

何淑玲,赵垦田,马令法,等. 影响冬虫夏草分布的土壤理化因子分析——以甘南州合作地区为例[J]. 江苏农业科学,2015,43(9):395-398. doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.09.125

影响冬虫夏草分布的土壤理化因子分析 ——以甘南州合作地区为例

何淑玲^{1,2}, 赵垦田², 马令法¹, 杨敬军¹, 傅育红¹, 常毓巍¹

(1. 甘肃民族师范学院高寒生态研究所,甘肃合作 74700; 2. 西藏大学农牧学院资源环境学院,西藏林芝 86000)

摘要:采用样方法研究土壤理化因子对冬虫夏草分布的影响。结果表明:5~10 cm 土壤中,土壤含水量显著影响冬虫夏草的分布,pH 值、全钾含量极显著影响冬虫夏草的分布,且虫草数量最多,虫体形态表征也最好;第一主成分中全磷含量是影响冬虫夏草种群分布的主要土壤理化性质因子,第二主成分中 pH 值是影响冬虫夏草种群分布的主要因子。说明冬虫夏草对土壤层、土壤酸碱性、全钾含量和全磷含量有严格要求。

关键词:冬虫夏草;土壤环境;土壤层;理化因子;生境

中图分类号:S567.3⁺50.1 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2015)09-0395-04

冬虫夏草[*Cordyceps sinensis* (Berk.) Sacc.]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,具有补肺、益肾、补精髓及诸虚百损、止咳平喘、止血化痰、补肺益肾、抗白血病、抗抑郁症、抗辐射、抗癌、防癌、提高人体免疫功能、造血能力和调节免疫系统之功效,主治久咳虚喘、劳嗽咳血、病后虚弱、消瘦失眠、阳痿遗精、腰膝酸痛等症^[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年才能完成1个世代,其中85%以上的时间在地下生活,且对生境要求极其特殊^[5]。随着市场对虫草需求日益增加,其野生环境被严重破坏,自然虫草日益减少、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,在我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。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、海拔界限及食性等方面^[8-9]。而关于甘南州合作地区冬虫夏草(含寄主昆虫,下同)分布区土壤微生境的研究还未见报道。本试验对该区冬虫夏草种群分布与土壤养分间的关系进行了研究,为保护冬虫夏草生态环境,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 研究区域概况

研究区域包括甘肃省合作市的4个街道、7个乡(当周街道、伊合昂街道、坚木克尔街道、通钦街道、卡加曼乡、卡加道乡、佐盖多玛乡、佐盖曼玛乡、加茂贡乡、勒秀乡、那吾乡)。合作市(102°47'51"~103°22'00"E,35°18'50"~35°66'29"N)

收稿日期:2014-09-13

基金项目:国家自然科学基金(编号:31360316);全国第4次中药资源普查项目(编号:2013GSZYZYPC-04)。

作者简介:何淑玲(1975—),女,甘肃陇西人,博士,副教授,主要从事药用植物研究。E-mail:heshuling2010@163.com。

[8]赵旭,常思静,景春娥,等. 我国植物内生菌研究进展[J]. 中国沙漠,2010,30(1):87-91.

[9]Fisher P J, Petrini O, Scott H M L. The distribution of some fungal and bacterial endophytes in maize (*Zea mays* L.) [J]. New Phytologist, 1992, 122(2):299-305.

[10]Demain A L. Antibiotics: natural products essential to human health [J]. Medicinal Research Reviews, 2009, 29(6):821-842.

[11]Demain A L, Sanchez S. Microbial drug discovery: 80 years of progress [J]. The Journal of Antibiotics, 2009, 62(1):5-16.

[12]杜慧竟,苏静,余利岩,等. 药用植物内生放线菌的分离和生物学特性[J]. 微生物学报, 2013, 53(1):15-23.

[13]刘芸,殷红,仇农学. 一株产白藜芦醇虎杖内生真菌的分离和鉴定[J]. 菌物学报, 2010, 29(4):502-507.

[14]刘华金,易有金,杨建奎,等. 转化白藜芦醇苷虎杖内生真菌的分离和鉴定[J]. 食品科学, 2012, 33(11):172-176.

[15]彭浩,陈文强,邓百万,等. 1株产白藜芦醇及白藜芦醇苷虎杖内生真菌的分离鉴定[J]. 江苏农业科学, 2012, 40(8):342-345.

