

# 土壤元素与木麻黄生长和 VA 菌根菌侵染率的关系\*

仲崇禄 弓明钦 康丽华

**摘要** 通过对华南地区沿海 15 种有代表性的木麻黄林土壤调查, 收集土样 49 个, 对土样测定了全 Co、Cu、Zn、Mn 和 Fe 含量, 速效 N、P 和 K 含量, 有效 Ca、Mg 和 B 含量及 pH 值等 12 个指标, 结果表明: 树木年均高生长量与土壤有效 Ca 和全 Zn 呈显著正相关, 而与全 Mn 呈显著负相关; 树木平均胸径生长量与土壤 pH 值和全 Co 呈显著正相关, 与全 Mn 呈显著负相关; 苗高与所有土壤因子无显著相关; 苗木地径与 P、Mg、Mn 有显著正相关, 与 K 和 Fe 呈负相关; 苗木侵染率与 P 和 Fe 有显著正相关, 与 B 和 Cu 呈负相关。但逐步回归分析表明, 土壤 N 与林木生长及苗木侵染率间无显著相关。同时还探讨了有利于 VA 菌根菌侵染的某些土壤因子的变化范围, 及土壤类型与 VA 菌根菌侵染率的关系。

**关键词** 木麻黄 土壤元素 生长 VA 菌根菌 侵染

木麻黄(*Casuarina* sp.) 是华南地区的主要造林树种之一, 但对其林地土壤营养元素状况及与树木生长关系的研究甚少<sup>[1,2]</sup>。木麻黄是具有 VA 菌根菌(vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi) 共生的植物。土壤因子与菌根菌发育、生长或侵染的关系国内外有些报道<sup>[3~11]</sup>, 但对木麻黄人工林中土壤状况与林木生长及 VA 菌根菌侵染率关系的研究尚未见报道。本文通过对华南地区木麻黄人工林主要分布区内的土壤调查、生长及土壤中 VA 菌根菌侵染能力的观测, 探讨了土壤某些因子现状及其与林木生长和 VA 菌根菌侵染率的关系, 以便为科学地经营木麻黄林提供指导。

## 1 方法

### 1.1 土壤样本采集与分析

在华南木麻黄人工林分布区内选择 15 个代表性的地点(表 1), 采集各土壤样本 2~6 个, 共收集 49 个, 送检 26 个。样土采自每株树木周围 30~100 cm 处, 深 0~30 cm, 每个鲜样重 2.0 kg, 同时收集部分木麻黄细根。每个土样各取 0.5 kg, 风干后保存于布袋中, 用作养分指标分析。其它土壤分装塑料袋中, 供侵染观测用。取回的土样, 分析部分马上送检, 测 12 个指标: pH 值(水提法); 速效 N (mg/kg 土, 碱解扩散吸收法)、速效 P (mg/kg 土, 碳酸氢钠法浸提, 钼锑抗比色法) 和速效 K (mg/kg 土, 醋酸氨浸提, 火焰光度计法); 有效 Ca [cmol(1/2Ca)/kg 土]、Mg [cmol(1/2 Mg)/kg 土] 和 B ( $\mu\text{g/g}$  土, 醋酸氨提取, 原子吸收光谱测定); 全量 Co、

