

# 林下植被对杉木林地力影响的研究\*

姚茂和 盛炜彤

(中国林业科学研究院林业研究所)

熊有强

(中国林业科学研究院亚热带林业实验中心)

**摘要** 本文研究了林下植被对杉木林地力的影响,结果表明在正常的经营水平下,林下植被生长迅速。0.7的林分郁闭度,4~5年后生物量积累达4~5 t/ha,营养元素达80~100 kg/ha。丰富的林下植被能促进养分的有效化,并且在一定程度上能起到改善土壤肥力的作用,因此对防止杉木林地力衰退具有一定的意义。

**关键词** 杉木;林下植被;生物量

杉木是我国南方一个重要的速生树种,近年来的一些研究表明,杉木人工林存在着严重的林地力衰退问题,对此林业工作者曾先后提出了许多建议和措施<sup>[1-3]</sup>,但至今仍然缺乏行之有效的办法,因此有必要探索新的维护和提高杉木林地力的措施。

有关林下植被的研究可以追溯到上个世纪末<sup>[4,5]</sup>,主要是研究林下植被对立地的指示作用。杉木林下植被的研究始见于50年代<sup>[6]</sup>,80年代才开始重视林下植被在林分养分循环以及稳定林分生产力方面的作用<sup>[7,8]</sup>。本文通过研究杉木林下植被对养分循环和土壤肥力的影响,试图论证利用林下植被来维护和提高林地地力的可行性。

## 1 研究地自然条件及研究方法

### 1.1 自然概况

研究地点位于江西省分宜县中国林科院亚热带林业实验中心山下林场,地处27°30' N, 114°30' E,年均气温17.9℃,降水量1400 mm。试验地属丘陵山区,土壤为山地黄壤,成土母岩多为页岩和沙质页岩。

### 1.2 试验地林下植被概况

杉木林下植被种类丰富,约140种80属45科,以蕨类为主。从聚类分析结果来看,植被大致可分为五种类型。

1.2.1 铁芒萁类型 铁芒萁 *Dicranopteris dichotoma* (Thunb.) Bernh. 在该类型中占绝对优势,此外还有乌蕨 *Stenoloma chusanum* (L.) Ching、铁线蕨 *Adiantum* spp.,灌木有椴

本文于1990年9月24日收到。

\* 本研究系国家自然科学基金资助项目。屠星南、薛秀琼、俞云林参加了部分工作,聂道平提供了杉木养分含量的资料,在此一并致谢!

木 *Loropetalum chinense* (R. Br) Oliver、映山红 *Rhododendron mariessii* Hemsl. et Wils. 等, 主要分布于立地条件差、地位指数小于14的林分下。

1.2.2 狗脊类型 以狗脊为主, 尚有渐尖毛蕨 *Cyclosorus acuminatus* (Houtt.) Nakai、凸轴蕨 *Metathelypteris laxa* (Franch. et Sav.) Ching 等, 灌木有红淡 *Adinandra mille-ttii* (Hook. et Arn.) Benth., 柃木 *Eurya* spp., 山榿 *Lindera reflexa* Hemsl., 鼠刺 *Itea chinensis* Hook. et Arn. 等, 主要分布在立地条件较好、地位指数在14~16的林分下。

1.2.3 蕨类类型 由多种蕨类和种子植物组成, 常见的有中华短肠蕨 *Allantodia chinensis* (Bak.) Ching、狗脊 *Woodwardia japonica* (L. f.) Sm.、牛膝 *Achyranthes bidentata* Bl. 等, 主要分布于立地条件好、地位指数大于18的林地上。

1.2.4 灌木—狗脊类型 植被除有发达的草本层(以狗脊为主)以外, 灌木层(以红淡、连蕊茶 *Camellia fraterna* Hance、山榿等为主)也高度发育, 主要分布于郁闭度小、林龄较大、地位指数在14~16的林分下。

### 1.3 研究方法

本研究共调查了53块样地。每块样地首先按常规进行测树因子调查, 然后以梅花形设置5个1 m×1 m的小样方, 详细记录每个样方内的植物种类、株(丛)数、盖度、高度等, 最后分灌木和草本两类以收获法测定生物量和死地被量。选择具有代表性的样方, 用土柱法测定林下植被根系的生物量, 并分别取样做元素含量分析。每个样地至少挖一个正规土壤剖面 and 四个辅助剖面进行土壤调查, 并以机械布点法(共6个)采集0~15 cm、15~30 cm 土层的样品。