[16]阮继生,黄英. 放线菌快速鉴定与系统分类[M]. 北京:科学出版社, 2011.

[17]张曼,解修超,陈文强,等. 红豆杉内生放线菌的分离及活性菌株的筛选与鉴定[J]. 食品与生物技术学报, 2012, 31(5):549-554.

[18]彭浩,陈文强,邓百万,等. 药用植物虎杖内生菌的研究现状与应用展望[J]. 江苏农业科学, 2014, 42(8):1-4.

[19]孔亚男,陈文强,邓百万,等. 虎杖内生放线菌的分离鉴定及抗菌活性[J]. 福建农林大学学报:自然科学版, 2012, 41(6):616-621.

[20]陈文强,彭浩,邓百万,等. 药用植物虎杖内生放线菌的分离及抑菌活性的研究[J]. 陕西理工学院学报:自然科学版, 2012, 28(6):61-67.

地处甘南藏族自治州北部,东连卓尼,南靠碌曲,西接夏河,北倚临夏州的和政、临夏 2 县。该区域地理位置独特,区位优势明显,平均海拔 3 000 m 以上(表 1),属于高原气候,昼夜温差大,年均气温 1.7 ℃,无绝对无霜期。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,以蒿草、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。土壤类型主要有湿黑草毡土、黑毡土、草毡土、薄草毡土、冷棕钙、冷钙土、暗寒钙土。

表 1 冬虫夏草主要分布区环境特点

分布地区	海拔 (m)	平均降水量 (mm)	年平均气温 (℃)	植被类型	土壤类型	坡位
卡加道乡	>3 400	516	0.5	龙胆科、玄参科、菊科、木贼科、蔷薇科	湿黑草毡土	上坡位
卡加曼乡	3 210	510	2.8	菊科、罂粟科、豆科、蓼科	黑毡土	上坡位
佐盖多玛乡	3 800	530	0.3	罂粟科、禾本科、蔷薇科、菊科、蓼科	草毡土	上坡位
佐盖曼玛乡	>3 220	590	2	禾本科、蔷薇科、木贼科、菊科	薄草毡土	上坡位
加茂贡乡	2 860	250	8	报春花科、禾本科、蔷薇科、蓼科	冷棕钙土	中坡位
勒秀乡	2 700	250	12	禾本科、菊科、蔷薇科、蓼科	冷钙土	中坡位
那吾乡	3 000	340	1.6	龙胆科、禾本科、蔷薇科、菊科	暗寒钙土	上坡位

2 研究方法 with 内容

2.1 样地选择、土壤样品采集

通过当地药农的向导在 2011 年、2012 年、2013 年、2014 年冬虫夏草采挖期的 5 月初至 6 月底,连续 4 年采用样地样方调查法,结合问卷走访常年在当地采集冬虫夏草的农牧民,他们对合作地区冬虫夏草的分布区域相对熟悉。设置样地和样方时,选择既能反映冬虫夏草野生资源野外生存状况,又能反映冬虫夏草集中分布特点的区域进行样方调查。调查区采用随机抽样的方法进行样方选择,调查时每年选取 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,包括经纬度、海拔高度、坡度坡向、草地类型、主要植被等,并在样方内取 0~5、5~10、10~15、15~20 cm 土壤样品,随机取样 3 次,并将每层土样混合后作为该样方的土壤样品,共 21 个土壤样品。记录土壤类型,用对角线法缩样并封闭土样,编号后装入保鲜袋带回实验室测定。

2.2 冬虫夏草数量的统计

调查并测定每个样方内的冬虫夏草株数、植被组成、植物盖度、密度、高度、分布状况、生长状况、土壤类型、土壤理化性质等指标,在每个大样方中采挖冬虫夏草 10 株,称量其生物量,测量虫体长、子座长,并在烘箱中 80 ℃ 下烘干至恒质量后称干质量,根据样株法计算其资源量。同时采集相应样方中的土壤样品 1 kg。

在每个大样方内随机抽取 1 个小样方,细挖土深至 50 cm,统计小样方内冬虫夏草和寄主昆虫的数量。由于部分大样方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坑的数量代表冬虫夏草的数量。