1996—05—02 收稿。

仲崇禄副研究员, 弓明钦, 康丽华(中国林业科学研究院热带林业研究所 广州 510520)。

\* 本研究属于国家自然科学基金资助项目(1990~1992 年); 本所郭俊义同志协助完成了部分土样的收集工作。

Cu、Zn、Mn ( $\mu\text{g/g}$  土) 和 Fe ( $\text{mg/kg}$  土) (王水-高氯酸硝化, 原子吸收光谱测定)。

表 1 采样地主要特征

编号	地点及代号	土壤类型	树 种	平均林龄 (a)	土样 (个)	送检土样 (个)
1	海南国营岛西林场(HN1)	滨海沙土	短枝木麻黄 ( <i>C. equisetifolia</i> L. Johnson)	25.3	6	3
2	海南国营上涌林场(HN2)	砖红壤	短枝木麻黄	4.0	2	1
3	海南琼海福田乡(HN3)	滨海沙土	短枝木麻黄	7.0	2	1
4	海南国营岛东林场(HN5)	滨海沙土	短枝木麻黄	4.7	6	3
5	广东电白博贺镇(GD1)	滨海沙土	短枝木麻黄	6.0	4	3
6	广东阳西沙扒镇(GD2)	滨海沙土	短枝木麻黄	5.0	2	2
7	广东阳西热林基地(GD3)	赤红壤	山地木麻黄 ( <i>C. junghuhniana</i> Miq.)	2.0	2	1
8	广东惠东港口镇(GD4)	滨海沙土	短枝木麻黄	5.0	4	2
9	广东陆丰甲东镇(GD5)	滨海沙土	短枝木麻黄	6.0	2	1
10	广西北海市岭底(GX1)	滨海沙土	短枝木麻黄	15.5	4	2
11	广西合浦营盘镇(GX2)	滨海沙土	短枝木麻黄	21.5	4	2
12	福建龙海白坑乡(FJ1)	滨海沙土	短枝木麻黄	26.0	4	2
13	福建厦门植物园(FJ2)	赤红壤	短枝木麻黄	26.0	2	1
14	福建厦门忠仑苗圃(FJ3)	赤红壤	短枝木麻黄	26.0	2	1
15	福建厦门集美区(FJ4)	滨海沙土	短枝木麻黄	26.0	2	1

注: 取样数根据木麻黄林分布多少确定; 送检样数根据取样数确定。

## 1.2 林木生长观测

包括林龄  $A$ , 树高  $H$  和胸径  $D$ 。在每样点周围观测 5 株木麻黄树高和 5~10 株胸径, 并计算 2 个指标的年均生长量, 分别用  $H a (\text{m a}^{-1})$  和  $D a (\text{cm a}^{-1})$  表示。

## 1.3 侵染率观测

取 0.4 kg 土, 装于高 10 cm、口径 8 cm 黑色塑料杯中, 每土样重复 3 次, 用盆栽法生产侵染观测材料。为消除树种或林龄差异对侵染率的影响, 种植同一品种的木麻黄苗, 室温培养 6 个月后, 取根样观测侵染率  $IR(\%)$ 。具体方法如下: 从培养土中筛取木麻黄细根, 清水洗净后剪成 1 cm 长根段放入小容器中, 加入 10% KOH 溶液浸透根样, 加盖并沸水加热 1 h 后清水洗去 KOH; 加 3% 过氧化氢软化根段, 室温放置 5 min, 清水洗去过氧化氢; 加 10% HCl 浸 5 min, 清水洗根数次; 用乳酸-甘油-锥虫蓝染色剂(Typan blue)染色 5 min 后清水洗去染色剂。每个样品中随机选取 30 条根段并分 3 组, 在光照显微镜下观测并计数每 10 个根段中的浸染根段数, 并计算侵染率(被侵染根段数占取样根段数的百分比)。

侵染率观测取样时, 测定苗高  $H(\text{cm})$  和地径  $Do(\text{cm})$ 。

## 1.4 数据处理

方差分析、简单相关分析、逐步回归分析和聚类分析。

# 2 结果与分析

## 2.1 华南木麻黄人工林土壤状况

华南地区木麻黄人工林土壤分析结果如表 2, 12 个指标数值变化范围如下: pH= 4.50~8.7; 速效 N = 16.6~132.4 mg/kg; 速效 p = 1.4~4.2 mg/kg; 速效 K = 23.2~112.1 mg/kg;

有效 Ca= 0.06~12.8 cmol(1/2 Ca)/kg; 有效 Mg= 0.06~0.69 cmol(1/2 Mg)/kg; 全 B= 0.06~0.31  $\mu\text{g/g}$ ; Cu= 3.72~44.21  $\mu\text{g/g}$ ; 全 Zn= 3.22~31.9  $\mu\text{g/g}$ ; 全 Mn= 11.19~454.9  $\mu\text{g/g}$ ; 全 Co= 1.99~7.99  $\mu\text{g/g}$ ; 全 Fe= 0.65~22.01 g/kg。表 2 为华南沿海 15 个点木麻黄人工林土壤营养含量及苗木侵染率测定结果。