## 2 结果与分析

### 2.1 营养元素在林下植被中的积累和分配

2.1.1 营养元素在各林下植被类型中的积累和分配 各林下植被类型的生物量及营养元素的积累和分配存在着差异。在林龄为20~23年, 间伐后6~8年, 郁闭度为0.50~0.65的林分条件下, 铁芒萁类型平均每公顷生物量为4.49 t, 狗脊类型5.22 t, 灌木—铁芒萁类型5.73 t, 灌木—狗脊类型8.27 t; 营养元素的积累分别为78.9 kg、129.4 kg、104.1 kg、165.4 kg(表1)。类型间存在着的差异一方面反映出立地和杉木层对林下植被的影响, 另一方面也反映出各植被类型参与养分循环的不同能力。其中灌木—狗脊类型生物量最大, 元素含量积累最多, 因而对地力的影响也最大。

表1 营养元素在各林下植被类型中的积累和分配

(单位: kg/ha)

植被类型	生物量	N	P	K	Ca	Mg	合计
铁芒萁	4 490	34.3	1.7	25.1	5.1	12.7	78.9
狗脊	5 220	47.3	5.6	34.8	10.8	30.8	129.4
灌木—铁芒萁	5 730	43.4	3.0	28.0	16.3	13.4	104.1
灌木—狗脊	8 270	58.2	7.2	40.9	29.9	29.2	165.4

2.1.2 营养元素在林下植被中的垂直分布 各林下植被类型根系(包括根状茎)生物量所占的比重略有不同, 狗脊类型根系生物量占总生物量的46%~55%; 铁芒萁类型占53%~65%;

蕨类类型占37%~57%。图1是用三个较有代表性的样方资料绘制而成，可以看出，主要营养元素在根系中的积累占总积累量的43%~51%。由此可见根系在林下植被的养分循环中占极其重要的地位。从图1还可看出，林下植被主要分布在距地表100cm至地下10cm的空间内，因而在地表形成了一个生物量和营养元素的富集层，该层对林地生产力必将产生深远的影响。

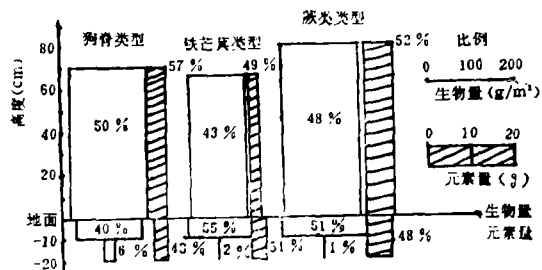


图1 主要林下植被类型生物量及营养元素的垂直分布

2.1.3 营养元素在林下植被中积累的速度 杉木幼林郁闭后林下基本没有植物生长，间伐后由于林分通透性的改善，林下植被开始生长。用空间代时间的方法，可研究出林下植被在某一林分下的变化过程。以狗脊类型为例，在0.7的郁闭度下，2~3年后每公顷生物量可达1t左右，营养元素积累36kg；4~5年后生物量达4~5t，营养元素116kg(表2)。从中可以看出，在0.7的郁闭度(为杉木正常的间伐强度)下林下植被迅速累积，从而为利用林下植被来维护林地地力创造了条件。例如，如果每隔4~5年砍割一次，就等于获得4~5t/ha的绿肥，相当于使207kg硫酸铵、82kg过磷酸钙、83kg硫酸钾中的养分得以归还。

表2 狗脊类型生物量和营养元素的积累

(单位, kg/ha)

间伐时间(a)	生物量范围	平均生物量	N	P	K	Ca	Mg	合计
0	0~750	375	3.40	0.40	2.50	0.77	2.21	9.28
1~3	390~2580	1485	13.46	1.59	9.88	3.07	8.75	36.75
4~5	3560~5840	4700	42.60	5.03	31.27	9.71	27.68	116.29
>6	4000~9000	6500	58.91	6.96	43.25	13.42	38.28	160.82

## 2.2 营养元素在林下植被和杉木层中积累和分配的比较

2.2.1 营养元素含量的比较 从表3可知，林下植被营养元素的含量均高于杉木，灌木层是杉木层的1.45倍；草本层是杉木层的2.22倍，呈现出草本层>灌木层>杉木层的明显规律。

2.2.2 杉木和林下植被一年积累的营养元素量的比较 以林龄23年、密度1440株/ha、郁闭度0.6、平均胸径18.2cm、平均树高15.7m杉木林和林下植被营养元素积累与分配比较作为基础(表4)可知，杉木层中营养元素的积累要远远高于林下植被，但若以生长期平均每年营养元素的积累来看，林下植被中营养元素的积累却高于杉木层，其中N高出23%。尽管杉木和林下植被一年积累的营养元素的计算方法值得进一步商榷<sup>[8]</sup>，但至少可以看出林下植被对杉木林养分循环具有很大的影响。林下植被的数量与质量对下茬杉木林地力的恢复将起十分重要的作用。

