

格氏栲天然林与人工林根际土壤微生物及其生化特性的研究*

杨玉盛

何宗明

邹双全

俞新妥

(福建林学院 福建南平 353001)

5718.516

5792.170.2

摘要 通过对格氏栲天然林(约120年生)和人工林(28年生)根际土壤和全土微生物、生化活性、土壤养分的研究,结果表明:格氏栲天然林根际和全土土壤养分、土壤微生物区系、生理类群数量、土壤酶活性和生化作用强度均比相应人工林的大,格氏栲天然林根际土壤速效性养分相对富集,而人工林的则存在亏缺现象。格氏栲人工林的根际效应(R/S 值)比天然林的明显。

关键词: 根际土,土壤微生物,生化特性,格氏栲,天然林,人工林。

A STUDY ON THE SOIL MICROBES AND BIOCHEMISTRY OF RHIZOSPHERIC AND TOTAL SOIL IN NATURAL FOREST AND PLANTATION OF *Castanopsis kauakamii*

Yang Yusheng He Zongming Zou Shuangquan Yu Xintuo

(Fujian Forestry College, Nanping, Fujian, 353001, China)

Abstract The soil microbes, biochemical activities and nutrients of rhizospheric and total soil in a natural forest (120-year-old) and a plantation (28-year-old) of *Castanopsis kauakamii* were studied in Xinkou, Sanming, Fujian, in 1994. The results showed that the soil nutrients, the number of soil microbiota and soil physiological monoids, soil enzyme activities and biological activities in rhizospheric and total soil of natural stand of *Castanopsis kauakamii* were higher than those of the plantation. The soil available nutrients accumulated relatively in rhizospheric soil of the natural forest, the depletion of the soil available nutrients was also observed in the plantation forest. Natural stand could exert a larger marked effect (R/S value) than that of the plantation forest.

Key words: rhizospheric soil, soil microbes, biochemical activities, *Castanopsis kauakamii*, natural forest, plantation.

福建三明莘口200余公顷格氏栲(*Castanopsis kauakamii*)天然林保护区林相整齐、物种丰富,是我国目前面积最大保存最为完好的格氏栲天然林。莘口教学林场1966年在格氏栲天然林采伐迹地上营造格氏栲

* 本研究外业工作得到福建林学院莘口教学林场郑燕明、张春能的帮助。

收稿日期:1995-12-02,修改稿收到日期:1997-08-05。

人工林亦近30a, 笔者陆续报道这两片林分结构、地力及水源涵养功能等差异^[1~3]。本文从格氏栲天然林与人工林根际微生境微生物、生化、土壤养分角度, 进一步探讨这两片不同起源林分间的差异, 这对中亚热带常绿阔叶林多样性保护、地力维持及合适混交树种选择具有一定指导意义。

1 试验地概况

所设标准地的格氏栲天然林位于三明市莘口镇小湖格氏栲自然保护区内(小湖工区对面)。格氏栲人工林位于小湖工区忠山路(北纬26°11', 东经117°26')。本地属武夷山东伸支脉, 海拔高度300m左右。本区为中亚热带海洋性气候, 年均温度19.1℃, 年降水量1740.9mm, 年蒸发量1585.0mm, 年均相对湿度81%, 标准地内土壤是由砂页岩发育的红壤, 土层深厚(>1m)质地为轻壤-中粘土。格氏栲天然林群落结构复杂, 植物种类较多, 而格氏栲人工林结构单一, 植物种类较少^[3]。

2 研究方法

分别在格氏栲天然林和人工林内建立标准地(各3块), 在标准地调查基础上, 1994年4月、7月和12月于各标准地内选择标准木2~3株, 仔细挖出表层(0~20cm)细根(<4mm), 保留距根表4mm左右的土壤, 采用抖落法取根际土壤(rhizospheric soil, 用R表示), 按S形在各标准地内布点(3~5点), 取0~20cm土壤(全土total soil, 用S表示)带回室内, 进行微生物、酶活性及生化作用强度, 土壤化学性质等测定, 测试方法与笔者过去使用方法相同^[4]。文中R/S值指根际土和全土各相应测试项目的比值, 表中数据为3次取样分析结果的平均值。

3 结果与分析

林木根际是由树木根(主要是细根)-土壤-微生物和酶组成的特殊微生态系统, 亦是各种养分及其它物质进入根系参与生物链物质循环的门户, 在物理、化学和生物学特性上不同于原土体的特殊土壤微区, 树木根系和微生物呼吸作用、根系分泌与溢泌质子和有机物质的作用, 以及根对养分和水分吸收特性, 都决定着根际动态的方向和强度^[5,6], 对树木根际土壤研究能为合适混交树种选择提供参考。

