

DOI: 10.5846/stxb201407211484

谢占玲, 赵联正, 李 椰, 雷洁琼, 张凤梅. 青藏高原特有种黄绿卷毛菇的地理分布与生态环境的相关性. 生态学报, 2016, 36(10): - .

Xie Z L, Zhao L Z, Li Y, Lei J Q, Zhang F M. The correlation of geographic distribution and ecological environment of endemic species *Floccularia luteovirens* on Qinghai-Tibet Plateau. Acta Ecologica Sinica, 2016, 36(10): - .

青藏高原特有种黄绿卷毛菇的地理分布与生态环境的相关性

谢占玲^{1,2,*}, 赵联正¹, 李 椰¹, 雷洁琼¹, 张凤梅¹

¹ 青海大学生态环境工程学院, 西宁 810016

² 国家重点实验室培育基地青海省高原作物种质资源创新与利用重点实验室, 西宁 810016

摘要: 2008—2012 年作者选择了中国青海、西藏、四川等 22 个地区, 首次对青藏高原的特有真菌黄绿卷毛菇 (*Floccularia luteovirens*) 进行了全面、系统地调研, 包括其地理分布、发生地的气候特征及其发生特征。主要结论: 黄绿卷毛菇在我国的地理分布范围为纬度范围 N 28°33'—37°69'、经度范围 E 90°4'—102°1', 主要是青藏高原地区; 黄绿卷毛菇主要发生在夏秋 (6—9 月份), 发生地的平均气温为 6.2—15.9 °C, 平均相对湿度为 41%—74%, 年降水量为 344—574 mm, 年平均蒸发量为 1393.8—2441.4 mm, 湿润系数为 0.42—0.78。

关键词: 黄绿卷毛菇; 地理分布; 生态习性

The correlation of geographic distribution and ecological environment of endemic species *Floccularia luteovirens* on Qinghai-Tibet Plateau

XIE Zhanling^{1,2,*}, ZHAO Lianzheng¹, LI Ye¹, LEI Jieqiong¹, ZHANG Fengmei¹

¹ College of Ecology-Environment Engineering, Qinghai University, Xining 810016, China

² State Key Laboratory Breeding Base for Innovation and Utilization of Plateau Crop Germplasm, Xining 810016, China

Abstract: *Floccularia luteovirens*, also named yellow mushroom or golden mushroom, had been assigned in *Armillaria* as *A. luteovirens*. *Floccularia luteovirens* belongs to *Basidiomycota*, *Agaricomycetes*, *Agaricales*, *Agaricaceae*, *Floccularia*, and usually forms the special fairy ring. Because of the special water and temperature conditions, the climate of Qinghai-Tibet Plateau is complicated, which forms a precious treasury of fungi. *Floccularia luteovirens* has got adapted to the Tibetan low pressure. In addition, *F. luteovirens* can be edible, and also has medicinal values as well as important ecological functions. Thus it has become one of the representatives in this treasury. The problems about *F. luteovirens*, however, are that the artificial domestication of *F. luteovirens* is unsuccessful, which has restricted its utilization. Comprehensive research on its utilization is also lacking. In particular, *F. luteovirens* is often picked illegally for economic benefits by many herdsmen, which has caused the rapid reduction of its population. The most important step of reaching the artificial domestication is verifying the relationships between its development and environments. Researches on *F. luteovirens* in China started late and develops slowly. Although the geographical distribution of *F. luteovirens* has been investigated, no high-value conclusion could be obtained because of the incomplete investigation and culpable consideration. In order to improve this situation, and get more scientific results and to help protecting this fungus, a comprehensive investigation is conducted. In total, 22 regions in China has been selected from 2008 to 2012, for example Qinghai, Tibet and Sichuan. Morphological or ecological

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (31560028)

