

青海高寒草甸蘑菇圈产生菌 生态定位研究

吴人坚

谭惠慈**

(复旦大学生命科学学院)

(上海自然博物馆)

朱世志

张纪忠

(复旦大学生命科学学院)

摘 要

在大型真菌子实体发生期,在草甸观察发现两种大型真菌:黄绿蜜环菌(*Armillaria luteovirens*)和蘑菇(*Agaricus campestris*)可形成蘑菇圈。对这两种真菌的生物学特性,生境中种子植物的种类,蘑菇圈产生菌的确认,蘑菇圈产生菌与种子植物的关系以及这两种真菌生境中的气候因素分析等进行了研究和讨论。

关键词:高寒草甸;蘑菇圈;生态定位研究

蘑菇圈(仙人环, Fairy rings)是由一类特殊的真菌菌丝体在土壤中快速生长,并在土表产生子实体(蘑菇),而且形成环状分布,它是草原地区(或者庭院草地)常见的一种景观。Shantz等(1917)按照这些真菌对生境中植被的影响分为3种类型:①植被被杀死或危害严重;②植被仅被刺激生长;③对植被没有明显影响。第一种类型如硬柄小皮伞(*Marasmius oreades*)和野蘑菇(*Agaricus arvensis*)等。Bayliss(1911)在硬柄小皮伞研究中指出影响植被长成三个环带:①外圈草本植物被刺激生长;②中间带植物死亡;③内圈草生长特别茂盛。Hardwick(1987)研究硬柄小皮伞的蘑菇圈对牧草的影响,认为在集约管理的牧场中,由硬柄小皮伞形成的蘑菇圈是一个严重问题。它可直接降低优质牧草的产量,也可影响植物种群组成的变化。Edwards(1984)研究野蘑菇产生的蘑菇圈对草地植被的影响时指出,在被影响植被最外圈经常有较大部分死亡和成为裸地,这种蘑菇圈向外扩展的平均速率为每年42—49厘米。

我国较早报道蘑菇圈的是刘波(1959, 1964),他认为硬柄小皮伞、蘑菇(*Agaricus*

*中国科学院海北高寒草甸生态系统开放实验站基金资助项目。

**表3种子植物名称由西北高原生物所张堰育、王启基先生协助鉴定,特此表示感谢。

campestris)等可形成蘑菇圈。一直到80年代后期,90年代初才有较多报道。赵勇斌等(1985)研究了由雷蘑(*Clitocybe gigantea*)*等形成的蘑菇圈。杨珊珊(1986)、李宜丰(1988)报道五台山食用菌中有多种可形成蘑菇圈。并认为生态条件的海拔、气温、降雨量、土壤状况可影响蘑菇圈的形状、大小及数量。田绍义(1992)研究了蒙古口蘑(*Tricholoma mongolicum*)的野外生长发育过程和生境中植被的种群结构。卯晓岚(1992)报道了香港多种蘑菇圈产生菌。

1990年8月和1991年的7、8月份,作者在中国科学院海北高寒草甸生态系统定位站进行蘑菇圈产生菌的生态定位研究。

研究方法和定位地点

1. 研究方法

在大型真菌子实体发生时期,在野外观察和记录子实体形成的日期、地点、生境、生长发育特点;采集真菌(并摄影)、种子植物和土壤标本;测定和记录子实体发生地点的小气候(气温和相对湿度)回实验室后,进行土壤含水量测定。对真菌和种子植物进行分类鉴定,对部分真菌进行分离、培养,将真菌和植物做成干标本。最后利用定位站的气象资料(气温、地温、降水量和相对湿度)和作者测定的小气候资料及室内外测定的其他数据进行生态分析。

2. 定位点的自然地理概况

(1)地理位置和地形 定位站(点)位于青海省海北藏族自治州门源回族自治县境内祁连山东段冷龙岭南麓,大通河河谷西北部。冷龙岭山脊海拔4600—4800米,山地南麓滩地海拔多在3000—3400米。大通河河谷宽达5—20公里,两岸尤以北岸有宽广的平地 and 阶地,海拔多在2800—3000米,地形起伏较小,相对高差不大。

定位站在此大环境下,周围又被低山所环绕,山势平缓、山顶浑圆,海拔多在3400—3500米。在群山之间,有较平坦而开阔的滩地,如风匣口的无名滩,盘坡—长沟一带的干柴滩。在鱼儿山、下园山之间地形低洼,形成长年积水湖,当地称“乱海子”。在乱海子周围,溪流纵横,形成了沼泽地。西南部沿大通河河谷一带,有较平坦的河谷阶地,海拔在3000米左右。在海拔3000—3600米处的滩地和山麓,多为冰川所形成的洪积带地形,雨较多,成为草本植物和大型真菌生长旺盛的草甸。

(2)气候 本区地处大陆腹地,东南海洋季风影响极弱。加之南北有冷龙岭和大坂山影响,具有明显高原大陆性气候特点。无四季之分,仅有冷暖二季之别,冷季漫长而寒冷、暖季短暂而气温稍高。温度年差较小而日差较悬殊,太阳辐射强烈。

年平均气温0.6℃,1月平均气温-13.0℃,7月平均气温12.3℃。温度条件对牧草影响很大,气温稳定超过5.0℃时,约在5月上旬,牧草开始返青生长。气温稳定下降到5.0℃以下,牧草停止生长,终期在9月底,牧草生长期130—140天,≥5.0℃积温为1176.0℃。

* 现已改为 *Leucopaxillus giganteus*(Sow. ex Fr.)Sing.

