

文章编号: 100F 1498(2002) 06 0629 08

# 杉木及其人工林自身特性 对长期立地生产力的影响

盛炜彤, 范少辉

(中国林业科学研究院林业研究所, 北京 100091)

**摘要:** 本文系统地研究并综合了有关杉木及其人工林自身特性对长期立地生产力的影响的研究资料, 认为杉木及其人工林自身的特性存在许多对地力维护不利的因素: (1) 杉木凋落物发生晚, 大量凋落物发生在 14—15 a 前后; (2) 杉木枯死枝叶具宿存特性, 10—15 a 期间大部分枯死枝叶在树上, 影响枯死枝叶的分解; (3) 杉木凋落物养分含量低, 如 N 含量只有阔叶树的 30%—50%, 因此凋落物营养元素积累低; (4) 凋落物分解速率慢, 分解速度在 45% 以下, 而宿存于树上的枯死枝叶分解速率更慢; (5) 杉木为速生树种, 尤其在 15 a 年前生长量大, 吸收养分多, 而养分归还少, 杉木人工林养分循环速率不及 40%; (6) 杉木人工林培育密度较大, 在 15 a 前很少有林下植物生长, 在 20 a 后才有较好的林下植被发育, 人工林长期处在单一的群落结构, 很难发挥林下植被对地力的维护和改良作用。从现有的研究资料看, 杉木及其人工林自身对地力维护有不利影响, 是引起杉木林地土壤肥力及长期生产力下降的重要因素之一。

**关键词:** 杉木; 杉木人工林; 地力维护能力; 长期立地生产力

中图分类号: S791.27

文献标识码: A

关于杉木(*Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.) 人工林地力退化, 已有许多研究, 研究的重点主要是杉木人工林连栽所引起的土壤退化。对引起杉木人工林土壤退化的原因也有许多探讨, 但探讨得较多的主要是营林措施, 如炼山、整地所引起的水土流失和养分损耗及连作导致的地力下降<sup>[1-6]</sup>。对杉木及其人工林自身引起立地生产力变化虽有研究, 但多分散、不系统, 更无专门的研究报道。本文系统地研究了杉木人工林引起地力变化的原因, 是个综合因素, 杉木自身的生物学特性及其人工林传统培育方法也存在对土壤演化不利的因素。本文拟将此次研究的结果和过去分散、不系统的研究资料加以系统分析, 研究杉木及其人工林自身的特性对立地生产力的影响。

## 1 杉木枯死枝叶凋落特性

### 1.1 开始凋落的时期及林分不同年龄时期凋落量

1.1.1 枯死枝叶凋落时期 杉木是常绿树种, 叶子的寿命可达 5 a, 但 5 a 时已有相当部分叶子凋落。杉木人工林通常在 4—5 a 郁闭成林, 4—5 a 后发生自然整枝, 此时整枝高度可达 0.5

1.2 m, 8 a 时达 2.0—2.5 m, 10 a 时达 3—4 m, 12 a 时达 4—5 m<sup>[7]</sup>。因此 5 a 以后才有枯落

收稿日期: 2002-08-20

基金项目: 1997—2000 年国家自然科学基金资助重点项目“杉木桉树人工林长期生产力保持机制的研究”(39630240)