2.3 土壤理化因子分析

土壤有机质含量(OM)采用电砂浴加重铬酸钾容量法测定;土壤全氮(TN)含量采用半微量凯氏定氮法测定;土壤全磷(TP)含量采用 NaOH 熔融法-钼锑抗比色法测定;土壤全钾(TK)含量采用氢氧化钠熔融-火焰光度计法测定;土壤水解氮(HN)含量采用碱解扩散法测定;土壤速效磷(AP)含量采用碳酸氢钠法测定;土壤速效钾(AT)含量采用醋酸铵-火

焰光度计法(1 mol/L 中性 NH₄OAc 提取)测定;土壤含水量(WC)采用烘干法测定;土壤 pH 值采用电位法测定^[10]。

2.4 数据处理

应用 DPS 7.5 统计软件分析处理数据并对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。利用逐步判别分析(discriminant analysis)法分析自由水、吸湿水、pH 值、有机碳含量、有机质含量、全氮含量、水解氮含量、全磷含量和有效磷含量对冬虫夏草种群分布的影响。

3 结果与分析

3.1 不同土壤层理化性质分析

对 21 个样方中的土壤理化性质参数进行单因素方差分析的结果(表 2)表明,不同土壤深度的 pH 值、TN 含量、TP 含量和 AP 含量差异不显著($P>0.05$),所以在判别分析时利用 4 层土层深度的 pH 值、TN 含量、TP 含量和 AP 含量平均值进行统计。分析发现,WC、OM、TK 含量和 AK 含量差异极显著($P<0.01$)。HN 在 0~5 cm 层、10~55 cm 层、20~25 cm 层差异不显著。

3.2 土壤理化性质的主成分分析

对 21 个小样方的 WC、OM、pH 值、TN 含量、HN 含量、TP 含量、AP 含量、TK 含量和 AK 含量 9 个参数进行主成分分析,得到不同土壤层的 9 个相关系数矩阵(表 3)。表 3 表明,85% 以上数据的绝对值大于 0.30;各变量至少与 1 个以上的其他变量有较大的相关性,OM 与 WC、TN 含量、HN 含量、AP 含量和 AK 含量之间显著相关($\alpha=0.05$ 时, $r=0.950\ 0$),TN 含量与 TP 含量和 TK 含量之间显著相关,TP 含量与 AK 含量之间显著相关,HN 含量与 AP 含量和 AK 含量之间极显著相关($\alpha=0.01$ 时, $r=0.990\ 0$),AP 含量与 AK 含量之间显著相关。

由表 4 可以看出,前 2 个主成分特征值 $K_1=7.525\ 6>1.000\ 0$, $K_2=1.186\ 6>1.000\ 0$,且贡献率最高,累计贡献率达 96.802 3>85%。可见,前 2 个主成分基本包含了 0~5、5~10、10~15、15~20 cm 不同土壤层中 WC、OM、pH 值、TN 含量、HN 含量、TP 含量、AP 含量、TK 含量和 AK 含量 9 个参数的 96.80% 的总信息量,所以选前 2 个主成分。

表 2 不同深度土壤理化性质比较

土壤层 (cm)	WC (%)	OM (g/kg)	pH 值	TN 含量 (g/kg)	HN 含量 (mg/kg)
0~5	39.52±0.05aA	34.31±0.05bB	7.02±0.09aA	2.21±0.04aA	31.82±0.06bB
5~10	37.76±0.07bB	35.28±0.09aA	7.04±0.13aA	2.29±0.06aA	32.05±0.08aA
15~20	34.38±0.06cC	32.30±0.05cC	7.05±0.05aA	2.18±0.03aA	31.71±0.05bB
20~25	29.24±0.05dD	26.35±0.10dD	7.04±0.06aA	2.16±0.01aA	31.70±0.08bB

土壤层 (cm)	TP 含量 (g/kg)	AP 含量 (mg/kg)	TK 含量 (g/kg)	AK 含量 (mg/kg)
0~5	1.41±0.05aA	11.49±0.05aA	2.80±0.06bB	182.41±0.06cC
5~10	1.43±0.07aA	11.57±0.05aA	2.99±0.06aA	183.60±0.10aA
15~20	1.42±0.06aA	11.44±0.05aA	2.72±0.05cC	182.89±0.05bB
20~25	1.38±0.09aA	11.44±0.06aA	2.57±0.05dD	176.92±0.09dD

