

海南省两种人工林林下物种多样性与土壤水分物理性质的关系

向仰州, 徐大平, 杨曾奖, 张宁南, 郭俊誉

(中国林业科学研究院 热带林业研究所, 广州 510520)

摘要:通过测定和比较分析海南桉树人工林和橡胶人工林的林下植物多样性、土壤水分物理特性以及林下物种多样性与土壤水分物理性质的关系,结果表明:(1)桉树林下植物种类共有 22 种,分属 14 科 20 属,橡胶林下植物种类共有 25 种,分属 15 科 22 属。(2)两种森林的土壤容重总体表现为表层小于底层,表土层中桉树林的土壤容重均大于橡胶林,而中下层的土壤容重是前者小于后者;土壤总孔隙度均随深度增加呈减小趋势,在表土层中,橡胶林土壤总孔隙度大于桉树人工林,而在底土层中两种林型接近;橡胶林的毛管孔隙度随土层增加呈递减趋势,桉树林是先减小后增加;在表土层,两种林型的土壤非毛管孔隙度表现为橡胶林大于桉树林,在底土层两种林型基本一致。两种森林的土壤毛管持水量、最大持水量、土壤田间持水量、土壤排水能力均为:橡胶林大于桉树林。(3)与橡胶林相比,桉树林植物多样性与土壤物理特性相关性较小,而负相关程度较高;土壤毛管孔隙度、排水能力对桉树林下物种多样性起促进作用,而非毛管孔隙度、田间持水量起抑制作用;橡胶林物种多样性与毛管孔隙度及非毛管孔隙度呈正相关,与最大持水量、田间持水量及排水能力呈负相关。因此,橡胶林下物种多样性、土壤水分物理特性均优于桉树林,控制两种人工林林下物种多样性大小的土壤水分因子是不同的。

关键词:桉树人工林; 橡胶人工林; 物种多样性; 土壤水分物理性质

中图分类号:Q948;S714.5

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2012)01-0037-05

Relationship between Plant Species Diversities and Soil Hydro-Physical Properties in Two Plantations in Hainan Province

XIANG Yang-zhou, XU Da-ping, YANG Zeng-jiang, ZHANG Ning-nan, GUO Jun-yu

(Research Institute of Tropical Plantation, CAF, Guangzhou 510520, China)

Abstract: Plant species diversity, soil hydro-physical properties, and relationship between plant species diversity and soil hydro-physical properties in *Eucalyptus* plantation and *Rubber* plantation in Hainan Province were studied. There were fourteen families, twenty genera and twenty-two species of plants in *Eucalyptus* plantation and fifteen families, twenty-two genera, twenty-five species of plants in *Rubber* plantation. Soil bulk density of the surface layer in two plantations was less than the underlying layer. Soil bulk density of the surface soil of *Eucalyptus* plantation was higher than that of *Rubber* plantation, while in the middle and deep soil layers, the former was less than the latter. Total soil porosity in two plantations decreased from upper soil layer to deeper soil layer, and the total soil porosity of the *Rubber* plantations in the topsoil was greater than that in *Eucalyptus* plantations, and in the deeper soil layer, it was almost same in two plantations. Soil capillary porosity in the *Rubber* plantation decreased with the increasing of soil depth, but it first decreased and then increased in the *Eucalyptus* plantation. In the surface soil, soil non-capillary porosity of the *Rubber* plantation was greater than that of *Eucalyptus* plantation, but in the deeper soil layer, it's not different in two plantations. Maximum water holding capacity, capillary moisture capacity, field water holding capacities and discharge moisture capacity of the *Rubber* plantation were higher than the *Eucalyptus* plantation. The correlation between plant diversity and soil physical properties in *Eucalyptus* plantation was less than that in

收稿日期:2011-05-20

修回日期:2011-09-13

资助项目:国家“十一五”科技支撑项目(2006BAD24B02);海南金华林业有限公司“桉树人工林生态环境影响监测”

