

# 中国的湿地土壤\*

龚子同

(中国科学院南京土壤研究所)

## 一、湿地土壤的含义

湿地土壤,按我们的理解就是水成土。早在本世纪初 B. B. 道库恰耶夫(1900)和马伯特(1935)就把沼泽土作为一个独立的土壤类型划分出来。至今FAO的世界土壤图、欧洲土壤图、非洲土壤图和加拿大、罗马尼亚等许多国家的土壤分类系统中仍沿用水成土这一名称。中国土壤分类虽几经变化,但水成土在分类中一直受到重视。众所周知,水热条件是土壤形成的重要因素。湿地土壤由于地下水或灌溉水的浸渍而引起了巨大的变化,这种土壤都具有水渍条件下形成的特殊土层,包括矿质潜育层、腐殖质潜育层、淹育层和潜育层等。中国湿地土壤有三个特点:1. 面积大,全国约有3600万公顷,占土地总面积的3.8%,占全国平地面积的11%;2. 耕种湿地土壤面积大,在湿地土壤中大约有70%是人工湿地土壤,其中一部分是由于灌溉而由非湿地土壤变为湿地土壤的,尤其是在热带、亚热带和盐渍土地地区最为普遍;3. 耕种历史悠久,从出土的籼稻种籽来判断,我国水稻栽培已有7000年的历史了,从测定亚热带水稻土中石灰结核的 $^{14}\text{C}$ 得知,我国施用石灰的历史至少也有1700多年了。

中国土壤资源丰富,湿地土壤类型众多。概括起来有四种:1. 沼泽土,地下水位高,土壤孔隙中充满重力水,潜育层一直可伸展到地表,我剖面终年处于还原状态;2. 地下水型水稻土,沼泽土经人工排水植稻,地下水位降低,地表水和地下水分离,潜育层向下推移,表层开始处于季节性氧化还原交替状态;3. 良水型水稻土,是由沼泽土排水进一步脱沼泽或由草甸土淹水而成,此种土壤受到地下水和地表水双重影响,属潜育性水分状况,但灌溉水和地下水并不相联,潜育层出现在1米左右或更低,就全剖面来看,从表层还原态到氧化态,又从氧化态到还原态;4. 地表水型水稻土,此种土壤只有表层因灌水而呈季节性还原态,这就是淹育层,向下仍为氧化还原交替状态,冬季排水以后几乎与未种稻以前的土壤无异。总之,中国成土条件和母质种类的复杂,发育程度的不同,中国湿地土壤类型的繁多是世界上罕见的。同时我们也看到,在世界上影响很大的一些土壤分类制中,例如Taxonomy只有旱成土纲,而没有水成土纲;有机土作为一个土纲,而水成土只在土纲以下的分类单元中<sup>[1]</sup>。这是值得商榷的。

## 二、湿地土壤的分布

中国湿地土壤几乎各地都有分布。但沼泽土主要分布在东北寒温带、温带地区和青海、西藏、新疆等高山高原地区;水稻土则92%集中分布在秦岭、淮河、白龙江一线以南,而以长江中下游平原、成都平原和珠江三角洲为最集中。根据湿地土壤的地球化学特点及其在地域上组合分布的规律,可分为四个区(图1)。

(一)盐渍湿地土壤区 位于塔里木盆地、柴达木盆地和青藏高原大湖区,是中国极端干旱

\* 本文承熊毅教授斧正,陈鸿昭同志编制中国湿地土壤图,谨此志谢。



图1 中国湿地土壤分布图

和高寒的地域,年降水量多在50—100毫米以下,湿地土壤有限。除新疆焉耆、阿克苏、和田等县有零星盐渍水稻土外,其它地方未见有水稻土分布。盐渍沼泽土分布的面积也很小。全区沼泽率\*仅0.7%左右。本区沼泽土所处地形部位主要是山麓扇缘、河滩洼地和强烈退缩的内陆湖盆湖滨洼地(图2A)<sup>[2]</sup>,一般盐渍化程度都较高,草丘表面普遍有盐霜或盐桔皮。

