

文章编号:1000-1638(2008)04-0440-06

天童常绿阔叶林树干径流中硝态氮特征

王静,由文辉,石磊,虞伊林

(华东师范大学环境科学系,上海 200062)

摘要:通过测定天童常绿阔叶林2007年8月份降雨和树干径流中硝态氮含量,分析8月份全部降水过程树干径流中硝态氮的变化规律及其与其它生态因子之间的相互关系。树干径流中硝态氮含量与大气降水中硝态氮含量密切相关,二者的变化趋势完全相同,在一段时间的晴朗天气后,均会呈现较高的水平,而随着连续降雨天数的增加,二者均逐渐下降。干流量是影响树干径流中硝态氮含量的主要因子,二者呈极显著负相关, $R=0.475$, $p=2.13 \times 10^{-12}$ 。降雨量和降雨强度通过影响干流量对树干径流中硝态氮含量产生间接的影响。树冠面积作为主要的生物因子,与树干径流中的硝态氮含量呈显著负相关,这是由于树冠面积对植物的吸附能力和干流量都有重要的影响,进而影响树干径流中的硝态氮含量。

关键词:树干径流;硝态氮;大气降雨;树冠投影面积

中图分类号:Q948.11 **文献标识码:**A

在森林水文学的各个分量中,树干径流作用只是一个非常微小的部分,在定量水文学研究中常常被忽视,因为它的大小一般只相当于其他部分的误差量。但这个微小的部分在生态系统中的作用却是很大的^[1]。目前对于树干径流的研究主要集中于量和质两个方面。量是指在整个生态系统水量平衡中,树干径流所占的地位,影响树干径流量的主要因子,以及对于干流量的模型建立。质主要是对树干径流的化学特征的机制研究,其中有两种主要机制:1) 林木表面干沉降物的洗脱;2) 林冠代换作用,既植物养分的淋溶和降水中的离子被冠层所吸收^[2,3]。树干径流可以促进物质循环,影响养分的再分配。大多数研究表明,树干径流表现出强烈的酸化和养分富集现象^[4~11]。树干径流将附着于树干上的大量养分淋洗下来,主要在植物根部下渗分布,其中的水分和养分容易被根吸收,因而对树木生长具有相当重要的作用。N素作为植物生长必需的大量元素,其在生态系统中的物质循环过程至关重要,大气降水是N元素循环过程中的重要媒介,降水量、降水频率和降水强度对树干径流的量和度都有直接的影响。樊后保^[12]和沙丽清等^[13]分别在福建南平地区杉木人工林和西双版纳热带季节雨林对氮沉降和N素循环进行了研究。氮化合物作为组成酸雨的物质之一,很多酸沉降背景下的研究也提到了其输入不断增加能使生态受损,过剩的氮沉降与世界上许多地区森林的衰退有着密切的关系^[14~19]。本研究从2007年开始在浙江天童森林生态系统国家野外科学观测研究站,对栲树(*Castanopsis fargesii*)和木荷(*Schima superba*)树干径流中硝态氮在连续降雨过程中的变化规律进行了研究。测定了8月份全部降水过程中干流硝态氮含量,并分析了其与其它生态因子之间的关系,对天童常绿阔叶林树干径流中硝态氮含量的变化规律和影响因子进行了初步的探索研究。

1 研究区概况和研究方法

1.1 研究区概况

浙江天童森林生态系统国家野外科学观测研究站位于浙江省宁波市鄞州区东部天童国家森林公园

• 收稿日期:2008-03-11;修回日期:2008-05-22

基金项目:浙江天童森林生态系统国家野外科学观测研究站开放课题(51X1412B)

作者简介:王静(1979~),女,内蒙古赤峰市人,2005级博士研究生,主要从事森林生态学研究。

园(29°48'N,121°47'E),面积349 hm²,最高峰为653.3 m.本区属典型的亚热带季风气候,全年温暖湿润,年平均气温16℃,年平均降雨量为1551.0 mm,年平均蒸发量1320.1 mm^[20].

