

# 亚稀褶红菇中毒的物种鉴定、地理分布、中毒特征及救治

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  
100050 北京, 中国疾病预防控制中心职业卫生与中毒控制所 (李海蛟、章轶哲、孙健、张烁、周静、马沛滨、孙承业); 675000 云南省楚雄, 楚雄彝族自治州人民医院 (余成敏、姚群梅、李朝宏)

通信作者: 孙承业, Email: suncy@chinacdc.cn

DOI: 10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2016.06.010

**【摘要】目的** 探索亚稀褶红菇的物种鉴定、地理分布、中毒症状及救治措施, 为该物种造成的中毒事件应急处置及病患救治提供借鉴。**方法** 结合中毒案例, 开展流行病学、临床救治调查分析, 对毒蘑菇样本进行形态学和分子生物学鉴定, 并对亚稀褶红菇造成的中毒特征及救治方法进行系统整理。**结果** 2 名中毒患者 2015 年 7 月 26 日晚食用了自己采集的“火炭菌”, 潜伏期 2~3 h。主要临床表现为恶心、呕吐、腹痛, 伴有酱油色尿, 肌酸激酶急剧上升, 并伴有丙氨酸氨基转移酶、天门冬氨酸氨基转移酶、肌酸激酶同工酶和心肌酐等的上升, 最终表现为肾功能衰竭和呼吸衰竭, 符合以往报道的亚稀褶红菇的中毒表现。2 位患者给予血液灌流、连续性静脉-静脉血液滤过、保肝、保肾、抗氧化等对症支持治疗, 一名患者于 40 余天后死亡。另一名患者虽然历经转院治疗, 至 2016 年 2 月底仍未出院, 预后不佳。毒蘑菇样本通过形态学结合分子生物学方法鉴定为亚稀褶红菇 (*russula subnigricans*)。**结论** 亚稀褶红菇是一种毒性高的有毒蘑菇, 其在我国分布较广, 形态学分类结合分子生物学 (使用 ITS 片段) 方法是物种鉴定的有效方法, 此蘑菇中毒者潜伏期短, 人中毒靶器官主要为横纹肌, 重症患者预后差。

**【关键词】** 毒蘑菇; 亚稀褶红菇; 物种鉴定; 地理分布; 救治

**基金项目:** 国家自然科学基金青年科学基金 (31501814)

## Species identification, geographical distribution, poisoning symptoms and medical treatment of

*russula subnigricans* Li Haijiao, Yu Chengmin, Yao Qunmei, Zhang Yizhe, Sun Jian, Zhang Shuo, Zhou Jing, Ma Peibin, Li Chaohong, Sun Chengye

National Institute of Occupational Health and Poison Control, Chinese Center for Disease Control and Prevention, Beijing 100050, China (Li HJ, Zhang YZ, Sun J, Zhang S, Zhou J, Ma PB, Sun CY); The People's Hospital of Chuxiong Yi Autonomous Prefecture, Chuxiong 675000, China (Yu CM, Yao QM, Li CH)

Corresponding author: Sun Chengye, Email: suncy@chinacdc.cn

**【Abstract】Objective** To study species identification, geographical distribution poisoning symptoms of *russula subnigricans* in order to provide guidelines of prevention and proper treatment. **Methods** Based on the data of epidemiological investigation, clinical treatment data and suspicious poisonous mushrooms, the collected mushroom were identified by morphological and molecular analysis, and the poisoning symptoms and medical treatment of *R. subnigricans* were systematically summarized. **Results** From the present two poisoning case, Epidemiological investigation showed that both patients ate some mushrooms in an appearance of fired charcoal (“huotanjun” called by layman) in the evening on July 26th, 2015. The incubation period was 2-3 hours. The main poisoning symptoms were nausea, vomiting, myalgia, typical soy urine, rapid increased in serum creatine kinase (CK), alanine transaminase (ALT), aspartate

