

不同立地条件桉树工业原料林林下植物多样性分析

张静美

云南林业职业技术学院，昆明

邮箱: 2817964699@qq.com

摘 要: 桉树生长迅速，用途广泛，已经成为我国南方速生丰产林的主要树种，在各地广泛栽培。桉树的大量种植，会造成一系列的生态问题，这些问题的核心是生物多样性的减少。本研究通过对普洱市的澜沧、孟连、西盟等县共 27 个巨尾桉人工林样地的调查、分析，发现不同立地条件的桉树工业原料林林下灌木物种数没有显著性差异，草本物种数没有显著性差异，而灌木和草本间有极显著的差异。为云南桉树工业原料林林下植物物种多样性的发展和桉树工业原料林的可持续经营提供理论依据，为桉树大面积种植提供了现实的指导意义和实用价值。

关键词: 立地条件；巨尾桉工业原料林；植物多样性

收稿日期：2019-09-23；录用日期：2019-10-11；发表日期：2019-10-18

Analysis of Plant Diversity under Eucalyptus Industrial Raw Material Forest under Different Site Conditions

Zhang Jingmei

Yunnan Forestry Vocational and Technical College, Kunming

Abstract: Eucalyptus grows rapidly and be used extensively. It has been the main tree species of fast-growing and high-yield forest in south China and been widely cultivated in various areas. The cultivation of eucalyptus will cause a series of ecological problems, the core of which is the loss of biodiversity. Of this study is based on a region of Lancang, Menglian, Ximeng county a total of 27 giant tails of eucalyptus plantation sample plot investigation, analysis, found that different site conditions of eucalyptus industrial raw material forest understory shrubs species has no significant difference, herbaceous species under different site conditions of no significant difference, and have significantly difference between shrubs and herbs. It provides a theoretical basis for the development of plant species diversity and sustainable management of eucalyptus industrial raw material forest in Yunnan, and has practical significance and practical value for large area eucalyptus planting.

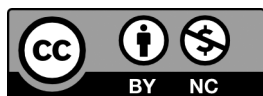
Key words: Site condition; Giant tail according to industrial raw material forest; Plant diversity

Received: 2019-09-23; Accepted: 2019-10-11; Published: 2019-10-18

Copyright © 2019 by author(s) and SciScan Publishing Limited

This article is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



1 前言

1.1 目的意义

桉树是桃金娘科 (Myrtaceae) 桉树属 (Eucalyptus) 树种的统称, 又称尤加利树。原产澳大利亚及其附近的太平洋岛屿, 桉树种类繁多, 共有 945 个树种、亚种和变种。桉树木材性质多种多样, 一般坚韧耐久, 可供枕木、矿柱、桥梁、建筑、浆粕和人造板等用料; 叶可提制精油, 生产桉叶醇、柠檬醛等, 在香料、医药工业上有广泛用途; 许多桉树的皮、叶含单宁, 可用于锅炉除垢和缓凝剂; 此外桉树还是良好的薪炭材、蜜源植物和绿化及防护林用树种。目前, 桉树已成为世界四大速生树种 (松树、桉树、杨树、相思) 之一, 被世界近百个国家和地区广泛引种。到 20 世纪末桉树已成为全球种植最广泛的阔叶树种之一。

桉树的大面积种植, 给当地农民带来了诸多好处。同时, 在生态环境和社会效益引发的关注中带来不少争议。许多研究报告指出, 由于桉树的生长迅速, 其人工林下植物常缺少或稀少, 由此带来的生态问题不容忽视。

1.2 研究区概况

1.2.1 地理条件

普洱市地处云南省西南部, 与越南、老挝、缅甸三国接壤, 澜沧江纵贯全境。地处北纬 $22^{\circ} 02'$ — $24^{\circ} 50'$, 东经 $99^{\circ} 09'$ — $102^{\circ} 19'$, 北回归线横穿其境。境内群山起伏, 全区山地面积占 98.3%, 海拔高度在 376 至 3306 米之间。

1.2.2 气候条件

地处北回归线附近, 受地形、海拔、垂直气候特点影响明显, 有较好的光、热、土、水、气候条件, 年平均气温 17.8°C , 年均降雨量 1600 mm, 雨量充沛, 阳光充足, 是全省第一大热区, 是发展热带、亚热带经济作物得天独厚的沃土。

