

文章编号: 100121498(2007)0320319209

# 封山育林对杉木人工林林下植被 物种多样性恢复的影响

蔡道雄, 卢立华, 贾宏炎, 何日明

(中国林业科学研究院热带林业实验中心, 广西 凭祥 532600)

**摘要:** 通过对杉木纯林进行密度调控, 并采取封育和非封育管理 6 a 结果显示: 短期的封山育林对杉木林分的整体状况没有产生明显的影响, 但对其林下植被的物种多样性及植被的生长产生了较显著的影响, 在封育区林下植物有 60 科、101 属、116 种, 植被的总盖度达 83%, 而非封育区林下植物只有 49 科、78 属、88 种, 植被的总盖度仅达 60%; 封育区与非封育区比, 封育区林下植物种数增加了 28 种, 增量为 31.82%, 植被总盖度增加了 23%, 且多了 1 层高度 > 2 m 的木本植被层。主要植物特征值分析显示: 封育区林下植物的相对密度、相对盖度及重要值等特征值较高的种数都比非封育区多, 所占的比例也高; 在封育区, 对叶榕的重要值最高, 达 100.43%, 且重要值 > 35% 的种有 16 种, 占其林下植物总种数的 13.79%, 而在非封育区, 断肠草的重要值最高, 仅达 34.77%, 重要值 > 35% 的种为零; 封育区林下植物的优势度比非封育区更为明显。

**关键词:** 封山育林; 杉木人工林; 林下植被; 特征值

中图分类号: S755

文献标识码: A

## The Influences of Closing for Afforestation on Vegetation Diversity Restoration under Chinese Fir Plantation

CAI Daoxiong, LU Lihua, JIA Hongyan, HE Riming

(Experimental Center of Tropical Forestry, CAF, Pingxiang 532600, Guangxi, China)

**Abstract** By density control and 6 years' closed and nonclosed management for Chinese fir pure stands, it was found that short-term closing had no significant influence on the overall performance of Chinese fir plantation, but remarkably affected the vegetation biodiversity and growth under forest. In closed area, there were 116 plant species belonging to 101 genera of 60 families, with the vegetation coverage 83%, while in the nonclosed area, there were only 88 plant species belonging to 78 genera of 49 families, the vegetation coverage was about 60%. Furthermore, there existed a woody vegetation layer with the height > 2 m in closed area. The result of key trait value analysis showed that the relative density, relative coverage and some other important traits in closed area were higher than that in nonclosed area. In closed area, *Ficus hispida* had the highest importance value (100.43%), and other 16 species had the importance value no less than 35%, which occupied 13.79% of total undergrowth species. In nonclosed area, *Gelsemium elegans* had the highest importance value (34.77%) and there were no species with importance value > 35%. The dominance of undergrowth in closed area was more obvious than that in nonclosed area.

**Key words** Closing for afforestation; Chinese fir plantation; undergrowth; trait value

收稿日期: 2006211217

基金项目: 国家/十五科技攻关项目/林业生态工程构建技术研究与示范 0 (2001BA510B06)

作者简介: 蔡道雄 (1961), 男, 广西北海人, 高级工程师, 主要从事森林培育、森林生态等研究。

随着社会的发展,木材资源越来越紧缺,大力发展人工林是解决木材资源严重不足的主要途径,因此,世界范围内人工林的种植面积在不断扩大。人工林的发展虽缓解了木材的供求矛盾,但也导致了世界范围内十分普遍的人工林地力衰退问题。我国人工林的发展非常迅速,栽培面积占世界第 1 位,在杉木(*Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook)、落叶松(*Larx gmelini* (Rupr.) Kupr)、桉树(*Eucalyptus robusta* Smith)、马尾松(*Pinus massoniana* Lamb.) 等人工林中,地力衰退现象已较为严重<sup>[1~4]</sup>。可见,人工林地力衰退已成为世界林业共同面对的问题,也是制约林业可持续经营的重要因素。

杉木是我国南方林区主栽树种,也是人工用材林经营时间最长的树种之一,它的多代连栽现象十分普遍,导致地力衰退日趋严重<sup>[5,6]</sup>。为了解决杉木人工林连栽而导致的地力衰退问题,我国林业科技工作者进行了大量的探索研究,并取得了一定成果,其中针阔混交已被视为解决杉木人工林地力衰退的最有效途径<sup>[7,8]</sup>。此外,林下植被对林分的养分循环与土壤肥力的恢复有较大影响,当人工林林下植被达到一定覆盖度和生物量时,对林地地力有明显的改善作用<sup>[9,10]</sup>。因此,恢复和促进杉木人工林的林下植被,对维护和恢复杉木人工林的地力、减缓地力衰退起到很好的作用<sup>[11~13]</sup>。故通过采取科学的经营措施,促进杉木人工林林下植被的恢复,增加其林下植被的种类、提高其覆盖度是维护和恢复杉木人工林林地地力的重要手段。有研究表明,通

过对林分密度的调控来恢复林下植被是较有效的方法<sup>[14~16]</sup>,如果能结合封山育林措施,对林下植被的恢复作用将更为明显;而封山育林是恢复和建设植被最省钱、省工的办法<sup>[17]</sup>。本文通过对杉木封育区与非封育区林下植被变化的对比研究,论述封山育林对杉木人工纯林林下植被恢复的影响,为我国南方人工林的可持续经营提供理论依据。

## 1 试验地概况

试验地设在中国林科院热带林业实验中心青山实验场,该地位于 21b57c47d~22b19c27dN, 106b39c50d~106b59c30dE,属南亚热带季风型半湿润)湿润气候,冬无严寒,夏无酷热,罕见冰雪,无霜期达 350 d,太阳总幅射达 439.6 kJ#cm<sup>-2</sup>#a<sup>-1</sup>,全年日照时数 1218~1620 h,年均气温 20.5~21.7 e, \ 10 e 活动积温 6000~7600 e;年均降水量 1200~1500 mm,年均蒸发量 1261~1388 mm,相对湿度 80%~84%。

试验样地设在 1989 年重茬连栽的杉木人工纯林中,林分面积达 50 hm<sup>2</sup>,初植密度为 3600 株 #hm<sup>-2</sup>,海拔 550~650 m,南北坡,坡度 25b~30b 凝灰溶岩发育的山地红壤。1999 年对林分进行强度为 49% 的间伐,保留 1980 株 #hm<sup>-2</sup>;间伐前林分郁闭度接近 1.0 故林下仅偶见耐荫蕨类。2005 年 9 月分别在封育区和非封育区坡面的上、中、下部位各挖一个土壤剖面,分别调查了腐殖质层厚度和土壤养分状况,具体见表 1。

