

杉木林采伐迹地撂荒后植被恢复早期的生物量与养分积累

项文化,田大伦,闫文德,康文星,方 晰

(中南林学院生态研究室, 湖南株洲 412006)

摘要:撂荒是传统杉木经营制度中的重要内容,其目的是通过植被的自然演替来恢复土壤肥力,从而实现杉木人工林的可持续经营。通过对湖南会同杉木人工林采伐迹地撂荒后 1~5a 内的植被生物量和养分积累的定位观测,重点分析撂荒后植被恢复过程中植物生长对策和植物养分积累在杉木人工林可持续经营中的作用。结果表明:会同杉木林采伐迹地撂荒后的 1~4a 为草本植物阶段,五节芒(*Misocanthus floridulus*)、荩草(*Arthraxon hispidus*)、一年蓬(*Erigeron annuus*)为优势种,5a 后进入灌木植物阶段,阳性喜光树种占绝对优势,且植物的树高生长分化明显,大于 3m 的树高等级中拟赤杨(*Alniphyllum fortunei*)和小果冬青(*Ilex micrococca*)占有最大的比例,在 2~3m 的高度等级中枫香(*Liquidambar formosana*)、苦楝(*Melia azedarach*)、山苍子(*Litsea cubeba*)等植株数量最多。植被总生物量从 1.798t/hm² 增加到 16.235t/hm²,其中灌木层生物量为 1.048~7.773 t/hm²,草本植物生物量为 0.75~6.929 t/hm²,第 5 年植被系统的年生产力为 4.18 t/(hm²·a),接近 7a 生第 2 代杉木林年平均生产力。撂荒 2a 后植被系统就开始产生枯落物,随植被恢复时间增加死地被物生物量从 0.892 t/hm² 增加到 2.044 t/hm²,第 4 年林地存在已分解的死地被物,说明植被系统已有养分归还给土壤。撂荒 5a 后植被系统养分积累总量为 0.647t/hm²,草本为 0.362t/hm²,灌木 0.204t/hm²。如果将撂荒后植被砍伐留在林地上,则植被系统可给土壤归还 0.566t/hm² 的养分。与采伐前杉木林地相比,撂荒后土壤表层(0~10cm)的有机质含量和土壤各层的养分含量明显增加。撂荒具有较早归还凋落物和增加土壤养分的能力,对维持杉木人工林持续生产力有着重要的作用。

关键词:杉木林采伐迹地;自然恢复;撂荒;生物量;养分积累;土壤养分;植物生长对策

Biomass dynamic and nutrient accumulation of natural restoration at early stage after fallow in clear-cutting forestland of Chinese fir plantation

XIANG Wen-Hua, TIAN Da-Lun, YAN Wen-De, KANG Wen-Xing, FANG Xi (Research Section of Ecology, Central South Forestry University, Zhuzhou, Hu'nan, 412006, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2003, 23(4): 695~702.

基金项目:国家重点野外台站资助项目([2000]-076 号);国家林业局重点科研资助项目(2001-07、2001-29);湖南省科委重大资助项目(99JZY1004)

收稿日期:2002-04-29;修订日期:2002-11-20

作者简介:项文化(1967~),男,湖北省麻城市人,博士生,副教授,主要从事森林生态及社会林业的研究。Email: xwh510@sohu.com. Fax: 0733-8703458

Foundation item: Research Program of National Key Scientific Station for Field Observation (No. [2000]-076), Key Research Program of State Forestry Administration (No. 2001-07 and No. 2001-29), and Key Research Program of Hu'nan Science and Technology Commission (No. 99JZY1004)

Received date: 2002-04-29; **Accepted date:** 2002-11-20

Biography: XIANG Wen-Hua, Doctor candidate, Associate Professor, major research fields focus on Forest Ecology and Social Forestry.

万方数据

Abstract: Fallow is one of the key practices used in traditional Chinese fir management system to sustain long-term site productivity through increasing soil nutrient contents. The underlying principle of the practice is based on the hypothesis that vegetative regrowth of native plants after fallow results in the accumulation of high nutrient contents in these plants by increasing nutrient uptake due to their root system. When the regrowth is slashed and retained on the site, the nutrients returned to soil can improve site fertility. However, there is a deficiency of experimental data to validate this hypothesis. Based on the data collected from research in Huitong Ecological Station in Hunan Province, China, biomass dynamic and nutrient accumulation of natural restoration in a clear-cutting forestland of Chinese fir plantation were studied.

