

西双版纳不同森林类型土壤肥力差异性研究

唐炎林, 邓晓保, 李玉武, 张顺宾 (中国科学院西双版纳热带植物园热带雨林生态系统定位研究站, 云南勐腊 666303)

摘要 以西双版纳热带季节雨林、次生林、人工橡胶林为例, 对pH值、有机质等12项土壤肥力指标进行了检测, 并对3种林型土壤肥力差异状况进行了比较。研究结果表明: 3种林型间土壤pH值差异未达到0.05的显著水平, 有机质、全N、水解N、速效K差异达0.05的显著水平。NH₄⁺-N、NO₃⁻-N、全P、有效P、全K、缓效K、CEC差异达0.01的极显著水平。3种林型土壤肥力指标空间变异系数顺序为: 全N> 有机质> NH₄⁺-N> NO₃⁻-N> 有效P> 缓效K> 速效K> 水解N> CEC> 全P> 全K> pH值。3种林型土壤肥力的整体水平: 次生林> 人工橡胶林> 季节雨林。

关键词 热带季节雨林; 人工橡胶林; 次生林; 土壤肥力; 有机质; 西双版纳

中图分类号 S158 **文献标识码** A **文章编号** 0517- 6611(2007)03- 00779- 03

Research on the Difference of Soil Fertility in the Different Forest Types in Xishuangbanna
TANG Yan-lin et al (Tropical Rainforest Ecosystem Station, Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, Chinese Academy of Science, Mengla, Yunnan 666303)

Abstract There is great difference in surrounding factors among different forest types because of both succession phase and conditions. In the long-term evolvement and development, especially, during the felling and building, the gap of soil fertility is very high. In this research, twelve soil fertility indexes were examined and the differences of three forest types were compared. The results showed that the difference of pH was not remarkable among three forest types, however, the differences of organic matter, total N, hydrolyzing N and quicking K reached significant(0.05), the differences of NH₄⁺-N, NO₃⁻-N, total P, valid P, total K, chronic K and CEC were quite remarkable, which reach 0.01 level. The spatial SD sequence of soil fertility in three forest types: total N> organic matter> NH₄⁺-N> NO₃⁻-N> valid P> chronic K> quicking K> hydrolyzing N> CEC> total P> total K> pH. The whole level of soil fertility was the secondary forest> manpower rubber forest> seasonal rain forest.

Key words Xishuangbanna; Tropical seasonal rain forest; Soil fertility; Secondary forest; Organic matter; Manpower rubber forest

原始热带季节雨林在西双版纳地区分布广泛, 它具有物种丰富、结构复杂、生物量高等特点, 是符合当地生境条件和相对稳定的顶极群落。原始林经过采伐演变成次生林, 或者直接营造为人工橡胶林后, 立地条件发生改变, 土壤肥力也相应地发生变化。笔者通过对12项土壤肥力指标的监测和差异分析, 在此基础上对不同林型间出现这种差异的原因进行探讨, 为土壤改良和合理利用土壤资源提供参考。

1 研究样地自然概况

西双版纳位于我国的西部, 与老挝、缅甸等国毗邻, 属于典型的热带气候, 这里的年日照时数为1 858.7 h, 年平均温度为21.8℃, 年降雨量在1 508.5 mm以上, 干湿季节明显, 雨季5~9月降雨量1 264.6 mm, 占年降雨量的85.3%。

季节雨林、次生林、人工橡胶林是该地区典型森林类型, 其中季节雨林森林群落为: 番龙眼- 白颜树- 滇南溪桫- 玉蕊+ 包疮叶- 山壳骨- 滇南九节- 染木+ 蕨类- 桫叶- 楼

梯草, 该植被类型为热带季节雨林, 成熟林, 是热带北缘的顶极群落类型, 群落高35~40 m, 群落的垂直结构可分为乔木层、灌木层、草本层和层间植物, 其中乔木层可分为3个亚层(I、II、III), 群落盖度约90%。次生林植物群落为: 番龙眼+ 箭毒木+ 葱臭木+ 玉蕊+ 窄序崖豆- 假海桐+ 大花哥纳香- 蕨类植物+ 小叶楼梯草, 该群落高20~25 m, 为中龄林, 为热带次生林, 现处于建群期的中后期阶段; 群落的垂直结构可分为乔木层、灌木层和草本层, 其中乔木层又可分为2个亚层(乔木I、II层), 群落盖度约85%。人工橡胶林植物群落为: 热带人工林, 以橡胶(*Hevea brasiliensis*)为单优种, 单排行种植, 群落高度约15 m, 盖度约85%, 群落的垂直结构可分为2个层次, 即乔木层、草本层。

