

佛山市湿地松林地表径流中可溶性氮和磷的流失特征

薛立¹, 薛晔², 郑卫国¹, 傅静丹¹, 冯慧芳¹, 史小玲¹

(1. 华南农业大学 林学院, 广东 广州 510642; 2. 浙江工业大学, 浙江 杭州 310023)

摘要: 研究了佛山的湿地松林地表径流及可溶性氮和磷流失的特点。结果表明, 湿地松林的年径流量为 16.7 mm, 集中在夏季。林分的地表径流量和降雨量的关系按照二项式方程变化。地表径流中氮浓度与径流量之间存在着对数关系。湿地松林的地表径流中可溶性氮输出量为 221 g/(hm²·a), 春季和夏季为氮流失高峰期, 占可溶性氮年流失量的 80% 以上。湿地松林地表径流中可溶性磷流失量为 7.0 g/(hm²·a), 2008 年 5 月和 6 月为湿地松林的地表径流中可溶性磷流失高峰, 占该年流失量的 59%。

关键词: 湿地松; 地表径流; 氮流失; 磷流失

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2010)01-0031-04

中图分类号: S725

Characteristics of Dissolvable Nitrogen and Phosphorus Losses in Runoff from a *Pinus Elliottii* Stand in Foshan City

XUE Li¹, XUE Ye², ZHENG Wei-guo¹, FU Jing-dan¹, FENG Hui-fang¹, SHI Xiao-ling¹

(1. College of Forestry, South China Agricultural University, Guangzhou, Guangdong 510642, China; 2. Zhejiang University of Technology, Hangzhou, Zhejiang 310023, China)

Abstract: The characteristics of runoff and dissolvable nitrogen and phosphorus losses from a *Pinus elliottii* stand were studied in Foshan City. The annual amount of runoff from the *Pinus elliottii* stand was 16.7 mm, which was mainly observed in summer. The relationship between rainfall and runoff in the stand could be described by a binomial equation. A logarithmic relationship existed between runoff and N concentration. Annual dissolvable N loss from the stand was 221 g/(hm²·a) and in spring and summer, it reached its peak with above 80% of annual dissolvable N loss. Annual dissolvable P loss from the stand was 7.0 g/(hm²·a). The greatest monthly dissolvable P loss occurred in May and June, 2008, accounting 59% of its annual P loss.

Keywords: *Pinus elliottii*; runoff; nitrogen loss; phosphorus loss

地表径流使土壤表层的氮和磷汇入各种水体, 是造成土壤退化和水体污染的重要原因。植被是影响地表径流的重要因素之一, 可以影响土壤 N 和 P 养分的流失^[1-3]。森林凋落物吸收一部分降水, 并通过机械拦截减少地表径流的产生^[4]。由于凋落物的分解及根系的生长和穿插使森林土壤疏松多孔^[5], 从而加大了林地土壤的入渗率, 因而减少径流量。因此, 径流与植被的关系的研究受到有关研究者的重视^[6-12]。利用人工控制的径流小区试验是定量研究地表径流和养分流失的常用方法^[13-14], 因而得到广泛应用^[15-17]。由于氮和磷的流失造成土壤肥力下降和水体富营养化, 因此控制氮和磷流失对减缓土壤地力衰退, 治理水体污染具有重要意义。国内外学者研究了不同类型土壤 N 和 P 的流失特征, 但是这些研究集中在农田和果园^[18-22], 而对森林氮和磷流失鲜有报道^[23]。湿地松 (*Pinus*

elliottii Engelm) 原产美国, 于 20 世纪 30 年和 60 年代引进我国, 现已成为华南地区重要的用材树种。作者在湿地松林建立径流场, 对其降雨、径流状况进行监测, 研究其土壤中可溶性 N 和 P 流失规律, 可以了解湿地松林的生态水文过程, 揭示土壤可溶性 N 和 P 径流的作用机理, 为控制水土流失和防止土壤退化与可持续经营管理提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地位于广东省佛山市林科所, 东经 113°00', 北纬 23°06', 属亚热带季风性气候。年平均温度 22℃, 年降水量 2 383 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

收稿日期: 2009-03-08

修回日期: 2009-06-28

资助项目: 广东省林业局资助项目“林分改造优良乡土阔叶树种筛选”(4400-F08018); 佛山市科技资助项目“南亚热带松类复合生态系统研究”(2005020061)

作者简介: 薛立(1958—), 男(汉族), 湖南省桃江县人, 教授, 博士, 主要从事森林生态学和森林培育学研究。E-mail: forxue@scau.edu.cn。

