

文章编号:1001-1498(2004)04-0453-08

珠江三角洲城市森林植被生态系统 水质效应研究

陈步峰¹, 陈勇¹, 尹光天¹, 叶骚胜², 欧阳文², 林明献¹

(1. 中国林业科学研究院热带林业研究所, 广东 广州 510520; 2. 广东省佛山市顺德区农业局, 广东 顺德 528300)

摘要:2002—2003 年对顺德大良大岭山常绿针阔混交林集水区水循环过程进行了定位监测, 该林区年降水量为 1 628.9 mm, 5—9 月份的降雨量占 82.4%, 穿透降水占降雨的 85.01%, 干流占 3.17%, 冠层截留占 11.82%, 冠层水文效应显著。工业区年降雨 pH 均值为 5.27, 酸雨频率 67.8%; 大良和龙江居民区年降雨 pH 均值分别为 5.84、5.72, 酸雨频率平均为 27.1%; 森林区大气降水的 pH 值 6.31, 酸雨频率为 6.5%。森林区降水中 Pb、Cd、Cl⁻、NO₃⁻、SO₄²⁻ 的含量小于国家 I 类水标准, 总 P(TP)、Cu、Zn 含量接近国家 I 类水标准。大气湿沉降化学物质经过林冠后, 穿透雨的总 P、K、Zn、Pb 浓度分别增加了 1、2、7、1 倍, Al、Ca、Cu 浓度减少了 89.8%、40.7%、30.5%。土壤 105 cm 深度渗透水 PO₄³⁻、Cl⁻、NO₃⁻、SO₄²⁻ 阴离子的总浓度相对 15 cm 深减少 33.5%; Cu、Zn、Pb、Cd 浓度相对 15 cm 深的渗透水分别减少了 62.5%、64.5%、38.9%、84.6%; 森林土壤的储虑机制对于输出环境的径流水质量有显著改善作用。

关键词:珠江三角洲常绿针阔混交林; 水文特征; 渗透水; 水质效应

中图分类号:S715.7 **文献标识号:**A

森林是生态环境建设的主体, 森林通过能量转换、吸收同化、物质循环等功能对大气环境、水环境、陆地土壤环境等产生显著的影响。众多研究文献反映出森林生态系统在区域生态环境建设中具有不可替代的生态环境效应^[1-3]。珠江三角洲地区为我国南亚热带, 光、热资源充足, 雨量充沛, 是森林植被极易繁衍的地区, 也是城市化和经济发展最快的地区。然而人口增长、经济的快速发展、城市化进程中城市群的建设导致土地开垦、房地产业建设中局地环境扰动、工业发展中废气废物排放及生活垃圾废弃等, 显著地增加区域的环境负荷, 如酸雨、温室效应、大气 SO₂、NO_x 负荷、城市热岛效应、水质恶化等环境危害, 尤其区域的抵御台风暴雨灾害链危害、水土流失、环境污染的能力极其脆弱。长期以来, 人们忽视了城市森林改善区域酸沉降、净化水质等方面的生态效能, 缺乏对森林系统生态环境功能进行系统科学的监测研究。本文基于对比观测及定位研究方法, 对亚热带季风常绿阔叶林的大气降水、酸雨、水质等进行监测, 研究森林在这些方面的生态效能, 旨在为科学地评价城市森林群落所具有的净化水质、改善酸沉降等环境效益提供科学的依据。

收稿日期: 2003-12-19

基金项目: 科技部社会公益项目(2003-2005)“珠江三角洲森林植被结构与环境间的互动监测”部分内容; 顺德市“青山工程”(2000-2005)效益监测项目部分内容; 国家林业局重点开放性实验室热带林业研究实验室开放基金课题(2003-2005)“珠江三角洲城市森林群落对降水水质的影响的研究”

