

连栽措施对桉树人工林结构及持水性能的影响

韩艺师¹, 魏彦昌¹, 欧阳志云^{1,*}, 曹 云^{1,2}

(1. 中国科学院生态环境研究中心 城市与区域生态国家重点实验室, 北京 100085; 2. 中国气象局国家气象中心, 北京 100081)

摘要:以海南岛 4 代连栽桉树人工林为研究对象, 对比分析了不同连栽措施间, 桉树人工林的结构、组成及其林下凋落物和土壤持水性的变化规律, 探讨了桉树连栽措施对林地生态系统结构和水文调节功能的影响。结果表明, 在桉树林生长特征上, 第 4 代比第 1 代桉树林在胸径、树高和生物量上分别降低了 43.4%、33.7% 和 42.7%; 在生物多样性方面, 桉树林下植物种类的数量随着连栽代次增加而呈下降趋势($p < 0.05$); 在凋落物持水性能上, 第 1 代桉树林下凋落物蓄积量和最大持水量最大, 要比第 4 代高 30.0% 以上, 但是最大持水率在不同连栽代次间差异不显著($p > 0.05$); 在土壤持水特征上, 随连栽代次增加, 桉树林下土壤容重提高, 而孔隙度、渗透速率以及持水量明显降低, 其中 1 代桉树和 3、4 代间存在显著差异($p < 0.05$)。连栽措施明显改变了桉树人工林群落结构特征及其持水功能。

关键词:桉树连栽; 生长特征; 生物多样性; 土壤持水性; 凋落物持水性

文章编号: 1000-0933(2008)09-4609-09 中图分类号: Q142, Q945, Q948, S718.5 文献标识码: A

Effects of continuous planting rotation on forest structural characteristics and water holding capacity of Eucalyptus plantations

HAN Yi-Shi¹, WEI Yan-Chang¹, OUYANG Zhi-Yun^{1,*}, CAO Yun^{1,2}

1 State Key Laboratory of Urban and Regional Ecology, Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085, China

2 National Meteorological Center, China Meteorological Administration, Beijing 100081, China

Acta Ecologica Sinica, 2008, 28(9): 4609 ~ 4617.

Abstract: The four rotations eucalyptus plantations with continuous planting were chosen in Hainan Island and forest structure characteristics and water holding capacity of soil and litter were investigated to examining the influence of continuous planting rotations on forest structure and hydrological regulating functions. The results show that the diameter at breast height (DBH), tree height and above ground tree biomass decreased with increasing continuous planting rotations and the declining trends of them stressed. The DBH, tree height and above ground tree biomass of the 4th rotation eucalyptus plantations were 43.4%, 33.7% and 42.7% lower than them of the 1st rotation plantations respectively. For forest biodiversity, the grass species under eucalyptus plantations decreased with increasing continuous planting rotations ($p < 0.05$). For litterfall eco-hydrological roles, litter stock and maximum water holding capacity of the 1st rotations were higher above 30.0% than them of the 4th rotations. However, litter maximum water holding rate did not differed significantly among different continuous planting rotations ($p > 0.05$). For soil eco-hydrology roles, soil bulk density increased and soil

基金项目: 国家自然科学基金委创新群体资助项目(40621061); 国家自然科学基金资助项目(30428028)

收稿日期: 2007-01-08; 修订日期: 2007-12-07

作者简介: 韩艺师(1966~), 男, 海南文昌人, 博士, 主要从事生态系统服务功能研究. E-mail: hnhys21@hotmail.com

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: zyouyang@rcees.ac.cn

Foundation item: The project was financially supported by Innovation Group Project of the National Natural Science Foundation of China (No. 40621061); National Natural Science Foundation of China (No. 30428028)

Received date: 2007-01-08; **Accepted date:** 2007-12-07

Biography: HAN Yi-Shi, Ph. D., mainly engaged in vegetation ecology and mechanics of ecosystem services. E-mail: hnhys21@hotmail.com

total porosity, final constant infiltration rate and water holding capacity obviously decreased as continuous planting rotations increased. There were significant differences in soil total porosity, infiltration rate and water holding capacity between the 1st rotation and the 3rd or 4th rotation. Thus, the continuous planting rotations clearly affected forest structural characteristics and eco-hydrological roles of eucalyptus plantations. Finally, the continuous planting rotations resulted in ecosystem services degradation of artificial eucalyptus forest.