在研究区域内分别选取常绿阔叶林演替系列后期的栲树群落和木荷群落中25 m×25 m的区域进行测量.栲树群落海拔高度200 m,坡度39°,坡向SE30°,郁闭度0.90^[21],树种组成主要包括栲树(*Castanopsis fargesii*)、木荷(*Schima superba*)和石栎(*Lithocarpus glaber*).木荷群落海拔高度130 m,坡度25°,坡向SE40°,郁闭度0.95^[21],树种组成主要包括木荷(*Schima superba*)、石栎(*Lithocarpus glaber*)、栲树(*Castanopsis fargesii*)和青冈(*Cyclobalanopsis glauca*).

1.2 研究方法

栲树群落内成年栲树共31株,平均高度为20 m(10~25 m),平均胸径为26.1 cm(14.8~40.1 cm);成年木荷共11株,平均高度为16.8 m(8~23 m),平均胸径为14.6 cm(10.3~21.5 cm).木荷群落内成年木荷共60株,平均高度为18 m(12~24 m),平均胸径为16 cm(8~27 cm);成年栲树共3株,平均高度为18.3 m(17~20 m),平均胸径为27 cm(26.4~26.9 cm).在栲树群落中选取栲树6株,木荷4株,木荷群落中选取木荷8株,栲树3株作为实验对象.栲树的枝干夹角范围为40°~80°,木荷的枝干夹角范围为30°~70°.表1为两个样地选取的采样植株胸径情况.

在2007年8月采用薄管收集法^[22]收集树干径流,分别对21株乔木在连续降雨过程中,树干径流的硝态氮进行采样测定.在树干基部以上100~130 cm间,安装ST-H型(缠绕式,胸径大于20 cm)和ST-Y型(漏斗式,胸径小于20 cm)树干径流采集器.采集的水样,用硫酸酸化到pH<2,4℃保存,采用酚二磺酸光度法^[23]在24 h内进行测定.

1) 绘制标准曲线:于一组50 mL比色管中,用移液管分别加入硝酸盐氮标准使用液(每毫升含0.010 mg硝酸盐氮)0、0.10、0.30、0.50、0.70、1.00、5.00、7.00、10.0 mL(含硝酸盐氮0、0.001、0.003、0.005、0.007、0.010、0.030、0.050、0.070、0.100 mg),加水至约40 mL,加3 mL氨水使成碱性,稀释至标线,混匀.在波长410 nm处,以水为参比,以10 mm比色皿测量吸光度.由测得的吸光度值减去零浓度管的吸光度值,绘制吸光度对硝酸盐氮含量(mg)的标准曲线.

2) 取100 mL水样于具塞比色管中,加入2 mL氢氧化铝悬浮液,密塞振摇,静置数分钟后,过滤,弃去20 mL初滤液;

3) 取50.0 mL经预处理的水样与蒸发皿中,用0.1 mol·L⁻¹氢氧化钠溶液将pH值调至8左右,置水浴上蒸发至干.加1.0 mL酚二磺酸,用玻璃棒研磨,使试剂与蒸发皿内残渣充分接触,静置片刻,再研磨一次,放置10 min,加入约10 mL水.在搅拌下加入3~4 mL氨水,使溶液呈现最深的颜色.如有沉淀,则过滤.

4) 将溶液移入50 mL比色管中,稀释至标线,混匀.于波长410 nm处,选用10 mm比色皿,以水为参比,测量吸光度.如吸光度值超出标准曲线范围,将显色溶液用水进行定量稀释,然后再测量吸光度,计算时乘以稀释倍数.

5) 以水代替水样,按相同步骤进行全程序空白测定.

6) 计算:硝酸盐氮(N, mg·L⁻¹) = $\frac{m}{50} \times n \times 1000$

m —从标准曲线上查得的硝酸盐氮量(mg)

n —稀释倍数

表1 各样地采样植株胸径情况

Table 1 DHB of sampling plants in each plot			
	胸径范围(cm)	栲树株数	木荷株数
栲树样地	10.00—15.00	—	3
	20.00—25.00	2	1
	27.00—32.00	4	—
木荷样地	10.00—15.00	—	3
	17.00—20.00	—	5
	>25.00	3	—