注:同列数据后不同小写、大写字母分别表示在 5%、1% 水平差异显著。下同。

表 3 土壤不同理化性状相关系数

理化性状	相关系数								
	WC	OM	pH 值	TN 含量	HN 含量	TP 含量	AP 含量	TK 含量	AK 含量
WC	1.000 0								
OM	0.953 2	1.000 0							
pH 值	0.636 5	0.379 1	1.000 0						
TN 含量	0.884 5	0.978 6	0.203 7	1.000 0					
HN 含量	0.898 1	0.971 7	0.320 8	0.937 4	1.000 0				
TP 含量	0.756 5	0.917 6	0.005 0	0.950 7	0.943 9	1.000 0			
AP 含量	0.902 2	0.974 3	0.324 7	0.940 5	0.999 9	0.943 6	1.000 0		
TK 含量	0.811 1	0.907 1	0.118 2	0.965 5	0.814 8	0.873 3	0.820 1	1.000 0	
AK 含量	0.853 0	0.960 3	0.208 6	0.948 1	0.993 1	0.975 5	0.992 7	0.835 5	1.000 0

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	7.525 6	83.617 7	83.617 7
2	1.186 6	13.184 5	96.802 3
3	0.287 8	3.197 7	100.000 0
⋮	⋮	⋮	⋮

3.4 土壤理化性质因子旋转分析

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 2 个主成分计算各变量特征向量(表 5),表 5 表明,第一主成分与 TP 含量相关系数最高,反映了影响冬虫夏草种群分布的土壤理化性质的首要因子为 TP 含量。在第二主成分中,相关系数最高的为 pH 值,反映了冬虫夏草对土壤酸碱性的严格要求。

表 5 土壤理化参数与主成分相关系数

变量	第一特征向量	第二特征向量
WC	0.804 2	0.587 0
OM	0.946 3	0.320 4
pH 值	0.062 5	0.998 0
TN 含量	0.979 3	0.142 2
HN 含量	0.946 6	0.263 0
TP 含量	0.993 5	-0.056 8
AP 含量	0.947 5	0.266 9
TK 含量	0.920 5	0.059 1
AK 含量	0.972 7	0.148 9

3.4 不同土层深度对冬虫夏草形态及数量的影响

调查区不同土壤深度冬虫夏草形态和数量见表 6。随着土层的加深,冬虫夏草数量呈先增加后减少的变化趋势,大小、粗细也先增加后减少的变化态势。不同土壤深度幼虫数量差异极显著,5~10 cm 土壤间的冬从夏草数量最多,平均达到 2.10 条,15~20 cm 土壤间的冬从夏草数量较多,平均达到 1.38 条,20~25 cm 土壤间的冬从夏草数量最少,平均达到 0.21 条。说明甘南州合作地区冬从夏草主要生活在 5~10 cm 的土壤中,20 cm 以下不适宜冬从夏草生存。幼虫尸体长、幼虫尸体直径、子座长、子座直径从大到小依次为 5~10 cm>15~20 cm>0~5 cm>20~25 cm。

3.5 土壤理化性质对冬虫夏草分布的影响

采用判别分析统计不同土壤深度理化性质参数对冬虫夏草分布的影响,结果见表 7。在 0~5 cm 土层中,pH 值、TN 含量显著影响冬虫夏草的分布,WC、TK 含量极显著影响冬虫夏草的分布;在 5~10 cm 土层中,WC 显著影响冬虫夏草的分布,pH 值、TK 含量极显著影响冬虫夏草的分布;在 15~20 cm 土层中,OM、TK 含量显著影响冬虫夏草的分布,WC、pH 值、TN 含量极显著影响冬虫夏草的分布;在 20~25 cm 土层中,OM、pH 值、TK 含量显著影响冬虫夏草的分布,WC、TN 含量极显著影响冬虫夏草的分布。HN 含量、AP 含量、AK 含量在 4 层土壤中均不影响冬虫夏草的分布。