aminotransferase (AST), creatine kinase MB (CK-MB) and serum creatinine (sCr) were found. Finally patients fell in kidney failure and respiratory failure. All these symptoms met the typical manifestation of mushroom poisoning reported caused by *R. subnigricans*. These two patients were treated with hemoperfusion, continuous veno-venous hemofiltration (CVVH), liver protecting treatment, protective renal treatment and antioxidant therapy. One patient died after 40 days after admission. Other patient was transferred to a better facility and experienced physicians, and the other patient was still in hospital without any improvement up to the end of Feb. 2016 with a gloomy prospect. The mushroom eaten by the patients was identified as *russula subnigricans* though morphological and molecular analysis. **Conclusions** *Russula subnigricans* is a very toxic mushroom, widely distributed in southern China. Morphological and molecular analysis (using ITS sequence) is suitable for species identification of *R. subnigricans*. The incubation period of *R. subnigricans* poisoning is usually short, its target organ is mainly striated muscle, and severe patients usually have unfavourable outcome.

**[Key words]** Poisonous mushrooms; *Russula subnigricans*; Species identification; Geographical distribution; Medical treatment

**Fund program:** National Nature Science Foundation of China Youth Science Foundation (31501814)

亚稀褶红菇 (*russula subnigricans* hongo), 又称作亚稀褶黑菇, 亚黑红菇等, 在我国西南部分省区将此蘑菇及外形相近种统称为“火炭菌”, 是一种大型真菌, 隶属于真菌界 (fungi), 担子菌门 (basidiomycota), 伞菌纲 (agaricomycetes), 红菇目 (russulales), 红菇科 (russulaceae), 红菇属 (*russula*)。该菌分布于北美的美国和亚洲的中国大陆、中国台湾和日本, 每年 7~8 月份生于阔叶林地上或混交林地上<sup>[1]</sup>。

亚稀褶红菇是红菇属中的剧毒种, 已在中国、日本等地造成多起中毒事件并造成数十人死亡<sup>[2-5]</sup>。还有更多由该菌造成的中毒事件并没有被报道, 如笔者参与处理的两起事件, 2012 年 8 月底在安徽黄山地区发生一起误食亚稀褶红菇中毒事件, 共造成 10 人中毒, 5 人死亡; 和 2013 年 7 月底, 云南玉溪地区连续发生数起该菌引起的中毒事件, 造成十几人中毒, 多人死亡; 2015 年 8 月中旬湖南长沙发生 1 起因误食该菌中毒事件, 6 人中毒, 1 人死亡 (湖南师范大学陈作红教授参与蘑菇鉴定)。由此可见该物种在我国造成的危害十分严重。Matsuura 等<sup>[3]</sup>以小鼠毒性为筛选模型, 开展了亚稀褶红菇的毒素分离, 认为其致死毒素为环丙-2-烯羧酸 (cycloprop-2-ene carboxylic acid), 该毒素能引起横纹肌溶解, 对小鼠的致死剂量为 2.5 mg/kg 体质量。

2015 年 7 月 28 日晚, 楚雄州人民医院接收到两名因食用俗称“火炭菌”的野生菌中毒患者, 患者家属同时带来了在同一采集地采集的“火炭

菌”。通过对标本进行鉴定, 为亚稀褶红菇。鉴于亚稀褶红菇毒性强, 蘑菇鉴定及临床数据零散, 给此蘑菇中毒诊断治疗带来了困惑, 本研究以 2015 年 7 月云南楚雄地区, 资料完整的事件为例, 从该菌的形态特点、地理分布、中毒特征及其救治等方面进行介绍。

## 1 资料与方法

### 1.1 一般资料

云南省楚雄彝族自治州禄丰县中毒患者, 2 人, 全部为男性, 年龄分别为 36 岁和 48 岁, 职业为农民。2015 年 7 月 29 日, 患者家属到患者采集“火炭菌”的地点进行采集, 将采集到的疑似毒蘑菇转送至中国疾病预防控制中心现场调查人员处。经过拍照, 记录, 并编号为 150730-06。将标本在 45℃ 条件用便携式鼓风机彻底干燥, 由中国疾病预防控制中心职业卫生与中毒控制所对进行标本鉴定。