表 2 华南 15 个地点木麻黄林地土壤 pH 值、营养元素含量及 VA 菌根菌侵染率测定结果

代号	pH	速效性 (mg/kg)			交换性 <sup>①</sup>		全 量 ( $\mu\text{g/g}$ )						IR (%)
		N	P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Mn	Co	B	Fe <sup>②</sup>	
HN1	6.00	31.7	2.2	66.4	0.06	0.06	9.95	11.28	145.30	7.00	0.07	2.44	67.8
HN2	4.85	132.4	4.2	112.1	0.18	0.32	44.21	30.48	39.46	7.99	0.31	22.01	93.3
HN3	4.75	40.0	4.2	43.6	0.06	0.09	5.76	3.96	11.13	3.46	0.12	0.81	83.3
HN5	8.60	34.4	3.9	35.3	12.82	0.55	3.72	4.72	44.44	3.48	0.24	0.96	73.3
GD1	7.31	24.1	1.8	105.8	1.34	2.31	6.78	13.0	187.09	5.13	0.18	5.13	67.7
GD2	6.90	16.6	1.5	27.0	0.33	0.24	5.24	7.74	105.36	2.75	0.10	3.31	71.7
GD3	4.50	72.4	1.8	37.4	0.11	0.03	14.03	17.48	18.98	6.99	0.10	9.52	75.0
GD4	5.20	37.9	2.0	23.2	0.22	0.14	3.74	5.48	26.65	1.99	0.09	2.66	76.7
GD5	6.15	16.6	1.8	24.9	0.70	0.48	5.24	9.49	172.38	3.50	0.08	5.43	76.7
GX1	6.20	21.4	1.5	27.0	0.06	0.28	3.72	3.22	26.58	3.48	0.30	1.58	57.2
GX2	6.15	20.0	1.8	41.5	0.80	0.09	5.22	3.23	14.42	3.48	0.03	0.65	62.7
FJ1	4.70	22.8	1.4	23.2	0.12	0.12	3.74	5.24	31.68	2.00	0.12	2.65	74.1
FJ2	5.20	122.1	2.2	80.9	4.25	0.42	11.96	31.88	338.72	3.49	0.19	9.50	76.7
FJ3	4.95	66.2	2.8	58.1	0.44	0.07	20.82	22.25	454.93	7.00	0.06	7.56	83.3
FJ4	5.90	33.8	2.2	29.0	0.18	0.69	9.38	7.98	133.66	4.99	0.15	9.51	80.0

注: ①单位为 cmol(1/2Ca 或 Mg)/kg 土; ②单位为 mg/kg 土。

## 2.2 土壤因子与林木生长和侵染率的关系

2.2.1 土壤因子与生长指标和侵染率指标的逐步回归分析 为了解影响生长与感染率的土壤元素主导因子, 用 26 个土样的 12 个土壤因子建立与树高年均生长量( $H_a$ )、胸径年均生长量( $H_a$ 、 $D_a$ )、苗木侵染率( $IR$ )、苗高( $H_m$ )和苗木地径( $D_o$ )的逐步回归方程, 如下:

$$H_a = 1.043\ 931 + 0.076\ 187\ Ca + 0.041\ 919\ Zn - 0.003\ 395\ Mn$$

$$r = 0.60, F \text{ 值} = 4.16^{**} (P = 0.05)$$

$$D_a = -0.288\ 694 + 0.190\ 571\ pH - 0.002\ 109\ Mn + 0.185\ 483\ Co$$

$$r = 0.58, F \text{ 值} = 3.77^{**} (P = 0.05)$$

$$D_o = 0.187\ 596 + 0.063\ 44\ P - 0.001\ 55\ K + 0.208\ 98\ Mg + 0.000\ 23\ Mn - 0.006\ 16\ Fe$$

$$r = 0.85, F \text{ 值} = 10.55^{***} (P = 0.01)$$

$$IR = 59.228\ 377 + 6.428\ 349\ P - 46.548\ 848\ B - 0.439\ 54\ Cu + 1.888\ 006\ Fe$$

$$r = 0.88, F \text{ 值} = 17.44^{***} (P = 0.01)$$

从方程(注:  $r$  为方程复相关系数;  $P$  为显著检验水平)中可看出, 木麻黄年均高生长量与土壤有效 Ca 和全 Zn 呈显著正相关, 而与全 Mn 呈显著负相关; 年均胸径生长量与土壤 pH 值和全 Co 呈显著正相关, 与全 Mn 呈显著负相关; 苗高与所有土壤因子无显著相关; 苗木地径与 P、Mg 和 Mn 有显著正相关, 与 K 和 Fe 呈负相关; 苗木侵染率与 P 和 Fe 有显著正相关, 与 B 和 Cu 呈负相关。这 4 个方程对了解林木生长和苗木侵染率有指导意义。

