

## 强酸性盐渍水稻土的发生\*

龔子同 周瑞榮

(中国科学院土壤研究所)

强酸性盐渍水稻土是我国南海沿岸的低产水稻土之一。由于土壤呈强酸性反应,因而水稻生长不良,一般每亩每季水稻不超过200斤,严重者甚至颗粒无收。我国强酸性盐渍水稻土及其类似土壤的面积约100万亩。

这一类型的土壤,由于其在利用上存在问题的严重性,很早就已引起世界各国土壤学者的注意<sup>[1-14]</sup>,同时,由于认识不同,命名也各异。其中根据某些属性命名的,有酸性泥炭土(Acid peat)<sup>[1]</sup>、滨海粘土(Coastal clay soil)<sup>[6]</sup>和滨海水稻土(Rice soil of coastland)<sup>[10]</sup>等;根据植被特点命名的,有潮侵红树林土(Tide mangrove soil)<sup>[8]</sup>、硫化物红树林土(Sulphide containing mangrove soil)<sup>[9]</sup>、红树林沼泽土(Mangrove swamp soil)<sup>[4]</sup>和红树林土(Мангровые почвы)<sup>[7]</sup>等;根据发生过程命名的,则有强酸性盐渍水稻田土壤(Strong acid soil of salty paddy field)<sup>[5]</sup>、酸性硫酸盐土(Acid sulfate soil)<sup>[12]</sup>、酸性盐渍土(Кислые засоленные почвы)<sup>[11]</sup>以及强酸性盐渍水稻土<sup>[13]</sup>等名称。我国农民在长期利用和改良此种土壤的过程中,也采用了不同的命名,如咸酸田、反酸田、矾田和磺酸田等,并根据发育程度进一步划分。本文所论述的是这个类型中的水稻土,我们称之为强酸性盐渍水稻土,即农民所称的咸酸田。

对于此种土壤的研究,大多数偏重于土壤化学性质的探讨<sup>[2,4,5,6,8,9,13]</sup>,对于它的发生,多数学者未加专门论述,而一般地认为是与红树林或含硫的有机物质的埋藏有关。值得注意的是, H. C. Doyne 和 R. R. Glaville<sup>[3]</sup>认为此种土壤的形成是海水中所含氯化物与红树残体分解形成的酸性有机复合体作用的结果,并使土壤中产生游离的盐酸。而 B. M. Фридланд 和 З. С. Караева (1962)<sup>[11]</sup>认为是由于海水浸提酸性土壤物质时,代换出大量的  $Al^{+++}$  而形成的。

为了研究这种土壤的形成过程,我们于1960—1962年在广东沿海各地,采集了不同发育程度的强酸性盐渍水稻土,其中珠40号、珠34号和珠10号系1960年春季采集,珠东3号和珠西8号采集于1962年夏季。实验室所用方法大多采用李庆远等<sup>[17]</sup>土壤分析法一书中常用的方法,因土壤呈强酸性,所有受铁干扰的测定项目,均在去铁后进行,硫酸根用EDTA法。本文将就野外调查材料和实验室所得结果,分别叙述此种土壤的地理分布和特性,并在此基础上对强酸性盐渍水稻土的发生及改良加以讨论。

### 一、强酸性盐渍水稻土的地理分布

强酸性盐渍水稻土的分布是与红树的分布相伴随的,从已有的文献来看,强酸性盐渍

\* 本文初稿写成后承文振旺、陈家坊两先生斧正;1962年野外工作得到中南土壤研究室何金海先生等的协助,特此致谢。

水稻土及其类似土壤,分布非常广泛,几遍及热带、亚热带沿海各地,其中以拉丁美洲沿海、非洲东西海岸和马达加斯加、巽他群岛、马来亚群岛、新西兰、印度半岛南部、印度支那半岛和中国南海沿岸,分布较多。日本的四国和本洲南部沿海亦有类似的土壤。

我国强酸性盐渍水稻土主要分布于南海沿岸各大河流的入海河口地区,西起广东钦江、九洲江和鉴江河口,南到海南岛东南海岸;广州以南的东江、西江和北江河口也有较大面积的分布。向东北至台湾、福建南部若干河口地区也有零星分布,而以钦江和西江河口较为集中,福建以北尚未发现此种土壤的分布。

