

云南哀牢山常绿阔叶林土壤渗漏水养分研究*

甘健民 薛敬意 谢寿昌

(中国科学院昆明生态研究所, 昆明 650223)

提 要 在云南哀牢山生态站对中山湿性常绿阔叶林进行定位研究, 根据 1991~1993 年的观测资料, 对土层 10, 25, 45, 65 cm 土壤渗漏水养分浓度、养分迁移及养分滞留的变化进行了分析和讨论。

关键词 中山湿性常绿阔叶林 土壤渗漏水养分变化 云南哀牢山

在森林土壤生态系统中, 生物小循环导致大量矿质营养元素以有机物的形式累积, 构成植物群落的养分库。在土壤中养分离子部分为土壤胶体吸附, 部分则随水分运动而发生迁移。在干旱条件下, 由于难以形成渗漏水流而滞留在一定深度的土壤中; 在湿润条件下, 因下渗水流的作用, 养分离子产生淋溶而随渗漏水淋失。林分通过其树冠降雨淋溶及其凋落物的分解而影响土壤渗漏水中的养分离子浓度。林分不同可使土壤渗漏水的化学成分产生差异, 因此, 渗漏水性状是反映林分对土壤作用的一个环节。目前在我国森林生态系统结构和功能的研究中, 只有少数人做过这方面的工作^[1~3]。本文分析亚热带高海拔、低纬度山地黄棕壤地带常绿阔叶林下土壤渗漏水养分状况及其迁移、滞留的变化特点。

1 自然概况和研究方法

1.1 自然概况

研究地点位于云南哀牢山北段的徐家坝, 属云南景东县境内, 是哀牢山国家级自然保护区中心地带(N24 32', E101 01'), 海拔 2 450 m。年平均湿度 86%, 旱季 11 月至次年 4 月降雨占年降雨量的 10%~20%, 雨季 5~10 月降雨占年降雨量的 80%~90%。湿性常绿阔叶林是本区主要的森林类型, 一般可分 3 层: 乔木层(高 20~25 m)主要由木果石砾(*Lithocarpus xylocarpus*)、绿叶润楠(*Machilus viridis*)、腾冲栲(*Castanopsis Wattii*)、红花木莲(*Manglietia insignis*)、滇木荷(*Schimanoronbae*)、景东石砾(*L. chintungensis*)、舟柄茶(*Hartia sinensis*)、长尾青冈(*Cyclobalanopsis stewardiana* var. *longicaudata*)、小花山茶(*Camellia Forrestii*)等组成, 郁闭度 0.9; 灌木层(高 1~5 m)以箭竹(*Sinarundinaria nitida*)为主, 其它还有卡瑞香(*Daphne cannabina*)、丛花山矾(*Symplocos poilanei*)、十大功劳(*Mahonia veitchiorum*)、光叶偏瓣花(*Plagiopetalum serratum*)等, 层盖度 70%; 以蕨类为主的草本层(高小于 0.5 m)中, 主要有滇西瘤足蕨(*Plagiogyria communis*)、四回毛枝蕨(*Leporumbore quadripinnata*)、细梗苔草(*Carex teinogyne*)、紫花沿阶草(*Ophiopogon wallichianus*)、山酢浆草(*Oxalis Griffithii*)等, 层盖度约 30%, 地表枯枝落叶层厚 4~7 cm^[4]。

山地黄棕壤发育在中山湿性常绿阔叶林下, 分布在海拔 1 900~2 600 m 之间, 是该区

* 国家自然科学基金重大项目基金资助, 编号 9390011, 云南省自然科学基金资助。

域的主要土壤类型, 主要由古生代的板岩、微晶片岩、绿泥石片岩、石英片岩、石英岩等成土母质发育而成, 在温凉、冷湿环境条件下, 淋溶过程是该土壤发育的主要过程。剖面土层一般较为深厚, 土壤有机质含量较高, 并向下呈舌状淋溶^[4], 其土壤理化性质如表 1 所示。