1.2.3 森林植被

普洱市是云南的第二大林区，也是云南省重点林区、重要的商品用材林基地和林产工业基地。全市森林覆盖率 64.9%，有 2 个国家级自然保护区、4 个省级自然保护区，有 4.4 万公顷自然生态保存完好的原始森林，被誉为“绿海明珠”“天然氧吧”，是云南省“动植物王国”的缩影，是全国生物多样性最为丰富的地区之一。

1.3 样地概况

本次研究共调查 47 个样地，其中巨尾桉工业原料林样地 27 个，对照样地 20 个（见表 1）。

表 1 样地概况表

Table 1 Type of Place Survey

样地号	地点	海拔（米）	坡向	坡位	坡度（°）	土壤类型
1	南岭	1486	阴坡	上	平坡（3）	红壤
2	磨介景观台	1418	阳坡	中	缓坡（7）	棕壤
3	菜阳河	1390	阴坡	中	缓坡（10）	红壤
4	菜阳河	1450	阳坡	中	缓坡（10）	红壤
5	磨介景观台	1389	阳坡	下	缓坡（10）	棕壤
6	回塘梁子	1386	阳坡	上	缓坡（15）	红壤
7	回塘梁子	1431	阳坡	上	缓坡（15）	红壤
8	南岭	1493	阴坡	下	缓坡（15）	红壤
9	石灰寨	1718	阳坡	中	缓坡（15）	棕壤
10	磨介	1413	阳坡	上	斜坡（16）	棕壤
11	东祖	1459	阴坡	上	斜坡（19）	棕壤
12	东朗乡富本村蜜蜂岩	1859	阴坡	中	斜坡（21）	棕壤
13	西盟南坎	1778	阳坡	上	斜坡（25）	红壤
14	卡卡寨	2020	阴坡	中	陡坡（26）	棕壤
15	澜沧县竹塘乡老炭山村林谷地	1131	阳坡	下	斜坡（20）	赤红壤
16	澜沧县南岭乡芒弄村杂铁塔	1300	阳坡	下	陡坡（27）	赤红壤
17	澜沧县酒井乡勐根村三岔路口	1330	阳坡	下	缓坡（8）	赤红壤
18	澜沧县东回乡回龙村南麻社	1434	阴坡	中	陡坡（29.5）	赤红壤
19	石灰寨	2020	阴坡	中	陡坡（31）	棕壤
20	东河乡扎布松山林	2009	阴坡	上	陡坡（29.5）	黄壤
21	澜沧南岭	1564	阴坡	上	斜坡（24）	黄棕壤
22	大平掌	1500	阴坡	中	陡坡（30）	黄棕壤
23	景谷乡益智塘家	1303	阴坡	下	陡坡（30）	紫色土
24	糯扎渡扁担山老板凳	1594	阴坡	中	斜坡（24）	棕红壤
25	戈地	1519	阳坡	上	缓坡（7）	棕红壤
26	石灰寨	2020	阴坡	中	陡坡（31）	棕红壤
27	南岭	1486	阴坡	上	平坡（3）	红壤

2 研究方法

2.1 样地的设置

样地设置采用典型抽样。在普洱市的澜沧县、西盟县、孟连县各林区选择不同立地条件的桉树人工林，设置投影面积为 15×15 平方米的标准样地，再将标准样地划分为 25 个 3×3 平方米的小样方。

2.2 样地调查

样地边界固定好后，调查该样地的地点、起源、造林时间、GPS 坐标、坡度、坡位、坡向、海拔、土壤类型等。样地内的乔木要进行每木检尺，记录树种、胸径、树高、物候、郁闭度及生长状况。然后按梅花形（四角和中心）选择 5 个小样方，调查灌木和草本。记录植物种类、胸径（地径）、高度、物候、株数（丛数）、盖度及生长状况。

2.3 多样性测度

2.3.1 数据整理

将野外调查的数据录入电子表格中，计算植物多样性指数，分别按不同的土壤类型、海拔、坡度和坡向进行分类、整理，绘制成曲线图并加以分析，总结不同立地条件桉树纸浆原料林林下植物多样性的分布规律。

2.3.2 差异显著性分析

以不同立地条件下灌木、草本物种数为基础，进行差异显著性比较（表 2）。计算方法如下：

表 2 试验数据表

Table 2 The Experiment Data

因素	试验数据	T_i	X_i
A_1	$x_{11}, x_{12}, x_{13}, \cdots, x_{1m1}$	T_1	x_1
A_2	$x_{21}, x_{22}, x_{23}, \cdots, x_{2m2}$	T_2	x_2
\cdots	\cdots	\cdots	\cdots
A_a	$x_{a1}, x_{a2}, x_{a3}, \cdots, x_{ama}$	T_a	x_a

