

# 中国白粉菌属的聚类分析

钟成刚, 杨 嘉, 孙自立, 王梅霞, 陈双林

(南京师范大学生命科学学院, 江苏 南京 210097)

[摘要] 为了从现有的白粉菌属分类特征体系出发, 客观地研究和评价中国白粉菌属 (*Erysiphe*) 的种级分类, 根据 28 个形态学编码性状对 66 个物种样本进行了类平均法系统聚类分析 (UPGMA). 结果表明: 寄主是白粉菌属种级分类的重要指标之一; 白粉菌属下暂不宜分组; 不支持将鼬瓣花白粉菌 (*Erysiphe galeopsidis*) 分出本属并以之作为模式种建立新白粉菌属 (*Neorysiphe*), 以及将金丝桃白粉菌 (*E. hyperici*) 和车轴草白粉菌 (*E. trifolii*) 转入叉丝壳属 (*Microsphaera*) 的分类观点.

[关键词] 白粉菌属, 聚类分析

[中图分类号] Q 949.327.5 [文献标识码] A [文章编号] 1001-4616(2007)03-0102-05

## Cluster Analysis to the Genus *Erysiphe* of China

Zhong Chenggang, Yang Jia, Sun Zili, Wang Meixia, Chen Shuanglin

(School of Life Science, Nanjing Normal University, Nanjing 210097, China)

**Abstract** Based on 28 coding morphological characters, 66 species samples of the genus *Erysiphe* of China were conducted on systemic cluster analysis by UPGMA in order to study the classification at the species level objectively. The result showed that the host was one of the most important standards of classification. It was unsuitable to divide the genus into some groups. The viewpoint that the new genus *Neorysiphe* was erected as the type species with *Erysiphe galeopsidis* and *E. hyperici* and *E. trifolii* were transferred into genus *Microsphaera* could not be agreed with.

**Key words** *Erysiphe*, cluster analysis

## 0 引言

白粉菌属 *Erysiphe* DC. 是真菌界子囊菌门白粉菌目白粉菌科的模式属, 全球已知 100 余种<sup>[1]</sup>, 被认为是该科中最低等的一个属, 其它各属都是直接或间接的从它演化而来的<sup>[2]</sup>. 白粉菌属在许多性状上表现出不稳定和界限模糊的特点. 多种过渡类型的存在以及性状界限不清楚给单纯以形态学特征为根据进行物种分类带来了困难, 哪些分类指标较为重要、物种是否都有较好的独立性、属内是否应该分组和亚组还有争议. 聚类分析 (Cluster Analysis) 是依据某些特征加以归类从而研究“物以类聚”的一种数理统计分析方法, 在生物学、农学和医学等分类问题中有着广泛的应用. 本研究以在中国分布的白粉菌属的菌种为样本单位, 包括了白粉菌属各主要类型, 运用组间连接法进行系统聚类分析, 对白粉菌属的形态分类问题进行了探讨.

## 1 材料与方法

### 1.1 样本

共选取中国白粉菌属的 66 个物种<sup>[2-10]</sup>作为聚类分析的研究样本单位, 具体见表 1.

收稿日期: 2006-10-11 修回日期: 2006-11-11

基金项目: 国家自然科学基金 (30370003) 资助项目.

作者简介: 钟成刚 (1982-), 硕士研究生, 主要从事药用真菌的学习与研究. E-mail: zhongcg82@163.com

通讯联系人: 陈双林 (1963-), 教授, 主要从事真菌的教学与研究. E-mail: chenshuanglin@njnu.edu.cn

表 1 中国白粉菌属 66种的聚类分析样本编号表  
Table 1 Sample list of *Erysiphe* species of China for cluster analysis