作者简介:向仰州(1983—),男,贵州晴隆人,博士研究生,主要研究方向:速生人工林可持续经营。Email:yzhxiang18@126.com

通讯作者:徐大平(1964—),男,安徽无为,人,博士生导师,主要研究方向:人工林生态效益及土壤养分管理。E-mail:gzfsrd@163.com

Rubber plantation, while as for the negative correlation the former was higher than the latter. In *Eucalyptus* plantation, soil capillary porosity, drainage capacity played a positive role in promoting species diversity, other than the capillary porosity, field capacity inhibiting. In *Rubber* plantation, non-capillary porosity and capillary porosity had the positive effect on species diversity, while the maximum water holding capacity, field water holding capacity and drainage capacity had the negative effect. Therefore, in the *Rubber* plantation, species diversity and soil hydro-physical properties are better the *Eucalyptus* plantation, and different soil hydro-physical factors of two plantations limit their own species diversities.

Key words: *Eucalyptus* plantation; *Rubber* plantation; plant species diversity; soil hydro-physical properties

桉树(*Eucalyptus*),桃金娘科(*Myrtaceae*)桉属植物,原产于澳大利亚,迄今引入我国已有一百多年的历史,具有速生、丰产的特性,是我国华南地区种植面积最大的人工林树种之一,主要栽培在广东、广西、海南、福建、云南、贵州、四川、重庆、湖南、江西等省区,截至 2008 年我国桉树林面积有 260 万 hm^2 ^[1],目前种植规模还在继续扩大。海南省是我国天然橡胶(*Rubber*)的主产地,橡胶林面积有 25.28 万 hm^2 ^[2]。发展桉树人工林和橡胶人工林给我国带来巨大的社会、经济、生态效益,但也伴随着对地区植物多样性产生了较大的影响。林业建设面临的一个挑战是如何实现地区生物多样性保护与满足木材生产需求的平衡^[3]。近年来有关桉树人工林林下植物多样性特征及其与生产力关系的研究较多^[4-5],关于橡胶人工林林下植物多样性的报道较少^[6-7]。影响人工林林下植物多样性的因素较多,如连栽^[8]、光^[9]、年降水量与土壤养分^[10]、整地与施肥^[11]、培育措施如造林方式、造林密度、抚育管理等^[12]。长期以来,植物多样性与土壤特性之间的关系一直是生态学研究的重点^[13-14]。

本文以海南省琼中地区桉树人工林与橡胶人工林林下植物群落为试验对象,研究两种人工林林下植物多样性与土壤水分物理特性关系,解释土壤特性对林下植物分布的一些调控机理,从而为人工林的土壤管理和植物多样性保护提供参考依据,促进人工林可持续经营。

1 研究区概况

研究区位于海南省琼中县湾岭镇,北纬 $19^{\circ}10'14''$,东经 $109^{\circ}48'26''$,海拔 260~455 m。属于热带海洋季风性气候区,冬短夏长,冬无严寒,夏无酷暑,雨量充沛,热量丰富,光照充足,台风集中在 8—10 月。年平均气温 22.5°C ,年均降雨量为 1 547.7~3 255.9 mm,年蒸发量 1 180.8~1 927.3 mm,年均日照时间大约 1 743 h,年积温 $7\,483\sim9\,468^{\circ}\text{C}$ 。土壤母质为花岗岩,质地为壤土。该区森林植被主要有桉树林、橡胶林、次生林、相思林等。

2 研究方法

2.1 林下植物种类组成调查

2007 年 12 月,在试验区设置 3 块桉树(品系 32—29)人工林样地和 3 块橡胶人工林样地,每块样地面积均为 $30\text{ m}\times 30\text{ m}$ 。各样地间距 30 m 左右,橡胶林和桉树林调查点海拔分别为 265 m 和 389 m,坡度分别为 $21^{\circ}\sim 25^{\circ}$ 和 $8^{\circ}\sim 18^{\circ}$,林龄分别为 15 a 和 3 a,平均树高分别为 21.68 m 和 9.6 m,郁闭度分别为 0.75 和 0.68。将每块样地划分为 6 个 $10\text{ m}\times 10\text{ m}$ 的样方,记录各样方内所有植物的种名、高度、个体数和盖度。

