

祁连山西段青海云杉林土壤养分特征研究

赵维俊^{1,2}, 刘贤德^{1,2}, 金铭^{1,2}, 车宗玺^{1,2}, 马钰^{1,2}

(1. 甘肃省森林生态与冻土水文水资源重点实验室, 甘肃 张掖 734000; 2. 甘肃省祁连山水源涵养林研究院, 甘肃 张掖 734000)

摘要: 通过野外取样和实验室分析, 对祁连山西段青海云杉林的土壤养分进行了研究。结果表明: (1) 土壤全氮、全磷、全钾和有机质的平均含量依次为 $(0.29 \pm 0.01)\%$ 、 $(0.051 \pm 0.001)\%$ 、 $(1.990 \pm 0.019)\%$ 和 $(7.96 \pm 0.40)\%$, 空间变异程度均属中等变异。同时, 10 个样地单因素方差分析表明除土壤全磷含量总体均值为极显著外 ($F > F_{0.01}$), 全氮、全钾和有机质含量在不同样地的总体均值差异均不显著 ($F < F_{0.05}$)。 (2) 在土壤剖面上, 随土层深度的增加, 土壤全氮、有机质含量先增加后降低; 土壤全磷含量逐渐增加, 但其差异不大; 土壤全钾含量呈现出先增加后降低; 在剖面空间变异除土壤全钾含量为弱变异性, 其他养分变异程度均属中等水平。 (3) 土壤表层 (0–10 cm) 土壤有机质含量与全氮含量呈极显著正相关, 土壤有机质含量与土壤全磷呈显著正相关, 与土壤全钾含量相关性不显著。

关键词: 祁连山西段; 青海云杉林; 土壤养分

中图分类号: S714.2

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2011)04-0166-04

Study on Soil Nutrient Characteristics of *Picea crassifolia* Forest in the West Segment of Qilian Mountains

ZHAO Wei-jun^{1,2}, LIU Xian-de^{1,2}, JIN Ming^{1,2}, CHE Zong-xi^{1,2}, MA Yu^{1,2}

(1. Key Laboratory of Forest Ecology and Frozen Soil Hydrology Water Resources

of Gansu Province, Zhangye, Gansu 734000, China; 2. Academy of Water Resources

Conservation Forests in Qilian Mountains of Gansu Province, Zhangye, Gansu 734000, China)

Abstract: In the light of field sampling and laboratory analysis, soil nutrient of *Picea crassifolia* forest in the eastern Qilian Mountains was studied. The results showed that: (1) The mean contents of soil total nitrogen, total phosphorus, total potassium and organic matter were $(0.29 \pm 0.01)\%$, $(0.051 \pm 0.001)\%$, $(1.990 \pm 0.019)\%$ and $(7.96 \pm 0.40)\%$, respectively, and their spatial variabilities were all in the middle level. Meanwhile, single factor variance analysis of 10 samples showed that there were no significant differences of soil total nitrogen, total potassium and organic matter overall mean in different plots ($F < F_{0.05}$), except the soil total phosphorus overall mean which is very significant ($F > F_{0.01}$); (2) In the soil profile, along with the increase of soil depth, soil organic matter and soil total nitrogen content firstly increase and then decline; soil total phosphorus increase gradually, but there was little difference; soil total potassium content presents first increase and then decrease. In the profile, spatial variability of soil total potassium content is weak, but other nutrient variation belongs to the middle level; (3) Soil organic matter content and total nitrogen content of surface soil layer (0–10 cm) have a significantly positive correlation, organic matter content of the soil and soil total phosphorus have a significant positive correlation, but with no significant correlation in soil total potassium content.

