

黄蘑菇的生长对草地植被及土壤的影响

王文颖^{*1,2}, 王启基³, 姜文波³, 王刚², 马继雄¹

(1. 青海师范大学生物系, 青海 西宁 810008; 2. 兰州大学生命科学学院, 甘肃 兰州 730000;

3. 中国科学院西北高原生物研究所, 青海 西宁 810008)

摘要:研究了黄蘑菇的生长对草地植被及土壤的影响,其结果表明:1)着生黄蘑菇的区域植被具有明显的圈带状分布特点,圈上植物群落各类群分盖度总和明显高出圈外,且圈上禾本科植物增长特别明显。2)蘑菇圈上共有27种植物组成,对照组由19种植物组成。圈上植物群落物种多样性指数,均匀度指数均高于圈外,但黄蘑菇的生长对群落均匀度的影响不大。3)蘑菇圈0~10 cm土壤土层中水分、速效磷、硝态氮和氨态氮的含量明显高于圈外,但交换性Ca²⁺、Mg²⁺和pH值的变化不明显,10~20 cm土层中,圈上、圈外各土壤成分均无明显差异。

关键词:蘑菇圈;植物群落;土壤因子

中图分类号:Q948.1.5;S15.4 **文献标识码:**A **文章编号:**1004-5759(2004)04-0034-05

* 在草地生态系统中,植物与微生物,植物与动物,微生物与动物之间具错综复杂的关系。一方面,真菌与某些牧草共同形成互惠互利的共生体,带菌牧草抗虫、抗旱、生长迅速,竞争性强。另一方面,共生体产生毒素,给草原畜牧业生产造成巨大损失。正是牧草-真菌之间的双重特性,引起了许多科学工作者的极大兴趣,开展了大量的研究,成为近20年来研究热点领域之一。

蘑菇圈是指同种或异种蘑菇的子实体在草原或林地上呈圈状生长的生态学现象,它是由于处在地下真菌菌丝体蔓延并呈辐射状生长而引起的。这类真菌通过它们的生长代谢活动对相应的土壤-植被系统产生影响^[1]。Shantz和Piemeisel(1917)认为,从蘑菇对草地生长的影响看,蘑菇圈可分为以下3种类型:1)蘑菇圈上的植物生长受到刺激;2)蘑菇圈上的植被死亡或受到严重损害;3)蘑菇圈上植物生长没有受到真菌的影响^[2]。如田绍义(1992)、陈立红等(2002)研究蒙古口蘑(*Tricholoma mongolicum*)的生长对草地植被的影响,结果表明绿草环上牧草的叶绿素含量比正常牧草提高30%以上,其环上牧草生物量比正常牧草生物量高出近1倍,有明显的增产效应,且圈上羊草的生物量、株高、密度及单株重均明显高于圈外^[3,4]。而美国的Edwards(1982)通过研究大型真菌*Agaricus arvensis*形成的蘑菇圈上的植被及土壤营养成分后认为,大型真菌的寄生导致植被枯萎,并使其存在明显的裸地,而且圈上土壤中有机质、氮、磷含量均低于圈外^[5]。

生长在青藏高原的野生黄蘑菇学名为黄绿蜜环菌(*Armillaria luteo-virens*),大多分布于青海省南部以及青海湖环湖地区典型的高寒小嵩草(*Kobresia pygmaea*)草甸上,常形成规则的蘑菇圈,其直径约有3~5 m。产于青海的野生黄蘑菇,个大肉厚,味道鲜美,风味独特,具有较高的营养价值和药用价值,是一种开发、应用前景较为广泛的食用菌。

通过对蘑菇圈上植物群落种类组成、多度、物种多样性和土壤的理化性质的研究,揭示黄蘑菇的生长环境条件及其对植被和土壤的影响,从而为野生黄蘑菇的人工驯化和栽培工作以及高寒草甸草地的改良提供科学依据。

