DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2015.06.004

甘肃省夏河地区影响冬虫夏草种群分布的土壤理化因子调查

常毓巍，何淑玲，马令法，杨敬军，傅育红

（甘肃民族师范学院 高寒生态研究所，甘肃 合作 747000）

摘　要：[目的] 对甘肃省夏河地区冬虫夏草分布的土壤理化因子进行分析，为保护冬虫夏草生境，实现其野生资源可持续利用及半人工培养提供科学依据。[方法] 采用样方法研究土壤理化因子对冬虫夏草分布的影响。[结果] 在不同深度层次的土壤中，pH 值、全氮、全磷、速效磷和速效钾的差异不显著，土壤含水量、有机质、土壤水解氮、和全钾的差异极显著；5—10 cm 土壤中，土壤含水量、pH 值、全磷极显著影响冬虫夏草分布，虫草数量最多，虫体形态表征也最好；第 1 主成分中全磷是影响冬虫夏草种群分布的土壤理化性质的重要因子，在第 2 主成分中，pH 值是影响冬虫夏草种群分布的土壤理化性质的重要因子，第 3 主成分中，土壤含水量是影响冬虫夏草种群分布的土壤理化性质的重要因子。[结论] 冬虫夏草对土壤层、土壤含水量、土壤酸碱性和全磷等土壤因子条件有着严格的要求，影响冬虫夏草分布的土壤理化因子次序为：AP＞pH 值＞WC(土壤含水量)＞TK＞TN＞OM(有机质)＞HN(水解氮)＞TP＞AK。

关键词：冬虫夏草；土壤环境；土壤层；理化因子；生境

文献标识码：A　　**文章编号**：1000-288X(2015)06-0021-05　　**中图分类号**：Q142.3

Investigation of Physicochemical Properties in Connection with Distribution of *Cordyceps Sinensis* in Xiahe County of Gansu Province

CHANG Yuwei, HE Shuling, MA Lingfa, YANG Jingjun, FU Yuhong

(*Institute of Alpine Ecosystems of Gansu Normal University for Nationalities, Hezuo, Gansu* 747000, *China*)

Abstract: [Objective] Soil physical and chemical properties that might affect the distribution of *Cordyceps sinensis* in Xiahe area of Gansu Province were investigated. To provide supports for habitat preservation and sustainable exploitation of *Cordyceps sinensis*. [Methods] Quadrate method was used to study the effects of soil physical and chemical properties on the distribution of *Cordyceps sinensis* population. [Results] The results showed pH value, total nitrogen, total phosphorus, available phosphorus and available potassium in all investigated soil depths had no significant effects on the distribution of *Cordyceps sinensis* population, whereas the effects of water content, organic matter, soil hydrolyzable nitrogen and total potassium were significant different. In the depth of 5—10 cm, water content, pH and total phosphorus had significant effects on the presence number of *Cordyceps Sinensis*. In this layer, its number was relatively great and the shape looked well. Principal component analysis showed that, total phosphorus was an important factor that affect the population distribution of *Cordyceps sinensis* presented in the first principal component; pH value was another important factor in the second principal component; and water content was also an important factor in the third principal. [Conclusion] *Cordyceps sinensis* had strict habitat requirements, especially water content, soil pH and total phosphorus can limit its distribution, effect of soil physic and chemical factors on distribution of *Cordyceps sinensis* in order: AP＞pH＞WC(water content)＞TK＞TN＞OM(organic matter)＞HN(hydrolyzable niteogen)＞TP＞AK.

Keywords: ***Cordyceps sinensis***; **soil environment**; **soil layer**; **physical and chemical factors**; **habitat**

收稿日期:2014-09-15　　**修回日期**:2014-10-05

资助项目:国家自然科学基金项目“甘肃贝母的种质资源与土壤关系研究”(31360316)；全国第四次中药资源普查项目(2013GSZYZYPC-04)

