

## 桉树工业原料林林下植物物种多样性研究\*

赵一鹤<sup>1</sup>, 杨宇明<sup>2</sup>, 杨时宇<sup>1\*\*</sup>, 杜凡<sup>2</sup>, 马晓<sup>2</sup>

(1. 中国林业科学研究院资源昆虫研究所, 云南昆明 650224; 2. 西南林学院资源学院, 云南昆明 650224)

**摘要:** 通过群落学调查, 根据30块样地的调查资料, 采用物种丰富度、Simpson指数、Shannon-Winner指数和均匀度指数, 分析了桉树工业原料林林下植物物种多样性特征。结果表明: 在1350 m<sup>2</sup>的样方内, 桉树工业原料林林下物种丰富度的排序为草本层 > 灌木层, 灌木层物种丰富度为4~16, 草本层为10~22。按Simpson指数和Shannon-Winner指数的排序为灌木层 > 草本层, 灌木层Simpson指数的变化范围0.6391~0.8599, Shannon-Winner指数为1.1425~2.2608, 草本层Simpson指数的变化范围0.0965~0.8168, Shannon-Winner指数为0.3114~2.0229。基于Simpson指数的均匀度和Shannon-Wiener指数的均匀度的排序为灌木层 > 草本层。

**关键词:** 桉树; 工业原料林; 林下植物; 物种丰富度; 多样性指数

中图分类号: S 792.39.02 文献标识码: A 文章编号: 1004-390X(2008)04-0506-07

## Study on Undergrowth Vegetation Species Diversity in Industrial Plantation of *Eucalyptus*

ZHAO Yi-he<sup>1</sup>, YANG Yu-ming<sup>2</sup>, YANG Shi-yu<sup>1</sup>, DU Fa<sup>2</sup>, MA Xiao<sup>2</sup>

(1. The Research Institute of Resources Insects, Chinese Academy of Forestry, Kunming 650224, China;  
2. Department of Natural Resources, Southwest Forestry College, Kunming 650224, China)

**Abstract:** In this paper, according to investigation information of 30 the plots, undergrowth vegetation species diversity in industrial plantation of *Eucalyptus* were studied. The main results were as follows: In 1350 m<sup>2</sup> the plots, vegetation species abundance of industrial plantation of *Eucalyptus* were in the order of herb layer > shrub layer, species abundance of shrub layer were 4~16, and herb layer were 10~22. Simpson diversity index and Shannon-Wiener diversity index were in the order of shrub layer > herb layer. Simpson diversity index of shrub layer was 0.6391~0.8599, Shannon-Wiener diversity index of shrub layer was 1.1425~2.2608, Simpson diversity index of herb layer was 0.0965~0.8168, Shannon-Wiener diversity index of herb layer was 0.3114~2.0229. Evenness index of industrial plantation of *Eucalyptus* were in the order of shrub layer > herb layer.

**Key words:** *Eucalyptus*; industrial plantation; undergrowth vegetation; species abundance; diversity index

世界工业人工林面积已超过5000万hm<sup>2</sup>, 其中世界热带亚热带地区引种栽培的桉树(*Eucalyptus* spp.)面积接近1400万hm<sup>2</sup>, 我国桉树人工林面积已达200万hm<sup>2</sup>, 仅次于巴西, 居世界第2位<sup>[1-3]</sup>。桉树人工林的迅猛发展, 获得了巨

大的经济和社会效益, 但随着桉树人工林的大发展和研究的不断深入, 一些负面效应开始凸现, 从而引起了社会的广泛关注和学术界的许多争论。其中桉树人工林林下生物多样性问题是争论的焦点之一, 形成了截然不同的两种观点, 一种观点

收稿日期: 2008-02-21

\* 基金项目: 国家重点基础研究发展计划资助项目(2003CB415100)。 \*\* 通讯作者 E-mail: ysyzif@tom.com  
作者简介: 赵一鹤(1970-), 云南大理人, 在读博士生, 副研究员, 主要从事生物多样性研究。

