

文章编号: 1000-5692(2007)01-0022-06

川南地区森林养分输入量与大气降水的关系

蒋俊明¹, 费世民¹, 魏世军², 朱维双², 王 帅²

(1. 四川省林业科学研究院 四川 成都 610081; 2. 四川省长宁县林业局 四川 长宁 614000)

摘要: 在长期经营过程中, 对川南地区的人工林, 多注重砍伐(养分输出)而忽视养分输入(施肥), 导致了土壤生态系统的养分失衡, 以及土壤的酸化和贫瘠化。大气降水是目前该地区林地生态系统的主要养分来源。对川南地区森林生态系统中水分输入的分析结果表明: pH值随降水量的增加而增大, 小雨呈酸性, 中雨和大雨趋于中性; 氮、磷、钾、镁、硅的质量浓度随降水量的增加而降低, 降水中养分质量浓度的大小排序为: 钙>氮>钾>镁>磷>硅; 川南林区降水中养分的输入量: 氮为 $12.27 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$, 磷为 $0.84 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$, 钾为 $12.27 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$, 钙为 $23.90 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$, 镁为 $2.53 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$, 硅为 $0.33 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 。这些营养元素输入总量为 $52.26 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 。与国内外其他地区相比, 处于中上水平; 降水中硅的年输入量仅占竹材硅输出量的 1.2%~5.5%。表 4 参 16

关键词: 森林生态学; 降水; 养分输入; 川南地区

中图分类号: S718.5 **文献标识码:** A

降水通过森林植被系统后, 其中的化学元素浓度发生了很大的变化^[1], 这种变化构成了系统养分循环的重要部分^[2], 降水便成了森林生态系统化学物质的重要来源之一。我国最早研究降水水化学性质的是鲁如坤和史陶均^[3]。近年来, 随着工业污染的加剧, 酸沉降对森林生态系统的影响加速了植被的养分淋溶^[4], 降水通过植被后的 pH 值变化也引起了人们的高度重视^[5~7]。国内外对降水中的养分输入及通过林冠层的养分变化研究的报道较多^[8,9]。在森林生态系统养分循环及养分平衡的研究中, 我们最为关心的是与林木生长发育密切相关的养分的输入量, 如植物所需的大量元素氮、磷、钾、钙和镁。对于竹子而言, 硅元素极为重要。测定降水中的养分输入量是林木营养循环研究中重要的内容之一, 也是林木科学管理和平衡施肥的必测项目。

1 试验区的基本情况

试验地位于四川省长宁县梅硐镇, $28^{\circ}28'N$, $105^{\circ}00'E$, 属典型的中亚热带湿润性季风气候。由于受地形、海拔的影响, 区内气候、植被垂直变化较明显, 四季较分明, 冬暖少霜, 春季升温快, 夏长少酷暑。年平均气温为 18.3°C , 年极端最高气温 40.7°C , 极端最低气温 -4.2°C 。年均降水量 1104 mm , 集中在 6~9 月, 以 8 月最多, 12 月最少。年日照时数为 1112 h , 年均相对湿度达 83%, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的积温为 6000°C 左右。无霜期长达 358 d, 适宜多种竹类生长(目前栽培的竹种已达 400 多种)。土

收稿日期: 2006-01-13; 修回日期: 2006-06-05

基金项目: “十五”国家科学技术攻关专题(2002BA516A17-08)

作者简介: 蒋俊明, 副研究员, 从事森林生态和土壤水文研究。E-mail: jiang109@163.com

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

壤以山地黄壤和紫色土为主: 南部主要为山地黄壤, 土层深厚, 厚度多大于 80 cm, 质地中壤至重壤, pH 5.5~6.5, 呈微酸性; 森林面积为 3.74 万 hm²。森林覆盖率为 42.5%, 其中竹林面积近 3.0 万 hm²。主要的林分类型有: 苦竹 *Pleioblastus amarus* 林、毛竹 *Phyllostachys pubescens* 林、黄竹 *Bambusa rigida* 林、杉木 *Cunninghamia lanceolata* 林、白栎 *Quercus fabri* 林和(次生)柏木 *Cupressus funnebris* 林等。由于长期对竹林采取粗放式经营, 土壤库中的养分只有输出(采伐和养分流失), 没有投入, 最终使土壤中养分贫瘠化。因酸化和黄化而导致的土地退化现象在长宁竹林经营区特别严重, 而降水中的养分因是土壤-植被生态系统中唯一的养分输入项, 这足以显示出降水养分输入在该地区森林生态系统地力维护中的重要地位。

