

拟赤杨次生阔叶林群落特征及物种多样性

徐水根 (福建省建宁县林业局, 福建建宁 354500)

摘要 [目的]研究拟赤杨次生阔叶林群落特征和物种多样性。[方法]采用典型样地调查法测定分析不同林层植物的丰富度、个体数、多度、频度等因子。[结果]该群落特征是以落叶树种拟赤杨为优势树种的次生阔叶林, 林分结构尚不稳定。次生阔叶林物种多样性明显高于杉木纯林。[结论]在现有林地上应该根据地理位置、生态环境、人类活动等因素, 划出一定的区域, 培育次生阔叶林, 以保护亚热带物种多样性。

关键词 次生阔叶林; 拟赤杨; 群落特征; 物种多样性; 林分结构

中图分类号 S 718.54 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2018)30-0102-03

Community Characteristics and Species Diversity of Secondary Broad-leaved Forest of *Alniphyllum fortunei*

XU Shui-gen (Jianning County Forestry Bureau, Jianning, Fujian 354500)

Abstract [Objective] To study the community characteristics and species diversity of secondary broad-leaved forest of *Alniphyllum fortunei*. [Method] The richness, individual number, abundance and frequency of plants in different forest layers were measured and analyzed by typical plot survey method. [Result] The community was characterized by secondary broad-leaved forest dominated by deciduous species *A. fortunei*, and its stand structure was unstable. Species diversity of secondary broad-leaved forest was significantly higher than that of pure forest of *Cunninghamia lanceolata*. [Conclusion] In order to protect the species diversity of subtropical zone, the existing forest land should be divided into certain areas according to geographical location, ecological environment and human activities.

Key words Secondary broad-leaved forest; *Alniphyllum fortunei*; Community characteristics; Species diversity; Stand structure

我国广大的亚热带地区曾分布大量阔叶林资源。阔叶林蕴藏、容纳着大量的树种, 物种多样性仅次于热带雨林, 但又不同于热带雨林, 许多珍贵树种具有明显的区域性特征, 在区域森林生态系统中发挥着多功能、多效益。然而, 长期以来过度砍伐和利用阔叶树资源, 使得原来广为分布的阔叶林残存无几, 取而代之的是大面积的杉木、马尾松等针叶林, 且多为纯林, 林分的抗逆性和稳定性较差, 容易引起地力衰退、病虫害蔓延、森林火灾、生物多样性减少等生态安全问题^[1-5]。从经营技术层面来看, 目前对森林资源经营技术体系的研究主要集中在人工林培育、发展等方面, 对天然次生林经营管理技术的研究较少, 常被忽略。为了保护阔叶林资源, 对其构建进程中的群落特征、演替规律进行研究具有重要意义。笔者对福建省建宁县客坊乡严田村 35 林班 3 大班 16 小班的拟赤杨次生阔叶林进行典型样地调查和分析, 旨在掌握群落的树种组成、群落结构和物种多样性, 揭示其自然演替和更新过程, 为做好拟赤杨天然次生林的保护、更新及开发利用提供一些技术参考。

1 材料与方法

1.1 试验地自然概况 建宁县地处 116°30′~117°04′E、26°30′~27°06′N, 属于中亚热带大陆性兼海洋性季风气候, 一年四季分明, 雨量充沛, 年均气温 19.2~19.6℃, 极端最高气温 40.6℃, 极端最低气温-5.5℃, 年均降雨量和蒸发量分别为 1 840.0、1 504.1 mm, 降雨量大于蒸发量, 水湿条件较好, 全年相对空气湿度 81%, 年均日照时数 2 052 h。无霜期 308 d, 实际霜日 15~20 d, 霜期 75~80 d。试验地位于建宁县客坊乡严田村, 研究地为低丘山地, 海拔 285~389 m, 坡度 20°~30°, 土壤为山地红壤, 成土母岩为花岗岩, 土壤酸性, pH

5.6, 肥力中等。该试验地前茬为马尾松林, 1989 年皆伐。撂荒后逐渐演变为以拟赤杨为优势的次生阔叶林。

1.2 研究方法

1.2.1 样地调查。选取有代表性的样地进行标准地调查。样地共设置 5 个 20 m×20 m, 样地总面积 2 000 m², 对样地内的乔木进行每木检尺, 调查测定胸径≥4 cm 的乔木树种种数、个体数、胸径、树高等; 灌木与草本调查: 在样地对角线上设置 5 个 1 m×1 m 小样方, 调查灌木植物的种数、个体数、多度、频度和草本植物的种数、多度、频度等^[6]。