E-mail: kjzc123@163.com

认为桉树人工林造成了生物多样性的下降,相反的观点则认为,桉树人工林对生物多样性没有影响或影响不很重要<sup>[4-8]</sup>。国内对桉树人工林林下植物物种多样性的研究有过一些报道<sup>[9-14]</sup>,长期以来,由于经营水平的提高,对桉树人工林生态系统的干扰强度越来越大,生态系统的健康或它的完整性受到越来越大的损伤,导致桉树人工林生态系统发生严重退化现象,如何采取有效措施尽快使退化的桉树人工林生态系统得以恢复,是当前桉树人工林持续经营的一个迫切需要解决的重要问题。物种多样性的恢复是生态系统恢复过程最重要的特征之一,研究桉树人工林林下植物多样性特征,对于查明其生态过程和加快退化的桉树人工林生态系统的重建和恢复具有十分重要的意义。为此,笔者分别在2006年和2007年的10~11月,在云南省普洱市3个县的不同地点建立了30块桉树工业原料林林下植物物种多样性调查样地,对这30块样地的群落植物物种丰富度和植物多样性特征进行分析,以期桉树工业原料林林下植物多样性保护提供科学依据。并为桉树工业原料林林下植被综合管理、生物多样性保护和可持续经营提供理论依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 研究区自然概况

研究区位于云南省普洱市,地理位置为22°02'~24°50'N,99°09'~102°19'E,调查范围为位于普洱市西部的澜沧、孟连和西盟3个县。属南亚热带山地湿润季风气候,年平均降水量1597.8 mm,年平均日照时数2061.9 h,最冷月为1月,平均气温10.5~13.3℃之间;最热月为6月,平均气温21.9~24.8℃之间。土壤有砖红壤、赤红壤、红壤、黄棕壤、棕壤、亚高山草甸土、紫色土、石灰岩土、冲积土、水稻土10个土类。普洱市有高等植物352科、1688属、5600余种,占云南省的32.9%,其中苔藓植物85科、164属、300种,蕨类植物22科、83属、300种,种子植物245科、1441属、5000余种,其中属于国家保护植物58种。

### 1.2 样地的建立及调查方法

为较全面地反映桉树工业原料林林下植物物种多样性特征,在野外踏查的基础上,根据一致性、代表性和同质性原则,在桉树工业原料林的核心区选取结构完整,受人为和自然因素影响较

小、坡度较平缓的地段建立固定样地,以避免受到边缘效应和立地条件的影响。采用群落学调查法,设置投影面积为15 m×15 m的调查样地,并进一步将样地划分为25个3 m×3 m的小样方,对每块样地均记录海拔高度、土壤类型、土层厚度、坡向、坡度、坡位等立地因子(表1)。样地调查数据经计算整理后,根据可综合反应桉树工业原料林林下植物物种多样性状况的物种丰富度、Simpson指数、Shannon-Wiener指数、以Simpson多样性指数为基础的均匀度和以Shannon-Wiener多样性指数为基础的均匀度来研究桉树工业原料林林下植物物种多样性特征。

#### 1.2.1 乔木层调查

样地设置后全面调查样地内桉树工业原料林乔木层的物种、株数、胸径、树高、物候、生活力等指标。

#### 1.2.2 灌木层和草本层调查

灌木和草本的调查样方为试验林样地4个角的小样方和样地中心的小样方,即每块样地内选取3 m×3 m样方5个,分别记录每样方内的灌木和草本种类、单株/丛状、株数/丛数、高度、地径、盖度等指标。对于野外不能确定的物种,采集标本,进一步进行鉴定。

#### 1.2.3 物种多样性测度

根据物种多样性测度指数应用的广泛程度以及对群落物种多样性状况的反映能力,本文选取以下多样性指数来测度和分析群落物种多样性特征<sup>[15,16]</sup>。

##### (1) 物种丰富度

即样地内出现的物种总数。

##### (2) 物种多样性

Simpson指数(D)为:

$$D = 1 - \sum_{i=1}^s \frac{N_i(N_i - 1)}{N(N - 1)} (i = 1, 2, \dots, s)$$

Shannon-Wiener指数(H)为:

$$H = - \sum_{i=1}^s (P_i \ln P_i) (i = 1, 2, \dots, s)$$

##### (3) 物种均匀度

以Simpson多样性指数为基础的均匀度( $J_{sp}$ ):

