林业科学研究 2001,14(1):8～16
Forest Research

文章编号: 1001-1498(2001)01-0008-09

不同栽植代数杉木林林下植被发育的比较研究*

范少辉[1], 马祥庆[2], 傅瑞树[3], 刘爱琴[2]
(1. 中国林业科学研究院 林业研究所,北京 100091; 2. 福建林学院,福建 南平 353001;
3. 福建省三明市林业科学研究所,福建 三明 365000)

摘要: 在全国杉木中心产区,选择不同栽植代数(1、2、3 代)、不同发育阶段(5、10、15、20 a)、不同立地(14、16、18 地位指数)的杉木人工林,进行不同栽植代数杉木林林下植被变化的比较研究,结果表明:栽植代数对杉木林林下植被发育有较大影响,不同栽植代数杉木林林下植被种类、频度及生物量均存在明显差异。1、2、3 代杉木林林下植被物种丰富度分别为 69、54、59 种,并未出现不同代数杉木林的特有种,但不同代数杉木林林下植被物种出现的频度不同;随栽植代数增加,杉木林林下植被生物量及其养分积累均呈递增趋势,其养分浓度高于杉木凋落物,2、3 代杉木林林下植被的养分积累分别比 1 代增加16.90 %和 37.49 %,杉木林林下植被具有较好的养分富集能力。

关键词: 杉木; 栽植代数; 林下植被; 地力衰退
中图分类号: S718.55+1.2 **文献标识码**: A

林下植被作为人工林生态系统的重要组成部分,对林地养分循环的维持及地力恢复具有重要作用,近年来随着杉木[*Cunninghamia lanceolata*(Lamb.) Hook.]连栽生产力下降日趋严重,有关杉木林林下植被的研究逐渐受到重视[1～9]。但有关不同栽植代数、不同发育阶段杉木人工林林下植被发育的比较研究较少,有鉴于此,本研究在全国杉木中心产区,选择不同栽植代数(1、2、3 代)、不同发育阶段(5、10、15、20 a)、不同立地(14、16、18 地位指数)的杉木人工林,进行不同栽植代数杉木人工林林下植被种类、数量及养分积累的比较研究,为揭示不同栽植代数杉木林林下植被的发育规律及其对地力恢复的影响提供理论依据。

本文是采用空间序列法对杉木人工林连栽生产力进行系统研究的一部分,其中关于不同栽植代数杉木人工林生长发育特点及其土壤肥力的比较研究见参考文献[10,11],本文介绍不同栽植代数、不同发育阶段杉木人工林林下植被发育的基本规律。

1 试验地自然概况

试验地位于全国杉木中心产区福建省尤溪县(117°48′～118°36′E,25°48′～26°24′N)经营林场内,属戴云山森林立地区闽中低山丘陵区,为中亚热带海洋性季风气候,年均降水量 1 599.6 mm,年均蒸发量 1 323.4 mm,相对湿度 83 %,年均气温 18.9 ℃,历年最大日降水量 131.7 mm,3～6 月为多雨季节,4 个月降水占全年降水量的 56 %。

收稿日期: 1999-04-13
基金项目: CAF/IDRC/CIFOR 国际合作项目 REDFOL 专题"杉木人工林林地退化机制研究"内容之一;国家自然科学基金重点项目(39630240)
作者简介: 范少辉(1962-),男,福建永泰人,研究员,博士.
*福建林学院李振琴老师协助植被调查,特此致谢!

2　试验设计与研究方法

2.1　试验设计

详见参考文献[10]。

2.2　林木生长调查

在每个样地内设 20 m ×20 m 标准地 2 块,进行每木检尺及树高测定,根据林分年龄及优势木平均高,查《杉木地位指数表》确定地位指数。

2.3　林分生物量调查

采用平均标准木法,在每个样地上选 1～3 株标准木,伐倒后按 1 m 区分段截取圆盘,分别叶、枝、干、皮、根称质量,取样测定其含水量及养分。

2.4　林下植被调查

在标准地内设 3～5 个 2 m ×2 m 的样方,调查样方内植物种类、数量、频度、盖度、高度,并采用样方收获法测定林下活地被物(灌木层和草本层)及死地被物生物量,同时取样测定含水量及养分。

3　结果与分析

3.1　不同栽植代数杉木人工林林下植被种类

根据本次调查,不同栽植代数、不同发育阶段杉木林林下植物共有 116 种,其中蕨类植物(Pteridophyta)9 种,裸子植物(Gymnospermae)2 种,被子植物(Angiospermae)105 种。乔木幼树 21 种,灌木 57 种,草本植物 25 种,藤本植物 13 种(表 1～4)。

