

# 不同植被恢复模式毛竹林地植物多样性研究

李钢\*, 田刚, 王冉

(1.浙江广川工程咨询有限公司, 浙江 杭州 310020; 2.浙江省水利防灾减灾重点实验室, 浙江 杭州 310020)

**摘要:**【目的】毛竹林下层植被在林地生态系统中具有重要的作用, 为探究过度开发毛竹林地下层植被恢复对林地植物多样性变化的影响, 探索毛竹林植被多样性恢复模式。【方法】在安吉县选择过度开发毛竹林地种植杨桐和大芭萱草, 经过多年的自然生长后, 开展林地植被调查, 并进行多样性和稳定性分析。【结果】植被恢复促进了毛竹林物种种类的增加, 多样性指数也显著高于毛竹纯林; 植被恢复在一定程度上提高了过度开发毛竹林地的群落稳定性, 并促使其向着相似的复杂群落演替, 但由于大部分植被仍然比较脆弱, 群落结构尚处于不稳定状态。【结论】要使过度开发的毛竹林地恢复到稳定的毛竹群落结构, 须进行长期的林下植被恢复和人工抚育干预。

**关键词:** 毛竹林; 植物多样性; 植被恢复模式; 安吉县

中图分类号: Q948

文献标识码: A

文章编号: 2095-7300 (2021) 04-0043-05

## Understory Plant Diversity under Different Vegetation Patterns in a *Phyllostachys pubescens* Forest

LI Gang\*, TIAN Gang, WANG Ran

(1.Zhejiang Guangchuan Engineering Consulting Co., Ltd., Hangzhou 310020, China;

2. Zhejiang Key Laboratory of Water Disaster Prevention and Reduction, Hangzhou 310020, China)

**Abstract:** 【Objective】 The understory vegetation plays an important role in *Phyllostachys pubescens* forest ecosystem. In order to explore the effects of underground vegetation on the changes of plant diversity in overexploitation *Phyllostachys pubescens* forest, and to recommend a good pattern of vegetation diversity restoration for pure *Phyllostachys pubescens* forest. 【Methods】 *Adinandra millettii* and *Hemerocallis middendorffii* Trautv.et Mey. were planted under overexploitation *Phyllostachys pubescens* forest in Anji county. After years of natural growth, forest vegetation investigation was carried out and diversity and stability were analyzed. 【Results】 The results showed that vegetation restoration promoted the increase of species, and diversity index of vegetation restoration forest was significantly higher than that of pure *Phyllostachys pubescens* forest. Vegetation restoration had improved the stability of overexploitation *Phyllostachys pubescens* forest to a certain extent, and promoted its succession to similar complex communities. However, because most of the underground vegetation was still fragile, the community structures of the

收稿日期: 2021-07-07

基金项目: 浙江省水利科技计划项目(RC1723); 浙江省科技计划项目(2018F10030)

作者简介: \*通信作者: 李钢, 硕士, 高级工程师, 研究方向: 土壤侵蚀与水土保持科学研究, E-mail: happygllove@126.com.

引文格式: 李钢, 田刚, 王冉. 不同植被恢复模式毛竹林地植物多样性研究[J]. 湖南生态科学学报, 2021, 8(4): 43-47. LI G, TIAN G, WANG R. Understory plant diversity under different vegetation patterns in a *Phyllostachys pubescens* Forest[J]. Journal of Hunan Ecological Science, 2021, 8(4): 43-47.

three *Phyllostachys pubescens* forests were still in an unstable state. 【Conclusion】 In order to restore the damaged system of *Phyllostachys pubescens* forest to a stable community structure, long-term underground vegetation restoration and artificial tending must be carried out.

