

文章编号: 1001-1498(2007)05-0615-07

不同类型毛竹林植物物种多样性研究^{*}

张刚华^{1,2}, 萧江华¹, 聂洁珠², 陈双林¹, 郭子武¹

(1. 中国林业科学研究院亚热带林业研究所, 浙江 富阳 311400; 2. 江西理工大学建筑与测绘工程学院, 江西 赣州 341000)

摘要:通过对不同类型毛竹林植物物种多样性的研究, 结果表明: 毛竹林内物种是丰富的, 但较大部分物种是脆弱的; 乔木层植物物种多样性指数与林下木本植物物种多样性指数相关显著, 与草本植物物种多样性指数相关不显著, 乔木层物种多样性指数小于林下植物物种多样性指数; 木本植物物种多样性指数, 竹阔混交林 > 竹针混交林 > 毛竹纯林, 粗放经营竹林 > 中等集约经营竹林 > 集约经营竹林; 林下草本植物物种多样性指数, 竹针混交林 > 毛竹纯林 > 竹阔混交林, 中等集约经营竹林 > 粗放经营竹林 > 集约经营竹林; 竹阔混交林向毛竹纯林转型时, 林下木本植物部分丧失, 而草本植物将可能增加, 也可能减少。

关键词:毛竹林; 物种多样性; 群落; 经营

中图分类号: S795.7

文献标识码: A

Study on the Species Diversity at Moso Bamboo Stands of Different Type

ZHANG Gang-hua^{1,2}, XIAO Jiang-hua¹, NIE Jie-zhu², CHEN Shuang-lin¹, GUO Zi-wu¹

(1. Research Institute of Subtropical Forestry, CAF, Fuyang 311400, Zhejiang, China; 2. College of Architectural, Surveying and Mapping Engineering, Jiangxi University of Science and Technology, Ganzhou 341000, Jiangxi, China)

Abstract: The species diversity of different moso bamboo stands were researched at Yong'an, Fujian Province, which was main distribution region of moso bamboo. The results were showed as follows: (1) The species in moso bamboo stands was abundant but lots of species were endangered. (2) The species diversity of tree layer correlated significantly with species diversity of shrub layer, but poorly with species diversity of herbage layer. The species diversity index of tree layer was lower than those of shrub and herbage layer. (3) The numerical relationship of species diversity index at moso bamboo stands of different type were bamboo mixed stand with hardwood > bamboo mixed stand with conifer > pure bamboo stand, and extensive management bamboo stand > mid-intensive management bamboo stand > intensive management bamboo stand at the tree and shrub layer. (4) The numerical relationship of species diversity at herbage layer were bamboo mixed stand with conifer > pure bamboo stand > bamboo mixed stand with hardwood and mid-intensive management bamboo stand > extensive management bamboo stand > intensive management bamboo stand. (5) When bamboo mixed stands with hardwood were turned into pure bamboo stands, lots of tree species under canopy would be lost easily, but the amount of herbage species under canopy might be increased or decreased too.

Key words: moso bamboo stand; species diversity; community; management

收稿日期: 2006-06-27

基金项目: 国家“十五”科技攻关项目“竹子商品林培育与可持续经营技术研究”(2004BA506B01)

作者简介: 张刚华(1976—),男,江西进贤人,博士。

^{*}本文得到了福建省永安林业局的同志及浙江林学院袁建国博士的帮助,在此一并致谢!

生物多样性研究是近年来生态学研究中的一个热点,在生物多样性理论探索、现状、生物多样性与生态系统功能等方面作了较多研究^[1~11],但生物多样性的理论与研究方法等方面仍处于起步阶段^[4]。在竹林生物多样性方面研究较少^[7,12~14],对其遗传多样性研究,辉朝茂等^[15]指出云南是亚洲竹类的起源中心,要加强珍稀竹种种质资源的抢救和保护研究。对竹林中物种多样性研究,人为干扰对多样性影响很大,长期经营后,竹林群落层次结构简化,降低了灌木层物种多样性^[16];人为干扰强度增大,林下植物的丰富度、多样性指数随之减少^[7,17];也有研究认为,经营干扰后竹林乔木层物种多样性下降,而灌木层和草本层物种多样性上升^[13]。对不同类型竹林而言,在毛竹 [*Phyllostachys edulis* (Carr) H. de Lehaie] 经营林分和天然竹阔混交林中,乔木、灌木物种多样性,经营林分低于天然竹阔混交林;草本物种多样性,经营林分高于天然竹阔混交林^[14]。然而已有竹林物种多样性研究不够系统全面,且部分调查面积较小,仅 1 600 m²^[14],群落类型少,涉及了毛竹纯林或竹阔混交林^[7,14]。本文在已有研究的基础上,对毛竹纯林、竹阔混交林、竹针混交林 3 种群落类型和集约经营、中等集约经营、粗放经营 3 种经营类型毛竹林的植物物种及多样性指数进行了研究,以揭示我国毛竹重点分布区的毛竹林物种多样性规律。