不同栽植代数杉木林林下植被种类存在一定差异。从表 5 看出,1 代杉木林林下植被物种丰富度最高,达 69 种,其中以乔木幼树及灌木种类相对较多,分别为 11 种和 35 种,这与 1 代杉木伐前群落大量种子及伐桩遗留林地形成林地的种子库有关;2 代杉木林林下植被物种丰富度为 54 种,由于受连续炼山、整地等营林措施干扰,原群落遗留的乔木幼树及灌木相对减少或消失,其林下乔木幼树及灌木分别为 8 种和 27 种;而 3 代杉木林分林下植被物种丰富度又有所上升,为 59 种,这与 3 代杉木长势差、林冠较稀疏有关。

表 1　不同栽植代数、不同发育阶段杉木林林下乔木树种种类

序号	中文名	学　名	1 代				2 代				3 代			
			5	8	15	19	6	9	15	19	6	9	16	22
1	黄　楠	*Machilus grijsii* Hance	√	√	√	√	√	√	√	√		√	√	√
2	木荚红豆	*Ormosia xylocarpa* Chun ex Merr. et Li Chen.		√		√						√		
3	檫　树	*Sassafras tsumu* (Hemsl.) Hemsl.	√	√			√	√	√		√			
4	刨花楠	*Machilus pauhoi* Kanehira			√					√				√
5	木　荷	*Schima superba* Gardn. et Champ.	√	√		√	√	√	√		√		√	√
6	福建青岗	*Cyclobalanopsis chungii* (Meta.) Chun		√										
7	甜　槠	*Castanopsis eyrei* (Champ. ex Benth.) Tutch.	√		√					√				
8	米　槠	*Castanopsis carlesii* (Hemsl.) Hayata	√			√	√							
9	虎皮楠	*Daphniphyllum oldhamii* (Hemsl.) Rosenth.		√	√				√					
10	中华杜英	*Elaeocarpus chinensis* (Gardn. et Champ.) Hook. f. ex Benth.		√	√	√		√		√			√	
11	青　岗	*Cyclobalanopsis glauca* (Thunb.) Oerst.	√		√									
12	拟赤杨	*Alniphyllum forutnei* (Hemsl.) Makino	√	√	√	√			√	√	√		√	√
13	绒　楠	*Machilus velutina* Champ. ex Benth.	√	√		√			√	√		√		
14	梧　桐	*Firmiana simplex* (L.) F. W. Wight	√		√		√						√	√
15	罗浮柿	*Diospyros morrisiana* Hance	√	√	√	√			√	√			√	√
16	野　柿	*Diospyros kaki* L. F. Suppl.	√			√				√			√	
17	石　栎	*Lithocarpus glabra*. (Thunb.) Nakai		√					√					√
18	栲　树	*Castanopsis fargesii* Franch.		√		√				√		√		√
19	马尾松	*Pinus massoniana* Lamb.	√				√				√		√	
20	三年桐	*Vernicia fordii* (Hemsl.) Airy Shaw	√		√	√	√				√		√	
21	杉　木	*Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.					√	√			√	√		

