

doi:10.11733/j.issn.1007-0435.2013.03.009

## 青海省玛沁县冬虫夏草适生地植物群落及土壤理化性质分析

杨 莉<sup>1,2</sup>, 师生波<sup>1\*</sup>, 贺金生<sup>1,3</sup>

(1. 中国科学院西北高原生物研究所 高原生物适应与进化重点实验室, 青海 西宁 810008; 2. 中国科学院大学, 北京 100049; 3. 北京大学城市与环境学院生态学系 地表过程分析与模拟教育部重点实验室, 北京 100871)

**摘要:** 鉴于研究冬虫夏草(*Ophiocordyceps sinensis*)生境资源保育和人工促繁技术的需要,在青海省果洛州玛沁县东倾沟乡建立密集和稀疏 2 个冬虫夏草分布区域作为试验样地,分别设立 2 条研究土壤物理性质和草地植被的试验样带。结果表明:密集和稀疏 2 个冬虫夏草生长区域的草本植被群落结构简单,物种多样性较低,蝙蝠蛾(*Hepialus*)幼虫喜食植物种类在植物组成中占多数;冬虫夏草密集区 5~20 cm 土壤容重为  $0.68 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  左右,容重小且土质疏松,土壤含水量为 40%~50%,形成适宜冬虫夏草生长的土壤环境有利于蝙蝠蛾病原微生物孢子萌发和生长;冬虫夏草密集区土壤呈弱酸性,pH 值为 6.3,土壤电导率值为  $150 \sim 200 \mu\text{s} \cdot \text{cm}^{-1}$ ,较稀疏区略高;冬虫夏草密集区大于 2 mm 砾石含量占 9.79%,0.05~2 mm 砂粒占 39.52%,相较于稀疏区土壤空隙度大、渗透性好,有利于蝙蝠蛾幼虫的生长。

**关键词:** 冬虫夏草;土壤容重;土壤 pH 值;土壤电导率;土壤颗粒组成;物种多样性

中图分类号:S152;Q948

文献标识码:A

文章编号:1007-0435(2013)03-0467-07

## Analysis of Plant Community and Soil Physicochemical Properties in *Ophiocordyceps sinensis* Adaptive Area in Maqin County of Qinghai Province

YANG Li<sup>1,2</sup>, SHI Sheng-bo<sup>1\*</sup>, HE Jin-sheng<sup>1,3</sup>

(1. Key Laboratory of Adaptation and Evolution of Plateau Biology, Northwest Plateau Institute of Biology, Chinese Academy of Sciences, Xining, Qinghai Province 810008, China; 2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China; 3. Key Laboratory for Earth Surface Processes of the Ministry of Education, Department of Ecology, College of Urban and Environmental Sciences, Peking University, Beijing 100871, China)

**Abstract:** In view of the increasing importance of habitat conservation and artificial forcing breeding of *Ophiocordyceps sinensis*, a study of soil physicochemical properties and grassland vegetation was recently made in two areas where *O. sinensis* was densely and sparsely distributed in Dongqinggou Township, Maqin Prefecture of Qinghai Province. Results showed simple plant community structure and low species biodiversity in *O. sinensis* habitats. Dominant species of the communities were considered a food source for *Hepialus* larvae. Soil bulk density was  $0.68 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  and soil water content was 40%~50% at the depth of 5~20 cm of the *O. sinensis* densely distributed area. Low soil bulk density and loose soil texture could benefit spore germination and growth of *Hepialus* pathogenic microorganisms. Soil pH was 6.3 and the soil conductivity was  $150 \sim 200 \mu\text{s} \cdot \text{cm}^{-1}$  in *O. sinensis* densely distributed area, slightly higher than that in the sparsely distributed area. Gravel content was 9.79% at the depth of >2 mm, and 39.52% at the depth of 0.05~2 mm at the densely distributed area that was higher than that at the sparsely distributed area. These results indicated that high soil porosity and permeability would be suitable for the growth of *Hepialus* larvae.

**Key words:** *Ophiocordyceps sinensis*; Soil bulk density; pH; Conductivity of soil; Soil particle composition; Species diversity

收稿日期:2012-12-27;修回日期:2013-02-16

基金项目:中国科学院知识创新工程重要方向项目(KSCX2-YW-G-076)资助

作者简介:杨莉(1988-),女,青海西宁人,硕士研究生,研究方向为植物生理生态学,E-mail:angelina0322@126.com; \*通信作者 Author for correspondence, E-mail: sbshi@nwipb.cas.cn

冬虫夏草(*Ophiocordyceps sinensis*)是青藏高原地区特产的一种名贵中药材和高级滋补品,具备极高的经济价值和药用价值<sup>[1]</sup>。冬虫夏草为麦角菌科虫草属真菌(隶属于囊菌亚门、肉座菌目),寄生在蝙蝠蛾幼虫上的子座及幼虫的复合体。冬虫夏草为冷湿的菌类,其寄主昆虫虫草蝙蝠蛾(*Hepialus armoricanus*)是一类生长在高海拔地区的蛾类,分布具有明显的地带性,主要分布于青藏高原海拔 3300~4500 m 的山地阴坡和半阴半阳坡,对生境条件要求比较严格<sup>[2]</sup>。