1 研究地区概况

本项研究于1998年7~8月在青海省祁连县峨堡乡进行。祁连县地处北纬37°25'16"~39°05'18"、东经98°05'35"~101°02'06",海拔为3500~3800 m。属典型的大陆性季风气候,冷季漫长,暖季短暂。年平均气温为-2.0,1月平均气温为-22.0,7月平均最高气温为15.6;年平均降水量353.4 mm,其中80%以上的降水集中于暖季。在野生黄蘑菇的生长旺盛期(7~8月),地温的昼夜温差较大,以5 cm深土壤温度为例,最高地温

* 收稿日期:2003-05-26

基金项目:中国科学院资源与生态环境研究重点项目(210126)资助。

作者简介:王文颖(1973-),女,青海湟源人,讲师,博士生。*通讯联系人。E-mail:wangwy02@st.lzu.edu.cn

为 41.5 ,最低为 4.5 。植被以高寒嵩草草甸,高寒灌丛为主,土壤类型为高山草甸土、高山灌丛草甸土和山地草原化草甸土。

生长黄蘑菇的高寒小嵩草草原化草甸是青藏高原主要草场类型之一^[6],广泛分布在海拔 3 200~5 200 m 的山地阳坡、半阳坡和滩地。主要植物有 35 种,隶属 11 科,30 属,小嵩草为优势种,次优势种有异针茅(*Stipa aliena*)、美丽风毛菊(*Saussurea superba*)等。地上、地下部分生物量垂直分布呈典型的金字塔模式,年地上净生产量为 368.4 g/m²^[7]。小嵩草草原化草甸优势种和次优势种不但营养丰富,热值含量高,而且草质柔软,适口性良好,是理想的放牧型草地,在青藏高原草地畜牧业生产中占有重要地位^[8]。

2 野外调查方法

试验样地设置在祁连县峨堡乡附近的典型小嵩草草甸草场上,在 1998 年 7~8 月份子实体发生期,挑选 4 个具有代表性的典型黄蘑菇圈,依照蘑菇圈的分布特点,每个蘑菇圈设置长 320 cm,宽 10 cm 的样条 1 个,共 4 个蘑菇圈,即 4 个重复。依据 Greig-Smith 邻接格子样方法演化的样条取样法,将每一个样条划分为 32 个 10 cm × 10 cm 的邻接小样方。同时,在相应蘑菇圈 10 m 外,选择植被分布较为均匀,且没有被真菌感染的植被,设置长 320 cm,宽 10 cm 的样条作为对照组(CK)。

测定样条上每个小样方内的物种组成及每个种的分盖度值,并计算每个物种在 32 个小样方中分盖度平均值,这样每个样条做为 1 个取样单位。同时记录群落总盖度值。每个蘑菇圈上随机选取 10 个点,用直径为 5 cm 的土钻收集土样。采样深度为 0~10 cm 和 10~20 cm 两个层次,并将每个圈上同 1 层的 10 个土样混合在一起,室内风干后除去草根,经碾碎且均匀混合后,分别测定土壤的 pH 值、含水量、速效磷、氨态氮、硝态氮、交换性 Ca²⁺ 和 Mg²⁺ 等因子。对照组取样方法和分析因子同上。

3 数据分析

丰富度指数 S : 圈上或圈外出现的总物种数。

$$\text{Shannon - Weaver 指数: } H = - \sum_{i=1}^s (P_i \times \ln P_i)$$

$$\text{多样性指数 } N_2: N_2 = 1 / \sum_{i=1}^s P_i \times P_i$$

$$\text{均匀度指数 } E: E = H / \ln(S)$$

式中, P_i : 第 i 个种的相对盖度; S : 物种数; H : 辛普森指数。

所有数据均采用 SPSS 10.0 软件统计分析。在进行参数检验前,先用 Kolmogorov-Smirnov 和 F-max 分别检验数据正态性和方差均一性,并符合参数分析的条件。本研究涉及的参数统计方法为单因素方差分析(ANOVA)、 t 检验等,显著性水平设置为: $\alpha = 0.05$ 。