表1 不同林分类型根际土壤养分状况

Table 1 Soil rhizospheric soil nutrients in differents forest stands

林分类型 Forest type	土样来源* Soil sample	有机质 Organic matter (g/kg)	全氮 Total N (g/kg)	水解性氮 Hydrolyzable N (mg/kg)	速效磷 Available P (mg/kg)	速效钾 Available K (mg/kg)	盐基总量 Total salt [cmol(-) /kg]	pH 值 pH (Water extract)
天然林 Natural forest	R	67.47	2.251	193.6	10.28	148.6	6.618	5.12
	S	51.90	1.876	152.7	6.78	140.6	4.615	5.18
人工林 Plantation forest	R	46.11	1.760	99.8	3.92	90.6	5.343	4.88
	S	27.84	1.106	122.4	4.32	108.4	4.082	5.04

* R, 根际土 Rhizospheric soil; S, 全土 Total soil.

3.1 天然林与人工林根际土壤养分差异

在树林生长过程中, 根系一方面从土壤中摄取水分、养分, 同时也向土壤溢泌质子、离子, 并释放大量的有机物质。据报道, 植物有高达30%的光合产物以有机碳形式释放进入根际土壤, 这些有机物质不仅为根际微生物提供丰富的碳源, 而且极大地改变根际微区的物理和化学环境, 进而对根际土壤养分产生重大影响^[5,6]。从表1可见, 格氏栲天然林和人工林根际土 pH 值分别比相应的全土低0.06和0.16, 说明格氏栲根际土壤是一个相对偏酸的环境, 这与酸性森林土壤中林木生长过程中更多地吸收土壤中 NH_4^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 K^+ 等阳离子, 从而导致根土界面阴阳离子不平衡有关^[4,7]。格氏栲根系酸化土壤环境能力, 直接影响根际养分的有效性。天然林和人工林根际土壤有机质含量分别是相应全土的1.3倍和1.7倍(表1), 说明格

氏栲林冠层光合作用产生大量碳水化合物在根际沉积^[5,7]。从表1可见, 格氏栲人工林根际有机质沉积量(18.27)大于格氏栲天然林的(15.98), 说明格氏栲人工林有机质在根际的沉积作用比天然林的强。根际土全N和代换性盐基离子含量亦有此趋势(表1)。从表1还可以看出, 格氏栲人工林根际土壤速效性养分含量比全土的低, 出现亏缺现象, 相反, 格氏栲天然林根际土壤速效性养分则相对富集, 这可能与格氏栲天然林年龄较大(120a左右)、群落处在相对稳定阶段, 生长极为缓慢, 细根更新速度慢、根系活力较弱, 其吸收养分数量相对较低; 而人工林中格氏栲正处在旺盛生长期(28年生), 细根更新速度快、根系活力较强, 吸收大量速效性养分以供林木生长需要有关。在酸性森林土壤中, 磷和钾主要靠扩散过程被根系吸收, 虽然质流和根系直接截获作用能提供部分 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$, 但林木根系吸收 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 可能主要亦是靠扩散作用吸收^[9~12], 由于林木根系对速效性养分需求及土壤溶液中速效性养分浓度差异, 从而导致其根际土壤速效性养分亏缺或富集。格氏栲天然林根际中土壤碳水化合物、含氮化合物及营养元素的大量富集, 加上林地上大量凋落物积累, 说明该片天然林具有很强自我培肥土壤能力^[1,2]。

3.2 根际土壤微生物数量及组成

林木根的生长发育及根系分泌的有机和无机化合物即林木根际沉积物是刺激根际微生物繁殖的重要能源和养分源^[6], 从表2可见, 格氏栲天然林和人工林土壤微生物组成和生理类群的 *R/S* 值均在1.0以上, 说明格氏栲根际效应明显, 其中土壤硝化细菌 *R/S* 最小, 这与一些学者报道的根际并不特别影响硝化细菌数量的结果相符^[13]。从表2还可看出, 格氏栲人工林土壤微生物的根际效应比天然林的明显, 如人工林中土壤细菌、氨化细菌 *R/S* 值分别是2.05和2.11, 而天然林相应的 *R/S* 值则仅为1.59和1.73, 说明在土壤条件较差时, 根际微生物效应更为明显。格氏栲天然林和人工林土壤固氮菌 *R/S* 值分别为1.85和1.87, 表明格氏栲根际土壤环境有利于固氮菌繁殖, 这对根际土壤氮素增加是有利的。格氏栲天然林中土壤真菌 *R/S* 值仅为1.06, 而人工林的 *R/S* 值为1.41, 这可能与两种不同起源林分中根际 pH 值差异有关。

