

城郊不同土地利用方式坡地土壤养分空间动态研究

张丽萍¹, 张锐波², 陈兆云¹, 黄慧青¹, 金培坚¹

(1. 浙江大学 环境与资源学院, 浙江 杭州 310029; 2. 浙江大学 城市学院, 浙江 杭州 310025)

摘要: 随着城市化的发展, 城郊土地利用方式的转型异常明显。为了研究土地利用转型及人为活动对坡地土壤养分空间动态的影响, 以杭州市西郊的低山丘陵区为研究区, 选择混交林、竹林、和坡耕地 3 种土地利用类型的坡地, 进行了坡地三维空间采样和室内 N、P、K 含量的测定。在系统分析的基础上, 得以下结论: (1) 坡耕地土壤 N、P、K 的绝对含量最高, 空间变化以 5 cm 土层波动最大; 竹林地则以 10 cm 土层波动明显, 混交林地空间分布规律性高; (2) 3 种土地利用方式坡地中 N、P、K 养分从坡顶到坡底总的趋势是呈递减状态, 其中坡耕地递减强度最大; (3) 3 种土地利用类型中, N、P、K 含量空间动态差异的主要原因是土地利用方式不同, 人为活动方式、强度、频率和深度不同所致; (4) 坡地土壤养分流失的总趋势与坡面汇流和土壤侵蚀规律相一致。

关键词: 城郊坡地; 土地利用; 土壤养分; 空间分布

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2007)01-0039-04

中图分类号: S153.1, F291.1

Spatial Distribution of Soil Nutrient on Sloping Land With Changed Land Utilization Ways in Suburbs

ZHANG Li-ping¹, ZHANG Rui-bo², CHEN Zhao-yun¹, HUANG Hui-qing¹, JIN Pei-jian¹

(1. College of Environment and Resources, Zhejiang University, Hangzhou, Zhejiang

310092, China; 2. College of City, Zhejiang University, Hangzhou, Zhejiang 310015, China)

Abstract: In the urbanization process, the change in land utilization is very swift. In order to investigate the effects of land utilization change and human activity on the spatial distribution of soil nutrient, we took the western suburb of Hangzhou as a research area. Sloping lands with three utilization ways of mixed forest, bamboo forest and cultivated sloping land were selected. In the horizontal direction, the whole sloping land was divided into four slope segments of the top, upper, lower and bottom, each of which has three samplings taken. In vertical direction, three depths at each sampling point were determined, i. e., 5, 10 and 15 cm. Totally, 36 samples were taken. The contents of N, P and K for each sample were measured, and 108 data were obtained for analysis. According to the measurements and systematic analysis, some conclusions have been gained. The absolute contents of N, P and K are the highest and the change in spatial distribution is the most obvious at the depth of 5 cm on sloping land. However, the most obvious change is observed at the depth of 10 cm on sloping land with bamboo forest. The change in the spatial distribution of the contents of N, P and K is very distinct. From the top of sloping lands to the bottom, the contents of N, P and K show a decreasing trend, and the intensity of decreasing trend is the greatest on sloping land. The main reasons for soil nutrient changes are the different ways of land utilization and the intensity and frequency of human activities. Loss of soil nutrient on sloping land is coincident with soil and water loss and water confluence.

Keywords: suburban sloping land; land utilization; soil nutrient; spatial distribution

城市化的发展在空间上表现为外延扩展, 城郊是其首当其冲的影响区域, 是人为干扰最强烈, 土地利用转型最快的地带。随着城市建设用地扩展, 使大片的农田转为非农业用地, 造成大片良田减少, 迫使菜

地爬坡, 水田上山。从而使山丘坡地的土地利用方式发生了根本性的改变, 天然林变成了人工林、林草地变成了坡耕地、旱地变成了水梯田。大规模的土地转型容易诱发一系列的生态环境问题, 减低城郊的生态

