

文章编号: 1001-1498(2010)04-0510-05

有无枯落物覆盖对加勒比松林地表径流 及其 K 流失的影响

薛立¹, 傅静丹¹, 郑卫国¹, 赵鸿杰², 谭家得², 张学平²

(1. 华南农业大学林学院, 广东 广州 510642; 2. 佛山市林业科学研究所, 广东 佛山 528222)

摘要: 为了解有无枯落物对 K 随地表径流损失的影响, 研究比较了有无枯落物加勒比松林地表径流中的 K 流失的特点, 结果表明: 有、无枯落物加勒比松林的年地表径流量分别为 12.6、51.8 mm, 主要发生在夏季, 对应的地表径流系数分别为 0.60%、2.48%, 表明前者能有效削弱地表径流。2 种林分的降水量和地表径流量的关系可用二项式方程表示。有、无枯落物加勒比松林各月的地表径流 K 浓度分别为 3.2 到 36.3、1.8 到 6.0 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 通过地表径流输出的 K 量分别为 701、982 $\text{g} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。2008 年 5、6 月为有枯落物加勒比松林的 K 流失高峰, 6 月为无枯落物加勒比松林的 K 流失高峰。地表径流的 K 浓度和径流量之间存在对数关系, K 的流失量主要由径流量决定。

关键词: 加勒比松; 枯落物; 地表径流; K 流失

中图分类号: S725 文献标识码: A

Effect of Litterfall Cover on Runoff and Potassium Loss in *Pinus caribaea* Stands

XUE Li¹, FU Jing-dan¹, ZHENG Wei-guo¹, ZHAO Hong-jie², TAN Jia-de², ZHANG Xue-ping²

(1. College of Forestry, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, Guangdong, China;

2. Foshan Institute of Forestry Science, Foshan 528222, Guangdong, China)

Abstract: Potassium loss characteristics in runoff in *Pinus caribaea* stands with and without litterfall cover in Foshan were studied to understand the effect of litterfall on K loss of runoff. Annual runoff amounts of *P. caribaea* stands with and without litterfall cover were 12.6 mm and 51.8 mm, respectively, occurring mainly in summer. Runoff coefficients of *P. caribaea* stands with and without litterfall cover were 0.60% and 2.48%, respectively, indicating the former was good at reducing runoff. The relationship between rainfall and runoff could be expressed using a binomial equation. Monthly K concentration of *P. caribaea* stand with litterfall cover ranged from 3.2 to 36.3 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, whereas that of *P. caribaea* stand without litterfall cover ranged from 1.8 to 6.0 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Annual K losses of *P. caribaea* stands with and without litterfall cover were 701 and 982 $\text{g} \cdot \text{hm}^{-2}$, respectively. A distinct seasonal pattern of K loss was observed at May and June, 2008 for *P. caribaea* stand with litterfall cover and at June, 2008 for *P. caribaea* stand without litterfall cover. Annual K losses were mainly decided by the amount of runoff. A logarithmic relationship existed between K concentration in runoff and the runoff.

Key words: *Pinus caribaea*; litterfall; runoff; potassium loss

K 是植物生长发育必不可少的大量元素之一。华南地区的气候特点是夏季大雨频发, 容易形成地

表径流, 使酸性表土中的 K 随径流而流失^[1-2], 造成土壤肥力下降。森林枯落物吸收降水^[3], 使森林土

收稿日期: 2009-01-08

基金项目: 广东省林业局资助项目(4400-F07041); 佛山市科技资助项目(2005020061) 资助

作者简介: 薛立(1958—), 男, 湖南桃江人, 教授, 博士, 主要研究方向为森林生态学和森林培育学. E-mail: forxue@scau.edu.cn

壤利于降水下渗^[4], 所以森林能减少地表径流和土壤养分流失^[5-7]。研究地表径流中养分的流失对维持土壤肥力有重要意义。国内外学者对径流与植被覆盖的相互关系进行了大量研究^[8-14], 但对地表径流中养分流失的研究集中在N和P上^[7, 15-22], 罕见对K的研究^[23-24]。加勒比松(*Pinus caribaea* Morelet)于20世纪60年代引进我国, 现已成为华南地区重要的用材树种^[25]。本文研究森林枯落物对地表径流和K流失的影响, 为合理利用土地资源、评价和防止土壤退化提供参考。