## 2.3 林下植被营养元素的归还

林下植被通过雨水淋溶、枝叶凋落等来归还其吸收的养分。对复杂短小的林下植被来说，研究其营养元素的归还难度较大。现以林下植被年生长量(约1.5t/ha)和年积累量(1.0t/ha)

表 3 林下植被和杉木层营养元素含量的比较

(单位: %)

层次	结构	主要营养元素的含量					合计
		N	P	K	Ca	Mg	
杉木层	叶	1.134 9	0.122 7	0.577 5	0.677 9	0.167 3	2.680 3
	干	0.113 4	0.026 1	0.035 8	0.181 6	0.140 9	0.497 8
	枝	0.563 3	0.129 4	0.444 1	0.646 9	0.172 8	1.956 5
	皮	0.360 2	0.071 7	0.271 2	0.470 7	0.119 3	1.293 1
	根	0.257 5	0.035 4	0.303 3	0.302 1	0.182 3	1.080 6
	平均	0.485 9	0.077 0	0.326 5	0.455 8	0.156 5	1.501 8
灌木层	叶	1.460	0.082	0.682	1.011	0.449	3.624
	枝	0.402	0.057	0.306	0.398	0.084	1.247
	根	0.925	0.091	0.346	0.194	0.118	1.674
	平均	0.909	0.076	0.445	0.534	0.217	2.182
草本层	叶	1.363	0.112	1.147	0.420	0.527	3.569
	根	1.250	0.161	0.987	0.281	0.439	3.118
	平均	1.307	0.137	1.067	0.351	0.483	3.344

表 4 生物量及营养元素积累量

(单位: kg/ha)

层次	结构	生物量		主要营养元素积累和分配											
		总量	年均	N		P		K		Ca		Mg		合计	
				总量	年均	总量	年均	总量	年均	总量	年均	总量	年均	总量	年均
杉木层	叶	7 200	1 440	81.7	16.3	8.8	1.8	41.6	8.3	48.8	9.8	12.0	2.4	192.9	38.6
	枝	8 700	756	49.0	4.3	11.3	1.0	38.6	3.4	56.3	4.9	15.0	1.3	170.2	14.9
	干	106 000	4 609	120.2	5.2	27.7	1.2	37.9	1.7	192.5	8.4	149.4	6.5	527.7	23.0
	皮	18 400	800	66.3	2.9	13.2	0.6	49.9	2.2	86.6	3.8	22.0	1.0	238.0	10.5
	根	16 900	735	43.5	1.9	6.0	0.3	51.3	2.2	51.1	2.2	30.8	1.3	182.7	7.9
	合计	157 200	7 162	360.7	30.6	67.0	4.9	219.3	17.8	435.3	29.1	229.2	12.5	1 311.5	94.9
灌木层	叶	759	380	10.6	5.3	0.6	0.3	5.2	2.6	7.7	3.8	3.4	1.7	27.5	13.7
	枝	1 783	223	7.2	0.9	1.0	0.1	5.5	0.7	7.1	0.9	1.5	0.2	22.3	2.8
	根	759	95	7.0	0.9	0.7	0.1	2.7	0.3	1.5	0.2	0.9	0.1	12.8	1.6
	合计	3 301	698	24.8	7.1	2.3	0.5	13.4	3.6	16.3	4.9	5.8	2.0	62.6	18.1
草本层	叶	2 068	1 034	28.2	14.1	2.3	1.2	23.7	11.9	8.7	4.3	10.8	5.4	73.7	36.9
	根	2 632	1 316	32.9	16.5	4.3	2.1	26.0	13.0	7.4	3.7	11.6	5.8	82.2	41.1
	合计	4 700	2 350	61.1	30.6	6.6	3.3	49.7	24.9	16.1	8.0	22.4	11.2	155.9	78.0

注: 平均每年积累的营养元素量是用总积累量除以生长期来计算的, 其中杉木叶以 5 年计, 枝以 11~12 年计, 其他按 23 年计; 灌木叶按 2 年计, 其他按 8 年计; 草本均按 2 年计。

