

古北区草蛾属的数值分类研究

(鳞翅目: 草蛾科)

刘友樵¹⁾ 徐克学²⁾

摘 要

本文针对 80 种古北区草蛾 (表 1) 进行数值分类研究。共选用三方面特征 合计 70 项: 其中外部形态 24 项, 雄性外生殖器 33 项, 雌性外生殖器 13 项。首先对原始数据进行标准化处理, 然后计算 80 种草蛾的距离系数和相关系数。在种类之间的 Q 分类中采取多种方法对这两种系数进行运算, 最后以协表相关系数 (表 3) 作为最佳分类的依据并结合多种方法的聚类运算 (表 2), 确定相关系数 UPGMA 法为 Q 分类的最佳结果 (图 1)。这一结果将 80 种草蛾划分为 15 组, 与 Sattler 使用传统分类所得结果相比较 (表 6), 不但在亲缘关系上基本相符, 而且使一些孤独一种的组得到了归并, 不少组得到更合理的组合与划分, 尤其是各组内种与种之间的亲缘远近, 可以通过图 1 而一目了然。这是传统分类所不能表达的。

在特征之间的 R 分类里, 以 UPGMA 运算方法在距离系数矩阵上进行, 结果 (图 2) 显示出许多特征之间的多中心结合; 主成分分析的供献率在各主成分中分配比较分散 (表 4); Q 分类划分为 15 个组。这三者都说明整个古北区草蛾呈现演变的多向性。对于 Q 分类、R 分类和主成分分析三种数学方法结合在一起对特征与分类单元之间的彼此相互联系, 文中也做了进一步分析 (表 5)。

最后、本文以 Q 分类所划分的 15 个组为基础, 结合原始特征数据 R 分类以及主成分分析、制定出 15 个组的主要特征描述来, 做为本项研究的结论。

草蛾科在全世界只有三个属 (*Pyramidobella*, *Ethmia*, *Pseudethmia*), 其中以草蛾属 (*Ethmia*) 为最大, 种类最多, 占全科种类 95% 以上。目前世界已知草蛾属有 200 余种, 绝大部分分布在北半球的古北区和新北区。根据文献统计, 新北区已有 125 种; 古北区包括东洋区, 主要是欧亚大陆, 已知有 80 余种, 其中在我国有分布的种类达 32 种, 占 40%, 模式种产地在我国的有 19 种, 由此可见, 这个属在我国的种类是十分丰富的。为了探索其亲缘关系, 作者曾于 1980 年**根据采集到我国的 23 种, 选

1) 中国科学院动物研究所

2) 中国农业发展研究中心

*本文摘要承陈世骧教授审阅, 谨致谢忱!

