

文章编号 :1004-0374(2010)11-1086-06

· 基金动态 ·

横断山区高等真菌物种多样性研究进展

杨祝良

(中国科学院昆明植物研究所生物多样性与生物地理学重点实验室, 昆明 650204)

摘要: 中国西南横断山地区地形复杂、山陡谷深、生境多样, 是真菌栖息、繁衍和分化的理想地区。国内外真菌学家们对该区的真菌早就给予过关注和研究, 曾报道了该区真菌 4 000 余种, 约占我国已知真菌总种数的 40%。然而, 总的说来, 人们对该区真菌物种多样性的了解还知之甚少。近十余年来, 我们对该地区的真菌中的高等真菌部分进行了十余次野外考察和采集, 共获得标本 7 000 余份、分子材料 4 200 余份、真菌及其生境照片 1 万余张, 这是研究和认识该区真菌多样性不可或缺的第一手科学资料。通过对该区有关标本的研究, 正式发表了 2 新属及 50 余新种; 但还有大量新物种和一些新属有待进一步研究和描述。加强真菌多样性的研究, 不仅具有重要的科学意义, 同时为经济发展服务也具有重要的现实意义。

关键词: 高等真菌; 分类学; 系统学; 物种多样性; 横断山

中图分类号: Q949.320.9 文献标识码: A

Inventory of higher fungi in the Hengduan Mountains of southwestern China

YANG Zhu-liang

(Key Laboratory of Biodiversity and Biogeography, Kunming Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Kunming 650204, China)

Abstract: The Hengduan Mountains region of southwestern China, a world's hotspot of biodiversity, is very rich in fungal species. Although over 4 000 species of fungi were identified in this region, representing about 40% China's known fungal taxa, the known number of species is merely a very small percentage of the total. We have made mycological expeditions in the region in the last ten years annually, and about 7000 collections were made. Having studied some fungal collections, 2 genera and over 50 species new to science were described in the last ten years. However, a large number of remaining new taxa are still undocumented. To promote the study of the fungal diversity there is of both scientific and practical importance.

Key words: higher fungi; taxonomy; systematics; species diversity; Hengduan Mountains

横断山区地处我国西南的滇西北、川西和藏东一带, 大致包括西藏自治区的昌都, 四川省的阿坝、甘孜、凉山, 以及云南省的丽江、迪庆、怒江和大理等地区^[1], 还包括青海及宁夏两省的最南部, 总面积约为 50 万余平方公里。其中被列为《世界自然遗产目录》的“三江并流区”是其腹地。

该地区地质变迁历史迥异, 印度板块与亚洲大陆的碰撞、喜马拉雅山脉急剧隆起、青藏高原迅速抬升、横断山脉快速形成以及第四纪冰川的进退和动植物的激烈演化, 都对该区的真菌物种形成和分

化产生了深刻影响^[2]。现今, 该区生境复杂多样, 深受印度洋暖热湿润气流的影响, 是真菌栖息、繁衍、分化的理想地区, 也是我国生物多样性最特

收稿日期: 2010-04-07

基金项目: 国家杰出青年科学基金(30525002); 国家自然科学基金委员会—云南省人民政府联合基金(U0836604); 国家重点基础研究发展计划(2009CB522300); 国家自然科学基金(30420120049); 美国国家科学基金(DEB-0321846)

通讯作者: E-mail: fungi@mail.kib.ac.cn

殊、最丰富的区域，更是 34 个世界级生物多样性热点地区之一^[3,4]。因此，这是世界上研究真菌物种多样性及其起源和演化少有的理想地区之一，故不少真菌学家对该区及周边地区的真菌曾开展过多次考察、采集和大量的研究工作。

1 该区真菌研究简史

由于该区地形复杂，山高谷峡，交通不便，近代仅有少数真菌学者在其周边开展过零星的采集工作。最早对该区开展真菌采集和研究的是欧洲的传教士，在 19 世纪末和 20 世纪初，他们曾在当时交通相对较为方便的丽江进行过真菌标本的采集，采到的标本曾被寄送到欧洲有关大学或科研院所，并经有关专家研究后发表^[5-9]。有些标本现在仍然保存在欧洲，如奥地利维也纳大学植物研究所标本室^[10]。几经辗转，有些标本从欧洲运到了美国，如当时在云南采集的真菌标本的一部分目前就保存在美国哈佛大学隐花植物标本室^[11]。用现代真菌学研究方法对这些标本进行重新仔细研究，对于正确认识横断山区的真菌多样性是十分必要的^[10]。

