

文章编号: 1008-2786-(2013)5-527-07

# 祁连山北坡土壤特性与植被垂直分布的关系

牛 贇<sup>1,2</sup>, 刘贤德<sup>1,2\*</sup>, 敬文茂<sup>1</sup>, 雷 军<sup>1</sup>, 苗毓新<sup>1</sup>

(1. 甘肃省祁连山水源涵养林研究院, 甘肃 张掖 734000; 2. 甘肃农业大学林学院, 甘肃 兰州 70070)

**摘 要:** 祁连山垂直植被带沿海拔从低到高依次为荒漠草原带、干性灌丛草原带、山地森林草原带、亚高山灌丛草甸带、高山寒漠草甸带。在这些植被带上选择典型的植被类型设置样地, 采用半微量凯氏、氢氧化钠-钼锑抗比色法、 $\text{CaCO}_3$  分子式求法、土壤烘干法、环刀法等方法进行土壤特性相关因子调查分析。结果表明: 1. 荒漠草原带土壤有机质含量只有 1.65%, 全氮量和全磷量分别是 0.14% 和 0.089%, 含量最少, 而干性灌丛草原带、山地森林草原带、亚高山灌丛草甸带土壤有机质含量相差不大, 都在 10%~12% 之间变动。2. 青海云杉林、高山灌丛林、祁连山圆柏林、低山灌丛、牧坡草地、无林地其下 0~60 cm 的土壤容重依次增大, 从 0.53 g/cm<sup>3</sup> 增大到 1.02 g/cm<sup>3</sup>。相应地, 其下土壤孔隙度依次减小, 从 72.64% 减小到 48.11%。3. 祁连山北坡不同土壤类型上的优势种数量随海拔升高呈先逐渐增加而后逐渐减少, 即呈倒 U 型分布趋势。了解和掌握土壤特性和植被垂直分布之间的响应关系, 可为植被恢复提供科技支撑。

**关键词:** 垂直植被带; 土壤养分; 土壤容重; 土壤孔隙度; 祁连山北坡

**中图分类号:** Q948.2 S158

**文献标志码:** A

植被和土壤是自然综合体各个组成成分中最活跃的因素。植被和土壤的分布特点、形成过程直接地反映了自然综合体的特征。从植被、土壤的发育、发展过程看, 它们两者最重要的制约因素都是气候因素。山区垂直气候带是海拔和地形影响而形成的特殊气候, 土壤和植被的垂直分布特点和相互响应关系直接反映着山区垂直气候带的特征<sup>[1-3]</sup>。因此, 土壤特性和植被分布之间的关系成为目前山区垂直气候变化研究中的热点。在分析山区气候变化的过程中, 有些学者开展了植被生物量和土壤营养成分与海拔之间的关系研究<sup>[4]</sup>, 或者不同植被恢复类型

下表层土壤水稳性团聚体粒径分布及其有机碳含量的变化<sup>[5]</sup>, 或者植被演替过程与土壤特性变化关系研究<sup>[6]</sup>, 有些学者开展不同植被类型与水热状况之间的关系研究<sup>[7]</sup>, 或者土壤水分与植被类型之间的关系研究<sup>[8]</sup>, 这些研究成果要么着重于土壤水热状况研究, 要么着重于土壤营养成分研究, 但将土壤营养成分和土壤物理性质结合起来研究我国西北高山区垂直气候带分布特征报道还不多。

青藏高原因海拔高和寒冷, 被称为世界第三极, 被认为是气候变化的敏感区。高原四周存在极端悬殊、对比强烈的气候和植被地带。位于其北沿的祁

收稿日期(Received date): 2012-12-05; 改回日期(Accepted): 2013-04-12。

基金项目(Foundation item): 由甘肃省自然科学基金计划项目《祁连山气候梯度变化与植被垂直分布的响应关系》(1107RJZG268)、国家科技支撑计划项目《祁连山区水源涵养功能监测与增贮潜力评估》(2012BAC08B01)、国家自然科学基金重大项目《祁连山区亚高山灌丛特征与生态水文过程的关系研究》(91125012) 联合资助。[United fund by Gansu Province Natural Science Fund Project "Response relationship between climatic gradient variation and vertical distribution of vegetation in Qilian Mountains" (1107RJZG268), and National Technology Support Program "Water conservation function monitoring and increasing storage evaluation in Qilian mountains" (2012BAC08B01), and National Natural Science Fund Project "Study on relationship between subalpine shrub characteristics and ecological hydrologic process in Qilian mountain" (91125012).]