**中国草蛾属 (鳞翅目: 草蛾科) 的种类、分布及数值分类研究。昆虫分类学报 1 (4): 267—284。

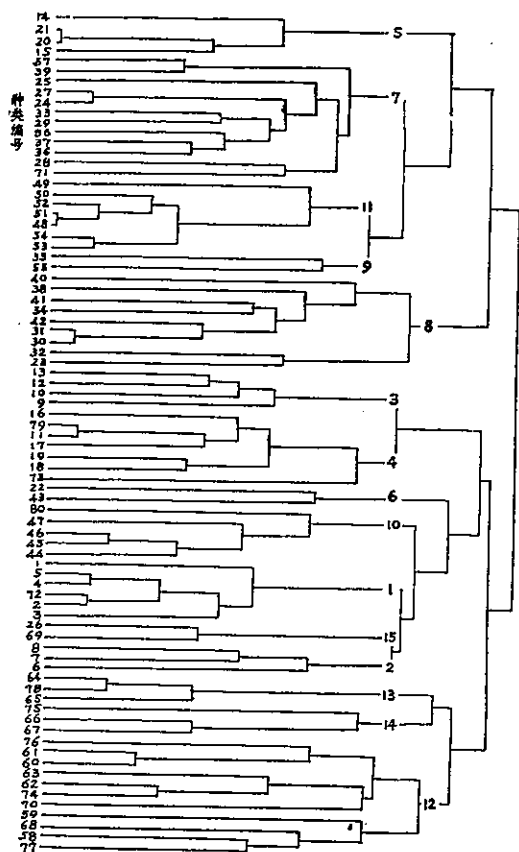


图 1

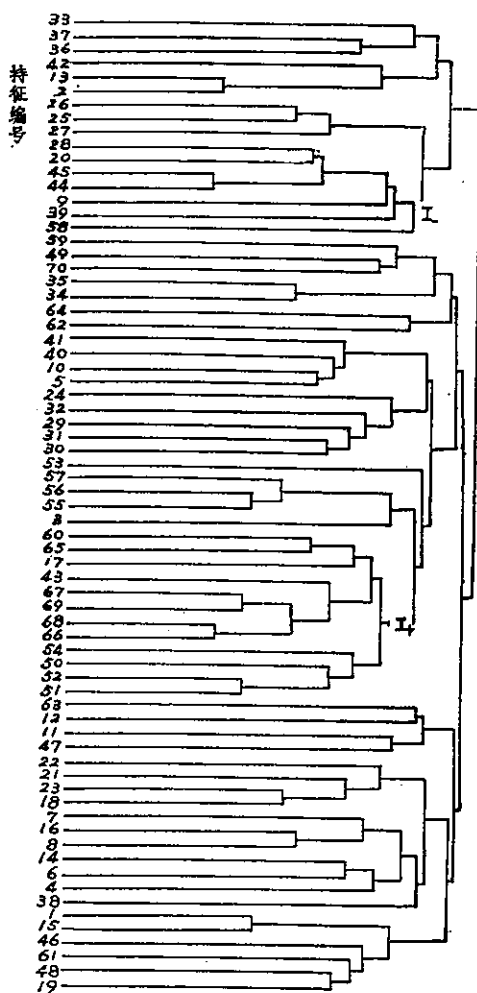


图 2

用特征 40 项（形态部分 18 项，雄性外生殖器 13 项，雌性外生殖器 9 项），用 Spearman's 方法进行聚类运算，结果与传统分类方法相比较，基本上相符而且更有概括性，更具有说服力。遗憾的是种类少，有些现象比较牵就，只用一个方法运算也显得不够全面。本文主旨在于增加种类，加试多种不同方法，进一步发挥数值分类的作用，为探索昆虫的自然谱系提供更加可靠的依据。

一、种 类

本文采用的草蛾属种类，包括 Sattler 在古北区草蛾科的 72 种之外，还增加了作者在我国发现的 6 个新种以及 Sattler 和 Amsel 近几年发表的 2 新种，共计是 80 种。种类名称和分布详见表 1。

表 1. 古北区草蛾种类及分布统计表

Sattler 分组	种 类	分 布	中 名
1	1. <i>Ethmia alba</i> (Amsel)	伊朗、埃及	
	2. <i>E. distingmatella</i> (Erschoff)	苏联、伊朗、阿富汗	
	3. <i>E. quadrinotella</i> (Mann)	阿拉伯、苏丹、埃及、伊拉克、阿富汗	
	4. <i>E. tamaridella</i> (Rebel)	也门	
2	5. <i>E. lybiella</i> (Ragonot)	非洲北岸、突尼斯、巴勒斯坦	
	6. <i>E. lepidella</i> (Chretien)	非洲北岸、突尼斯、巴勒斯坦	
3	7. <i>E. vittabella</i> (Christoph)	土耳其、苏丹、埃及、阿拉伯、苏联	丽条草蛾
	8. <i>E. lecnima</i> Sattler	阿富汗、伊朗	
4	9. <i>E. dodecea</i> (Haworth)	英国、西班牙、法国、德国、瑞士、伊朗	
	10. <i>E. angarensis</i> Caradja	中国 (山西) 华北	百花山草蛾
	11. <i>E. zygospila</i> Meyrick	中国 (台湾)	
	12. <i>E. ermineela</i> (Walsingham)	印度、中国 (西北、西南)	西藏草蛾
	13. <i>E. albifrontella</i> Sattler	阿富汗、巴基斯坦	
	14. <i>E. septempunctata</i> (Christoph)	苏联、日本、中国 (东北)	七点草蛾
	15. <i>E. japonica</i> Sattler	日本、中国 (东北)	岱岭草蛾
	16. <i>E. funerella</i> (Fabricius)	奥国、英国、挪威、德国、捷克、西班牙	
	17. <i>E. fumidella</i> (Wocke)	—	
	18. <i>E. candidella</i> (Alpheraki)	苏联、中国 (西北)	新疆草蛾
	19. <i>E. pusiella</i> (Linnaeus)	德国	
5	20. <i>E. rothschildi</i> (Rebel)	罗马尼亚	
	21. <i>E. pseudoscythrella</i> (Rebel)	土耳其	
6	22. <i>E. terminella</i> Fletcher	德国	
7	23. <i>E. aurifluella</i> (Hubner)	意大利	
	24. <i>E. lugubris</i> (Staudinger)	保加利亚	
	25. <i>E. vidua</i> (Staudinger)	苏联	
	26. <i>E. quadripunctella</i> (Eversmann)	苏联	
	27. <i>E. maracandica</i> (Rebel)	土耳其	
8	28. <i>E. pyrausta</i> (Pallas)	苏联	
	29. <i>E. discrepita</i> (Rebel)	苏联	
	30. <i>E. bipunctella</i> (Fabricius)	德国	
9	31. <i>E. pagiopa</i> Meyrick	克什米尔、阿富汗	
	32. <i>E. cirrhocnemis</i> (Lederer)	伊朗、中国 (东北、西北、华北)	密云草蛾