Our results showed that during the first 4 years after fallow, the native grass community was dominated in herbaceous species, such as *Misocanthus floridulus*, *Arthraxon hispidus*, *Erigeron annuus*. In the fifth year following fallow, the vegetation became dominated in shade-intolerant shrub species. The height of the native shrubs increased rapidly and formed different storeys depending on their species. *Alniphyllum fortunei* and *Ilex micrococca* accounted for a large proportion of stumpage in the storey over 3m high. The storey of 2~3m high shrub was dominated in *Liquidambar formosana*, *Melia azedarach* and *Litsea cubeba*. The total biomass of native vegetative regrowth following fallow increased from 1.798t/hm² in the first year to 16.235t/hm² in the fifth year. The shrub component of the biomass ranged from 1.048 to 7.773 t/hm² and the herb component ranged from 0.75 to 6.929 t/hm². In the fifth year following fallow, the annual biomass production from vegetative regrowth was 4.18 t/(hm² · a), which approximated the annual wood biomass production of a 7-year-old second-rotation Chinese fir plantation. The biomass of regrowth benefited the soil in two ways: i) by litterfall and ii) by slashing regrowth biomass. In the second year after fallow, the vegetative regrowth began to produce litter on the canopy floor which ranged from 0.892 to 2.044 t/(hm² · a). The nutrients (N, P, K, Ca, Mg) accumulation of plants in the fifth year of 0.566t/hm², comprised of 0.362t/hm² herb and 0.204t/hm² shrub. Thus, if the vegetation is subsequently slashed and retained on soil surface, there will be 0.566t/hm² nutrients added to the soil. The concentration of organic matter, N, P, K, Ca and Mg in 0~10cm soil layer increased markedly in comparison with that in soil of Chinese fir plantation prior to clear-cutting. Due to early litter generation and nutrient accumulation produced by native regrowth in this system, fallow played an important role in sustainable management of Chinese fir plantation. Litter decomposition rate, the role of soil biotic on soil productivity and optimum fallow period, will be subject of further study.

Key words: Chinese fir plantation; clear-cutting forestland; natural restoration after fallow; biomass dynamic; nutrient accumulation; soil nutrients; regrowth strategy

文章编号:1000-0933(2003)04-0695-08 中图分类号:S718.55 文献标识码:A

杉木是我国南方集体林区的主要乡土用材树种,目前我国杉木林面积达 1239.1×10⁴hm²,蓄积量为 47357.33×10⁴m³^①,它在缓解我国经济发展对木材需求的增长和为今后支持天然林保护等重大生态工程的实施起着重要作用。但是,在我国包括杉木林在内的人工林经营管理长期沿袭国外工业化林业(industrial forestry)的经营管理方法,即以法正林(normal forest)为理论核心的用材林经营理论体系^[1~3],采用单一树种连续种植、大面积造林和轮伐作业等方式来调整森林结构,达到木材的永续利用。单一树种栽培和连续种植造成土地退化、林分生产力下降,包括杉木在内的人工林能否维持持久的土地生产力成为

① 国家林业局“八五”森林资源统计数据

林学界广泛关注的问题^[4]。

国内不少学者正在探索对杉木林采伐迹地采用不同的更新方式来维持林地的生产力,如混交林^[5,6]和接近自然林业^[7]等。在杉木中心产区,杉木已有近千年的栽培历史,形成了一套传统的栽培制度和管理方式^[8,9]。这套传统的栽培制度内容为:阔叶林砍伐后进行炼山整地,栽植第1代杉木人工林,杉木具有较高的生产力;杉木采伐后再栽植第2代杉木人工林,这样连续重复栽植杉木2~3代。此后,为了恢复林地生产力,让杉木林采伐迹地休闲8~10a,自然恢复为阔叶林,即撂荒。撂荒的目的是想通过植被的自然恢复来积累养分和恢复林地地力,但目前还没有研究数据来支持这一结论。国内仅有一些研究表明杉木林的林下植被对杉木林的地力维持起着重要作用^[10,11]。Hartemink A. E. 的研究结果表明:热带湿润低山地区轮作制度中作物种植撂荒后,植被恢复的生物量和养分积累是作物生长的重要养分来源^[12]。Uri V. 等在研究农业用地撂荒后营造具有固氮功能的短期人工林时发现其生产力较高,能增加土壤表层的养分量,特别是P元素^[13]。

为了评价撂荒在杉木人工林经营管理过程中的作用,在第1代杉木采伐迹地进行撂荒和自然恢复试验,对其生物量变化和养分含量进行了定位观测,目的是研究我国亚热带地区杉木人工林皆伐后植被自然恢复过程中植物生长对策、植被生产力和养分积累等生态功能过程及其对林地养分状况的影响。研究结果为探讨杉木人工林可持续经营生态学机理和目前实施的退耕还林后植被恢复等生态工程提供基础数据。

