

毛竹林养分动态与产量关系的研究*

张献义 陈金林 叶长青 梁文焰 张碧松 李启鹏

摘要 毛竹林4年定位(定点、定株、定时)的试验研究表明,竹叶、竹根和根间土的N、P、K浓度均存在季节、年度的变化,并与竹林生长特点和产量有密切关系。叶和根中的养分随其年龄增加而减少,叶龄相同者养分浓度基本相似。孕笋期土壤和竹叶中磷的作用大于氮,出笋期土壤水解氮的含量与出笋、成竹数的关系密切。从而,为营养诊断和合理施肥提供了基础理论依据。

关键词 毛竹、养分动态、产量

国内外对毛竹林养分的研究,或用一次性伐竹采样分析其养分^[1,1],或用短期常规肥料试验,分析叶片养分与产量关系^[2,3]。采用定位(定点、定株、定时)法研究毛竹林的叶、根、土系统中的养分动态及其与笋、竹产量的关系则未见报道。我们对此进行了4年较为系统的试验研究,探讨毛竹林营养诊断和合理施肥的一些基础理论和措施。

1 试验内容和方法

1.1 试验地概况

试验区设在福建省邵武市龙湖采育场老八班的17.9 hm²毛竹林中,平均立竹度为1700株/hm²,大、小年明显,大年竹占83%以上,一度竹占32.7%,二度竹占18.9%,三度竹占23.1%,四度竹占13.8%,余为五度以上。地形属低山区,海拔500~1200 m,坡度20~35°,年均温度为16.5℃,1月均温为5.6℃,极端最低温度可达-10℃,年均降水量为1830 mm,年均蒸发量为1350 mm,年相对湿度为85%,年均降雪2~3 d。土壤属中、粗粒花岗岩坡积物上发育的红壤,土层较薄(<60 cm),含石量10%以上,A₁层薄至10 cm以内,为轻砾质砂壤—轻壤,较松,心土为轻砾质轻壤—中壤,容重1.2~1.4 g/cm³,轻紧。表土有机质4.6%~4.8%,全N 0.17%~0.19%,全P 0.019%~0.021%,速效N、P、K依次为23×10⁻⁶~25×10⁻⁶、5.8×10⁻⁶~6.6×10⁻⁶、100×10⁻⁶~119×10⁻⁶,pH 4.6~4.8(水提液),3.95~4.00(盐提液)。心土层有机质1.91%~2.80%,全N 0.07%~0.08%,全P 0.019%~0.024%,速效N、P、K依次为15×10⁻⁶~16×10⁻⁶、0.7×10⁻⁶~1.8×10⁻⁶、47.4×10⁻⁶~67.1×10⁻⁶。总之,试验地较肥的疏松表土层和整个土层偏薄,透水通气性较好,速效N、P少,土壤保水保肥、供水供肥性能差。

1.2 试验设计

根据试验地情况和预期目的,设计了10个处理,3次重复的随机区组试验,小区面积500 m²。施肥试验因素水平和配比如表1~2。

1994-12-31 收稿。

张献义教授,陈金林(南京林业大学 南京 210037);叶长青,梁文焰(福建省邵武市林业委员会);张碧松,李启鹏(福建省邵武市龙湖采育场)。

* 胡德春、胡永青、黄志伟、傅呈皓参加部分工作。

1) 黄伯惠. 毛竹矿质营养元素动态的研究. 浙江省林业科学研究所, 研究报告, 1982, (1): 6~21.

表1 试验因素水平 (单位:kg/hm²)

试验因素	水平	
	1	2
N	104.0	138.0
P ₂ O ₅	52.0	69.0
K ₂ O	69.0	
施肥时期	每年6月下旬	每年6月下旬大年 出笋前15~20d
施肥方法	开沟条施 ^①	深耕施肥器或 短沟条施

①沿等高线每隔1.2m挖10~15cm深的沟施肥,并每年轮换。短沟施是在幼壮龄竹根及来去鞭根旁开沟施。

笋期和成竹调查,大年笋期观测项目有:出笋数(挂牌编号),高生长,退笋数及原因,展枝期。成竹后在新竹上注明年份及编号,并测胸围和枝下高。小年只调查成竹数。

每年分春(4月初)、夏(8月中旬)、秋(11月下旬)三季,在各小区中选生长中等的1987和1989年生竹各5株,采其叶、根和根间土的混合样品。叶、根样品整理后立即杀青,土样风干。按森林土壤分析法^[4]测其全量和速效养分。