$$J_{sp} = \frac{1 - \sum_{i=1}^s P_i^2}{1 - \frac{1}{s}}$$

以Shannon-Wiener多样性指数为基础的均匀

$$度(J_{sw}):J_{sw} = \frac{-\sum_{i=1}^s P_i L_n P_i}{L_n S}$$

以上式中,  $n_i$  为第  $i$  个种的个体数,  $N$  为群

落(样地)所有的个体总数,  $P_i$  为第  $i$  个种的个体数占总个体数的比例, 即  $P_i = \frac{n_i}{N}$ 。

表 1 调查样地概况表

Tab. 1 Basic status of the plots

样地号 No. of plot	海拔/m elevation	土壤类型 soil types	土层厚度/cm thickness of soil layer	树龄/a tree age	坡向/坡位 aspect/slope position	坡度/ (°) slope degree
1	1 773	黄棕壤 yellow-brown soil	46	4	东坡/中坡 eastern slope/middle slope	20
2	1 770	黄棕壤 yellow-brown soil	45	4	东坡/中坡 eastern slope/middle slope	20
3	1 212	黄壤 yellow soil	68	4	北坡/中坡 northern slope/middle slope	20
4	1 210	黄壤 yellow soil	65	4	北坡/中坡 northern slope/middle slope	20
5	1 880	黄棕壤 yellow-brown soil	80	4	南坡/下坡 southern slope/lower slope	20
6	1 880	黄棕壤 yellow-brown soil	85	4	南坡/下坡 southern slope/lower slope	20
7	1 880	黄棕壤 yellow-brown soil	80	4	南坡/下坡 southern slope/lower slope	21
8	1 700	黄棕壤 yellow-brown soil	45	4	南坡/中坡 southern slope/middle slope	18
9	1 700	黄棕壤 yellow-brown soil	48	4	南坡/中坡 southern slope/middle slope	19
10	1 800	黄棕壤 yellow-brown soil	50	4	西南坡/上坡 west-southern slope/upper slope	24
11	1 800	黄棕壤 yellow-brown soil	51	4	西南坡/上坡 west-southern slope/upper slope	24
12	1 800	黄棕壤 yellow-brown soil	53	4	西南坡/上坡 west-southern slope/upper slope	23
13	1 817	棕壤 brown soil	58	4	东南坡/中坡 east-southern slope/middle slope	25
14	1 810	棕壤 brown soil	62	4	东南坡/中坡 east-southern slope/middle slope	25
15	1 580	黄壤 yellow soil	61	4	东南坡/下坡 east-southern slope/lower slope	18
16	1 110	红壤 yellow soil	50	4	西南坡/下坡 west-southern slope/lower slope	19
17	1 160	红壤 red soil	55	4	南坡/上坡 southern slope/upper slope	25
18	1 600	黄壤 yellow soil	65	4	东南坡/下坡 east-southern slope/lower slope	25
19	1 860	黄棕壤 yellow-brown soil	60	4	东南坡/下坡 east-southern slope/lower slope	23

续表1

样地号 No. of plot	海拔/m elevation	土壤类型 soil types	土层厚度/cm thickness of soil layer	树龄/a tree age	坡向/坡位 aspect/slope position	坡度/(°) slope degree
20	1 880	黄棕壤 yellow-brown soil	65	4	东南坡/下坡 east-southern slope/lower slope	19
21	1 260	红壤 red soil	51	4	南坡/上坡 southern slope/upper slope	21
22	1 280	黄红壤 yellow-red soil	55	4	南坡/下坡 southern slope/Lower slope	18
23	1 580	黄壤 yellow soil	66	4	东南坡/下坡 east-southern slope/lower slope	19
24	1 550	黄壤 yellow soil	55	4	南坡/上坡 southern slope/upper slope	25
25	1 780	黄棕壤 yellow-brown soil	60	4	东南坡/下坡 east-southern slope/lower slope	21
26	1 760	黄棕壤 yellow-brown soil	58	4	南坡/上坡 southern slope/upper slope	22
27	1 780	黄棕壤 yellow-brown soil	64	4	东南坡/下坡 east-southern slope/lower slope	19
28	1 350	红壤 red soil	52	4	南坡/下坡 southern slope/lower slope	20
29	1 600	黄壤 yellow soil	70	4	东南坡/下坡 east-southern slope/lower slope	15
30	1 450	红壤 red soil	55	4	西南坡/上坡 west-southern slope/upper slope	25