1 试验地概况与研究方法

1.1 试验地概况

试验地设置在国家重点野外科学观测试验站会同森林生态系统定位研究站内,该站位于湖南省西南部会同县境内,地理位置为东经109°45',北纬26°50',地貌为低山丘陵,海拔高为270~400m,相对高度在150m以下。气候属典型亚热带湿润性气候,根据该站长期观测的数据,年平均温度为16.8℃,年平均降水量在1100~1400mm之间,年平均相对湿度约为80%。地层属于震旦纪板溪系灰绿色变质板页岩,土壤为山地黄壤。站内设有8个面积为 $2\times 10^4\text{m}^2$ 试验小集水区,8个集水区相互平行且自然地理状况基本上相似,彼此相距不超过100m。撂荒试验在第6号集水区进行,集水区被采伐前为1966年营造的第1代杉木人工林,1989年对第6号集水区杉木林实施皆伐作业,采伐后让林地撂荒进行自然恢复植被。

1.2 研究方法

1.2.1 植物群落调查 在第6号集水区内的山坡、山麓和山谷3个不同坡位各设置2个 $10\text{m}\times 10\text{m}$ 的样地,共6个样地,1990年和1995年的10月分别对6个样地进行植物群落调查。调查时分灌木、草本和藤本3个层次记录植物种类,其中灌木还分物种记录密度、盖度和高度,草本和藤本分物种记录多度和盖度。

1.2.2 生物量测定 在1990年到1995年间的每年10月下旬植物停止生长前和生物前最大时,进行生物量测定。在进行群落调查样地的附近选择有代表性的地段,随机设置 $1\text{m}\times 1\text{m}$ 小样方,共6块,采用分层全挖法测定生物量^[14]。灌木分叶、茎和根3个组分、草本和藤本一起分地上和地下部分2个组分、死地被物分为未分解、半分解和已分解3个组分实测其鲜重,然后对各组分分别混合抽取一定重量的样品置于样品布袋中,用于测定含水率和养分含量,样品带回实验室后将其放置到80℃恒温箱中烘干至恒重,求出含水率以推算各植物组分的干物质量。

1.2.3 土壤样品的采集 分别在杉木林采伐前、采伐撂荒后的第1、2、5、6年在集水区的山坡、山麓和山谷3个不同坡位挖掘土壤剖面,在土壤剖面的0~15cm、15~30cm、30~45cm、45~60cm 4个层次采集土壤样品用于土壤有机质和养分含量分析。

1.2.4 样品的养分化学分析 样品中的N和P分别用半微量凯氏法和721分光光度计测定,K、Ca、Mg均用原子吸收分光光度计测定^[14]。

2 结果分析

2.1 撂荒后自然恢复过程植物生长对策与生物量动态

森林采伐后,生物量丧失导致暂时增加资源的可利用性,如有效水分和养分以及林地地面的辐射能量^[15],植物很快侵入空旷的采伐迹地。撂荒后的第1年灌木层植物种数为4个种,草本层植物有10种,藻

本 5 种,共 19 种。撙荒后的第 5 年植物种类显著增加,植物总种数到达 107 种,其中灌木植物增加幅度最大,增加 59 种,藤本植物次之,增加 19 种,草本植物增加最少,增加 8 种。

树高生长是植被恢复的一个主要分化因子^[15],为了探讨植被的空间结构和分析今后林冠的分化动态,将不同植物高度按森林植物群落层次树木高度划分指标^[16]分为 3 个高度等级,并按耐荫等级统计植物株数,结果见表 1。从表 1 可看出撙荒 5a 后植物树高生长出现了明显的分化,在大于 3m 的树高等级中阳性喜光树种如拟赤杨(*Alniphyllum fortunei*)和小果冬青(*Ilex micrococca*)占有最大的比例,没有耐荫树种。在 2~3m 的高度等级中阳性喜光树种如枫香(*Liquidambar formosana*)、苦楝(*Melia azedarach*)、山苍子(*Litsea cubeba*)等植株数量最多,可见采伐迹地自然恢复早期通常是速生阳性树种占优势。2~3m 高度层中还有一定数量的中性树种,如栲树(*Castanopsis fargesii*)、苦槠(*Castanopsis sclerophylla*)、飞蛾槭(*Acer oblongum*)、冬青(*Ilex purpurea*)等。小于 2m 的下层则以耐荫树种如杜茎山(*Maesa japonica*)为主。这样不同耐荫等级的树种在空间层次上出现分化,预示着植被演替的趋势为:早期阳性喜光树种占绝对优势,然后为中性树种所代替,最终演替为耐荫树种^[15]。

