

# 杉木人工林皆伐对林地径流水化学特征的影响\*

张鼎华

(福建师范大学生物工程学院 福州 350007)

**摘要** 杉木人工林皆伐前后径流水化学特征研究结果表明,杉木人工林皆伐后引起林地土壤养分大量流失。皆伐后2年内土壤N素、P素、盐基离子( $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ )和可溶性盐分的流失增量分别为20.54kg/hm<sup>2</sup>、0.817kg/hm<sup>2</sup>、42.67kg/hm<sup>2</sup>和774.44kg/hm<sup>2</sup>,表明杉木人工林具有一定的调节、富集和保持土壤养分的能力。

**关键词** 杉木人工林 皆伐 径流 水化学

**The influence of clear cutting Chinese fir plantation on the characteristics of runoff water chemistry of forest land.** ZHANG Ding-Hua (College of Biological Engineering, Fujian Normal University, Fuzhou 350007). *CJEA*, 2001, 9(3): 25~27

**Abstract** The influence of clear cutting Chinese fir plantation on the characteristics of runoff water chemistry are studied to explore the capability of Chinese fir plantation of regulating, accumulating and conserving soil nutrients. Periodically sampled runoff from the ditch below the catchment area before and after clear cutting and analysed nutrient quantities of runoff sampled, the differences between nutrient quantities of runoff before clear cutting and those after clear cutting are the increments of forest land nutrient loss caused by clear cutting Chinese fir plantation. Experiments continued for 5 years, the results show that the clear cutting Chinese fir plantation results in soil nutrients running off in great quantity. In two years after clear cutting, the running off increments of N, P, base cation ( $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ) and dissolvable salts are 20.54kg/hm<sup>2</sup>, 0.817kg/hm<sup>2</sup>, 42.67kg/hm<sup>2</sup>, 774.44kg/hm<sup>2</sup> separately. The results indicate that Chinese fir plantation has a fair capability of regulating, accumulating and conserving soil nutrients.

**Key Words** Chinese fir plantation, Clear cutting, Runoff, Water chemistry

## 1 试验地概况与研究方法

试验地位于福建省南平市延平区西芹镇长建村,东经118°05',北纬26°40',系杉木中心产区,为亚热带海洋性季风气候,年均气温19.3℃,年降雨量1663mm,年蒸发量1428.6mm,相对湿度83%。该地属武夷山北段东伸支脉,海拔150m左右,地层系上元古界前震旦系建瓯群,为闽西北花岗岩片麻岩中山与山间盆地地貌区,母岩为花岗岩片麻岩,土壤为山地红壤,土层厚度>1m,平均坡度33°。皆伐的杉木林分年龄为26年,伐前杉木林下主要植被有箬竹、卡氏乌饭、五节芒、芒萁、大青、冬青等。林地伐前土壤养分状况为有机质22.97g/kg,全N1.130g/kg,全P0.630g/kg,全K4.058g/kg,水解氮72.3mg/kg,有效磷2.13mg/kg和有效钾86.5mg/kg。试验地地形为两坡一夹沟,杉木皆伐试验地位于沟中下段坡面,沟内终年流水,整个坡面除中下段杉木林分皆伐外,其余坡面均未受人为干扰,于皆伐前后定期取样分析沟下部径流养分含量,取样时选择横断面呈规则梯形状的沟段3处,于水沟断面中部取样,3点混合,并根据3处水沟横断面积和水流速度的平均值计算径流量,皆伐前后养分之差为皆伐所造成的林地养分流失增量,再将其换算成单位面积流失增量。试验地皆伐后不炼山、不造林,让其自然恢复植被,整个试验观察、分析连续持续5年。径流养分分析方法参照《森林土壤定位研究方法》进行<sup>[1]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 皆伐前径流水化学剖面状况