青海省是冬虫夏草的主产区,也是国内冬虫夏草交易的重要集散地。据资料显示,近几年青海省冬虫夏草的年交易量在 100 t 以上,交易额近 100 亿人民币,交易量和交易额均居全国之首<sup>[3]</sup>。然而,在这繁荣的市场交易背后是一个巨大的生态问题。近几年,人们对具有药用价值的野生植物的滥采、滥挖已经严重破坏了自然资源。据估计,已有 2000 种野生药用植物濒临灭绝<sup>[4]</sup>。由于经济利益的驱动,每当冬虫夏草采集季节,除了本地牧民,每年来自青海其他州县和甘肃、宁夏等省区的 10 余万农民工疯狂涌进三江源地区,从事采挖活动,对草地生态环境造成严重破坏<sup>[5]</sup>。因此,寻求最佳繁育条件用于人工培育冬虫夏草,减少对脆弱高寒生态环境的破坏至关重要。

当前国内外对冬虫夏草的研究工作多集中在药理作用的鉴定、化学成分分析、冬虫夏草人工培养和菌丝的发酵培养等<sup>[1,6-9]</sup>。尽管已有研究人员在室内成功饲养出蝙蝠蛾幼虫,中华虫草菌丝体发酵培养也进入了工业化生产<sup>[10]</sup>,但人工培育冬虫夏草仍未成功。冬虫夏草为喜冷湿的菌类,对土壤条件和气候条件要求比较严格,多见于积雪、排水良好的高寒草甸。其寄主虫草蝙蝠蛾生长在均温为 0.2~8℃,年降水量 556.7~651.3 mm,气候具有明显干季和雨季的区域<sup>[11]</sup>。美国的 Edwards 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<sup>[12]</sup>。一些菌根真菌与土壤微生物、土壤团聚体间的关系及其对寄主植物的影响等问题也受到研究者的关注<sup>[13-14]</sup>。虫草蝙蝠蛾幼虫和冬虫夏草几乎都在土内生活,但对其适生地土壤的物理性质研究还很少<sup>[15-16]</sup>。本试验通过对冬虫夏草生长的典型草地类型虫草区域的土壤物理因子和地上植物群落的多样性进行比较研究,综合分析并阐明冬虫夏草发生的地带性原因。为保护野

生冬虫夏草的生态环境、人为干预促进冬虫夏草产量的大幅增加提供理论基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究地区概况

试验地设于青海省果洛州玛沁县东倾沟乡,位于 N 34°31', E 99°58', 平均海拔 3800 m。玛沁县地处青藏高原黄河上游的山原、河谷地带。境内平均海拔 4000 m 以上,属青藏高原大陆性半湿润气候。年均气温 -3.9℃,年降水量 420~560 mm。以畜牧业为主,畜种有藏系绵羊、牦牛等<sup>[17]</sup>。主要草地类型为高山灌丛草甸,土壤类型以高山灌丛草甸土为主。

### 1.2 样地设置

2010 年在东倾沟乡河谷南面缓平摊和缓坡分别建立了 2 块冬虫夏草生境资源保育区,围栏面积分别为 9.3 万 m<sup>2</sup> 和 6 万 m<sup>2</sup>,草场类型为高山嵩草(*Kobresia pygmaea*)草甸兼有金露梅(*Potentilla fruticosa*)灌丛和高山柳(*Salix cupularis*)灌丛。玛沁县为青海冬虫夏草的主要产区,此保育区区域内气候湿润,河流水量充沛,生长有适合寄主昆虫取食的丰富食料植物,为虫草的生长分布提供了有利条件,在冬虫夏草果洛产区具有一定的代表性。依据历年冬虫夏草生长量分别定为冬虫夏草稀疏分布区域和密集分布区域。2011 年 7 月在 2 区域各建立 1 条研究样带,样带海拔高度为 4000~4100 m。冬虫夏草稀疏分布区建立的 I 号样带位于 N 34°27'45"~34°27'52", E 99°52'02"~99°52'05", 根据对虫草采挖后遗留痕迹的统计和当地牧户的调查可知,虫草产量相对较低,0.05~0.08 棵·m<sup>-2</sup>,属阴坡,坡度为 16°,光照较为充足;在冬虫夏草密集分布区建立的 II 号样带位于 N 34°27'58"~34°28'03", E 99°51'38"~99°51'39", 虫草产量相对较高,0.15~0.2 棵·m<sup>-2</sup>,属阴坡,坡度为 32°,由于地处两山相接的鞍部,故光照时间短,形成了相对较为阴湿的环境。从起始点向山顶方向,每隔 20 m 建立 1 个 10 m×10 m 的调查样方, I 号样带建立 15 个调查样方, II 号样带建立 10 个调查样方。