(二)碳酸盐湿地土壤和盐渍湿地土壤区 位于蒙、新温带草原和荒漠地区,气候干旱,年降水量在250—650毫米之间,蒸发强烈,湿地土壤分布面积小而零星,沼泽率比盐渍湿地土壤区还低,约为0.4%。区内水稻土主要分布在江河流域、山麓地下水溢出带,水稻土表层经常不断地堆积着灌溉淤积物,一般土壤含盐量多小于0.5%。沼泽土主要分布在扇缘低地、扇间洼地、大河河滩地及湖滨洼地。但东、西地区有所差别。东部草原区,年降水量稍多,积水时间较长,以腐殖质沼泽土和泥炭沼泽土占优势,含盐量较低;而西部荒漠区,年降水量稀少,在短期积水条件下,多形成草甸沼泽土和腐殖质沼泽土,一般表层含盐量在0.8%以上,以硫酸盐或氯化物硫酸盐为主。

(三)硅铝湿地土壤区 位于东北平原至西南高原山地的森林草原,寒温性针叶林和落叶阔叶林地区,气候比较湿润,年降水量在400—1300毫米,低平洼地又较多,湿地土壤分布远较前述两个土区广泛,尤其是松嫩平原、三江平原、川西北高原,黄河和长江河源常有集中连片的沼泽土(图2B)<sup>[3]</sup>。在三江平原东北部的沼泽率高达20—30%,大、小兴安岭约在10%以上,长白山地与丘陵的沼泽率一般为3—6%,沼泽土的类型也较多,一般多呈中性,但在川西北高原的沼泽土、西藏亚东堆纳的泥炭土、渤海和黄海周围的盐渍沼泽土呈碱性;黑龙江有些地段的草甸沼泽土和泥炭土则呈微酸性或酸性。在长江中、下游平原有大面积的硅铝水稻土(图2C)<sup>[4]</sup>。在那里水稻土主要起源于黄棕壤及相应的草甸土、沼泽土;东北平原的起源于白浆土、草甸黑土、草甸土、沼泽土;华北平原山麓交接洼地和平原低地以及汾渭谷地的起源于潮土。这些水稻土一般都呈中性,仅里下河和长江沿岸地区的水稻土残存有石灰而呈微碱性。

(四)富铝湿地土壤区 位于东喜马拉雅山、岷山、大巴山和长江以南红壤区,气候湿润,年降水量在800—1000毫米以上,为我国湿地土壤分布最广,类型最多的地区。本区的湿地土壤以富铝水稻土最占优势(图2D)\*\*,在地域分布上大致由东向西逐渐上升,最高种植上限可达海拔2600米。其次是分布在江湖平原和三角洲的硅铝水稻土、喀斯特溶蚀洼地和钙质紫色砂页岩谷底冲积物发育的碳酸盐水稻土、滨海平原的盐渍水稻土和河流入海河口地段的酸性硫酸盐水稻土。沼泽土在本区内很少分布,全区沼泽率仅0.2%,仅在个别湖滨、河谷洼地和山顶洼地有零星分布。

### 三、自然湿地土壤——沼泽土

#### (一)沼泽土的形成

沼泽土的形成是在地表水和地下水长期作用下,土壤有机质得不到充分分解,因而在土壤上部逐渐形成较厚的腐殖质层甚至泥炭层,而土层下部,由于积水和有机质分解所产生的还原物质的影响,经常处于还原状态,潜育过程占绝对优势。因此,沼泽土的形成过程实际上包括两个方面,即土壤表层的腐殖质化或泥炭化和土层下部的潜育化过程。