编号	中文名	学名	编号	中文名	学名
1	六道木白粉菌	<i>E. abeliae</i> R. Y. Zheng & G. Q. Chen	34	华阴白粉菌	<i>E. huayinensis</i> R. Y. Zheng & G. Q. Chen
2	铁苋白粉菌	<i>E. acahyphae</i> (Tai) R. Y. Zheng & G. Q. Chen	35	天仙子白粉菌	<i>E. hyoscyami</i> R. Y. Zheng & G. Q. Chen
3	盒子草白粉菌	<i>E. actinoskymatis</i> Braun	36	金丝桃白粉菌	<i>E. hyperici</i> (Walk.) Blum.
4	沙参白粉菌	<i>E. adenophorae</i> R. Y. Zheng & G. Q. Chen	37	珊瑚白粉菌	<i>E. knautiae</i> Duby
5	地锦白粉菌	<i>E. andina</i> (Speg.) Braun	38	栎树白粉菌	<i>E. koelraetiae</i> (Miyake) Tai
6	耧斗菜白粉菌	<i>E. aquilegiae</i> DC. var. <i>aquilegiae</i>	39	补血草白粉菌	<i>E. linonii</i> Junell
7	南芥白粉菌	<i>E. arabidis</i> R. Y. Zheng & G. Q. Chen	40	狼紫草白粉菌	<i>E. lycopersidis</i> R. Y. Zheng & G. Q. Chen
8	蒿白粉菌	<i>E. artemisiae</i> Grev.	41	博落回白粉菌	<i>E. macclaya</i> R. Y. Zheng & G. Q. Chen
9	金黄白粉菌	<i>E. aurea</i> R. Y. Zheng & G. Q. Chen	42	野桐白粉菌	<i>E. malloti</i> Z. X. Chen & R. X. Gao
10	秋海棠白粉菌	<i>E. begoniae</i> R. Y. Zheng & G. Q. Chen	43	莨生蒙加拉白粉菌	<i>E. munjalii</i> Y. S. Paul & L. N. Bhardwaj var. <i>amaranthicola</i> T. Z. Liu & S. R. Yu
11	甜菜白粉菌	<i>E. betae</i> (Vahl) W. U. Waltz	44	芍药白粉菌	<i>E. paeoniae</i> R. Y. Zheng & G. Q. Chen
12	小二孢白粉菌	<i>E. biocehlata</i> Ehrenb.	45	人参白粉菌	<i>E. panacis</i> R. L. Bai & W. C. Liu
13	班氏白粉菌	<i>E. bunkiniana</i> Braun	46	南非金钟花白粉菌	<i>E. phygelli</i> X. Y. Wang & L. X. Zhang
14	梓树白粉菌	<i>E. caudata</i> Simon	47	冷水花白粉菌	<i>E. pilulae</i> (Jacq.) Bunk. ex Braun
15	紫荆白粉菌	<i>E. cercidis</i> T. Xu	48	豌豆白粉菌	<i>E. pisi</i> DC.
16	菊科白粉菌	<i>E. cichoracearum</i> DC.	49	菱白粉菌	<i>E. polygoni</i> DC.
17	醉蝶花白粉菌	<i>E. clames</i> R. X. Li & D. S. Wang	50	葛白粉菌	<i>E. puerariae</i> R. Y. Zheng & G. Q. Chen
18	旋花白粉菌	<i>E. convolvuli</i> DC. var. <i>convolvuli</i>	51	香茶菜白粉菌	<i>E. radlosiae</i> R. Y. Zheng & G. Q. Chen
19	马桑生白粉菌	<i>E. coriariicola</i> R. Y. Zheng & G. Q. Chen	52	粗壮白粉菌	<i>E. robusta</i> R. Y. Zheng & G. Q. Chen
20	无色克鲁白粉菌	<i>E. cruetiana</i> Blum. var. <i>hyalina</i> R. Y. Zheng & G. Q. Chen	53	蕹菜白粉菌	<i>E. roripae</i> G. Q. Chen & R. Y. Zheng
21	十字花科白粉菌	<i>E. cruciferarum</i> (Opiz) Junell	54	接骨木白粉菌	<i>E. sambuci</i> Ahmad var. <i>sambuci</i>
22	葫芦科白粉菌	<i>E. cucurbitacearum</i> R. Y. Zheng & G. Q. Chen	55	景天白粉菌	<i>E. sedii</i> Braun
23	琉璃草白粉菌	<i>E. cynoglossi</i> (Walk.) Braun	56	锡金白粉菌	<i>E. sikkimensis</i> Chona et al.
24	扁壳白粉菌	<i>E. depressa</i> (Wallr.) Schlecht.	57	污色白粉菌	<i>E. sordida</i> Junell
25	戴维白粉菌	<i>E. diervillae</i> Miyake ex Braun	58	山矾生白粉菌	<i>E. symplococaula</i> R. Y. Zheng & G. Q. Chen
26	淫羊藿白粉菌	<i>E. epinedii</i> (Tai) R. Y. Zheng & G. Q. Chen var. <i>epinedii</i>	59	黄华白粉菌	<i>E. themopsidis</i> R. Y. Zheng & G. Q. Chen
27	梧桐白粉菌	<i>E. fimoniae</i> R. Y. Zheng & G. Q. Chen	60	百蕊草白粉菌	<i>E. thesii</i> Junell
28	鼬瓣白粉菌	<i>E. galeopsidis</i> DC.	61	车轴草白粉菌	<i>E. trifolii</i> Grev.
29	猪殃殃白粉菌	<i>E. galii</i> Blum.	62	合叶子白粉菌	<i>E. ulmariae</i> Desm.
30	大豆白粉菌	<i>E. glycines</i> Tai var. <i>glycines</i>	63	荨麻白粉菌	<i>E. urticae</i> (Walk.) Blum.
31	细雅白粉菌	<i>E. gracilis</i> R. Y. Zheng & G. Q. Chen	64	缬草白粉菌	<i>E. valerianae</i> (Jacq.) Blum.
32	独活白粉菌	<i>E. heraclei</i> DC.	65	毛蕊花白粉菌	<i>E. verbasci</i> (Jacq.) Blum.
33	本间白粉菌	<i>E. hamae</i> Braun	66	锦带花白粉菌	<i>E. weigeliae</i> Z. X. Chen & S. B. Luo

