

三大硬阔林营养元素的生物循环*

罗 辑

(中国科学院、水利部成都山地灾害与环境研究所 成都 610041)

提 要 张广才岭 47 年生三大硬阔林 9 种营养元素的总积累量(kg/ha)是 2 236.723,其中乔木层 1 944.930,灌木层 195.630,草本层 96.163. 9 种营养元素的吸收量、归还量和存留量分别为 363.770, 226.372, 137.398[kg/(ha·a)]. 9 种营养元素的循环速率 0.622,利用系数 0.163,周转期 9.9a. 较高的循环速率和较短的周转期反映了,三大硬阔林物质循环较快,植物群落处于生长盛期,林分正值速生期.

关键词 三大硬阔林 营养元素 生物循环 循环速率

实验地选于黑龙江省牡丹江市柴河林业局大青经营林场. 位置 45°20′—45°27′N, 129°20′—129°32′E,地处张广才岭东北部,海拔 400—650m. 当地属温带大陆性季风气候,受海洋气团和西伯利亚寒潮双重影响:冬季严寒干燥漫长,西北风盛行,春季少雨多风,夏季温暖多雨、降水集中,秋季降温快,霜早. 实验地年均温 2.4℃,极端最高温 33.3℃(出现在 7 月),极端最低温 -37.4℃(出现在 1 月),年降水量 538mm,集中在 6—8 月,林分年蒸发量 325mm,年平均相对湿度 80%,≥10℃积温 1760℃,无霜期 125d.

三大硬阔林主要由第三纪的孑遗种类组成,还伴生有其他一些阔叶树. 建群种为胡桃楸 *Juglans mandshurica*、黄菠萝 *Phellodendron amurense* 和水曲柳 *Frazinus mandshurica*. 灌木层优势种为暴马丁香 *Syringa amurensis*. 草本层优势种在不同林地有一定变化,常见为三棱草 *Bolboschoenus marinus* 等.

1 研 究 方 法

1.1 三大硬阔林生物量和净初级生产力的测定

按五个林木生长级的平均测树因子,各选择标准木 2 株伐倒,以分层截割法将样本分成枝、叶、干、皮和根五个组分,用相对生长法加以确定. 灌木和草本采用收获法测定生物量.

生长量采用当年与上年生物量的差值确定. 净初级生产力按木村允在 1976 年提出的公式计算^[1]. 以上工作是在 0.25ha 固定破坏性样地上进行的.

1.2 凋落物产量的测定

在样地中设置 10 个 1m×1m 的木框架尼龙纱漏斗式收集器,逐月收集,以烘干重累计.

* 黑龙江省森林工业总局下达的《次生林区经营对策及其综合治理试验示范模式的研究》课题的部分研究成果.

本文收稿日期:1993-06-15,改回日期:1994-12-30.

1.3 降水量的测定

在样地中设 20 个标准雨量筒,以收集穿透林冠水,树干茎流水从三种林木不同茎级的 15 株平均木上截获.

1.4 元素的测定

N 元素采用靛酚蓝比色法测定,P 元素采用钼蓝比色法测定,其他元素采用原子吸收法测定.

固定标准地面积为 20m×20m.
以上工作主要是在 1992 年进行的.

2 结 果

2.1 林分干物质的分布

2.1.1 林分生物量的分布

乔木层生物量为 101.688t/ha,其中胡桃楸占 47%,黄菠萝占 23%,水曲柳占 19%,伴生树占 11%. 各林木的单株生物量(t/株)大小顺序依次为:水曲柳(0.240)>胡桃楸(0.218)>其他阔叶树(0.160)>黄菠萝(0.156);该林分为同龄林,由此乔木层各林木的生长状况可见一斑. 乔木层生物量在各器官中的分布也有差异,大小顺序依次为:干材>根>枝>干皮>叶>新生枝,其中干材生物量只占全部生物量的 49%(表 1),远远低于同地带白桦 *Betula platyphylla* 林、红松 *Pinus koraiensis* 林等的干材生物量,这是三大硬阔林材积生长较慢的一个重要因素.

