

云南中山湿性常绿阔叶林中降雨对养分淋溶的影响*

甘健民 薛敬意 谢寿昌

(中国科学院昆明生态研究所, 昆明 650223)

摘 要 作者在云南哀牢山生态站对中山湿性常绿阔叶林进行了定位研究, 根据1990~1992年所取得的观测资料, 对林外大气降雨, 林内雨及树干茎流的养分浓度, 养分季节变化及养分贡献进行了分析和讨论, 探讨了大气降雨对养分淋溶的影响。

结果表明: N、P、K、Ca、Mg 浓度在林外降雨、林内降雨及树干流中有很大的差异。其养分浓度和养分输入均为雨季>干季, 且养分浓度除林外降雨中 N 浓度外, 均表现树干茎流>林内雨>林外降雨。此外, 对降雨和淋溶作用对林地养分物质输入的贡献也进行了分析和讨论。

关键词 常绿阔叶林 大气降雨 养分 淋溶

1 试验区自然概况及研究方法

研究地位于云南中南部景东县境内的徐家坝地区, 是哀牢山亚热带中山湿性常绿阔叶林国家级自然保护区的中心地带, 北纬 $24^{\circ}32'$, 东经 $101^{\circ}01'$ 。海拔2000~2700m, 属亚热带气候, 年平均气温 11.1°C , 最热8月均温 16.8°C , 最冷1月均温 4.7°C , 极端最低温度为 -7°C 。气候主要由冬季的北风和夏季湿热西南季风控制, 干雨两季交替分明, 5~10月为雨季, 降雨占年降雨量的80%~90%以上, 干季11~4月只占年降雨量的10%~20%。年降雨量在1800~2300mm之间, 年平均相对湿度86%, 6月至翌年1月湿度均在90%以上, 干季为60%~70%。太阳辐射总量 $\geq 87.7\text{kCal}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$ 。

试验样地位于哀牢山生态站附近, 海拔2450m, 坡向为西坡, 坡度 $11^{\circ}\sim 25^{\circ}$ 。森林类型为亚热带中山湿性常绿阔叶林, 结构5层, 即乔木 AB 二层, 灌木 C 层, 草本(高草 D, 低草 E)层。构成乔木 A 层(19—28m)主要由壳斗科的木果石栎(*Lithocarpus rylocarpus*)、景东石栎(*Lithocarpus chintungensis*)、腾冲栲(*Castanopsis wattii*)、樟科的黄心树(*Machilus kurzii*)、绿叶润楠(*Machilus viridis*)、茶科的滇木荷(*Schima noronhae*)、木兰科的红花木莲(*Manglietia insignis*)、八角科的大花八角(*Illicium macranthum*)等组成。乔木 B 层(4~19m)主要由樟科的绿毛桢楠(*Machilus hombycina*)、黄丹木姜(*Litsea elongata*)、茶科的云南桫欏(*Eurya obliquifolia*)、小花山茶(*Camellia lorrestii*)、山矾科的总状山矾

本文于1994-03-15收到, 1995-09-05定稿。

* 本研究得到“国家自然科学基金”资助, 项目编号939001, 同时也得到“云南省自然科学基金”资助。

(*Symplocos botryantha*), 冬青科的川冬青(*Ilex szchwanensis*)、杜鹃花科的薄叶马银花(*Rhododendron leptothrium*), 米饭树(*Vaccinium ducloxi*), 五加科的瑞丽鹅掌柴(*Schefflera shweliensis*), 吴茱萸五加(*Acanthopanax evodiaefolius*)等组成。由此可见乔木各层主要由壳斗科、樟科、茶科、木兰科等四大科组成,但在种类组成上与我国东部常绿阔叶林不同,具有我国西部常绿阔叶林的区系和生态特点(金振洲, 1979)。灌木层(1~4m)主要由禾本科的箭竹(*Sinarundinaria nitida*), 组成显著层片,是该常绿阔叶林重要特色。此外,瑞香科的卡瑞香(*Daphne cannabina*), 小檗科的十大功劳(*Mahonia veitchiorum*), 野牡丹科的光叶偏瓣花(*Plagiopetalum serratum*)等也是该层重要成分。草本层(0.4~1m)主要由瘤足蕨科的滇西瘤足蕨(*Plagiogrria communis*), 鳞毛蕨科的四回毛枝蕨(*Leptorumhora quadripinnata*), 莎草科的细梗苔草(*Carex teinogyna*)为标志构成。低草层0.4m以下,主要由百合科的紫花沿阶草(*Ophiopogon wallichianus*), 伴有酢浆草科的山酢浆草(*Oxalis griffithii*), 蔷薇科的小白酒草(*Conyza canadensis*)等疏生低矮草本组成。总的看, A层由多科属种组成为特点,与西双版纳季节雨林 A层由少数科属种组成不同(吴帮兴, 1985)。林下土壤属山地黄棕壤,成土母质为变质岩,样地面积0.25hm²。