表 2 不同栽植代数、不同发育阶段杉木林林下灌木种类

序号	中文名	学名	1代				2代				3代			
			5	8	15	19	6	9	15	19	6	9	16	22
1	微毛柃	*Eurya hebeclados* Ling		√	√	√		√	√				√	√
2	黄瑞木	*Adinandra millettii* (Hook. et Arn.) Benth.	√	√	√	√	√		√	√	√		√	√
3	沿海紫金牛	*Ardisia punctata* Lindl.	√	√	√	√	√	√		√	√	√		
4	毛冬青	*Ilex pubescens* Hook.	√	√	√			√	√	√		√	√	√
5	林氏绣球	*Hydrangea lingii* Hoo		√		√				√			√	√
6	十字苔	*Carex cruciata* Wahlenb.		√		√		√				√		
7	长刺葱木	*Aralia spinifolia* Merr.	√		√		√				√			
8	华南木姜子	*Litsea greenmaniana* Allen	√	√	√	√				√				
9	白花龙	*Styrax faberi* Perk.			√	√		√		√	√	√	√	√
10	杜 鹃	*Rhododendron simsii* Planch	√		√	√								√
11	光叶山矾	*Symplocos lancifolia* Sieb. et Zucc.			√			√		√	√		√	
12	东南悬钩子	*Rubus tsangorum* Hand.-Mazz.	√	√	√	√			√		√		√	√
13	卡氏乌饭	*Vaccinium carlesii* Dunn		√	√		√			√	√	√	√	√
14	天料木	*Homalium cochinchinense* (Lour.) Druce		√				√	√	√				
15	粗叶悬钩子	*Rubus alceaefolius* Poir.			√	√					√	√	√	
16	显齿葡萄	*Ampelopsis grossedentata* (Hand.-Mazz.) W. T. Wang	√	√				√	√	√			√	√
17	三花冬青	*Ilex triflora* Bl.			√	√		√				√		√
18	乌 药	*Lindera aggregata* (Sims.) Kosterm.	√		√	√	√		√	√	√		√	√
19	枇杷叶紫珠	*Callicarpa kochiana* Makino		√	√	√	√		√			√	√	√
20	绣毛莓	*Rubus reflexus* Ker	√	√			√		√	√	√		√	√
21	茜草树	*Randia cochinchinensis* (Lour.) Merr.	√		√	√								
22	广东冬青	*Ilex kwangtungensis* Merr.		√	√	√		√		√		√		
23	矩形叶老鼠刺	*Itea chinensis* Hook. et Arn.	√	√	√	√	√		√	√	√		√	√
24	笔罗子	*Meliosma rigida* Sieb. et Zucc.		√		√			√			√		√
25	山 矾	*Symplocos sumuntia* Buch.-Ham.	√		√			√		√			√	
26	尾叶山茶	*Camellia cuspidata* Wight.			√	√			√		√			
27	空心泡	*Rubus rosaefolius* Smith.	√	√	√	√	√	√		√		√		√
28	密花树	*Rapanea neriifolia* (Sieb. et Zucc.) Mez	√		√				√	√			√	
29	山 姜	*Alpinia japonica* (Thunb.) Miq.			√							√		
30	竹叶榕	*Ficus stenophylla* Hemsl.			√	√								√
31	大叶山矾	*Symplocos grandis* Hand.-Mazz.	√	√	√	√				√	√		√	√
32	杜茎山	*Maesa japonica* (Thunb.) Moritzi.		√	√	√	√	√	√		√	√	√	√
33	赤 楠	*Syzygium buxifolium*. Hook. et Arn.	√		√	√	√		√	√	√	√	√	√
34	山乌桕	*Sapium discolar* (Champ. ex Benth.) Muell.-Arg.	√	√	√	√	√		√	√			√	√
35	桃叶石楠	*Photinia prunifolia* (Hook. et Arn.) Lindl.	√		√	√		√		√			√	√
36	乌饭树	*Vaccinium bracteatum* Thunb.	√	√	√	√	√		√	√	√		√	√
37	假蚊母	*Distyliopsis dunnii* (Hemsl.) Endress			√	√				√			√	√
38	野 漆	*Toxicodendron succedaneum* (L.) O. Kuntze	√	√	√	√	√		√	√	√			√
39	短梗幌伞枫	*Heteropanax brevipedicellatus* Li	√		√			√					√	
40	荚 迷	*Viburnum dilatatum* Thunb. Fl.			√	√	√	√		√		√		
41	细齿柃木	*Eurya nitida* Korthals		√	√	√	√		√	√	√		√	√
42	红叶树	*Helicia cochinchinensis* Lour. Fl.	√		√	√								√
43	黄毛冬青	*Ilex dasyphylla* Merr.			√						√	√		
44	酸味子	*Antidesma japonicum* Sieb. et Zucc.			√	√	√			√			√	
45	油 茶	*Camellia oleifera* Abel.				√	√		√	√	√		√	√
46	黄牛奶树	*Symplocos laurina* (Retz.) Wall.		√	√							√		
47	短梗新木姜	*Neolitsea brevipesi* H. W. Li	√		√				√					
48	过山枫	*Celastrus aculeatus* Merr.	√		√	√	√	√	√	√	√		√	√
49	梵天花	*Urena procumbens* L.		√		√		√		√		√		√
50	盐肤木	*Rhus chinensis* Mill.	√	√		√	√		√	√	√		√	√
51	粗毛榕	*Ficus hirta* Vahl.	√		√	√	√		√	√	√	√	√	√
52	苦 竹	*Pleioblastus amarus* (Keng) Keng f.							√					√
53	檵 木	*Loropetalum chinense* (R. Br.) Oliv.				√	√		√	√	√		√	√

(续表 2)