收稿日期: 2006-07-17

修稿日期: 2006-09-25

基金项目: 浙江省自然科学基金项目(401005); 浙江大学 SRTP(7 期)

作者简介: 张丽萍(1960—), 女(汉族), 山西文水人, 教授, 博士生导师, 主要从事土壤侵蚀和水土保持、地理学和环境地学、水资源利用与保护的教学与科研。E-mail: lpzhang@zju.edu.cn。

通道和对环境的缓冲作用,继而影响到城市的经济发展。这些问题在一些位于丘陵山区、滨海靠山、或城市辐射腹地主要是山区的城市扩展显得更为突出^[1-2]。不同土地利用方式人为干扰程度不同,对水土和养分的保持能力不同,进而影响到坡地土壤的抗蚀性、土地质量退化程度的差别。研究城市扩展过程中土地利用方式大幅度转型情况下的坡地土壤养分的空间分布特征,探讨土地利用方式转型对土壤养分流失的影响,揭示人为活动对水土资源的影响强度,对于规划土地利用转型趋向,保护城郊水土资源,防止土地质量退化,促进生态和经济良性发展具有重要的实际意义。

1 样品的采集和测定

1.1 样品采集地概况

研究区位于杭州市西郊的低山丘陵区,地处杭金衢高速公路及杭丽温高速公路的城西入口以及杭州至临安的必经之路,三面都是四通八达的道路,一面靠山,属于平原向山地过渡的山前低丘。由于研究区正是杭州向西扩展的一个重要地区,人为活动对生态环境的压力很大,郊区土地的利用方式在不断的发生更替,使该地区丘陵坡地土壤资源不断受损,坡地土壤养分严重流失,土地生产力退化,区域植被以及水资源等都由此而受到影响。

1.2 样品的采集

在研究区分别选择混交林地、竹林地、耕地 3 种不同利用类型的坡地,依照山坡纵向剖面,进行土样采集。每一坡面自上而下在坡顶、坡中部、坡下部和坡底布设 4 个采样点。同时为了能反映降水的渗透淋溶等作用对土壤侵蚀和养分流失的影响,在每个采样点,在距地表 5, 10, 15 cm 处,自下而上采集 3 个土样,共采集土样 36 个。

1.3 土壤 N, P, K 测试^[3-4]

将采集的土壤样品在室内进行土壤 N, P, K 含量测定。样品先进行自然风干一周,然后磨细,过 100 目筛,进而制作分析标准溶液。

用 721 型分光光度计,采用钼锑抗比色法,进行全磷测定。

速效钾是采用火焰光度计、往返振荡机来测定。以 NH_4OAc 作为浸提剂与土壤胶体上阳离子起交换作用, NH_4OAc 常用火焰光度计直接测定。为了抵消 NH_4OAc 的干扰影响,标准钾溶液也需要用 1 mol/L NH_4OAc 配制。