1.2.2 多度调查。乔木层各种类多度调查采用直接计算法, 即在一定面积的群落样地中, 直接记录各种植物的个体数, 然后再计算某种植物占全部个体数的比例。草本层各个种类多度调查采用目测估计法, 即按一定的多度等级进行估计, 多度等级的划分和表示方法参照“德鲁提”表示方法^[7]。

1.2.3 频度调查。先选取频度样方, 即以调查样方的 2 条对角线之延长线为轴, 以样方的 4 个点为起点, 向对角线的 4 个延长线方向每隔 10 m 选 1 个频度样方。每个方向选 3 个频度样方, 共选 12 个。频度样方面积为 1 m²。某种植物在样方中出现的样方数为频数, 频数/12×100 就是频度^[6]。

1.2.4 生活型调查。采用 Raunkiaer 系统确定生活型^[6]。

1.3 分析方法

1.3.1 多度与相对多度。多度(A)=样地内植物种的个体数; 相对多度(RA)=某种的多度/所有种的多度之和×100%^[6]。

1.3.2 频度与相对频度。频度是指一个种在所作用的全部样方中出现的频率^[6]。相对频度=该种的频度/所有种的频度总和×100%。

1.3.3 多频度。多频度=相对多度+相对频度。

1.3.4 物种多样性分析。分别在次生阔叶林及其邻近(相距 120 m)相似立地条件下的杉木林中, 调查乔木(灌木、草本和

作者简介 徐水根(1968—), 男, 福建建宁人, 工程师, 从事森林资源培育研究。

收稿日期 2018-06-13

藤本)的种类、个体数、直径和高度。以样方为统计单位,采用下列指标测定物种多样性^[8-9]

$$D_{si}=N(N-1)/\sum N_i(N_i-1)$$

（1）

$$J_{si}=D_{si}/S$$

（2）

式中, N_i 为种 i 的个体数; N 为所在群落的所有物种的个体数之和; S 为样地中所有种的种数。

2 结果与分析

2.1 物种组成 此次在拟赤杨天然次生林群落中共记录到维管束植物 53 种,隶属于 19 科 29 属,其中蕨类植物 2 科 2 属 2 种,裸子植物 1 科 1 属 1 种,被子植物 16 科 26 属 27 种。

落叶阔叶树种以安息香科为主,同时伴有漆树科、冬青科、壳斗科、山茶科和杉科。灌木多为山茶科、冬青科和茜草科等,草本多为禾本科、里白科和乌毛蕨科等。由表 1 可知,乔木层的主要优势种为拟赤杨[*Alniphyllum fortunei* (Hemsl.) Makino]和南酸枣[*Choerospondias axillaria* (Roxb.) Butt et],并伴有冬青[*Cyclobalanopsis glauca* (Thunberg) Oersted]、青冈[*Cyclobalanopsis glauca* (Thunberg) Oersted]、木荷(*Schima superba* Gardn. et Champ.)、杉木[*Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.]等树种。

表 1 拟赤杨天然次生林群落乔木层种类特征值

Table 1 Characteristic values of tree layer in natural secondary forest community of *A.fortunei*

种名 Species name	相对多度 Relative abundance // %	相对频度 Relative frequency // %	多频度 Multi frequency // %	排序 Rank
拟赤杨 <i>Alniphyllum fortunei</i> (Hemsl.) Makino	40.51	38.17	78.68	1
南酸枣 <i>Choerospondias axillaria</i> (Roxb.) Burt et	23.35	21.65	45.00	2
青冈 <i>Cyclobalanopsis glauca</i> (Thunberg) Oersted	15.23	19.43	34.66	3
冬青 <i>Ilex chinensis</i> Sims	10.65	11.63	22.28	4
木荷 <i>Schima superba</i> Gardn. et Champ.	5.25	5.10	10.35	5
杉木 <i>Cunninghamia lanceolata</i> (Lamb.) Hook.	5.01	4.02	9.03	6

由表 2 可知,灌木层主要树种有油茶(*Camellia oleifera* Abel.)、狗骨柴[*Diplospora dubia* (Lindl.) Masam.]、野含笑(*Michelia skinneriana* Dunn)、欆木(*Loropetalum chinense*)、柃