收稿日期: 2014-07-21; 网络出版日期: 2015-00-00

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: xiezhanling2012@126.com

characteristics are recorded, i. e. its geographic distribution, macroscopical and microscopical characteristics as well as climatic types of its growing region. The main conclusions of this study are: 1) *F. luteovirens* is characterized by whitish to sulfur pileus covered with concentric squamules, yellowish to yellow lamellae, whitish stipe of whitish curly hairs on surface; 2) in China, *F. luteovirens* is mainly distributed from 28°93' to 37°69' in northern latitude and 90°4' to 102°1' in eastern longitude in Qinghai-Tibet Plateau; 3) the fruiting body of *F. luteovirens* mainly forms at late summer or early autumn (Jun to Sep) in this region; and 4) the average temperature of forming fruiting body is between 6.2 °C and 15.9 °C and the average relative humidity is between 41% and 74%. In addition, the annual precipitation is between 344 and 574 mm and the average annual evaporation is between 1393.8 and 2441.4 mm. The coefficient of humidity is between 0.42 and 0.78. This study is a comprehensive, systematic study on *F. luteovirens* from Qinghai-Tibet Plateau, which can serve as the first key step for further researches and contribute to the explanation on the growth and development mechanisms of *F. luteovirens*, meanwhile, it is benefit for the modelling of growth simulation and the protection of this species.

Key Words: *Floccularia luteovirens*; geographic distribution; ecological habits

黄绿卷毛菇(*Floccularia luteovirens*), 又名黄蘑菇、黄金菇、黄环菌, 过去称黄绿蜜环菌^[1], 隶属担子菌门(Basidiomycota), 伞菌纲(Agaricomycetes), 伞菌目(Agaricales), 伞菌科(Agaricaceae), 卷毛菇属(*Floccularia*)。主要分布于我国的青藏高原, 尤其是青海、西藏、四川等地海拔 3200—4800 m 的草原或高山草甸植被中, 与高原牧草嵩草属(*Kobresia*) 植物形成外生菌根^[2-3], 并且常形成特定的蘑菇圈^[2,4-5]。黄绿卷毛菇具有重要的经济价值和生态功能, 是青藏高原特有物种。

生态因子的综合作用决定了黄绿卷毛菇特殊的分布地区与发生时节, 因此掌握生态因子的全面信息是阐明其生长发育机制的前提。黄绿卷毛菇此方面的研究较少, 之前的研究者对其形态、地理分布及生态因子的叙述不够系统, 缺乏调研证据; 另外, 其发生地居民为谋求经济利益, 对其进行疯狂采摘, 降低了种群数量。此调研是为了获得基础数据, 进而得到其形态、地理分布与生态环境的全面信息, 供研究者和保护部门参考, 为物种保护、开发利用和探究种群消长规律提供依据。

我们发现, 在高寒草甸发生的黄绿卷毛菇与在云杉林发生的黄绿卷毛菇在宏观形态上具有显著差异, 且云杉林中的黄绿卷毛菇与美洲黄绿卷毛菇的形态极为相似。经过我们的比较研究后, 首次在形态上明确了二者之间的差异, 并且以不同地区的大量样本为依据, 明确了黄绿卷毛菇在伞菌科中的分类地位。

1 材料与方法

1.1 黄绿卷毛菇的地理分布

2008—2012 年, 选择青海、西藏、四川三省区 22 个地区 80 余个黄绿卷毛菇的发生地, 采集 600 余份样本, 通过测量经纬度与海拔高度, 对其地理分布情况进行了调研。

1.2 黄绿卷毛菇的形态特征

1.2.1 宏观形态

对采集的不同发育阶段的 100 多份样本进行宏观形态的观察: 使用刻度尺测量菌盖直径大小, 观察其形状和颜色; 观察菌褶的颜色、密集程度及其与菌柄的连接情况; 使用刻度尺测量菌柄的长宽, 观察其形状和颜色, 重点是菌柄基部; 观察担子果肉质与孢子印颜色; 将新鲜担子果各部位浸入 5%—10% 的 KOH 溶液中, 观察各部位颜色变化。

1.2.2 微观结构

取干燥良好的黄绿卷毛菇子实体标本, 将菌褶处一薄片组织置于 2%—5% 的 KOH 溶液中复水, 然后置于载玻片上, 使用镊子轻按组织块, 盖上盖玻片。用 1% 的刚果红试剂染色 10 min, 置于显微镜的明视野下观察^[6]。

1.2.3 高寒草甸黄绿卷毛菇与云杉林黄绿卷毛菇的形态差异

比较在高寒草甸海晏发生的黄绿卷毛菇 (Haiyan: HY) 与采自青海省互助县云杉林的黄绿卷毛菇 (Huzhu: HZ), 总结形态差异。

1.2.4 黄绿卷毛菇的分类地位

根据黄绿卷毛菇和伞菌科部分物种的 ITS rDNA 序列, 使用 MEGA 5.0 构建系统进化树, 其中黄绿卷毛菇的 ITS rDNA 序列来自于本实验室, 方法参照文献^[7], 其余序列检索于 NCBI 数据库。