第一作者:常毓巍(1963—)，男(汉族)，山西省平遥县人，教授，主要从事土壤农化方面的研究。E-mail:cyw8576@163.com。

通信作者:马令法(1975—)，男(汉族)，江苏省徐州市人，博士，副教授，主要从事土壤生态方面的研究。E-mail:lingfa2008@163.com。

冬虫夏草(*Cordyceps sinesis*)为麦角菌科真菌,是真菌寄生在蝙蝠蛾科昆虫幼虫后形成的子座和菌核的复合体[1]。冬虫夏草性温而味甘,药用价值极高[2-4]。冬虫夏草生活史极其复杂,必须经过相对独立的分生孢子阶段和子囊孢子阶段的转变。在自然条件下,其寄主绿蝙蝠蛾需要5～6 a才能完成1个世代,其中85%以上的时间营地下生活,全年具有世代重叠现象,且对生境要求极其特殊[5]。随着市场对资源需求日益增加,其野生环境被严重破坏,自然资源日益减少、面临枯竭[6],加强对冬虫夏草野生环境的研究和保护已刻不容缓。

冬虫夏草生长条件要求严格,在中国主要分布于青藏高原及边缘地区,包括西藏、青海、四川、甘肃、云南等省份。一般生于海拔3 600～4 500 m的山地高山灌丛草甸和高山草甸中,适宜土壤为肥沃、疏松的高山草甸土,土层深厚,水分适中。且其分布呈明显地带性和垂直分布规律,且与寄主分布一致[7]。冬虫夏草寄主对土壤生境依赖很强,近年来国内对其生境的研究主要集中在蝙蝠蛾幼虫的伴生植物、海拔界限、食性及土壤微生物与冬虫夏草的形成间的关系等方面[8-11]。而关于甘肃夏河地区冬虫夏草分布区土壤微生境的详细研究还未见报道。本文对该区冬虫夏草种群分布与土壤养分间的关系进行研究,为保护冬虫夏草生境,实现其野生资源可持续利用及半人工培养提供科学依据。

1 研究区概况

研究区域主要包括甘南州夏河县的桑科乡、甘加乡、达麦乡、麻当乡、曲奥乡、唐尕昂乡、扎油乡、博拉乡、吉仓乡、科才乡。夏河县位于甘肃省南部的西边缘,东接卓尼县,南邻碌曲县,北靠临夏州,西接青海省,海拔在3 000 ～3 800 m之间,气候属寒冷湿润类型,高原大陆性气候特点比较明显。平均气温2.6 ℃,平均降水量516 mm,平均无霜期56 d,全年日照时间为2 296 h;生境内植被主要是龙胆科、玄参科、菊科、木贼科、蔷薇科、蓼科、禾本科,植被覆盖度为78.5%,土壤厚度为32～42 cm,土质为草毡土或黑毡土。

2 研究方法

2.1 文献调查

通过查阅《青藏高原药用植物志》、《青藏高原甘南藏药植物志》、气象局年平均降水量和年平均气温等相关文献,了解冬虫夏草在青藏高原东缘分布区域的气候状况和植被状况等。

2.2 走访调查

在主要调查的桑科乡、甘加乡、达麦乡、麻当乡、曲奥乡、唐尕昂乡、扎油乡、博拉乡、吉仓乡、科才乡10个区域广泛走访当地药农、林业局、藏医院及虫草市场,来了解冬虫夏草的分布、产量等状况。

2.3 样地选择、土壤样品采集

通过当地药农向导于2012,2013,2014年虫草采挖期的5月初至6月底,连续3 a采用样地、样方调查法及走访当地采集冬虫夏草的农牧民。在设置样地和样方时,选取能反映冬虫夏草集中分布特点的区域进行样方调查,采用随机抽样的方法在该区域进行样方的选择,每年选取10个10 m×10 m典型大样方,在每个大样方中按五点法设置5个1 m×1 m小样方,共50个小样方。取样时在选定的10个大样方内采用五点法,记录样地特征及周边环境信息,包括土壤类型、海拔高度、坡度坡向、主要植被等,并在小样方内挖出30—40 cm的深坑,分别取0—5 cm,5—10 cm,10—15 cm,15—20 cm土壤样品1 kg,依次随机取样3次,将同一样地内的5个小样方的土壤样品按照0—5 cm,5—10 cm,10—15 cm,15—20 cm分层混合作为该样方的土壤样品,共20个土壤样品,用对角线法缩样封闭土样,并记录土壤类型,装入保鲜袋后编号带回实验室测定土壤理化性质。