表 1 封育区与非封育区腐殖质层平均厚度及土壤养分状况

封育类型	腐殖质层平均厚度 /cm	土层深度 /cm	pH 值	全量			速效			盐基总量 / (cmol#kg <sup>-1</sup> )	
				有机质	全氮 (g#kg <sup>-1</sup> )	全磷	全钾	碱解氮	速效磷		速效钾
非封育区	1.5	0~20	4.05	30.6	1.20	0.71	8.9	117	3.8	38.9	2.59
		20~40	4.32	12.4	0.84	0.65	10.1	54	2.0	22.1	1.81
		40~100	4.67	11.6	0.67	0.70	12.2	53	1.8	18.4	1.37
封育区	2.5	0~20	4.20	33.5	1.28	0.72	8.8	126	3.7	39.0	3.27
		20~40	4.37	20.7	0.98	0.69	9.3	78	3.3	26.0	1.86
		40~100	4.59	11.4	0.71	0.68	10.1	45	2.5	20.8	1.98

注:土壤分析样为所有样地挖剖面取土,将土壤按层次混合,再取其各层次的混合样测定。

## 2 研究方法

采用空间替换时间的研究方法。2005 年 9 月在封育区(严格限制人、畜进入的区域)及非封育区(人、畜可以自由进入的区域),按坡面的上、中、下 3 个坡位设置样地,每个样地面积 20m@30m,4 次重复;对每个样地的杉木进行每木检尺,测定胸径和树高,统计株数;同时,在每个样地中心及四角各设置

1 个 5m@5m 的植被调查样方,分别记录样方内植物的种类、数量、高度、盖度等,并计算其重要值。

重要值 = 相对密度 + 相对频度 + 相对盖度

## 3 结果与分析

### 3.1 封山育林对杉木林分的影响

2005 年 9 月对封育区和非封育区杉木林分的生长量与密度进行调查,结果表明:封育区杉木的平

均树高为 12.7 m, 平均胸径为 14.3 cm, 密度为 1970 株 # hm<sup>-2</sup>, 林分郁闭度为 0.75; 非封育区杉木的平均树高为 12.8 m, 平均胸径为 14.2 cm, 密度为 1965 株 # hm<sup>-2</sup>, 林分郁闭度为 0.75。2 种类型林分的生长量、密度、郁闭度基本一致, 说明封山育林 6 a 还没有对杉木林分产生明显的影响。

### 3.2 封山育林对杉木林下植被盖度的影响

由表 2 可见: 封育区林下植被的总盖度达 83%, 比非封育区 (60%) 高了 23%。在木本层中, 封育区的总盖度为 43%, 比非封育区高 15%, 木本植被各

层次的植被盖度都以封育区大于非封育区, 且比非封育区多了一个 2 m 以上高度的层次; 在草本层中, 封育区的总盖度达 80%, 比非封育区 (50%) 高了 30%, 且其它层次亦大于非封育区。说明封山育林对杉木林下植被的恢复与生长都有促进作用, 尤其对草本植被的作用更为明显。

### 3.3 封山育林对杉木林下植物种类的影响

对封育区和非封育区杉木林下的植被进行全面调查, 其林下植物的共有种及特有种见表 3、4。

表 2 封育区与非封育区杉木林下植被的盖度变化

封育类型	林下植被 总盖度	木本层			草本层			%	
		总盖度	> 2 m	1~2 m	< 1 m	总盖度	1~2 m		< 1 m
封育区	85.0	45.0	10.0	35.0	10.0	80.0	40.0	50.0	
非封育区	60.0	30.0	0.0	25.0	10.0	50.0	30.0	30.0	

表 3 封育区与非封育区杉木林下植物共有种名录

序号	种名	科名	属名
1	卷柏 <i>Selaginella tamariscina</i> (Beauv.) Spring	卷柏科 Selaginellaceae	卷柏属 <i>Selaginella</i>
2	海金沙 <i>Lygodium japonicum</i> (Thunb.) Sw.	海金沙科 Schizaeaceae	海金沙属 <i>Lygodium</i>
3	半边旗 <i>Pteris semipinnata</i> L.	凤尾蕨科 Pteridaceae	凤尾蕨属 <i>Pteris</i>
4	扇叶铁线蕨 <i>Adiantum flabellatum</i> L.	铁线蕨科 Adiantaceae	铁线蕨属 <i>Adiantum</i>
5	江南断肠蕨 <i>Allantodia metteniana</i> (Miq.) Ching	蹄盖蕨科 Athyriaceae	短肠蕨属 <i>Allantodia</i>
6	狗脊 <i>Woodwardia japonica</i> (L.f.) Sm.	乌毛蕨科 Blechnaceae	狗脊蕨属 <i>Woodwardia</i>
7	镰形假毛蕨 <i>Pseudocyclosorus falacilobus</i> (Hook.) Ching	金星蕨科 Thelypteridaceae	假毛蕨属 <i>Pseudocyclosorus</i>
8	暗鳞毛蕨 <i>Dryopteris atra</i> (Kunze) Ching	鳞毛蕨科 Dryopteridaceae	鳞毛蕨属 <i>Dryopteris</i>
9	山苍子 <i>Litsea cubeba</i> (Lour.) Pers.	樟科 Lauraceae	木姜子属 <i>Litsea</i>
10	木姜子 <i>Litsea pungens</i> Hensl.	樟科 Lauraceae	木姜子属 <i>Litsea</i>
11	绒毛润楠 <i>Machilus velutina</i> Champ. ex Benth.	樟科 Lauraceae	润楠属 <i>Machilus</i>
12	野木瓜 <i>Stauntonia chinensis</i> DC.	木通科 Lardizabalaceae	野木瓜属 <i>Stauntonia</i>
13	木防己 <i>Cocculus trilobus</i> (Thunb.) DC.	防己科 Menispermaceae	木防己属 <i>Cocculus</i>
14	细圆藤 <i>Pericampylus glaucus</i> (Lam.) Merr.	防己科 Menispermaceae	细圆藤属 <i>Pericampylus</i>
15	牛漆 <i>Adyranthes bidanta</i> Bl.	苋科 Amaranthaceae	牛漆属 <i>Adyranthes</i>
16	绞股蓝 <i>Gynostemma pentaphyllum</i> (Thunb.) Makino	葫芦科 Cucurbitaceae	绞股蓝属 <i>Gynostemma</i>
17	茅瓜 <i>Solena amplexicaulis</i> (Lam.) Gandhi	葫芦科 Cucurbitaceae	茅瓜属 <i>Solena</i>
18	秋海棠 <i>Begonia evansiana</i> Andr.	秋海棠科 Begoniaceae	秋海棠属 <i>Begonia</i>
19	细齿叶柃 <i>Eurya nitida</i> Korth.	茶科 Theaceae	柃属 <i>Eurya</i>
20	水东哥 <i>Saurauia tristyla</i> DC.	水东哥科 Saurauiaceae	水东哥属 <i>Saurauia</i>
21	地慈 <i>Melastoma dodecandrum</i> Lour.	野牡丹科 Melastomaceae	野牡丹属 <i>Melastoma</i>
22	山杜英 <i>Elaeocarpus sylestris</i> (Lour.) Poir.	杜英科 Elaeocarpaceae	杜英属 <i>Elaeocarpus</i>
23	地桃花 <i>Urena lobata</i> L.	锦葵科 Malvaceae	地桃花属 <i>Urena</i>
24	五月茶 <i>Antidesma bunius</i> (L.) Spreng.	大戟科 Euphorbiaceae	五月茶属 <i>Antidesma</i>
25	大沙叶 <i>Aporosa chinensis</i> (Champ.) Merr.	大戟科 Euphorbiaceae	银柴属 <i>Aporosa</i>
26	毛果算盘子 <i>Glochidion eriocarpum</i> Champ.	大戟科 Euphorbiaceae	算盘子属 <i>Glochidion</i>
27	白背算盘子 <i>Glochidion wrightii</i> Benth.	大戟科 Euphorbiaceae	算盘子属 <i>Glochidion</i>
28	毛桐 <i>Maillotus barbatus</i> (Wall.) Muell. - Arg.	大戟科 Euphorbiaceae	野桐属 <i>Maillotus</i>
29	粗糠柴 <i>Maillotus philippinensis</i> (Lam.) Muell. - Arg.	大戟科 Euphorbiaceae	野桐属 <i>Maillotus</i>
30	白背叶 <i>Maillotus apelta</i> (Lour.) Muell. - Arg.	大戟科 Euphorbiaceae	野桐属 <i>Maillotus</i>
31	鼠刺 <i>Itea chinensis</i> Hook. f. et Am.	鼠刺科 Escalloniaceae	鼠刺属 <i>Itea</i>
32	越南悬钩子 <i>Rubus cochinchinensis</i> Tratt.	蔷薇科 Rosaceae	悬钩子属 <i>Rubus</i>
33	亮叶围涎树 <i>Pithecellobium lucidum</i> Benth.	含羞草科 Mimosaaceae	围涎树属 <i>Pithecellobium</i>
34	相思子 <i>Abrus precatorius</i> L.	蝶形花科 Papilionaceae	相思子属 <i>Abrus</i>
35	山蚂蝗 <i>Desmodium caudatum</i> (Thunb.) DC.	蝶形花科 Papilionaceae	山蚂蝗属 <i>Desmodium</i>