4 结论与讨论

甘南高原合作地区冬虫夏草主要分布在海拔为 3 200 m

表 6 不同土层深度的冬虫夏草形态及数量

土壤层 (cm)	幼虫尸体长 (cm)	幼虫尸体直径 (mm)	子座长 (cm)	子座直径 (mm)	幼虫数量 (条)
0~5	2.78±0.51bB	2.89±0.31cB	3.84±0.38bB	0.45±0.07bB	0.48±0.51cC
5~10	3.00±0.53aA	4.29±0.23aA	6.26±0.37aA	0.63±0.09aA	2.10±1.04aA
15~20	2.39±0.12bAB	2.94±0.18bB	4.44±0.21bB	0.40±0.06bB	1.38±0.86bB
20~25	2.03±0.47bB	2.28±0.17cB	4.37±0.16bB	0.36±0.08bB	0.21±0.76dD

表 7 土壤理化性质对冬虫夏草分布的影响(逐步判别分析)

土壤层 (cm)	WC	OM	pH 值	TN 含量	HN 含量	TP 含量	AP 含量	TK 含量	AK 含量
0~5	0.68bB	0.87aA	0.72bA	0.74bA	0.95aA	0.92aA	0.95aA	0.63bB	0.72aA
5~10	0.79bA	0.89aA	0.74bB	0.89aA	0.93aA	0.95aA	0.99aA	0.72bB	0.97aA
15~20	0.67cC	0.81bA	0.74bB	0.72bB	0.92aA	0.91aA	0.95aA	0.82bA	0.95aA
20~25	0.62cC	0.79bA	0.76bA	0.71bB	0.90aA	0.88aA	0.95aA	0.82bA	0.93aA

以上的上坡位高山草甸或高山灌丛草甸植被类型的土层中,土壤主要是高山草甸土,部分亚高山草甸土也有分布。随着土层的加深,冬虫夏草数量、大小、粗细呈现先增加后减少的变化态势;5~10 cm 土壤间的冬从夏草数量最多;该地区土壤的 pH 值偏碱性,且 4 层土壤间的 pH 值差异不显著,这与吴庆贵等的研究结果^[5]相一致。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;15~20 cm 的土壤含水量变化较大。蝠蛾幼虫喜在高湿环境中(土壤湿度 40~46%)感染萌发^[6]。

冬幼虫主要生活在 5~10 cm 的土壤中,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。在 0~5 cm 土层中,WC、TK 含量极显著影响冬虫夏草的分布;在 5~10 cm 土层中,pH 值、TK 含量极显著影响冬虫夏草的分布;在 15~20 cm 土层中,WC、pH 值、TN 含量极显著影响冬虫夏草的分布;在 20~25 cm 土层中,WC、TN 含量极显著影响冬虫夏草的分布。HN 含量、AP 含量、AK 含量在 4 层土壤中均不影响冬虫夏草的分布。

土壤各层间的其他理化性质如 pH 值、TN 含量、TP 含量和 AP 含量所调查的 4 层土壤中差异不显著,基本是恒定的,WC、OM、TK 含量和 AK 含量 4 层土壤中差异极显著,HN 含量在 0~5、15~20、20~25 cm 土层间差异不显著。主成分分析结果表明,第一主成分中 TP 含量为影响冬虫夏草种群分布的土壤理化性质的主要因子为 TP 含量,第二主成分中的主要因子为 pH 值反映了冬虫夏草对土壤酸碱性的严格要求。

土壤理化因子对冬虫夏草种群分布与生存影响较大,第一主成分中 TP 含量相关系数最高,是影响冬虫夏草种群分布的土壤理化性质的主要因子,在第二主成分中,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。且在调查的 4 层土壤层中冬从夏草主要生活在 5~10 cm 土层中,pH 值、TK 含量极显著影响冬虫夏草的分布,且冬虫夏草分布最多,虫体形态表征也最好,20 cm 以下不适宜冬从夏草生存。综合所有分析得出,TP 含量、pH 值、TK 含量是调查区土壤中影响冬虫夏草分布的关键因子,而 HN 含量、AP 含量、AK 含量在 4 层土壤中均不影响冬虫夏草的分布。

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:人民卫生出版社,1985.

[2] 朱印酒,段双全,欧珠朗杰. 冬虫夏草的研究进展[J]. 中央民族大学学报:自然科学版,2009,18(2):108-109.

[3] 刘飞,伍晓丽,尹定华,等. 冬虫夏草寄主昆虫的生物学研究概况[J]. 重庆中草药研究,2005(1):45-52.

[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,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]. 自然资源,1994,16(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] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 3 版. 北京:中国农业出版社,2005.