

湿地松林的地表径流及钾流失特征

谭家得¹, 薛立², 郑卫国², 傅静丹², 张学平¹, 田雪琴¹, 赵鸿杰¹

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

摘要:通过径流场对湿地松林的地表径流和径流中的钾质量分数和流失量进行了研究. 结果表明, 年径流量为 16.7 mm, 主要集中在夏季. 年地表径流系数为 0.80%. 地表径流与降雨量的关系可以用二项式方程表示. 湿地松林各月的地表径流钾质量分数为 1.8 ~ 18.6 mg · g⁻¹, 降雨量大的月份地表径流中的钾质量分数低, 而降雨量小的月份钾质量分数高. 湿地松林的地表径流中钾的年流失量为 648 g · hm⁻², 径流量是决定钾流失量的主要因子. 地表径流量与钾质量分数之间存在着负指数关系.

关键词:湿地松; 地表径流; 钾质量分数; 钾流失量

中图分类号: S725

文献标识码: A

文章编号: 1001-411X(2009)04-0057-04

Characteristics of Surface Runoff and Potassium Export in a *Pinus elliottii* Stand

TAN Jia-de¹, XUE Li², ZHENG Wei-guo², FU Jing-dan², ZHANG Xue-ping¹, TIAN Xue-qin¹, ZHAO Hong-jie¹

(1 Foshan Institute of Forestry Science, Foshan 528222, China;

2 College of Forestry, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

Abstract: Seasonal pattern of mass fraction of K and export of runoff in a *Pinus elliottii* stand was investigated using runoff plot method. Annual runoff amount was 16.7 mm mainly occurred in summer and annual runoff coefficient was 0.80%. The correlation between rainfall and runoff could be expressed using a binomial equation. Monthly mass fraction of K in runoff in the *P. elliottii* stand ranged from 1.8 to 18.6 mg · kg⁻² with high mass fraction of K in heavy rainfall months and low mass fraction of K in small rainfall months. The K loss in the *P. elliottii* stand was 648 g · hm⁻² and runoff amount was the main effect factor for K loss. A negative exponential relationship existed between the surface runoff and the mass fraction of K in runoff.

Key words: *Pinus elliottii*; surface runoff; mass fraction of K; K loss

降雨引起地表径流使土壤表层的养分流失, 土壤肥力下降. 森林由于枯落物吸收雨水^[1]和土壤孔隙下渗^[2]而减少径流量和土壤养分的流失^[1-3]. 钾催化植物体内多种酶类, 是植物生长发育必不可少的大量元素之一. 由于华南地区降雨量大, 容易造成钾的流失^[4-5]. 国内外学者对于地表径流中养分的研究集中在氮和磷^[3,6-8], 而对地表径流的钾研究很少^[9-10]. 湿地松 *Pinus elliottii* 原产于美国, 于 20 世纪

30 年代引进我国, 现已成为华南地区重要的用材树种, 种植面积已达 200 万 hm² 以上^[11]. 作者通过对湿地松林地地表径流和钾流失进行研究, 可以为控制水土流失和维护土壤肥力提供依据.

1 研究方法

1.1 样地概况

试验地位于广东省佛山市林业科学研究所, 东

收稿日期: 2008-11-21

作者简介: 谭家得(1972—), 男, 工程师, 硕士; 通讯作者: 薛立(1958—), 男, 教授, 博士, E-mail: forxue@scau.edu.cn

基金项目: 广东省林业局科技项目(4400-F08018); 佛山市科技项目(2005020061)

经 $113^{\circ}00'$, 北纬 $23^{\circ}06'$, 属亚热带季风性气候. 年均温 22°C , 年降水量 $2\,383\text{ mm}$, 集中在 4—8 月. 试验林位于 5° 的东南坡上. 土壤为赤红壤, 土层深厚, 呈强酸性. 试验林为 18 年生湿地松人工林, 林分结构简单, 林冠稀疏, 密度为 $204\text{ 株}\cdot\text{hm}^2$. 湿地松的平均胸径和平均树高分别为 28.8 cm 和 12.2 m . 林下层植物以海金沙 *Lygodium japonicum*、扇叶铁线蕨 *Adiantum flabellulatum* 和金银花 *Lonicera japonica* 为主.