## 2 结果与分析

### 2.1 桉树工业原料林灌木层和草本层物种丰富度的分析

物种丰富度是度量物种多样性高低最基本的指标,是群落内物种的数量特征,也是最简单的多样性测度方法。植物生长型是表征群落外貌特征和垂直结构的重要指标,本文的生长型分类主要参照 WHITTAKER 等的分类系统<sup>[17]</sup>,因研究林分乔木层全部是桉树,无其它物种,因此,选其中最主要的2个类型即灌木层和草本层作为研究对象,从多样性构成意义上,这2种类型也是桉树工业原料林群落植物多样性最重要的成分。分析桉树工业原料林林下灌木层和草本层的物种丰富度(图1),结果表明,物种丰富度的排序为草本层>灌木层,灌木层物种丰富度最大值为16,最小值为4,分别出现在样地18,样地15中;草本层最大值为22,最小值为10,分别出现在样地26,样地10中。由于每块桉树工业原料林样地所

处的环境条件不同,物种丰富度大小也各有差异。其中灌木层物种数最大值为最小值的4倍,平均物种数目为10种,而草本层物种数最大值为最小值的2.2倍,物种数目平均18种。说明桉树工业原料林对物种丰富度分布的垂直结构中,灌木层植物受影响的程度明显大于草本层。分析其原因可能是:每年进行2次除草砍灌等抚育管理活动对灌木层物种和草本层物种的干扰强度不同,灌木层物种高度一般在2m以下,草本层物种高度则一般在1m以下,抚育管理时是在高度为0.5m处除草砍灌。其次是一些灌木层物种的无性繁殖能力较弱,而草本层物种的无性繁殖能力较强。抚育管理增加了草本层的光照强度和改变了光照时间及光质等,间接影响了林下的温度、湿度、土壤有效养分、凋落物分解等,为林下植物的补充、存活和生长提供了有利的空间,一些阳性草本植物物种更容易侵入和定居,因此草本层的物种丰富度反而较大。

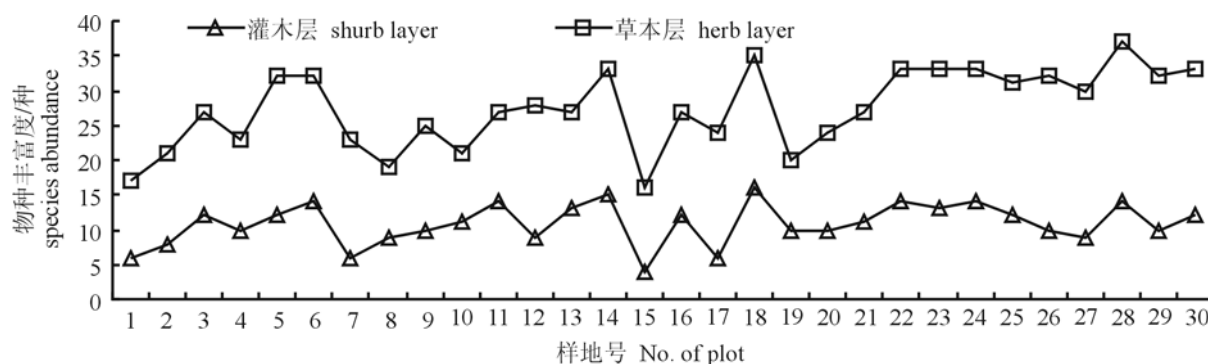


图 1 桉树工业原料林灌木层与草本层物种丰富度比较

Fig. 1 The comparison of species abundance of shrub layer and herb layer in industrial plantation of *Eucalyptus*

## 2.2 桉树工业原料林灌木层和草本层物种多样性指数的分析

桉树工业原料林林下灌木层和草本层的 Simpson 指数和 Shannon-Wiener 指数进行比较 (图 2, 3), 结果表明, 在所调查的样地中, 灌木层 Simpson 指数和 Shannon-Wiener 指数的最高值出现在 18 号样地, 对应值分别为 0.859 9, 2.260 8, 在 15 号样地最小, 对应值分别为 0.639 1, 1.142 5。草本层 Simpson 指数和 Shannon-Wiener 指数的最高值出现在 26 号样地, 对应值分别为 0.816 8, 2.022 9, 最低值出现在 10 号样地, 对应值分别为 0.096 5, 0.311 4。桉树工业原料林林下灌木层 Simpson 指数的变化范围 0.639 1 ~ 0.859 9, Shannon-Wiener 指数为 1.142 5 ~ 2.260 8, 草本层 Simpson 指数的变化范围 0.096 5 ~ 0.816 8, Shannon-Wiener 指数为 0.311 4 ~ 2.022 9。桉树工业原料林林下植物物种多样性指数的排序是灌木层 > 草本层, 这与物种丰富度的变化趋势不一致。一般来说, 灌木层物种丰富度值越高, 相应的 Simpson 指数和 Shan-

