

祁连山北坡主要植被下土壤异质性研究<sup>\*</sup>

牛 贇, 敬文茂

(甘肃省祁连山水源涵养林研究院, 甘肃 张掖 734000)

**摘 要:**采用半微量凯氏、氢氧化钠-钼锑抗比色法、CaCO<sub>3</sub> 分子式求法、土壤烘干法、环刀法等进行土壤异质性相关因子调查与分析, 结果表明: (1) 山地灰褐土、山地淋溶灰褐土、亚高山灌丛草甸土、山地栗钙土的有机质含量分别为 11.88%、10.85%、10.73%、1.65%。(2) 青海云杉林、高山灌丛林、祁连圆柏林、低山灌丛林、牧坡草地、无林地 0-60 cm 土壤容重依次减小, 而总孔隙度依次增大。

**关键词:** 主要植被; 土壤容重; 土壤孔隙度; 祁连山

中图分类号: S714      文献标识码: A      文章编号: 1005-3409(2008)04-0258-03

Study of Soil Different Quality Under Main Vegetation  
Types in Qilian Mountains (North Slope)

NIU Yun, JING Weir mao

(Academy of Water Resource Conservation Forest of Qilian Mountains in GanSu, Zhangye, Gansu 734000, China)

**Abstract:** Using the semi micro kelvin, the sodium hydroxide molybdenum stibium anti color method, the CaCO<sub>3</sub> 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) mountainous gray brow soils, the mountainous leaching gray brow, the sub alpine brush meadow soil, the mountainous chestnut soil organic content respectively are 11.88%, 10.85%, 10.73%, 1.65%. (2) The soil volume weight in 0-60 cm deep of *Picea crassifolia*, alpine bushwood, *Sabian przewalskii*, the low mountain bushwood, meadow land, open ground reduce in turn, but the gross porosity increases in turn.

**Key words:** main vegetation types; soil volume weight; soil porosity; Qilian mountains

森林植被与人类的生存和发展密切相关,自我国“数字林业标准与规范”提出以来,森林的空间异质性研究在国内已越来越受重视<sup>[1-2]</sup>。土壤与森林的关系密切,森林的更新、生长、类型、结构乃至生产力皆受土壤因子的制约,只有准确认识和掌握土壤异质性情况,才能合理地利用土壤生产力,使林业生产经营建立在科学的基础上。当前,国内外对森林土壤异质性的研究已逐渐增多。Fortin 等认为研究不同植被的土壤异质性<sup>[3]</sup>,对于了解土壤的形成过程、结构和功能具有重要的理论意义,而且对了解植物与土壤的关系,如更新过程、养分和水分对根系的影响以及植物的空间格局等也有重要的参考价值。杨清云等<sup>[4]</sup>采用多剖面多层次取样研究了红壤区常绿阔叶林地土壤容重、有机质等的空间变异性。这些研究主要反映在土壤本身变异特点、对植被状况以及土壤形成过程的影响等方面。在祁连山国家级自然保护区内,以青海云杉林、高山灌丛林、祁连圆柏林、低山灌丛林、牧坡草地、无林地 of 研究对象,研究土壤有机质含量、土壤容重、土壤孔隙度等变异特征。以期为进一步认识祁连山自然

保护区的生态环境提供基本科学依据。

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,地处青藏、蒙新、黄土三大高原的交汇地带。属高寒干旱、半干旱地区,区内自然条件复杂,水热条件差异较大,形成了多种具有明显垂直梯度和水平差异的植被和土壤类型。植被土壤垂直变化情况如表 1。青海云杉(*Picea crassifolia*)、祁连圆柏(*Sabian przewalskii*)是祁连山的乔木建群种或优势种,灌木优势种有金露梅(*Potentilla fruticosa*)、箭叶锦鸡儿(*Caragana jubata*)、鲜黄小檗(*Berberis dasystachya*)、吉拉柳(*Salix gilashanica*)等;草本植物主要有珠牙蓼(*Polygonum viviparum*)、针茅(*Stipa*)、蒿(*Artemisia*)、甘肃棘豆(*Oxytropis kansuensis*)等。