1.2 径流场设置

径流场为长方形, $20\text{ m}\times 5\text{ m}$, 水平面积 100 m^2 , 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, 用水泥抹面, 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.

1.3 降雨量的测定

从 2007 年 7 月底直到 2008 年 6 月, 在距离径流场 10 m 的裸地设置标准雨量筒 3 个, 每次降雨跟踪测量降雨量和采集水样, 并按月份进行统计.

1.4 水样分析

产生地表径流后, 在径流池中取 $1\,000\text{ mL}$ 径流样品, 水样测定前在 4°C 条件下保存 $8\sim 24\text{ h}$, 钾含量用原子吸收分光光度法测定.

2 结果与分析

2.1 降雨和径流量变化特征

2007 年 7 月—2008 年 6 月, 佛山市林业科学研究所降雨量为 $2\,091\text{ mm}$, 主要集中在夏季. 其中 2008 年 5—6 月的降雨量占全年降雨量的 53% , 2007 年 8—9 月占 26% (图 1a). 湿地松林的年径流量为 16.7 mm , 月径流量的年内分布规律和降雨量相似, 2008 年 5—6 月和 2007 年 8—9 月的径流量分别占其全年径流量的 65% 和 24% (图 1b). 10、11 和 12 月的降雨量均小于 20 mm , 没有径流产生. 可见, 降小雨时由于雨量小, 可以通过非毛管孔隙的下渗和凋落物的吸收, 减弱地表径流的产生; 下大雨和暴雨时, 当降雨量超过土壤的下渗及凋落物的持水量达到饱和时, 产生地表径流.

地表径流系数是地表径流量与降雨量的比值, 可以反映一个地区的降雨量有多少形成了径流. 湿地松的年地表径流系数为 0.80% , 地表径流系数 2007 年 9 月和 2008 年 5 月和 6 月出现峰值, 而在 2007 年 10—12 月为 0, 显示与月降雨量相似的变化特征 (图 1c). 尽管 2007 年 8 月有 290 mm 的降水, 但是地表径流系数不大, 说明林分土壤对于 300 mm 以下的降水有一定的蓄水和削弱径流的作用, 而 398 和 708 mm 的大雨和暴雨削弱了林分减少地表径流的作用.