作者简介: 盛炜彤(1933), 男, 江苏海门人, 研究员。

物产生。根据福建资料,5 a时已有  $63 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  凋落物,其中  $26 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  为凋叶量<sup>[8]</sup>。江西分宜县中国林科院亚林实验中心定位观测结果为:林龄6 a时,不同密度(株行距:  $2 \text{ m} \times 3 \text{ m}$ ,  $2.0 \text{ m} \times 1.5 \text{ m}$ ,  $2 \text{ m} \times 1 \text{ m}$ ,  $1.0 \text{ m} \times 1.5 \text{ m}$  及  $1 \text{ m} \times 1 \text{ m}$ ) 的枯落物量分别为  $37.5$ 、 $112.5$ 、 $58.5$ 、 $141.0$ 、 $1794.0 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ,大体上6 a时枯落物量是随密度而增加的,但  $2.0 \text{ m} \times 1.5 \text{ m}$  及  $2 \text{ m} \times 1 \text{ m}$  的株行距是常规的造林密度。广西大青山的定位观测结果为:7 a时,  $2.0 \text{ m} \times 1.5 \text{ m}$  及  $2 \text{ m} \times 1 \text{ m}$  造林密度的林分枯落物量分别为  $16.5$ 、 $48.6 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ; 而四川纳溪7 a时分别为  $194.9$ 、 $295.01 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ <sup>[9]</sup>。总之,杉木人工林进入5、6 a后才发生枯落物,而且枯落物量不大,通常在  $100 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  以下,故还回的养分也较少,不像阔叶树林,每年均有较多的凋落物归还林地。

1.1.2 林分不同年龄时期的凋落物量 一般在10 a前,杉木人工林凋落物量是很少的,而发生大量凋落物是在14—15 a以后,此时凋落物量可达  $3—4 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ ,也就是杉木人工林以凋落物的形式归还养分是在进入中龄林的14—15 a后,在此之前归还还是较少的。

据福建的研究表明,16地位指数的人工林,5、10、15、19 a时凋落物量分别为:  $63$ 、 $475$ 、 $2265$ 、 $3275 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。不同栽植代数杉木的凋落物量有明显差异,在连续2 a观测中,中龄林和成熟林凋落物量1代分别为:  $3.59$ 、 $4.86 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ ,2代分别为:  $2.80$ 、 $3.83 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。这可能与1、2代杉木林生长差异有关。江西分宜亚林实验中心的定位观测(两个相邻地点,不同年龄段的观测)结果(图1)表明,杉木人工林枯落物量从5 a开始是逐年上升的,14 a时达到  $2 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ ,15 a时即可达  $3 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ ,以后年凋落量可达  $4—5 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ <sup>[9, 10]</sup>。即杉木人工林在14、15 a以后,才有大量凋落物产生。当然不同地点,不同林分因密度与立地的差别而有所差别。

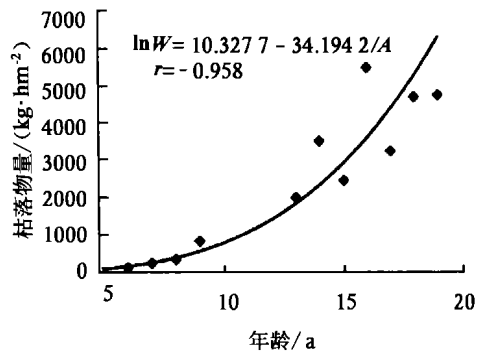


图1 杉木不同年龄阶段枯落物量

## 2 杉木枯死枝叶的宿存特性

杉木人工林的特性与一般人工林包括一些针叶人工林的不同,即枯死枝叶宿存树干而不及时间凋落。一般的针叶树只枯死枝宿存树干,而叶丛是凋落的,但杉木枯死枝与叶可在树干上宿存数年(约4 a)而不凋落。这种特性有碍于枯死枝叶的分解和养分的归还速度。

据福建的调查资料(地位指数16的人工林)<sup>[8]</sup>(表1)表明,杉木人工林枯死枝叶,在10 a前是以宿存为主,极大部分宿存在树干上,15 a后才以凋落为主,但宿存比重仍比较大,宿存量为凋落量的20.1%—25.3%。宿存量与不同发育阶段的关系较密切,宿存量以中龄为最大。不同地位指数间略有差别,以立地条件好的宿存量为大。但不同栽植代数间宿存量无明显规律。在幼龄林阶段,枯死枝叶的宿存量变化幅度为  $0.70—1.26 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ ,中龄林为  $6.51—9.43 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ ,成熟林为  $2.39$