1.2 性状与编码

选取具有分类意义的有效形态特征共 28个, 作为数值分类性状进行编码 (表 2). 所选特征的数量编码类型包括: 二态性状 (I)、有序多态性状 (II) 和无序多态性状 (III).

1.3 聚类方法

首先将性状的原始数据标准化, 然后用平均欧式距离作为相似系数进行计算, 再计算类群间距离系数, 进而进行分类运算, 最后以类平均法 (UPGMA, Unweighted Pair-Group Method Using Arithmetic Averages) 聚类. 本研究使用的聚类分析软件为: SPSS 13.0

表 2 中国白粉菌属 66种聚类分析的特征编码表  
Table 2 List of coding characters for cluster analysis to the genus *Erysiphe* species of China

编号	特征	编号	特征	编号	特征	编号	特征
1	寄主植物 (III)	8	壁细胞形状 (III)	15	附属丝光滑 (I)	22	子囊形状 (III)
2	子囊果聚生 (I)	9	壁细胞平均直径 (III)	16	附属丝粗糙 (I)	23	子囊有柄 (I)
3	子囊果散生 (I)	10	附属丝数量 (III)	17	附属丝光滑或粗糙 (I)	24	子囊无柄 (I)
4	子囊果聚生或散生 (I)	11	附属丝形状 (III)	18	附属丝颜色 (III)	25	子囊有柄或无柄 (I)
5	子囊果颜色 (III)	12	附属丝平均长度 (III)	19	附属丝隔膜 (III)	26	子囊孢子数量 (III)
6	子囊果形状 (III)	13	附属丝平均宽度 (III)	20	附属丝分枝 (I)	27	子囊孢子形状 (III)
7	子囊果平均直径 (III)	14	附属丝壁厚度 (II)	21	子囊数量 (III)	28	子囊孢子颜色 (III)

\*\*\*\*\*HIERARCHICAL CLUSTER ANALYSIS\*\*\*\*\*

Dendrogram using Average Linkage (Between Groups)