序号	中文名	学　名	1代				2代				3代			
			5	8	15	19	6	9	15	19	6	9	16	22
54	山苍子	*Litsea cubeba* (Lour.) Pers.	√			√	√		√	√	√	√	√	√
55	甜　竹	*Phyllostachys flexuosa* A. et C. Riv.							√	√	√			√
56	百两金	*Ardisia crispa* (Thunb.) A. DC.	√			√		√				√		
57	箬叶箬竹	*Indocalamus longiauritus* Hand.-Mazz.	√			√	√		√	√	√	√	√	√
	合　计		30	26	40	42	23	20	30	34	27	22	33	37

表 3　不同栽植代数、不同发育阶段杉木林层间植物种类

序号	中文名	学　名	1代				2代				3代			
			5	8	15	19	6	9	15	19	6	9	16	22
1	羊角藤	*Morinda umbellata* L.			√	√			√				√	√
2	光叶崖豆藤	*Millettia nitida* Benth.	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
3	网脉酸藤子	*Embelia rubis* Hand.-Mazz.	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
4	暗色菝契	*Smilax lanceifolia* var. *opaca* A. DC.	√	√	√	√		√	√	√	√	√	√	√
5	鸡矢藤	*Paederia scandens* (Lour.) Merr.		√	√	√				√			√	
6	毛花弥猴桃	*Actinidia eriantha* Benth.	√	√		√		√	√				√	√
7	流苏藤	*Thysanospermum diffusum* Champ.		√	√	√	√			√			√	√
8	玉叶金花	*Mussaenda pubescens* Ait. f.	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
9	东南葡萄	*Vitis chunganensis* Hu			√	√			√	√			√	√
10	乌敛莓	*Cayratia japonica* (Thunb.) Gagnep.		√	√	√			√				√	
11	广东山葡萄	*Ampelopsis cantoniensis* (Hook. et Arn.) Planch.			√					√			√	√
12	藤黄檀	*Dalbergia hancei* Benth.				√				√				
13	光叶菝契	*Smilax glabra* Roxb.							√			√		
	合　计		5	9	10	11	4	5	8	9	4	5	11	9

从植物种类上看,本次调查样地出现的 116 种植物在各代杉木林中均有分布,并未出现各代杉木林的特有种,但不同代数杉木林中各物种出现的频度存在差异。1 代杉木林中出现频度较大的种有:拟赤杨、野柿、黄瑞木、东南悬钩子、大叶山矾、沿海紫金牛、狗脊、地稔、玉叶金花、光叶崖豆藤等;2 代杉木林中出现频度较大的种有:黄楠、毛冬青、显齿葡萄、乌药、杜茎山、过山枫、狗脊、黑莎草、网脉酸藤子、芒萁等;3 代杉木林中出现频度较大的种有:黄楠、桤木、白花龙、杜茎山、卡氏乌饭、山苍子、粗毛榕、箬叶箬竹、狗脊、芒萁、淡竹叶等。

不同发育阶段杉木林林下植被变化也呈现明显规律。5 年生杉木林刚进入郁闭,杉木林冠呈尖塔形,其林下物种丰富度高,分别在 46～59 种之间,特别以一些阳性灌木占优势,如檫树、三年桐、山苍子、盐肤木、长刺葱木、野漆等。后随杉木幼林逐渐郁闭,10 年生杉木林林内光照减弱,杉木林下原有的阳性植物逐渐被一些阴性植物取代,其中以乔木幼树及灌木减少最为明显,相反,一些耐荫草本种类却有所增加,特别是一些高度在 30 cm 以下的蕨类、禾本科(Gramineae)及菊科(Compositae)的草本,如地稔、垂穗石松、里莎草、团叶麟毛蕨、扇叶铁线蕨、大头艾纳香等,15 年生时由于林分间伐作用及自然整枝,林内透光度变大,杉木林冠变成稀疏圆球形,其林下植物种类明显增加,以杜茎山、黄瑞木、草珊瑚、毛冬青、粗毛榕、细齿柃木、狗脊、芒萁等占优势,而且光叶崖豆藤、羊角藤、毛花弥猴桃、鸡屎藤等层间植物种类也逐渐增加,随杉木林下植被的恢复和发育,20 年生杉木林下植物种类及数量仍呈增加趋势,这无疑非常有利于杉木人工林地力的恢复,但传统杉木经营多在这一发育阶段进行采伐,又进一步干扰了林地植被及地力的恢复。