1.3 黄绿卷毛菇的生态习性

查阅调研的黄绿卷毛菇发生地的气候特征, 得到黄绿卷毛菇发生地的平均温度、平均相对湿度、年降水量、年平均蒸发量与湿润系数等。

2 结果与分析

2.1 黄绿卷毛菇的地理分布

首先, 黄绿卷毛菇在中国的地理分布范围: 纬度 N 28°93′—37°69′、经度 E 90°4′—102°1′ (表 1), 主要是青藏高原地区, 与青藏高原嵩草属的分布地区相吻合 (N 27°—39°, E 82°—103°)^[8]; 其次, 黄绿卷毛菇分布海拔高度: 3200 m—4800 m, 生境: 高寒嵩草草甸上 (表 1), 与文献中报道的海拔高度不一致^[3]。图 1 为本研究团队调研的中国黄绿卷毛菇的分布图: 黑色点代表本团队对黄绿卷毛菇的采集点, 绿色点代表本团队调研的黄绿卷毛菇分布的地区, 红色点代表没有黄绿卷毛菇分布的地区。关于海拔高度, 由于我们所能调研的最高海拔为 4800 m, 海拔 5000 m 以上没有进行调研, 但存在相关植被, 可能也会有黄绿卷毛菇的分布。

表 1 黄绿卷毛菇子实体采集点地理信息

Table 1 The patches' geographic information of *Floccularia luteovirens*

采样点 Sample site	样点符号 Sample sign	经度 Longitude	纬度 Latitude	平均海拔/m Average elevation	样本数 Sample size	编号 Pop No.
西藏 羊湖	YH	E90°68′	N28°93′	4725	20	1
西藏 浪卡子	LK	E90°4′	N28°97′	4400	25	2
西藏 羊八井	YB	E90°39′	N30°04′	4000	25	3
四川 康定	K	E101°97′	N30°05′	4100	25	4
西藏 当雄	DX	E91°1′	N30°48′	4300	25	5
西藏 那曲	NQ	E92°07′	N31°48′	4460	25	6
青海 囊谦	N	E96°47′	N32°23′	4031	21	7
西藏 安多	AD	E91°68′	N32°27′	4700	25	8
青海 称多	C	E97°1′	N33°37′	4500	25	9
青海 清水	QS	E97°13′	N33°52′	4482	25	10
青海 治多	D	E95°62′	N33°85′	4500	25	11
青海 果洛	L	E100°14′	N34°28′	3844	20	12
青海 河南县	H	E101°37′	N34°44′	3615	14	13
青海 泽库	Z	E101°27′	N35°2′	3704	14	14
青海 瓜什则	S	E102°1′	N35°31′	3270	24	15
青海 兴海	XH	E99°98′	N35°58′	3324	25	16
青海 日月山	R	E101°5′	N36°27′	3456	25	17
青海 黑马河	M	E99°46′	N36°43′	3216	25	18
青海 野牛沟	Y	E100°36′	N37°18′	3474	20	19
青海 刚察	G	E100°8′	N37°19′	3354	24	20
青海 峨堡	E	E100°56′	N37°58′	3494	25	21
青海 默勒	ML	E100°7′	N37°69′	3200	25	22