的差额推算出林下植被每年凋落量约为 1000 kg/ha, 折合归还营养元素 67 kg/ha。更为重要的是, 由于林下植被凋落物的存在, 加速了杉木凋落物的分解。表 5 是凋落物分解三个月的试验结果, 从表 5 看出, 如果在杉木凋落物中加入 30% 的林下植被凋落物, 分解速度提高了一倍。因此林下植被的存在不仅增加了营养元素归还的数量, 而且也增加了元素归还的速度。

表5 凋落物分解试验

项 目	初始样品重 (g)	分解样品重 (g)	失 重 (g)	分解速率 (%)	平均速率 (%)
纯杉木凋落物	39.63	38.12	1.51	3.8	3.0
	39.51	38.70	0.81	2.1	
	39.76	38.56	1.20	3.0	
林下植被混合样品	32.10	18.28	13.82	43.1	38.8
	31.94	20.36	11.58	36.3	
	33.69	21.20	12.49	37.1	
	31.84	26.80	5.04	15.8	
杉木+10%混合样品	31.49	28.39	3.10	9.8	12.5
	32.20	28.40	3.80	11.8	
	31.38	25.28	6.10	19.4	
杉木+30%混合样品	32.40	27.90	4.50	13.9	16.2
	31.69	26.80	4.89	15.4	
	31.12	25.22	5.90	19.0	
杉木+50%混合样品	33.65	24.40	9.25	—	19.0
	30.49	30.50	—	—	
	29.70	22.64	7.06	23.8	
狗 脊	30.23	22.86	7.37	22.8	23.5
	30.34	23.82	6.52	23.8	
	30.56	23.92	6.64	21.7	
铁 芒 苣	31.06	23.94	7.12	22.9	22.3
	29.74	26.31	3.43	—	

## 2.4 林下植被对土壤肥力的影响

2.4.1 林下植被对土壤有机质的影响 为了尽可能减少土壤本身养分变化,现分析了植物株(丛)内与其附近植丛间空地0~5 cm 土层内土壤中有机质含量,在所分析的10对样品中有7对样品的有机质含量为丛内高于丛间,丛内样品的平均土壤有机质含量要比丛间高出10.9%。表6是具有代表性的一对样品,从中也可看出林下植被对土壤有机质的影响。

表6 植丛间和植丛内土壤养分含量

项 目	有机质 (%)	全N (%)	全P (%)	全K (%)	水解N (ppm)	速效P (ppm)	速效K (ppm)	代换Ca (mmol/ 100g土)	代换Mg (mmol/ 100g土)	
0~5 cm	丛内	4.956	0.280	0.085	1.589	209.9	3.061	142.8	1.684	0.357
	丛间	3.638	0.147	0.064	1.833	177.9	1.527	118.2	1.273	1.528
6~15 cm	丛内	3.539	0.136	0.080	1.375	169.1	0.891	114.1	1.099	0.509
	丛间	2.692	0.138	0.060	1.890	147.0	1.400	77.39	0.611	1.935

2.4.2 林下植被对土壤营养元素含量的影响 丰富的林下植物,不仅在一定程度上改变了土壤各层次中营养元素含量,而且也促进了土壤养分的有效化。表6中0~5 cm 土层中土壤营养元素的含量均高于6~15 cm,但丛内高出的幅度要比丛间大,可见由于林下植被的作用,使营养元素从土壤下层向地表集积,从而为元素的再次利用创造了条件。

样地间 0~15 cm 土层中营养元素含量的变化较大,但统计结果表明,当林下植被生物量大于 5 t/ha 时就能用常规方法检测出林下植被对土壤养分影响的能力。从表 7 可看出,林下植被生物量大于 5 t/ha 的样地上,0~15 cm 土层中营养元素含量有增加的趋势,速效养分的增加尤为明显,其中水解 N、速效 P、速效 K 比生物量小于 5 t/ha 的样地分别高出 19.6%、63.9%、17.7%。可见林下植被有利于林地养分的改善,但只有林下植被相当丰富时,这种影响才较为明显。