当暖季气温升高和降水较多时,牧草和大型真菌生长旺盛。

年降水量532毫米,是青海次多降水区。降水集中于夏半年(5—10月),占全年降水量89.5%,其中6—8月占55%。夏半年较暖而湿润,在植物生长期中有较高气温和较多降水协调配合,有利于牧草和大型真菌生长。

定位站地处高寒,空气稀薄,能见度大,晴天多,全年日照2672.6小时,生长季节平均日照7.2—8.5小时日照率达60%,太阳辐射强,年总辐射量140—160千卡/平方厘米。

日较差大,暖季平均日较差可达14.3℃,夜间和早晨冷空气下降,下午太阳辐射强烈,气温迅速升高,对流强烈,午后常降冰雹,是青海多冰雹区,以6—8月最多。

(3) 植被 定位站范围内约有种子植物350余种,分属50种,70属。其中禾本科、菊科、龙胆科和毛茛科的种数最多,其次为莎草科、蔷薇科和豆科。组成植物群落的建群种和优势种较少,约20余种,以适应高寒气候耐寒中生灌木和多年生草本植物为主,大型真菌在灌丛中分布较少,主要分布在排水良好,比较开阔的滩地、宽谷,尤其在山地阳坡分布的嵩草(*Kobresia*)草甸。其中藏嵩草(*K. tibetica*)是青藏高原特有种,与大嵩草(*K. littledalei*)形成地理替代种。而小嵩草(*K. Pygmaea*)、线叶嵩草(*K. capillifolia*)和矮嵩草(*K. humilis*)是高寒草甸建群植物。其伴生种类以中国—喜马拉雅成分和北极—高山成分为主,如肉果草(*Lancea tibetica*)、蓝白龙胆(*Gentiana leucomeloena*)、珠芽蓼(*Polygonum viviparum*)等。除此之外,温带草原成分在高寒草甸种类组成中占有重要位置,其中异针茅(*Stipa aliena*)、落草(*Koeleria cristata*)等,往往以次优势种出现,说明该地区植被与蒙新草原有一定联系。

观察结果

1. 黄绿蜜环菌和蘑菇是2种蘑菇圈产生菌

1990年8月和1991年7—8月作者在定位站附近采集到称为黄菇的可食用大型真菌共27号标本,经鉴定为黄绿蜜环菌(黄环菌 *Armillaria luteo-vireus* (Alb. et Schw. ex Fr.) Sacc.)。另外采到当地称为白菇的可食用大型真菌共19号标本,经鉴定为蘑菇(四孢蘑菇、雷窝子 *Agaricus campestris* L.)。

(1) 黄绿蜜环菌的采集和观察记录(表1)。

(2) 黄绿蜜环菌的生物学特性 黄绿蜜环菌 *Armillaria luteo-vireus* (Alb. et Schw. ex Fr.) Sacc.; SYll. Fung. 5: 75. 1887; — *Agaricus luteo-vireus* Alb. et Schw., Fr., Hym. Eur. 41. 1874

黄菇(青海)菌盖肉质,扁半球形,后渐平展,宽5—14厘米,有同心环纹大鳞片。幼小时乳白色,后变为硫黄色,干后又近白色。边缘内卷,菌肉厚,白色。柄白色,圆柱形,内实,在菌环以下有黄色鳞片。柄长2.5—7.5厘米,粗1—2.5厘米,基部常膨大。菌环生柄之上部,黄色。菌褶中等至稍密,不等长,弯生,色与盖相近。孢子椭圆或近椭圆形,常见具一小尖,孢子光滑,孢子大小为(5.5—8) × (3.5—6)微米。可食。

生态习性:7、8月份生于草地,单生或散生,可形成蘑菇圈。我国的青海、西藏、河北、陕西等省区及欧洲等地均有分布。

表 1 黄绿莹环菌采集和观察记录
Table 1 The collecting and observing records of *Armillaria futeo-vireus*

编号 Number	采集日期 Collecting date	采集地点 Collecting site	生长状态 Growth state	菌盖直径 (厘米) Diameter of cap (cm)	菌柄长×宽 (厘米) Long and broad of stipe (cm)	孢子长×宽 Long and broad of spore (μ)	采集时小气候 Climate at collecting time		
							气温 Air temperature (°C)	相对湿度 Relative humidity (%)	土壤水分 Soil water (%)
90-26	1990 8.11	定位站前面 In front of the located station	单生 Single	6.5		(6.0-8.0) × (5.0-6.0)	14.0	73	19
28	8.11	同上 idem	散生 Scattered	6.0-7.5		(4.5-7.0) × (3.0-5.5)	14.0	73	19
29	8.11	同上 idem	散生 idem			(6.0-7.0) × (4.5-5.0)	14.0	73	19
30	8.11	定位站前山坡 Hillside in front of the station	单生 Single		3.0 × 1.4	(7.0-12.0) × (5.0-7.5)	14.0	72	19
32	8.11	同上 idem	单生 idem	5.5	2.5 × 1.2	(7.5-8.0) × (4.0-6.0)	14.0	72	19
35	8.12	定位站后山坡 Hillside behind station	散生 Scattered	6.5	4.0-5.5 × (1.0-1.5)	(5.5-7.5) × (4.5-5.0)	7.8	83	19
36	8.12	同上 idem	单生 Single	12.0	7.5 × 2.5	(6.0-8.0) × (4.5-6.0)	7.8	83	19
91-1	1991 7.9	站右小山 Hill at right of the station	单生 idem	7.5	5.5 × 1.3	(6.0-7.5) × (4.0-4.5)	12.3	88	17
8	7.9	站左草地 meadow at left of the station	散生 Scattered	7.0-11.0	(6.0-6.7) × (1.0-1.5)	(6.0-7.5) × (4.0-5.0)			