过 1 mm 筛孔的风干土样品,通过消煮将土壤中的 N 转化为 NH_4-N ,采用靛酚蓝比色法,用 721 型

分光光度计测定 NH_4-N 含量,从而计算出土壤中的全氮含量。

本测试共测得数字 108 个。

2 结果与分析

2.1 不同土地利用方式坡地土壤全氮空间动态特征

由各样品全氮含量测定值统计绘制出不同土地利用方式坡地全氮空间分布图(图 1)。

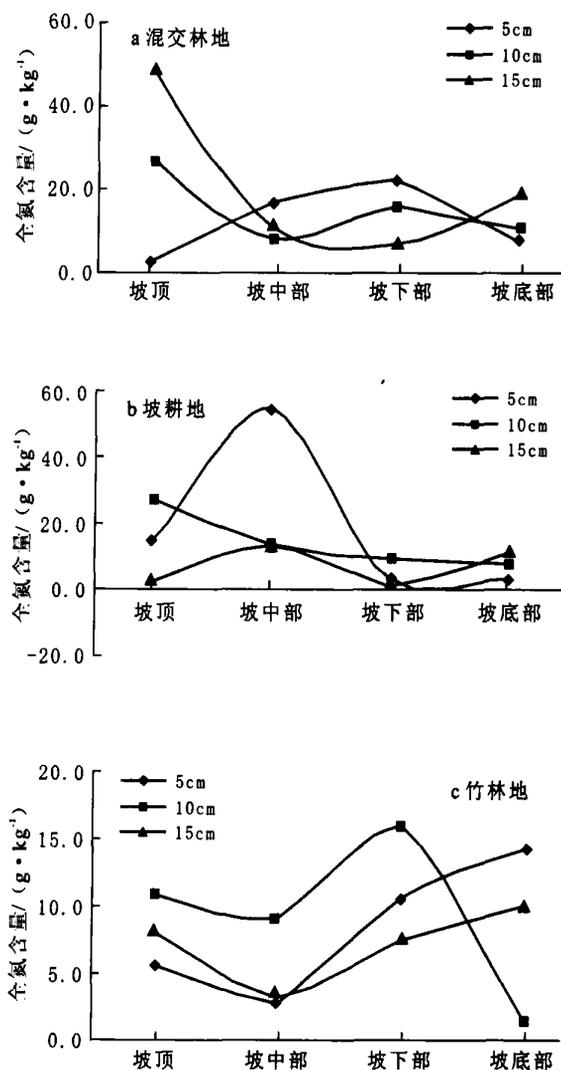


图 1 不同土地利用方式坡地土壤全氮的空间分布图

图 1 显示,混交林坡地 15, 10 cm 土壤层中氮含量的变化趋势从坡顶到坡底呈减少趋势,但以坡上部段减少强度最大,在坡下部和坡底部段反而有淀积现象。在 5 cm 土层中,土壤氮含量从坡顶到坡下部呈缓慢的增加趋势,到坡脚却又逐渐减少。土壤各层绝对含氮量的差异,在坡顶最大,并且从地表向下含量增加;向坡下过渡,各层含氮量逐渐趋于相近。

坡耕地土壤含氮量的空间变化非常复杂。5 cm 深度处波状起伏最大,在坡中部出现了高值畸点,向下急剧地减少,最高值与最低值相差很大;10 cm 深度处,从坡顶向下呈乘幂规律递减,相关系数 $R = 0.998$;15 cm 深度处,从坡顶到坡底呈现缓波上下起伏。

竹林地在整个坡面段土壤含氮量以 10 cm 深度处为最高,到坡底部却减少到最少;15 cm 和 5 cm 深度处,从坡中部向下呈增加趋势,但 5 cm 深度处的增加速度较大。在坡顶和坡底 10 cm 和 5 cm 深度处的氮含量呈剪刀叉状态。

