

秦岭主要林区白粉菌分类研究初报

白露超¹, 曹支敏¹, 代拴法², 姚三中³

(1. 西北农林科技大学 林学院, 陕西 杨陵 712100; 2. 陕西太白山国家级自然保护区管理局, 陕西 眉县 722300;
3. 宝鸡市马头滩林业局, 陕西 宝鸡 721006)

摘要:依据国际新的白粉菌分类系统, 采用传统形态学分类与无性型个体发育及其超微结构相结合的方法, 对采自秦岭主要林区的白粉菌进行了分类鉴定。共鉴定出白粉菌 5 族、9 属、61 种, 并列出了白粉菌名录, 涉及森林植物 36 科、72 属、112 种, 其中 1 种为白粉菌的寄主新纪录。

关键词:白粉菌科; 鉴定; 名录; 秦岭

中图分类号:S763.15 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-7461(2012)03-0113-09

Preliminary Study on Taxonomy of Powdery Mildews in Qinling Mountains

BAI Lu-chao¹, CAO Zhi-min¹, DAI Shuan-fa², YAO San-zhong³

(1. College of Forestry, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China; 2. Nature Reserve Administration Bureau of Taibai Mountain, Meixian, Shaanxi 722300, China; 3. Forestry Bureau of Matoutan, Baoji, Shaanxi 721006, China)

Abstract:Based on the new classification system of Erysiphales, a total of 5 tribes, 9 genera, 61 species of powdery mildew from Qinling Mountains were identified, classified by traditional morphology, the ontogenesis and the ultrastructures of conidia. A checklist was provided. Thirty six families, 72 genera, 112 species, in which 1 species (*Duchesnea indica*) is new record of powdery mildew, of host plants and their geographical distributions were reported in the checklist pertain to 61 species of powdery mildew.

Key words:Erysiphaceae; taxonomy; checklist; Qinling Mountains

白粉菌是一类广泛分布于世界各地的重要植物病原真菌, 因其对湿度和温度的广范适应性, 极易造成植物白粉病流行, 对农作物、林木和花卉等造成很大危害。20 世纪 80 年代以来, 国际白粉菌分类学研究取得了很大进展, 世界性、国家或地区白粉菌分类专著或区系研究报告相继问世^[1-7]。我国学者郑儒永和余永年^[8]主编了中国白粉菌专著, 带动了此后许多省区的地区白粉病菌区系研究^[9-12]。在分类原理与研究方法上, 随着近 10 年来分子生物学技术在白粉菌分类中的应用, 国际白粉菌分类系统也发生了全新变化, P. M. KIRK^[13] 等将白粉菌目 (Erysiphales) 划归到子囊菌门 (Ascomycota)、锤舌菌纲 (Leotiomyces) 内, 白粉菌科 (Erysiphaceae) 被分为 5 个族 (Tribes), 其属的界定标准、数目发生

重大改变^[14-15]。人们更注重白粉菌无性型个体发育及分生孢子超微结构在分类系统中的应用^[16]。

秦岭地处我国暖温带和北亚热带的过渡地带和华北、华中和西南 3 个植物地区的交汇处, 特殊的地理位置和复杂多样的植物种类决定了该林区具有复杂多样的菌物种类。但关于该地区白粉菌区系目前仍缺乏系统完整的研究资料, 仅有零星报道^[17-18]。因此, 依据新的分类系统, 对秦岭林区白粉菌进行系统地分类研究, 不仅为该林区菌物及物种多样性研究提供基础资料, 也为开展白粉菌生态学研究及林木白粉病防治提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料

从 2009—2010 年对秦岭主要林区白粉菌种类

收稿日期: 2011-06-06 修回日期: 2011-12-01
基金项目: 陕西省自然科学基金研究计划重点项目 (2010JZ003)。
作者简介: 白露超, 女, 在读硕士, 研究方向: 森林菌物学。
* 通讯作者: 曹支敏, 男, 教授, 博士生导师, 主要从事森林病理与菌物学研究。E-mail: zmcao@nwsuaf.edu.cn

进行调查,包括太白山、宁陕火地塘、周至楼观台、南五台和辛家山等几个林区。经连续 2 a 定点调查、采集,先后采集新标本 200 余号,加上前人采自秦岭的 160 号标本,共计 360 余号森林植物白粉菌标本。标本均保存于西北农林科技大学林学院菌物标本室(HMNWAFU-CF)。在标本采集的同时,选取具典型白粉病症状新鲜叶片,剪切成约 0.5 cm 大小的方块,放入 4% 戊二醛固定液中固定保存,以备电镜观察。

1.2 方法

依据国际新的白粉菌分类系统^[15],采用传统形态学分类与无性型个体发育及其超微结构相结合的方法,主要参考郑儒永和余永年^[8]、U. BRAUN^[2]及 R. T. A. COOK^[16]等形态学描述对所采集的白粉菌进行族(Tribes)、属(Genera)、组(Sect.)的重新划分和种的鉴定。从标本刮取其无性繁殖体、闭囊果置于滴有蒸馏水的载玻片上,进行光学显微镜(O-LYMPUS-CX31RTSF)观察、形态特征描述和大小测定。利用扫描电镜(JEOL, JSM-6360LV)对无性型白粉菌的分生孢子梗、特别是分生孢子的表面纹饰等超微结构进行观察、描述^[16]。扫描电镜样品制备参考康振生^[19]方法并作改进。白粉菌寄主植

物鉴定主要参考《中国植物志》^[20-24]、《秦岭植物志》^[24-29]、《陕西树木志》^[30]和《拉汉英种子植物名称》^[31]。

2 结果与分析

2.1 秦岭林区白粉菌种类及其寄主植物组成

经对采自秦岭林区的 360 多份白粉菌标本进行分类研究,共鉴定出白粉菌 5 族、9 属、61 种(表 1),其中陕西新记录种 23 个。白粉菌寄主共涉及森林植物 36 科、72 属、112 种。其中,白粉菌寄主新纪录 1 种[蛇莓(*Duchesnea indica*)],寄主国内新记录种植物 12 种。初步区系分析显示,秦岭森林植物白粉菌以白粉菌属(*Erysiphe* emend.), 占总数的 64.0%, 为优势种,其次为高氏白粉菌属(*Golovinomyces*), 占 13.1%, 单囊白粉菌属(*Podosphaera* emend.) 占 4.9%, 球针壳属(*Phyllactinia*)为 6.6%, 叉钩丝壳属(*Sarvadaea*)占 3.3%, 布氏白粉菌属(*Blumeria*)、内丝白粉菌属(*Leveillula*)等各占 1.6%。从寄主植物分析来看,菊科植物占到 12.0%, 为秦岭白粉菌的主要寄主类群,其次是豆科(Leguminosae)占 9.0%, 毛茛科(Ranunculaceae)、杨柳科(Salicaceae)和唇形科(Lamiaceae)植物占 7.0%。

表 1 秦岭林区白粉菌种类及其寄主植物组成
Table 1 Erysiphales species and their host plants in the Qinling Mts.

