

红壤柑桔园土壤熟化与酶活性 相关性的研究*

吴可红 庄伊美

(福建省亚热带植物研究所, 厦门)

李来荣

(福建农学院, 福州)

摘 要

本文通过对不同垦植年限红壤柑桔园土壤化学性状和土壤酶活性的研究, 讨论了土壤酶活性与土壤养分含量的关系, 土壤酶活性与红壤柑桔园土壤熟化度的相关性, 以及土壤酶在红壤果园土壤定向培肥进程中的作用。本研究表明, 土壤酶活性可作为红壤柑桔园土壤熟化度的重要指标, 进而探讨了以土壤酶活性指标作为表征红壤果园土壤熟化度的可能性。

关键词: 红壤, 柑桔园, 土壤熟化, 酶, 活性。

引 言

福建是我国亚热带水果的著名产区。其果园多数分布于低丘台地及海拔数百米的低山。然而, 由于红壤成土过程中强烈的富铝化作用, 加之原始植被严重破坏, 导致了生境恶化, 红壤的理化性状不良, 肥力较低, 在一定程度上阻碍了亚热带果树生产的发展。因此, 深入研究红壤果园土壤熟化规律及其肥力的演化过程, 不仅能为丘陵山地红壤果园土壤改良及低产园改造提供理论依据, 还能为红壤果园土壤管理提供指导性措施^[1-2]。

土壤营养物质的循环和能量转化过程中, 酶起着重要作用^[3-5]。探讨酶活性状况及其变化规律, 有助于了解土壤肥力现状和演变。

本文在调查分析红壤柑桔园理化性状与土壤熟化关系的基础上, 进一步研究了土壤酶活性与土壤熟化度的相关性, 为果园土壤培肥和调控提供科学依据。

一、研究方法

1. 研究区域设置

本试验地设于福建永春县天马与猛虎果场内丘陵山地的红壤柑桔园。分别选定50年代、60年代、70年代和80年代四个不同垦植年代的果园为四个取样区, 其田间管理与生长状况均属正常。样地海拔高度为450—500米。并以荒地为对照点, 定为第5取样区。

2. 土样采集和分析

为消除水平方向和不同坡位土壤间的差异, 在上述选定的各取样区内, 于同一水平梯田的梯面设5次重复, 各重复土样由5个不同坡位采样点混合而成(即 $n=5$)。分0—20厘米和20—40厘米两个土层(采样期均为1985年5月)。土样按常规处理, 过0.25毫米筛供土壤

* 本研究承蒙陈举玛副教授、杨晋安、王仁凯、江由讲师大力支持, 谨致谢意。
本文于1986年8月23日收到。

化学性状分析; 过 1 毫米筛供土壤酶活性测定。

(1) 化学性状分析: pH值用电位测定法(水提); 水解氮用碱解蒸馏法; 速效磷用 $0.03\text{mol NH}_4\text{F}-0.02\text{mol HCl}$ 浸提, 钼兰比色法; 速效钾用 1mol 中性 NH_4Ac 浸提, 火焰光度法; 全磷用高氯酸-硫酸-钼锑抗比色法; 有机碳用重铬酸钾法; 全氮用高氯酸消化, 半微量凯氏法。

(2) 土壤酶活性测定: 过氧化氢酶用 J.L. Johnson 与 K.L. Temple 法; 多酚氧化酶及过氧化物酶用 A.И. Галстян 法; 蛋白酶用 Z. Ambroz 法; 脲酶用靛酚兰比色法; 磷酸酶用 G. Hoffmann 法; 转化酶用磷钼酸比色法。

3. 数据统计分析

(1) 对各取样区土样的化学性状与土壤酶活性的检测值, 采用 Duncan 新复极差测验, 并对各取样区每一项目平均值进行多重比较。探讨土壤化学性状、酶活性与丘陵红壤柑桔园土壤垦植年限间的关系。

(2) 采用单相关分析法, 计算土壤酶活性与所有 16 个测试项目的单相关系数, 了解它们之间的相互关系, 同时, 还对各土样进行聚类分析, 以表征其所处的熟化阶段, 并在此基础上用 Duncan 多重检验筛选熟化指标。

二、结 果

1. 不同垦植年限的红壤柑桔园土壤化学性状 (表 1)

