

不同海拔对干热河谷地区土壤理化性质及可蚀性的影响

李 鹏¹, 李占斌^{1,2,3}, 郑 郁¹

(1. 西安理工大学 西北水资源与环境生态教育部重点实验室, 陕西 西安 710048;

2. 西北农林科技大学 水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100; 3. 中国科学院 水利部 水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100)

摘 要: 以四川省宁南县金沙江下游的河谷地带为研究区域, 选择不同海拔下的土壤为研究对象, 通过室内测试分析, 并运用统计和相关分析等方法, 研究不同海拔下的土壤可蚀性变异特征。结果表明, 在干热河谷区, 海拔对土壤理化性质、机械组成、可蚀性影响显著。在低海拔干热风影响较大的区域, 随着海拔的升高, 土壤理化性质逐步改善; 海拔 1 005 m 以上地区, 干热风影响减弱, 土壤理化性质和可蚀性出现转折点, 其中理化性质有所降低并趋于稳定, 可蚀性显著降低, 抗蚀性能显著增强; 海拔 1 235~1 400 m 之间可以作为干热风影响的过渡区, 海拔 1 500 m 以上干热风影响基本消失, 植被类型发生变化, 土壤可蚀性明显降低, 抗蚀性能显著提高。研究结果表明, 在金沙江干热河谷区, 干热风是影响土壤可蚀性的主要因子之一, 因此从水土保持角度出发, 在该地区应该尽可能地减少干热风的影响, 以提高土地抵抗侵蚀的能力。

关键词: 海拔; 土壤理化性质; 土壤可蚀性; 干热河谷地区

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2011)04-0103-05

中图分类号: S157.1

Effect of Different Elevation on Soil Physical-chemical Properties and Erodibility in Dry-Hot Valley

LI Peng¹, LI Zhan-bin^{1,2,3}, ZHENG Yu¹

(1. Key Laboratory of North West Water Resources and Environment Ecology, Ministry of

Education, Xi'an University of Technology, Xi'an, Shaanxi 710048, China; 2. Northwest A & F

University, Institute of Soil and Water Conservation, Yangling, Shaanxi 712100, China; 3. Institute of Soil and

Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: By sampling soils at different elevation at lower reaches of Jinsha River in Ningnan County, variations of soil erodibility with elevation were studied by statistical analysis and indoor physical-chemical properties analysis. Results indicated that in the dry-hot valley, elevation had significant effect on soil physical-chemical properties, particle composition and soil erodibility. In the lower elevation region where dry-hot wind had great effect, both soil physical and chemical properties was improved with the increase of elevation, and soil erodibility decreased too; elevation between 1 235 m and 1 400 m could be considered as the transition region. When the elevation was over 1 500 m, influence of dry-hot wind almost disappeared, vegetation types changed a lot, and soil erodibility decreased significantly. These results verified that in the Jinsha River dry-hot valley, dry-hot wind was one of the main factors that influence the soil erodibility. Thus it was important to adopt proper measures to reduce the influence of dry-hot wind, and increase the anti-erodibility of land by soil and water conservation measures.

Keywords: elevation; soil physical and chemical properties; soil erodibility; dry-hot valley

金沙江干热河谷是我国西南横断山区河谷深切后形成的一种特有的地理和气候类型, 属于干旱河谷的一种亚类型, 该地区气候干旱, 水热极度不平衡。常年来由于历史上的采薪炼铜和现代的陡坡垦植以

及对自然资源不合理的开发利用, 导致该区在自然因素和人为因素影响下区域生态功能明显退化, 成为我国生态环境脆弱地区之一^[1-3]。土壤可蚀性 K 值是定量计算土壤流失量的重要指标^[4], 是衡量土壤自身

收稿日期: 2011-01-18

修回日期: 2011-04-08

资助项目: 国家自然科学基金项目“植被格局对坡沟水蚀过程调控机理研究”(41071182), “基于小流域淤积信息的侵蚀产沙与侵蚀环境变化响应研究”(40971161); 陕西省自然科学基金重点项目“陕北旱区水资源演变与生态活动响应及调控研究”(2009JZ008)

作者简介: 李鹏(1974—), 男(汉族), 山东省烟台市人, 博士, 副教授, 主要从事水土资源与环境方面的研究。E-mail: li peng 74@163.com。