2.2 植物多样性指数计算

用总个体数(N ,即样方内所有物种的株树或丛数),Simpson 指数(D)、Shannon—Wiener 指数(H')、Pielou 指数(J')、Brillouin 指数(H)、McIntosh 指数(DMc)来表征植物多样性,计算公式为^[15]:

$$(1) \text{Simpson 指数: } D = 1 - \sum_{i=1}^S \left[\frac{n_i(n_i-1)}{N(N-1)} \right]$$

$$(2) \text{Shannon—Wiener 指数: } H' = - \sum_{i=1}^S \frac{n_i}{N} \ln \frac{n_i}{N}$$

$$(3) \text{Pielou 指数: } J = H' / \ln S$$

$$(4) \text{Brillouin 指数: } H = \frac{1}{N} \ln \left[\frac{N}{n_1, n_2, n_3} \right]$$

$$(5) \text{McIntosh 指数: } D_{Mc} = (N - \sqrt{\sum_{i=1}^S n_i}) / (N - \sqrt{N})$$

式中: n_i ——第 i 个物种的个体数; N ——所有物种的总个体数; S ——物种数。

2.3 土壤取样与测定

在每块样地内采用“品”字形设置 3 个样点,挖 1 m 深的土壤剖面,记录土壤剖面特征。对土壤剖面进行机械分层(0—20, 20—40, 40—60, 60—80 cm),用容积为 100 cm^3 的环刀和铝盒同时取样,每层 3 个重复。根据常规分析方法^[16]测定并计算容重、总孔隙度、毛管孔隙度、非毛管孔隙度、最大持水量、毛管持水量、田间持水量、排水能力等土壤水分物理性质。

3 结果与分析

3.1 两种人工林林下植被组成及其多样性

通过统计 25 个样方调查结果,得出桉树林下植物种类共有 22 种,分属 14 科 20 属,橡胶林下植物种类共有 25 种,分属 15 科 22 属。其中,桉树林下乔木层植物种类有 4 种,以三角枫(*Acer buergerianum*)为主,灌木层植物种类有 7 种,以黑面神(*Breynia fruticosa*)和黄牛木(*Cratoxylon ligustrinum*)为主,草本层植物种类有 11 种,以凤头黍(*Gramineae Acroceras tonkinense*)和地毯草(*Axonopus compressus*)为主;橡胶林下乔木层植物种类有 3 种,以山黄麻(*Trema tomentosa*)为主,灌木层植物种类有 8 种,以白楸(*Mallotus paniculatus*)和肖梵天花(*Urena lobata*)为主,草本层植物种类有 14 种,以三芒草(*Aristida adscensionis*)和丰花草(*Borreria stricta*)为主。按 100 m² 样地计算,桉树林下植物群落的平均个体数为 108,物种丰富度为 5, Simpson 指数为 0.53, Pielou 指数为 0.62, Shannon—Wiener 指数为 1.04, Brillouin 指数为 1.39, McIntosh 指数为 0.35; 橡胶林下植物群落的平均个体数为 94.30,物种丰富度为 5.80, Simpson 指数为 0.42, Pielou 指数为 0.50, Shannon—Wiener 指数为 0.87, Brillouin 指数为 1.15, McIntosh 指数为 0.27。两种人工林调查区域均出现飞机草(*Eupatorium odoratum*)和假臭草(*Praxelis clematidea*)两种入侵植物,桉树人工林还发现另一