Key words: the west segment of Qilian Mountains; *Picea crassifolia*; soil nutrient

土壤养分是土壤质量变化最基本的表征和核心研究内容^[1], 是土壤从环境条件和营养条件两方面来影响植物的生长发育和植物的物种组成, 历来受到土壤学、植物营养学和生态学研究领域的众多专家和学

者的关注^[2-4]。青海云杉是我国特有树种, 集中分布在甘、青两省交界的祁连山^[5], 面积为 $169\,564\text{ hm}^2$, 蓄积量 $18\,107\,932\text{ m}^3$, 祁连山青海云杉林生态系统对维系林区生物多样性、涵养水源、保持水土起着非

常重要的生态作用,同时对区域农业发展及整个西北地区经济建设和气候有着重大的影响。

祁连山是我国著名的高大山系之一,按地形可分为东、中、西段,祁连山森林植被自东南向西北植被逐渐荒漠化,目前对祁连山建群种青海云杉土壤养分研究不多,而且集中在祁连山的东、中段^[6-8],而对祁连山西段青海云杉土壤养分研究鲜有报道,因此,本文通过对祁连山西段青海云杉林土壤养分特征进行研究,为提高祁连山西段青海云杉林生态系统土壤肥力、生产力以及指导青海云杉可持续经营和管理提供参考,也为整个祁连山青海云杉森林生态系统的土壤肥力和营养元素循环研究奠定基础。

1 试验区概况

研究区位于祁连山西段北麓,河西走廊南部,肃南裕固族自治县祁丰藏族乡境内,地处 97°15′-99°10′E, 38°57′-39°43′N 之间。平均海拔 4 000 m 左右,年平均气温 4℃,最冷月平均温度-13℃,最热月平均温度 17℃,年降水量 300 mm,年蒸发量 1 800 mm,平均无霜期 90~120 d,属典型的内陆干旱气候。青海云杉林主要分布在海拔 2 500~3 200 m 的阴坡、半阴坡,林区土壤为山地灰褐土,土层平均厚度为 40 cm,有轻微的

水土流失,林下有少量的苔藓和草本,灌丛极少见,草本层优势种主要有苔草(*Carex tristachya*)、珠牙蓼(*polygonum viviparum* L.)、棘豆(*Oxytropis*)、针茅(*Stipa capillata* Linn.)、香青(*Anaphalis sinica* Hance)等,灌木层优势种主要有爬地柏(*Sabina procumbens*(Endl.) Iwata et Kusaka)、鲜黄小檗(*Berberis diaphana* Maxin.)、银露梅(*Pltentilla glabra*)等。

2 研究方法

2.1 供试土壤

2009 年 7 月 27 日至 2009 年 8 月 4 日在试验区选择典型青海云杉林典型样地 10 个,样地面积大小为 20 m×20 m,多数样地林下无灌木,苔藓和草本植物较少,在对样地林木调查后,进行土壤取样,在每个样地的外侧顺坡向选一个点挖土壤剖面,取分层(上层 0-10 cm、中层 10-20 cm、下层 20-40 cm)土样,每个层次 3 个重复,把环刀取的土样用自封袋密封,用于土壤含水量测定。另外在每个层次取混合土样按四分法取适量土壤带回实验室,挑拣出植物残体和大的石块,同层土样室温风干混匀并研磨过 2 mm 筛后置于自封袋中用于土壤化学性质分析。供试土壤样地基本情况见表 1。

表 1 供试土壤临时样地基本情况

样地 编号	取样地点	东经	北纬	海拔/m	密度/ (株·hm ⁻²)	树高/m	胸径/cm
Y1	文殊大火烧	98°06′9.3″	39°33′9.6″	2917	1325	12.88±0.67	5.59±0.19
Y2	文殊大火烧	98°05′38.9″	39°33′16.7″	2915	1550	10.37±0.63	5.01±0.19
Y3	腰泉	97°53′32.3″	39°36′37.2″	3107	525	17.02±1.56	5.82±0.23
Y4	腰泉	97°53′14.2″	39°36′38.8″	3016	1175	11.16±0.64	5.36±0.21
Y5	红山口青裸地大湾沟	98°27′37.9″	39°24′11.3″	2886	475	17.52±1.44	6.91±0.49
Y6	红山口青裸地大湾沟	98°29′19.2″	39°23′36.7″	2777	1075	9.79±0.74	5.26±0.27
Y7	红山口	98°31′48.2″	39°23′3.2″	2764	950	11.51±0.69	5.59±0.32
Y8	红山口	98°31′17.1″	39°23′10.5″	2792	1000	8.97±0.45	4.85±0.20
Y9	甘坝口柳沟	98°53′48.2″	39°15′53.4″	2797	675	14.70±1.09	8.58±0.51
Y10	甘坝口柳沟	98°53′42.1″	39°15′9.6″	2809	701	13.44±1.13	8.23±0.57