2 研究方法

2.1 林外降水

按照控制圈法分 4 个集水实验区设置雨水收集点, 将各量点水样混合, 取 500 mL 作为降水水质分析样品。

2.2 水样采集

根据实验区多年降水资料分 3 个雨量级(即<25 mm 为小雨, 25~50 mm 为中雨, >50 mm 为大雨)。每个雨量级范围内取 3 次水样进行养分分析, 计算时取均值。

2.3 水样现场处理

所取水样加 1~2 滴甲醛, 在 48 h 内送至实验室分析。

2.4 养分分析

氮用半微量凯氏定氮法, 磷用钼锑抗比色法, 钾用火焰光度计法, 钙和镁用二钠盐滴定法, 硅用钼蓝比色法测定。

2.5 养分输入量计算

$W = R \times C \div 100$ 。其中: W 为养分输入量, 单位为 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, R 为降水量, 单位 mm, C 为养分质量浓度, 单位为 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。当 R 为该区域多年最小年降水量时, W 为年最小养分输入量, 相反 R 最大时, 为年最大养分输出量。

3 结果与分析

3.1 不同降水量中化学元素质量浓度和 pH 值的变化

受气候和人类活动的影响, 大气中含有作为凝结核、升华核的盐粒子, 吸收大气中所固有的各种各样的化学成分的浮游物质而降落, 因此, 各地区降水中所含化学成分也有所差异。养分质量浓度也与降水的强度、降水历时、降水量和季节有关。从表 1 可知, 不同的降水量级中养分质量浓度明显不同, 且变化规律不一致, 这与各元素的化学结构及离子特性有关。

表 1 降水量与各养分质量浓度的关系

Table 1 Relationship of rainfall and nutrient concentration

雨量级	各养分质量浓度/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)						pH
	氮	磷	钾	钙	镁	硅	
小雨	1.10	0	1.58	1.35	0.35	0.024	6.08
中雨	0.97	0.12	0.53	1.60	0.10	0.026	6.63
大雨	0.83	0.10	0.58	2.75	0.10	0.019	6.83
平均	0.97	0.07	0.90	4.23	0.18	0.023	6.51

由于现代工业中大量使用煤、石油和其他工业废气, 使大气中二氧化硫、二氧化碳及其他酸性物质增高, 且随降水沉降到地表, 严重的造成酸雨, pH 值最低已小于 5。由表 1 可知, 随着降水量的增加, pH 也增大, 小雨呈弱酸性, 中雨和大雨呈中性。导致这种变化的原因为: 在某一地区, 空气中

的酸性物质相对稳定。小雨时, 在同等溶质(酸性物质)数量时, 因溶剂数量少, 溶液中酸性物质必然大, 因此, 降水中的中pH值必然随降水量的增大而增加, 并趋于中性。长宁雨水中的pH和成都市区5个测点^[10]的测试平均值(为5.22)相比, 长宁明显高于成都市区, 说明前者空气中污染物如 SO_4^{2-} 、 NO_3^- 、 Cl^- 和 F^- 离子明显低于成都市, 同时也说明雨水中的pH值大小是评价空气污染状况的一个综合指标。基于同样理由, 氮、磷、钾、镁、硅这5种养分质量浓度总的变化趋势是随降水量的增大而降低, 其中氮的这种变化特征表现更为突出, 钙元素质量浓度随降水量变化表现出相反的规律, 其原因还有待进一步探讨; 从结果可知, 降水中6种养分元素质量浓度的大小排序为: 钙>氮>钾>镁>磷>硅。