定期每月进行径流取样分析,杉木林皆伐前取样结果表明,径流各项水化学指标浓度水平较低,水解氮

\* 国家自然科学基金重点项目(39630240)资助

收稿日期:2001-02-26 改回日期:2001-04-18

为  $0.82 \sim 1.32 \text{ mg/L}$ , 磷酸根离子为  $34 \sim 56 \mu\text{g/L}$ , 盐基离子 ( $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ )  $1.0 \sim 4.2 \text{ mg/L}$ , 可溶性盐分仅  $0.04 \sim 0.10 \text{ g/L}$  (见表 1)。

表 1 皆伐前径流水化学状况

Tab. 1 The condition of runoff water chemistry before clear cutting

取样时间 Sampling time	降水量/mm Rainfall	水解氮/ $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ Hydrolyzable N	$\text{PO}_4^{3-}/\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$	$\text{K}^+, \text{Na}^+/\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	$\text{Ca}^{2+}, \text{Mg}^{2+}/\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	可溶性盐分/ $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ Dissoluble salts	取样次数 Sampling times	月平均径流量/ $\text{m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ Run-off discharge
第 1 年 8 月 Fir. year Aug.	64	1.08	52	1.7	0.7	0.08	2	0.057
第 1 年 9 月 Fir. year Sep.	60	1.06	40	1.3	0.8	0.08	2	0.058
第 1 年 10 月 Fir. year Oct.	15	0.98	18	1.2	0.4	0.06	2	0.044
第 1 年 11 月 Fir. year Nov.	32	0.88	40	1.0	0.5	0.04	2	0.046
第 1 年 12 月 Fir. year Dec.	14	0.94	38	0.6	0.4	0.04	2	0.050
第 2 年 1 月 Sec. year Jan.	14	0.82	38	1.4	0.5	0.04	2	0.056
第 2 年 2 月 Sec. year Feb.	192	1.02	34	1.8	0.6	0.05	1	0.090
第 2 年 3 月 Sec. year Mar.	178	1.06	38	1.6	0.7	0.05	3	0.092
第 2 年 4 月 Sec. year Apr.	144	1.18	41	2.2	0.9	0.06	3	0.088
第 2 年 5 月 Sec. year May	328	1.32	53	2.4	1.1	0.09	4	0.184
第 2 年 6 月 Sec. year Jun.	421	1.30	56	2.8	1.4	0.10	4	0.217
第 2 年 7 月 Sec. year Jul.	73	0.99	48	0.8	1.0	0.06	2	0.066

## 2.2 皆伐后径流水化学状况

皆伐后沟内径流各项水化学指标浓度大幅度提高(见表 2), 水解氮浓度增加了  $1.59(10 \text{ 月}) \sim 2.95(11 \text{ 月})$  倍, 磷酸根浓度增加了  $0.83(9 \text{ 月}) \sim 2.63(12 \text{ 月})$  倍,  $\text{K}^+$ 、 $\text{Na}^+$  浓度提高  $0.76(8 \text{ 月}) \sim 4.50(12 \text{ 月})$  倍,  $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$  浓度提高  $1.50(10 \text{ 月}) \sim 3.40(11 \text{ 月})$  倍, 可溶性盐分浓度提高  $0.50(10 \text{ 月}) \sim 3.50(11 \text{ 月})$  倍。森林具有调节和保持土壤肥力的能力, 通过对水化学剖面的研究, 发现世界上大多数林区降雨水的化学含量与