表1 不同年龄杉木人工林枯死枝叶在树干的宿存量

存在状态	宿存量/( $\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$ )				均值
	5 a	10 a	15 a	19 a	
宿存	0.307	7.520	1.691	2.616	3.043
凋落	0.063	0.475	2.265	3.275	1.520
合计	0.370	7.995	3.956	5.891	4.563

2.83 t·hm<sup>-2</sup>。又根据张家诚等<sup>[11]</sup>在江西分宜亚林实验中心的调查, 14 指数级, 13 年生密度为 2 000 株·hm<sup>-2</sup>的林分, 树上宿存枯枝叶总量达 4 108.0 kg·hm<sup>-2</sup>, 相当于枯枝叶层生物量的 35.4%。上述林分枯死枝叶在树干的分布状况见表 2。

表 2 林冠层枯死枝叶生物量的高度分布

层序	高度 /m		枯死枝量/ (kg·hm <sup>-2</sup> )	枯死叶量/ (kg·hm <sup>-2</sup> )	小计/ (kg·hm <sup>-2</sup> )
1	6.7	8.0	1 816.20	648.60	2 464.80
2	5.5	6.7	675.28	146.06	821.34
3	4.5	5.5	423.63	69.33	492.76
4	3.5	4.5	328.90		328.90
合计			3 244.01	863.99	4 108.00

表 2 所示, 4 个高度反映了 4 a 的枝叶(主干上前 1 a 发生的枝条与后 1 a 年发生的枝条之间, 可明显辨别)。层序 1 是最近 1 a 的枯死枝叶, 宿存量最大, 从层 1 到层序 4 枯死枝叶是逐层下降的。大体在树干上可保存 4 a 的宿存枝, 3 a 的宿存叶(厚度达 4—5 m), 宿存枯死枝量为 3 244.01 kg·hm<sup>-2</sup>, 宿存叶为 863.99 kg·hm<sup>-2</sup>。

### 3 杉木枯死枝叶的分解

杉木枯死枝叶养分含量低, 分解速度慢。枯死枝叶分解分两种情况, 一种情况是凋落于地面的, 另一种是宿存于树干上的, 这两种枯死枝叶的分解速率不同。宿存在树干上的枯死枝叶的分解速度比凋落于地上的慢。

#### 3.1 凋落物的养分含量

郑临驹等<sup>[12]</sup>在福建的研究结果(表 3)表明, 不同年龄及不同立地条件杉木凋落物的养分含量略有不同, 但基本规律一致, N、P、K 的含量均较低, 尤其是 N。同常绿阔叶林凋落物养分含量相比较, 杉木凋落物养分含量则明显低于阔叶林。杭州西郊午潮山常绿阔叶林凋落物的 N、P、K、Ca、Mg 的平均含量(2 a 测定资料)分别为 15.89、0.74、4.36、7.46、1.24 g·kg<sup>-1</sup><sup>[13]</sup>。又如鼎湖山常绿阔叶林凋落物的 N、P、K、Ca、Mg 含量分别为 14.1、0.65、4.7、3.4、1.4 g·kg<sup>-1</sup><sup>[14]</sup>, 两种林分的凋落物的 N 含量远高于杉木凋落物, 达到了 3 倍。就枯叶而言, 也近似这种情况。如锥栗(*Castanea henryi* (Skan) Rehd. et Wils.)、木荷(*Schima crenata* Korthals)、厚壳桂(*Cryptocarya chinensis* (Hance) Hemsl.)凋落叶 N 的含量分别为 14.3、11.6、12.3 g·kg<sup>-1</sup>, 而杉木凋落叶的养分含量(不同年龄与立地)平均为 5—6 g·kg<sup>-1</sup>。杉木凋落物的低养分含量不利于养分循环。