20 世纪早期，我国的真菌学家开始对该区局部地区的真菌进行研究，特别是裘维蕃等，在抗战期间极为艰苦的条件下，对该区周边的真菌开展了研究^[12-14]，这是后来进一步研究该区真菌的重要文献。《中国的真菌》^[15]和《中国真菌总汇》^[16]是我国真菌分类研究中具有重要意义的巨著，其中有部分关于横断山区真菌的记载。

20 世纪 70—90 年代，我国的一些真菌学家对该区进行了一定规模的真菌科学考察和专题调查，取得了许多重要的研究成果，出版了一些有关该区真菌的著作，如《西藏真菌》^[17]、《西藏大型经济真菌》^[18]、《西南地区大型经济真菌》^[19]、《川西地区大型经济真菌》^[20]、《四川省甘孜州菌类志》^[21]、《四川蕈菌》^[22]和《横断山区真菌》^[23]等。至此，有关该区的真菌共知 4 000 余种，约占我国已知真菌种类的 40%^[2]。若考虑到真菌标本制作和研究的难度，老一辈真菌家们在研究该区真菌方面已经取得非常了不起的成就。

人们说横断山区是个世界级生物多样性热点地区。然而，这主要是根据动植物的研究成果而提出来的^[3,4]。横断山区维管束植物研究较为深入，已知至少有 8 600 种^[24,25]。但该区到底有多少种真菌，仍然是个谜。有人曾认为一个地区的真菌物种数量至少是该地区维管束植物的 6 倍^[26]。若按这个公式

估算，迄今所知该区真菌物种数不及估计物种总数的 8%。也就是说，人们对该区真菌物种多样性已有的认识只不过是冰山一角而已。

作为有机物的主要分解者，该区的真菌是我国长江、澜沧江及怒江中上游生态系统的重要组成部分，是物质循环和能量流动的“发动机”，对该区的生态平衡起着不可替代的作用。在长期的协同演化和适应性进化中，许多真菌与该区动植物形成了特殊的生态锁链和演化关系。例如，著名药用真菌冬虫夏草(*Ophiocordyceps sinensis*)靠寄生于蝙蝠蛾(*Thitarodes* spp.)幼虫上生存，而后的主要食物就是该区的高山蓼(*Polygonum* spp.)，三者的生态关联十分明显。该区近年已成为旅游、开发的热点地区，人类活动对其他生物的生存环境的影响越来越大，该区有些真菌的生存可能已受到威胁，生死未卜。因此，对该区真菌的多样性调查和研究已经在眉睫。

2 新近进展

2.1 采集的标本及其研究价值

20 世纪 70—80 年代，由于当时的野外工作条件较为艰苦，制作标本的设备过于简单，大量真菌标本都是在野外用火直接烤干，加之标本保存条件有限，当时采集的一些标本如今已无法用于分子生物学实验，甚至不能用于显微形态学特征的研究。

近十余年来，特别是在我国国家杰出青年基金项目、国家自然科学基金重大国际合作项目及美国国家自然科学基金项目的资助下，我们整个研究团队克服了交通不便、高寒缺氧、虫蛇叮咬、路滑塌方、雨季野外标本制作不便等各种困难，对该地区的高等真菌(包括子囊菌和担子菌)进行了多次野外考察。针对高等真菌的特殊性(如只有在雨水、湿度足够大时，菌丝才分化出肉眼可见的个体)，在每年雨季(6—9 月份)，在东起康定、西至昌都、南自大理、北达若尔盖的广大地区，开展了广泛的科学考察，抢在标本、样品采集的最佳时节，及时开展野外调查和采集。

在横断山区，我们共进行了 10 余次科考，采集真菌标本 7 000 余份、分子材料 4 200 余份、菌株 660 株、菌根材料 538 份、真菌及其生境照片 1 万余张。这为研究该区真菌的多样性和物种演化积累了大量基本资料。