3种林型的土壤母质、土壤质地、坡度、坡向等因素在土壤长期的演化发展进程中对土壤肥力的影响较大。3种林型的经度、纬度、坡度、坡向、土壤质地等方面比较见表1。

表 1		研究样地比较							
林型	经度	纬度	坡向	海拔// m	坡度// °	土壤类型	母质类型	植被类型	土壤质地
季节雨林	10°12' E	2°51' N	EN 15°	750	12~ 18	砖红壤	白垩黄色砂岩	季节雨林	砂质粘壤土
次生林	10°16' 12" E	2°55' 15" N	SW 10°	560	10~ 13	砖红壤	砂岩	次生林	粉砂粘壤土
人工橡胶林	10°16' 03" E	2°55' 25" N	SE 2°	630	7	砖红壤	河漫滩沉积物	人工橡胶林	粘壤土

2 研究方法

2.1 标准样地的设置与样品的采集 为了全面反映西双版纳3种林型土壤肥力状况和空间分异规律, 该研究按不同森林群落类型、海拔、坡向和坡位设置样地。3种林型样地面积均为10 m×10 m, 在样方面积为100 m²样地内选择的10个样点具有均一性、代表性, 能代表该林型的整体水平。每个样

点采0~20 cm的表层土壤, 最后按标准分别将3种林型的10个土样混合均匀, 以混合土样作为分析样品。土样处理均按常规方法进行, 采样时间为2005年11月10~15日。

2.2 土壤肥力指标检测方法 土壤pH测定采用电位法(土: 水=1: 2.5); 有机质测定采用重铬酸钾氧化外加热法; 土壤全氮测定采用开氏法; 碱解氮测定采用扩散吸收法; 硝态氮测定采用酚二磺酸法; 水解N测定采用碱解扩散法; 铵态氮测定采用2 mol/L KCl浸提, 靛酚蓝比色法; 全P、K采用HClO₄-HF消解, ICP-AES测定; 有效P测定采用0.03

mol/L NH₄F- 0.025 mol/L HCl 浸提, 钼锑抗比色法; 速效钾采用 1 mol/L 中性 CH₃COONH₄(pH= 7.0) 浸提, ICP- AES 测定; 缓效 K 采用 1 mol/L HNO₃ 浸提, ICP- AES 测定; 阳离子代换量(CEC) 测定采用醋酸铵交换法。所有数据均由中国科学院西双版纳热带植物园生物地球化学实验室测定。

2.3 数据统计方法 土壤肥力指标空间变异系数按下式计算: $CV = (SD/M) \times 100\%$; 方差分析(ANOVA); 多重比较采用 LSD 检验。

3 结果与分析

西双版纳是我国西部森林分布集中, 森林类型较丰富的

热带地区, 该区域的土壤肥力状况不仅直接影响林木的生长发育和群落的演替, 而且直接影响森林生态系统各种生态效能的充分发挥。3 种林型土壤肥力的各项监测指标分析结果见表 2。

3.1 土壤 pH 值(表 2) 3 种林型的 pH 值在 4.38~ 6.35, 空间变异系数最大的是次生林, 最小的是人工橡胶林, 酸性大小顺序是: 季节雨林> 次生林> 人工橡胶林, 3 种林型间的差异尚未达到 0.05 的显著水平, 但 LSD 检验季节雨林与人工橡胶林已经达到 0.05 的显著水平。