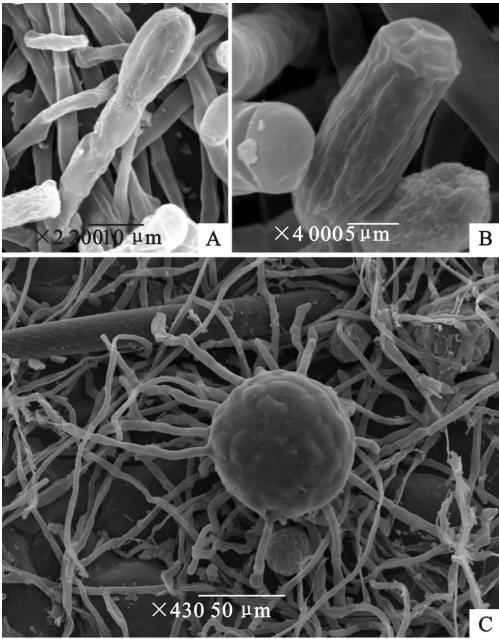
白粉菌科					寄主植物(科)
属	组	组种数	属种数	所占比例/%	
<i>Blumeria</i>			1	1.6	Gramineae
<i>Cystotheca</i>			1	1.6	Fagaceae
<i>Sarvadaea</i>			2	3.3	Aceraceae
<i>Podosphaera</i> emend.	<i>Podosphaera</i>	1		1.6	Rosaceae
	<i>Sphaerotheca</i>	2	3	3.3	Balsaminaceae, Compositae, Cucurbitaceae
<i>Erysiphe</i> emend.	<i>Erysiphe</i>	18		29.5	Begoniaceae, Compositae, Convolvulaceae, Euphorbiaceae, Leguminosae, Papaveraceae, Polygonaceae, Ranunculaceae, Umbelliferae, Urticaceae
			39		Caprifoliaceae, Fagaceae, Juglandaceae, Lardizabalaceae, Leguminosae, Rhamnaceae, Rosaceae
	<i>Microsphaera</i>	14		23.0	
	<i>Uncinula</i>	7		11.5	Aceraceae, Celastraceae, Moraceae, Salicaceae
<i>Golovinomyces</i>			8	13.1	Boraginaceae, Cruciferae, Compositae, Plantaginaceae, Rubiaceae, Solanaceae
<i>Neoerysiphe</i>			2	3.3	Lamiaceae
<i>Leveillula</i>			1	1.6	Balsaminaceae
<i>Phyllactinia</i>			4	6.6	Meliaceae, Moraceae, Salicaceae

2.2 寄主新记录白粉菌描述

瑟门白粉菌(*Erysiphe thuenenii* U. Braun), *Mycotaxon* 18(1):121, 1983.

菌丝体叶两面生,以叶面较多,形成白色斑片,易消失,附着胞呈裂片状;分生孢子梗基部直或曲折,长 30~45 μm,足细胞近柱状或向上逐渐增粗,

22.5~25.0 μm \times 7.5~10.0 μm ,上接 1~2 个短细胞,分生孢子单生(图 1A),桶一柱形或椭圆桶形,在脐处稍有缢缩,电镜下显示其表面具有不规则纵向或网状脊(图 1B),大小 25~32.5 μm \times 12.5~17.5 μm ;闭囊果(图 1C)散生至近聚生,黑褐色,扁球形,直径 80~105 μm ;壳壁细胞不规则多角形,直径 7.5~15 (~17.5) μm ;附属丝菌丝状,8~12 根,生于闭囊果的下半部,常与菌丝体相互缠结,多呈曲膝状弯曲,不分枝,基部壁厚、深褐色,向上逐渐变薄、淡褐至无色,平滑或上半部具小疣,具 3~5 (~6) 隔膜,长 75~250 (~310) μm (为子囊果直径的 1.0~2.5 (~3.5) 倍),基部宽 5.0~7.5 μm ;子囊 3~5 个,囊状或宽椭圆形,具短柄,45.0~57.5 μm \times 30.0~40.0 μm ;子囊孢子 3~5 个,椭圆形,15.0~20.0 μm \times 10.0~12.5 μm 。



A. 分生孢子梗、分生孢子及菌丝附着胞 B. 分生孢子
C. 闭囊果及附属丝

图 1 瑟门白粉菌(*Erysiphe thuenenii*)寄主
蛇莓茎繁殖体形态特征

Fig. 1 *Erysiphe thuenenii* on *Duchesnea indica*

寄生于蔷薇科植物蛇莓 (*Duchesnea indica* (Andr.) Focke) 叶上,陕西平河梁(33° 28' 20"N、108° 29' 42"E;海拔 2 110 m),2009. 09,白露超、曹支敏 HMNWAFU-CF 2009286

采自秦岭蛇莓上的该种白粉菌的附属丝为曲膝状、不分枝,明显地较 U. BRAUN^[32] 及刘铁志^[33] 等所描述 *Erysiphe thuenenii* 的单生或分枝的附属丝要长 [(前者 1~2.5 (~3.5) 倍、后者不到 1 倍闭囊壳直径)],子囊和子囊孢子也明显地小于该种的原

始记载。蛇莓属 (*Duchesnea*) 植物上狭义白粉菌属 (*Erysiphe* S. Str.) 白粉菌此前国内外没有记载^[2,8],是否为不同于 *E. thuenenii* 的白粉菌新种,有待进一步研究。

2.3 秦岭林区已知白粉菌名录

2.3.1 布氏白粉菌族 Tribe Blumerieae R. T. A. Cook & al. (1997)

布氏白粉菌属 *Blumeria* Golovin ex Speer (1975)

布氏白粉菌 *Blumeria graminis* (DC.) Speer, Sydowia 27: 2. 1974.