2 结果与分析

2.1 施肥对产量的影响

本底和施肥4年产量如表3。方差分析表明:(1)出笋数,1990年和1991年的处理间 F 值2.45($F_{0.05}=2.35$)差异显著,1992年和1993年的处理间 F 值4.79($F_{0.01}=3.37$)差异极显著。多重比较表明,所有施肥处理与对照的差异均极显著或显著。同时,第2、4、7、8等处理小区(同种等量肥料均分两次施的)的出笋效果均好于对应的1、3、6、9等处理小区(一次施肥的)。(2)成竹数,4年的处理间 F 值7.89,差异极显著。所有施肥处理与对照的差异均极显著。同样,两次施肥的效果好于一次施肥。同时,新竹的质量也逐年提高。

表3 各处理的本底和4年平均产量 (单位:株/小区)

小区号	00	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
底竹数 ^①	102.00	58.33	79.33	85.67	79.67	95.67	93.33	81.33	89.33	76.67	86.33
1989年成竹数	31.00	24.33	29.00	24.33	25.00	37.33	33.67	22.67	28.33	22.67	31.00
1990年成竹数	1.67	1.33	1.33	6.33	1.67	0.33	1.00	2.67	3.33	4.67	2.67
1991年出笋数	46.67	81.00	108.67	119.00	100.67	119.00	101.33	89.67	108.33	97.33	107.67
1991年成竹数	31.33	47.67	57.00	63.00	62.00	65.00	58.00	50.00	60.66	53.00	59.66
1992年成竹数	0.33	0	0.67	2.33	1.33	3.00	0.33	1.67	1.67	0	2.67
1993年出笋数	49.67	54.33	98.00	108.67	86.67	102.33	97.67	97.67	98.33	113.33	81.00
1993年成竹数	27.33	32.67	52.67	57.67	52.00	59.00	57.67	52.33	55.67	62.67	43.33

①包括1989年成竹数。

2.2 毛竹林养分动态与出笋、成竹关系

2.2.1 竹叶养分动态与出笋成竹关系

(1)竹叶养分动态 1989年夏至1990年春三季,施肥处理的定株竹叶中的N、P、K浓度均比对照增加。1990年夏平均施肥又加原设计施肥后,除N浓度特高违反常态外,其余无甚影响。及至秋季叶中N、P、K浓度均恢复常态。为避免上述干扰,以后两年资料(表4)为分析依

表2 各处理的N、P、K配比

小区号	00	0	1	2	3	4
处理	CK ₂	CK ₁	N ₁ P ₁	<u>N₁P₁</u>	N ₂ P ₂	<u>N₂P₂</u>
小区号	5	6	7	8	9	
处理	N ₂ P ₂ K ₁ 短	N ₂ P ₂ K ₁	N ₂ P ₂ K ₁	N ₂ P ₂ K ₁ 短	N ₂ P ₂ K ₁ 短	

注:CK₁为原对照区,N₁P₁、N₂P₂等为肥料均分两次施,配方后的纯、短分别为纯林、短沟施。1990年夏误将肥料平均施于30个小区,故又增设CK₂为新对照区。

据,前两年资料作参考。结果表明:各处理定株竹叶养分浓度的季节、年度变化趋势是相同的,即不论何年、何季节一年生叶的 N、P、K 浓度均高于二年生叶;同一林分在各年度、各季节,叶龄相同的竹叶中 N、P、K 浓度均基本近似。上述变化均是竹林生长特点的反映,也为叶片营养诊断提供了新依据,即只需采集壮年竹叶龄相同的叶子混合样即有代表性。

表 4 立竹竹叶养分季节变化 (单位:%)

