

# 黄绿蜜环菌蘑菇圈生长对土壤及植物群落的影响\*

王启兰<sup>1\*\*</sup> 姜文波<sup>1</sup> 陈波<sup>2</sup>

(<sup>1</sup> 中国科学院西北高原生物研究所, 西宁 810001; <sup>2</sup> 杭州师范学院, 杭州 310000)

**摘要** 通过调查青海省祁连县峨堡乡野生黄绿蜜环菌蘑菇圈发生季节蘑菇圈上、圈外植物群落的物种多样性、植物群落种类组成及多度变化,分析了蘑菇圈上、圈外土壤主要微生物类群的数量变化、土壤水分、速效养分、交换性阳离子及 pH 等的差异。结果表明,蘑菇圈上和圈外植物群落组成种类不同,圈上物种数明显高于圈外物种数;圈上各物种分盖度总和比圈外高出 49.16%,但圈上和圈外优势种及主要伴生种相同。在 0~10 cm 土壤层,圈上土壤含水量、速效磷、硝态氮、氨态氮的含量明显高于圈外,但土壤有机质、交换性 Ca<sup>2+</sup>、交换性 Mg<sup>2+</sup> 和 pH 值的变化不明显;在 10~20 cm 土壤层,圈上速效磷、硝态氮、氨态氮的含量仍明显高于圈外,但土壤含水量变化趋势相反,圈外高于圈上。在 0~10 cm 土壤层,细菌、放线菌、真菌及纤维素分解菌的数量,均以圈上显著高于圈外 (P < 0.05);在 10~20 cm 土层,它们的数量差异不显著 (P < 0.01)。在两层土壤中,各类微生物数量表现为:细菌 > 放线菌 > 真菌 > 纤维素分解菌。

**关键词** 黄绿蜜环菌,蘑菇圈,土壤肥力,微生物类群,物种多样性

中图分类号 Q939.5 文献标识码 A 文章编号 1000-4890(2005)03-0269-04

**Effects of fairy ring growth of *Armillaria luteovirens* on soil fertility and plant community.** WANG Qilan<sup>1</sup>, JIANG Wenbo<sup>1</sup>, CHEN Bo<sup>2</sup> (<sup>1</sup> Northwest Plateau Institute of Biology, Chinese Academy of Sciences, Xining 810001, China; <sup>2</sup> Hangzhou Normal College, Hangzhou 310000, China). *Chinese Journal of Ecology*, 2005, 24(3): 269 ~ 272.

The differences of plant diversity, community composition, number of different taxonomic groups of microorganism, and water content on and outside the fairy rings of *Armillaria luteovirens* were investigated in Ebao village, Qilian county, Qinghai Province, from July, 1997 to August, 1998. The results showed that the vegetation community on fairy ring was composed differently from that outside of it, but both of them had the same dominant species. The species number and total plant cover on fairy ring were obviously higher than that outside the ring. In surface soil layer, the water content, available P and N content on fairy ring were significantly higher than that outside the ring, while there were no obvious difference in changeable Ca<sup>2+</sup> and Mg<sup>2+</sup>, organic matter content and pH. Their trend was similar in deep soil layer except for water content. The number of bacteria, actinomycetes, fungi and cellulose decomposer on fairy ring was obviously higher than those outside of it in surface soil layer, respectively, while there was no significant difference between them in deep soil layer.

**Key words** *Armillaria luteovirens*, fairy ring, soil fertility, microorganism group, plant diversity.

## 1 引言

野生黄绿蜜环菌 (*Armillaria luteovirens*) 又称黄环菌、黄蘑菇,是一种珍贵的食药菌,主要分布于青海、西藏、四川、甘肃。该菌夏秋季生于针叶林地或草地上,尤其喜生于高山草地上,可与牧草形成菌根,在牧草生长季节,由黄绿蜜环菌菌丝顶端生长,在草地上形成或大或小的圆圈、半圆或条带状的蘑菇圈。相对于其它地方,蘑菇圈上的牧草生长非常茂盛。黄绿蜜环菌在青海省大多分布于祁连、玛沁、甘德及环湖地区典型的高寒嵩草草甸上,单生至群生,并与嵩草属植物形成菌根,其海拔分布范围约为 3 000 ~ 4 300 m<sup>[1]</sup>,其中以祁连的黄蘑菇最为质

