

云南蘑菇中毒事件中的毒蘑菇物种多样性

李海蛟¹, 章轶哲¹, 刘志涛², 郑粉双³, 赵炳⁴, 吴刚^{5,6*}

1 中国疾病预防控制中心职业卫生与中毒控制所, 北京 100050

2 云南省疾病预防控制中心营养与食品卫生所, 云南 昆明 650000

3 云南大学附属医院急诊内科, 云南 昆明 650021

4 华宁县疾病预防控制中心, 云南 玉溪 652899

5 中国科学院昆明植物研究所 中国科学院东亚植物多样性与生物地理学重点实验室, 云南 昆明 650201

6 云南省真菌多样性与绿色发展重点实验室, 云南 昆明 650201

摘要:近年来, 云南省每年发生超过 500 起蘑菇中毒事件, 造成 2 000 余人中毒, 约 30 人死亡, 成为我国蘑菇中毒危害最为严重的省份。系统研究蘑菇中毒事件中的毒蘑菇多样性, 可以为蘑菇中毒精准防控提供科学依据和技术支撑。本研究对云南省 2013 年以来开展过科学物种鉴定的 223 起中毒事件进行了系统分析, 发现云南省蘑菇中毒一年四季均有发生, 主要集中在 6–9 月份, 中毒事件数和中毒人数 7 月份达到高峰, 而 6 月份死亡人数最多。地区分布分析发现云南省蘑菇中毒事件涉及 14 个州市, 中毒事件数前 5 位分别为德宏、玉溪、保山、楚雄和普洱, 均位于云南中部及以南地区。223 起中毒事件中共成功鉴定出 47 种毒蘑菇, 分属 6 种中毒类型(急性肝损害型、急性肾衰竭型、横纹肌溶解型、胃肠炎型、神经精神型和光敏性皮炎型)。这些毒蘑菇包含发现于中国的新物种 16 种, 以及 2019 年以来发现的中国新记录种 3 种。致命鹅膏 *Amanita exitialis* 和亚稀褶红菇 *Russula subnigricans* 分别造成 19 人和 9 人死亡, 是云南省最危险的 2 种剧毒蘑菇。青褶伞 *Chlorophyllum molybdites*、日本红菇 *R. japonica*、光硬皮马勃 *Scleroderma cepa*、近江粉褶菌 *Entoloma omiense* 和发光类脐菇 *Omphalotus olearius* 位列胃肠炎型中毒的前 5 位。热带紫褐裸伞 *Gymnopilus dilepis*、毒歧盖伞近似种 *Inosperma cf. virosum* 和兰茂牛肝菌 *Lanmaoa asiatica* 位列神经精神型中毒的前 3 位。叶状耳盘菌 *Cordierites frondosus* 是目前云南省造成光敏性皮炎型中毒的唯一物种。

关键词: 毒蘑菇; 蘑菇中毒; 物种多样性

[引用本文] 李海蛟, 章轶哲, 刘志涛, 郑粉双, 赵炳, 吴刚, 2022. 云南蘑菇中毒事件中的毒蘑菇物种多样性. 菌物学报, 41(9): 1416-1429

Li HJ, Zhang YZ, Liu ZT, Zheng FS, Zhao B, Wu G, 2022. Species diversity of poisonous mushrooms causing poisoning incidents in Yunnan Province, Southwest China. Mycosystema, 41(9): 1416-1429

基金项目: 云南省“万人计划”青年拔尖人才项目

Supported by the Yunnan Ten Thousand Talents Program Plan Young & Elite Talents Project.

*Corresponding author. E-mail: wugang@mail.kib.ac.cn

ORCID: WU Gang (0000-0002-0076-5957)

Received: 2021-12-17, accepted: 2022-01-04

Species diversity of poisonous mushrooms causing poisoning incidents in Yunnan Province, Southwest China

LI Haijiao¹, ZHANG Yizhe¹, LIU Zhitao², ZHENG Fenshuang³, ZHAO Bing⁴, WU Gang^{5,6*}

1 National Institute of Occupational Health and Poison Control, Chinese Center for Disease Control and Prevention, Beijing 100050, China

2 Institute of Nutrition and Food Hygiene, Yunnan Centers for Disease Control and Prevention, Kunming 650000, Yunnan, China

3 The Emergency Department of the Affiliated Hospital of Yunnan University, Kunming 650021, Yunnan, China

4 Huaning County Center for Disease Control and Prevention, Yuxi 652899, Yunnan, China

5 CAS Key Laboratory for Plant Diversity and Biogeography of East Asia, Kunming Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Kunming 650201, Yunnan, China

6 Yunnan Key Laboratory for Fungal Diversity and Green Development, Kunming 650201, Yunnan, China

Abstract: In recent years, over 500 mushroom poisoning incidents involving more than 2 000 patients and ca. 30 deaths yearly have raised Yunnan as the most severe province of mushroom poisoning in China. Comprehensive investigation on species diversity of poisonous mushrooms causing poisoning incidents is urgently needed for precise prevention and control of mushroom poisoning. Based on species identification of 223 poisoning incidents in Yunnan since 2013, we found that mushroom poisoning occurred throughout the year, especially from June to September, and poisoning incidents and patients peaked in July while deaths peaked in June. Geographically, poisoning occurred in 14 prefectures and Dehong, Yuxi, Baoshan, Chuxiong and Pu'er ranked the top five, which were located in central to southern Yunnan. Forty-seven poisonous mushrooms were identified, causing six different clinical syndromes (acute liver failure, acute renal failure, rhabdomyolysis, gastroenteritis, psycho-neurological disorder and photosensitive dermatitis). Of which, 16 species originally described from China and three Chinese new records were published since 2019. *Amanita exitialis* and *Russula subnigricans* were most poisonous and dangerous in Yunnan, resulting in 19 deaths and 9 deaths, respectively. *Chlorophyllum molybdites*, *R. japonica*, *Scleroderma cepa*, *Entoloma omissense* and *Omphalotus olearius* were the top five species causing gastroenteritis. *Gymnopilus dilepis*, *Inosperma* cf. *virosum* and *Lanmaoa asiatica* monopolized the top positions resulting in psycho-neurological disorder and *Cordierites frondosus* was the only one species so far causing photosensitive dermatitis in Yunnan Province.

Keywords: poisonous mushrooms; mushroom poisoning; species diversity

近年来, 蘑菇中毒以平均每年导致约 70 人死亡成为我国食物中毒中危害人民生命健康的头号杀手, 西南地区更是蘑菇中毒危害的重灾区, 而云南则是蘑菇中毒危害最为严重的省份(刘志涛等 2014, 2021; 陈作红等 2016; 周静等 2016; Li et al. 2020b, 2021a, 2021b)。据统计, 1985–2000 年, 云南省共发生蘑菇中毒事件 378 起, 中毒人数 2 330 人, 死亡 326 人, 年均

死亡 20.4 人, 病死率 13.99%, 死亡人数占同期全省全部食物中毒的 52.2% (李西云等 2003)。2005–2013 年, 云南省共发生蘑菇中毒事件 211 起, 中毒 1 291 人, 死亡 308 人, 年均死亡 34.2 人, 病死率高达 23.86%, 死亡人数占同期全省全部食物中毒的 58% (刘志涛等 2014)。2015–2020 年, 云南省“食源性疾病暴发报告系统”共报告蘑菇中毒事件 3 428 起, 中毒 13 931 人,

死亡 180 人,病死率为 1.3%,死亡人数占同期全省全部食物中毒的 60.2%,年平均中毒事件 571 起,中毒 2 322 人,死亡 30 人(刘志涛等 2021)。