1 试验区概况

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 2.73 km<sup>2</sup>,呈中卵形,土壤主要以高山寒漠土、亚高山灌丛草甸土、山地灰褐土、山地栗钙土、山地灰钙

<sup>\*</sup> 收稿日期: 2007-07-17  
基金项目: 国家林业局项目“甘肃祁连山水源涵养林生态水文过程机理研究”  
作者简介: 牛贇(1974-),男,甘肃通渭人,硕士,工程师,主要从事森林生态与水文方面的研究。E-mail: niuyun2028@163.com

土 5 个类型为主,平均厚度 0.5 m。森林总面积 118.3 hm<sup>2</sup>,主,阳坡以草地为主,海拔 3 200 m 以上的亚高山以灌木林覆盖率 40.1%,郁闭度 0.7 左右,流域内阴坡以乔木林为主。

表 1  祁连山(北坡)植被与土壤类型垂直分布

山地类型	海拔范围/m	植被带	土壤带	气候带
冰雪岩石	4500~ 5000	冰雪带	岩石	冰雪带
高  山	4000~ 4500	高山冰雪植被	高山寒漠土	高山寒漠带
亚高山	3300~ 4000	亚高山灌丛草甸植被	亚高山灌丛草甸土	亚高山灌丛草甸带
中  山	2400~ 3300	山地森林草原植被	山地灰褐土	山地森林草原带
浅  山	1500~ 2400	山地草原植被	山地栗钙土	山地草原带
		山地荒漠植被	山地灰钙土	山地荒漠带

2  试验与方法

2.1  固定样地

每年 5– 10 月选取有代表性的青海云杉林、祁连圆柏林、高山灌丛林、低山灌丛林和牧坡草地、无林地 6 种主要植被类

型。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 16 个典型样地( 每种林分选 3 个标准样地, 每个标准地 20 m× 20 m)。各植被类型的标准地概况见表 2。

表 2  试验地基本概况

标地号	植被类型	坡度/(°)	海拔/	地上林分状况			灌木草本植物	生长	盖度/	平均高/
		坡向	m	胸径/cm	树高/m	郁闭度	优势种类	状况	%	cm
1	青海云杉林	26/ NE	2700	21. 2	19. 2	0. 5	山羽藓、苔草、珠牙蓼	良	90	8
2	祁连圆柏林	30/ S W	2700	16. 0	8. 2	0. 4	金露梅、珠牙蓼、克氏针茅	中	50	30
3	高山灌丛林	28/ S W	3300				箭叶锦鸡儿、高山绣线菊等	中	95	60
4	低山灌丛林	35/ S	2700				狭叶锦鸡儿	中	50	
5	牧坡草地	30/ SE	2700				克氏针茅、冷蒿、扁穗冰草	中	60	20
6	无林地	30/ SE	2700				扁穗冰草	差	5	6

2.2  土壤异质性调查测定方法

在各标准地内,按 S 型均匀布设 6 个试验样点, 在每年的生长季期间(5– 10 月),在试验区不同固定样地内每 10 天用分层采样的方法进行定期采样,取样深度依土壤厚度分 6 个层次向下延伸,测深下限分别为 0– 10、10– 20、20– 40、40– 60 cm,每个层次 3 个重复。然后在实验室中进行土壤性质分析。

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及连续流动比色分析法,氢氧化钠– 铝锑抗比色法、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<sup>[5– 6]</sup>。

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。
- (3) 渗透环(单环逐次定量加水)法测定水分入渗性能。
- (4) 用变异系数(C)来表示土壤性质垂直变化程度:  $C = s^2/x$ , 式中:  $s^2$  ——土壤容重均方差;  $x$  ——土壤容重平均值。C 值越大,土壤容重变化越剧烈; C 值越小,土壤容重变化越稳定。

