

杉木人工林和阔叶杂木林土壤养分平衡因素差异的初步研究*

李 昌 华**

(中国科学院林业土壤研究所)

杉木 (*Cunninghamia lanceolata*) 是我国南方重要造林树种, 人工林分布面积很大。在多年的林业实践中, 发现杉木人工林, 特别是速生的林分在连续栽植之后, 一代不如一代, 地力逐渐衰退。因此, 连栽二、三代之后, 就使其轮荒恢复杂木林。而阔叶杂木林则有恢复土壤肥力的作用, 因而杉木一般以在常绿阔叶林或阔叶杂木林砍伐后第一次植杉的土壤上生长为最好^[1]。

为了解释这一现象, 我们在湖南省会同县广坪公社疏溪口附近对杉木人工林和阔叶杂木林土壤养分平衡因素的差异进行了初步研究。会同广坪是全国有名的杉木中心产区, 年平均气温 16.5℃, 年降水量约 1400 毫米, 年平均相对湿度 81%。岩石为浅变质岩系的灰绿色板岩、变质砂岩和千枚岩等。地貌为低山丘陵, 试验地海拔高度在 300—450 米之间。土壤为山地黄壤。原始植被已受到破坏, 目前主要是杉木人工林、马尾松和阔叶杂木林。

一、杉木人工林和阔叶杂木林生长的养分消耗

杉木人工林和阔叶杂木林地上和地下部分的生长都要消耗土壤养分, 但是由于地下部分生长所消耗的养分仍基本上全部归还土壤, 所以只考虑地上部分的消耗。

由于土壤条件及其他环境和栽培条件的不同, 杉木的生长状况并不相同, 单位面积上的木材蓄积量也有很大的差异。例如, 20—25 年生的杉木人工林, 高者蓄积量可达 400

表 1 杉木地上各部分的营养元素含量(干物%)

Table 1 Nutrient composition of aerial part of Chinese fir (in % of dry matter)

分析部分 Part of the tree	粗 灰 分 Ash	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
叶 Leafs	3.42	1.25	0.15	0.85	0.79	0.54
枝 Branch	2.16	0.54	0.11	0.44	0.58	0.42
木材 Wood	0.23	0.13	0.05	0.09	0.05	0.04
树皮 Bark	1.50	0.36	0.05	0.19	0.53	0.08

* 参加工作的有田林杰、张岫岚、刘永恩同志。在工作中得到冯宗炜、黄合炎等同志协助, 谨致谢意。

** 现在中国科学院自然资源综合考察委员会工作。

1) 阳含熙, 1979: 杉木营林研究。中国林业科技三十年, 164—177 页。中国林业科学研究院科技情报研究所。

立方米/公顷,低者只有150立方米/公顷左右。因此它所吸收固定的养分量也有很大的不同。为了计算杉木人工林地上部分从土壤中吸收的养分数量,我们以疏溪口大湾的一块生长中等的杉木人工林为例。这块杉木林生长在中厚腐殖质层山地黄壤上,22年生,株行距1.5×1.7米,每公顷约3,360株,平均树高16米,平均胸径14厘米,每公顷木材蓄积量约270立方米,郁闭度0.85。由平均木所算出的每公顷杉木各部分的重量和根据杉木地上部分营养元素含量的百分数(表1)算出的每公顷所吸收固定的主要营养元素重量列于表2。

表2 杉木人工林地上部分干物质重和吸收固定的主要营养元素重量的估算(22年生)

Table 2 The biomass and amount of nutrients retained in aerial part of Chinese fir (22-year-old)

分析部分 Part of the tree	干物质重量 Biomass		营养元素重量(公斤/公顷) Nutrients (Kg/ha)					
	平均木单株 (公斤) Average per tree (Kg)	吨/公顷 t/ha	粗灰分 Ash	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
木材 Wood	33.2	111.55	256.6	145.0	55.8	100.4	55.8	44.6
树皮 Bark	4.9	16.46	246.9	59.3	8.2	31.3	87.2	13.2
枝 Branch	3.7	12.43	268.5	67.1	13.7	54.7	72.1	52.2
叶 Leafs	4.8	16.13	551.7	201.6	24.2	137.1	127.4	87.1
合计 Total	46.6	156.57	1323.7	473.0	101.9	323.5	342.5	197.1