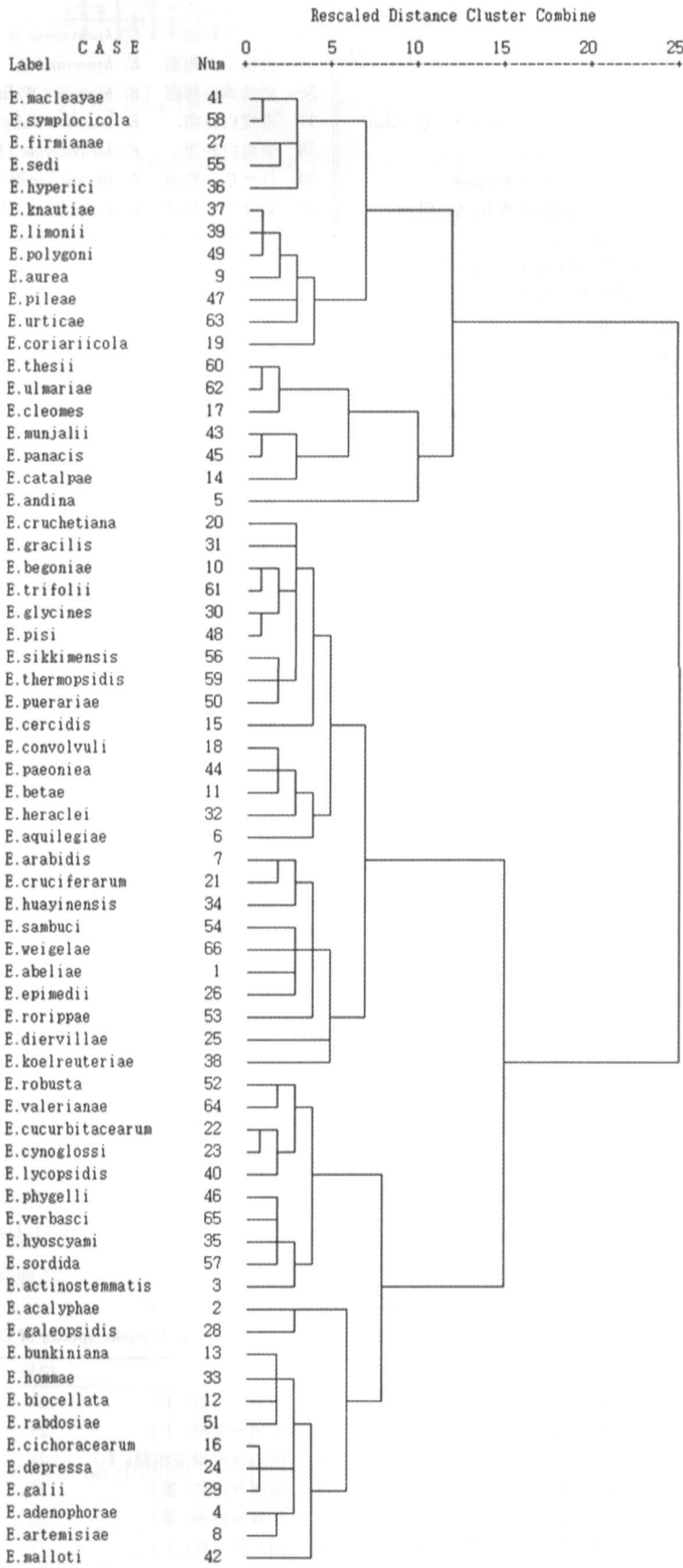


图 1 类平均法树状图

Fig.1 Dendrogram of group-average method

## 2 结果

对中国白粉菌属 66 个物种样本的形态特征进行聚类分析所得树状图见图 1。

图 1 反映的研究结果表明: 现知的中国白粉菌属 66 种依照目前的分类特征体系都是很好独立和稳定的, 说明这些物种的划分是适当的, 现行的该属的分类标准也是适宜的, 因此在形态分类中应以此为基础, 兼顾无性型性状, 使种的分类更加可靠和合理。而中国白粉菌属的整体聚合水平也是适中的, 可清晰地被划分为 3 个表观群。第 I 表观群共 19 个种, 寄主主要涉及到蓝雪科、景天科、葡萄科、五加科、荨麻科等; 第 II 表观群共 25 个种, 寄主主要涉及到豆科、壳斗科、毛茛科、十字花科、忍冬科等; 第 III 表观群共 22 个种, 寄主主要涉及到玄参科、唇形科、大戟科、葫芦科、菊科、紫草科等。

## 3 讨论

### 3.1 寄主仍是白粉菌属菌种分类的重要标准之一

尽管白粉菌属的传统分类在种级分类性状上存在着一些不稳定和界限模糊的问题, 但由于白粉菌是植物的专性寄生菌, 寄主专化性极强, 因此, 寄主一直是定种的主要特征。郑儒永、陈桂清就曾提出, 以形态为主要依据、在形态基础上考虑寄主专化性的分种原则<sup>[2]</sup>。

