

# 福建变性土肥力特征和农业生产特性的研究\*

朱鹤健 江用锋 谭炳华

(福建师范大学自然资源研究中心, 福州 350007)

## 摘 要

福建变性土与广泛分布的地带性土壤——砖红壤性红壤不仅在土壤特性上有很大差别,而且在耕作、适种性、施肥效应、灌溉措施以及作物产量与品质等农业生产特性上也有明显的不同。我们在已取得土壤特性研究成果的基础上,又从水、肥、气等土壤肥力特征方面,揭示这些农业生产特性差别的机理,并着重于与砖红壤性红壤对比,以期把这两种呈复区分布的土壤,在利用和管理上能进一步区别对待。

**关键词** 变性土, 肥力特征, 农业生产特性

在福建漳浦、龙海沿海一带的低丘和台地暗黑色气孔状玄武岩风化物上,发育一种暗色粘质土壤,历史上视同砖红壤性红壤。我们研究结果,已将它从砖红壤性红壤中划分出来,定名为变性土<sup>[1]</sup>。现进一步从水、肥、气等土壤肥力特征,揭示这两种土壤农业生产特性的差别,以达到科学用土和管土,为提高此类土壤的农业生产水平提供科学依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 供试土壤

在调查区采集旱地土壤样品共 8 个剖面。其中 1—4 号剖面是发育在暗黑色气孔状玄武岩风化物上的变性土;5、6 号剖面是发育在红色致密状玄武岩风化物上的砖红壤性红壤;7、8 号剖面是发育在花岗岩风化物上的砖红壤性红壤。每个剖面采取 2 层——耕层和底层(耕层深 15—25cm, 以下为底层)土样。共有 16 个理化分析样品和 16 个原状土样。

### 1.2 试验方法

1.2.1 土壤机械组成 采用 0.5mol/L 氢氧化钠溶液分散土样,比重计法测定。土壤颗粒按美国制分级。

1.2.2 pH 值 在土水比为 1:5 浸提液中,用 pHS-10A 型数字酸度/离子计测定。

1.2.3 有机质含量 用重铬酸钾法。

\* 本研究是“福建农业资源综合开发研究”课题的一部分,得到福建省科委资助。

收到修改稿日期:1994-01-17

1.2.4 阳离子交换量及盐基组成 用 pH7.0 醋酸铵法测定阳离子交换量,再用原子吸收分光光度计分别测定醋酸铵浸提液中钙、镁、钾、钠含量。

1.2.5 土壤孔隙组成及基本水分类型 用一次采样,连续测定方法<sup>[3]</sup>测定,其中:(1)容重、田间持水量等,用环刀法;(2)最大吸湿水,用饱和  $K_2SO_4$  法;(3)比重,用比重瓶法。

1.2.6 全氮和有效氮 全氮用浓硫酸-混合催化剂消化土壤,有效氮用  $1.8\text{mol/L}$  氢氧化钠水解土样,然后都用扩散吸收法测定。

1.2.7 全磷和全钾 土样用  $HF-HClO_4-HNO_3$  一次性消化,全磷用钼锑抗比色法,在 721 型分光光度计上比色;全钾用原子吸收分光光度计测定。

1.2.8 有效磷和有效钾 有效磷用  $0.5\text{mol/L}$  碳酸氢钠-钼锑抗比色法;有效钾用  $1\text{mol/L}$  中性醋酸铵浸提,原子吸收分光光度计法测定。

1.2.9 土壤微量元素 全量铜、铁、锰、锌用氢氟酸-硫酸消煮,原子吸收分光光度计法;全钼用  $HF-H_2SO_4$  消煮, KCNS 比色法;全硼用碳酸氢钠熔融,姜黄素比色法;有效铜、铁、锰、锌用 DTPA 浸提,原子吸收分光光度计法;有效钼用草酸-草酸铵浸提, KCNS 比色法;有效硼用沸水浸提,姜黄素比色法测定。