续表

Sattler 分组	种 类	分 布	中 名
9	33. <i>E. namangana</i> (Rebel)	苏联	
	34. <i>E. iranella</i> Zerny	伊朗、西班牙、匈牙利、叙利亚、希腊	
	35. <i>E. treitschkeella</i> (Staudinger)	土耳其	
10	36. <i>E. chrysopyga</i> (Zeller)	匈牙利、西班牙、葡萄牙	
	37. <i>E. caradjae</i> (Rebel)	土耳其、伊朗、伊拉克	
11	38. <i>E. haemorrhoidella</i> (Eversmann)	苏联、意大利、南斯拉夫、丹麦、希腊	
	39. <i>E. subsidiaris</i> Meyrick	中国(江苏龙潭)	
12	40. <i>E. similis</i> Sattler	土耳其	
	41. <i>E. interposita</i> Sattler	巴勒斯坦	
	42. <i>E. suspecta</i> Sattler	土耳其、叙利亚	
	43. <i>E. afghana</i> Sattler	阿富汗	
13	44. <i>E. derbendella</i> Sattler	伊朗	
	45. <i>E. infelix</i> Meyrick	土耳其、伊拉克	
	46. <i>E. wursteri</i> Amsel	约旦	
14	47. <i>E. amasina</i> (Staudinger)	土耳其	
15	48. <i>E. nigripedella</i> (Erschoff)	苏联、蒙古、中国(东北、华北、西北)	青海草蛾
	49. <i>E. nigrimaculata</i> Sattler	中国(山西)	
	50. <i>E. asbolarcha</i> Meyrick	中国(云南)西南	丽江草蛾
	51. <i>E. mongolica</i> (Rebel)	蒙古	
	52. <i>E. xanthopleura</i> Meyrick	朝鲜	
	53. <i>E. comitella</i> Caradja	中国(四川)华北、西北、西南	五台山草蛾
	54. <i>E. bombina</i> Sattler	中国(四川)	
	55. <i>E. umbricostella</i> Caradja	中国(四川)	
	56. <i>E. chrysopygella</i> (Kolenati)	苏联、瑞士、法国	
57. <i>E. flavianella</i> (Treitschke)	丹麦、法国、意大利、捷克、丹麦		
16	58. <i>E. ultima</i> Sattler	蒙古	
17	59. <i>E. dehiscens</i> Meyrick	中国(四川)西南	灌县草蛾
18	60. <i>E. maculata</i> Sattler	中国(湖南)华中	衡山草蛾
	61. <i>E. autoschista</i> Meyrick	中国(四川)	峨眉草蛾
	62. <i>E. assamensis</i> (Butler)	印度、中国(华中、华南、西南)	江苏草蛾
	63. <i>E. lineatonotella</i> (Moore)	锡金、中国(华中、华南、西南)	点线草蛾
19	64. <i>E. dentata</i> Diakonoff et Sattler	中国(台湾)、日本、菲律宾	

Sattler 分组	种 类	分 布	中 名
	65. <i>E. nigroapicella</i> (Saalmuller)	马达加斯加、印度、缅甸、夏威夷、日本	黑顶草蛾
20	66. <i>E. crocosama</i> Meyrick	锡金	
	67. <i>E. epitrocha</i> (Meyrick)	中国(台湾)、华中、华南、西南	天目山草蛾
	68. <i>E. maculifera</i> (Matsumura)	日本、中国(华中、西南)	江西草蛾
21	69. <i>E. tripunctella</i> (Staudinger)	土耳其、希腊、保加利亚	
22	70. <i>E. lapidella</i> (Walsingham)	印度、日本、中国(华东、华南、西南)	鼠尾草蛾
	71. <i>E. octanoma</i> Mayrick	中国(台湾)	
23	72. <i>E. ditreta</i> Meyrick	坦桑尼亚、非洲东部、阿拉伯南部	
	73. <i>E. guangzhouensis</i> Liu	中国(广东)	广州草蛾
	74. <i>E. hainanensis</i> Liu	中国(广东海南岛)	海南草蛾
	75. <i>E. hunanensis</i> Liu	中国(湖南)	湖南草蛾
	76. <i>E. menguanensis</i> Liu	中国(青海)	门源草蛾
	77. <i>E. pingxiangensis</i> Liu	中国(广西)	凭祥草蛾
	78. <i>E. yunnanensis</i> Liu	中国(云南)	云南草蛾
	79. <i>E. shensicola</i> Sattler	中国(山西)	
	80. <i>E. kabulica</i> Amsel	阿富汗	