Key Words: eucalyptus plantations with continuous planting rotations; growth characteristics; biodiversity; soil water holding capacity; litterfall water holding capacity

我国是世界上人工林发展最快的国家,人工林面积居世界首位^[1]。人工林的建植不仅能够缓解木材短缺状况,而且也能在一定程度上改善生态环境^[2,3]。但是我国人工林的发展存在树种单一、速生高产、短轮伐期、多代连作等特点,特别是在我国热带亚热带地区,速生、短轮伐期的桉树林引起了不同程度的产量下降、生物多样性降低、病虫害增加、生态服务功能减弱等问题^[4~7]。

海南岛热带天然林的大面积退化,人工林广泛的种植,对森林生态系统结构、过程及其生态功能产生了深远的影响。而桉树,作为南方人工林栽培的常见树种之一,其人工林建植及连栽经营过程中所产生的生态环境退化问题已引起了人们的极大关注,已成为森林与环境、林业可持续发展中的严重问题^[3,8~12]。本研究以海南岛典型的连栽代次的桉树人工林为研究对象,从森林群落结构、组成及持水性出发,通过对比研究不同连栽代次间桉树林生长特征、物种多样性以及凋落物和土壤持水性,探讨连栽措施间桉树人工林生物多样性和林地持水性的变化规律及其影响机制,从而为海南岛人工林生态系统服务功能的恢复和保育提供理论基础,并最终为该地区生态恢复过程中人工林的建设和可持续管理提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

海南岛地处热带北缘,属高温多雨的热带季风气候,全年热量丰富,四季不明显,总面积约 33 920 km², (18°10'~20°10'N, 108°37'~111°03'E)。海南自然植被类型包括常绿季雨林,落叶季雨林,沟谷雨林,山地雨林和山地常绿阔叶林等;人工植被类型有桉树、相思林、橡胶林和椰子林等种类。目前人工林面积占森林总面积的 52.0%,人工林已经成为海南主要的森林类型。

桉树人工林样地选自海南儋州林场,该林场从 1960 年代就开始种植桉树,是海南省桉树集中连片种植面积较大的林场。不同连栽代次桉树林前茬树种及样地基本情况见表 1。各样地在造林前都采用带垦整地、清

表 1 连栽桉树人工林样地的基本情况

Table 1 Stand characteristics of continuous-planting eucalyptus plantations

森林类型 Forest types	坡度 Grade(°)	海拔 Elevation(m)	造林 日期 Date	造林前茬 Previous planted species
第 1 代 1st rotation	5	62	2000-08	天然小灌木和荒草地-尾叶桉 Shrub and grass-Eucalyptus urophylla
第 2 代 2nd rotation	0	51	1999-06	荒草地-尾巨桉-尾叶桉 Grass-Eucalyptus urophylla × E. grandis-Eucalyptus urophylla
第 3 代 3rd rotation	0	58	1999-12	荒草地-窿缘桉-尾巨桉-尾叶桉 Grass-Eucalyptus exserta-Eucalyptus urophylla × E. grandis-Eucalyptus urophylla
第 4 代 4th rotation	0	59	2000-01	荒草地-窿缘桉-窿缘桉-尾巨桉-尾叶桉 Grass-Eucalyptus exserta-Eucalyptus exserta-Eucalyptus urophylla × E. grandis-Eucalyptus urophylla
桉荛橡胶 RPE	0	58	2000-05	尾叶桉-橡胶 Eucalyptus urophylla-Rubber
橡胶林 Rubber plantation	0	58	2000-05	橡胶-橡胶 Rubber-Rubber

RPE, rubber plantation with eucalyptus preceding rotation

除灌木和杂草。定植时施基肥桉树专用肥 300 g/株,6 个月追施 400 g/株,24 个月追施 500 g/株,成林后每年定期进行除草、打枝等管理维护。土壤为砖红壤,砂粒含量较高,养分含量较低。

1.2 试验方法

1.2.1 样地设置

本研究在海南儋州林场选取了第 1、2、3、4 代连栽桉树人工林,并以桉树前茬的橡胶林和橡胶人工林作为对照,每个代次选择 3 个标准地(20 m × 20 m),采用以空间代替时间的方法,比较了连栽措施对桉树人工林结构特征及其持水功能的影响。

1.2.2 林地调查

桉树人工林群落结构简单,乔木层树种单一,林分郁闭度都在 70% 以下。在每个代次选择的标准样地中,对乔木层进行每木检尺,记录胸径 ≥ 3 cm 乔木树种名称、胸径、高度、冠幅、盖度等。同时每个标准样地内,设置 6 个样方(1 m × 1 m),调查林下植物种类组成和数量特征。

1.2.3 生物多样性

林下植物得物种多样性、物种丰富度和群落均匀度分别采用香农-威纳指数(Shannon-Wiener index)、Margalef 指数和香农-威纳均匀度指数表示^[13, 14]:

$$\begin{aligned} \text{Shannon-Wiener 指数} & H' = - \sum P_i \ln P_i \\ \text{Margalef 指数} & d_{Ma} = (S - 1) / \ln N \\ \text{Shannon-Wiener 均匀度指数} & D = - \sum P_i \ln P_i \end{aligned}$$

式中, $P_i = N_i / N$; N 为样方中记录的个体总数, N_i 为第 i 种的个体数, S 为样方中物种总数。

1.2.4 凋落物贮量和持水性的测定

凋落物贮量采用样方法,每种林地类型设 20 cm × 20 cm 的小样方 5 个,收集凋落物量后烘干称重,测定其贮量。凋落物的持水量和持水率采用室内浸泡法测定^[15]。