表 3 方差分析表

Table 3 The Variance Analytical Tables

变异来源	离差平方和	自由度	均方差	F 值	临界值	显著性
组间	$L_A = \sum_{i=1}^a m_i (\bar{x}_i - \bar{x})^2$	$f_A = a - 1$	$S_A^2 = \frac{L_A}{a - 1}$	$F = \frac{S_A^2}{S_E^2}$	$F_a(a - 1, n - a)$	**
组内	$L_E = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^{m_i} (\bar{x}_{ij} - \bar{x})^2$	$f_E = n - a$	$S_E^2 = \frac{L_E}{n - a}$			

2.4 不同立地类型的设置

2.4.1 海拔梯度划分

此次调查海拔范围在 1300—2020 米之间，均属于山地，以 200 米为一个海拔梯度。

2.4.2 土壤类型划分

土壤类型划分参照土壤学土壤分类，依据土壤剖面的颜色、土壤机械组成、土壤结构、石砾含量、母质等划分。

2.4.3 坡度划分

坡度是指坡面的倾斜程度。一般将坡度分为 6 个等级，即平坡（5° 以下）、缓坡（6° ~ 15°）、斜坡（16° ~ 25°）、陡坡（26° ~ 35°）、急坡（36° ~ 45°）和险坡（45° 以上）。

2.4.4 坡向划分

坡向统一划分为阴坡和阳坡。东坡和西坡的生态条件介于南坡和北坡之间，但东坡较接近于北坡，常称为半阴坡，西坡更接近于南坡，常称为半阳坡，东北、西北坡为半阴坡，东南、西南坡为半阳坡。

2.4.5 坡位划分

坡位是指山坡不同的部位。一般分为上坡、中坡和下坡三个部位。

3 结果分析

野外调查共调查了 47 个样地与对照样地，在进行结果分析时，选择具有代

表性的 12 个样地进行分析。

3.1 海拔高度与巨尾桉工业原料林林下植物多样性的关系

巨尾桉工业原料林林下灌木种丰富度在海拔 1431 米时最低，物种数为 3 种；草本物种丰富度在海拔 1330 米时最低，物种数为 9 种。在海拔高度为 1778 米时，灌木和草本均达到物种丰富度的最大值（图 1）。

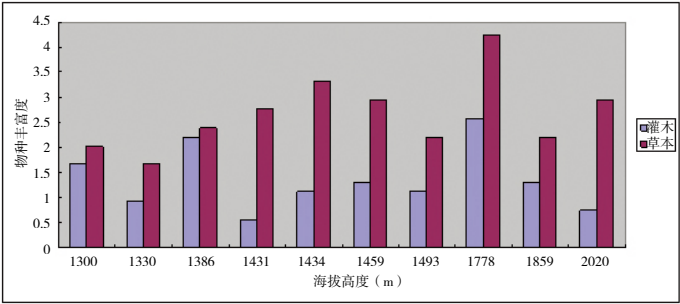


图 1 不同海拔高度下物种丰富度

Figure 1 Species Richness at Different Altitudes

灌木的优势度指数变化幅度比较大，在海拔为 1434 米时为最低，而后上升，在海拔为 1778 米时达到最大值，后又在 1859 米时降到第二低谷，在海拔 2020 米时又有所上升。草本的 Simpson 指数变化幅度不如灌木的变化幅度大，最大值出现在海拔为 1778 米时，在海拔 1778 米以下时变化幅度较小，最小值出现在海拔 1859 米时，在海拔 2020 米时有所回升（图 2）。