虽然我国蘑菇中毒危害严重,但是以往开展过物种鉴定的中毒事件比例极低,这与我国实际中毒情况以及报道的超过 500 种的毒蘑菇形成了鲜明的对比。如 2010–2014 年,全国 216 起蘑菇中毒事件中仅有 2 起开展了科学的物种鉴定,占总中毒事件的 0.93% (周静等 2016)。实际中毒事件中哪些毒蘑菇物种经常出现,危害如何? 每个地区不同季节有哪些毒蘑菇等一系列问题随之而来。而云南省作为蘑菇中毒危害最为严重的省份,科学的物种鉴定对于云南省蘑菇中毒防控工作具有重要的现实意义。

近年来,随着越来越多真菌学家的参与,一个由各级政府主导,真菌学家、疾控专业人员和医生通力协作的蘑菇中毒防控和病人救治网络工作模式逐渐形成,越来越多的中毒事件得到了科学且及时的物种鉴定,促进了中毒事件快速处置,中毒患者及时救治和中毒科普有力宣传。据统计,仅 2019–2020 年全国就有超过 950 起蘑菇中毒事件开展了科学的物种鉴定,包含来自云南省的 138 起中毒事件(Li *et al.* 2020b, 2021a),为云南省的蘑菇中毒防控提供了有力的支撑。为进一步明确云南省蘑菇中毒事件中毒蘑菇的多样性和发生规律,本研究对近年来云南省中毒事件中出现的毒蘑菇物种进行系统分析,为后续开展精准的毒蘑菇中毒防控提供科学依据和技术支撑。

1 材料与方法

本研究涉及的云南省蘑菇中毒事件信息来自中国疾病预防控制中心职业卫生与中毒控制所、中国科学院昆明植物研究所、云南省各级疾控中心和医院参与处置并开展过科学物种鉴定的中毒事件,中毒事件从 2013 年至 2021 年 10

月 15 日。信息主要包含中毒事件发生的时间、地点、中毒人数、死亡人数以及蘑菇种类等。采用 Excel 2013 对收集到的信息进行整理、录入和分析。

2 结果与分析

共参与处置云南省蘑菇中毒事件 223 起,中毒 661 人,死亡 36 人,整体病死率为 5.45%。其中,包含 3 起缅甸在华务工人员中毒事件(中毒 14 人,死亡 6 人,整体病死率为 42.86%)。中毒人数范围为 1–16 人,中毒人数超过 10 人的中毒事件为 8 起,平均数为 3 人。

月份分布分析发现,云南省蘑菇中毒事件一年四季均有发生(图 1),主要集中在 6–9 月份,中毒事件数占全年中毒总数的 89.69% (200/223),中毒人数占全年中毒总人数的 83.51% (552/661),死亡人数占全年总死亡人数的 97.22% (35/36)。中毒事件数和中毒人数 7 月份达到高峰,共计 81 起中毒事件,造成 216 人中毒,而死亡人数则在 6 月份达到高峰(21 人),占有死亡人数的 58.33%。

地区分布分析发现,云南省蘑菇中毒事件涉及 14 个市州(表 1)。按照中毒事件数分析,前五位的市州分别为德宏、玉溪、保山、楚雄和普洱,中毒事件数占总中毒事件数的 75.78% (169/223);按照中毒人数分析,前五位的市州分别为德宏、楚雄、玉溪、保山和普洱,中毒人数占总中毒人数的 72.47% (479/661);按照死亡人数分析,前五位的市州分别为德宏、普洱、楚雄、玉溪、保山和昭通(保山和昭通并列第五位),包含了所有的中毒死亡病例(36/36);按照死亡率分析,前五位的市州分别为普洱(10.39%)、德宏(9.48%)、楚雄(6.6%)、昭通(5.13%)和玉溪(5.05%)。以上地区均位于云南中部至南部。

这 223 起中毒事件中成功鉴定出 47 种毒蘑菇,分属 6 种中毒类型(图 2, 表 2)。(1)急性肝损害型(acute liver failure)毒蘑菇 3 属 5 种,其中致命鹅膏 *Amanita exitialis* Zhu L. Yang & T.H.

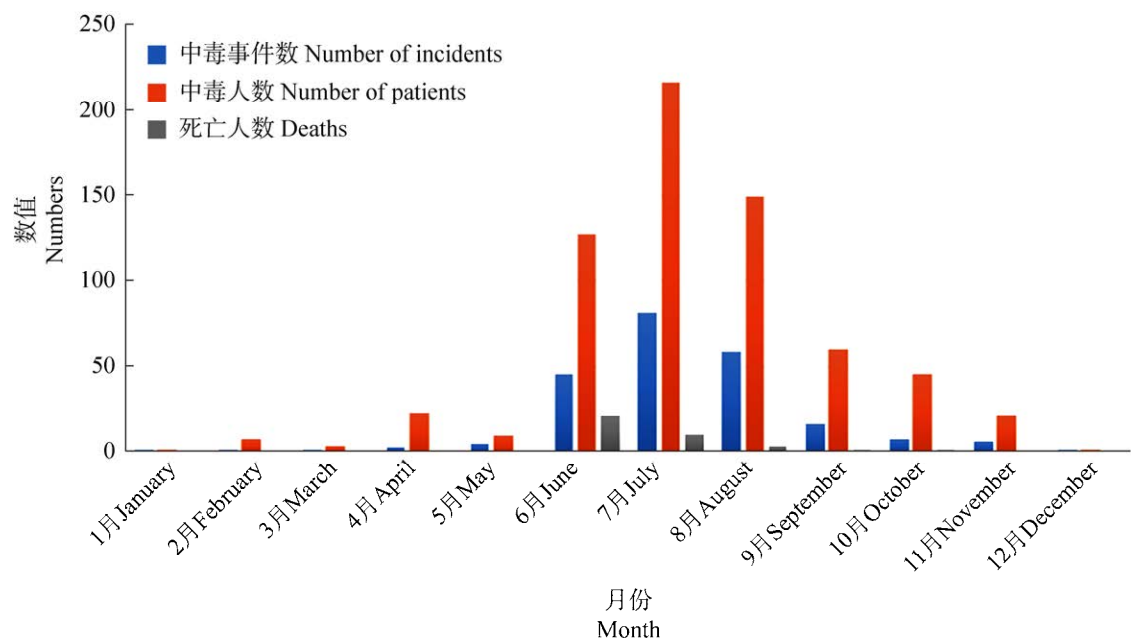


图 1 云南省 2013–2021 年每月蘑菇中毒事件统计
Fig. 1 Monthly statistics of mushroom poisoning in Yunnan Province, 2013–2021.

表 1 云南省蘑菇中毒事件事发地区统计

市州	中毒事件数	中毒人数	死亡人数	病死率
Prefectures	Number of incidents	Number of patients	Deaths	Mortality (%)
德宏	43 (包含 3 起缅甸人中毒事件)	116 (14 人为缅甸人)	11 (包含 6 例缅甸人)	9.48
Dehong	(including three Burmese poisoning incidents)	(including 14 Burmese patients)	(including 6 Burmese deaths)	
玉溪 Yuxi	37	99	5	5.05
保山 Baoshan	34	81	2	2.47
楚雄 Chuxiong	33	106	7	6.6
普洱 Pu'er	22	77	8	10.39
临沧 Lincang	12	47	0	0
昭通 Zhaotong	11	39	2	5.13
红河 Honghe	6	14	0	0
西双版纳 Xishuangbanna	5	16	0	0
大理 Dali	3	9	0	0
迪庆 Diqing	3	18	0	0
昆明 Kunming	3	7	0	0
曲靖 Qujing	3	21	0	0
文山 Wenshan	3	6	0	0

Li 共在 5 个市州造成 19 起中毒事件,65 人中毒, 19 人死亡, 病死率高达 29.23%, 是云南省蘑菇中毒死亡人数最多、危害最为严重的毒蘑菇物种 (图 2-1, 表 2); 本研究首次报道肉褐鳞环柄菇 *Lepiota brunneoincarnata* Chodat & C. Martín 在