表 1 乔木层生物量(t/ha)
Table 1 Biomass of tree layer (t/ha)

树 种	干 材	干 皮	枝	新生枝	叶	根	合 计	百分比(%)
胡桃楸	24.321	3.382	4.856	0.164	1.537	13.643	47.903	47.10
黄菠萝	10.658	2.014	3.014	0.082	0.831	6.746	23.435	23.05
水曲柳	8.746	1.733	2.144	0.076	0.796	5.673	19.168	18.85
其他阔叶树	5.842	0.912	1.623	0.051	0.213	2.541	11.182	11.00
合 计	49.567	8.041	11.727	0.373	3.377	28.603	101.688	100.00
百分比(%)	48.74	7.91	11.53	0.37	3.32	28.13	100.00	

三大硬阔林生物量为 124.140t/ha,乔木层所占比例(82%)最大,占绝对优势. 由于进行过抚育,灌木层和草本层两者的生物量不大,分别占 7,1(%). 立枯量和枯枝落叶层所占比例(10%)超过了灌木层和草本层两者所占的比例(8%). 这反映了三大硬阔林净初级生产力中用于生物量的年增量不高.

2.1.2 林分生长量的分布

三大硬阔林生长量较高,达 10.602t/(ha·a),其中灌木层与草本层两者几乎占了 30%,加之乔木层叶生长量所占比例又很大,所以材积生长量并不高.

2.1.3 林分净初级生产力分布

三大硬阔林净初级生产力为 11.637t/(ha·a),用于干材、枝、干皮和根的生物量年增量 5.635t/ha,占净初级生产力总量的 48%;净初级生产力总量的 52%在当年枯死凋落.

2.2 三大硬阔林营养元素的存留

三大硬阔林林木对营养元素需要量大, 营养元素积累量占总积累量的 87%, 灌木层和草本层两者的营养元素积累量分别占总积累量的 9, 4(%). 乔木层中 Cu, Zn, P, N 的积累较高, 灌木层中 Mn, Mg, K, Ca, P 的积累较高, 草本层中 Fe, Mn, K, Mg, N 积累较高. Ca 在乔木层、灌木层中积累较高, 而在草本层中积累很低, Mn 在灌木层中积累很高, Fe 在草本层中积累很高(表 2). 这反映了不同层次植物生理代谢的特征.

表 2 三大硬阔林营养元素的积累量 (kg/ha)

Table 2 Accumulations of nutrients elements of the three hardwood forest (kg/ha)

层 次	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Mn	Fe	合 计
乔木层	615.410	128.230	245.980	665.425	58.970	6.766	22.591	19.233	182.325	1944.930
灌木层	57.517	12.552	28.235	67.738	7.342	0.577	1.982	4.482	15.205	195.630
草本层	31.155	5.507	26.134	11.406	3.385	0.234	0.922	1.726	15.694	96.163
合 计	704.082	146.289	300.349	744.569	69.697	7.577	25.495	25.441	213.224	2236.723

林分的净初级生产力一部分用于根、茎和枝的生长, 将营养元素长期存留于植物体内; 而另一部分则以枯死凋落的方式返还地面(凋落时还有营养元素回流过程). 需要营养元素 137.398kg/(ha·a)(表 3), 即每积累一吨生物量需要营养元素 24.383kg.

表 3 三大硬阔林营养元素的存留量 [kg/(ha·a)]

Table 3 Retentions of nutrient elements of the three hardwood forest [kg/(ha·a)]

层 次	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Mn	Fe	合 计
乔木层	29.210	7.773	9.746	38.967	2.818	0.313	1.789	1.216	8.173	100.005
灌木层	10.719	2.456	5.779	11.743	1.323	0.118	0.460	0.914	3.881	37.393
合 计	39.929	10.229	15.525	50.710	4.141	0.431	2.249	2.130	12.054	137.398

2.3 三大硬阔林营养元素的归还

森林生态系统内营养元素的归还主要有两条途径, 即凋落物归还和降水淋溶归还. 现分述于后.

2.3.1 凋落物归还

森林凋落物是森林生态系统生物产量、养分循环及能流研究中的重要指标. 落叶林在很大程度上依赖于凋落物的养分再循环来维持生长. 三大硬阔林凋落物不但产量高, 而且元素含量也很高. 9 种营养元素的总凋落物归还量 147.108kg/(ha·a), 约是乔木层营养元素存留量的 1.5 倍. 落叶是凋落物归还的主要形式, 主要出现在 9 月底.

草本层一年中积累的营养元素几乎全部归还了大地, 只有少部分存留于地下, 在以后 4—5a 中被分解归还给土壤, 或为多年生草本的地下茎反复利用.

2.3.2 降水淋溶归还

穿透林冠水和树干茎流水带下的营养元素量与林外降雨(减去林冠截留)带走的营养元素量的差额, 便是乔木层、灌木层两者通过降水淋溶归还给土壤的元素量.