1.2.5 土壤持水性的测定

采用环刀法测定土壤容重、渗透速率、毛管孔隙度、田间持水量和最大持水量^[16]。在不同林地类型样地内以“S”形布点,测定 0 ~ 20 cm 土层,每个样地 6 个重复。

1.2.6 数据统计分析

使用 SPSS 11.0 软件对数据进行了统计,分析比较人工桉树林不同代次间差异性是否显著。

2 结果与分析

2.1 桉树林的群落特征

2.1.1 桉树林生长特征

对不同代次桉树林生长特征统计表明(图 1, 图 2),随连栽代次增加,桉树的树高和胸径降低,而且下降程度也逐渐加剧。桉树林乔木生物量的变化也呈现出相应的下降趋势(图 3)。在树高特征上,与第 1 代桉树林相比,2、3、4 代桉树林的树高下降比例分别为:15.0%、24.2% 和 33.7%;在胸径特征上,2、3、4 代桉树林的胸径下降比例分别为:11.8%、22.8%、43.4%;在生物量特征上,2、3、4 代桉树林分别下降了 20.4%、33.0% 和 42.7%。但是各代次的桉树林的生长状况均要好于橡胶人工林和桉树前茬的橡胶林。

2.1.2 林下植物组成结构特征

对连栽桉树林下植物物种组成统计结果表明(表 2),不同连栽代次明显影响了林下物种组成特征。连栽 1、2、3、4 代桉树人工林林下植物种数分别为 22 种、19 种、13 种和 8 种,其中 1 代桉树林下植物种类比 4 代高 175.0% ($p < 0.05$)。随着连栽代次增加,林下植物的种类呈下降趋势,而且存在显著差异($p < 0.05$)。与对照林地桉树前茬的橡胶林和橡胶人工林相比,连栽 1 代和 2 代比对照橡胶林在种类数量上要高 24.2%,但是连栽 3 代和 4 代林下植物种类数量明显减少,要比对照低 36.4%。

对不同森林类型的林下植物生物多样性统计也发现,人工桉树林明显降低了林下植物多样性(表 3)。与

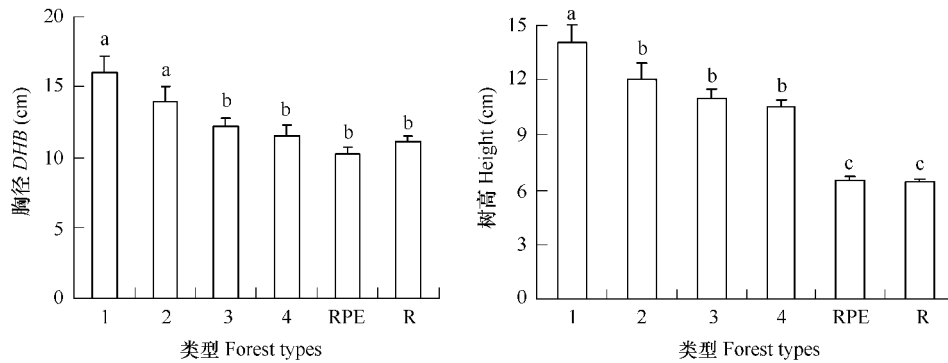


图1 不同连栽代次桉树林胸径和树高的特征

Fig. 1 Change of breast diameter and tree height of different rotations eucalyptus plantations

RPE, rubber plantation with eucalyptus preceding rotation; R, Rubber plantation

天然次生林和橡胶林相比,人工桉树林在物种多样性指数、丰富度指数和群落均匀度指数上最低。

2.2 桉树林下凋落层的持水特征

从林下凋落物蓄积量及最大持水量可以看出(表4),随桉树连栽代次增加,林下凋落物和最大持水量呈明显下降的趋势,其中第1代桉树林凋落贮量比第4代高36.0%,最大持水量比第4代高34.1%。但是仅有1代桉树林凋落物蓄积量和最大持水量略高于桉树前茬的橡胶林,其他几代连栽桉树林均要低于桉树前茬的橡胶林和橡胶人工林。对于凋落物的最大持水率,在连栽代次间无显著性差异($p > 0.05$),可是均要略高于对照的橡胶林。

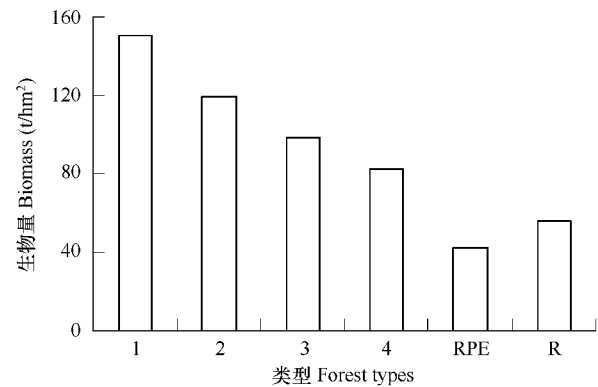


图2 连栽桉树林乔木生物量

Fig. 2 Above biomass of different rotations eucalyptus plantations

表2 不同连栽代次桉树林下植物种类比较

Table 2 Comparison of plant species of eucalyptus plantations with different continuous - planting rotation