优。Shantz 等<sup>[12]</sup>按蘑菇对草地植被的影响,将蘑菇圈分为 3 种类型:1) 生长蘑菇的植被其生长受到刺激;2) 生长蘑菇的植被死亡或受到严重损害;3) 植物生长没有受到真菌的影响。目前对黄绿蜜环菌研究,仅限于菌丝营养生理特性及生态调查<sup>[2,3]</sup>,对其生理生态方面的研究仍未见报道。究竟黄绿蜜环菌生长与牧草、土壤的关系如何?我们对此进行了初步研究,旨在为野生黄绿蜜环菌的人工驯化提供理

\* 中国科学院知识创新工程重大项目 (KZX1-09-01)、国家自然科学基金项目 (40471133)、中国科学院西北高原生物研究所知识创新工程重点研究领域 (cjc 020144)、中国科学院西北高原生物研究所所长基金 (110210116) 和中国科学院资源环境领域野外台站基金资助项目 (110201664)。

\*\* 通讯作者

收稿日期:2004-02-25 改回日期:2004-03-24

论基础。

## 2 研究地区与研究方法

### 2.1 自然概况

本项研究于1997年7月~1998年8月在青海省祁连县峨堡乡进行。祁连县地处37°25'~39°05' N, 98°05'~101°02' E, 海拔高度为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℃, 在野生黄绿蜜环菌的生长旺盛期(7~8月), 平均最高气温为15.6℃, 地温昼夜温差较大, 以5 cm深土壤温度为例, 最高地温为41.5℃, 最低为4.5℃。年平均降水量353.4 mm, 其中80%以上的降水集中于暖季。主要植被类型为高山小嵩草草甸和矮嵩草草甸, 土壤类型为碳酸盐高山草甸土。峨堡乡草场丰茂、土壤肥沃, 以盛产黄绿蜜环菌闻名。

### 2.2 研究方法

本实验样地设置在典型的小嵩草草甸, 于每年出菇盛期(与植物生长旺季的7~8月同期), 挑选5~15个典型的黄绿蜜环菌蘑菇圈, 在蘑菇圈的植被上设置50 cm × 50 cm的样方, 测定每个样方内的物种组成及每个种的百分比盖度, 并计算每个物种相应的频度。在样方内用土钻采取0~10和10~20 cm的土样, 带回实验室, 分别测定土壤pH值、含水量、有机质含量、速效磷、氨态氮、硝态氮、交换性Ca<sup>2+</sup>、交换性Mg<sup>2+</sup>和主要微生物类群的数量。与此同时, 选择植被分布均匀, 且未生长蘑菇圈的植被作为对照组, 取样方法同上。

### 2.3 数据分析

丰富度指数 S: 样地中的物种数。

Shannon-Weavers 指数:

$$H = - \sum_{i=1}^{i=n} (P_i \times \ln P_i) \quad (1)$$

多样性指数:

$$N_2 = 1/ \quad (2)$$

Hill (均匀度指数):

$$E_1 = 1/ (e^H \times ) \quad (3)$$

均匀度指数:

$$E_2 = e^H / S \quad (4)$$

式中,  $P_i$  是第  $i$  个种的相对盖度,  $e$  是辛普森指数。

## 3 结果与分析

### 3.1 蘑菇圈土壤化学成分

对黄绿蜜环菌蘑菇圈上和圈外土壤一些理化特性的分析(表1)表明, 在0~10 cm土层中, 圈上土壤含水量、速效磷、硝态氮、氨态氮的含量明显高于圈外, 但土壤有机质、交换性Ca<sup>2+</sup>、交换性Mg<sup>2+</sup>和pH值的变化不明显; 在10~20 cm土层中, 圈上速效磷、硝态氮、氨态氮的含量仍明显高于圈外, 但土壤含水量变化趋势相反, 圈外高于圈上。

赵勇斌等<sup>[5]</sup>认为, 圈上积累了大量速效磷、硝态氮、氨态氮, 是由于圈上氨化菌、亚硝酸菌、固氮菌等主要生理类群的微生物数量均显著高于圈外, 大量硝化微生物的代谢使速效养分的含量在圈上升高, 这与本实验结果相一致<sup>[9]</sup>。大量速效养分在蘑菇圈上积累, 为植物的生长和微生物的代谢繁殖提供了物质基础, 使圈上植被生长旺盛成为可能。在生长黄绿蜜环菌的区域, 由于菌丝大量繁殖, 一方面菌丝对无机盐离子有相当的过滤作用, 另一方面蘑菇菌丝填充了土壤空隙, 阻止了水分的自由渗透, 从而导致水分在土壤表层积聚<sup>[13]</sup>, 而圈外土壤中水分可以自由渗透, 因而10~20 cm深度上, 圈外水分含量明显高于圈上。