2 结果与分析

2.1 大气降雨中硝态氮含量与树干径流中硝态氮的关系

如图 1 所示,两个样地中栲树和木荷树干径流中硝态氮含量与大气降雨中硝态氮含量随时间的变化趋势基本相同,树干径流中硝态氮含量远高于大气降雨中硝态氮含量. 通过相关分析,树干径流中硝态氮含量与大气降雨中硝态氮含量极显著线性相关,相关系数 $R=0.664$, $p=8.88\times 10^{-20}$, $N_S=14.141N_R-1.050$ (N_S , 树干径流中硝态氮含量; N_R , 大气降雨中硝态氮含量), $R=0.911$, $p=0.004$. 可见,树干径流通过淋洗这两种植物表面吸附的硝态氮,将其带到地表,进入土壤中,成为植物所需的土壤养分中的有效成分. 这与陶豫萍等^[24]的研究结果完全相同,而与甘健民等^[4]的研究结果有所不同. 这可能是由于天童地区位于我国严重的酸雨区,大气中的 N 含量较高,大气降雨和干流中的硝态氮共同受到大气中 N 素含量的影响,因此二者之间具有密切的关系. 而另一方面,通过植物的吸附作用和树干径流的淋洗过程,大气中的 N 进入树干径流中,这是一个养分的富集过程,因此干流中的硝态氮含量远高于大气降雨.

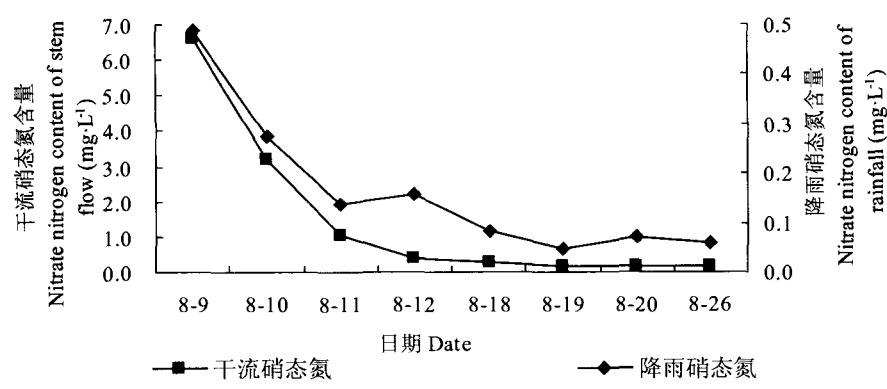


图 1 大气降雨中硝态氮含量与树干径流中硝态氮含量
Fig. 1 Nitrate nitrogen contents of rainfall and stem flow

在一段时间的无雨天气后,首次降雨的树干径流硝态氮含量较高,而随着降雨的持续进行,树干径流中硝态氮的含量逐渐降低,降雨过程间歇几天后,硝态氮的含量又有所回升,随后在连续降雨的作用下又再次下降,这与大气降雨中硝态氮含量的变化趋势相符,但始终远高于大气降水中的硝态氮含量. 这说明两次降雨间隔和大气中的硝态氮含量是影响树干径流中硝态氮含量的重要因子.