(续表 3)

序号	种名	科名	属名
36	野葛 <i>Pueraria lobata</i> (Willd.) Ohwi	蝶形花科 Papilionaceae	葛属 <i>Pueraria</i>
37	小钩树 <i>Broussonetia kazinoki</i> Sieb.	桑科 Moraceae	构属 <i>Broussonetia</i>
38	柘树 <i>Cudrania tricuspidata</i> (Carr.) Bureau	桑科 Moraceae	柘属 <i>Cudrania</i>
39	对叶榕 <i>Ficus hispida</i> L. f.	桑科 Moraceae	榕属 <i>Ficus</i>
40	黄毛榕 <i>Ficus fulva</i> Reinw. ex Bl.	桑科 Moraceae	榕属 <i>Ficus</i>
41	粗叶榕 <i>Ficus hirta</i> Vahl	桑科 Moraceae	榕属 <i>Ficus</i>
42	水丝麻 <i>Maoutia puya</i> (Hook.) Wedd.	荨麻科 Urticaceae	水丝麻属 <i>Maoutia</i>
43	无须藤 <i>Hosia sinensis</i> (Oliv.) Hemslet & Wils.	茶茱萸科 Icacinaceae	无须藤属 <i>Hosia</i>
44	乌菟莓 <i>Cayratia japonica</i> (Thunb.) Gagnep.	葡萄科 Vitaceae	乌菟莓属 <i>Cayratia</i>
45	扁担藤 <i>Tetrastigma planicaule</i> (Hook. f.) Gagnep.	葡萄科 Vitaceae	崖爬藤属 <i>Tetrastigma</i>
46	三叉苦 <i>Euodia lapa</i> (Spreng.) Merr.	芸香科 Rutaceae	吴茱萸属 <i>Euodia</i>
47	八角枫 <i>Alangium chinense</i> (Lour.) Harms.	八角枫科 Alangiaceae	八角枫属 <i>Alangium</i>
48	葱木 <i>Aralia chinensis</i> Linn.	五加科 Araliaceae	葱木属 <i>Aralia</i>
49	鹅掌柴 <i>Schefflera octophylla</i> (Lour.) Harms.	五加科 Araliaceae	鹅掌柴属 <i>Schefflera</i>
50	罗伞树 <i>Ardisia quinquefolia</i> Blume	紫金牛科 Myrsinaceae	紫金牛属 <i>Ardisia</i>
51	杜茎山 <i>Maesa japonica</i> (Thunb.) Moritzi	紫金牛科 Myrsinaceae	杜茎山属 <i>Maesa</i>
52	断肠草 <i>Gelsemium elegans</i> (Gardner et Champ.) Benth.	马钱科 Loganiaceae	断肠草属 <i>Gelsemium</i>
53	黑龙骨 <i>Periploca forrestii</i> Schlecht.	萝藦科 Asclepiadaceae	杠柳属 <i>Periploca</i>
54	吊山桃 <i>Secamone sinica</i> Hand.-Mazz.	萝藦科 Asclepiadaceae	鲫鱼藤属 <i>Secamone</i>
55	扒地蜈蚣 <i>Tylophora renchangii</i> Ts'ang	萝藦科 Asclepiadaceae	娃儿藤属 <i>Tylophora</i>
56	老虎须 <i>Tylophora arenicola</i> Merr.	萝藦科 Asclepiadaceae	娃儿藤属 <i>Tylophora</i>
57	风箱树 <i>Cephalanthus tetrandrus</i> (Roxb.) Ridsd. et Badh. F.	茜草科 Rubiaceae	风箱树属 <i>Cephalanthus</i>
58	耳草 <i>Hedyotis auricularia</i> Linn.	茜草科 Rubiaceae	耳草属 <i>Hedyotis</i>
59	玉叶金花 <i>Mussaenda pubescens</i> Ait. f.	茜草科 Rubiaceae	玉叶金花属 <i>Mussaenda</i>
60	华腺萼木 <i>Mycetia sinensis</i> (Hemslet.) Craib	茜草科 Rubiaceae	腺萼木属 <i>Mycetia</i>
61	九节 <i>Psychotria rubra</i> (Lour.) Poir.	茜草科 Rubiaceae	九节属 <i>Psychotria</i>
62	英蒨 <i>Viburnum lutescens</i> Bl.	忍冬科 Caprifoliaceae	英蒨属 <i>Viburnum</i>
63	金银花 <i>Lonicera japonica</i> Thunb.	忍冬科 Caprifoliaceae	忍冬属 <i>Lonicera</i>
64	鬼针草 <i>Bidens bipinnata</i> L.	菊科 Compositae	鬼针草属 <i>Bidens</i>
65	千里光 <i>Senecio scandens</i> Buch.-Ham.	菊科 Compositae	千里光属 <i>Senecio</i>
66	红丝线 <i>Lycianthes biflora</i> (Lour.) Bit.	茄科 Solanaceae	红丝线属 <i>Lycianthes</i>
67	红紫株 <i>Callicarpa rubella</i> Lindl.	马鞭草科 Verbenaceae	紫株属 <i>Callicarpa</i>
68	大青 <i>Clerodendron cyrtophyllum</i> Turcz.	马鞭草科 Verbenaceae	大青属 <i>Clerodendron</i>
69	山牡荆 <i>Vitex quinata</i> (Lour.) Will.	马鞭草科 Verbenaceae	山牡荆属 <i>Vitex</i>
70	假糙苏 <i>Paraphlomis javanica</i> (Bl.) Prain	唇形科 Labiatae	假糙苏属 <i>Paraphlomis</i>
71	穿鞘花 <i>Amischotolype hispida</i> (Less. et A. Rich.) Hong	鸭跖草科 Commelinaceae	穿鞘花属 <i>Amischotolype</i>
72	野蕉 <i>Musa balbisiana</i> Colla	芭蕉科 Musaceae	芭蕉属 <i>Musa</i>
73	艳山姜 <i>Alpinia zambet</i> (Pers.) Burtt et Sm.	姜科 Zingiberaceae	山姜属 <i>Alpinia</i>
74	菝葜 <i>Smilax china</i> L.	菝葜科 Smilacaceae	菝葜属 <i>Smilax</i>
75	野芋 <i>Colocasia antiquorum</i> Schott et Endl.	天南星科 Araceae	芋属 <i>Colocasia</i>
76	薯蓣 <i>Dioscorea opposita</i> Thunb.	薯蓣科 Dioscoreaceae	薯蓣属 <i>Dioscorea</i>
77	黄独 <i>Dioscorea bulbifera</i> Linn.	薯蓣科 Dioscoreaceae	薯蓣属 <i>Dioscorea</i>
78	莎草 <i>Cyperus rotundus</i> L.	莎草科 Cyperaceae	莎草属 <i>Cyperus</i>
79	蔓生莠竹 <i>Microstegium vagans</i> (Nees ex Steud.) A. Camus	禾亚科 Agrostidoideae	莠竹属 <i>Microstegium</i>
80	金色狗尾草 <i>Setaria glauca</i> Beauv.	禾亚科 Agrostidoideae	狗尾草属 <i>Setaria</i>