### 1.3 取样与分析

每个调查样方设置 5 个 50 cm×50 cm 的小样方进行群落调查和土样采集。在每个小样方内测定

植物群落的种类组成、植物种分盖度、群落总盖度和地上生物量。在每个小样方内分 0~5, 5~10, 10~20 和 20~40 cm 土层取土样<sup>[18]</sup>。因 II 号样带 20~40 cm 的土层中多石砾, 很多情况下无法得到此层土样, 故分析时舍去了这部分数据。

在每 1 个样地, 用体积为 100 cm<sup>3</sup> 的环刀, 分别测定各土壤层的土壤容重, 同时采用烘干称重法测定土壤含水量。将野外收集的土样风干, 过 2 mm 筛, 移出砾石(>2 mm) 并称量。小于 2 mm 的风干土壤采用玻璃电极法测定土壤 pH 值(雷磁 pH S-3C, 上海精密科学仪器有限公司), 土壤无机盐含量采用电导率法(DDS-11A 电导率仪, 上海第二分析仪器厂), 土壤颗粒分析采用吸管法, 计算土壤中粘粒(<0.002 mm)、粉砂粒(0.002~0.05 mm)、细砂和极细砂(0.05~0.25 mm)、砂粒(0.05~2 mm) 的百分含量<sup>[19]</sup>。

#### 1.4 数据分析

丰富度指数(S)以样方中出现的总物种数表示。

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

多样性指数:  $N_2 = 1/\lambda$ ,  $\lambda = \sum_{i=1}^S P_i \times P_i$  (2)

均匀度指数:  $E = H'/\ln(S)$  (3)

重要值:  $IV = (\text{相对盖度}(\%) + \text{相对高度}(\%))/2$  (4)

式中,  $P_i$  为第  $i$  个种的相对盖度;  $S$  为物种数;  $\lambda$  为辛普森指数<sup>[20-21]</sup>。

数据统计分析在 SPSS 19.0 统计软件上进行。在进行参数检验前, 先检验数据正态性和方差均一性, 在符合参数分析的条件后, 采用单因素方差分析(One-way ANOVA, LSD) 和  $t$  检验比较不同处理间各参数差异显著性。

## 2 结果与分析

### 2.1 冬虫夏草生长区域植物群落结构的分析

不同冬虫夏草生长区域的植物群落结构多样性分析结果如表 1 所示。I 号样带草本植被总盖度为 80%, 分布有 27 个植物种, 分属于 12 个科。其中豆科 2 种, 禾本科 3 种, 菊科占 4 种, 蓼科 4 种, 毛茛科 4 种, 蔷薇科 2 种, 莎草科 3 种, 其余单种植物有 5 种归属 5 个科。草本植物群落以针茅(*Stipa capillata*), 早熟禾(*Poa polycolea* sp.) 为优势种, 伴生种

类较多, 主要有矮嵩草(*Kobresia humilis*)、苔草(*Carex* sp.)、委陵菜(*Potentilla chinensis*)、矮火绒草(*Leontopodium nanum*)、高山唐松草(*Thalictrum alpinum*)、珠芽蓼(*Polygonum viviparum*)、小大黄(*Rheum pumilum*)、马先蒿(*Pedicularis*) 等; 灌木层以金露梅为建群种, 伴生有高山柳, 灌丛覆盖度在 40% 左右。

II 号样带植被总盖度为 65%, 分布有 24 个植物种, 分属于 14 个科。其中豆科 4 种, 禾本科 4 种, 菊科占 8 种, 蓼科 4 种, 毛茛科 4 种, 蔷薇科 2 种, 莎草科 3 种, 其余单种植物有 3 种归属 3 个科。草本植物群落以针茅、早熟禾为优势, 伴生种有大花龙胆(*Gentiana szechenyii*)、黄芪(*Astragalus membranaceus*)、葱(*Allium* sp.)、高山紫菀(*Aster alpinus*)、委陵菜、珠芽蓼、小大黄等; 灌木层以高山柳为建群种, 伴生有金露梅、鬼箭锦鸡儿(*Caragana jubata*), 灌丛覆盖度在 60% 左右。

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<sup>[20]</sup>。通过对 I 号、II 号样带上植物群落组成及其多样性分析表明(表 1), 2 个样带上植物群落的丰富度指数(S)、物种多样性指数(H,  $N_2$ ) 和均匀度指数(E) 差异明显( $P < 0.05$ ), 且 I 号样带植物群落的各个多样性指数均高于 II 号样带。

蝙蝠蛾幼虫为杂食性昆虫, 喜食珠芽蓼、头花蓼(*P. capitatum*), 此外对莎草科、禾本科、龙胆科、豆科等近数 10 种植物的嫩根、嫩芽也能取食<sup>[15]</sup>。由表 1 可知, 蝙蝠蛾喜食植物种<sup>[22-25]</sup> 在虫草生长密集区域中如珠芽蓼、头花蓼、小大黄、金露梅、鬼箭锦鸡儿的重要值都高于虫草生长稀疏区域。