表 3 不同地位指数不同林龄杉木凋落物养分含量

林龄/a	N		P		K		Ca		Mg	
	16	14	16	14	16	14	16	14	16	14
5	4.7	—	0.34	—	2.2	—	10.3	—	0.6	—
10	4.8	3.6	0.42	0.30	3.7	3.9	16.3	14.4	1.4	1.5
15	4.7	3.1	0.46	0.32	4.1	4.3	8.7	8.7	1.0	1.0
19	6.7	4.4	0.61	0.55	5.1	6.1	8.4	7.6	1.0	1.4
平均	5.2	3.7	0.50	0.40	3.8	4.8	10.9	10.7	1.0	1.3

#### 3.2 凋落物分解速率

由于林分所处环境和测定计算方法不完全一致, 各地所测凋落物分解速率不尽相同, 如湖南会同为 48.4%, 同为江西分宜林科院亚林中心, 不同地点, 不同人测定的结果也不一致, 如

上村林场测定结果为 43.3%，山下林场位于山脊的为 18.3%，位于山坡的为 19.37%，位于山洼的为 26.87%<sup>[15]</sup>。此次在亚林中心在相同立地同期进行了 2 a 观测，1 代中龄林在 12—14 a 阶段，枯枝落叶的分解速率平均为 36.1%，2 代林则为 26.3%。福建南平的研究，不论是新鲜凋落物，还是地面枯落物，第 1 a 失重率均下降较快，在分解 11 个月时，1、2 代中龄林与成熟林凋落物累计值分别为 41.30%—47.86% 和 41.04%—47.67%，随后第 2 a 凋落物分解变缓；分解 25 个月，1、2 代中龄林及成熟林失重率累计分别为 79.95%—88.65%、76.79%—87.12%。杉木中龄林枯落物平均分解速率为 46.37%，成熟林平均为 46.34%。又根据范少辉在福建实测资料，采伐剩余物分解 50% 需要 18 个月，分解 95% 需要 90 个月。从各地报道测定的情况看，杉木枯落物分解速率大体为 25%—45%，而采伐剩余物的分解则更慢。这个分解速率与阔叶树相比，是比较缓慢的。如白栎 (*Quercus albus* L.)、枫香 (*Liquidambar formosana* Hance) 分解速率为 89.5%，火力楠 (*Michelia macdurei* Dandy) 的分解速率可达 95%<sup>[16]</sup>。

### 3.3 宿存枝叶的分解速率

宿存枯死枝叶的分解不同于凋落在地面的枯落物分解。宿存枯死枝叶的分解速度是随枯死枝叶宿存年数而不同的，表现为分布在树干上部的分解速率比分布在树干下部的要缓慢。同时宿存在树上的枯死枝叶比凋落在地面的枯落物分解速度更慢(表 4)<sup>[10]</sup>。从表 4 看出，同是分解 1 a 的叶，置于地面的比宿存的分解速率大 3—7 倍。杉木枯死枝叶宿存特性使原本不易分解的枯死枝叶的分解更加缓慢，严重地限制了枯死枝叶养分归还。

表 4 不同年龄的宿存枯死枝叶及其置于地面后两者分解速率比较

分布高度/ m	宿存枯死枝/ %		置于地面的枯死枝/ %		置于地面的枯死叶/ %	
	1 a	1 a	1 a	1.5 a	1 a	1.5 a
6.7—8.0	13.5	13.2	12.6	70.0	88.7	100.0
5.5—6.7	10.7	26.4	9.3	13.2	94.1	100.0
4.5—5.5	3.9	29.1	10.3	37.2	100.0	
3.5—4.5	4.3		4.7	47.7		

## 4 杉木人工林养分循环速率

杉木是速生树种，尤其在 15 a 以前属速生期，15 a 时 14 地位指数的平均生物量可达 5.79 t·hm<sup>-2</sup>，年均蓄积量为 15.28 m<sup>3</sup>·hm<sup>-2</sup>，16 地位指数的生物量可达 7.18 t·hm<sup>-2</sup>，年蓄积量为 18.05 m<sup>3</sup>·hm<sup>-2</sup>，这样的生长量需要吸收大量的养分(杉木生产 1 t 干物质所需 9—12 kg 营养