续表 1 cont. table 1

编号 Number	采集日期 Collecting date	采集地点 Collecting site	生长状态 Growth state	菌盖直径 (厘米) Diameter of cap (cm)	菌柄长×宽 (厘米) Long and broad of stipe (cm)	孢子长×宽 Long and broad of spore (μ)	采集时小气候 Climate at collecting time		
							气温 Air temperature (°C)	相对湿度 Relative humidity (%)	土壤水分 Soil water (%)
29	7.13	站前公路右山坡 Hillside at right of road in front of station	散生 idem	5.0	5.0×2.0	6.0--7.5×4.5--6.0	18.8	85	
31	7.13	居民双家后山坡 Hillside behind habitant Sansan's house	单生 Single	6.5	5.5×1.7	(7.0--8.0) × (5.0--6.0)	16.4	57	27
32	7.13	山坡平地间 Between hillside and plain	散生 Scattered	5.3--7.5	(7.0--7.5) × (1.7--2.3)	(6.0--7.5) × (4.5--5.0)	16.4	57	26
33	7.13	山坡 Hillside	散生 idem	15.0	7.5×3.0	(6.0--7.0) × (4.0--5.0)	16.4	91	26
40	7.16	站左草甸山坡间 Between hillside and meadow at left of station	散生 idem	5.0--6.0	(4.0--5.5) × 2.3	(6.5--7.5) × (4.5--5.5)	19.0		10
45	7.18	草原站 The station of meadow	单生 Single						
46	7.18	山坡草原间 Between hillside and meadow	单生 idem	7.5	6.5×1.5	(7.0--7.5) × (5.0--6.0)	19.0	96	10
51	7.19	同上 idem	单生 idem	7.5	5.5×2.8	(6.0--7.0) × (4.0--4.5)	20.5	94	12
54	7.21	公路右远方草甸 Meadow far from right of road	单生 idem	8.0	6.0×1.0	(6.0--7.5) × (3.5--5.0)	12.4		16

续表 1 cont. table 1

编号 Number	采集日期 Collecting date	采集地点 Collecting site	生长状态 Growth state	菌盖直径 (厘米) Diameter of cap (cm)	菌柄长×宽 (厘米) Long and broad of stipe (cm)	孢子长×宽 Long and broad of spore (μ)	采集时小气候 Climate at collecting time		
							气温 Air temperature (°C)	相对湿度 Relative humidity (%)	土壤水分 Soil water (%)
63	7.24	站左河边山坡 Hillside beside of river at left of station	散生 Scattered						
67	7.24	春园湾 "Spring garden" bay	单生 Single	4.5	4.0×1.8	(6.5—7.5) × (4.5—6.0)	21.2	95	8
68	7.24	同上 idem	单生 idem	7.0	5.0×1.2			95	
69	7.24	同上 idem	单生 idem	13.0	7.5×3.0	(6.0—7.5) × (4.0—5.0)	21.2	85	8
81	8.7	站西北 Northwest of station	散生 Scattered	5.5—9.0	(7.5—8.5) × (1.1—2.2)		21.2	85	8
82	8.7	同上 idem	散生 idem	5.5—12.0	(5.5—7.0) × (1.2—2.2)		15.0	91	15
83	8.7	同上 idem	单生 Single	4.0	5.5×1.5		15.0	83	15
84	8.7	同上 idem	散生 Scattered	7.5—14.0	(5.5—6.5) × (1.2—2.2)	(6.5—7.5) × (4.5—5.0)	21.0		19
113	8.21	去马场路边 Beside road to horse pasture	散生 idem	4.5—6.5	(3.5—5.5) × (1.0—2.1)	(7.0—7.5) × (4.5—5.0)	12.8		12