表 3  祁连山(北坡)主要植被下土壤养分状况

土壤类型	最大海拔	有机质	全 N	全 P	代换量/	CaCO <sub>3</sub>	机械组成/%	
	/m	/%	/%	/%	(mol• kg <sup>- 1</sup> )	/%	< 0. 01 mm	< 0. 001 mm
山地栗钙土	2700	1. 65	0. 14	0. 089	14. 72	11. 18	56. 23	19. 56
山地灰褐土	3100	11. 88	0. 27	0. 120	45. 14	3. 37	29. 93	9. 47
山地淋溶灰褐土	3300	10. 85	0. 47	0. 152	33. 61	1. 16	44. 00	18. 56
亚高山灌丛草甸土	3600	10. 73	0. 55	0. 220	38. 39	0. 12	55. 06	16. 58

3.2 土壤物理性质变异分析

3.2.1 土壤容重和孔隙度水平异质性

土壤容重与孔隙度是反映土壤物理性质的重要参数,土壤容重越小,孔隙越大,通气性能越好,蓄水功能越高,说明土壤发育良好,利于水分的保持与渗透,并间接影响到土壤肥力状况。由表 4 可以看出,青海云杉林、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 的土壤容重依次减小,从 1.02 g/cm<sup>3</sup> 减小到 0.53 g/cm<sup>3</sup>,无林地最大,其值为 1.22 g/cm<sup>3</sup>。相应地,其下土壤孔隙度依次增大,从 52.89% 增大到 72.64%,无林地最小,其值为 48.11%。这是因为祁连山北坡青海云杉林平均郁闭度为 0.72,林内灌木分布随着林分郁闭度的增加而减少,如果郁闭度在 0.85 以上,一般在林内看不到灌木的分布。高山灌丛林地平均盖度为 0.66,林下分布较厚的苔藓和枯落物,形成一层厚达 6~ 18 cm 的天然蓄水区,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,使这一灌木林分布地段土壤蓄水量仅次于青海云杉林。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,大大降低了对降雨的蓄水作用。再者由于地被物较少,大面积的牧坡草地分布在阳坡,土壤表层蒸发最为强烈。这些因素综合影响使其土壤含水量仅比无林地高些,这一客观条件也反过来决定了该区域只适宜草本植物生长。林地表面枯落物分解腐烂后,增加了腐殖质的含量,有利于表层土壤团粒结构的形成。毛管孔隙度越大,土壤中有效水的贮存容量越大,可供树木根系利用的有效水分的比例增加。非毛管孔隙度越大的林分,其土壤通透性越好,有利于降水的下渗,从而减少地表径流<sup>[7-9]</sup>。

表 4 祁连山(北坡)主要植被下土壤物理特征参数

植被类型	土壤容重	总孔隙度	毛管孔隙	非毛管孔	孔隙比
	$\rho(\text{g}\cdot\text{cm}^{-3})$	$\rho/\%$	度/ $\%$	隙度/ $\%$	
青海云杉林	0.53	72.64	51.36	21.20	2.71
高山灌丛林	0.59	62.52	44.29	18.96	1.65
祁连圆柏林	0.88	58.79	46.69	11.78	1.45
低山灌丛林	0.88	57.85	47.40	10.45	1.38
牧坡草地	1.02	52.89	45.32	7.59	1.12
无林地	1.22	48.11	41.63	6.49	0.93
平均值	0.85	58.80	46.11	12.74	1.54

注:土层深度为 0~ 60 cm。

3.2.2 土壤容重和孔隙度的垂直异质性

为了反映土壤容重的垂直异质性,将主要植被类型不同层次的土壤容重与相应的变异系数列于表 5 中。从表 5 可见,表层土壤容重变化剧烈,底层土壤容重的变化稳定一些。详细变化情况可用以下模型拟合。

