

# 西天目山森林土壤酶活性的分析

徐秋芳

郑小平

余文忠

(浙江林学院林学系, 临安 311300) (浙江省临安市昌化林业站) (浙江省淳安县林业局)

**摘要** 从海拔 560 m 开始, 西天目山森林土壤各类酶的活性, 随着海拔高度的升高而升高。从主要土壤亚类来看, 棕黄壤和乌黄壤的酶活性高于黄壤和黄红壤。石灰性土壤的酶活性较同海拔的黄红壤为高。

**关键词** 森林土; 酶; 活度; 西天目山

**中图分类号** S714.2

西天目山自然保护区位于  $30^{\circ}18'30''\sim 30^{\circ}21'27''N$ ,  $119^{\circ}24'11''\sim 119^{\circ}27'11''E$ , 在浙江省临安市境内, 主峰仙人顶海拔 1 506 m, 属中亚热带北缘气候。从山麓至山顶, 年平均气温  $14.8\sim 8.8^{\circ}C$ , 年降水量  $1390\sim 1870$  mm, 大于等于  $10^{\circ}C$  积温  $5100\sim 2500^{\circ}C$ 。与气候垂直带相对应的植被为常绿阔叶林、常绿落叶针阔混交林和落叶矮林。80年代以来, 已有许多学者对西天目山的森林土壤类型、土壤的发生学特性以及土壤生态平衡、土壤水分特征等问题作了详尽深入的研究<sup>[1-3]</sup>。但对该保护区土壤生物学特性的研究十分缺乏。作者在 1995 年春季取样分析了该保护区森林土壤的酶活性, 现报道如下。

## 1 样品与方法

从保护区山麓海拔 385 m 开始, 向山顶每隔 200 m 左右建立 1 个取样点, 同时兼顾到不同土壤类型。主要样点的环境因子见表 1。土样采集均按下列方法: A<sub>1</sub> 层取样 1 个, A<sub>1</sub> 层以下延伸至 60 cm 再取样 1 个代表 B 层。土壤的基本化学性质见表 2。土壤酶分析采用关松荫等<sup>[4]</sup> 方法。

## 2 结果与分析

### 2.1 西天目山主要土壤亚类酶活性分析

据叶仲节等<sup>[1]</sup> 对西天目山保护区土壤的详尽研究, 采用浙江林业土壤分类体系<sup>[6]</sup>, 西天目山保护区森林土壤可分为 3 个土纲、6 个土类和 10 个亚类。表 3 列出了其中主要 5 个亚类的

收稿日期: 1996-12-17

第 1 作者简介: 徐秋芳, 女, 1963 年生, 讲师

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cajc.cn>

表 1 主要采样点环境因子

Table 1 Environment factors at sample spots

样点号	土壤亚类	地 点	海拔 /m	植 被	母 岩
1	黄红壤	乌子岭	385	杉木、马尾松	砂页岩
2	乌红壤	三里亭	560	柳杉、紫楠	凝灰岩
4	黄 壤	老 殿	1 050	黄山松、柳杉	霏细斑岩
5	乌黄壤	外横塘	1 250	常绿、落叶阔叶林	霏细斑岩
7	棕黄壤	仙人顶	1 450	茅栗	霏细斑岩
8	淋溶黑色石灰土	火焰山	400	麻栎林	石灰岩
9	淋溶红色石灰土	朱陀岭	390	—	白云质石灰岩