木(*Eurya japonica* Thunb.)、盐肤木(*Rhus chinensis* Mill.)、毛冬青(*Ilex pubescens* Hook. et Arn.)等树种。

表 2 拟赤杨天然次生林群落灌木层种类特征值

Table 2 Characteristic values of shrub layer in natural secondary forest community of *A.fortunei*

种名 Species name	相对多度 Relative abundance // %	相对频度 Relative frequency // %	多频度 Multi frequency // %	生活型 Life type
油茶 <i>Camellia oleifera</i> Abel.	27.50	17.42	44.92	灌
狗骨柴 <i>Diplospora dubia</i> (Lindl.) Masam.	12.50	8.69	21.19	灌
野含笑 <i>Michelia skinneriana</i> Dunn	7.50	8.69	16.19	苗
欆木 <i>Loropetalum chinense</i>	7.50	8.69	16.19	灌
柃木 <i>Eurya japonica</i> Thunb.	7.50	8.69	16.19	灌
盐肤木 <i>Rhus chinensis</i> Mill.	5.00	8.69	13.69	灌
毛冬青 <i>Ilex pubescens</i> Hook. et Arn.	7.50	8.69	16.19	灌
鼠刺 <i>Itea chinensis</i> Hook. et Arn.	5.00	4.35	9.35	灌
黄瑞木 <i>Adinandra millettii</i>	5.00	4.35	9.35	灌
野柿 <i>Diospyros kaki</i> Thunb. var. <i>silvestris</i> Makino	5.00	8.69	13.69	苗
中华猕猴桃 <i>Actinidia chinensis</i> Planch	5.00	4.35	9.35	灌
显齿蛇葡萄 <i>Ampelopsis grossedentata</i> (Hand.-Mazz.)	2.50	4.35	6.85	灌
菝葜 <i>Smilax china</i>	2.50	4.35	6.85	灌
总计	100	100	200	—

由表 3 可知,草本层以五节芒[*Miscanthus floridulus* (Lab.)]、芒(*Miscanthus sinensis* Anderss.)、芒萁(*Dicranopteris dichotoma*)、箬竹[*Indocalamus tessellatus* (Munro) Keng f.]、乌毛蕨(*Blechnum orientale* L.)、黑莎草(*Gahnia tristis*)、络石[*Trachelospermum jasminoides* (Lindl.) Lem.]等为主。

2.2 群落结构 该拟赤杨天然次生林群落生长茂盛,郁闭度为 0.7 以上,是阔叶林天然次生林。群落组成具有明显的乔木层、灌木层及草本层。乔木层主要是拟赤杨、南酸枣、青

冈、冬青、木荷、杉木,共有 6 种树种,除杉木外,均为阔叶树。灌木层植物 13 种,其中乔木幼树 2 种,如野含笑、野柿;灌木 11 种,主要是油茶、狗骨柴、欆木、柃木、盐肤木、毛冬青、鼠刺、黄瑞木、中华猕猴桃、显齿蛇葡萄、菝葜等。草本层植物有 8 种,其中草本植物 4 种、蕨类植物 2 种、藤本植物 1 种、小灌木 1 种,草本层植物主要有五节芒、芒、芒萁、箬竹、乌毛蕨、黑莎草、络石、地苎等。

表 3 拟赤杨天然次生林群落草本层种类特征值

Table 3 Characteristic values of herb layer in natural secondary forest community of *Alniphyllum fortunei*

种名 Species name	聚生多度 Crowded abundance	频度 Frequ- ency %	生活型 Life type
五节芒 <i>Miscanthus floridulus</i> (Lab.) Warb. ex Schum. et Laut.	Cop3.	100	草
芒 <i>Miscanthus sinensis</i> Anderss.	Sp.	66.67	草
芒萁 <i>Dicranopteris dichotoma</i> (Thunb.) Berhn.	Sol.	66.67	草
箬竹 <i>Indocalamus tessellatus</i> (Munro) Keng f.	Sol.	66.67	草
乌毛蕨 <i>Blechnum orientale</i> L.	Sol.	33.33	草
黑莎草 <i>Gahnia tristis</i>	Un.	33.33	草
络石 <i>Trachelospermum jasminoides</i> (Lindl.) Lem.	Un.	33.33	草
地苣 <i>Melastoma dodecandrum</i> Lour.	Un.	33.33	草