表 5 杉木林生态系统中 1 a 的吸收量和归还量

地点	年龄/a	项目	养分元素					合计
			N	P	K	Ca	Mg	
江西分宜	19	吸收/(kg·hm <sup>-2</sup> )	89.538	6.649	38.117	52.720	0.831	207.968
		归还/(kg·hm <sup>-2</sup> )	42.506	2.094	12.730	12.904	3.278	73.552
		循环速率	0.475	0.315	0.334	0.245	0.157	0.354
湖南会同	21	吸收/(kg·hm <sup>-2</sup> )	41.89	15.76	19.65	81.62	46.56	205.48
		归还/(kg·hm <sup>-2</sup> )	18.71	7.67	5.79	28.43	18.08	78.68
		循环速率	0.45	0.49	0.29	0.35	0.39	0.383
福建南平	31	吸收/(kg·hm <sup>-2</sup> )	77.96	14.68	40.27	54.63	14.64	202.18
		归还/(kg·hm <sup>-2</sup> )	34.67	3.77	7.09	31.49	7.64	84.66
		循环速率	0.44	0.26	0.18	0.58	0.52	0.42

注：循环速率= 归还/吸收

元素), 但杉木由于其产生大量枯落物时期晚, 枯落物分解速率慢, 加上枯死枝叶的宿存特性, 养分还原慢, 养分的吸收、存留和归还很不平衡, 养分循环速率低(归还吸收比), 尤其在幼龄时期更为突出。有关循环速率见江西、湖南、福建三地的测定资料(表5)<sup>[16, 17]</sup>。

表5表明, 虽然三地杉木林分养分元素的吸收归还量有较大差别, 但循环速率大体一致, 总的不及40%, 养分吸收与归还之间的不平衡状况非常突出, 使杉木人工林中龄林以后养分供应, 特别速效N不能处在最适状态, 限制了杉木林中后期的生长。

## 5 杉木人工林群落结构特性对长期立地生产力的影响

这里讲的杉木人工林群落结构是指在林下自然发生的灌木和草本植物层的发展状况。杉木人工林通常培育密度较大, 建国后生产上的应用一般为3 000—4 500株·hm<sup>-2</sup>。同时为提高蓄积量, 一般不间伐或进行强度较小(株数的15%—25%)的间伐, 因此杉木人工林的密度较大, 林下植被不发达并发育较迟, 群落结构很单一, 形不成草、灌、乔多层群落结构, 生物多样性低。杉木人工林群落结构发展特点是, 在幼林阶段, 虽有杂草灌木滋生, 但因实行集约的抚育, 竞争不激烈, 多在幼树下生长。当造林5a郁闭成林之后, 林内透光度很弱, 林中很少生长林下植物, 一直到15a前后, 由于间伐或自然整枝发生, 林内透光度增大, 才逐渐开始发育林下植物, 到20a左右, 林下植被已可形成明显的一个层次, 到25a林下植被可相当发达, 复盖度可达70%—80%, 林分的立地环境得到明显改善。有研究认为, 当林下植被的生物量达到5t·hm<sup>-2</sup>以上时, 已可明显测出林下植被对土壤的改良作用。但目前生产上实行的密度管理, 林下植被发生晚, 常使杉木人工林结构单一, 这种管理方法不利于杉木人工林地力的维护。

### 5.1 杉木人工林林下植被对地力的维护作用

林下植物有多种生态功能并参与生态系统物质循环。林下植被养分元素含量远高于杉木, 特别草本植物。草本植物叶中积累的营养元素高达140.06kg·hm<sup>-2</sup><sup>[16]</sup>。聂道平在江西亚林中心的测定结果表明, 林下植被养分循环速率达到0.665—0.817, 特别N的循环速率较高<sup>[17]</sup>。林下植被易于分解, 杉木枯落物中混合林下植被枯落物后, 可以促进杉木枯落物的分解(混合30%的林下植物凋落物后分解速度提高1倍)<sup>[18]</sup>。