## 2 结果与讨论

### 2.1 变性土的化学特性

2.1.1 土壤有机质 变性土耕层有机质含量在  $10\text{g/kg}$  以上,在农业土壤中属中等水平,一般高于砖红壤性红壤,同时从耕层向底层逐渐减少(图 1)。而且变性土的胡敏酸的含量以及 H/F 都高于砖红壤性红壤<sup>[1,2]</sup>,这在腐殖质组成以活性富里酸占优势的我国南方红壤地区中有特殊意义。

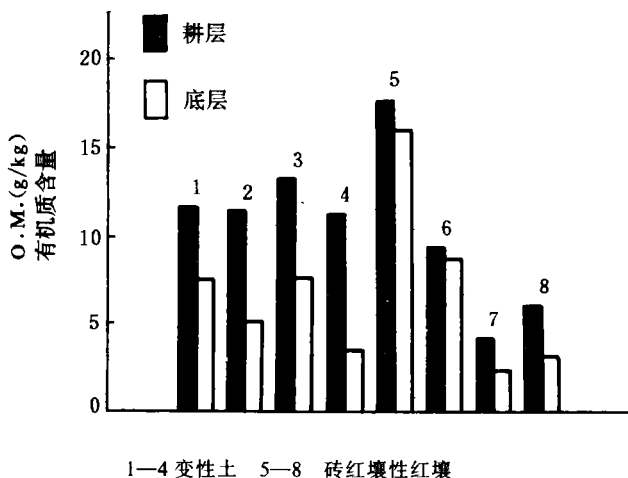


图 1 变性土与砖红壤性红壤有机质含量比较

Fig.1 Comparison of organic matter content between vertisol and lateritic red earth.

2.1.2 土壤养分状况 (1)土壤氮、磷、钾。如表 1 所示,变性土全氮和有效氮含量一般高于砖红壤性红壤,这与其有机质含量所表现的趋势相吻合。变性土的全磷含量很低,

多不及福建省土壤全磷含量的平均值  $0.74\text{g}/\text{kg}^{[5]}$ , 但却明显高于本区砖红壤性红壤, 有效磷含量也表现出这一趋势。这与其发育的母质含磷量高有关<sup>[2, 4]</sup>。变性土的全钾含量很低, 一般低于砖红壤性红壤, 但有效钾和交换性钾含量却很高, 表现出较高的供钾强度。这与变性土的风化度低, 质地粘重以及盐基饱和度高等性质有关系<sup>[4]</sup>。(2) 土壤微量元素。本研究分析了供试土壤的铁、锰、铜、锌、钼和硼等六种微量元素(表 2、表 3)。

表 1 变性土和砖红壤性红壤 N.P.K 含量比较

Table 1 Comparison of N, P and K contents between vertisol and lateritic red earth

土壤类型 Soil type		全氮 Total N (g/kg)	有效氮 Available N ( $\mu\text{g}/\text{g}$ )	全磷 Total P (g/kg)	有效磷 Available P ( $\mu\text{g}/\text{g}$ )
变性土	变幅	0.9—1.17	60.90—72.10	0.55—1.60	7—17
	平均值	1.04	65.83	0.82	12.0
砖红壤性红壤	变幅	0.42—1.32	32.60—83.00	0.23—0.35	3.0—8.1
	平均值	0.80	55.08	0.29	6.03

土壤类型 Soil type		全钾 Total K (g/kg)	有效钾 Available K ( $\mu\text{g}/\text{kg}$ )	交换性钾 Exchangeable K ( $\text{cmol}(+)/\text{kg}$ )	供钾强度 <sup>1)</sup> Intensity of potassium supply
变性土	变幅	3.0—5.7	58.0—204	0.15—0.76	1.07—6.00
	平均值	3.9	120.2	0.42	3.37
砖红壤性红壤	变幅	3.1—16.6	14.0—122.0	0.04—0.41	0.08—3.94
	平均值	9.48	58.0	0.18	1.48

1) 供钾强度 = 有效钾 / 全钾  $\times 100$ 。

表 2 变性土和砖红壤性红壤微量元素含量比较( $\mu\text{g}/\text{g}$ )