从表2可看出,杉木人工林所吸收固定的养分数量是相当大的。如果不计枝叶,由于采伐运走木材,一次植杉(以22年生生长中等的杉木人工林为例)所消耗的N约为204公斤/公顷, P₂O₅ 64公斤/公顷, K₂O 132公斤/公顷, CaO 143公斤/公顷, MgO 58公斤/公顷。

杂木林的生长也消耗土壤养分,但要较杉木人工林为少,因为杂木林生长较杉木人工林为慢,木材蓄积的年平均生长量小。以前述22年生生长中等的杉木人工林为例,其材积的年平均生长量约为12.8立方米/公顷,而从表3中可以看出,当地生长较好的杂木

表3 阔叶杂木林的木材蓄积量和材积的年平均生长量

Table 3 The stocking and average annual volume-increment of the broad-leaved mixed forest

林分类型 Forest	主要树种 Principal species	木材蓄积量 (立方米/公顷) Stocking (m ³ /ha)	林龄(年) Age (yr)	材积年平均生长量 (立方米/公顷) Average annual volume-increment (m ³ /ha)
白栎枫香杂木林 <i>Q. fabri-L. formosana</i> mixed forest	白栎 <i>Quercus fabri</i> 枫香 <i>Liquidambar formosana</i>	224.8	50—60	3.8—4.5
混有马尾松的栲树杂木林 <i>P. massoniana-C. hystrix</i> mixed forest	栲树 <i>Castanopsis hystrix</i> 马尾松 <i>Pinus massoniana</i>	409.9	80—100	4.1—5.1

表 4 阔叶杂木林主要树种树干的营养元素含量(干物%)

Table 4 Nutrient composition of the trunk of main species in broad-leaved mixed forest (in% of dry matter)

树 种 Species	分析部分 Part of the tree	粗灰分 Ash	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
白 栎 <i>Q. fabri</i>	木材 Wood	0.55	0.18	0.05	0.12	0.16	0.01
	树皮 Bark	7.73	0.46	0.06	0.17	4.31	0.12
枫 香 <i>L. formosana</i>	木材 Wood	0.95	0.12	0.06	0.13	0.40	0.04
	树皮 Bark	11.53	0.32	0.06	0.13	5.84	0.18
栲 树 <i>C. histryx</i>	木材 Wood	0.24	0.21	0.02	0.06	0.04	0.14
	树皮 Bark	1.62	0.42	0.06	0.26	0.81	0.21
马 尾 松 <i>P. massoniuna</i>	木材 Wood	0.36	0.10	0.02	0.06	0.07	0.03
	树皮 Bark	0.62	0.24	0.02	0.03	0.18	0.05

林, 材积的年平均生长量不过 4—5 立方米/公顷, 约为杉木人工林的三分之一。从表 4 可以看出, 杂木林主要树种树干的营养元素含量和杉木相近, 有的某些元素含量较杉木稍高, 有的某些元素较杉木稍低。

杉木的木材容重为 0.36—0.39 克/厘米³, 马尾松的木材容重为 0.48—0.59 克/厘米³, 栲树的木材容重为 0.72—0.73 克/厘米³ [2]。所以, 即使全部按木材容重较大的栲树(约为杉木容重的 2 倍)来计算, 其树干重量的年平均生长量和木材生长的养分消耗也不过是杉木人工林的三分之二。

二、杉木人工林和阔叶杂木林凋落物的养分归还

杉木人工林和杂木林在生长过程中, 都有凋落物落到地面, 形成枯枝落叶层。它所含有的营养元素可以归还给土壤, 所含有机碳, 成为一些有利于土壤肥力的微生物的能量, 能增加土壤养分含量或其有效性, 并可形成腐殖质。因此, 凋落物的数量以及其营养元素含量和分解速度, 对于土壤的养分平衡, 有着重要的影响。根据实际观测, 杉木人工林和杂木林的凋落物数量如表 5 所示。