盛炜彤等<sup>[19]</sup>的研究表明, 林下植被能明显提高土壤中水解酶类和氧化还原酶类活性, 能明显地影响土壤有机和无机养分含量, 但这种影响与林下植被盖度的多少、生物量大小密切相关。在生物量达到5t·hm<sup>-2</sup>以上时, 水解N、速效P、速效K在0—15cm土层内分别提高16.4%, 38.9%, 15.0%, 有机质也有所提高。

### 5.2 杉木人工林林下植被发育特点

根据江西分宜亚林中心定位观测资料(表6), 幼龄林阶段林下植物的发育与密度和年龄有关。密度大的林分林下植物发育差, 随着林龄增长, 林分郁闭度提高, 林下植物因光照不足而淘汰, 到9a时林下植被盖度变得很低<sup>[8]</sup>。

根据福建的调查结果(表7)<sup>[15, 20]</sup>可知, 在现在育林制度下幼龄林和中龄林林下植被盖度及生物量是不高的, 特别是生物量19年生时未

表6 杉木人工林幼龄时期林下植被盖度 %

层次	年龄 /a	株行距(m×m)		
		2×1.5	2×1	1×1.5
灌木层	6	35	28	13
	7	45	30	14
	8	13	13	5
	9	16	16	4
草本层	6	23	40	28
	7	17	18	12
	8	5	10	5
	9	2	9	3

达到  $2 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。只有到了成熟林时林下植被盖度才能达到 95%—98%，而生物量才能达到  $6.11 \sim 11.22 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ ，这种状况对林下植被维护地力能力发挥较小。

江西分宜的定位观测结果表明，不间伐林分 9—14 a 时，林下植被盖度为 2.0%—5.2%，15—16 a 时上升至 10.0%—30.0%，到 20 a 时高达 87%。生物量 14 a 生时为  $0.312 \sim 3 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ ，到 20 年生时可达  $5.797 \sim 10 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。但经过间伐的林分，14 年时林下植被盖度已达 79%，生物量达  $2.923 \sim 3 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$  [21]。显然，间伐人工林林下植被发达而且发育早，不间伐林分要推迟到 20 a 前后才有良好发育，而此时，已接近轮伐期了。

以上的各种调查研究表明，只有当杉木人工林形成明显的多层结构，林下植被盖度和生物量达一定程度时，林下植被的作用才有可能充分发挥。但在一般情况，杉木人工林林下植被发育较差较迟，成层结构不明显，因而人工林自肥能力也较弱。

以上的各种调查研究表明，只有当杉木人工林形成明显的多层结构，林下植被盖度和生物量达一定程度时，林下植被的作用才有可能充分发挥。但在一般情况，杉木人工林林下植被发育较差较迟，成层结构不明显，因而人工林自肥能力也较弱。

## 6 结语与讨论

杉木人工林长期立地生产力的维护已引起国内林学家们的普遍关注，也进行了内容广泛的研究，但对引起地力维护能力低的原因，过去多从营林措施考虑，研究得比较多，杉木及其人工林自身是否也成为地力维护能力的一个重要因素，虽有一些分散的相关研究，但未有专门报道。从国外研究看，针叶树是否会引起土壤退化，也有许多争论，但没有一致的观点。一些专家认为，关于不同树种对土壤的影响信息较少，一些针叶树人工林是否会导致立地退化，现在尚无足够证据 [22, 23]。根据作者长期观测并汇集了国内相关研究资料，包括杉木林营养元素循环研究，栽培营养研究，林下植被演替及对土壤肥力影响研究，经过分析、论证，认为杉木及其人工林自身存在许多对地力维护不利的因素：(1) 杉木凋落物发生晚，大量凋落物发生在 15 a 前后；(2) 杉木枯死枝叶存在宿存特性，10—15 a 期间大部分枯死枝叶宿存树上，影响枯死枝叶的分解；(3) 杉木凋落物养分含量低，如 N 含量只有阔叶树的 30%—50%，因此枯落物营养元素积累低；(4) 凋落物分解速率慢，分解速率在 45% 以下，而宿存树上的枯死枝叶比凋落地面的分解速率更慢；(5) 杉木为速生树种，尤其在 15 a 前生长量大，吸收养分多，而养分归还少，杉木人工林养分循环速率不及 40%；(6) 杉木人工林培育密度较大，从 4—5 a 起林冠郁闭到 15 年生前后，林内透光度弱，很少生长林下植物，直到 20 a 左右，才有较好的林下植物发展。林下植被发生晚，人工林长期处于单一的群落结构，从一般经营的杉木人工林看，到 20 a 时，林下植被生物量不及  $2 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ ，这很难发挥林下植被对地力的维护和改良作用。