\*沼泽率是指某一地区沼泽分布的面积占该区总面积的百分比。

\*\*邹国础、朱世清、郑汉文,南亚热带丘陵红壤的综合利用(附图),中国土壤学会,1983。

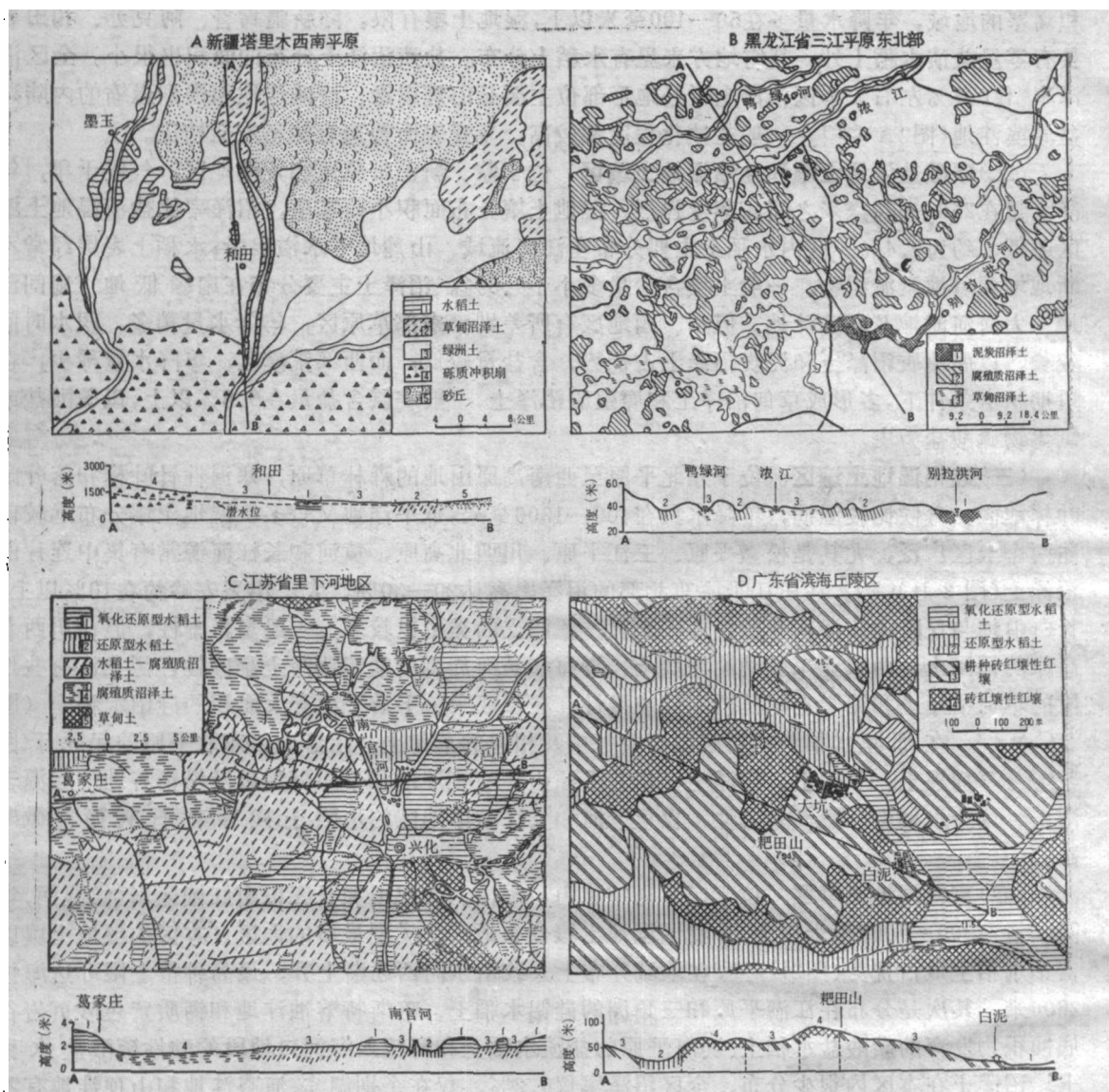


图2 不同地区湿地土壤的分布

根据腐殖质积累和潜育过程的强度，沼泽土可以划分为草甸沼泽土、淤泥沼泽土、腐殖质沼泽土、腐殖质泥炭沼泽土、泥炭沼泽土和泥炭土。如图3所示，随着腐殖质积累和潜育作用的加剧，土壤向着泥炭土方向发展；反之，则向草甸沼泽土或淤泥沼泽土方向发展。