2.2 不同土地利用方式坡地土壤全磷空间动态特征

不同土地利用方式坡地土壤中的全磷含量分布状况见图 2。

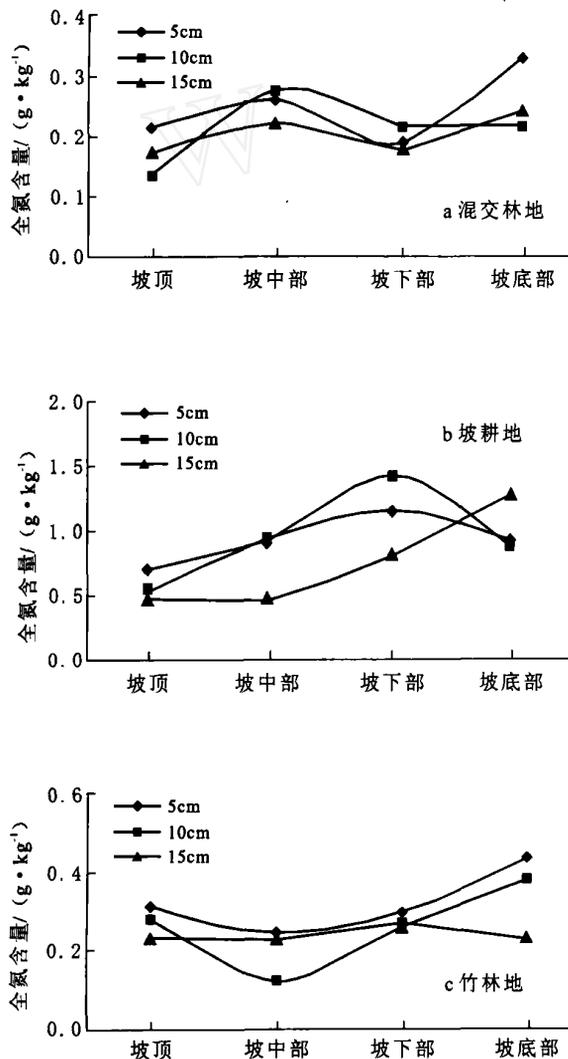


图 2 不同土地利用方式坡地土壤全磷的空间分布图

由图 2 可见,坡耕地中的磷元素含量明显高于混交林和竹林中的磷含量。每一采样点表层土壤的磷

含量均高于下层土壤;从斜坡整体而言,随着地势的下降,各相应深度土壤磷的含量都在增加。在整个坡面中,5 cm 和 10 cm 土层含磷量的变化趋势相近,15 cm 深度处的变化规律明显,呈指数递增(图 2b):

$$y = 0.2783e^{0.5615x}, \quad R^2 = 0.951 \quad (1)$$

式中: x ——从坡顶到坡脚的坡长变化; y ——15 cm 深度处,磷含量随从坡顶到坡脚坡长变化而变化。

混交林地和竹林地整个坡面各层磷的绝对含量变化不大,有和缓的波状起伏,但两者的起伏变化却恰好相反,从坡顶到坡中部,混交林地趋于增加,竹林地呈现减少势头;从坡中部到坡下部,混交林地趋于减少,竹林地呈现增加;到坡底又都趋于增加。就整体坡面的垂直分层而言,15 cm 深度处磷含量变化不大,10 cm 深度处波状起伏明显,5 cm 土层中趋于和缓递增,并以竹林地规律明显,呈二次多项式分布,相关系数近于 1。

$$y = 0.0473x^2 - 0.1949x + 0.4536 \\ R^2 = 0.9981 \quad (2)$$

2.3 不同利用方式坡地土壤速效钾的空间动态特征

土壤中速效钾含量在不同土地利用方式下的空间变化规律如图 3 所示。

坡地土壤中速效钾含量的空间变化的规律性好于氮和磷,并且 3 种利用类型土壤中的含量差异并不大,坡耕地中的速效钾含量较高。坡耕地的坡顶土壤钾含量最少,而且各层基本一致,坡上部最高,往下又呈减少规律,各层的减少规律差异不大。混交林地坡顶土壤钾含量最高,土壤各层钾的含量从坡顶向下到坡中部呈逐渐减少的趋势,到坡脚又趋增加,在坡脚表层含量最高。竹林地土壤钾含量的空间变化比较复杂,在 5 cm 和 15 cm 深度处,从坡顶到坡脚的变化规律相似,但绝对含量 5 cm 远远高于 15 cm 深度处,10 cm 土层中,速效钾含量的变化波动较大,在坡中部出现高值,其它坡段速效钾含量基本相近。

2.4 不同利用方式坡地土壤 N, P, K 空间动态分析

上述测试结果显示,坡耕地土壤中, N, P, K 的绝对含量明显高于混交林和竹林坡地,并且在整个坡面各层波动明显;在 15 cm 土层中,变化波动和缓、规律明显,5 cm 土层的波动最大,10 cm 深度处的起伏状况介于二者之间。从土壤养分来看, N, K 在整个坡面总体趋势呈减少状态,递减梯度最大,绝对递减量最高,而 P 却呈现出增长趋势。