通过近年的考察和采集，我们不但在很多过去没法到达的地区采集了标本，由于标本制作的设备

有了大力改进,制作的思路也与时俱进,结果是获得的标本质量大大提高,为后续的科研提供了可用的材料。在高等真菌系统学研究领域,没有高质量的标本,便没有可以信赖的高水平的科学数据和科研成果^[27]。从这个意义上讲,我们近十年来在该区采集的标本、分子材料、菌株、真菌照片及详细的野外文字记录等等,是研究和认识该区真菌多样性不可或缺的第一手科学资料。

正是如此,我们在野外获得的标本以及有关资料和图片不但能满足我们自身的科研需要,同时也能为国内外同行提供部分有价值的科研材料。如中国科学院微生物研究所的庄文颖院士、郭林研究员、姚一建研究员和文华安研究员所带领的研究组就曾分别研究过我们在该区采集的盘菌、外担子菌、牛肝菌和乳菇的标本,并发现了一些新物种和我国的新记录种^[28-35]。我们采集的标本还被国外同行借去研究,据此发表了有价值的成果^[36-38]。

2.2 趋同演化新案例

在考察中,我们多次发现了一类个体较小、形如耳朵或舌头的真菌,它们一般分布在海拔3 500~4 000 m的暗针叶林中,生在杜鹃花腐木上或腐竹上,看似担子菌中花耳目(Dacrymycetales)或银耳目(Tremellales)的成员。其中一种真菌(图1),其个体具黄色边缘,此黄色边缘上产生一种佛手状、有分隔的孢子,这是一种分生孢子。也就是说,我们采集到的真菌是其无性型,没有发现其有性型,它应该是一种或许没有有性型的“半知菌”,我们采集到的这种真菌的个体实际上是分生孢子体。根据形态解剖学特征、超微结构及分子系统发育研究,发现它是担子菌门蘑菇亚门花耳纲花耳目中的一个新属及一新种,即金舌耳属(*Dacryoscyphus*)和金舌耳(*D. chrysochilus*)^[39]。

另外一种在外形上与金舌耳十分相似,其个体白色(图2),在野外我们猜测它也许只是金舌耳的一个白化体,或者它最多只是金舌耳属的另外一个新种。随着室内研究的深入,让我们感到意外的是,这种只生长在高山箭竹腐竹秆上的真菌,与花耳纲的成员没有任何亲缘关系,更不可能是金舌耳属的成员。它虽然也是蘑菇亚门的成员,却是与花耳纲相距较远的家族蘑菇纲木耳目(Auriculariales)的成员,因为过去没有任何人研究和报道过,故我们将其描述为一个新属及一新种。由于其产生多细胞的卵状或球状分生孢子球,因此称之为卵碟菌属

(*Ovipoculum*)和卵碟菌(*O. album*)^[40]。虽然它现在有了一个科学的名字,但其更为具体的系统位置,尚待研究,因为它也是一种“半知菌”,尚未发现其有性型。在木耳目中,有关在野生环境条件下产生分生孢子球的真菌,过去没有任何报道^[41]。在伞菌亚门中,过去只在其中一个稍为基部的类群即鸡油菌目中发现过分生孢子球^[41],我们首次在更为基部的类群即木耳目成员的无性型个体中发现了分生孢子球。这对认识“分生孢子球”在真菌系统演化中的生物学意义有较重要的科学价值。

金舌耳和卵碟菌都是担子菌,隶属于担子菌门。在考察中,我们还发现有一种在外形上与金舌耳和卵碟菌十分相似的真菌,这种真菌的个体呈茶褐色至灰褐色(图3),也是一种“半知菌”,也只发现其无性型,分子系统发育研究表明,它不是担子菌门的成员,而可能是子囊菌门的。

上述三种真菌的个体外形及大小十分相似,似乎只是颜色有异,但其显微结构及遗传背景却截然不同,可以说是典型的趋同进化(convergent evolution)的例子。