蛊羊茅 (*Festuca fascinata* Keng), 火地塘 (1 600 m), HMNWAFU-CF2010166

2.3.2 离壁壳族 Tribe Cystothecae (Katumoto) U. Braun (1987)

离壁壳属 *Cystotheca* Berk. & Curtis (1860)

绵毛离壁壳 *Cystotheca lanestris* (Harkn.) Sacc., Annls Mycol. 9: 250. 1911.

板栗 (*Castanea mollissima* Blume), 楼观台 (700 m), HMNWAFU-CF2010021

单囊白粉菌属 *Podosphaera* Kunze emend. Braun & Takamatsu (2000) 叉丝单囊壳组 Sect. *Podosphaera*

* * 三指叉丝单囊壳 *Podosphaera tridactyla* (Wallr.) De Bary, Abh. Senckenb. Nat. Ges. 7: 408. 1870.

崖樱桃 (*Cerasus scopulorum* (Koehne) Yü et Li), 厚畛子 (1 200 m), HMNWAFU-CF2010302

单囊白粉菌属 *Podosphaera* Kunze emend. Braun & Takamatsu (2000) 单囊壳组 Sect. *Sphaerothera*

凤仙花单囊壳 *Podosphaera balsaminae* (Wallr.) Braun & Takam., Schlecht. 4: 27. 2000.

Sphaerothera balsaminae (Wallr.) Kari, Ann. Univ. Turkuensis A, 2: 99. 1957.

凤仙花 (*Impatiens balsamina* Linn.), 平河梁 (1 900~2 150 m), HMNWAFU-CF2009247

棕丝单囊壳 *Podosphaera fusca* (Fr.) Braun & Shishkoff, in Braun & Takam., Schlecht. 4: 29. 2000.

Sphaerothera fusca (Fr.) Blumer, Beitr. Krypt.-Fl. Schweiz. 7: 117. 1933.

* 为陕西省新纪录种,下同。

- Sphaerotheca erigerontis-canadensis* (Lèv.) Junell, Svensk bot. Tidskr. 60: 387. 1966.
- Sphaerotheca fuliginnea* f. *cucurbitae* Jacz. Karm. Opređ. Gribov. II. 99. 1927.
- Sphaerotheca cucurbitae* (Jacz.) Z. Y. Zhao, Acta Microbiol. Sin. 19(2): 148. 1979.
- Sphaerotheca astragali* var. *phaseoli* Z. Y. Zhao, Acta Microbiol. Sinica 21: 286. 1981.
- Sphaerotheca phaseoli* (Z. Y. Zhao) Braun, Zentbl. Mikrobiol. 140: 166. 1985.
- Podosphaera phaseoli* (Z. Y. Zhao) Braun & Takam., Schlecht. 4: 30. 2000.
- Sphaerotheca verbenae* Sävul. & Negu, Herb. mycol. Rom. 31: No. 1509. 1955.
- Sphaerotheca xanthii* (Castagne) Junell, Svensk bot. Tidskr. 60: 382. 1966.
- Podosphaera xanthii* (Castagne) Braun & Shishkoff, in Braun & Takam., Schlecht. 4: 31. 2000.
- 尖尾凤毛菊 (*Saussurea saligna* Franch.), 平河梁 (2 210 m), HMNWAFU-CF2010274; 火地塘 (1 700 m), HMNWAFU-CF2002195; 太白山北坡 (1 800 m), HMNWAFU-CF2010301; 棕脉凤毛菊 (*Saussurea baroniana* Diels.), 太白山南坡 (1 700 m), HMNWAFU-CF2009254; 总状橐吾 (*Ligularia botryodes* C. Winkl. Hand.-Mazz.) 太白山北坡 (1 130 m), HMNWAFU-CF2009265; 齿叶橐吾 (*Ligularia dentata* A. Gray Hara), 太白山北坡 (1 109 m), HMNWAFU-CF2009353; * * 钟苞麻花头 (*Serratula cupuliformis* Nakai et Kitag.), 南五台 (1 700 m), HMNWAFU-CF2010354; 菊苣 (*Cichorium intybus* Linn.), 太白山南坡 (1 250 m), HMNWAFU-CF2009291; 羽裂华蟹甲草 (*Sinacalis tangutica* (Maxim.) B. Nord.), 火地塘 (1 500 m), HMNWAFU-CF20047; 小花鬼针草 (*Bidens parviflora* Willd.), 太白山南坡 (1 120 m), HMNWAFU-CF2009284; 金盏银盘 (*Bidens biter-nata* (Lour.) Merr. et Sherff.), 太白山南坡 (1 083 m), HMNWAFU-CF2009288; 白酒草凤毛菊 (*Saussurea conyzoides* Hemsl.), 楼观台 (1 220 m), HMNWAFU-CF2009310; ** * 太白山橐吾 (*Ligularia dolichobotrys* Diels.), 太白山南坡 (1 370 m), HMNWAFU-CF2009320; 下田菊 (*Ad-enostemma lavenia* (L.) Kuntze.), 太白山 (1 013 m), HMNWAFU-CF2010244; 南瓜 (*Cucurbita moschata* (Duch.) Poiret), 火地塘 (1 300 m), HMNWAFU-CF200617; 黄瓜 (*Cucumis sativus* Linn.), 火地塘 (1 200 m), HMNWAFU-CF20068
- 叉钩丝壳属 *Sawadaea* Miyabe (1914)
- 多裂叉钩丝壳 *Sawadaea polyfida* (Wei.) Zheng et Chen, Acta Microbiol. Sinica 20: 42. 1980.
- Uncinula polyfida* (Wei), Nanking J. 11: 109. 1942.
- 四蕊槭 (*Acer tetramerum* Pax), 太白山南坡 (1500 m), HMNWAFU-CF2009251
- 图拉斯叉钩丝壳 *Sawadaea tulasnei* (Fuck.) Homma, J. Fac. Agric. Hokkaido Imp. Univ. 38: 374. 1937.
- 金钱槭 (*Dipteronia sinensis* Oliv.), 火地塘 (1750~1900 m), HMNWAFU-CF200418; * * 秦岭槭 (*Acer tsinglingense* Fang et Hsieh), 火地塘 (1570 m), HMNWAFU-CF2009161
2. 3. 3 白粉菌族 Tribe Erysipheae U. Braun (2010)
- 白粉菌属 *Erysiphe* R. Hedw. ex DC. emend. Braun & Takamatsu (2000) 白粉菌组 Sect. *Erysiphe*
- 毛茛耬斗菜白粉菌 *Erysiphe aquilegiae* var. *ranunculi* (Grev.) R. Y. Zheng & G. Q. Chen, Sydowia 34: 302. 1981.
- * * 陕西唐松草 (*Thalictrum shensiense* W. T. Wang et S. H. Wang) 火地塘 (1 980 m), HMNWAFU-CF2009292; 钩柱唐松草 (*Thalictrum uncatum* Maxim.), 火地塘 (1 200 m), HMNWAFU-CF2010341; 阿尔泰银莲花 (*Anemone altaica* Fisch. ex C. A. Mey.) 火地塘 (1 300 m), 白露超 HMNWAFU-CF2009252; 青藏金莲花 (*Trollius pumilus* var. *tanguticus* Brühl), 火地塘 (1 240 m), HMNWAFU-CF2009295; 盾叶唐松草 (*Thalictrum ichangense* Lecoy. ex Oliv) 平河梁 (2 000 m), HMNWAFU-CF2010271, 火地塘 (1 400 m), HMNWAFU-CF2010187; 长喙唐松草 (*Thalictrum macrorhynchum* Franch.), 平河梁 (1 950 m), HMNWAFU-CF2010357
- 秋海棠白粉菌 *Erysiphe begoniae* Zheng & Chen, Acta Microbiol. Sinica 20(4): 361. 1980.
- 中华秋海棠 (*Begonia sinensis* A. DC.), 火地