小区号	出笋年份	1991 年									1992 年								
		春			夏			秋			春			夏			秋		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
00	1987	1.66	0.22	0.71	2.05	0.19	0.39	1.23	0.22	0.39	1.87	0.22	0.35	1.73	0.23	1.06	2.21	0.34	1.09
	1989	1.68	0.22	0.99	2.19	0.20	0.38	1.67	0.21	0.40	1.76	0.22	0.32	1.88	0.26	1.15	2.00	0.33	1.03
2	1987	1.62	0.24	0.62	2.11	0.20	0.32	1.63	0.23	0.31	2.08	0.23	0.30	2.23	0.35	1.12	2.59	0.34	0.90
	1989	1.60	0.22	0.66	2.28	0.20	0.35	1.60	0.25	0.33	2.08	0.24	0.33	2.17	0.33	1.01	2.60	0.39	0.84
4	1987	1.65	0.22	0.69	2.26	0.18	0.30	1.71	0.22	0.26	1.86	0.25	0.30	2.35	0.32	1.04	2.64	0.36	0.89
	1989	1.74	0.22	0.70	2.26	0.19	0.31	1.73	0.23	0.30	1.87	0.24	0.28	2.28	0.32	1.05	2.52	0.37	0.81
6	1987	1.76	0.23	0.74	2.07	0.19	0.31	1.78	0.23	0.24	1.83	0.23	0.34	2.37	0.30	1.00	2.53	0.34	0.98
	1989	1.77	0.23	0.82	2.29	0.19	0.31	1.83	0.23	0.28	1.82	0.23	0.34	2.43	0.29	1.06	2.59	0.39	0.92
7	1987	1.66	0.23	0.98	2.15	0.19	0.31	1.58	0.23	0.30	1.81	0.23	0.32	2.54	0.31	1.07	2.51	0.35	0.93
	1989	1.68	0.24	1.00	2.06	0.19	0.34	1.58	0.25	0.30	1.92	0.22	0.32	2.42	0.31	1.18	2.47	0.42	0.85

注:N、P₂O₅、K₂O 浓度为 15 株平均数,表 9 同。

(2) 叶子养分与出笋、成竹关系 选择与出笋、成竹有关的年度、季节进行多元回归和相关分析。①1992 年夏叶 N、P、K 浓度与翌年出笋、成竹关系,1992 年夏叶的 N(X₁)、P(X₂)、K(X₃)与出笋数(Y)的回归方程 $Y = -29.8082 + 10.8263X_1 + 560.8597X_2 - 72.7532X_3$ 。偏回归分析(表 5)表明,夏叶 N、P、K 三要素对翌年出笋数的贡献顺序是 P>N。1992 年夏叶养分与翌年成竹数的回归方程 $Y = -35.5881 + 13.6792X_1 + 253.1809X_2 - 22.2089X_3$ 。偏回归分析(表 6)表明,夏叶 N、P、K 三要素对翌年成竹数的贡献顺序是 N>P。②1992 年秋叶 N、

表 5 夏叶 N、P、K 与出笋数偏回归分析

序号	回归系数	偏平方和	偏 F 值
1	10.8263	2092.124	8.5811
2	560.8597	1281.032	11.2220
3	-72.7532	93.307	0.7966

表 6 夏叶 N、P、K 与成竹数偏回归分析

序号	回归系数	偏平方和	偏 F 值
1	13.6792	710.911	11.5879
2	253.1809	269.293	7.6166
3	-22.2089	8.695	0.2220

注:序号 1、2、3 分别代表 N、P、K,以下各表皆同。观测

注:观测值与拟合值相关为 0.885。

值与拟合值相关为 0.889。

P、K 浓度与翌年出笋、成竹关系,1992 年秋叶养分与出笋数的回归方程 $Y = -193.6310 + 57.6568X_1 + 324.5850X_2 + 19.6718X_3$ 。偏回归分析(表 7)表明,秋叶 N、P、K 三要素对翌年出笋数的贡献顺序是 N>P;1992 年秋叶养分与成竹数的回归方程 $Y = -80.7399 + 35.7138X_1 + 109.9890X_2 + 0.6895X_3$ 。偏回归分析(表 8)表明,秋叶 N、P、K 三要素对翌年成竹数贡献最大的是 N。

可见,不同季节叶中三要素对翌年出笋、成竹的贡献顺序不同,夏叶 N、P、K 浓度对出笋、成竹的关系优于秋叶,其回归方程似可作为预测出笋、成竹和合理施肥的依据。

2.2.2 竹根养分动态 各处理定株竹根养分浓度的季节、年度变化趋势基本相似(表 9),即不论何年、何季节,1989 年生定株竹根的 N、P、K 浓度均高于 1987 年生定株竹根。1992 年各季节根