抗侵蚀能力大小的重要因子之一,其值的大小表示土壤被侵蚀的难易程度,反映土壤对侵蚀外营力剥蚀和搬运的易损性和敏感性,是影响土壤流失量的内在因素,也是定量研究土壤侵蚀的基础^[5-6]。研究表明^[7-13]土壤可蚀性的大小与土壤内在的理化性质密切相关。海拔可以反映环境变化,是影响光、热、水、气的因子之一,其直接作用于生境的气候生态学特征,并通过对气候环境的改变使土壤发生物理、化学和生物方面的变化,进一步影响植物群落结构和类型的演化^[14-15],最终引起生态系统功能的改变^[16]。长期以来,研究人员对不同海拔下的植被、土壤属性进行了大量的研究,取得了丰富的研究成果^[17-20],但由于研究区域的不同,所得出的结论差异较大。特别是针对金沙江干热河谷地区海拔对土壤特性方面的研究还相对较少。因此,本研究以金沙江干热河谷地区不同海拔下的草地为研究对象,对土壤特性及其可蚀性进行了研究,为认识该地区水土保持现状和评价生态安全提供科学依据。

1 研究地区与研究方法

1.1 研究区概况

研究区选择在宁南县城以东金沙江下游的河谷地带。位于东经 102° 54′—103° 02′,北纬 26° 54′—27° 09′,年均气温 20~27℃,≥10℃年积温 7 000~8 000℃,年日照时数 2 179~2 736 h,为多日照区;年降水量 600~800 mm,年蒸发量为降水量的 3~6 倍;干湿季分明,干季蒸发量可达降水量的 20 倍以上,土壤水分严重缺失,相对持水量和有效水分保证率较低,土壤类型以抗蒸发能力弱的燥红土为主,还有褐红壤、赤红壤、紫色土等,主要植被以干热河谷灌丛和稀树灌木草丛为主,其中草本植物主要有:扭黄茅(*Heteropogon contortus* P. Beauv)、香茅(*Cymbogon distans*)、龙须草(*Eulaliopsis binata* Hubbard)等;灌木主要有:车桑子(*Dodonaea glandulifera* L.)、余甘子(*Phyllanthus emblica* L.)、仙人掌(*Opuntia monacantha* Haw)、番石榴(*Psidium guajava* Linn)等;乔木主要为:攀枝花(*Bombax ceiba* L.)、新银合欢(*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit cv. Salvador)、水桐树(*Camptotheca acuminata*)刺槐(*Robinia pseudoacacia* L)等。

1.2 样品采集及分析

通过野外植被调查,在研究区选择典型坡面,按照海拔高度从 705~1 500 m 选取典型草地 7 块和海拔 1 585 m 云南松林一块(海拔 1 500 m 以上通常被认为该区域很难受干热风影响的海拔下限)为研究对

象,样地基本特征见表 1。为了尽可能消除地形、季节以及人类活动等因素对土壤特性的影响,所选取的样地在相同一道山梁,坡位坡度相似的迎风坡面。每个海拔选择 3 个样地,每个样地按 S 形选取 7 个样点,采集 0—20 cm 土层的土壤样品,充分混合均匀后用四分法取出适量备用。采集的土样剔除可见的动、植物残体和石块并风干后带回实验室,过 0.25 和 1 mm 筛储存,用于测试土壤理化性质及其它土壤可蚀性指标。土壤容重采用环刀法;有机碳(TOC)含量采用重铬酸钾氧化外加热法测定,全氮(TN)采用半微量凯氏法测定,采用 pH 计测 pH 值(水:土=2.5:1),土壤全磷(TP)采用碳酸钠熔融—钼锑抗比色法测定(岛津 2401—紫外可见分光光度计,日本),速效磷采用 Olsen 法测定,速效钾采用乙酸铵提取—火焰光度法测定^[21]。利用主成分分析因子负荷量计算各属性因子作用的大小,确定它们的权重,并采用加权和法计算土壤综合属性指数(SI)。

利用 Sharply 和 Williams 等人^[22]在 EPIC(erosion-productivity impact calculator)模型中提出的计算公式(1)进行土壤可蚀性 K 值的计算,此公式参数易于测量,国内应用较为广泛^[10,12,23]。

$$K = \{0.2 + 0.3 \exp[-0.0256S_a(1 - 0.01S_i)]\} \times \left(\frac{S_i}{CLA + S_i} \right)^{0.3} \dots \left[1.0 - \frac{0.25C}{C + \exp(3.72 - 2.95C)} \right] \left[1.0 - \frac{0.7S_n}{S_n + \exp(-5.51 + 22.9S_n)} \right] \quad (1)$$