物种 Plant species	代次 Rotations	桉荖橡胶林 RPE				橡胶林 R
		1	2	3	4	
毛蔓豆 <i>Calopogonium mucunoides</i>	+				+	
铺地黍 <i>Panicum repens</i>	+	+				+
假臭草 <i>Eupatorium catarium</i>	+	+	+	+	+	+
四生臂形草 <i>Brachiaria subquadrifera</i>	+	+			+	
鸭趾草 <i>Callisia elegans</i>	+				+	
鹧鸪草 <i>Eriachne pallescens</i>	+	+	+	+		
山椰子 <i>Cocos nucifera</i>	+				+	
黄花稔 <i>Sida rhombifolia</i>	+	+			+	+
画眉草 <i>Eragrostis pilosa</i>	+	+			+	
芦荟 <i>Aloe vera</i>	+				+	
飞机草 <i>Eupatorium odoratum</i>	+	+	+			+
醋酱草 <i>Herba Patriniae</i>	+	+				+
胜红蓟 <i>Ageratum conyzoides</i>	+	+				+
阔叶丰花草 <i>Spermacoce latifolia</i>	+					+
革命菜 <i>Gynura crepidioides</i>	+	+				+

续表

物种 Plant species	代次 Rotations	桉荏橡胶林 RPE				橡胶林 R
		1	2	3	4	
三叶鬼见针 <i>Bidens pilosa</i>	+	+			+	+
糙叶丰花草 <i>Borreria articularis</i>	+					+
海金沙 <i>Lygodium japonicum</i>	+	+	+	+	+	
异果山绿豆 <i>Desmodium heterocarpum</i>			+			
筒轴草 <i>Rottboellia exaltata</i>			+	+		
毛排钱草 <i>Phyllodiumelegans</i>		+				+
坡柳 <i>Salix myrtillacea</i>	+			+		
肖梵天花 <i>Urena lobata</i>			+			
马唐 <i>Digitaria sanguinalis</i>		+				+
野牡丹 <i>Melastoma candidum</i>			+		+	
红背山麻杆 <i>Alchornea trewioides</i>			+			+
白饭树 <i>Fluggea virosa</i>		+	+		+	
桃金娘 <i>Rhodomyrtus tomentosa</i>			+			
铁线莲 <i>Clematis otophora</i>				+		+
斑茅 <i>Saccharum arundinaceum</i>				+	+	
香附子 <i>Cyperus rotundus</i>				+		+
短叶黍 <i>Panicum brevifolium</i>	+	+				
油柑 <i>Acronychia pedunculata</i>		+				
金竹 <i>Phyllostachys sulphurea</i>		+				
罗芙木 <i>Rauwolfia verticillata</i>	+				+	
薯类一种 <i>Manihot</i>	+					
竹子一种 <i>Gramineae</i>						+
茅类一种 <i>Saca-narum</i>		+			+	
不知名一种 Unknown			+		+	
不知名一种 Unknown			+			+

“+”表示在该林分样地发现有此类物种 “+” means that the species be found in corresponding sites; RPE, rubber plantation with eucalyptus preceding rotation; R, Rubber plantation

表 3 不同林地类型林下物种特征

Table 3 Characteristics of plant species under different forest types

森林类型 Forest types	密度 Density(株/hm ²)	林冠郁闭度 Canopy density	物种多样性 Species diversity	物种丰富度 Species richness	群落均匀度 Community evenness
天然次生林 Natural secondary forest	1775	0.92	1.361	7.901	0.677
橡胶林 Rubber plantation	1667	0.65	0.472	3.839	0.462
桉树林 Eucalyptus plantation	1667	0.60	0.215	3.017	0.155

表 4 不同连栽代次桉树林凋落物贮量及持水特性

Table 4 Storage and water holding capacity of the litter under different rotations eucalyptus plantations

森林类型 Forest types	厚度 (cm) Depth	贮量 (t/hm ²) Biomass	最大持水量 (t/hm ²) MWHC	最大持水率 (%) MWHR
第 1 代 1 st rotation	2.7 ± 0.5	10.1 ± 0.2	31.9 ± 0.6	316.2 ± 85.2
第 2 代 2 nd rotation	2.5 ± 0.5	9.4 ± 0.1	29.8 ± 0.4	318.4 ± 80.1
第 3 代 3 rd rotation	2.0 ± 0.3	8.2 ± 0.1	26.2 ± 0.2	318.2 ± 76.1
第 4 代 4 th rotation	1.8 ± 0.1	7.4 ± 0.1	23.8 ± 0.3	320.7 ± 82.4
桉荏橡胶 RPE	2.6 ± 0.5	9.6 ± 0.1	29.9 ± 0.5	312.3 ± 77.8
橡胶林 Rubber plantation	2.9 ± 0.5	10.3 ± 0.2	32.6 ± 0.5	315.8 ± 75.5