强酸性盐渍水稻土在河口区的分布,假如根据薩莫依洛夫河口分段,将河口区划分为河流近口段、河流河口段和口外海滨段的话,则都是集中于河口段的外缘,临近口外海滨段,目前实际离海的距离多者十几公里,少者仅数公里。

其在河口段分布的位置并不是在一望无际的冲积平原上,而多半是丘陵和平原的交界处,亦即旧海湾地区。母质为花岗岩或砂岩等酸性岩风化的海湾沉积物,质地一般比较轻。在这种热带的静风海湾里,过去曾普遍生长红树<sup>[15]</sup>,后因海陆变迁,红树失去生长条件而死亡,并被冲积层所复盖,在冲积层达到一定厚度后,即被辟为水田,人为的筑围,施用河泥、淤灌,使复盖层不断加厚。由于开垦的时间不同,复盖层的厚度也不同,一般开垦的时间越久,离海越远、红树埋藏越深,盐渍程度也较轻。在原海湾的内部,虽离海较远,但因地势低洼,开垦年代较晚,所以复盖层薄,红树埋藏层位置较高,盐渍程度较重。由于强酸性盐渍水稻土分布于原海湾较低处,所以大部分都呈斑块状零星分布。

## 二、强酸性盐渍水稻土的特点

### (一) 形态特征

强酸性盐渍水稻土剖面的基本层次和水稻土一样,所不同的是:在绝大部分土壤剖面中均有红树埋藏层发现,这一层次的厚度约 20—30 厘米不等,呈灰黑色,常具有不同分解程度的红树残体,有硫化氢臭味,干时出现黄色的斑块,有硫磺味,此层群众称之为“木屑层”,即红树埋藏层(S 层)。但 S 层在不同发育程度的土壤中出现深度不同,因此,确切的命名应与相应的水稻土发生层的命名结合起来。如此层位于 B 层则可称为 BS 层,在 P 层则可称为 PS 层。然而 S 层的影响往往及于其上下相邻层次,如这种影响较为明显时可在该层前冠以 S,如 SP、SB 等。一般强酸性盐渍水稻土具有 A、P、BS、SBG、G 等层次。

### (二) 理化生物特性

强酸性盐渍水稻土的机械组成,因其形成上的特殊性,大部分均为二重母质来源,一为近距离的运积物,质地比较轻,一般为砂质或壤质;另一来源为河口沉积物,质地较粘,而复盖于前者之上。所以典型的强酸性盐渍水稻土的质地剖面是上部粘重下部较轻,两者的分界线大体上以红树埋藏层为界,随着发育程度的加深,含砂较多的层次出现的深度也愈深,离海较近的强酸性盐渍水稻土,则全剖面均为粘土。

强酸性盐渍水稻土,土壤有机质的含量自 1.9 至 7.2%,而 S 层则可高达 6—7%。硫的含量是很高的,最高的层次中可达 2.3% 左右,而当地地带性土壤中无机硫的含量一般在 0.15% 以下<sup>[19]</sup>,因此表 1 中所列的非水溶性硫大部分是有机硫,同时从表 1 可知,强酸性盐渍水稻土中有机硫的含量一般超过水溶性硫。强酸性盐渍水稻土的水提取液组成以

表 1 强酸性盐渍水稻土的某些理化特性

采集地点	发生层次	采样深度 (厘米)	pH	有机质 (%)	全氮 (%)	全磷 ( $P_2O_5\%$ )	硫(S%)			SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	$\frac{Al_2O_3}{Fe_2O_3}$	机 械 组 成		质地名称 (按卡欽斯基)
							全 硫	水溶性硫	非水溶性硫					<0.01毫米 (%)	<0.001毫米 (%)	
中度强酸性盐渍水稻土(咸酸田), 珠东 3 号																
广 莞 东 县 省 虎 东 門	A	0—14	3.05	3.33	0.134	0.088	0.192	0.051	0.141	59.01	20.58	7.00	4.59	78.0	38.0	中粘土
	P	14—26	2.80	3.73	0.143	0.086	0.411	0.115	0.296	57.29	20.84	6.99	4.66	77.5	34.5	中粘土
	B <sub>1</sub> S	26—50	2.25	7.23	0.153	0.062	1.116	0.316	0.800	54.32	20.97	6.46	5.01	80.0	29.0	中粘土
	SB <sub>2</sub>	50—70	2.15	6.60	0.143	0.044	2.355	0.556	1.799	52.70	17.86	8.10	3.44	65.0	15.0	轻粘土
	SG	70—100	2.95	1.90	0.055	0.057	0.925	0.266	0.659	70.94	10.95	7.17	2.37	38.0	14.0	中壤土