### 1.2 流行病学调查

中国疾病预防控制中心职业卫生与中毒控制所对事件开展现场调查, 楚雄州人民医院提供中毒患者及家属饮食接触资料, 包括可疑餐次、食品及发病情况; 同时医院提供了中毒患者的主要临床表现、症状体征、化验检查结果及病程、诊断和治疗情况, 并摘录和复印相关病例资料供分析。

### 1.3 毒物鉴定

1.3.1 形态学鉴定 主要包含宏观形态和显微结构。宏观形态主要观察子实体颜色、大小、形状、

质地、菌盖表面特征、菌褶特征（颜色、生长状态）、菌柄特征（颜色、长短、粗细、是否被绒毛等）、是否有特殊气味和味道。显微结构主要观察各部位菌丝的主要特征（是否有锁状联合、菌丝直径、排列等），担子的特征（形状、大小、担子梗的数目及长短）、囊状体的特征（有无、形状、大小）以及担孢子的主要特征（形状、大小、颜色、疣刺特征等）。

1.3.2 分子生物学鉴定方法 提取蘑菇样品基因组 DNA，对 ITS 片断进行扩增并测序，进行系统发育学分析。分子生物学鉴定使用 The Phire Plant Direct PCR 试剂盒（Finnzymes Oy, Finland）进行 DNA 提取及 PCR 产物扩增。具体操作：干燥的蘑菇用切成碎沫，然后用 50  $\mu\text{L}$  的稀释缓冲液裂解，室温孵育 5 min，在 30  $\mu\text{L}$  的 PCR 反应体系中加入 1  $\mu\text{L}$  的上清液作为模板。扩增引物选取 ITS5 (GGA AGT AAA AGT CGT AAC AAG G) 和 ITS4 (TCC TCC GCT TAT TGA TAT GC)<sup>[6]</sup>。扩增反应程序：98  $^{\circ}\text{C}$  预变性 5 min；98  $^{\circ}\text{C}$  变性 5 s，58  $^{\circ}\text{C}$  复性 5 s，72  $^{\circ}\text{C}$  延伸 5 s，40 个循环后 72  $^{\circ}\text{C}$  延伸 10 min，4  $^{\circ}\text{C}$  保温。取 3  $\mu\text{L}$  PCR 产物点样并进行电泳，结束后在凝胶成像仪下拍照并记录结果。将电泳条带单一明亮、片段大小约 650 bp 的样品送生工生物工程（上海）股份有限公司进行测序。

将 DNA 序列（表 1）用 Clustalx1.83 进行比对，然后使用 BioEdit 7.0.5.3 软件对比对后的序列进行手工校对<sup>[7-8]</sup>。系统发育树构建采用最大简约法，使用 PAUP\* 4.0b10 软件<sup>[9]</sup>。最大简约性分析法中，所有参与分析序列上的位点均作为等权处理，位点上的空格视为缺失。Max-trees 设为 5 000，其他参数采用默认值，采用启发式搜索进行 1 000 次自举分析。

#### 1.4 亚稀褶红菇在国内的地理分布调查

通过对相关权威文献的查阅、总结，并结合野外调查结果，对亚稀褶红菇在中国的分布特征进行汇总，绘制该物种在国内的地理分布图。

## 2 结果

### 2.1 现场调查

2.1.1 基本情况 2015 年 7 月 26 日 18:00-19:00，云南省楚雄彝族自治州禄丰县某村村民 A、B，均为男性，分别为 48 岁和 36 岁，共同进食了自采的野生蘑菇。约 21:00 左右，2 人