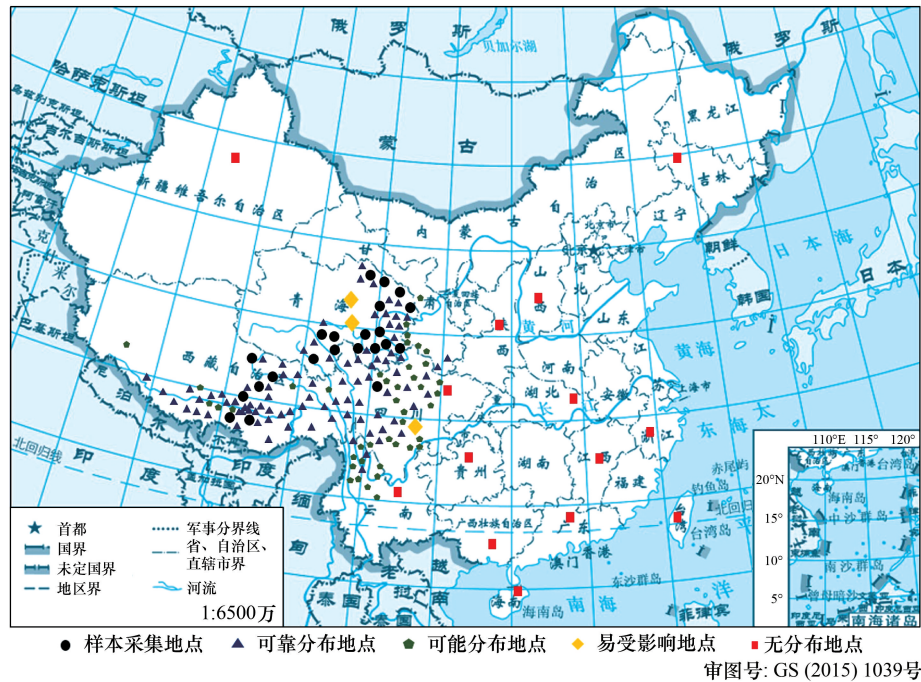


图 1 22 个黄绿卷毛菇抽样总体的分布情况图

Fig.1 Map showing the location of 22 sampled population of *Floccularia luteovirens*

嵩草属植物主要分布于青藏高原^[9-10],南起云南的西北部,北至新疆的阿尔泰山,西起新疆天山西部,东至长白山山脉。但以嵩草为建群种而形成的高寒草甸,在我国主要有两个集中分布区:第一个分布区亦是最大的分布区,主要是青藏高原东部、南部及其周围高山上部,大致处于 $27^{\circ}\text{--}39^{\circ}\text{N}$, $82^{\circ}\text{--}103^{\circ}\text{E}$,呈弧状围绕在青藏高原东部和南部。北起青海省东北隅的海北藏族自治州北部祁连山冷龙岭,向南经甘肃省甘南藏族自治州、四川省阿坝藏族自治州、甘孜藏族自治州,青海省的海南藏族自治州、果洛藏族自治州、玉树藏族自治州,西藏藏族自治州的昌都、黑河等藏族自治州,抵达云南省西北部的迪庆藏族自治州以及喜马拉雅山脉的高山带。研究发现:该地区为黄绿卷毛菇的地理分布地带(图 1)。另一个嵩草属植物集中分布区为新疆维吾尔自治区北部的天山和阿尔泰山的高山带,该地区尚未发现黄绿卷毛菇(图 1)。

2.2 黄绿卷毛菇的形态特征

2.2.1 宏观形态(图 2)

担子果大型,菌盖直径 $5.5\text{--}13.0\text{ cm}$,幼时呈鲜艳的硫磺色,成熟后呈白色至淡黄色,边缘偶尔被有菌幕残片,呈淡黄色;菌盖表面干,初期呈球形,成熟后展开,带有明显的接近同心圆排列的鳞片,特别是在外半圈鳞片较多。

菌褶呈黄色至淡黄色,弯生,较稀疏。

菌柄中生、圆柱形,长 $3.4\text{--}9\text{ cm}$,宽 $0.9\text{--}2.6\text{ cm}$,白色,时常被有鳞片;内实,偶尔基部膨大呈腹鼓状。

菌柄基部存在螺旋状排列的卷毛,并且有菌幕残余。孢子印白色。

2.2.2 微观结构

担子呈棒状, $12.5\text{--}16.8 \times 4.0\text{--}4.8\text{ }\mu\text{m}$,具有 4 小梗,偶见 2 小梗(图 3);担孢子呈椭圆形至球形, $4.2\text{--}8.3 \times 3.8\text{--}7.5\text{ }\mu\text{m}$ ($Q = 1.1\text{--}2.2$),光滑、半透明(图 4);菌褶菌髓的菌丝多数平行排列,横隔处多形成锁状联合(图 5)。

2.2.3 高寒草甸黄绿卷毛菇与云杉林黄绿卷毛菇的形态差异

高寒草甸黄绿卷毛菇(HY)与云杉林黄绿卷毛菇(HZ)在宏观形态上具有明显差异,表现在以下方面:菌盖——前者为白色至淡黄色,后者为黄色至黄绿色;菌柄——前者为白色,后者为黄色;菌褶——前者为黄色



图2 黄绿卷毛菇(HY)的宏观形态

Fig.2 Macroscopical characteristics of *Floccularia luteovirens*

图3 黄绿卷毛菇的担子(×1000)