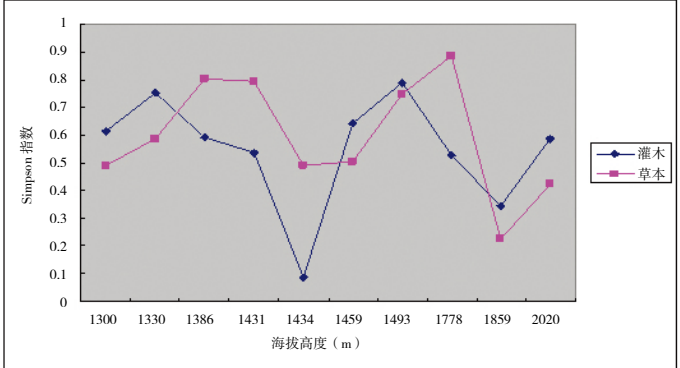


图 2 不同海拔高度下 Simpson 指数

Figure 2 Simpson Index at Different Altitudes

Shannon-Wiener 指数的变化不如优势度指数变化剧烈。灌木 Shannon-Wiener 指数在海拔 1386—1434 米之间有大幅度下降, 在海拔 1859 米时降幅比较大, 其它海拔高度间变化不是特别明显。草本 Shannon-Wiener 指数, 在海拔 1778 米以下变化幅度较小, 在海拔 1778 米时有最大值, 后急剧下降, 在海拔 1859 米达到最小值, 在海拔 2020 米时有所回升, 但幅度不大 (图 3)。

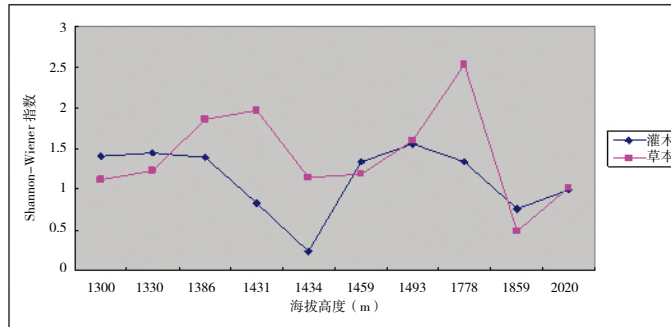


图 3 不同海拔高度下 Shannon-Wiener 指数

Figure 3 Shannon-Wiener Index at Different Altitudes

200 米为海拔梯度进行显著性分析, 结果是不同海拔间灌木物种数的差异性不显著, 不同海拔间草本物种数的差异性也不显著。

3.2 土壤类型与巨尾桉工业原料林林下植物多样性的关系

灌木物种丰富度两个较大值均在红壤上, 最小值也在红壤上; 在赤红壤和棕壤上变化不是很大。草本物种丰富度的最大值在红壤 (海拔 1778 米) 上, 其次为赤红壤 (海拔 1434 米), 其他海拔下的红壤介于棕壤与赤红壤之间 (图 4)。

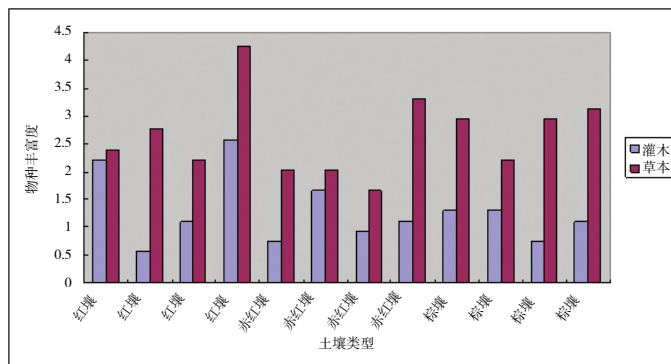


图 4 不同土壤类型上物种丰富度

Figure 4 Species Richness in Different Soil Types

在不同土壤上灌木 Simpson 指数呈波状, 最小值在赤红壤(海拔 1434 米)上, 最大值在棕壤(海拔 2020 米)上。不同土壤上草本 Simpson 指数没有灌木的剧烈变化, 红壤上变化不大, 但最大值在红壤(海拔 1778 米)上。后呈下降趋势, 在棕壤(海拔 1859 米)降到最低, 以后有所上升(图 5)。

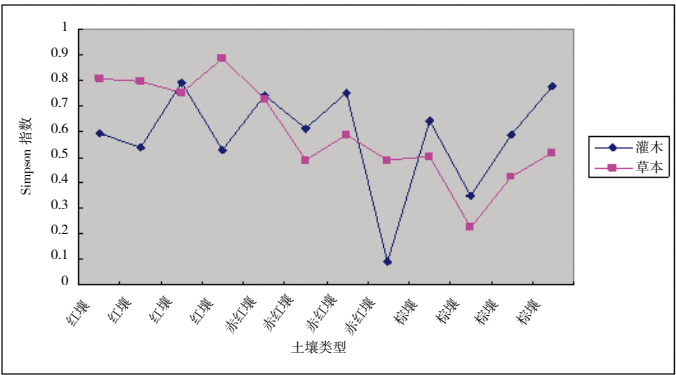


图 5 不同土壤类型上 Simpson 指数

Figure 5 Simpson Index in Different Soil Types

Shannon–Wiener 指数的变化是灌木比较平缓, 最小值在赤红壤(海拔 1434 米)上, 其它水平上变化不大。草本 Shannon–Wiener 指数的最大值出现在红壤(海拔 1778 米)上, 其它水平呈下降趋势, 在棕壤(海拔 1859 米)降到最低后又有所上升(图 6)