杉木是一种不换叶子的树种, 在完全郁闭以前(造林后 1—5 年)基本上没有凋落物落下。郁闭以后, 下部不受光的枝叶, 才逐渐枯死。造林后 6—10 年, 凋落物大约为 800—1,400 公斤/公顷, 10 年以后, 凋落物逐渐增加, 大约为 1,500—2,000 公斤/公顷。所以, 如果以 22 年来计算, 平均每年最多不超过 1,400 公斤/公顷。杂木林在郁闭之前, 即有大量杂草和灌木的凋落物, 郁闭以后, 每年大约有 4,500—5,000 公斤/公顷的凋落物落下, 大大高于杉木人工林。

杉木人工林和杂木林凋落物的营养元素含量, 也有很大的不同(表 6)。从表 7 中可以看出, 杂木林主要树种叶子的营养元素含量均与杉木叶子相近或稍高。不同的是, 杂木林的凋落物主要是叶子, 仅有少量是小枝和果实, 而杉木人工林的凋落物主要是带叶的小枝, 也有一部分较粗的枝。由于小枝的营养元素含量比叶子低得多, 故杉木人工林凋落物的营养元素含量显著低于杂木林。

表 5 杉木人工林和阔叶杂木林的凋落物重量(公斤/公顷)

Table 5 The weight of litter under Chinese fir plantation and broad-leaved mixed forest (kg/ha)

林分类型 Forest type	7月20日— 9月30日 July 20— Sept. 30	9月30日— 12月3日 Sept. 30— Dec. 3	12月3日— 1月31日 Dec. 3— Jan. 31	1月31日— 3月31日 Jan. 31— Mar. 31	3月31日— 5月31日 Mar. 31— May 31	5月31日— 7月31日 May 31— July 31	全年 Total
杉木成林(23年生) Chinese fir plantation (23-year-old)	370.9	286.7	357.3	104.6	810.6	101.7	2031.8
杉木中林(17年生) Chinese fir plantation (17-year-old)	61.2	207.9	170.6	311.8	565.6	324.0	1941.1
杉木幼林(8年生) Chinese fir plantation (8-year-old)	357.5	65.5	48.5	629.8	130.2	112.3	1343.8
白栎枫香杂木林 <i>Q. fabri-L. formosana</i> mixed forest	308.1	1420.0	2254.4	244.4	276.7	78.0	4581.6
混有马尾松的栲树杂木林 <i>P. massoniana-C. hystrix</i> mixed forest	2100.4	490.9	129.6	143.7	1301.8	833.0	4999.4

表 6 杉木人工林和阔叶杂木林凋落物的营养元素含量(干物%)

Table 6 Nutrient composition of the litter of the Chinese fir plantation and broad-leaved mixed forest (in% of dry matter)

林分类型 Forest type	粗灰分 Ash	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
杉木人工林(23年生) Chinese fir plantation (23-year-old)	3.73	0.58	0.09	0.13	1.54	0.45
白栎枫香杂木林 <i>Q. fabri-L. formosana</i> mixed forest	7.10	0.96	0.22	0.20	1.93	0.56
混有马尾松的栲树杂木林 <i>P. massoniana-C. hystrix</i> mixed forest	4.35	0.99	0.09	0.33	1.30	0.52

表 7 阔叶杂木林主要树种叶子的营养元素含量(干物%)

Table 7 Nutrients composition of the leaves of principal species in broad-leaved mixed forest (in% of dry matter)

树种 Species	粗灰分 Ash	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
白栎 <i>Q. fabri</i>	5.18	2.11	0.33	0.98	1.39	0.47
枫香 <i>L. formosana</i>	7.05	1.48	0.12	0.84	1.46	0.64
栲树 <i>C. hystrix</i>	4.50	1.22	0.12	0.81	1.02	0.89
马尾松 <i>P. massoniana</i>	2.73	1.34	0.16	0.51	0.51	0.48

杉木人工林凋落物的分解速度和杂木林也有很大的不同。杉木是叶片连在小枝上一同落下,并且在未受到较强烈的分解以前叶片不脱离小枝。这样就使枯枝落叶层很蓬松,即使湿润之后也不紧贴地面,加上杉木叶子表面有较厚的革质层,所以杉木人工林的凋落物较难分解。杂木林的凋落物则与此不同,落到地面之后分解很快。分解试验结果(表

表 8 落叶的分解速度

Table 8 The decomposition rate of fallen leaf

样品种类 Species	分解失重(%) Loss by decomposition (% in weight)
白栎叶和枫香叶(各半) Half of <i>Q. fabri</i> and half of <i>L. formosana</i> leaves	89.5
杉木叶(带小枝) Chinese fir leaves with twigs	48.4
栲树叶 <i>C. hystrix</i> leaves	47.9
马尾松叶 <i>P. massoniana</i> leaves	67.7

注: 分解时间都为 342 天。

Note: Samples had been decomposed for 342 days.

