

# 东亚飞蝗与亚洲飞蝗的主成分及判别式分析\*

刘志斌 郑哲民<sup>1)</sup>

(陕西师范大学动物研究所, 西安 710062)

王青川<sup>2)</sup>

(陕西师范大学数学系, 西安 710062)

**摘要** 本文对采自我国西北、西南地区的散居型飞蝗标本之 11 个数量性状进行了主成分和判别式分析。个体水平上的主成分分析说明:飞蝗个体在空间上存在着连续变异。鉴于使用传统的形态测量方法有时难以在个体水平上明确划分亚洲飞蝗和东亚飞蝗,我们为这两个亚种的雌性和雄性分别建立了线性判别函数:

$$V(\text{雌性}) = -35.37C + 2.72Mx - 1.71V + 4.31E/F$$

$$V(\text{雄性}) = -17.22 + 9.11H - 5.64P - 1.05F + 3.17Mz$$

这里,当  $V(\text{雌性或雄性}) < 0$  时,个体属于亚洲飞蝗,否则,属于东亚飞蝗。此外,本研究还利用这两个判别函数对我国部分飞蝗分布区的性质进行了初步分析。

**关键词** 东亚飞蝗, 亚洲飞蝗, 主成分分析, 判别式分析

**The principal components and discriminant analysis of numerical characters of *Locusta migratoria* *Migratoria* L. and *L. m. manilensis* (Meyen) phase *solitaria*/Liu Zhibin, Zheng Zheming, Wang Qingchuan//CHINESE BIODIVERSITY. —1997, 5(1):67~71**

In this paper, 11 numerical characters of *Locusta* phase *solitaria* from north-west and south-west of China were studied by means of principal components analysis (PCA) and discriminant analysis (DA). PCA shows that, on the individual level, *Locusta* have a continuous variation in space. Considering the difficulty we met in the identification of *L. migratoria migratoria* L. and *L. m. manilensis* (Meyen) by using the traditional morphometric method, two linear discriminant functions were calculated for female and male respectively:

$$V(\text{female}) = -35.37C + 2.72Mx - 1.71V + 4.31E/F;$$

$$V(\text{male}) = -17.22 + 9.11H - 5.64P - 1.05F + 3.17Mz.$$

Here, if  $V(\text{female or male}) < 0$ , the individual belongs to *L. m. migratoria*, otherwise, it belongs to *L. m. manilensis*. In addition, by using the discriminant functions, the nature of some *Locusta* areas of China was analysed preliminarily.

**Key words** *Locusta migratoria migratoria* L., *L. m. manilensis* (Meyen), principal components analysis, discriminant analysis

**Author's address** 1) Institute of Zoology, Shaanxi Normal University, Xian 710062

2) Department of Mathematics, Shaanxi Normal University, Xian 710062

飞蝗属(*Locusta* L.)隶属直翅目(Orthoptera),蝗总科(Acrioidea),斑翅蝗科(Oedipodidae),是一个单种属,主要分布在非洲、马达加斯加、亚洲、大洋洲及地中海地区。截止目前,有

9 个地理宗被定成亚种<sup>[1,2]</sup>, 指名亚种亚洲飞蝗 (*Locusta migratoria migratoria* L., 1758) 分布在亚洲北部。在我国分布的有 3 个亚种, 它们是: 东亚飞蝗 (*L. m. manilensis* (Meyen), 1835)、亚洲飞蝗和西藏飞蝗 (*L. m. tibetensis* Chen, 1963)。由于飞蝗各亚种间无定性的形态差异, 因此无法通过常规的形态特征加以鉴定。1963 年陈永林<sup>[3]</sup>首次将数量性状和比值用于我国飞蝗亚种的鉴定工作中, 并取得满意的结果; 此外, 生态地理和年发生代数有时也被用于区别亚种<sup>[4]</sup>。但是, 当在大范围空间内连续取样时, 便会发现亚种间部分数量形态特征有所重叠, 特别是那些分布在两亚种过渡区域的个体在测量特征上常呈“中间型”, 难以明确判定其归属<sup>[1]</sup>; 而生物学特性如年发生代数又往往受到局部特殊生态环境的影响或数据不全, 难以用作鉴别特征, 这些问题为亚种的确定以及亚种地理界限的划分提出了新的课题。