青海云杉林土壤容重垂直变异性模型

$$W_{\text{云杉}}=0.122h+0.226, R^2=0.9368$$

祁连圆柏林土壤容重垂直变异性模型

$$W_{\text{圆柏}}=-0.0125h^2+0.0715h+0.7975, R^2=0.8078$$

高山灌丛林土壤容重垂直变异性模型

$$W_{\text{高灌}}=0.095h+0.355, R^2=0.9233$$

低山灌丛林土壤容重垂直变异性模型

$$W_{\text{低灌}}=-0.0325h^2+0.2495h+0.4975, R^2=0.9905$$

无林地土壤容重垂直变异性模型

$$W_{\text{无林}}=-0.03h^2+0.092h+1.21, R^2=0.9961$$

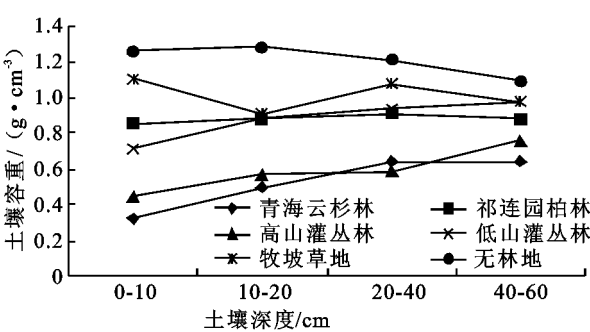


图 1 祁连山主要植被下土壤容重垂直变异性

通过图 1,结合相关模型综合分析,可以发现,除牧坡草地外,其它植被类型的土壤容重和孔隙度的垂直异质性都表现了一定的规律。这是因为牧坡草地的土壤容重受诸多因素的影响,特别是放牧对其影响更为敏感。所以,如果单从土壤的深度研究其容重,不容易发现其规律可循。青海云杉林、高山灌丛、低山灌丛土壤垂直异质性较为明显,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,减少了土壤的垂直异质性。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,所以垂直异质性最为突出;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,导致土壤垂直异质性仅次于青海云杉;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异质性较为明显。祁连圆柏因为是浅根阳性树种,土壤生物多样性较差,所以土壤垂直异质性最不明显,无林地因为没有太多植被对其土壤发育的影响,土壤垂直异质性也不太大。

4 结论与讨论

- (1) 山地灰褐土、山地淋溶灰褐土、亚高山灌丛草甸土、山地栗钙土的有机质含量依次减少。
- (2) 青海云杉林、高山灌丛林、祁连圆柏林、低山灌丛林、牧坡草地、无林地 0~ 60 cm 深的土壤容重依次增大,孔隙度依次减小。
- (3) 青海云杉林、高山灌丛、低山灌丛、牧坡草地、无林地、祁连圆柏林土壤垂直异质性依次减小。其中,青海云杉林土壤垂直异质性最为突出,祁连圆柏林土壤垂直异质性最为不明显。
- (4) 土壤异质性引起土壤含水量、土壤蓄水以及涵养水源等诸多因素的多种变化,由于篇幅限制,所以,没有进一步的研究,在今后的工作中,将逐渐深入。

参考文献:

[1] 李增光,张怀清,陆元昌. 数字林业建设与进展[J]. 中国农业科技导报,2003,5(2): 7~ 9.

3.4.3 修缮建筑物, 提高建筑物标准

对河流现有合理建筑物进行修缮保护, 提高设计标准。合理新建滞洪区水闸坝及桥涵。按照雨水及沿河建筑物设计原则, 将规划雨水入口按规划规模一次建设到位, 规划雨水管线以后结合道路工程实施雨水口的改建, 根据河坡生态治理的需要, 以及河道扩宽的需要进行改建, 雨水口的改建要同生态河坡融为一体, 在其出口附近建设渗滤湿地或渗滤坝, 对雨污合流水口的污水进行净化处理。

3.4.4 恢复生态, 改善环境, 增加河流功能

建设合理湿地工程、滞洪区湿地、水生植物、生物膜载体系统等; 进行景观绿化, 包括岸坡绿化美化、新建园路、安布景石等景观设施, 绿化整地、种植及灌溉系统, 沿河警示标志等; 新建改建河道及滞洪区两岸巡河路。通过对现状河道的分析, 使城市河流在满足防洪、排水的功能要求外, 营造一条绿色、生态、充满生活气息的河流, 为河流所过城区构筑一道生态的、美丽的水系生态走廊。景观设计的主题可以根据河流及城市具体情况确定, 在河道的整体设计过程中从断面形式上主要采用生态断面, 增加水生动、植物的生存空间。为满足周边空间功能的需求而设计节点。如“临河幕鱼”、“丽水美域”、“绿馨映彩”、“渊远流长”、“清风畅远”、“夕阳垂钓”等, 为人们提供休闲、娱乐、赏水的亲水空间。岸坡可以针对景观区的特色进行种植, 划分多个绿化分区, 通过绿色植物乔、灌、草的搭配形成不同水陆过渡、展现自然的景观效果, 使整条河流成为一条绿色的生态廊道。