Table 2 Comparison of trace element contents between vertisol and lateritic red earth

土壤类型 Soil type		Cu	Zn	Fe	Mn	Mo	B
变性土 (n=4)	变幅	21.80—71.09	30.51—103.30	27180—68203	1105—2222	0.388—1.586	10.81—17.03
	平均值	60.67	69.31	47253	1471	0.856	12.99
砖红壤 (n=4)	总量	7.06—56.09	21.18—61.81	6052—43220	229—1574	0.497—1.499	18.51—22.67
	平均值	30.01	42.91	22721	744	1.096	20.14
壤性 (n=2)	玄武岩发育	45.73—56.09	55.09—61.81	31702—43220	228—416	0.497—1.372	19.22—22.67
	平均值	50.91	58.45	37461	323	0.935	20.95
红壤 (n=2)	花岗岩发育	7.06—11.17	21.18—33.50	6052—9909	757—1574	1.014—1.499	18.51—20.17
	平均值	9.12	27.35	7981	1166	1.257	19.34

从表 2 看出, 变性土铜、铁、锌、锰全量比砖红壤性红壤高, 其中铜、铁、锰全量约为砖红壤性红壤的 2 倍; 而钼和硼全量却比砖红壤性红壤低。这种差异在变性土和花岗岩发

表3 变性土和砖红壤性红壤有效微量元素含量比较( $\mu\text{g}/\text{g}$ )

Table 3 Comparison of available trace element contents between vertisol and lateritic red earth

土壤类型		Soil type		Cu	Zn	Fe	Mn	Mo	B
变性土	变幅	0.96—1.80	0.50—1.50	6.50—13.76	4.06—16.60	0.044—0.099	0.118—0.168		
	平均值	1.32	0.93	11.01	9.68	0.064	0.149		
砖红壤	总量	0.16—0.92	0.56—2.00	11.26—16.00	7.20—18.90	0.071—0.099	0.090—0.144		
	平均值	0.52	1.09	13.63	11.18	0.087	0.127		
玄武岩发育	变幅	0.82—0.92	0.56—2.00	11.26—11.76	10.00—18.90	0.071—0.092	0.132—0.140		
	平均值	0.87	1.28	11.51	14.45	0.082	0.136		
花岗岩发育	变幅	0.16—0.18	0.82—0.96	15.50—16.00	7.20—8.60	0.086—0.099	0.090—0.144		
	平均值	0.17	0.89	15.75	7.90	0.093	0.117		

育的砖红壤性红壤之间更为明显。这是因为铜、锌、铁和锰在玄武岩中要比在花岗岩中丰富,相反,钼和硼则较集中于花岗岩中<sup>[7]</sup>。至于这些微量元素的有效态含量,有些与全量含量相关;有些则受各种因素的影响。

从表3看出,变性土有效铜含量一般高于砖红壤性红壤,而有效钼含量一般低于砖红壤性红壤。这显然与其全量含量有关。由于变性土pH值较高,将会降低铁、锌、锰的活性和有效性<sup>[4]</sup>,因而这些微量元素在变性土中的全量虽然都比砖红壤性红壤高,但其有效态的含量一般都比砖红壤性红壤低。又由于变性土的有机质含量较高,质地粘重,这将会提高硼的有效性<sup>[4]</sup>,所以尽管其全量比砖红壤性红壤低,但有效硼含量一般却较高。