2.4 冬虫夏草数量的统计[4]

在每个大样方内随机抽取1个小样方,细挖土深至50 cm,统计小样方内寄主昆虫的数量并称量其生物量,测量虫体长、子座长,根据样株法计算其资源量。对部分大样方,因药农采挖后破坏严重,无法精确统计冬虫夏草数量,只能根据样方中采挖后留下的坑数代表冬虫夏草的数量。

2.5 土壤理化性质分析[5]

土壤有机质含量(OM)采用电砂浴加重铬酸钾容量法测定,全氮(TN)采用半微量开氏法测定,土壤全磷(TP)采用NaOH熔融法—钼锑抗比色法测定,土壤全钾(TK)采用氢氧化钠熔融—火焰光度计法测定,土壤水解氮(HN)采用碱解扩散法测定,土壤速效磷(AP)采用碳酸氢钠法测定,土壤速效钾(AT)采用醋酸铵—火焰光度计法(1 mol/L中性NH_4OAc提取)测定,土壤含水量(WC)采用常规烘干法测定,土壤pH值采用电位法测定。

2.6 数据分析

应用DPS 7.5软件数据进行主成分分析,取主成分后,主成分数据使用层次聚类方法进行聚类分析,确定冬虫夏草土壤养分选择的主要成分。分析土

壤含水量、pH 值、有机质、全氮、水解氮、全磷、速效磷,全钾、速效钾对冬虫夏草种群分布的影响。

3　结果与分析

3.1　不同土层深度对虫草形态及数量的影响

通过对调查区冬虫夏草形态和数量综合统计并经方差分析,结果表明不同土壤深度幼虫数量差异极显著;幼虫尸体长、幼虫尸体直径、子座长、子座直径的大小次序依次表现为:5—10 cm>15—20 cm>0—5 cm>20—25 cm。由表 1 可以看出,随着土层的加深,冬虫夏草数量呈先增加后减少的变化态势,大小、粗细也先增加后减少的变化态势;5—10 cm 土壤间的虫草数量最多,平均达到 2.10 条,20—25 cm 土壤间的虫草数量最少,平均达到 0.21 条,且 20—25 cm 土层比 5—10 cm 土层的冬虫夏草的数量极显著减少了 90.00%;15—20 cm 土壤间的虫草数量较多,平均达到 1.38 条。说明甘南州夏河地区虫草主要生活在 5—10 cm 的土壤中,20 cm 以下不适宜虫草生存。

表 1　不同土层深度对冬虫夏草形态及数量的影响

项 目	土层深度/cm			
	0—5	5—10	15—20	20—25
幼虫尸体长/cm	2.31 ± 0.12^{bB}	3.67 ± 0.12^{aA}	2.55 ± 0.09^{bB}	2.46 ± 0.47^{bB}
幼虫尸体直径/mm	2.67 ± 0.13^{bB}	4.35 ± 0.17^{aA}	3.27 ± 0.43^{bB}	2.78 ± 0.44^{bB}
子座长/cm	3.84 ± 0.38^{cB}	4.97 ± 0.34^{bB}	4.53 ± 0.23^{bcB}	6.33 ± 0.44^{aA}
子座直径/mm	0.55 ± 0.12^{abAB}	0.65 ± 0.13^{aA}	0.46 ± 0.13^{bcAB}	0.36 ± 0.09^{cB}
单条虫草鲜重/g	0.15 ± 0.27^{cC}	0.35 ± 0.58^{aA}	0.28 ± 0.58^{bB}	0.16 ± 0.58^{cBC}
幼虫分布数量/条	0.48 ± 0.03^{bBC}	2.10 ± 0.06^{aA}	1.38 ± 0.04^{aAB}	0.21 ± 0.04^{bC}

3.2　调查区虫草主要分布区环境特点调查研究

调查结果显示(表 2),在上坡位、降水量 340 mm 以上、海拔 3 000 m 以上的卡加道乡、卡加曼乡、佐盖多玛乡、佐盖曼玛乡和那吾乡,虫草主要分布较多、药用和营养价值也最高,加茂贡乡和勒秀乡虫草分布较少,其价值较差。生境内植被主要是龙胆科、玄参科、菊科、木贼科、蔷薇科、蓼科、禾本科;土壤类型主要有湿黑毡土、黑毡土、草毡土、薄草毡土、湿草毡土。主要植物以嵩草、鹅绒委陵菜,问荆、圆穗蓼、珠芽蓼、金露梅等为主;植被覆盖度为 75%,土壤厚度为 30—40 cm。