3.2 降水中的氮、磷、钾的输入

氮、磷、钾是植物生长发育所必需的大量元素, 土壤中这3种元素的供给量又远低于其需求量, 因此农林生产中施用较大。但要达到合理施肥和平衡施肥, 首先必须明确这些养分输入、输出量及土壤的供应量, 雨水中养分输入量的多少即影响植物的生长发育, 同时也是平衡施肥的基础资料。雨水氮、磷、钾的输入量与其年降水量的多少密切相关。一般而言, 随年降水量的增加而增大(表2)。雨水中氮的最小输入量为 $10.63 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$, 最大输入量为 $14.10 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$, 平均值为 $12.39 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 。资料显示, 世界部分地区降水中的氮为 $2.3 \sim 11.3 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$, 苏门答腊高达 $70.46 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 。我国江西分宜最高达 $70.46 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$, 长宁竹海氮的年输入量接近或高于世界平均水平, 高于尖峰岭、会同和帽儿山, 而低于同为亚热带的哀牢山^[11-17](表3)。氮的输入量以小雨输入量为主, 占年总输入量的44.68%, 大雨和中雨输入量较为接近, 分别占年总输入量的28.22%和27.09%。

表2 川南长宁竹海降水中氮、磷、钾的输入量

Table 2 Annual input quantum of N, P and K in the rainfall of Changning bamboo sea, Sichuan

雨量级	年最小降水量/mm	年最大降水量/mm	氮/ ($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$)		磷/ ($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$)		钾/ ($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$)	
			最小输入量	最大输入量	最小输入量	最大输入量	最小输入量	最大输入量
小雨	431.8	574.0	4.75	6.31	0	0	6.82	9.07
中雨	297.3	395.2	2.88	3.83	0.36	0.47	1.58	2.09
大雨	361.7	480.8	3.00	3.99	0.36	0.48	2.10	2.79
年合计	1 090.8	1 450.0	10.63	14.13	0.72	0.95	10.50	13.95

表3 我国部分地区降水的化学成分

Table 3 Chemistry components of precipitation in some areas of China

气候带	地区	降水中化学成分/ ($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$)					
		氮	磷	钾	钙	镁	硅
热带	海南岛尖峰岭	8.69	3.71	24.12	24.66	14.74	5.52
亚热带	湖南会同	4.90	0.52	9.56	13.92	3.19	0
亚热带	云南哀牢山	14.18	0.12	0.08	1.43	0.18	0
寒温带	黑龙江帽儿山	7.80	1.40	14.30	23.20	2.90	0

降水中磷的输入量在世界各地普遍很少, 平均值大约为: $0.2 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$, 最多的达 $3.0 \sim 19.0 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$, 日本东京为 $0.24 \sim 0.73 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$, 英国为 $0.5 \sim 0.7 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 。我国金华地区为 $0.18 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$, 西双版纳为 $0.32 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$, 尖峰岭为 $3.71 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$, 哀牢山为 $0.12 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$, 会同为 $0.52 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$, 帽儿山为 $1.4 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 。长宁竹海为 $0.84 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$, 高于世界平均值, 与我国金华等6个地区相比, 居于中等水平, 降水中磷的输入以中雨和大雨为主。

钾的输入总量, 国外资料报道的范围为 $0.9 \sim 15.0 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 。我国香港平均为 $9.5 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$, 长宁竹海为 $12.27 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$, 降水最少的年份输入量为 $10.50 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$, 降水最大的年份为 $13.95 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$, 与我国的其他4个地区相比, 远低于尖峰岭, 略低于帽儿山, 而远高于哀牢山。

山, 略高于会同。也是说在3个亚热带地区, 长宁竹海的钾输入量是最多的。在钾的输入量中, 小雨占65%, 大雨占20%, 中雨占15%。

3.3 降水中的钙、镁、硅的输入

在植物的生长发育进程中, 钙、镁、硅的需求量是次于氮、磷、钾的养分元素, 同时钙和镁是评价水质硬度和反映土壤盐基饱和度的重要评价指标, 硅对于禾本科Gramineae植物而言, 有极重要的意义。生产中, 对硅的施用没得到足够的重视。