塘 (1 250 m), HMNWAFU-CF2010199

* 班氏白粉菌 *Erysiphe bunkiniana* Braun, Feddes Repert. Spec. Nov. Regni Veg. 91: 441. 1980.

线纹香茶菜 (*Rabdosia lophanthoides* (Buch.-Ham. ex D. Don) Hara), 平河梁 (1 960 m), HMNWAFU-CF2009333

旋花白粉菌 *Erysiphe convolvuli* DC., Fl. franc. 2: 274. 1805; Zheng & Yu, Flora Fung. Sin. 1: 70. 1987.

藤长苗 (*Calystegia pellita* (Ledeb.) G. Don), 太白山南坡 (1 050 m), HMNWAFU-CF2009141

无色克鲁白粉菌 *Erysiphe cruchetiana* Blum. var. *hyaline* Zheng & Chen, Sydowia 34: 288. 1981.

** 太白野豌豆 (*Vicia taipaica* K. T. Fu), 太白山南坡 (1 100 ~ 2 000 m), HMNWAFU-CF2009215, HMNWAFU-CF2010268; 火地塘 (1 200 m), HMNWAFU-CF2000027

* 扁壳白粉菌 *Erysiphe depressa* (Wallr.) Schlecht., Fl. Berol. 2: 169. 1824.

牛蒡 (*Arctium lappa* Linn.), 太白山北坡 (1 500 m), HMNWAFU-CF200120; 厚畛子 (1 400 m), HMNWAFU-CF2010224

大戟白粉菌 *Erysiphe euphorbiae* Peck., Ann. Rep. N. Y. St. Mus. nat. Hist. 26: 80. 1874.

湖北大戟 (*Euphorbia hylonoma* Hand.-Mzt.), 太白山北坡 (1 050 ~ 1 700 m), HMNWAFU-CF2009347

大豆白粉菌 *Erysiphe glycines* Tai, Lingnan Sci. J. 18: 457. 1939.

三籽两型豆 (*Amphicarpaea trisperma* (Miq.) Baker ex Kitag.), 火地塘 (1 400 ~ 1 700 m), HMNWAFU-CF2010269; 楼观台 (1 000 m), HMNWAFU-CF2010340

胡枝子白粉菌 *Erysiphe lespedezae* Braun & Zheng, in Zheng, Mycotaxon 18(1): 142. 1983.

多花胡枝子 (*Lespedeza floribunda* Bunge), 南五台 (1 340 m), HMNWAFU-CF201029; 火地塘 (1 550 m), HMNWAFU-CF2010359; 细梗胡枝子 (*Lespedeza virgata* (Thunb.) DC.), 南五台 (1 660 m), HMNWAFU-CF2000029; 截叶胡枝子 (*Lespedeza cuneata* (Dum.-Cours.) G. Don, 太白山南坡 (1 100 m), HMNWAFU-CF2010313; 绿叶胡枝子 (*Lespedeza buergeri* Miq.), 太白山北坡 (1

310 m), HMNWAFU-CF2010346

独活白粉菌 *Erysiphe heraclei* DC., Fl. Franc. III 6: 107. 1815.

** 菱叶茴芹 (*Pimpinella rhomboidea* Diels), 太白山北坡 (1 700 m), HMNWAFU-CF2010262

狭义本间白粉菌 *Erysiphe hommae* Braun, Fed. Repert. Spec. Nov. Regni Veg. 92: 501. 1981.

香薷 (*Elsholtzia ciliata* (Thunb.) Hyland.), 凤县 (1 600 m), HMNWAFU-CF2009223; 火地塘 (1 400 m), HMNWAFU-CF2009293; 厚畛子 (1 250 m), HMNWAFU-CF2009270; 穗状香薷 (*Elsholtzia stachyoides* (Link) C. Y. Wu), 太白山北坡 (1 100 ~ 2 300 m), HMNWAFU-CF2009239, HMNWAFU-CF2010238

* 博落回白粉菌 *Erysiphe macleayae* Zheng & Chen, Sydowia 34: 290. 1981.

小果博落回 (*Macleaya microcarpa* (Maxim.) Fedde), 南五台 (800 ~ 1 200 m), HMNWAFU-CF2010345

芍药白粉菌 *Erysiphe paeoniae* Zheng & Chen, Sydowia 34: 300. 1981.