分析发现苗木 VA 菌根菌侵染率在土壤类型间有显著差异(表 3,  $P < 0.01$ )。苗高或地径

都与苗木侵染率呈显著正相关( $P = 0.10$ )。

表 3 侵染率的方差分析及多重比较(Duncan 法)

变源	自由度	离差平方和	均方值	F 值	显著水平
土壤类型间	2	0.109 7	0.054 9	6.29***	$P < 0.01$
土壤类型内	23	0.200 5	0.008 7		
总的	25	0.310 3			

  

土类	含土样数(个)	侵染率(IR)均值	相似值
砖红壤	1	93.30	
红壤	3	78.99	
滨海沙土	22	70.72	

注:分析时,侵染率经反正弦转换  $IR' = \arcsin \frac{IR}{\bar{IR}}$ 。

### 2.3 木麻黄林地土壤营养特征

从逐步回归分析中发现:除 N 外, pH、P、K、Ca、Mg、B、Cu、Zn、Mn、Co 和 Fe 对 3 个生长指标和苗木侵染率有显著作用。故对华南 15 个点 26 个木麻黄林地土壤混合样, 根据 11 个营养指标, 运用聚类分析(最短距离法), 将木麻黄林地土壤的营养元素特点分类如下(表 4):

第 1 类: 取自海南岛东林场的 3 个土样, 为滨海沙土, 特点是 pH 较高, 强碱性, Ca 和 Mg 含量均较高, P 含量较高, Co 和 K 含量较低, Cu、Zn 和 Fe 含量最低, 在此类土壤上, 木麻黄生长最好。

第 2 类: 取自海南上涌的土样, 为砖红壤, 特点是 pH 4.85、酸性, P 含量高, K、B、Cu、Co、Zn 和 Fe 含量最高, 而 Ca 含量较低; 此类土壤上, 林木生长较好。

第 3 类: 厦门园林局苗圃和厦门植物园 2 个土样, 为赤红壤, 土壤 pH 5.08、酸性, Mn 含量最高, Cu、Zn 和 Fe 含量较高; 此类土壤上, 林木生长一般。

第 4 类: 取自海南岛西林场和琼海福田, 广东电白、阳西、惠东和陆丰, 福建的龙海和厦门集美区及广西的北海和合蒲等 20 个土样; 除阳西基地 1 个土样为赤红壤外, 其它均为风积滨海沙土; 土壤呈酸性至碱性, N、P、Ca 和 B 含量低, K 和 Mg 含量也较低, Mn、Cu、Zn、Co 和 Fe 含量居中。林木生长一般。

表 4 华南沿海木麻黄林地土壤聚类分析指标平均值

类别	土壤营养特征												土样代号
	pH	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Mn	Co	B	Fe	
	8.60	34.4	3.9	35.3	12.82	0.55	3.72	4.72	44.44	3.48	0.24	0.96	HN 5
	4.85	132.4	4.2	112.1	0.18	0.32	44.21	30.48	39.46	7.99	0.31	22.0	HN 2
	5.08	89.1	2.5	69.5	2.35	0.25	16.39	27.07	396.8	5.25	0.12	8.53	FJ2, FJ3
	5.95	28.7	1.9	45.5	0.60	0.28	6.43	8.15	116.2	3.86	0.11	3.49	其它