种入侵植物是地毯草(*Axonopus compressus*)^[17]。

3.2 两种人工林土壤物理特性

橡胶林(Rubber plantation, RP)和桉树林(*Eucalyptus* plantation, EP)土壤容重均随土层深度增加呈增大的趋势(图 1a)。在 0—20 cm,桉树林土壤容重大于橡胶林。在 20—40, 40—60, 60—80 cm 土层,橡胶林土壤容重均小于桉树林。0—80 cm 土层,两种林地上层土壤容重均小于中下层。0—80 cm 土层,桉树人工林和橡胶林土壤总孔隙度均随深度增加呈减小趋势(图 1b)。在 0—20 cm 土层中,橡胶林土壤总孔隙度大于桉树人工林。在 20—40 cm 土层中,桉树人工林总孔隙度小于橡胶林。在 40—60, 60—80 cm 土层,桉树林的总孔隙度与橡胶林接近。0—80 cm 土层,橡胶林的毛管孔隙度随土层增加呈递减趋势,桉树林是呈先减小,后增加的趋势(图 1c)。在 0—20, 60—80 cm 土层,两种林型土壤毛管孔隙度表现为:桉树林>橡胶林。在 20—40, 40—60 cm 土层中,橡胶林的毛管孔隙度大于桉树林。0—80 cm 土层,两种林型土壤非毛管孔隙度随土层加深的变化趋势不一致。橡胶林土壤非毛管孔隙度呈先减小后增大的变化趋势,桉树林呈先增大后减小的变化趋势(图 1d)。在 0—20, 20—40 cm 土层,两种林型的土壤非毛管孔隙度表现为橡胶林大于桉树林。在 40—60 cm 土层,桉树林土壤非毛管孔隙度大于橡胶林。在 60—80 cm 土层,两种林地土壤非毛管孔隙度大小基本一致。

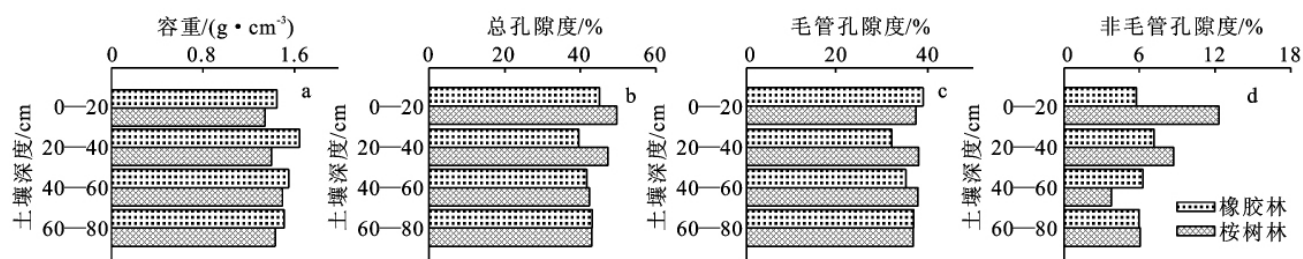


图 1 不同林型的土壤物理特征

3.3 两种人工林的土壤水分特性

0—80 cm 土层,两种林地土壤最大持水量随土层增加而降低的趋势(图 2a)。在 0—20, 20—40, 40—60, 60—80 cm 土层,橡胶林土壤最大持水量大于桉树林。0—80 cm 土层,橡胶林土壤毛管持水量随土层增加而降低的趋势,桉树林呈先减小后增加的变化趋势(图 2b)。在 0—20, 20—40, 40—60, 60—80 cm 土层,土壤毛管持水量大小均表现为:橡胶林>桉树林。0—80 cm 土层,橡胶林土壤田间持水量随土层增加几乎不变,桉树林随土层增加呈现先减小后增大的变化趋势(图 2c)。总体而言,表层土壤田间持水

量大于中下层。在 0—20 cm 土层,土壤田间持水量表现为桉树林>橡胶林。在 20—40, 40—60, 40—80 cm 土层,橡胶林土壤田间持水量均大于桉树林。从 0—80 cm 土层,橡胶林土壤排水能力随土层加深先减小后增加的变化趋势,桉树林呈现先减小后增加再减小的变化趋势(图 2d)。总体而言,两种林地土壤排水能力表层大于中、下层。在 0—20, 20—40, 60—80 cm 土层,橡胶林土壤田间持水量均大于桉树林,在 20—40 cm 土层,桉树林土壤排水能力大于橡胶林。在 0—80 cm 土层,橡胶林和桉树林土壤的最大持水量分别为 32.19%, 27.85%(图 2e);橡胶林和桉树林土壤毛