表 2 蘑菇采集和观察记录

Table 2 The collecting and observing records of *Agaricus ampestris*

编号 Number	采集日期 Collecting date	采集地点 Collecting site	生长状态 Growth state	菌盖直径 Diameter of cap (cm)	菌柄长×宽 Long and broad of stipe (cm)	孢子长×宽 Long and broad of spore (μ)	采集时小气候 Climate at collecting time		
							气温 Air temperature (°C)	相对湿度 Relative humidity (%)	土壤水分 Soil water (%)
90-33	1990 8.12	定位站后山坡 Hillside behind the Located station	散生 scattered	10.0—14.0	(11.0—13.5)× (1.5—2.0)	(5.5—8.0)×4.5	7.8	83	19
34	8.12	同上 idem	单生 Single	12.0	12.5×1.7	(6.0—8.0)×(5.2—6.0)	7.8	83	19
91-2	1991 7.9	站右小山 Hill at right of station	单生 idem	9.0	6.5×1.3	(7.5—8.0)×(5.5—7.0)	12.3	88	17
10	7.10	站前路边屋后山坡 Hillside behind the horse beside road in front of station	散生 Scattered	7.0	5.0×1.1	(7.5—8.5)×(5.5—6.5)	11.2	98	16
11	7.10	同上 idem	散生 idem	5.0—7.0	(4.0—5.5)× (0.9—1.3)	(6.5—8.0)×(5.5—7.0)	11.2	98	16
12	7.10	同上 idem	单生 Single			(8.0—8.5)×(6.0—6.5)	11.2	98	16
14	7.10	同上 idem	散生 Scattered	5.0—8.5	(4.0—5.5)× (1.3—1.5)		11.2	98	16
15	7.10	同上 idem	单生 single	11.0	6.5×1.5	(8.0—8.5)×(6.0—6.5)	18.0	85	
18	7.12	站前山后山坡 Hillside behind hill in front of station	散生 scattered	8.0	6.5×(1.2—1.3)	(7.0—8.0)×(5.0—7.0)	18.0	85	

续表 2 cont. table 2

编号 Number	采集日期 Collecting date	采集地点 Collecting site	生长状态 Growth state	菌盖直径 Diameter of cap (cm)	菌柄长×宽 Long and broad of stipe (cm)	孢子长×宽 Long and broad of spore (μ)	采集时小气候 Climate at collecting time		
							气温 Air temperature (°C)	相对湿度 Relative humidity (%)	土壤水分 Soil water (%)
19	7.12	站前山坡后公路边 Behind road behind hillside in front of station	散生 idem	6.0—9.5	(5.5—6.0) × (0.8—1.2)	(6.5—8.5) × (5.0—6.5)	15.2	100	14
20	7.12	站前远处山坡边草甸 Meadow beside hillside far in front of station	单生 single	9.0	5.5×1.5	(7.5—8.5) × (5.5—7.5)	20.1	82	12
21	7.12	同上 idem	单生 idem	5.0	5.5×0.8	(7.5—8.5) × (5.5—6.5)	21.2	78	10
24	7.12	同上 idem	散生 scattered	7.4—7.8	4.5—6.5×1.3	(7.0—8.5) × (5.5—7.0)	21.2	78	10
25	7.12	同上 idem	散生 idem	7.0—7.5	(5.5—6.0) × (1.3—1.5)	(7.5—8.5) × (6.0—6.5)	21.2	78	10
28	7.13	站前公路右山坡 Hillside at right of road in front of station	单生 single	5.5	4.0×0.7		18.8	85	7
34	7.15	同上 idem	单生 idem	6.5		(6.5—8.5) × (5.5—7.0)	18.8	85	7
35	7.15	站前远处草甸 Meadow far in front of station	散生 scattered	13.0—14.0	12.0×2.3—2.5	(6.5—7.5) × (5.0—6.0)	12.8	81	12
42	7.18	站前山坡后山坡 Hillside behind hillside in front of station	单生 single	9.5	6.5×1.3	(6.0—8.5) × (5.0—7.0)	14.8	78	12
47	7.18	站后山坡 Hillside behind station	单生 idem	8.0	6.0×1.3	(6.5—8.5) × (5.5—6.5)	19.6	92	12

(3) 蘑菇的采集和观察记录 (表2)

(4) 蘑菇的生物学性状 蘑菇 *Agaricus campestris* L.: Fr., Sp. Pl. 1173. 1753.

白菇 (青海) 菌盖宽5—12厘米, 初扁半球形, 后近平展, 白色或近白色。不粘, 光滑, 有时有丝光或有毛状鳞片。菌肉厚, 白色。菌褶离生, 不等长, 较密, 初为近白色, 后变为粉红色、褐色, 最后变为黑褐色。菌柄与菌盖同色, 近圆柱形, 中实, 长4—6.5 (—13.5) 厘米, 粗0.7—2.0厘米, 近光滑或略有纤毛。菌环单层, 白色, 膜质, 生菌柄中部, 易脱落。孢子印深褐色, 孢子褐色, 椭圆形或广椭圆形, 光滑, 6—8.5×5—7微米。可食。

生态习性: 7、8月份生于草地或路旁。单生或散生, 可形成蘑菇圈。

我国的青海、河北、山西、辽宁、吉林、黑龙江、江苏、福建、山东、四川、云南、陕西、甘肃、新疆、台湾等省区, 以及亚洲、非洲、欧洲、大洋洲、北美洲均有分布。

(5) 形成蘑菇圈的状况

黄绿蜜环菌: 1991年8月7日在定位站左侧试验地矮蒿草草甸上发现黄绿蜜环菌 (标本编号91—84) 子实体7个成圈状排列, 1—2个散生 (图1)。我们在两个子实体之间 (有0处) 挖开土, 在离地面2—4.5厘米处都可见到有白色菌丝体生长。该处种子植物优势种为矮蒿草, 其他还有麻花苻、乳白香青、落草, 所有植物都未长成圈状。

1991年7月24日在春园湾发现黄绿蜜环菌子实体 (编号91—67) 生长。据当地老乡讲, 1989年这种蘑菇在该处长成明显的蘑菇圈, 但我们在1990、1991年都未观察到。