年降水量 538mm 中, 林冠截留 54mm, 穿透林冠水 441mm, 树干茎流水 43mm. 9 种营

养元素的总淋溶量 18.703kg/(ha·a)(表 4)。雨水中的 N 元素被植物吸收而含量下降,在淋溶量中呈负值。

表 4 降水淋溶归还的营养元素量 [kg/(ha·a)]
Table 4 Returns of nutrient elements through rain leaching[kg/(ha·a)]

层 次	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Mn	Fe	合 计
雨水输入	6.295	4.465	10.545	12.589	1.722	0.070	0.194	0.113	0.140	36.133
林冠截留	0.631	0.448	1.058	1.262	0.173	0.057	0.019	0.011	0.014	3.673
穿 透 水	4.764	4.230	13.454	17.070	2.911	0.168	0.269	0.141	0.256	43.263
茎 流 水	0.811	0.617	2.287	2.501	0.789	0.450	0.330	0.017	0.031	7.833
淋 溶 量	-0.089	0.830	6.322	8.244	2.151	0.605	0.424	0.055	0.161	18.703

凋落物归还量是淋溶量的近 7.9 倍。K,Cu 和 Zn 的淋溶量高于三者各自的凋落物归还量;N,P,Ca,Mg,Mn 和 Fe 的凋落物归还量远高于这 6 种元素各自的淋溶量(表 5),因此凋落物归还还是这些元素归还的主要途径。

表 5 三大硬阔林营养元素归还量 [kg/(ha·a)]
Table 4 Returns of nutrient elements [kg/(ha·a)]

层 次	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Mn	Fe	合 计
凋落物	44.878	7.276	5.382	80.067	8.575	0.036	0.083	0.167	0.644	147.108
草 本	21.428	3.313	19.794	6.984	2.113	0.174	0.513	0.776	5.466	60.561
淋溶量	-0.089	0.830	6.322	8.244	2.151	0.605	0.424	0.055	0.161	18.703
合 计	66.217	11.419	31.498	95.295	12.839	0.815	1.020	0.998	6.271	226.372

2.4 吸收平衡和循环的特点

吸收量=存留量+归还量,则三大硬阔林中 9 种营养元素的总吸收量为 363.770 kg/(ha·a),其中只有 38% 存留在立木上,62% 归还于土壤中。

元素归还量与吸收量的比值为元素的循环速率,用于表征元素的循环强度。某元素循环速率越高,循环强度越大,植物生长对土壤库存元素的耗费就越小,有利于土壤养分的积累。三大硬阔林大量元素循环强度大,微量元素中除 Cu 外,循环强度比大量元素的循环强度低。在此林分速生期植物对土壤中的营养元素Mg,K,Ca,Cu,N和P耗费都比较

表 6 三大硬阔林营养元素的生物循环
Table 6 Biocycling of nutrient elements of the three hardwood forest

元素	平衡参数[kg/(ha·a)]			循环速率 (归还量/吸收量)	利用系数 (吸收量/积累量)	周转期 (积累量/归还量,a)
	吸收量	存留量	归还量			
N	106.146	39.929	66.217	0.624	0.151	10.633
P	21.648	10.229	11.419	0.527	0.148	12.811
K	47.023	15.525	31.498	0.670	0.157	9.535
Ca	146.005	50.710	95.295	0.653	0.196	7.813
Mg	16.980	4.141	12.839	0.756	0.244	5.429
Cu	1.246	0.431	0.815	0.654	0.164	9.297
Zn	3.269	2.249	1.020	0.312	0.128	24.995
Mn	3.128	2.130	0.998	0.319	0.123	25.492
Fe	18.325	12.054	6.271	0.342	0.086	34.002
合计	363.770	137.398	226.372	0.622	0.163	9.881

小,经济产量(干材和树皮的生产量)比较高,因此要加强管理,适当延长轮伐期。

元素吸收量与积累量的比值为元素的利用系数。植物对元素的吸收量就是植物维持其生长所需的元素量,因此元素利用系数越小,植物对该元素的利用效率就越高。

元素的积累量与归还量的比值为元素的周转期,其与元素利用效率是相辅相成的。大量元素利用系数较大,周转期短,利用效率低。大量元素中 P 的周转期最长,近 13a,利用系数最小,利用效率最高。