表 1 用于亚稀褶红菇系统发育树分析的 ITS 片段信息

Table 1 Informations of ITS sequences used in the phylogenetic analysis

Taxa	Voucher	ITS
Ingroup		
<i>Russula acrifolia</i>	HMAS267799	KF850401
<i>R. acrifolia</i>	--	JF834363
<i>Russula adusta</i>	547RUS27	AY061652
<i>R. adusta</i>	IA21	JQ888194
<i>Russula albonigra</i>	104-ITS-1F	KT800130
<i>R. albonigra</i>	UC1999433	KF306043
<i>R. albonigra</i>	UC1999434	KF306042
<i>Russula densifolia</i>	--	AF418606
<i>R. densifolia</i>	OSA-MY-4289	AB291767
<i>Russula nigricans</i>	ZP7003	EF534352
<i>R. nigricans</i>	clone 10-1A	AM087260
<i>R. nigricans</i>	217RUF24	AY061695
<i>Russula subnigricans</i>	150730-06	KU751887 <sup>a</sup>
<i>R. subnigricans</i>	OSA-MY-4267	AB291750
<i>R. subnigricans</i>	TNS-F-237524	AB291736
<i>R. subnigricans</i>	ZP6512	EF126735
<i>R. subnigricans</i>	ZP6932	EF534351
<i>R. subnigricans</i>	ZP7036	EF126734
Outgroup		
<i>Russula virescens</i>	JMP0079	EU819437

注：<sup>a</sup> 本研究产生的序列，其他序列来自 GenBank

先后出现消化道及全身症状。A 患者发病后立即当地卫生院就医，后症状加重，于 7 月 28 日 17:20 转入楚雄彝族自治州人民医院就诊；B 患者 26 日晚到禄丰县人民医院就诊，症状缓解后回家休息。27 日中午 11 时再次到禄丰县人民医院就诊，后因症状重，于 7 月 28 日 15:00 转入楚雄彝族自治州人民医院就诊。

2.1.2 临床表现 A 患者以进食后上腹部间断性胀痛发病，无恶心、呕吐、腹泻；27 日 10 时许出现头昏、头痛，为全头部间歇性闷痛，伴继发性心悸、胸部持续胀痛及全身乏力、纳差、嗜睡；28 日 08:00 出现全身肌肉阵发性胀痛，以颈部及双侧要不为甚，伴吸气性呼吸困难、大汗淋漓、口干、口苦、畏寒、黑蒙，尿呈酱油色。B 患者最初表现为恶心、呕吐，伴头昏、乏力，呕吐胃内容物 2 次，每次呕吐量约 150 mL，稀便 1 次，有粘液便及少量血丝，量约 200 mL；27 日中午 11 时左右，患者出现头晕、全身乏力、恶心、呕吐，下午 16 时心慌、黑蒙、发热、畏寒，并伴有少量酱油色尿。血常规检查中，两位患者的白细胞计数（WBC）、中性粒细胞计数（NEUT）和中性粒细胞比例（NEUT%）均有上升；血生化检查显示两位

患者肌酸激酶 (CK)、肌酸激酶同工酶 (CK-MB)、丙氨酸氨基转移酶 (ALT)、天门冬氨酸氨基转移酶 (AST)、乳酸脱氢酶 (LDH)、心肌肌钙蛋白 I (cTnI) 和血肌酐 (sCr) 等指标持续上升 (表 2), 并伴有钙离子 ( $\text{Ca}^{2+}$ ) 浓度降低。血气分析发现两位患者 PH 均有不同程度下降, 其中患者 B 在的 10H 在入院第 4~5 天还出现了 PH 略高的现象, 随后又偏低。7 月 28 日入院进行的心脏彩超检查显示两位患者均有主动脉窦性增宽和室间隔运动异常现象, A 患者还显示二尖瓣少量反流和左室主动松弛功能减低, B 患者还表现出心电图

速。A 患者在 8 月 1 日 08:25 呈现昏迷状, 呼吸费力、浅慢, 约 10 次/min, 舌后坠明显, 咳嗽无力,  $\text{SPO}_2$  波动于 80%~85% 之间; 给予加压给氧, 紧急气管插管。机械通气 20 余天后, 患者肺部感染严重, 呼吸肌无力, 无法脱离呼吸机, 于 9 月 9 日死于消化道出血。B 患者 8 月 4 日乳酸脱氢酶仍高达 14 122 U/L, 至 8 月 10 日仍高达 4 548 U/L, 诊断为严重的肺部感染和肾功能衰竭, 无尿, 不能脱机, 后经患者家属申请, 转入昆明医科大学第一附属医院, 至 2016 年 2 月底仍在治疗, 无法脱离呼吸机, 预后不佳。