在本研究的 66 种中, 寄主同为豆科的紫荆白粉菌 (*Erysiphe cercidis*)、无色克鲁白粉菌 (*E. cruchetiana* var. *hyalina*)、大豆白粉菌 (*E. glycines*)、豌豆白粉菌 (*E. pisi*)、葛白粉菌 (*E. puerariae*)、黄华白粉菌 (*E. thymopsidis*) 和车轴草白粉菌 (*E. trifolii*) 都分布在第 II 表观群中的同一个亚群中; 寄主同为十字花科的南芥白粉菌 (*E. arabis*)、十字花科白粉菌 (*E. cruciferarum*)、华阴白粉菌 (*E. huayinensis*) 和焯菜白粉菌 (*E. rorippae*) 都分布在第 II 表观群中的同一个亚群中; 而同为寄生在唇形科植物的小二孢白粉菌 (*E. biocellata*)、班氏白粉菌 (*E. bunkiniana*)、鼬瓣白粉菌 (*E. galeopsidis*)、本间白粉菌 (*E. hammae*) 和香茶菜白粉菌 (*E. radosiae*) 都在第 III 表观群中的同一个亚群内分布, 等等。由此可见, 寄主的科仍是白粉菌属种级分类的重要指标之一, 这与白粉菌的经典分类也是相吻合的。

### 3.2 关于白粉菌属的分组问题

白粉菌属是白粉菌科中最大的一个属, 全球已知有 100 余种, 表现出多种类型。先后有几位学者根据其无性阶段的结构特征在属下又分组, Blumer 按分生孢子类型将白粉菌属分为 4 个组<sup>[11]</sup>, Braun 也根据无性型分为 3 个组<sup>[12]</sup>, Braun 和 Takamatsu 将叉丝壳属 (*Microsphaera*) 和钩丝壳属 (*Uncinula*) 并入白粉菌属, 从而将白粉菌属根据附属丝特征分成 3 个组<sup>[13-14]</sup>。由于全型真菌的分类主要还是考虑有性阶段的特征, 对无性型的作用尚难肯定<sup>[15]</sup>, 因此, 对上述分组处理都有争议。从本研究来看, 通过聚类分析似乎也可将中国白粉菌属分为 3 组 (3 个表观群), 但此 3 个组存在着寄主科、无性型特征和有性型特征等主要分类性状上的交叉, 而以聚类分析为代表的数值分类学的最大优点在于综合了多种特征和数据, 使得分类标准更加客观和全面, 极大地减少了人为干扰。所以我们对中国白粉菌属的聚类分析结果支持了郑儒永和余永年等的观点<sup>[2]</sup>, 即在白粉菌属下不宜分组, 否则将给白粉菌的分类鉴定带来困难。

### 3.3 关于几个有争议种的分类归属

Braun 根据分生孢子串生、具裂片状附着器的无性阶段特征而以鼬瓣花白粉菌 (*Erysiphe galeopsidis*) 为模式种建立了一个新属<sup>[16]</sup>, 定名为新白粉菌属 (*Neoyersiphe*)。从本研究的结果来分析, 该种是明显独立的种, 但却被很好地归类于第三表观群, 并没有显示出与其他白粉菌属种的显著差异, 这可能与鼬瓣花白粉菌的某些性状如附属丝的发生方式和形状没有出现在聚类分析的性状编码中有一定关系, 但以此种为模式种另建新属并没有太大必要。

Braun 曾根据子囊果的腹背向的特点, 将金丝桃白粉菌 (*Erysiphe hyperici*) 和车轴草白粉菌 (*E. trifolii*) 转到叉丝壳属 (*Microsphaera*) 内分别成为 *M. hypericaearum* 和 *M. trifolii*<sup>[12]</sup>。但本研究结果不支持这一分类观点, 从树状图中可以看出, 这两种都较早地与多数种聚类在一起, 这一结果很好地支持了郑儒永、陈桂清所提出的将这两种留在 *Erysiphe* 属内的分类观点<sup>[2]</sup>。