1 研究地概况

研究地位于福建省永安市天宝岩国家级自然保护区及周边地区,自然保护区地理位置为 117°28'3" ~ 117°35'28" E, 25°50'51" ~ 26°9'20" N,属中亚热带海洋性季风气候,年平均气温 15℃,年平均降水量 2 039 mm,多集中于 5—9 月,年平均相对湿度 80% 以上。地带性土壤为红壤,另有山地黄红壤、山地黄壤。

天宝岩国家级自然保护区在植物地理上属于泛北极植物区系与古热带植物区系的过渡地带。区内有 8 个主要植被类型,分别为常绿针叶林、常绿针阔叶混交林、落叶阔叶林、常绿阔叶林、山顶苔藓矮曲林、竹林、灌草丛、沼泽湿地,已定名的维管束植物种类有 185 科 688 属 1 512 种。其中被子植物 140 科

597 属 1 316 种,裸子植物 8 科 20 属 27 种,蕨类植物 37 科 71 属 169 种。

2 研究方法

2.1 样地设置

福建省永安市属我国毛竹林重点分布区,调查区为永安市天宝岩自然保护区及周边区,保护区设置样点 4 个,分别是核心区的西洋镇沟墩坪、缓冲区和周边区的西洋镇桂溪村、上坪乡上坪村、青水乡龙头村;周边区设置样点 2 个,分别是洪田镇东坑村、湍石村,总设置样点 6 个。每个样点依毛竹林群落类型分别设置 3 ~ 4 个类型样方,每个类型 3 个重复,总样方 69 (23 × 3) 个,乔木层样方设计为 20 m × 10 m。由于大多数样地不具备灌木层次,因此在样地林下植物中草本和木本调查样方设置时,根据具体的样地情况进行,不具备灌木层的样地设置草本木本混合样方,大小为 1 m × 1 m, 10 个重复;具备灌木层的样地增设木本样方,面积为 2 m × 5 m, 重复 10 个。

按目前的经营水平,张志达等^[18]将我国现有的竹林大致分为 3 类。第一类为集约经营的竹林,约占竹林总面积的 3% ~ 5%;第二类是中等集约经营的竹林,约占竹林总面积的 30%。第三类为粗放经营的竹林。不同样地基本情况见表 1。

2.2 调查方法

样方按乔木层、林下植被层进行调查。乔木层:测定 10 m × 20 m 样方内所有植株,记录物种名、胸围,估测树高;林下植被层:测定 2 m × 5 m 样方内的木本植物,记录物种名、丛数、高度,同时测定 1 m × 1 m 样方中的草本植物,记录物种名、盖度、高度。