从表 1 结果可见, 除 pH 值和 C/N 比值两个项目外, 其余各项分析值均随垦植年限的增加而提高, 各处理间多呈显著差异。比较表层和亚表层土壤的检测值还启示我们, 处理 3—5 的亚表层 (20—40 厘米) 与表层 (0—20 厘米) 土壤养分含量有一定差异, 但是经十几至二十年或更长时间的定向培肥 (如处理 1、2) 则基本能达全层土壤熟化。

2. 不同垦植年限的红壤柑桔园土壤酶活性 (表 2)

表 2 数据表明, 除过氧化氢酶、多酚氧化酶和转化酶外, 其他的土壤酶活性基本上随垦植年限的延长而增强, 且各处理间差异多数达显著水平。这在本试验两个果场各 5 个处理的表层土壤, 所表现的趋势较一致。而亚表层土壤酶活性规律性较差。

3. 不同垦植年限红壤柑桔园土壤酶活性与化学性状的相关性

对上述的不同垦植年限柑桔园土壤化学性状及土壤酶活性测试值, 所进行的单相关分析结果列于表 3。结果表明, 表层土壤的多项化学性状和土壤酶活性同步发展。它们之间呈密切的相关性, 且达显著或极显著的水平。而各土壤酶活性之间也存在一定的相关性。两场各取样区间统计分析结果趋势一致。亚表层土壤肥力水平较表层土壤低, 且各取样区之间测试值的规律性较差; 酶活性与化学性状间的相关性也不甚显著。

三、讨 论

1. 土壤酶活性与红壤柑桔园土壤熟化的关系

本研究结果表明, 在红壤柑桔园土壤熟化进程中, 土壤养分含量与土壤酶活性基本上同步发展 (表 1, 2), 且两者间相关性在表层土壤中表现良好。数种土壤酶活性, 不仅与土壤速效 N、P、K 含量显著相关, 而且与 C、N、P 全量密切相关。水解氮含量与脲酶、蛋白酶、

表 1 不同垦植年限红壤柑桔园土壤化学性状
Table 1 The chemical properties in red soil orchard of Ponkan at different cultivation periods*

场名	项目 土层 (cm)	全 碳 (%)			全 氮 (%)			全 磷 (%)			水解氮 (mg.100g ⁻¹)			速效磷 (ppm)			速效钾 (ppm)			C/N			pH			
		0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	
蓬 虎 场	1	1.83 _a	1.65 _a	.155 _a	.145 _a	.146 _a	.121 _a	39.8 _a	41.5 _a	52.2 _a	55.3 _a	179.0 _a	110.0 _a	11.9 _a	11.4 _a	5.27 _a	4.90 _a									
	2	1.34 _b	0.95 _b	.122 _b	.100 _b	.050 _b	.044 _b	34.7 _b	32.1 _b	9.7 _b	2.4 _b	178.0 _a	140.0 _a	10.8 _a	9.4 _a	4.78 _d	4.71 _b									
	3	1.15 _c	0.71 _b	.109 _c	.101 _b	.087 _c	.028 _c	30.3 _c	29.3 _b	0.2 _c	0.2 _c	120.0 _b	63.2 _b	10.4 _a	6.9 _c	5.10 _b	4.88 _a									
	4	0.85 _d	0.67 _c	.078 _d	.080 _c	.035 _c	.024 _c	28.6 _d	27.0 _b	0.2 _c	0.2 _c	46.0 _c	31.0 _c	12.1 _a	8.5 _b	4.83 _c	4.67 _b									
	5	0.50 _a	0.41 _c	.053 _a	.055 _d	.021 _d	.018 _d	21.9 _e	20.1 _c	0.2 _c	0.2 _c	39.0 _c	33.6 _c	9.6 _a	8.0 _b	4.86 _b	4.95 _a									
天 马 场	1	2.24 _a	1.81 _a	.126 _a	.109 _b	.079 _a	.047 _a	51.4 _a	56.7 _a	23.7 _a	22.8 _a	100.0 _b	78.2 _b	18.0 _a	17.0 _a	4.66 _a	4.23 _b									
	2	2.21 _a	1.81 _a	.133 _a	.138 _a	.062 _b	.044 _a	49.1 _a	42.2 _b	7.4 _b	3.4 _b	156.8 _a	155.4 _a	16.1 _a	15.1 _a	4.49 _a	4.23 _b									
	3	1.80 _b	1.71 _b	.119 _b	.120 _b	.041 _b	.035 _b	32.5 _b	37.1 _b	0.5 _b	0.5 _c	125.0 _a	76.6 _b	15.1 _b	14.6 _a	4.46 _a	4.48 _a									
	4	1.40 _c	1.14 _c	.101 _c	.090 _c	.022 _d	.020 _c	33.6 _b	33.1 _b	0.2 _c	0.2 _c	91.8 _b	70.2 _b	13.8 _c	12.8 _b	4.45 _a	4.59 _a									
	5	0.70 _d	0.58 _d	.073 _d	.060 _d	.010 _c	.008 _d	25.6 _b	22.9 _d	0.2 _c	0.2 _c	59.0 _c	51.0 _b	11.0 _d	9.7 _b	4.96 _a	4.57 _a									