中的 N、P 浓度均高于1991年。上述变化均是毛竹大、小年生长特性和根龄不同的反映。

表7 秋叶 N、P、K 与出笋偏回归分析

序号	回归系数	偏平方和	偏 F 值
1	57.656 8	2 320.090	10.619 4
2	324.585 0	392.348	1.994 2
3	19.671 8	14.162	0.063 6

注:观测值与拟合值相关为 0.798。

表8 秋叶 N、P、K 与成竹偏回归分析

序号	回归系数	偏平方和	偏 F 值
1	35.713 8	684.715	10.655 4
2	109.989 0	44.991	0.674 9
3	0.689 5	0.017	0.000 2

注:观测值与拟合值相关为 0.760。

表9 立竹竹根养分分季节变化

(单位:%)

小区号	出笋年份	1991年									1992年								
		春			夏			秋			春			夏			秋		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
00	1987	0.165	0.035	0.265	0.281	0.034	0.176	0.235	0.021	0.266	0.197	0.030	0.205	0.413	0.025	0.350	0.267	0.011	0.327
	1989	0.165	0.043	0.424	0.308	0.034	0.218	0.263	0.029	0.313	0.267	0.037	0.254	0.400	0.030	0.320	0.313	0.013	0.333
2	1987	0.232	0.039	0.332	0.360	0.025	0.141	0.290	0.024	0.235	0.313	0.043	0.192	0.350	0.037	0.220	0.350	0.028	0.300
	1989	0.256	0.043	0.452	0.397	0.027	0.148	0.343	0.024	0.275	0.370	0.043	0.243	0.390	0.032	0.270	0.410	0.028	0.370
4	1987	0.212	0.039	0.335	0.345	0.024	0.125	0.257	0.025	0.249	0.287	0.034	0.187	0.410	0.035	0.277	0.400	0.023	0.259
	1989	0.239	0.042	0.430	0.397	0.027	0.170	0.323	0.026	0.275	0.340	0.040	0.254	0.483	0.035	0.263	0.467	0.024	0.287
6	1987	0.192	0.038	0.250	0.353	0.023	0.152	0.265	0.021	0.294	0.316	0.043	0.217	0.420	0.042	0.317	0.373	0.034	0.330
	1989	0.237	0.043	0.301	0.364	0.030	0.188	0.255	0.030	0.354	0.333	0.038	0.245	0.460	0.037	0.310	0.409	0.035	0.373
7	1987	0.212	0.037	0.326	0.349	0.023	0.137	0.246	0.021	0.253	0.250	0.040	0.194	0.356	0.034	0.240	0.390	0.034	0.320
	1989	0.221	0.040	0.488	0.381	0.027	0.130	0.293	0.024	0.301	0.250	0.037	0.230	0.360	0.041	0.343	0.393	0.040	0.313

2.2.3 根间土养分动态与出笋、成竹关系

(1)根间土养分动态 毛竹秆基根间土壤养分浓度很少受到翻土、施肥等不均匀的干扰。几年来定株竹根间土的养分动态如图1~3。不同处理的土壤养分的季节、年度变化趋势基本相似,根间土各季节养分浓度还随定株竹及其根的年龄增长而变化,水解 N 和速效 K 均有逐年减少趋势,速效 P 则有增加趋势。