8) 表明, 在大约一年左右的时间, 白栎和枫香叶分解失重达 90% 左右, 马尾松分解失重约 70%, 而杉木叶的分解失重只有 50% 左右。试验设在郁闭的杉木林下。

上述材料表明, 阔叶杂木林不但每年归还给土壤的凋落物数量很大, 分解较快, 而且营养元素含量高, 杉木人工林归还的凋落物数量少, 分解较慢, 而且营养元素含量较低。

三、杉木人工林土壤侵蚀和林粮间作的养分消耗

为了说明杉木人工林和阔叶杂木林土壤侵蚀状况的差异, 利用一年左右的小区观测资料。小区面积 80 平方米, 重复一次或二次, 坡度皆为 30° 左右。从表 9 中可以看出, 在观测期间内, 杂木林小区基本上没有土壤侵蚀。杉木人工林的土壤侵蚀主要发生在新造林地小区。由于地表裸露, 表土较为疏松, 小区土壤流失量约为每年 1,100 公斤/公顷。郁闭以后的杉木林小区, 侵蚀也相当轻微。

杉木人工林幼林地的土壤流失量与坡度、降水强度和松土除草次数密切相关。坡度愈陡, 降水强度愈大, 松土除草次数愈多, 则土壤流失量愈大。在上述小区观测期间, 没有

表 9 不同林地试验小区的土壤流失量(公斤/公顷)

Table 9 Loss of soil by erosion in plots under different forest (kg/ha)

林地类型 Forest type	1963 年	1964 年				合 计 Total
	8-12 月 Aug.—Dec.	1-3 月 Jan.—Mar.	4 月 Apr.	5 月 May	6 月 June	
混有马尾松的栲树杂木林 <i>P. massoniana-C. hystrix</i> mixed forest	0	0	0	0	0	0
杉木成林 (23 年生) Chinese fir plantation (23-year-old)	3.0	3.4	36.3	0	4.8	47.5
杉木幼林 (8 年生) Chinese fir plantation (8-year-old)	16.7	11.2	38.3	0	8.1	74.3
栽后一年的杉木幼林地 Chinese fir plantation (2-year-old)	130.6	29.4	832.9	96.9	17.0	1,106.8

暴雨,只松土除草一次,坡度也不算很陡,当地灰绿色板岩风化物上发育的粘质土壤又较抗侵蚀,故土壤流失量不大。而且,小区观测的结果虽然能够看出不同林地之间的明显差异,但土壤流失量显著小于实际情况,因为坡面很短(10米),径流不能集中。而实际的几十米、几百米或更长的坡面上,径流可以集中,冲刷能力就会大大加强。

除了土壤流失之外,杉木人工林造林最初2—3年一般进行林粮间作,因此有林粮间作的养分消耗。在会同林区,多间作玉米和旱稻。籽实收获后,秸秆遗弃在林地中。据测定,间作玉米时由籽实带走的养分元素N、 P_2O_5 、 K_2O 第一年各为17.2,9.0和5.1公斤/公顷;第二年各为10.4,5.5和3.1公斤/公顷;第三年各为8.1,4.3和2.4公斤/公顷¹⁾。

四、杉木人工林和阔叶杂木林土壤养分平衡状况的差异

为了对杉木人工林和阔叶杂木林土壤的养分消耗和归还状况有一个总的概念,把上面一些观测结果估算后汇总成表10。表中计算的是22年养分消耗和归还的总和。因为杉木常是20—30年砍伐一次,用22年的杉木成林做为第一代来计算是比较切合实际的。表中杉木人工林木材生长为木材加树皮;土壤侵蚀按22年5,550公斤/公顷计算(造林后1—4年每年1,100公斤/公顷、5—14年每年75公斤/公顷、15—22年每年50公斤/公顷),然后再乘以中等肥沃土壤表土的一般养分含量(N 0.20%, P_2O_5 0.05%),钾、钙、镁未计;林粮间作按间作玉米三年籽实所消耗的养分计算;归还的凋落物重量按22年每年平均1,400公斤/公顷计算。阔叶杂木林生长消耗按杉木人工林的三分之二计算;凋落物归还按白栎枫香杂木林和混有马尾松的栲树杂木林平均数计算。