3.4.5 加强河流污水处理设施, 完善管理设施

改造后的城市河流下段河道水体主要为污水处理厂的二级出水, 为维护和进一步改善河道水质, 根据各河流具体情况, 采取物理与生物工程措施相结合, 在保证行洪的前提下, 因地制宜地给河流曝气充氧, 构建软性载体生物膜净化水质, 通过修复水生系统, 强化水体自净能力, 使用人工湿地

处理点源污染, 同时发挥水工建筑物的曝气充氧作用, 最终达到改善水质的目的。主要工程措施包括曝气充氧、生物膜净化、人工湿地、闸下渗滤系统、水生植物等。同时, 随着电子技术发展迅速及业务需求的增长, 有必要建设或对原有的中心的设备进行改造升级, 调整系统结构, 整合原有与新建自动化监控系统。实现城市河流防洪安全。

4 小 结

城市污水河流目前存在的问题是河道淤积, 断面窄浅, 危及城市防洪; 河水污染, 环境破坏, 影响居民健康; 建筑物老化, 设计标准低; 河流生态退化, 缺乏生命活力, 环境恶劣, 功能单调和改善设施缺乏, 管理设施不完善五大问题。针对城市污水河流所存在的问题, 笔者以人水和谐为指导, 本着统一规划, 综合治理, 按照改善环境与防洪排水相结合、维护自然生态与满足行洪排水要求相结合、生态湿地与滞洪蓄洪相结合的三大主要原则, 采取提高河道洪水标准, 完善城市防洪体系; 增加污水处理能力和污水资源化能力; 修缮建筑物, 提高建筑物标准; 恢复生态, 改善环境, 增加河流功能和加强河流污水处理设施, 完善管理设施等五大措施对城市污水河流生态治理提出建议。城市污水河流水系实施综合治理不仅对自然环境, 特别是体现城市主题具有巨大的提升和促进作用, 而且将有助于改善当地的水体环境和沿河的投资环境, 促进该地区社会、经济的可持续发展, 实现人水和谐。

参考文献:

[1] 颜京松, 王美玲. 城市水环境问题的生态实质[ J]. 现代城市研究, 2005, 4( 8): 7-10.  
[2] 陈云霞, 许有鹏, 李嘉峻. 城市河流的生态功能与生态化建设途径分析[ J]. 科技通报, 2006, 22( 3): 299-303.  
[3] 北京市水利规划设计研究院. 顺义新城温榆河水资源利用工程初步设计报告[ R]. 2007: 46-48.

( 上接第 260 页)

[ 2] 冯益民, 唐守正, 李增元. 空间统计分析在林业中的应用[ J]. 林业科学, 2004, 40( 3): 149-155.  
[ 3] Fortin M, Drapean P, Legendre P. Spatial autocorrelation and sampling design in plant ecology [ J]. Vegetation, 1989, 83: 209-222.  
[ 4] 杨清云, 曾锋. 森林土壤空间变异性及其样本容量的确定[ J]. 水土保持研究, 2004, 11( 3): 54-56.  
[ 5] 林业部科技司. 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.  
[ 6] 马雪华. 森林水文学[ M]. 北京: 中国林业出版社, 1993: 62-89.  
[ 7] 张学龙, 车克钧, 王金叶, 等. 祁连山寺大隆林区土壤水分动态研究[ J]. 西北林学院学报, 1998, 13( 1): 1-9.  
[ 8] 牛云, 张宏斌, 刘贤德. 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] 王金叶, 田大伦, 王彦辉. 祁连山林草复合流域土壤水文效应[ J]. 水土保持学报, 2005, 19( 3): 144-147.