蘑菇: 1991年7月12日在定位站前公路对正山坡处发现有蘑菇 (编号91—19) 子实体13个成椭圆状排列 (长距直径为8.1米) 子实体间距离 (厘米) 如下:

(1) $\overline{58}$ (2) $\overline{49}$ (3) $\overline{48}$ (4) $\overline{81}$ (5) $\overline{28}$ (6) $\overline{202}$ (7) $\overline{4}$ (8) $\overline{12}$ (9) $\overline{53}$ (10) $\overline{48}$
(11) $\overline{640}$ (12) $\overline{214}$ (13) $\overline{31}$ (1)。该处种子植物以小蒿草为优势种, 其他还有乳白香青等 (表3)。

2. 与蘑菇产生菌共同生活的种子植物

作者在采集大型真菌标本同时, 还采集了同一生境中的种子植物标本, 经过鉴定, 整理成表3。

3. 两种蘑菇产生菌子实体发生蘑菇的气候状况

在1990年8月11—12日和1991年7月9日至8月21日都能采集到黄绿蜜环菌的标本。在1990年8月12日和1991年7月9—18日都能采集到蘑菇的标本。根据这些日期的定位站气象站观察记录和作者现场检测的小气候记录, 整理成表4。

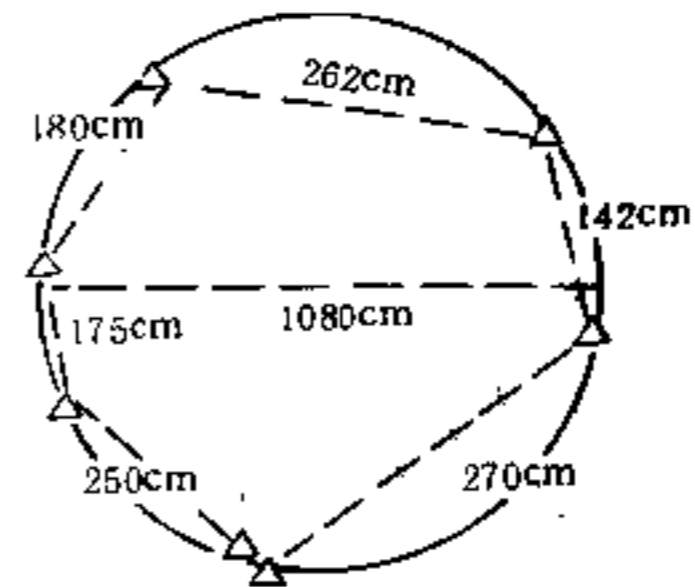


图1 黄绿蜜环菌形成的蘑菇圈
Fig. 1 Fairy ring by *Armillaria luteo-vireus*

表3 大型真菌标本采集地生长的种子植物名称

Table 3 List of seed plants of collecting the macrofungi sample

种 名 Species	大型真菌标本采集地点编号 Number of place where macrofungi collecting												
	黄绿蜜环菌 <i>Armillaria luteo-vireus</i>						磨 菇 <i>Agaricus campestris</i>						
	1990		1991				1990		1991				
	26	30	1	31	66	67	84	33	10	18	19	20	28
细裂叶亚菊 <i>Ajania stenoloba</i>										✓			
乳白香青 <i>Anaphalis hancockii</i>	✓		✓	✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
华扁穗草 <i>Blysmus sinocompressus</i>				✓							✓		
垂穗披碱草 <i>Elymus nutans</i>	✓	✓		✓		✓		✓		✓	✓	✓	
羊 茅 <i>Festuca ovina</i>	✓	✓	✓			✓			✓	✓			✓
紫羊茅 <i>F. rubra</i>			✓	✓					✓		✓	✓	
尖叶龙胆 <i>Gentiana aristata</i>	✓			✓		✓							
异叶米口袋 <i>Gueldenstaedtia diversifolia</i>						✓							
麻花苳 <i>Gentiana straminea</i>		✓		✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
矮嵩草 <i>Kobresia humilis</i>	✓			✓		✓	✓		✓	✓		✓	✓
小嵩草 <i>K. pygmaea</i>	✓							✓	✓	✓	✓		✓
落草 <i>Koeleria cristata</i>				✓			✓						
肉采草 <i>Lancea tibetica</i>	✓		✓										
摩苓草 <i>Morina chinensis</i>	✓	✓	✓	✓				✓	✓	✓	✓	✓	
甘肃棘豆 <i>Oxytropis kansuensis</i>	✓	✓		✓		✓		✓	✓	✓	✓	✓	
甘肃马先蒿 <i>Pedicularis kansuensis</i>	✓		✓	✓									✓
珠芽蓼 <i>Polygonum viviparum</i>					✓								
鹅绒委陵菜 <i>Potentilla anserina</i>			✓		✓								✓
雪白委陵菜 <i>P. nivea</i>		✓								✓	✓		
美丽风毛菊 <i>Saussurea superba</i>	✓		✓			✓				✓		✓	
蒙古蒲公英 <i>Taraxacum mongolicum</i>			✓	✓					✓	✓	✓		
紫花苜蓿 <i>Trigonella ruthenica</i>						✓							