式中: S_a ——砂粒含量(%); S_i ——粉砂粒含量(%); C_l ——黏粒含量(%); C ——有机碳含量(%); $S_n = 1 - S_a/100$ 。

1.3 数据统计分析

数据为 3 个重复的平均值,采用 SAS 6.12 软件中的单因素方差分析(ANOVA)方法分析差异显著性,相关分析也采用 SAS 6.12 软件进行。

2 结果与分析

2.1 不同海拔对土壤理化性质的影响

干热河谷地区海拔对土壤理化性质影响显著。如图 1a 所示,土壤有机质含量随海拔呈显著地的线性关系,在海拔 705~805 m 没有显著差异,随后逐渐增加,在海拔 1 235 m 时达到最大,随后有所降低,1 585 m 的松树林有机质含量要低于 1 500 m 的草地,但是仍显著高于海拔 920 m 的草地。土壤全氮和有机质变化规律相似(图 1b),随着海拔升高,土壤全氮在 805 m 时略有降低,随后显著增加,在海拔 1 500 m 时达到最大值,随后逐渐降低,1 500~1 585 m 达到最小值,但仍高于 920 m,回归分析呈显著的二次函数变化。全磷含量在 805 m 处较 705 m 显著

降低, 随后显著升高, 920~ 1 585 m 总体趋于稳定, 回归分析表明呈显著的线性关系, 1 585 m 处的松树林低于 1 500 m 处的草地含量(图 1d)。碱解氮含量随海拔总体呈现增加趋势(图 1c), 在海拔 920 m 处较 705 m 处增幅达到显著水平, 随后逐渐增加, 1 585 m 处的松树林达到最大值, 回归分析表明随海拔升高呈显著的线性函数增长。速效磷和全磷含量变化规律相似(图 1e), 在 805 m 处有所降低, 但是差异并不显著, 随后随海拔升高显著升高, 在 920~ 1 585 m 趋于稳定, 回归分析呈显著的线性关系。速效钾含量

在海拔 705~ 1 005 m 处逐渐升高, 随后趋于稳定, 1 585 m 的松树林和 1 500 m 的草地没有显著差异, 回归分析表明随海拔升高, 速效钾含量呈显著的线性关系(图 1f)。随海拔的升高, 土壤容重略有降低, 但总体波幅不大, 差异也不显著, 1 585 m 的松树林和 1 500 m 的草地没有显著差异(图 1g)。土壤综合理化属性指数随海拔升高呈显著的二次函数变化, 海拔 705~ 805 m 处略有降低, 随后快速增加, 1 235 m 处达到最大值后开始降低, 并趋于稳定, 海拔 1 585 m 的松树林和 1 500 m 的草地没有显著差异(图 1h)。

表 1 样地基本特征

土地类型	地形	坡向	坡度/ (°)	海拔/ m	土壤 类型	总覆盖 度/%	主要植被
草地	迎风坡地	ES17°	35°	705	燥红土	70	狗尾草 (<i>Setaria viridis</i> (L.)), 鹅观草(<i>Roegneria kamoji</i>)
草地	迎风坡地	NE6.5°	28°	805	燥红土	20	茼蒿(<i>Artemisia giraldii</i>), 打碗花(<i>Calystegia hederacea</i>)
草地	迎风坡地	ES16°	26°	920	燥红土	20	打碗花(<i>Calystegia hederacea</i>), 鹅观草
草地	迎风坡地	ES	26°	1 005	燥红土	20	抱茎苦苣菜(<i>Ixeris sonchifolia</i>), 苦苣菜(<i>Sonchus oleraceus</i>)
草地	迎风坡地	ES16°	30°	1 235	燥红土	20	黄茅草(<i>Heteropogon contortus</i>)
草地	迎风坡地	WN33°	30°	1 400	燥红土	30	戟叶酸(<i>Rumex hastatus</i>), 茼蒿
草地	迎风坡地	ES16°	26°	1 500	燥红土	20	戟叶酸模, 白羊草(<i>Bothriochloa ischaemum</i>)
松树林	迎风坡地	ES14°	40°	1 585	燥红土	80	云南松(<i>Pinus yunnanensis</i> f.), 青冈树[<i>Cyclobalanopsis glauca</i> (Thunb.)]