作者简介: 陈步峰(1958—), 男, 陕西商洛市人, 研究员, 首席专家。

1 自然概况

研究实验区位于珠江三角洲中部顺德地区,靠近广州,毗邻港澳,距香港 64 海里、澳门 80 km,地理坐标为 113°01' ~ 113°23' E, 22°40' ~ 23°02' N,全地区东西相距 38.7 km,南北相距 38 km,总面积 806.15 km²。气候为南亚热带季风气候,光照充足,温暖而湿润。年平均气温 21.9℃,极端最低气温为 1.1℃,极端最高气温 37.7℃。年降水量 1 628.9 mm,汛期(5—9月)降水量占年降水量的 82.4%,年平均相对湿度 81%。土壤母质为花岗岩母质。

地带性植被类型为季风常绿阔叶混交林,组成种类复杂多样。由于近代人为干扰,现存大部分森林植被多为 20 世纪 70 年代前后人工种植的马尾松(*Pinus massoniana* Lamb.)、湿地松(*Pinus elliottii* Engelm)、荷木(*Schima superba* Gardn et Champ.)、黄牛木(*Cratoxylon ligustrinum* (Spach.) Bl.)、隆缘桉(*Eucalyptus exserta* F. V. Muell.) 和马占相思(*Acacia mangium* Willd.) 等树种组成的林分,林分结构简单、生长量低,生物多样性低。

定位研究集水区位于顺德市大良顺风山公园大岭山(海拔 85 m,坡向为西南,坡度 23°),林分类型为常绿针阔混交的次生林分,主要树种有马尾松、杉木(*Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.)、构树(*Broussonetia papyrifera* (L.) L Herit. ex Vent.)、枫香(*Liquidambar formosana* Hance)、黄牛木、潺槁木姜(*Liadera glutinosa* (Lour.) C. B. Rob.) 等,针阔叶更新树种生长良好,上层乔木平均树高 11.8 m,平均胸径 22.0 cm;下层乔木平均树高 4.8 m,平均胸径 6.9 cm,林分郁闭度 0.76(在该实验区还进行了林冠对降水的分配、森林区酸沉降的测定)。

对比实验区位于顺德区大良睡牛岗(海拔 72.5 m,坡向为东北,坡度 22.5°),距研究集水区 3 km。林分类型为次生林的改造林分,原次生林主要树种有马尾松、隆缘桉、台湾相思(*Acacia richii* A. Gray.)、潺槁木姜等,2000 年在林下栽植了米老排(*Mytilaria laosensis* Lec.)、枫香、红苞木(*Rhodoleia parvipetata* K. Y. Tong) 等,株行距 4 m × 4 m,平均胸径 11.3 cm、平均树高 6.25 m。郁闭度 0.7,改造前郁闭度约 0.6(在该试验区还进行了降水、穿透水及渗透水化学实验)。

2 研究方法

(1) 降水测定 在顺德地区大良林场工业区及大岭山森林集水区内外设置 DS1001D 型电脑自动化雨量计观测降雨量;在大良工业区、居民区、森林区及龙江居民区分别设置降水采样仪,每次降雨采集水样并现场测定其 pH 值。

(2) 穿透水测定 在集水区次生林的 900 m² 样地内,用 PVC 管改装成规格为长 389 cm、宽 10.2 cm 的 6 条雨量槽(距地面 70 cm),用网格法平行于坡面布置在样地内,连通管及 PVC 管相连通至 Datalog 1 000 mL 翻斗式电脑自记雨量计测定穿透水;与其对照,在次生混交改造林区样地即在顺德市府后山的林内混交林地的 1 200 m² 样地内,用网格法设置规格为长 80.6 cm、宽 16.8 cm 的雨量槽 5 个(距地面 70 cm),容积法测定穿透水量。每次降雨采集其全过程水样(降雨开始至结束)并且现场测定其 pH 值。

(3) 树干径流测定 在集水区次生林样地按每个径级(4 cm 径级)选择 18 株测定干流的样树,将剖开的聚乙烯管螺旋形地粘在树干基部,使聚乙烯管环绕树干 2 圈并用玻璃胶密封,使流水接到集水池里,容积分流法测定水量;每次干流采集水样并现场测定 pH 值。