云南造成中毒事件(图 2-4, 表 2); 条盖盔孢菌 *Galerina sulciceps* (Berk.) Boedijn 作为云南省毒蘑菇中重要的剧毒物种,也是发现的 5 种中唯一的木材腐朽真菌(图 2-5, 表 2)。(2)造成急性肾衰竭型(acute renal failure)中毒的毒蘑菇共发



图 2 云南蘑菇中毒事件中出现的毒蘑菇 1: 致命鹅膏; 2 拟灰花纹鹅膏; 3: 假淡红鹅膏; 4: 肉褐鳞环柄菇; 5: 条盖盔孢菌; 6: 赤脚鹅膏; 7: 拟卵盖鹅膏; 8: 假褐云斑鹅膏; 9: 亚稀褶红菇; 10: 薄瓢牛肝菌; 11: 大果薄瓢牛肝菌(张芝平供图); 12: 长柄网孢牛肝菌; 13: 红孔牛肝菌; 14: 隐纹条孢牛肝菌; 15: 松林乳牛肝菌; 16: 毒新牛肝菌(何晓兰供图); 17: 新苦粉孢牛肝菌(沾益区疾控供图); 18: 兰茂牛肝菌(杨祝良供图); 19: 暗顶蘑菇(邓杰供图); 20: 大青褶伞; 21: 毒粉褶菌近似种(潘俊供图); 22: 近江粉褶菌; 23: 臭粉褶菌近似种; 24: 丛生垂幕菇; 25: 红褐乳菇; 26: 拟黄柄多汁乳菇(王向华供图); 27: 薄囊体多汁乳菇; 28: 纯黄白鬼伞; 29: 新假革耳; 30: 日本类脐菇; 31: 发光类脐菇(杨祝良等 2021); 32: 日本红菇; 33: 亚臭红菇; 34: 纤细枝瑚菌(李天宏供图); 35: 光硬皮马勃(李天宏供图); 36: 高原口蘑; 37: 直柄口蘑(罗利萍供图); 38: 蜜白鹅膏(钟加菊供图); 39: 东方黄盖鹅膏; 40: 假豹斑鹅膏(Cui et al. 2018); 41: 球基鹅膏; 42: 热带紫褐裸伞(王亚超供图); 43: 毒鹿花菌(Li et al. 2020a); 44: 白霜杯伞(蒋仙富供图); 45: 毒歧盖伞近似种(卢佳杰供图); 46: 泰国绿斑裸盖菇(芒市疾控中心供图); 47: 叶状耳盘菌

Fig. 2 Poisonous mushrooms causing mushroom poisoning incidents in Yunnan Province. 1: *Amanita exitialis*; 2: *A. fuliginoides*; 3: *A. subpallidrosea*; 4: *Lepiota brunneoincarnata*; 5: *Galerina sulciceps*; 6: *A. gymnopus*; 7: *A. neoovoidea*; 8: *A. pseudoporphyraria*; 9: *Russula subnigricans*; 10: *Baorangia pseudocalopus*; 11: *B. major* (provided by ZHANG Zhiping); 12: *Heimioporus gaojiaocong*; 13: *Rubroboletus sinicus*; 14: *Boletellus indistinctus*; 15: *Suillus pinetorum*; 16: *Neoboletus venenatus* (provided by HE Xiaolan); 17: *Tylopilus neofelleus* (provided by Zhanyi CDC staff); 18: *Lanmaoa asiatica* (provided by YANG Zhuliang); 19: *Agaricus atrodiscus* (provided by DENG Jie); 20: *Chlorophyllum molybdites*; 21: *Entoloma cf. sinuatum* (provided by PAN Jun); 22: *E. omiense*; 23: *E. cf. rhodopolium*; 24: *Hypholoma fasciculare*; 25: *Lactarius rubrobrunneus*; 26: *Lactifluus pseudoluteopus* (provided by WANG Xianghua); 27: *Lf. tenuicystidiatus*; 28: *Leucocoprinus birnbaumii*; 29: *Neonothopanus nambi*; 30: *Omphalotus guepiniformis*; 31: *O. olearius* (Yang et al. 2021); 32: *Russula japonica*; 33: *R. subfoetens*; 34: *Ramaria gracilis* (provided by LI Tianhong); 35: *Scleroderma cepa* (provided by LI Tianhong); 36: *Tricholoma highlandense*; 37: *Tricholoma stans* (provided by LUO Liping); 38: *Amanita melleialba* (provided by ZHONG Jiaju); 39: *A. orientigemmata*; 40: *A. pseudopantherina* (Cui et al. 2018); 41: *A. subglobosa*; 42: *Gymnopilus dilepis* (provided by WANG Yachao); 43: *Gyromitra venenata* (Li et al. 2020b); 44: *Clitocybe dealbata* (provided by JIANG Xianfu); 45: *Inosperma aff. virosum* (provided by LU Jiajie); 46: *Psilocybe thaierugineomaculans* (provided by Mangshi CDC staff); 47: *Cordierites frondosus*.

表 2 云南省 2013–2021 年蘑菇中毒事件中的毒蘑菇多样性及时空分布

Table 2 Mushroom species involved in poisoning incidents and their spatial and temporal distribution in Yunnan Province (2013–2021)

中毒类型/毒蘑菇名称 Clinical classification/ Mushroom species	中毒事件数 Number of incidents	中毒人数 Number of patients	死亡人数 Deaths	时空分布 Spatial and temporal distribution
急性肝损害型 Acute liver failure				
致命鹅膏 <i>Amanita exitialis</i>	19	65	19	德宏、普洱、保山、玉溪和楚雄， 6 月 11 日–8 月 3 日，2014–2021 Dehong, Pu'er, Baoshan, Yuxi and Chuxiong, Jun. 11 th –Aug. 3 rd , 2014–2021
拟灰花纹鹅膏 <i>A. fuliginoides</i>	3	12	1	普洱、临沧，6 月 27 日–7 月 2 日，2018–2021 Pu'er, Lincang, Jun. 27 th –Jul. 2 nd , 2018–2021
假淡红鹅膏 <i>A. subpallidosea</i>	1	1	1	昭通，9 月 16 日，2020 Zhaotong, Sep. 16 th , 2020
条盖盔孢菌 <i>Galerina sulciceps</i>	3	8	1	昭通，10 月 8–12 日，2020 Zhaotong, Oct. 8–12 th , 2020
肉褐鳞环柄菇 <i>Lepiota brunneoincarnata</i>	1	2	0	昭通，7 月 4 日，2021 Zhaotong, Jul. 4 th , 2021
横纹肌溶解型 Rhabdomyolysis				
亚稀褶红菇 <i>Russula subnigricans</i>	20	56	9	西双版纳、文山、保山、普洱、玉溪和楚雄， 5 月 10 日–9 月 13 日，2013–2021 Xishuangbanna, Wenshan, Baoshan, Pu'er, Yuxi and Chuxiong, May 10 th –Sep. 13 th , 2013–2021
急性肾衰竭型 Acute renal failure				
赤脚鹅膏 <i>A. gymnopus</i>	1	1	0	保山，7 月 7 日，2020 Baoshan, Jul. 7 th , 2020
拟卵盖鹅膏 <i>A. neoovoidea</i>	1	2	0	德宏，6 月 19 日，2019 Dehong, Jun. 19 th , 2019
假褐云斑鹅膏 <i>A. pseudoporphyria</i>	6	13	1	玉溪、楚雄，7 月 17 日–8 月 9 日，2015–2020 Yuxi, Chuxiong, Jul. 17 th –Aug. 9 th , 2015–2020
胃肠炎型 Gastroenteritis				
暗顶蘑菇 <i>Agaricus atrodiscus</i>	1	6	0	昭通，7 月 28 日，2021 Zhaotong, Jul. 28 th , 2021
薄瓢牛肝菌(干牛肝) <i>Baorangia pseudocalopus</i>	1	14	0	临沧，4 月 17 日，2018 Lincang, Apr. 17 th , 2018
薄瓢牛肝菌和大果薄瓢牛肝菌 <i>B. pseudocalopus</i> and <i>B. major</i>	1	7	0	保山，7 月 19 日，2020 Baoshan, Jul. 19 th , 2020
隐纹条孢牛肝菌 <i>Boletellus indistinctus</i>	1	6	0	迪庆，8 月 3 日，2021 Diqing, Aug. 3 rd , 2021
大青褶伞 <i>Chlorophyllum molybdites</i>	18	38	0	德宏、普洱、临沧、玉溪和昆明， 6 月 9 日–8 月 23 日，2019–2021 Dehong, Pu'er, Lincang, Yuxi and Kunming, Jun. 9 th –Aug. 23 rd , 2019–2021
毒粉褶菌近似种 <i>Entoloma cf. sinuatum</i>	1	9	0	楚雄，8 月 8 日，2021 Chuxiong, Aug. 8 th , 2021