从表 3、4 可见: 封育区林下植物有 60 科、101 属、116 种, 其中, 木本植物 72 种, 草本植物 44 种; 非封育区林下植物有 49 科、78 属、88 种, 其中, 木本植物 67 种, 草本植物 21 种; 与非封育区相比, 封育区林下植物的种数多了 28 种, 增加了 31.82%, 且以草本种数增加最多, 增加了 23 种, 增量达 109.52%, 而

木本仅增 5 种, 增量为 7.46%。说明人、畜活动对草本植被的干扰比木本大, 这主要是牛、羊等牲畜喜食草类, 且草本更易因人、畜践踏而遭破坏。可见, 无论封育区还是非封育区, 对林分进行疏伐后, 林下植被都得到明显的恢复, 这与已有的报道))) 通过间伐降低林分密度, 林下植被种类都能增加<sup>[18]</sup>, 间伐

强度达 40% 以上时, 林下植被有较好恢复的结论相一致<sup>[19]</sup>。

在封育区和非封育区, 林下共有的植物种类为 48 科、72 属、80 种; 林下特有的植物种类以封育区较多, 有 26 科、34 属、36 种, 非封育区较少, 仅有 8 科、8 属、8 种, 封育区比非封育区多了 28 种, 封育区

的特有种比非封育区多了 3 5 倍。

此外, 从封育区与非封育区的特有种中可以看到, 封育区以偏阴性的物种为主, 如: 葫芦、黄精、高粱姜、金毛狗及所有的厥类植物等都属于荫生性植物; 而非封育区则以中生偏阳生性的物种相对较多, 如: 香花崖豆藤、马鞭草、黄檀等。这主要是封育区