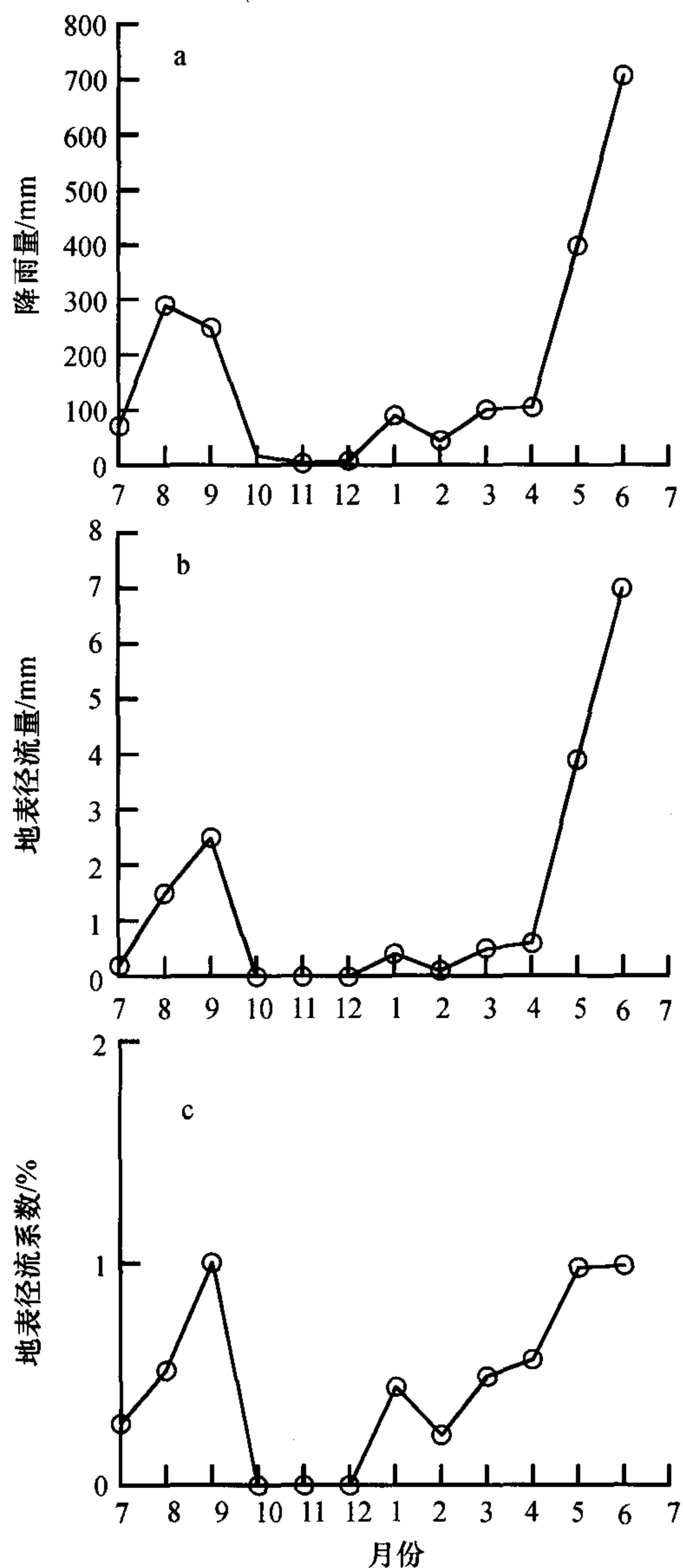


图 1 湿地松林的降雨量和地表径流的月动态 (2007-07—2008-06)

Fig. 1 Monthly rainfall and surface runoff of *Pinus elliottii* stand (2007-07—2008-06)

2.2 地表径流量和降雨量的关系

根据实测数据, 选择各月降雨量和地表径流量, 对降雨量与地表径流的关系进行模拟 (图 2), 得出湿地松林的地表径流 (y) 与降雨量 (x) 的方程如下:

$$y = 0.007x + 0.000\,005x^2 - 0.168, \\ R = 0.990 \quad (1)$$

地表径流与降雨量呈现极显著相关 ($P < 0.001$). 可以通过此二项式方程用降雨量数据方便地预测地表径流量.

2.3 钾质量分数随径流量变化的规律

湿地松林全年的地表径流中钾质量分数变化剧烈, 范围在 $1.8\sim 18.6\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (图 3). 2008 年 2 月