2.3 计算方法

$$\text{Simpson 指数: } D = 1 - \sum_{i=1}^S P_i^2$$

$$\text{Shannon-Wiener 指数: } H = - \sum_{i=1}^S P_i \ln P_i$$

$$\text{Pielou 均匀度指数: } E = H / \ln S$$

式中: P_i 为第 i 个物种的个体数占群落中总个体数的比例, S 为物种丰富度^[19]。

表 1 毛竹林各调查样方基本情况

样地号	群落类型	地点	经度 (E)	纬度 (N)	海拔 / m	土壤类型	经营类型
1-1	竹针	洪田镇东坑村	117 95 24	25 50 09	275	山地黄壤	粗放经营
1-2	纯竹	洪田镇东坑村	117 95 24	25 50 11	260	山地黄壤	中等集约经营
2-1	竹针	洪田镇瑞石村	117 96 38	25 48 33	522	山地红壤	集约经营
2-2	竹针	洪田镇瑞石村	117 96 39	25 48 34	523	山地红壤	集约经营
2-3	竹阔	洪田镇瑞石村	117 96 20	25 49 00	543	山地红壤	中等集约经营
2-4	纯竹	洪田镇瑞石村	117 96 20	25 49 00	543	山地红壤	中等集约经营
2-5	竹针	洪田镇瑞石村	117 96 13	25 48 43	479	山地黄壤	中等集约经营
2-6	纯竹	洪田镇瑞石村	117 96 16	25 48 39	493	山地黄壤	中等集约经营
2-7	竹针	洪田镇瑞石村	117 96 18	25 48 39	512	山地黄壤	中等集约经营
3-1	纯竹	上坪乡上坪村	117 30 18	25 57 39	1 128	山地黄壤	中等集约经营
3-2	竹针	上坪乡上坪村	117 29 30	25 58 06	1 152	山地黄壤	粗放经营
3-3	纯竹	上坪乡上坪村	117 30 39	25 58 11	1 136	山地黄壤	集约经营
3-4	竹阔	上坪乡上坪村	117 30 47	25 58 53	1 187	山地黄壤	粗放经营
4-1	竹阔	西洋镇沟墩坪	117 31 33	25 55 50	1 083	山地黄壤	中等集约经营
4-2	竹针	西洋镇沟墩坪	117 31 27	25 55 37	1 125	山地黄壤	粗放经营
4-3	竹阔	西洋镇沟墩坪	117 31 43	25 55 51	1 080	山地黄壤	中等集约经营
5-1	纯竹	西洋镇桂溪村	117 29 28	25 53 30	582	山地红壤	粗放经营
5-2	纯竹	西洋镇桂溪村	117 29 28	25 53 23	835	山地黄壤	集约经营
5-3	竹阔	西洋镇桂溪村	117 29 08	25 53 49	705	山地红壤	集约经营
5-4	竹阔	西洋镇桂溪村	117 29 08	25 54 05	849	山地黄壤	粗放经营
6-1	竹阔	青水乡龙头村	117 33 01	25 56 58	723	山地黄壤	粗放经营
6-2	竹针	青水乡龙头村	117 33 12	25 57 26	712	山地黄壤	中等集约经营
6-3	纯竹	青水乡龙头村	117 33 19	25 57 34	689	石质壤土	中等集约经营
C-1	林隙	西洋镇沟墩坪	117 31 27	25 55 37	1 125	山地黄壤	
C-2	阔叶林	洪田镇瑞石村	117 16 20	25 49 00	543	山地红壤	
C-3	弃田	洪田镇瑞石村	117 16 16	25 48 39	493	山地黄壤	

注: 1-1表示第 1个样点的第 1个样方, C-1表示对照样地中第 1个样方,其他类同。竹针表示竹针混交林,纯竹表示毛竹纯林,竹阔表示竹阔混交林,下表同。

3 结果与分析

3.1 植物物种

本研究 6个区域 23个样点,面积 13 800 m²毛竹林林地调查到的植物为 92科 211属 334种,分别占保护区内植物资源总量的 50% (科)、30.7% (属)、22.1% (种),若随着调查面积的增加,毛竹林林地中新的物种仍将出现。福建省永安市现有毛竹林面积 44 238.8 hm²,调查面积仅占总面积的 0.03%,林内物种总数难于估测,这些数据充分表明毛竹林内现有物种数是非常丰富的。

调查样地中植物主要由蔷薇科 (Rosaceae)、菊科 (Compositae)、百合科 (Liliaceae)、山茶科 (Theaceae)、樟科 (Lauraceae)、冬青科 (Aquifoliaceae)、禾本科 (Gramineae)、豆科 (Leguminosae)、唇形科 (Labiatae)、壳斗科 (Fagaceae)、忍冬科 (Caprifoliaceae)、虎耳草科 (Saxifragaceae)、葡萄科 (Vitaceae)