* 同栏平均值注有不同英文字母者, 表示差异达 5% 显著水平。

表 2 不同年限年限红壤柑桔园土壤酶活性

Table 2 The enzyme activities in red soil orchard of Ponkan at different cultivation periods*

场名	项目 土层 (cm)	脲酶 (NH ₃ mg.100g ⁻¹)		蛋白酶 (NH ₃ mg.g ⁻¹)		中性磷酸酶 (酶mg.g ⁻¹)		酸性磷酸酶 (酶mg.g ⁻¹)		转氨酶 (还原酶mg.g ⁻¹)		酚氧化酶 多(红紫柑桔) (mg.g ⁻¹)		过氧化酶 (红紫柑桔) (mg.g ⁻¹)		过氧化氢酶 (0.1molKMnO ₄ ml.g ⁻¹)	
		0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40
钵 虎 场	1	83.0 _a	68.1 _a	1.15 _a	0.81 _a	.527 _b	.403 _a	.356 _a	.258 _a	1.72 _a	1.18 _a	.112 _a	.053 _a	2.06 _a	2.03 _a	1.34 _b	1.25 _b
	2	51.9 _a	25.8 _c	0.82 _b	0.48 _b	.520 _b	.257 _b	.300 _b	.205 _b	1.58 _a	1.10 _a	.081 _a	.052 _a	1.62 _b	1.68 _b	1.37 _b	1.39 _a
	3	43.0 _b	38.6 _b	0.42 _c	0.27 _c	.698 _a	.217 _c	.259 _b	.151 _b	1.50 _b	1.13 _a	.048 _a	.085 _a	0.73 _c	0.61 _d	1.34 _b	1.37 _a
	4	44.0 _b	45.0 _b	0.27 _d	0.19 _c	.335 _c	.195 _c	.184 _c	.147 _c	1.39 _c	0.83 _a	.078 _a	.046 _a	0.75 _c	0.80 _c	1.44 _a	1.35 _a
	5	27.6 _c	27.4 _b	0.07 _e	0.01 _c	.284 _c	.172 _c	.126 _d	.111 _c	1.39 _c	0.80 _a	.041 _b	.048 _a	0.86 _c	0.83 _c	1.48 _a	1.13 _c
天 马 场	1	66.2 _b	28.9 _b	0.48 _a	0.59 _a	.230 _b	.119 _b	.361 _a	.157 _b	1.08 _a	0.87 _a	.127 _a	.112 _a	1.88 _a	1.95 _a	0.94 _a	0.76 _a
	2	86.8 _a	38.6 _a	0.28 _b	0.31 _b	.320 _a	.168 _a	.357 _a	.222 _a	1.03 _a	0.97 _a	.059 _b	.062 _b	1.88 _a	1.83 _a	0.84 _c	0.83 _a
	3	78.2 _b	41.6 _a	0.29 _b	0.23 _b	.258 _b	.138 _a	.274 _b	.148 _b	1.05 _a	0.74 _a	.080 _b	.078 _b	1.03 _a	0.86 _b	0.98 _a	0.98 _a
	4	55.4 _b	30.0 _b	0.21 _c	0.20 _b	.238 _b	.133 _b	.230 _b	.144 _b	0.78 _b	0.82 _a	.078 _b	.061 _b	0.90 _b	0.87 _b	0.80 _b	0.92 _a
	5	41.7 _c	30.3 _b	0.13 _d	0.17 _c	.154 _d	.104 _c	.158 _c	.105 _c	1.21 _a	0.87 _a	.063 _b	.080 _b	0.94 _b	0.93 _b	0.99 _a	0.97 _a