表 2　冬虫夏草主要分布区环境特点

环境因子	甘加乡	达麦乡	扎油乡	唐尕昂乡	博拉乡	桑科乡	科才乡
平均海拔/m	2 950	2 780	3 020	3 210	2 996	3 050	3 260
平均降水量/mm	32	32	32	510	630	32	340
年平均气温/℃	4.0	2.0	0.3	2.8	1.9	4.0	1.6
土壤垂直分布带	棕壤土	暗棕壤土	棕黑毡土	棕壤土	棕壤土	暗棕壤土	棕壤土
植被类型	禾本科 玄参科 木贼科 蔷薇科	罂粟科 禾本科 蔷薇科 蓼 科 菊 科	菊 科 罂粟科 豆 科 蓼 科 龙胆科	禾本科 蔷薇科 木贼科 蓼 科 菊 科	报春花科 禾本科 蔷薇科 菊 科	禾本科 蔷薇科 龙胆科 菊 科	禾本科 蔷薇科 菊 科 蓼 科
土壤类型	黑毡土	草毡土	黑毡土	湿草毡土	薄草毡土	湿黑毡土	湿草毡土
坡 位	上坡位	上坡位	上坡位	中坡位	中坡位	上坡位	上坡位

3.3　不同土壤层理化性质

对 50 个样方中的土壤理化性质参数进行单因素方差分析法的结果表明(表 3),3 层土壤中的 pH 值,TN,TP,AP 和 AK 差异不显著($p>0.05$),WC,OM,HN,和 TK 差异极显著($p<0.01$)。虫草主要分布区的土壤中 OM,HN,AK 含量较高。pH 值随土壤层的加深逐渐酸性增加,其他土壤养分均随土壤层的加深呈先出现增加后降低的态势。

3.4　土壤理化性质主成分分析相关系数的特征值和方差贡献率

通过主成分分析得出(表 4),前 3 个主成分特征值 $K_1=6.490\ 8>1.000\ 0$,$K_2=1.586\ 8>1.000\ 0$,且贡献率最高,3 个主成分累计贡献率达 100%>85%,可见前 3 个主成分基本包含了 0—5 cm,5—10 cm,10—15 cm,15—20 cm 不同土壤层中 WC,OM,pH 值,TN,HN,TP,AP,TK 和 AK 这 9 个参数的

100%的总信息量，故选前 3 个主成分。

3.5 土壤理化性质因子旋转

本研究在主成分分析的基础上，经方差最大旋转后的因子矩阵提取前 3 个主成分计算各变量特征向量，有表 5 可以看出，第 1 主成分与 AP 相关系数最高，反映了影响冬虫夏草种群分布的土壤理化性质的一个重要因子为 AP。在第 2 主成分中，相关系数较高的为 pH 值，反映了冬虫夏草对土壤酸碱性的严格要求，在第 3 主成分中，相关系数较高的为 WC，表明土壤含水量是影响冬虫夏草在土壤中分布的重要因子。

表 3 不同土壤层理化性质调查(n=21)

项 目	土壤层/cm			
	0—5	5—10	10—15	15—20
土壤含水量(WC)	35.08±0.07^{cC}	33.76±0.06^{bB}	32.32±0.04^{aA}	28.14±0.05^{dD}
有机质(OM)	40.01±0.05^{bB}	45.28±0.08^{aA}	36.32±0.07^{cC}	30.35±0.10^{dD}
pH 值	6.85±0.08^{aA}	6.88±0.12^{aA}	6.89±0.05^{aA}	6.90±0.07^{aA}
全氮(TN)	4.21±0.05^{aA}	4.29±0.07^{aA}	4.18±0.028^{aA}	4.16±0.11^{aA}
水解氮(HN)	38.72±0.05^{bB}	42.05±0.08^{aA}	35.21±0.07^{cC}	32.20±0.09^{dD}
全磷(TP)	1.51±0.07^{aA}	1.53±0.06^{aA}	1.52±0.06^{aA}	1.48±0.09^{aA}
速效磷(AP)	18.39±0.05^{aA}	18.47±0.05^{aA}	18.34±0.05^{aA}	18.34±0.06^{aA}
全钾(TK)	4.70±0.07^{bB}	4.89±0.05^{aA}	4.62±0.06^{cC}	4.47±0.06^{dD}
速效钾(AK)	142.01±0.06^{aA}	143.65±0.10^{aA}	142.79±0.05^{aA}	144.82±0.09^{aA}