2.3 主要树种生长情况 从表 4 可以看出,拟赤杨、南酸枣、青冈、冬青、木荷、杉木 6 种主要乔木树种平均胸径和平均高度分别为 17.33 cm 和 18.25 m、27.01 cm 和 18.50 m、9.03 cm 和 7.50 m、8.17 cm 和 9.50 m、8.03 cm 和 9.79 m、7.52 cm 和 8.10 m,其中南酸枣的平均胸径和平均高度生长量为最高,拟赤杨的平均胸径和平均高度生长量为次高,但拟赤杨在该群

落的分布株数最多。这说明拟赤杨是该群落的绝对优势种,生长迅速,且天然更新能力强。

表 4 拟赤杨天然次生林群落主要树种的株数、平均胸径、平均高度

Table 4 Tree number, mean DBH and average height of main tree species in natural secondary forest community of *Alniphyllum fortunei*

种名 Species name	株数 Plant number	平均胸径 DBH cm	平均高度 Height m
拟赤杨 <i>Alniphyllum fortunei</i>	181	17.33	18.25
南酸枣 <i>Choerospondias axillaris</i> (Roxb.) Burt et	57	27.01	18.50
青冈 <i>Cyclobalanopsis glauca</i> (Thunberg) Oersted	34	9.03	7.50
冬青 <i>Ilex chinensis</i> Sims	25	8.17	9.50
木荷 <i>Schima superba</i> Gardn. et Champ.	23	8.03	9.79
杉木 <i>Cunninghamia lanceolata</i> (Lamb.) Hook.	19	7.52	8.10

2.3 物种多样性 物种多样性是生物多样性的主要组成层次,不同林分的物种多样性有很大的差异。植物种数是群落中丰富度的直接指标,表 5 是不同林分类型的物种多样性调查结果。

表 5 不同林分类型物种多样性

Table 5 Species diversity of different forest types

林分类型 Stand type	层次 Layer	种数 Species number	个体数 Individuals	D_{si}	J_{si}
次生阔叶林 Secondary broad-leaved forest	乔木层	48	1 612	8.774 5	0.181 4
	灌木层	45	2 574	18.753 0	0.278 5
	草本层	8	295	1.368 2	0.173 1
杉木纯林 Pure forest of <i>Cunninghamia lanceolata</i>	乔木层	10	472	1.271 0	0.125 4
	灌木层	7	72	1.103 6	0.156 5
	草本层	19	576	4.136 7	0.217 4

从表 5 可以看出,乔木层、灌木层植物种的丰富度均是次生阔叶林大于杉木纯林。次生阔叶林乔木层丰富度较杉木纯林增加 38 种,灌木层增加 38 种,草本层则相反,杉木纯林丰富度大于次生阔叶林。根据生态对策理论^[9-10],对于高等植物而言,对繁殖的高能量分配是 r-对策的特征之一,而 K-对策者把更多的能量给予逃避死亡和提高竞争能力,人工杉木林具有 K-对策特征,这与长期的以经济效益为主的森林经营相适应,而次生阔叶林则体现 r-对策特征,有利于不同物种的生存、繁殖和发展,显然有利于保护物种的多样性。

物种多样性指数表达了群落中植物种数、个体数及其分布均匀程度^[8],它是种数和均匀数混淆起来的一个单一的统计量。由表 5 可知,次生阔叶林乔木层和灌木层 Simpson 指数分别为 8.774 5 和 18.753 0,Simpson 均匀度分别为 0.181 4 和 0.278 5,而杉木人工纯林乔木层和灌木层 Simpson 指数分别为 1.271 0 和 1.103 6,Simpson 均匀度分别为 0.125 4 和 0.156 5,表明次生阔叶林物种多样性比杉木纯林高。这与彭少麟等^[11]认为在正常发展的亚热带森林内,林冠层下面能够容纳较多的物种,从而具有较高的物种多样性相吻合。杉

木林物种多样性指数降低是人工干扰的结果。强调次生阔叶林的物种多样性,并不是否认杉木纯林所取得的经济效益。笔者认为在现有林地上应该根据地理位置、生态环境、人类活动等因素,按分类经营的原则,划出一定的区域,培育次生阔叶林,而对这类林分的保护应该提高到自然保护区的规模上,排除人为干扰。

3 小结与讨论

(1)次生阔叶林中拟赤杨对环境的适应性最强,成为群落中的绝对优势种,而杉木的平均胸径和平均高度生长量明显低于该群落主要树种的平均水平。这可能是与研究地内杉木受到人为采伐的影响有关。目前,拟赤杨在整个天然次生林群落中,无论是个体数量,还是多度、频度,均处于绝对优势地位,说明该环境对拟赤杨的生长是适宜的。