4 结果与讨论

4.1 黄蘑菇生长对草地植被的影响

4.1.1 植物群落组成及物种分盖度变化 着生黄蘑菇的区域,植被具有明显的圈带状分布特点。一般而言,圈的宽度、直径差异较大,圈上植物呈明显的深绿色,且长势良好。通过定量测定后发现,圈上植物群落组成和多度不同于对照组(表 1)。

由表 1 可知,蘑菇圈上共由 27 种植物组成,平均总盖度达 90.20%,各物种分盖度总和为 120.68%。其中优势种为小嵩草(*Kobresia pygmaea*),次优势种为异针茅(*Stipa aliena*),主要伴生种有美丽风毛菊(*Saussurea superba*)、兰花棘豆(*Oxytropis* sp.)、雪白委陵菜(*Potentilla nivea*)、异叶米口袋(*Amblytropis diversifolia*)等。而对照组仅由 19 种植物组成,平均总盖度为 66.59%,分盖度总和为 80.15%,优势种为小嵩草,次优势种为异针茅,主要伴生种有兰花棘豆、雪白委陵菜、美丽风毛菊等。另外,蘑菇圈上的异针茅、高原早熟禾、美丽风毛菊的百分盖度较圈外植物分别高 28.94%,910.87%和 150.78%。

将植物群落按主要经济类群划分,分析黄蘑菇的着生对各植物类群的影响,其结果见表 2。通过 t 检验表明,其圈上、圈外禾本科及各物种分盖度总和和差异显著($P < 0.05$),但莎草类、杂类草、豆科的盖度差异不显著

表 1 圈上圈外植物群落种类组成及各物种分盖度值

Table 1 The species composition and coverage percentages within and without fairy rings

种名 Species	圈上分盖度	圈外分盖度
	Coverage percentage within fairy rings (%)	Coverage percentage outside fairy rings (%)
异针茅 <i>Stipa aliena</i>	24.24	18.80
高原早熟禾 <i>Poa alpina</i>	4.65	0.46
垂穗披碱草 <i>Elymus nutans</i>	2.16	0.33
洽草 <i>Koeleria cristata</i>	0.01	0
矮蒿草 <i>Kobresia humilis</i>	1.74	0
小嵩草 <i>Kobresia pygmaea</i>	26.88	22.38
雪白委陵菜 <i>Potentilla nivea</i>	9.39	6.71
美丽风毛菊 <i>Saussurea superba</i>	14.42	5.75
二裂委陵菜 <i>Potentilla bifurca</i>	2.27	0.75
长叶毛茛 <i>Halerpestes ruthenica</i>	1.00	0.10
蒲公英 <i>Taraxacum mongolicum</i>	3.48	2.36
矮火绒 <i>Leontopodium nanum</i>	1.24	2.32
麻花苳 <i>Gentiana straminea</i>	5.02	2.00
兰石草 <i>Lancea tibetica</i>	0.08	0.36
蓬子菜 <i>Galium verum</i>	0.29	0
老鹳草 <i>Geranium pylzowianum</i>	0.27	0
獐牙菜 <i>Swertia</i> spp.	0.34	0
鸢尾 <i>Iris potaninii</i>	0.02	0.06
紫花地丁 <i>Viola philippica</i>	0.01	0
青海风毛菊 <i>Saussurea qinghaiensis</i>	0.73	1.33
柔软紫菀 <i>Aster flaccidus</i>	0.17	0
尖叶龙胆 <i>Gentiana aristata</i>	0.29	0.14
山生柳 <i>Salix oritrepha</i>	0.06	0.37
细叶亚菊 <i>Ajania tenuifolia</i>	0	0.26
婆婆纳 <i>Veronica eriogyne</i>	0.02	0
兰花棘豆 <i>Oxytropis</i> sp.	12.70	9.98
黄花棘豆 <i>Oxytropis ochrocephala</i>	0.84	0
异叶米口袋 <i>Amblytropis diversifolia</i>	8.38	5.69
分盖度总和 Total cover	120.68	80.15