注: 土壤元素单位同表 2。

## 3 讨 论

### 3.1 华南木麻黄林地土壤现状与经营

从华南木麻黄林地土壤现状看, 多数土壤是贫瘠的。但土壤 pH 值和营养元素含量差异较

大, 根据土壤不同特征, 将其分为 4 类。所以, 应按 4 类土壤的特点施用不同种类肥料。同时, 施肥应考虑木麻黄林地土壤 pH 和营养元素与生长的相关关系。

### 3.2 土壤 pH 值和营养元素与苗木侵染率和林木生长的关系

据报道, 土壤 pH 值影响植物 VA 菌根菌对磷吸收能力<sup>[6]</sup>, 土壤磷可改善 VA 菌根菌孢子化, 但不同 VA 菌根菌对土壤磷的耐性有差异<sup>[10]</sup>, 施磷可降低土壤 pH 值, 有利于 VA 菌根菌对 Cu 的吸收, 但随着磷施用量的增加会降低苗木侵染率和土壤中菌根菌孢子的数量<sup>[11]</sup>, 桉树和槭树根系的侵染率与土壤 pH、有机质、P 和 Fe 有显著相关<sup>[5]</sup>等, 本文中逐步回归分析表明木麻黄苗木侵染率与 P 和 Fe 有显著正相关, 但木麻黄林地土壤 pH=4.50~8.7 时, 侵染率都大于 53.3%, 且与 pH 值间无显著相关, 说明华南木麻黄林地土壤中 VA 菌根菌可耐较宽的 pH 值范围, 这可能是土壤中 VA 菌根菌种类较多之故。本文揭示的土壤元素与 VA 菌根菌侵染率的关系, 对华南木麻黄人工林经营中用施肥来改善土壤中 VA 菌根菌侵染率有一定的指导意义。

简单相关分析(表 5) 看出: 木麻黄人工林中土壤有效 Ca 与树高年均生长量呈显著正相关, 土壤 pH、有效 Ca、Mg 和 Co 都与树木年均胸径生长量显著正相关; 土壤 P、Ca 和 Mg 都与苗木地径生长呈正相关; 土壤 N、P、Cu、Zn、Co 和 Fe 都与 VA 菌根菌侵染率呈正相关。但值得注意的是这种简单相关分析没有考虑元素间的相互影响, 故与逐步回归分析结果有些出入, 这也说明探讨多个元素对林木或苗木指标的影响时, 逐步回归分析好于简单相关分析。

表 5 土壤因子与树木、苗木生长和侵染率的简单相关分析

因子	<i>H a</i> (m)	<i>D a</i> (cm)	<i>IR</i> (%)	<i>H m</i> (cm)	<i>D o</i> (cm)
侵染率 IR	0.18	0.08	-	0.34*	0.35*
pH	0.32	0.39**	-0.28	-0.26	0.17
N (mg/kg 土)	0.12	0.04	0.59***	0.01	-0.10
P (mg/kg 土)	0.33	0.21	0.64***	0.22	0.53***
K (mg/kg 土)	0.23	0.31	0.21	-0.25	-0.08
Ca[cmol(1/2)Ca/kg 土]	0.41**	0.35*	0.05	-0.18	0.46**
Mg[cmol(1/2)Mg/kg 土]	0.27	0.38*	-0.01	-0.06	0.37*
B (μg/g 土)	0.25	0.29	-0.02	-0.16	0.08
Cu (μg/g 土)	0.07	0.03	0.45**	-0.17	-0.30
Zn (μg/g 土)	0.10	0.12	0.49**	-0.13	-0.21
Mn (μg/g 土)	-0.28	-0.18	0.16	-0.04	-0.01
Co (μg/g 土)	0.32	0.35*	0.46**	-0.21	-0.17
Fe (mg/g 土)	0.18	0.16	0.55***	-0.14	-0.25

注: 表中相关分析用 26 个土样数据。\*\*\* 示检验显著水平  $P=0.01$ ; \*\* 示检验显著水平  $P=0.05$ ; \* 示检验显著水平  $P=0.10$ 。

据报道<sup>[3,4,7~9]</sup>, 土壤类型和土壤肥力与菌根菌发育、生长和侵染率有关, 本文也证明华南木麻黄林地土壤类型显著影响着 VA 菌根菌对木麻黄苗的侵染率。

苗木侵染率高的土壤中, VA 菌根菌种类或孢子数量是否也多等问题有待进一步研究。本文仅是利用自然土壤探讨 VA 菌根菌与土壤元素或 pH 值的关系, 对有利于 VA 菌根菌侵染木麻黄根系的土壤元素或 pH 值范围有待于进一步试验研究。