研究方法:在样地内采用网络法分设7个雨量筒,并根据林内、林外气象站观测资料测定林外大气降雨及林内雨,林内雨用算术平均法求得。另在样地内按树干茎级选择滇木荷(*Schima noronhae*), 红花木莲(*Manglietia insignis*)三株,总状山矾(*Symplocos botryantha*), 绿毛桉楠(*Machilus bombycina*)二株,景东石栎(*Lithocarpus chintungensis*), 木果石栎(*Lithocarpus xylocarpus*), 绿叶润楠(*Machilus viridis*)共计10棵标准树,用剖开的聚乙烯管一端固定在1.5m高的树干上,然后沿树干螺旋围绕一周半,并固定。下端接收于塑料容器内以收集树干茎流,按每棵树的林冠投影面积换算成单位面积的树干茎流量。林外也相应进行以上项目的观测,林内小气候每天观测3次。对大气降雨、林内雨及树干茎流每月取样一次,取样时加二滴防腐剂。对其所含各种养分物质的浓度进行化学分析。N——直接蒸馏法, P——钼蓝比色法, K、Ca、Mg 用日立17030型原子吸收分光光度计测定。

2 结果和讨论

2.1 养分浓度

大气降雨通过林冠后,由于植物体内分泌物中有机酸被淋溶而使林内雨及树干流的营养成分浓度发生一定的变化。分析结果表明(表1), 3种养分输入形式中,除 N 浓度外,其余元素养分浓度均有所增加,大小依次是树干流>林内雨>大气降雨。N 的浓度在林外雨中比较大,而在林内雨及树干流中有所减小。林内雨和树干流中的 P 浓度约为林外大气降雨中 P 浓度的3倍, Mg 浓度分别为5倍和15倍, Ca 浓度分别为1.4倍和3.6倍。林外大气降雨、林内雨和树干流中的 K 浓度相差尤为突出,树干流中 K 浓度分别是林外雨和林内雨的180倍和1倍。林内雨 K 浓度也是林外雨的78倍。可以看出,淋溶于林内雨和树干流中的阳离子所占比例较大,而阴离子所占比例较小,阳离子中以 K 离子所占比例为最大,这说明降雨产生的淋溶作用对 K、Ca、Mg 等阳离子的交换要容易些,其养分浓度的变化也较大,而对 N、P 等阴离子的交换较困难,其养分浓度的变化较小。

冯宗炜(1985)等认为,林内雨和树干流中营养元素浓度含量的增加,是来自细胞壁的蒸腾液,而细胞原生质只是选择性地从液体中吸收当时所需要的营养元素,其余的营养物质聚结在细胞壁和角质层内,当降雨时它们被氢离子所交换出来。大气降雨对林冠的淋溶过程,一方面是降雨对植物组织分泌物的淋溶,另一方面又是雨水对未降雨期间林冠沉积物的冲洗。就哀牢山中山湿性常绿阔叶林中大气降雨、林内雨和树干流养分浓度的变化来看,可以这样认为,林内雨和树干流中阳离子浓度的增加,主要是雨水对植物自身分泌物有机酸淋溶的结果,而阴离子浓度的增加主要是雨水对林冠沉积物冲洗的结果。

表1 林外雨、林内雨及树干流养分物质月平均浓度
Table 1 Nutrients concentration in precipitation,throughfall
and stemflow monthly average(mg/l)

养分 Nutrients	N	P	K	Ca	Mg
林外大气降雨 Precipitation	5.257	0.059	0.029	0.466	0.064
林内雨 Throughfall	3.154	0.167	2.358	0.675	0.329
树干茎流 Stemflow	4.456	0.179	5.420	1.713	0.906

由于被淋溶出来的养分是水溶性的,不需要经过复杂的分解过程即可被植物直接吸收。降雨对植物的淋溶和淋洗,加速了养分循环,保障了植物对养分需求的直接供给。降雨后养分浓度的变化,林内雨和树干流营养元素浓度的增加,是植物生长过程中一个重要的养分源,同时,这个养分源还将进一步作用于林下有机质分解,调节土壤 pH 值,改善土壤肥力水平,增加植物根际养分浓度,进而影响生态环境的变化。因此,淋溶在森林生态系统生物物质循环中具有重要的意义。