1 研究方法

1.1 样地概况

试验地位于广东省佛山市林科所(113°00'E, 23°06'N), 属亚热带季风性气候, 年平均气温22℃, 年降水量2383 mm, 集中在4—8月; 试验林位于坡度5°的东南坡上; 土壤为赤红壤, 土层深厚, 呈强酸性。2008年试验林为18年生加勒比松人工林, 林分结构简单, 林冠稀疏, 密度204株·hm⁻², 郁闭度0.6。林下层植物以海金沙(*Lygodium japonicum* (Thunb.) Sw.)、扇叶铁线蕨(*Adiantum flabellatum* Linn)和金银花(*Lonicera japonica* Thunb.)为主, 覆盖度约30%。

自2001年4月开始, 在立地条件一致的加勒比松林分中部各设置1块面积30 m×30 m的全部收获枯落物样地和不收获枯落物样地。前者每月收获1次枯落物, 后者则禁止任何人为活动。2008年, 去除枯落物加勒比松林样地的林木平均胸径25.5 cm, 平均树高14.4 m, 保留枯落物林分样地的分别为平均胸径32.4 cm, 平均树高16.1 m。2008年用环刀法测得有、无枯落物加勒比松林样地的非毛管孔隙分别为22%和14%。有枯落物加勒比松林分的枯落物干质

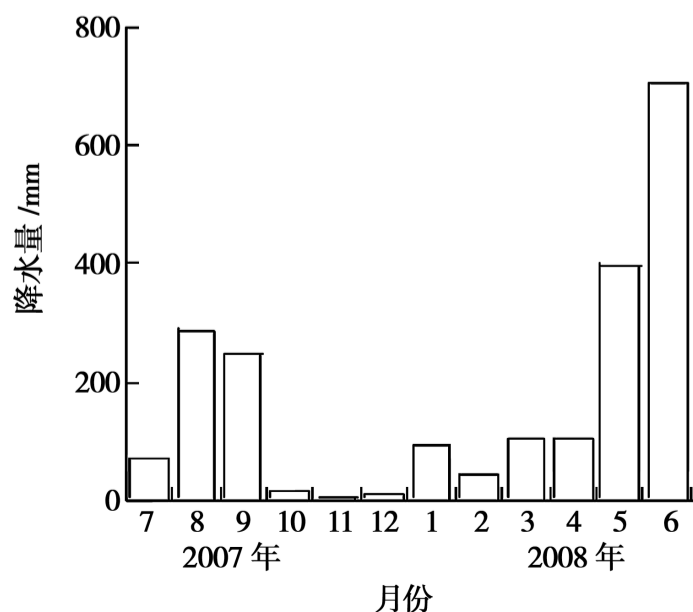


图1 不同年份加勒比松林各月的降水量

量为12 t·hm⁻², 枯落物最大持水量11 t·hm⁻²。

1.2 径流场设置

2007年6月, 在去除和保留枯落物林分样地各设置一个水平面积100 m²的地表径流场(长20 m, 宽5 m), 长边顺坡垂直于等高线, 短边与等高线平行。场四周用砖砌成截水墙, 水泥抹面, 场上方及两侧均开排水沟。场下端设倒梯形集水槽, 下设积流池, 每次雨后收集并测量地表径流体积。

1.3 降水量的测定

从2007年7月底到2008年6月, 在距径流场10 m的裸地设置标准雨量筒3个, 每次降水后跟踪测量降水量, 并采集水样, 按月份进行统计。

1.4 水样分析

产生地表径流后, 在径流池中取1000 mL径流水样, 水样测定前在4℃条件下保存(不超过8 h), 用原子吸收分光光度法测定K。

K流失量按如下公式计算:

$$K \text{ 流失量} = \frac{K \text{ 浓度}(\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1})}{1000} \times \frac{\text{径流量}(\text{mm})}{100} \times 10000(\text{m}^2) \times 100 \quad (1)$$