管持水量分别为 26.65%,23.87%(图 2f);橡胶林和桉树林土壤田间持水量分别为 22.67%,21.45%(图 2g);橡胶林和桉树林土壤排水能力分别为 9.10 mm,6.29 mm(图 2h)。

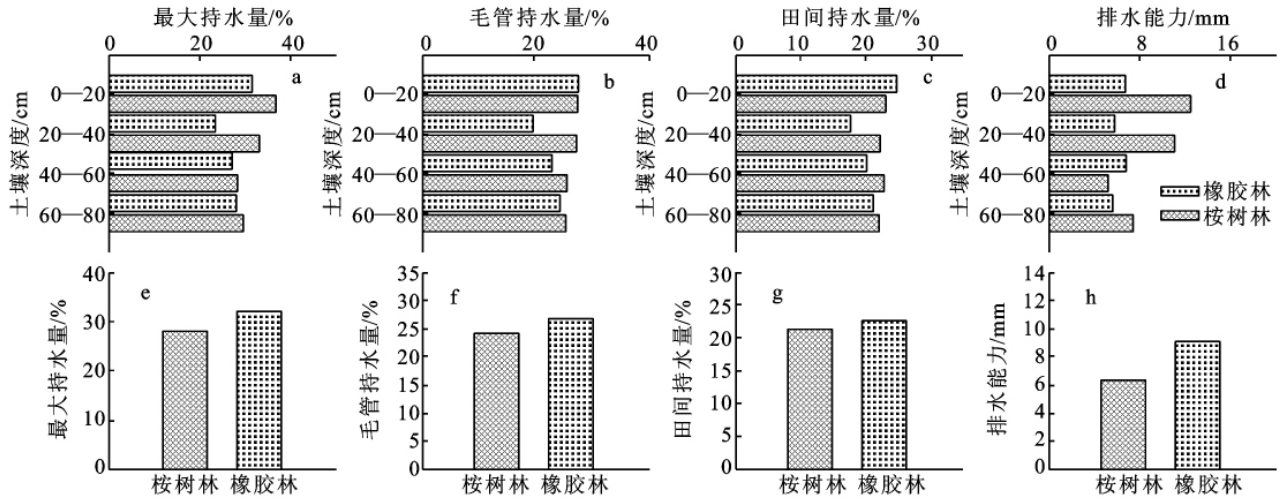


图 2 不同林型的土壤水分特征

3.4 两种人工林林下植物多样性与土壤水分物理性质间的关系

将两种人工林林下植物多样性的 6 个指标与林下土壤水分物理性质的 8 个指标原始数据做标准化后进行相关分析,结果显示桉树林和橡胶林下植物多样性与土壤水分物理性质间的相关性存在差异,详见表 1。

总体而言,桉树林下植物多样性与土壤物理特性的相关度小于橡胶林下植物多样性与土壤物理特性的相关度,平均值分别为 0.26 和 0.52。桉树林下植物多样性与土壤容重、田间持水量之间,Shannon 指数、McIntosh 指数与土壤水分物理特性之间相关性不显著($P>0.05$),而林下植物总个体数与土壤总孔隙度、Brillouin 指数与最大持水量均达到极显著相关($P<0.01$),林下植物总个体数与土壤孔隙度、非毛