### 2.2 冬虫夏草生长区域土壤因子的分析

冬虫夏草生长区域的土壤容重、含水量、pH 值和电导率如图 1 所示: 分析了冬虫夏草生长的稀疏和密集 2 个区域及其各土层的土壤因子。图中 MD 表示冬虫夏草稀疏分布区的 I 号样带, HD 表示冬虫夏草密集分布区的 II 号样带。分析可知, 在 2 样带之间比较, 土壤深度 10~20 cm 土壤容重差异显著( $P < 0.05$ ); 各土层的土壤 pH 值和土壤电导率差异均显著; 各土壤层的土壤含水量无明显差异。

表 1 冬虫夏草生长区域蝙蝠蛾幼虫主要喜食植物重要值及植物物种多样性分析  
Table 1 The important values of *Ophiocordyceps sinensis*'s eating plant species and the species diversity indices of dense and sparse distribution areas

物种 Species	冬虫夏草稀疏分布区 (I 号样带) Sparse area of <i>Ophiocordyceps sinensis</i> (Belt transect I)	冬虫夏草密集分布区 (II 号样带) Dense area of <i>Ophiocordyceps sinensis</i> (Belt transect II)
小大黄 <i>Rheumpum ilum</i>	1.91	2.02
珠芽蓼 <i>Polygonum viviparum</i>	4.15	6.69
头花蓼 <i>Polygonum capitatum</i>	3.60	6.02
黄芪 <i>Astragalus membranaceus</i>	4.32	3.32
委陵菜 <i>Potentilla chinensis</i>	2.73	2.08
金露梅 <i>Potentilla fruticosa</i>	3.85	8.06
鬼箭锦鸡儿 <i>Caragana jubata</i>	—	5.40
总物种数 Total species number	27	24
草本植被总盖度 Total cover/%	80	65
Shannon-Weaver 指数 Shannon-Weaver index	2.365	2.026
多样性指数 Diversity index	8.369	5.796
均匀度指数 Evenness index	0.795	0.748

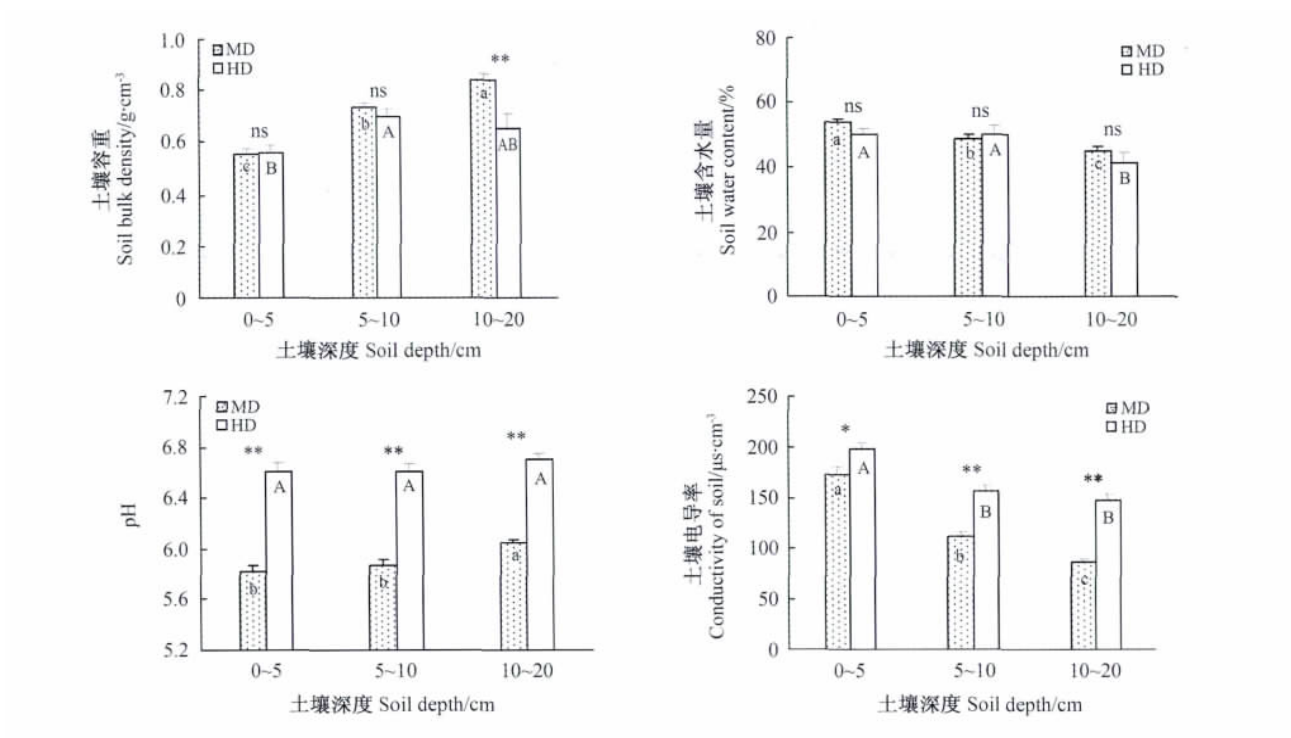


图1 冬虫夏草生长区域土壤物理因子的分析

Fig. 1 The soil physicochemical factors of dense and sparse distribution areas

注:图中不同小(大)写字母为 I (II)号样带不同土层间差异显著 ( $P < 0.05$ ), \*表示同土层2样带间在0.05水平上差异显著 ( $P < 0.05$ ), \*\*表示同土层2样带间在0.01水平上差异极显著 ( $P < 0.01$ ),下同