表4 两种蘑菇圈产生菌子实体形成期的气候状况

Table 4 The weather when the two fungi fruit

日期 Date	气温(°C) Air temperature		地温(°C) Soil temperature		
	平均 Average	最高 Maxima	地面平均最高 Ground average maxima		离地面5厘米(平均) 5cm from ground (Average).
1990.8.11-12	8.2-8.8	17.5	11.6-17.8	30.6-44.5	12.5-13.4
1991.7.9-18	9.1-11.8	17.0-23.0	15.2-20.3	35.5-46.2	13.2-17.4
1991.7.9-8.21	7.7-14.3	12.5-23.6	10.1-22.4	13.0-51.5	10.8-17.4
日期 Date	降水量 Precipitation(mm)				采集时土壤含水量 Soil water at collecting time (%)
	采集前1天 One day before collecting date	前3天 before 3 days	前10天 before 10 days	前20天 before 20 days	
1990.8.11-12	0	28.7	28.7	84.7	19
1991.7.9-18	0-5.5	0-8.2	5.5-20.3	26.4	7-26
1991.7.9-8.21	0-14.0	0-21.5	5.5-57.4	26.4-102.1	7-26
日期 Date	相对湿度 Relative humidity(%)				采集前第5天,日平均 collecting(Average)
	采集前1天,日平均 One day before collecting time(Average)	采集前第3天,日平均 3rd day before collecting time 2:00AM 8:00AM(Average)	采集前第5天,日平均 5th day before collecting(Average)	采集前第3天,日平均 3rd day before collecting time 2:00AM 8:00AM(Average)	
1990.8.11-12	75-80	92-94	84-93	72-78	74-79
1991.7.9-18	68-85	87-99	77-94	71-83	68-80
1991.7.9-8.21	68-92	84-100	77-99	71-92	68-92

讨 论

1. 蘑菇圈产生菌的确认

形成蘑菇圈的大型真菌,以小皮伞属 (*Marasmius*), 蘑菇属 (*Agaricus*), 杯伞属 (*clitocybe*) 等为主。Manachere (1980) 曾报道蘑菇 (*Agaricus campestris*) 可形成蘑菇圈; Hudson (1986) 认为蘑菇 (*A. campestris*) 在草原上是蘑菇圈的产生菌, 它可使草本植物长成绿色圈状, 经常不使植物死亡或成裸地。但从国外资料中还未见黄绿蜜环菌能形成蘑菇圈的报道。

国内关于蘑菇圈的报道, 以口蘑属 (*Tricholoma*)、杯伞属和小皮伞属为主。刘波 (1959) 报道蘑菇 (*A. campestris*) 能形成蘑菇圈, 但未指出是在国内还是国外。卯晓岚 (1992) 报道野蘑菇 (*A. arvensis*) 能形成蘑菇圈。赵勇斌 (1985) 认为能形成蘑菇圈的有与人工栽培蘑菇相似的野生蘑菇 (未列出学名), 但都未有蘑菇和黄绿蜜环菌能形成蘑

菇圈的具体报道。

作者根据91—84号标本有7个子实体明显成圈状排列,在子实体之间土壤内可见到有菌丝体存在。1989年当地老乡在我们采集91—67号标本处(以上两号标本均为黄绿蜜环菌)看到这种蘑菇长成明显的蘑菇圈。定位站研究人员前几年常看到黄菇(黄绿蜜环菌)和白菇(蘑菇),两种大型真菌形成的蘑菇圈。根据以上情况,可以认为黄绿蜜环菌为蘑菇圈产生菌。

根据91—19号标本,有13个子实体成明显椭圆状分布,在1990年采集90—33号标本处经鉴定均为蘑菇,到1991年可看到有垂穗披碱草长成特别浓绿色的圈状(但未见有蘑菇生长),以及当地群众的反映,可以认为蘑菇(*A. campestris*)也是蘑菇圈产生菌。

2. 蘑菇圈产生菌与草本植物的关系

蘑菇圈是草原或庭园草地特有的景观,因此,蘑菇圈产生菌和其生境中的草本植物相互关系十分密切。

Edwards (1984)报道野蘑菇生境中的草本植物以多毛剪股颖(*Agrostis capillaris*)、雏菊(*Bellis Derennis*)和窄叶车前(*Plantago lanceolata*)等为主,在夏天蘑菇圈所在处分成两个明显的环状带。在蘑菇圈子实体生长的外圈,经常有较大部分的枯死植物体和裸地,还生存的多毛剪股颖其叶子带有红色斑点,在干旱气候情况下,这一地域常表现为缺水状态。而在蘑菇圈的内圈,草本植物表现为深绿色,长势很好。Edwards (1984)通过对野蘑菇在土域中菌丝体的垂直分布观察,认为蘑菇圈内外植物的长势与此密切相关。

赵勇斌(1985)研究雷蘑形成的蘑菇圈,他认为蘑菇圈上与圈内外植物种类差别甚小,主要为垂穗披碱草。圈上植物叶色比圈内外深绿,叶绿素含量高。如垂穗披碱草的叶绿素含量,圈上为0.23%,圈内为0.123%,圈外为0.076%。蘑菇圈上的牧草,生长良好,草高株密,产草量高。