表 2 土壤基本化学性质

Table 2 Basic chemical properties of different soil samples

样 号	土壤亚类	海拔 /m	层次 /cm	pH	有机质 /g° kg⁻¹	全氮 /g° kg⁻¹	速效磷 /mg° kg⁻¹
1	黄红壤	385	A 0~ 18	5. 5	37. 91	1. 73	3. 20
			B 18~ 60	5. 6	19. 50	0. 79	2. 35
2	乌红壤	560	A <sub>1</sub> 0~ 25	5. 1	108. 00	4. 80	1. 45
			B 25~ 60	4. 9	43. 73	2. 30	0. 95
3	黄 壤	800	A <sub>1</sub> 0~ 23	5. 0	73. 71	3. 40	1. 1
			B 23~ 60	5. 1	20. 54	1. 34	1. 5
4	黄 壤	1 050	A <sub>1</sub> 0~ 20	5. 1	62. 71	3. 21	2. 1
			B 20~ 60	5. 3	18. 34	1. 49	1. 1
5	乌黄壤	1 250	A <sub>1</sub> 0~ 35	5. 1	106. 34	5. 04	2. 7
			B 35~ 60	5. 6	19. 57	1. 60	3. 2
6	棕黄壤	1 350	A <sub>1</sub> 0~ 30	5. 2	93. 79	4. 73	2. 0
			B 30~ 60	5. 2	38. 50	1. 13	2. 3
7	棕黄壤	1 450	A <sub>1</sub> 0~ 33	5. 3	96. 38	5. 01	3. 1
			B 33~ 60	5. 4	32. 34	1. 54	3. 4
8	淋溶黑色石灰土	400	A <sub>1</sub> 0~ 15	7. 5	42. 51	2. 51	8. 5
			B 15~ 60	7. 8	26. 33	1. 51	4. 3
9	淋溶红色石灰土	390	A <sub>1</sub> 0~ 10	7. 6	31. 50	2. 03	3. 8
			B 10~ 60	7. 8	15. 33	0. 89	2. 5

说明： pH值用电极法，水土比为 5: 1；有机质用重铬酸钾外加热法；全氮用开氏法；速效磷用双酸法<sup>[5]</sup>

酶活性。从表 3看，该保护区土壤各类酶的活性总体上水平不高，特别是磷酸酶活性甚至比浙江一般低山丘陵还低<sup>[7,8]</sup>，蔗糖酶活性也较低。这说明虽然保护区有大量森林凋落物，土壤有机质十分丰富，但由于繁茂的森林使林内光照条件差，土壤过湿，从而导致土壤酶活性下降。表 3中的磷酸酶活性低和表 2中速效磷含量偏低是吻合的。从表 3中还可以看出各样点土壤酶活性都是 A<sub>1</sub>层大于 B层，符合一般的规律，是由于 A<sub>1</sub>层有机质和养分丰富之故。从表 3各亚类的比较来看，各类酶活性都是棕黄壤和乌黄壤最高，其次是黄壤和黄红壤，而乌红壤都较低。棕黄壤、乌黄壤酶活性高和这 2个亚类土壤有机质丰富（表 2）是分不开的，因为研究普遍认为酶活性与土壤中有机质含量具有极显著的相关性<sup>[9]</sup>。值得指出的是黄红壤亚类土壤有机质和养分并不丰富而表现出的土壤酶活性却较高，脲酶、磷酸酶和过氧化氢酶活

表 3 西天目山主要土壤亚类酶活性分析

Table 3 Enzymatic activity of subgroup soil in Mount West Tianmu

土壤亚类	海拔 /m	层次 /cm	过氧化氢酶	蔗糖酶	蛋白酶	磷酸酶	脲 酶
黄红壤	385	A <sub>1</sub>	0.130	0.107	0.336	49.535	0.027
		B	0.040	0.052	0.119	8.205	0.005
乌红壤	560	A <sub>1</sub>	0.070	0.143	0.259	30.780	0.016
		B	0.032	0.041	0.068	15.035	0.005
黄 壤	1 050	A <sub>1</sub>	0.102	0.235	0.404	44.260	0.022
		B	0.028	0.048	0.123	8.910	0.017
乌黄壤	1 250	A <sub>1</sub>	0.132	0.248	0.965	59.795	0.031
		B	0.045	0.107	0.438	23.275	0.011
棕黄壤	1 450	A <sub>1</sub>	0.153	0.327	0.995	64.195	0.032
		B	0.055	0.088	0.501	24.095	0.020

酶活性单位如下：过氧化氢酶， $\text{mol} \cdot \text{mL}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ；蔗糖酶， $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ ；蛋白酶， $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ ；磷酸酶， $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ ；脲酶， $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$

性甚至超过了黄壤亚类。笔者认为出现这种情形主要是由于黄红壤海拔低，植被覆盖率低，雾日少，日照多，热量较充足的缘故。

## 2.2 土壤酶活性的垂直分布

在海拔 385 m, 560 m, 800 m, 1 050 m, 1 250 m, 1 350 m, 和 1 450 m 7个点采样分析了各类酶活性。下面把这 7个点 A<sub>1</sub> 层土壤酶活性列于表 4, 再把不同海拔高度各类酶活性的相对值作成曲线(图 1)。从图 1可以看出，除了海拔 385 m 这点以外，从海拔 560 m 至海拔 1 450 m, 各类酶的活性都呈现出有规律的升高趋势。杨式雄等<sup>[10]</sup>对武夷山森林土壤酶的研究发现，武夷山土壤各类酶活性随着海拔的升高而升高。从本次的分析来看，如果把 560 m 作为起始点的话，这种规律同样存在于西天目山。