(2)根间土养分动态与出笋、成竹关系 ①1991年春水解 N 浓度与出笋成竹关系,水解 N

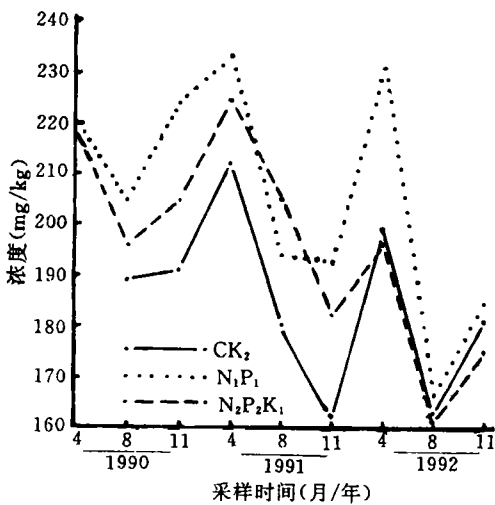


图1 3a 根间土的水解 N 动态

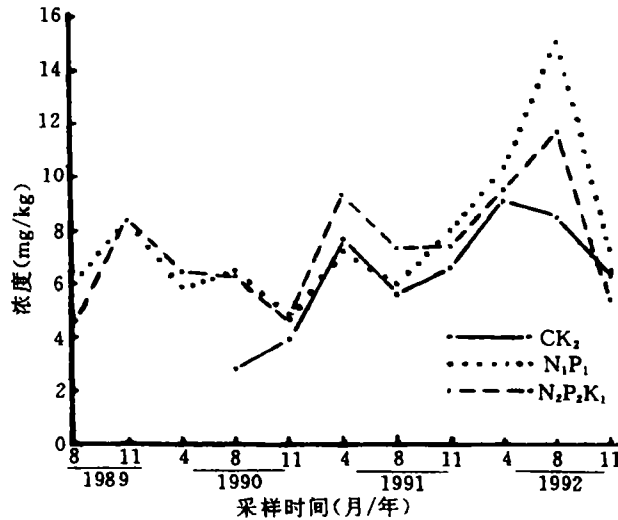


图2 4a 根间土速效 P₂O₅ 动态

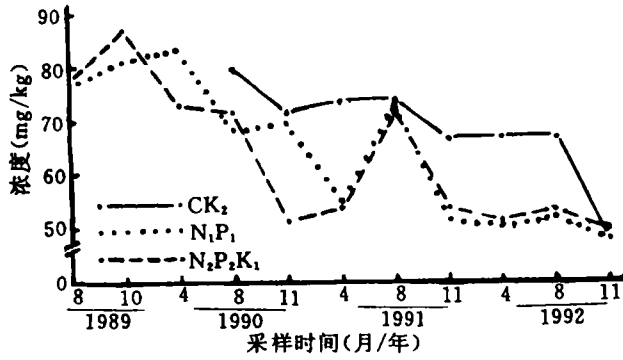


图3 4 a 根间土速效 K₂O 动态

浓度(X_1)与出笋数(Y_1)的回归方程为 $Y_1 = 26.91X_1 - 514.98, r = 0.86$; 水解 N (X_1)与成竹数(Y_2)的回归方程为 $Y_2 = 12.85X_1 - 237.63, r = 0.87$ 。上述密切相关,似可作为出笋期前施速效 N,有利于增加出笋、成竹数的依据。②1992年夏土壤速效养分与翌年出笋数的关系,1992年夏速效 N(X_1)、P(X_2)、K(X_3)与出笋数(Y_1)的多元回归方程为: $Y_1 = 118.5176 + 2.2258X_1 + 48.3106X_2 -$

$22.5947X_3$ 。偏回归分析(表10)表明,土壤速效 N、P、K 中对出笋数的贡献顺序是 $P > K$ 。1992年夏速效 N(X_1)、P(X_2)、K(X_3)与成竹数(Y_2)的回归方程为: $Y_2 = 85.9555 + 0.1731X_1 + 25.6396X_2 - 12.7745X_3$ 。偏回归分析(表11)表明,土壤速效 N、P、K 对成竹数贡献顺序是 P

表 10 夏季土壤速效养分与翌年出笋数偏回归分析

序号	回归系数	偏平方和	偏 F 值
1	2.225 8	66.815	0.142 5
2	48.310 6	2 440.447	10.973 7
3	-22.594 7	892.029	7.038 9

注:观测值与拟合值相关为 0.891。

表 11 夏季土壤速效养分与成竹数偏回归分析

序号	回归系数	偏平方和	偏 F 值
1	0.173 1	0.012	0.000 1
2	25.639 6	705.670	10.128 5
3	-12.774 5	285.137	7.331 8