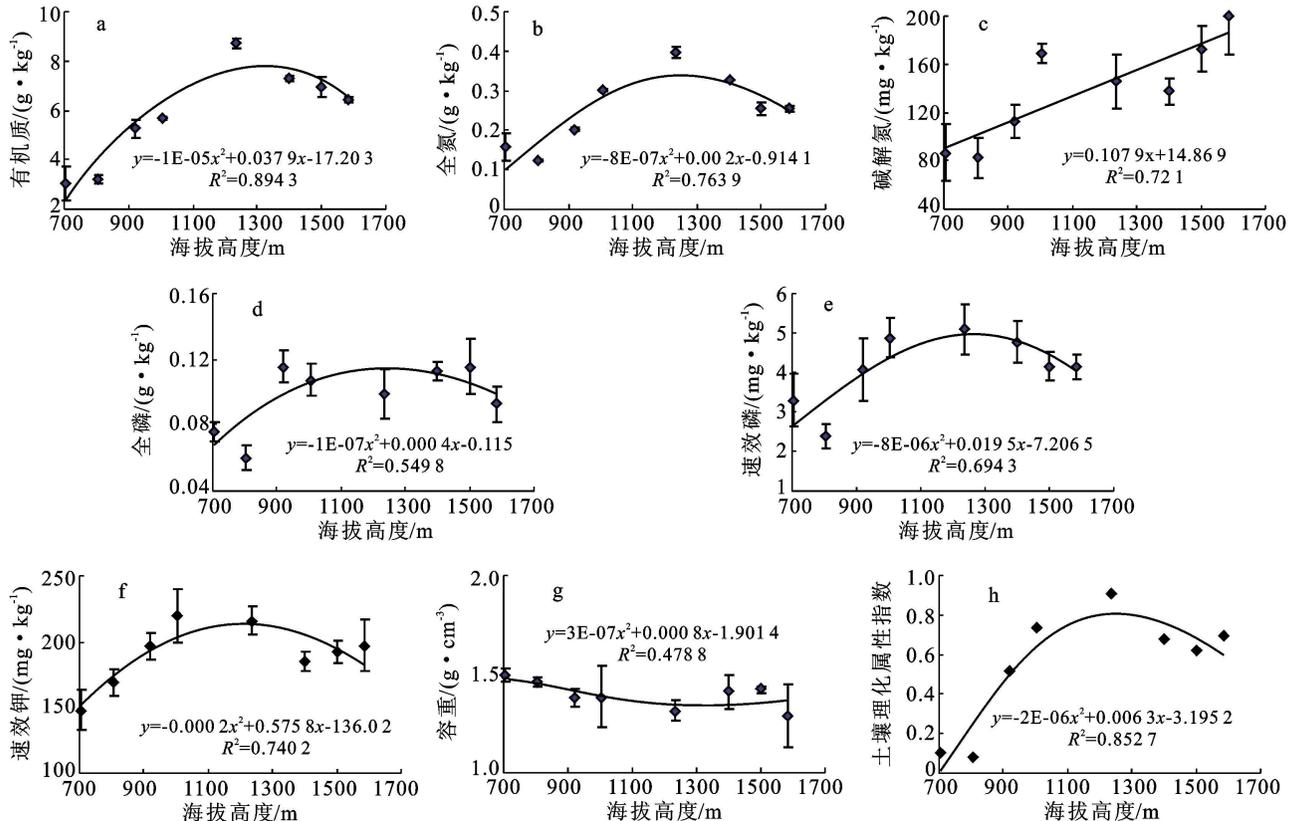


图 1 土壤主要理化性质随海拔变化

注: 图中不同字母表示在 $p < 0.05$ 水平上差异显著。

2.2 不同海拔对土壤机械组成及可蚀性的影响

不同海拔对土壤机械组成及可蚀性影响明显(表 2)。随着海拔的升高,土壤沙粒含量略微降低后又显著增加,粉砂粒和黏粒含量则略有升高后显著降低,不同海拔土壤机械组成均以粉砂粒为主。土壤可蚀性分析表明,在海拔 705~1 005 m 随着海拔的升高,

土壤可蚀性逐渐升高,1 005 m 达到最大值,随后逐渐降低,1 235~1 500 m 基本趋于稳定,且明显高于 1 585 m 的松树林。综合比较不同海拔土壤机械组成和抗蚀性,可以看出 1 005~1 235 m 是各指标的转折区域,恰好这个区域也是干热风影响的过渡区域,并且在油松林地上,土壤可蚀性降低到最低。