(4) 渗透水测定 在次生林的改造林区样地和混交改造林样地均挖深 150 cm 的土壤剖

面,在土壤深度为15、40、60、105 cm处设置长30 cm、宽25.2 cm的渗透水采集器采集水样,每次降雨后测定渗透水、采样且测定其pH值。

(5)总径流及水化学采测 设置60°三角量水堰采用Odyssey电脑自记水文计监测水位,每降雨产流采集水样并结合井水采集水样,现场测量pH值。

(6)水样分析 水样采集用洗净且未受污染的标准水样瓶,样品包括次生林的改造林及混交改造林样地、针阔混交林区大气降水、穿透水和渗透水的水样,采集后立即放入冰箱4℃保存,36 h内送至实验室分析。分析总N、总P、K、Ca、Mg、Al、Cu、Zn、Pb、Cd、 SO_4^{2-} 、 NO_3^- 、 Cl^- 等的含量。分析方法:pH值的测定用PHB-2型便携式酸度计,总N用凯氏定氮滴定法,总P用磷钼蓝比色法,K、Ca、Mg、Cu、Zn、Cd用原子吸收分光光度计法,Al用铝试剂比色法,Pb用石墨炉原子分光光度法, SO_4^{2-} 、 NO_3^- 、 Cl^- 、 PO_4^{3-} 用离子色谱法。

3 结果与分析

3.1 林冠对降水的分配

3.1.1 冠层截留水文效应 冠层界面对降水的主要水文效应机制表现为截留部分降水、改变输入林地雨水路径,即入林地的雨水为通过林隙直接穿入雨水、森林植被枝叶滴下雨水和通过树干流入林地的水分,从而起到减少雨量、降低能量、有效防止地表土壤侵蚀等效果,同时也影响水文化学特性。表1是顺德地区常绿针阔叶混交林生态系统1个水文年降雨经冠层再分配的观测结果。由表1反映出针阔林区年降水量为1629.1 mm,9月份降雨最多,达322 mm,2月份降雨是全年降雨量最少的月份仅6 mm;5—9月降雨量1341.9 mm,占年降雨量的82.4%。全年冠层截留量为192.5 mm,5—9月林冠截留量149.2 mm,占全年冠层截留量的77.5%。全年穿透降水占降雨的85.0%,干流占3.2%,冠层截留占11.8%。穿透水、树干径流和截留量的月变化与降雨量变化趋势一致;降雨、穿透水、树干径流量的峰值均出现在9月份。

表1 顺德常绿针阔混交林降雨及水文要素年间分配

水文要素	月份												全年
	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	
降雨(<i>P</i>)	239.0	194.6	298.4	288.0	322.0	102.0	35.0	39.2	63.3	6.0	31.6	10.0	1629.1
穿透水(<i>T</i>)	204.5	166.2	255.7	246.8	276.1	86.3	28.5	32.1	52.9	3.5	25.5	6.9	1385.0
干流(<i>S</i>)	7.7	6.3	9.7	9.3	10.5	3.2	1.0	1.1	1.9	0.0	0.8	0.1	51.6
截留(<i>I</i>)	26.8	22.1	33.0	31.9	35.4	12.5	5.5	6.0	8.5	2.5	5.3	3.0	192.5
<i>I</i> %	11.2	11.4	11.0	11.1	11.0	12.3	15.9	15.3	13.4	42.3	16.5	29.6	11.8

一年监测结果初步表明,由于该林分冠层结构及郁闭度的原因,尤其是上层针叶林密度偏小、下层阔叶林正值生长季节;森林截留量相对热带雨林的要小一些^[4],但对城市区域,冠层截留有效地消减降雨尤其是暴雨对地表冲击的能量,从而减少了土壤侵蚀和城市水土流失。