表 2 两位亚稀褶红菇中毒患者入院后前 4 d 的主要血生化检查结果

Table 2 Blood biochemical examination results of 2 patients with *russula subnigricans* poisoning on the first four days

时间	CK (U/L)		CK-MB (U/L)		ALT (U/L)		AST (U/L)		LDH (U/L)		cTnI (ng/mL)		sCr ( $\mu\text{mol/L}$ )	
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
7月28日	28 091	32 000	1 801.2	2 084	252	275	708	912	3 294	2 150	0.07	0.062	72.2	64.1
7月29日	53 224	67 200	3 418.6	2 352.9	1 229	1 345	3 014	2 379	13 753	10 750	0.13	4.9	105.4	213.9
7月30日	80 000	63 891	3 701	3 109.3	2 249	1 486	5 099	2 714	31 689	15 938	1.13	3.64	208.4	221.7
7月31日	80 600	32 000/35 200	3 691	1 704.9/508.9	2 421	-/1 615	4 205	1 462/1 045	31 989	20 362/-	-	-/2.29	250.4	252.6/276.6

注: CK: 肌酸激酶, 正常值 30~153 U/L; CK-MB: 肌酸激酶同工酶, 正常值 0~24 U/L; ALT: 丙氨酸氨基转移酶, 正常值 11~66 U/L; AST: 天门冬氨酸氨基转移酶, 正常值 15~46 U/L; LDH: 乳酸脱氢酶, 313~618 U/L; cTnI: 心肌肌钙蛋白 I, 正常值 0~0.3 ng/mL。sCr: 血肌酐, 62~106  $\mu\text{mol/L}$ 。7 月 31 日患者 B 的检测值分别为血液净化前后的数值

2.1.3 临床救治 诊断为亚稀褶红菇造成的食物中毒, 给予血液灌流、连续性静脉-静脉血液滤过 (CVVH)、保肝、保肾、抗氧化、维持酸碱平衡及插管通气等对症支持治疗。

## 2.2 毒蘑菇标本鉴定

2.2.1 形态学鉴定 通过对标本的宏观和微观结构的观察, 鉴定为亚稀褶红菇 (*russula subnigricans*), 如图 1A。形态学主要特征描述如下。

宏观结构: 子实体中型至大。菌盖初半球形, 后平展中部下凹呈漏斗状, 灰白色、浅灰色至煤灰黑色, 边缘色浅而内卷, 无沟纹; 菌肉白色, 较厚, 近柄处有分叉现象, 受伤处变红而不变黑, 无气味。菌褶直生至近延生, 稍稀疏, 不等长, 厚而脆, 不分叉, 褶间具横脉, 褶缘每厘米 5~7 片, 浅黄白色至浅奶油色, 受伤后变红而不变黑, 小菌褶多; 菌柄偏生, 圆柱形, 污白色、浅灰白色至灰黑色, 较盖色浅。

显微结构: 担子棒状, 多具 4 个小梗, 偶有 2 个小梗, 基部无锁状联合; 担孢子球形、近球形至宽椭圆形, 部分椭圆形, 无色, 表面疣刺圆柱形, 高 0.7~1.5  $\mu\text{m}$ , 疣刺间分散且无连线; 脐上区淀粉质点不显著, (6.5~8.5)  $\mu\text{m} \times$  (6~8)  $\mu\text{m}$ 。