ae)和杜鹃花科 (Ericaceae)组成,以上 14科的物种数占已调查到的物种总数的 50%,其余 78科植物物种仅占已调查到的物种数的 50%,表明在调查样地中大部分科均以 1个或 2个物种在竹林内出现。在人工经营的毛竹林内,由于劈山作业影响,大部分竹林内没有形成完善的灌木层,林下各个物种的个体都比较小,数量也非常有限,生长型为乔木和灌木的物种难以进行基因交流产生繁殖体,它们能在样地中出现的主要原因:一是原有乔灌物种在林地遗留残体或繁殖体,二是竹林外部乔灌物种繁殖体在风、动物和人为影响下进入竹林。这种现象预示着竹林内虽然物种总体上较为丰富,但在科、种的尺度上,较大部分物种是脆弱的,从物种多样性保护的角度考虑,需要加强毛竹林内植物物种保护。

3.2 乔木层物种多样性

对比不同类型竹林乔木层物种多样性指数 (表 2),600 m²尺度下,毛竹纯林物种丰富度 S 为 3.750

± 2.252 , Shannon-Wiener 指数 H 为 0.677 ± 0.387 , Simpson 指数 D 为 0.342 ± 0.176 , Pielou 均匀度指数 E 为 0.631 ± 0.163 ; 竹阔混交林 S 为 8.714 ± 4.645 , H 为 1.456 ± 0.416 , D 为 0.634 ± 0.125 , E 为 0.701 ± 0.082 ; 竹针混交林 S 为 4.125 ± 2.900 , H 为 0.947 ± 0.437 , D 为 0.516 ± 0.149 , E 为 0.776 ± 0.050 。样地中乔木层物种多样性指数大小关系为竹阔混交林 > 竹针混交林 > 毛竹纯林, 均值比较 (表 3) 为毛竹纯林与竹阔混交林 S 差异显著, H 和 D 差异极显著, E 差异不显著; 毛竹纯林与竹针混交林 S , H 和 D 差异不显著, E 差异显著; 竹阔混交林与竹针混交林 S 和 H 差异显著, D 和 E 差异不显著。总体表明竹阔混交林乔木层物种多样性指数相对较高。而竹阔混交林乔木层植物物种多样性指数较对照阔

叶林多样性指数稍小, 阔叶林若改造成经营性毛竹林, 为了让毛竹有更多的生长空间, 容易导致乔木层部分物种丧失。

从经营角度考虑, 600 m^2 尺度下, 集约经营竹林乔木层 S 为 3.000 ± 1.732 , H 为 0.605 ± 0.249 , D 为 0.335 ± 0.104 , E 为 0.630 ± 0.159 ; 中等集约经营竹林乔木层 S 为 4.909 ± 2.948 , H 为 0.949 ± 0.461 , D 为 0.471 ± 0.190 , E 为 0.716 ± 0.123 ; 粗放经营竹林乔木层 S 为 7.857 ± 5.210 , H 为 1.389 ± 0.498 , D 为 0.636 ± 0.137 , E 为 0.735 ± 0.080 。不同经营水平竹林, 物种多样性指数大小总体表现为粗放经营竹林 > 中等集约经营竹林 > 集约经营竹林, 粗放经营竹林与集约经营竹林 H 和 D 差异极显著 (表 3)。

表 2 乔木层物种多样性指数

样地号	群落类型	S	H	D	E	样地号	群落类型	S	H	D	E
1-2	纯竹	3.000	0.682	0.377	0.620	5-4	竹阔	9.000	1.402	0.584	0.638
2-4	纯竹	6.000	1.066	0.494	0.595	6-1	竹阔	7.000	1.546	0.724	0.795
2-6	纯竹	8.000	1.191	0.515	0.573	1-1	竹针	4.000	1.097	0.623	0.792
3-1	纯竹	1.000	0.000	0.000	1.000	2-1	竹针	2.000	0.559	0.372	0.806
3-3	纯竹	3.000	0.647	0.354	0.589	2-2	竹针	2.000	0.539	0.354	0.777
5-1	纯竹	4.000	0.838	0.443	0.604	2-5	竹针	3.000	0.882	0.531	0.803
5-2	纯竹	2.000	0.296	0.159	0.428	2-7	竹针	7.000	1.277	0.592	0.656
6-3	纯竹	3.000	0.700	0.396	0.637	3-2	竹针	3.000	0.860	0.500	0.783
2-3	竹阔	5.000	1.148	0.571	0.713	4-2	竹针	10.000	1.800	0.781	0.782
3-4	竹阔	18.000	2.179	0.797	0.754	6-2	竹针	2.000	0.563	0.376	0.813
4-1	竹阔	5.000	1.162	0.585	0.722	C-1	林隙	0.000	-	-	-
4-3	竹阔	11.000	1.772	0.741	0.739	C-2	阔叶林	20.000	2.307	0.803	0.770
5-3	竹阔	6.000	0.984	0.436	0.549	C-3	弃田	0.000	-	-	-