竹林坡地土壤中 N, P, K 含量的空间分布特征取决于它特殊的耕作方式^[2]。竹笋的生长需要疏松的土层和消耗大量的肥力,这样人为施肥、松土、挖笋,对土层干扰严重,在竹林地整个坡面,10 cm 土层

中的 N, P, K 含量变化明显,而且绝对含量较高;5, 15 cm 土层中的变化较为和缓,这说明竹林地的施肥和中耕主要在 10 cm 深度的范围,它与竹笋的生长深度相近似。

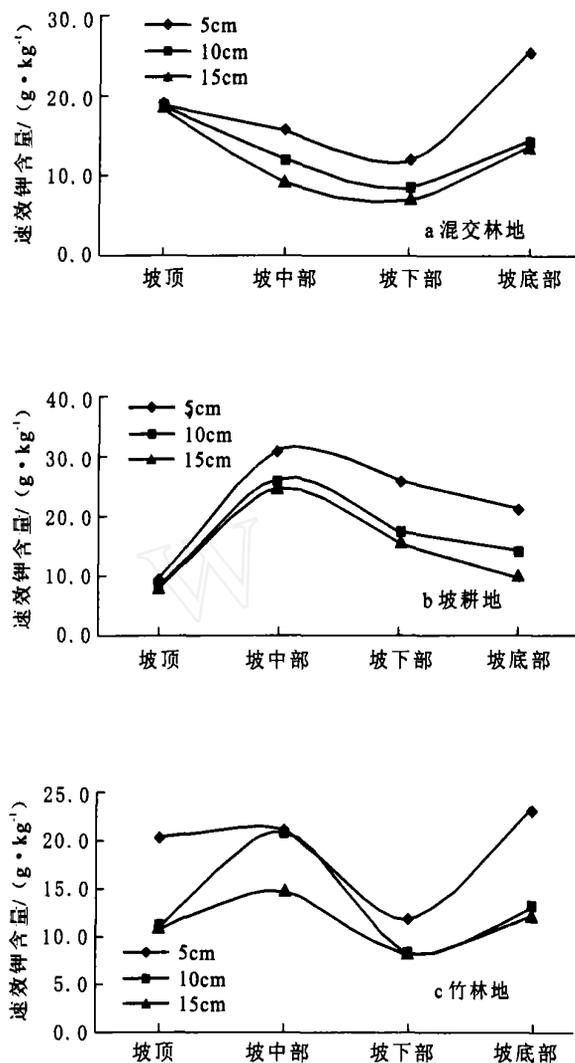


图 3 不同土地利用方式坡地土壤速效钾的空间分布

混交林地坡顶各层次 N, P 含量的差异高于其它坡段,到坡脚趋于一致;而 K 的含量在坡顶各层次却相对一致,到坡脚各层次的差异加大。从坡顶到坡脚整个坡面 N 的流失最明显, K 以分异和损失为主,在坡脚发生沉淀累积现象,含 P 量的变化差异不大。

3 讨论

3.1 不同土地利用方式坡地土壤养分空间分布特征形成的人为因素

上述不同土地利用类型坡地土壤养分空间分布特征,反映了人为活动强度在土壤养分再分配中的重要作用。

城郊坡耕地的利用以经营菜地、花卉等农副产品为主,这种经营方式需大量施肥,使得表层土壤 N, P, K 的含量明显高于下层和其它土地利用方式;同时,这些作物轮作周期短,复播指数高,播种、中耕等人为活动的频率和强度较大,容易诱发水土流失,使得 N, K 呈现出从坡上部到坡脚流失减少的趋势。