二、分类性状的选择

本文对 80 种草蛾的分类性状选择，主要都是形态学上的特征，包括有以下三个方面：（一）外部形态：包括头顶、触角、胸背、肩片、腿、腹部和前、后翅上的特征，共提出 24 项，其中重点在前翅上，占 11 项。（二）雄性外生殖器：包括爪形突、顎形突、钩形突和抱器瓣上的特征共提出 33 项，其中抱器瓣是重点，占 12 项。（三）雌性外生殖器：包括交配孔、前表皮突、囊导管和囊突上的特征共 13 项，其中囊突是重点，占 7 项。这三方面分类性状的选择共计有特征 70 项。

80 种草蛾中有 14 种缺雄性外生殖器，有 15 种缺雌性外生殖器，雄、雌外生殖器都缺的有 5 种。

三、运算过程和结果

（一）数学运算的第一步是对原始数据的标准化。如果原始数据由 $t(t=80)$ 个分类单位， $n(n=70)$ 个特征组成，标准化计算如下：

$$x_{ij} = \frac{y_{ij} - \bar{y}_j}{s_j} \quad (i=1,2,\dots,t; j=1,2,\dots,n)$$

其中 $\bar{y}_j = \frac{1}{t} \sum_{i=1}^t y_{ij}$, $s_j = \left[\frac{1}{t-1} \sum_{i=1}^t (y_{ij} - \bar{y}_j)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$, y_{ij} 表示原始数据, x_{ij} 表示被标准化以后相应的数据。

在标准化数据基础上再计算相似性系数, 采用平均欧氏距离系数和相关系数, 计算公式如下:

$$\text{距离系数 } d_{ij} = \left[\frac{1}{n} \sum_{k=1}^n (x_{ik} - x_{jk})^2 \right]^{\frac{1}{2}} (i, j = 1, 2, \dots, t),$$

$$\text{相关系数 } r_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^n (x_{ik} - \bar{x}_i)(x_{jk} - \bar{x}_j)}{\left[\sum_{k=1}^n (x_{ik} - \bar{x}_i)^2 \cdot \sum_{k=1}^n (x_{jk} - \bar{x}_j)^2 \right]^{\frac{1}{2}}} (i, j = 1, 2, \dots, t),$$

其中 $\bar{x}_i = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n x_{ik}$, 其它符号同前。

聚类运算采取逐类(聚类运算的每次循环只形成一个新类群)配对法, 类群结合以后新类群相似性系数的计算采取不同的计算途径又引出各种不同方法。本文是以多种方法进行计算比较的。其中距离系数计算了最短距离法、最长距离法、中间距离法($\beta = 0.1$)、离差平方和法、重心法、可变类平均法($\beta = 0.1$)、可变法($\beta = 0.1$)、WPGMA和UPGMA等9种方法; 相关系数计算了Spearman's法、WPGMA和UPGMA等三种方法。

从各方法聚类运算所得的分组与Sattler分组做一对比, 将不相吻合的虫号列出如表2。从中不难看出: 在综合特征下距离系数的不同方法中所得的不吻合虫号基本是一致的, 同样在综合特征下相关系数的不同方法中所得的不吻合虫号也是十分接近的。可是在距离系数和相关系数之间相差就比较大了。至于综合特征、形态特征、雄性外生殖器特征和雌性外生殖器特征之间从不相吻合的虫号就可以看出彼此间有着更大的相差。

(二) 鉴于距离系数受虫体大小、长短影响较大, 形态特征、雄性外生殖器特征和雌性外生殖器特征又都具有不同程度的局限性, 所以综合特征下的相关系数是值得采用的。通过各种方法的计算结果, 以协表相关系数(Cophenetic correlation coefficient)评价其优劣(值最大者为最优), 详见表3。最后选出UPGMA作为最好的结果。把80种草蛾划分为15个近缘组。

UPGMA聚类方法的相似性系数结合公式如下: $d_{ir} = \frac{n_p}{n_r} d_{ip} + \frac{n_q}{n_r} d_{iq}$, 其中 d_{ip} 和 d_{iq} 表示两个被结合的类群 G_p 和 G_q 分别与另一个类群 G_i 原有的相似性系数; G_p 和 G_i 合并以后成新类群 G_r , d_{ir} 表示 G_r 与 G_i 的相似性系数; n_p 、 n_q 和 n_r 分别表示类群 G_p 、 G_q 和 G_r 中分类单位个数。其它方法的计算公式可参看: Sneath, P.H.A. & R.R. Sokal 1973. Numerical Taxonomy. W.H. Freeman and Company, San Francisco.