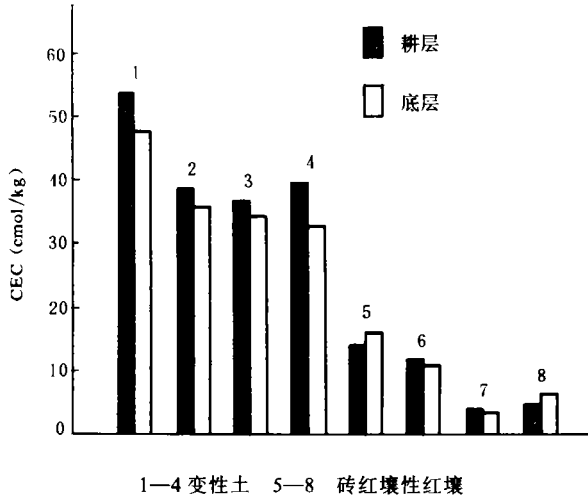


图2 变性土和砖红壤性红壤阳离子交换量的比较

Fig.2 Comparison of CEC between vertisol and lateritic red earth

2.1.3 土壤吸附性能 变性土阳离子交换量都在  $38\text{cmol}/\text{kg}$  以上,远高于砖红壤性红壤,特别是高于花岗岩发育的砖红壤性红壤,即使在底层,变性土阳离子交换量仍在  $32\text{cmol}/\text{kg}$  以上(图2)。可见变性土全剖面保肥性都很强。这与其蒙脱石为主的矿物

组合特点有关。据统计,福建土壤阳离子交换量平均为  $8.27\text{cmol/kg}^{[5]}$ 。本区砖红壤性红壤阳离子交换量为  $3.41\text{—}13.60\text{cmol/kg}$ ,平均为  $8.58\text{cmol/kg}$ ,保肥性都弱。在福建大都是保肥性弱的土壤环境中,出现了这个保肥性很强的土壤,在施肥上必须特别注意。

变性土的代换性盐基含量要比砖红壤性红壤高,而且变性土在代换性盐基组成中是以  $\text{Ca}^{2+}$ 和  $\text{Mg}^{2+}$ 占优势(表 4)。而砖红壤性红壤代换性盐基含量很低,胶体表面的永久电荷点主要由铝离子所占据。变性土这一特点,不仅对土壤的 pH 值,而且对土壤的其他性质也都产生深刻的影响。

表 4 变性土和砖红壤性红壤盐基组成状况

Table 4 Status of bases in vertisol and lateritic red earth

土壤类型 Soil type		阳离子交换量 CEC (cmol / kg)				
		总量 Total	钙 $\text{Ca}^{2+}$	镁 $\text{Mg}^{2+}$	钾 $\text{K}^{+}$	钠 $\text{Na}^{+}$
变性土	变幅	20.57—46.98	10.23—35.24	8.07—10.92	0.15—0.76	0.06—0.31
	平均值	28.49	18.24	9.63	0.42	0.21
砖红壤 性红壤	变幅	1.80—6.18	1.19—1.73	0.40—2.41	0.04—0.41	0.07—0.14
	平均值	4.03	2.44	1.30	0.18	0.12

变性土盐基饱和度不仅高于砖红壤性红壤,而且在土壤剖面的分布上还有其特点:变性土盐基饱和度多从耕层向底层递增,而砖红壤性红壤则多随深度增加而降低(图 3)。变性土的这一特点势必在耕作和施肥上要与砖红壤性红壤区别对待。

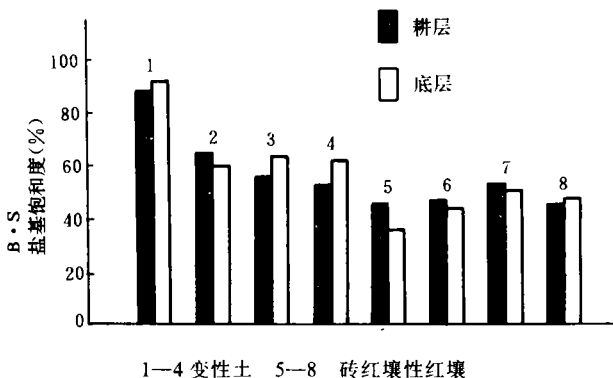


图 3 变性土和砖红壤性红壤盐基饱和度比较

Fig.3 Comparison of base saturation between vertisol and lateritic red earth

2.1.4 土壤酸度状况 变性土 pH 值高于砖红壤性红壤(图 4)。变性土 pH 变幅为  $6.93\text{—}7.83$ ,平均  $7.27$ ;本区砖红壤性红壤 pH 变幅为  $6.18\text{—}6.53$ ,平均  $6.26$ ,因而变性土 pH 比砖红壤性红壤约高  $1.0$ ,比福建全省土壤 pH 平均值  $5.3$  约高  $2.0$ 。变性土 pH 值随深度增加而上升,因而,变性土底层 pH 值尚在中—微碱性范围内。而砖红壤性红壤全剖面上下升降变化都不大。