表 1 土壤的理化性质

Table 1 The physical and chemical properties of the soil

土 层	深度 (cm)	环样刀深度 (cm)	有机质 (%)	全氮 (%)	有效钾 $\frac{mg}{100g \text{ 土}}$	有效磷 $\frac{mg}{100g \text{ 土}}$	孔隙度 (%)	比重 $(\frac{g}{cm^3})$	容重 $(\frac{g}{cm^3})$	最大持水量		土壤颗粒组成(mm)				土壤质地
										占容重 (%)	占重量 (%)	1	0.05	0.01	< 0.001	
A ₀	3~12	5~10	13.66	0.615	17.8	4.40	76.0	2.20	0.528	71.4	135.3	48.7	17.7	16.7	16.9	中壤土
A ₁	12~33	20~25	8.67	0.33	5.92	2.425	73.7	2.27	0.597	68.7	114.8	41.6	2.2	20.4	16.0	中壤土
A ₂	33~55	40~45	4.07	0.166	4.53	3.00	71.9	2.38	0.670	65.5	97.8	35.4	19.5	22.6	23.5	中壤土
AB	55~70	60~65	2.44	0.054	3.97	2.475	69.7	2.53	0.767	58.8	76.2	31.4	6.4	33.6	28.5	中壤土

1.2 研究方法

1991~1993 年期间, 在哀牢山徐家坝 100 m × 100 m 的样地内用 40 cm × 40 cm × 5 cm PVC 塑料集水盘分别水平插入土壤中 10、25、45 和 65 cm 土层深处各 2 个, 塑料管顺坡引出渗漏水于塑料容器内, 收集各土层渗漏水, 加防腐剂 2 滴, 带回室内做养分含量分析。土层渗水量每日与林内、林外气象同时观测 3 次。

土壤理化性质分析按中国科学院南京土壤研究所土壤理化分析 (1978)^[5]一书的方法进行, 土壤渗漏水养分测定: 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 结果与分析

2.1 土层渗漏水中养分浓度分布特点

土壤渗漏水中的养分离子在随土壤渗漏水运动的过程中, 土壤胶体会对其养分离子的产生吸附作用, 从而影响渗漏水中的养分离子的浓度, 使不同土层深度的养分离子的浓度分布不均, 产生差异。

表 2 不同土层渗漏水中的养分浓度

(mg/L)

Table 2 Concentrations of nutrients of percolating water in different soil layers

养 分	N			P			K			Ca			Mg		
	干季	雨季	平均												
10 cm	6.308	2.403	4.356	0.001	0.060	0.031	1.35	3.33	2.341	1.875	1.939	1.907	0.466	2.059	1.263
25 cm	3.905	2.703	3.304	0.026	0.011	0.019	0.25	0.017	0.134	0.245	0.982	0.614	0.37	0.772	0.371
45 cm	3.905	1.202	2.554	0.037	0.001	0.019	0.100	0.100	0.100	0.845	1.133	0.989	0.435	0.60	0.518
65 cm	5.707	2.103	3.905	0.043	0.060	0.052	3.67	0.185	1.928	0.631	1.083	0.859	1.325	0.529	0.927
0~65 cm 平均	4.956	2.103	3.529	0.027	0.033	0.030	1.343	0.908	1.125	0.899	1.284	1.092	0.649	0.990	0.820

从表 2 中可以看出, N、P、K、Ca、Mg 5 种养分在 10、25、45 和 65 cm 土层深处渗漏水中的浓度是不相同的。旱季和雨季渗漏水中 5 种养分浓度均出现 10 cm 和 65 cm 大于 25 cm 和 45 cm 的趋势, 就旱季和雨季各土层养分浓度比较而言, 不同土层渗漏水中的养分浓度也不相同。视其旱季、雨季和全年各土层养分浓度平均值, N 和 K 养分浓度是旱季 > 全年 > 雨季; 而 P 和 Ca、Mg 则出现雨季 > 全年 > 旱季的趋势。5 种养分 0~65 cm 土层渗漏水平