(2)拟赤杨种群格局的形成,一方面取决于种群自身的特性,另一方面则与群落环境密切相关。这可能是由于拟赤杨的种子细小,飞落林地易发芽生根,且生长迅速,很快在林地占有优势,呈现集群分布。

(下转第 109 页)

作用和呼吸作用^[17-19]。油茶着果率是形成油茶产量的重要指标,油茶落果一般有合子胚败育、生理落果、养分不足和逆境因素等,解决合子胚败育、生理落果在实践中难度较大,养分不足问题较容易解决,逆境因素较多,如低温,而高温干旱对油茶落果及茶果产量性状影响较大^[20]。该研究发现,在红壤立地条件下黑膜上面覆盖谷壳,未垦复立地条件下木屑上面覆盖黑膜及在砂砾立地条件下黑膜上面覆盖木屑落果较少。

土壤水热状态还会影响油茶其他相关经济指标,钟飞霞等^[21-22]研究认为,土壤含水率与种子和果皮含水量均呈正相关,土壤干旱胁迫可提高果实中干物质的百分比,土壤轻度干旱胁迫有利于提高油茶果实产量及产油量,其还认为油茶果径生长对土壤水分、空气温度、空气相对湿度反应敏感,轻度干旱胁迫处理(即土壤含水量为田间持水量的80%~90%)油茶果实生长最佳;徐猛^[23]认为提高土壤含水率可以提高油茶相关经济指标。此次研究发现,在红壤区和未垦复区谷壳上面覆盖黑膜,砂砾区黑膜上面覆盖遮阳网单果较重;在红壤区木屑上面覆盖黑膜,未垦复区黑膜上面覆盖木屑及砂砾区谷壳上面覆盖黑膜平均籽较重;在红壤区谷壳上面覆盖黑膜,未垦复区黑膜上面覆盖谷壳及在砂砾区直接覆盖黑膜茶果鲜出籽率较高;在红壤区覆盖黑膜,未垦复区和砂砾区木屑上面覆盖黑膜茶籽含水率较低,出仁率较高,在红壤区黑膜上面覆盖遮阳网,木屑上面覆盖黑膜及黑膜上面覆盖木屑仁出油率较高。覆盖目的就是改变自然土壤水热状况,不同覆盖处理及不同覆盖方法对土壤水热状况影响明显存在差异,对于不同立地条件,土壤水热状况差异明显,同时具有自身的水热运动规律,进行不同材料覆盖时产生水热效果也会有差异。从此次研究看,油茶系列经济(产量)指标存在一定的消长关系,落果是研究油茶产量首要考虑指标,其次是出油率,再次是出籽率。较为有利的覆盖方法是在红壤区黑膜上面覆盖谷壳,在未垦复区木屑上面覆盖黑膜,在砂砾区黑膜上面覆盖木屑。

+++++

(上接第104页)

(3)由于该拟赤杨天然次生林群落是马尾松受人为采伐后,拟赤杨母树天然下种形成的次生林群落,群落结构偏于简单,更替层优势明显,群落稳定性不高,主要是灌木层优势较差。若要保持群落的稳定性,促使拟赤杨成为主要培育树种,可考虑采取适当的人工抚育措施,如采取抚育间伐、透光伐等人工促进天然更新措施,保持拟赤杨处于优势生长状态。有关拟赤杨的人工促进天然更新等的效果及林分生长规律还有待进一步研究。

(4)次生阔叶林物种多样性比杉木纯林高。研究结果表明,物种的丰富度均是次生阔叶林大于杉木纯林。次生阔叶林乔木层丰富度较杉木纯林增加38种,灌木层增加38种,草本层则相反,杉木纯林丰富度大于次生阔叶林。次生阔叶林乔木层和灌木层 Simpson 指数分别为8.774 5和18.753 0, Simpson 均匀度分别为0.181 4和0.278 5,而杉木人工纯林乔

参考文献

[1] 庄瑞林.中国油茶[M]. 2版.北京:中国林业出版社,2008.

[2] 王文杰,陈长庚,程钊.茶油在医药保健方面的积极作用[J]. 中国食物与营养,2007(9):48-51.

[3] 胡芳名,谭晓风,刘惠民. 中国主要经济树种栽培与利用[M].北京:中国林业出版社,2006.