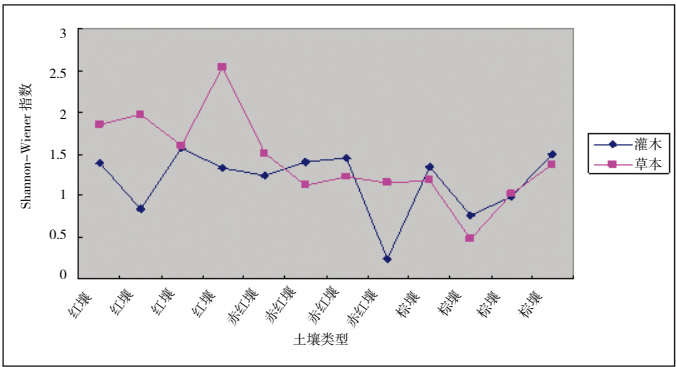


图 6 不同土壤类型上与 Shannon–Wiener 指数图

Figure 6 Shannon–Wiener Index in Different Soil Types

对不同土壤类型上的灌木和草本物种数分别进行显著性分析, 结果显示不同土壤类型上灌木物种数没有显著性差异, 草本也没有显著性差异。

3.3 坡度与巨尾桉工业原料林林下植物多样性的关系

在斜坡(26°)时灌木和草本的物种丰富度均达到最大值。灌木在斜坡、缓坡、陡坡高; 草本植物在斜坡和陡坡时差异不大, 在缓坡相对较小(图 7)。

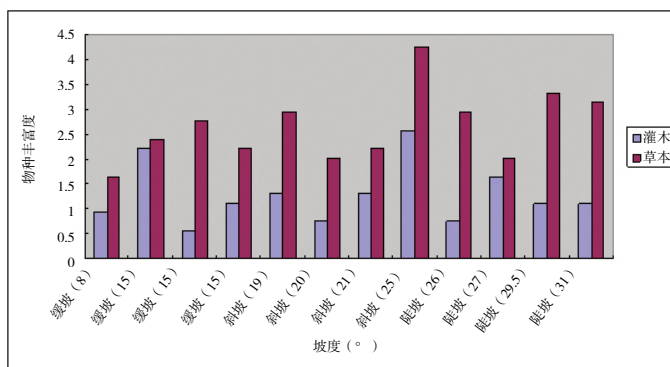


图 7 不同坡度上物种丰富度

Figure 7 Species Richness on Different Slopes

灌木 Simpson 指数变化比较大, 总的呈下降趋势, 在陡坡(29.6°)时降到最低, 后又急剧上升, 在陡坡(31°)时升到最高(图 8)。草本 Simpson 指数在缓坡和陡坡时比较平缓, 但陡坡明显低于缓坡, 在斜坡时变化比较大, 最小值在斜坡(21°), 最大值在斜坡(25°)。

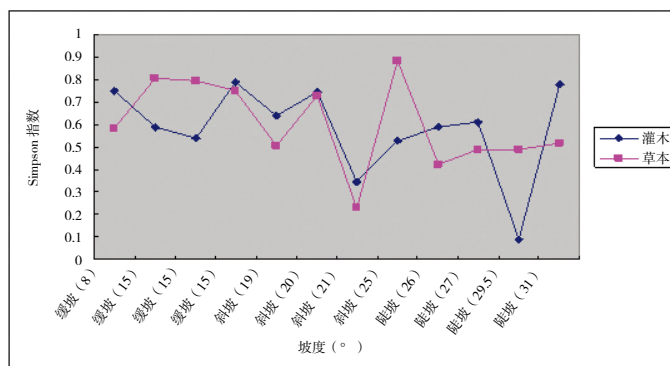


图 8 不同坡度上 Simpson 指数

Figure 8 Simpson Index on Different Slopes

以不同的坡度为因素进行显著性分析,结果显示不同的坡度对灌木物种数没有显著性影响,对灌木物种数也没有显著性影响。

灌木的 Shannon-Wiener 指数呈波状变化,最小值在陡坡 (29.6°) 时,总的来说变化较平缓 (图 9)。灌草本的 Shannon-Wiener 指数走势与草本的 Simpson 指数基本相同,在缓坡和陡坡时比较平缓,但陡坡略低于缓坡,在斜坡时变化比较大,最小值在斜坡 (21°),最大值在斜坡 (25°)。