从以上分析看，在目前经营及轮伐期条件下，杉木及其人工林自身对地力维护有不利影响，这是引起土壤肥力下降及长期生产力维护能力低的重要因素之一。

### 参考文献：

- [1] 盛炜彤. 杉木人工林的地力衰退及防治技术研究(综合研究报告)[A]. 见: 盛炜彤. 人工林地力衰退研究[C]. 北京: 中国科学技术出版社, 1992. 49—71

表7 不同林龄林下植物种类盖度与生物量

林龄/a	种类/种	盖度/%	生物量/( $\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$ )
5	25	43	0.811
10	15	42	0.267
15	25	70	1.307
19	49	77	1.670

注: 表中数据为 18、16、14 三个指数级的林分的均值。

- [2] 方奇. 湖南林区杉木连栽对土壤肥力及其林木生长的影响[A]. 见: 盛炜彤. 人工林地力衰退研究[C]. 北京: 中国科学技术出版社, 1992. 74-86
- [3] 邵锦锋. 福建林区杉木连栽对土壤肥力和林木生长的影响[A]. 见: 盛炜彤. 人工林地力衰退研究[C]. 北京: 中国科学技术出版社, 1992. 87-92
- [4] 俞新妥, 张其水. 杉木连栽林地土壤生化特性及土壤肥力研究[A]. 见: 盛炜彤. 人工林地力衰退研究[C]. 北京: 中国科学技术出版社, 1991. 93-99
- [5] 周学全, 罗汝英, 叶镜中. 杉木连栽对土壤养分的影响及其反馈[A]. 见: 盛炜彤. 人工林地力衰退研究[C]. 北京: 中国科学技术出版社, 1991. 100-105
- [6] 福建林学院杉木研究所, 尤溪县林业技术推广中心. 炼山对杉木人工林生态系统影响的研究[A]. 见: 盛炜彤. 人工林地力衰退研究[C]. 北京: 中国科学技术出版社, 1991. 108-127
- [7] 盛炜彤. 集约经营杉木人工林的营建和幼中龄林的生长与管理[J]. 世界林业研究, 1996, 9(专集): 155-167
- [8] 廖祖辉, 范少辉, 俞新妥, 等. 不同立地条件不同林龄杉木人工林生物量研究 IV. 枯损枝叶生物量积累[J]. 林业科学研究, 1996, 9(专刊): 96-99
- [9] 刘景芳, 童书振. 杉木林经营新技术[J]. 世界林业研究, 1996, 9(专辑): 69-80
- [10] 张先仪, 盛炜彤. 杉木人工林不同保留密度对林下植被及水土保持影响的研究[J]. 世界林业研究, 1996, 9(专集): 168-206
- [11] 张家诚, 盛炜彤. 杉木人工林树上宿存枯枝叶在冠层与在枯枝落叶层分解的比较研究[J]. 林业科学, 2001, 37(6): 1-9
- [12] 郑临训, 范少辉, 陈华贵, 等. 不同立地条件不同林龄杉木人工林养分动态的研究 IV. 枯损枝叶养分含量变化规律. 林业科学研究, 1996, 9(专刊): 131-137
- [13] 许利群, 俞似军. 午潮山常绿阔叶林枯落物的研究[A]. 见: 蒋有绪. 中国森林生态系统结构与功能规律研究[C]. 北京: 中国林业出版社, 1996. 129-132
- [14] 屠梦照, 姚文华, 翁轰, 等. 鼎湖山亚热带常绿阔叶林凋落物的特征[A]. 见: 蒋有绪. 中国森林生态系统结构与功能规律研究[C]. 北京: 中国林业出版社, 1996. 297-303
- [15] 程朝阳, 范少辉, 蔡伟民, 等. 不同立地条件不同林龄杉木人工林生物量的研究 II. 地被物生物量[J]. 林业科学研究, 1996, 9(专刊): 92-95
- [16] 蒋有绪, 徐德应, 聂道平, 等. 江西大岗山森林生态系统结构与功能规律定位研究[M]. 北京: 中国林业出版社, 1995
- [17] 陈楚莹, 廖利平, 汪思龙. 杉木人工林生态学[M]. 北京: 科学出版社, 2000
- [18] 姚茂和, 盛炜彤. 林下植被对杉木林地力影响研究[J]. 林业科学研究, 1991, 4(3): 246-252
- [19] 盛炜彤, 杨承栋. 关于杉木林下植被对改良土壤性质效用研究[J]. 生态学报, 1997, 17(4): 377-385
- [20] 范少辉, 廖祖辉, 陈建忠, 等. 不同立地条件不同林龄杉木人工林植被消长规律的研究 I. 林下植被生长状况[J]. 林业科学研究, 1996, 9(专刊): 66-70
- [21] 盛炜彤. 不同密度杉木人工林下植被发育与演替的定位研究[J]. 林业科学研究, 2001, 14(5): 463-471
- [22] Morris L A, Miller R E. Evidence for long term productivity change as provided by field trials[A]. In: Duck W J. Impacts of Forestry Harvesting on Long term Site Productivity[M], 1994
- [23] Savill P, Evans J, Auclair D. Plantation silviculture in Europe[M]. Oxford University Press, 1997