表 2 不同海拔下土壤可蚀性分异特征

土地类型	海拔/m	砂粒/%	粉砂粒/%	黏粒/%	SN1	可蚀性
草地	705	25.530	66.102	8.368	0.745	0.319
草地	805	22.811	68.688	8.501	0.772	0.326
草地	920	21.159	70.189	8.652	0.788	0.330
草地	1 005	17.652	71.698	10.650	0.823	0.334
草地	1 235	55.564	39.305	5.131	0.444	0.235
草地	1 400	50.934	43.904	5.162	0.491	0.250
草地	1 500	48.230	47.061	4.709	0.518	0.259
松树林	1 585	63.838	31.972	4.190	0.362	0.213

2.3 不同海拔土壤理化性质与土壤可蚀性的关系

根据土壤可蚀性的计算方法可知,土壤可蚀性和沙粒、沙粉粒、黏粒含量以及土壤有机质之间具有极显著的相关性。土壤是植被发育的基础,也是植被发育的结果,作为生态过程中最活跃的因素,它的发生发展影响着植被的类型、结构,以及土壤生态系统的元素转化速率、方向等各个方面。一定的海拔高度就有一定的均温、活动积温和降水量,地形的垂直变化,会显著地影响土壤水热条件,所以海拔高度可以作为土壤水热条件的综合指标来影响土壤理化性质。研究表明,在海拔 705~805 m 土壤理化性质很低,随着海拔的升高,受干热风的影响显著降低,土壤理化性质逐渐升高,在海拔 1 005 m 处基本达到最大值,并趋于稳定,这主要是由于在海拔 705~805 m 处于江面上方海拔 100~200 m 处,受干热风影响最为严重,植被生长较差,枯枝落叶受干热风的影响,很难归还到土壤中,加之此海拔处的水分严重亏缺,物质代谢能力减弱,因此理化性质极低,海拔 805 m 以上受干热风的影响逐渐降低,植被生长和枯落物归还量显著增加,土壤理化性质得到明显增加,海拔 1 005 m 以上总体受干热风的影响明显减少,而此海拔段整体来说水分光照等条件相似,因此植被等条件变异不大,土壤理化性质差异总体不显著。值得关注的是土壤有机质、全氮、全磷及碱解氮等主要土壤性质指标的转折点均出现在海拔 1 235~1 400 m 之间。根据对干热河谷区干热风影响高度的划分,一般认为在 1 200 m 左右,也有学者认为在 1 400 m 左右。本研究认为海拔 1 235~1 400 m 之间可以作为是干热风

影响的过渡区,根据生态学的原理可知,生态过渡区一般具有波动性、脆弱性和敏感性等特点,该区域连接干热河谷区与其上的林草覆盖区,因此其土壤性质会出现转折点的变化。海拔 1 500 m 以上已经不再受干热风的影响,土壤水分、植被等条件显著改善,植被类型也从草地变为松树林,土壤理化性质及综合属性也逐渐改善。

随着海拔的升高,土壤表层的理化性质、地表状况发生了改变,进一步导致表层土壤机械组成和可蚀性发生改变,研究发现在低海拔干热风影响较重的区域土壤的粉砂粒含量明显偏高,而砂粒含量则明显偏低。分析其中原因可能有两个方面:一是该区域岩性以变质岩为主,风化作用比较强烈,因此细颗粒含量偏多;二是由于侵蚀比较活跃,加之恢复时间偏短,大颗粒土壤结构尚未形成。至于具体原因,有待于进一步深入研究。土壤可蚀性作为土壤的属性之一,其值受土壤理化性质的影响,任何导致土壤理化性质的变化的因素都会导致土壤可蚀性的变动大。对比低海拔干热风影响区域和较高海拔无干热风影响区域土壤可蚀性可以发现,无干热风影响区域的土壤可蚀性明显降低,并且在海拔 1 500 m 以上的松树林地,土壤可蚀性降低到最低。研究表明^[24]土壤可蚀性的强弱本质上取决于土壤结构的稳定性,表明减少干热风的影响可以增强土壤结构的稳定性,提高抗侵蚀能力。

3 结论

在干热河谷区,海拔对土壤理化性质、机械组成、

可蚀性影响显著。在低海拔干热风影响较大的区域随着海拔的升高,土壤理化性质逐步改善,海拔 1 005 m 以上,干热风影响减弱,土壤理化性质和可蚀性出现转折点,其中理化性质有所降低并趋于稳定,可蚀性显著降低,抗蚀性能显著增强,海拔 1 235~ 1 400 m 之间可以作为是干热风影响的过渡区,海拔 1 500 m 以上干热风影响基本消失,植被类型发生变化,土壤可蚀性明显降低,抗蚀性能显著提高。