表 7 不同林下植被生物量林分 0~15 cm 土层营养元素的含量

林下植被 生物量	有机质 (%)	全 N (%)	全 P (%)	全 K (%)	水解 N (ppm)	速效 P (ppm)	速效 K (ppm)	Ca (mmol/ 100g±)	Mg (mmol/ 100g±)
> 5 t/ha	3.935	0.150	0.080	1.675	157.9	1.781	89.54	1.526	1.526
	4.251	0.181	0.110	1.622	190.2	3.575	61.29	1.277	6.129
	3.871	0.158	0.038	—	197.9	1.635	92.57	0.511	0.256
	3.819	0.146	0.033	—	173.3	2.272	45.78	0.766	0.766
	2.779	0.119	0.034	—	140.8	0.946	96.64	0.512	0.512
平 均	3.733	0.151	0.059	1.636	172.0	2.042	77.16	0.918	1.840
< 5 t/ha	3.238	0.173	0.064	1.624	138.2	1.019	81.52	1.274	3.567
	2.077	0.105	0.073	2.441	92.2	1.267	44.60	1.014	1.419
	4.438	0.168	0.058	1.392	182.4	1.273	63.17	1.528	2.699
	3.301	0.124	0.032	1.613	141.6	1.397	60.98	3.900	1.718
	4.270	0.153	0.084	1.880	164.4	1.277	77.65	3.299	2.810
平 均	3.465	0.145	0.062	1.790	143.8	1.247	65.58	2.003	2.456

林下植被对土壤的影响是多方面的,综合的,除了上述对土壤有机质和营养元素的影响外,还有拦截和过滤地表径流的作用,有利于水土保持。由于有机质的增加和根系在地表层的富集,对土壤其他理化性质也有一定的改良作用。

### 3 讨论与建议

(1) 林下植被对杉木人工林地力具有多种积极的影响。通过参与林分的养分循环,增加了主要土层中营养元素及有机质的含量,促进了林地养分的有效化。因此林下植被的存在有助于杉木林地力的恢复和维护。

(2) 林下植被对地力影响的能力与林下植被生物量的大小及其类型有关。生物量愈多,林下植被对地力的影响愈大,当生物量大于 5 t/ha 时,就能明显地检测出林下植被维护和提高地力的能力。

(3) 可以通过适当的营林措施,促进林下植被尽快生长。在 0.7 的林分郁闭度下,林下植被生物量及营养元素积累迅速,4~5 年后,生物量可积累 4~5 t/ha,营养元素 80~100 kg/ha。因此,通过适当的间伐和人工整枝,可以尽快地恢复林下植被。

(4) 由于林下植被恢复快,为利用植被创造了条件。如果每隔 4~5 年砍割一次,就相当于施用了 4~5 t/ha 的绿肥;若杉木轮伐期为 20~25 年,开始间伐年龄为 10 年,则共可获得 10~15 t/ha 的绿肥,相当于归还硫酸铵 830~1 000 kg,过磷酸钙 330~410 kg 中的营养元素量。

## 参 考 文 献

- [1] 方奇, 1987, 杉木连栽对土壤肥力及其杉木生长的影响, 林业科学, 23(4): 289~397。
- [2] 李昌华, 1981, 杉木人工林和阔叶杂木林土壤养分平衡因素的初步研究, 土壤学报, 18(3): 255~261。
- [3] 方奇, 1990, 加强土壤和地被物管理对杉木生态系统生物量能量利用与养分循环的影响, 林业科学, 26(3): 201~208。
- [4] Cajander, A. K., 1926, The Theory of Forest Types, *Acta. For. Fenn.*, 2(3): 1~208。
- [5] R. H. 惠特克, 1978, (周纪伦等译, 1985), 植物群落分类, 科学出版社, 60~81。
- [6] S. H. 斯波尔等, 1973, (赵克绳等译, 1980), 森林生态学, 中国林业出版社, 155~184。
- [7] 阳含熙, 1963, 植物与林地植物的指示意义, 植物生态学与地植物学丛刊, 1(2): 24~30。
- [8] 冯宗炜等, 1955, 亚热带杉木纯林生态系统中营养元素的积累、分配和循环的研究, 植物生态学与地植物学丛刊, 9(4): 245~255。

*The Effects of Undergrowth on Productivity  
of Chinese Fir Plantation*

Yao Maohe Sheng Weitong

(The Research Institute of Forestry CAF)

Xiong Youqiang

(The Experimental Centre of Tropical Forestry CAF)

**Abstract** A possibility study was conducted for controlling the degradation of productivity of Chinese Fir plantations by the help of its undergrowth. The results were as follows:

1. The undergrowth develops quickly in Chinese Fir stands of closure 0.7. Its biomass and nutrient can accumulate 4~5 t/ha and 80~100 kg/ha respectively in 4~5 years and approximately 10~15 t/ha of organic matter can be obtained during a rotation by slash cutting tending.

2. The content of nutrient in undergrowth is higher than that in trees. The undergrowth contributes more to nutrient cycling in the near-mature and mature stands.

3. The undergrowth is favorable for the increase of the soil organic matter and soil nutrient content, especially available nutrient content.

The results showed that it is possible to control the degradation of Chinese Fir plantations by the help of undergrowth and ecological management and self-fertilization of forest.

**Key words** Chinese Fir; undergrowth; biomass