2.3 真菌与宿主植物的协同演化

在蘑菇亚门中,有一类真菌归属于牛肝菌目,其中有一属叫色钉菇属(*Chroogomphus*),该属的真菌可食,东北名菜“小鸡炖蘑菇”中的蘑菇多为此属的真菌。通过对中国、俄罗斯、德国、美国及捷克色钉菇属有关标本的形态解剖和分子系统发育研究,我们发现在该属真菌与其宿主松科植物的协同演化中,宿主专一性逐渐加强,色钉菇属较“基部”的种类能与松科多个属的植物形成菌根组合关系,但随着物种的演化,只有松属植物成为其宿主,而且具有明显亲缘关系的色钉菇属的物种,在松属中两个亚属间曾发生过几次宿主转换,这可能是物种分化形成的动因。该属在北半球的地理分化明显,多数物种的分布区都较狭窄,东亚和北美具有成对种或系统演化密切近缘的种对,洲际间断分布的物种确实存在,在东亚和中欧,淡红色钉菇(*C. rutilus*)和紫红色钉菇(*C. purpurascens*)为同域分布物种,但各自的宿主不同。我国西南的物种,如淡红色钉菇(*C. orientirutilus*)和瑰色色钉菇(*C. roseolus*) (图4)的分化可能与地理隔离、宿主及气候差异有关^[42]。

在我国,冬菇属(*Flammulina*)一般认为只有1种,即冬菇(*F. velutipes*),也就是大家熟知的“金

针菇”。我们在对相关标本进行仔细形态特征和显微结构研究的基础上,对国内外相关的 10 个种开展了基于 ITS 序列的系统发育研究,发现在横断山及邻区有 4 种,这可能是除欧洲之外的另一个冬菇物种多样性中心。我国的冬菇与加拿大西海岸的一个居群有较近的亲缘关系,而与欧洲和美国的距离较远。淡色冬菇(*F. rossica*)是横断山区常见的种,但宿主高度专一化,它只生于高山柳(*Salix* spp.)枝干上,这与冬菇有较宽泛的宿主范围相比,形成了明显对照^[43]。该研究对利用野生近缘种遗传资源进行种间杂交、选育优质高产新品种提供了一定的科学依据。

2.4 近年发表的真菌新属及新种

进入 21 世纪以来,不少真菌学研究人员对横断山区的高等真菌开展过分类研究,发表了一批研究成果。根据作者的统计,近十年来,根据采自该区的真菌标本共正式发表 2 新属及 50 余新种,其中部分为子囊菌^[28-30,44-52],多数是担子菌^[31,39,40,42,43,53-75]。在子囊菌中,值得一提的是白毛盾盘菌(*Scutellinia hyalohirsuta*)(图 5),其个体外部的毛是白色的,这在该属中是相当独特的^[30]。在担子菌中,寄生在杜鹃花叶上的德钦外担子菌(*Exobasidium deqinense*)(图 6)的担子只有 2 小梗,这在该属中并不常见^[31]。

根据我们的初步研究结果,我们在该区采集的 7 000 余份标本可能代表了近 1 000 个真菌物种,在这些物种中,可能至少有 20% 是新物种,有的还是新属的代表。这些真菌的发现对于深入认识该区

真菌的物种多样性、研究物种起源与演化等具有重要的科学意义,同时也为该区真菌资源的利用和保护提供了科学依据。

3 小结

真菌作为一种可再生的生物资源,隐藏着一系列治疗重要疾病的药物或先导化合物。如青霉菌的青霉素对人类健康作出了巨大贡献;又如从无柄大团囊虫草(*Elaphocordyceps subsessilis*)的无性型(*Tolypocladium inflatum*)中分离的环孢霉素 A (Ciclosporin A)是器官移植中抗排异反应的主要免疫抑制剂,对器官移植的发展起了重要的推动作用。针对该区真菌物种多样性的特点,发挥真菌资源优势,走“从资源到化合物再到药物研发”的道路,是真菌资源利用的重要方面^[74,75]。根据我们近十年的连续野外考察、采集及室内的分类研究,发现该区尚有大量新物种和一些新属未被认识,更谈不上开发这些真菌资源为人类服务了。因此,加强真菌物种多样性的研究,不仅具有重要的科学意义,同时对西部经济发展服务也具有重要的现实意义。

[参 考 文 献]

- [1] 王文采. 横断山区维管植物[M]. 北京: 科学出版社, 1993-1994
- [2] Yang ZL. Diversity and biogeography of higher fungi in China [M]//Xu J. Evolutionary genetics of fungi. Norfolk: Horizon Bioscience, 2005: 35-62
- [3] Mittermeier RA, Gil PR, Hoffman M, et al. Hotspots revisited: earth's biologically richest and most endangered