non-Wiener 指数越大, 呈正线性相关。但桉树工业原料林草本层却存在反常现象, 这主要是因为多样性指数不仅受到物种丰富度的制约, 还受种间个体数量的影响以及各种植被类型的均匀度指数的影响。除了不同的样地所处的立地条件不同而受一些环境因子的影响外, 人为因子的干扰也对桉树工业原料林林下植物物种多样性产生影响。每年进行 2 次除草砍灌后, 在一定程度上影响到草本层的物种组成, 导致草本层的植物物种分布不连续, 常常呈斑块分布, 不仅各个物种间个体数分布不均匀, 而且在群落中的空间分布也很不均匀。加之草本植物经过割除, 一般生长不良, 久而久之, 造成大片的枯萎死亡。此外, 灌木层多样性指数大的原因可能有的桉树工业原料林立地条件较差或每年进行补植补造, 部分林木胸径 < 5 cm, 在群落分层调查时, 将桉树胸径 < 5 cm 的个体数, 记入到灌木层中。还有一个原因可能由于桉树的化感作用, 它的枝叶含挥发性物质如蒎烯, 根系能排出有毒的分泌物, 抑制地被物的生长, 减少了林下植被<sup>[13]</sup>。

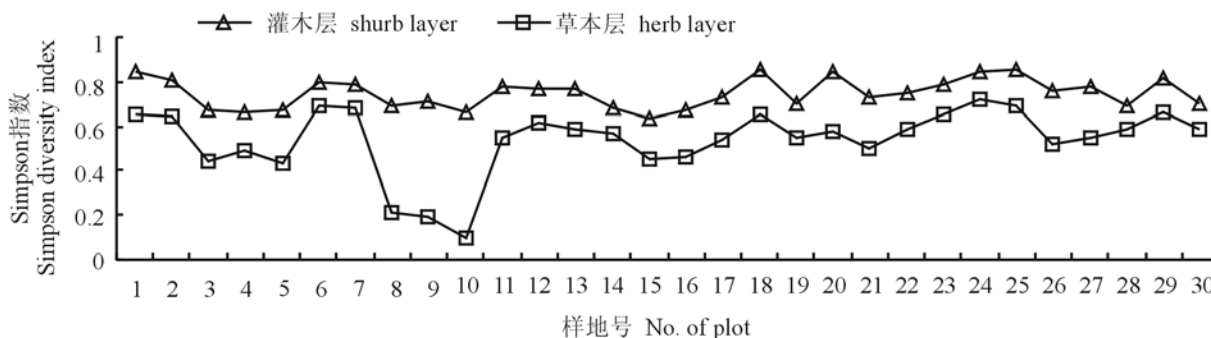


图 2 桉树工业原料林灌木层与草本层 Simpson 指数比较

Fig. 2 Comparison of Simpson diversity index between shrub layer and herb layer in industrial plantation of *Eucalyptus*

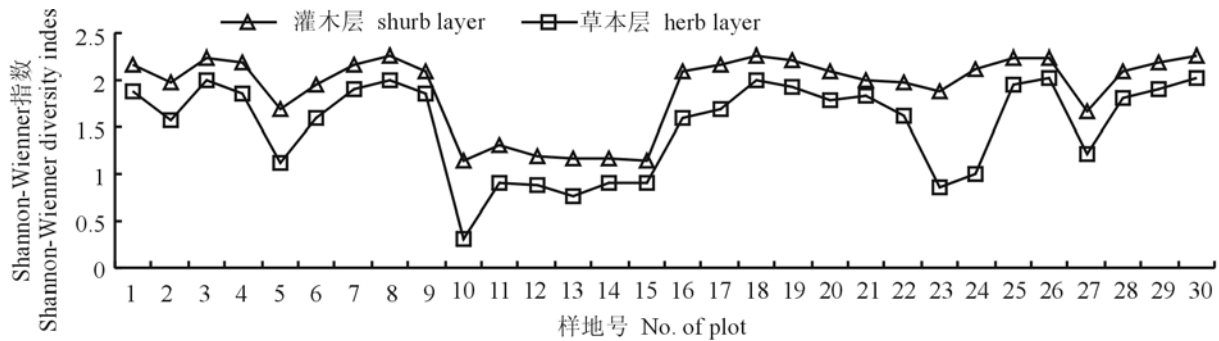


图3 桉树工业原料林灌木层与草本层Shannon-Wiener指数比较

Fig. 3 Comparison of Shannon-Wiener diversity index between shrub layer and herb layer in industrial plantation of *Eucalyptus*