MWHC: maximum water holding capacity; MWHR: maximum water holding rate

2.3 桉树林土壤持水特征

2.3.1 林下土壤容重和孔隙特征

连栽措施对桉树土壤容重和空隙度具有显著的影响(图3)。桉树林土壤容重随连栽代次增加而提高,4代桉树林土壤容重比1代桉树提高14.3% ($p < 0.05$),但是2代和3代桉树土壤容重差异不明显。与对照橡胶林相比,连栽桉树林增加了土壤容重,4代桉树林土壤容重显著高于橡胶林($p < 0.05$)。

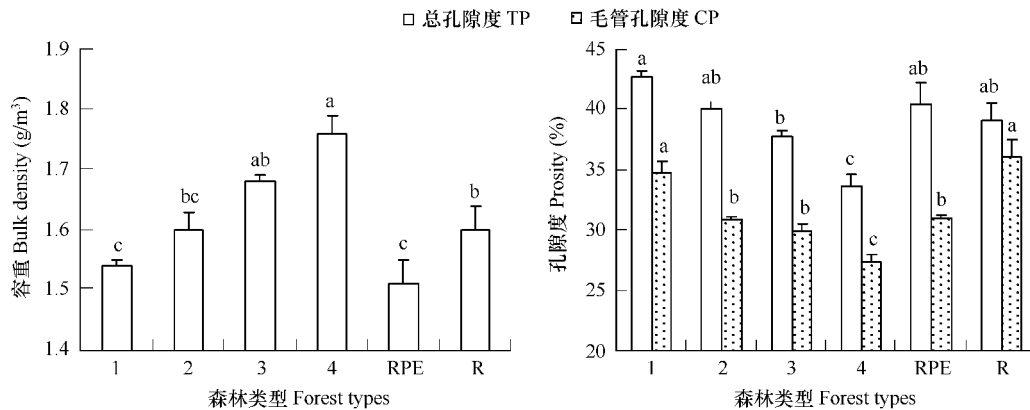


图3 不同连栽代次桉树林土壤容重和孔隙度的特征

Fig. 3 Soil bulk density and porosity of different rotations eucalyptus plantations

TP, total porosity; CP, Capillary porosity

对于土壤孔隙度,桉树林土壤总孔隙度和毛管孔隙度随着连栽代次增加而降低,其中4代桉树林土壤总孔隙度和毛管孔隙度比1代桉树降低了21.0% ($p < 0.05$),而且2代和3代桉树土壤孔隙度也无显著差异。对于连栽几代的桉树林,在总孔隙度上,1和2代桉树林要略高于对照橡胶林;在毛管孔隙度特征上,连栽桉树林基本均要低于对照橡胶林。

2.3.2 林下土壤渗透性和持水量特征

对土壤水分渗透特征的测定结果表明,不同连栽桉树林对土壤的稳渗速率(K_{10})也具有显著的影响,随着桉树林连栽代次增加,土壤渗透速率呈减小趋势(图4)。在连栽几代的桉树林间,1代桉树林土壤渗透速率与3、4代桉树林差异显著,可是与2代差异不显著。但是这几代桉树林土壤渗透速率均要显著低于对照橡胶林($p < 0.05$)。

在不同连栽代次间,桉树林下土壤最大持水量和田间持水量存在差异,其中1代林下土壤持水量要显著高于其他代次($p < 0.05$)。桉树林连栽代次明显影响了其林下土壤持水特征,随连栽代次增加,土壤持水量逐渐下降(图5)。但是不同代次的桉树林的土壤最大持水量和田间持水量均要低于对照的橡胶林。

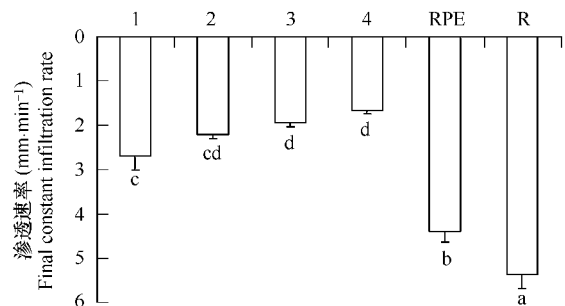


图4 不同连栽代次桉树林土壤渗透速率

Fig. 4 Soil final constant infiltration rates of different rotations eucalyptus plantations