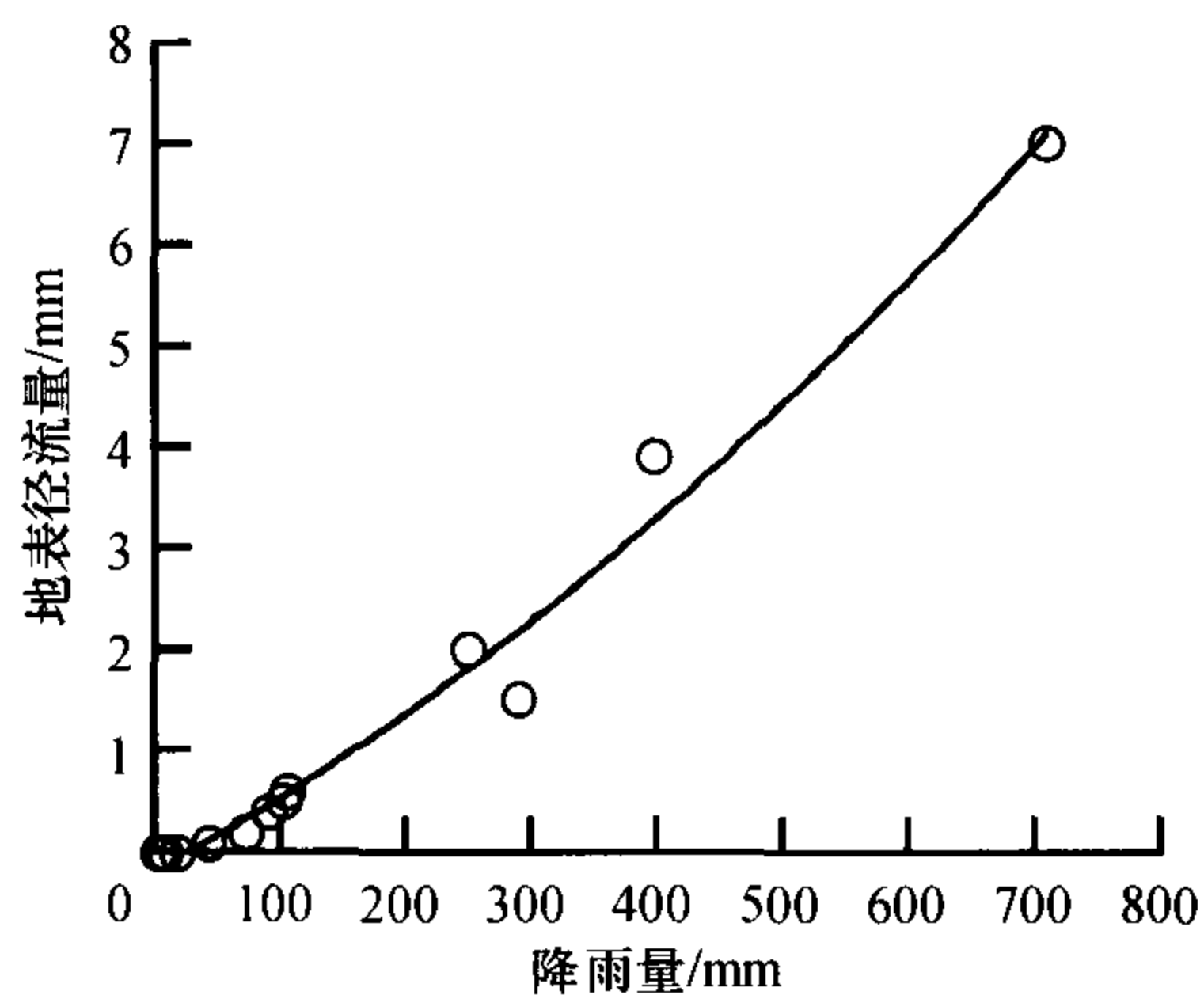


图2 地表径流量与降雨量的关系

Fig. 2 Relationship between surface runoff and rainfall amount

达到 $18.6 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 的最大值, 2007 年 7 月和 2008 年 4 月分别为 16.1 和 $12.6 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 其余月份小于 $10 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 2008 年 5 和 6 月特别低, 分别为 2.9 和 $1.8 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. 可见, 降雨量大的 2007 年 8 和 9 月以及 2008 年 5 和 6 月的地表径流钾质量分数低, 而降雨量小的 2007 年 7 月及 2008 年 2 和 4 月的钾质量分数高.