作者简介(Biography): 牛贇(1974-), 男, 甘肃通渭人, 高级工程师, 在读博士生, 主要从事森林和湿地生态学方面的研究。[Niu Yun (1974-), male, Gansu Tongwei person, senior engineer, doctor student, mainly engaged in research on forest and wetland ecology.] E-mail: niuyun2028@163.com, Tel: 13649361345

\* 通信作者(Corresponding author) 刘贤德(1963-), 男, 甘肃金塔人, 博士生导师, 研究员, 主要从事森林生态和保护方面的研究。[Liu Xiande (1963-), male, Gansu Jinta person, doctoral tutor, Professor, mainly engaged in research on forest ecology and protection.]

连山,是青藏高原、内蒙古高原和黄土高原过渡区,基带属于暖温带干旱区,其北坡水热差异明显,从低海拔到高海拔依次分布荒漠草原带、干性灌丛草原带、山地森林带、亚高山灌丛草甸带、高山寒漠带。相对应的土壤类型依次为山地灰钙土、山地栗钙土、山地灰褐土、灌丛草甸土、寒漠土。在这些地区深入研究土壤特性与植被垂直分布的关系,无疑对认识山区垂直气候变化特征具有重要的理论和现实意义。本研究旨在分析祁连山北坡不同海拔土壤特性与植被垂直分布的关系,希望为进一步深入研究气候变化对土壤特性和植被分布的影响提供参考。

## 1 研究区概况

祁连山(36°30′~39°30′N,93°30′~103°E)是我国西北地区著名的高大山系之一,具典型大陆性气候特征。一般山前低山属荒漠气候,年均温6℃左右,年降水量约150 mm。中山下部属半干旱草原气候,年均温2℃~5℃,年降水量250~300 mm,中山上部为半湿润森林草原气候,年均温0~1℃,年降水量400~500 mm。高山属寒冷湿润气候,年均温-5℃左右,年降水量约800 mm。山地东部气候较湿润,西部较干燥。

试验区位于祁连山西水林区排露沟流域(38°24′N,100°17′E),流域面积259 hm<sup>2</sup>,呈中卵形,土壤平均厚度0.5 m。森林总面积118.3 hm<sup>2</sup>,覆盖率40.1%,郁闭度0.7左右,流域内阴坡以乔木林为主,阳坡以草地为主,海拔3 200 m以上的亚高山以灌木林为主。

## 2 试验与方法

### 2.1 土壤理化性质样地调查

在祁连山垂直植被带荒漠草原带、干性灌丛草

原带、山地森林草原带、亚高山灌丛草甸带、高山寒漠草甸带上分别选择干性灌丛林、牧坡草地、祁连圆柏林、青海云杉林、亚高山灌丛林等典型植被类型的土壤进行物理性质的测定。按不同森林类型的坡度、坡向、坡位、土壤、林分郁闭度等因子选取5个典型样地(每个标准地20 m×20 m)。

### 2.2 土壤特性调查测定方法<sup>[11-12]</sup>

#### 2.2.1 半微量凯氏测定法

在60℃恒温条件下的烘箱内,把土样烘干至恒重,把烘干的土样磨碎,用2 mm的筛网筛分。采用Schuman等人的半微量凯氏测定法,氢氧化钠-钼锑抗比色法、CaCO<sub>3</sub>分子式求法测定土壤的全氮量、全磷量及碳酸钙含量,半微量凯氏全氮公式为

$$(N, \%) = \frac{(V - V_0) \times c \times 14 \times 36.46}{m \times 100}$$

式中 V为滴定样品用去盐酸标准溶液体积(L),V<sub>0</sub>为滴定试剂空白试验用去盐酸标准溶液体积(L),C为盐酸标准溶液的浓度(g/L),14为氮原子的摩尔质量,k<sub>2</sub>为将风干土壤换算成烘干土样的水分换算系数,36.46为盐酸摩尔质量,m为风干土样质量(g),100为单位换算因子。氢氧化钠-钼锑抗比色法的全磷公式为

$$(P, \%) = \frac{c \times v \times ts}{m} \times 100$$

式中 c为从工作曲线上查得显色液的磷,溶液浓度(g/L);v为显色液体积(L);ts为分取倍数,ts=待测液体积(L)/吸取待测液体积(L);m为烘干土样质量(g);100为单位换算因子,碳酸钙含量计算公式为

$$(CaCO_3, \%) = \frac{m_r \times v_s \times 100}{v_r \times m_s}$$

式中 m<sub>r</sub>为CaCO<sub>3</sub>标准物质量(g),m<sub>s</sub>为待测土样质量(g),v<sub>r</sub>为标准物产生的体积(L),v<sub>s</sub>为待测土样产生气体体积(L)。