Edwards<sup>[8]</sup>通过研究大型真菌 *Agaricus arvensis* 形成的蘑菇圈对植被及土壤的影响后认为, 大型真菌的寄生导致植被枯萎, 使其存在明显的裸地, 从而圈内的有机质、氮、磷含量均低于圈外。产生这种结果的原因: 其一是由于真菌填充了土壤颗粒空间, 阻止了土壤水分的渗透; 其二是菌类产生的生物毒素破坏了根尖, 从而影响了植物生长<sup>[10,11]</sup>。从黄绿蜜环菌形成的不同龄蘑菇圈来看, 在蘑菇圈形成初期, 圈上植被生长旺盛, 但几年之后, 蘑菇圈逐渐形成裸地, 土壤紧实, 土质僵化, 地下

表1 圈上、圈外土壤中各营养成分含量

Tab.1 Contents of soil nutrients on fairy ring of *Armillaria luteovirens* and outside of ring

|    | 土壤深度<br>(cm) | 含水量<br>(%) | pH   | 速效磷<br>(mg kg <sup>-1</sup> ) | 氨态氮<br>(mg kg <sup>-1</sup> ) | 硝态氮<br>(mg kg <sup>-1</sup> ) | 速效钾<br>(mg kg <sup>-1</sup> ) | 交换性<br>Ca <sup>2+</sup> | 交换性<br>Mg <sup>2+</sup> | 有机质<br>(%) |
|----|--------------|------------|------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------|-------------------------|------------|
| 圈外 | 0~10         | 22.21      | 7.58 | 17.49                         | 28.91                         | 20.31                         | 251.66                        | 16.80                   | 5.63                    | 9.77       |
|    | 10~20        | 39.03      | 7.86 | 16.43                         | 9.26                          | 8.74                          | 312.95                        | 19.18                   | 2.97                    | 5.61       |
| 圈上 | 0~10         | 37.25      | 7.44 | 26.60                         | 113.57                        | 41.91                         | 302.52                        | 16.74                   | 5.29                    | 10.02      |
|    | 10~20        | 33.87      | 7.63 | 20.17                         | 50.58                         | 23.66                         | 237.42                        | 17.57                   | 4.63                    | 5.84       |

植物根系由于不能被及时分解而形成所谓的“草筏子”,土壤速效养分含量低,这可能与蘑菇圈生长时期土壤养分的过度消耗有密切关系。

### 3.2 黄绿蜜环菌生长对土壤微生物数量的影响

通过对蘑菇圈上和圈外主要土壤微生物类群数量的测定(表2)发现,在0~10 cm土层,无论是细菌、真菌还是放线菌的数量,均以圈上显著高于圈外( $P < 0.05$ ),而在10~20 cm土层,它们的数量差异不显著( $P > 0.05$ )。随着土壤深度的增加,各类微生物数量迅速下降。在两层土壤中细菌数量最高,放线菌次之,真菌最低。

在土壤表层,蘑菇圈上比圈外有更丰富的根系分泌物、充足的孔隙度、适度的土壤水分含量及其它适宜的土壤环境条件,从而刺激了土壤好氧微生物的生长代谢,使它们能快速繁殖,所以使圈上的各种微生物数量均显著高于圈外。随着土壤深度的增加,蘑菇圈内外的土壤环境条件趋于一致,加之深层土壤营养状况及其它环境都不利于微生物的生长发育和繁殖,各种微生物数量都迅速减少。在10~20 cm层,圈上和圈外各类微生物的数量差异不明显。

蘑菇圈上纤维素分解菌的数量明显比圈外的高( $P < 0.05$ )。纤维素分解菌的活动,使圈上的有机养分迅速转化为糖类、醇类及各种有机酸,为圈上各类微生物的生理代谢活动创造了良好的条件,为圈上植物及蘑菇菌丝的生长发育提供了足够的有效养分,从而促进了黄绿蜜环菌的菇蕾形成及蘑菇圈的出现。加之大型真菌本身就是活跃的分解者,除了使一般的有机物质降解外,还能分解土壤中的一些顽拗物<sup>[6,7]</sup>,如几丁质、木质素及半纤维素等,这又对刺激圈上微生物及植物的生长起了有力的反馈作用,造成了圈上牧草比圈外的牧草生长繁茂。这也说明圈上植物的生长、微生物的活动与土壤营养物质的转化之间相互依赖、相互促进的协同关系。