表 4 封育区与非封育区杉木林下植物特有种名录

类型	序号	种名	科名	属名
非封育区特有种	1	薄叶卷柏 <i>Selaginella delicatula</i> (Desv.) Alston	卷柏科 Selaginellaceae	卷柏属 <i>Selaginella</i>
	2	毛黄肉楠 <i>Actinodaphne pilosa</i> (Lour.) Merr	樟科 Lauraceae	黄肉楠属 <i>Actinodaphne</i>
	3	翻白叶树 <i>Pterospermum heterophyllum</i> Hance	梧桐科 Sterculiaceae	翅子树属 <i>Pterospermum</i>
	4	南岭黄檀 <i>Dalbergia baibansae</i> Prain	蝶形花科 Papilionaceae	黄檀属 <i>Dalbergia</i>
	5	山鸡血藤 <i>Millettia dielsiana</i> Ham s	蝶形花科 Papilionaceae	崖豆藤属 <i>Millettia</i>
	6	荨麻 <i>Urtica fissa</i> E. Pritz	荨麻科 Urticaceae	荨麻属 <i>Urtica</i>
	7	鸡嗉榕 <i>Ficus smicordata</i> Buch - Ham	桑科 Moraceae	榕属 <i>Ficus</i>
	8	马鞭草 <i>Verbena officinalis</i> L.	马鞭草科 Verbenaceae	马鞭草属 <i>Verbena</i>
封育区特有种	1	福建莲座蕨 <i>Angiopteris fokiensis</i> Hieron.	观音莲座蕨科 Angiopteridaceae	观音莲座蕨属 <i>Angiopteris</i>
	2	华南紫萁 <i>Osmunda vachelii</i> Hook.	紫萁科 Osmundaceae	紫萁属 <i>Osmunda</i>
	3	金毛狗 <i>Cibotium barometz</i> (L.) J. Sm.	蚌壳蕨科 Dicksoniaceae	金毛狗属 <i>Cibotium</i>
	4	栗蕨 <i>Histiopteris incisae</i> (Thunb.) J. Sm.	凤尾蕨科 Pteridaceae	栗蕨属 <i>Histiopteris</i>
	5	凤尾蕨 <i>Pteris cretica</i> Linn. var. <i>nervosa</i> (Thunb.) Ching et S.H. Wu	凤尾蕨科 Pteridaceae	凤尾蕨属 <i>Pteris</i>
	6	乌毛蕨 <i>Blechnum orientale</i> L.	乌毛蕨科 Blechnaceae	乌毛蕨属 <i>Blechnum</i>
	7	斜方复叶耳蕨 <i>Arachniodes rhomboidea</i> (Wall. ex Mett.) Ching	鳞毛蕨科 Dryopteridaceae	复叶耳蕨属 <i>Arachniodes</i>
	8	黄腺羽蕨 <i>Pleocnemia winitii</i> Oltt	三叉蕨科 Aspidiaceae	黄腺羽蕨属 <i>Pleocnemia</i>
	9	江南星蕨 <i>Microsorium henryi</i> (Christ.) Kuo	水龙骨科 Polypodiaceae	星蕨属 <i>Microsorium</i>
	10	变叶胡椒 <i>Piper mutabile</i> C. DC.	胡椒科 Piperaceae	胡椒属 <i>Piper</i>
	11	火炭母 <i>Polygonum chinense</i> L.	蓼科 Polygonaceae	蓼属 <i>Polygonum</i>
	12	小蓼花 <i>Polygonum muricatum</i> Meisn.	蓼科 Polygonaceae	蓼属 <i>Polygonum</i>
	13	葫芦 <i>Lagenaria sicaria</i> (Molina) Standl.	葫芦科 Cucurbitaceae	葫芦属 <i>Lagenaria</i>
	14	野牡丹 <i>Melastoma candidum</i> D. DON	野牡丹科 Melastomaceae	野牡丹属 <i>Melastoma</i>
	15	金锦香 <i>Osbeckia chinensis</i> L.	野牡丹科 Melastomaceae	金锦香属 <i>Osbeckia</i>
	16	山麻杆 <i>Aldoumea rugosa</i> (Lour.) M. - A.	大戟科 Euphorbiaceae	山麻杆属 <i>Aldoumea</i>
	17	秋枫 <i>Bischofia javanica</i> Bl.	大戟科 Euphorbiaceae	秋枫属 <i>Bischofia</i>
	18	凤凰木 <i>Delonix regia</i> (Boj.) Raf.	苏木科 Caesalpiniaceae	凤凰木属 <i>Delonix</i>
	19	龙州楼梯草 <i>Elatostema lungzhouensis</i> W. T.	荨麻科 Urticaceae	楼梯草属 <i>Elatostema</i>
	20	冷水花 <i>Pilea aquanum</i> Dunn	荨麻科 Urticaceae	冷水花属 <i>Pilea</i>
	21	勒说 <i>Zanthoxylum avicenna</i> (Lam.) DC.	芸香科 Rutaceae	花椒属 <i>Zanthoxylum</i>
	22	紫金牛 <i>Ardisia japonica</i> (Thunb.) Bl.	紫金牛科 Myrsinaceae	紫金牛属 <i>Ardisia</i>
	23	月桂 <i>Osmanthus marginatus</i> Hemsf.	木犀科 Oleaceae	木犀属 <i>Osmanthus</i>
	24	山石榴 <i>Randia spinosa</i> (Thunb.) Poir.	茜草科 Rubiaceae	山黄皮属 <i>Randia</i>
	25	篱打碗花 <i>Calystegia spium</i> (L.) R. Brown	旋花科 Convolvulaceae	打碗花属 <i>Calystegia</i>
	26	小牵牛 <i>Jaquemonntia panica</i> Hall f.	旋花科 Convolvulaceae	小牵牛属 <i>Jaquemonntia</i>
	27	牵牛 <i>Parhitis nil</i> (L.) Choisy	旋花科 Convolvulaceae	牵牛属 <i>Parhitis</i>
	28	杜若 <i>Pollia scandiflora</i> (Bl.) Bakh. f.	鸭跖草科 Commelinaceae	杜若属 <i>Pollia</i>
	29	高粱姜 <i>Alpinia officinarum</i> Hance	姜科 Zingberaceae	山姜属 <i>Alpinia</i>
	30	黄精 <i>Polygonatum sibiricum</i> Delar. ex Redoute	百合科 Liliaceae	黄精属 <i>Polygonatum</i>
	31	大叶仙茅 <i>Curculigo capitulate</i> (Lour.) Kunze	仙茅科 Hypoxidaceae	仙茅属 <i>Curculigo</i>
	32	仙茅 <i>Curculigo orchoides</i> Gaertn.	仙茅科 Hypoxidaceae	仙茅属 <i>Curculigo</i>
33	毛果珍珠茅 <i>Scleria levis</i> Retze	莎草科 Cyperaceae	珍珠茅属 <i>Scleria</i>	
34	弓果黍 <i>Cyrtococum patens</i> (L.) A. Camus	禾亚科 Agrostoidaceae	弓果黍属 <i>Cyrtococum</i>	
35	鸭嘴草 <i>Ischaemum aristatum</i> L.	禾亚科 Agrostoidaceae	鸭嘴草属 <i>Ischaemum</i>	
36	淡竹叶 <i>Lophatherum gracile</i> Brongn.	禾亚科 Agrostoidaceae	淡竹叶属 <i>Lophatherum</i>	

的植被总盖度较高,形成了较荫蔽的生境,更有利于荫生性植物的生长,导致阳生性物种侵入困难,甚至逐渐消退,中生偏荫生性物种不断侵入,若封育期继续延长,林下植物将会随植被总盖度的不断提高,荫生性物种优势地位将更明显,并最终占据林下有效的空间资源;而非封育区,其林下植被总盖度相对较低,阳生性物种受影响的程度也较低,而荫生性物种