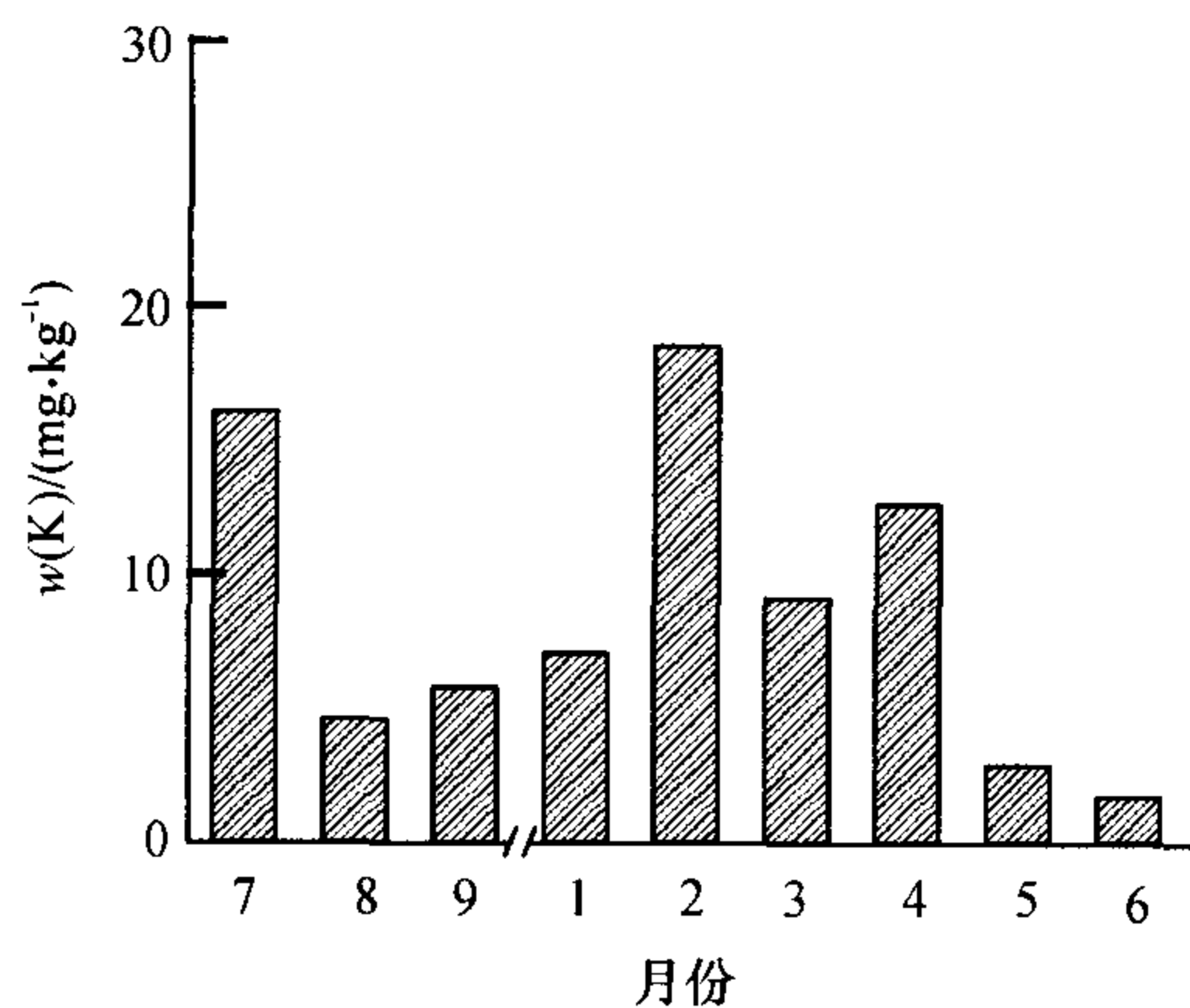


图3 湿地松林的地表径流中钾质量分数月动态(2007-07—2008-06)

Fig. 3 Monthly mass fraction of K in surface runoff of *Pinus elliottii* stand (2007-07—2008-06)

2.4 地表径流中钾的流失量

湿地松林的地表径流中钾的年流失量为 $648 \text{ g} \cdot \text{hm}^{-2}$, 其中 2007 年 9 月和 2008 年的 5、6 月为钾流失高峰, 分别占其年流失量的 22%、17% 和 19%, 其余月份合计占 42% (图 4). 钾流失量决定于径流量以及径流中的钾质量分数. 尽管 2007 年 9 月和 2008 年的 5、6 月的钾质量分数低, 但是其径流量位于各月的前 3 位, 因此这 3 个月的钾流失量占全年钾流失量的 58%, 表明本研究中径流量是决定钾流失的主要因子.