降水中的钙年输入总量, 英国、马来西亚和我国香港为 $11.0 \sim 11.6 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$, 长宁竹海为 $23.90 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$, 最少降水年份为 $20.54 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$, 最多降水年份为 $27.29 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ (表4)。大雨输入量占总量的48.44%, 小雨为28.44%, 中雨为23.16%; 钙输入量略低于尖峰岭的 $24.66 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$, 与帽儿山 $23.2 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 接近, 但高于会同($13.92 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$)和哀牢山($1.43 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$), 在3个亚热带类型中为最高。

表4 川南长宁竹海降水中钙、镁、硅的输入量

Table 4 Annual input quantum of Ca, Mg and Si in the rainfall of Changning bamboo Sea, sichuan

雨量级	年最小降水量/mm	年最大降水量/mm	钙/ ($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$)		镁/ ($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$)		硅/ ($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$)	
			最小输入量	最大输入量	最小输入量	最大输入量	最小输入量	最大输入量
小雨	431.8	574.0	5.83	7.75	1.51	2.01	0.10	0.14
中雨	297.3	395.2	4.76	6.32	0.30	0.40	0.08	0.10
大雨	361.7	480.8	9.95	13.22	0.36	0.48	0.07	0.09
年合计	1 090.8	1 450.0	20.54	27.29	2.17	2.89	0.25	0.33

镁的输入量在香港、会同、帽儿山均为 $3.0 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 左右, 海南尖峰岭为 $14.74 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$, 而哀牢山仅为 $0.18 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 。长宁竹海的测试结果显示, 该地区平均输入量为 $2.53 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$, 降水最少的年份输入量为 $2.17 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$, 最多降水年份为 $2.89 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$, 其结果与香港、会同、帽儿山接近, 但远低于海南尖峰岭, 而又高于云南的哀牢山。其中以小雨输入为主, 占全年输入量的69.55%, 中雨和大雨分别占13.84%和26.61%。

长宁竹海森林面积为 3.74 万 hm^2 , 森林覆盖率42.5%, 其中竹林面积就达 3.0 万 hm^2 , 占有林地面积的80%, 是名副其实的竹海。硅元素对竹生长发育的影响有别于其他植物。长宁竹海毛竹、苦竹茎干硅的质量分数分别为 $1.75 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, $0.44 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 毛竹、苦竹平均砍伐量为 $15 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$, 可知从该系统中输出的硅, 毛竹林为 $26.25 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$, 苦竹林为 $6.6 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$, 而毛竹林土壤中有效硅为 $72.21 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 苦竹林地为 $54.84 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 以50 cm土层计, 土壤容重均值 $1.24 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$, 则毛竹林地和苦竹林地50 cm土层的有效硅总量分别为 $447.7 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 和 $340.0 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。可见, 砍伐竹材时硅的输出量远低于土壤中有效硅的数量, 说明目前土壤中硅数量能满足毛竹和苦竹的生长。但该计算结果只将竹子的茎干取走, 而其枝叶全部归还, 同时也没计算硅的流失, 因此土壤中硅虽能保证竹子的需要, 但施用硅肥应显得很重要, 其中尤以硅流失严重的土壤(如砖红壤、红壤和黄壤)更为迫切。因为长期从土壤中输出一定数量的硅, 必然导致土壤中Si/Al率降低, 也即相应增加了土壤活性铝数量, 从而加速了土壤的酸化过程。也就是说对于像竹子这类耗硅较多的植物, 土壤补充硅肥的作用是间接的, 主要是防止土壤的酸化和地力衰退。对长宁竹海降水中硅的测试结果表明, 降水中硅的输入量较少, 平均仅为 $0.33 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$, 远小于尖峰岭的 $5.52 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$, 其中仍以小雨的输入量最多, 占42.42%, 中雨和大雨分别占30.30%和27.27%; 降水中的硅输入量分别占毛竹砍伐输出量的1.2%, 占苦竹输出量的5.5%。