3.1.2 林冠截留与降水的关系 林冠截留与降水呈显著的对应关系,除冠层结构的影响外,林冠截留主要受降雨程度、气象条件以及林冠本身湿润程度的影响;风的乱流交换作用则对枝叶表面截留的降水蒸发速度有影响。依据44次降雨与截留降雨量观测结果作规律分析,拟合出截留与降雨的模型(图1)。拟合模型表明,随着降雨量的增加,截留量也不断增加,呈幂关系,但有一个极限值;当降雨量 $P < 10$ mm时,截留量随降雨量的增加基本呈线性增加;当100

mm > P > 10 mm 时,截留量仍然随降雨量线性增大,但是增值斜率减小,其生物机制在于树叶、树枝和树干吸收水分,另则在于截持雨水的蒸发;当 P > 110 mm 时,截留量还会继续随截持雨水的蒸发而增加,但截留量 I 与降雨量 P 不再适宜模型 $I = 1.195364 P^{0.533114}$ 。由于该实验区植被郁闭度接近 0.8,所以林冠截留量极限值不大,从效益期望角度截留量极限值愈大愈佳。

如果以单次的时间序列递推每次降雨截留量并进行模式变换,将 $I = 1.195364 P^{0.533114}$ 进行微分获 dI/dP 即截留率,并从单次量 0 ~ 110 mm 间取值,获得 dI/dP 与降雨量 P 的模拟曲线(图 2)。由图 2 可见,降雨量较小时截留率较高,随着降雨量的增加,截留率急剧下降,当降雨量 P 为 110 mm > P > 100 mm,其林冠截留率稳定在同一水平线上(7.0%)。在降雨量较小时林冠对降雨截留的效果明显。

3.2 大气降雨酸沉降及森林群落对酸雨的影响

酸雨是指 pH 值小于 5.6 的雨、雪或者其他方式形成的大气降水。酸雨的形成是一种复杂的大气化学和大气物理现象,形成的主要原因是大气中 SO₂ 和 NO_x 的影响作用。在顺德大良的森林区(距城市 4 km)、工业区(距蓄电池厂、染厂 2 km,距森林监测区 6.5 km)、城市居民区(大良中心距森林监测区 9 km)及龙江镇居民区(镇中心)实施大气降雨酸度及频度对比监测,同步实施常绿针阔混交次生林及改造林分内穿透水、渗透水、径流的酸性对比监测;另则,从水化学角度查找影响机制。62 次降雨监测结果反映出,每次降雨,大良森林区、工业区、城市居民区的降水 pH 值的大小依次为:大良森林区 > 大良居民区 > 大良工业区(图 3);大良工业区大气降雨的年平均 pH 值为 5.27、酸雨频率占 67.8%,而大良及龙江居民区大气降雨的年平均 pH 值分别为 5.84、5.72,酸雨频率两者平均为 27.1%,森林区大气降雨的 pH 值为 6.23、酸雨频率为 6.5%。森林区较工业区、居民区酸雨频率分别降低 61.3%、20.6%;而由森林生态系统水循环各水文要素 pH 值的监测结果可知,大良、龙江大气降雨的平均 pH 值为 5.81,通过次生林分、次生混交改造林分进入林内的雨水 pH 值分别提高 0.67、0.35;图 4 结果显示,在每次降雨后,穿透水、渗透水、地下水的 pH 值由大到小的顺序为:穿透水 > 地下水 > 渗透水;即进入林地净降雨通过土壤后,渗透水的酸度明显增加,而渗透水通过岩石后,地下水的 pH 值显著提高。穿透水的 pH 值为 4.5 ~ 6.5,而渗透水为 4.3 ~ 5.3,地下水为 5.2 ~ 6.3。其机制表现为:穿透水通过土壤后,pH 值降低在于酸性土壤对渗透水的酸化效应,而通过岩石后,pH 值增加的原因是由于花岗岩风化及水解时阳离子的中和效应。因此从冠上空间降雨、