2 结果分析

2.1 降水和径流量的变化特征

2007年7月至2008年6月, 佛山市林科所降水量为2091 mm, 其中2007年7—9月和2008年5—6月的雨季降水量占全年降水量的82%, 而10—12月的降水量较小, 仅占全年降水量的1.5% (图1)。样地月径流量的年内分布规律和降水量相似, 2007年8—9月和2008年5—6月, 有、无枯落物加勒比松林的径流量分别占全年径流量的90%和88% (图2); 在累积降水量小于20 mm的10—12月没产生径流。

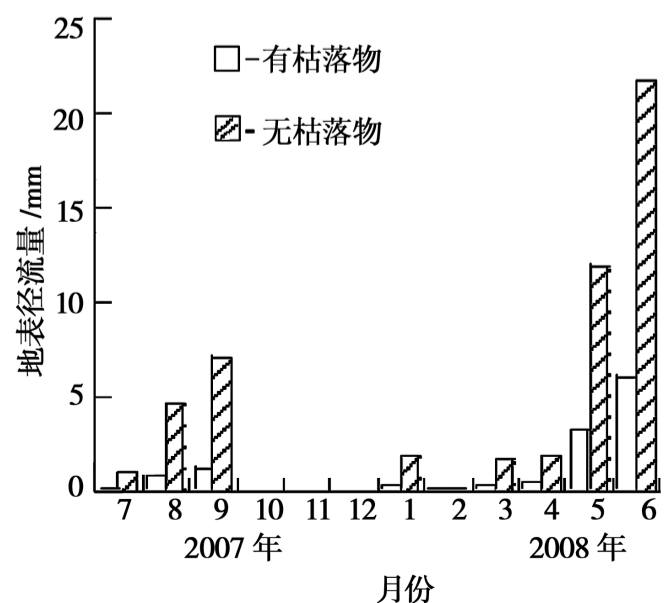


图2 不同年份加勒比松林各月的地表径流量

有、无枯落物加勒比松林的径流总量分别为 12.6、51.8 mm, 说明地表枯枝落叶层有一定的持水能力, 因此不易形成地表径流。无枯落物加勒比松林丧失了地表枯落物的持水功能, 并使土壤有机质减少, 影响了团聚体形成, 导致土壤非毛管孔隙减少, 水分下渗受阻^[26], 故降雨时易形成地表径流。

2.2 地表径流系数的变化

有、无枯落物加勒比松林的年地表径流系数分别为 0.60%、2.48% (图 3), 后者是前者的 4.1 倍, 说明枯落物覆盖和土壤孔隙状况对地表径流的影响很大。2 种林分的地表径流系数在 2007 年 9 月和 2008 年 5、6 月出现峰值, 无枯落物加勒比松林各月的地表径流系数均比相同时间有枯落物加勒比松林的大。

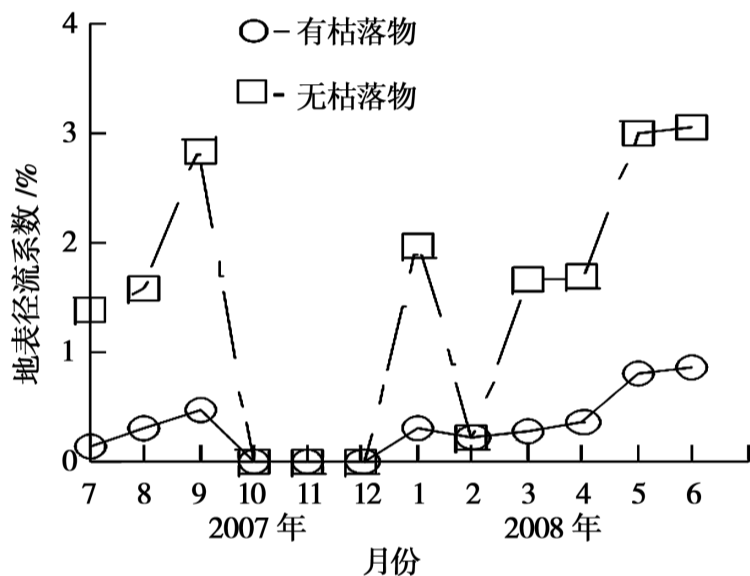


图 3 枯落物对加勒比松林地表径流系数的影响

2.3 地表径流量和降水量的关系

根据实测数据分析了月降水量与地表径流量的关系 (图 4), 得出有、无枯落物加勒比松林的地表径流量 (Y) 与降水量 (x) 的回归方程 (表 1), 随着降水量的增加, 2 种林分的地表径流量按二项式方程增加。