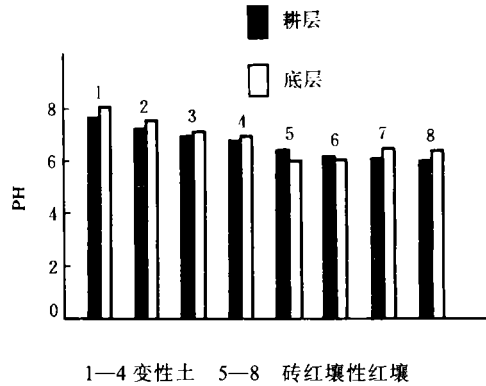


图 4 变性土和砖红壤性红壤 pH 值比较

Fig.4 Comparison of pH between vertisol and lateritic red earth

## 2.2 变性土的水分状况

本区年降水量虽达 1400mm 之多,但因季节分配不均,仍有明显干、湿季之分,秋冬经常受到干旱的威胁。据此,变性土水分状况表现如下特点:

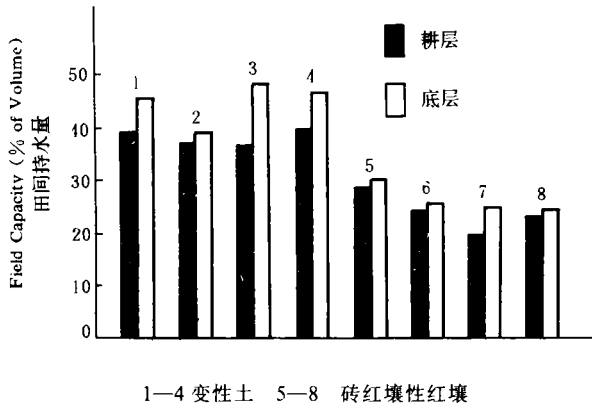


图 5 变性土和砖红壤性红壤田间持水量比较

Fig.5 Comparison of field capacity between vertisol and lateritic red earth

变性土田间持水量高于砖红壤性红壤,耕层田间持水量变化幅度为 37.20—40.75%,平均 38.78%;而砖红壤性红壤耕层田间持水量变幅为 20.10—28.9%,平均 24.58%,前者比后者高 14.20%。而这个差距在底层出现更大。变性土底层的田间持水量平均为 45.13%,而砖红壤性红壤平均为 26.40%,两者相差达 18.72%(图 5)。据此可以认为,变性土持水能力要比砖红壤性红壤强,尤其在底层。这在受干旱严重威胁时,对农业生产具有重要的意义。

虽然变性土田间持水量大于砖红壤性红壤,但因其凋萎系数也比砖红壤性红壤大得多(图 6)。因此,两者的理论有效水含量基本接近(表 5)。然而,变性土和砖红壤性红壤的现时有效水含量情况则有很大不同。本研究供分析水分特性的原状土样是 12 月下旬采集的,正是干旱时期,也是冬闲季节,既缺乏降水,又无灌溉,土壤湿度降到一年中的最

低谷,这时变性土和砖红壤性红壤中所含水量相差很大。从图 7 可知,变性土自然含水量变化幅度 22.93—28.22%,平均 25.89%;砖红壤性红壤变幅为 2.50—10.90%,平均为 5.98%;两者相差 19.91%;在底层,这个差距更大(其平均值分别为 40.75%和 8.79%,相差 31.96%);由此,变性土现时有效含水量也高出砖红壤性红壤(表 5)。