芍药 (*Paeonia lactiflora* Pall.), 火地塘 (1 200 m), HMNWAFU-CF200611, HMNWAFU-CF2006183

* 冷水花白粉菌 *Erysiphe pileae* Braun, Feddes Repert. Spec. Nov. Regni Veg. 97(7-8): 503. 1981.

冷水花属之一种 (*Pilea* sp.), 火地塘 (1 300 m), HMNWAFU-CF200012

豌豆白粉菌 *Erysiphe pisi* DC., Fl. Franc. 2: 174. 1805.

花苜蓿 (*Medicago ruthenica* (Linn.) Trautv.), 太白山南坡 (980 m), HMNWAFU-CF2010214; 菱叶鹿藿 (*Rhynchosia dielsii* Harms), 凤县 (800 m), HMNWAFU-CF2009291

蓼白粉菌 *Erysiphe polygoni* DC. Lamarck & de Candolle, Fl. Franc. 2: 273. 1805.

扁蓄 (*Polygonum aviculare* Linn.), 火地塘 (1 420 m), HMNWAFU-CF200210

* 荨麻白粉菌 *Erysiphe urticae* (Wallr.) Blum., Beitr. Kryptfl. Schweiz 7: 224. 1933.

** 细苎麻 (*Boehmeria gracilis* C. H. Wright), 火地塘 (1 275 m), HMNWAFU-CF200016

白粉菌属 *Erysiphe* R. Hedw. ex DC. emend.

- Braun & Takamatsu (2000) 叉丝壳组 Sect. *Microsphaera*
- 粉状白粉菌 *Erysiphe alphitoides* (Griffon & Maubl.) Braun & Takam., Schlecht. 4: 5. 2000.
- Microsphaera alphitoide* Griff & Maubl., Bull. Soc. Mycol. Fr. 28: 103. 1912.
- 锐齿栎 (*Quercus aliena* var. *acutiserrata* Maxim.), 蒿坪 (1 330 m), HMNWAFU-CF200228; 火地塘 (1 400 m), HMNWAFU-CF2009191; 槲栎 (*Quercus aliena* Blume), 火地塘 (1 500 m), HMNWAFU- CF2000275
- * 小檗生白粉菌 *Erysiphe berberidicola* (Tai) Braun & Takam., Schlecht. 4: 6. 2000.
- Microsphaera berberidicola* Tai, Bull. Torrey Bot. Club 73:115. 1946.
- 陕西小檗 (*Berberis shensiana* Ahrendt) 太白山北坡 (1 800 m), HMNWAFU-CF201034, HMNWAFU-CF2010263; 甘肃小檗 (*Berberis kansuensis* Schneid), 太白山南坡 (2 400~2 800 m), HMNWAFU-CF2010216; 短柄小檗 (*Berberis brachypoda* Maxim.), 火地塘 (1 920 m), HMNWAFU-CF20026
- 本间白粉菌 *Erysiphe corylacearum* Braun & Takam. Schlecht. 8: 33. 2002.
- Microsphaera hommae* Braun. Mycotaxon 15: 124. 1982.
- 榛 (*Corylus heterophylla* Fisch. ex Bess), 火地塘 (1 600 m), HMNWAFU-CF2004132; 太白山南坡 (1 320 m), HMNWAFU-CF2000199
- 猫儿屎白粉菌 *Erysiphe decaisoreae* (Tai) Braun & Takam., Schlecht. 4: 7. 2000.
- Microsphaera decaisneae* Tai, Lingnan Sci. J. 18. 459. 1939.
- 猫儿屎 (*Decaisnea fargesii* Franch.), 火地塘 (1 200~1 400 m), HMNWAFU-CF2010118, HMNWAFU-CF2000192
- * 两型小檗白粉菌 *Erysiphe dimorpha* (Yu & Zhao) Braun & Takam., Schlecht. 4: 7. 2000.
- Microsphaera dimorpha* (Yu & Zhao.) Braun, Mycotaxon 18: 115. 1983.
- Microsphaera berberidis* var. *dimorpha* Yu & Zhao. Acta Microbiol. Sinica 21: 122. 1981.
- * * 锥花小檗 (*Berberis aggregata* Schneid.), 太白山北坡 (1 195 m), HMNWAFU-CF2009290
- * 双盾木白粉菌 *Erysiphe dipeltae* (Yu & Lai) Braun & Takamatsu, Schlecht. 4: 7. 2000.
- Microsphaera depiltae* Yu & Lai, Acta Mycol. Sinica 289. 1983.
- 双盾木 (*Dipelta floribunda* Maxim.), 太白山北坡 (1760 m), HMNWAFU-CF2009360
- * 二郎山白粉菌 *Erysiphe erlangshanensis* (Yu) Braun & Takam., Schlecht. 4: 8. 2000.
- Microsphaera erlangshanensis* Yu, Acta Mycol. Sinica 2: 91. 1983.
- 黄毛忍冬 (*Lonicera giraldii* Rehd.), 火地塘 (1 275~1 600 m), HMNWAFU-CF2009356; 毡毛忍冬 (*Lonicera fargesii* Franch.), 太白山北坡 (1 350 m), HMNWAFU-CF2009240; 忍冬属之一种 (*Lonicera* sp.), 火地塘 (1760 m), HMNWAFU-CF2009327
- 鼠李生白粉菌 *Erysiphe rhamnicola* (Yu) Braun & Takam Schlecht. 4: 13, 2000.
- Microsphaera rhamnicola* Yu, Acta Microbiol. Sinica 21(1):18. 1981.
- 多花勾儿茶 (*Berchemia floribunda* (Wall.) Brongn.), 火地塘 (1 800 m), HMNWAFU-CF2009190
- 刺槐白粉菌 *Erysiphe robiniicola* Braun & Takam. Schlecht. 4: 13. 2000.
- Microsphaera robiniae* Tai, Bull. Torrey Bot. Club 73: 118. 1946.
- 刺槐 (*Robinia pseudoacacia* Linn.), 火地塘 (1 300~1 600 m), HMNWAFU-CF2002128, HMNWAFU-CF2004120; 南五台 (1 000 m), HMNWAFU-CF2010328; 太白山南坡 (1 500 m), HMNWAFU-CF2009339
- * 蔷薇白粉菌 *Erysiphe rosae* (Golovin & Gamalitzk.) Braun & Takam. Schlecht. 4: 4. 2000.
- Medusosphaera rosae* Golovin & Gamalitzk, Bot. Mater. Otd. Sporov. Rast. Bot. Inst. Komarov Akad. Nauk S. S. S. R. 15: 92. 1962.
- * * 秦岭蔷薇 (*Rosa tsinglingensis* Pax et Hoffm.), 下板寺北坡 (2 750 m), HMNWAFU-CF2010351
- * 茅栗白粉菌 *Erysiphe sequinii* (Yu & Lai) Braun & Takam. Schlecht. 4: 13. 2000.
- Microsphaera sequinii* Yu & Tai, J. North-Eastern Forest Inst. 4: 29. 1982.
- 茅栗 (*Castanea sequinii* Dode), 太白山南坡 (1 250 m), HMNWAFU-CF200214
- * 中国白粉菌 *Erysiphe sinensis* (Yu) Braun

& Cunningham Schlecht. 14: 85, 2006.