注:供试土壤为森林灰褐土;树高、胸径为平均值±标准误,下同。

2.2 土壤理化性质分析

土壤容重和质量含水量的测定采用环刀法^[9]。土壤有机质测定用重铬酸钾外加热法;土壤全 N 用重铬酸钾-硫酸消化法;全 P 用碱熔-钼锑抗比色法;全 K 用氢氧化钠熔融-火焰光度计法^[10]。供试土壤基本性质测定结果见表 2。

表 2 供试土壤的基本性质

层次/cm	容重/(g·cm ⁻³)	质量含水量/%	pH
0-10	0.64±0.06	22.10±2.43	8.21±0.04
10-20	0.77±0.04	17.61±1.71	8.24±0.05
20-40	0.82±0.04	21.00±2.58	8.36±0.09

2.3 分析方法

所有数据采用 Excel 2003 和 SPSS 11.0 进行数据统计、分析和作图处理。

3 结果与分析

3.1 土壤养分要素的统计特征值

由表 3 看出,祁连山西段青海云杉林林地土壤全氮含量变化范围介于 0.15%~0.44% 之间,均值为(0.29±0.01)%;全磷含量变化范围介于 0.036%~0.066% 之间,均值为(0.051±0.001)%;全钾含量变

化范围介于 1.766%~2.183% 之间,均值为(1.990±0.019)%;有机质含量变化范围介于 3.78%~12.35% 之间,均值为(7.96±0.40)%。土壤全氮、全磷、全钾和有机质含量的变异系数分别为 24.14%、

15.69%、5.18%和 27.26%,全氮和有机质含量变异系数较大,其次为全磷含量,较低的为全钾含量,空间变异程度均属中等变异^[11]。经 QQ 残差图分析,土壤全氮、全磷、全钾和有机质含量均呈正态分布^[12]。

表 3 供试土壤养分的总体统计特征

项目	最小值/ %	最大值/ %	中数/ %	均数/ %	标准差	变异 系数/%	偏度	峰度	分布 类型
全氮	0.150	0.440	0.290	0.29±0.010	0.070	24.14	0.05±0.43	-0.0±0.83	正态
全磷	0.036	0.066	0.052	0.05±0.001	0.008	15.69	-0.02±0.43	-0.7±0.85	正态
全钾	1.766	2.183	1.999	1.99±0.019	0.103	5.18	-0.18±0.43	-0.5±0.85	正态
有机质	3.780	12.350	8.210	7.97±0.390	2.170	27.26	-0.23±0.43	-0.4±0.85	正态

对 10 个样地养分含量总体均值的单因素方差分析得出,土壤全氮、全磷、全钾和有机质含量的 F 值分别为 5.96, 13.16, 4.64, 5.42, 除全磷含量总体均值为极显著外 ($F>F_{0.01}$), 全氮、全钾和有机质含量在不同样地的总体均值差异均不显著 ($F<F_{0.05}$)。青海云杉林林地不同样地全磷含量差异极显著,可能是磷的风化、淋溶、富集迁移等多种因素共同作用的结果,其中生物富集迁移是影响磷素积累的主导因素^[13];土壤有机质差异不显著,可能与研究区水热条件相似有关;全氮含量差异亦不显著,可能有土壤有机质有着密切的关系^[14];全钾含量差异不显著,而且变异系数较低,可能与土壤矿物类型和数量较为一致有关。

3.2 土壤养分在剖面上的变化

研究区林地土壤剖面 0-10 cm、10-20 cm 和 20

-40 cm 土层土壤全氮和有机质含量的变化趋势是一致的,其含量的变化随着土层深度的加深而减少,其中土壤全氮在 0-10、10-20、20-40 cm 土层上的含量分别是(0.33±0.05)%、(0.27±0.07)%和(0.27±0.08)%,10-20、20-40 cm 含量变化不大,这与这两个土壤发生层次的性状一致有关;土壤有机质在 0-10、10-20、20-40 cm 含量分别为(8.565±2.019)%、(7.855±2.320)%和(7.477±2.130)%。研究区林地土壤表层生物积累量较大,土壤上层较下层土壤归还量大,土壤有机质积累量也相应较大,土壤全氮随土壤有机质的变化,有机质含量高的土层其含氮量水平亦高,说明土壤全氮与土壤有机质之间具有很密切的相关性(图 1)。土壤全磷含量随土层深度而增加,但其变化差异不大,含量大小较为一致。土壤全钾含量随土层深度变化不大。