均浓度大小依次是, 旱季: $N > Ca > Mg > K > P$; 雨季: $N > Ca > Mg > K > P$; 全年: $N > K > Ca > Mg > P$ 。而从各土层渗漏水旱、雨两季的全年平均浓度大小来看, 则 10 cm 土层渗漏水: $N > K > Ca > Mg > P$; 25 cm 土层渗漏水: $N > Ca > Mg > K > P$; 45 cm 土层渗漏水: $N > Ca > Mg > K > P$; 65 cm 土层渗漏水: $N > K > Mg > Ca > P$ 。可以看出, 无论旱季、雨季, 还是全年养分浓度平均, 同一土层渗漏水中的养分浓度 N 和 P , 其变化比较稳定, 而 K 则变化较大。

在森林生态系统的大气降雨过程中, 土壤渗漏水中的养分一方面是来自大气降水及对林冠的淋溶; 另一方面则来自于枯枝落叶腐解后的养分淋溶、淋洗补充。邓纯章(1993)的研究指出^[6], 哀牢山常绿阔叶林凋落物一年有两次高峰, 第一次是在旱季末的 5 月中旬至 6 月上旬; 第二次在雨季末的 10 月下旬至 11 月中旬。很显然, 第一次凋落物高峰对雨季渗漏水中养分浓度产生影响, 而第二次凋落物高峰则对旱季渗漏水养分产生影响。因此, 旱、雨两季土壤渗漏水中养分浓度的变化主要是哀牢山常绿阔叶林凋落物变化引起的结果。

对于不同土层深度渗漏水的养分变化, 由于同在常绿阔叶林林分下, 林分对不同土层渗漏水在化学组成上和其对土壤养分状况的影响是一致的, 因此, 不同土层渗漏水养分浓度的变化只能归结于不同土层土壤理化性质的差异。K. A. 阿姆森(1984)认为^[7], 土壤胶体的表面主要是由有机的交换基和无机的交换基构成, 前者主要是腐殖酸; 后者主要是粘土矿物, 它们在土壤中互相结合着, 形成复杂的有机胶质复合物。由表 1 可见, 同一土壤剖面中, 各土层的有机质含量差异较悬殊, 从 13.66%~2.44%, 由上而下递减, 而有机质在不断的腐殖质化过程中形成的腐殖酸能络合吸附多种元素。可见, 有机质对渗漏水中养分的影响就反映在腐殖质能络合吸附多种养分元素。在哀牢山常绿阔叶林下山地黄棕壤不同土层中, 有机质含量的差异是使不同土层渗漏水养分浓度发生变化的一个重要原因。

2.2 土层渗漏水养分的迁移

林地土壤渗漏水下渗的同时, 必然携带养分物质向下迁移, 迁移到各土层的养分量见表 3。可以看出, 哀牢山常绿阔叶林土壤渗漏水中的 5 种养分迁移量随土壤深度向下逐步减小, 这反映出随土层深度土壤胶体对渗漏水中的养分吸附逐步增加, 而土壤渗漏水对养分的搬运迁移作用减弱。

表 3 不同土层渗漏水中养分渗漏迁移量

[kg/(hm² a)]

Table 3 Nutrient percolating migrating amount of percolating water in different soil layers

土层渗漏水养分	N	P	K	Ca	Mg
10 cm 迁移量	1.43	0.024	1.41	0.91	0.84
25 cm 迁移量	1.39	0.006	0.03	0.41	0.34
45 cm 迁移量	0.85	0.005	0.05	0.48	0.25
65 cm 迁移量	0.54	0.011	0.03	0.19	0.13
0~60 cm 迁移总量	3.67	0.035	1.49	1.80	1.43
60 cm 以下淋失量	0.54	0.011	0.03	0.19	0.13