单,林冠稀疏,郁闭度为 0.7,密度为 204 株/hm²。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,灌草的盖度为 30%。林下凋落物丰富,储量达 12.02 t/hm²。

1.2 径流场设置

2007 年 6 月在湿地松林中各设置一个径流场。径流场为长方形,长 20 m,宽 5 m,水平面积 100 m²,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。径流场下端设倒梯形集水槽,下设积流池,每次雨后进行收集,并测量径流体积。

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,每次降雨后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 mL 径流样品,水样测定前在 4℃ 条件下保存 8~24 h,总氮(TN)经过硫酸钾氧化消解后,用紫外分光光度法测定,总磷(TP)用过硫酸钾氧化消解后,钼酸铵分光光度法测定^[24]。

2 结果分析

2.1 降雨和径流量变化特征

2007 年 7 月至 2008 年 6 月,佛山市林科所降雨量为 2 091 mm,82%集中于 2007 年 7—9 月和 2008 年 5—6 月(表 1)。

湿地松林的年径流量为 16.7 mm,月径流量的分布规律和降雨量相似,2007 年 7—9 月和 2008 年 5—6 月湿地松林的径流量占其全年径流量的 91%,而在累积降雨量小于 20 mm 的 2007 年 10 月,11 月和 12 月没有径流产生。

表 1 林分的降雨量和地表径流月动态

时间	200707	200708	200709	200710	200711	200712	200801	200802	200803	200804	200805	200806	合计
降雨量/mm	72	290	249	18	4	9	91	44	102	106	398	708	2091
产流降雨量/mm	59	267	246	0	0	0	76	28	96	92	380	685	1930
径流量/mm	0.2	1.5	2.5	0	0	0	0.4	0.1	0.5	0.6	3.9	7	16.7

2.2 地表径流和降雨量的关系

根据实测数据,选择各月降雨量和地表径流的值,对降雨量与地表径流的关系进行模拟(图 1),得出湿地松林的地表径流 Y 与降雨量 x 的关系如方程(1)所示。

$$Y = 0.007x + 0.000005x^2 - 0.168 \quad (1)$$

地表径流 Y 与降雨量 x 密切相关($R = 0.99$, $P < 0.001$)。随着降雨量的增加,林分的地表径流量流

按二项式方程增长。

各月的地表径流 Y 和产流降雨量 a 的关系可以用二项式方程表达:

$$Y = 0.007a + 0.000005a^2 - 0.096 \quad (2)$$

二者的关系密切相关($R = 0.99$, $P < 0.001$),表明林分的地表径流量随着产流降雨量的增加而按二项式方程增长(图 2)。

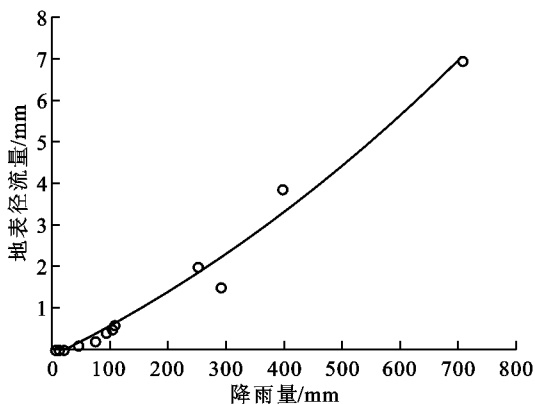


图 1 地表径流与降雨量的关系

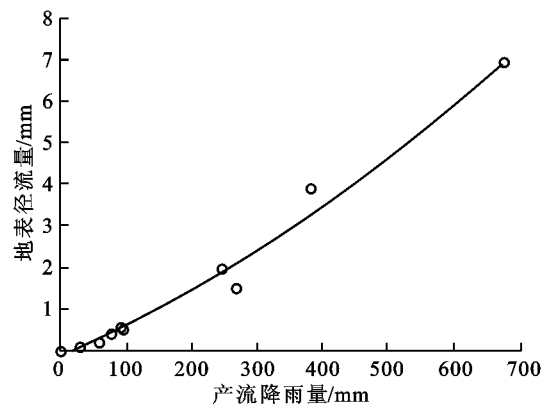


图 2 产流降雨量与径流量的关系

2.3 氮和磷浓度随径流量变化的规律

2007 年 7 月和 2008 年 2 月和 4 月的地表径流中可溶性氮浓度较高,为 4.9~5.3 mg/g,而在 2008 年 6 月最低,仅为 0.5 mg/g,其余月份在 1.2~