表 3 不同类型竹林乔木层物种多样性指数 t 检验

多样性指数	纯林与竹阔	纯竹与竹针	竹阔与竹针	集约经营与中等集约经营	集约经营与粗放经营	中等集约经营与粗放经营
S	-2.693*	-0.289	2.330*	-1.332	-1.984	-1.543
H	-3.758**	-1.307	2.302*	-1.550	-3.215**	-1.912
D	-3.638**	-2.132	1.647	-1.479	-4.108**	-1.983
E	-1.037	-2.424*	-2.163	-1.180	-1.525	-0.377

注: * 差异显著 ($P < 0.05$), ** 差异极显著 ($P < 0.01$)。表 5、7 同。

3.3 林下植被层物种多样性

林下植物物种多样性大小应用物种丰富度 S 、Shannon-Wiener 指数、Simpson 指数和 Pielou 均匀度指数几个指标进行检验。测度的有 10 m^2 尺度下草本植物样地, 100 m^2 尺度下木本植物样地。

在 10 m^2 尺度下林下草本植物物种多样性 (表 4), 毛竹纯林林下草本植物 S 为 33.375 ± 14.111 , H 为 3.261 ± 0.480 , D 为 0.949 ± 0.028 , E 为 0.950

± 0.024 ; 竹阔混交林林下 S 为 19.857 ± 5.336 , H 为 2.795 ± 0.287 , D 为 0.925 ± 0.021 , E 为 0.946 ± 0.013 ; 竹针混交林林下 S 为 36.000 ± 9.345 , H 为 3.402 ± 0.307 , D 为 0.959 ± 0.017 , E 为 0.957 ± 0.021 。在 10 m^2 尺度下不同类型竹林林下草本植物物种多样性指数 S 、 H 、 D 、 E 的大小关系为竹针混交林 > 毛竹纯林 > 竹阔混交林, 应用成组法 t 检验进行均值比较, 竹阔混交林与毛竹纯林和竹针混交

林 S, H, D 差异达显著或极显著,毛竹纯林与竹针混交林 S, H, D, E 差异均不显著(表 5)。不同类型毛竹林与对照竹林林隙和阔叶林林下植物物种多样性指数相比, S, H, D, E 相差不大,而较对照弃田植物物种多样性指数大,反映出不同类型毛竹林林下植物物种较为丰富。

从经营角度考虑, 10 m^2 尺度下,集约经营毛竹林林下草本植物 S 为 24.750 ± 15.108 , H 为 2.884 ± 0.581 , D 为 0.923 ± 0.036 , E 为 0.935 ± 0.024 ; 中等集约经营竹林林下草本植物 S 为 $33.182 \pm$

13.205 , H 为 3.287 ± 0.452 , D 为 0.952 ± 0.024 , E 为 0.959 ± 0.018 ; 粗放经营竹林林下草本植物 S 为 27.714 ± 8.807 , H 为 3.110 ± 0.301 , D 为 0.944 ± 0.017 , E 为 0.946 ± 0.016 。不同经营水平竹林林下草本物种多样性指数大小关系:中等集约经营竹林 > 粗放经营竹林 > 集约经营竹林。但应用成组法 t 检验进行均值比较,不同经营水平竹林林下草本植物物种多样性指数差异不显著,即经营水平差异不易导致林下草本植物物种多样性指数显著差异。