横断山地区的六种高等真菌

图 1: 金舌耳(*Dacryoscyphus chrysochilus*); 图 2: 卵碟菌(*Ovipoculum album*); 图 3: 子囊菌一种, 尚无科学名称; 图 4: 瑰色色钉菇(*Chroogomphus roseolus*); 图 5: 白毛盾盘菌(*Scutellinia hyalohirsuta*); 图 6: 德钦外担子菌(*Exobasidium deqinense*)。图 2 和图 3 分别为赵琪和张颖拍摄, 其余为杨祝良所拍

- terrestrial ecoregions[M]. Monterrey, Mexico: Cemex, Conservation International and Agrupacion Sierra Madre, 2005
- [4] Myers N, Mittermeier RA, Mittermeier CG, et al. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 2000, 403: 853-8
- [5] Patouillard N. Quelques champignons de la chine récoltés par M. l'abbe Delavay. *Rev Mycol*, 1890, 12: 135-6
- [6] Patouillard N. Quelques champignons du Thibet. *J Bot: Morot*, 1893, 7: 343-4
- [7] Patouillard N. Enumération des champignons récoltés par les RR. PP. Farges et Soulié, dans le Thibet oriental et Su-tchuen. *Bull Soc Mycol France*, 1895, 11: 196-9
- [8] Singer R. Supplemente zu meiner Monographie der Gattung *Russula*. *Ann Mycol*, 1935, 33: 297-352
- [9] Handel-Mazzetti H. *Symbolae Sinicae* [M]. Wien, Austria: Julius Springer, 1937
- [10] Horak E. *Boletales* and *Agaricales* (fungi) from northern Yunnan, China I. Revision of material collected by H. Handel-Mazzetti (1914-1916) in Lijiang. *Acta Bot Yunnanica*, 1987, 9: 65-80
- [11] Yang ZL, Wang XH, Binder M. A study of the type and additional materials of *Boletus thibetanus*. *Mycotaxon*, 2003, 86: 283-90
- [12] Chiu WF. The Russulaceae of Yunnan. *Llyodia*, 1945, 8: 31-59
- [13] Chiu WF. The Amanitaceae of Yunnan. *Sci Rept Natl Tsing Hua Univ Ser B: Biol Psychol Sci*, 1948, 3(3): 165-78
- [14] Chiu WF. The Boletes of Yunnan. *Mycologia*, 1948, 40: 199-231
- [15] 邓叔群. 中国的真菌[M]. 北京: 科学出版社, 1963
- [16] 戴芳澜. 中国真菌总汇[M]. 北京: 科学出版社, 1979
- [17] 王云章, 臧穆, 马启明, 等. 西藏真菌[M]. 北京: 科学出版社, 1983
- [18] 卯晓岚, 蒋长坪, 欧珠次旺. 西藏大型经济真菌[M]. 北京: 北京科学技术出版社, 1993
- [19] 应建浙, 臧穆, 宗毓臣, 等. 西南地区大型经济真菌[M]. 北京: 科学出版社, 1994
- [20] 应建浙, 文华安, 宗毓臣. 川西地区大型经济真菌[M]. 北京: 科学出版社, 1994
- [21] 戴贤才, 李泰辉. 四川省甘孜州菌类志[M]. 成都: 四川科学技术出版社, 1994
- [22] 袁明生, 孙佩琼. 四川蕈菌[M]. 成都: 四川科学技术出版社, 1995
- [23] 臧穆, 李滨, 郗建勋. 横断山区真菌[M]. 北京: 科学出版社, 1996
- [24] Boufford DE, van Dijk PP. South-Central China [M]// Mittermeier RA, Myers N, Mittermeier CG. Hotspots: earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions. Mexico City: CEMEX, 2000: 338-51
- [25] 应俊生. 中国种子植物物种多样性及其分布格局. *生物多样性*, 2001, 9: 393-8
- [26] Hawksworth DL. The magnitude of fungal diversity: the 1.5 million species estimate revisited. *Mycol Res*, 2001, 105: 1422-32
- [27] 杨祝良. 试谈我国鹅膏菌的分类研究. *菌物系统*, 2000, 19: 435-40
- [28] Zhuang WY. Additional notes on *Sarcoscypha* in China. *Mycotaxon*, 2000, 76: 1-8