2.2 养分季节变化

大气降雨量的变化,降雨时间长短及降雨强度,前期无雨期的长短等都影响降雨对植物林冠的淋溶程度。李凌浩(1994)认为,大气降水和林内雨水中养分含量的季节变化与养分浓度的变化相反,雨量多的月份,雨水和冠层穿透雨的养分浓度低,而养分总输入量高,雨水少的月份,养分浓度虽高,总养分量却较低。哀牢山常绿阔叶林则与此不同(表2)。养分季节变化的分析结果表明,林外大气降雨、林内雨和树干流水质养分浓度及养分贡献随季节的变化趋势是:雨季>干季。林外大气降雨中 N、K、Ca、Mg 的浓度是雨季>干季,只有 P 是干季>雨季。林内雨中五种养分浓度均是雨季>干季。树干茎流中则 N、Ca 浓度干季>雨季,而 P、K、Mg 浓度则雨季>干季。3种输入形式中的养分浓度,除大气降雨中的 N 浓度外,无论干季还是雨季均是树干流>林内雨>林外降雨。

2.3 养分贡献

林外降雨、林内雨和树干流的养分贡献与单位面积上林外雨、林内雨及树干流的总量及相应的营养成分的平均浓度有关。表3表明了林外降雨、林内雨及树干茎流的养分贡献输入。由此可以看出:(1)林外降雨养分输入大小依次是 N>Ca>P>Mg>K。它们分别占总养分输入量的69.85%、45.35%、22.49%、19.08%、1.33%。林外雨中养分输入以 N 元

素为主,其次是Ca元素。(2)林内雨是最主要的养分输入形式,其养分输入量大小依次是:N>K>Ca>Mg>P。它们分别占总养分输入量的30.04%、98.19%、54.38%、80.40%、77.33%。显然K元素养分输入主要来源于林内雨,其次是Mg和P元素。(3)树干流养分输入大小依次是:K>N>Ca>Mg>P。各元素占总养分输入量的比例是最小的,均小于1%,分别为0.48%、0.11%、0.27%、0.52%、0.18%。(4)淋溶量除N外,其余营养元素均为正值,大小依次是:K>Mg>Ca>P。分别占养分总输入量的97.34%、61.84%、9.30%和55.03%。

表2 养分季节变化(1. 养分浓度 mg/l;2 养分贡献 kg/hm²)
Table 2 The seasonal change of nutrients (1. Nutrient concentration, mg/l;2. Nutrient contrioution, kg/hm²)

季节 Season		N		P		K		Ca		Mg	
		雨季 Rainy	干季 Dry	雨季 Rainy	干季 Dry	雨季 Rainy	干季 Dry	雨季 Rainy	干季 Dry	雨季 Rainy	干季 Dry
林外大气降雨 Precipitation	1	6.608	3.905	0.052	0.065	0.038	0.020	0.732	0.200	0.087	0.040
	2	12.842	1.338	0.100	0.023	0.073	0.007	1.423	0.063	0.169	0.014
林内雨 Throughfall	1	3.304	3.304	0.248	0.086	3.465	1.250	1.062	0.287	0.444	0.213
	2	5.339	0.761	0.401	0.022	5.599	0.316	1.716	0.073	0.717	0.054
树干流 Stemflow	1	4.205	4.706	0.234	0.123	5.572	5.267	1.663	1.762	1.044	0.768
	2	0.020	0.002	0.001	0.0001	0.026	0.003	0.008	0.0007	0.005	0.0003

表3 养分贡献输入表
Table 3 Contribution and input of nutrients (kg·hm⁻²·a⁻¹)

养分 Nutrients	N	P	K	Ca	Mg
林外大气降雨 Precipitation	14.179 (69.85%)	0.123 (22.49%)	0.080 (1.33%)	1.492 (45.35%)	1.183 (19.08%)
林内雨 Throughfall	6.099 (30.04%)	0.423 (77.33%)	5.915 (98.19%)	1.789 (54.38%)	0.771 (80.40%)
树干茎流 Stemflow	0.022 (0.11%)	0.001 (0.18%)	0.029 (0.48%)	0.009 (0.27%)	0.005 (0.52%)
淋溶量 Leaching		0.301 (55.03%)	5.864 (97.34%)	0.306 (9.30%)	0.593 (61.84%)
养分输入总量 Nutrients input	20.300 (100%)	0.547 (100%)	6.024 (100%)	3.290 (100%)	0.959 (100%)