待续

续表 2

近江粉褶菌 <i>Entoloma omiense</i>	5	17	0	德宏、普洱、保山和楚雄， 6月30日–8月30日，2018–2021 Dehong, Pu'er, Baoshan and Chuxiong, Jun. 30 th –Aug. 30 th , 2018–2021
臭粉褶菌近似种 <i>E. cf. rhodopolium</i>	1	5	0	迪庆，8月4日，2020 Diqing, Aug. 4 th , 2020
长柄网孢牛肝菌 <i>Heimioporus gaojiaocong</i>	3	4	0	玉溪，1月12日，2021(干牛肝)； 保山和玉溪，6月3日和7月20日，2021 Yuxi, Jan. 12 th , 2021 (dried boletes)； Baoshan and Yuxi, Jun. 3 rd and Jul. 20 th , 2021
丛生垂幕菇 <i>Hypholoma fasciculare</i>	1	1	0	普洱，12月4日，2020 Pu'er, Dec. 4 th , 2020
红褐乳菇 <i>Lactarius rubrobrunneus</i>	1	1	0	德宏，7月18日，2018 Dehong, Jul. 18 th , 2018
拟黄柄多汁乳菇 <i>Lactifluus pseudoluteopus</i>	2	6	0	西双版纳和德宏，6月4日–8月23日，2020–2021 Xishuangbannan and Dehong, Jun. 4 th –Aug. 23 rd , 2020–2021
薄囊体多汁乳菇 <i>L. tenuicystidiatus</i>	1	2	0	德宏，8月25日，2020 Dehong, Aug. 25 th , 2020
纯黄白鬼伞 <i>Leucocoprinus birnbaumii</i>	1	3	0	楚雄，6月17日，2018 Chuxiong, Jun. 17 th , 2018
毒新牛肝菌 <i>Neoboletus venenatus</i>	1	7	0	迪庆，9月19日，2021 Diqing, Sep. 19 th , 2021
新假革耳 <i>Neonothopanus nambi</i>	2	4	0	普洱和红河，5月13日–7月13日，2020 Pu'er and Honghe, May 13 th –Jul. 13 th , 2020
日本类脐菇 <i>Omphalotus guepiniformis</i>	1	6	0	昭通，11月29日，2017 Zhaotong, Nov. 29 th , 2017
发光类脐菇 <i>O. olearius</i>	4	28	0	临沧、玉溪和楚雄，7月28日–11月16日，2015–2021 Lincang, Yuxi and Chuxiong, Jul. 28 th –Nov. 16 th , 2015–2021
纤细枝瑚菌 <i>Ramaria gracilis</i>	1	1	0	保山，8月28日，2021 Baoshan, Aug. 28 th , 2021
红孔牛肝菌 <i>Rubroboletus sinicus</i>	1	3	0	保山，6月18日，2020 Baoshan, Jun. 18 th , 2020
日本红菇 <i>Russula japonica</i>	10	32	0	德宏、普洱、保山、玉溪、楚雄和曲靖， 6月22日–8月17日，2016–2021 Dehong, Pu'er, Baoshan, Yuxi, Chuxiong and Qujing, Jun. 22 nd –Aug. 17 th , 2016–2021
亚臭红菇 <i>R. subfoetens</i>	1	2	0	玉溪，8月6日，2017 Yuxi, Aug. 6 th , 2017
光硬皮马勃 <i>Scleroderma cepa</i>	6	13	0	保山和楚雄，7月5日–9月8日，2019–2021 Baoshan and Chuxiong, Jul. 5 th –Sep. 8 th , 2019–2021
松林乳牛肝菌 <i>Suillus pinetorum</i>	1	8	0	临沧，7月21日，2020 Lincang, Jul. 21 st , 2020
高原口蘑 <i>Tricholoma highlandense</i>	1	2	0	玉溪，11月13日，2020 Yuxi, Nov. 13 th , 2020

待续

续表 2

直柄口蘑	1	6	0	临沧, 11 月 14 日, 2020
<i>Tricholoma stans</i>				Lincang, Nov. 14 th , 2020
新苦粉孢牛肝菌	2	2	0	文山, 8 月 9 日–9 月 2 日, 2020
<i>Tylophilus neofelleus</i>				Wenshan, Aug. 9 th –Sep. 2 nd , 2020
神经精神型				
Psycho-neurological disorder				
蜜白鹅膏	1	1	0	楚雄, 8 月 10 日, 2021
<i>Amanita melleialba</i>				Chuxiong, Aug. 10 th , 2021
东方黄盖鹅膏	1	2	0	楚雄, 8 月 10 日, 2021
<i>A. orientigemmata</i>				Chuxiong, Aug. 10 th , 2021
假豹斑鹅膏	1	1	0	楚雄, 8 月 9 日, 2021
<i>A. pseudopantherina</i>				Chuxiong, Aug. 9 th , 2021
球基鹅膏	1	4	0	曲靖, 9 月 6 日, 2020
<i>A. subglobosa</i>				Qujing, Sep. 6 th , 2020
白霜杯伞	1	2	0	保山, 7 月 15 日, 2020
<i>Clitocybe dealbata</i>				Baoshan, Jul. 15 th , 2020
热带紫褐裸伞	5	7	0	德宏、保山、楚雄和大理,
<i>Gymnopilus dilepis</i>				6 月 17 日–9 月 4 日, 2018–2020
				Dehong, Baoshan, Chuxiong and Dali,
				Jun. 17 th –Sep. 4 th , 2018–2020
毒鹿花菌	1	3	0	昭通, 3 月 21 日, 2020
<i>Gyromitra venenata</i>				Zhaotong, Mar. 21 st , 2020
兰茂牛肝菌	2	5	0	保山和楚雄, 7 月 2–19 日, 2020–2021
<i>Lanmaoa asiatica</i>				Baoshan and Chuxiong, Jul. 2 nd –19 th , 2020–2021
毒歧盖伞近似种	3	17	0	保山, 7 月 10 日, 2020;
<i>Inosperma cf. virosum</i>				德宏和普洱, 9 月 9–16 日, 2020
				Baoshan, Jul. 10 th , 2020;
				Dehong and Pu'er, Sep. 9–16 th , 2020
泰国绿斑裸盖菇	1	4	0	德宏, 11 月 16 日, 2019
<i>Psilocybe thaiaerugineomaculans</i>				Dehong, Nov. 16 th , 2019
光敏性皮炎型				
Photosensitive dermatitis				
叶状耳盘菌	1	3	0	楚雄, 6 月 3 日, 2019
<i>Cordierites frondosus</i>				Chuxiong, Jun. 3 rd , 2019
其他 Others				
巴氏蘑菇	1	2	0	临沧, 8 月 25 日, 2020
<i>Agaricus blazei</i> ^E				Lincang, Aug. 25 th , 2020
环鳞鹅膏	2	2	0	普洱、临沧, 6 月 27 日–7 月 15 日, 2019
<i>Amanita concentrica</i>				Pu'er and Lincang, Jun. 27 th –Jul. 15 th , 2019
酒红蜡蘑	1	2	0	临沧, 8 月 1 日, 2021
<i>Laccaria vinaceoavellanea</i> ^E				Lincang, Aug. 1 st , 2021
密褶红菇	1	2	0	楚雄, 8 月 13 日, 2021
<i>Russula densifolia</i> ^E				Chuxiong, Aug. 13 th , 2021
云南硬皮马勃	3	6	0	保山、玉溪和楚雄,
<i>Scleroderma yunnanense</i> ^E				7 月 2 日–8 月 20 日, 2019–2021
				Baoshan, Yuxi and Chuxiong, Jul. 2 nd –Aug. 20 th , 2019–2021

注: E 为可食用

Note: E=edible.