表2 蘑菇圈上及圈外土壤微生物数量

Tab.2 Numbers of soil microorganisms on fairy ring and outside of ring

| 土样 | 深度<br>(cm) | 细菌<br>( $10^7$ 个 $g^{-1}$ ) | 放线菌<br>( $10^5$ 个 $g^{-1}$ ) | 真菌<br>( $10^3$ 个 $g^{-1}$ ) | 纤维素分解菌<br>( $10^3$ 个 $g^{-1}$ ) |
|----|------------|-----------------------------|------------------------------|-----------------------------|---------------------------------|
| 圈上 | 0~10       | 15.42                       | 54.97                        | 64.46                       | 3.62                            |
|    | 10~20      | 5.53                        | 21.86                        | 20.24                       | 1.03                            |
| 圈外 | 0~10       | 10.34                       | 35.34                        | 40.91                       | 1.54                            |
|    | 10~20      | 5.74                        | 22.74                        | 23.93                       | 0.76                            |

### 3.3 黄绿蜜环菌生长对植被的影响

3.3.1 植物群落组成及多度变化 连续两年对蘑菇圈上及圈外植物群落观测后发现,着生黄绿蜜环

菌的区域植被具有明显的圈带状分布特点。一般而言,圈的宽度大约为50 cm,圈的直径大约6 m左右,圈上植物呈明显的深绿色,且长势旺盛。通过定量测定后发现,圈上植被结构不同于圈外对照组(表3)。在蘑菇圈上,共有26种植物组成,平均总盖度达90.20%,各物种分盖度总和为143.74%。其中优势种为小嵩草,主要伴生种为异针茅、美丽风毛菊、雪白萎陵菜、蓝花棘豆和异叶米口袋,而对照组仅由18种植物组成,平均总盖度为66.59%,分盖度总和为94.58%,但圈上、圈外的优势种及主要伴生种均为小嵩草、异针茅、雪白萎陵菜和美丽风毛菊。

表3 圈上、圈外植物群落种类组成及百分盖度值(%)

Tab.3 Composition of species and the percent cover on fairy ring and outside of ring

| 种名                                    | 圈上百分盖度 | 圈外百分盖度 |
|---------------------------------------|--------|--------|
| 禾草类 异针茅 <i>Stipa aliena</i>           | 27.56  | 19.00  |
| 早熟禾 <i>Poa alpigena</i>               | 3.40   | 0.25   |
| 垂穗披碱草 <i>Elymus nutans</i>            | 2.00   | -      |
| 洽草 <i>Koeleria cristata</i>           | 0.04   | -      |
| 藏异燕麦 <i>Helictotrichon tibeticum</i>  | 0.18   | -      |
| 双叉细柄茅 <i>Ptilagrostis dichotoma</i>   | 0.08   | -      |
| 莎草类 矮蒿草 <i>Kobresia humilis</i>       | 2.68   | 0.14   |
| 小嵩草 <i>K. parva</i>                   | 31.84  | 30.45  |
| 杂类草 雪白萎陵菜 <i>Potentilla nivea</i>     | 11.60  | 10.77  |
| 美丽风毛菊 <i>Saussurea superba</i>        | 13.40  | 6.86   |
| 二裂萎陵菜 <i>Potentilla bifurca</i>       | 3.78   | 2.02   |
| 长叶毛茛 <i>Halerpestes ruthenica</i>     | 1.54   | 0.18   |
| 蒲公英 <i>Taraxacum mongolicum</i>       | 4.80   | 3.00   |
| 矮火绒 <i>Leontopodium nanum</i>         | 1.60   | 2.32   |
| 麻花苣 <i>Gentiana straminea</i>         | 5.52   | 3.45   |
| 兰石草 <i>Lancea tibetica</i>            | 1.12   | 0.57   |
| 雅毛茛 <i>Ranunculus pulchellus</i>      | 0.08   | -      |
| 蓬子菜 <i>Galium verum</i>               | 0.16   | -      |
| 老鹳草 <i>Geranium pylzowianum</i>       | 0.04   | -      |
| 獐牙菜 <i>Swertia</i>                    | 0.08   | 0.05   |
| 鸢尾 <i>Iris potaninii</i>              | -      | 0.02   |
| 紫花地丁 <i>Viola philippica</i>          | 3.32   | 2.91   |
| 婆婆纳 <i>Veronica eriogyne</i>          | 0.24   | -      |
| 豆科 蓝花棘豆 <i>Oxytropis</i>              | 14.04  | 8.77   |
| 黄花棘豆 <i>Oxytropis</i>                 | 4.68   | -      |
| 异叶米口袋 <i>Amblytropis diversifolia</i> | 8.72   | 3.59   |
| 黄芪 <i>Astragalus polycladus</i>       | 1.32   | 0.23   |
| 分盖度总和                                 | 143.82 | 94.58  |