**Keywords:** *Phyllostachys pubescens* forest; plant diversity; vegetation patterns; Anji county

毛竹是一种重要的森林资源，也是经济价值较高的竹种。据调查统计，2013年我国毛竹林面积达到了 $43.43 \times 10^6 \text{ hm}^2$ ，占竹林总面积的74%<sup>[1]</sup>，并且毛竹的种植面积仍在不断扩大<sup>[2]</sup>。其中，福建、湖南、江西、浙江、安徽等省份的毛竹林面积比例占60%以上<sup>[3]</sup>。同时，随着毛竹林种植经营技术的不断提高，以毛竹为经营对象的竹产业成为了山区农民的重要经济来源，例如在福建三明市、江西奉新县、浙江安吉县等毛竹主产区，林农50%以上的经济收入来源于毛竹经营的相关产业<sup>[4]</sup>。但林农为了追求更高的经济效益，毛竹林的经营方式逐渐趋向于纯林化模式，使得毛竹林成为了一种典型的人工控制生态系统<sup>[5]</sup>。由于人为的过度经营开发，导致毛竹林结构单一、生态功能脆弱、林地水土流失严重等突出的环境问题<sup>[6]</sup>。毛竹林地生物多样性降低、林地生产力下降等问题更是直接影响了竹产业的发展，成为经营者普遍关心的问题，而过度开发毛竹林地的植被多样性恢复也成为生态林业研究的焦点。植物多样性是生物多样性的的重要组成部分，也是人类赖以生存的环境基础和必要保证<sup>[7]</sup>，但由于人类不合理的森林资源开发，导致林地植物多样性的锐减，间接威胁着人类的生存发展<sup>[8]</sup>。所以，必须高度重视林地植物多样性的研究和保护。近年来，不少学者针对毛竹林地开展了大量研究<sup>[9-11]</sup>，为毛竹林的可持续经营发展提供了很好的借鉴，但缺乏过度经营毛竹林地下层植被恢复及其多样性的研究。因此，本文在浙江省安吉县选择过度开发毛竹林地，研究毛竹纯林在人为干扰下转变为多层林过程中的植物群落物种组成及植被多样性的变化，旨在为我国南方毛竹纯林的植物多样性恢复提供指导。

## 1 研究区概况

研究区位于浙江省西北部的湖州市安吉县，安吉县地处长三角腹地，太湖西南部，北靠天目山，面向沪杭宁，东径 $119^{\circ}14'$ — $119^{\circ}53'$ 和北纬 $30^{\circ}23'$ — $30^{\circ}53'$ 之间，面积 $1\ 885.71 \text{ km}^2$ 。其地势自西南山区向东北丘陵平原成喇叭形从高到低倾斜展开。安吉县属亚热带海洋性季风气候，四季分明，雨量充沛，年均气温 $15.6 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ，年均降雨量 $1\ 400 \text{ mm}$ ，水资源丰富，境内主要水系为西苕溪。土壤类型包括红壤、黄壤、岩性土、潮土、水稻土等。植被分区属于亚热带东部常绿阔叶林亚区，植被类型和植物区系复杂，全县森林覆盖率和植被覆盖率均保持在70%以上，主要植物种有毛竹、马尾松、杉木等。其中，毛竹林面积占森林总面积的45%以上，素有“中国第一竹乡”之称<sup>[12-13]</sup>。

## 2 研究方法

### 2.1 样地设置与调查

根据毛竹林分布情况调查，2009年在研究区内的杭垓镇唐舍村人工过度经营毛竹林内设置了3种类型的试验小区（ $5 \text{ m} \times 20 \text{ m}$ ），包括毛竹纯林（PP模式）、毛竹林下种植杨桐（PA模式）、毛竹林下种植杨桐+大苞萱草（AH模式），每种类型设置3个重复小区，共计9个试验小区。经过多年的植被恢复生长后，于2018年4月对各试验小区内所有植被类型、植株数量、高度、胸径、郁闭度等进行测量记录。毛竹林样地植被恢复模式见表1。

表1 毛竹林样地设置情况

Table 1 The information of different vegetation patterns in a *Phyllostachys pubescens* forest