3.6 mg/g 的范围内(图 3)。湿地松林的地表径流中可溶性磷浓度在 2008 年 1 月和 2008 年 5 月高达 0.06 mg/g,2008 年 6 月仅为 0.02 mg/g,其余月份在 0.04~0.05 mg/g 的范围内波动(图 4)。

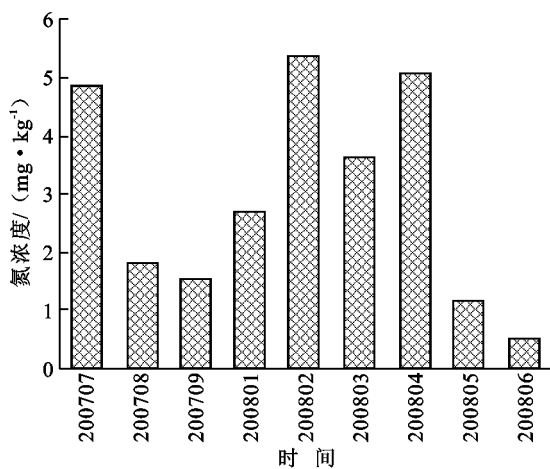


图 3 林分的可溶性氮浓度月动态

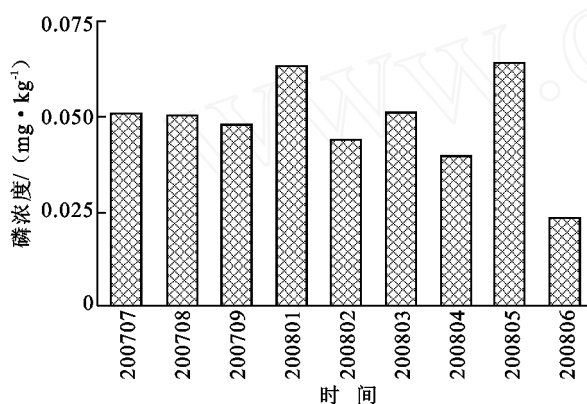


图 4 林分的可溶性磷浓度月动态

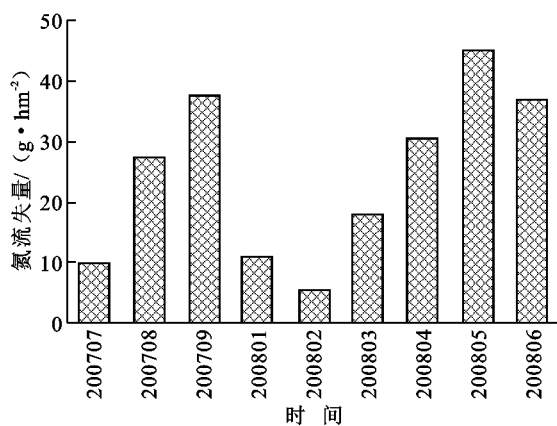


图 6 林分的可溶性氮流失月动态

由图 5 可以看出,林分的地表径流中可溶性氮浓度 x 随径流量 Y 之间存在着对数关系,地表径流量与其中可溶性氮浓度之间极显著相关 ($P < 0.001$),二者的关系可以用方程 3 表示:

$$Y = 4.1987 - 6.3185 \lg x \quad (3)$$

通过以上方程,可根据林分内某次降雨径流量,方便地计算出该径流中可溶性氮浓度。

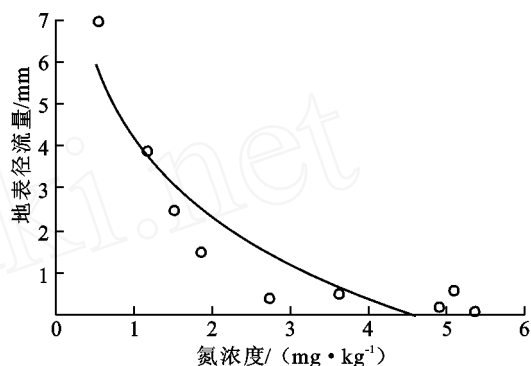


图 5 地表径流量和氮浓度的关系

2.4 地表径流中氮和磷的流失量

湿地松林的年地表径流中可溶性氮输出量为 $221 \text{ g} / (\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ 。2007 年 8 月、9 月和 2008 年的 4—6 月为其可溶性氮流失高峰,占年中可溶性氮流失量的 80% 以上(图 6)。湿地松林的年地表径流中可溶性磷输出量为 $7 \text{ g} / \text{hm}^2$, 2008 年 5 月和 6 月为其流失高峰,占年流失量的 59%(图 7)。