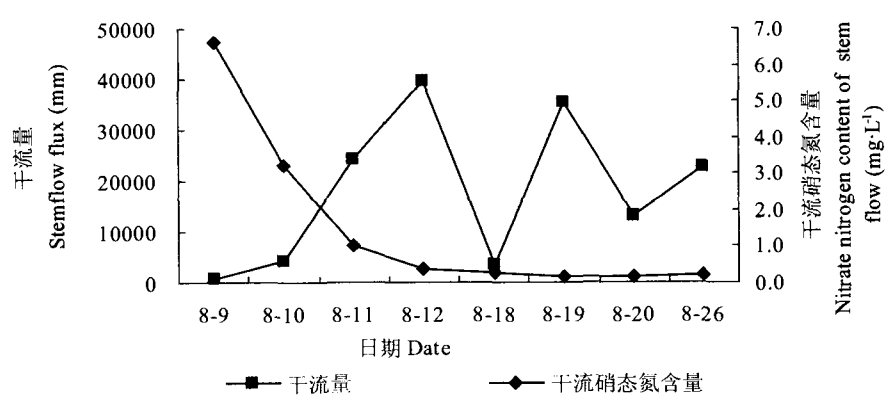


图 2 干流量与干流硝氮含量
Fig. 2 Stem flow and nitrate nitrogen of stem flow

2.2 降雨因子、树干径流量与树干径流中硝态氮的关系

由图(2~3),除8月19日外,干流中硝态氮含量与干流量、降雨量和降雨强度的变化趋势基本相反. 相关分析结果显示降雨量和降雨强度与干流中硝态氮含量无显著相关,树干径流量与硝态氮含量呈极显著负相关, $R=0.475, p<0.01$. 树干径流量是影响树干径流中养分元素含量的重要因子. 树叶和树干表面的灰尘以及所携带的营养元素通过大气降水淋洗,溶解于树干径流中,因此树干径流量将直接影响干流中硝态氮的浓度. 虽然降雨量和降雨强度与干流中硝态氮含量相关性不显著,但降雨量是对干流量具有最大贡献的主导因子,降雨量和降雨强度与干流量的相关系数分别为 $R=0.803(p=0.01), R=0.882(p<0.01)$,因此降雨量和降雨强度是间接影响干流中硝态氮含量的因子.

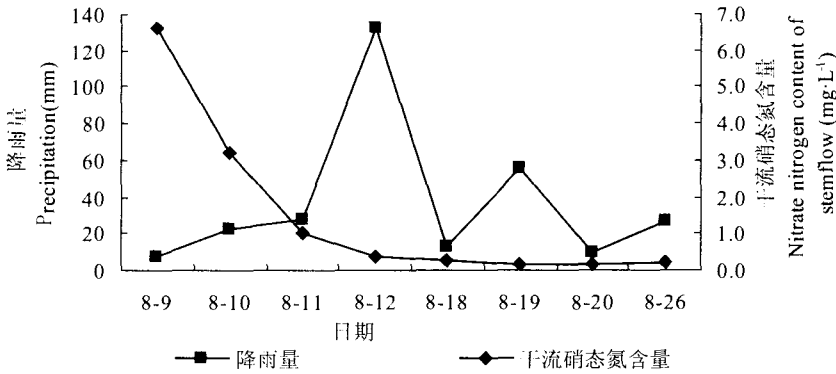


图3 降雨量与干流硝态氮含量

Fig. 3 Precipitation and nitrate nitrogen content of stem flow

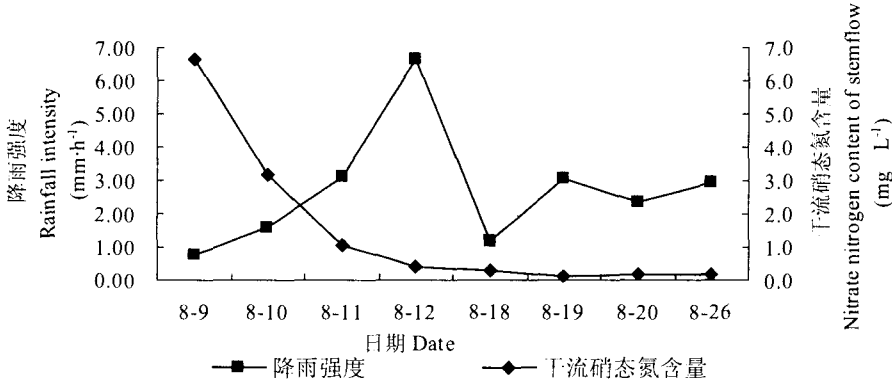


图4 降雨强度与干流硝态氮含量

Fig. 4 Rainfall intensity and nitrate nitrogen content of stem flow

2.3 生物因子与树干径流中硝态氮的关系

表2 主要生物因子与干流中硝态氮含量关系

Table 2 Relationship between nitrate nitrogen content of stemflow and main biological factors

	树高	胸径DHB	树冠投影面积
干流硝态氮含量	-0.023	-0.131	-0.163*
树高	1.000	0.584**	0.054
胸径DHB		1.000	0.633**

* 显著相关, $p<0.05$; ** 极显著相关, $p<0.01$

通过相关分析发现(表2),硝态氮含量与树冠面积呈显著负相关,相关系数 $R=0.163, p<0.05$.