3 讨论

3.1 连栽措施对桉树林生长特征的影响

连栽措施能够明显的改变桉树林生长状况,本文对连栽桉树人工林生长特征统计结果表明,连栽措施能够降低桉树胸径和高度,第4代桉树与1代相比,在胸径上,降低了33.7%;在树高上,降低了43.4%,进而相应的导致桉树生物量的减少。余雪标等^[12]对连栽桉树林的研究也认为,随着连栽代次的增加,桉树的平均胸径、树高、单株材积和蓄积量基本呈下降的趋势,抑制桉树林生物量。但是对3代连栽尾巨桉生物量的研究表

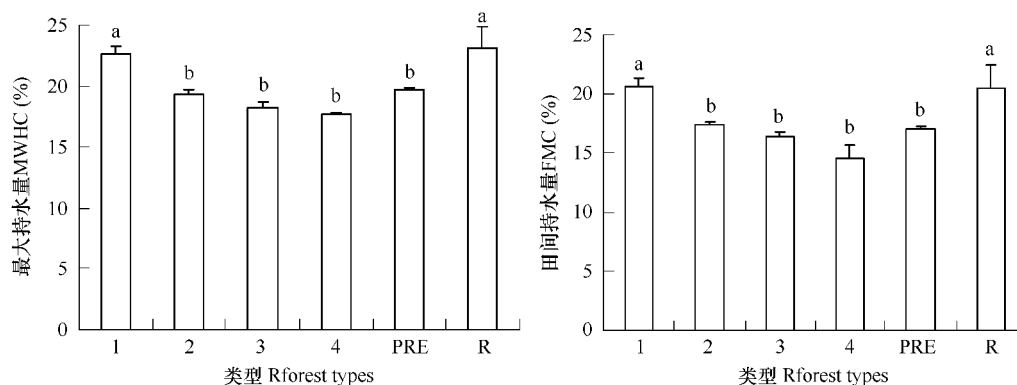


图5 不同连栽代次桉树林的土壤持水性

Fig. 5 Soil water holding capacity under different rotations eucalyptus plantations

明桉树林生物量差异不明显,这可能与该林场对第3代桉树林采用的良种壮苗、合理密度、科学施肥和集约化管理等措施有关^[17]。

3.2 连栽措施对桉树林下植物多样性的影响

关于桉树林建植对于生物多样性的影响,一直以来是人们研究和关注的重点。目前,多数研究结果表明桉树林的种植或多代连栽均会导致生物多样性的降低^[18, 19],这可能是由于物种替代效应、竞争效应、化感效应和继发性人为干扰效应等原因所引起的^[4]。本研究对4代连栽桉树林生物多样性研究也表明,随着连栽代次的增加,桉树林下生物多样性呈明显的降低趋势。与对照橡胶林相比,1代和2代桉树林植物种类高于对照,而3代和4代要低于对照。这与桉树林密度较大,冠层集中分布等因素有关。但也有研究认为桉树林生物多样性降低可能是由于人为干扰过多引起的,而且在其他人工林中也存在这种现象^[2]。关于人工林建植对生物多样性的影响,一般认为,与裸地对照或退化的原始森林样地相比,人工林明显提高了生物多样性^[20~26],可是用人工林取代天然林,必将会对生物多样性产生负面的影响^[7]。但是 Allen 等^[27]研究表明辐射松(*Pinus radiata*)人工林物种多样性与乡土植被差别不显著,随人工林林龄的增加,乡土植物种比例明显增加,人工林和乡土植被在物种组成上有趋同的趋势。

3.3 连栽措施对土壤持水特征的影响

连栽措施明显影响了桉树林下土壤物理性状。在本研究中,随着连栽代次的增加,桉树林下土壤容重提高,总孔隙度和毛管孔隙度下降,引起土壤水分渗透速率下降,进而导致最大持水量和田间持水量减少。其中1代连栽桉树林空隙度和持水量显著高于3代和4代桉树林,表明多代连栽容易造成桉树林土壤板结,持水性降低,最终会导致林地调节和蓄水能力下降,而且连栽桉树林土壤容重均要高于对照橡胶林。刘玉等^[28]和盛炜彤等^[18]研究结果也显示人工林建植或连栽均会导致土壤容重增加,孔隙度和持水量下降等一系列土壤物理性状的改变。这可能,一方面是由于人为抚育过程,压紧表层土壤,同时加速地表有机残余物与土壤的混合以及有机物的分解,导致了土壤容重的增加和土壤结构性状的下降^[29, 30];另一方面人工林生物多样性较低,直接影响到植物根系在土壤中的分布和数量以及林下凋落层的组成和数量,从而影响着土壤的孔隙发育和土壤持水性能^[31, 32]。

References:

- [1] Pamela J. The role of trees for sustainable management of less-favored lands; the case of eucalyptus in Ethiopia. *Forest Policy and Economics*, 2003, 5: 83—95.
- [2] Wu T, Liu X T, Yang X H. Study on the undergrowth plant diversity of eucalyptus plantation in Leizhou Peninsula. *Forestry Science and Technology*, 2003, 28(4): 10—13.
- [3] Wen Y G, Liu S R, Chen F. Effects of continuous cropping on understorey species diversity in Eucalypt plantations. *Chinese Journal of Applied*