侵入的条件尚没有具备,故其特有种以中偏阳为主,且物种数少;表现出了林下植被的分布与植物对生境要求的一致性。

### 3.4 封山育林对杉木林下植物特征值的影响

对杉木林下主要物种的特征值进行分析,结果见表 5.6。

表 5 封育区与非封育区主要木本植物的特征值

序号	封育区					非封育区				
	植被种名	相对频度 %	相对密度 %	相对盖度 %	重要值 %	植被种名	相对频度 %	相对密度 %	相对盖度 %	重要值 %
1	对叶榕	1.23	83.24	15.96	100.43	断肠草	2.96	11.96	19.85	34.77
2	柘树	0.49	19.44	52.50	72.43	玉叶金花	9.47	12.40	8.16	30.03
3	白背叶	0.25	38.84	25.00	64.09	粗叶榕	8.58	8.27	3.45	20.30
4	相思子	0.25	40.00	22.22	62.47	乌菝莓	4.73	3.58	7.49	15.80
5	玉叶金花	9.87	25.75	13.84	49.46	水东哥	2.37	3.58	9.34	15.29
6	五月茶	3.95	16.81	27.55	48.31	荨麻	5.33	5.92	3.11	14.36
7	黑龙骨	0.25	6.25	40.00	46.50	薯蓣	4.44	3.58	4.71	12.73
8	八角枫	0.74	15.55	30.00	46.29	杜茎山	3.85	2.57	4.88	11.29
9	葛藤	1.48	16.79	21.49	39.76	木防己	2.07	5.36	2.86	10.29
10	毛桐	0.25	18.18	20.00	38.43	三叉苦	3.55	2.01	2.35	7.91
11	水东哥	0.25	11.71	22.72	34.68	细齿叶柃	1.18	3.35	1.26	5.89
12	粗叶榕	0.08	21.35	12.00	33.43	海金沙	2.07	1.23	2.02	5.32
13	海金沙	1.97	10.50	18.08	30.55	大青	2.66	1.56	1.01	5.23
14	野蕉	0.99	5.97	23.23	30.19	对叶榕	1.18	1.79	2.10	5.07
15	扁担藤	0.49	9.62	18.18	28.99	鸡嗉榕	2.07	1.79	1.01	4.87
16	牵牛	0.49	10.84	16.77	28.10	地苌	0.59	3.46	0.25	4.30
17	薯蓣	4.93	11.79	10.23	26.95	葛藤	1.78	1.01	1.43	4.22
18	断肠草	0.49	8.05	14.29	22.83	越南悬钩子	2.07	0.89	0.76	3.72
19	三叉苦	2.47	8.58	9.76	20.81	野蕉	0.59	0.45	2.61	3.65
20	山麻杆	0.25	20.00	0.20	20.45	粗糠柴	0.89	0.89	1.85	3.63
21	鹅掌柴	0.25	3.03	16.13	19.41	野木瓜	0.89	0.56	1.85	3.30
22	大青	2.96	9.38	6.52	18.86	菝葜	1.78	0.67	0.67	3.12
23	金银花	0.49	16.72	1.47	18.68	罗伞树	1.18	1.23	0.59	3.00
24	风箱树	0.25	10.00	8.30	18.55	千里光	0.30	2.35	0.17	2.82
25	小钩树	0.23	16.67	0.20	17.10	九节	1.18	0.78	0.42	2.38
26	杜茎山	3.70	6.02	7.28	17.00	扒地蜈蚣	0.59	0.45	1.35	2.39
27	黄独	2.22	14.24	0.20	16.66	亮叶围涎树	1.18	0.56	0.50	2.25
28	紫金牛	0.25	15.79	0.20	16.24	黄毛榕	1.18	0.45	0.50	2.13
29	黄毛榕	1.48	5.22	9.03	15.73	黄荚蒾	0.59	0.89	0.50	1.99
30	山石榴	0.25	5.26	10.00	15.51	扁担藤	0.59	0.22	0.93	1.74
31	千里光	0.25	14.28	0.20	14.73	葱木	0.59	0.89	0.25	1.74
32	篱打碗花	0.25	14.28	0.20	14.73	八角枫	0.89	0.56	0.25	1.70
33	九节	1.23	7.57	5.76	14.56	地桃花	0.89	0.56	0.25	1.70
34	山苍子	0.25	12.50	0.20	12.95	水丝麻	0.89	0.56	0.25	1.70
35	吊山桃	0.25	12.50	0.20	12.95	小钩树	0.89	0.56	0.25	1.70
36	水丝麻	0.74	7.31	4.34	12.39	香花崖豆藤	0.30	0.11	1.26	1.67
37	野木瓜	0.49	11.47	0.20	12.16	红丝线	0.59	0.78	0.17	1.54
38	粗糠柴	0.25	9.82	1.54	11.61	山牡荆	0.59	0.22	0.67	1.49
39	木姜子	0.74	5.97	4.87	11.58	绞股蓝	0.89	0.34	0.25	1.48
40	亮叶围涎树	1.48	4.56	5.44	11.48	毛叶算盘子	0.89	0.34	0.25	1.48
41	华腺萼木	0.99	9.29	1.15	11.43	黄独	0.59	0.45	0.42	1.46
42	山牡荆	0.49	2.47	7.36	10.32	五月茶	0.59	0.34	0.42	1.35

(续表 5)

序号	封育区					非封育区				
	植被种名	相对频度 %	相对密度 %	相对盖度 %	重要值 %	植被种名	相对频度 %	相对密度 %	相对盖度 %	重要值 %
43	细齿叶铃	0.49	4.69	5.09	10.27	翻白叶树	0.30	0.78	0.25	1.33
44	黄茱萸	0.25	3.24	6.00	9.49	茅瓜	0.59	0.45	0.17	1.21
45	乌菝莓	5.67	3.33	0.20	9.20	鹅掌柴	0.30	0.22	0.67	1.19
46	鼠刺	0.25	4.35	3.70	8.30	山蚂蝗	0.59	0.34	0.25	1.18
47	毛叶算盘子	1.23	3.49	3.50	8.22	吊山桃	0.59	0.34	0.17	1.10
48	变叶胡椒	0.49	3.49	4.22	8.20	华腺萼木	0.59	0.34	0.17	1.10
49	越南悬钩子	1.97	3.72	2.45	8.14	木姜子	0.59	0.34	0.17	1.10
50	无须藤	0.25	6.25	1.41	7.91	风箱树	0.59	0.22	0.17	0.98
51	月桂	0.49	1.96	5.39	7.84	毛黄肉楠	0.59	0.22	0.17	0.98
52	秋枫	0.25	2.56	4.72	7.53	山杜英	0.59	0.22	0.17	0.98
53	白背算盘子	0.25	6.67	0.20	7.12	鼠刺	0.59	0.22	0.17	0.98
54	红丝线	0.25	6.67	0.20	7.12	柘树	0.59	0.22	0.17	0.98
55	木防己	0.25	3.13	3.13	6.51	相思子	0.30	0.45	0.17	0.92
56	细圆藤	0.99	5.26	0.20	6.45	黑龙骨	0.30	0.22	0.08	0.60
57	野牡丹	0.25	1.47	3.45	5.17	毛桐	0.30	0.22	0.08	0.60
58	红紫株	0.25	1.47	3.45	5.17	无须藤	0.30	0.22	0.08	0.60
59	绒毛润楠	0.49	3.13	1.54	5.16	细圆藤	0.30	0.11	0.17	0.58
60	绞股蓝	0.25	3.13	1.54	4.92	白背叶	0.30	0.11	0.08	0.49
61	葱木	0.25	3.13	1.54	4.92	大沙叶	0.30	0.11	0.08	0.49
62	茅瓜	0.25	4.34	0.20	4.79	白背算盘子	0.30	0.11	0.08	0.49
63	凤皇木	0.25	4.16	0.20	4.61	红紫株	0.30	0.11	0.08	0.49
64	鸡血藤	0.25	1.47	1.47	3.19	南岭黄檀	0.30	0.11	0.08	0.49
65	扒地蜈蚣	0.25	2.56	0.20	3.01	金银花	0.30	0.11	0.08	0.49
66	大沙叶	0.25	1.00	0.20	1.45	绒毛润楠	0.30	0.11	0.08	0.49
67	山杜英	0.25	0.65	0.20	1.10	山苍子	0.30	0.11	0.08	0.49