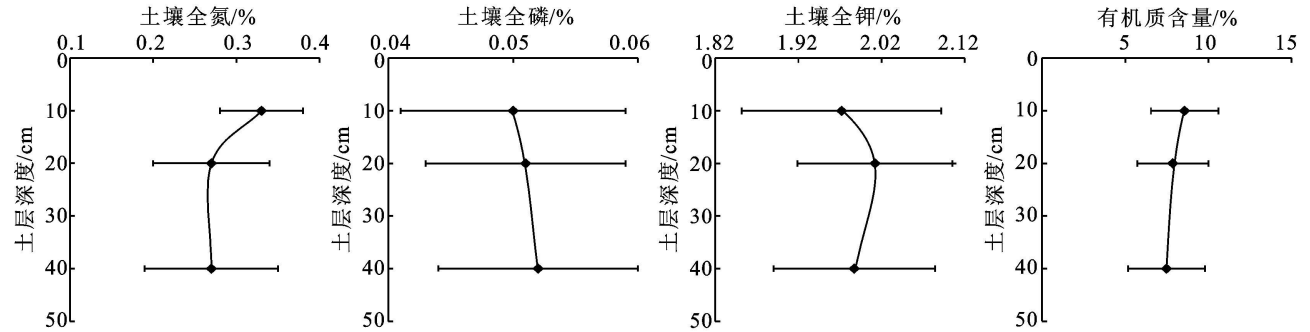


图 1 土壤全氮、全磷、全钾和有机质在剖面上的变化

变异系数是表征总体内部各试验样本之间变异程度的一个重要参数,是对两个或多个资料变异程度比较^[15]。

土壤全氮和土壤有机质在 0-10、10-20、20-40 cm 的变异系数分别为: 16.23%、26.83%、27.74%和 23.57%、28.48%、29.53%,土壤变异系数随土壤深度的增加而变大,与其含量大小的变化规律相反,表层虽含量大,但变异系数较小。土壤全磷表层的变异系数 16.97% 大于底层的变异系数 16.16%,亦与其含量大小变化规律相反。土壤全钾

随土层增加变异系数分别为 6.04%、3.06%和 4.87%。在土壤剖面上,空间变异除土壤全钾含量为弱变异性,其他养分变异程度均属中等水平^[11]。

3.3 土壤有机质与其他土壤养分元素的关系

土壤有机质含量能影响到土壤的许多性质,其中包括供给氮、磷、钾和微量元素的能力^[16],土壤有机质是影响林分生产力与土壤肥力的重要因素。以土壤剖面 0-10 cm 土壤全氮、土壤全磷和土壤全钾含量做自变量,以土壤有机质含量做因变量,应用 SPSS 提供的对数函数、二次曲线、三次曲线、复合函数、S

曲线、指数函数等 11 种曲线模型对土壤有机质含量与全氮、全磷、全钾含量进行拟合, 最终选择拟合优度 (R^2) 大的方程作为模拟方程^[17], 其中拟合优度是评价回归方程对样本数据的代表程度。

表 4 土壤有机质与土壤全氮、全磷和全钾的模拟方程

项目	回归方程	模型 R^2	显著性
土壤全氮	$Y_1 = -0.0693 + 0.0680x - 0.002x^3$	0.903	$P < 0.01$
土壤全磷	$Y_2 = e^{(-2.4568 - 5.3459/x)}$	0.593	$P < 0.05$
土壤全钾	$Y_3 = 2.9122 - 0.2040x + 0.0106x^2$	0.471	$P > 0.05$

注: Y_1 ——土壤全氮; Y_2 ——土壤全磷; Y_3 ——土壤全钾; x ——土壤有机质。

由表 4 可知, 祁连山西段青海云杉林土壤有机质含量与全氮含量拟合方程三次方程为最优曲线方程, 且呈极显著正相关 ($P < 0.01$), 土壤有机质含量与土壤全磷含量拟合最优方程为 S 曲线模型, 两者之间呈显著正相关 ($P < 0.05$), 土壤有机质与土壤全钾含量相关性不显著。