研究区混交林坡地土壤养分的空间分布规律不同于天然林地^[5],其原因有 2 个方面。一方面郊区林地是人工绿化地,树种单一,结构简单,对土壤养分和水土资源保护的生态功效较差;另一方面,在研究区的混交林坡地上,修建有大面积的坟墓,有时一座坟墓占地面积可以达到 20 m² 以上。在研究区附近,一个小山坡有好几百座类似的“豪华阴宅”,践踏现象屡见不鲜。由于修建坟墓,砍伐了大量的树林,山体的白化现象相当严重;由于踏青扫坟对林地的践踏和毁坏树林的现象时有发生,这些环境问题严重影响了土壤肥力的持有功能。

该区坡地土壤养分流失的总趋势与坡面汇流和土壤侵蚀规律相近似。由于坡地顶部区域坡度较缓,汇水面积小,加之坡顶开发利用程度低,所以土壤侵蚀强度较小,相应的土壤养分流失较轻,基本上能反映土壤养分含量的自然状况;从坡顶区域向下到坡的下部,是坡地的主体,坡度较陡,汇水量随着坡长的增加而逐渐加大,是坡面土壤侵蚀最严重坡段,也是养分流失最快、最严重坡段;坡脚土壤侵蚀强度和养分含量的变化与其相邻地形、地下水位状况关系密切。坡脚地形和缓,地下水高,土壤侵蚀强度就小或不发生侵蚀,甚至可能出现沉积现象,相应的土壤养分流失量就很小,或者不流失,反而可能有累积,在垂直剖面上也出现下层高于表层的现象。

3.2 不同土地利用方式坡地土壤养分空间分布特征形成的环境要素

研究区位于北亚热带,雨量丰富,年均降水量为 1 300 mm 左右,年均蒸发量在 900 mm 左右,降水集中在 5—9 月份,以梅雨和台风雨为主要方式,是诱发土壤侵蚀加重和养分流失的主要原因。该区山丘坡地的植被以落叶林、矮小灌木丛以及毛竹林为主,由于植被稀疏和树种单一,严重影响光合作用和生态调节功能,致使整个生态系统的自我调节能力降低,对于土壤养分和水土资源的流失以及风化都未能有效地进行自我控制。

该区主要成土母质是花岗岩和凝灰岩风化层,土层较薄,颗粒组成较粗,在强降雨和低植被覆盖的情况下易发生水土流失。

(下转第 46 页)

表 3 生态环境需水量与频率

名称	生态环境需水量/ $(\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1})$	保证率 P/%
基本生态环境需水量	0.79	96.9
输沙需水量	0.70	97.0
稀释净化污染物需水量	1.10	96.1
水土保持需水量	1.00	96.0

3 结论

沙坪河河流水资源总量较为丰富,但污染严重,具有我国南方地区典型河流生态环境特征,开展生态环境需水与配置研究具有十分重要的示范意义。

沙坪河基本生态环境需水量 $0.79 \text{ m}^3/\text{s}$; 水面蒸发需水量为 $0.05 \text{ m}^3/\text{s}$; 输沙需水量为 $0.70 \text{ m}^3/\text{s}$; 稀释净化污染物需水量为 $1.10 \text{ m}^3/\text{s}$; 水土保持需水量为 $1.00 \text{ m}^3/\text{s}$ 。沙坪河生态环境需水总量为 $3.64 \text{ m}^3/\text{s}$, 约占地表径流总量 $9.42 \text{ m}^3/\text{s}$ 的 38.6%。

从生态环境需水的构成和数量关系来看,暖湿地

区生态环境需水主要是水质性缺水,对河流污染的稀释净化还有一个相当长的过程,在生态环境恢复过程中,应在满足河流基本生态环境需水的前提下,对各项生态环境需水按轻重缓急进行优化配置。

[参 考 文 献]