中国飞蝗的 3 个亚种中, 西藏飞蝗分布独特且个体明显小于亚洲飞蝗和东亚飞蝗, 易于识别<sup>[3,5]</sup>; 而后两者由于某些形态测量数据有所重叠, 且分布在小平原和山间盆地穿插交错, 难以划出截然的界限<sup>[4]</sup>, 给鉴定工作带来一定的困难。康乐等<sup>[6]</sup>于 1989 年对我国 21 个散居型飞蝗进行了数值分析, 将之归为 4 个类型, 同时提出我国飞蝗三亚种的自然分界线。1991 年康乐等<sup>[2]</sup>又对世界范围内 38 个散居型飞蝗种群做了类似的数值分析, 进一步肯定了西藏飞蝗的独特性, 揭示了我国部分地区飞蝗与世界其它地区飞蝗的区别与联系。但是, 由于康乐等是以地理(采集点)样本平均数, 且雌雄结合后的数据为分类单位的, 所以个体水平上亚种的鉴定仍然是一个遗留问题。本研究运用主成分分析和逐步判别分析在个体水平上对我国西北及西南部分地区之散居型飞蝗进行了数量分析, 以期揭示不同种群间在空间上的内在联系, 筛选这两个亚种鉴别用数量特征并建立判别函数, 以便为亚种个体水平上的鉴别、自然地理分界线的划分提供新的依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 标本及原始数据来源

材料均为陕西师范大学动物研究所昆虫标本室所收藏的标本, 由于群居型个体数量较少, 本研究只选用了散居型个体。根据康乐等<sup>[2]</sup>的结果, 我们选用了“典型”的亚洲飞蝗标本(采自新疆、甘肃西部)、“标准”的东亚飞蝗(陕西关中)以及两亚种交接区域的标本(宁夏西部、甘肃东部和陕西北部), 加上少量的四川和云南的标本, 共计 77 号, 其中雌性 53 个, 雄性 24 个(表 1)。

表 1 研究用标本的来源、代号及数量

Table 1 The location, code and number of the specimen studied

代号 Code	采集地 Locations	标本个数 Number	
		雌 female	雄 male
x	新疆(乌苏、奎屯、哈密)	5	5
gw	甘肃西部(安西、敦煌)	2	2
ge	甘肃东部(永登、兰州、临夏)	4	3
nw	宁夏(海源)	16	4
sn	陕西北部(神木、榆林、绥德)	2	3
sc	陕西中部(铜川、宝鸡、西安)	18	6
c	四川(西昌、会理)	2	0
d	云南(宣威、元江、思茅)	4	1

数量特征的选取依据 Dirsh 1953 年所定的标准<sup>[7]</sup>, 并根据 1963 年第四届国际蝗虫学会议

所规定的及蝗虫数量分析常用指标<sup>[8]</sup>增加了 3 项比值,共计 11 个指标,它们分别是:复眼间距( $V$ ),头部最宽距( $C$ ),前胸背板长度( $P$ ),前胸背板高度( $H$ ),前胸背板最宽距( $M_x$ ),前胸背板前半部长度( $M_z$ ),前翅长( $E$ ),后足股节长( $F$ ),以及  $H/C$ ,  $E/F$  和  $F/C$ 。测量用具为游标卡尺,测量精度为 0.1 mm。雌雄数据分列两表,由此获得多元分析的原始数据。

## 2 多元分析

主成分分析:运算步骤在昆虫种下分类<sup>[9]</sup>一文中作过详细介绍,在此不再赘述。

逐步判别式分析:在判别分析中,如果有大量性状变量,这样建立的判别函数可能不稳定,判别效果也差,这时从大量性状中筛选出若干必要的、最好组合的几个性状建立判别函数的逐步判别方法是较好的选择。

这里所采用的为两类间的线性逐步判别,其基础为 Fisher 的线性判别方法。逐步判别依据的准则是 Mahalanobis 距离,以下简称马氏  $D_2$ ,具体运算步骤如下:在第  $q$  步,从第  $q-1$  步未被挑选的变量中找出使  $D_2$  最大的变量<sup>[10]</sup>。

$$D_2(q) = (y_1 - y_2)'T(q)^{-1}(y_1 - y_2)$$

这里  $y_1$  和  $y_2$  分别是两类的中心,  $T(q)$  是  $q$  个(被选出)变量的协方差子阵。对个体  $x$  的分类所依据的马氏距离按该个体与每组中心的距离计算,公式为:

$$d(x, y) = (x - y)'T^{-1}(x - y),$$

$T^{-1}$  是最终所筛选变量的协方差逆矩阵。 $x$  归入使  $d(x, y)$  最小的那一类。

由于这里仅涉及两个组,所以只有一个判别函数。实际上,当满足以下条件时  $x$  归入第一类:  $d(x, y_1) < d(x, y_2)$  或  $d(x, y_1) - d(x, y_2) < 0$