表 4 不同栽植代数、不同发育阶段杉木林草本植物种类

序号	中文名	学名	1代				2代				3代			
			5	8	15	19	6	9	15	19	6	9	16	22
1	芒	*Miscanthus sinensis* Anderss.	√	√	√				√	√	√		√	√
2	五节芒	*Miscanthus floridulus* (Labill.) Warb.				√	√			√			√	√
3	淡竹叶	*Lophantherum gracile* Brongn.	√	√	√	√	√	√	√		√	√	√	√
4	狗 脊	*Woodwardia japonica* (L. f.) Sm.	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
5	乌 蕨	*Stenoloma chusanum* (L.) Ching		√	√	√		√		√	√	√	√	√
6	弓果黍	*Cyrtococcum patens* (L.) A. Camus		√	√				√	√	√			√
7	地 稔	*Melastoma dodecandrum* Lour.	√	√	√	√	√	√	√		√	√		
8	金毛耳草	*Hedyotis chrysotricha* (Palib.) Merr.		√								√	√	
9	黑莎草	*Gahnia tristis* Nees		√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
10	海金沙	*Lygodium japonicum* (Thunb.) Sw.		√	√	√		√		√			√	√
11	团叶鳞毛蕨	*Lindsaea orbiculata* (L.) Mett.		√	√	√	√	√	√		√	√		√
12	金星蕨	*Parathelypteris glanduligera* (Kze.) Ching			√					√		√		
13	草珊瑚	*Sarcandra glabra* (Thunb.) Nakai	√	√	√	√	√		√			√		√
14	皱叶狗尾草	*Setaria plicata* (Lam.) T. Cooke		√	√					√			√	
15	乌毛蕨	*Blechum orientale* L.		√	√			√	√		√	√		√
16	垂穗石松	*Lycopodium cernuum* L.		√	√	√		√	√	√		√		√
17	扇叶铁线蕨	*Adiantum flabellulatum* L.		√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√
18	荩 草	*Arthraxon hispidus* (Thunb.) Makino	√	√			√			√				
19	深绿叶卷柏	*Selaginella doederleinii* Hieron.	√	√		√	√	√	√	√	√	√	√	√
20	鸡血藤	*Millettia reticulata* Benth.	√	√										
21	中华里白	*Hicriopteris chinensis* (Ros.) Ching				√		√		√			√	√
22	芒 萁	*Dicranopteris dichotoma* (Thunb.) Bernh.	√	√	√	√	√	√	√	√	√		√	√
23	大 青	*Clerodendrum cyrtophyllum* Turcz.	√			√						√	√	√
24	山菅兰	*Dianella ensifolia* (L.) DC.	√			√						√	√	√
25	大头艾纳香	*Blumea megacephala* (Rander) Chang et Tseng	√			√						√	√	
	合 计		10	15	16	15	11	13	13	14	12	15	16	17

表 5 不同栽植代数、不同发育阶段杉木林林下植被物种丰富度(400 m^2)

植被类型	1代					2代					3代				
	5	10	15	20	平均	5	10	15	20	平均	5	10	15	20	平均
乔木幼树	14	12	9	10	11	8	5	8	9	8	65	5	9	8	7
灌 木	30	26	40	42	35	23	20	30	34	27	27	22	33	37	30
草 本	10	15	16	15	14	11	13	13	14	13	12	15	16	17	15
层间植物	5	9	10	11	9	4	5	8	9	6	4	5	11	9	7
合 计	59	62	75	78	69	46	43	59	66	54	49	47	69	71	59

3.2 不同栽植代数杉木人工林林下植被层组成

不同栽植代数杉木林林下植被层物种的比例也存在差异。随栽植代数增加,杉木林林下乔木幼树及草本层物种所占比例均呈逐代递减趋势,而灌木层物种所占比例则呈逐代递增趋势,层间植物所占比例变化不明显,不同栽植代数杉木林林下植被组成比例的差异与不同代数杉木的生长状况有关。从表 6 看出,不同代数、不同发育阶段杉木林林下植被组成比例均以灌木层最高,表现为灌木层 > 草本层 > 乔木幼树 > 层间植物,说明灌木层植物仍占杉木林林下植被的主体。

表 6　不同栽植代数、不同发育阶段杉木林各植被层物种数量占总种数的比例　　%

植被类型	1 代					2 代					3 代				
	5	10	15	20	平均	5	10	15	20	平均	5	10	15	20	平均
乔木幼树	23.73	19.35	12.00	12.82	16.98	17.39	11.63	13.56	13.64	14.81	12.25	10.64	13.04	11.27	11.86
灌　木	50.85	41.94	53.33	53.85	49.99	50.00	46.51	50.85	51.52	50.00	55.10	46.81	47.83	52.11	50.85
草　本	16.95	24.19	21.33	19.23	20.43	23.91	30.23	22.03	21.20	24.07	24.49	31.91	23.19	23.94	25.42
层间植物	8.47	14.52	13.34	14.10	12.60	8.70	11.63	13.56	13.64	11.11	8.16	10.64	15.94	12.68	11.86
合　计	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