从表 5 可见: 在封育区, 相对频度 \ 5% 的 7 种, 占总种数 (116 种) 的 6.04%; 相对频度在 1% ~ 5% 的 23 种, 占 19.83%; 相对频度 < 1% 的 86 种, 占 74.13%。相对密度 \ 20% 的 10 种, 占 8.62%; 相对密度在 10% ~ 20% 的 21 种, 占 18.10%; 相对密度 < 10% 的 85 种, 占 73.28%。相对盖度 \ 20% 的 14 种, 占 12.07%; 相对盖度在 10% ~ 20% 的 20 种, 占 17.24%; 相对盖度 < 10% 的 82 种, 占 70.69%。重要值 \ 35% 的 16 种, 占 13.79%; 重要值 = 20% ~ 35% 的 18 种, 占 15.52%; 重要值 = 10% ~ 20% 的 31 种, 占 26.72%; 重要值 < 10% 的 51 种, 占 43.97%。在非封育区, 相对频度 \ 5% 的 5 种, 占总种数 (88 种) 的 5.68%; 相对频度在 1% ~ 5% 的 30 种, 占 34.09%; 相对频度 < 1% 的 53 种, 占 60.23%。相对密度 \ 20% 的种为零; 相对密度在 10% ~ 20% 的 2 种, 占 2.27%; 相对密度 < 10% 的 86 种, 占 97.73%。相对盖度 \ 20% 的种为零; 相对盖度在 10% ~ 20% 的 1 种, 占 1.14%; 相对盖度 < 10% 的 87 种, 占 98.86%。重要值 \ 35% 的种为零; 重要值 = 20% ~ 35% 的 3 种, 占 3.41%; 重要值 = 10% ~ 20% 的 9 种, 占 10.23%; 重要值 < 10% 的 76 种, 占

86.36%。

综合分析可见, 林下主要植物特征值: 相对频度 \ 5%、相对密度 \ 20%、相对盖度 \ 20%、重要值 \ 35% 的种数及所占比例都以封育区高于非封育区。说明, 封育区林下物种的优势度比非封育区更为明显, 即只有在封育区才有可能形成明显优势的群落或顶级群落。

在封育区, 木本以对叶榕、柘树、白背叶、相思子的重要值较高, 分别为 100.43%、72.43%、64.09%、62.47%, 草本以弓果黍、冷水花、卷柏的重要值较高, 分别为 86.80%、86.33%、51.32%, 它们是林下植物群落的主要建群种, 优势地位明显, 是当之无愧的优势种, 能形成优势甚至顶极的群落; 而玉叶金花、五月茶、黑龙骨等重要值在 35% 以上的种, 它们为群落的次优势种, 在林下的分布较均匀, 能适应杉木林下的生境, 并能与杉木很好共存; 粗叶榕、海金沙、扁担藤等重要值在 10% ~ 35% 的种, 其群落作用一般, 属于普通种; 而山杜英、爬地蜈蚣、大沙叶等重要值在 10% 以下的种, 群落作用不大, 分布零散, 有些仅为 1~2 株或几株, 属群落中的偶见种。

在非封育区, 木本以断肠草、玉叶金花、粗叶榕

的重要值较高,分别为 34.77%、30.03%、20.03%;草本层以江南断肠蕨、半边旗、蔓生秀竹的重要值较高,分别为 16.49%、14.70%、13.92%,属于较优势种,但优势度不是很明显,难以形成绝对优势或顶极群落;乌菽莓、水东哥、荨麻、薯蓣、杜茎山、木防己等的重要值在 10% ~ 16% 间,属次优势种,它们在群

落中分布相对均匀;三叉苦、细齿叶柃等重要值都在 10% 以下,群落作用较小,出现频度少,分布零散,属群落中的偶见种或侵入种。这说明非封育区因人、畜等活动的影响,导致林下植物的生长、繁殖受到抑制,不仅植物的种类少,生长优势也不明显,无法形成优势群落。

表 6 封育区与非封育区主要草本植物的特征值

序号	封育区					非封育区				
	植被种名	相对频度 %	相对密度 %	相对盖度 %	重要值 %	植被种名	相对频度 %	相对密度 %	相对盖度 %	重要值 %
1	弓果黍	8.21	43.93	34.72	86.86	江南断肠蕨	5.74	2.91	7.84	16.49
2	冷水花	0.47	57.24	28.63	86.34	半边旗	8.47	4.38	1.90	14.75
3	卷柏	3.52	30.51	17.29	51.32	蔓生秀竹	2.19	6.43	5.30	13.92
4	凤尾蕨	12.20	19.01	14.14	45.35	薄叶卷柏	1.09	4.17	3.78	9.04
5	江南断肠蕨	8.44	13.02	21.47	42.93	卷柏	2.46	2.69	1.65	6.80
6	金毛狗	9.15	9.67	20.08	38.90	秋海棠	3.01	0.52	0.38	3.91
7	蔓生秀竹	2.11	18.01	12.29	32.41	狗脊	1.64	1.00	0.92	3.56
8	福建莲座蕨	10.55	7.21	12.85	30.61	狗尾草	2.19	1.00	0.35	3.54
9	火炭母	0.99	21.43	4.48	26.90	艳山姜	2.46	0.21	0.54	3.21
10	江南星蕨	2.58	9.39	10.06	22.03	耳草	1.64	0.64	0.19	2.47
11	华南紫萁	0.94	3.65	16.72	21.31	暗鳞毛蕨	1.64	0.26	0.32	2.22
12	半边旗	8.21	9.98	2.79	20.78	莎草	1.37	0.26	0.16	1.79
13	野芋	0.23	6.25	13.83	20.31	镰形假毛蕨	0.82	0.29	0.54	1.65
14	艳山姜	2.81	7.94	9.49	20.24	牛膝	0.82	0.48	0.19	1.49
15	金锦香	0.23	12.90	6.67	19.80	假糙苏	1.09	0.12	0.13	1.34
16	狗脊	0.94	7.61	11.02	19.57	穿鞘花	0.27	0.24	0.63	1.14
17	乌毛蕨	5.16	3.78	9.58	18.52	老虎须	0.82	0.12	0.13	1.07
18	镰形假毛蕨	0.39	4.55	12.9	17.83	扇叶铁线蕨	0.55	0.10	0.06	0.71
19	狗尾草	2.35	7.97	2.69	13.01	马鞭草	0.30	0.11	0.08	0.49
20	小花蓼	0.23	2.60	10.00	12.83	野芋	0.27	0.07	0.03	0.37
21	暗鳞毛蕨	1.41	9.04	2.22	12.67	鬼针草	0.27	0.02	0.03	0.32
22	淡竹叶	0.47	6.83	3.43	10.73					
23	高粱姜	0.47	1.05	6.77	8.29					
24	斜方复叶耳蕨	0.47	5.08	1.92	7.47					
25	秋海棠	3.28	2.32	1.08	6.68					
26	栗蕨	0.23	1.39	5.00	6.62					
27	穿鞘花	0.39	4.15	1.41	5.95					
28	扇叶铁线蕨	1.64	3.20	0.77	5.61					
29	杜若	0.47	3.30	1.29	5.06					
30	老虎须	0.39	1.30	3.15	4.84					
31	莎草	1.64	2.41	0.75	4.80					
32	龙州楼梯草	0.23	4.16	0.20	4.59					
33	黄腺羽蕨	0.39	0.66	2.38	3.43					
34	大叶仙茅	0.25	2.56	0.20	3.01					
35	黄精	0.23	2.22	0.20	2.65					
36	毛果珍珠茅	0.23	2.08	0.20	2.51					
37	仙茅	0.47	1.84	0.20	2.51					
38	鸭嘴草	0.47	1.15	0.20	1.82					
39	牛漆	0.23	0.19	0.97	1.39					
40	秀丽兔儿风	0.39	0.66	0.20	1.25					
41	鬼针草	0.23	0.19	0.20	0.62					
42	葫芦	0.23	0.19	0.20	0.62					