Microsphaera sinensis Yu, J. North-Eastern Forest Inst. 4: 31. 1982.

槲栎 (*Quercus aliena* Blume), 太白山北坡 (1 250~1 650 m), HMNWAFU-CF200235, HMNWAFU-CF2009267

车轴草白粉菌 *Erysiphe trifolii* Grev., Fl. Edin. p. 460. 1824.

Microsphaera trifolii (Grev.) Braun, Nova Hedwigia 34: 685, 1981;

白车轴草 (*Trifolium repens* Linn.), 南五台 (1 500 m), HMNWAFU-CF2010322

* 山田白粉菌 *Erysiphe yamadae* (Salmon) Braun & Takam. Schlecht. 4: 15. 2000.

Microsphaera yamadai (Salmon) Syd. & P. Syd., Ann. Mycol. 12: 160. 1914.

胡桃 (*Juglans regia* Linn.), 太白山北坡 (1 000~1 550 m), HMNWAFU-CF2009116, HMNWAFU-CF2009264; 厚畛子 (1 350 m) HMNWAFU-CF20010234

白粉菌属 *Erysiphe* R. Hedw. ex DC. emend. Braun & Takamatsu (2000) 钩丝壳组 Sect. *Uncinula* 钩状白粉菌 *Erysiphe adunca* (Wallr.) Fr. Syst. Mycol. 3: 245, 1829. var. *adunca*

Uncinula adunca (Wallr.) Lév., Ann. Sci. Nat., Bot., III. 15: 151. 1851. var. *adunca*

Uncinula longispora Zheng & Chen. Acta Microbiol. Sinica 17: 204. 1977. var. *longispora*

匙叶柳 (*Salix spathulaleifolia* Seemen.), 火地塘 (2 200~2 300 m), HMNWAFU-CF2000193, HMNWAFU-CF2004212, HMNWAFU-CF2010260; 筐柳 (*Salix linearistipularis* (Franch.) Hao), 辛家山林场 (2 100 m), HMNWAFU-CF2009250; 青杨 (*Populus cathayana* Rehd.), 火地塘 (1 100 m), HMNWAFU-CF2009258; 杨属之一种 (*Populus* sp.), 火地塘 (1 550 m), HMNWAFU-CF2006180

* 卷曲白粉菌 *Erysiphe circinata* (Cooke & Peck) Braun & Takam. Schlecht. 4: 18. 2000.

Uncinula circinata Cooke & Peck, J. Bot II. 1: 12. 1872.

* * 陕西槭 (*Acer shensiense* Fang et L. C. Hu), 太白山北坡 (2 210 m), HMNWAFU-CF2009285

桑白粉菌 *Erysiphe mori* (Miyake) Braun & Takam. Schlecht. 4: 21. 2000.

Uncinula mori Miyake, Bot. Mag. Tokyo 21:

2. 1907.

桑 (*Morus alba* Linn.), 火地塘 (1 600 m), HMNWAFU-CF201023; 鸡桑 (*Morus australis* Poir.), 火地塘 (1 700 m), HMNWAFU-CF2000173

* 含油白粉菌 *Erysiphe oleosa* (Zheng & Chen) Braun & Takam. Schlecht. 4: 22. 2000.

Uncinula oleosa Zheng & Chen, Acta Microbiol. Sinica 17: 290. 1977.

少脉槲 (*Tilia paucicostata* Maxim.), 火地塘 (1 470 m), HMNWAFU-CF2004122; 粉槲 (*Tilia oliveri* Szyszyl.) 火地塘 (1 630 m), HMNWAFU-CF2004168

粗壮白粉菌 *Erysiphe salmonii* (Syd. & Syd.) Braun & Takam. Schlecht. 4: 23. 2000.

Uncinula salmonii Syd. & P. Syd., Annls Mycol. 11: 114. 1912.

秦岭桤 (*Fraxinus paxiana* Lingelsh.), 厚畛子 (1 730 m), HMNWAFU-CF2010324; 蒿坪 (1 500 m), HMNWAFU-CF2009160

* 卫茅白粉菌 *Erysiphe sengokui* (Salmon) Braun & Takam. Schlecht. 4: 64. 2000.

Uncinula sengokui Salm., Mem. Torrey Bot. Club 9: 120. 1900.

大芽南蛇藤 (*Celastrus gemmatus* Loes), 火地塘 (1 100 m), HMNWAFU-CF2010307; 冬青卫矛 (*Euonymus japonicus* Thunb.), 蒿坪 (900~1 100 m), HMNWAFU-CF2010248

漆树白粉菌 *Erysiphe verniciferae* (Henn.) Braun & Takam. Schlecht. 4: 24. 2000.

Uncinula verniciferae P. Henn., Bot. Jabrb. 29: 149. 1900.

黄栌 (*Cotinus coggygria* Scop.), 楼观台 (1 100 m), HMNWAFU-CF2009278; 漆树 (*Toxicodendron verniciflunum* (Stokes) F. A. Barkley), 火地塘 (1 200 m), HMNWAFU-CF2009221; 蒿坪 (800~1 000 m), HMNWAFU-CF2009136

2.3.4 高氏白粉菌族 Tribe Golovinomycetinae (U. Braun) U. Braun & S. Takam. (2000)

高氏白粉菌属 *Golovinomyces* (U. Braun) V. P. Heluta (1988)

南芥高氏白粉菌 *Golovinomyces arabidis* (Zheng & Chen) Heluta, Ukr. Bot. Zhurn. 45: 62, 1988.