注:观测值与拟合值相关为 0.886。

$> K$ 。③1992年秋土壤速效养分与出笋、成竹关系,1992年秋土壤速效 N(X_1)、P(X_2)、K(X_3)与出笋数(Y_1)的回归方程为: $Y_1 = -94.7137 - 2.6389X_1 + 105.6071X_2 + 32.7890X_3$ 。偏回归分析(表12)表明,土壤速效 N、P、K 中对出笋数贡献顺序是 $K > N$ 。而且,观测值与预测值相关较差,即准确率较低。1992年秋土壤速效 N(X_1)、P(X_2)、K(X_3)与成竹数(Y_2)的回归方程为: $Y_2 = -15.57447 - 2.1018X_1 + 49.1033X_2 + 14.2344X_3$ 。偏回归分析(表13)表明,土壤速效 N、P、K 对成竹数贡献顺序是 $K > N$,观测值与预测值相关也较差。总之,不同季节,土壤 N、P、K 对出笋、成竹的贡献顺序是不同的。我们利用 1992年夏土壤速效养分与出笋、成竹关系的资料,拟定了测土施肥技术(另文)。

表 12 秋季土壤速效养分与出笋数偏回归分析

序号	回归系数	偏平方和	偏 F 值
1	-2.638 9	621.497	1.526 2
2	105.607 1	379.133	0.923 1
3	32.789 0	1 054.573	3.308 6

表 13 秋季土壤速效养分与成竹数偏回归分析

序号	回归系数	偏平方和	偏 F 值
1	-2.101 8	176.732	1.464 2
2	49.103 3	83.914	0.669 7
3	14.234 4	198.747	1.731 1

3 结论

(1)毛竹林养分系统中,叶片、竹根和根间土的 N、P、K 浓度均有季节、年度的变化,并呈现出各自的变化规律。

(2)4年中,无论何年、何季节,一年生叶的N、P、K浓度均高于二年生叶。同一林分中叶龄相同的叶中N、P、K浓度基本近似。壮年竹一年生夏叶中N、P、K浓度与翌年出笋、成竹数的关系优于秋叶,其回归方程可作为预测出笋、成竹数与合理施肥的依据。

(3)不同季节的土壤速效养分对出笋、成竹数的影响不同。出笋期土壤水解N浓度与出笋、成竹数关系密切($r=0.86\sim 0.87$),似可作为出笋前施速效N,利于增加出笋、成竹数的依据。孕笋期土壤速效N、P、K对出笋、成竹数的贡献顺序是 $P>N$,观察值与拟合值相关系数为0.89。这些均为毛竹林的土壤营养诊断提供了新的依据。

参 考 文 献

- 1 刘显旋,邓毓芳,张美琼.毛竹无机养分的研究.中南林学院学报,1983,(1):61~67.
- 2 上田弘一郎(日).有用竹和笋——栽培的新技术.博友出版社,1963.
- 3 洪顺山,胡炳堂,江业根.毛竹营养诊断的研究.林业科学研究,1989,2(1):15~24.
- 4 中华人民共和国国家标准,森林土壤分析法(3.8).北京:科学出版社,1987.

Study on the Relationship between Nutrition Dynamics and Yield of *Phyllostachys pubescens*

Zhang Xianyi Chen Jinlin Ye Changqing
Liang Wenyan Zhang Bisong Li Qipeng

Abstract The research was conducted in 1989~1993 in Longhu Forest Farm of Shaowu City, Fujian Province. The randomized blocks design included eleven treatments and three repetitions. The main results were as follows ; (1)The nutrient content in the leaves, roots and soil changes with different season or year, which is closely related to the growth characteristics and yield of bamboo forest; (2)The content of N, P and K in the leaves and roots reduces with the increase of their age. There were similar nutrient contents in the leaves of the same age; (3)In the shooting stage, the order of importance of N, P, K in leaves and soils were $P>N$, but in spring the soil hydrolysable N was closely related to the output of shoots and clums. This study provides some theoretical basis for nutrient diagnosis and reasonable fertilization.

Key words *Phyllostachys pubescens*, nutrition dynamics, yield

Zhang Xianyi, Professor, Chen Jinlin (Nanjing Forestry University Nanjing 210037); Ye Changqing, Liang Wenyan (Forestry Committee of Shaowu City, Fujian Province); Zhang Bisong, Li Qipeng (Longhu Forest Farm of Shaowu, Fujian Province).