中度强酸性盐渍水稻土(轻咸酸田), 珠西 8 号

轻度强酸性盐渍水稻土(轻咸酸田), 珠西 8 号																
广东	A	0—16	3.50	3.91	0.186	0.074	0.149	0.015	0.134	62.64	18.58	7.27	3.88	62.0	20.0	轻粘土
省中	P	16—25	3.20	3.11	0.126	0.042	0.196	0.050	0.146	63.91	16.93	7.57	3.42	61.5	28.0	轻粘土
山	B	25—48	2.90	3.78	0.112	0.042	0.213	0.071	0.142	62.40	16.56	5.90	4.32	70.0	36.0	轻粘土
县	BGS	48—80	2.75	6.02	0.144	0.038	0.438	0.171	0.267	70.01	15.08	3.11	7.51	49.0	21.5	重壤土
坦	SG <sub>1</sub>	80—95	2.45	3.25	0.066	0.030	0.819	0.360	0.459	83.96	7.27	2.63	4.25	6.5	3.5	紧砂土
洲	G <sub>2</sub>	95—110	4.45	1.92	0.036	0.022	0.841	0.344	0.497	83.51	6.24	3.54	2.69	12.5	3.1	砂壤土

分析者: 陈志荣、过兴大、茅昂江。

表 2 强酸性盐渍水稻土的水提取液组成 (单位: 毫克当量/100 克土)

发生层	采样深度 (厘米)	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Fe <sup>++</sup>	Mn <sup>++</sup>	H <sup>+</sup>	Al <sup>+++</sup>	K <sup>++</sup> +Na <sup>+</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>
中度强酸性盐渍水稻土(咸酸田), 珠东 3 号										
A	0—14	0.52	1.14	0.61	0.02	0.07	0.37	2.63	3.21	2.15
P	14—26	1.25	2.59	0.82	0.08	0.08	1.56	4.28	7.16	3.50
B <sub>1</sub> S	26—50	2.18	5.91	0.86	0.13	0.71	10.71	3.07	19.81	3.76
SB <sub>2</sub>	50—70	2.70	9.02	2.44	0.53	1.48	23.17	0.25	34.75	4.84
SG	70—100	2.91	11.20	1.00	0.60	0.50	2.42	1.38	16.65	3.36

发生层	采样深度 (厘米)	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Fe <sup>++</sup>	Mn <sup>++</sup>	H <sup>+</sup>	Al <sup>+++</sup>	K <sup>++</sup> +Na <sup>+</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>
轻度强酸性盐渍水稻土(轻咸酸田), 珠西 8 号										
A	0—16	0.41	0.21	0.04	0.02	0.02	0.05	0.31	0.93	0.13
P	16—25	0.93	0.93	痕迹	0.04	0.10	0.46	1.05	3.11	0.40
B	25—48	1.56	0.83	0.02	0.05	0.18	0.99	1.37	4.46	0.54
BGS	48—80	1.87	1.35	0.46	0.10	0.46	6.22	1.14	10.79	0.81
SG <sub>1</sub>	80—95	2.39	2.21	3.58	0.43	0.50	13.76	0.17	22.50	0.54
G <sub>2</sub>	95—110	7.68	10.58	0.11	0.57	0.01	1.10	1.72	21.50	0.27

表 3 强酸性盐渍水稻土的微生物状况

采集地点 及土号	采样时间	采样深度 (厘米)	细菌数 (万/克干土)	放线菌	真 菌		芽孢杆菌 (万/克干土)
					干/克干土	青霉菌(%)	
东莞虎门 (珠东 3 号)	1963.2	0—12	4.38	0	8.3	36.6	0.22
		12—25	1.25	0	6.7	98.0	0.01
		50—70	0.12	0	1.1	80.0	0.01