现 3 种, 其中, 假褐云斑鹅膏 *A. pseudoporphyria* Hongo 共在 2 个市州造成 6 起中毒事件, 13 人中毒, 1 人死亡, 病死率为 7.69%, 成为云南省引起急性肾衰竭中最常见的毒蘑菇(图 2-8, 表 2)。(3)造成横纹肌溶解型(rhabdomyolysis)中毒的亚稀褶红菇 *Russula subnigricans* Hongo 共在 6 个市州引起 20 起中毒事件, 56 人中毒, 9 人死亡, 病死率高达 16.07%, 成为云南省蘑菇中毒死亡人数第二位的毒蘑菇(图 2-9, 表 2)。(4)造成胃肠炎型(gastroenteritis)中毒的毒蘑菇共发现 27 种, 其中, 大青褶伞 *Chlorophyllum molybdites* (G. Mey.) Massee 共在 5 个市州造成 18 起中毒事件, 38 人中毒, 成为胃肠炎型中毒中最常见的毒蘑菇物种(图 2-20, 表 2)。按照胃肠炎型中毒事件数排列, 第二至第五位分别为: 日本红菇 *R. japonica* Hongo (图 2-32) (共在 6 个市州造成 10 起中毒事件, 32 人中毒)、光硬皮马勃 *Scleroderma cepa* Pers.(图 2-35) (共在 2 个市州造成 6 起中毒事件, 13 人中毒)、近江粉褶菌 *Entoloma omiense* (Hongo) E. Horak (图 2-22) (共在 4 个市州造成 5 起中毒事件, 17 人中毒)和发光类脐菇 *Omphalotus olearius* (DC.) Singer (图 2-31, 表 2) (共在 3 个市州造成 4 起中毒事件, 28 人中毒)。(5)造成神经精神型(psycho-neurological disorder)中毒的毒蘑菇共发现 10 种, 其中热带紫褐裸伞 *Gymnopilus dilepis* (Berk. & Broome) Singer 共在 4 个市州造成 5 起中毒事件, 7 人中毒, 成为神经精神型中毒中最常见的毒蘑菇物种(图 2-42, 表 2); 毒歧盖伞近似种 *Inosperma* cf. *virosum* (K.B. Vrinda et al.) Matheny & Esteve-Rav. (图 2-45) (共在 3 个市州造成 3 起中毒事件, 17 人中毒)和兰茂牛肝菌 *Lanmaoa asiatica* G. Wu & Zhu L. Yang (图 2-18) (共在 2 个市州造成 2 起中毒事件, 5 人中毒)分列第二和第三位(表 2)。(6)造成光敏性皮炎型(photosensitive dermatitis)中毒的毒蘑菇仅发现 1 种, 为叶状耳盘菌 *Cordierites*

frondosus (Kobayasi) Korf, 在楚雄州引起 1 起中毒事件, 造成 3 人中毒(图 2-47, 表 2)。另外有 5 种蘑菇出现在中毒事件中, 它们分别为巴氏蘑菇 *Agaricus blazei* Murrill、环鳞鹅膏 *A. concentrica* T. Oda et al.、酒红蜡蘑 *Laccaria vinaceoavellanea* Hongo、密褶红菇 *R. densifolia* Secr. ex Gillet 和云南硬皮马勃 *S. yunnanense* Y. Wang, 其中除环鳞鹅膏记载有毒外, 其他 4 种均为食用菌(Wu et al. 2019)。

本研究发现 47 种毒蘑菇中 16 种为原始描述于中国的新物种。其中, (1)造成急性肝损害型中毒的毒蘑菇 3 种, 分别为致命鹅膏(Yang & Li 2001)、拟灰花纹鹅膏 *Amanita fuliginoides* P. Zhang & Zhu L. Yang (Zhang et al. 2010)和假淡红鹅膏 *A. subpallidorozea* Hai J. Li (Li et al. 2015); (2)造成胃肠炎型中毒的毒蘑菇 8 种, 分别为隐纹条孢牛肝菌 *Boletellus indistinctus* G. Wu, Fang Li & Zhu L. Yang (Wu et al. 2016a)、松林乳牛肝菌 *Suillus pinetorum* (W.F. Chiu) H. Engel & Klofac (Chiu 1948)、长柄网孢牛肝菌 *Heimioporus gaojiaocong* N.K. Zeng & Zhu L. Yang (Zeng et al. 2018)、拟黄柄多汁乳菇 *Lactifluus pseudoluteopus* (X.H. Wang & Verbeken) X.H. Wang (Wang & Verbeken 2006; 王向华 2020)、薄囊体多汁乳菇 *Lf. tenuicystidiatus* (X.H. Wang & Verbeken) X.H. Wang (Wang & Verbeken 2006; 王向华 2020)、日本类脐菇 *Omphalotus guepiniformis* (Berk.) Neda (Yang & Feng 2013)、红孔牛肝菌 *Rubroboletus sinicus* (W.F. Chiu) Kuan Zhao & Zhu L. Yang (Chiu 1948; Zhao et al. 2014)和高原口蘑 *Tricholoma highlandense* Zhu L. Yang et al. (Yang et al. 2017); (3)造成神经精神型中毒的毒蘑菇 5 种, 分别为蜜白鹅膏 *A. melleialba* Zhu L. Yang et al. (Ariyawansa et al. 2015)、假豹斑鹅膏 *A. pseudopantherina* Zhu L. Yang ex Yang-Yang Cui et al. (Cui et al. 2018)、球基鹅膏 *A. subglobosa* Zhu L. Yang (Yang 1997)、毒鹿花菌 *Gyromitra*

venenata Hai J. Li *et al.* (Li *et al.* 2020a)和兰茂牛肝菌 *Lanmaoa asiatica* G. Wu & Zhu L. Yang (Wu *et al.* 2016b)。

本研究中还包含自 2019 年以来发现的 3 个中国新记录种, 分别为暗顶蘑菇 *Agaricus atrodiscus* Linda J. Chen *et al.* (图 2-19) (Ariyawansa *et al.* 2015; 曾念开和蒋帅 2020)、大果薄瓢牛肝菌 *Baorangia major* Raspé & Vadthanarat (图 2-11) Phookamsak *et al.* 2019; Li *et al.* 2021a)和泰国绿斑裸盖菇 *Psilocybe thaiaerugineomaculans* Guzmán *et al.* (图 2-46) (Guzmán *et al.* 2012; Li *et al.* 2020b), 前 2 种可以引起胃肠炎型中毒, 最后 1 种可以引起神经精神型中毒(致幻)。