表 2 蘑菇圈与圈外植物类群盖度比较

Table 2 Comparison of cover percentage for different plant groups in fairy rings and CK

植物类群 Plant group	植被盖度 Vegetation cover (%)	
	圈上 Fairy rings	圈外 CK
莎草类 Sedges	28.62	22.37
禾草类 Grasses	31.05	19.59
杂类草 Forbs	39.09	22.52
豆科 Leguminosae	21.91	15.67
分盖度总和 Total	120.68	80.15

表 3 圈上圈外植物群落物种多样性分析

Table 3 Comparison of species diversity indices for plant communities in fairy rings and CK

多样性指数 Diversity index	圈上 Fairy rings	圈外 CK
S^*	27	19
H	2.332	2.095
N_2	7.610	5.936
E	0.708	0.712

* S : 丰富度指数; H : Shannon - Weaver 指数; N_2 : 多样性指数; E : 均匀度指数。

* S : Richness index; H : Shannon - weaver index; N_2 : Diversity index; E : Evenness index.

($P > 0.05$)。蘑菇圈上植物分盖度总和明显高于圈外 ($P < 0.01$), 圈上各类群总盖度为 120.68%, 圈外仅 80.15%, 高出 40.53%。说明蘑菇圈上植被生长比圈外占明显优势。另外, 圈上禾本科植物盖度明显高于圈外, 说明黄蘑菇菌丝体的生长对草地禾本科植物的刺激作用明显高于其它植物类群。

4.1.2 蘑菇圈内外植物群落物种多样性分析 物种多样性是一个包括了群落中物种数量, 种的个体数及所占比例的综合概念, 它不仅反映了群落的丰富度和物种分布的均匀性, 而且在一定程度上反映了群落结构的复杂性和稳定性。

通过对高寒小嵩草草甸草场蘑菇圈和圈外植物群落组成及其多样性分析 (表 3) 表明, 在蘑菇圈上植物群落的丰富度指数、物种多样性指数 (H , N_2) 明显高于圈外, 但均匀度指数无差异。由此说明, 黄蘑菇的生长导致植物群落的物种多样性、物种丰富度明显增高。这可能是由于黄蘑菇的生长, 影响局部区域资源生态位的变化, 如土壤微环境以及土壤水分和养分的变化, 这就可能导致蘑菇圈上的资源生态位的扩展, 使更多不同生态资源需求的物种生活在一起的可能, 有关形成的机理有待于进一步研究。

4.2 蘑菇圈的生长对土壤因子的影响

测定蘑菇圈和蘑菇圈外 0~10 cm, 10~20 cm 土层中的土壤含水量、pH 值、速效磷、氨态氮、硝态氮、交换性 Ca^{2+} 和 Mg^{2+} 等因子, 结果如表 4 所示。

由表 4 可知, 在 0~10 cm 土层中, 蘑菇圈上的土壤含水量、速效磷、硝态氮和氨态氮的含量与蘑菇圈外的含量差异显著 ($P < 0.05$), 圈上明显高于圈外。但是, 二者之间的交换性 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 及 pH 值差异不显著 ($P > 0.05$)。在 10~20 cm 土层中, 蘑菇圈上与蘑菇圈外的土壤营养成分均无明显差异。说明蘑菇圈菌丝体的生长可能在地表 (0~10 cm) 处较为活跃, 菌丝可能促进地表有机质的分解, 使蘑菇圈表层土壤中的速效养分含量增高。

表 4 蘑菇圈和蘑菇圈外土壤营养成分含量

Table 4 The content of soil nutrients in fairy rings of *Armillaria luteo-virens* and CK