注：同行数据后小写字母表示 5%水平差异显著性，大写字母表示 1%水平差异显著性。下同。

表 4 土壤理化性质的特征值和方差贡献率

主成分	特征值	贡献率/%	累计贡献率/%
1	6.490 8	72.120 2	72.120 2
2	1.586 8	17.631 5	89.751 7
3	0.922 3	10.248 3	100.000 0
⋮	⋮	⋮	⋮

表 5 冬虫夏草土壤生境选择参数特征向量的转置矩阵

变量	第 1 特征向量	第 2 特征向量	第 3 特征向量
WC	0.256 7	−0.198 5	0.945 9
OM	0.860 9	−0.304 4	0.407 7
pH	−0.311 3	0.950 1	−0.019 7
TN	0.974 3	−0.045 6	0.220 7
HN	0.894 2	−0.330 3	0.302 3
TP	0.589 0	−0.166 5	0.790 8
AP	0.995 1	−0.069 5	0.070 9
TK	0.897 2	−0.199 2	0.394 1
AK	−0.003 5	0.850 5	−0.525 9

3.6 土壤理化性质对冬虫夏草分布的影响

采用聚类分析将原始数据标准化后统计 3 层土壤的理化性质参数对冬虫夏草分布的影响，结果表明：在 0—5 cm 土层中，AP 和 TK 极显著影响冬虫夏草的分布；pH 值和 TN 显著影响冬虫夏草的分布，在此层影响虫草分布的前 4 位因子依次为：AP＞TK＞pH 值＞TN；在 5—10 cm 土层中，pH 值和 AP 极显著影响冬虫夏草的分布，WC 和 OM 极显著，影响冬虫夏草的分布影响虫草分布的前 4 位因子依次为：AP＞pH 值＞WC＞TK；在 15—20 cm 土层中，影响冬虫夏草的分布影响虫草分布的前 4 位因子依次为：AP＞pH 值＞WC＞TK；在 20—25 cm 土层中，影响冬虫夏草的分布影响虫草分布的前 4 位因子依次为：AP＞pH 值＞WC＞TK(表 6)。

6 影响冬虫夏草分布的土壤理化性质的聚类分析

变量	土壤层/cm			
	0—5	5—10	15—20	20—25
WC	0.75^{bB}	0.73^{bcB}	0.74^{bcB}	0.74^{cB}
OM	0.76^{bB}	0.80^{bB}	0.85^{bA}	0.85^{bA}
pH	0.70^{bcBC}	0.71^{cB}	0.71^{cdC}	0.71^{dBC}
TN	0.72^{bcBC}	0.78^{bA}	0.78^{bB}	0.79^{bcB}
HN	0.79^{bB}	0.82^{bA}	0.84^{bA}	0.85^{bA}
TP	0.93^{aA}	0.93^{aA}	0.91^{aA}	0.88^{bA}
AP	0.62^{cC}	0.68^{cdB}	0.68^{dD}	0.69^{eC}
TK	0.64^{cC}	0.76^{bcB}	0.77^{bA}	0.78^{beB}
AK	0.91^{bA}	0.96^{aA}	0.97^{aA}	0.98^{aA}

4 讨 论

(1) 调查研究结果表明在夏河冬虫夏草分布的地区土壤深度 0—5 cm 的平均含水量最高，这与该地区的降水量有关，与甘南高原地区的合作、玛曲、碌曲地区相比夏河县较为干旱；15—20 cm 的土壤含水量最低。蝙蛾幼虫喜在高湿环境中(土壤湿度 40%～46%)感染萌发[6]，通过对虫草分布区的土壤理化性质分析发现本调查区虫草主要分布区的土壤为湿黑