2.1.1 草本植物生物量 表 2 列出了撙荒后 1~5a 草本植物生物量的变化情况。草本植物总生物量为 0.75~6.929 t/hm²。撙荒后 1~3a 草本植物的总生物量随恢复时间的增加而增加,4a 后逐渐下降。1~3a 间以地下部分的生长为主,其生物量大于地上部分,4a 后则相反,且地上部分生物量一直保持增长趋势,说明地下根系的生长在草本定居早期起着重要作用,随后开始争夺地上的生长空间。

2.1.2 灌木层生物量 灌木层总生物量为 1.048~7.773 t/hm²,随恢复演替进程而增加(表 3)。叶和茎的生物量一直保持增长势头,根系的生物量则在撙荒的 1~4a 间增加,4 年后生长较为稳定,略有下降。1~4a 各组分生物量的分配规律为根>茎>叶,灌木的根系占领地下生存空间后,茎高生长后加快,植物开始分化形成不同的群落层次结构。

表 2 杉木林采伐迹地自然恢复草本层生物量变化表
Table 2 Change in herb biomass over 1~5 year after fallow in clear-cutting land of Chinese fir plantation

年龄 Year(a)	草本层生物量 Herb biomass (t/hm ²)		
	地上部分 Aboveground	地下部分 Underground	合计 Total
1	0.232	0.518	0.750
2	1.249	1.147	2.396
3	3.326	3.603	6.929
4	3.740	2.963	6.703
5	3.777	2.641	6.418

2.1.3 死地被物层生物量 从表 4 可以看出撙荒 2a 后植被系统开始产生枯落物。随植被恢复时间增加,死地被物生物量从 0.892 t/hm² 增加到 2.044 t/hm²,第 4 年林地存在已分解的死地被物,说明植被系统已有养分归还给土壤。根据本定位站测定结果,第 2 代杉木人工林要到 7a 后才产生凋落物,其分解速度比较低,可见撙荒具有较早产生凋落物归还养分来提高土壤生产力的机理。

2.1.4 撙荒后植被生态系统总生物量 撙荒 1a 后自然恢复的植被总生物量为 1.798t/hm²,5a 后增加到 16.235t/hm²。图 1 显示,其中草本植物与灌木的总生物量有着不同的变化趋势,1~3a 草本植物的生物量保持增长的趋势,4a 后开始下降,第 5 年灌木生物量超过草本植物,成为植被群落优势种。撙荒后第 5 年植被系

表 1 撙荒后自然恢复 5a 时不同耐荫类型与树高等级的植物株数
Table 1 Number distribution of trees in different shade-tolerance classes and height grades in the fifth year after fallow

耐荫类型 Shade-tolerance classes	各树高(H)等级的植物株数 (trees/ hm ²) Tree number in different height grades		
	H≥3m	2m≤H<3m	H<2m
阳性树种 Shade-intolerance	84.00	1402.00	13502.00
中性树种 Neutral	17.00	583.00	1966.00
耐荫树种 Shade-tolerance	0	117.00	19350.00

2~3m 高度层中还有一定数量的中性树种,如栲树(*Castanopsis fargesii*)、苦槠(*Castanopsis sclerophylla*)、飞蛾槭(*Acer oblongum*)、冬青(*Ilex purpurea*)等。小于 2m 的下层则以耐荫树种如杜茎山(*Maesa japonica*)为主。这样不同耐荫等级的树种在空间层次上出现分化,预示着植被演替的趋势为:早期阳性喜光树种占绝对优势,然后为中性树种所代替,最终演替为耐荫树种^[15]。

表 3 杉木林采伐迹地自然恢复灌木层生物量变化表
Table 3 Change in scrub biomass over 1~5 year after fallow in clear-cutting land of Chinese fir plantation

年龄 Year(a)	灌木层生物量 Scrub biomass (t/hm ²)			
	叶 Leaf	茎 Stem	根 Root	合计 Total
1	0.226	0.388	0.434	1.048
2	0.708	1.102	1.246	3.056
3	0.621	1.662	2.678	4.961
4	0.761	1.912	2.679	5.352
5	1.434	3.954	2.385	7.773

表 4 杉木林采伐迹地自然恢复死地被物层生物量变化表

Table 4 Change in litter biomass over 1~5 year after fallow in clear-cut land of Chinese fir plantation

年龄 Year(a)	死地被物生物量 Litter biomass (t/hm ²)			
	未分解 Un-decom- position	半分解 Semi- decompo- sition	已分解 Decomposition	合计 Total
1	0	0	0	0
2	0.892	0	0	0.892
3	1.350	0	0	1.350
4	0.905	0.511	0	1.416
5	0.513	1.277	0.254	2.044