4 小结

综上所述, 川南林区降水中养分输入量受降水的数量和强度影响较大, 其变化的主要特点如下: ①降水的pH值随降水量的增加而增大。在小雨时, pH值为6.08, 中雨和大雨时, 降水中的pH

值趋于中性7.0, 明显高于成都市区雨水中的pH值(5.22), 说明地处四川南部的空气中酸沉降物质明显低于成都市区。②川南长宁竹海降水中主要营养元素的平均输入量: 氮为 $12.39 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$, 磷为 $0.84 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$, 钾为 $12.27 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$, 钙为 $23.90 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$, 镁为 $2.53 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$, 硅为 $0.33 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 。与国内外分析结果相比, 这六大营养元素总的输入量居中上水平。③对土壤的有效磷、毛竹和苦竹竹材的测试结果表明, 其土壤的硅能满足竹子的生长发育需要, 降水中输入土壤中的硅仅占竹材输出量的1.2%~5.5%。土壤中有效硅能满足竹子的生长需求, 但因采伐输出了大量的硅, 加速了土壤的酸化过程, 因此对于竹林地施用硅肥, 可防止地力衰退, 其作用是间接的。

参考文献:

- [1] LINDBERG S E, LOVEITT G M, RICHTER D D, *et al.* Atmospheric deposition and canopy interactions of major ions in a forest [J]. *Science*, 1986, **231**: 141—145.
- [2] 魏晓华, 周晓峰, 金永岩. 天然次生林林冠对降水的分配及降水化学的影响[M] //中国林学会森林水文与流域治理专业委员会. 全国森林水文学术讨论会文集. 北京: 测绘出版社, 1989: 53—62.
- [3] 鲁如坤, 史陶均. 金华地区降雨中养分含量的初步研究[J]. *土壤学报*, 1979, **16**(2): 81—84.
- [4] 王文兴, 丁国安. 中国降水酸度和离子浓度的时空分布[J]. *环境科学研究*, 1997, **10**(2): 1—7.
- [5] 马光靖, 杨光淮, 孙翠玲, 等. 中国南方的酸性降水与森林衰亡[C] //中国林学会森林水文与流域治理专业委员会. 全国森林水文学术讨论会文集. 北京: 测绘出版社, 1989: 36—42.
- [6] 刘世海, 余新晓, 于志民. 密云水库集水区人工油松水源保护林降水化学性质研究[J]. *应用生态学报*, 2001, **12**(5): 697—700.
- [7] 田大伦, 杨晚华, 方海波. 第2代杉木幼林中降雨对养分的淋溶作用[J]. *湖北民族学院学报: 自然科学版*, 1999, **17**(1): 1—5.
- [8] 马雪华. 降雨在杉木和马尾松人工林养分循环中的作用[J]. *林业科学研究*, 1988, **1**(2): 123—131.
- [9] 中野秀章. 森林水文学[M]. 李云森, 译. 北京: 中国林业出版社, 1983: 216—221.
- [10] 刘庆, 何海, 沈昭萍. 成都地区慈竹生长状况及其与环境因子关系的初步分析[J]. *四川环境*, 2001, **20**(4): 43—46.
- [11] 周国逸, 闫俊华. 鼎湖山区域大气降水特征和物质元素输入对森林生态系统存在和发育的影响[J]. *生态学报*, 2001, **21**(12): 2002—2012.
- [12] 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.
- [13] 陈步峰, 周光益, 曾庆波, 等. 热带山地雨林生态系统水文学循环规律的研究[J]. *林业科学研究*, 1997, **10**(2): 111—117.
- [14] 卢俊培. 海南岛尖峰岭半落叶季雨林生态效益的研究(I)冠层淋溶[J]. *热带林业科技*, 1986(1): 35—42.
- [15] 潘维伟, 田大伦. 亚热带杉木人工林生态系统中水文学过程和养分动态[C] //中国林学会森林水文与流域治理专业委员会. 全国森林水文学术讨论会文集. 北京: 测绘出版社, 1989: 68—77.
- [16] 中华人民共和国国家标准局. GB 7871—1987 森林土壤水溶性盐分分析[S]. 北京: 中国标准出版社, 1987.
- [17] 中华人民共和国国家标准局. GB 7873—1987 森林土壤矿质全量(二氧化硅、铁、铝、钛、锰、钙、镁、磷)分析方法[S]. 北京: 中国标准出版社, 1987.