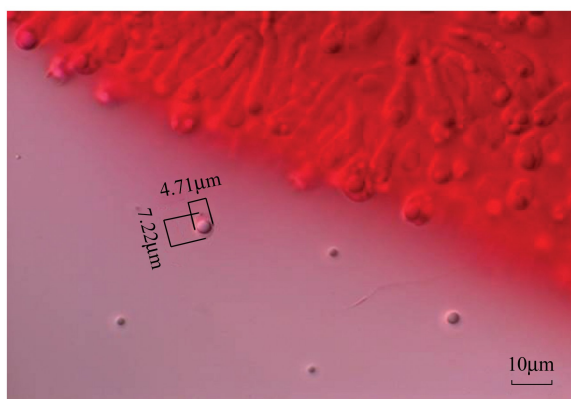
Fig.3 Basidiomata of *Floccularia luteovirens* (×1000)

图4 黄绿卷毛菇的孢子(×1000)

Fig.4 Basidiospores of *Floccularia luteovirens* (×1000)

图5 黄绿卷毛菇菌褶菌髓的菌丝(×1000)

Fig.5 Hypha of trama from lamellae of *Floccularia luteovirens* (×1000)

至淡黄色,后者为白色;菌幕——前者为白色卷毛状,后者为黄色鳞片状。此外两者的生境也有差异,前者为高寒嵩草甸,后者为云杉林。但两者的微观结构不存在明显差异。从形态学上初步推断生长在云杉林的黄绿卷毛菇正是美洲黄绿卷毛菇。

2.2.4 黄绿卷毛菇的分类地位

系统发育进化树如图6所示,其中黄绿卷毛菇 ITS 序列(从上到下)分别来自西藏那曲、当雄,青海泽库、兴海和称多的样本,并且明显分成了两支,这与采样地点的不同有关;*Floccularia* 与 *Lepista* 和 *Leucopholiota* 聚成一支,说明它们的亲缘关系较近。我们下一步计划得到美洲黄绿卷毛菇的模式株,在分子水平上明确青藏高原高寒草甸的黄绿卷毛菇与美洲黄绿卷毛菇的亲缘关系,也将明确来自于青海互助云杉林的黄绿卷毛菇是否为美洲黄绿卷毛菇。

2.3 黄绿卷毛菇的生态习性

由于生态因子的综合作用,青藏高原的气候非常复杂。在“青藏高压”所控制的气候条件下,黄绿卷毛菇主要分布在温性草原、嵩草草甸上,而在高寒灌丛和温性荒漠上未见分布,这是其对自然环境适应的结果。黄绿卷毛菇主要发生区域的地理信息及气候如表2所示。

2.3.1 黄绿卷毛菇发生地区的气候特征

黄绿卷毛菇发生地区的气候主要特征:(1)大气环流:黄绿卷毛菇的发生与冬半年对流层西风、极地西风、平流层西风以及这些风带中急流的低温刺激有关;(2)气温:低温,符合黄绿卷毛菇低温菌的特性,但在海

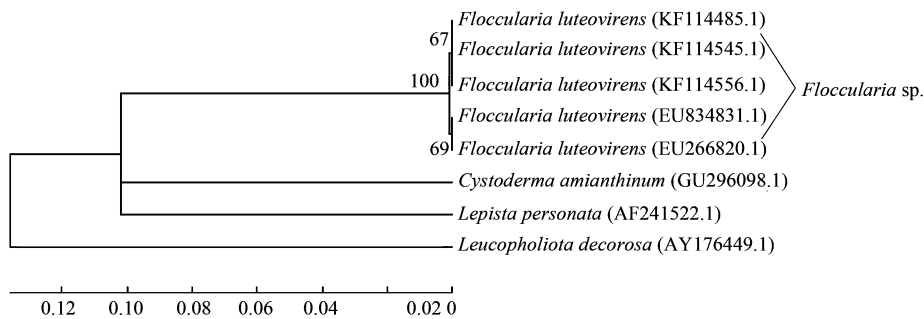


图 6 基于 ITS 序列的相关物种系统树

Fig.6 Phylogeny of relative species based on ITS sequences

拔高度基本相同的情况下,青藏高原南部(黄绿卷毛菇高产地区)平均气温较北部高;气温的日较差和年较差大,有利于高寒草甸属植被的生物量积累,从而为黄绿卷毛菇发生提供必要条件;(3)辐射与日照:青藏高原光照充足、辐射强烈,在植物生长期的 5 月—9 月,虽然正值多降水时期,云量多,但期间日平均日照时间仍在 6.5 小时左右,可满足黄绿卷毛菇生长的光照需求;(4)降水与水分:黄绿卷毛菇高产地区降水量适中^[11]。