(三) 对分类单位的分类运算称为Q分类; 将标准化数值矩阵转置后, 对特性进行分类运算称为R分类。因为R分类是把70个特征当作被分类研究的对象, 与80个种的Q分类不同, 当比较特征大小变化时, 距离系数比相关系数更适合于表现在量方

表2 古北区80种草蛾聚类运算结果一览表

特征	系数	方 法	所得分组与 Sattler 分组对比不相吻合的虫号*
综 合 特 征	距 离 系 数	中间距离法	6. 11. 25. 26. 33. 42. 49. 55. 56. 57. 62. 63. 68. 71.
		可变法	6. 23. 25. 26. 28. 33. 38. 42. 55. 56. 57. 62. 63. 68. 71.
		WPGMA	14. 15. 23. 26. 33. 55. 56. 57. 62. 63. 68. 71.
		UPGMA	14. 15. 23. 28. 33. 42. 55. 56. 57. 63. 68. 71.
		最长距离法	6. 11. 18. 19. 26. 33. 35. 55. 56. 57. 62. 63. 68. 71.
		离差平方和法	6. 11. 14. 15. 18. 19. 25. 26. 33. 38. 49. 55. 56. 57. 62. 63. 68. 71.
	相 关 系 数	WPGMA	6. 11. 23. 26. 32. 33. 35. 38. 55. 56. 57. 68. 71.
		UPGMA	6. 14. 15. 23. 26. 33. 35. 38. 43. 55. 56. 57. 68. 71.
		Spearman's	6. 23. 26. 32. 33. 35. 38. 55. 56. 57. 62. 63. 68. 71.
形 态 特 征	距 离	UPGMA	11. 23. 26. 32. 33. 35. 38. 44. 55. 63.
		WPGMA	10. 11. 23. 26. 32. 33. 35. 38. 44. 55. 62. 63. 68. 70.
	相 关	UPGMA	7. 11. 26. 35. 38. 44. 55. 71.
		WPGMA	10. 11. 23. 26. 32. 33. 35. 38. 44. 55. 71.
		Spearman's	7. 11. 23. 26. 32. 33. 35. 38. 44. 55. 71.
雄 性 外 生 殖 器	距 离	UPGMA	1. 3. 8. 27. 28. 62. 63. 65. 68.
		WPGMA	1. 3. 8. 15. 27. 28. 62. 63. 65.
		可变法	1. 2. 3. 8. 27. 28. 62. 63. 65. 68.
	相 关	UPGMA	3. 8. 27. 28. 36. 38. 64. 68.
		WPGMA	3. 8. 27. 28. 36. 38. 64. 68.
		Spearman's	1. 8. 27. 28. 36. 38. 43. 64. 68.
雌 性 外 生 殖 器	距 离	UPGMA	6. 13. 15. 17. 18. 19. 56. 57. 62. 63. 67. 68.
		WPGMA	6. 13. 15. 17. 18. 19. 62. 67. 68.
		可变法	6. 13. 15. 18. 19. 56. 57. 63. 67.
	相 关	UPGMA	62. 63. 66. 68.
		WPGMA	6. 50. 62. 63. 66. 68.
		Spearman's	6. 50. 62. 63. 66. 68.

- *1. 整组归并到另一组, 不算不吻合, 而算归并。
2. 整组分成两个组, 不算不吻合, 而算分散。
3. 整组有个别分到另一组, 算不吻合。如整组只有两种, 则一种算不吻合, 另一种算吻合。
4. 整组只有一种, 归到那一组都算吻合, 都算归并。

方面的差异。因此 R 分类采用距离系数基础上的 UPGMA 计算方法。结果见图 2。从图 2 可以看到 70 个特征之间相互的关系, 树系图显示出大小不同的, 多中心的结合, 说明形态性状的变异也是复杂的。生物群体在不同变异方向上的分化必然形成不同的分

表3 古北区80种草蛾聚类运算协表相关系数统计表*

		可变类平均法	可变法	WPGMA	UPGMA	Spearman's
距离系数	综合特征	0.7045②	0.6220	0.6762	0.7417	—
	形态特征	0.8103②	0.7616	0.8138	0.8135	—
	雄性外生殖器	0.8431②	0.8149	0.8364	0.8558	—
	雌性外生殖器	0.7522	0.6609	0.6802	0.7602	—
相关系数	综合特征	—	—	0.6764	0.6919	0.5670
	形态特征	—	—	0.7776	0.8011	0.7227
	雄性外生殖器	—	—	0.6137	0.6560	0.5321
	雌性外生殖器	—	—	0.7963	0.8205	0.7713

1. 综合特征包括形态特征、雄性外生殖器特征和雌性外生殖器特征。
2. 在距离系数中还进行过最短距离法，协表相关系数为0.6106⁴。最长距离法为0.5205，重心法为0.6712²，离差平方和法为0.4567和中间距离法为0.5652。
3. ②形成串联式树系，不便分组。
4. 数值下画线表示该组特征下协表相关系数数值最大者。