3 讨论

3.1 急性肝损害型毒蘑菇

本研究发现云南省导致死亡最多的剧毒蘑菇为致命鹅膏(表 2), 该种目前发现于我国华南和西南地区, 主要生长在以壳斗科为主的阔叶树林地上(Yang & Li 2001; Cui *et al.* 2018; Li *et al.* 2020b, 2021a)。致命鹅膏在我国不同地区出菇时间明显不同, 在广东省, 致命鹅膏 2 月下旬至 5 月中旬出菇, 伴随“回南天”到来的时间差异而有所变化; 在云南省, 6 月初至 8 月初是该种的生长旺季, 出菇先后具有明显的从南到北、从热带到亚热带推移的特征; 在贵州省, 致命鹅膏仅 2017 年 6 月初在黔西南州引起一起中毒事件, 是否具有更广泛的分布范围和更长的分布时间仍待进一步研究(Yang & Li 2001; Li *et al.* 2020b, 2021a)。国内鹅膏属毒鹅膏亚属 *Amanitina* (E.J. Gilbert) E.J. Gilbert 檐托鹅膏组 *Phalloideae* (Fr.) Quél. 的 12 种含有鹅膏肽类毒素的剧毒蘑菇中, 除致命鹅膏外, 灰花纹鹅膏 *A. fuliginea* Hongo、拟灰花纹鹅膏、灰盖粉褶鹅膏 *A. griseorosea* Qing Cai *et al.*、淡红鹅膏 *A. pallidosea* P. Zhang & Zhu L. Yang、黄盖鹅膏 *A. subjunquillea* S. Imai 和假

淡红鹅膏在云南省也均有分布(Cui *et al.* 2018; Li *et al.* 2021a), 目前仅拟灰花纹鹅膏和假淡红鹅膏出现在中毒事件中(Li *et al.* 2020a, 2021b)。由于其余 4 种也存在造成严重中毒的风险, 同样需加强防范。

条盖盔孢菌是作为盔孢菌属 *Galerina* Earle 最常出现在我国蘑菇中毒事件中的剧毒物种(Li *et al.* 2020b, 2021a), 于 2020 年 10 月在昭通市引发 3 起中毒事件(Li *et al.* 2021a)。该种于 2012 年 6 月 30 日在保山市腾冲市也引起过一起 6 人中毒 1 人死亡的严重中毒事件(郭超等 2013), 提示该种在云南省可能具有广泛的时空分布范围。

肉褐鳞环柄菇是环柄菇属 *Lepiota* (Pers.) Gray 中在中国蘑菇中毒事件中最常见的剧毒物种(陈作红等 2016; Li *et al.* 2020a, 2021a)。以往报道该种主要分布于东北、华北、西北、华中和华东地区(杨祝良 2019; Li *et al.* 2020b, 2021a), 2021 年 7 月 4 日在昭通市发生一起该种引起的中毒事件(表 2), 这也是首次发现该种在云南有分布。

3.2 横纹肌溶解型毒蘑菇

亚稀褶红菇是我国造成横纹肌溶解型中毒的最常见物种(陈作红等 2016; 李海蛟等 2016; Li *et al.* 2020b, 2021a; 王向华 2020; 章轶哲等 2020a), 也是云南省造成蘑菇中毒死亡的主要剧毒物种之一(表 2)。目前, 该种发现于美国、中国和日本, 国内主要分布于甘肃、山东、安徽、湖南、江西、福建、台湾、广东、广西、贵州、云南和海南等地(李国杰 2014; 陈作红等 2016; 李海蛟等 2016; Li *et al.* 2020b, 2021a)。在云南很多地区老百姓会采集一类菌盖灰黑色的红菇, 当地统称为“火炭菌”, 主要包含可以食用的稀褶红菇 *R. nigricans* (Bull.) Fr. 和密褶红菇, 而剧毒的亚稀褶红菇与这两种野生食用菌在宏观形态上极为相似, 很难区分, 这也是导致亚稀

褶红菇中毒事件高发的原因(李海蛟等 2016; 王向华 2020; 杨祝良等 2021)。

3.3 急性肾衰竭型毒蘑菇

目前,我国报道的5种可以造成急性肾衰竭型中毒的鹅膏在云南省均有分布(Cui *et al.* 2018; Wu *et al.* 2019),分别为赤脚鹅膏 *Amanita gymnopus* Corner & Bas、异味鹅膏 *A. kotohiraensis* Nagas. & Mitani、拟卵盖鹅膏 *A. neoovoidea* Hongo、欧氏鹅膏 *A. oberwinklerana* Zhu L. Yang & Yoshim. Doi 和假褐云斑鹅膏。近几年,我国造成急性肾衰竭型中毒危害最为严重的是欧氏鹅膏(陈作红等 2016; Li *et al.* 2020b, 2021a),而云南省最为严重的是假褐云斑鹅膏(表 2)。分析其原因主要因为假褐云斑鹅膏与云南大量采食的草鸡枞鹅膏 *A. caojizong* Zhu L. Yang *et al.* 和隐花青鹅膏 *A. manginiana* Har. & Pat.等在宏观形态上十分相似,极难区分(Cui *et al.* 2018; Wu *et al.* 2019)。

3.4 胃肠炎型毒蘑菇

与全国蘑菇中毒情况对比发现,青褶伞均为胃肠炎型中毒中最常见的物种(Li *et al.* 2020b, 2021a; 章轶哲等 2020b)。日本红菇和近江粉褶菌在全国蘑菇中毒事件中排名第二和第三位,在云南省蘑菇中毒中分别占据了第二和第四位;排名第三的光硬皮马勃在云南省引起的中毒事件数明显高于全国其他地区,这可能与当地老百姓采食外形相似的须腹菌 *Rhizopogon* spp.和云南硬皮马勃有关;近几年发光类脐菇引起的中毒事件均发生在云南(Li *et al.* 2020b, 2021a)。

3.5 神经精神型毒蘑菇

与全国蘑菇中毒情况对比发现,云南省神经精神型中毒的物种相对较为分散,只有热带紫褐裸伞中毒事件较多(表 2),同时该种在全国范围内引起的中毒事件数也名列前茅(Li *et al.* 2020b, 2021a)。蜜白鹅膏、东方黄盖鹅膏、假豹斑鹅膏和球基鹅膏含异噁唑衍生物(isoxazole

derivatives)型毒素,可以产生谷氨酰胺能神经毒性(陈作红等 2016; 孙承业 2020),各引起1起中毒事件(表 2)。其中,球基鹅膏 2020 年在全国至少造成17起中毒事件,是全国范围内神经精神型中毒中最常见的物种之一(Li *et al.* 2021a),而在云南引起的中毒事件相对较少,分析其原因可能与当地百姓的采食习俗有关,这一类菌盖上有鳞片的野生蘑菇在当地统称为“满天星”、“麻母鸡”等,被认为是毒蘑菇,因此极少有人采食。2021年8月10日楚雄发生一起由蜜白鹅膏引起的中毒事件,这也是该种自2015年发表以来首次出现在中毒事件中(Ariyawansa *et al.* 2015)。白霜杯伞、毒歧盖伞近似种和云南裂盖伞含毒蕈碱(muscarine),可以产生外周胆碱能神经毒性(陈作红等 2016; 孙承业 2020)。云南裂盖伞是2018年描述于云南的新物种,2020年7月10日保山发生一起由该种引起的中毒事件,这是该种记录的第一起中毒事件(Li *et al.* 2021a)。热带紫褐裸伞和泰国绿斑裸盖菇含有裸盖菇素(psilocybin),这一类毒蘑菇可以致幻(陈作红等 2016; 孙承业 2020)。其中泰国绿斑裸盖菇是中国新记录种,也是该种首次在我国引起中毒事件(Guzmán *et al.* 2012; Li *et al.* 2020b)。毒鹿花菌是2020年发现于中毒事件现场的毒蘑菇新种,该种含鹿花菌素(gyromitrin),可以产生癫痫性神经毒性并伴有肝损伤(陈作红等 2016; Li *et al.* 2020a; 孙承业 2020)。兰茂牛肝菌俗称红葱,与玫黄黄肉牛肝菌 *Butyriboletus roseoflavus* (Hai B. Li & Hai L. Wei) D. Arora & J.L. Frank (俗称白葱)和华丽新牛肝菌 *Neoboletus magnificus* (W.F. Chiu) Gelardi, Simonini & Vizzini 是云南野生菌市场上最常见的野生食用牛肝菌种类,味美,但是加工不当会引起幻觉,很多人中毒后会看到“小人”,因此这一类牛肝菌也被称为“小人菌”(陈作红等 2016; Wu *et al.* 2016b; Wu *et al.* 2019; Li *et al.* 2020a; 孙承业 2020)。