[参 考 文 献]

- [1] 杨万勤, 宫阿都, 何毓蓉, 等. 金沙江干热河谷生态环境退化成因与治理途径探讨: 以元谋段为例[J]. 世界科技研究与发展, 2001(4): 9-25.
- [2] Cui P, Wei F Q, Li Y. Sediment transported by debris flow to the lower Jinsha River[J]. International Journal of Sediment Research, 1999, 14(4): 67-71.
- [3] 拜得珍, 潘志贤, 纪中华, 等. 浅议金沙江干热河谷生态环境问题及治理措施[J]. 国土与自然资源研究, 2006(4): 50-51.
- [4] 张文太, 于东升, 史学正, 等. 中国亚热带土壤可蚀性 K 值预测的不确定性研究[J]. 土壤学报, 2009, 46(2): 185-191.
- [5] Wischmeier W H, Mannering J V. Relation of soil properties to its erodibility[J]. Soil Society of American Proceeding, 1969, 33(1): 131-137.
- [6] 宋阳, 刘连友, 严平, 等. 土壤可蚀性研究评述[J]. 干旱区地理, 2006, 29(1): 124-131.
- [7] 陈明华, 周伏建, 黄炎和, 等. 土壤可蚀性因子的研究[J]. 水土保持学报, 1995, 9(1): 19-24.
- [8] 海春兴, 赵焯, 陈志凡, 等. 河北省坝上不同土地利用方式土壤可蚀性研究: 以河北省丰宁县大滩乡三道河为例[J]. 中国生态农业学报, 2005, 13(1): 146-147.
- [9] 徐燕, 龙健. 贵州喀斯特山区土壤物理性质对土壤侵蚀的影响[J]. 水土保持学报, 2005, 19(1): 157-159.
- [10] Zhang K L, Shub A P, Xu X L, et al. Soil erodibility and its estimation for agricultural soils in China[J]. Journal of Arid Environments, 2008, 72: 1002-1011.
- [11] 郑海金, 杨洁, 喻荣岗, 等. 红壤坡地土壤可蚀性 K 值研究[J]. 土壤通报, 2010, 42(2): 425-428.
- [12] 张科利, 彭文英, 杨红. 中国土壤可蚀性值及其估算[J]. 土壤学报, 2007, 44(1): 7-13.
- [13] 唐国勇, 李昆, 孙永玉, 等. 干热河谷不同利用方式下土壤活性有机碳含量及其分配特征[J]. 环境科学, 2010, 31(5): 1365-1371.
- [14] 黄建辉. 物种多样性的空间格局及其形成机制初探[J]. 生物多样性, 1994, 2(2): 103-107.
- [15] Begon M, Harper J L, Townsend C R. Ecology: Individuals Populations and Communities[M]. 2nd ed. Boston: Blackwell Scientific Publications, 2000.
- [16] 黄建辉, 白永飞, 韩兴国. 物种多样性与生态系统功能: 影响机制及有关假说[J]. 生物多样性, 2001, 9(1): 1-7.
- [17] 庄舜尧, 刘国群, 徐梦洁, 等. 不同海拔高度下森林土壤中氮的矿化[J]. 土壤学报, 2008, 4(6): 1194-1198.
- [18] 周焱, 徐宪根, 王丰等. 武夷山不同海拔梯度土壤微生物生物量、微生物呼吸及其商值(qMB, qCO₂) [J]. 生态学杂志, 2009, 28(2): 265-269.
- [19] 何其华, 何永华, 包维楷. 岷江上游干旱河谷典型阳坡海拔梯度上土壤水分动态[J]. 应用与环境生物学报, 2004, 10(1): 68-74.
- [20] 王瑞永, 刘莎莎, 王成章, 等. 不同海拔高度高寒草地土壤理化指标分析[J]. 草地学报, 2009, 17(5): 621-628.
- [21] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1999: 13-169.
- [22] Sharply A N, Williams J R. EPIC-Erosion Productivity Impact Calculator: 1. Model Documentation[M]. Washington: US Department of Agriculture Agricultural Service, 1990.
- [23] Zhu B B, Li Z B, Li P. Soil erodibility, microbial biomass, and physical-chemical property changes during long-term natural vegetation restoration: A case study in the Loess Plateau, China[J]. Ecological Research, 2010, 25: 531-541.
- [24] 张兵, 蒋光毅, 陈正, 等. 紫色丘陵区土壤可蚀性因子研究[J]. 土壤学报, 2010, 47(2): 354-358.