表 2 皆伐后径流水化学状况

Tab. 2 The condition of runoff water chemistry after clear cutting

取样时间 Sampling time	降水量/mm Rainfall	水解氮/ $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ Hydrolyzable N	$\text{PO}_4^{3-}/\mu\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$	$\text{K}^+, \text{Na}^+/\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	$\text{Ca}^{2+}, \text{Mg}^{2+}/\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	可溶性盐分/ $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ Dissoluble salts	取样次数 Sampling times	月平均径流量/ $\text{m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ Run-off discharge
第 2 年 7 月 Sec. year Jul.	73	3.02	108	3.0	1.8	0.11	2	0.089
第 2 年 8 月 Sec. year Aug.	119	2.83	126	2.8	1.9	0.12	2	0.062
第 2 年 9 月 Sec. year Sep.	72	2.60	104	2.5	1.2	0.14	2	0.062
第 2 年 10 月 Sec. year Oct.	58	2.54	96	2.2	1.0	0.09	2	0.049
第 2 年 11 月 Sec. year Nov.	0	3.48	142	3.5	2.2	0.18	3	0.056
第 2 年 12 月 Sec. year Dec.	133	3.46	138	3.3	2.1	0.16	3	0.062
第 3 年 1 月 Thir. year Jan.	68	3.20	126	3.6	2.0	0.16	2	0.063
第 3 年 2 月 Thir. year Feb.	82	3.52	128	4.0	2.3	0.16	1	0.068
第 3 年 3 月 Thir. year Mar.	148	3.48	134	4.6	2.6	0.15	2	0.068
第 3 年 4 月 Thir. year Apr.	169	3.60	132	5.2	2.6	0.16	3	0.099
第 3 年 5 月 Thir. year May	237	3.82	143	6.3	3.2	0.16	3	0.197
第 3 年 6 月 Thir. year Jun.	436	3.88	148	6.6	3.4	0.17	3	0.238

\* 于第 2 年 7 月进行皆伐, 伐后 10d 开始进行取样分析、观察等。

附近河水的化学含量极为相近即说明了这一点, 且 Liken G. E. 等<sup>[3]</sup>在美国 Hubbard Brook 试验林所做的试验也充分证明了这一点。1965 年的秋季和冬季将 1 个小集水区的林子全部砍光, 第 2 年春末夏初又用除草剂将下层植物和阔叶树的萌条除去, 结果发现河水中的阳、阴离子浓度立即大大增加, 如  $\text{NO}_3^-$  由伐前的  $0.5 \text{ mg/kg}$  提高到  $80 \text{ mg/kg}$ , 伐后 2 年  $\text{NO}_3^-$  的平均含量分别为  $38 \text{ mg/kg}$  和  $53 \text{ mg/kg}$ , 其他营养元素如  $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{K}^+$  等离子也有类似的变化<sup>[4~5]</sup>。除保持以离子状态存在的营养物质外, 森林也能防止固态物质的流失, 同时它具有获取和保持大气营养的能力, 即森林在营养物质的地球化学循环中收入多, 而支出很少<sup>[1]</sup>。但一旦森林被皆伐, 森林对养分富集和保持的能力也将随之丧失, 并由此而引起大量的营养物质流失。

流失量的增加包括地表径流流失的增加和地下径流淋溶流失的增加。

### 2.3 皆伐后林地养分流失量变化状况

皆伐后因森林丧失将不可避免地引起林地养分流失量的增加。由表3可知,杉木人工林皆伐引起林地养分流失量的增加较为严重,水解氮流失量增加14.45kg/hm<sup>2</sup>,PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>流失量增加0.532kg/hm<sup>2</sup>,盐基离子(K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>)流失量增加27.94kg/hm<sup>2</sup>,可溶性盐分流失量增加530.65kg/hm<sup>2</sup>。

表3 皆伐后林地养分流失增量\*

Tab.3 The nutrient running off increments of forest land after clear cutting

月份 Months	水解氮/kg·hm <sup>-2</sup> Hydrolyzable-N	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> /kg·hm <sup>-2</sup>	K <sup>+</sup> ,Na <sup>+</sup> /kg·hm <sup>-2</sup>	Ca <sup>2+</sup> ,Mg <sup>2+</sup> /kg·hm <sup>-2</sup>	可溶性盐分/kg·hm <sup>-2</sup> Dissoluble salts
1	0.847	0.032	0.808	0.534	42.52
2	0.876	0.033	0.807	0.592	48.75
3	0.931	0.037	1.163	0.726	38.66
4	1.331	0.050	1.692	0.939	55.64
5	2.775	0.100	4.352	2.330	81.72
6	3.380	0.122	5.075	2.664	98.84
7	0.999	0.030	1.079	0.404	25.20
8	0.620	0.026	0.418	0.424	21.88
9	0.525	0.020	0.419	0.147	21.28
10	0.433	0.014	0.300	0.171	9.64
11	0.813	0.032	0.790	0.328	43.41
12	0.912	0.036	0.951	0.600	43.11
Σ	14.450	0.532	17.850	10.060	530.65