表 4 10 m^2 尺度林下草本植物物种多样性指数

样地号	群落类型	S	H	D	E	样地号	群落类型	S	H	D	E
1-2	纯竹	48.000	3.776	0.975	0.976	5-4	竹阔	20.000	2.806	0.927	0.937
2-4	纯竹	31.000	3.305	0.958	0.963	6-1	竹阔	20.000	2.839	0.929	0.948
2-6	纯竹	43.000	3.675	0.972	0.977	1-1	竹针	33.000	3.394	0.963	0.971
3-1	纯竹	56.000	3.844	0.975	0.955	2-1	竹针	46.000	3.680	0.971	0.961
3-3	纯竹	25.000	2.954	0.928	0.918	2-5	竹针	45.000	3.714	0.973	0.976
5-1	纯竹	26.000	3.105	0.948	0.953	2-7	竹针	33.000	3.415	0.964	0.977
5-2	纯竹	15.000	2.471	0.896	0.913	3-2	竹针	24.000	2.916	0.929	0.917
6-3	纯竹	23.000	2.957	0.938	0.943	4-2	竹针	45.000	3.618	0.967	0.950
2-3	竹阔	26.000	3.159	0.953	0.969	6-2	竹针	26.000	3.075	0.942	0.944
3-4	竹阔	26.000	3.090	0.946	0.949	C-1	林隙	34.000	3.305	0.954	0.937
4-1	竹阔	21.000	2.818	0.926	0.925	C-2	阔叶林	38.000	3.473	0.963	0.955
4-3	竹阔	13.000	2.422	0.900	0.944	C-3	弃田	10.000	2.154	0.863	0.936
5-3	竹阔	13.000	2.432	0.895	0.948						

表 5 10 m^2 尺度林下植物物种多样性指数不同类型之间均值 t 检验

多样性指数	纯竹与竹阔	纯竹与竹针	竹阔与竹针	集约经营与中等集约经营	集约经营与粗放经营	中等集约经营与粗放经营
S	2.512*	-0.418	-3.969**	-1.057	-0.418	0.962
H	2.237*	-0.663	-3.823**	-1.425	-0.865	0.915
D	1.822	-0.814	-3.263**	-1.882	-1.408	0.77
E	0.376	-0.587	-1.139	-2.142	-0.96	1.517

在 100 m^2 尺度下林下木本植物物种多样性(表 6),毛竹纯林林下木本植物 S 为 18.667 ± 16.773 , H 为 2.519 ± 0.836 , D 为 0.887 ± 0.069 , E 为 0.940 ± 0.014 ; 竹阔混交林林下木本植物 S 为 50.200 ± 18.431 , H 为 3.730 ± 0.365 , D 为 0.971 ± 0.010 , E 为 0.966 ± 0.006 ; 竹针混交林林下木本植物 S 为 30.000 ± 10.817 , H 为 3.186 ± 0.398 , D 为 0.950 ± 0.020 , E 为 0.951 ± 0.007 。在 100 m^2 尺度下不同类型竹林林下木本植物物种多样性指数大小关系为竹阔混交林 > 竹针混交林 > 毛竹纯林,应用成组法 t 检验进行均值比较,竹阔混交林与毛竹纯林 S, H, D, E 差异达显著或极显著,竹针混交林与毛竹纯林和竹阔混交林 S, H, D 差异均不显著(表 7)。

从经营角度考虑, 100 m^2 尺度下木本植物物种多样性,集约经营毛竹林林下木本植物 S 为 21.500 ± 16.263 , H 为 2.763 ± 0.881 , D 为 0.913 ± 0.070 , E 为 0.949 ± 0.028 ; 中等集约经营竹林林下木本植物 S 为 37.750 ± 30.620 , H 为 3.169 ± 1.021 , D 为 0.929 ± 0.069 , E 为 0.956 ± 0.019 ; 粗放经营竹林林下木本植物 S 为 40.600 ± 11.803 , H 为 3.513 ± 0.256 , D 为 0.965 ± 0.008 , E 为 0.956 ± 0.007 。不同经营水平竹林林下木本植物物种多样性指数大小关系为:粗放经营竹林 > 中等集约经营竹林 > 集约经营竹林。应用成组法 t 检验进行均值比较,不同经营水平竹林两两之间林下木本植物物种多样性差异均不显著(表 7)。