寄生在葫芦科上的白粉菌往往只形成分生孢子而较少形成子囊果, 很多植物病理学家根据分生孢子就以菊科白粉菌 (*Erysiphe cichoracearum*)、蓼白粉菌 (*E. polygoni*) 报道他们的菌, 然而本研究的结果反映出

葫芦科白粉菌 (*E. cucurbitacearum*) 与它们有着较大的差异, 这也证明了郑儒永、陈桂清从形态学上将其作为一个独立的种是正确的<sup>[2]</sup>。

通过综合多种来源数据和性状对样本进行系统聚类分析, 使得分类标准更加客观和全面, 减少了人为干扰。但是, 由于在本研究中所有性状都是等权的, 未对一些主要性状进行加权处理, 这使得主要性状与次要性状被等同对待和处理, 虽然降低了人为主观判断产生的误差, 但在生物的进化中, 各性状的意义并不均等, 不加权将降低主要性状的重要分类作用。此外, 白粉菌属的许多性状在形态表现上非常多变, 如子囊柄、附属丝隔膜的有无等, 给性状的编码带来了一定的困难, 从而可能导致一定的偏差。因此, 白粉菌属聚类分析性状分析和方法应用还需要进一步的研究。

# [参考文献]

- [1] Hawksworth D L, Kirk P M, Sutton B C, et al. *Ainsworth & Bisby's Dictionary of the Fungi* [M]. 8th ed. Cambridge: Cambridge University Press, 1995. 1-616.
- [2] 郑儒永, 余永年. 中国真菌志第一卷(白粉菌目) [M]. 北京: 科学出版社, 1987. 1-552.
- [3] 白容霖, 刘伟成. 白粉菌属一新种 [J]. 菌物系统, 1998, 17(2): 119-121.
- [4] 刘铁志, 秦晓春, 王迎春. 内蒙古赤峰地区的白粉菌 II—白粉菌属 [J]. 内蒙古大学学报: 自然科学版, 2002, 33(2): 177-181.
- [5] 刘铁志, 于守荣. 江苏省云台山白粉菌研究 V—白粉菌的一新变种和一新记录种 [J]. 菌物学报, 2005, 24(4): 477-480.
- [6] 刘铁志, 朱月. 中国白粉菌科的四个新记录种 [J]. 菌物系统, 1998, 17(4): 297-300.
- [7] 李荣禧, 王东升. 白粉菌属一新种 [J]. 真菌学报, 1990, 9(4): 266-268.
- [8] 于守荣. 江苏省云台山白粉菌研究 III——白粉菌目新种和新记录种 [J]. 真菌学报, 1995, 14(4): 312.
- [9] 于受荣, 田恒台. 江苏省云台山白粉菌研究 II——白粉菌目新种和新记录种 [J]. 真菌学报, 1995, 14(3): 164-171.
- [10] 王学英, 张立新, 吴德喜. 白粉菌属一新种——南非金钟花白粉菌 [J]. 菌物系统, 1997, 16(3): 172-175.
- [11] Blumer S. Echte Mehltauipilze (Erysiphaceae): Ein Bestimmungsbuch für die in Europa Vorkommenden Arten [M]. Jena: Fischer, 1967. 1-436.
- [12] Braun U. Taxonomic studies in the genus Erysiphe I. Generic delimitation and position in the system of the Erysiphaceae [J]. Nova Hedwigia, 1981, 34(3/4): 679-719.
- [13] Braun U, Takanatsu S. Phylogeny of *Erysiphe*, *Microsphaera*, *Uncinula* (Erysiphaceae) and *Cystotheca*, *Podosphaera*, *Sphaererotheca* (Cystothecaceae) inferred from DNA ITS sequences—some taxonomic consequences [J]. Schlechtendalia, 2000, 4: 1-33.
- [14] 刘淑艳, 高松. 白粉菌属级分类系统的讨论 [J]. 菌物学报, 2006, 25(1): 152-159.
- [15] Kendrick B. The Whole Fungus: The Sexual-Asexual Synthesis [M]. Ottawa: National Museums of Canada, 1979. 1-793.
- [16] Braun U. Some critical notes on the classification and generic concept of the Erysiphaceae [J]. Schlechtendalia, 1999, 3: 48-54.

[责任编辑: 孙德泉]