- [1] 宋进喜,李怀恩,王伯铎. 河流生态环境需水量研究综述[J]. 水土保持学报, 2003, 17(6): 95—97.
- [2] 刘凌,董增川,崔广柏,等. 内陆河流生态环境需水量定量研究[J]. 湖泊科学, 2002, 14(1): 25—30.
- [3] 王珊琳,丛沛桐. 生态环境需水量研究进展及理论探析[J]. 生态学杂志, 2004, 23(5): 10—12.
- [4] 李丽娟,郑红星. 海滦河流域河流系统生态环境需水量计算[J]. 地理学报, 2000, 55(4): 495—500.
- [5] 王雁林,王文科,杨泽元,等. 陕西省渭河流域生态环境需水量探讨[J]. 自然资源学报, 2004, 19(1): 69—78.
- [6] 王西琴,刘昌明,杨志峰. 生态及环境需水量研究进展与前瞻[J]. 水科学进展, 2002, 13(4): 507—513.
- [7] 宋兰兰,陆桂华. 生态环境需水研究综述[J]. 水利水电科技进展, 2004, 24(3): 57—61.

(上接第 42 页)

然而,南方红黄壤丘陵区水土流失的特点是水的流失高于土的流失,很少出现高含沙水流,反而在高温高湿状况下,土壤养分的溶解和淋失明显,高养分流体的概率很高。因此,严重的土壤侵蚀必然会引起土壤养分的大量流失,一旦富含养分的表土被剥离,使深层土壤裸露地表,在风和水的的作用下遭受风化淋失,继而形成水土资源和养分流体的恶性循环。

4 结论

(1) 坡耕地土壤 N, P, K 养分的空间变化以 5 cm 土层波动幅度最大; 竹林地则以 10 cm 土层波动最明显; 混交林地 N, P, K 养分的空间分布规律性高于坡耕地和竹林地。其原因是由于不同土地利用方式,人为活动方式、强度、频率和深度不同所致。

(2) 3 种土地利用方式坡地中 N, P, K 养分的从坡顶到坡下总的趋势是呈递减状态,而在坡脚却具有沉淀累积趋势。坡面递减强度以坡耕地最大,是由于其土壤抗蚀性差、侵蚀强度高所致。坡脚养分累积以混交林和竹林地最为明显,其原因与地形条件密切相关。研究区地处山前低丘,东侧是杭州西部湿地。在坡面随着径流的汇集,土壤养分以流失为主;在坡脚,由于地形减缓加之湿地地下水位很高,水流比降减少,从坡上流失的养分在此发生积累。

(3) 在这 3 种土地利用类型中,土壤 P 含量的变化很小,并有缓慢的富集迹象。这可能与土壤 P 的循环转化和化学特性有关,土壤中 P 主要来自母质和施肥, P 与土壤矿物质结合紧密,除了随土壤侵蚀通过地表径流损失外,土壤中 P 的淋失损失几乎可以忽略不计。

(4) 坡地土壤养分流体的总趋势与坡面汇流和土壤侵蚀规律相近似。坡顶区域土壤侵蚀强度小,养分流体较轻; 整个斜坡面,土壤侵蚀强度大,养分流体明显; 坡脚土壤侵蚀强度小或不侵蚀有沉积,土壤养分流体小,或者不流失有累积。

此外,土壤养分的流失还与土壤的理化特性、养分各元素的化学特性有关,还需更进一步的研究。

[参 考 文 献]

- [1] 张丽萍,张锐波. 城市水土流失的环境背景及评价体系[J]. 水土保持学报, 2003, 17(6): 40—42.
- [2] 张丽萍,张锐波,柳云龙. 城市扩建诱发水土流失的空间地理场分析[J]. 水土保持通报, 2002(6): 20—22.
- [3] 黄昌勇. 土壤学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [4] 鲍士旦. 土壤农化分析(第三版)[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [5] 全国土壤普查办公室. 中国土壤[M]. 北京: 中国农业出版社, 1998. 875—977.