* 同栏平均值注有不同英文字母者,表示差异达5%显著水平。

表3 柑桔园土壤酶活性与16项测试值单相关系数矩阵表

Table 3 The correlation matrix for enzyme activities and 16 properties of red soil orchard of Ponkan (0—20cm)

场名	项目	脲酶 1	蛋白酶 2	中性磷酸酶 3	酸性磷酸酶 4	转化酶 5	多酚氧化酶 6	过氧化物酶 7	过氧化氢酶 8	水解氮 9	速效磷 10	速效钾 11	全磷 12	全氮 13	全碳 14	C/N 15	pH 16
猛虎场	1	1	.694	.713	.826	.376	.424	.553	-.382	.698	.470	.646	.624	.773	.727	.260	.135
	2		1	.789	.900	.702	.548	.870	-.558	.859	.720	.856	.867	.913	.870	-.229	.350
	3			1	.830	.609	.540	.725	-.492	.789	.442	.739	.714	.955	.878	-.111	.590
	4				1	.665	.594	.774	.593	.863	.570	.831	.788	.878	.779	.231	.343
	5					1	.403	.591	-.467	.559	.564	.638	.639	.623	.583	.186	.383
	6						1	.555	-.169	.488	.221	.350	.545	.501	.417	.191	.135
	7							1	-.359	.790	.696	.752	.826	.790	.797	.242	.347
	8								1	-.534	-.306	-.430	-.018	-.479	-.423	-.190	-.200
天马场	1	1	.412	.787	.718	-.078	0	.515	-.420	.419	.139	.628	.654	.755	.749	.533	-.134
	2		1	.270	.796	-.075	.692	.798	-.113	.704	.808	.234	.888	.628	.767	.781	.124
	3			1	.670	-.254	-.089	.387	-.647	.562	.234	.611	.493	.700	.663	.397	-.157
	4				1	-.061	.308	.723	-.446	.744	.622	.387	.852	.868	.880	.726	.168
	5					1	.188	.199	.363	.024	.082	-.309	.016	-.124	-.149	-.179	.474
	6						1	.414	.293	.336	.562	.003	.480	.166	.356	.496	.173
	7							1	-.254	.770	.737	.439	.820	.568	.694	.690	.216
	8								1	-.368	-.126	-.237	-.168	-.434	-.302	-.165	.109

$r^* = 0.396$, $r^{**} = 0.505$, $n = 25$.

中性磷酸酶、酸性磷酸酶和过氧化物酶活性呈显著或极显著相关(其中,脲酶、蛋白酶活性与水解氮含量的相关系数分别为 $r = 0.419^*$ — 0.698^{**} 、 $r = 0.704^{**}$ — 0.859^{**}),反映了土壤中水解氮含量与各种生化作用关系密切。全氮含量与脲酶、蛋白酶活性呈极显著正相关(其相关系数分别为 $r = 0.773^{**}$ — 0.755^{**} 、 $r = 0.626^{**}$ — 0.913^{**})。

土壤速效磷含量与酸性磷酸酶、蛋白酶及过氧化物酶活性,也表现为显著正相关。值得重视的是,强酸性(pH4.23—5.27)土壤中,酸性磷酸酶活性与速效磷、全磷含量呈极显著的正相关($r = 0.570^{**}$ — 0.622^{**} 、 $r = 0.852^{**}$ — 0.788^{**}),由上述分析得知:研究红壤果园土壤磷素营养问题时,不仅要注意土壤全磷、速效磷的静态含量,而且应考虑土壤磷酸酶(尤其是酸性磷酸酶)活性的动态指标。将两者有机联系起来,并进一步研讨红壤果园土壤酸性磷酸酶活性及其动力学问题,才能对其磷素状况作出合理评价^[8]。研究表明:土壤速效钾含量与脲酶、中性磷酸酶及过氧化物酶的活性呈显著或极显著的正相关,其机制有待于进一步探明。由于土壤酶在丘陵山地红壤柑桔园土壤的熟化进程中,积极参与有机质的形成、分解,从而促进了土壤养分的循环代谢。

2. 红壤柑桔园土壤熟化的酶活性指标

表1—3的资料指出,在红壤柑桔园土壤熟化进程中,化学性状及土壤酶活性的改善和提高是同步进行的^[7-9]。衡量红壤柑桔园土壤良好熟化度的指标(表4)系在聚类分析基础上,对不同熟化阶段的各项分析值进行显著性检验筛选出来的,既注意其代表性,还考虑