表 5 变性土和砖红壤性红壤水分和孔隙状况比较(容量%)

Table 5 Comparison of moisture Contents and pores between the vertisol and lateritic red earth (% of volume)

土壤类型 Soil type	发生层 Horizon		田间持水量 Field capacity	凋萎系数 Wilting coefficient	理论有效含水量 <sup>1)</sup> Theoretical available moisture	现时有效水分 <sup>2)</sup> Existing available moisture	自然含水量 Natural moisture
	变性土	A	变幅	37.20—40.75	17.15—21.03	17.19—20.08	5.07—8.17
平均值			38.78	19.73	18.60	6.16	25.89
B		变幅	39.10—48.80	22.36—27.24	19.10—23.02	13.42—17.60	37.05—44.45
		平均值	45.13	25.02	20.11	15.78	40.75
砖红壤性红壤	A	变幅	20.10—28.90	1.64—9.15	18.46—22.05	0.35—2.56	2.50—10.90
		平均值	24.58	4.71	19.86	1.18	5.98
	B	变幅	24.45—30.55	2.06—11.31	19.24—22.63	2.07—5.74	4.45—17.05
		平均值	26.40	5.42	20.98	3.37	8.79
土壤类型 Soil type	发生层 Horizon		孔隙度 Porosity	毛管孔隙 Capillary pore (A)	非毛管孔隙 Noncapillary pore (B)	B / A	
	变性土	A	变幅	54.92—61.30	42.78—47.10	8.17—14.36	
平均值			58.40	45.93	12.47	0.27	
B		变幅	42.55—51.14	41.10—49.25	0.78—2.27		
		平均值	48.30	46.70	1.13	0.02	
砖红壤性红壤	A	变幅	49.81—61.38	26.30—41.73	18.89—21.06		
		平均值	56.22	32.63	23.59	0.72	
	B	变幅	45.86—52.08	31.55—36.15	14.31—17.13		
		平均值	49.75	33.95	15.80	0.47	

1) 理论有效含水量 = 田间持水量 - 凋萎系数。

2) 现时有效含水量 = 自然含水量 - 凋萎系数。

变性土和砖红壤性红壤在自然含水量和现时有效水含量上的差异,特别是在底层的差异,说明了变性土具有较强的保墒性能。

## 2.3 变性土的物理性质

2.3.1 土壤质地和微团聚体 如表 6 所示,变性土的质地比砖红壤性红壤粘重,这一差异对花岗岩发育的砖红壤性红壤尤甚。变性土 <0.002mm 粘粒含量都高于 30%,而砖

红壤性红壤多低于 30%。这将影响到它们的农业生产特性。这两种土壤在微团聚体含量上也有明显的差距。据研究,  $<0.01\text{mm}$  微团聚体对吸持养分起着重要作用<sup>[6]</sup>。本区变性土  $<0.01\text{mm}$  微团聚体含量明显高于砖红壤性红壤, 前者平均值为 23.13%, 而后者为 15.86%, 而花岗岩发育的砖红壤性红壤更低, 仅 11.62%。这是变性土保肥性能强的又一原因。经研究,  $>0.25\text{mm}$  微团聚体含量是与非毛管孔隙呈显著相关<sup>[6]</sup>, 变性土在 A 和 B 层中这一粒级的微团聚体含量都低于 21%, 而砖红壤性红壤都高于 21%, 这说明变性土全剖面的非毛管孔隙要比砖红壤性红壤少。我们对这两种土壤的孔隙度的测算(表 5)与这一结果相吻合。