类群。性状变异的多样性产生分类系统的复杂性，二者是一致的。

(四) 主成分分析运算从标准化数据开始，如果 X 表示标准化数值矩阵，作矩阵乘积 $R = XX$ 。再解方程 $(R - \lambda E)V = 0$ ，得特征值和特征向量。根据线性代数的知识，矩阵 R 的特征值均大于或等于 0，将所有非 0 的特征值依次排列： $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_m \dots \geq \lambda_r \geq 0$ ，得相应次序的主成分向量 $V_1, V_2, \dots, V_m, \dots, V_r$ 。第 m 个主成分的贡献率为 $\lambda_m / \sum_{i=1}^r \lambda_i$ 。计算结果见表 4。

表4 主成分分析的特征值与贡献率

主成分次序	特征值	贡献率(%)	累计贡献率(%)
1	732.09	13.24	13.24
2	518.16	9.37	22.61
3	463.81	8.39	31.00
4	369.72	6.69	37.69
5	330.85	5.98	43.67
6	278.02	5.03	48.70
7	236.42	4.28	52.98
8	215.74	3.90	56.88
9	191.05	3.45	60.33
10	170.77	3.09	63.42
11	165.04	2.98	66.40
12	145.32	2.63	69.03
13	132.56	2.40	71.43
14	119.75	2.17	73.60
15	115.08	2.08	75.68

表 4 表明随着主成分的增加累计贡献率增长十分缓慢,直到第 15 主成分才达到 75.68%。贡献率在各个主成分分量的分散说明草蛾属的变异具有多向性,在不同演化方向上产生多类群的结合。这一点与 Q 分类把 80 种草蛾划分为 15 个近缘组,都一致地反映出草蛾属变异的多向性。

由于前三个主成分的累计贡献率仅有 31%,在三维空间中建立聚类的坐标图不十分合适。但是利用主成分向量对已建立的聚类结果做进一步分析还是有价值的。试看图 2 中两个特征组 I₊和 I₋,它们的特征在第一主成分向量中分别以突出的正值和负值出现,见表 5。说明古北区草蛾沿着两个对立的方向展开变异。其中一个方向组 I₊中特征的编码数值大,同时组 I₋中特征的编码数值小。沿着这个变异方向形成的类群恰恰就是 Q 分类中的组 11。检查组 11 中的种,它们的囊突大小、翅展和翅色等特征(组 I₊中的特征)都具有较大的编码值,同时它们的触角宽和腹色等特征(组 I₋中的特征)具有较小的编码值。另一个变异方向形成分类组 1,组 1 中的种与组 11 完全相反,它们的囊突大小、翅展与翅色等特征具有较小的编码值,触角宽和腹色等特征具有较大的编码值。

由于第一主成分的贡献率最大,它所代表的变异方向在整个古北区草蛾中表现最突出。通过其它的主成分,也能在 R 分类和 Q 分类之间找到相应的关系,但是随着贡献率减小,这种规律已不像第一主成分那样明显。

表5 第一主成分向量的正负分量值与 R 分类对照表

分量值	特征内容	特征编号	摘自树系图 2	
0.23055	导管端片骨化程度	60		
0.19801	囊突形状	65		
0.19585	后翅颜色	17		
0.18058	翅展大小	43		
0.13074	囊突基宽	67		
0.20182	囊突端宽	69		
0.23378	囊突中宽	68		
0.22803	囊突长度	66		
0.18991	抱器端长度	54		
0.20834	抱器瓣长度	50		
0.21023	抱器瓣中宽	52		
0.11606	抱器瓣基宽	51		
-0.11355	颈形突口部刺长	28		
-0.15839	爪形突形状	20		
-0.14979	雌触角宽	45		
-0.17060	雄触角宽	44		
-0.19093	腹部色泽	9		
-0.00268	抱器膜内突	39		
-0.01990	交配孔骨化程度	58		

四、结 论

根据以上数学方法,对 80 种草蛾的 70 个特征进行计算对比,参考协表相关系数评

价不同方法的优劣，最后选出相关系数 UPGMA 法作为最好的结果绘出树系图 1，把 80 种草蛾划分为相当理想的 15 个近缘组。通过核对原始数据及 R 分类结果制定出各组特征如下：

1. 短囊组 (虫号 1.2.3.4.5.72)

翅展在 16 毫米以下。成虫白色或淡黄色；触角宽在 0.3 毫米以上；前翅无斑或有斑，斑点一般少于 6 枚，外缘斑有或无；后翅大都呈黄白色；腹部淡黄色；胸部背面无斑。雄性外生殖器爪形突多宽大，半圆形，中央有浅凹；颚形突变异大；钩形突呈乳状或指状；抱器瓣宽，接近长方形，抱器端常呈指状突。雌性外生殖器囊导管几丁质部分短；囊突短片状或条状。

2. 灰斑组 (虫号 6.7.8.)