2.3 桉树工业原料林灌木层和草本层物种均匀度的分析

物种均匀度指数是用以度量物种的个体数量分布是否均匀, 体现了物种水平分布的结构。分别采用基于 Simpson 指数的均匀度和基于 Shannon-Wiener 指数的均匀度进行比较 (图 4, 5)。

结果表明, 两种均匀度指数的变化趋势基本上是一致的, 即桉树工业原料林林下植物物种均匀度的排序是灌木层 > 草本层, 说明灌木层各物种株数分布较均匀, 优势树种不十分突出, 并不占绝对优势。相反, 草本层物种均匀度值小, 说明草本层植物个体数分布不均匀, 但优势种较明显。

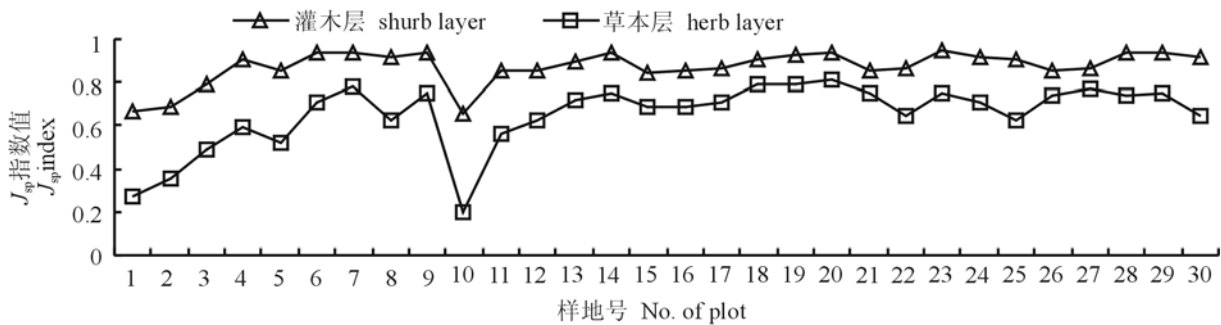


图4 桉树工业原料林灌木层与草本层均匀度指数 (J<sub>sp</sub>) 比较

Fig. 4 Comparison of evenness index( $J_{sp}$ ) between shrub layer and herb layer in industrial plantation of *Eucalyptus*

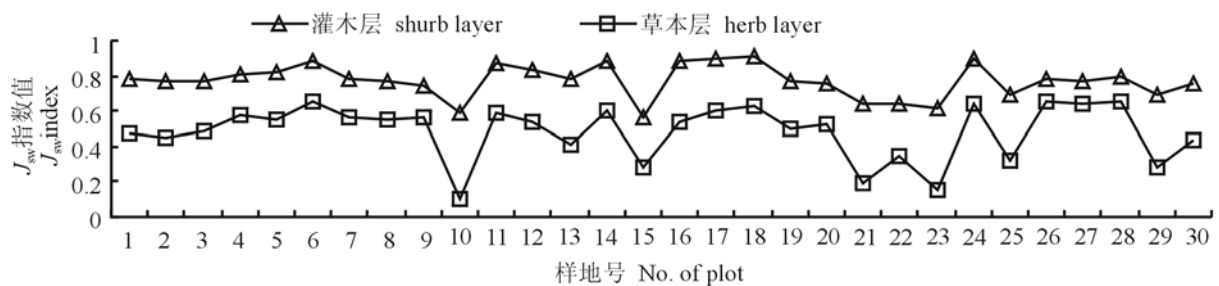


图5 桉树工业原料林灌木层与草本层均匀度指数 (J<sub>sw</sub>) 比较

Fig. 5 Comparison of evenness index( $J_{sw}$ ) between shrub layer and herb layer in industrial plantation of *Eucalyptus*

3 结论与讨论

本文主要探讨了桉树工业原料林林下植物物种多样性的特征, 物种丰富度的排序是草本层 > 灌木层, 灌木层物种丰富度为 4 ~ 16, 草本层为 10 ~ 22, 这与国内一些学者的研究结果不一