表 4 不同海拔高度土壤酶活性

Table 4 Enzymatic activity of forest soils at different elevations

海拔高度 /m	过氧化氢酶	蔗糖酶	蛋白酶	磷酸酶	脲 酶
385	0.130	0.107	0.336	49.535	0.027
560	0.070	0.143	0.259	30.780	0.016
800	0.098	0.227	0.375	36.700	0.018
1 050	0.102	0.235	0.404	44.260	0.022
1 250	0.132	0.248	0.965	59.795	0.031
1 350	0.148	0.246	0.990	64.685	0.030
1 450	0.153	0.327	0.995	64.195	0.032

说明：酶活性单位同表 3

385 m 处的黄红壤土壤酶活性较高的原因，笔者在前文已提及，虽然各类酶随海拔升高而升高，但每一种酶的升高走势有很大的差别。蛋白酶、磷酸酶和脲酶在海拔 1 050~1 250 m 之间有一个大跨度；蔗糖酶的大跨度则在 1 450~1 350 m 之间；而过氧化氢酶活性是随着海

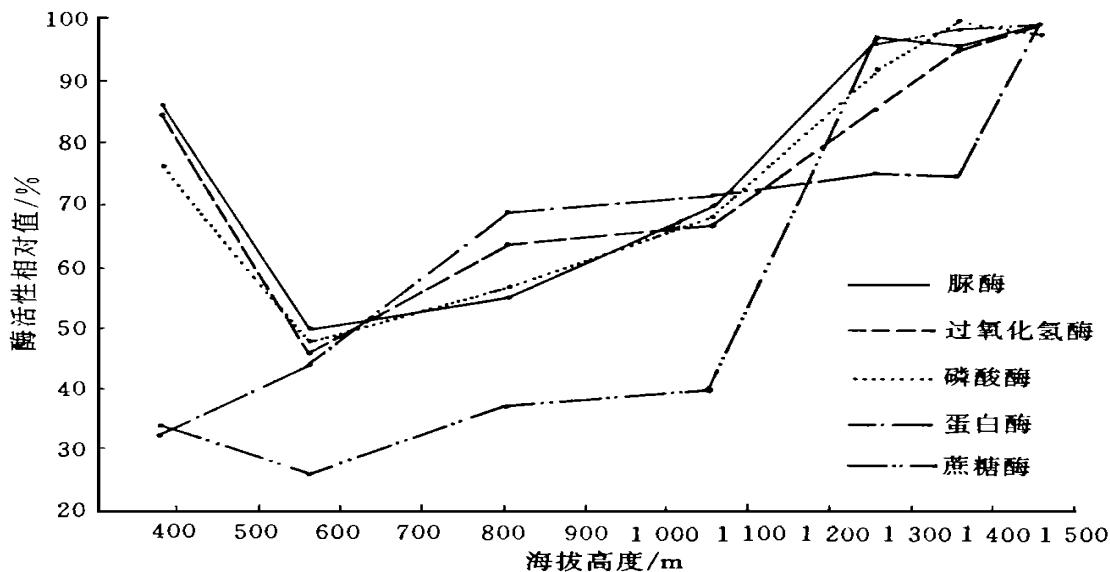


图 1 酶活性海拔高度变化曲线

Fig. 1 Relationship between relative values of enzymatic activity and the hight above sea level

拔均匀上升的。再从海拔 560 m 以上各样点的土壤酶活性与土壤有机质、全氮和速效磷的相关分析来看 (表 5)，土壤全氮和各类酶均有显著相关性；除了蛋白酶外，其他各类酶和有机质相关性也达显著；但土壤速效磷和各类酶均无相关性。

表 5 不同海拔土壤酶活性与肥力因子相关分析

Table 5 Related coefficients between soil enzymatic activity and soil fertility factors

分析项目	过氧化氢酶	蔗糖酶	蛋白酶	磷酸酶	脲 酶
有机质	0.795 4	0.753 7	0.600 4	0.791 6	0.644 0
全 氮	0.846 7	0.804 4	0.670 3	0.846 2	0.700 1
速效磷	0.304 5	0.299 8	0.606 2	0.367 0	0.413 2