表 2		3 种林型土壤肥力差异状况													
林型	pH 值					有机质 // g/kg					全 N // g/kg				
	Mean	SD	max	min	CV // %	Mean	SD	max	min	CV // %	Mean	SD	max	min	CV // %
热带季节雨林	4.88	0.46	5.51	4.38	9.40	23.88	8.00	34.5	15.7	33.57	1.31	0.34	1.72	0.86	25.76
次生林	5.21	0.75	6.35	4.72	14.45	39.84	19.31	69.2	21.0	48.46	2.47	0.92	3.80	1.49	37.40
人工橡胶林	5.62	0.20	5.85	5.33	3.51	24.02	2.59	27.2	20.3	10.77	1.38	0.15	1.57	1.22	10.70
林型	铵态 N // mg/kg					硝态 N // mg/kg					水解 N // mg/kg				
	Mean	SD	max	min	CV // %	Mean	SD	max	min	CV // %	Mean	SD	max	min	CV // %
热带季节雨林	4.62	1.30	5.70	2.09	28.22	6.35	1.47	8.08	4.84	23.19	131.67	32.13	178	92	24.40
次生林	3.08	2.08	5.29	0.50	67.49	7.65	2.23	8.53	4.32	29.11	169.00	40.57	241	119	24.01
人工橡胶林	9.50	3.10	12.97	5.14	32.69	1.78	0.88	2.40	0.50	49.80	113.00	12.31	130	102	10.09
林型	全 P // g/kg					有效 P // mg/kg					全 K // g/kg				
	Mean	SD	max	min	CV // %	Mean	SD	max	min	CV // %	Mean	SD	max	min	CV // %
热带季节雨林	0.26	0.03	0.31	0.23	10.58	4.17	1.69	6.21	2.34	40.41	7.33	1.71	9.86	4.66	23.38
次生林	0.62	0.11	0.70	0.49	17.28	2.64	0.92	3.53	1.42	34.68	11.10	0.87	12.06	10.46	7.80
人工橡胶林	0.32	0.04	0.36	0.27	11.39	1.54	0.32	2.16	1.30	20.66	13.14	1.01	14.52	11.74	7.71
林型	速效 K // mg/kg					缓效 K // mg/kg					CEC // cmol(+) / kg				
	Mean	SD	max	min	CV // %	Mean	SD	max	min	CV // %	Mean	SD	max	min	CV // %
热带季节雨林	81.33	21.74	112	55	25.50	100.50	43.47	174	55	43.2	6.35	1.24	8.00	5.00	19.45
次生林	50.20	9.79	66	41	19.49	60.60	18.42	96	47	30.39	11.56	3.12	16.27	8.98	27.00
人工橡胶林	55.17	10.26	65	37	18.61	68.50	11.47	78	48	16.47	9.48	1.04	10.77	7.86	10.95

3.2 有机质(表 2) 3 种林型间的土壤有机质在 15.7~ 69.2 g/kg, 次生林最大, 样点间平均达到 39.84 g/kg, 同时该林型有机质空间变异系数最高, 达 48.46%。方差分析表明, 3 种林型间的差异达 0.05 的显著水平, 季节雨林与人工橡胶林含量比较接近, 均在 24 g/kg 左右。LSD 检验表明季节雨林与人工橡胶林间的差异不显著, 季节雨林与次生林, 次生林

与人工橡胶林都已达 0.05 的显著水平(表 3)。有机质的这种差异主要是土壤质地与年凋落物量的差异引起的, 季节雨林土壤属于砂质粘壤土, 而次生林土壤属于粘壤土, 人工橡胶林土壤虽然属于粘壤土, 但是由于橡胶林平常凋落物少, 而落叶又集中在 1~ 2 月的干旱季节, 因此凋落物很难有效的分解。

表 3 不同林型土壤肥力多重比较(LSD 检验)												
林型间	pH 值	有机质	全 N	铵态 N	硝态 N	水解 N	全 P	有效 P	全 K	速效 K	缓效 K	CEC
A 与 B	0.52	13.13*	1.00**	2.05	1.45	38.00*	0.34*	1.73*	3.66**	39.00*	32.50**	6.00**
A 与 C	0.74*	0.19	0.07	4.88*	5.76*	18.67	0.12*	2.63**	5.71**	45.33**	12.83	3.13**
B 与 C	0.22	12.68*	0.93**	6.93**	7.21**	56.67**	0.06	1.10	2.15**	6.33	20.33*	2.87*

注: A 指季节雨林, B 指次生林, C 指橡胶林。* 表示差异显著, ** 表示差异极显著。

3.3 全 N 量与碱解 N(表 2) 3 种林型间土壤全 N 含量在 0.86~ 3.80 g/kg, 次生林含量平均为 2.47 g/kg, 季节雨林最低为 1.31 g/kg。方差分析表明, 3 种林型间差异达 0.05 的显著水平。LSD 检验表明, 季节雨林与次生林, 次生林与人工橡胶林差异达 0.01 的极显著水平(表 3)。