中国科学院土壤研究所微生物组检定。

硫酸铝为主(表 2), 土壤呈强酸性反应, pH 一般在 2.2—3.5 之间。

在强酸性还原条件下, 极有利于离铁作用的进行, 水提液中游离铁锰的含量很高, 随 pH 降低而增加, 并有明显的淋溶和淀积现象。Fe<sup>++</sup> 在 S 层以下一层中含量最高, 可达 3.56 毫克当量/100 克土; 而锰的淀积层则在更下一层。由于强烈的离铁作用, 使土体部分特别是 S 层铁 (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 的含量大为减低, 从土体的铝铁分子比率来看, 这种趋势更加明显。

同时, 我们也看到, 此种土壤磷的含量也很低, 一般都在 0.1% 以下。

另外根据我所土壤微生物组的鉴定, 认为此种土壤微生物活性很低, 与一般土壤比较, 真菌在微生物总数中所占比例较大, 真菌中以青霉菌为主, 芽孢杆菌中则以巨大芽孢杆菌较多。

### (三) 生产特性

强酸性盐渍水稻土一般在正常年份, 即雨水调匀, 灌溉便利的条件下, 水稻可望获得收成。但此种土壤中的 S 层及其下的层次, 由于硫酸铝含量很高, 且富含亚铁, 当天旱缺水时, 酸性含盐的地下水即上升, 可达根系活动层, 使水稻蒙受极大伤害, 受害严重者开始秧尖卷曲变黑, 一天后即枯萎死亡, 轻者稻株矮小, 叶狭而呈暗灰绿色, 生育后期稻株变黑; 不实率很高, 给农业生产带来很大损失。这种危害情况, 早稻一般要比晚稻来得严重。

## 三、强酸性盐渍水稻土的发生

### (一) 强酸性盐渍水稻土的成因

强酸性盐渍水稻土的水提取液中主要是硫酸铝, 因此, 分析硫酸铝的来源有助于说明此种土壤的成因。

表 4 河口海水与地下水比较(毫克当量/升)

项 目		Al <sup>+++</sup>	H <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>
名 称					
河口海水(珠江三角洲 1960 年在河口海水最大含盐量)	黄 埔	0	0	66.59	7.71
	万顷沙	0	0	59.84	7.27
	横 门	0	0	58.31	5.30
强酸性盐渍水稻土地下水	珠西 8 号	10.79	2.76	33.30	56.20
	珠 40 号	—	—	11.20	160.0

硫的来源, 有人认为来自海水<sup>[12]</sup>。南海河口海水可溶盐阴离子组成中, Cl<sup>-</sup> 大大超过 SO<sub>4</sub><sup>-</sup>, 而强酸性盐渍水稻土及其地下水阴离子组成中, SO<sub>4</sub><sup>-</sup> 通常都超过 Cl<sup>-</sup> 的含量。而且强酸性盐渍水稻土所含的硫主要是有机硫, 看来这样高的 SO<sub>4</sub><sup>-</sup> 含量, 不可能直接来自海水, 必定另有来源。我们知道, 强酸性盐渍水稻土发育于红树林沼泽土, 红树埋藏

层在这种土壤中的普遍存在就可証明。紅树是生长非常茂盛的植物,它每年換叶三次,以大量的枝叶供給土壤,根据林厚萱等<sup>[16]</sup>資料,紅树植物含硫 0.20—0.67%。因此,不难断定強酸性鹽漬水稻土中的硫主要来自紅树植物。至于鋁离子,由于上述硫化物氧化而产生硫酸时,酸性母質上发育的土壤,在这种条件下即可形成氫質土,而在石灰性冲积土上,就曾減低这种形成速度,甚至不能形成,氫質土是不稳定的,逐漸为鋁离子所代替,而出現大量代換性鋁<sup>[12,18]</sup>。这可能就是強酸性鹽漬水稻土含有硫酸鋁的原因。另外上面已經說过,強酸性鹽漬水稻土分布于河口地段,这就意味着海水在过去和現在都有可能作用于強酸性鹽漬水稻土,所以每当海水作用以后,大量的鋁离子被代換出来,因而造成鋁离子在土壤溶液中的积聚。所以,这种土壤虽呈強酸性反应,但同时在代換性阳离子中仍含有一定数量的盐基,其饱和度可达 23—40%。許多研究者单纯用紅树林的埋藏來說明強酸性鹽漬土的发生,忽視了海水的影响,而 B. M. Фридланд 等只強調海水对酸性土壤的影响,无法說明大量硫的来源。H. C. Doyne 等虽然竭力想把海水的影响和紅树殘体的埋藏联系起来,可惜他沒有注意到酸性的土壤母質对这种土壤形成的作用。因此,強酸性鹽漬水稻土是各种成土因素綜合作用下形成的热带滨海所特有的富含硫酸鋁的水稻土。