表 6 100 m²尺度林下木本植物物种多样性指数

样地号	群落类型	S	H	D	E	样地号	群落类型	S	H	D	E
5-1	纯竹	38.000	3.477	0.964	0.956	4-1	竹阔	50.000	3.809	0.975	0.974
5-2	纯竹	10.000	2.139	0.864	0.929	4-3	竹阔	75.000	4.181	0.982	0.968
6-3	纯竹	8.000	1.941	0.833	0.933	5-3 [#]	竹阔	33.000	3.386	0.962	0.968
3-2	竹针	33.000	3.303	0.957	0.945	5-4	竹阔	32.000	3.332	0.960	0.961
4-2	竹针	39.000	3.512	0.965	0.959	6-1	竹阔	61.000	3.942	0.977	0.959
6-2	竹针	18.000	2.742	0.927	0.949						

注: 调查小样方面积 60 m², 总调查面积 600 m²。

表 7 100 m²尺度林下木本植物物种多样性指数不同类型之间均值 t 检验

多样性指数	纯竹与竹阔	纯竹与竹针	竹阔与竹针	集约经营与中等集约经营	集约经营与粗放经营	中等集约经营与粗放经营
S	- 2.413 [*]	- 0.984	1.698	- 0.677	- 1.781	- 0.194
H	- 2.925 [*]	- 1.247	1.983	- 0.475	- 1.968	- 0.738
D	- 2.863 [*]	- 1.52	2.092	- 0.266	- 1.927	- 1.161
E	- 3.786 ^{**}	- 1.202	3.316 [*]	- 0.403	- 0.62	0.032

对比 10 m²尺度林下草本层和 100 m²尺度林下木本层植物不同群落类型之间多样性的排序关系, 发现竹阔混交林林下木本植物物种多样性指数较大, 草本植物物种多样性指数较小, 而毛竹纯林林下木本植物物种多样性指数较小, 草本植物物种多样性指数较大, 说明竹阔混交林向毛竹纯林转型的过程中, 木本植物在丧失, 草本植物可能会增加也可能减少, 因为毛竹纯林林下植物变化较大 (物种数 15 ~ 56 个), 这与竹林经营行为有关, 如除草剂使用、劈山、垦复等。

就乔木层与林下草本层、木本层物种多样性的关系而言, 乔木层的物种多样性显著影响林下木本植物物种多样性, 它们的相关系数为 0.790, 达极显著相关; 而其对林下草本植物物种多样性影响很小, 相关系数仅为 - 0.194; 林下木本植物物种多样性对草本层物种多样性影响也很小, 相关系数为 - 0.023, 相关不显著。对比乔木层与林下植被物种多样性指数大小关系, 林下植被物种多样性指数大于乔木层物种多样性指数。

4 结论与讨论

对不同类型竹林植物物种多样性的分析表明: 毛竹林内物种是丰富的, 但较大部分物种是脆弱的; 乔木层植物物种多样性与林下木本植物物种多样性指数相关显著, 与草本植物物种多样性指数相关不显著, 乔木层物种多样性指数小于林下植物物种多样性指数。

不同类型毛竹林乔木层植物物种多样性指数大

小为: 竹阔混交林 > 竹针混交林 > 毛竹纯林, 毛竹纯林与竹阔混交林物种丰富度 S、Shannon-Wiener 指数 H、Simpson 指数 D 差异显著或极显著, 毛竹纯林与竹针混交林 S、H、D 差异不显著, 竹阔混交林与竹针混交林 S、H 差异显著; 不同经营水平竹林植物物种多样性指数大小为: 粗放经营竹林 > 中等集约经营竹林 > 集约经营竹林, 粗放经营竹林与集约经营竹林 H、D 差异极显著。

不同类型毛竹林林下草本植物物种多样性指数大小为: 竹针混交林 > 毛竹纯林 > 竹阔混交林, 竹阔混交林与毛竹纯林和竹针混交林 S、H、D 差异显著或极显著, 毛竹纯林与竹针混交林 S、H、D、E 差异不显著; 不同经营水平竹林林下草本物种多样性指数大小为: 中等集约经营竹林 > 粗放经营竹林 > 集约经营竹林, 但不同经营水平竹林两两之间林下草本植物物种多样性指数差异不显著;