项目 Item	圈外	圈上	圈外	圈上
	CK	Fairy rings	CK	Fairy rings
	土层深度 Soil depth (cm)			
	10~20	0~10	0~10	10~20
含水量 Water content (%)	25.59	37.00	39.03	33.87
pH	7.58	7.44	7.86	7.63
速效磷 Rapidly available phosphorus (mg/kg)	17.48	26.59	16.42	20.16
氨态氮 Ammonia (mg/kg)	28.93	113.64	9.27	50.61
硝态氮 Nitrate nitrogen (mg/kg)	20.35	41.99	8.76	23.70
交换性 Ca^{2+} Exchangeable Ca^{2+} (mg/kg)	16.80	16.74	19.18	17.57
交换性 Mg^{2+} Exchangeable Mg^{2+} (mg/kg)	5.63	5.29	2.97	4.63

以往的研究认为, 土壤中蘑菇菌丝体需以植物根系分泌物和残体为能源和碳源来维持生长代谢, 同时菌丝体具有很强的分解与转化作用, 可增加土壤中植物生长所必需的小分子有机质和无机离子等营养元素^[9-11], 赵勇斌等^[12]分析蘑菇圈上、圈内及圈外土壤中主要化学成分的含量, 得出的结论是圈上土壤中全氮、水解氮、速效磷、速效钾的含量均高于圈内及圈外, 这与本研究的结论是一致的。其次, 植物生长素对蘑菇菌丝体的生长和子实体的发育具有调控作用, 而蘑菇菌丝体所分泌的代谢产物对植物的生长也具有非常明显的促进作用^[13,14]。这些因素都可能导致蘑菇菌丝体与植被之间互惠互利, 相互促进关系的形成。另外, 从土壤含水量看, 蘑菇圈上 0~10 cm 的土壤含水量比 10~20 cm 的土壤含水量高, 但圈外正好相反, 上层含水量低于下层含水量。采样的季节正好是这个地区降水量最高的时候, 在蘑菇生长的局部区域, 由于菌丝大量繁殖, 阻止了水分的自由渗透, 从而导致了水分在土壤表层的聚集, 而圈外土壤中水分可以自由渗透, 所以上层的含水量低于下层的含水量。

总之, 蘑菇圈的绿草环上, 大量速效养分积累为植被的生长提供了物质基础, 使圈上植被生长旺盛成为可能, 所以圈上植物在短期内是间接受益者。但从长远来看, 由于土壤养分在短期内大量消耗, 不利于圈上植物持续生长。这在蘑菇圈生长中也能观察到, 通常生长过蘑菇的绿草环上, 第 2 年一般形成枯草环, 而生长旺盛的蘑菇圈绿草环则继续向外发展。

5 结论

5.1 蘑菇圈上与蘑菇圈外的植物群落组成和总盖度具明显差异。蘑菇圈上有 27 种植物组成, 平均总盖度达 90.20%, 各物种分盖度总和为 120.68%; 蘑菇圈外 (CK) 由 19 种植物组成, 平均总盖度为 66.59%, 分盖度总和为 80.15%。蘑菇圈绿草环上植被生长比圈外占明显优势, 尤其是对草地禾本科植物的刺激作用尤为明显。

5.2 黄蘑菇的生长导致植被的物种多样性、物种丰富度有所增高, 但黄蘑菇的生长对群落均匀度的影响不大。

5.3 蘑菇圈绿草环上速效养分和土壤含水量明显高于圈外, 大量速效养分积累为植物的生长提供了物质基础, 而一般认为禾本科草类对氮素和磷素营养反应最为敏感, 这也是蘑菇圈上的禾本科植物生长旺盛的原因。

5.4 为进一步了解蘑菇圈对土壤养分和微生物活动的影响机理,深入开展蘑菇圈形成初期至枯草期整个过程中植物、土壤及微生物等各亚系统的相互关系及其变化趋势的研究势在必行。