统的年生产力为 4.18 t/(hm²·a),接近 7 年生第 2 代杉木人工林年平均净生产力水平(4.44 t/(hm²·a))^[17]。

2.2 撂荒 5a 后植被的养分积累与分布

2.2.1 撂荒后植被的养分含量 撂荒 5a 后灌木中 N、P、K、Ca、Mg 等 5 种养分元素平均含量分别为 11.57、0.87、8.25、8.57 和 2.54g/kg,草本为 15.68、1.43、17.36、8.65 和 3.51g/kg。从撂荒 5a 后植被中灌木和草本的养分元素含量与第 1、2 代杉木人工林树叶比较结果(图 2)可看出,除第 2 代杉木林树叶中 Ca 元素外,撂荒 5a 后植被中灌木和草本养分含量大于第 1、2 代杉木林树叶的养分含量,说明自然演替的植被系统具有较强的养分富集功能。

2.2.2 撂荒后植被的养分积累与分布 撂荒 5a 后植被系统养分积累总量为 0.647t/hm²,其中草本的养分积累量最大为 0.362t/hm²,其次为灌木的养分积累 0.204t/hm²,死地被物最低,为 0.080t/hm²(表 5)。5 种养分元素积累量的排列顺序为 N>K>Ca>Mg>P。由于撂荒的最终目的是将恢复的植被砍伐留在林地上,通过生物量的分解养分归还给土壤。如果撂荒 5a,则植被系统可以归还给土壤 0.566t/hm² 的养分量。

2.3 撂荒后林地土壤养分变化

随着植被恢复演替,死地被物积累与分解、植物和土壤相互作用对土壤养分状况产生影响^[18]。表 6 列出了杉木林采伐前和撂荒后土壤有机质与养分的变化情况。撂荒后土壤表层(0~10cm)的有机质含量的变化反映了死地被物积累与分解状况。杉木采伐后撂荒的第 1 年由于有机质的分解引起有机质含量下降,从采伐前的 31.56g/kg 下降为 25.83g/kg,此后自然恢复的植被开始产生死地被物(表 4,图 1),有机质含量开始增加,逐步超过采伐前的水平,撂荒 6a 后土壤有机质含量到达 31.89g/kg。其他层次则由于有机质分解其含量呈下降趋势。

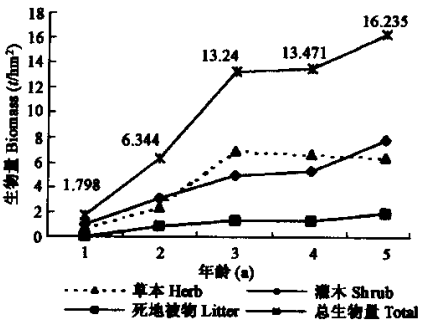


图 1 杉木采伐迹地自然恢复系统生物量动态变化

Fig. 1 Biomass dynamic of natural restoration after fallow in clear-cutting forestland of Chinese fir plantation

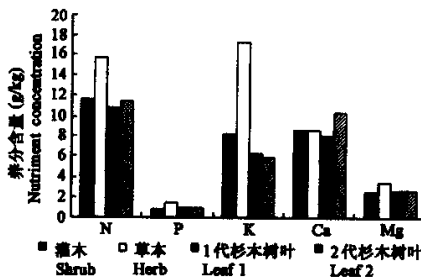


图 2 采伐迹地撂荒后植被的养分含量与杉木林的比较

Fig. 2 Nutrients concentrations of vegetation after fallow compared with leaves of two generations of Chinese fir plantations

表 5 撂荒 5a 后自然恢复植被系统的养分积累量

Table 5 Nutrients accumulation of vegetation at 5 year after fallow in clear-cutting forestland of Chinese fir plantation

项目 Item	养分元素 Nutrient elements (t/hm ²)					小计 Sub-total
	N	P	K	Ca	Mg	
灌木 Shrub	0.074	0.006	0.053	0.055	0.016	0.204
草本 Herb	0.122	0.011	0.135	0.067	0.027	0.362
死地被物 Litter	0.028	0.002	0.026	0.018	0.006	0.080
总计 Total	0.224	0.019	0.214	0.140	0.050	0.647

表 6 杉木林采伐迹地撂荒后土壤养分含量的变化

Table 6 Changes of nutrients concentration in soils over 6 years after fallow and prior to clear-cutting of Chinese fir plantation