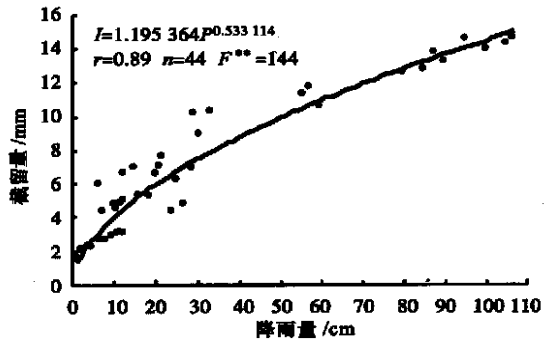


图 1 常绿阔叶林截留量(I)与大气降雨量(P)的关系

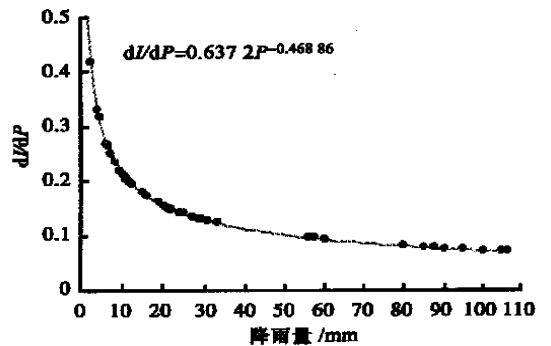


图 2 亚热带常绿阔叶林降雨的 dI/dP-P 曲线

穿过森林雨水及地下径流,均反映出森林植被系统所具有的生物化学效应,对空间酸雨产生一定的缓解效应,对输出的径流水的酸性具有显著良性增高效应。

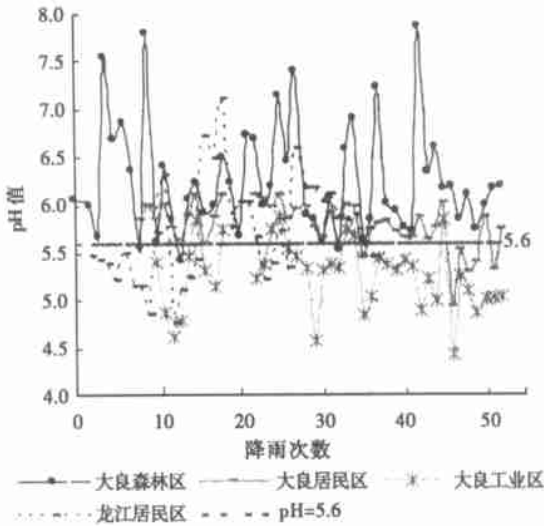


图 3 大良森林区、居民区、工业区和龙江居民区大气降雨的 pH 值变化

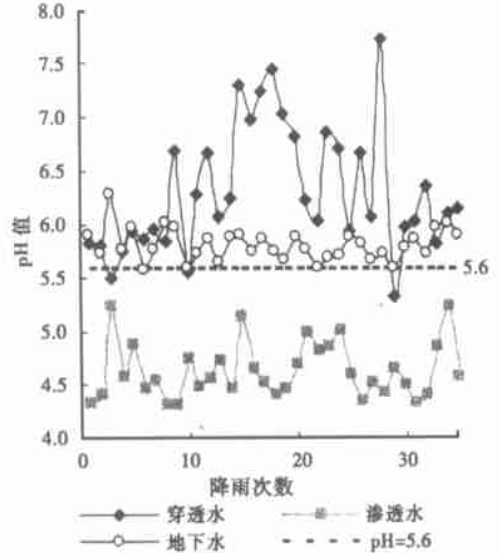


图 4 降雨穿过阔叶林 pH 的变化

从水化学角度分析,对照大气降水中非酸雨的 SO_4^{2-} 、 NO_3^- 、总 N 的平均浓度分别为 3.15、0.165、1.19 $mg L^{-1}$,而酸雨的 SO_4^{2-} 、 NO_3^- 、总 N 的平均浓度分别为 7.37、0.385、41.93 $mg L^{-1}$,分别是非酸雨的 2.3、2.3、1.6 倍。由此可知, SO_4^{2-} 、 NO_3^- 是形成酸雨的原因所在。另外,参照地面水环境质量 I 类标准中 SO_4^{2-} 、 NO_3^- ,对比酸雨的 SO_4^{2-} 平均浓度和 NO_3^- 平均浓度,初步推断 NO_3^- 是该区域形成酸雨的主要原因之一。