指标	PP1	PP2	PP3	PA1	PA2	PA3	AH1	AH1	AH1
毛竹密度/(株/hm <sup>2</sup> )	2 200	2 300	2 200	2 200	2 100	2 200	2 700	2 100	2 700
毛竹胸径/cm	5.15	4.74	4.99	4.82	5.09	4.86	4.67	5.29	5.13
毛竹郁闭度	0.76	0.74	0.75	0.78	0.74	0.77	0.76	0.76	0.73
杨桐高度/m	-	-	-	1.53	1.62	1.70	0.87	0.86	0.87
大苞萱草高度/cm	-	-	-	-	-	-	0.23	0.30	0.27

## 2.2 数据处理与分析

本研究通过野外调查数据, 采用Shimpson多样性指数 ( $D$ )、Shannon-wiener指数 ( $H$ )、Alatolo 均匀度指数 ( $E$ )、Sorensen 群落相似系数 ( $SI$ ) 以及Cody 群落差异系数 ( $D_c$ ) 来综合分析评价毛竹林下不同植被措施的植物物种多样性及其差异。各指标的计算方法为<sup>[14-15]</sup>:

$$D = 1 - \sum_{i=1}^S p_i^2 \quad (1)$$

$$H = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i \quad (2)$$

$$E = \frac{(\sum_{i=1}^S p_i^2)^{-1} - 1}{\exp(-\sum_{i=1}^S p_i \ln p_i) - 1} \quad (3)$$

$$SI = [2C/(A+B)] \times 100\% \quad (4)$$

$$D_c = (A+B-2C)/2 \quad (5)$$

式中:  $p_i$  为样地中第  $i$  个植物种出现的概率, 样地中植物的总个体数为  $N$ , 第  $i$  个植物种的个体数为  $N_i$ , 物种总数为  $S$ ,  $p_i = N_i / N$ ;  $A$ 、 $B$  分别为样地  $A$ 、 $B$  的物种数,  $C$  为样地  $A$ 、 $B$  共有物种数。

试验数据在Microsoft Excel 2016 中进行整理和指标计算, 运用Origin 8.1 进行相关图形制作和方差分析。

## 3 结果与分析

### 3.1 林分物种组成差异

根据调查统计结果 (表 2), 试验样地中调查得出植物种类共计 70 种, 隶属于 45 (草本和灌木具有 4 个相同科) 科 65 属。其中菊科 (Compositae)、百合科 (Liliaceae)、蔷薇科 (Rosaceae)、茜草科 (Rubiaceae)、省沽油科 (Staphyleaceae)、壳斗科 (Fagaceae)、冬青科 (Aquifoliaceae)、莎草科 (Cyperaceae)、樟科 (Lauraceae) 和堇菜科 (Violaceae) 10 科植物物种数占调查总物种数的 60% 以上, 其余 35 科植物物种数占比不足 40%。在植物类型上, 由于毛竹林地的过度开发利用, 大部分毛竹林地内主要以草本植物种为主, 草本植物种数占总植物种数的 59%, 没有形成完善的灌木层, 林下各物种的个体较小, 数量也非常有限。林下植物种主要有蛇莓 (*Duchesnea indica* (Andr.) Focke)、野鸦椿 (*Euscaphis japonica* (Thunb.) Dippel)、玉竹 (*Polygonatum odoratum*)、紫菀 (*Aster tataricus* L. f.)、枸骨 (*Ilex cornuta* Lindl. et Paxt.)、菝葜 (*Smilax china*)、耳草 (*Hedyotis auricularia* L.)、山榧