表 10 杉木人工林和阔叶杂木林养分消耗和归还的估算(22年,公斤/公顷)

Table 10 The balance sheet of nutrients under Chinese fir plantation and broad-leaved mixed forest (22 years, kg/ha)

养分元素 Nutrient elements	杉木人工林 Chinese fir plantation				阔叶杂木林 Broad-leaved mixed forest	
	消耗 Losses			归还(凋落物) Restitution (litter)	消耗(木材生长) Consumption (growth of trunk)	归还(凋落物) Restitution (litter)
	木材生长 Growth of trunk	土壤侵蚀 Soil erosion	林粮间作 Intercropping with food crops			
N	204.3	11.1	35.7	178.6	136.2	1,027.6
P_2O_5	64.0	2.8	18.8	27.7	42.7	163.4
K_2O	131.7	—	10.6	40.0	87.8	279.3
CaO	143.0	—	—	474.3	95.3	1,702.1
MgO	57.8	—	—	138.6	38.5	569.1

从表10可以看出,虽然估算得比较粗略,但其差异是非常明显的。即使按非常低的土壤侵蚀来计算,杉木人工林的养分消耗仍然明显高于凋落物的归还。以氮为例,消耗为251公斤/公顷,归还为179公斤/公顷,仅为消耗的71%。磷、钾的归还,仅为消耗的三分

1) 冯宗炜等,1980:杉木幼林群落结构与生产力的研究。杉木人工林生态学论文集,30—47页,中国科学院林业土壤研究所。

之一到二分之一。只有钙、镁的归还大于消耗。与此相反,即使按较高的木材生长消耗来计算,阔叶杂木林的归还仍远远超过消耗。以氮为例,消耗为 136 公斤/公顷,归还为 1,028 公斤/公顷,为消耗的 7.5 倍。磷、钾的归还,约为消耗的 3 倍到 4 倍。钙、镁的归还,约为消耗的 15—18 倍。至于杉木造林时炼山的氮素消耗和阔叶杂木林凋落物的大量有机碳归还对土壤肥力的有益影响,还未估算在内。当然,归还的养分元素是在循环过程中,不能完全理解为绝对的收入值,但是,其在土壤养分积累中的作用是肯定的^[1]。因此,看来阔叶杂木林之所以能够肥沃土壤,杉木人工林连栽之所以降低土壤肥力,从这一估算中可以初步得到一个比较明确的解释。

参 考 文 献

- [1] 李昌华等, 1959: 杉木人工林及其林型的初步研究。林业集刊, 第 4 号, 1—41 页。科学出版社。
 [2] 成俊卿等, 1980: 中国热带及亚热带木材。28, 34 和 103 页, 科学出版社。
 [3] Duvigneaud P. and Denaeyer De Smet S. 1973: Biological cycling of minerals in temperate deciduous forests. Analysis of temperate forest ecosystems, p. 199—225. Springer-Verlag.

A PRELIMINARY STUDY ON THE NUTRIENT BALANCE OF SOIL UNDER CHINESE FIR PLANTATION AND BROAD-LEAVED MIXED FOREST

Li Chang-hua

(Institute of Forestry and Pedology, Academia Sinica)

Summary

Chinese fir (*Cunninghamia lanceolata*) is one of the most important timber conifers in our country; nevertheless, the forest cannot grow well due to the soil deterioration resulted from the successive reforestation on a same cutting area of the same species. The present paper deals with the preliminary investigation on the relationship between the nutrition status of soil and reforestation of Chinese fir.

The results obtained from experiments revealed that in comparison with the broad-leaved trees, Chinese fir took up much more nutrients from the soil and returned much less nutrients in the form of litter to the soil. In addition, the soil under Chinese fir plantation was liable to be eroded in the early growing stage due to the bare soil surface and intercropping of food crops, whereas under the broad-leaved mixed forest almost no erosion was found and the fertility of soil tended to be promoted.