Note: Different small letters (capital letters) represent significant difference under different soil depths in line I (II);

\* Correlation is significantly different at the 0.05 level between different lines;

\*\* Correlation is significantly different at the 0.01 level between different lines. The same as below

2条样带同一土壤深度10~20 cm的土壤容重差异显著 ( $P < 0.05$ ); I号样带土壤容重随着土壤深度的增加,呈现显著上升趋势; II号样带土壤容重随着土壤深度的增加,呈现下降趋势; I号样带土壤

容重平均值为  $0.71 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$  高于 II号样带的  $0.64 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ 。I号样带随土壤深度增加,土壤容重越大,土体越紧实; II号样带随土壤深度增加,土壤容

重越小,土体越疏松; II号样带比 I号样带的土壤疏

松,通透性较好,更有利于虫草真菌的繁殖和寄生。

2条样带上各个土壤层的土壤含水量无明显差异,土壤含水量均保持在50%左右,土壤湿度大有利于蝙蝠病原微生物孢子萌发、生长和侵染<sup>[26]</sup>。

I号样带不同土层的土壤pH值具有明显的差异( $P < 0.05$ ),而II号样带不同土层的土壤pH值无明显差异。I号样带随土壤深度的加深,土壤pH值呈上升的趋势,范围在5.0~6.4之间;II号样带随土壤深度的加深,土壤pH值的变化趋势平缓,范围在5.6~7.0之间。表明虫草易在酸碱度变化波动不大且略显酸性的土壤内生长。

2条样带不同土层的土壤电导率值都具有明显的差异( $P < 0.05$ );I号样带随土壤深度的加深土壤电导率值显著下降;II号样带随土壤深度的加深土壤电导率值虽有下降但不显著;II号样带土壤中电导率值平均为 $167 \mu\text{s} \cdot \text{cm}^{-1}$ 均高于I号样带的 $124 \mu\text{s} \cdot \text{cm}^{-1}$ 。在一定的质量浓度范围内,溶液的含盐量与电导率成正相关<sup>[27]</sup>,可以说明土壤中高且稳定的无机盐含量更有利于虫草的发生及生长。

冬虫夏草生长区域的土壤粒径组成分析:在土壤粒径大小的分析研究中,先分离测定了大于2 mm砾石含量,并对小于2 mm的土壤粉粘粒( $< 0.002 \text{ mm}$ )、粉砂粒( $0.002 \sim 0.05 \text{ mm}$ )和砂粒( $0.05 \sim 2 \text{ mm}$ )进行了各组分的百分含量测定;其中砂粒土又分出细砂和极细砂( $0.05 \sim 0.25 \text{ mm}$ )的部分,结果如图2和图3所示。

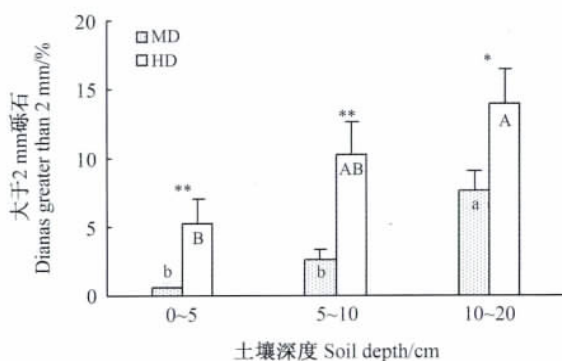


图2 冬虫夏草生长区域大于2 mm砾石含量

Fig. 2 The gravel contents (>2 mm) of dense and sparse distribution areas

分析可知,在2条样带同土层各粒级含量比较中,各土层大于2 mm砾石和粘粒含量差异均显著( $P < 0.05$ );0~5 cm和10~20 cm土层中的粉砂粒含量差异显著,而5~10 cm土层中粉砂粒含量差异不显著;5~10 cm土层中细砂和极细砂、砂粒含量

差异显著,而0~5 cm和10~20 cm土层中细砂和极细砂、砂粒含量差异不显著。

除粘粒外,II号样带土壤中粉砂粒、细砂和极细砂、砂粒、大于2 mm砾石含量均高于I号样带。II号样带大于2 mm砾石的百分含量占9.79%,砂粒占39.52%,粉砂粒占42.31%,粘粒占18.17%,而I号样带大于2 mm砾石的百分含量只有3.63%,砂粒占36.39%,粉砂粒占37.26%,粘粒占26.35%。表明冬虫夏草密集区的土质较为疏松、水分渗透性强,可能更有利于虫草真菌寄生在蝙蝠蛾幼虫上进行繁殖。