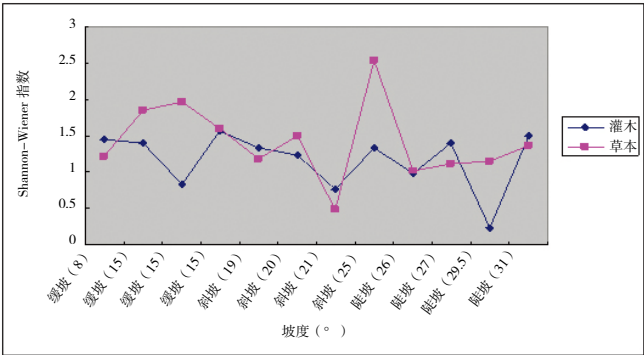


图 9 不同坡度上 Shannon-Wiener 指数图

Figure 9 Shannon-Wiener Index on Different Slopes

3.4 坡向与巨尾桉工业原料林林下植物多样性的关系

灌木物种丰富度在阳坡变化比较大,最小值在阳坡 (海拔 1778 米) 时,最大值在阳坡 (海拔 1434 米) 时,在阴坡的变化比较平缓。草本物种丰富度的最小值在阳坡 (海拔 1386 米) 时,最大值在阳坡 (海拔 1434 米) 时,在阴坡变化较平缓 (图 10)。

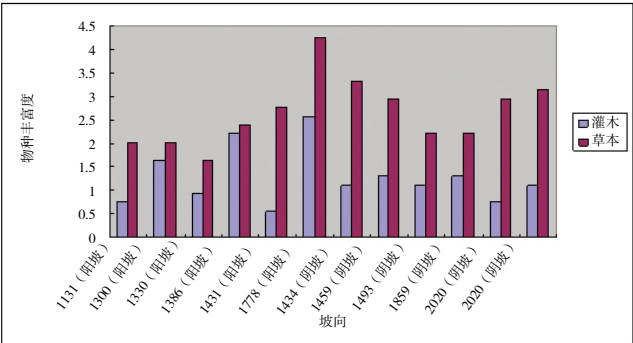


图 10 不同坡向物种丰富度

Figure 10 Species Richness in Different Slope Directions

灌木的 Simpson 指数变化比较明显, 在阳坡随海拔高度的升高呈下降趋势; 在阴坡 (海拔 1434 米) 时降到最小, 而后上升, 在阴坡 (海拔 1493 米) 时升到最高, 后又有明显的下降, 在阴坡 (海拔 2020 米) 时再次上升。草本的 Simpson 指数变化也比较明显, 在阳坡时呈上升趋势; 在阴坡除在海拔 1493 米时 Simpson 指数值比较大外, 其余海拔 Simpson 指数均较低 (图 11)。

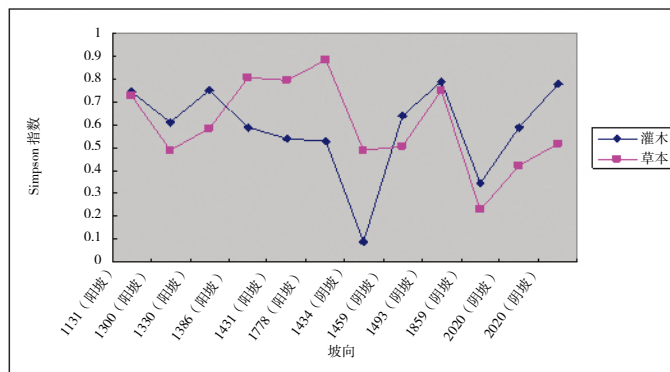


图 11 不同坡向上 Simpson 指数

Figure 11 Simpson Index in Different Slope Directions

灌木 Shannon-Wiener 指数阳坡变化不大, 阴坡变化比较明显, 最大值在阴坡 (海拔 1493 米) 时, 最小值在阴坡 (海拔 1434 米) 时。草本 Shannon-Wiener 指数在阳坡是呈上升趋势, 在阳坡 (海拔 1778 米) 时达到最大; 在阴坡有明显下降, 在阴坡 (海拔 1859 米) 时降到最低, 后逐渐上升, 但仍低于阳坡的普通水平 (图 12)。