3.3　不同栽植代数杉木人工林林下植被生物量

不同栽植代数杉木林林下植被不仅种类存在差异,而且其林下植被生物量也存在明显差异。随栽植代数增加,其林下灌木层、草本层及死地被物层生物量均呈逐代递增趋势,其中 2 代 20 年生杉木林林下植被及死地被物生物量分别比 1 代 20 年生杉木林增加 4.32 %和 20 %,3 代 20 年生杉木林分别比 1 代 20 年生杉木林增加 27.38 %和 19.15 %,说明 2、3 代杉木连栽后林分生长不良,林相不整齐,反而有利于其林下植被发育及林地肥力恢复。

不同发育阶段杉木林林下植被生物量呈现出明显规律。杉木造林后幼林郁闭前其林下植被生物量呈增加趋势,5 年生杉木林林下植被生物量平均为 1.4 t·hm^{-2},随幼林郁闭,其林下植被生物量呈逐年下降趋势,此时期林下植被发育较弱;10 年生杉木林林下植被平均生物量仅为 0.85 t·hm^{-2},而后随间伐及自然整枝作用,林内透光度提高,林下植被得到发育,其林下植被及死地被物生物量均呈增加趋势;15 年生杉木林林下植被及死地被物平均生物量分别为 2.88 t·hm^{-2}和 3.61 t·hm^{-2},20 年生杉木林平均分别为 3.84 t·hm^{-2}和 4.81 t·hm^{-2}。杉木人工林林下植被的这种变化规律对林地肥力有较大影响(表 7)。

表 7　不同栽植代数、不同发育阶段杉木林林下植被生物量

栽植代数	林龄/a	林下植被(活地被物)						死地被物		总　计	
		灌木层		草本层		小　计					
		生物量/(t·hm^{-2})	比例①/%	生物量/(t·hm^{-2})	比例/%	生物量/(t·hm^{-2})	比例/%	生物量/(t·hm^{-2})	比例/%	生物量/(t·hm^{-2})	比例/%
1	5	0.84	38.35	0.39	17.81	1.23	56.16	0.96	43.84	2.19	100
2	6	0.98	39.68	0.45	18.21	1.43	57.89	1.04	42.11	2.47	100
3	6	1.05	39.92	0.49	18.63	1.54	58.55	1.09	41.46	2.62	100
平均		0.96	39.32	0.44	18.22	1.40	57.53	1.03	42.47	2.43	100
1	8	0.35	16.91	0.34	16.42	0.69	33.33	1.38	66.67	2.07	100
2	9	0.42	17.87	0.40	17.02	0.82	34.89	1.53	65.11	2.35	100
3	9	0.59	23.04	0.45	17.58	1.04	40.62	1.52	59.38	2.56	100
平均		0.45	19.27	0.40	17.01	0.85	36.28	1.48	63.72	2.32	100
1	15	1.46	26.99	0.69	12.75	2.15	39.74	3.26	60.26	5.41	100
2	15	2.14	32.92	0.87	13.39	3.01	46.31	3.49	53.69	6.50	100
3	16	2.52	33.24	0.97	12.80	3.49	46.04	4.09	53.96	7.58	100
平均		2.04	31.05	0.84	12.98	2.88	44.03	3.61	55.97	6.45	100
1	19	2.55	32.03	0.92	11.56	3.47	43.59	4.49	56.41	7.96	100
2	19	2.65	32.32	0.97	11.83	3.62	44.15	4.58	55.85	8.20	100
3	22	3.17	32.45	1.25	12.79	4.42	45.24	5.35	54.76	9.77	100
平均		2.79	32.27	1.05	12.06	3.84	44.33	4.81	55.67	8.64	100

①占总生物量的比例,下同。

3.4 不同栽植代数杉木林林下植被养分积累

由于不同栽植代数、不同发育阶段杉木林林下植被种类的差异,导致其林下植被养分浓度变化无明显规律。除 Ca 元素外,杉木林林下植被各养分浓度均高于死地被物,也高于杉木各器官,说明杉木林林下植被具有很好的养分富集能力(表 8)。

不同栽植代数杉木林林下植被养分积累呈现明显规律,随栽植代数增加,杉木林林下植被及死地被物养分含量均呈逐代增加趋势,其中以林下植被养分积累更为明显。2、3 代杉木林林下植被养分积累分别比 1 代增加 6.96 %和 37.49 %,死地被物养分积累分别比 1 代增加 5.63 %和 20.28 %,3 代杉木林林下植被及死地被物养分积累分别比 2 代增加 17.62 %和 13.87 %。从以上分析看出,虽然多代连栽杉木乔木层养分积累下降,但其林下植被层养分积累却明显增加,这无疑有利于杉木林地肥力的恢复。