### 3 讨论

#### 3.1 冬虫夏草分布与植物群落组成的关系

蝙蝠蛾幼虫喜食植物种类在群落中是否占优势可能是影响冬虫夏草分布的一个重要因素。冬虫夏草即中华虫草菌是寄生在蝙蝠蛾幼虫及幼虫尸体上形成的一种复合体,而蝙蝠蛾幼虫主要以蓼科植物或蒿草属植物的地下根茎为食<sup>[15]</sup>。在青藏高原地区,据调查幼虫还啃食豆科植物黄芪、鬼箭锦鸡儿、蔷薇科金露梅和莎草科蒿草属10余种植物的嫩根<sup>[28-29]</sup>。野外观察表明,虫草蝙蝠蛾喜潜伏于没有阳光直射的地方,因此在植被群落组成中不仅需要蝙蝠蛾幼虫喜食的植物种类,还要求有金露梅等高山低矮灌木分布。灌木既可以为幼虫提供食物,又能为成虫提供产卵、孵化的场所。本试验中冬虫夏草稀疏分布区金露梅灌丛覆盖度为40%左右,群落内可以形成阴湿的环境,适宜蝙蝠蛾幼虫存活。冬虫夏草密集分布区的灌丛覆盖度较高,约为60%,该区域日照时间短,土壤温度较低,蒸发量小,既能满足蝙蝠蛾幼虫喜阴湿的生存特性又使冬虫夏草能够得到所需的太阳能,显然也较宜冬虫夏草的生长。从植物群落重要值的对比可知,冬虫夏草密集分布区中大部分蝙蝠蛾幼虫喜食植物种类的重要值要高于冬虫夏草稀疏分布区的相同植物。植物群落中蝙蝠蛾幼虫喜食植物在群落中占有较大的优势,能为幼虫的生长提供丰富的食物。冬虫夏草密集分布区的环境与食物资源的相互作用形成的条件更有利于冬虫夏草的形成和生长。

#### 3.2 冬虫夏草分布与土壤理化性质的关系

周兴民等<sup>[2]</sup>的大量野外调查研究表明,坡向为正南方向(阳坡)的高山蒿草草甸无虫草分布,南偏

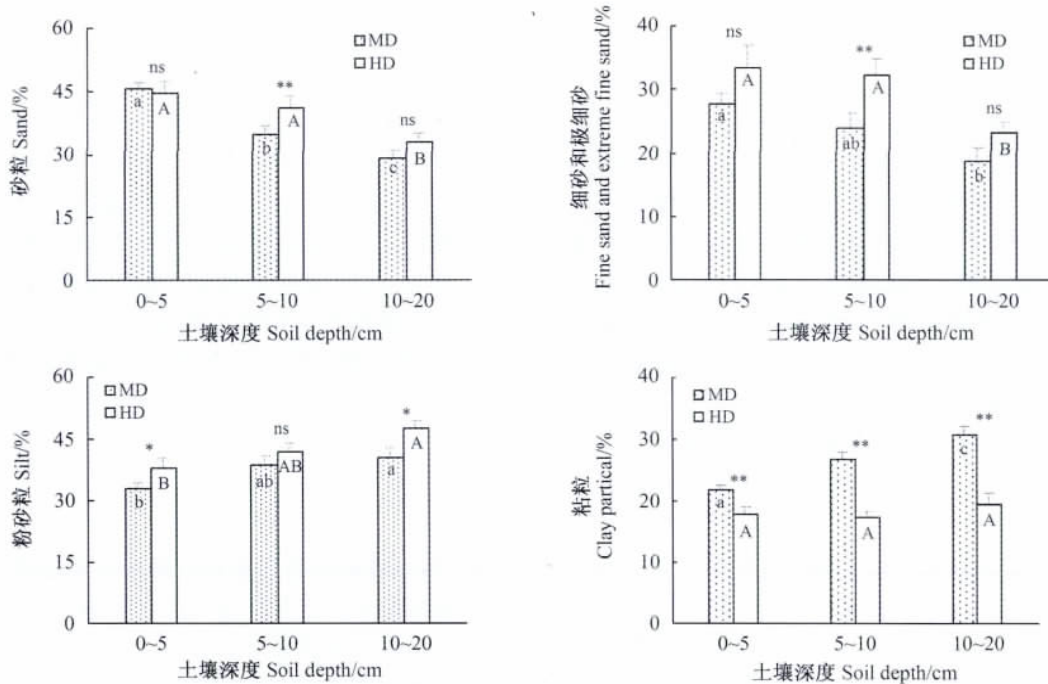


图 3 冬虫夏草生长区域土壤粒径组成的分析

Fig. 3 The soil particle compositions of both dense and sparse distribution areas