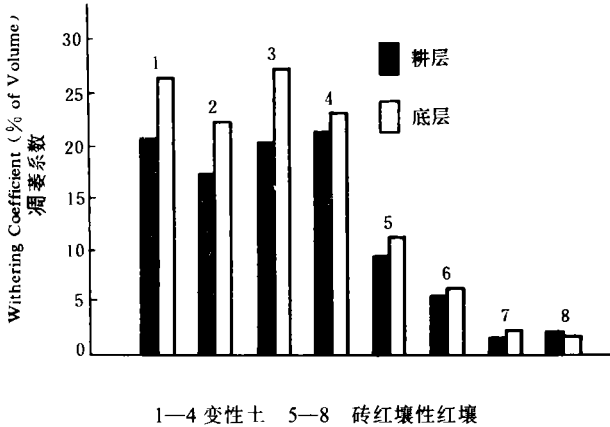


图 6 变性土和砖红壤性红壤凋萎系数比较图

Fig.6 Comparison of withering coefficient between vertisol and lateritic red earth

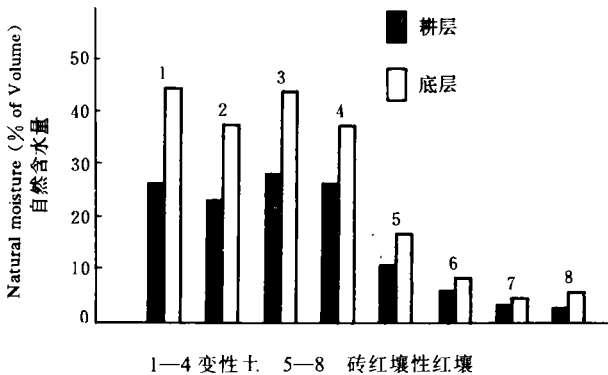


图 7 变性土和砖红壤性红壤自然含水量

Fig.7 Contents of natural moisture in vertisol and lateritic red earth

2.3.2 土壤孔隙 变性土和砖红壤性红壤在孔隙度上相差无几, 但孔隙类型组成上却有明显的差别。变性土的非毛管孔隙远比砖红壤性红壤少。一般认为, 旱地作物要求的土壤非毛管孔隙与毛管孔隙的比值以 0.25—0.5 为宜。而变性土表层这一比值平均为 0.27, 砖红壤性红壤表层平均为 0.78(表 5)。从这一点看, 变性土要比砖红壤性红壤更适于旱地作物的生长, 但其底层这种孔隙比在 0.05 以下, 通透性极差, 这是其不利之一面,



然而, 变性土在旱季大量发育 0.005—5mm 不等的裂隙和裂纹<sup>[3]</sup>, 又增加其通透性。

## 2.4 变性土的农业生产特性

2.4.1 变性土的养分状况一般要比砖红壤性红壤好, 表现在: 有机质、全氮、全磷、有效磷和有效钾含量较高, 而且有较强的保水保肥能力, 盐基组成中钙、镁离子占优势, 表层通透性也较适于旱作物的要求, 因而, 变性土种植甘薯、花生、高粱和甘蔗的常年产量明显高于当地的砖红壤性红壤区, 而且一些旱作物如花生、红麻还表现出较好品质。种植旱作物耐旱期通常比砖红壤性红壤长 10—15 天, 还表现省肥、适种性强等优良农业生产特性, 推行间套作和坡地种植时, 这些优良特性表现得更为突出。

表 6 变性土和砖红壤性红壤的粘粒和微团聚体含量比较 (%)

Table 6 Comparison of clay and micro-aggregate contents between vertisol and lateritic red earth

土壤类型 Soil type	发生层 Horizon		粘粒 Clay <0.002mm	微团聚体 Micro-aggregates	
				>0.25mm	<0.01mm
变性土	A	变幅	32.20—48.40	16.61—20.93	19.82—28.56
		平均值	38.30	18.97	22.56
	B	变幅	32.00—57.00	17.39—19.72	14.12—38.12
		平均值	42.50	18.49	23.71
砖红壤性红壤	A	变幅	8.60—33.20	27.30—47.45	8.80—18.60
		平均值	20.55	37.92	15.59
	B	变幅	10.40—41.40	21.51—46.69	9.52—24.52
		平均值	25.70	31.01	16.13