致<sup>[9,10]</sup>。Simpson 指数和 Shannon-Wiener 指数的排序是灌木层 > 草本层, 灌木层 Simpson 指数的变化范围 0.639 1 ~ 0.859 9, Shannon-Wiener 指数为 1.142 5 ~ 2.260 8, 草本层 Simpson 指数的变化范围 0.096 5 ~ 0.816 8, Shannon-Wiener 指数为 0.311 4 ~ 2.022 9。基于 Simpson 指数的均匀度和

基于 Shannon-Wiener 指数的均匀度的排序是灌木层 > 草本层, 对于其形成原因和机制还有待于更进一步的研究来剖析。

本调查结果有助于深入了解桉树工业原料林林下植物物种多样性的特征, 但桉树工业原料林林下植物物种多样性的变化是一个动态过程, 在不同的区域和气候类型, 产生的变化及其结果不一样, 对于林下植物物种多样性动态变化特征, 有必要进行深入研究。

普遍认为大面积连片栽培的人工林对生物多样性存在负面影响, 即增加木纤维产量, 降低生物多样性, 人工林如橡胶 (*Hevea brasiliensis*)、杉木 (*Cunninghamia lanceolata*) 如此, 农作物如甘蔗 (*Saccharum sinensis*)、香蕉 (*Musa nana*) 也是如此, 这是人工林的一个普遍现象<sup>[9]</sup>。究其原因是有多方面的, 既有自然环境因素, 也有人为因素 (包括栽培措施不当, 取走枯枝落叶等), 一般认为是替代效应、竞争效应和继发性人为干扰效应以及岛屿化效应、短周期效应、连带效应和历史效应影响所致<sup>[17]</sup>。大面积桉树工业原料林导致生物多样性退化和影响的机制, 有待深入系统的研究。

#### [参考文献]

- [1] 蒋竹荣, 陈流保. 桉树人工林在中国南方的发展现状 [J]. 江西林业科技, 2006, (增): 9-10.
- [2] 谢耀坚. 论桉树人工林可持续经营 [J]. 热带林业, 2005, 33 (3): 15-17.
- [3] 杨民胜, 吴志华, 陈少雄. 桉树的生态效益及其生态林经营 [J]. 桉树科技, 2006, 23 (1): 32-39.
- [4] 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): 82-89.
- [5] 黄玉梅. 桉树人工林地力衰退及其成因评述 [J]. 西部林业科学, 2004, 33 (4): 21-26.
- [6] 谢直兴, 严代碧. 桉树人工林现状及其可持续发展 [J]. 四川林业科技, 2006, 27 (1): 75-81.
- [7] 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.
- [8] 王震洪, 段昌群, 起联春, 等. 我国桉树人工林发展中的生态问题 [J]. 生态学杂志, 1998, 17 (6): 64-68.
- [9] 温远光, 刘世荣, 陈放, 等. 桉树工业人工林植物物种多样性及动态研究 [J]. 北京林业大学学报, 2005, 27 (4): 17-22.
- [10] 温远光, 刘世荣, 陈放, 等. 连栽对桉树人工林下物种多样性的影响 [J]. 应用生态学报, 2005, 16 (9): 1667-1671.
- [11] 吴钊, 刘新田, 杨新华, 等. 雷州半岛桉树人工林林下植物多样性研究 [J]. 林业科技, 2003, 28 (4): 10-13.
- [12] 项东云. 华南地区桉树人工林生态问题的评价 [J]. 广西林业科学, 2000, 29 (2): 57-64.
- [13] 赵一鹤, 杨宇明, 杨时宇, 等. 桉树人工林生物多样性研究进展 [J]. 云南农业大学学报, 2007, 22 (5): 741-746.
- [14] 赵一鹤, 杨宇明, 杨时宇, 等. 培育措施对桉树人工林林下植物多样性的影响 [J]. 云南农业大学学报, 2008, 23 (3): 309-314.
- [15] 马克平, 黄建辉, 于顺利, 等. 洞灵山植物群落多样性 [J]. 生态学报, 1995, (15): 268-277.
- [16] 马克平. 生物多样性研究的原理和方法 [J]. 生态学报, 1995, (15): 268-277.
- [17] MAGURRAN A E. Ecological diversity and its measurement [M]. New Jersey: Princeton University Press, 1988.