表1 试验地基本概况

Table 1 The basic situation of experiment

标地号	植被类型	坡度/°	坡向	海拔/m	地上林分状况			灌木草本植物			
					胸径/cm	树高/m	郁闭度	优势种类	生长状况	盖度/%	平均高/cm
1	青海云杉林	26	NE	2 700	21.2	19.2	0.5	山羽藓、苔草	良	90	8
2	祁连圆柏林	30	SW	2 700	16.0	8.2	0.4	金露梅、珠牙蓼	中	50	30
3	亚高山灌丛林	28	SW	3 300				箭叶锦鸡儿等	中	65	60
4	干性灌丛林	35	S	2 700				狭叶锦鸡儿	中	50	60
5	牧坡草地	30	SE	2 700				扁穗冰草	差	5	6

## 2.2.2 土壤物理性质变异测定法

1. 环刀法测土壤容重、孔隙度等物理性状。

2. 烘干法(105℃)测土壤含水量。采用公式计算出毛管蓄水量、饱和蓄水量等土壤蓄水性能指标,即

$$W_c = 1000 \times PC \times h; W_t = 1000 \times P_t \times h$$

式中  $W_c$ 、 $W_t$  分别为土壤水分毛管蓄水量和饱和蓄水量(mm);  $P_c$ 、 $P_t$  分别为毛管孔隙度和总孔隙度(%);  $h$  为土层深度(m)。

3. 渗透环(单环逐次定量加水)法测定水分入渗性能。入渗性能参数计算

$$V_i = (10 \times qi) / (S \times ti)$$

式中  $V_i$ 、 $qi$ 、 $ti$ 、 $S$  分别为每次重复测定的渗透速率(mm/min)、入渗水量(ml)、入渗时间(min)、渗透环断面面积( $\text{cm}^2$ )。 $K_T = h/t$ ;  $K_{10} = KT / (0.7 + 0.03T) - h / (0.7 + 0.03T) t$ 。 $K_T$ 和 $K_{10}$ 分别为实测水温下和水温10℃下的渗透系数(mm/min);  $h$ 、 $t$ 、 $T$ 分别为渗透锋面深度(mm)、渗透所用总时间(min)、测定所用水的水温(℃)。

## 3 结果与分析

### 3.1 土壤营养成分与植被垂直分布关系

从表2可见,荒漠草原带土壤有机质含量只有1.65%,全氮量和全磷量分别是0.14%和0.089%,含量最少,而干性灌丛草原带、山地森林草原带、亚高山灌丛草甸带土壤有机质含量相差不大,都在10%~12%之间变动,然而,全氮量和全磷量相差较大,从荒漠草原带到亚高山灌丛草甸带,随海拔升高而呈现增加的趋势,亚高山灌丛林的土壤全氮量和全磷量比荒漠草原带的高出3倍左右。这是因为森林土壤全氮量和全磷量由其上植被群落有机质的积累和分解作用的相对强度决定。祁连山青海云杉林枯落物现存量最大,达46.82 t/hm<sup>2</sup>,亚高山灌丛林次之,为38.96 t/hm<sup>2</sup>,荒漠草原更少,温湿度适宜,

利于对土壤有机质分解,加上根系主要分布在表层,对底层土壤中氮素吸收少;干旱草原和荒漠草原残枝枯落物积累较少,土壤湿度较低,不利用有机质分解,另外,不同植被下土壤淋溶过程使氮素和磷素在土壤底层积累不同,以及根系微生物区系不同而使土壤氮和磷的分解和积累也不同。土壤全氮和全磷含量与气候要素之间也存在一定相关性,海拔不同,一方面使植被生产力不同而使枯落物积累不同,另一方面也使气候要素和土壤性质不同而致使土壤氮和磷的分解、矿化和淋溶等过程不同。