表 2 黄绿卷毛菇发生区域地理信息及气候

Table 2 The geographic information and climate of the areas where *Floccularia luteovirens* grows

地名 Toponymy	北纬 Northern latitude	东经 Eastern longitude	海拔 Altitude/m	年平均气温 Annual average temperature/℃	最冷月气温 Temperature of coldest month/℃	最热月气温 Temperature of hottest month /℃	年降水量 Annual precipitation/ mm	年平均蒸发量 Average annual evaporation/mm	平均相对湿度 Average relative humidity/%	湿润系数 Coefficient of humidity
Riyue Mount	36°25′	101°08′	3450	3.0	-10.6	13.9	404.4	1393.8	59	0.57
Xinghai	35°21′	99°35′	3323	0.9	-12.1	12.1	344.9	1501.6	54	0.47
Zhiduo	33°51′	95°36′	4179	-1.7	-12.6	8.8	387.0	1406.3	54	0.54
Yeniu Valley	38°25′	99°35′	3320	-3.3	-17.4	9.0	394.6	1297.0	59	0.63
Qingshui	33°48′	97°08′	4415	-4.9	-17.0	6.2	500.8	1139.0	67	0.83
Zeku	35°02′	101°28′	3663	-2.4	-14.8	8.6	460.2	1288.9	65	0.71
Guoluo	34°28′	100°15′	3719	-0.6	-12.6	9.7	573.2	1405.0	62	0.78
He'nan	37°18′	99°02′	3417	-1.5	-15.0	10.4	326.8	1651.5	62	0.44
Guashize	35°31′	102°01′	3200	5.2	-8.0	15.9	419.2	1415.0	56	0.56
Mole	37°20′	100°08′	3302	-0.7	-14.0	10.6	371.1	1446.6	56	0.51
Heima River	36°47′	99°05′	3288	1.6	-12.7	14.2	197.5	2003.9	35	0.21
Ebao	37°23′	101°37′	3450	0.6	-13.5	12.0	509.3	1137.4	61	0.79
Gangcha	37°20′	100°08′	3302	-0.7	-14.0	10.6	371.1	1446.6	56	0.51
Dawu	34°17′	100°09′	3719	-0.6	-12.6	9.7	573.2	1405.0	62	0.78
Nangqian	32°07′	96°17′	3644	3.8	-6.5	13.1	527.2	1639.0	53	0.65
Chengduo	33°01′	97°01′	4200	0.2	-11.3	10.5	521.3	1469.3	55	0.71
Naqu	31°17′	92°02′	4507	-1.9	-13.9	8.9	400.1	1831.6	50	0.67
Anduo	32°13′	91°04′	4800	-3.0	-15.0	7.9	409.0	1809.2	48	0.59
Dangxiong	30°17′	91°03′	4200	1.3	-9.9	11.5	483.1	1970.4	53	0.69
Yanghu	27°35′	92°02′	4800	-3.0	-15.0	7.9	409.0	1809.2	48	0.59
Langkazi	29°08′	88°33′	4400	6.3	-3.8	14.6	434.1	2441.4	41	0.42
Yangbajing	30°17′	91°03′	4100	1.3	-9.9	11.5	483.1	1970.4	53	0.69
Shannan	27°35′	92°02′	4280	-0.5	-10.0	7.6	376.0	1437.5	74	0.68

2.3.2 黄绿卷毛菇的发生特点

黄绿卷毛菇可能是菌根真菌,与高原牧草嵩草属植物形成菌根或寄生关系^[3],以单生、散生、簇生、丛生

及蘑菇圈方式生存在高寒草甸上和草原上。黄绿卷毛菇主要发生在夏末和秋初(6至9月份),具体时间主要取决于地面的温度与湿度,在其他时间,其菌丝体通常在土壤中生长,菌丝体能耐受的最冷月平均温度为 $-17.4\sim-3.8\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。黄绿卷毛菇发生地的平均温度为 $6.2\sim15.9\text{ }^{\circ}\text{C}$,平均相对湿度为41—74%,年降水量为344—574 mm,年平均蒸发量为1393.8—2441.4 mm,湿润系数为0.42—0.78(表2)。不同的地区发生的时间有差异,例如,最北端的穆勒地区,海拔在3300 m左右,黄绿卷毛菇可发生在7月下旬到8月底,而最南端玉树海拔3400 m左右的地区,黄绿卷毛菇可发生在6月初到7月中旬;在西藏4800 m的羊湖山和安多地区的高山草甸上,黄绿卷毛菇发生在7月下旬和8月中旬。在同一地区发生时间期限较为短促,持续发生时间约为1—1.5个月,其发生与海拔的相关性有待深入探究。