土壤采样时间 Sampling time	土壤深度 Depth(cm)	pH	有机质(g/kg) Organic matter	土壤养分含量 Nutrient elements (g/kg)				
				N	P	K	Ca	Mg
采伐时	0~15	4.300	31.56	1.45	0.31	19.27	1.06	2.24
Soil samples prior to clear-cutting	15~30	4.350	35.12	1.24	0.26	19.64	—	2.20
	30~45	4.350	28.13	1.11	0.26	19.61	—	2.25
	45~60	4.250	21.45	0.89	0.29	19.22	—	2.15
撂荒后 1a	0~15	4.620	25.83	2.00	0.75	19.05	1.08	4.51
Soil samples over 1 year after fallow	15~30	4.440	21.05	1.68	0.70	18.74	1.07	4.45
	30~45	4.360	18.71	1.46	0.56	21.11	1.07	3.58
	45~60	4.480	17.76	1.39	0.53	17.27	1.08	3.71
撂荒后 2a	0~15	4.880	31.69	2.25	0.39	24.76	1.44	2.64
Soil samples over 2 years after fallow	15~30	4.620	23.87	1.73	0.36	23.81	1.34	2.73
	30~45	4.650	17.02	1.34	0.34	21.81	1.52	3.00
	45~60	4.825	11.75	1.22	0.34	22.04	1.38	3.08
撂荒后 5a	0~15	4.380	31.25	1.68	0.37	16.22	1.10	3.45
Soil samples over 5 years after fallow	15~30	4.410	26.10	1.45	0.35	16.35	1.10	3.57
	30~45	4.260	16.72	1.18	0.34	16.64	1.10	3.75
	45~60	4.330	15.98	1.15	0.27	18.61	1.10	3.03
撂荒后 6a	0~15	5.055	31.89	2.04	0.39	27.68	1.90	3.00
soil samples over 6 years after fallow	15~30	4.875	18.61	1.52	0.38	28.22	0.94	3.21
	30~45	4.860	12.23	0.097	0.34	28.32	0.89	3.20
	45~60	4.760	12.00	0.123	0.30	29.00	0.94	3.18

撂荒后 N、P、K、Ca、Mg 等 5 种主要的土壤养分含量在各个土壤层次表现出相似的变化规律。同采伐前杉木林地相比,土壤养分元素含量均有所增加,其中土壤表层(0~10cm)更为明显。撂荒后土壤养分含量有一个较大的增加过程,主要是因为采伐后土壤水热条件改变使有机质分解速度加快,释放较多的养分^[15],随后由于植物生长对养分的吸收,土壤的养分含量有所降低,但后来自然恢复植被产生的死地被物逐步分解使土壤养分含量开始增加。

3 结论与讨论

3.1 撂荒后植被恢复过程中的植物生长对策

F. H. 鲍尔曼等在研究美国北方阔叶林皆伐后植被生长对策时指出,皆伐后 1a 或 2a 内出现的植被比较杂乱,草本植物占优势,5a 分化较快^[15]。史立新等将川西暗针叶林采伐迹地早期植被演替分为草本、灌木和小叶林群落 3 个阶段,提出采伐应保证不失去森林环境的前提下实行小面积皆伐,保留母树和人工植苗促使森林的恢复^[19]。会同杉木林采伐迹地撂荒后 1~4a 为草本植物阶段,五节芒、荩草和一年蓬为优势种。撂荒 5a 后灌木层植物树高生长出现了明显的分化,在大于 3m 的树高等级中阳性喜光树种如拟赤杨和小果冬青占有最大的比例,而没有耐荫树种。在 2~3m 的高度等级中阳性喜光树种如枫香、苦楝和山苍子等植株数量最多,可见采伐迹地自然恢复早期通常是速生阳性树种占优势。2~3m 高度层中还有一定数量的中性树种,如栲树、苦槠、飞蛾槭和冬青等。小于 2m 的下层则以耐荫树种如杜茎山为主。这样不同耐荫等级的树种在空间层次上出现分化,预示着植被演替的趋势为:早期阳性喜光树种占绝对优势,然后为中性树种所代替,最终演替为耐荫树种。在会同大面积人工造杉木林后,采伐迹地边缘没有地带性植被母树,相应的种子库较少,自然更新演替进程较慢,要促进自然恢复的演替进程需要人为干预。同时在森林资源管理过程中要充分考虑,陡坡和山坡上部造阔叶林,下坡肥沃地造杉木林,这样 1 个集水区内通过径流将上部阔叶林的养分带到下部杉木林中,同时杉木采伐后不影响生态环境,周边阔叶林可形成边缘效应,