说明：\* 表示相关性达 5% 水平显著。

### 2.3 石灰性土壤酶活性分析

在西天目山保护区的青龙山、火焰山和朱陀岭一带有黑色石灰土和红色石灰土发育。石灰性土壤和红、黄壤性状差别很大。本次也分析了石灰性土壤的酶活性(表 6)。从表 6可以看出，石灰性土壤与同海拔的黄红壤相比，除了磷酸酶外各类酶活性都有不同程度的增高。这除了本次取样点，特别是黑色石灰土是阔叶林，而黄红壤是马尾松林外，笔者以为主要是石灰性土壤 pH 值较黄红壤高的缘故。前人的研究中也有发现高 pH 的石灰性土壤酶活性较高，施用石灰也能提高土壤酶活性<sup>[9]</sup>。石灰性土壤特别是红色石灰土从物理性质来讲是粘性大，不透气，有效水分极度缺乏的土壤，对作物生长不利，但从本次的酶分析可以看到，这些土壤生物活力还是比较强的。这也说明了石灰性土壤在提供土壤有效养分方面还是具有较强能力的。

表 6 石灰性土壤酶活性分析

Table 6 Enzymatic activity of calcareous soil

土壤亚类	海拔 /m	层次 /cm	过氧化氢酶	蔗糖酶	蛋白酶	磷酸酶	脲 酶
淋溶黑色石灰土	400	A <sub>1</sub> 0~ 15	0. 140	0. 165	0. 450	20. 550	0. 037
		B 15~ 60	0. 115	0. 122	0. 123	8. 765	0. 018
淋溶红色石灰土	390	A <sub>1</sub> 0~ 10	0. 155	0. 173	0. 340	25. 510	0. 030
		B 10~ 60	0. 153	0. 073	0. 261	5. 060	0. 014
黄红壤	385	A <sub>1</sub> 0~ 18	0. 130	0. 107	0. 336	49. 535	0. 027
		B 18~ 60	0. 040	0. 052	0. 119	8. 205	0. 005

## 参 考 文 献

- 1 叶仲节, 何黎明, 蒋秋怡, 等. 天目山森林土壤. 见: 杨逢春主编. 天目山自然保护区自然资源综合考察报告. 杭州: 浙江科学技术出版社, 1990. 24~ 35
- 2 何黎明, 陆景冈. 西天目山自然保护区森林土壤的地球化学特征. 浙江林学院学报, 1988, 5(2): 180~ 191
- 3 易淑, 吴珊眉. 西天目山的森林土壤和生态平衡问题. 南京农学院学报, 1981, 3(3): 55~ 70
- 4 关松荫. 土壤酶及其研究法. 北京: 农业出版社, 1986. 274~ 330
- 5 中华人民共和国国家标准局. GB7848~ 7858-87森林土壤分析法. 北京: 中国标准出版社, 1988
- 6 叶仲节, 柴锡周. 浙江林业土壤. 杭州: 浙江科学技术出版社, 1986. 59~ 77
- 7 蒋秋怡, 叶仲节, 钱新标, 等. 杉木根际土壤特性的研究(II) 杉木根际的生物化学特性. 浙江林学院学报, 1991, 8(4): 450~ 457
- 8 姜培坤, 蒋秋怡, 董林根, 等. 杉木檫树根际土壤生化特性比较分析. 浙江林学院学报, 1995, 12(1): 1~ 5
- 9 李勇. 试论土壤酶活性与土壤肥力. 土壤通报, 1989, 20(4): 190~ 192
- 10 杨式雄, 戴教藩, 陈宗献, 等. 武夷山土壤酶活性垂直分布与土壤肥力关系的研究. 福建林业科技, 1993, 20(1): 1~ 7

Xu Qiufang (Zhejiang Forestry College, Lin'an 311300, PRC), Zheng Xiaoping, and Yu Wenzhong. **Enzymatic Activity of Forestry Soils in Mt. West Tianmu.** *J Zhejiang For Coll*, 1997, 14(2): 142~ 146

**Abstract** Above the elevation of 560 m, the enzymatic activity of forest soils increases with the altitude. Judging by the soil of subgroups, brown-yellow earth and black-yellow earth have more enzymatic activity than yellow earth and yellow-red earth, and the enzymatic activity of calcareous soil is higher than that of yellow-red earth at the same altitude.

**Key words** forest soils; enzymes; activity; Mt. West Tianmu