(*Lindera reflexa* Hemsl.)、兔儿伞 (*Syneilesis aconitifolia* (Bge.) Maxim.)、紫金牛 (*Ardisia japonica* (Thunb) Blume)、光叶兔儿风 (*Ainsliaea glabra* Hemsl.)、女贞 (*Ligustrum lucidum* Ait.)、蓬蘽 (*Rubus hirsutus* Thunb.)、小麻栎 (*Quercus acutissima* Carruth.)、沿阶草 (*Ophiopogon bodinieri*) 等。在所有植物类型中, 菊科 (Compositae) 物种类型最多为 7 属 8 种; 其次是茜草科 (Rubiaceae) 和蔷薇科 (Rosaceae) 均为 4 属 4 种, 忍冬科 (Caprifoliaceae) 和百合科 (Liliaceae) 3 属 3 种。对不同植被恢复来讲, 物种数量关系表现为 AH 模式 > PA 模式 > PP 模式。表明通过植被恢复后, 毛竹林地的植物物种类型明显增多。

表 2 不同植被模式毛竹林植物群落物种组成

Table 2 Species composition of *Phyllostachys pubescens* communities in different vegetation patterns

物种数量	植物层			植被模式		
	草本	灌木	小乔木	PP	PA	AH
种数	41	21	8	31	42	45
属数	38	20	7	31	39	42
科数	25	17	7	24	29	30

表 3 不同植被模式毛竹林群落物种多样性指数

Table 3 Species diversity index of *Phyllostachys pubescens* community in different vegetation patterns

植被模式	D	H	E
PP	0.901±0.008 a	2.504±0.118 a	0.816±0.033 a
PA	0.937±0.004 b	2.914±0.068 b	0.856±0.006 a
AH	0.951±0.012 b	3.070±0.027 b	0.829±0.012 a

注: 同一列中不同字母表示平均值在 0.05 水平上存在显著性差异。

从不同植被模式毛竹林群落物种多样性指数来看 (表 3), Shimpson 多样性指数关系呈现为 AH 模式 > PA 模式 > PP 模式; Shannon-wiener 指数与 Shimpson 多样性指数表现出一致性的大小关系; Alatolo 均匀度指数则为 PA 模式 > AH 模式 > PP 模式。通过方差分析发现, PA 模式和 AH 模式的 Shimpson 多样性指数和 Shannon-wiener 指数在 0.05 水平上显著大于 PP 模式, 在 Alatolo 均匀度指数上三者没有显著性差异。这种现象表明人工过度开发毛竹林植被恢复总体上提高了林地物种多样性, 但大部分物种比较脆弱, 从群落物种恢复方面考虑, 还需要进一步加强毛竹

林植被恢复的抚育和保护。

### 3.2 群落稳定性分析

群落稳定性分析采用法国生态学研究学者M.Godron提出的稳定性测定方法<sup>[16]</sup>,结合郑元润<sup>[17]</sup>对其改进的方法进行计算。利用该方法分别对三种植被模式下的群落稳定性进行分析,得到群落结构稳定性图解(图1),并通过曲线拟合得到种频方程(表4),最后通过方程解析得出种频曲线与直线 $Y=100-X$ 的交点,该交点即为群落所处的状态点,该交点越接近20/80,说明群落越稳定(20/80称为群落稳定点)。从拟合曲线结果可以看出,三种植被模式的种总数

倒数累计与累积相对频度具有较好的规律,二次曲线方程的调整决定系数 $R^2$ 均在0.98以上,表明二次曲线可以较好的反映两者之间的内在关系。从解析结果来讲,PP模式、PA模式和AH模式的交点坐标均明显大于20/80,说明三种模式的植被群落均处于不稳定状态,但不难看出三种模式的状态点依次越来越接近稳定点,表明植被恢复在一定程度上提高了林地群落的稳定性,但由于交点坐标离稳定点仍具有一定距离,亦即三种群落结构整体上仍处于不稳定状态。由此可见,毛竹林地一旦被过度开发,其林下生态系统的稳定性恢复需要非常长久的时间。