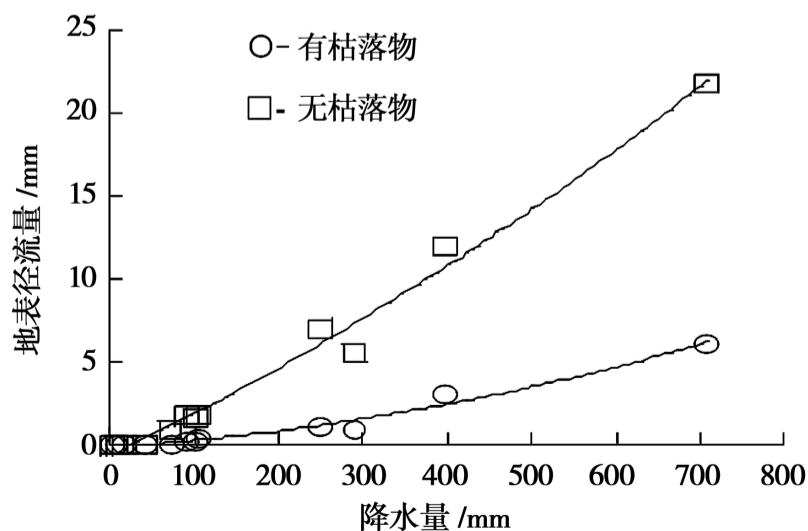


图 4 有无枯落物加勒比松林地表径流量与降水量的关系 (样本数 = 12)

表 1 地表径流量 (Y) 与降水量 (x) 的回归方程

林分	回归方程	R	P
有枯落物加勒比松林	$Y=0.003x+0.000008x^2-0.091$	0.987	<0.001
无枯落物加勒比松林	$Y=0.024x+0.000011x^2-0.566$	0.993	<0.001

2.4 地表径流 K 浓度随径流量变化的规律

有枯落物加勒比松林各月的地表径流中 K 浓度普遍较高, 为 3.2 鸫 $36.3 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 其中, 2007 年 7 月和 2008 年 2 月较高, 分别为 32.1、 $36.3 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (图 5); 无枯落物加勒比松林地表径流中 K 浓度为 1.8 鸫 $6.0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 其中, 2007 年 7 月和 2008 年 2 月较高, 分别为 4.6、 $6.0 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 。有枯落物加勒比松林各月的地表径流 K 浓度均比无枯落物加勒比松林的大。

有、无枯落物加勒比松林 K 随年地表径流的流失量分别为 701、 $982 \text{ g} \cdot \text{hm}^{-2}$, 除 2008 年 2、4、5 月外, 各月地表径流中 K 流失量均为无枯落物加勒比松林的比有枯落物加勒比松林的大 (图 6)。2007 年 8、9 月为 K 流失量的第 1 个高峰, 分别占有、无枯落物加勒比松林 K 年流失量的 21% 和 23%, 2008 年 5、6 月为加勒比松林 K 流失的第 2 个高峰, 分别占有、无枯落物加勒比松林 K 年流失量的 51% 和 55%。