垂果南芥 (*Arabis pendula* Linn.), 太白山南坡 (1 250~1 700 m), HMNWAFU-CF2009136, HM-

NWAFU-CF2009232

蒿高氏白粉菌 *Golovinomyces artemisiae* (Grev.) Heluta, Ukr. Bot. Zhurn. 45: 62. 1988.

Erysiphe artemisiae (Grev.). Heluta, Ukr. Bot. Zhurn. 45: (5): 62, 1988.

艾蒿 (*Artemisia argyi* Lévl. et Vant.), 蒿坪 (1 000~1 300 m), HMNWAFU-CF2009219, HMNWAFU-CF2009329; 火地塘 (1 100~1 600 m), HMNWAFU-CF2010282; 暗绿蒿 (*Artemisia atrovirens* Hand.-Mazz.), 太白山 (1 700 m), HMNWAFU-CF2009330; 印度蒿 (*Artemisia indica* Willd.), 太白山蒿坪寺 (1 330 m), HMNWAFU-CF2010325; 商南蒿 (*Artemisia shangnanensis* Ling et Y. R. Ling), 太白山北坡 (1 080 m), HMNWAFU-CF2010277; 火地塘 (1 000 m), HMNWAFU-CF2009318

小二孢高氏白粉菌 *Golovinomyces biocellatus* (Ehrenb.) Heluta, Ukr. Bot. Zhurn. 45 (5): 62. 1988.

Erysiphe biocellata Ehrenb., Nova Acta Phys.-Med. Acad. Caes. Leop.-Carol. Nat. Cur. 10: 211. 1821.

掌叶石蚕 (*Rubiteucris palmata* (Benth.) Kudo, 火地塘 (1 200 m), HMNWAFU-CF2010249, 辛家山 (2 200 m), HMNWAFU-CF2009253

菊科高氏白粉菌 *Golovinomyces cichoracearum* (DC.) Heluta, Ukr. Bot. Zhurn. 45 (5): 62, 1988.

豨莶 (*Siegesbeckia orientalis* Linn.), 火地塘 (1 200 m), HMNWAFU-CF2010225; 烟管头草 (*Carpesium cernuum* Linn.), 蒿坪 (1 200 m), HMNWAFU-CF2010331; 秋分草 (*Rhynchospermum verticillatum* Reinw.), 楼观台 (1 200 m), HMNWAFU-CF2010314

琉璃草高氏白粉菌 *Golovinomyces cynoglossi* (wallr.) Heluta, Ukr. Bot. Zhurn. 45 (5): 62, 1988.

琉璃草 (*Cynoglossum zeylanicum* (Vahl) Thunb.), 火地塘 (1 500 m), HMNWAFU-CF2010241, 平河梁 (2 100 m) HMNWAFU-CF2009315

天仙子高氏白粉菌 *Golovinomyces hyoscyami* (Zheng & Chen) V. P. Heluta, Ukr. Bot. Zhurn. 45 (5): 62, 1988.

光白英 (*Solanum boreali-sinense* C. Y. Wu et S. C. Huang), 太白山北坡 (1 300 m), HMNWAFU-CF2010334

猪殃殃高氏白粉菌 *Golovinomyces riedlianus* (Speer) Heluta, Ukr. Bot. Zhurn. 45: 63, 1988.

卵叶茜草 (*Rubia ovatifolia* Z. Y. Zhang), 太白山北坡 (1 700 m), HMNWAFU-CF2010261

污色高氏白粉菌 *Golovinomyces sordidus* (Junell) Heluta, Ukr. Bot. Zhurn. 45: 63. 1988.

Erysiphe sordida L. Junell, Trans. Brit. Mycol. Soc. 48: 544. 1965.

大车前 (*Plantago major* Linn.), 太白山 (1 100 m), HMNWAFU-CF2010294; 厚畛子 (1 300 m), HMNWAFU-CF2009332; 火地塘 (2 200 m), HMNWAFU-CF2010321

新白粉菌属 *Neoerusphe* U. Braun (1999)

鼬瓣花新白粉菌 *Neoerysiphe galeopsidis* (DC.) Braun, Schlecht. 3: 50. 1999.

Erysiphe galeopsidis D C., Fl. Franc. 6: 108. 1815.

细风轮菜 (*Clinopodium gracile* (Benth.) Matsum.), 火地塘 (1 600 m), HMNWAFU-CF2010273; 鼬瓣花 (*Galeopsis bifida* Boenn.), 红河谷 (1 500 m), HMNWAFU-CF2010217; 甘肃糙苏 (*Phlomis kansuensis* C. Y. Wu), 太白山北坡 (1 600~2 100 m), HMNWAFU-CF2009235, HMNWAFU-CF2009237; 大花糙苏 (*Phlomis megalantha* Diels), 太白山北坡 (2 900 m), HMNWAFU-CF2009287; 森林糙苏 (*Phlomis megalantha* var. *sylvaticus* K. T. Fu et J. Q. Fu), 平河梁 (2 500 m), HMNWAFU-CF2010222; * * 碎米桠 (*Rabdosia rubescens* (Hemsl.) Hara), 太白山南坡 (1 800 m), HMNWAFU-CF2009361; 蝟儿菜 (*Stachys arrecta* L. H. Bailey), 太白山 (1 500 m), HMNWAFU-CF2010251; 甘露子 (*Stachys sieboldii* Miq.), 太白山南坡 (2 100 m), HMNWAFU-CF2009296; 太白山北坡 (1 600 m), HMNWAFU-CF2010297; 平河梁 (2 300 m), HMNWAFU-CF2009227

* 老鹳草新白粉菌 *Neoerysiphe geranii* (Y. Nomura) Braun, Schlecht. 3: 50. 1999. *Erysiphe geranii* Y. Nomura, *Taxonomical Study of Erysiphaceae of Japan* (Tokyo): 217. 1997.

鄂西老鹳草 (*Geranium wilsonii* Kunth), 南五台 (1500 m), HMNWAFU-CF200965

2.3.5 球针壳族 Tribe Phyllactinieae (Palla) R. T. A. Cook & al. (in Braun 1999)

内丝白粉菌属 *Leveillula* G. Arnaud (1921)

* 凤仙花内丝白粉菌 *Leveillula balsami-*

nacearum Golovin, Trudy Botanicheskogo Instituta im. V. L. Komarova 10: 219. 1956.