不同发育阶段杉木林林下植被养分积累也存在明显差异。幼林时期(10 年生前)杉木林下植被养分积累呈下降趋势,而死地被物养分积累逐年增大,中龄林及成熟林阶段杉木林林下植被及死地被物养分积累均呈较大幅度增加趋势,其中 20 年生杉木林下植被及死地被物养分积累分别比 5 年生杉木增加 178.58 %和 359.85 %。可见,杉木成熟林有利于其林下植被层养分积累,适当延长轮伐期有利于其林地肥力的恢复。

表 8 不同栽植代数、不同发育阶段杉木林林下植被养分积累 kg·hm^{-2}

栽植代数	林龄/a	地被物类型	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	Mn	合计
1	5	活地被物	11.94	1.43	7.68	7.49	1.32	0.356	0.003 4	0.033	0.704	30.956
		死地被物	8.13	0.56	1.30	8.12	0.79	0.241	0.002 5	0.020	0.391	19.555
2	6	活地被物	13.04	1.63	8.75	9.19	1.43	0.401	0.003 6	0.034	0.779	35.258
		死地被物	8.95	0.62	1.44	8.37	1.00	0.252	0.002 6	0.021	0.410	21.066
3	6	活地被物	14.43	1.72	9.72	9.10	1.45	0.469	0.004 1	0.035	0.775	37.703
		死地被物	9.00	0.59	1.43	9.23	0.78	0.272	0.002 7	0.024	0.450	21.779
平均		活地被物	13.14	1.59	8.72	8.59	1.40	0.409	0.003 7	0.034	0.753	34.640
		死地被物	8.69	0.59	1.39	8.57	0.86	0.255	0.002 6	0.022	0.417	20.797
1	8	活地被物	7.18	0.86	5.46	4.43	0.79	0.216	0.002 4	0.021	0.481	19.440
		死地被物	10.83	0.75	2.03	13.14	1.34	0.388	0.004 0	0.033	0.581	29.096
2	9	活地被物	8.18	0.93	6.40	5.14	0.89	0.253	0.002 7	0.024	0.566	22.386
		死地被物	12.19	0.81	2.17	13.95	1.39	0.450	0.004 4	0.038	0.691	31.693
3	9	活地被物	10.13	1.13	7.91	6.27	1.19	0.313	0.003 1	0.026	0.666	27.638
		死地被物	11.99	0.82	2.10	14.39	1.25	0.450	0.004 3	0.036	0.673	31.713
平均		活地被物	8.50	0.97	6.59	5.28	0.96	0.261	0.002 7	0.024	0.571	23.159
		死地被物	11.67	0.79	2.10	13.83	1.33	0.429	0.004 2	0.036	0.648	30.837
1	15	活地被物	21.11	2.49	16.02	13.52	2.45	0.790	0.010 6	0.067	1.587	58.045
		死地被物	23.21	1.60	4.53	32.31	2.58	0.989	0.010 0	0.084	1.598	66.911
2	15	活地被物	28.44	3.13	21.70	19.63	3.34	1.027	0.014 5	0.082	2.231	79.595
		死地被物	25.55	1.88	4.92	33.96	3.11	1.028	0.010 9	0.085	1.782	72.326
3	16	活地被物	34.06	3.52	26.14	21.36	4.08	1.237	0.015 5	0.080	2.447	92.940
		死地被物	31.21	2.13	5.85	40.45	3.31	1.191	0.013 0	0.084	2.050	86.288

(续表 8)

栽植代数	林龄/a	地被物类型	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	Mn	合计
平均		活地被物	27.87	3.05	21.29	18.17	3.29	1.018	0.013 5	0.076	2.088	76.866
		死地被物	26.66	1.87	5.10	35.57	3.00	1.069	0.011 3	0.084	1.810	73.364
1	19	活地被物	32.17	3.64	22.31	20.79	3.61	1.414	0.018 8	0.147	3.138	87.238
		死地被物	29.05	2.20	6.06	44.68	3.14	1.574	0.020 7	0.138	2.342	89.205
2	19	活地被物	33.74	3.95	22.84	22.15	3.95	1.492	0.019 0	0.138	3.226	91.505
		死地被物	29.86	2.66	5.95	44.93	3.57	1.563	0.020 2	0.147	2.506	91.206
3	22	活地被物	41.59	4.46	27.49	26.65	4.60	1.762	0.022 5	0.162	4.028	110.765
		死地被物	34.72	3.16	7.44	52.11	4.33	1.857	0.021 6	0.178	2.694	106.511
平均		活地被物	35.83	4.02	24.21	23.20	4.05	1.556	0.020 1	0.149	3.464	96.499
		死地被物	31.21	2.67	6.48	47.24	3.68	1.665	0.020 8	0.154	2.514	96.634