\*表中数据为皆伐后第1年内每月林地养分流失增量及年流失增量,养分流失量等于皆伐后径流养分流失量减去皆伐前同月径流养分流失量。

内林地仍保持较高的养分流失量,但总趋势是养分流失量逐年减少,皆伐后第4年林地养分流失量基本接近于皆伐前流失量的水平,这是因林地植被逐年恢复,植被覆盖度逐年增大的缘故。我国南方地处亚热带,只要不反复和高强度地破坏植被,

森林皆伐后林地土壤基本保持森林土壤的性质,从而在较短时间内恢复自然植被,如地处我国东南部的福建省一般皆伐后若不炼山、不造林,在3~4年内由乡土、阳性植物种类组成的自然植被能长至5~6m高,并完全覆盖林地<sup>[2]</sup>。因此森

林皆伐后要在较短时间内恢复林地对养分元素排出,保持和富集生物调节能力的关键在于不进一步破坏林地土壤(如炼山、大面积整地造林、强度抚育等),并在尽可能短的时间内恢复并保持林地植被。

### 3 小结

人工种植杉木林虽有诸多弊端,如幼林地水土流失,土壤酸化,地力衰退等,但其在调节、富集、保持林地土壤养分方面仍起着重要作用。在保持水土、维护地力、保护环境方面有林地终归比无林地好,在未来的森林经营中也不应放弃种植和经营人工林。实际上只要不大面积集中连片种植杉木林,减少迹地清理、幼林抚育所产生的水土流失以及尽可能地保留林下的乡土植被,杉木人工林在维护生物多样性、保持水土、涵养水源、保护环境等方面可起到一定的作用;防止林地养分流失的根本办法是在尽可能短时间内恢复林地植被,以恢复林地对土壤养分调节、富集和保持的能力。森林采伐后至幼林郁闭前这段时间是林地养分、水土大量流失,地力衰退和危害环境的过程,其根本原因是林地植被的丧失。这就要求在所有的营林活动如迹地清理、幼林抚育过程中尽可能在不影响主栽植物情况下保留林地植被,以保证林地有较大的植被覆盖率。

表4 皆伐前后不同年份养分流失量

Tab.4 The nutrient running off quantities in different years before and after clear cutting

时间 Time	水解氮/kg·hm <sup>-2</sup> Hydrolyzable-N	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> /kg·hm <sup>-2</sup>	K <sup>+</sup> ,Na <sup>+</sup> /kg·hm <sup>-2</sup>	Ca <sup>2+</sup> ,Mg <sup>2+</sup> /kg·hm <sup>-2</sup>	可溶性盐分/kg·hm <sup>-2</sup> Dissoluble salts
皆伐前1年 One year before clear cutting	6.09	0.258	10.12	4.94	382.21
皆伐后第1年 1st year after clear cutting	20.54	0.790	27.97	15.00	912.86
皆伐后第2年 2nd year after clear cutting	12.18	0.543	20.19	9.63	626.00
皆伐后第3年 3rd year after clear cutting	9.32	0.487	16.33	7.54	496.17
皆伐后第4年 4th year after clear cutting	7.69	0.318	13.12	6.01	400.89

### 参考文献

- 张鼎华. 皆伐炼山对林地养分元素资源迁移影响的研究. 自然资源学报, 1997, 12(4): 343~348
- 张鼎华. 采伐迹地恢复阔叶林与人工栽杉土壤肥力变化差异的初步研究. 生态学报, 1993, 13(3): 261~266
- 张万儒, 许本彤. 森林土壤定位研究方法. 北京: 中国林业出版社, 1986
- Bormann F. H., Liken G. E. Pattern and process in a forested ecosystem. Springer Verlag, New York, 1981. 41~67
- Liken G. E. et al. Effects of forest cutting and herbicide treatment on nutrient budget in the Hubbard Brook watershed ecosystem. Ecol. Monogr., 1970 (40): 23~47