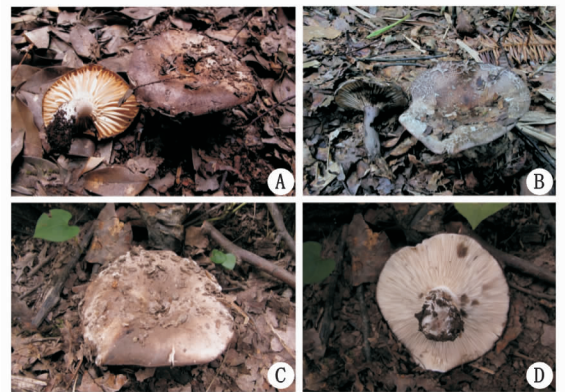


图 1 亚稀褶红菇及其近似种子实体照片 (A: 亚稀褶红菇; B: 稀褶红菇; C-D: 密褶红菇)

Fig 1 Basidioma of *russula subnigricans* and is related species (A: *russula subnigricans*; B: *R. nigricans*; C-D: *R. densifolia*)

2.2.2 分子生物学鉴定 应用 ITS 片段构建亚稀褶红菇 (*russula subnigricans*) 的系统发育树: 构建发育树所用序列共 19 个单元, 所有 689 个特征位点包括 491 个恒定特征, 104 个无简约信息可变特征, 以及 94 个简约信息特征。简约法共得到 4 个 MP 树, 系统发育树的 TL 为 303, CI 为 0.776, RI 为 0.798, RC 为 0.619, HI 为 0.224。具体系统发育树拓扑结构图见图 2。

系统发育结果表明检测样本 150730-06 与亚稀褶红菇聚类到同一分枝, 获得极高支持率 (图 2, MP = 100%)。因此鉴定该标本为亚稀褶红菇。

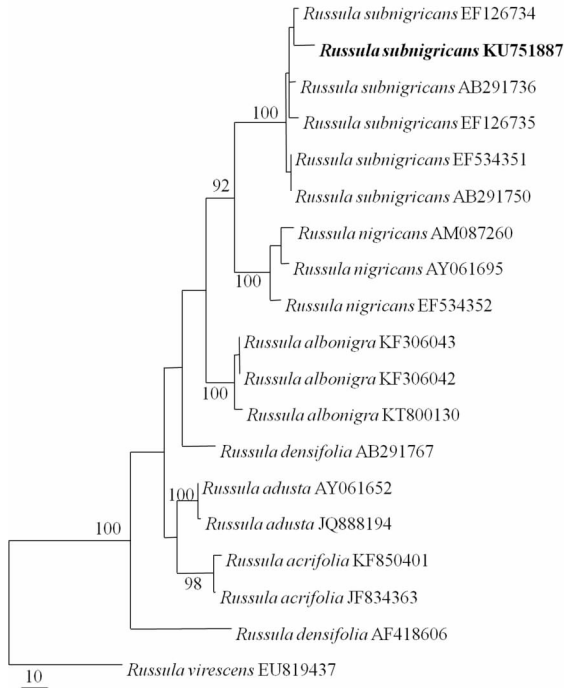


图 2 基于 ITS 序列构建的亚稀褶红菇的系统发育树, 仅有支持率高于 50% 才被标注于分枝上 (黑体突出显示的为事件标本序列)

Fig 2 Phylogenetic tree inferred from maximum parsimony (MP) analysis based on ITS dataset. Only maximum parsimony bootstraps (PB) over 50% are reported on the branches. (Sequence from poisoning case specimen was in bold)

### 2.3 亚稀褶红菇在国内的地理分布

通过文献报道<sup>[1]</sup>及现场调查采集, 目前, 亚稀褶红菇在国内主要分布于甘肃、广东、贵州、湖南、安徽、江西、云南、海南和台湾地区等省份 (图 3)。

## 3 讨论

红菇属 (*Russula Pers.*) 真菌很多种类可食用, 是可食用野生菌的重要类别, 仅我国已报道可食用种类就有 82 种之多。如称为“青头菌”的铜绿红菇 (*russula aeruginea*) 和变绿红菇 (*russula virescens*), 还有菌盖以红色调为主的各种红菇种类, 如菱红菇 (*russula vesca*), 大红菇 (*russula rubra*), 蓝黄红菇 (*russula cynaoxantha*), 淡紫红菇 (*russula lilacea*) 等<sup>[10]</sup>。然而, 红菇属并非所有种类都可食用, 目前我国共记载此属有十几个有