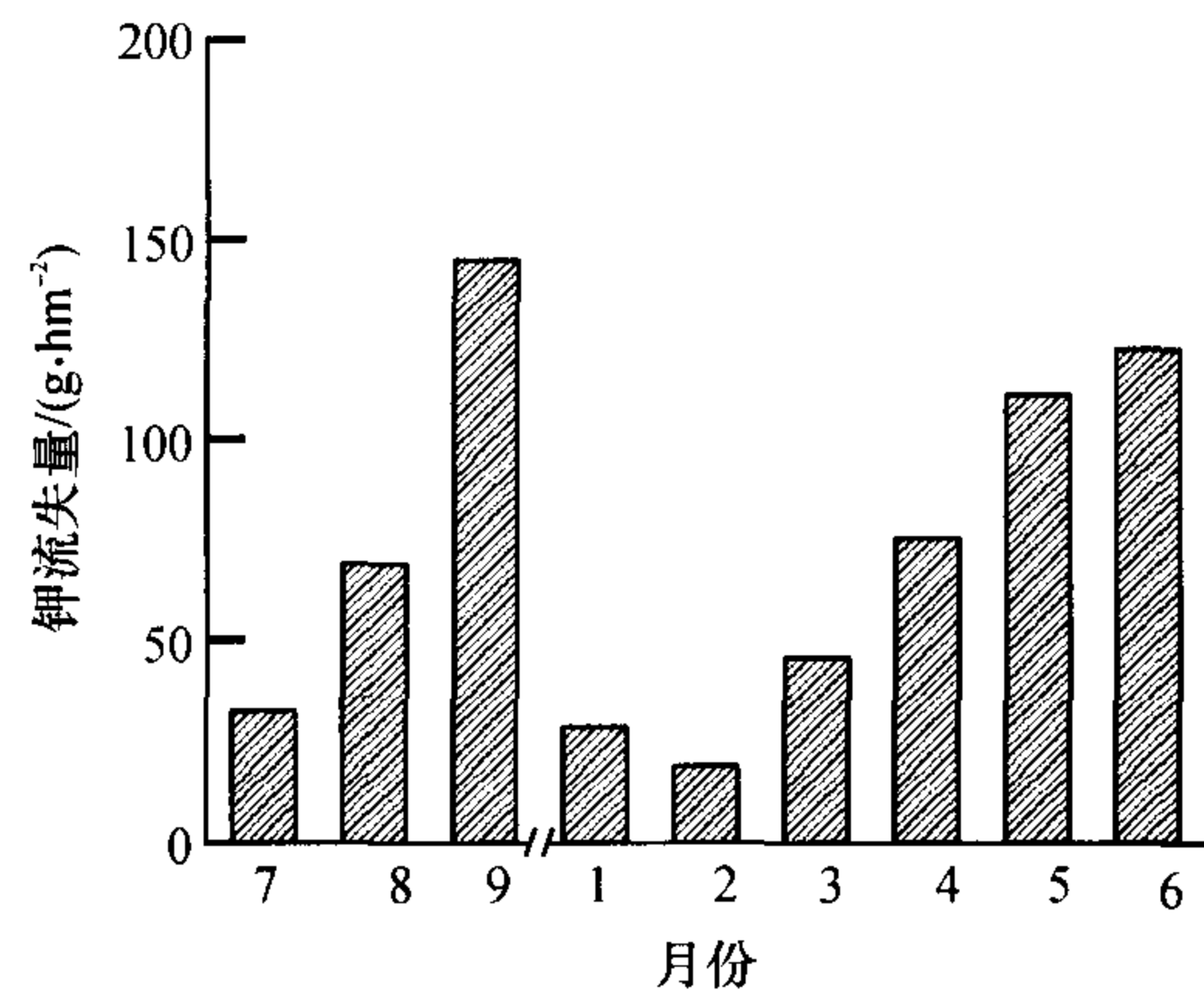


图4 湿地松林的地表径流中钾流失月动态(2007-07—2008-06)