有利于自然植被恢复。

3.2 撂荒后植被生物量与生产力

撂荒后自然恢复的植被总生物量从 $1.798\text{t}/\text{hm}^2$ 增加到 $16.235\text{t}/\text{hm}^2$, 5a 后植被系统的年生产力为 $4.18\text{t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$, 接近 7a 生第 2 代杉木人工林年平均净生产力水平 ($4.44\text{t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$)。撂荒后植被演替过程中的生物量动态表现为:以生物量积累为标准的优势度由发生种间转移^[15]。史立新等研究结果表明采伐迹地的前 3a 以草本植物生物量为主, 3~15a 后下降, 灌木生物量逐步增加, 到 20a 达最大值, 此后乔木层生物量进入高峰期^[18]。湖南会同杉木人工林采伐迹地撂荒后的自然恢复有相似的规律, 1~4a 草本植物的生物量占优势, 5a 后灌木生物量超过草本植物, 成为植被群落优势种。草本植物在 1~3a 间地下部分生物量较高, 随恢复时间的增加而增加, 4a 后逐渐下降, 地上部分也与总生物量变化保持同步, 地下根系的生长在定居中有重要作用。灌木总生物量随恢复演替进程保持增加势头, 叶和茎具有相似的增长规律, 根则在头 4a 增加, 4a 后生长较为稳定, 略有下降。1~4a 个器官生物量的分配规律为根 > 茎 > 叶, 4a 后茎生长较快, 植物定居后高生长加快, 从而分化形成不同的群落层次结构。

3.3 撂荒后植物的养分积累与归还及其对土壤养分的影响

林下植被在杉木林养分循环和稳定林分生产力方面有着积极的影响^[10,11]。本研究结果表明, 杉木采伐迹地撂荒 2a 后植被系统就开始产生枯落物, 随植被恢复时间增加, 死地被物生物量从 $0.892\text{t}/\text{hm}^2$ 增加到 $2.044\text{t}/\text{hm}^2$, 第 4 年林地存在分解的死地被物, 说明植被系统已有养分归还给土壤。第 2 代杉木人工林要到 7a 后才产生凋落物, 其分解速度比较低, 撂荒能较早产生凋落物归还养分来恢复土壤的生产力。

LU 等对亚马逊流域次生植被恢复对土壤特性影响的结果表明, 在土壤肥力条件较好的林地, 植被生物量的积累有利于提高土壤肥力和改善土壤的物理特性^[18]。在强降雨量和陡坡的热带林区, 次生林采伐后自然恢复的 1~5a 间土壤养分因土壤侵蚀而下降, 但比种植经济作物和农林复合经营的养分含量高^[20]。在会同生态站的小集水区内, 水热条件较好且林地的坡度不大, 杉木采伐后自然植被恢复速度较快, 植物能很快控制土壤侵蚀。与采伐前杉木林地相比, 撂荒后 N、P、K、Ca、Mg 等 5 种主要的土壤养分含量均有所增加, 其中土壤表层 (0~10cm) 更为明显。撂荒后土壤养分含量有一个较大的增加过程, 主要是因为采伐后土壤水热条件改变使有机质分解速度加快, 释放较多的养分^[15], 随后由于植物生长对养分的吸收, 土壤的养分含量有所降低, 但后来自然恢复植被产生的死地被物逐步分解使土壤养分含量开始增加。同时, 由于撂荒的最终目的是将恢复的植被砍伐留在林地上, 通过分解将养分归还给土壤, 如果撂荒 5a, 则植被系统可以归还给土壤 $0.566\text{t}/\text{hm}^2$ 的养分量, 说明了撂荒对维持人工林持续生产力有着重要的作用。但是, 撂荒后死地被物的分解过程、土壤微生物的作用和最佳的撂荒时间 (植被养分积累出现最大值的时间) 还有待进一步研究。

References:

- [1] Yu Z Z. *Forest management* (second edition). Beijing: Chinese Forestry Press, 1993.
- [2] John Dargavel, Mary Hobley. Forestry of development and underdevelopment of forestry. In: John Dargavel and Gary Simpson eds. *Forestry: success or failure in developing country?* Centre for Resource and Environmental Study, Australian National University, 1985: 1~37.
- [3] Thomas C. Marcin. Integrating social sciences into forest ecosystem management research. *Journal of Forestry*, 1995: 29~33.
- [4] Sheng W T. *Research on soil degradation in Chinese fir plantation*. Beijing: Chinese Science and Technology Press, 1992.
- [5] Feng Z W, Chen C Y, Zhang J W, et al. A coniferous broad-leaved mixed forest with higher productivity and ecological harmony in subtropic-study on mixed forest of *Cunninghamia lanceolata* and *Michelia marclurei*. *Acta Phytocologica et Geobotanica Sinica*, 1988, **12**(3): 165~180.
- [6] He G P, Chen Y T, Hu B T, et al. Study on the biomass and soil fertility of pure and mixed stands of *Cunninghamia lanceolata*, *Liriodendron chinese* and *Sassfras tsumu*. *Forest Research*, 2001, **14**(5): 540~547.
- [7] Zhang D H, Ye Z F, Wang B X, et al. Application of "nature-approximating forestry" management method young