即随着树冠面积的增大,树干径流中硝态氮含量呈下降趋势.树高和胸径与干流中硝态氮含量相关性不显著.

这是由于较大的树冠面积可以增大植物体与大气的接触面积,从而增强植物的吸附能力,进而影响干流中硝态氮的含量,造成硝态氮在干流中的富集现象.另一方面,树冠面积是影响树干径流量的重要因子.通过相关分析,树冠面积与干流量之间存在极显著正相关, $R=0.570$, $p<0.01$.树冠作为群落与降雨接触的第一界面,其结构对于干流量具有非常重要的影响,栲树的枝干角为 $40^{\circ}\sim 80^{\circ}$,木荷的枝干角为 $30^{\circ}\sim 70^{\circ}$,二者树皮均较光滑,对树干径流的形成非常有利,因此较大的树冠增大了汇集雨水的表面积,有利于增大干流量,进而影响树干径流中硝态氮的浓度.由于8月的降雨多为台风引起,降雨强度较大,尤其是在连续降雨过程中,树冠面积对植物体所吸附的N素影响要小于对树干径流量的影响,因此造成树冠面积与干流中硝态氮含量呈负相关.

3 结 论

天童常绿阔叶林树干径流中硝态氮含量与大气降水中硝态氮含量密切相关,二者的变化趋势完全相同.干流中硝态氮含量与树干径流量、树冠面积均呈显著负相关.大气降雨和树干径流中的硝态氮在一段无雨天气后,均会呈现较高的水平,而随着连续降雨天数的增加,二者均逐渐下降.

天童常绿阔叶林对于大气中N素具有强烈的吸附作用,通过树干径流,将这些N运输到土壤中,再次进入生物地球化学循环或被植物体直接吸收利用.栲树和木荷对N元素的吸附主要依赖于树冠,而光滑的树皮有利于树干径流的形成,进而有利于N素迅速回归到土壤中.树干径流作为常绿阔叶林养分循环的重要载体,在植物体的养分供给中具有非常重要的作用.

本文仅对降雨较多,降雨强度较大的时期树干径流中硝态氮的情况进行了初步的分析研究,对于干流中硝态氮含量在时间尺度上和空间尺度的变化规律还未涉及,在未来的研究工作中将结合前人的工作进一步对N元素随降雨的迁移过程以及对植物体所造成的影响进行探索.

参考文献:

- [1] 周国逸.生态系统水热原理及其应用[M].北京:气象出版社,1997.79~80.
- [2] 樊后保.杉木林截留对降水化学的影响[J].林业科学,2000,36(4):2~8.
- [3] Potter C S, Ragsdale H L, Swank W T. Atmospheric deposition and foliar leaching in a regenerating southern Appalachian forest canopy[J]. *Journal of Ecology*, 1991, 79: 97~115.
- [4] 甘健民, 薛敬意, 谢寿昌. 云南中山湿性常绿阔叶林中降雨对养分淋溶的影响[J]. 植物生态学报, 1996, 20(3): 279~284.
- [5] 刘云国, 片山幸土, 西村和雄, 等. 降水中的pH值和金属元素在松柏混交林内变化动态[J]. 植物生态学报, 1996, 20(3): 216~224.
- [6] 樊后保, 苏兵强. 杉木人工林生态系统的生物地球化学循环 I: 养分归还动态[J]. 应用与环境生物学报, 2000, 6(2): 127~132.
- [7] 樊后保, 苏兵强, 林德喜. 杉木人工林生态系统的生物地球化学循环 II: 氮素沉降动态[J]. 应用与环境生物学报, 2000, 6(2): 133~137.
- [8] 石盛莉, 潘根兴, 张乐华. 酸沉降影响下庐山森林生态系统水相疏的分布与动态研究[J]. 生态学报, 2001, 21(9): 1463~1468.
- [9] 刘菊秀, 温达志, 周国逸. 广东鹤山酸雨地区针叶林与阔叶林降水化学特征[J]. 中国环境科学, 2000, 20(3): 198~202.
- [10] 刘菊秀, 张德强, 周国逸. 鼎湖山酸沉降背景下主要森林类型水化学特征初步研究[J]. 应用生态学报, 2003, 14(8): 1223~1228.
- [11] 辛颖, 赵雨森, 潘保原. 黑龙江东部山地兴安落叶松人工林对水质的影响[J]. 中国水土保持科学, 2006, 4(2): 29~33.
- [12] 樊后保, 苏兵强, 林德喜, 等. 杉木人工林生态系统的生物地球化学循环 I: 氮素沉降动态[J]. 应用与环境生物学报, 2000, 6(2): 133~137.
- [13] 肖辉林. 大气氮沉降对森林土壤酸化的影响[J]. 林业科学, 2001, 37(4): 111~116.