致谢:李江伟、陈波和耿博闻等同志参加部分野外工作,特此致谢。

参考文献:

- [1] 吴人坚. 国内外蘑菇圈研究进展[J]. 中国生态学学会通讯, 1996, 2: 5-7.
- [2] Shantz H L, Pemeisel R L. Fungus fairy rings in Eastern Colorado and their effect on vegetation[J]. Journal of Agricultural Research, 1917, 11: 191-245.
- [3] 田绍义, 黄文胜. 河北坝上蒙古口蘑生态观察[J]. 真菌学报, 1992, 11(2): 163-166.
- [4] 陈立红, 阎伟, 刘建. 草原蘑菇圈对牧草长势影响的初步分析[J]. 西北植物学报, 2002, 22(6): 1421-1425.
- [5] Edwards, P J. The distribution of excreta on New Forest grassland used by cattle, ponies and deer[J]. The Journal of Applied Ecology, 1982, 19: 953-964.
- [6] 周兴民, 王质彬, 杜庆. 青海植被[M]. 西宁: 青海人民出版社, 1982.
- [7] 王启基, 周兴民, 张堰青, 等. 高寒小嵩草 (*Kobresia pygmaea*) 草原化草甸植物群落结构特征及其生物量[J]. 植物生态学报, 1985, 19(3): 225-235.
- [8] 杨福国, 王启基, 何海菊. 青藏高原植物热值含量与畜牧业生产[J]. 自然资源, 1986, (2): 24-30.
- [9] 项忠明, 刘俊杰, 张敏. 食用菌在农业中的作用和地位[J]. 中国食用菌, 1997, 5: 6-8.
- [10] 王文美, 何新桃, 陈秋. 食用菌废料在农业生产中的利用价值[J]. 中国食用菌, 1997, 2: 28-29.
- [11] 张德罡. 祁连山区高寒草原土壤肥力特征及肥力因子间的关系[J]. 草业学报, 2002, 11(3): 76-79.
- [12] 赵勇斌, 胡美蓉, 冷观梯, 等. 蘑菇圈的初步研究[J]. 微生物学通报, 1985, 12(2): 56-58.
- [13] 姜薇, 关秀清, 于井朝. 生物固氮在集约化草地畜牧业中的作用[J]. 草业学报, 2003, 12(6): 42-46.
- [14] 孙立南. 植物生长素在蘑菇生育中的调控作用[J]. 食用菌, 1997, (4): 6.

The growth of fairy rings of *Armillaria luteo-virens* and their effect upon grassland vegetation and soil

WANG Wen-ying^{1,2}, WANG Qi-ji³, JIANG Wen-bo³, WANG Gang², MA Ji-xiong¹

(1. Department of Biology, Qinghai Normal University, Xining 810008, China; 2. Life Science Academy, Lanzhou University, Lanzhou 730000, China; 3. Northwest Plateau Institute of Biology, Chinese Academy of Sciences, Xining 810008, China;)

Abstract: This paper looks at the growth of fairy rings of *Armillaria luteo-virens* and their effect upon grassland vegetation and soil. The vegetation affected by the growth of *A. luteo-virens* was characteristic of the distribution of fairy rings. The total vegetation coverage was greater for fairy rings than for the control, and in particular, the increase in the coverage of grasses was particularly obvious. Fairy rings had a greater number of plant species. The diversity indices for plant communities in fairy rings were higher than for those outside fairy rings, but both of them had the same evenness indices. Soil of depth 0-10 cm under fairy rings had higher water content, available P, and available N than for this soil depth outside rings (CK), but there were no obvious differences in exchangeable Ca²⁺, exchangeable Mg²⁺, and pH between them. Soil of depth 10-20 cm had the same nutrient content for fairy rings and CK.

Key words: fairy rings of *Armillaria luteo-virens*; plant community; soil factors