### 3.2 土壤物理性质与垂直植被带关系

为了探索祁连山北坡土壤物理性质与植被垂直分布的关系,在祁连山垂直植被带荒漠草原带、干性灌丛草原带、山地森林草原带、亚高山灌丛草甸带、高山寒漠草甸带上选择无林地、干性灌丛林、牧坡草地、祁连圆柏林、青海云杉林、亚高山灌丛林等典型植被类型的土壤进行物理性质的测定。由表3可以看出,青海云杉林、亚高山灌丛林、祁连圆柏林、低山灌丛、牧坡草地、无林地其下0~60 cm的土壤容重依次增大,从0.53 g/cm<sup>3</sup>增大到1.02 g/cm<sup>3</sup>。相应地,其下土壤孔隙度依次减小,从72.64%减小到48.11%。这是因为祁连山北坡青海云杉林、亚高山灌丛林其下形成一层厚达6~18 cm的枯枝落叶层,增加了腐殖质的含量,有利于表层土壤团粒结构的形成,土壤的容重较小,孔隙度较大,加之高海拔降雨后产生的浅地表径流由于重力作用向下汇集,较多的土壤水分使青海云杉林、亚高山灌丛林形成较小的土壤容重和较大的土壤孔隙度。低山灌丛、牧坡草地的植物种类繁多,盖度一般为45%~67%,但由于当地林牧矛盾比较突出,超载放牧的现象时有发生,使土壤紧实,结果形成很薄的一层枯落物,大大降低了土壤孔隙度和增加了土壤容重,加之低山灌丛和牧坡草大面积分布在阳坡,土壤表层蒸发最为强烈,这些因素综合影响使其土壤孔隙度较小,容重较大。

表2 祁连山北坡主要植被类型的土壤营养元素统计表

Table 2 The statistic soil nourishment element under main vegetation in Qilian mountains( north slope)

植被类型	土壤类型	有机质	全氮	全磷	代换量	CaCO <sub>3</sub>	机械组成/%	
		%	%	%	mL/(100 g) 土	%	<0.01 mm	<0.001 mm
荒漠草原带	山地灰钙土	1.65	0.14	0.089	14.72	11.18	56.23	19.56
干性灌丛草原带	山地栗钙土	11.88	0.27	0.12	45.14	3.37	29.93	9.47
山地森林草原带	山地灰褐土	10.85	0.47	0.152	33.61	1.16	44.0	18.56
亚高山灌丛草甸带	灌丛草甸土	10.73	0.55	0.22	38.39	0.12	55.06	16.58

表3 祁连山北坡主要植被类型的土壤物理特征参数

Table 3 Physics characteristic parameter of soil under main vegetation in Qilian mountains( north slope)

植被类型	土层深度/cm	土壤容重/(g/cm <sup>3</sup> )	总孔隙度/%	毛管孔隙度/%	非毛管孔隙度/%	孔隙比
青海云杉林	0~60	0.53	72.64	51.36	21.20	2.71
高山灌丛林	0~60	0.59	62.52	44.29	18.96	1.65
祁连圆柏林	0~60	0.88	58.79	46.69	11.78	1.45
低山灌丛林	0~60	0.88	57.85	47.40	10.45	1.38
牧坡草地	0~60	1.02	52.89	45.32	7.59	1.12
无林地	0~60	1.22	48.11	41.63	6.49	0.93
平均值	0~60	0.85	58.80	46.11	12.74	1.54

### 3.3 土壤垂直层次与植被垂直分布

从表4可见,青海云杉林、高山灌丛、低山灌丛土壤层次性较为明显,这是因为土壤表层枯落物和中层的土壤微生物的活动变异性较大,而牧坡草地由于放牧,枯落物缺乏,减弱了土壤层次变化。青海云杉虽然林型简单,但由于良好的土壤环境保护了土壤不同层次的生物多样性,所以垂直层次性最为突出;灌丛林在单位面积上植物种类更为多样,根的深度层次相差较大,导致土壤垂直梯度性仅次于青海云杉;由于高山灌丛林的土壤垂直温差比低山灌丛林的大些,导致高山灌丛林的土壤梯度性较为明显。祁连圆柏因为是浅根阳性树种,土壤生物多样性较差,所以土壤垂直梯度性最为不明显,无林地因为没有太多植被对其土壤发育的影响,土壤垂直层次性也不太明显。

### 3.4 土壤类型与优势种数量变化关系

如表2所示,祁连山北坡海拔从1700m递增到3800m以上,土壤类型从山地灰钙土、山地栗钙土、山地灰褐土、灌丛草甸土过度到寒漠土。经随机统计,从荒漠草原带(4种)、干性灌丛带(9种),其优势种的数量随着海拔的升高依次增大,山地森林