格氏栲天然林根际或全土微生物组成和生理类群数量均比相应的人工林有大幅度增加, 从而有利于天然林土壤有机质和含氮有机化合物的分解和转化及土壤保肥和供肥能力。

表2 不同林分类型土壤微生物组成 ($\cdot 10^3$ 个/g干土)

Table 2 The rhizospheric soil microbes composition in different forest

林分类型 Forest type	土样来源 Soil sample	细菌 Bacteria	真菌 Fungi	放线菌 Actinomycetes	氨化细菌 Ammonifiers	有机磷 分解菌 Organic phosphors decomposing microbes	厌气氧 固氮菌 Anaerobic nitrogen fixing bacteria	硝化细菌 Nitrogen- fixing bacteria	纤维素 分解菌 Cellulose- decomposing microbes
天然林 Natural forest	R	2377.9	95.36	148.44	2483.5	14.36	9.02	1.28	147.63
	S	1486.2	92.48	54.32	1437.3	6.80	4.88	1.24	78.31
人工林 Plantation forest	R	1983.2	96.78	101.88	1904.3	8.18	6.41	0.92	99.38
	S	968.1	68.48	36.48	903.8	3.10	3.42	0.93	42.11

3.3 不同林分根际土酶活性

林木根系及其残体、土壤动物及其遗骸和微生物是土壤酶主要来源者, 土壤酶促作用主要在土壤颗粒、植物根系和微生物细胞表面上发生的^[14]。从表3可见, 格氏栲天然林与人工林根际土各类酶的活性均比全土高, 而且格氏栲人工林各类土壤酶活性 *R/S* 值均比天然林大, 这与微生物根际效应相似。根际土壤酶活性增强, 与根际土上积累种类和数量均较大的根系分泌物及根际土微生物增殖较快、活性较高有关^[4,5]。从表3还可以看出, 天然林根际土脲酶、转化酶、蛋白酶活性均比人工林的大, 这与天然林和人工林根系分泌物中碳水化合物与含氮化合物的积累差异有关。

土壤酸性磷酸酶在土壤有机磷转化过程中起积极作用。天然林根际土壤和全土酸性磷酸酶活性均比

人工林的大。从表3可见,人工林和天然林土壤酸性磷酸酶 R/S 值分别为2.6和1.7,说明格氏栲的根际土壤酸性磷酸酶活性比全土有明显增强,这对增强根际有机磷矿化速率、缓解由于磷扩散较慢导致磷过分亏缺(特别是处在旺盛生长期的林木),起到重要作用。人工林土壤酸性磷酸酶 R/S 值比天然林的大,可能与其根际土壤磷亏缺亦有一定关系。从表3还可看出,格氏栲天然和人工林根际土接触酶和过氧化物酶活性均比全

表3 不同林分类型根际土酶活性

Table 3 The rhizospheric soil enzyme activities in different forest

林分类型 Forest type	土样来源 Soil sample	脲酶 Urease (NH ₃ mg/g)	转化酶 Invertase (0.1N Na ₂ S ₂ O ₃ ml)	蛋白酶 Proteinase (mg/100g)	酸性磷酸酶 Acid phosphorase (phenol- mg/100g)	接触酶 Catalase (0.1N KMnO ₄ ml/g)	过氧化物酶 Peroxidase (mg/g)
天然林 Natural forest	R	13.160	18.189	135.214	3.296	148	70.385
	S	8.225	9.573	83.916	1.939	131	58.316
人工林 Plantation forest	R	6.638	7.274	78.384	3.078	114	58.432
	S	3.688	3.464	42.486	1.184	77	37.487

土的大,且格氏栲天然林的根际土和全土分别相应的人工林大,表明格氏栲根际对土壤毒素转化能力及土壤腐殖质化过程有一定促进作用,且天然林的这种有益作用比人工林的明显。

3.4 不同林分根际土生化作用强度

土壤生化作用强度直接影响土壤养分供应与贮存,是土壤生物活性强度标志之一^[4]。分析结果表明(表4),格氏栲天然和人工林根际土生化作用强度均比全土大(R/S 值在1.06~3.05),天然林根际土和全土生化作用强度亦比相应的人工林大,说明根际土生化作用强度比相应的全土大,而且天然林的根际土和全土均比相应的人工林大,但不管是天然林或人工林,土壤硝化作用强度很低,其 R/S 值均很小(分别为1.11和1.06),这与土壤硝化细菌 R/S 值较低有关。除了硝化作用外,格氏栲根际土壤进行强烈的氨化、固氮和纤维素分解作用及呼吸作用,这与根际土微生物数量增加,酶活性增强关系密切。由于根际土生化作用强度增强,根际土壤养分供应状况得到改善,从而促进了林木生长。据调查34年生格氏栲天然林的材积生长量为0.67m³,年均生长量为0.0197m³,而28年生格氏栲人工林材积生长量为0.2011m³,年均生长量为0.0072m³^①。