翅展在 22 毫米左右。成虫灰白色或黄白色；前翅有灰斑或黑斑点；腹部黄色或褐色。雄性外生殖器爪形突圆形或大半圆形，有浅凹或深凹；颚形突变异大；钩形突呈乳状、棒状或指状；抱器瓣基部接近四边形，端部强烈凸出呈上下钳状、柄状或三叉状。雌性外生殖器的囊突呈长短条状，边缘有锯齿。

3. 圆柄组 (虫号 9.10.12.13.)

翅展在 21 毫米左右。成虫灰色；前翅有黑色圆斑；腹部末端常有黑斑；胸部背面斑点一般 4 枚；前翅外缘斑明显或缺少。雄性外生殖器爪形突呈兔子耳朵状；颚形突口部、尾部都有明显齿状刺；钩形突呈指状；抱器瓣基部呈椭圆形，端部呈椭圆形柄。雌性外生殖器囊突小、呈片状，齿状刺不明显。

4. 花斑组 (虫号 11.16.17.18.19.73.79.)

翅展 16-29 毫米。成虫灰白色；前翅有黑色斑点，中央有波状黑斑，外缘斑明显或前翅端部呈黑色；胸背斑点一般 5 枚；后翅大多有毛丛。雄性外生殖器爪形突呈兔子耳朵状；颚形突口部、尾部都有明显齿状刺；钩形突是指状；抱器瓣基部呈椭圆形，端部亦呈椭圆形，但较小。雌性外生殖器囊突形状变异大，齿状刺亦由不明显到十分突出。

5. 小黑组 (虫号 14.15.20.21.)

翅展 13-19 毫米。体小型，全黑色。雄性外生殖器爪形突角状；颚形突口部、尾部明显；钩形突指状；抱器瓣基部椭圆形，端部呈椭圆形或弯月形。雌性外生殖器囊突呈丘状、无刺突或片状有刺突。

6. 细柄组 (虫号 22.43.)

翅展 19 毫米左右。成虫灰白色；翅上有短细条或圆形黑斑，外缘斑明显。雄性外生殖器爪形突角状；颚形突口部、尾部明显；钩形突弧状；抱器瓣基部四方形，端部形成细柄。雌性外生殖器囊突小，椭圆形或十字形，表面有齿状突。

7. 深色组 (虫号 24.25.27.28.29.33.36.37.39.56.57.71.)

翅展 17-26 毫米。成虫体色深，由灰色至黑褐，腹部末端黄色；翅上有少数黑圆斑点，外缘斑大多消失。雄性外生殖器爪形突猫头形或角形；颚形突口部、尾部明显；钩形突变异大，由锥状、指状到长条状；抱器瓣基部呈椭圆形，端部多呈锥状柄。雌性外生殖器囊突呈片状，表面多刺突。

8. 黑白组 (虫号 23.30.31.32.34.38.40.41.42.)

翅展 18-25 毫米。成虫体多白色，腹部白色或黄色；前翅近前缘一半为黑色，近后缘一半为白色，白色中有少数黑色斑点；外缘斑大多明显。雄性外生殖器爪形突角形或圆形，中央凹不明显；颚形突口部、尾部明显；钩形突变异大，锥状、指状或弯曲；抱器瓣基部呈长椭圆形，端部呈钳状或圆锥状。雌性外生殖器囊突呈丁字形，表面多齿状刺突。

9. 半黄组 (虫号 35.55.)

翅展 25-29 毫米。成虫灰色，腹部及后翅臀区黄色。雄性外生殖器爪形突角形；颚形突口部、尾部明显；钩形突锥状；抱器瓣基部四方形，端部呈钳状或弯钩状。雌性外生殖器囊突呈丁字形，表面多齿状刺突。

10. 浅色组 (虫号 44.45.46.47.80.)

翅展 18-23 毫米。成虫体白色至浅灰褐色；前翅黑色斑点 3 枚左右；外缘有黑斑；胸部背面有 6 枚黑斑点。雄性外生殖器爪形突蛙头形；颚形突口部特别发达，周缘有长刺呈胡须状；抱器瓣基部四方形，端部呈弯曲圆锥状。雌性外生殖器囊突呈小片状或椭圆形，表面多齿状刺突。

11. 长囊组 (虫号 48.49.50.51.52.53.54.)