设线性判别函数为:  $V = \sum_{i=1}^m V_i X_i$ , 其中  $m$  是性状变量的个数,  $V_i$  是系数。记第  $i$  个性状变量第一类平均为:  $\bar{X}_{i,1} = 1/n_1 \sum X_{i,1k}$ , 其中  $n_1$  为第一类样本数。记第  $i$  个性状变量第二类平均为:  $\bar{X}_{i,2} = 1/n_2 \sum X_{i,2k}$ , 其中  $n_2$  为第二类样本数。

第一类判别函数平均值记为:  $\bar{Y}_1 = \sum V_i \bar{X}_{i,1}$ , 第二类判别函数平均值记为:  $\bar{Y}_2 = \sum V_i \bar{X}_{i,2}$ 。

判别任意一个新个体属于那一类的方法如下:

我们取  $\bar{Y}_1$  和  $\bar{Y}_2$  这两个数的加权平均值作为判别指标,即:

$$Y_e = n Y_e = (n_1 \bar{Y}_1 + n_2 \bar{Y}_2) / (n_1 + n_2)。$$

1) 当  $\bar{Y}_1 > Y_e$  时,若  $Y > Y_e$ ,  $Y > Y_e$ , 则判定该个体属于第一类;若  $Y < Y_e$ ,  $Y < Y_e$ , 则判定该个体属于第二类。

2) 当  $\bar{Y}_1 < Y_e$  时,若  $Y > Y_e$ , 则判定该个体属于第二类;若  $Y < Y_e$ , 则判定该个体属于第一类。

分析所用的程序为 ADDAD V. 85 多元分析软件包,在 Kenitec 286Plus 微机上实现了运算。

## 2 结果与讨论

2.1 雌性数据阵的前 3 个主成分之贡献率分别为 59.8%、15.6% 和 9.5%, 雌性个体在前两个主成分所构成的二维平面上的投影及相应的性状向量图表明(图 1): 沿着第一主轴的变化方向, 雌性个体大致可分成 3 个集团, 分布在最左侧的主要是新疆的个体, 分布在最右侧的主要是陕西的个体, 而夹在这两个集团中间的主要是宁夏西部、甘肃东部的个体。四川个体全部



表 2 我国西北、西南部分飞蝗分布区的性质的初步分析

Table 2 A preliminary analysis of the faunal nature of some regions of northwest and southwest of China

采集地 Locations	亚洲飞蝗(%) <i>L. m. migratoria</i>	东亚飞蝗(%) <i>L. m. manilensis</i>	亚种分布区 Faunal nature
宁夏(nw)	65.0	35.0	过渡区(transition zone)
甘肃东部(ge)	57.1	42.9	过渡区(transition zone)
陕西北部(sn)	0.0	100.0	东亚飞蝗( <i>L. m. manilensis</i> )
四川(c)	0.0	100.0	东亚飞蝗( <i>L. m. manilensis</i> )
云南(d)	12.5	87.5	东亚飞蝗( <i>L. m. manilensis</i> )

具体采集地点见表 1 For detail location of the specimen, please see table 1

本研究在个体水平上证实飞蝗在空间上表现出连续性变异,支持康乐以地理群体为运算单位所获得的结果;此外,通过判别函数对我国部分地区的飞蝗区系性质的研究也与康乐等<sup>[6]</sup>1989 年对我国 3 个飞蝗亚种的区划研究结果是一致的。

### 参 考 文 献

- 1 Duranton J F, M Launois, M H Launois-Luong, M Lecoq, T Rachadi. Guide antiacridien du Sahel. C. I. R. A. D. 1987, 81~84
- 2 康乐, 陈永林. 散居型飞蝗地理种群相互关系的数量分析. 动物学集刊, 1991, 8: 71~82
- 3 陈永林. 飞蝗新亚种——西藏飞蝗. 昆虫学报, 1963, 12(4): 46~47
- 4 马世骏. 东亚飞蝗发生地的形成与改造. 中国农业科学, 1960, (4): 18~22
- 5 印象初. 青藏高原的蝗虫. 北京: 科学出版社, 1984, 132~135
- 6 康乐, 李鸿昌, 陈永林. 中国散居型飞蝗地理种群数量性状变异的分析. 昆虫学报, 1989, 32(4): 418~426
- 7 Dirsh V M. Morphometrical studies on phases the desert *Locusta* (*Schistocera gregaria* Forskal). *Anti-Locust Bull.*, 1953, 16: 34
- 8 黄亮文. 东亚飞蝗两型的形态测量比较. 昆虫知识, 1965, 14(6): 603~609
- 9 王青川, 刘志斌. 主成分分析在昆虫种下分类中的应用. 纺织高校基础科学学报, 1995, 8(1): 36~38
- 10 Romeder J M. Methodes et programmes d'analyse discriminante. Dunod, 1973