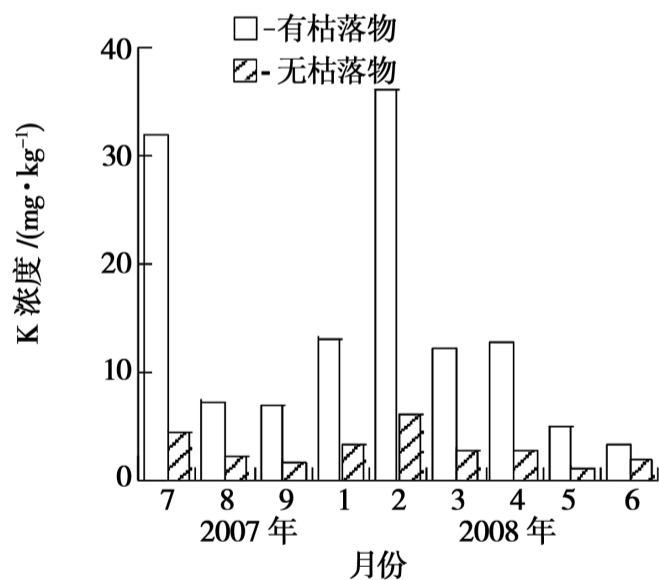


图 5 加勒比松林各月地表径流中的 K 浓度

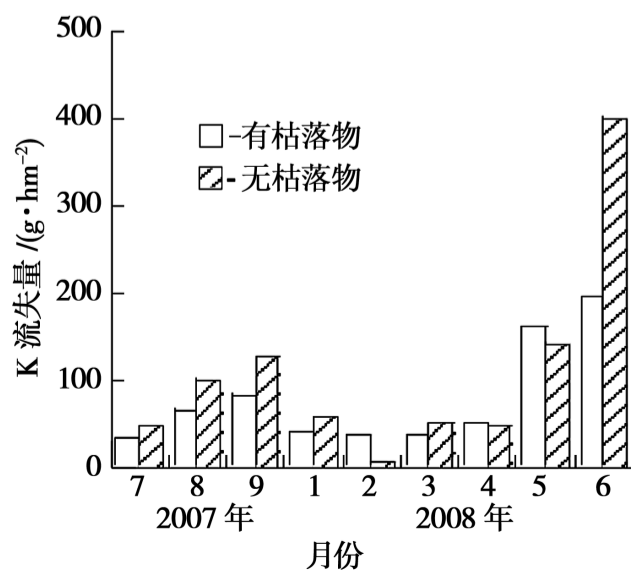


图 6 加勒比松林各月地表径流中 K 流失量

2.5 地表径流 K 浓度与地表径流量的关系

由图7可以看出: 各月地表径流 K 浓度与各月地表径流量之间存在着对数关系, 2 种林分的地表

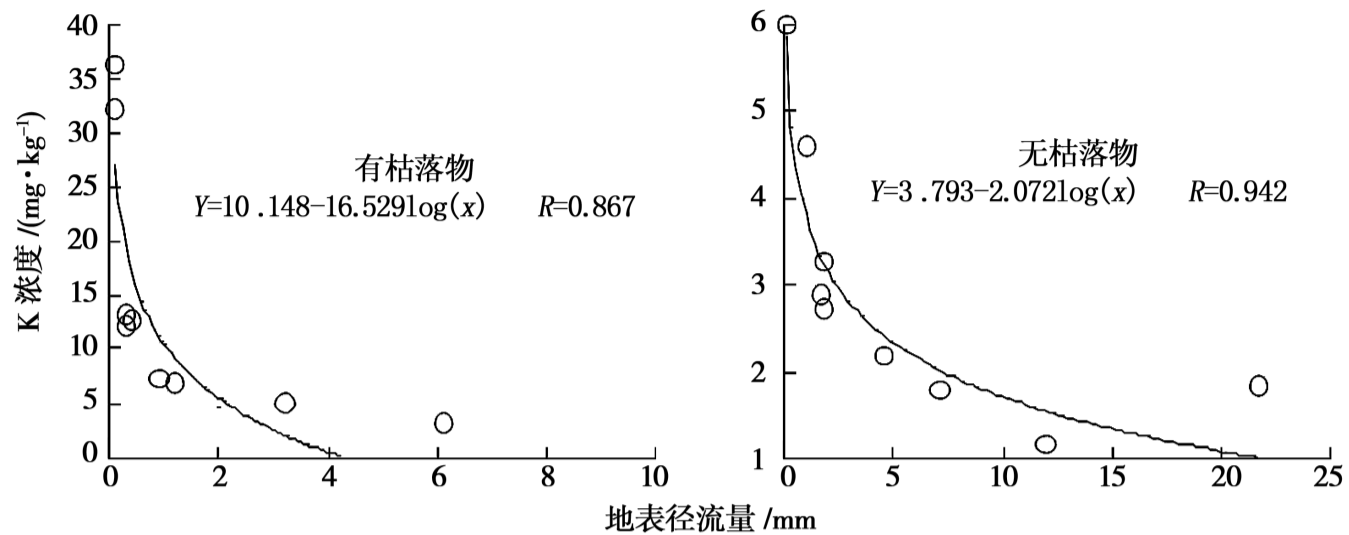


图7 各月加勒比松林地表径流中 K 浓度与地表径流量的关系

3 结论与讨论

(1) 有、无枯落物加勒比松林的地表径流高峰期均出现 2007 年 8—9 月和 2008 年 5—6 月, 分别占其全年地表径流量的 90% 和 88%, 主要原因是此期间暴雨、大雨多。2007 年 8、9 月和 2008 年 5、6 月的降水量在 249 mm 以上, 日降水量 40 mm 以上的暴雨和大雨达 3 次以上, 其他月份的降水量在 110 mm 以下, 日降水量均在 40 mm 以下, 说明在月降水量 110 mm 且日降水量 40 mm 以下时, 林地有一定蓄水和削弱地表径流的作用。另外, 地表径流的产生可能与前期土壤含水量有关。2007 年 7 月和 2008 年 4 月的降水量较大, 导致土壤含水量高, 进而影响水分下渗, 增加地表径流量。无枯落物加勒比松林的年地表径流量是有枯落物加勒比松林的 4.1 倍, 这是因为去除地表枯落物减少了地表粗糙度, 增加了地表径流流速, 使林地有机质降低、土壤孔隙减少^[26]; 此外, 有枯落物加勒比松林的 $12 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 的枯落物还可多吸收 $11 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 的降水。地表径流系数最大值出现的时间与降水量最大的月份一致。无枯落物加勒比松林在 2008 年 1、3、4 月的地表径流量相近, 但是 1 月的降水量比 3、4 月的小, 导致其径流系数比 3、4 月的大。

(2) 有枯落物加勒比松林各月的地表径流 K 浓度均比无枯落物加勒比松林的大, 这与地表径流量相反, 表明径流量对 K 有稀释作用, 也与枯落物为 K 源有关。2 种林分地表径流中 K 浓度与径流量之间均为显著的对数相关。有、无枯落物加勒比松林的

径流 K 浓度均与地表径流量显著相关 ($P < 0.05$), 说明通过这些回归方程可根据林分内某次降水的径流量计算出该径流的 K 浓度。