表4 植物群落稳定性分析结果

Table 4 Analysis results of plant community stability

植被模式	曲线方程	调整 $R^2$	$P$ 值	交点坐标	结果
PP	$Y = -0.0088X^2 + 1.688X + 15.944$	0.9883	$P < 0.01$	35/65	不稳定
PA	$Y = -0.0096X^2 + 1.758X + 17.469$	0.9897	$P < 0.01$	34/66	不稳定
AH	$Y = -0.0111X^2 + 1.928X + 14.418$	0.9842	$P < 0.01$	33/67	不稳定

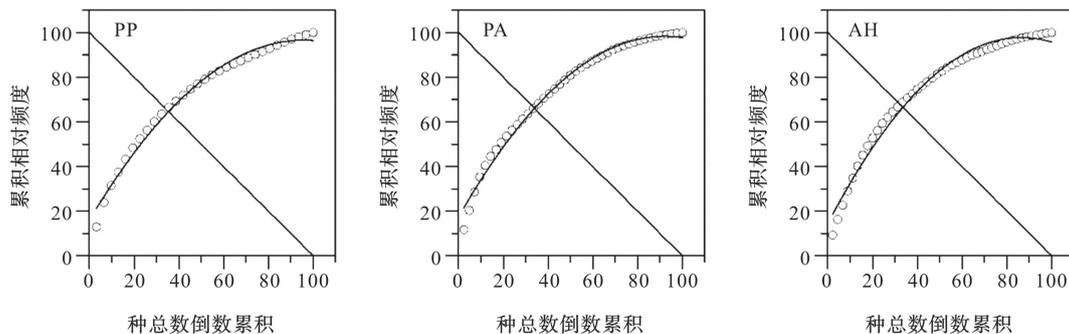


图1 不同植被模式的植物群落稳定性图解

Fig.1 Stability graphs for different plant communities

### 3.3 群落相似性分析

研究利用Sorenson指数和Cody指数来反映不同植被恢复模式下相似群落物种替代的程度。其中,Sorenson指数用于描述群落空间的相似程度,Cody指数则用于表达群落间的差异程度。从表5和表6可以得知,PP-PA的群落相似系数最小,PP-AH的群落相似系数也不小于0.5,而群落差异系数最高;PA-AH的群落相似系数较高,差异系数也低。这说明过度开发毛竹林与植被恢复的毛竹林物种组成差异大,进行灌木和灌草植被恢复的毛竹林之间物种组成差异相对较小。从植被类型来看,三种毛竹林地之间的灌木相似系数差异不大,差异系数也比较接近,

说明PP模式向PA或AH模式转变过程中,林下灌木种类的变化不明显。PP模式与PA或AH模式的草本相似系数和差异系数具有明显的差异,而PA模式与AH模式的草本相似系数较大,差异系数较小,说明植被恢复对毛竹林地影响最大的植被类型是草本。

表5 不同植被模式毛竹林群落相似系数

Table 5 Similarity coefficient between different plant communities

类型	小乔木	灌木	草本	群落
PP-PA	0.500	0.640	0.300	0.438
PP-AH	0.286	0.640	0.409	0.468
PA-AH	0.444	0.615	0.577	0.575

表6 不同植被模式毛竹林群落差异系数  
Table 6 Difference coefficient between different plant communities

类型	小乔木	灌木	草本	群落
PP-PA	2.0	4.5	14.0	20.5
PP-AH	2.5	4.5	13.0	20.5
PA-AH	2.5	5.0	11.0	18.5

## 4 结论

过度开发毛竹林地下层植被恢复影响林地植被物种的组成,其加速了林地植被的更新。通过研究不同植被恢复模式对下层植物物种多样性的影响得出如下结论:

(1) 过度开发毛竹林地(PP模式)下层植被稀少,林下植被主要以草本为主,且大部分物种比较脆弱;通过林下种植杨桐(PA模式)、杨桐+大苞萱草(AH模式)植被恢复后,林地植被物种数量明显增多,物种多样性得到显著提升,物种数量关系、Shimpson指数和Shannon-wiener指数表现为AH模式>PA模式>PP模式。