## Impact of Growth and Development Characters of Chinese Fir and Its Plantation on the Long-term Site Productivity

SHENG Weirong, FAN Shaohui

(Research Institute of Forestry, CAF, Beijing 100091, China)

**Abstract:** A systematic study was made on the impact of the growth and development characters of Chinese fir (*Cunninghamia lanceolata*) and its plantation on the long term site productivity. The results show that many growth and development characters of Chinese fir and its plantation have negative impact on the maintenance of site productivity, i. e. (1) the falling of needles and branches occur lately and mainly concentrative occurs when it is 14–16 years old in the plantation. (2) the dead needles and branches keep staying on stem long and most of them keep staying on stem when it is 13–15 years old, which results in non immediate decomposition of dead needles and branches. (3) the litters of Chinese fir contains less nutrients, e. g. the content of N is only 30%–50% of that in the litters of broad leaved trees that results in less back of the nutrients to the soil in Chinese fir plantations. (4) the decomposition rate of Chinese fir litters is relatively slow with annual decomposition rate below 45%. (5) as a fast-growing tree species Chinese fir needs much nutrients to grow especially before 15 years old, which is not compatible by the amount of nutrients given back from the decomposition of litters so that the nutrient cycling rate is less than 40% in Chinese fir plantations. (6) since the density is high for Chinese fir plantation, little or no undergrowth vegetation develop in the Chinese fir plantation before thinning at around 15 years old that results in no contribution of undergrowth to the improvement of soil nutrient status until the plantation grows to 20 years old. It is concluded that the growth and development characters of Chinese fir and its plantation are also the important factors resulting in the degradation of soil fertility or the reduction of long term site productivity in Chinese fir plantation.

**Key words:** *Cunninghamia lanceolata*; Chinese fir plantation; maintenance of soil fertility; long term site productivity