毡土、湿草毡土,土壤湿度符合生理要求。土壤各层间的其他理化性质如 pH 值,TN,TP,AP 和 AK 所调查的 3 层土壤中差异不显著,基本是衡定的,研究发现 WC,OM,HN 和 TK 在 3 层土壤中差异极显著。分布区环境特点的调查数据表明,甘南高原夏河地区冬虫夏草主要分布在海拔为 3 100 m 以上的上坡位、中坡位的高山草甸或高山灌丛草甸植被类型(嵩草、鹅绒委陵菜,木贼、圆穗蓼、珠芽蓼、金露梅、银露梅为主)的土层中,土壤接近中性。

(2) 本研究结果显示,冬幼虫主要生活在 5—10 cm 的土壤中,冬虫夏草寄主昆虫主要是在土壤中度过其生命周期,作为其栖息环境的土壤直接影响着冬虫夏草的种群分布。通过本研究可以说明,在甘肃省夏河地区 AP,pH 值,WC 是影响冬虫夏草的生长和分布的主要土壤因子,冬虫夏草寄主幼虫的生长可能受到土壤中其他生物因子、植被类型的影响,这有待于今后进一步的研究证实。

(3) 随着土层的加深,冬虫夏草数量、大小、单条虫草鲜重呈现先增加后减少的变化态势;5—10 cm 土壤间的虫草数量最多,形态最佳;该地区冬虫夏草种群分布区的土壤 pH 值为弱酸性,且 3 层土壤间的 pH 值差异不显著,这与吴庆贵等[5] 的研究结果相一致。

(4) 调查发现近几年,农牧民保护草院生态的意识有所提高,在采挖后养成了随手回填的习惯,在一定程度上缓解了对生态环境的破坏,但在冬虫夏草采挖季节,几乎每家所有的人都上山采挖,年年如此,加之近几年的超载放牧及草原生态环境逐渐恶化,冬虫夏草的产量严重下降,部分原产丰富地区已经近乎灭绝。

5　结 论

通过对夏河地区冬虫夏草分布区连续 3 a 的跟踪、走访、野外调查和统计分析研究,表明在调查的 4 层土壤层中 5—10 cm 土层中冬虫夏草分布最多,虫体形态表征也最好,发现土壤理化因子对冬虫夏草种群分布与生存影响较大,结合主成分和聚类分析得出影响冬虫夏草分布的土壤理化因子的排序为:AP>pH 值>WC>TK>TN>OM>HN>TP>AK。

[参 考 文 献]

[1] 中华人民共和国卫生部药典委员会. 中华人民共和国药典(一部)[M]. 北京:化学工业出版社,2005.

[2] 陈宏玲. 冬虫夏草的研究进展[J]. 中国实用医药杂志,2007,2(7):108-109.

[3] 李进,冯成强,张文生. 冬虫夏草研究回顾与展望[J]. 中国农学通报,2008,24(2):380-384.

[4] 吕献康,沈建华,舒小英. 冬虫夏草生态生物学特性考察报告[J]. 中国现代应用药学杂志,2005,22(2):134-135.

[5] 吴庆贵,苏智先,苏瑞军,等. 冬虫夏草生境选择主导因子[J]. 广西植物,2009,29(3):331-336.

[6] 杨跃雄,杨大荣,沈发荣,等. 虫草菌感染虫草蝠蛾幼虫的研究[J]. 动物学研究,1989,10(3):227-231.

[7] 暴增海,马桂珍,张昌兆. 我国的虫草资源及其开发利用现状与展望[J]. 资源科学,1994(5):49-53.

[8] 杨大荣,龙勇诚,沈发荣,等. 云南虫草蝠蛾生态学的研究(I):区域分布和生态地理分布[J]. 动物学研究,1987,8(1):1-11.

[9] 陈仕江,尹定华,李黎,等. 西藏那曲地区冬虫夏草资源及分布[J]. 中药材,2000,23(11):673-675.

[10] 王宏生. 冬虫夏草生长地土壤微生物量季节动态变化研究[J]. 草业与畜牧,2008,154(9):11-16.