从表3可见,圈上与圈外对照组植物群落在种类组成上有明显差异:圈上物种数(26种)明显高于圈外物种数(18种);圈上各物种分盖度总和比圈外对照组高49.16%,圈上各经济类群禾草类、莎草类、杂类草和豆科分别比圈外高14.01%、3.92%、15.13%和16.17%。如果仅从种群看,圈上美丽风

毛菊、针茅、棘豆和米口袋的百分盖度明显高于圈外。但圈上,圈外其优势种和主要伴生种是相同的,均为小嵩草、针茅、雪白萎陵菜、美丽风毛菊和蓝花棘豆。有研究表明,蘑菇圈上植物叶绿素的含量显著高于圈外和圈内<sup>[3,5]</sup>,蘑菇圈可极显著地提高群落的地上生物量、株高、密度和单株重等<sup>[4]</sup>,说明在本项实验中圈上植物物种多度的增加、物种组成的变化、各物种生长状况的变化都与蘑菇菌丝的刺激作用有不可分割的关系。

**3.3.2 植物群落物种多样性** 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。由表4可见,圈上丰富度指数、Shannon指数和Simpson指数明显高于圈外,但均匀度指数无明显差异。丰富度指数和多样性指数的数值增加,意味着群落稳定性的增强。由此说明,黄绿蜜环菌的生长导致了植物群落的物种多样性及物种丰富度的明显增加,这将有利于植物群落由“不稳定态”向“暂稳态”的过渡。黄绿蜜环菌的生长对群落均匀度的影响不大,意味着无论黄绿蜜环菌蘑菇圈上或圈外,各组分种在群落中的分布趋于均等。黄

表4 圈上、圈外植物群落物种多样性指数

Tab.4 Species diversity indices of plant community on fairy ring and outside of ring

| 指数             | 圈上   | 圈外   |
|----------------|------|------|
| S              | 25   | 19   |
| H              | 2.45 | 5.72 |
| N <sub>2</sub> | 8.75 | 0.76 |
| E <sub>1</sub> | 0.76 |      |
| E <sub>2</sub> | 0.45 | 0.42 |

绿蜜环菌生长对的植物群落的演替影响不大。

#### 参考文献

- [1] 刁治民. 1997. 青海草地黄绿蜜环菌生态学特性及营养价值的研究[J]. 中国食用菌, 16(4): 21~22.
- [2] 刁治民. 1997. 黄绿蜜环菌生理特性的初步研究[J]. 微生物学杂志, 17(1): 14~17.
- [3] 李 晖, 央金卓嘎. 2002. 黄绿蜜环菌的生态调查[J]. 西藏科技, 5: 25.
- [4] 陈立红, 阎 伟, 刘 健. 2002. 草原蘑菇圈对牧草长势影响的分析[J]. 西北植物学报, 22(6): 1421~1425.
- [5] 赵勇斌, 胡美蓉, 冷观梯, 等. 1985. 蘑菇圈的初步研究[J]. 微生物学通报, 12(2): 56~58.
- [6] 黄永清. 1994. 真菌多样性与森林生态系统的维持与恢复[A]. 见: 中国科学院生物多样性委员会. 生物多样性研究的原理与方法[C]. 北京: 中国科学技术出版社, 192~209.
- [7] Albrecht WA, Sheldon VL, Blue WG. 1951. Fairy ring mushrooms made protein rich grass[J]. *Bull. Torrey Bot. Club*, 78: 83~88.
- [8] Edwards PJ. 1982. The distribution of excreta on New Forest grassland used by cattle, ponies and deer[J]. *J. Appl. Ecol.*, 19: 953~964.
- [9] Hardwick NV, Heard AJ. 1978. The effect of *Marasmius oreades* in pasture[J]. *Plant Pathol.*, 27: 53~57.
- [10] Lebeau JB, Hawn EJ. 1963. Formation of HCN by the mycelial stage of a fairy ring fungus[J]. *Phytopathology*, 53: 1395~1396.
- [11] Mathur SP. 1970. Degradation of soil humus by the fairy ring mushroom[J]. *Plant Soil*, 33: 717~720.
- [12] Shantz HL, Piemeisel RL. 1917. Fungus fairy rings in Eastern Colorado and their effect on vegetation[J]. *J. Agric. Res.*, 11: 191~245.
- [13] Smith JD. 1980. Is biologic control of *Marasmius oreades* fairy rings possible[J]? *Plant Disease*, 64(4): 348~354.

作者简介 王启兰,女,1964年生,副研究员,主要从事微生物生态学研究,发表论文10余篇。E-mail: wql@mail.nwipb.ac.cn

责任编辑 王 伟