## 4 小结与讨论

(1) 封山育林在短期 (本研究为 6 a) 内, 对杉木纯林的生长及林分密度不能产生明显的影响。

(2) 通过对杉木纯林进行强度为 4% 的间伐, 林下植被能得到明显恢复, 如结合封山育林措施, 植被恢复的效果将更显著。在本研究中, 非封育区的林下植物有 49 科、78 属、88 种, 植被总盖度为 60%; 而封育区的林下植物有 60 科、101 属、116 种, 植被总盖度达 89%; 封育区比非封育区植物种数增加 28 种, 增量为 31.82%, 植被总盖度也提高了 29%。可见, 封山育林对林下植被的恢复和生长有明显的促进作用。由于物种多样性是林分稳定性的前提, 封山育林后, 林区的生物多样性明显增加, 故其林分的结构将会更趋稳定。因此, 打破传统的经营管理模式, 及时对林分密度进行调控, 并限制人、畜对林下植被的干扰, 可有效增加林分的生物多样性。

(3) 封山育林不仅有利于林下植被的恢复, 而且对优势群落的形成具有重要作用。在本研究中, 封育区木本层的重要值在 60% 以上的有对叶榕、柘树、白背叶、相思子等, 它们是木本层的优势种群, 草本层的重要值在 50% 以上的有弓果黍、冷水花、卷柏等, 它们是草本层的优势种群。如果对木本优势种群辅之以人工促进措施, 如对杉木纯林的密度继续进行适当的调控, 对林下优势木本种群采取适度的抚育、施肥与管理, 并不断诱导木本层向乔木层演替, 将使原来结构单一的杉木纯林, 最终形成稳定的乔、灌、草多物种、多层次复合型生态群落, 从根本上改变杉木纯林因其物种多样性下降, 生态系统能流、物流受到严重阻滞所出现的生态质量下降、生物稳定性变差、地力衰退和产量递减等严重不良现象, 从而提高杉木人工林的生态和经济效益, 最终实现杉木人工林的可持续经营。封山育林是一条高效、经济、快捷的杉木纯林近自然恢复改造途径, 封山育林顺应了植物正向演替规律, 最终能形成当地环境条件下多种植物组成、多种层次的顶极群落或稳定性较强的混交次生林, 从而实现杉木纯林的近自然改造。

## 参考文献:

- [1] 杨承栋. 人工林地力衰退研究 [A]. 见: 中国土壤学会, 中国林学会森林土壤专业委员会. 森林与土壤 [M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1997: 1~6
- [2] Luo Ruying, Gao Zhijun. Effects of Chinese fir, loblolly pine and deciduous oak forests on nutrient states of soils in northern subtropics of China [J]. *Pedosphere*, 1994, 4(1): 1~10
- [3] 盛炜彤. 我国人工林的地力衰退及防治对策 [A]. 见: 中国林学会森林生态分会杉木人工林集约栽培研究专题组. 人工林地力衰退研究 [M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1992: 15~19
- [4] 杨承栋, 孙启武, 焦如珍, 等. 大青山—二代马尾松土壤性质变化与地力衰退关系的研究 [J]. *土壤学报*, 2003, 40(2): 267~273
- [5] 孙启武, 杨承栋, 焦如珍. 江西大岗山连栽杉木人工林土壤性质的变化 [J]. *林业科学*, 2003, 39(3): 1~5
- [6] 中国林学会森林生态分会, 杉木人工林集约栽培研究专题组. 人工林地力衰退研究 [M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1992
- [7] 俞新妥. 杉木林地力衰退问题的研究与对策 [J]. *林业科技通讯*, 1990(19): 1~2
- [8] 王宏志. 中国南方混交林研究 [M]. 北京: 中国林业出版社, 1993
- [9] 姚茂和, 盛炜彤. 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): 247~251
- [10] 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
- [11] 莫江明, Sandra Brown, 彭少麟, 等. 林下层植物在退化马尾松林恢复初期养分循环中的作用 [J]. *生态学报*, 2002, 22(9): 1407~1413
- [12] 范少辉, 马祥庆, 傅瑞树, 等. 不同栽植代数杉木林下植被发育的比较研究 [J]. *林业科学研究*, 2001, 14(1): 8~16
- [13] 杨承栋, 焦如珍, 屠星南, 等. 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
- [14] 熊有强, 盛炜彤, 增满生. 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
- [15] 张先仪, 盛炜彤, 张小文. 杉木人工林不同保留密度对林下植物发展和水土保持影响的研究 [J]. *世界林业研究*, 1996, 9(专刊): 168~206
- [16] 林开敏, 马祥庆, 范少辉, 等. 杉木人工林林下植物的消长规律 [J]. *福建林学院学报*, 2000, 20(3): 231~234
- [17] 王永安. 封山育林的生态经济作用 [J]. *世界林业研究*, 2000, 13(3): 19~24
- [18] 盛炜彤. 不同密度杉木人工林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
- [19] 江民锦. 不同间伐强度对杉木人工林林下植被发育及生物量的影响 [J]. *江西林业科技*, 2001(4): 5~8