该试验中, 人工橡胶林的铵态 N 含量最高, 其次是季节雨林, 最低的为次生林。3 种林型土壤硝态 N 与水解 N 含量都是次生林> 季节雨林> 人工橡胶林。方差分析表明, 3 种

林型间铵态 N、硝态 N 差异达 0.01 的极显著水平, 水解氮差异达 0.05 的显著水平。LSD 检验表明, 季节雨林与人工橡胶林, 次生林与人工橡胶林的土壤铵态 N、硝态 N 含量差异达 0.01 的极显著水平; 季节雨林与次生林的水解 N 差异达 0.05 的显著水平, 次生林与人工橡胶林的水解氮差异达 0.01 的极显著水平(表 3)。

3.4 全 P 与有效 P(表 2) 3 种林型全 P 含量在 0.23~ 0.70 g/kg, 含量顺序: 次生林> 季节雨林> 人工橡胶林; 有效 P 含

量在 1.42~ 6.21 mg/kg, 含量顺序: 季节雨林> 次生林> 人工橡胶林。方差分析表明, 3 种林型间全 P、有效 P 差异都达到 0.01 的极显著水平。LSD 检验表明, 季节雨林与次生林、季节雨林与人工橡胶林的土壤全 P、有效 P 含量差异都达 0.01 的极显著水平(表 3)。

3.5 全 K、速效 K、缓效 K(表 2) 3 种林型土壤全 K 顺序为: 人工橡胶林> 次生林> 季节雨林, 3 种林型土壤全 K 含量在 4.66~ 12.54 g/kg。方差分析表明, 3 种林型间土壤全 K 含量差异达 0.01 的极显著水平。LSD 检验表明, 3 种林型间两两间差异都达 0.01 的极显著水平(表 3)。

3 种林型土壤速效 K 在 41~ 124 mg/kg, 顺序为季节雨林> 次生林> 人工橡胶林。方差分析表明, 3 种林型间差异达 0.05 显著水平。LSD 检验表明, 季节雨林与次生林间差异达 0.05 显著水平, 季节雨林与人工橡胶林差异达 0.01 极显著水平(表 3)。

3 种林型土壤缓效 K 水平在 47~ 174 mg/kg, 3 种林型间含量顺序: 季节雨林> 人工橡胶林> 次生林。3 种林型土壤肥力指标空间变异系数: 季节雨林> 次生林> 人工橡胶林。方差分析表明, 3 种林型间差异达 0.01 的极显著水平。LSD 检验表明, 季节雨林与次生林差异达 0.01 的极显著水平, 次生林与人工橡胶林差异达 0.05 的显著水平(表 3)。

3.6 交换性阳离子(表 2) 3 种林型中, CEC 含量为 5.0~ 16.27 cmol(+)/kg, 含量顺序: 次生林> 人工橡胶林> 季节雨林。3 种林型土壤肥力指标空间变异系数: 次生林> 季节雨林> 人工橡胶林。方差分析表明, 3 种林型间差异达 0.01 的极显著水平。LSD 检验表明, 季节雨林与次生林、人工橡胶林均达 0.01 的极显著水平, 次生林与人工橡胶林达 0.05 的显著水平(表 3)。

4 小结

次生林的土壤肥力整体水平最高, 人工橡胶林居中, 季节雨林最低, 这与其他地方研究的结果有些差异。导致出现这种肥力差距的原因主要有以下几方面:

首先, 土壤机械组成、质地、结构的差别是土壤肥力差异的决定性因素。原始季节雨林虽然是地带性顶极群落, 具有较大的稳定性, 但它的土壤是属于砂质粘壤土, 次生林与橡胶林属于粘壤土, 土质的差异决定了土壤有机质含量的差异。试验结果(表 2)表明, 3 种林型的土壤有机质顺序为: 次生林(39.84 g/kg)> 橡胶林(24.02 g/kg)> 季节雨林(23.88 g/kg)。土壤有机质是土壤肥力的一个重要决定性因子, N、P、K 等土壤肥力因子含量与有机质含量呈正相关。