东和南偏西方向的矮蒿草草甸为虫草稀疏分布区；坡向为正北(阴坡)、北偏东及北偏西方向的金露梅、山生柳 (*Salix critrepha*) 灌丛为虫草密集分布区<sup>[2]</sup>。本试验中冬虫夏草稀疏分布区和密集分布区的土壤均为高山灌丛草甸土,所在地形的海拔也均在 4000 m 以上,属山体阴坡。受周围山体等影响,密集分布区所受太阳辐射的日照时间较短;同时,由于坡度较大,砂岩、页岩、板岩的风化坡积物较多,土壤较为疏松,空隙性好。3 个深度的土壤电导率值、pH 值测定分析结果表明,不同土层间土壤电导率值和 pH 值略有差异,其中密集分布区土壤电导率值平均为  $167 \mu\text{s} \cdot \text{cm}^{-1}$ , pH 值为 6.7;稀疏分布区不同深度间土壤电导率值和 pH 值差异较显著,土壤电导率值平均为  $124 \mu\text{s} \cdot \text{cm}^{-1}$ , pH 值为 5.9;2 样带相比,密集分布区均大于稀疏分布区,且不同深度间土壤电导率值和 pH 值均呈显著差异。土壤中的水溶性盐是强电解质,具有导电作用,导电能力的强弱可用电导率表示。在一定的质量浓度范围内,溶液的含盐量与电导率成正相关。因此,土壤浸出液的电导率数值能反映土壤含盐量的高低。与土壤含盐量的测定相比,电导率的测定可靠、经济、快速,是国际上通用的评价土壤盐渍度的指标之一<sup>[27]</sup>。由此可推断,较高的土壤盐分含量和 pH 值有利于蝙蝠蛾幼虫生存和冬虫夏草的形成和生长。

在对青藏高原蝙蝠蛾昆虫生态习性的研究中可知,幼虫适宜在土壤酸碱度偏酸, pH 值在 5.5~6.5 之间的土壤生存<sup>[22]</sup>。王宏生等<sup>[30]</sup>在青海贵德县尕让乡上狼湾的研究中,土壤 pH 值在 7.4~7.5 之间。说明 pH 值不是影响蝙蝠蛾幼虫生长的主要影响因素,但稳定的 pH 值和较高土壤无机盐含量有利于虫草的生长。

土壤颗粒组成是反映土壤质地的重要物理性质,决定着土壤中不同大小直径的矿物颗粒的组合状况,与土壤通气、保肥、保水状况及耕作的难易有密切关系。显然土壤粒径组成的分析所体现的土壤粒径大小的组成也影响着冬虫夏草的形成及生长,是探寻冬虫夏草分布的一个重要方面。一般认为,土壤 5~20 cm 的深度是蝙蝠蛾幼虫生长的主要活动范围<sup>[30]</sup>,在此深度的土壤具有较好的通透性、并保持土质疏松是冬虫夏草生长的必要条件,然而迄今尚缺乏土壤颗粒属性的具体分析数据支持。本研究在 2 个冬虫夏草分布区设立了几乎平行的 2 个样带,并分层研究了不同土壤层的各粒级含量,结果表明,冬虫夏草密集分布区土壤中除粘粒外,其他大于 0.002 mm 颗粒的百分含量均高于稀疏分布区。说明冬虫夏草密集分布区粒径大的颗粒所占百分含量较高,土壤的空隙性较大,显然土壤中水分的渗透性也较好,更有利于蝙蝠蛾幼虫的生长。

有调查认为,降水在冬虫夏草的形成及生长中发挥着重要的影响作用<sup>[31-32]</sup>。降水量的多少直接影响着土壤含水量的多寡。研究表明高降雨量下,土壤湿度大、土壤温度较低,有利于蝠蛾病原微生物孢子萌发、生长、侵染、致病<sup>[26]</sup>。本试验中2种冬虫夏草生长区域的土壤含水量均在50%以内,而0~5 cm表层土壤水分含量略高,这与该地区频繁降雨有关。表层土由于频繁降水而导致土壤含水量较大,却因日照、蒸发等因素的影响很不稳定。随着土壤深度的加深含水量逐渐降低,含水量保持在45%左右且差异不显著。杨大荣曾提出蝙蝠蛾成虫喜在土表含水40%~42%的生境中生活和产卵<sup>[33]</sup>,略低于本试验的实测数据。显然与试验测定时间有关,野外试验在7月进行,此时为果洛州玛沁县一年中降水最多的月份。研究表明,尽管土壤含水量的多寡是影响冬虫夏草分布的主要因素,但显然不是影响本试验中2个区域虫草分布的主要因素。

冬虫夏草的发生与生长对环境条件的需要较为严苛。其发生和生长需要虫草真菌、寄主蝙蝠蛾和适宜生境的共同存在。适宜的生境有利于虫草真菌及其寄主蝙蝠蛾的生长,从而实现冬虫夏草的发生与生长。本试验研究表明:2个冬虫夏草分布区的土壤含水量均为50%,土壤pH在5.0~6.7之间,于此同时适宜的土壤颗粒组成和较多的蝙蝠蛾幼虫喜食植物种类的存在与冬虫夏草分布有一定的关系,但影响冬虫夏草生长的因素众多且相互制约、相互影响,所以后续试验将进一步分析研究其他影响冬虫夏草生长的因子,为人工培育提供更多的科学研究依据。