3.3 森林生态系统对降雨水质的影响特征

降水的化学成分非常复杂,本研究主要监测分析酸沉降化学物质,从表 2 反映出:属污染类水化学物 NO_3^- 、 SO_4^{2-} 、P、Cu、Zn、Pb、Cd 含量均属于国家地面水环境标准类^[5]。Ca 的含量较高,可能原因在于降水中溶解工业排放漂移的颗粒或者海洋漂移的颗粒。由于本区处于海陆交替区及工业排放扩散地带,降水化学物质从本底得到反映。

表 2 大气降水和穿透水的化学成分

$mg L^{-1}$

项目	Al	K	Ca	Mg	Cl ⁻	NO_3^-	SO_4^{2-}	PO_4^{3-}	总 P	Cu	Zn	Pb	Cd
降雨 (P)	0.19	1.39	4.52	0.39	1.45	1.20	8.86	0.06	0.04	0.027 2	0.304 9	0.003 7	0.000 1
穿透水 (T)	0.02	3.96	2.68	0.37	4.33	3.97	11.59	-	0.12	0.018 9	2.397 1	0.007 9	0.000 1
(T-P)/P	-0.89	1.85	-0.41	-0.05	1.99	2.31	0.31	-	2.00	-0.31	6.86	1.14	0.00

注: P—林外雨; T—穿透水; (T-P)/P—淋溶系数。

3.3.1 林冠层对水化学物质的影响 森林生态系统林冠层对降水化学的影响主要体现冠层截获物被降水淋洗和冠层的生物化学吸附与交换机制,即表现为降水对树叶、花果、枝干表面尘埃、大气输入的沉积颗粒等物质的淋洗,树叶对降水中元素的吸收、吸附或与其进行化学交换^[6],导致穿透水的元素含量发生变化。

表 2 反映出, NO_3^- 的淋溶系数为 2.3, 主要在于穿透水淋溶冠层截留的 NO_3^- ; 总 P 的淋溶系数为 2.0, 主要在于淋溶新叶和分生组织中的 P; K 元素的淋溶系数为 1.85, 由于 K 是移动性极强的元素, 在水中极易溶解, 有机结合很少, 极易从林冠中的叶子、枝上溶脱^[6]。Pb、Zn 的淋溶系数分别为 1.14、6.86, 主要由于林冠层拦截了空气中的颗粒 Pb 和颗粒 Zn, 而后被降雨淋洗, 从而导致穿透水中 Pb 浓度增加^[7]; 另外, 也可能与淋失作用有关, 在叶子表面阳离子的淋失包含交换反应, 即角质层的交换点上的阳离子与淋洗液中的氢离子交换。何况酸雨频率高, 其水体氢离子浓度高, 植物枝叶在 pH 值较低的酸雨中使角质层和表皮细胞受伤害几率增高, 因此, 酸雨加大了化学元素淋失的几率也是潜在因素^[8]。表 2 也反映出, Al、Ca、Mg、Cu 的淋溶系数为负值, 说明林冠层对降水中的这些元素具有吸贮效应。

3.3.2 土壤对渗透水化学的影响 土壤颗粒的物理吸附及化学作用效果使渗透水化学物质含量发生变化。实验监测研究以 15、105 cm 深土壤渗透水化学物质含量作为分析衡量杠杆(表 3)。

表 3 混交改造林不同深度的渗透水化学物质含量对照

mg L⁻¹

项目	土壤深度/cm	Al	K	Ca	Mg	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	PO ₄ ³⁻	总 P	Cu	Zn	Pb	Cd
渗透水(S ₁)	15	1.18	3.88	3.67	1.06	17.12	2.23	33.12	0.04	0.18	0.08	7.997	0.018	0.001 3
渗透水(S ₂)	105	1.62	3.85	5.32	0.76	5.88	9.54	19.23	0.26	0.18	0.03	2.803	0.011	0.000 2
S ₂ -S ₁		0.44	-0.03	1.65	-0.30	-11.24	7.31	-13.89	0.22	0.00	-0.05	-5.194	-0.007	-0.001 1