其次, 土壤肥力与林型年凋落物量及其分解状态有关。季节雨林的年凋落物量平均值为 3.94 t/(hm²·a), 次生林年

凋落物量平均值为 3.94 t/(hm²·a)。从笔者每月收集的枯落物来看: 季节雨林的枯落物分解量为 65%~ 80%, 而次生林的枯落物分解量在 80%~ 95%。季节雨林总凋落物量小, 且分解缓慢, 导致吸收量与归还量之间的不平衡, 经过多年积累, 2 种林型肥力差距越来越大, 从而导致次生林的土壤肥力明显高于季节雨林。人工橡胶林与次生林土壤质地差异不大, 虽然橡胶林属于落叶性植物, 年枯落物量在 4.02 t/(hm²·a)左右, 但落叶时间集中在 1~ 3 月, 这段时间在西双版纳属于干旱季节, 在干旱少雨的条件下凋落物分解缓慢, 因而与枯落物分解紧密相关的有机质含量在橡胶林低于次生林。从而导致人工橡胶林的土壤肥力低于次生林。

第三, CEC 是土壤肥力的一个重要因子, 它反映了土壤保肥蓄肥的能力。在季节雨林、次生林和人工橡胶林 3 种林型条件下, CEC 大小顺序为: 次生林> 人工橡胶林> 季节雨林。方差分析表明, 3 种林型 CEC 差异达到 0.01 的极著水平。因此, 3 种林型保肥蓄肥能力: 次生林> 橡胶林> 季节雨林。

最后, 地形、海拔的差异可能是导致土壤肥力差异的另一个环境因子。季节雨林所在地坡度较大、地势较陡、海拔较高, 相对来说次生林与人工橡胶林所在地坡度较小、地势平缓、海拔较低, 西双版纳降雨季节性强, 这样会造成季节雨林的土壤养分流失比次生林与人工橡胶林大, 从而导致季节雨林的土壤肥力低于次生林与人工橡胶林。

综上所述, 无论是与土壤肥力紧密相关的有机质含量, 年枯落物量及分解能力, 与保肥蓄肥能力密切相关的 CEC 以及地理环境因素, 都是人工林占有优势, 而季节雨林相对要差一些。因此, 次生林土壤的肥力是最高的, 人工橡胶林土壤居中, 季节雨林土壤的肥力则是最低的。

参考文献

[1] 刘义, 关继义, 葛建平. 不同森林类型土壤肥力的差异分析[J]. 东北林业大学学报, 2002, 30(3): 76- 78.
[2] 黄庆丰, 高健, 吴泽民. 不同森林类型土壤肥力状况及水源涵养功能的研究[J]. 安徽农业大学学报, 2002, 29(1): 82- 89.
[3] 党坤良, 张长录, 陈海滨, 等. 秦岭南坡不同海拔土壤肥力的空间分异规律[J]. 林业科学, 2006, 42(1): 16- 21.
[4] 方乐金, 张运斌. 杉木幼林地土壤肥力变化研究[J]. 土壤学报, 2003, 40(2): 316- 319.
[5] 何斌, 梁伟克, 陈文军, 等. 湿地松、杉木林取代马尾松林后土壤肥力的差异[J]. 东北林业大学学报, 2002, 30(6): 11- 13.
[6] 郑顺安, 常庆瑞. 黄土高原不同类型人工林对土壤肥力的影响[J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2006, 34(2): 119- 123.
[7] IAI R, MOKMA D I, OWERY B. Relation between oil quality and eroaion[J]. Soil Quality and Soil Erosion, 1999(4): 237- 258.
[8] 雷瑞德, 党坤良, 张硕新. 秦岭南坡中山地带华北落叶松人工林对土壤的影响[J]. 林业科学, 1997, 33(5): 463- 470.
[9] 蒋文伟, 俞益武, 姜培坤. 湖州主要森林类型土壤肥力的灰色关联度分析与评价[J]. 生态学杂志, 2002, 21(4): 18- 21.

本刊提示 来稿请用国家统一的法定计量单位的名称和符号, 不要使用国家已废除了的单位。如面积用 hm²(公顷)、m²(平方米), 不用亩、尺²等; 质量用 t(吨)、kg(千克)、mg(毫克), 不再用担等; 表示浓度的 ppm 一律改用 mg/kg、mg/L 或 μL/L。