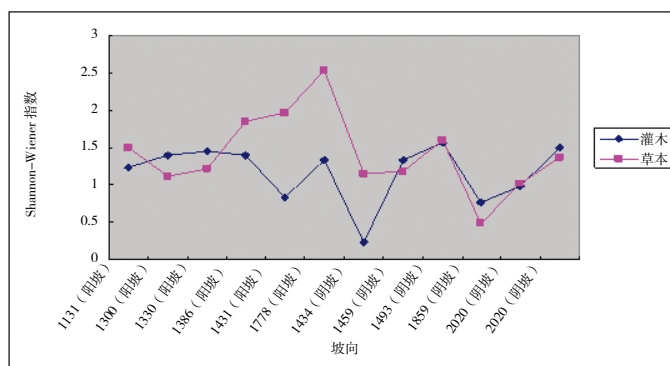


图 12 不同坡向上 Shannon-Wiener 指数图

Figure 12 Shannon-Wiener Index in Different Slope Directions

以阳坡和阴坡为不同因素进行显著性分析,显示不同的坡向对灌木物种数没有显著性影响,对灌木物种数也没有显著性影响。

3.5 坡位与巨尾桉工业原料林林下植物多样性的关系

草本物种丰富度在山坡上部和中部时值较大,最大值出现在山坡上部(海拔 1778 米)时;在下部有所下降,最小值出现在山坡下部(海拔 1330 米)时。灌木物种丰富度在山坡上部变化较大,最大值与最小值均出现在山坡上部,在上坡中部和下部变化比较平缓(图 13)。

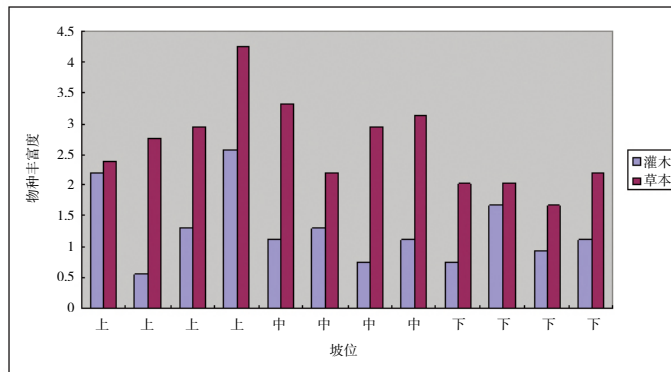


图 13 不同坡位上物种丰富度

Figure 13 Species Richness on Different Slope Position

灌木的 Simpson 指数在上部时比较平缓,在中部(海拔 1434m)时降到最低,后呈上升趋势。草本的 Simpson 指数比较大,总的来说,在中部时比较低,最小值也在(海拔 1434m)时,上部和下部水平相当(图 14)。

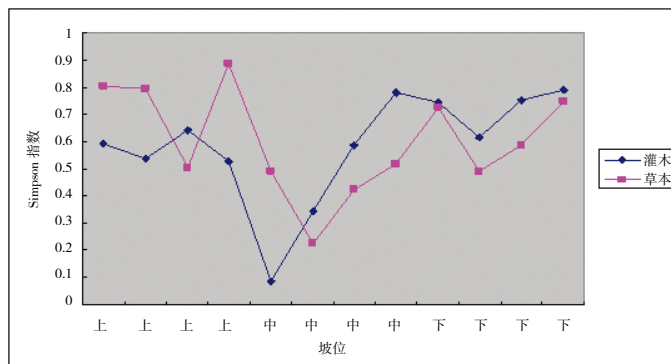


图 14 不同坡位上 Simpson 指数

Figure 14 Simpson Index on Different Slope Position

灌木的 Shannon-Wiener 指数在上部（海拔 1431 米）时较低，在上部其他海拔时变化不大；而中部（海拔 1434 米）时降到最低，后逐渐上升（图 15）。