3 讨论

青藏高原高海拔环境孕育了独特的生物资源,作为对环境变化极其敏感的黄绿卷毛菇,是这个生物宝库的典型代表之一。在发生时节,黄绿卷毛菇每每在降温、降水之后便会有明显生长,可见温度、湿度因子成为发生的关键条件。近年来,青藏高原的气温与降水呈增高趋势^[12],这种趋势是否会影响黄绿卷毛菇的发生,还有待进一步探究。

黄绿卷毛菇发生时间固定但十分短促,发生地点分散,腐烂快速,因此难于捕捉其发生时的生态因子变化,不利于后续对其生长发育更深层次的研究。虽然其通常形成蘑菇圈,但难以发现,无法了解此有机整体的互作机制。此外,菌丝侵染率低,阐明其与植物的共生机制变得十分困难。其能够生活在青藏高原高海拔的不同地区,生态因子互有差异,这其中的内在联系值得进一步研究。

国内对黄绿卷毛菇的研究起步较晚,尽管已有关于其地理分布和生态环境等方面的研究,但都存在调研不全面,无法得出有高性价比的结论。本团队所做的工作旨在能为研究者提供宝贵依据,从而为阐明黄绿卷毛菇生长规律、建立生长发育模型提供依据。

此外,黄绿卷毛菇的实验室培养效果不理想,因此研究只能集中于野外样本。但近年来发生地居民为谋求经济利益,无节制采摘其子实体,尤其是在其幼年时期就被采食,导致其无法完成有性繁殖,不利于其孢子弹射与种群繁衍,严重影响了种群数量。种群数量趋于明显减少,希望相关部门采取相关措施对该物种资源进行保护。

参考文献(References):

- [1] 戴玉成,周丽伟,杨祝良,文华安,图力古尔,李泰辉. 中国食用菌名录. 菌物学报, 2010, 29(1): 1-21.
- [2] 谢红民,刁治民,邓君. 青藏高原黄绿蜜环菌资源现状及可持续发展的研究. 邵阳师范高等专科学校学报, 2005, 25(6): 67-70.
- [3] 刁治民. 青海草地黄绿蜜环菌生态学特性及营养价值的研究. 中国食用菌, 1997, 16(4): 21-22.
- [4] 王启兰,姜文波,陈波. 黄绿蜜环菌蘑菇圈生长对土壤及植物群落的影响. 生态学杂志, 2005, 24(3): 269-272.
- [5] 王文颖,王启基,姜文波,王刚,马继雄. 黄蘑菇的生长对草地植被及土壤的影响. 草业学报, 2004, 13(4): 34-38.
- [6] 杨祝良. 中国真菌志,第二十七卷,鹅膏科. 北京: 科学出版社, 2005: 3-3.
- [7] Xie Z L, Gao H Y, Zhang Q, Wang H, Liu Y. Cloning of a novel xylanase gene from a newly isolated *Fusarium* sp. Q7-31 and its expression in *Escherichia coli*. Brazilian Journal of Microbiology, 2012, 43(1): 405-417.
- [8] 吴建国,周巧富. 中国蒿草属植物地理分布模式和适应的气候特征. 植物生态学报, 2012, 36(3): 199-221.
- [9] 李巧峡,赵庆芳,马世荣,崔艳. 蒿草属植物研究进展. 西北师范大学学报: 自然科学版, 2006, 42(6): 78-82.
- [10] 张树仁,梁松筠,戴伦凯. 蒿草属地理分布的研究. 植物分类学报, 1995, 33(2): 144-160.
- [11] 白虎志,董文杰,马振锋. 青藏高原及邻近地区的气候特征. 高原气象, 2004, 23(6): 890-897.
- [12] 李林,陈晓光,王振宇,徐维新,唐红玉. 青藏高原区域气候变化及其差异性研究. 气候变化研究进展, 2010, 6(3): 181-186.