表 4 红壤柑桔园土壤良好熟化度的主要指标

Table 4 The major indexes of amelioration in red soil orchard of Ponkan

化 学 性 状				酶 活 性			
全 碳 C (%)	全 氮 N (%)	速效磷 P (ppm)	速效钾 K (ppm)	蛋 白 酶 (NH ₂ mg·1g ⁻¹)	酸 性 磷 酸 酶 (酚·mg·1g ⁻¹)	过 氧 化 物 酶 (红紫桔精 [mg·1g ⁻¹])	脲 酶 (NH ₄ mg· 100g ⁻¹)
>1.5	>0.1	>10	>100	>0.3	>0.3	>1.5	>50

其稳定性。对丘陵山地红壤柑桔园土壤熟化度的评价是可行的。

参 考 文 献

- [1] 李永荣等, 1981, 红壤丘陵山地柑桔园土壤熟化问题的初步探讨, 生态学报, 1(4), 299—306.
- [2] 庄伊美等, 1985, 福建柑桔丰产园营养状况的初步研究, 福建农学院学报, 14(1), 23—29.
- [3] 陈恩凤等, 1984, 土壤肥力实质的研究 I 黑土土壤学报, 21(3), 229—237.
- [4] Klein & Kothe, 1980, Urease protease and acid phosphatase in soil continuously cropped to corn by conversion or no tillage methods, *SOIL BIOL. AND BIOCHEM.*, 12, 293—294.
- [5] Dkhar M.S. et al., 1983 Dehydrogenase and urease activities of maize field soils, *PLANT AND SOIL*, 70(3), 327—333.
- [6] Appiah, M.R. et al., 1985 Phosphatase activities of soil as affected by cocoa pod ash, *SOIL BIOL. & BIOCHEM.*, 17(6), 823—826.
- [7] 蔺本楚等, 1986, 红壤微生物特性(二): 浙江省低丘红壤的酶和呼吸活性, 土壤学报, 14(2): 221—225.
- [8] Ross, D.J., 1982 Restoration of pasture after topsoil removal, effects on soil carbon and nitrogen mineralization, microbial biomass and enzyme activities, *SOIL BIOL. AND BIOCHEM.*, 14, 575—581.
- [9] Zantua, M.I. et al., 1977 Relationship between soil urease activities and other soil properties, *SOIL SCI. SOC. AM. J.*, 41, 350.

SOME ASPECTS OF THE AMELIORATION OF CITRUS ORCHARD SOILS AND SOIL ENZYME ACTIVITIES IN THE RED SOIL HILLY LANDS OF SOUTH CHINA

Wu Kehong Zhuang Yimei

Li Lairong

(Fujian Institute of Subtropical Botany, Xiamen)

(Fujian Agricultural College, Fuzhou)

The amelioration of the red soil citrus orchard is fundamental to the production of high quality as well as total production of fruits. Comprehensive orchard soil management is conclusive to soil amelioration. Soil amelioration involves several marked changes such as, physical and chemical, biological and/or biochemical (enzyme activities) properties in the soil of these orchards. However, reports on the properties of biology, especially in biochemistry in this field are limited. This study, therefore, is to investigate the changes both in chemical and biochemical properties with the different length in which the red soil orchards are treated.

Urease, protease, neutral-phosphatase, acid-phosphatase, invertase, polyphenol oxidase, peroxidase and catalase activities of soils from red hilly soil orchards of both Tianma and Menghu citrus farms in Yongchun County, Fujian Province, were determined. So were their chemical properties. Our data showed that most enzyme activities and nutrient contents increase with the length of periods the red soil orchards were treated. And most of them showed significant difference ($P=0.05$), among the treatments in either soils of the four different cultivation times and virgin land (as a control), indicated by Duncan's multiple range test. Significant relationship was found between several kinds of enzyme activities and some nutrient contents in all treatments. The present paper points out that the soil enzyme plays an important role in the cycle of N,P,C and other elements in the soil. The results observed for the effect of the fertilizing measure combining manure and minerals on soil enzyme activities are strongly correlated with organic C (total C) concentrations. Our findings also shows that the enzyme activities is one of the most important indexes symboling the amelioration of red soil orchards. And the further study on the field will be benefit to the practice of economical fertilization. The cultivation of forest trees (such as citrus and other subtropical fruit trees) at red hilly soil is a pathway available in improving and developing a good red hilly soil ecosystem.

Key words, red soil, citrus orchard soil, enzyme activities, amelioration,