- [29] Zhuang WY, Yang ZL. A new species of *Agyrium* from Yunnan, China. *Mycotaxon*, 2006, 96: 169-72
- [30] Zhuang WY, Yang ZL. Some pezizalean fungi from alpine areas of southwestern China. *Mycol Monten*, 2008, 10: 235-49
- [31] Li ZY, Guo L. Two new species and a new Chinese record of *Exobasidium* (Exobasidiales). *Mycotaxon*, 2009, 108: 479-84
- [32] He SH, Guo L. *Microbotryum vivipari* sp. nov. and *Anthracoidea mulenкои* new to China. *Mycotaxon*, 2008, 105: 455-8
- [34] Zhou MX, Wen HA. Validation of the name *Lactarius imbricatus*. *Mycosystema*, 2008, 27: 630
- [35] Wang QB, Yao YJ. *Boletus reticuloceps*, a new combination for *Aureoboletus reticuloceps*. *Sydowia*, 2005, 57: 131-6
- [36] Binder M, Hibbett DS. Molecular systematics and biological diversification of Boletales. *Mycologia*, 2006, 98: 971-81
- [37] Matheny PB, Curtis JM, Hofstetter V, et al. Major clades of Agaricales: a multilocus phylogenetic overview. *Mycologia*, 2007, 98: 982-95
- [38] Matheny PB, Wang Z, Binder M, et al. Contribution of *rpb2* and *tefl* to the phylogeny of mushrooms and allies (Basidiomycota, Fungi). *Mol Phylogenet Evol*, 2007, 43: 430-51
- [39] Kirschner R, Yang ZL. *Dacryoscyphus chrysochilus*, a new staurosporous anamorph with cupulate conidiomata from China and with affinities to the Dacrymycetales (Basidiomycota). *Antonie van Leeuwenhoek*, 2005, 87: 329-37
- [40] Kirschner R, Yang ZL, Zhao Q, et al. *Ovipoculum album*, a new anamorph with gelatinous cupulate bulbiferous conidiomata from China and with affinities to the Auriculariales (Basidiomycota). *Fung Divers*, 2010, 43: 55-65
- [41] Diederich P, Lawrey J. New lichenicolous, muscicolous, corticolous and lignicolous taxa of *Burgoa* s. l. and *Marchandiomyces* s. l. (anamorphic Basidiomycota), a new genus for *Omphalina foliaceae*, and a catalogue and a key to the non-lichenized, bulbiferous Basidiomycetes. *Mycol Progr*, 2007, 6: 61-80
- [42] Li YC, Yang ZL, Tolgor B. Phylogenetic and biogeographic relationships of *Chroogomphus* species as inferred from molecular and morphological data. *Fung Divers*, 2009, 38: 85-104
- [43] Ge ZW, Yang ZL, Zhang P, et al. *Flammulina* species from China inferred by morphological and molecular data. *Fung Divers*, 2008, 32: 59-68
- [44] 庄文颖, 余知和, 王征. 中国真菌志[M]. 北京: 科学出版社, 2004
- [45] Chen J, Liu PG. *Tuber latisporum* sp. nov. and related taxa, based on morphology and DNA sequence data. *Mycologia*, 2007, 99: 475-81
- [46] He XY, Li HM, Wang Y. *Tuber zhongdianense* sp. nov. from China. *Mycotaxon*, 2004, 90: 213-6
- [47] Li SH, Zhao YC, Chai HM, et al. Two new species in the genus *Morchella* (Pezizales, Morchellaceae) from China.