Fig. 4 Monthly K loss in surface runoff of *Pinus elliottii* stand (2007-07—2008-06)

2.5 钾质量分数与径流量的关系

地表径流量(Y)与钾质量分数(X)之间存在着如下负指数关系:

$$Y = 5.8255e^{-0.22X}, R = 0.931 \quad (2)$$

林分的地表径流量与钾质量分数之间呈极显著相关($P < 0.001$) (图 5), 说明通过这些回归方程, 可根据林分内某次降雨径流量, 方便地计算出该径流中的钾质量分数.

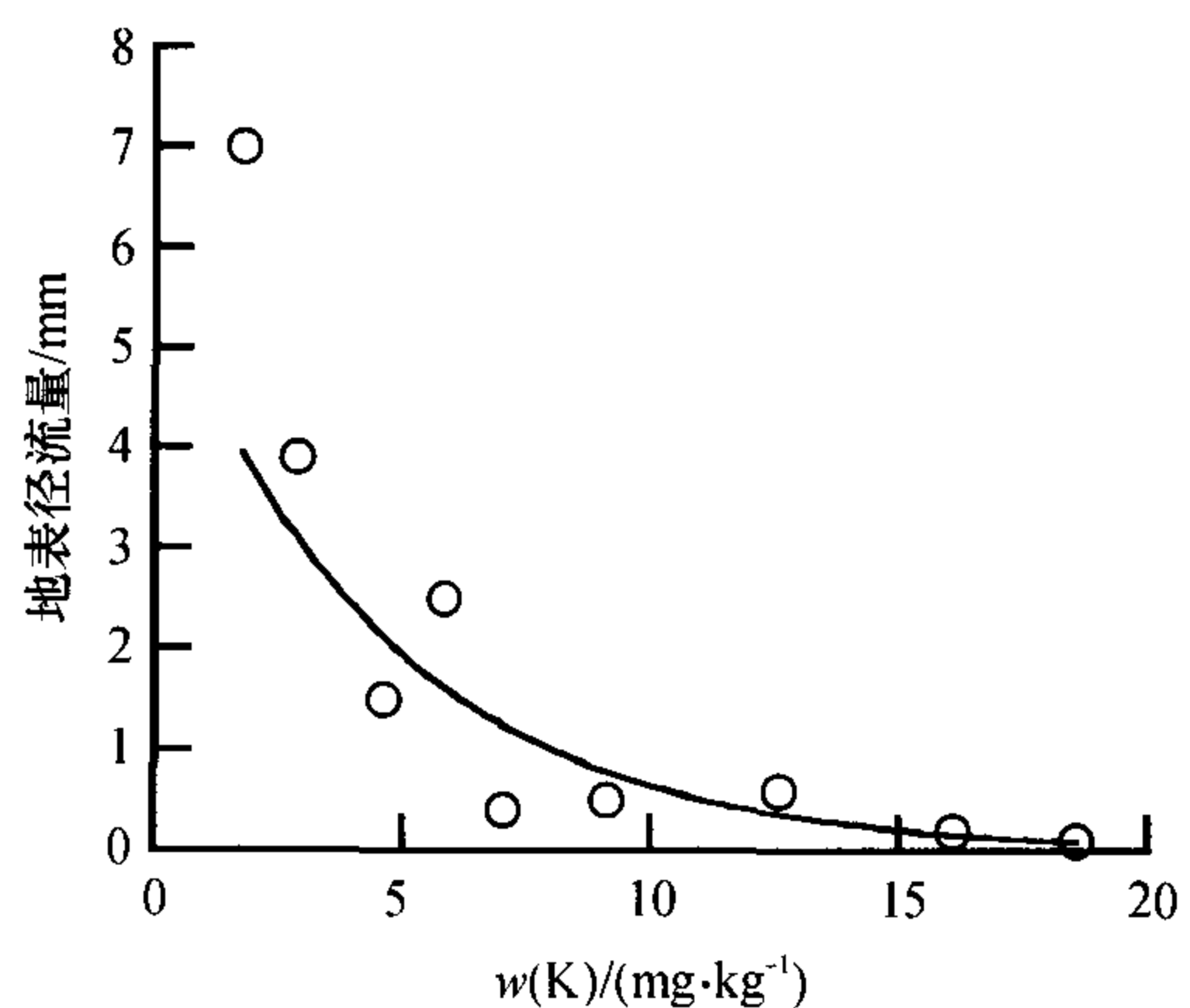


图5 湿地松林的地表径流量和钾质量分数的关系

Fig. 5 Relationship between surface runoff and mass fraction of K in *Pinus elliottii* stand

3 讨论与结论

林分的地表径流存在明显的季节性变化, 且与降雨量极显著相关, 表明大雨和暴雨是产生地表径流的主要来源, 而降雨量小时, 水分通过非毛管孔隙的下渗和凋落物的吸收减弱了地表径流的产生. 刘国彬^[12]也报道在黄土高原区, 地表径流主要取决于降雨强度. 枯落物层的存在, 减少径流总量和降低径流速度^[13-14], 有利于雨水向土壤中渗透. 土壤入渗特

性与土壤有机质含量呈正相关^[15]. 有凋落物的加勒比松林表土层的有机质积累较多, 非毛管孔隙比例大^[16], 土壤结构疏松, 降雨时雨水可通过土壤非毛管孔隙渗入土壤深层, 所以地表径流量小. 地表径流系数与降雨量变化趋势相似. 地表径流与降雨量的关系可以用二项式方程表示.

湿地松林全年的地表径流钾质量分数变化剧烈, 2007年7月和2008年2~4月为高峰. 降雨量大的月份的地表径流钾质量分数低, 而降雨量小的月份的钾质量分数高, 表明地表径流小时, 由于径流的速度慢, 溶解表土中的钾较多. 大雨引起的地表径流速度增加, 使溶解到径流中的钾质量分数下降. 地表径流钾质量分数随径流量之间存在着负指数关系, 可以通过径流方便地预测地表径流钾质量分数.

钾流失量决定于径流量以及径流中的钾质量分数. 由于本研究中各月份的径流量差异远远大于其钾质量分数, 因此, 径流量成为决定钾流失的主要因子, 地表径流量大的2007年9月和2008年5、6月成为钾流失的高峰.