草原带的优势种数量最大(15种);从亚高山灌丛草甸带(13种)、高山寒漠带(4种),优势种的数量随着海拔的升高逐渐减少。祁连山优势种在不同的垂直气候带上表现出不同的多度,优势种数量随海拔升高呈先逐渐增加而后逐渐减少,即呈倒U型分布趋势。

## 4 讨论

优势种是指群落中占优势的种类,它包括群落每层中在数量、体积上最大、对生境影响最大的种类。优势物种相对多度分布与土壤资源分布有关。本文研究结果支持了随机生态位理论的说法<sup>[11]</sup>。试验群落中,在土壤资源梯度分布适合区域内,优势物种的物种数、物种多度及生物量的分布趋势相似。在环境的过滤和群落物种的相互作用下,群落优势种占据有利的资源斑块,而非优势种在优势种留下的资源梯度区域内随机侵占并成功拓殖,克服土壤资源限制成为群落组成的一部分,维持群落较高的物种多样性。祁连山北坡垂直气候带的气温、积温、降水、地温、土壤含水量等都表现出随海拔递变的梯

表4 祁连山北坡主要植被类型的土壤容重及垂直变异系数

Table 4 The soil volume-weight and its vertical changing coefficient under main vegetation in Qilian mountains( north slope)

植被类型	0~10 cm		10~20 cm		20~40 cm		40~60 cm	
	土壤容重/(g/cm <sup>3</sup> )	变异系数	土壤容重/(g/cm <sup>3</sup> )	变异系数	土壤容重/(g/cm <sup>3</sup> )	变异系数	土壤容重/(g/cm <sup>3</sup> )	变异系数
青海云杉林	0.32	0.083 2	0.5	0.001 7	0.64	0.022 8	0.64	0.022 8
高山灌丛林	0.45	0.033 2	0.57	0.000 7	0.59	0.000 0	0.76	0.049 0
祁连圆柏林	0.86	0.000 5	0.88	0.000 0	0.91	0.001 0	0.88	0.000 0
低山灌丛林	0.71	0.032 8	0.88	0.000 0	0.94	0.004 1	0.98	0.011 4
牧坡草地	1.11	0.007 9	0.91	0.011 9	1.08	0.003 5	0.98	0.001 6
无林地	1.27	0.002 0	1.28	0.003 0	1.21	0.000 1	1.1	0.011 8

表 5 祁连山北坡垂直气候带主要优势种统计表

Table 5 Statistics on main health group plants of vertical climatic zone in Qilian Mountain ( north slope)

垂直气候带	海拔 /m	土壤类型	主要优势种
荒漠草原带	1 700 ~ 2 100	山地灰钙土	红砂( <i>Reaumuria soongorica</i> )、合头草( <i>Sympegma regelii</i> )、驼绒藜( <i>Ceraltoides latens</i> )、芨芨草( <i>Achnatherum lundens</i> )
干性灌丛草原带	2 100 ~ 2 500	山地栗钙土	窄叶锦鸡儿( <i>Caragana stenophylla</i> )、灌木亚菊( <i>Ajania fruticulosa</i> )、中亚紫菀木( <i>Asterothamnus centraliasiat</i> )、优若藜( <i>Eurotiu ceratoudes</i> )等,草本有短花针茅( <i>Stipa breviflora</i> )、长芒草( <i>Stipa bungeana</i> )、冰草( <i>Agropyron cristatum</i> )等;河谷地带分布有以中国沙棘( <i>Hippophae rhamnoides</i> )、旱柳( <i>Salix matsudana</i> )为优势种的灌丛。
山地森林草原带	2 500 ~ 3 300	山地灰褐土	青海云杉( <i>Picea crassifolia</i> )林,林下分布有山生柳( <i>Salix oritrepha</i> )、箭叶锦鸡儿( <i>Caragana jubata</i> )、金露梅( <i>Potentilla fruticosa</i> )、小叶忍冬( <i>Lonicera microphylla</i> )和银露梅( <i>Potentilla glabra</i> )等灌丛;阳坡和半阳坡为祁连山优质牧场,优势种为紫花针茅( <i>Stipa purpurea</i> )、甘青针茅( <i>Stipa przewalskyi</i> );零星分布有寒温性常绿祁连圆柏( <i>Sabina przewalskii</i> )疏林,林下有金露梅、银露梅、高山绣线菊( <i>Spiraea alpinaturcz</i> )、蔷薇( <i>Rosa omeiensis</i> )等灌丛;有些地方优势种青海云杉与少数祁连圆柏、山杨( <i>Populus davidiana</i> )组成针、阔混交林;河谷地带分布有小片青杨( <i>Populus cathayana</i> )、小叶杨( <i>Populus simonii</i> )、白榆( <i>Ulmus pumilal</i> )等乔木林。
亚高山灌丛草甸带	3 300 ~ 3 800	灌丛草甸土	阴坡和半阴坡分布青海杜鹃( <i>Rhododendron przewalskii</i> )、山生柳( <i>Salix oritrepha</i> )等,灌丛下分布有蒿草( <i>Kobresis</i> )、紫花碎米荠( <i>Cardamine tangutorum</i> )、高山龙胆( <i>Gentiana algide</i> )、藓类等极耐低温的植物;阳坡、半阳坡分布有蒿草草甸和百花草甸,伴生有金露梅灌丛,蒿草草甸由矮生蒿草( <i>Kobresis humilis</i> )、西藏蒿草( <i>Kobresis tibetica</i> )、高山蒿草( <i>Kobresis pygmaea</i> )组成,混生有香青( <i>Anaphalis</i> )、火绒草( <i>Leontopotium</i> )、苔草( <i>Carex</i> )及禾木科植物等;百花草甸在降水较多的山峰周围及峰顶夷平面,由兔耳草、珠芽蓼( <i>Polygonum viviparum</i> )、高山龙胆、高原毛茛( <i>Ranunculus brotherusii</i> )组成
高山寒漠草甸带	≥3 800	寒漠土	红景天( <i>Rhodiola</i> )、景天( <i>Sedum</i> )、水母雪莲花( <i>Saussurea medusa</i> )、甘肃蚤缀( <i>Arenaria kaniensis</i> )