从雨季每月大气降雨量与每月养分淋溶量分析统计来看,月大气降雨量与P、K、Ca、Mg的月淋溶量呈线性的增长趋势,且均为极显著的相关关系,相关系数R分别为:0.9993**,0.9996**,0.9898**,0.9992**。N没有淋溶输入,这可能是由于哀牢山地处内陆地区,施用化肥及农家肥技术粗放,加之当地农民烧柴及该地区雷雨天气较多,使空气中有大量N的存在而增加了大气降雨中N含量等的缘故。

按林外降雨,林内雨和树干流对养分总量输入的贡献大小来排序:

N:林外降雨>林内雨>树干茎流

P:林内雨>林外降雨>树干茎流
K:林内雨>林外降雨>树干茎流
Ca:林内雨>林外降雨>树干茎流
Mg:林内雨>林外降雨>树干茎流

显然从对林地养分输入贡献来看,除 N 元素外,林内雨最大,其次是林外雨,而树干茎流最小。

3 结论

对于哀牢山亚热带中山湿性常绿阔叶林这样一个复杂的群落而言,仅用7个雨量筒和10棵标准树测定林内雨及树干茎流显得太少,需要在进一步的定位研究中增加数量,此项工作目前还在继续深入研究之中。

以上分析结果表明,大气降雨因植物群落的存在而分布不均匀,大气降雨对植物群落淋溶导致了养分浓度及养分输入量的增加。通过本项研究可以得出以下结论。

(1)在云南哀牢山中山湿性常绿阔叶林生态系统中,大气降雨及雨水对植物表面的自身淋溶淋洗是森林生态系统中养分输入的一个重要养分源。

(2)大气降雨、林内雨及树干茎流中 N、P、K、Ca、Mg 养分浓度及养分输入量变化均是:雨季>干季。

(3)进入林地的五种营养成分,养分浓度除 N 元素外,其余均是树干茎流>林内雨>林外大气降雨。

(4)三种养分输入形式中,除大气降雨中的 N 元素外,其余元素 P、K、Ca、Mg 的年养分输入量均是:林内雨>林外降雨>树干流。

(5)大气降雨、林内雨、树干流及淋溶量养分输入量大小依次排序为,大气降雨:N>Ca>Mg>P>K;林内雨:N>K>Ca>Mg>P;树干茎流:K>N>Ca>Mg>P;淋溶量:K>Mg>Ca>P。

参 考 文 献

中野季章,1976:森林水文学,中国林业出版社,46~97。
中国科学院昆明分院生态室,1983:云南哀牢山森林生态系统研究,云南科技出版社。
李凌浩、林鹏等,1994:森林降水化学研究综述。水土保持学报,8(1) 84~95。
马雪华,1989:在杉木林和马尾松林中雨水的养分淋溶作用,生态学报,9 (1)15~20。
冯宗炜等,1985:亚热带杉木纯林生长生态系统中营养元素的积累、分配和循环的研究,植物生态学与地植物学丛刊,9 (4):246~256。
唐常源、王翌,1992:湿地松人工林中降雨对养分离物质的淋溶影响,植物生态学与地植物学学报,16(4)379~383。
金振洲,1979:云南常绿阔叶林的类型及特点。云南植物研究,1(1) 90~103。
吴帮兴,1985:西双版纳热带雨林植物区系组成初步分析,云南植物研究,7(1) 25~47。
K. A. 阿姆森,1984:森林土壤:性质和作用,科学出版社,156~186。

EFFECTS OF RAINFALL ON NUTRIENT LEACHING OF MIDDLE-MOUNTAIN MOIST EVERGREEN BROADLEAVED FOREST IN YUNNAN PROVINCE

Gan Jian-min, Xue Jin-yi Xie Shou-chang

(*Kunming Institute of Ecology, The Chinese Academy of Sciences, Kunming 650223*)

Abstract

The effects of rainfall on the nutrient leaching and the seasonal variations of nutrients in rainfall, throughfall and stemflow in the moist evergreen broadleaved forest at the Ailao Mountain in Yunnan Province were analyzed and discussed based on the data collected during 1990~1992. The results show that the concentrations of N, P, K, Ca and Mg were different among rainfall, throughfall and stemflow. The concentration and input of nutrients were higher in the rainy than in the dry season. The concentration of nutrients in stemflow was higher than that in throughfall which in turn was higher than in rainfall. The contributions to the nutrient input of the stands of the rainfall and the leaching from the trees were also discussed.

Key words Evergreen broadleaved forest, Rainfall, Nutrients, Leaching