3.6 光敏性皮炎型毒蘑菇

目前,云南省引起光敏性皮炎型中毒的毒蘑菇仅发现叶状耳盘菌(表 2),而引起该类型中毒的毒蘑菇在我国主要有 2 种,另外一种为污胶鼓菌 *Bulgaria inquinans* (Pers.) Fr., 俗称胶陀螺,所含毒素可能属于光敏物质卟啉类毒素(陈作红等 2016; 孙承业 2020)。包海鹰等(2018)从污胶鼓菌中分离鉴定了该种引起光敏性皮炎的毒素—邻苯二甲酸二异丁酯(diisobutyl phthalate, DiBP),而叶状耳盘菌的毒素种类、含量、致病机理等仍需深入研究。从分布范围看,污胶鼓菌主要分布于我国东北地区,而叶状耳盘菌分布于我国东北、华中和西南地区(陈作红等 2016; Li *et al.* 2020b; 孙承业 2020)。

3.7 其他炎型毒蘑菇

本研究还鉴定出了 4 种野生食用菌和 1 种食毒不明的野生菌,可能是由于调查过程中未获得病人真正食用的毒蘑菇。

3.8 中毒原因分析及不足

造成云南省蘑菇中毒危害严重的原因分析总结如下:(1)云南真菌物种丰富且形态存在趋同进化,导致很多野生食用菌和毒蘑菇难以区分;(2)普通老百姓缺乏科学有效的毒蘑菇鉴别知识和能力,经常发生误采误食有毒蘑菇而中毒;(3)毒蘑菇科普宣传力度不够,方式较为单一,普通老百姓不易接受,导致毒蘑菇中毒预防效果不佳;(4)毒蘑菇中毒类型多样,给中毒事件处置和病人精准诊治带来了极大困难,从而可能导致延误治疗或治疗不到位。因此,建立“各级疾控中心+各大医院+相关科研院所”为一体的联防联控机制至关重要。只有这样,才能从源头开始做到精准鉴定、精准预防、快速反应和精准治疗。

中国热带至亚热带地区植被区系复杂、降雨量大,因此孕育了丰富多彩的真菌多样性(Wu *et al.* 2020),其中云南省是我国真菌最丰富的

省份(戴玉成等 2021),也因此成为真菌王国,目前毒蘑菇报道超过 200 种,对比每年发生的多达数百起的中毒事件(刘志涛等 2014, 2021),本研究涉及的中毒事件极为有限,造成分析结果难免出现一定的偏倚,其中最主要的原因是很多中毒事件中没有剩余的蘑菇样品,也未通过野外调查采集重新获得毒蘑菇样品。在未来工作中,有必要加强流调,为后续资料积累和精准鉴定与治疗提供支撑。

[REFERENCES]

- Ariyawansa HA, Hyde KD, Jayasiri SC, 2015. Fungal Diversity Notes 111-252-taxonomic and phylogenetic contributions to fungal taxa. *Fungal Diversity*, 75(1): 27-274
- Bao HY, Li ZJ, Yang SD, Ma WC, Bai L, Wang XB, Bau T, Li Y, 2018. Photosensitive toxic components of *Bulgaria inquinans*. *Mycosystema*, 38(1): 117-126 (in Chinese)
- Chen ZH, Yang ZL, Bau T, Li TH, 2016. Poisonous mushrooms: recognition and poisoning treatment. Science Press, Beijing. 1-308 (in Chinese)
- Chiu WF, 1948. The boletes of Yunnan. *Mycologia*, 40: 199-231
- Cui YY, Cai Q, Tang LP, Liu JW, Yang ZL, 2018. The family Amanitaceae: molecular phylogeny, higher-rank taxonomy and the species in China. *Fungal Diversity*, 91(1): 5-230
- Dai YC, Yang ZL, Cui BK, Wu G, Yuan HS, Zhou LW, He SH, Ge ZW, Wu F, Wei YL, Yuan Y, Si J, 2021. Diversity and systematics of the important macrofungi in Chinese forests. *Mycosystema*, 40: 770-805 (in Chinese)
- Guo C, Yang CL, Li XH, Yang ZL, Xie LJ, 2013. Investigation and analysis of a poisoning event caused by *Galerina sulcipectus*. *Adverse Drug Reactions Journal*, 15(1): 22-26 (in Chinese)
- Guzmán G, Ramírez-Guillén F, Hyde KD, Karunarathna SC, 2012. *Psilocybe* s.s. in Thailand: four new species and a review of previously recorded species. *Mycotaxon*, 119: 65-81
- Li GJ, 2014. The taxonomy of *Russula* in China. PhD Dissertation, University of Chinese Academy of Science, Beijing. 1-554 (in Chinese)
- Li HJ, Chen ZH, Cai Q, Zhou MH, Chen GJ, Sun CY, Zhang HS, Yang ZL, 2020a. *Gyromitra venenata*, a new poisonous species discovered from China. *Mycosystema*, 39(9): 1706-1718