度特征,海拔每升高 100 m,年均气温降低约 0.52℃,≥ 0℃和 ≥ 10℃的年均积温分别降低 150.3℃和 160.6℃,在海拔 1 700 ~ 3 300 m 区间内,年均降水量增加约 17.41 mm,在海拔 3 300 ~ 3 800 m 区间内,年均降水量减少约 30.21 mm,年均土温降低约 0.8℃,生长季节土壤含水量递增约 5.13%。在祁连山北坡荒漠草原气候带上,由于水分条件不能满足乔灌木生长,只能生长一些稀疏的荒漠草丛,优势种数量较低;在干性灌丛草原气候带上,由于降水量较小,蒸发量仍然很大,是荒漠向森林景观的过渡带,地表呈灌丛与草原的镶嵌分布景观,优势种数量逐渐增大;山地森林草原气候带上,由于水热条件满足青海云杉林和林下灌丛及草原生长,地表总体上呈森林与草原交错分布景观,优势种数量较高;亚高山灌丛草甸气候带上,由于温度条件不能满足大乔木生长,但可满足灌丛及草丛生长,地表呈灌丛草甸景观,优势种数量逐渐减少;高山寒漠草甸气候带上,气温极低,已不能生长灌丛,仅分布极耐寒湿的高山垫状植物,呈寒漠草甸景观,优势种

数量较低。祁连山北坡垂直气候带是由其坡位、土壤、植被等下垫面主要因子与气象因子相互作用的结果,各垂直气候带上的植被群落和对应的土壤类型既是垂直气候带各气象因子的产物,又对各气象因子有指示作用。

土壤全氮量和全磷量是衡量土壤氮磷元素供应状况的重要指标,数量大小主要由土壤之上的植被群落有机质的积累和分解作用的相对强度决定。海拔不同,一方面使植被生产力不同而使植物残体的形成量和氮的输入不同,另一方面也使气候要素和土壤性质不同而致使土壤氮的分解、矿化和淋溶等过程不同。smith 等<sup>[12]</sup>在美国华盛顿东南部半干旱区 500 m 海拔梯度范围,Bonito<sup>[13]</sup>等在美国阿巴拉契亚山脉南部高海拔硬木林,傅华等<sup>[14]</sup>在贺兰山西坡都研究发现土壤全氮和全磷含量随海拔升高而呈现增加的趋势。本研究结果与这些研究结果基本一致,从荒漠草原带到亚高山灌丛草甸带,随海拔升高而呈现增加的趋势,只是高山寒漠草甸带的全氮含量本研究未测定,但是王长庭等<sup>[15]</sup>在青海研究高寒