不同类型毛竹林林下木本植物物种多样性指数大小为: 竹阔混交林 > 竹针混交林 > 毛竹纯林, 竹阔混交林与毛竹纯林 S、H、D、E 差异显著或极显著, 竹针混交林与毛竹纯林和竹阔混交林 S、H、D 差异均不显著; 不同经营水平竹林林下木本植物物种多样性指数大小为: 粗放经营竹林 > 中等集约经营竹林 > 集约经营竹林, 但不同经营水平竹林两两之间林下木本植物物种多样性指数差异均不显著。

竹阔混交林向毛竹纯林转型时, 林下木本植物部分丧失, 而草本植物将可能增加, 也可能减少, 因为毛竹纯林林下草本植物物种丰富度变化较大。本文研究结果与朱锦懋等^[14]研究结果相比增加了群

落类型和经营类型内容,在毛竹纯林与竹阔混交林物种多样性大小比较时结果相对一致,但在草本层物种多样性也出现了竹阔混交林大于毛竹纯林的现象。

参考文献:

- [1] Tilman D. Biodiversity: population versus ecosystem stability[J]. *Ecology*, 1996, 77(2): 350~363
- [2] Tilman D, Reich P B, Knops J, *et al*. Diversity and productivity in a long-term grassland experiment[J]. *Science*, 2001, 294(5543): 843~845
- [3] 方精云. 探索中国山地植物多样性的分布规律[J]. *生物多样性*, 2004, 12(1): 1~4
- [4] 赵士洞. 生物多样性科学的内涵及基本问题——介绍“DIVERSITAS”的实施计划[J]. *生物多样性*, 1997, 5(1): 1~4
- [5] Mulder C P H, Uliassi D D, Doak D F. Physical stress and diversity-productivity relationships: The role of positive interactions[J]. *Proc Nat Acad Sci USA*, 2001, 98(12): 6704~6708
- [6] Bond E M, Chase J M. Biodiversity and ecosystem functioning at local and regional spatial scales[J]. *Ecology Letters*, 2002, 5(4): 467~470
- [7] 余树全, 姜春前, 李翠环, 等. 人为经营干扰对人工雷竹林下植被多样性的影响[J]. *林业科学研究*, 2003, 16(2): 196~202
- [8] 庄雪影, 甄荣东. 增城市主要森林群落植物多样性研究[J]. *林业科学研究*, 2002, 15(2): 182~189
- [9] Li L G, He X Y, Li X Z, *et al*. Comparison of two approaches for detecting the depth of edge influence on vegetation diversity in the arid valley of southwest China[J]. *Journal of Forestry Research*, 2005, 16(2): 105~108
- [10] Loreau M, Mouquet N, Gonzalez A. Biodiversity as spatial insurance in heterogeneous landscapes[J]. *Proc Nat Acad Sci USA*, 2003, 100(22): 12765~12770
- [11] Mittemeier R A, Mittemeier C G, Brooks T M, *et al*. Wilderness and biodiversity conservation[J]. *Proc Nat Acad Sci USA*, 2003, 100(18): 10309~10313
- [12] 高志勤. 毛竹林群落特征与生态功能评价[D]. 北京: 中国林业科学研究院, 2004
- [13] 郑成洋, 何建源, 罗春茂, 等. 不同经营强度条件下毛竹林植物物种多样性的变化[J]. *生态学杂志*, 2003, 22(6): 1~6
- [14] 朱锦懋, 江训强, 黄儒珠, 等. 毛竹林物种多样性的初步分析[J]. *福建林学院学报*, 1996, 16(1): 5~8
- [15] 辉朝茂, 杨宇明. 关于云南竹类植物多样性及其保护研究[J]. *林业科学*, 2003, 39(1): 145~152
- [16] 张飞萍. 毛竹林节肢动物多样性及主要叶部害虫发生机理[D]. 福州: 福建农林大学, 2003
- [17] 何艺玲. 不同类型毛竹林林下植被的发育状况及其与土壤养分关系的研究[D]. 北京: 中国林业科学研究院, 2000
- [18] 张志达, 刘红, 李世东. 中国竹林培育[M]. 北京: 中国林业出版社, 1998
- [19] 方精云, 沈泽昊, 唐志尧, 等. 中国山地植物物种多样性调查计划及若干技术规范[J]. *生物多样性*, 2004, 12(1): 5~9