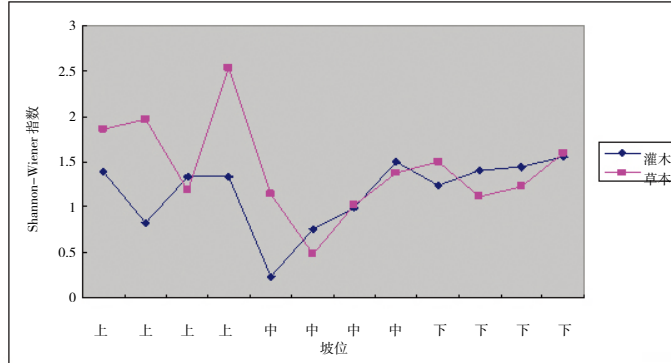


图 15 不同坡位上 Shannon-Wiener 指数图

Figure 15 Shannon-Wiener Index on Different Slope Position

以不同的坡位为因素进行显著性分析，结果显示不同的坡位对灌木物种数没有显著性影响，对草本物种数也没有显著性影响。

4 结论与讨论

在海拔高度为 1778 米时，桉树工业原料林林下灌木和草本均达到物种丰富度的最大值。在山地海拔每升高 100 米，气温平均下降 0.5—0.6℃，在一定范围内，空气湿度和雨量随海拔的升高而增加，而且随海拔高度的不同，土壤发育的条件也不同。

4.1 土壤类型与巨尾桉工业原料林林下植物多样性关系

在红壤上桉树工业原料林林下植物物种最丰富，其次为棕壤，赤红壤上物种较少。主要原因是红壤铁铝土，是母质经过脱硅富铝化过程形成的，土壤中的灰分元素和有机质含量高，且水热条件好，保水保肥能力强，所以植物生长较好。赤红壤由于在矿质化过程中淋溶作用较强，造成养分含量不高，且分布不平衡，因此植物物种较少。

4.2 坡度与巨尾桉工业原料林林下植物多样性关系

斜坡时桉树工业原料林林下植物物种较缓坡和陡坡丰富，平坡时总物种数最少。因为斜坡排水良好，宜于树木生长。缓坡排水不及斜坡好，而陡坡土层薄，石砾含量高，水分供应不足，均不利于树木生长。

4.3 坡向与巨尾桉工业原料林林下植物多样性关系

阴坡植物种类较阳坡丰富。我国处于北半球，北坡日照时间短，辐射强度也小，由于光照条件的差异，南坡的温度高于北坡，湿度低于北坡，蒸发量大于北坡，有机物分解迅速，土壤较北坡干燥和贫瘠，因此北坡植物种类比南坡多。

4.4 坡位与巨尾桉工业原料林林下植物多样性关系

在山坡上部时桉树工业原料林林下植物物种最丰富，下部最少，中部介于二者之间。从山坡上部到下部，坡面上所获得的阳光不断减少，山坡上部土壤排水良好，而下部排水不良，因此山坡上部植物种类比下部丰富。

参考文献

- [1] 祁述雄, 等. 中国桉树 [M]. 北京: 中国林业出版社, 1989.
- [2] 陈少雄. 桉树栽培区的分类研究 [M]. 桉树科技. 1996 (2): 1-7.
- [3] 彭子先. 我国桉树研究开发动向 [J]. 湖南林业科技, 1990 (2): 19-21.
- [4] 彭彦, 罗建举. 我国桉树人工林材性和加工利用研究现状和发展趋势 [J]. 桉树科技, 1999 (2): 1-5.
- [5] 杨民胜, 陈少雄. 桉树在不同地区的整地方式研究 [J]. 林业科学研究, 1997, 10 (3): 309.
- [6] 徐大平, 张宁南. 桉树人工林生态效益研究进展 [J]. 广西林业科学, 2006, 35 (4): 179-187.
- [7] 王震洪, 段昌群. 我国桉树林发展中的生态问题探讨 [J]. 生态学杂志,

- 1998, 17 (6) : 64-68.
- [8] 徐大平, 张宁南. 桉树人工林生态效益研究进展 [J] . 广西林业科学, 2006, 35 (4) : 179-187.
- [9] 余雪标, 李维国. 桉树人工林的若干生态问题及其研究进展 [J] . 热带农业科学, 1997(4): 60-68.
- [10] 陈秋波. 桉树人工林生物多样性研究进展 [J] . 热带作物学报, 2001, 22 (4) : 82-90.
- [11] 李任波, 邵崇斌. 概率论与数理统计 [M] . 陕西科学出版社, 1999, 2: 234-240.