- Mycotaxon, 2006, 95: 319-22
- [48] Liang ZQ, Wang B, Kang JC. Several rare entopathogenic fungi from the Western Sichuan mountains. *Fung Divers*, 2003, 12: 129-34
- [49] Wang Z, Binder M, Hibbett DS. A new species of *Cudonia* based on morphological and molecular data. *Mycologia*, 2002, 94: 641-50
- [50] Wang Z, Binder M, Hibbett DS. Life history and systematics of the aquatic discomycetes *Mitrula* (Helotiales, Ascomycota) based on cultural, morphological, and molecular studies. *Am J Bot*, 2005, 92: 1565-74
- [51] Ye M, Zhuang WY. New taxa of *Lachum* (Helotiales, Hyaloscyphaceae) from temperate China. *Nova Hedwigia*, 2003, 76: 443-450
- [52] Zhuang WY. Re-depositions of *Phillipsia* (Pezizales) collections from China. *Mycotaxon*, 2003, 86: 291-301
- [53] Dai YC, Cui BK, Yuan HS. *Trichaptum* (Basidiomycota, Hymenochaetales) from China with a description of three new species. *Mycol Progr*, 2009, 8: 281-7
- [54] Dai YC, Niemelä T, Kinnunen J. The polypore genera *Abundisporus* and *Perenniporia* (Basidiomycota) in China, with notes on *Haploporus*. *Ann Bot Fennici*, 2002, 39: 169-82
- [55] Dai YC, Zhou TX. A new species of *Inonotus* (Basidiomycotina) from Yunnan, southern China. *Mycotaxon*, 2000, 74: 331-5
- [56] Fu SZ, Wang QB, Yao YJ. *Tylopilus microsporus*, a new species from southwest China. *Mycotaxon*, 2006, 96: 41-6
- [57] Li ZY, Guo L. A new species of *Exobasidium* (Exobasidiales) on *Rhododendron* from China. *Mycotaxon*, 2006, 96: 323-6
- [58] Li ZY, Guo L. Three new species of *Exobasidium* (Exobasidiales) from China. *Mycotaxon*, 2009, 107: 215-20
- [59] Li ZY, Guo L. Two new species and a new Chinese record of *Exobasidium* (Exobasidiales) from China. *Mycotaxon*, 2008, 105: 331-6
- [60] Wang L, Yang ZL, Zhang LF, et al. Synopsis and systematic reconsideration of *Xerula* s. str. (Agaricales). *Acta Bot Yunnanica*, 2008, 30: 631-44
- [61] Wang QB, Li TH, Yao YJ. A new species of *Boletus* from Gansu Province, China. *Mycotaxon*, 2003, 88: 439-46
- [62] Wang XH, Verbeken A. Three new species of *Lactarius* subgenus *Lactiflui* (Russulaceae, Russulales) in southwestern China. *Nova Hedwigia*, 2006, 83: 167-76
- [63] Wei TZ, Yao YJ, Wang B, et al. *Termitomyces bulborhizus* sp. nov. from China, with a key to allied species. *Mycol Res*, 2004, 108: 1458-62
- [64] Wen HA, Ying JZ. Studies on the genus *Russula* from China II. Two new taxa from Yunnan and Guizhou. *Mycosystema*, 2001, 20: 153-5
- [65] Yang ZL, Weiß M, Oberwinkler F. New species of *Amanita* from the eastern Himalaya and adjacent regions. *Mycologia*, 2004, 96: 636-46
- [66] Yang ZL. Two new species of *Amanita* (Basidiomycota) from China [M]//Agerer R, Piepenbring M, Blanz P. *Frontiers in Basidiomycote mycology*. Eching: IHW-Verlag, 2004: 315-24
- [67] Yuan HS, Dai YC. Hydneous fungi of China 2: *Mycorrhaphium sessileum* sp. nov. *Nova Hedwigia*, 2009, 88: 205-9
- [68] Yuan HS, Dai YC. Polypores from northern and central Yunnan Province, southwestern China. *Sydowia*, 2008, 60: 147-59
- [69] Zang M. New contribution to the knowledge of tropical Basidiomycota from China. *Mycosystema*, 2001, 20: 12-14
- [70] Zang M, Yang ZL, Zhang Y. On an undescribed *Sinoboletus* from China. *Mycosystema*, 2006, 25: 366-7
- [71] Zang M, Li TH, Petersen RH. Five new species of Boletaceae from China. *Mycotaxon*, 2001, 80: 481-7
- [72] Zhang P, Yang ZL, Ge ZW. Two new species of *Ramaria* from southwestern China. *Mycotaxon*, 2006, 94: 235-40
- [73] Zheng HD, Liu PG. Additions to our knowledge of the genus *Albatrellus* (Basidiomycota) in China. *Fung Divers*, 2008, 32: 157-70
- [74] Ge ZW, Yang ZL, Velinga EC. The genus *Macrolepiota* (Agricaceae, Basidiomycota) in China. *Fung Divers*, 2010, doi 10.1007/s13225-010-0062-0
- [75] 刘吉开. 高等真菌化学[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 2004