- [14] 沙丽清,郑征,冯志立,等. 西双版纳热带季节雨林生态系统氮的生物地球化学循环研究 [J]. 植物生态学报, 2002, **26**(6): 689~694.
- [15] 方运霆,莫江明, Gundersen P, 等. 森林土壤氮素转换及其对氮沉降的响应 [J]. 生态学报, 2004, **24**(7): 1523~1531.
- [16] Calanni J, Berg E, Wood M, et al. Atmospheric nitrogen deposition at a conifer forest: Response of free amino acids in Engelmann spruce needles [J]. *Environmental Pollution*, 1999, **105**: 79~89.
- [17] Roda F, Avila A, Rodrigo A. Nitrogen deposition in Mediterranean forests [J]. *Environmental Pollution*, 2002, **118**: 205~213.
- [18] Krusche A V, de Camargo P B, Cerri C E, et al. Acid rain and nitrogen deposition in a sub-tropical watershed (Piracicaba): Ecosystem consequences [J]. *Environmental Pollution*, 2003, **121**: 389~399.
- [19] Solberg S, Andreassen K, Clarke N, et al. The possible influence of nitrogen and acid deposition on forest growth in Norway [J]. *Forest Ecology and Management*, 2004, **192**: 241~249.
- [20] 张庆费, 由文辉, 宋永昌. 浙江天童植物群落演替对土壤化学性质的影响 [J]. 应用生态学报, 1999, **10**(1): 19~22.
- [21] 张庆费, 由文辉, 宋永昌. 浙江天童植物群落演替对土壤物理性质的影响 [J]. 植物资源与环境, 1997, **6**(2): 36~40.
- [22] Durocher M G. Monitoring spatial variability of forest interception [J]. *Hydrological Processes*, 1990, **4**: 215~229.
- [23] 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(第4版) [M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2002. 259~261.
- [24] 陶豫萍, 吴宁, 罗鹏, 等. 森林植被截留对大气污染物湿沉降的影响 [J]. 中国生态农业学报, 2007, **15**(4): 9~12.

(责任编辑 杨 持)

Nitrate Nitrogen of Stem Flow of Evergreen Broad-leaved Forest in Tiantong

WANG Jing, YOU Wen-hui, SHI Jun, YU Yi-lin

(Department of Environmental Science,
East Normal University of China, Shanghai 200062, China)

Abstract: Nitrate nitrogen content of stem flow of evergreen broad-leaved forest in Tiantong is determined by phenol disulfonic acid method in August 2007. Then the relationships were analyzed among nitrate nitrogen of stem flow and other ecological factors such as nitrate nitrogen of rainfall, precipitation, rainfall intensity and projected areas of crown. The main results are as follows. The correlation is significant at the 0.01 level between nitrate nitrogen of stem flow and that of rainfall, and the correlation coefficient is 0.664. Their trends of variation with time are completely same. After some non-rain days, they are both on high levels, and then decreased gradually with continuous rainfall. Stem flow is the main factor affecting nitrate nitrogen of stem flow. Nitrate nitrogen of stem flow was significantly negative related with it at the 0.01 level, and the correlation coefficient is 0.475. By influencing stem flow, the precipitation and rainfall intensity influence nitrate nitrogen of stem flow indirectly. Projected area of crown as one of the main biological factors is significantly negative related with nitrate nitrogen of stem flow. It has important influence on the adsorption capacity of plant and stem flow, and then influence nitrate nitrogen of stem flow.

Key words: stem flow; nitrate nitrogen; rainfall; projected area of crown