表 5 強酸性鹽漬水稻土(珠西 8 号)的代換性盐基

深度 (厘米)	发生层	代换量 (毫克当量/ 100克土)	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	总 量 (毫克当量/ 100克土)	盐基饱和 度(%)
			(毫克当量/100克土)					
0—16	A	11.24	1.67	1.69	0.25	0.41	4.02	35.7
16—25	P	11.04	1.84	1.96	0.25	0.31	4.36	39.5
25—48	B	14.23	1.86	1.98	0.47	0.60	4.91	34.5
48—80	BGS	16.88	2.17	1.40	0.02	0.26	3.85	22.8
80—95	SG <sub>1</sub>	8.06	1.92	0.65	0.02	0.10	2.69	33.5

## (二) 強酸性鹽漬水稻土的演变

強酸性鹽漬水稻土是在紅树林沼泽土的基础上发育起来的,当紅树林沼泽土上复盖的冲积层厚达 15—20 厘米时,即可开始围垦种植水稻。种稻以后,由于施用河泥和灌溉,复盖层不断加厚,随着复盖层的加厚,強酸性鹽漬水稻土得以不断的发展和变化。

強度強酸性鹽漬水稻土开垦年限最短,紅树埋藏层深度一般不到 25 厘米,有机质含量高,表明紅树殘体分解程度的紅树埋藏层的 C/S 比最狹,全剖面均受 S 层的影响,但从各层水溶性硫的相对含量来看,硫往下移动程度較小。pH 在 2.5 以下,活性酸含量很高,水溶性鉄、錳的含量也較高, S 层的水溶性鉄可达 10 毫克当量/100 克土,地下水位一般在 30—40 厘米以上,这种土壤对水稻生长影响很大,生产无保障,如以每年施用泥肥增高的土层厚度为 0.5 厘米計算,此种水稻土的年齡約在 10—20 年以下。如珠 40 号強度強酸性鹽漬水稻土即是 1955 年围垦的。中度強酸性鹽漬水稻土,由于复盖层进一步加厚,紅树埋藏层相对降低至 25 厘米以下, S 层中有机质进一步分解, C/S 比稍寬,水溶性硫的向下移动增多, A 层 pH 有所增高,活性酸也減低,水溶性鉄、錳也相应的下降,地下水位在 50 厘米左右,在水分管理較好的情况下,可以获得收成,遇旱可能失收,这种水稻土的年齡約 20—30 年。輕度強酸性鹽漬水稻土,紅树埋藏层进一步降低至 50 厘米以下, C/S 比更寬,水溶性硫的向下移动則更多, A、P、B 层的 pH 均有增高,活性酸度降低,鉄、錳也