## 参考文献

- [1] 钱俊轩,刘德洪.冬虫夏草的国内研究概况[J].鄂州大学学报,2010,17(2):53-56
- [2] 周兴民,玛塔,曹倩.青海冬虫夏草分布与生态环境关系及可持续利用的建议[J].青海环境,2008,18(4):149-155
- [3] 郭伊红.浅析青海冬虫夏草的发展现状与保护对策[J].青海科技,2011(3):39-42
- [4] Cao S X, Feng Q. Asian medicine: Exploitation of plants[J]. Science,2012,335(6073):1168-1169
- [5] 李全忠.青海冬虫夏草资源开发中存在的问题及发展建议[J].北方园艺,2008(10):205-206
- [6] 刘高强,王晓玲,杨青,等.冬虫夏草化学成分及其药理活性的研究[J].食品科技,2007(1):202-205,209
- [7] 申玲玲,杜光.冬虫夏草的药理作用[J].中国医院药学杂志,2010,30(2):158-159
- [8] 李黎,陈仕江,小扎西,等.西藏那曲冬虫夏草寄主昆虫幼虫饲养研究[J].重庆中草药研究,2011(2):2-4
- [9] 李峻锋,邹志文,刘昕,等.冬虫夏草寄主蒲氏钩蝠蛾的生物学[J].环境昆虫学报,2011,33(2):195-202
- [10] 胡清秀,廖超子,王欣.我国冬虫夏草及其资源保护、开发利用对策[J].中国农业资源与区划,2005,26(5):43-47
- [11] 郭宏春,高继全,习欠云,等.冬虫夏草研究进展[J].微生物学杂志,2003,23(1):50-55
- [12] 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(3):953-964
- [13] Tisdall J M. Fungal hyphae and structural stability of soil[J]. Australian Journal of Soil Research,1991,29(6):729-743
- [14] Van der H, Marcel G A, Klironomos J N, et al. Mycorrhizal fungal diversity determines plant biodiversity, ecosystem variability and productivity[J]. Nature,1998,396(6706):69-72
- [15] 陈仕江,尹定华,丹增,等.中国西藏那曲冬虫夏草的生态调查[J].西南农业大学学报,2001,23(4):289-292
- [16] 吴庆贵,苏智先,苏瑞军,等.四川理县冬虫夏草资源分布及其与生境中植物多样性关系的研究[J].绵阳师范学院学报,2007,26(11):56-60
- [17] 周华坤,王晓辉,温军,等.果洛州玛沁县草原毛虫虫害发生与气候因子的相互关系[J].草业科学,2012,29(1):128-134
- [18] 方精云,王襄平,沈泽昊,等.植物群落清查的主要内容和规范[J].生物多样性,2009,17(6):533-548
- [19] 刘光松.中国生态系统网络观测与分析标准方法-土壤理化性质与剖面分析[M].北京:中国标准出版社,2000
- [20] 王文颖,王启基,姜文波,等.黄蘑菇的生长对草地植被及土壤的影响[J].草业学报,2004,13(4):34-38
- [21] 王文颖,王启基,景增春,等.江河源区高山嵩草甸覆被变化对植物群落特征及多样性的影响[J].资源科学,2006,28(2):118-124
- [22] 朱斗锡,何荣华,王洋,等.我国青藏高原蝙蝠蛾昆虫生态习性研究[J].中国食用菌,2007,26(2):10-11
- [23] 张泽锦,叶萌,周祖基,等.冬虫夏草寄主昆虫饲养研究进展[J].中草药,2009,40(S1):85-87
- [24] 李建民,李福安.浅谈青海冬虫夏草的研究进展[J].青海医药杂志,2004,34(8):59-61
- [25] 李玉玲,徐成体,何力剑.冬虫夏草寄主玉树蝠蛾幼虫的生物学[J].昆虫知识,2007,44(2):285-288
- [26] 严林.影响贵德蝠蛾种群数量变动的主导因子分析[J].江苏农业科学,2001(5):66-68
- [27] 张建旗,张继娜,杨虎德,等.兰州地区土壤电导率与盐分含量关系研究[J].甘肃林业科技,2009,34(2):21-24
- [28] 刘飞,伍晓丽,尹定华,等.冬虫夏草寄主昆虫的种类和分布研究概况[J].重庆中草药研究,2006(1):47-50
- [29] 雷万生,谢联斌,陈和平.冬虫夏草的研究概况[J].海军医学杂志,2006,27(3):262-269
- [30] 王宏生,曾辉,徐海峰.冬虫夏草生长地环境因子变化规律的研究[J].青海畜牧兽医杂志,2006,36(3):9-10
- [31] 徐海峰.青海杂多县冬虫夏草的生态调查[J].草业与畜牧,2007(2):30-34
- [32] 郭相,刘蓓,马绍宾,等.云南冬虫夏草生态环境调查及生物学特性分析[J].中国食用菌,2008,27(6):8-11
- [33] 杨大荣,李朝达,舒畅,等.中国蝙蝠蛾属昆虫的种类和地理分布研究[J].昆虫学报,1996,39(4):413-422

(责任编辑 刘云霞)