(2) 受损生态系统的恢复是国内恢复生态学研究与实践的重点内容之一。通过种频曲线的拟合和解析可知,三种植被模式的毛竹林地所处的群落状态均为不稳定状态,但植被恢复在一定程度上促进了过度开发毛竹林地的群落稳定性,但要使过度开发毛竹林地恢复到稳定状态还必须进行长期的林下植被恢复和人工抚育干预。

(3) 本研究采用了物种总数和共有种数的综合性指标Sorenson指数和Cody指数来分析群落间植物种类的异同。在群落物种相似方面,三种毛竹林模式群落中的灌木相似系数较高,群落中的小乔木和灌木的差异系数较低且接近;而群落中草本的相似系数和差异系数具有明显的梯度变化。从群落总体相似性来讲,PP模式与PA模式和AH模式的群落具有较小的相似性和较大的差异性,而PA模式和AH模式具有较高的相似性和较小的差异性。这表明植被恢复在一定程度上促进了过度开发毛竹林向相似

的稳定林演替。

## 参考文献:

- [1] 吴伟光,曹先磊.毛竹林经营投入产出关系与经营效益分析[J].南京林业大学学报(自然科学版),2016,40(3):108-114.
- [2] 季海宝,庄舜尧,张厚喜,等.我国毛竹林生态系统碳储量的地带性差异[J].生态环境学报,2013,22(1):1-5.
- [3] 张厚喜,庄舜尧,季海宝,等.我国南方毛竹林生态系统碳储量的估算[J].土壤,2014,46(3):413-418.
- [4] 曹先磊,吴伟光,张颖.农户扩大毛竹林经营意愿及其影响因素分析——基于中国毛竹主产区农户的调查数据[J].湖南农业大学学报(社会科学版),2016,17(5):14-19.
- [5] 陈双林,杨伟真.我国毛竹人工林地力衰退成因分析[J].林业科技开发,2002,16(5):3-6.
- [6] 陈阳,王新杰.闽西北丘陵区毛竹林下植物多样性的研究[J].中南林业科技大学学报,2014,34(1):84-88.
- [7] 章家恩,徐琪.现代生态学研究的几大热点问题透视[J].地球科学进展,1997,16(3):29-37.
- [8] 李亚藏,梁彦兰,张东斌,等.浅谈森林生物多样性的影响因素及其保护[J].河南林业科技,2006,26(4):31-33.
- [9] 杨健.毛竹林清洁化生产关键技术探索与实践[J].世界竹藤通讯,2014,12(4):32-34.
- [10] 孟勇,漆良华,艾文胜,等.湘中丘陵区不同经营目标下毛竹林土壤物理性质及健康评价[J].东北林业大学学报,2013,41(2):60-64.
- [11] 牛利敏,苗象婧,彭定聪,等.长期粗放经营毛竹林土壤微生物群落演变特征[J].林业科学研究,2017,30(2):285-292.
- [12] 崔瑞蕊,杜华强,周国模,等.近30a安吉县毛竹林动态遥感监测及碳储量变化[J].浙江农林大学学报,2011,28(3):422-431.
- [13] 徐小军,周国模,杜华强,等.样本分层对毛竹林地上部分碳储量估算精度的影响[J].林业科学,2013,49(6):18-24.
- [14] 郭文霞,牛树奎,张彦龙,等.经营强度对毛竹林植物多样性的影响[J].河北农业大学学报,2009,32(4):46-52.
- [15] 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.
- [16] GODRON M. Some aspects of heterogeneity in grasslands of Cantal[J]. Statistical Ecology, 1972(3):397-415.
- [17] 郑元润.森林群落稳定性研究方法探讨[J].林业科学,2000,36(5):28-32.

责任编辑:周安刚  
英文校对:王芬