4　小　结

不同栽植代数杉木林林下植被种类、频度及生物量存在差异。1、2、3 代杉木林林下植被物种丰富度分别为 69、54 和 59 种,未出现不同代数杉木林的特有种;随栽植代数增加,杉木林林下植被及死地被物生物量呈逐代递增趋势,多代连栽有利于杉木林林下植被发育,这无疑有利于其林地肥力的恢复。

不同栽植代数杉木林林下植被养分浓度变化无明显规律,但其林下植被及死地被物养分积累规律明显。随栽植代数增加,杉木林林下植被及死地被物养分积累均呈逐代增加趋势,其中以林下植被养分积累增加最为明显。2、3 代杉木林林下植被养分积累分别比 1 代增加 16.90 %和 37.49 %,死地被物养分积累增加 5.63 %和 20.28 %,这可能是杉木人工林生态系统对其林地肥力下降的一种反应。

参考文献:

[1] 姚茂和. 林下植被对杉木林地力影响的研究[J]. 林业科学研究,1991,4(3):246～251.

[2] 熊有强. 不同间伐强度杉木林下植被发育及生物量研究[J]. 林业科学研究,1995,8(4):408～412.

[3] 杨承栋. 发育林下植被是恢复杉木人工林地力的重要途径[J]. 林业科学,1995,31(3):275～283.

[4] 方奇. 杉木连栽对土壤肥力及其林木生长的影响[J]. 林业科学,1987,23(4):389～397.

[5] 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林下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(杉木人工林栽培营养的研究专刊):66～70.

[6] 刘玉宝,范少辉,张伯聪,等. 不同立地条件不同林龄杉木人工林林下植被消长规律的研究 Ⅱ. 林下植被种类动态[J]. 林业科学研究,1996,9(杉木人工林栽培营养的研究专刊):71～77.

[7] 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 Ⅲ 地被物生物量积累[J]. 林业科学研究,1996,9(杉木人工林栽培营养的研究专刊):92～95.

[8] 范少辉,刘玉宝,蔡伟民,等. 不同立地条件不同林龄杉木人工林养分积累和分配的研究 Ⅱ. 地被物营养元素积累和分配[J]. 林业科学研究,1996,9(杉木人工林栽培营养的研究专刊):147～154.

[9] 陈华贵,范少辉,俞新妥,等. 不同立地条件不同林龄杉木人工林养分动态的研究 Ⅲ 地被物层养分含量变化规律[J]. 林业科学研究,1996,9(杉木人工林栽培营养的研究专刊):124～130.

[10] 范少辉,马祥庆,陈绍栓,等. 多代杉木人工林生长发育效应的研究[J]. 林业科学,2000,36(4):9～15.

[11] 马祥庆,范少辉,刘爱琴,等. 不同栽植代数杉木人工林土壤肥力的比较研究[J]. 林业科学研究,2000,13(6):577～582.

Comparative Study on Underground Vegetation Develop of Different Generation Plantations of Chinese Fir

FAN Shao-hui[1], *MA Xiang-qing*[2], *FU Lui-shu*[3], *LIU Ai-qin*[2]

(1. Research Institute of Forestry, CAF, Beijing 100091, China;

2. Fujian Forestry College, Nanping 353001, Fujian, China;

3. Sanming Forestry Research Institute, Sanming 365000, Fujian, China)

Abstract: The underground vegetation of different generation plantations of Chinese fir (*Cunninghamia lanceolata*) are studied through the investigation of different generation, age and site. The results are as follows: underground vegetation development of Chinese fir plantations are greatly influenced by planting generation. There are significant differences among the underground vegetation species, frequencies and biomass of different generation plantations. Species quantities of the first generation, the second generation and the third generation plantations are 69, 54 and 59 respectively. There is not special species of different generation plantations. As planting generation increases, biomass and nutrient accumulations of underground vegetation of different generation plantations increase. Underground vegetation concentrations are higher than those of its litter. Compared to the first generation plantation, the nutrient accumulations of underground vegetation of the second generation, the third generation plantations increase by 6.96 % and 37.49 % respectively. Underground vegetation of Chinese fir plantation has higher capacity to accumulate nutrients.

Key words: planting generation; Chinese fir; underground vegetation; soil degradation