表4 不同林分类型根际土生化作用强度

Table 4 The rhizospheric soil biochemical activities in different forest

林分类型 Forest type	土样来源 Soil sample	氨化作用 Ammonification (NH ₄ ⁻ -N mg/g)	固氮作用 Nitrogen fixation (N mg/g)	纤维素分解作用 Decomposition of cellulose (%)	硝化作用 Nitrification (NO ₃ ⁻ -N mg/g)	呼吸作用(Respiration)		
						CO ₂	O ₂	RQ
天然林 Natural forest	R	0.3048	0.0996	33.476	0.0420	6.8834	6.6829	1.03
	S	0.2134	0.0748	20.484	0.0380	5.9646	5.3228	1.08
人工林 Plantation forest	R	0.2046	0.0738	5.436	0.0226	4.6346	4.4139	1.05
	S	0.1136	0.0464	1.782	0.0214	3.4648	3.0393	1.04

4 小结

4.1 格氏栲天然林根际土和全土养分、土壤微生物区系、生理类群数量、土壤酶活性和土壤生物化学作用

① 郑燕明等. 格氏栲天然林与人工林生态系统的研究, 课题鉴定材料, 1994

强度均比相应的人工林的大,说明格氏栲天然林土壤有机质分解能力和腐殖质再合成强度均比人工林的大,土壤营养贮量和养分供应能力亦比人工林的强,天然林土壤肥力明显比人工林的高。

4.2 格氏栲人工林土壤各类指标的根际效应(R/S 值)比天然林的明显,这与人工林土壤条件相对较差有关。

4.3 格氏栲天然林和人工林根际是一个相对偏酸的环境,根际土有机质、全氮及交换性盐基离子总量均比全土大,但人工林根际土壤速效性氮、磷、钾存在一定程度亏缺现象,这与目前天然林和人工林林木生长速度及土壤中养分浓度差异有关。

4.4 格氏栲天然林经过120余年的演变,目前群落多样性和结构均比人工林复杂^①,天然林水源涵养、自我培肥能力均比人工林的优越。天然林根际土壤营养贮量与供应状况明显比人工林的好,这是目前格氏栲天然林地力较高的重要原因之一,目前应加强对日益减少的天然常绿阔叶林的保护并开展相应的研究,以保持和提高地带性常绿阔叶林多样性,充分发挥其改善环境的有益功能。

参 考 文 献

- 1 杨玉盛等. 格氏栲天然林水源涵养功能的研究. 自然资源学报, 1992, 7(3): 217~233
- 2 杨玉盛等. 人工阔叶林取代格氏栲天然林后土壤肥力变化的研究. 东北林业大学学报, 1993, 21(5): 14~21
- 3 杨玉盛等. 格氏栲天然林和人工林结构与持续地力的研究. 中国科协第二届青年学术年会论文集(农科分册). 北京: 中国科学技术出版社, 1995. 400~404
- 4 杨玉盛等. 细柄阿丁枫杉木混交林根际土壤生物学活性研究. 福建省科协第二届青年学术年会论文集. 福州: 福建科技出版社, 1995. 509~513
- 5 张福锁等. 根际动态过程与植物营养. 土壤学报, 1992, 29(3): 239~250
- 6 Lynch J M. *The Rhizosphere*. John Wiley Chichester, 1990
- 7 范晓晖, 刘芷宇. 根际 pH 环境与磷素利用研究进展. 土壤通报, 1992, 23(5): 238~240
- 8 Norton J M *et al.* Carbon-flow in the rhizosphere of ponderase pine seedlings. *Soil Biol. Biochem.* 1990, 22(4): 449~455
- 9 许曼丽, 刘芷宇. 土壤-根系微区养分状况的研究 I. 钾离子的富集与亏缺. 土壤学报, 1983, 20(3): 259~302
- 10 钦绳武, 刘芷宇. 土壤-根系微区养分状况的研究 VI. 不同形态肥料氮素在根际的迁移规律. 土壤学报, 1989, 26(2): 117~123
- 11 Bhat K K S *et al.* Diffusion of phosphate to plant roots in soil. *Plant and Soil*, 1976, 44: 63~72
- 12 Jung A K, B Seeling *et al.* Mobilization of different phosphate fractions in the rhizosphere. *Plant and Soil*, 1993, 155~156, 91~94
- 13 李振高等. 不同基因型小麦根际细菌及酶活性的动态. 土壤学报, 1993, 30(1): 1~8
- 14 (苏)哈兹耶夫著(郑洪元等译). 土壤酶活性. 北京: 科学出版社, 1980