草甸却发现土壤全氮含量在高海拔处较高、中间海拔处较低。

总之,祁连山北坡从荒漠草原带、干性灌丛带,其优势种的数量随着海拔的升高依次增大,山地森林草原带的优势种数量最大,从亚高山灌丛草甸带、高山寒漠带,其优势种的数量随着海拔的升高依次减少,优势种数量随海拔升高呈先逐渐增加而后逐渐减少,即呈倒 U 型分布趋势;但是土壤全氮量和全磷量、土壤孔隙度,从荒漠草原带到亚高山灌丛草甸带,随海拔升高基本呈现逐渐增加趋势,而土壤容重呈现逐渐减小趋势。祁连山北坡的海拔、地形、土壤水热状况、土壤营养成分等因素都是影响植被垂直分布的主要因素,同时,植被分布格局也影响着土壤水分、土壤营养成分等。它们之间相互依赖、相互影响,共同反映着祁连山综合体的基本特征。

在生态系统中,生物因子和非生物因子相互影响、相互依赖,但不同地区,或者同一山区的不同海拔上,其影响程度和节律也并不相同,我们在今后的工作中,要更加注重特定区域植被的演替和土壤特性变化之间相互驱动的定量关系,期望在植被恢复和重建工程中提供科学技术支撑。

## 参考文献(References)

- [1] Su Hua, Wang Ping. climate vertical zoning of Haba natural reserve [J]. Yunnan Geographic Environment Research 2011 24(1): 47 - 51 [苏骅,王平. 哈巴雪山自然保护区垂直气候带划分研究[J]. 云南地理环境研究 2011 24(1): 47 - 51]
- [2] Chen Xia, Wei Wenshou, Liu Mingzhe. Similarities and differences of climate change during last 50 years in altitudinal belts of urumqi river basin [J]. Scientia Geographica Sinica 2010 32(4): 606 - 612 [陈霞,魏文寿,刘明哲. 近 50 年乌鲁木齐河流域垂直气候带的异同变化特征[J]. 地理科学 2010 32(4): 606 - 612]
- [3] Yang Meihua. The climatic features of changbaishan and its vertical climatic zone on the northern slope [J]. Acta Meteorologica Sinica, 1981 26(3): 311 - 320 [杨美华. 长白山的气候特征及北坡垂直气候带[J]. 气象学报, 1981 26(3): 311 - 320]
- [4] Sun Yongning, Wang Jinchang, Han Qingjie et al. The alpine vegetation and soil characters and vegetation recovery along the golmud - anduo section of the qinghai - tibet railway [J]. Journal of Desert Research 2011 32(4): 894 - 905 [孙永宁,王进昌,韩庆杰等. 青藏铁路格尔木至安多段沿线高寒植被、土壤特性与人工植被恢复研究[J]. 中国沙漠 2011 32(4): 894 - 905]
- [5] Yu Hanqing, Li Yong, Jin Fahui et al. The role of increasing soil water-stable aggregates with diameter >0.25 mm by vegetation restoration in enhancement of soil organic carbon in the Loess Plateau [J]. Plant Nutrition and Fertilizer Science 2012 19(4): 876 - 883 [于寒青,李勇,金发会等. 黄土高原植被恢复提高大于 0.25 mm 粒级水稳性团聚体在土壤增碳中的作用[J]. 植物营养与肥料学报 2012 19(4): 876 - 883]
- [6] Hao Wenfang, Liang Zongsuo, Han rui - lian et al. Study on the relationship between soil properties and different type vegetation in Loess Plateau [J]. Acta Botanica Boreali - occidentalia Sinica 2002, 32(6): 265 - 270 [郝文芳,梁宗锁,韩蕊莲等. 黄土高原不同植被类型土壤特性与植被生产力关系研究进展[J]. 西北植物学报 2002 32(6): 265 - 270]
- [7] Zhang Chong, Ren Zhiyuan, Li Xiaoyan. The response between vegetation in Loess Plateau and temperature and precipitation [J]. Agricultural Sciences in China 2012 45(20): 4205 - 4215 [张翀,任志远,李小燕. 黄土高原植被对气温和降水的响应[J]. 中国农业科学 2012 45(20): 4205 - 4215]
- [8] Niu Yun, Zhang Hongbin, Zhang Xuelong et al. Dynamic characteristic on space - time of soil water of main vegetation in Qilian Mountains [J]. Journal of mountain science 2002 20(6): 723 - 726 [牛贇,张宏斌,张学龙等. 祁连山主要植被下土壤水的时空动态变化特征[J]. 山地学报 2002 20(6): 723 - 726]
- [9] Department of forestry ministry science and technology Series. Forest ecosystem research method [M]. Beijing: China Forestry Press, 1994: 143 - 149 [林业部科技司编. 森林生态系统定位研究方法[M]. 北京: 中国林业出版社, 1994: 143 - 149]
- [10] Ma Xuehua. Forest hydrology [M]. Beijing, China Forestry Press, 1993: 62 - 89 [马雪华. 森林水文学[M]. 北京: 中国林业出版社, 1993: 62 - 89]
- [11] Wang Dianpei, Ji Shuyi, Chen Feipeng et al. Niche breadth of Cyrtocarpus fairylakea genet and clone population on soil resource [J]. Ecology and Environmental Sciences 2005 29(6): 913 - 916 [汪殿蓓,暨淑仪,陈飞鹏等. 不同水平的仙湖苏铁种群在土壤资源上的生态位宽度[J]. 生态环境 2005 29(6): 913 - 916]
- [12] Smith J L, Halvorson J J, Bolton Jr H. Soil properties and microbial activity across a 500m elevation gradient in a semiarid environment [J]. Biology & Biochemistry 2002 34: 1749 - 1757
- [13] Bonito G M. Can nitrogen budgets explain differences in soil nitrogen mineralization rates of forest stands along an elevation gradient [J]. Forest Ecology and Management 2003 176: 563 - 574
- [14] Fu Hua, Pei Shihua, Zhang Hongrong. Feature on grassland soil nitrogen on different altitude in west slope of Helan Mountains [J]. Acta Prataculturae Sinica 2005 14(6): 55 - 56 [傅华,裴世华,张洪荣. 贺兰山西坡不同海拔梯度草地土壤氮特征[J]. 草业学报 2005 14(6): 55 - 56]
- [15] Wang Changting, Long Ruijun. The relationship between change of distribution and productivity of soil nitrogen and phosphorus and its environmental factors in different altitudes of alpine meadow [J]. Acta Prataculturae Sinica 2005 14(4): 15 - 20 [王长庭,龙瑞军. 高寒草甸不同海拔梯度土壤有机质氮磷的分布和生产力变化及其与环境因子的关系[J]. 草业学报 2005 14(4): 15 - 20]