从表 3 结果反映出, 105 cm 土壤深度渗透水相对 15 cm 深的渗透水, Al、Ca、NO₃⁻、PO₄³⁻ 浓度分别增加了 0.44、1.65、7.31、0.22 mg L⁻¹, 而 Mg、Cl⁻、SO₄²⁻、Cu、Zn、Pb、Cd 浓度分别降低了 0.3、11.24、13.89、0.05、5.194、0.007、0.001 1 mg L⁻¹, 这一结果说明, 渗透水中大量元素浓度随土壤深度增加而增加, 这对森林生态系统是有益的; 而随土壤深度增加而减少的元素大多为水质污染元素, 尤其是 Cl⁻、SO₄²⁻、Cu、Zn、Pb、Cd 在深层渗透水中的减少, 则对径流输出至环境的水体质量有显著的效益。从化学物质含量看, 15 cm 深的土壤渗透水 Al、K、Ca、Mg 的总浓度为 9.79 mg L⁻¹, PO₄³⁻、Cl⁻、NO₃⁻、SO₄²⁻ 阴离子的总浓度为 52.51 mg L⁻¹; 而 105 cm 深的渗透水的 Al、K、Ca、Mg 的总浓度为 11.55 mg L⁻¹, Ca 净增加 45%, 而 PO₄³⁻、Cl⁻、NO₃⁻、SO₄²⁻ 阴离子的总浓度为 34.91 mg L⁻¹, 即阴离子浓度减小, 相对 15 cm 深的渗透水减少 33.5%, 其中 Cl⁻ 减少 65%, SO₄²⁻ 减少 41.9%, 反映出混交改造林土壤对向下淋溶的水体的离子储虑效应。更为有益的是 105 cm 深的渗透水中属污染的 Cu、Zn、Pb、Cd 浓度相对 15 cm 深的渗透水分别减少了 62.5%、64.5%、38.9%、84.6%, 反映出森林土壤的化学储虑机制对输出环境的径流水质量有明显的改善作用。

4 小结

(1) 在珠江三角洲城市顺德区的常绿针阔混交次生林生态系统水文循环过程中, 冠层水文效应的初步监测结果分析表明, 当年降雨量 1 628.9 mm 时, 林冠层的截留及再分配效应较为显著, 年平均截留率 11.8%, 尤其是在 5—9 月雨量集中且多发台风暴雨的月份, 城市森林生态系统的这种截留效应及降雨的再分配机制, 大大消减了降雨冲击陆地的能量和土壤侵蚀力, 可有效地防止城市水土流失及并发的水体污染、城市水患, 尤其是在特大暴雨发生时, 森林及其林冠层水文效益更显重要。

(2) 顺德常绿针阔混交次生林林冠层截留量与降雨量存在显著的幂回归关系, 即当降雨量 $P < 110$ mm 时, 截留量 I 与降雨量 P 为 $I = aP^b$, 且在此林分现在的群落结构状况下, 截留量存在一个降雨 110 mm 的缓慢增加极值, 从截留率 dI/dP 即模式 $dI/dP = kP^c$ 获得验证, 这一规律对于目前林冠截留量的测算是适宜有益的。

(3) 顺德大良、龙江区多测点酸雨监测研究揭示出, 临近工业区尤其是烟尘排放区的酸雨频率偏高达 67.8%, 居民区大气降雨的年平均 pH 值为 5.78, 酸雨频率较工业区降低 40.7%, 而在城市森林区酸雨频率仅为 6.5%, 相对工业区降低 61.3%; 森林区大气降雨的 pH 值分别比居民区、工业区增高 8%、18%; 降雨通过次生混交林分、混交改造林分进入林内, 雨水的 pH 值分别提高 0.67、0.35, 径流水较降雨 pH 值提高 0.76; 表明城市的常绿阔叶林群落分布对于区域空间酸雨及进入林内至流出环境的径流水体的酸度均具有极其有效的生态机能, 可有效地缓解、中和酸雨酸性, 对于城市生物及生存环境非常有益。

