1 、 X_2 值为0, 表明E为最差生境。A、B、C较早地归并在一起, 说明其间的差异很小, 属同一类生境, 又其 X_1 、 X_2 值都较高, 说明A、B、C都是较好的生境。D归并很迟, 这一生境与E和A、B、C类均存在较大差异, 其 X_1 、 X_2 值又都是最大的, 显然D是最佳生境。

由上可见, 白纹伊蚊在冬、春季和夏、秋季在自然生境中的孳生情况是不一致的。在冬、春季, 荫篷中积水的植物花盆为最适孳生地; 而在夏、秋季, 种群则更趋向于孳生在住宅区的竹篱笆中。另外, 在图1、图2中, B、C均最早地归并, 说明种群在这两种生境中的孳生率和对这两种生境的选择性都是极相近的, 差异很小。即对种群而言, 这两种生境属同一类生境。

2.3 白纹伊蚊全年的自然生境的聚类分析

对全年的平均状况聚类分析。表4为全年的 X_1 、 X_2 值及其规格化数值 X'_1 、 X'_2 , 计算 d_{ij} 值, 取 $M = 5$, 取定论域 $U = \{A、B、\dots、E\}$, 建立 \tilde{R} 及 \tilde{R}^* 。

表4 全年的自然生境中 X_1 、 X_2 和 X'_1 、 X'_2 值

Tab. 4 X_1 , X_2 and X'_1 , X'_2 value in the whole year

生 境	原 始 数 据		规 格 化 数 据	
	X_1	X_2	X'_1	X'_2
A	3.4251	0.3687	1.0204	1.2203
B	0.7778	0.1682	-0.6972	-0.2326
C	1.6562	0.1840	-0.1273	-0.1181
D	3.4028	0.2806	1.0060	0.5819
E	0	0	-1.2019	-1.4514

$$\tilde{R} = \begin{pmatrix} 1 & 0.55 & 0.65 & 0.87 & 0.30 \\ 0.55 & 1 & 0.88 & 0.62 & 0.74 \\ 0.65 & 0.88 & 1 & 0.73 & 0.66 \\ 0.87 & 0.62 & 0.73 & 1 & 0.40 \\ 0.30 & 0.74 & 0.66 & 0.40 & 1 \end{pmatrix}$$

$$\tilde{R}^* = \tilde{R}^4 = \begin{pmatrix} 1 & 0.73 & 0.73 & 0.87 & 0.73 \\ 0.73 & 1 & 0.88 & 0.73 & 0.74 \\ 0.73 & 0.88 & 1 & 0.73 & 0.74 \\ 0.87 & 0.73 & 0.73 & 1 & 0.73 \\ 0.73 & 0.74 & 0.74 & 0.73 & 1 \end{pmatrix}$$

给定 λ_i 值, 分类

- ① 取 $0.88 < \lambda \leq 1$, 把U分为{A}, {B}, ..., {E}五类;
- ② 取 $0.87 < \lambda \leq 0.88$, 把U分为{B、C}, 余同①, 共四类;
- ③ 取 $0.74 < \lambda \leq 0.87$, 把U分为{A、D}, {B、C}, {E}三类;
- ④ 取 $0.73 < \lambda \leq 0.74$, 把U分为{A、D}, {B、C、E}二类;
- ⑤ 取 $0 \leq \lambda \leq 0.73$, 把U合为{A、B、...、E}一类。

综上, 得全年的生境聚类图(图3)。

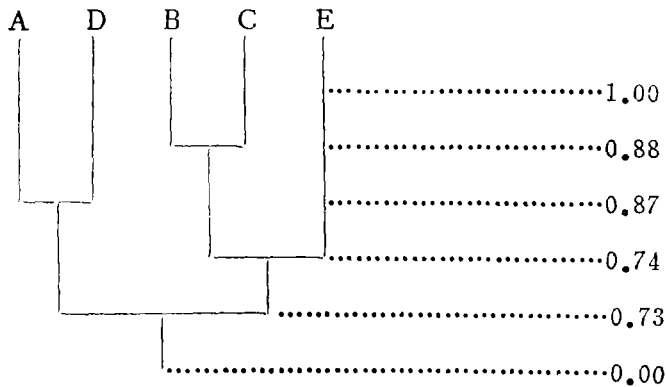


图3 全年的自然生境聚类图

Fig. 3 Cluster graph of habitats in the whole year

由图3可见, B、C最早归并, A、D次之, E归并较迟, 取 $0.74 < \lambda \leq 0.87$, 将U分为三类:

{A、D}, {B、C}, {E}

并给出 $0.74 < \lambda \leq 0.87$ 时的 R_λ ,

$$R_\lambda = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

综上所述, 对白纹伊蚊自然种群, A、D 两生境为其最适孳生生境, B、C 生境较差, E则为不适生境。

从实际观察看, 在荫篷(A)里, 花盆植物比较多, 环境比较阴闭且稳定, 很有利于伊蚊的栖息, 并且有些植物花盆常年积水, 并有植物遮蔽, 是未成熟期的最好孳生场

所。荫篷生境可谓虫源地。而竹篱笆(D)一般多在住宅区,夏季雨水多,这种竹篱笆上端很易积水而被蚊虫孳生,同时蚊虫在居民区易吸血产卵,尤其在夏、秋,人们衣着较少,更易被蚊虫叮咬吸血,使得白纹伊蚊在居民区很易繁殖。显然,这两种生境对蚊虫都是较好的孳生环境,尤其是前者。

在那些密闭的竹林(B)中,竹苑一般很难积蓄雨水,积水量也很少,使蚊虫产卵繁殖受到一定的限制。而在花圃(C)中,空花盆很少积水,也易晒干蒸发,加上人为的翻倒,很不利于蚊虫的孳生,这两种生境蚊虫孳生都较差。

由表1资料可知,香蕉林(E)中有水的香蕉喇叭数并不少,并且,其环境也比较阴闭,但一直极少见甚至未见有蚊虫孳生。

3 讨 论

模糊数学是研究和处理模糊现象的,它所处理的事物的概念本身带有模糊性和不确定性,由于很多生物学现象和生态学研究的概念外延具有这种特性,因此,采用模糊数学的方法进行研究是很适合的,并且,与一般的统计方法相比,这种方法处理更为简捷、直观,具有一定的优越性。

模糊聚类分析用于白纹伊蚊对自然生境选择性的判别,这是一种尝试。通过这项研究,确定白纹伊蚊的最适生境,这在蚊虫防治上有一定的指导意义。

通过分析可以看出,白纹伊蚊对各种生境的选择性是不一样的,并且随着季节的变化而有所不同,表现了白纹伊蚊对不同季节中环境条件变化的一种适应。这在防治上也应采取相应的对策,做到有的放矢。

白纹伊蚊自然生境极为复杂,由于条件的限制,我们调查的生境类型尚不够多,且在同一种生境中抽样的样本数也不足够大,可能会影响抽样的随机性。

在分析中采用了两项指标来表征白纹伊蚊对自然生境的选择性,若能采用更多的指标,效果也许更好。

参 考 文 献

- [1] 陆宝麟, 蚊虫综合防治, 科学出版社, 1984
- [2] Chan K L, World Health Organization on Expert Committee on Vector Biology and Control, 1985, 103
- [3] 周洪洋等, 模糊数学, 1986, 1, 42~44

Fuzzy Judgment on Electivity of *Aedes albopictus* to the Natural Habitats

Liu Fusheng* Yao Chuangsen Lin Peiqing

Abstract

The five kinds of natural habitats where *Aedes albopictus* breeds have been investigated. Making use of the investigation and fuzzy cluster analysis method, the electivity of *Aedes albopictus* to the natural habitats was judged so as to decide optimum habitats of the natural population.

According to the analysis, the electivity of *Aedes albopictus* to the natural habitats in spring and winter differs from that in autumn and summer. The mosquito inclines to the flower-pots stacking water in the shade sail in winter and spring, but to the bamboo fence in summer and autumn in residential district.

On the basis of the analysis to the annual data, both the shade sail and the bamboo fence are optimum habitats for the mosquito breeding. Both the bamboo slips in bamboo forest and the flowerpots stacking in the flower nursery are relatively poor habitats. The megaphones of banana are not suitable for the mosquito breeding. The prevention and cure measures of the mosquito in different habitats was discussed.

Keywords *Aedes albopictus*, habitat, fuzzy cluster