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] CARROLL C, MCRTON L, BURGER P. Impact of vegetative cover and slope on runoff, erosion, and water quality for field plots on a range of soil and spoil materials on central Queensland coal mines[J]. Aust J Soil Res, 2000, 38: 313-327.
- [4] 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.
- [5] 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.
- [6] 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.
- [7] 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.
- [8] 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.
- [9] 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.
- [10] 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.
- [11] 黄以骏, 李江, 曾广腾, 等. 湿地松产脂量预测模型初探[J]. 中南林业科技大学学报, 2003, 23(1): 110-112.
- [12] 刘国彬. 黄土高原草地土壤抗冲性及其机理研究[J]. 水土保持学报, 1998, 12(1): 94-97.
- [13] 韩冰, 吴钦孝, 刘向东, 等. 山杨林地枯落物层对溅蚀的影响[J]. 植物资源与环境, 1994, 3(4): 5-9.
- [14] 韩冰, 吴钦孝, 刘向东, 等. 油松林枯落物层防止溅蚀的研究[J]. 水土保持研究, 1994, 1(3): 14-18.
- [15] JIMENEZ C C, TEJEDOR M, MORILLAS G, et al. Infiltration rate in andisols: Effect changes in vegetation cover (Tenerife, Spain) [J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2006, 61(3): 153-158.
- [16] 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.

【责任编辑 李晓卉】