[4] 袁昌选,张伦凯,李湘黔,等. 贵州东部夏季高温干旱气候对油茶幼林生长的影响分析[J]. 贵州气象,2014,38(2):19-21.

[5] 陈永忠,罗健,陈隆升,等. 湖南省油茶旱害及防治对策[J]. 经济林研究,2014(3):22-29.

[6] 曹永庆,姚小华,龙伟. 高温干旱对油茶生长的影响[J]. 林业科技开发,2014,28(4):34-37.

[7] 曾昭汉. 春末夏初气温骤变对油茶落果的影响[J]. 江西林业科技,1981(4):35-36.

[8] 陈庆潮,邱劲柏,林金凤. 油茶落花落果成因及防控技术[J]. 湖南林业科技,2016,43(5):128-130.

[9] 常维霞,姚小华. 油茶无性系自交亲和性分析[J]. 林业科学研究,2016,29(4):508-514.

[10] 何方,毛献策,王义强,等. 中国油茶林地土壤类型的研究[J]. 经济林研究,1993(2):1-14.

[11] 奚如春,丁锐,邓小梅,等. 江西省油茶林地不同母岩土壤养分限制因子研究[J]. 江西农业大学学报,2013,35(1):124-130.

[12] 王玉萍,房军. 烤烟栽培保水抗旱技术研究[J]. 西南农业学报,2009,22(6):1542-1545.

[13] 陈方清. 不同覆盖材料对油茶果实及产量的影响[J]. 河北林业科技,2016(5):28-31.

[14] 唐启义.DPS数据处理系统:实验设计、统计分析及数据挖掘[M].北京:科学出版社,2010

[15] 汪可欣. 保护性耕作条件下土壤水分运动规律的研究[D].沈阳:沈阳农业大学,2009.

[16] 李婷,王瑞辉,钟飞霞,等. 林地覆盖对油茶果实生长的影响[J]. 经济林研究,2016,34(1):123-128.

[17] 王琪,马树庆,郭建平,等. 地膜覆盖下玉米田土壤水热生态效应试验研究[J]. 中国农业气象,2006,27(3):249-251.

[18] 马忠明,杜少平,薛亮. 不同覆膜方式对旱砂田土壤水热效应及西瓜生长的影响[J]. 生态学报,2011,31(5):1295-1302.

[19] 宋振伟,郭金瑞,任军,等. 耕作方式对东北雨养区农田水热与玉米光合特性的影响[C]// 中国作物学会 2013 年学术年会.论文摘要集.郑州:中国作物学会,2013.

[20] 周良骥,任立中,陈佩聪,等. 油茶胚胎发育及落花落果的研究[J]. 安徽农业大学学报,1991(3):238-241.

[21] 钟飞霞,王瑞辉,李婷,等. 土壤水分对油茶果实主要经济指标的影响[J]. 经济林研究,2015(4):32-37.

[22] 钟飞霞,王瑞辉,廖文婷,等. 高温少雨期环境因子对油茶果径生长的影响[J]. 经济林研究,2015(1):50-55.

[23] 徐猛. 不同水分梯度对油茶果实品质和产量的影响[D].南昌:江西农业大学,2014.

+++++

木层和灌木层 Simpson 指数分别为1.271 0和1.103 6, Simpson 均匀度分别为0.125 4和0.156 5。

参考文献

[1] 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.

[2] 俞新妥.杉木林地持续利用问题的研究和看法[J].世界林业研究,1993(2):80-86.

[3] 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.

[4] 俞新妥,张其水.杉木连栽林地土壤生化特性及土壤肥力的研究[J].福建林学院学报,1989,9(3):263-271.

[5] 杨承栋.杉木人工林地力衰退的原因机制及其防治措施[J].世界林业研究,1997(4):34-39.

[6] 林永信.林业实用技术大全[M].哈尔滨:东北林业大学出版社,1988:347-356.

[7] 黄建辉.植物群落调查方法概要[J].生物学通报,1992(5):45-46.

[8] 皮洛 EC.数学生态学引论[M].卢泽愚,译.北京:科学出版社,1978.

[9] MAGARRAN A.E. Ecological diversity and it's measurement[M]. Princeton: Princeton University Press,1988.

[10] MAY R M.理论生态学[M].孙儒泳,等译.北京:科学出版社,1982.

[11] 彭少麟,陈章和.广东亚热带森林群落物种多样性[J].生态科学,1983(2):98-103.