管孔隙度、毛管持水量、排水能力,Simpson 指数与总孔隙度、毛管持水量,均匀度指数与总孔隙度、毛管孔隙度、非毛管孔隙度、排水能力之间达到显著($P<0.05$)或极显著相关($P<0.01$)。就橡胶林而言,林下植物多样性除总个体数以外,其余 5 个指标均与土壤总孔隙度、毛管孔隙度之间达到极显著相关($P<0.01$),植物总个体数与土壤田间持水量也达到极显著相关($P<0.01$),植物总个体数与容重,非毛管孔隙度与 Pielou 指数,最大持水量与 Simpson 指数、Pielou 指数、Brillouin 指数、McIntosh 指数,毛管持水量与 Simpson 指数、Brillouin 指数、McIntosh 指数,排水能力与 Simpson 指数、McIntosh 指数之间均存在显著相关($P<0.05$)。桉树林林下植物多样性与土壤水分物理特性之间存在的负相关比橡胶林林下植物多样性与土壤水分物理特性的负相关高。

表 1 植物多样性与土壤水分物理性质间的相关系数

林型	多样性指数	BD	TP	CP	NCP	MMC	CMC	FMC	DMC
桉树林	<i>N</i>	0.32	0.75**	0.50*	0.53*	0.05	0.58*	0.47	0.58*
	<i>D</i>	0.15	0.55*	0.50	0.46	0.57*	0.40	0.25	0.48
	<i>H'</i>	-0.05	-0.11	0.34	0.00	-0.07	-0.07	-0.08	-0.04
	<i>J</i>	0.17	0.54*	0.58*	0.53*	0.27	0.43	0.28	0.52*
	<i>H</i>	-0.06	-0.11	-0.11	-0.05	0.93**	-0.09	-0.09	-0.04
	<i>D_{Mc}</i>	0.03	0.21	0.48	0.25	0.47	0.16	0.06	0.23
橡胶林	<i>N</i>	0.64*	0.40	0.34	0.38	0.36	0.34	0.77**	0.25
	<i>D</i>	0.01	0.87**	0.83**	0.59	0.65*	0.65*	0.20	0.61*
	<i>H'</i>	0.08	0.84**	0.86**	0.53	0.57	0.57	0.25	0.53
	<i>J</i>	0.06	0.84**	0.81**	0.61*	0.61*	0.60	0.24	0.53
	<i>H</i>	0.05	0.85**	0.82**	0.55	0.61*	0.62*	0.23	0.60
	<i>D_{Mc}</i>	-0.04	0.86**	0.82**	0.57	0.64*	0.65*	0.14	0.61*

注:BD,TP,CP,NCP,MMC,CMC,FMC,DMC 分别代表容重,总孔隙度,毛管孔隙度,非毛管孔隙度,最大持水量,毛管持水量,田间持水量和排水能力。“*”表示 0.05 水平下显著相关,“**”表示 0.01 水平下极显著相关。

4 讨论

土壤理化特性不是一成不变的^[18],它是地质、气候、植被以及人类活动的综合产物^[19]。植被的发生、发育受控于土壤理化特性、土壤种子库特性等因素^[13]。土壤作为植物生长的重要基质,其理化特性及母质的差异,均会对生长于其上的植物产生不同效应,从而影响植物多样性^[13]。桉树林林下植物多样性与土壤物理特性的相关度小于橡胶林林下植物多样性与土壤物理特性的相关度。与橡胶林相比,桉树林林下植物多样性与土壤水分物理特性之间负相关较大。不是所有的植物多样性指数都与土壤水分物理特征指标存在回归关系,土壤特性对植物多样性的正、负效应与林分类型有关。桉树林植物多样性主要受控于田间持水量、非毛管孔隙度、排水能力、毛管孔隙度,影响橡胶林植物多样性的因素主要有土壤毛管孔隙度、非毛管孔隙度、排水能力、田间持水量、最大持水量。

本文主要探讨了土壤物理特性对林下植物多样性的影响,而调控林下植物多样性的因素很多,如抚育措施、采伐方式、采伐剩余物处理方式等。由于研究区桉树即将达到第一代林轮伐期(通常 6 a 为一个轮伐期),有必要研究桉树林机械采伐、人工采伐、采伐剩余物处理方式(包括集中堆积、原位摆放、是否移除林区等)等对林下乔木、灌木以及草本植物的多样性及其演替方式和土壤结构的影响。研究区桉树林具有面积广阔,土层较薄,坡度较大,土壤贫瘠等特征,林下植被遭到破坏后林地易发生水土流失,土壤肥力降低。因此,建议选用择伐收获桉树,以便有效保护林下植物多样性,防止水土流失,维持地力,实现桉树人工林可持续经营。