作者作为定位观察的地点是矮嵩草草甸,是定位站分布最普遍的类型之一,主要分布在定位站附近春圈窝一带的滩地、域地和山地的半阴半阳坡,土壤为高山草甸土。以矮嵩草为建群种,由于放牧和鼠类破坏的程度不同,次优势种有所差别。在破坏较严重,土域疏松的地段,垂穗披碱草和羊茅成为次优势种。伴生种主要有小嵩草、落草、麻花苻、美丽风毛菊、乳白香青、雪白委陵菜。

经2年的定位观察,未看到蘑菇圈与植物圈同时存在的现象。只在1990年发现蘑菇生长的地点,1991年垂穗披碱草生长特别旺盛长成一个深绿色的圈形植物圈(直径30厘米)。根据Hudson (1986)报道蘑菇形成的蘑菇圈只使植物长成绿圈,不使植物死亡。以及赵勇斌(1985)、李宜丰(1985)、田绍义(1992)报道蘑菇圈生境中常有披碱草生长,并且其长势易受蘑菇圈生长情况的影响。在定位观察区的草本植物中,垂穗披碱草对蘑菇圈较为敏感,至于未能发现蘑菇圈和植物圈同时形成的原因,尚待从当地的气候因素进行分析。

3. 蘑菇圈产生菌生境中的气候因素分析

Manachere (1980)认为控制大型真菌子实体的形成需要了解气候因素对子实体形成

和发育的影响。他认为春天的气候适合营养体生长，而夏季则不行，秋季则产生子实体。Flegg (1962) 认为双孢蘑菇 (*Agaricus bisporus*) 菌丝束的发育产生原基需要高水分，如在相对干的基质 (含水分40%—50%) 中则不长子实体，而在水分55%—65%基质中可促使子实体形成。

温度对大型真菌生长发育的作用，随着适合菌丝体初始生长，子实体形成及后期发育而有不同。Couvry (1973) 研究双孢菌菇、野菌菇的营养阶段潜育适温是23—25℃，而在形成子实体时需降低7—9℃。

邓庄 (1966) 的实验证明一种香菇 (*Lentinus*) 当基质中的水分为180%—260%时菌丝体生长最好，而当形成子实体时，则需要260%—340%的水分。同时将形成子实体的温度分为3种类型：低温菌，其最高温应低于24℃，适温为20℃；中温菌，最高温低于28℃，适温为20—24℃；高温菌，最高温低于30℃，适温为24—30℃。Tan huici 等 (1986) 认为可以在青藏高原上生长的大型真菌中以低温菌 (子实体形成时的适温为14—23℃) 为主，少数为高温菌 (适温为22—28℃)。吴人坚等 (1993) 在研究上海佘山大型真菌的生态因子时认为，当气温为13—29℃时，采集大型真菌标本的前5天内降水量大于32毫米，采集前20天内降水量大于70毫米时，大部分肉质菌出现；当采集前30天内降水量为19—40毫米，只有少数肉质菌出现。

从海北定位站的气象资料和我们现场实测数据看，黄绿蜜环菌子实体发生期的日平均气温7.7—14.3℃，日最高气温为12.5—23.6℃；蘑菇为8.2—11.8℃和17.0—23.0℃，可见这2种菌属子低温菌。它们的子实体形成时，虽然日平均气温较低，但最高温度可超过20℃，尤其这一时期的地而温度为10.1—22.4℃，最高地温可达13.0—51.5℃，为其菌丝体发育和子实体形成创造了条件。

这2种大型真菌采集前3天内的降水量虽然只有0—28.7毫米，但前10天内的降水量可达5.5—57.5毫米。尤其前20天内的降水量可达26.4—102.1毫米。另外，采集前1天的日平均相对湿度虽然为68%—92%，但在半夜2时和早晨8时的相对湿度可分别达到84%—100%和77%—99%，为子实体形成提供了优越的条件。

大型真菌菌丝体和子实体的生长发育受生境中的温度，尤其和温度密切相关。为什么定位站附近两种蘑菇圈产生菌在1990、1991两年中很少生成蘑菇圈？而前几年经常可以发现。其中原因可在表5中得到一些启示。

从表5可见，1990、1991两年5—8月的月平均气温和月平均地而温度与1987—1989年相比，差别不大。但1990、1991两年5—8月的降水总量要比1987—1989年减少很多。因此，导致这两年的大型真菌菌丝体和子实体的生长发育受到较大抑制。由于菌丝体生长受到抑制又会影响植物圈的形成。因为植物生长土壤中蘑菇圈产生菌的菌丝体生长旺盛，产生促进或抑制的化学物质，使一些草本植物生长特别茂盛或受抑制，形成植物圈或裸地。

蘑菇圈的研究有重要理论价值，生态系统是现代生态学研究的热点，生态系统中生物之间的相互关系又是其中重要命题。形成蘑菇圈的蘑菇分泌化学物质促进或抑制草本植物的生长发育，这与生物之间的共生、寄生等相比，是一类较为特殊的相互关系。这方面的研究国外已有较长历史，也有一定深度。我国直至近几年才有较系统的研究。青藏高原寒草甸是国内外研究生态系统学者们向往的一片宝地，本文所涉及的一些问题，仅仅是