- Ecology, 2005, 16(9): 1 667 — 1 671.
- [4] Chen Q B. Conceptual criteria and indicators for biodiversity in eucalyptus plantation forests. Chinese Journal of Tropical Crops, 2002, 23(1): 95 — 111.
- [5] Reed F N. Assessing and monitoring forest biodiversity: A suggested framework and indicators. Forest Ecology and Management, 1999, 115: 135 — 146.
- [6] Yang Y S, Yu X T, Qiu R H, *et al.* Variation of rhizospheric soil fertility under different Chinese fir rotations. Chinese Journal of Applied and Environmental Biology, 1999, 5(3): 254 — 258.
- [7] Lindenmayer D B, Hobbs R J. Fauna conservation in plantation forests — a review. Biological Conservation, 2004, 119: 151 — 168.
- [8] Wagner R G, Flynn J, Gregory R, *et al.* Acceptable practices in Ontario's forests: Differences between the public and forestry professionals. New Forests, 1998, 16: 139 — 154.
- [9] Wen Y G, Liu S R, Chen F. The ecological problems and sustainable management of eucalyptus industrial plantation. Journal of Guangxi Academy of Sciences, 2005, 21(1): 13 — 18.
- [10] Wen Y G, Liu S R, Chen F, *et al.* Plant diversity and dynamics in industrial plantations of eucalyptus. Journal of Beijing Forestry University, 2005, 27(4): 17 — 22.
- [11] Wang Z H, Duan C Q, Qi L C, *et al.* A preliminary investigation of ecological issues arising in the Man-made forest of eucalyptus in China. Chinese Journal of Ecology, 1998, 17(6): 64 — 68.
- [12] Yu X B, Xu D P, Long T, *et al.* Studies on the growth characteristics and the crown structure of eucalyptus plantation with the different continuous-planting rotation. Scientia Silvae Sinicae, 2000, 36(Sp1): 137 — 142.
- [13] Ma K P. Biodiversity measurement I. α Biodiversity measurement. Chinese Biodiversity, 1994, 2(3): 162 — 168.
- [14] Ma K P, Liu Y X. Biodiversity measurement II. α Biodiversity measurement. Chinese Biodiversity, 1994, 2(4): 162 — 168.
- [15] Zhang H J, Cheng J H, Shi Y H, *et al.* Reserves and Water Capacity Characteristics of three kinds of litter of three gorges area. Journal of Soil and Water Conservation, 2003, 17(3): 55 — 58.
- [16] Liu G S. Physical and Chemice Analysis and Section Characteristics soil. Beijing: China Standard Publication, 1996.
- [17] Sheng W T, Yang C D, Fan S H. Variation of soil properties of Chinese fir plantation. Forest Research, 2003, 16(4): 377 — 385.
- [18] Chen T, Wen Y G, Sun Y P, *et al.* Studies of biomass and productivity of eucalyptus plantation with the different continuous-planting rotation. Guangxi Forestry Science, 2005, 34(1): 8 — 12.
- [19] Yu X B, Long T. Measurement and present state of man-made eucalyptus plantation in China. Chinese Journal of Tropical Agriculture, 1999, (3): 59 — 65.
- [20] Ashton M, Gunatilleke C, Singhakumara B, *et al.* Restoration pathways for rain forest in southwest SriLanka: a review of concepts and models. Forest Ecology and Management, 2001, 525: 1 — 23.
- [21] Carnevale N, Montagnini F. Facilitating regeneration of secondary forests with the use of mixed and pure plantations of indigenous tree species. Forest Ecology and Management, 2002, 163: 217 — 227.
- [22] Haggard J, Wightman K, Fisher R. The potential of plantations to foster woody regeneration within a deforested landscape in lowland Costa Rica. Forest Ecology and Management, 1997, 99: 55 — 64.
- [23] Keenan R, Lamb D, Woldring O, *et al.* Restoration of plant biodiversity beneath tropical tree plantations in northern Australia. Forest Ecology and Management, 1997, 99: 117 — 131.
- [24] Keenan R, Lamb K, Parrotta J, *et al.* Ecosystem management in tropical timber plantations: satisfying economic, conservation, and social objectives. Journal of Sustainable Forestry, 1999, 9: 117 — 134.
- [25] Parrotta J, Turnbull J, Jones N. Catalyzing native forest regeneration on degraded tropical lands. Forest Ecology and Management, 1997, 99: 1 — 7.
- [26] Powers J S, Haggard J P, Fisher R F. The effect of overstory composition on understory woody regeneration and species richness in seven year old plantations in Costa Rica. Forest Ecology and Management, 1997, 99: 43 — 54.
- [27] Allen R B, Platt K H, Wiser S K. Biodiversity in New Zealand plantations. New Zealand Forestry, 1995, 39(4): 26 — 29.
- [28] Liu Y, Li L L, Zhao K, *et al.* Analysis on physical feature of Karst mountains desertification soil under different land use. Journal of Soil and Water Conservation, 2004, 18(5): 142 — 145.
- [29] Blair G J, Lefrey D B, Lisle L. Soil carbon fractions based on their degree of oxidation, and the development of a carbon management index for agricultural systems. Australian Journal of Agricultural Research, 1995, 46: 1459 — 1466.
- [30] Powelson D S, Brookes P C, Christensen B T. Measurement of soil microbial biomass provides an early indication of changes in total soil organic matter due to straw incorporation. Soil Biology and Biochemistry, 1987, 19: 159 — 164.