表 6 不同发育程度的强酸性盐渍水稻土的比較

土壤名称及土号	采集地点	发生层	采样深度(厘米)	pH	活性酸* (H <sub>2</sub> O) (毫克当量/100克土)	全 硫 (%)	非水溶性 硫(%)	C/S	水溶性硫 的相对含量**
强度强酸性 盐渍水稻土 (重咸酸田) 珠 40 号	广东 番禺 石楼	SA	0—18	2.35	5.07	2.13	0.264	1.36	100
		PS	18—42	2.15	17.79	2.15	1.550		
		SBG	42—56	2.40	11.80	1.11	0.746		
		SG	56—92	2.70	5.15	0.35	0.691		
中度强酸性 盐渍水稻土 (咸酸田) 珠东 3 号	广东 东莞 虎門	A	0—14	3.05	0.44	1.93	0.141	5.10	100
		P	14—26	2.80	1.64	2.16	0.296		
		B <sub>1</sub> S	26—50	2.25	11.42	4.10	0.800		
		SB <sub>1</sub>	50—70	2.15	24.65	3.82	1.993		
		SG	70—100	2.95	2.92	1.10	0.659		
轻度强酸性 盐渍水稻土 (輕咸酸田) 珠西 8 号	广东 中山 坦洲	A	0—16	3.50	0.07	2.27	0.134	13.10	100
		P	16—25	3.20	0.56	1.80	0.146		
		B	25—48	2.90	1.17	2.20	0.142		
		BGS	48—80	2.75	6.68	3.50	0.267		
		SG <sub>1</sub>	80—95	2.55	14.26	1.89	0.457		
		G <sub>1</sub>	95—110	4.55	1.11	1.11	0.497		
高度熟化 水稻土 (泥肉田) 珠 10 号	广东 南海 大瀝	A	0—16	7.00	0	2.65	0.049	—	—
		P	16—29	6.50	0	2.34	0.069		
		B	29—47	5.70	0	2.30	—		
		BG	47—72	4.70	0	2.63	0.128		
		GS	72—93	2.55	10.75	6.65	0.110		

\* 为水浸提液中的游离酸和铝、铁、锰等硫酸盐和氯化物,此处仅以 H<sup>+</sup> 和 Al<sup>+++</sup> 之和表示之。

\*\* 水溶性硫的相对含量是以 S 层的含量作为 100 计算。

更低;在一般情况下,水稻可获得收成,只有在特别干旱缺水的年份才会失收;一般的年龄为 50—60 年以上。如在此基础上继续发展,红树埋藏层推至 75 厘米以下,则对水稻生长基本上没有影响。且可以发育成高度熟化的水稻土。

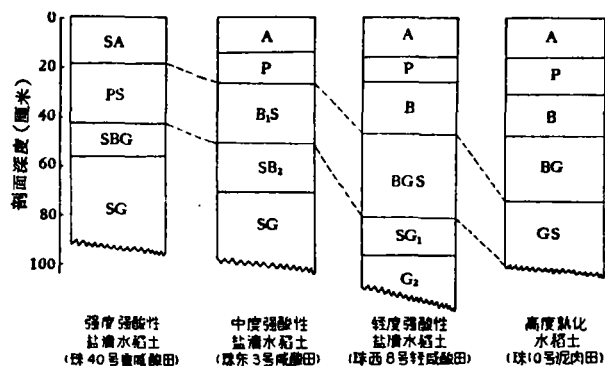


图 1 强酸性盐渍水稻土的剖面发育

### (三) 土壤“反酸”条件

在淹水的条件下,强酸性盐渍水稻土的 pH 值,可高达 4.0—5.5 (表 7)。潜育层因处于强还原状态(氧化还原电位 150 毫伏左右),pH 可高达 7.0 左右。随着土壤的变干,pH 值相应的降低,S 层可降至 pH 2.0—2.5,其他各层均有同样趋势,就变化幅度而言,以潜育层为最大,在短期复水后 pH 值又可回升。

从表 8 可以看出,pH 的变化是与  $\text{SO}_4^{2-}$  的含量相关的,当土壤风干 30 天后,pH 愈低, $\text{SO}_4^{2-}$  的含量愈高。在同一剖面中,全硫含量愈高, $\text{SO}_4^{2-}$  的增加也愈多。对于这种现象,我们和许多研究者一样认为这是硫化物被氧化而后产生硫酸铝的结果。所以每当强酸性盐

表 7 不同氧化还原条件下土壤的 pH 变化

土 号	发 生 层	采样深度 (厘米)	夏季灌水季节		冬季排水期间		风干土 pH(H <sub>2</sub> O)
			Eh(毫伏)	pH(H <sub>2</sub> O)	Eh(毫伏)	pH(H <sub>2</sub> O)	
珠东 3 号	A	0—14	160	5.50	*	3.10	3.05
	SP	14—25	341	5.50	484	2.90	2.80
	B <sub>1</sub> S	25—50	233	5.50	477	2.55	2.25
	SB <sub>1</sub>	50—70	312	5.50	418	3.00	2.15
	G	70—100	153	7.00	131	5.10	2.95