K 年流失量分别为 701 、 $982 \text{ g} \cdot \text{hm}^{-2}$, 2007 年 8—9 月和 2008 年 5—6 月为 K 流失高峰, 分别占有枯落物加勒比松林的 K 年流失量的 21%、51% 和无枯落物加勒比松林 K 年流失量的 23%、55%。K 流失量取决于地表径流量及 K 浓度, 与有枯落物加勒比松林相比, 无枯落物林分的地表径流量大, 而径流中 K 浓度小, 但是其 K 流失量大于前者, 说明地表径流量对 K 流失量的影响比 K 浓度对它的影响大。

参考文献:

- [1] 薛立, 何跃君, 屈明, 等. 华南典型人工林凋落物的持水特性[J]. 植物生态学报, 2005, 29(3): 415 - 421
- [2] 薛立, 梁丽丽, 任向荣, 等. 华南典型人工林的土壤物理性质及其水源涵养功能[J]. 土壤通报, 2008, 39(5): 986 - 989
- [3] 薛立, 赖日石, 陈红跃, 等. 深圳宝安区生态风景林典型造林地土壤养分、微生物和酶活性的研究[J]. 林业科学研究, 2002, 15(2): 242 - 246
- [4] 薛立, 邝立刚, 陈红跃, 等. 不同林分土壤养分、微生物与酶活性的研究[J]. 土壤学报, 2003, 40(2): 280 - 285
- [5] 张兴昌, 邵明安. 不同植被对土壤侵蚀和氮素流失的影响[J]. 生态学报, 2000, 20(6): 1038 - 1044
- [6] Carroll C, Mcrton L, Burger P. Impact of vegetation cover and slope on runoff, erosion, and water quality for field plots on arrange of soil and spoil materials on central Queenl and scoal mines[J]. Australian Journal of Soil Research, 2000, 38: 313 - 327
- [7] 马琨, 王兆骞, 陈欣, 等. 不同雨强条件下红壤坡地养分流失特征研究[J]. 水土保持学报, 2002, 16(13): 16 - 19
- [8] Basic F. Run off and soil loss under different tillage methods on Stagnic Luvisols in Central Croatia[J]. Soil & Tillage Research, 2001, 62(3-4): 145 - 151
- [9] Kang S Z. Rainfall and land runoff and sediment loss responses use in two agriculture catchments on the Loess Plateau of China[J].