* * 陇南凤仙花 (*Impatiens potaninii* Maxim), 平和梁 (1 900~2 160 m),HMNWAFU-CF2010272

球针壳属 *Phyllactinia* Lév (1851)
蔓枝构球针壳 *Phyllactinia broussonetiae-kaempferi* Saw., Depart. Agric. Gov. Res. Inst., Formosa, Rep. no. 49: 87. 1930.

构树 (*Broussonetia papyrifera* (Linn.) Vent.), 火地塘 (1 570 m),HMNWAFU-CF200013

* 点状球针壳 *Phyllactinia guttata* (Wallr.) Lév., Annls Sci. Nat., Bot., sér. 3 15: 144. 1851.*Phyllactinia berberidis* Palla,*Ber. dt. bot. Ges.* 17: 64. 1899.

小檗 (*Berbers amurensis* Rupr.), 平和梁 (2 300 m),HMNWAFU-CF2010087

杨球针壳 *Phyllactinia populi* (Jacz.) Yu, in Yu & Lai, Acta Microliol. Sinica 19: 18. 1979.

加杨 (*Populus × canadensis* Moench.), 厚珍子 (1 300 m),HMNWAFU-CF2009358

香椿球针壳 *Phyllactinia toonae* Yu & Lai., in Yu, Lai & Hau, Acta Microliol. Sinica 19: 142. 1979.

香椿 (*Toonaa sinensis* (A. Juss.) Roem.), 蒿坪 (900 ~ 1 000 m), HMNWAFU-CF2002202, HMNWAFU-CF2010257。

参考文献：

[1] AMANO K. Host range and geographical distribution of the powdery mildew fungi (2nd ed.)[M]. Tokyo: Japan Scientific Societies Press, J 1986:1-741.

[2] BRAUN U. A monograph of the *Erysiphales* (powdery mildews) [M]. Beiheft zur Nova Hedwigia, 1987, 89: 1-700.

[3] BRAUN U. The powdery mildews (Erysiphales) of Europe [M]. Ena. G. Fischer Verlag, 1995:1-337.

[4] SHARMA N D, KHARE C P, PATEL R P. A check-list and selected bibliography of powdery mildew fungi of India[J]. Mycological Informations,1990(4):126.

[5] SHIN H D. Erysiphaceae of Korea[M]. Suwon:National institute of agricultural science and technology,2000:1-320.

[6] KISS L S, NAGY G Y. A check-list of powdery mildew fungi of Hungary[J]. Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica, 2006, 41 (1-2): 79-91.

[7] KHODAPARAST S A, ABBASI M. Species, host range, and geographical distribution of powdery mildew fungi in Iran[J]. Mycotaxon, 2009, 108(4):213-216.

[8] 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.

ZHENG R Y, YU Y N. Flora Fungorum Sinicorum. vol. 1 Erysiphales [M]. Beijing: Science Press, 1987: 1-552. (in Chinese)

[9] 陈昭炫. 福建白粉菌[M]. 福州:福建科学出版社, 1993:1-20.

CHEN Z X. The powdery mildews of Fujian[J]. Fuzhou: Fujian Science Press, 1993:1-20. (in Chinese)

[10] 吴明藻, 吴明清. 贵州植物白粉病[M]. 贵阳:贵州科学技术出版社,1997:1-21.

WU M Z, WU M Q. The powdery mildews of Guizhou[M]. Guiyang: Guizhou Science Press, 1997:1-21. (in Chinese)

[11] 王生荣, 窦彦霞, 朱克恭. 甘肃贵清山的白粉菌种类初步调查[J]. 甘肃农业大学学报, 2002(4): 416-420.

WANG S R, DOU Y X, ZHU K G. The notes on *Erysiphales* in the Guiqing mountain of Gansu Province[J]. Journal of Gansu Agricultural University, 2002(4): 416-420. (in Chinese)

[12] 刘铁志. 内蒙古白粉菌志[M]. 北京:科学出版社, 2010:1-322.

LIU T Z. The Erysiphaceae of Inner Mongolia[M]. Beijing: Science Press, 2010:1-322. (in Chinese)

[13] KIRK P M, CANNON P F, MINTER D W, *et al.* Dictionary of the fungi[M]. 10th Edition Wallingford: CAB International, UK. 2008:1-771.

[14] BRAUN U, TAKAMATSU S. Phylogeny of *Erysiphe*, *Microsphaera*, *Uncinula* (Erysiphaceae) and *Cystotheca*, *Podosphaera*, *Sphaerotheca* (Cystothecaceae) inferred from rDNA its sequences-some taxonomic consequences[J]. Schlecht Endalia, 2000(4): 1-33.

[15] BRAUN U. The current systematics and taxonomy of the powdery mildew (Erysiphales): an overview [J]. Mycoscience, 2011, 52(3):210-212.

[16] COOK R T A, INMAN A J, BILLINGS C. Identification and classification of powdery mildew anamorphs using light and scanning electron microscopy and host range data [J]. Mycol. Res., 1997(101): 975-1002.

[17] 田呈明, 曹支敏, 杨俊秀, 等. 太白山自然保护区乔灌木病原真菌区系初探[J]. 西北林学院学报, 1991, 6(4): 34-39.

TIAN C M, CAO Z M, YANG J X, *et al.* Preliminary study on pathogenic fungi of forest trees and shrubs in Taibai Natural Protected Area[J]. Journal of Northwest Forestry University, 1991,6(4): 34-39. (in Chinese)

[18] 杨俊秀, 田呈明, 曹支敏. 太白山林木真菌病害的垂直分布[J]. 林业科学, 1992, 28(4): 311-316.

YANG J X, TIAN C M, CAO Z M. The vertical distributional pattens of pathomycetes in the forests of the mount Taibai[J]. Scientia Silvae Sinicae, 1992, 28 (4): 311-316. (in Chinese)

[19] 康振生. 植物病原真菌的超微结构[M]. 北京:科学出版社, 1995:1-200.

KANG Z S. Ultrastructure of plant pathogenic fungi[M]. Beijing: Science Press. 1995:1-200. (in Chinese)