\* 土块干硬不能测定。

表 8 不同状况土壤的 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 和 pH  
(广东番禺)

深 度 (厘米)	全 硫 (%)	长 期 浸 水		30℃ 貯藏 30 天		增 加 数 SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (毫克当 量/100 克土)
		SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (毫克当 量/100 克土)	pH	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (毫克当 量/100 克土)	pH	
8—16	2.67	5.84	5.4	6.47	2.8	0.63
16—60	0.47	0.42	6.8	0.84	5.7	0.42
60—120	0.30	0.42	6.8	0.84	5.7	0.42
0—25	0.68	2.09	4.0	3.96	3.1	0.87
25—40	4.00	0.63	6.8	4.17	4.4	3.54
40—88	1.51	0.84	7.2	2.30	5.4	1.46

注：根据参考文献[13]计算。

渍水稻土落干氧化以后，常常使土壤呈强酸性反应。这种现象当地农民即称之为“反酸”。

#### 四、从土壤发生看强酸性盐渍水稻土的改良途径

强酸性盐渍水稻土存在的问题，主要是“酸”、“咸”、“毒”——即包括铁、锰甚至还有硫化物的危害，为了改良这种土壤，根据强酸性盐渍水稻土的成因、类型及其特性，我们提出如下意见：

首先，强酸性盐渍水稻土分布于旧海湾低处，地势低平，排水困难，为了排水洗盐，必须根据情况开掘“非”字形排水沟，在围中间开设主沟，深度应便于涨潮时进水、退潮时沟底高出水面，一般深度至少 1 米，在水利条件较好的地方，冬季可以实行晒田，以便于盐分集中于表层，翌春早稻移植前 1—2 个月放水进行充分洗盐则更为彻底。

其次，由于土壤发育程度不同，红树埋藏层出现深度也不同，强度强酸性盐渍水稻土的最浅，中度的次之，轻度的最深。因此，改良此种土壤时可以施用河泥或以灌溉来加厚复盖层。

再次，由于酸度很高，如根据 1N KCl 提取的总酸度的当量计算，强度、中度、轻度强酸性盐渍水稻土 1 米土层内石灰需要量分别为 40,000, 30,000 和 20,000 斤/亩；耕层分别为 3,000, 1,360 和 860 斤/亩，所以施用少量石灰一时不足以完全中和酸性，因而在未彻底改良之前，施用石灰应紧挨于插秧前，以充分发挥其作用。

同时应该指出，为防止土壤“反酸”，在水稻生长期內切不可缺水，以免土壤呈强酸性

反应, 为害水稻生长, 在水利条件不好的地方, 最好在冬季浸田, 以免影响翌春水稻的按时种植。

最后, 必需强调, 在强酸性盐渍水稻土上施用磷矿粉已取得良好效果, 这是值得推行的。

## 摘 要

强酸性盐渍水稻土在我国主要发育于南海沿岸各大河流的入海河口的酸性沉积物上。因那里过去曾遍长红树, 由于海陆变迁而被沉积物所复盖, 因此土壤剖面中普遍有红树埋藏层, 其所含硫化物为当地地带性土壤的 10—20 倍。

这类土壤含有大量水溶性硫酸盐和氯化物, 且以铝盐为主。其硫酸根为红树分解的产物, 氯离子来源于海水, 当它们作用于酸性土壤物质以后, 就使大量铝离子进入土壤溶液。因此, 强酸性盐渍水稻土的形成是与红树林的埋藏、海水的浸渍及其作用于酸性土壤物质等因素密切相联系。

强酸性盐渍水稻土的发育主要决定于红树埋藏层在剖面中的位置以及红树残体的分解程度。S 层埋藏愈深, 红树残体分解愈彻底, 其对水稻的生长影响也愈小。反之, 则影响大。

强酸性盐渍水稻土的改良, 应开深沟, 利用潮水灌溉以充分洗盐, 加厚复盖层, 以免下层土壤盐分上升, 经常保持水层以防止土壤“反酸”; 由于土壤含有大量游离酸, 所以石灰必须接近插秧时施用, 实践证明施用磷矿粉有显著的增产作用。