毒种, 如毒红菇 (*russula emitica*), 点柄黄红菇 (*russula senecis*) 和臭红菇 (*russula foetens*) 等, 多仅引起胃肠炎性改变, 一般不会危及生命, 此属现仅发现亚稀褶红菇为剧毒种类, 可导致严重后果甚至引起死亡<sup>[11-12]</sup>。

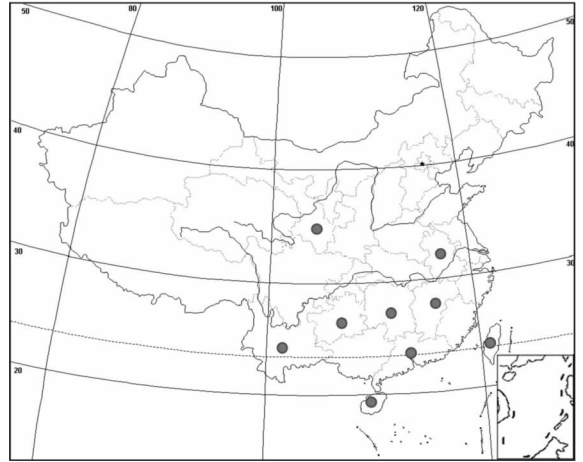


图 3 亚稀褶红菇在国内的分布图

Fig 3 Geographical distribution of *russula subnigricans* in China

亚稀褶红菇能够造成患者横纹肌溶解症 (rhabdomyolysis)。该类型主要表现为广泛性骨骼肌剧烈疼痛, 伴有呼吸急促困难、不发热而出汗, 生化指标表现为肌酸激酶急剧上升<sup>[4-5, 13-14]</sup>。亚稀褶红菇造成的中毒表现根据食用量, 可以仅表现为胃肠炎型症状至横纹肌溶解症状<sup>[4-5]</sup>。一些食用量小的患者仅表现为恶心、呕吐、腹泻等胃肠道症状<sup>[4-5]</sup>。有些患者仅表现出横纹肌溶解而不伴随出现肾功能衰竭和其他严重症状<sup>[4]</sup>。有些患者表现为横纹肌溶解、严重的电解质紊乱 (高钾, 低钙)、呼吸衰竭、急性肾功能衰竭、肺水肿、室性心搏过速和循环休克<sup>[4]</sup>。能够引起横纹肌溶解的另外一种毒蘑菇是口蘑属的油黄口蘑 (*tricholoma equestre*), 在法国 1992 ~ 2000 年造成 12 人中毒 3 人死亡<sup>[13, 15]</sup>。虽然我国有油黄口蘑分布, 但均被作为可食种, 还没有因误食该种而引起中毒的报道。

在我国, 被广泛采集的可食用“火炭菌”主要为稀褶红菇 (图 1B) 和密褶红菇 (图 1C-D), 形态上与致命的亚稀褶红菇极为形似, 菌盖颜色也呈灰白色、浅灰色至煤灰黑色, 但是密褶红菇菌褶极为致密 (图 1D), 稀褶红菇菌褶厚而稀 (图 1B), 两者的菌褶受伤后均先变红, 最终变黑色, 而亚稀褶红菇的菌褶受伤后先变红, 但最终不变为

黑色<sup>[1]</sup>。在野外,这三种蘑菇可以生长在同一环境内,而采集者由于这三种蘑菇形态上的相似性,很容易将剧毒的亚稀褶红菇混杂在采集的“火炭菌”中,因此,强烈建议群众仔细辨别,最好不食用该类群野生菌。