- Hydrological Processes, 2001, 15 (6) : 977 - 988
- [10] an L X, Zhang Z Q. Impacts of forest vegetation on watershed runoff in dry areas [J] . Journal of Natural Resources, 2001, 16 (5) : 439 - 444
- [11] Sauer T J. Seasonal water balance of an Ozark hill slope [J] . Agricultural Water Management, 2002, 55 (1) : 71 - 82
- [12] Sun G, McNulty S G, Lu J, *et al.* Regional annual water yield from forest lands and its response to potential deforestation across the Southeastern United States [J] . Journal of Hydrology, 2005, 308: 258 - 268
- [13] 张洪江, 孙艳红, 程 云, 等. 重庆缙云山不同植被类型对地表径流系数的影响 [J] . 水土保持学报, 2006, 20(6) : 11 - 13, 45
- [14] 张建军, 纳 磊, 董煌标, 等. 黄土高原不同植被覆盖对流域水文的影响 [J] . 生态学报, 2008, 28(8) : 3597 - 3605
- [15] Cihacek L J. Effects of erosion on soil chemical properties in the north central region of the United States [J] . Journal of Soil and Water Conservation, 1994, 49 (3) : 259 - 265
- [16] Kumar R, Ambasht R S, Srivastava A, *et al.* Reduction of nitrogen losses through erosion by *Leonotis nepetaefolia* and *Sida acuta* in simulated rain intensities [J] . Ecological Engineering, 1997, 8: 233 - 239
- [17] Z bisch M A, Richter C, Heiligtag B, *et al.* Nutrient losses from cropland in the Central Highlands of Kenya due to surface runoff and soil erosion [J] . Soil & Tillage Research, 1999, 33: 109 - 116
- [18] 高 超, 朱继业, 朱建国, 等. 不同土地利用方式下的地表径流磷输出及其季节性分布特征 [J] . 环境科学学报, 2005, 25 (11) : 1543 - 1549
- [19] 王晓龙, 李辉信, 胡 锋, 等. 红壤小流域不同土地利用方式下土壤 N, P 流失特征研究 [J] . 水土保持学报, 2005, 19(5) : 31 - 34, 55
- [20] 许其功, 刘鸿亮, 沈珍瑶, 等. 三峡库区典型小流域氮磷流失特征 [J] . 环境科学学报, 2007, 27(2) : 326 - 331
- [21] 高 扬, 朱 波, 汪 涛, 等. 人工模拟降雨条件下紫色土坡地生物可利用磷的输出 [J] . 中国环境科学, 2008, 28(6) : 542 - 547
- [22] 宋泽芬, 王克勤, 孙孝龙, 等. 澄江尖山河小流域不同土地利用类型地表径流氮、磷的流失特征 [J] . 环境科学研究, 2008, 21(4) : 109 - 113
- [23] 王兴祥, 张桃林, 张 斌. 红壤旱坡地农田生态系统养分循环和平衡 [J] . 生态学报, 1999, 19(3) : 335 - 341
- [24] 邱尔发, 陈卓梅, 郑郁善, 等. 土壤垦复对山地麻竹林地表养分流失动态的影响 [J] . 应用生态学报, 2005, 16 (6) 1017 - 1021
- [25] Wang H, Malcolm D C, Fletcher A M. *Pinus caribaea* in China: introduction, genetic resources and future prospects [J] . Forest and Ecology Management, 1999, 171: 1 - 15
- [26] 陆耀东, 薛 立, 曹 鹤, 等. 去除地面枯落物对加勒比松林土壤特性的影响 [J] . 生态学报, 2008, 28(7) : 3205 - 3211