## 4 结 语

(1) 华南木麻黄林地土壤, 据其营养元素特征, 可分为 4 大类, 各类土壤均有其各自的特性, 土壤经营中不应采用相同的措施。

(2) 木麻黄林木年均高生长量与土壤有效  $\text{Ca}$  和全  $\text{Zn}$  呈显著正相关, 而与全  $\text{Mn}$  呈显著负相关; 林木年均胸径生长量与土壤  $\text{pH}$  值和全  $\text{Co}$  呈显著正相关, 与全  $\text{Mn}$  呈显著负相关; 苗高与所有土壤因子无显著相关; 苗木地径与  $\text{P}$ 、 $\text{Mg}$  和  $\text{Mn}$  有显著正相关, 与  $\text{K}$  和  $\text{Fe}$  呈负相关。

(3) 高  $\text{P}$  和  $\text{Fe}$  含量、而低  $\text{B}$  和  $\text{Cu}$  含量时, 有利于  $\text{VA}$  菌根菌对苗木根系的侵染; 为了保证木麻黄人工林地中  $\text{VA}$  菌根菌有较高的侵染能力, 建议加强林地土壤管理, 特别人工林建立初期, 应针对每类土壤类型特点施以适当的肥料(如  $\text{P}$ ) 来改善或调节土壤不利的状况。

## 参 考 文 献

- 1 罗云裳, 高茂成. 滨海沙土微量元素与木麻黄生长的关系. 华南农业大学学报, 1989, 10(1): 71 ~ 76.
- 2 陈超凡. 广东港口滨海沙地生境与木麻黄生态质量的研究. 热带地理, 1990, 10(2): 125 ~ 131.
- 3 牛家琪. 广东  $\text{VA}$  菌根菌真菌资源调查应用研究. 土壤学报, 1994, 31(增): 54 ~ 63.
- 4 Chu  $\text{Chou}$  M, Grace L J. Mycorrhizal fungi of radiata pine seedlings in nurseries & trees in forests. Soil Biol. Biochem., 1990, 22(7): 959 ~ 966.
- 5 Frankland J C, Harrison A F. Mycorrhizal infection of *Betula pendula* and *Acer pseudoplatanus* relationships with seedling growth and soil factors. New Phytol., 1985, 101: 133 ~ 151.
- 6 Graw D. The influence of soil pH on the efficiency of vesicular-arbuscular mycorrhiza. New Phytol., 1979, 82: 687 ~ 697.
- 7 Mosse B. The influence of soil type and *Endogone* stain on the growth of mycorrhizal plants in phosphate deficient soil. Review of the Ecological Biology Society, 1972, 9: 529.
- 8 Mosse B, Phillips J M. The influence of phosphate and other nutrients on development of vesicular-arbuscular mycorrhizae in culture. J. of General Microbiology, 1971, 69: 157 ~ 166.
- 9 Slankis V. Soil factors influencing formation of mycorrhiza. Annual Review of Phytopathology, 1974, 12: 437.
- 10 Sylvia D M, Schenck N C. Application of superphosphate to mycorrhizal plants stimulates sporulation of phosphorus-tolerant vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. New Phytol., 1983, 95: 655 ~ 661.
- 11 Timmer L, Leyden R F. The relationship of mycorrhizal infection to phosphorus-induced copper deficiency in sour orange seedlings. New Phytol., 1980, 85: 15 ~ 23.

## Relationship between Soil Factors and Growth or VAM Infection in *Casuarina* Plantations in Southern China

Zhong Chonglu Gong Mingqin Kang Lihua

**Abstract** At 15 typical sites in *Casuarina* plantations in southern China, 49 soil samples were collected, and 26 mixed samples were analyzed for 12 indexes: pH, available P, N, K, Ca, Mg and B, total Cu, Zn, Mn, Co and Fe. Results showed that there were significant correlation ( $p = 0.10 \sim 0.01$ ) between soil Ca, Zn, Mn and annual average tree height increment (m/year), between soil pH, Co, Mn and annual average tree diameter at 1.3 m high (cm/year), and between soil P, K, Mg, Fe, Mn and average seedling diameter at ground level, and between soil P, B, Cu, Fe and VAM infection. But there was no significant difference between N and the 5 indexes. Besides, the effect of soil types on VAM infection was discussed.

**Key words** *Casuarina* soil factor growth VAM infection

---

Zhong Chonglu, Associate Professor, Gong Mingqin, Kang Lihua (The Research Institute of Tropical Forestry, CAF Guangzhou 510520).