- Chinese fir plantation. *Chin. J. App. Environ. Bio.*, 2001, **7**(3): 219~223.
- [8] Wu Z L. *Chinese fir*. Beijing: Chinese Forestry Press, 1983. 2~3.
- [9] Yu X T. *Silviculture of Chinese fir*. Fuzhou: Fujian Science and Technology Press, 1996.
- [10] Yao M H, Sheng W T, Xiong Y Q. The effects of undergrowth on productivity of Chinese fir plantation. *Forest Research*, 1991, **4**(3): 246~252.
- [11] Fang Q. Effects of strengthening soil and cover plants management on energy utilization and nutrient cycle of ecosystem biomass in *Cunninghamia lanceolata*. *Scientia Silvae Sinicae*, 1990, **26**(3): 201~208.
- [12] Alfred E. Hartemink. Biomass and nutrient accumulation of *Piper Aduncum* and *Imperata cylindrica* fallows in the humid lowland of Papua New Guinea. *Forest Ecology and Management*, 2001, **144**: 19~32.
- [13] Veiko Uri, Hardi Tullus, Krista Lohmus. Biomass production and nutrient accumulation in short-rotation grey alder (*Alnus incana* (L.) Moench) plantation on abandoned agricultural land. *Forest Ecology and Management*, 2002, **161**: 169~179.
- [14] Department of Science and Technology of Chinese Forestry Ministry. *Methodology for long-term and located research of forest ecosystem*. Beijing: Chinese Science and Technology Press, 1994.
- [15] Edited by Bormann F H and Likens G E. Translated by Li J W, *et al.* *Pattern and Process in a Forested Ecosystem*. Beijing: Science Press, 1985. 122~144.
- [16] Li J W. *Forest ecology* (second edition). Beijing: Chinese Forestry Press, 1994.
- [17] Liu X Z, Tian D L, Kang W X, *et al.* Researches on Biomass of second generation of young Chinese fir plantation. *Scientia Silvae Sinicae*, 1997, **33**(Sp. 2): 61~66.
- [18] Lu, D, Moran E and Mausel P. Linking Amazon secondary succession forest growth to soil properties. *Land Degradation & Development*, 2002, **13**: 331~343.
- [19] Shi L X, Wang J X, Su Y M, *et al.* Earlier-stage succession of vegetation on the clear-cuts in Mialou forest district in western Sichuan. *Acta Phytocologica et Geobotanica Sinica*, 1988, **12**(4): 306~313.
- [20] McDonald M A, Healey J R, Stevens P A. The effects of secondary forest clearance and subsequent land-use on erosion and soil properties in the Blue Mountains of Jamaica. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 2002, **92**: 1~19.

参考文献:

- [1] 于政中主编. 森林经理学(第二版). 北京: 中国林业出版社, 1993.
- [4] 盛炜彤主编. 杉木人工林地力衰退的研究. 北京: 中国科学技术出版社, 1992.
- [5] 冯宗炜, 陈楚莹, 张家武, 等. 一种高生产力和生态协调的亚热带阔混交林——杉木火力楠混交林的研究. 植物生态学与地植物学学报, 1988, **12**(3): 165~180.
- [6] 何贵平, 陈益泰, 胡炳堂, 等. 杉木与马褂木、檫树混交林及其纯林生物量和土壤肥力研究. 林业科学研究, 2001, **14**(5): 540~547.
- [7] 张鼎华, 叶章发, 王伯雄, 等. “近自然林业”经营法在杉木人工幼林经营的应用. 应用与环境生物学报, 2001, **7**(3): 219~223.
- [8] 吴中伦主编. 杉木. 北京: 中国林业出版社, 1983. 2~3.
- [9] 俞新妥编著. 杉木栽培学. 福州: 福建科学技术出版社, 1996.
- [10] 姚茂和, 盛炜彤, 熊有强. 林下植被对松林人工林生产力的影响研究. 林业科学研究, 1991, **4**(3): 246~252.
- [11] 方奇. 加强土壤和地被物管理对杉木林生态系统生物量能量利用与养分循环的影响. 林业科学, 1990, **26**(3): 201~208.
- [14] 林业部科技司主编. 森林生态系统定位研究方法. 北京: 中国科学技术出版社, 1994.
- [15] F. H. 鲍尔曼, 等著. 李景文, 等译. 森林生态系统格局与过程. 北京: 科学出版社, 1985. 122~144.
- [16] 李景文主编. 森林生态学. 第二版. 北京: 中国林业出版社. 1994.
- [17] 刘焯章, 田大伦, 康文星, 等. 第二代杉木幼林生物量的研究. 林业科学, 1997, **33**(Sp. 2): 61~66.
- [19] 史立新, 王金夕, 宿以明, 等. 川西米亚地区暗针叶林采伐迹地早期植被演替与土壤特性的关系. 植物生态学与地植物学学报, 1988, **12**(4): 306~313.