- Li HJ, Xie JW, Zhang S, Zhou YJ, Ma PB, Zhou J, Sun CY, 2015. *Amanita subpallidrosea*, a new lethal fungus from China. *Mycological Progress*, 12: 43
- Li HJ, Yu CM, Yao QM, Zhang YZ, Sun J, Zhang S, Zhou J, Ma PB, Li CH, Sun CY, 2016. Species identification, geographical distribution, poisoning symptoms and medical treatment of *Russula subnigricans*. *Chinese Journal of Emergency Medicine*, 25(6): 733-738 (in Chinese)
- Li HJ, Zhang HS, Zhang YZ, Zhang KP, Zhou J, Yin Y, Jiang SF, Ma PB, He Q, Zhang YT, Wen K, Lang N, Lu JJ, Sun CY, 2020b. Mushroom poisoning outbreaks - China, 2019. *China CDC Weekly*, 2(2): 19-24
- Li HJ, Zhang HS, Zhang YZ, Zhou J, Yin Y, He Q, Jiang SF, Ma PB, Zhang YT, Wen K, Yuan Y, Lang N, Cheng BW, Lu JJ, Sun CY, 2021a. Mushroom poisoning outbreaks - China, 2020. *China CDC Weekly*, 3(3): 41-45
- Li WW, Pires SM, Liu ZT, Liang JJ, Wang YF, Chen W, Liu CW, Liu JK, Han HH, Fu P, Guo YC, 2021b. Mushroom poisoning outbreaks-China, 2010–2020. *China CDC Weekly*, 3(24): 518-522
- Li XY, Tao RG, Zhao SW, 2003. Analysis of food poisoning associated with poisonous mushrooms in Yunnan Province, China. *Chinese Journal of Food Hygiene*, 15(1): 49-51 (in Chinese)
- Liu ZT, Wu SX, Wan R, Zhao SW, Zhang Q, Wang XW, Li JJ, Ruan Y, Yu SY, Zhao J, Wan QQ, Peng M, 2014. Investigation on the characteristics of space-time distribution of the wild mushroom poisoning in Yunnan Province from 2005 to 2013. *Chinese Journal of Food Hygiene*, 26(6): 547-551 (in Chinese)
- Liu ZT, Zhao J, Li JJ, Min XD, Ruan Y, Su WW, Zhu X, Chen LP, Yang YL, Zhang Q, Dong HY, 2021. Epidemiologic features of the wild mushroom poisoning in Yunnan province during 2015–2020 and its trend prediction. *Journal of Food Safety and Quality*, 12(17): 7074-7079 (in Chinese)
- Phookamsak R, Hyde KD, Jeewon R, 2019. Fungal diversity notes 929–1035: taxonomic and phylogenetic contributions on genera and species of fungi. *Fungal Diversity*, 95: 1-273
- Sun CY, 2020. Practical encyclopedia of acute poisoning. 2nd ed. People's Medical Publishing House, Beijing. 1-994 (in Chinese)
- Wang XH, 2020. Taxonomic comments on edible species of Russulaceae. *Mycosystema*, 39(9): 1617-1639 (in Chinese)
- Wang XH, Verbeken A, 2006. Three new species of *Lactarius* subgen. *Lactiflui*. *Nova Hedwigia*, 83(1-2): 167-176
- Wu F, Yuan HS, Zhou LW, Yuan Y, Cui BK, Dai YC, 2020. Polypore diversity in South China. *Mycosystema*, 39: 653-682
- Wu F, Zhou LW, Yang ZL, Bau T, Li TH, Dai YC, 2019. Resource diversity of Chinese macrofungi: edible, medicinal and poisonous species. *Fungal Diversity*, 98: 1-76
- Wu G, Li YC, Zhu XT, Zhao K, Hang LH, Cui YY, Li F, Xu JP, Yang ZL, 2016a. One hundred noteworthy boletes from China. *Fungal Diversity*, 81: 25-188
- Wu G, Zhao K, Li YC, Zeng NK, Feng B, Halling RE, Yang ZL, 2016b. Four new genera of the fungal family Boletaceae. *Fungal Diversity*, 81: 1-24
- Yang ZL, 1997. Die *Amanita*-Arten von Südwestchina. *Bibliotheca Mycologica*, 170: 1-240
- Yang ZL, 2019. Flora fungorum sinicorum. Vol. 52. Fungi lepiotoidei (Agaricaceae). Science Press, Beijing. 1-228 (in Chinese)
- Yang ZL, Ding XX, Kost GW, Rexer KH, 2017. New species in the *Tricholoma pardinum* complex from Eastern Himalaya. *Phytotaxa*, 305(1): 1-10
- Yang ZL, Feng B, 2013. The genus *Omphalotus* (Omphalotaceae) in China. *Mycosystema*, 32(3): 545-556
- Yang ZL, Li TH, 2001. Notes on three white *Amanita* of section *Phalloideae* (Amanitaceae) from China. *Mycotaxon*, 78: 439-448
- Yang ZL, Wu G, Li YC, Wang XH, Cai Q, 2021. Common edible and poisonous mushrooms of Southwestern China. Science Press, Beijing. 1-370 (in Chinese)
- Zeng NK, Chai H, Liang ZQ, Tang LP, Xue R, Yang ZL, 2018. The genus *Heimioporus* in China. *Mycologia*, 110: 1110-1126
- Zeng NK, Jiang S, 2020. Atlas of macrofungi from Yinggeling of Hainan, China. Nanhai Publishing Company, Haikou. 1-263 (in Chinese)
- Zhang P, Chen ZH, Xiao B, Bau T, Bao HY, Yang ZL, 2010. Lethal amanitas of East Asia characterized by morphological and molecular data. *Fungal Diversity*, 42: 119-133
- Zhang YZ, Li HX, Zhang KP, Sun CY, Zhang HS, Lu JJ, He Q, Li HJ, 2020a. A method of real-time fluorescent quantitative PCR for detection of *Russula subnigricans* based on Taqman-MGB probe. *Mycosystema*, 39(5): 937-943 (in Chinese)
- Zhang YZ, Sun CY, Bau T, Li TH, Zhang HS, Zhang KP, Li HJ, 2020b. Spatial and temporal distribution of *Chlorophyllum molybdites* in China. *Mycosystema*, 39(9): 1759-1765 (in Chinese)
- Zhao K, Wu G, Yang ZL, 2014. A new genus, *Rubroboletus*, to accommodate *Boletus sinicus* and its allies. *Phytotaxa*,

188(2): 61-77

Zhou J, Yuan Y, Lang N, Yin Y, Sun CY, 2016. Analysis of hazard in mushroom poisoning incidents in China mainland. Chinese Journal of Emergency Medicine, 25(6): 724-728 (in Chinese)

[附中文参考文献]

包海鹰, 李志军, 杨树东, 马伟才, 白璐, 王新斌, 图力古尔, 李玉, 2018. 胶陀螺光敏毒性成分. 菌物学报, 38(1): 117-126

陈作红, 杨祝良, 图力古尔, 李泰辉, 2016. 毒蘑菇识别与中毒防治. 北京: 科学出版社. 1-308

戴玉成, 杨祝良, 崔宝凯, 吴刚, 袁海生, 周丽伟, 何双辉, 葛再伟, 吴芳, 魏玉莲, 员瑗, 司静, 2021. 中国森林大型真菌重要类群多样性和系统学研究. 菌物学报, 40: 770-805

郭超, 杨承亮, 李新和, 杨祝良, 谢立璟, 2013. 条盖盔孢伞中毒事件的调查分析. 药物不良反应杂志, 15(1): 22-26

李国杰, 2014. 中国红菇属的分类研究. 中国科学院大学博士论文, 北京. 1-554

李海蛟, 余成敏, 姚群梅, 章轶哲, 孙健, 张烁, 周静, 马沛滨, 李朝宏, 孙承业, 2016. 亚稀褶红菇中毒的物种鉴定、地理分布、中毒特征及救治. 中华急诊医学杂志, 25(6): 733-738

李西云, 陶汝国, 赵世文, 2003. 云南省 16 年毒蕈引起的食物中毒分析. 中国食品卫生杂志, 15(1): 49-51

刘志涛, 吴少雄, 万蓉, 赵世文, 张强, 王晓雯, 李娟娟,

阮元, 余思洋, 赵江, 万青青, 彭敏, 2014. 2005-2013 年云南省野生蕈中毒的时空分布. 中国食品卫生杂志, 26(6): 547-551

刘志涛, 赵江, 李娟娟, 闵向东, 阮元, 苏玮玮, 朱晓, 陈留萍, 杨彦玲, 张强, 董海燕, 2021. 云南省 2015-2020 年野生蕈中毒流行特征及趋势预测. 食品安全质量检测学报, 12(17): 7074-7079

孙承业, 2020. 实用急性中毒全书(第 2 版). 北京: 人民卫生出版社. 1-994

王向华, 2020. 红菇科可食真菌的若干分类问题. 菌物学报, 39(9): 1617-1639

杨祝良, 2019. 中国真菌志. 第五十二卷: 环柄菇类(蘑菇科). 北京: 科学出版社. 1-228

杨祝良, 吴刚, 李艳春, 王向华, 蔡箐, 2021. 中国西南地区常见食用菌和毒菌. 北京: 科学出版社. 1-370

曾念开, 蒋帅, 2020. 海南鹦哥岭大型真菌图鉴. 海口: 南海出版公司. 1-263

章轶哲, 李宏锡, 张凯平, 孙承业, 张宏顺, 卢俊伽, 何仟, 李海蛟, 2020a. 基于 Taqman-MGB 探针的亚稀褶红菇实时荧光定量 PCR 检测方法. 菌物学报, 39(5): 937-943

章轶哲, 孙承业, 图力古尔, 李泰辉, 张宏顺, 张凯平, 李海蛟, 2020b. 中国青褶伞时空分布研究. 菌物学报, 39(9): 1759-1765

周静, 袁媛, 郎楠, 尹莫, 孙承业, 2016. 中国大陆地区蘑菇中毒事件及危害分析. 中华急诊医学杂志, 25(6): 724-728