翅展 24-30 毫米。体接近黑色；触角宽 0.2 毫米；翅上有 4-6 枚黑色圆斑，外缘斑明显；胸部背面有 6 枚黑斑点；腹部末端金黄色；后翅褐色；足的腿、跗节呈黑色。雄性外生殖器爪形突角状；颚形突口部、尾部明显；钩形突锥状或指状；抱器瓣基部呈椭圆形，端部呈圆锥钩状。雌性外生殖器囊突呈大丁字形，表面多齿状刺突，长度是其他种类的一倍或更多；导管端片上也有许多齿状刺突。

12. 点线组 (虫号 58.59.60.61.62.63.68.70.74.76.77.)

翅展 16-45 毫米。体灰色，腹部多黄色，翅上有多数黑色点滴状斑，外缘斑明显，胸部背面有 4-6 枚黑斑点。雄性外生殖器爪形突由退化到发达，由一支到双叉；颚形突尾部常退化；钩形突锥状或指状；抱器瓣变异也很大，有长方形、椭圆形、柄形等。雌性外生殖器囊突片状、椭圆形、丁字形等。

13. 后黄组 (虫号 64.65.78.)

翅展 25-32 毫米。体灰色；腹部黄色，背中央有一列黑斑点；前翅灰色，有黑斑点多枚；外缘斑明显；后翅黄色，翅顶黑色。雄性外生殖器爪形突角状；颚形突尾部发达、多齿突或延长呈臂状；钩形突长指状；抱器瓣基部长椭圆形，端部密生长毛丛。雌性外生殖器囊突呈片状，折叠形。

14. 点滴组 (虫号 66.67.75.)

翅展 23-29 毫米。体黑色；腹部黄色，背两侧各有一列黑斑点；前翅灰色，有黑斑点多枚，外缘斑明显；后翅灰褐色。雄性外生殖器爪形突圆形，中央有深凹；颚形突口部、尾部明显；钩形突圆锥状；抱器瓣基部长方形，端部圆锥形或另有角状分枝。雌性外生殖器囊突条形、丁字形或缺少。

15. 灰白组 (虫号 69.26.)

翅展 21 毫米左右。体灰色、淡灰色；前翅有 3-4 枚黑色圆斑点，外缘斑缺少。雄性外生殖器爪形突角状；颚形突口部、尾部明显或不明显；钩形突锥状或长条状；抱器瓣长或短，端部呈棍棒状或钳状。雌性外生殖器囊突呈陀螺状。

为验证以上结论，特将所得的 15 组（80 种）与 Sattler 所划分的 23 组（72 种）做一对比（表 6），从中可以看出，15 组中每组至少由两种组成，避免了 Sattler 几个一组只有一种的现象。分组数目由原来的 23 组变为 15 组，缩减了 1/3，显得更加系统化了。72 种中有 58 种（80%）彼此间是相互吻合的。剩余的 14 种（虫号 6. 14. 15. 23. 26. 33. 35. 38. 43. 55. 56. 57. 68. 71.）虽不相吻合，但作者认为这一结论是通过 70 项特征的交错运算，所以可以深信它是更为理想的。此外，在各组内种与种之间的亲缘关系也可以通过树系图 1 而一目了然。这一点是 Sattler 分组中所无法表达的。因此我们的结论是：利用数值分类来探索种与种间的亲缘关系。在无明显进化特征的情况下，显然是比传统分类更加接近自然谱系。

表6 古北区草蛾相关系数 UPGMA 法分组与 Sattler 分组比较表*

Sattler 分组	Sattler	UPGMA
(1)	1. 2. 3. 4.	1. 2. 3. 4. 5. 72.
(2)	5. 6.	
(3)	7. 8.	6. 7. 8.
(4)	9. 10. 11. 12. 13. 14. 15. 16. 17. 18. 19.	9. 10. 12. 13. 11. 16. 17. 18. 19. 73. 79.
(5)	20. 21.	21. 20. 14. 15.
(6)	22.	22. 43.
(7)	23. 24. 25. 26. 27.	24. 25. 27. 28. 29. 33. 36. 37. 39. 56. 57. 71.
(8)	28. 29.	
(9)	30. 31. 32. 33. 34. 35.	23. 30. 31. 32. 34. 38. 40. 41. 42. 35. 55.
(10)	36. 37.	
(11)	38. 39.	
(12)	40. 41. 42. 43.	
(13)	44. 45. 46.	44. 45. 46. 47. 80.
(14)	47.	
(15)	48. 49. 50. 51. 52. 53. 54. 55. 56. 57.	48. 49. 50. 51. 52. 53. 54.
(16)	58.	
(17)	59.	
(18)	60. 61. 62. 63.	58. 59. 60. 61. 62. 63. 68. 70. 74. 76. 77.
(19)	64. 65.	64. 65. 78.
(20)	66. 67. 68.	66. 67. 75.
(21)	69.	69. 26.
(22)	70. 71.	
(23)	72.	

*比较标准见表 2 附注。