- [31] Jiang Z L. Soil and water conservation of forest services. *Chinese Journal of Ecology*, 1984, 3 (3): 61—64.
- [32] Zhang H, Pan J C, Tang G D, *et al.* A preliminary study on floristic diversity and soil water storage capacity of three forest communities on Tian-Jing-Shan, Guangdong Province. *Forestry Science and Technology of Guangdong Province*, 2002, 18(1): 25—30.

参考文献:

- [2] 吴钊, 刘新田, 杨新华. 雷州半岛桉树人工林林下植物多样性研究. *林业科技*, 2003, 28(4): 10~13.
- [3] 温远光, 刘世荣, 陈放. 连栽对桉树人工林下物种多样性的影响. *应用生态学报*, 2005, 16(9): 1667~1671.
- [4] 陈秋波. 桉树人工林生物多样性标准与指标体系研究. *热带作物学报*, 2002, 23(1): 95~111.
- [6] 杨玉盛, 俞新妥, 邱仁辉, 等. 不同栽杉代数根际土壤肥力及生物学特性变化. *应用与环境生物学报*, 1999, 5(3): 254~258.
- [9] 温远光, 刘世荣, 陈放. 桉树工业人工林的生态问题与可持续经营. *广西科学院学报*, 2005, 21(1): 13~18.
- [10] 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. *北京林业大学学报*, 2005, 27(4): 17~22.
- [11] 王震洪, 段昌群, 起联春, 等. 我国桉树林发展中的生态问题探讨. *生态学杂志*, 1998, 17(6): 64~68.
- [12] 余雪标, 徐大平, 龙腾, 等. 连栽桉树人工林生长特性和树冠结构特征. *林业科学*, 2000, 36(专刊1): 137~142.
- [13] 马克平. 生物多样性的测度方法 I. α 多样性的测度方法(上). *生物多样性*, 1994, 2(3): 162~168.
- [14] 马克平, 刘玉明. 生物多样性的测度方法 I. α 多样性的测度方法(下). *生物多样性*, 1994, 2(4): 231~239.
- [15] 张洪江, 程金花, 史玉虎, 等. 三峡库区三种林下枯落物储量及其持水特性. *水土保持学报*, 2003, 17(3): 55~58.
- [16] 刘光崧. 土壤理化分析与剖面描述. 北京: 中国标准出版社, 1996.
- [17] 盛炜彤, 杨承栋, 范少辉. 杉木人工林的土壤性质变化. *林业科学研究*, 2003, 16(4): 377~385.
- [18] 陈婷, 温远光, 孙永萍, 等. 连栽桉树人工林生物量和生产力的初步研究. *广西林业科学*, 2005, 34(1): 8~12.
- [19] 余雪标, 龙腾. 我国桉树人工林经营及研究现状. *热带农业科学*, 1999, (3): 59~65.
- [28] 刘玉, 李林立, 赵珂, 等. 岩溶山地石漠化地区不同土地利用方式下的土壤物理性状分析. *水土保持学报*, 2004, 18(5): 142~145.
- [31] 姜志林. 森林生态系统蓄水保土功能. *生态学杂志*, 1984, 3(3): 61~64.
- [32] 张浩, 潘介昌, 唐光大, 等. 广东天井山森林群落植物多样性与土壤持水性研究. *广东林业科技*, 2002, 18(1): 25~30.

《生态学报》2009 年征订启事

《生态学报》是中国生态学学会主办的综合性学术刊物,创刊于1981年。主要报道动物生态、植物生态、微生物生态、农业生态、森林生态、草地生态、土壤生态、海洋生态、淡水生态、景观生态、区域生态、化学生态、污染生态、经济生态、系统生态、城市生态、人类生态等生态学各领域的学术论文;特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;原创性研究报告和研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评介和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为月刊,大16开本,420页,信息容量约90万字,国内定价90元/册,全年定价1080元。国内邮发代号:82-7,国外邮发代号:M670

标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买,编辑部尚有过刊出售。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆订阅。

通讯地址:100085 北京海淀区双清路18号

电 话:(010)62941099

联 系 人:孔红梅

E-mail: Shengtaixuebao@rcees.ac.cn

网 址:www.ecologica.cn