参考文献:

- [1] 王豁然. 桉树生物学概论[M]. 北京:科学出版社,2010.
- [2] 陈伟,兰国玉,蒋菊生,等. 海南农垦橡胶林生态系统服务价值的分析[J]. 西北林学院学报,2008,23(1):215-218.
- [3] Battles J J, Shlisky A J, Barrett R H, et al. The effects of plantation management on plant species diversity in a Sierran conifer plantation [J]. Plantation Ecology and Management,2001,146:211-222.
- [4] 朱宏光,温远光,梁宏温,等. 广西桉树林取代马尾松林对植物多样性的影响[J]. 北京林业大学学报,2009,31(6):149-153.
- [5] Kantvilas G, Jarman S J. Lichens and bryophytes on *Eucalyptus oblique* in Tasmania: management implications in production plantations [J]. Biological Conservation,2004,117:359-373.
- [6] Liu H M, Jiang J S, Dong S L. Study on Biodiversity of the Tropical Rubber Plantation in Hainan [J]. Journal of Nanjing Plantationry University: Natural Sciences Edition,2006,30:55-60.
- [7] Beukema H, Noordwijk M V. Terrestrial pteridophytes as indicators of a plantation-like environment in Rubber production systems in the lowlands of Jambi, Sumatra [J]. Agriculture, Ecosystems and Environment,2004,104:63-73.
- [8] 叶绍明,温远光,杨梅,等. 连栽桉树人工林生产力和植物多样性及其相关性分析[J]. 西北植物学报,2010,30(7):1458-1467.
- [9] Härdtle W, Oheimb G V, Westphal C. The effects of light and soil conditions on the species richness of the ground vegetation of deciduous plantations in northern Germany (Schleswig-Holstein) [J]. Plantation Ecology and Management,2003,182:327-338.
- [10] 杨再鸿,李跃烈,余雪标,等. 海南桉林林下植被木本多样性的复合因子分析[J]. 云南大学学报:自然科学版,2008,30(2):211-216.
- [11] Carneiro M, Fabião A, Martins M C, et al. Effects of harrowing and fertilization on understory vegetation and timber production of a *Eucalyptus globulus* Labill. plantation in Central Portugal [J]. Plantation Ecology and Management,2008,255:591-597.
- [12] 赵一鹤,杨宇明,杨时宇,等. 培育措施对桉树人工林林下物种多样性的影响[J]. 云南农业大学学报,2008,23(3):309-314.
- [13] 杨小波,张桃林,吴庆书. 海南琼北地区不同植被类型物种多样性与土壤肥力的关系[J]. 生态学报,2002,22(2):190-196.
- [14] Bruun H H, Moen J, Angerbjörn A. Environmental correlates of meso-scale plant species richness in the province of Härjedalen, Sweden [J]. Biodiversity and Conservation,2003,12:2025-2041.
- [15] 唐启义. DPS 数据处理系统:实验设计、统计分析 & 数据挖掘[M]. 2 版. 北京:科学出版社,2010:508-511.
- [16] 章家恩. 生态学常用实验研究方法与技术[M]. 北京:化学工业出版社,2006:91-92.
- [17] 秦卫华,王智,徐网谷,等. 海南省 3 个国家级自然保护区外来入侵植物的调查和分析[J]. 植物资源与环境学报,2008,17(2):44-49.
- [18] Webster R. Is soil variation random [J]. Geoderma,2000,97:149-163.
- [19] Goderya F S. Field scale variations in soil properties for spatially variable control: A review [J]. Journal of Soil Contamination,1998,7:243-264.