2.4.2 变性土种植水稻容易发生沉秧现象, 即秧苗插下后会出现耕层土壤沉实, 造成秧苗下沉受淹, 加以早春水冷, 影响水稻生长, 因此变性土种植水稻通常要比砖红壤性红壤迟熟一周。为此, 本区作物水旱轮作多采用旱季旱作—晚季水稻, 这与闽南其他大部分地区采用旱季水稻, 晚季旱作的轮作方式有明显不同。

2.4.3 心土层坚实而且通透性差, 在湿季, 内部排水缓慢, 地表径流流失严重, 而旱季又由于变性土深裂的特殊物理性质, 易于漏水。这都是影响变性土肥力的重要因素。据此特点, 一方面实行深耕, 松动坚实的心土层, 增加通透性, 减少经流流失, 另一方面要提倡喷灌和浇灌, 减少旱季裂隙漏水, 提高水资源的利用率。

2.4.4 变性土的 pH 在 7.0—7.8, 这在我国南方地区是很特殊的, 在利用中, 要考虑这一特点, 这种土壤不需要施用石灰, 不宜种植茶树等一类的喜酸作物, 适种喜钙的豆科作物, 同时要注意施用微量元素。

2.4.5 本研究结果看出, 福建变性土从砖红壤性红壤中划分出来成为独立土类, 这不只是土壤分类的合理性, 而且是科学用土管土所必要的。

## 参 考 文 献

1. 朱鹤健等, 1989: 福建变性土特性的研究。土壤学报, 第26卷第3期, 287—297页。
2. 朱鹤健等, 1992: 母质和微地形条件对变性土形成的影响。土壤学报, 第29卷第2期, 226—250页。
3. 严昶升主编, 1988: 土壤肥力研究方法。农业出版社。
4. 袁可能, 1983: 植物营养元素的土壤化学。科学出版社。
5. 福建省土壤普查办公室, 1991: 福建土壤, 福建科学技术出版社。
6. 陈恩凤, 1990: 土壤肥力物质基础及其调控。科学出版社。
7. J.J.莫尔维德特, W.L.林赛, P.W.吉奥尔达诺著[美], 中国农业科学院土壤肥料研究所译, 1984: 农业中的微量元素。农业出版社。

# THE FERTILITY CHARACTERISTICS AND AGRICULTURAL PRODUCTION CHARACTERS OF VERTISOL IN FUJIAN PROVINCE

Zhu Hejian, Jiang Yongfeng and Tan Binghua

(*Research Centre of Natural Resources, Fujian Normal University, Fuzhou 350007*)

## Summary

Vertisol is greatly different from lateritic red earth, which is an extensively distributed zonal soil in Fujian Province, not only in soil properties but in soil fertility and agricultural production characters such as nutrient status, soil adsorption, moisture capacity, tillage, cropping system, fertilization effect, irrigation measures and crop yield and quality.

The productivity of the vertisol exceeded that of the lateritic red earth. The yields of rice, sweet potato, peanut, sorghum and sugarcane grown on the vertisol were obviously higher than those grown on the lateritic red earth, and some of the crops mentioned above grown on the vertisol also displayed a better quality, because the former soil possesses higher contents of nutrients, stronger nutrient and water retention ability, and more appropriate aeration status in the soil surface than the latter, which caused a series of good agricultural production characters of the vertisol in drought resistance, fertilizer saving, suitability for intercropping etc..

The poor soil tilth, compact subsoil and deep crack in dry season were the major factors affecting vertisol fertility. So deep and intensive tillage must be carried out to improve soil permeability and reduce runoff loss. Spray and sprinkling irrigation should be taken to diminish leakage through cracks and to raise the utilization efficiency of water resources.

Particular attention should be paid to the replenishment of the nutrition of phosphorus, potassium and trace elements such as boron and molybdenum in applying fertilizers to the vertisol. Because of the soil reaction ranging from neutral to slight alkaline, generally there would be no need of liming to the vertisol, and it would be not appropriate to grow acidophilous crops such as tea, which is now extensively grown on the lateritic red earth region there, but it would be proper to be used for growing calciphilous leguminous crops.

**Key words** Vertisol, Fertility characteristics, Agricultural production characters