表5 海北地区1987—1991年气候资料

Table 5 Climate of Haibei region in 1987—1991

项 目 Item	各月平均气温(°C) Average air temperature(°C) in each month					各月平均地面温度(°C) Average ground temperature(°C) in each month					各月降水量(毫米) Precipitate in each month(mm)				
	1987	1988	1989	1990	1991	1987	1988	1989	1990	1991	1987	1988	1989	1990	1991
5月 May	3.1	4.3	4.6	3.7	3.8	8.8	8.6	9.4	7.8		94.1	104.6	46.9	28.0	95.2
6月 June	8.2	8.2	7.6	7.6	8.6	12.6	12.6	12.1	11.8		168.1	106.0	115.2	140.7	91.6
7月 July	9.6	10.1	10.6	9.7	10.9	14.5	16.3	16.2	13.8	16.6	102.6	127.0	213.4	115.8	75.4
8月 Aug.	8.1	9.5	9.2	9.1	9.3	13.6	14.8	14.3	15.3	14.8	84.6	135.4	148.8	67.2	66.5

开端,期望今后能深入研究的内容,可以侧重于探讨蘑菇圈产生菌对草本植物影响的作用机制和其他微生物的相互关系。另外,由于山西、河北、内蒙古等地的蘑菇圈研究工作也已开展,在这方面进行一些不同地区、不同菌种的对比研究也很有意义。还有蘑菇圈对草原尤其庭园草地为害的防治以及不少蘑菇圈产生菌有食用价值,其驯化栽培等也是很重要的工作。

参 考 文 献

- 邓叔群, 1963, 中国的真菌。科学出版社。
- 邓 庄, 1966, 大型真菌人工栽培的研究。植物学报14 (2): 150—179。
- 刘 波, 1959, 蘑菇。科学出版社。
- 刘 波, 1964, 蘑菇及其栽培。科学出版社。
- 田绍义, 1992, 河北坝上蒙古口蘑生态观察。真菌学报11 (2) 163—166。
- 卯晓岚, 1992, 香港草菌考察《中国食用菌》11 (2): 3—5。
- 杨珊珊, 1986, 台蘑生态调查初报。微生物学通报13 (5): 238—240。
- 应建浙, 1987, 中国药用真菌图鉴。科学出版社。
- 李宜丰, 1988, 五台山食用菌分布的生态学分析《中国食用菌》(3): 21—23。
- 吴人坚、谭惠慈, 1993, 余山大型真菌的生态因子分析。应用生态学报4 (3): 328—333。
- 杨永昌, 1976, 青海的嵩草属植物。植物分类学报14 (1): 41—50。
- 周兴民, 1982, 青藏高原嵩草草甸的基本特征和主要类型, 高原生物学集刊第1集, 151—160, 科学出版社
- 赵勇斌, 1985, 蘑菇圈的初步研究。微生物学通报12 (1): 56—58。
- 戴芳澜, 1979, 中国真菌总汇。科学出版社。
- Bayliss J S, 1911, Observation of *Marasmius orsades* and *Clitocybe gigantea* as parasitic fungi causing fairy rings. J. of Economic Biol. 6, 111—132.
- Couvy J, 1973, Les facteurs de fructification des Agaricales et plus particulièrement de *Agaricus bisporus* (Lange) Sing. Le Botaniste 56, 103—128.
- Edwards P J, 1984, The growth of fairy rings of *Agaricus arvensis* and their effect upon grassland vegetation and soil. Ecology 72, 505—513.

- Flegg P B. 1962, The development of mycelial strands in relation to fruiting of the cultivated mushroom (*Agaricus bisporus*). *Mushroom Science* 5, 300--313.
- Hardwick N V, 1987, The effect of *Marasmius oreadeas* in pasture, *Pl. Path.* 27, 53--57.
- Hudson H J, 1986, *Fungal Biology*. Edward Arnold (publishers) Ltd. Victoria.
- Manachere G, 1980, Conditions essential for controlled fruiting of macromycetes—A review. *Trans. Br. mycol. Soc.* 75 (2) 255--270.
- Shantz H L, Piemeisel R. L. 1917, Fungus fairy rings in Eastern Colorado and their effect on vegetation. *J. of agriculture Research* 11, 191--245.
- Tan huici, Wu renjian, 1986, The ecological and geographical distribution of 108 species of macromycetes from the sub-tropical, evergreen, broad-leaved forests in China. *Mycotaxon* 25 (1): 183--194.

ECOLOGICAL LOCATED RESEARCH ON MACROFUNGI FORMING FAIRY RINGS IN ALPINE MEADOW, QINGHAI PROVINCE

Wu Renjian

(School of Bioscience, Fu Dan University, Shanghai)

Tan Huici

(Shanghai Museum of Nature History)

Zhu Shizhi Zhang Jizhong

(School of Bioscience, Fu Dan University)

Abstract

In the period when the fruits of macrofungi grow, ed at alpine meadow, the collecting date, site, habitat, growth character and climate were observed and recorded; the macrofungi, seed plants and soil sample were also collected; the macrofungi and seed plants were identified, and the soil water was tested.

The authors discovered the two spp. of macrofungi, *Armillaria luteo-vireus* and *Agaricus campestris* which could form fairy rings.

The biological characters of the two spp. of fungi, the kinds of plants in the habitat, the confirmation of fungi which form ed fairy rings, the relation of fungi and plants , the function of meteorological character of the habitat were analysed and discussed.

Key words: Alpine meadow, Fairy,rings, Ecological located research