## Relationship between Characteristics of Soil and Vertical Distribution of Vegetation on the Northern Slope of Qilian Mountains

NIU Yun<sup>1 2</sup>, LIU Xiande<sup>1 2</sup>, JING Wenmao<sup>1 2</sup>, LEI Jun<sup>1</sup>, MIAO Yuxin<sup>1</sup>

(1. Academy of Water Resource Conservation Forests of Qilian Mountains in Gansu Province Zhangye 734000, Gansu, China;

2. Gansu Agricultural University Lanzhou 730070, Gansu, China)

**Abstract:** There are desert grassland, dry shrub grassland, mountain forest grassland, subalpine shrub meadow, alpine cold desert meadow on vertical vegetation belt along northern slope of Qilian Mountains, Gansu of China from low to high altitude. We set up sample plots on typical vegetation along these belts and use the *semimicro Kjeldahl*, Sodium hydroxide and Mo – Sb anti-colorimetric method, the  $\text{CaCO}_3$  molecular formula, soil drying method, ring sampler method to carry on correlation investigation and the analysis of soil different quality. The results showed that: 1. Organic matter content of the desert grassland soil is only 1.65%, and total nitrogen and total phosphorus content are 0.14% and 0.089%, and content was the lowest, while organic matter content of dry shrub grassland, mountain forest grassland, subalpine shrub meadow soil is similar and change between 10% and 12%. 2. The soil volume-weight in 0 ~ 60 cm deep of *Picea crassifolia* alpine brushwood, *Sabian przewalskii*, the low mountain brushwood, meadowland, open ground is increased in turn from 0.53 g/cm<sup>3</sup> to 1.02 g/cm<sup>3</sup> accordingly, the soil porosity reduced from 72.64% to 48.11%. 3. The number of dominant species in different types of soils on the north slope of Qilian Mountains was first increased and then decreased with the increase of altitude, that is to say, the inverted U type distribution trend. Understanding and grasping the response relationship between characteristics of soil and vegetation vertical distribution, which can provide technical support for vegetation restoration.

**Key words:** vertical vegetation zone; soil nutrient; soil Bulk density; soil porosity; northern slope of Qilian Mountains