## 参 考 文 献

- [1] Dennett, J. H.: The Western coastal alluvial soils. *Malayan Agr. J.*, 20, No. 6, 298—306, 1932.
- [2] Dennett, J. H.: Studies in Malayan soil. No. 1, The classification and properties of Malayan soils. *Malayan Agr. J.*, 21, No. 8, 347, 1933.
- [3] Doyné, H. C., Glanville, R. R.: Some swamp rice growing soils of Sierra Leone. *Trop. Agr.*, 10, No. 5, 132—138, 1933.
- [4] Doyné, H. C.: A note on the acidity of Mangrove swamp soils. *Trop. Agr.* 14, No. 10, 286—287, 1937.
- [5] 米田茂男、川田登: 鹽害地の特殊酸性土壤について。(日本土壤肥料學會講演要旨), 日本土壤肥料學雜誌, 23卷第4号, 316, 1953.
- [6] Wilshaw, R. G. H.: Note on the development of high acidity in certain coastal clay soils of Malayan. *Malayan Agr. J.*, 28, No. 8, 352—357, 1940.
- [7] Глазовская, М. А.: О почвообразование в приморских дельтах. *почвоведение*, № 3—4, 209—215, 1945.
- [8] Hart, M. G. R.: Sulphur oxidation in tidal Mangrove soils of sierra Leone. *Plant and Soil*, 11, No. 3, 215—236, 1959.
- [9] Tomlinson, T. E.: Changes in a Sulphide—Containing Mangrove soil on drying and their effect upon the suitability of the soil for the grow of rice. *Empire J. Exp. Agr.*, 25, No. 98, 108—118, 1957.
- [10] Gasser, J. K. R.: Investigations on rice—growing in British Guiana. 1. characteristics of some rice soils of the coastland. *J. Soil sci.*, 12, No. 2, 234—241, 1961.
- [11] Фридланд, В. М., Караева, З. С.: О происхождении кислых засоленных почв. *Поч.* № 7, 77—81, 1962.
- [12] Moormann, F. R.: Acid sulfate soils (cat-clays) of tropics. *soil sci.*, 95, No. 4, 271—275, 1963.
- [13] 黄繼茂: 广东滨海强酸性盐渍水稻土(反酸田)化学特性的研究。土壤学报, 6卷2期, 114—122页, 1958.
- [14] 张俊民、石 华、龔子同、章启璠: 广东省西部滨海反酸田土壤的初步研究。土壤通报, 1期, 19—22页, 1958.
- [15] 侯寬照、何椿年: 中国红树科志。植物分类学报, 2卷2期, 133—158页, 1953.



- [16] 林厚荳、章慧麟、侯学煜：酸性土、鈣质土和盐漬土指示植物的化学成分。土壤学报，5卷3期，247—270頁，1957。
- [17] 李庆遠等：土壤分析法。科学出版社，1958。
- [18] 凌云霄、于天仁：土壤酸度与代換性氫、鋁的关系。土壤学报，5卷3期，234—245頁，1957。
- [19] B. A. 柯夫达(陈恩鍵等譯)：中国之土壤与自然条件概論。374頁，科学出版社，1960。

## ON THE GENESIS OF STRONGLY ACID SALTY PADDY SOILS OF SOUTHERN KWANGTUNG

T. T. KUNG AND S. L. CHOU

(*Institute of Soil Science, Academia Sinica*)

### (SUMMARY)

The strongly acid salty paddy soils derived from noncalcareous allitic sediment are widely distributed in the estuary of Chu-Kiang of Kwangtung province. Before recent sediments have deposited, the whole areas were densely covered by mangrove populations. A buried layer of decomposed products from residual plants is often underlaid at varied depth of present soil profiles. This layer contains large quantities of sulphide compounds.

Oxidation of sulphides under acid conditions during dry period results the formation of sulfuric acid, which reacts with the kaolinitic clay to form aluminium sulfates. Periodical floodings of sea water add salinity of the soil and upon hydrolysis of the aluminium sulphate give a strongly acid reaction.

The toxicity of the soil is mitigated with the increasing thickness of overlaid sediments. However, large areas of strongly acid salty soil with underlaid organic matter layer less than 25 cm below the surface appear very harmful to rice growth.

Reclamation of the soil can be accomplished by: a) irrigation of river water, b) keep the soil in a permanent moistened condition, c) liming, and d) addition of surface soil.