本研究同时验证了形态学和分子生物学的鉴定方法可用于毒蘑菇中毒事件的处置,其鉴定结果能够为中毒患者临床救治和事件处置提供科学依据和技术支持。

### 参 考 文 献

- [1] 李国杰. 中国红菇属的分类研究 [D]. 北京: 中国科学院大学博士学位论文, 2014, 1-554.  
Li GJ. The taxonomy of *russula* in China [D]. Beijing: University of Chinese Academy of Science, 2014, 1-554.
- [2] Chen ZH, Zhang P, Zhang ZZ. Investigation and analysis of 102 mushroom poisoning cases in southern China from 1994 to 2012 [J]. Fungal Divers, 2014, 64: 123-131. DOI: 10.1007/s13225-013-0260-7.
- [3] Matsuura M, Saikawa Y, Inui K, et al. Identification of the toxic trigger in mushroom poisoning [J]. Nat Chem Biol, 2009, 5 (7): 465-467. DOI: 10.1038/nchembio.179.
- [4] Lee PT, Wu ML, Tsai WJ, et al. Rhabdomyolysis: an unusual feature with mushroom poisoning [J]. Am J Kidney Dis, 2001, 38 (4): E17. DOI: 10.1053/ajkd.2001.27725.
- [5] Lin SD, Mu MY, Yang FW et al. *Russula subnigricans* poisoning: from gastrointestinal symptoms to rhabdomyolysis [J]. Wilderness and Environmental Medicine, 2015, 26: 380-383.
- [6] Innis MA, Gelfand DH, Sninsky JJ, et al. (eds) PCR protocols, a guide to methods and applications [M]. // White TJ, Bruns TD, Lee S, et al. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. San Diego: Academic, 1990, 315-322.
- [7] Chenna R, Sugawara H, Koike T, et al. Multiple sequence alignment with the Clustal series of programs [J]. Nucleic Acids Res, 2003, 31: 3497-3500. DOI: 10.1093/nar/gkg500.
- [8] Hall TA. BioEdit: a user-friendly biological sequence alignment editor and analysis program for Windows 95/98/NT [J]. Nucleic Acids Symp Ser, 1999, 41: 95-98.
- [9] Swofford DL. PAUP: Phylogenetic analysis using parsimony, Version 4. 0b10 [CP]. Sinauer Associates, Inc. Publishers, Sunderland, 2002.
- [10] 李国杰, 李赛飞, 文华安. 中国红菇属物种资源经济价值 [J]. 食用菌学报 (增刊), 2010, 155-160.  
Li GJ, Li SF, Wen HA. Economic value of *russula* species in China [J]. Acta EdulisFungi (supplementary issue), 2010, 155-160.
- [11] 卯晓岚. 中国毒菌物种多样性及其毒素 [J]. 菌物学报, 2006, 25 (3): 345-363.  
Mao XL. Poisonous mushrooms and their toxins in China [J]. Mycosystema, 2006, 25 (3): 345-363.
- [12] 图力古尔, 包海英, 李玉. 中国毒蘑菇名录 [J]. 菌物学报, 2014, 33: 517-548. DOI: 10.13346/j.mycosystema.130256.  
Bao T, Bao HY, Li Y. A revised checklist of poisonous mushrooms in China [J]. Mycosystema, 2014, 33: 517-548.
- [13] 陈作红. 2000 年以来有毒蘑菇研究新进展 [J]. 菌物学报, 2014, 33: 493-516. DOI: 10.13346/j.mycosystema.140041.  
Chen ZH. New advances in researches on poisonous mushrooms since 2000 [J]. Mycosystema, 2014, 33: 493-516.
- [14] Saviuc P, Danel V. New syndromes in mushroom poisoning [J]. Toxicol Rev, 2006, 25 (3): 199-209. DOI: 10.2165/00139709-200625030-00004.
- [15] Bedry R, Baudrimont I, Deffieux G, et al. Wild mushroom intoxication as a cause of rhabdomyolysis [J]. The New England Journal of Medicine, 2001, 345 (11): 798-802. DOI: 10.1056/NEJMoa010581.
- [16] 王新德. 现代神经病学 [M]. 北京: 人民军医出版社, 2008, 1-1548.  
Wang DX. Modern neurology [M]. Beijing: People's Military Medical Press, 2008; 1-1548.

(收稿日期: 2016-04-20)

(本文编辑: 何小军)