以上的分析计算是以生物量的测定和植物器官的化学分析为基础的,吸收量为存留量加上归还量,这实际上仅能代表一种静态,一种循环的结果(表 6)。植物除吸收同化的养分量,还有为同化这部分养分而实际用过的养分量。其中根系的营养元素归还量还无法准确获得,有待深入研究。

综上所述,可归纳成如下三点。

1. 张广才岭 47 年生三大硬阔林生物量为 124.140t/ha,乔木层生物量占其中 82%。净初级生产力为 11.637t/(ha·a),其中 48%作为生物量的年增量,用于生态系统的干物质积累;52%在当年枯死凋落。

2. 三大硬阔林的营养元素吸收量较大,可达 363.770kg/(ha·a)(其中 38%存留于立木上,62%归还于林地内),存留量较小,归还量较大。9 种营养元素的平均循环速率为 0.622,大小顺序依次为: Mg>K>Cu>Ca>N>P>Fe>Mn>Zn。大量元素利用系数较大,周转期短,利用效率低。

3. 三大硬阔林生态系统结构不合理,没有演替层,灌木层和草本层两者的生物量、净初级生产力和营养元素含量在生态系统中所占比例过大,林中还有一些霸王木。这些都需要对林分进行卫生伐,人工补植水曲柳,近期将三大硬阔林培育成用材林,最终恢复为红松阔叶混交林。

参 考 文 献

- [1] 木村允, 姜恕, 陈乃全, 焦振家译. 陆地植物群落生产量测定方法. 北京, 科学出版社, 1981. 58—96.
- [2] 程伯容, 丁桂芳, 许广山等. 长白山红松阔叶林的生物养分循环. 土壤学报, 1987, 24(2): 160—168.
- [3] 温肇穆, 梁宏温, 黎跃. 杉木成熟林乔木层营养元素生物循环的研究. 植物生态学与地植物学学报, 1991, 15(1): 36—45.

STUDIES ON THE BIOCYCLING OF NUTRIENT ELEMENTS OF THREE-HARDWOOD FOREST

Luo Ji

(Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy of Sciences
& Ministry of Water Conservancy Chengdu 610041)

Abstract

The biocycling of 9 nutrient elements of three-hardwood forest for 47a in the Northeast Zhangguangchai Mountains (at 129°20'—129°32'E, 45°20'—45°27'N) were measured by the study on biomass and net primary productivity of the forest. On the experimental site, the annual average temperature is 2.4℃, the minimum temperature reaches -37.4℃, the maximum temperature reaches 33.3℃, the precipitation is 538mm, and the altitude is at 400—650m.

The results showed: 1. the nutrient element storage (kg/ha) in the vegetation was 2 236.723, of which 1 944.930 in tree layer, 195.630 in shrub layer and 96.163 in herb layer; 2. the total absorbing capacity of nutrient elements were 363.770kg/(ha·a), of which 137.398 kg/(ha·a) was retained by the vegetation and 226.372kg/(ha·a) were returned to the soil through litter and rain leaching; 3. the recycling rate of each nutrient element was N—0.624, P—0.527, K—0.670, Ca—0.653, Mg—0.756, Cu—0.654, Zn—0.312, Mn—0.319 and Fe—0.342. The recycling rate of the nutrient elements, utilization coefficient and recycling period of ecosystem were 0.622, 0.163 and 9.881 respectively.

Higher recycling rate and shorter turnover time indicated the characteristics of fast material cycling in the three-hardwood forest, e. i. the vigorous growth is in a stage.

Key words three-hardwood forest, nutrient element, biocycling, recycling rate

欢迎订阅《长江流域资源与环境》

《长江流域资源与环境》是由中国科学院自然与社会协调发展局、中国科学院武汉文献情报中心联合主办的综合性学术刊物,1992年创刊,公开发行。本刊集指导性与实用性于一体,主要开设:资源开发利用与保护、生物多样性、自然灾害、生态环境、资源环境与社会经济等多个栏目,并介绍国外江河流域治理的经验等,适合有关单位的科研人员、决策与管理人员及高等院校有关专业师生阅读。

本刊为季刊,每期96页,单价:5.00元,全年定价:20.00元。欲订者可向银行信汇至:中国科学院武汉文献情报中心 548592261507 建行何办科代 5485;亦可通过邮局径汇至:湖北省武汉市武昌小洪山西区25号《长江流域资源与环境》编辑部。邮政编码:430071,电话:(027)7873711—607。

《长江流域资源与环境》编辑部