4 结 论

(1) 祁连山西段青海云杉林同土壤层次养分含量有机质含量最高, 3 大元素中以全钾含量最高。土壤有机质是土壤各营养元素特别是 N 和 P 的重要来源。丰富的有机质可以促进微生物的活动, 增加土壤养分, 促进林木生长, 其来源是地上部分枯枝落叶的积累和分解, 而非地下部分的根系死亡。因此, 试验区土壤有机质含量在垂直方向上由上而下呈逐渐减少趋势。土壤中的 K 主要来自含 K 的矿物质, 另外还受到地质、淋溶等因素的影响。

(2) 对 10 个样地的单因素方差分析得出, 除全磷含量总体均值为极显著外 ($F > F_{0.01}$), 全氮、全钾和有机质含量在不同样地的总体均值差异均不显著 ($F < F_{0.05}$), 这与研究区的植被因子和环境条件及土壤养分的固有属性有一定的关系。

(3) 各种土壤养分在土壤剖面有一定的变化规律, 土壤有机质和全氮含量随土层深度的增加而减少, 土壤全磷含量和土壤全钾含量随土层深度变化不明显。土壤养分空间变异反映了土壤养分在剖面上分布的均匀性, 研究区除土壤全钾含量为弱变异性, 其他养分变异程度均属中等水平。

(4) 祁连山西段青海云杉林地土壤上层 (0–10 cm) 土壤全氮含量与土壤有机质含量呈极显著正相关, 土壤全磷含量与有机质含量呈显著正相关, 土壤全钾含量与土壤有机质含量相关性不显著。

参考文献:

[1] 程先富, 史学正, 于东升, 等. 丘陵山区林地土壤养分状况研究: 以江西省兴国县为例[J]. 水土保持学报, 2003,

17(2): 12–13.
[2] 李宝林, 李香兰. 黄土高原林区土壤肥力综合评价排序方法探讨[J]. 水土保持学报, 1995, 9(1): 64–70.
[3] Rboertson G P, Vitowsek P M. Nitrification potentials in primary and secondary succession[J]. Ecology, 1981, 62: 376–386.
[4] Vitousek P M, Matson P A, Van Cleve K, et al. Nitrogen availability and nitrification during succession, primary, secondary and old field series[J]. Plant and Soil, 1989, 115: 229–239.
[5] 刘兴聪. 青海云杉[M]. 甘肃: 兰州大学出版社, 1992.
[6] 张鹏, 张涛, 陈年来. 祁连山北麓山体垂直带土壤碳氮分布特征及影响因素[J]. 应用生态学报, 2009, 20(3): 518–524.
[7] 苏永中, 常学向, 何志斌, 等. 祁连山典型流域谷地植被斑块演变与土壤性状[J]. 生态学报, 2008, 28(1): 212–219.
[8] 胡启武, 欧阳华, 刘贤德. 祁连山北坡垂直带土壤碳氮分布特征[J]. 山地学报, 2006, 24(6): 654–661.
[9] 张万儒, 许本彤. 森林土壤分析方法[M]. 北京: 中国标准出版社, 1999.
[10] 中国土壤学会. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1999.
[11] 胡克林, 李保国, 林启美. 农田土壤养分的空间变异性特征[J]. 农业工程学报, 1999, 15(3): 33–38.
[12] 张文彤. SPSS11 统计分析教程[M]. 北京: 北京希望电子出版社, 2002.
[13] 尹娜, 魏天兴, 张晓娟. 黄土丘陵区人工林土壤养分效应研究[J]. 水土保持研究, 2008, 15(2): 209–211.
[14] Stenger R, Priesack E, Beese F. Spatial variation of nitrate-N and related soil properties at the plot-scale[J]. Geoderma, 2002, 105: 259–275.
[15] 曾宏达. 次生阔叶林土壤空间异质性研究[D]. 福州: 福建师范大学, 2006.
[16] 南京农业大学资源与环境科学学院. 庐山综合实习报告指导书[Z]. 2006.
[17] 黄文彬, 郑小贤. 黑龙江落叶松人工复层林生长过程分析[J]. 林业科技开发, 2007, 21(3): 52–54.