视其各土层 5 种养分渗漏迁移量大小, 除 10 cm 深处渗漏水养分迁移量 $N > K > Ca > Mg > P$ 外, 其余 25、45 和 65 cm 三层渗漏水养分迁移量及 0~65 cm 土层养分迁移总量均是: $N > Ca > Mg > K > P$ 。K 的迁移量变化是比较大的, 这与 K 的养分浓度变化较大有关, 说明土壤胶体对渗漏水中的 K 吸附更强烈一些。5 种养分迁移量相比较, N 、 Ca 、 Mg 三种养分易随水迁移, 而 K 和 P 则易被固定。

考虑到根系的分布及摄取养分的范围主要是在土壤上层即 60 cm 以上, 本项研究以 60 cm 深度作为渗漏水养分淋失的界限, 超过此界限往下渗漏的迁移量即视为养分淋失。按此原则, 哀牢山 65 cm 土层渗漏水迁移量即为养分淋失量。因此, 哀牢山森林生态系统中, 0~ 60 cm 土层渗漏水养分迁移总量, N、P、K、Ca、Mg 分别是: 3. 67, 0. 035, 1. 49, 1. 80, 1. 43 kg/(hm² a); 而 60 cm 以下渗漏水养分淋失量则分别是: 0. 54, 0. 011, 0. 03, 0. 19, 0. 13 kg/(hm² a), 即为 65 cm 土层渗漏水养分迁移量。

2.3 土层渗漏水中养分的滞留

渗漏水中所携带的养分并非全部随渗漏水下渗而发生迁移, 经过一定厚度的土壤过滤, 部分养分被土壤胶体吸附后而减小, 养分浓度发生变化, 养分被滞留在土壤中(表 4)。

表 4 不同土层渗漏水中养分滞留量 kg/(hm² a)

Table 4 Nutrient remained amounts of percolating water in different soil layers

养 分 滞 留 量	N			P			K			Ca			Mg		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
	(%) (%) (%)			(%) (%) (%)			(%) (%) (%)			(%) (%) (%)			(%) (%) (%)		
10~ 25 cm 土层渗漏水	0.04	2.8	4.5	0.018	75.0		1.38	97.9	98.6	0.50	55.0	63.3	0.50	59.5	70.4
25~ 45 cm 土层渗漏水	0.54	38.9	60.7	0.001	16.7		- 0.02	66.7	100.0	- 0.07	17.1	100.0	0.09	26.5	12.7
45~ 65 cm 土层渗漏水	0.31	36.5	34.8	- 0.006	120.0		0.02	40.0	1.4	0.29	60.4	36.7			
0~ 65 cm 土层总滞留量	0.89		100.0	0.019			1.40		100	0.79		100.0			
~ 25 cm 土层总淋溶量				- 0.006			- 0.02		- 100.0	- 0.07		- 100.0			

A 土层养分滞留量; B 土层养分滞留率; C 土层养分总滞留率

$$\text{土层养分滞留量(A)} = \text{上层养分迁移量} - \text{下层养分迁移量}$$

$$\text{土层养分滞留率(B)} = \left(1 - \frac{\text{下层养分迁移量}}{\text{上层养分迁移量}}\right) 100\%$$

$$\text{土层养分总滞留率(C)} = \frac{\text{土层养分滞留量}}{\text{0~ 65 cm 养分总滞留量}} 100\%$$

土层养分滞留量(A)为正, 说明土壤胶体对渗漏水养分产生吸附作用; 土层养分滞留量(A)为负, 则说明渗漏过程中, 渗漏水对土壤养分产生淋溶作用。可以看出:

(1) 渗漏水各土层养分滞留量是不相同的。10~ 25 cm 土层养分滞留量, K> Ca= Mg> N> P; 25~ 45 cm 土层, N> Mg> P; 45~ 65 cm 土层, N> Ca> Mg> K。

(2) 渗漏水在下渗过程中, 土壤胶体对渗漏水养分产生吸附的同时, 渗漏水也对土壤胶体养分产生淋溶。25~ 45 cm 土层中的 K 和 Ca, 45~ 65 cm 土层中的 P 均产生了土壤养分淋溶。

(3) 上层养分滞留率(B)大小分别是: 10~ 25 cm 土层, K> P> Mg> Ca> N; 25~ 45 cm 土层, N> Mg> P; 45~ 65 cm 土层, Ca> Mg> K> N。