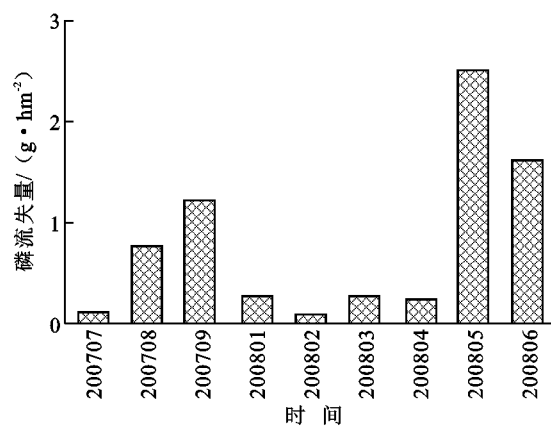


图 7 林分的可溶性磷流失月动态

3 讨论

湿地松林的地表径流秋冬小,春夏大的特点与降雨量变化规律密切相关。秋冬季节降雨量小,大部分水分被凋落物所吸收和通过非毛管孔隙下渗,所以产生的地表径流少。春夏之季降雨量大,且大雨、暴雨多,当凋落物的持水量达到饱和及降雨强度超过土壤的下渗速度后,促进较多的地表径流产生。由于地表

径流与降雨量的关系可以用二项式方程表示,可以通过降雨量得出地表径流量的数据,方便了地表径流的研究。由于林冠截留,凋落物层的吸收和土壤入渗作用,林地开始产流降雨量一般在 11 mm 以上。如果降雨强度和前期降水充分,产流降水量有所减少。

地表径流中可溶性氮浓度随径流量的增加而减少,表明径流对土壤可溶性氮有稀释作用。地表径流发生初期,径流量小,溶解表土中的氮较多,随着

地表径流量的增加,地表可溶性氮流失量增大,造成径流中的可溶性氮浓度越来越低。二者之间存在着对数关系,因此可以通过测定径流量来预测地表径流中可溶性氮浓度。

可溶性氮和磷流失量决定于径流量以及径流中的可溶性氮和磷含量。本研究中最大月份的径流量是最小月份 35 倍,而最大月份径流量中可溶性氮和磷含量,分别是最小月份的 11 和 3 倍。因此,径流量成为决定可溶性氮和磷流失量的主要因子,地表径流量大的 2007 年 9 月和 2008 年的 5 月、6 月成为可溶性氮和磷流失的高峰。

[参 考 文 献]

- [1] 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 scoul mines[J]. Australian Journal of Soil Research, 2000, 38 :313-327.
- [2] 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.
- [3] 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.
- [4] 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.
- [5] 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.
- [6] Stednick J D. Monitoring the effects of timber water yield harvest on annual [J]. Journal of Hydrology, 1996, 176: 79-95.
- [7] Sun G, H Riekerk, Comerford N B. Modeling the hydrologic impacts of forest harvesting on flat woods [J]. Journal of American Water Resources Association, 1998, 34: 843-854.
- [8] 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.
- [9] 郑郁善, 陈卓梅, 邱尔发, 等. 不同经营措施笋用麻竹人工林的地表径流研究[J]. 生态学报, 2003, 23(11) :2387-2395.
- [10] 王晶, 包维楷, 丁德蓉. 九寨沟林下地表径流及其与地表和土壤状况的关系[J]. 水土保持学报, 2005, 19(3) :93-96.
- [11] 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.
- [11] Zhang H J, Song Y H, Chen Y, et al. Effect on surface runoff coefficient of different vegetation types in Jinyun Mountain of Chongqing[J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2006, 20(6) :11-13, 45.
- [12] 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.
- [13] 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.
- [14] Zöbisch 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.
- [15] Basic F. Runoff and soil loss under different tillage methods on Stagnic Luvisols in Central Croatia [J]. Soil & Tillage Research, 2001, 52 (324) :145-151.
- [16] 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: 977-988.
- [17] Wan L X, Zhang Z Q. Impacts of forest vegetation on watershed runoff in dry areas [J]. Journal of Natural Resources, 2001, 16: 439-444.
- [18] Čihacek 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.
- [19] 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.
- [20] 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.
- [21] 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.
- [22] 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.
- [23] 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.
- [24] 国家环境保护总局水和废水监测分析方法编委会. 水和废水监测分析方法 [M]. 4 版. 北京:中国环境科学出版社, 2002.
- [25] 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.
- [26] Xue L. Nutrient cycling in a Chinese-fir (*Cunninghamia lanceolata*) stand on a poor site in Yishan, Guangxi [J]. Forest Ecology and Management, 1996, 89: 115-123.