(4) 对顺德次生混交林及混交改造林生态系统各水文要素水化学的研究, 初步揭示出降水大量元素及属污染元素经冠层后, 林内净降水元素含量均呈净增加的效应, 水体经土壤向下淋溶的过程中, 森林土壤生态效应显著, 对阳离子具有微弱的释放效应, 对阴离子具有较强的储虑保存机制, 尤其对于水体属污染元素 Cu、Zn、Pb、Cd, 经 105 cm 深森林土壤后, 分别减少 62.5%、64.5%、38.9%、84.6%, 反映出森林土壤的化学储虑机制, 对输出环境的径流水质量有明显的改善作用。

参考文献:

- [1] 盛炜彤, 徐孝庆. 森林环境持续发展学术讨论会论文集[M]. 北京: 中国林业出版社, 1994
- [2] 陈步峰, 周光益, 骆土寿, 等. 溪流河水源林流域径流水化学含量及评价[J]. 北京林业大学学报, 1998, 20(4): 111 ~ 117
- [3] 任青山, 王景升, 张博, 等. 藏东南冷杉原始林不同形态水的水质分析[J]. 东北林业大学学报, 2002, 30(2): 52 ~ 30
- [4] 陈步峰, 周光益, 曾庆波, 等. 热带山地雨林生态系统水文化学循环规律的研究[J]. 林业科学研究, 1997, 10(2): 111 ~ 117
- [5] 李意德, 陈步峰, 周光益, 等. 中国海南岛热带及其生物多样性保护研究[M]. 北京: 中国林业出版社, 2002
- [6] 陈步峰, 周光益, 曾庆波, 等. 热带山地次生雨林的水化学特征及其与降雨量关系的研究[C]. 见: 蒋有绪. 中国森林生态系统结构与功能规律研究[A]. 北京: 中国林业出版社, 1996. 348 ~ 354
- [7] 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
- [8] William H S. 大气污染与森林[M]. 汪嘉熙译. 北京: 气象出版社, 1986

Study on the Water Quality of Urban Forest Ecosystem in the Pearl River Delta

CHEN Binfeng¹, CHEN Yong¹, YIN Guang-tian¹, YE Saosheng², OUYANG Wen², LIN Ming-xian¹

(1. Research Institute of Tropical Forestry, CAF, Guangzhou 510520, Guangdong, China;

2. Shunde Agriculture Bureau, Shunde 528300, Guangdong, China)

Abstract: Based on stationary observation and chemical analysis in the subtropical evergreen broad-leaved forest ecosystem at Daling Mountain in Daliang town of Shunde from 2002 to 2003, the hydrochemical cycles in the ecosystem was studied combined with their hydrologic process. The distribution of rainfall was 1 628.9 mm. The amount of rainfall from May to Sep. represented as about 82.4% of total precipitation. The amount of throughfall took 85.01%, the amount of stemflow took 3.17%, and 11.82% of annual rainfall was intercepted by the forest canopy. The average of pH of rainfall was 5.27 and the frequency of acid rain was 67.8% in industrial estate of Daling town. The average of pH of rainfall was respectively 5.84 and 5.72 and the frequency of acid rain was 27.1% in residential area of Daliang town and Longjiang town. The average of pH of rainfall was 6.31 and the frequency of acid rain was 6.5% in forest. By analyzing the water quality and the throughfall, it showed that the content of most ions in throughfall increased, the concentrations of TP, K, Zn, Pb in throughfall were higher than that of those in rainfall by 4 times, 1 times, 2 times, 7 times, 1 times respectively, and the concentrations of Al, Ca, Cu were less than that of those by 89.8%, 40.7%, 30.5% respectively.

Key words: subtropical evergreen broad-leaved forest; throughfall; ecosystem; water quality