(4) 土层养分滞留量, N、P、K、Ca、Mg 随土层深度出现由上而下逐步减少的趋势。

(5) 从 10~ 65 cm 土层养分滞留的分布范围来看, P、K、Ca、Mg 养分主要滞留在 10~ 25 cm 土层中, 它们的土层养分总滞留率(C)最高, 分别是 94. 7%、98. 6%、63. 3% 和 70. 4%, 而 N 养分则主要滞留在 25~ 45 cm 土层中, 土层养分总滞留率为 60. 7%, 其次有

34.8% 滞留在 45~ 65 cm 土层中。滞留在土壤中的渗漏水养分将作为养分贮备供森林根系吸收。

3 结 论

土壤渗漏水中所携带的养分数量, 是森林生态系统养分循环的重要参数之一。高志勤 (1994) 认为森林土壤渗漏水中各种养分离子的浓度及其迁移规律, 既受林分及其凋落物的影响, 又受土壤化学组成吸收性能及物理性状的制约, 因此, 渗漏水中各种离子的浓度及迁移、留存、淋失等状况, 与枯枝落叶层相应元素全量或可淋洗出量之间, 不一定能表现出显著的相关性。但在哀牢山常绿阔叶林土壤渗漏水中, 凋落物的季节变化, 土壤有机质含量的差异, 使得在相同林分下不同土层渗漏水中的养分浓度、养分迁移量及滞留量均产生变化。

渗漏水中的养分迁移及养分滞留, 在森林生态系统养分循环过程中具有重要意义。通过土壤渗漏水的垂直及土层内的横向运动, 将携带的养分全面、均衡地供植物根系吸收; 而土壤对渗漏水养分的滞留, 可使渗漏水中的养分保持及贮在土壤中, 供森林生长发育所需。

参 考 文 献

- 1 张万儒. 我国森林土壤研究进展. 森林与土壤论文集. 北京: 中国科学技术出版社, 1992. 1~ 7.
- 2 程伯容, 张金. 长白山北坡针叶林下土壤淋洗液及土壤性质的初步研究. 土壤学报, 1991, 28(4): 372~ 381.
- 3 高志勤, 罗汝英. 宁镇丘陵区森林土壤渗滤水的性状. 南京林业大学学报, 1994, 28(2): 7~ 12.
- 4 中国科学院昆明分院生态室. 云南哀牢山森林生态系统研究. 昆明: 云南科技出版社, 1983. 9~ 58.
- 5 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析. 上海: 上海科学技术出版社, 1978. 378~ 411.
- 6 邓纯章, 侯建萍, 李寿昌, 等. 哀牢山北段主要森林类型凋落物的研究. 植物生态与地植物学报, 1993, 17(4): 364~ 370.
- 7 阿姆森 K. A. 著. 林伯群, 周重光译. 森林土壤、性质和作用. 北京: 科学出版社, 1984. 139~ 168.
- 8 中野季章. 森林水文学. 北京: 中国林业出版社, 1976. 42~ 162.

RESEARCH ON NUTRIENT OF SOIL PERCOLATING WATER IN THE EVERGREEN BROAD-LEAVED FOREST OF THE AILAO MOUNTAINS

Gan Jianmin Xue Jingyi Xie Shouchang

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

ABSTRACT

The concentration, migration and stagnation of nutrient in soil percolating water in 10 cm, 25 cm, 45 cm and 65 cm soil layers in the evergreen broad-leaved forest of the Ailao Mountains in Yunnan Province were analysed and observed on the basis of the data collected during 1991–1993. The results are useful for recognizing the nutrient change law of soil percolating water in southwest monsoon area, subtropical montane forests management, rational exploitation and protection of soil source, and enhancement of productivity.

Key Words: Evergreen broad-leaved forest; Nutrient change of soil percolating water; Ailao Mountains

(收稿日期: 96-06-06; 改回日期: 96-10-24)