Forest nutrient input from rainfall in southern Sichuan

JIANG Jun-ming¹, FEI Shi-min¹, WEI Shi-jun², ZHU Wei-shuang², WANG Shuai²

(1. Sichuan Academy of Forestry, Chengdu 610081, Sichuan, China; 2. Forest Enterprise of Changning County, Changning 614000, Sichuan, China)

(fertilization) has been ignored. This has led to unbalanced nutrient concentrations in soil ecosystems as well as acidic and barren soils. In southern Sichuan, an important tree plantation base in China, rainfall is the main nutrient input source for the forest system. Results of a rainfall input analysis indicated that pH increased with rainfall, was slightly acidic with light rain, and was neutral with medium and heavy rain. Also, N, P, K, Mg and Si decreased with rainfall in the order of: $\text{Ca} > \text{N} > \text{K} > \text{Mg} > \text{P} > \text{Si}$. The $52.26 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ of nutrient input from rainfall in the forests of southern Sichuan was partitioned as: N $12.39 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$, P $0.84 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$, K $12.27 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$, Ca $23.90 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$, Mg $2.53 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$, and Si $0.33 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ with nutrients higher than average. In addition, the annual Si input from rain was 1.2%—5.5% of the Si output of timber. [Ch, 4 tab. 16 ref.]

Key words: forest ecology; rainfall; nutrient input; southern Sichuan

浙江林学院与金华市人民政府签订加强 科技合作共建新农村框架协议

继 2006 年暑期, 浙江林学院与丽水市人民政府签署全面合作协议之后, 启动了新一轮全方位的市校合作。2006 年 10 月 20 日, 院长张齐生院士、党委副书记宣裕方率领科技处以及相关学科专家教授与金华市人民政府签署加强科技合作协议, 共建新农村。

张齐生和金华市市长葛慧君签署了“关于加强科技合作 共建新农村框架协议”。浙江林学院相关单位与金华市的项目实施单位签订了“花卉品种选育开发应用项目”“生物农药喜树碱的开发与应用项目”“新农村建设示范点建设项目”“农民专业合作经济组织建设完善项目”等 10 个首批合作协议。

在签约仪式上, 张齐生强调, 作为浙江省唯一的省属本科农林院校, 多年来, 浙江林学院积极面向经济建设主战场, 围绕自主创新, 充分发挥学科、人才优势, 用科技成果服务社会, 服务“三农”, 服务基层, 为浙江省农民脱贫致富和发展农村经济作出了积极贡献。张齐生指出, 此次市校合作协议的签署, 既是金华市经济社会发展的现实需要, 也是浙江林学院加快发展的重要举措, 标志着双方的合作将会在更广泛更深入的层面上有组织有系统地进行。这既为浙江林学院开展科研活动, 实现科技成果转化提供了广阔的舞台, 也将进一步提高金华市农业自主创新能力和支持保障能力, 促进农业和农村经济持续健康发展。通过科技合作, 加大科技成果转化力度, 把地方的区位、资源和经济优势同高校的人才、科技和成果优势有机结合起来, 开创一个互利双赢的合作局面, 共建社会主义新农村。

葛慧君表示, 金华市与浙江林学院建立科技合作关系, 不仅有效拓展了政府、企业与院校的合作平台, 而且为进一步健全金华市农业科技创新体系, 加快新农村建设步伐创造了难得机遇。她强调, 要突出合作重点, 要构筑好合作平台, 推进社会主义新农村建设。

(赵晟)