## (二) 沼泽土的类型

根据土壤演化阶段，沼泽土可划分为盐渍的、碳酸盐的，硅铝的和富铝的四类。盐渍的含盐量在0.5%以上，富铝的 $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ 在2.2以下，粘粒矿物以高岭为主。在土类以下，按腐殖质积累和潜育作用强度划分五个亚类。

1. 草甸沼泽土 分布于河漫滩、平原低处和碟形洼地边缘。地表虽无积水，但土壤经常湿润，夏季多雨时，有时短期积水。表土腐殖质较多，多为草根或粗腐殖质(A)，且有粒状或鱼卵状结构，心土多为过渡层(BG)，色较淡，有锈斑。底土为灰蓝色或浅灰色潜育层(G)。

2. 淤泥沼泽土 分布于滨湖和河流泛滥地的低洼处,地表积水大多与河、湖水相连。涨水时沉积了大量淤泥状悬浮物质;落水时土壤仍为水分所饱和。此种土壤没有草根层也无泥炭积累。表层(A)腐殖质含量稍低,其下即为潜育层(G)。

3. 腐殖质沼泽土 分布于阶地、宽谷、湖泊和旧河道的边缘。在多雨季节或河、湖涨水时,地面短期淹水,秋后又露出水面。但积水时间和程度都比草甸沼泽土长而且深。但泥炭积累作用不明显。此类土壤表层为暗色腐殖质层(AG),草根较少,结构不如草甸沼泽土明显,下部即为蓝灰色的潜育层(G)。有时为 A-AG-G剖面。

4. 泥炭腐殖质沼泽土 分布于比较寒冷而湿润的地区,一般都在泥炭沼泽土的外缘。地表长期积水。层次发育明显。表层为20厘米左右的泥炭层(AT),草根极多,密集成层;泥炭层以下为一分解较好的腐殖质层(AG),再下为蓝灰色的潜育层(G)。

5. 泥炭沼泽土 分布于东北和青藏高原地区。地面长期积水,表层泥炭积累多。泥炭层(T)厚度在20—50厘米,泥炭层下即为潜育层(G)。青藏高原亚高山草原土带的泥炭沼泽土有机质含量高可达78%。

### (三)泥炭土

泥炭层一般为0.5—2.0米或2米以上,泥炭层(T)以下为潜育层(G),有时在泥炭层和潜育层之间可以见到一个腐殖质过渡层,我国泥炭层多为几十厘米或1米左右,灰分含量在30%以上,多呈微酸性反应。泥炭土在许多分类中列入有机土纲,在以往的中国分类中仍被看作水成土的一部分。

## 四、人工湿地土壤——水稻土

### (一)水稻土的形成特点

水稻土是一种特殊的人工水成土。由于人们因地制宜地改良利用原有的土壤,挖沟筑堤,修建梯田,实行季节性灌溉,建立了氧化还原交替过程,创造了还原淋溶和氧化淀积的物质移动条件,出现了水稻土所特有的诊断层,从而使水稻土有别于起源土壤而成为一个独立的类型。

水稻土形成过程主要由水耕施肥和还原淋溶氧化淀积两方面组成。水耕施肥包括平田垫土、耕翻耘耨以及施用肥料,特别是有机肥料。伴随着还原淋溶和氧化淀积作用的,除机械淋溶外,包括溶解、还原、络合<sup>[5]</sup>和铁解作用<sup>[6]</sup>等。机械淋溶只是粘粒随水沿孔隙的机械迁移;被溶解的物质主要是钾、钙和镁等,尤其是钾;还原淋溶主要指变价元素由高价变为低价迁移,其中主要是铁、锰、还有钴、镍等<sup>[7]</sup>;络合则是叠加于还原作用之上加强铁、锰淋溶的作用。铁解作用指亚铁的置换作用,以及排水后交换位上出现氢,然后又转化成铝,最终使土壤变酸,导致粘粒矿物的破坏。上述各种作用是相互联系的,加起来构成水稻土形成的总特点。从水迁移系数来看,红壤渗漏水的迁移系数\*的强度次序为 $Ca > Na > Mg > K > SiO_2 > P, Mn, Fe, Al$ ,而水

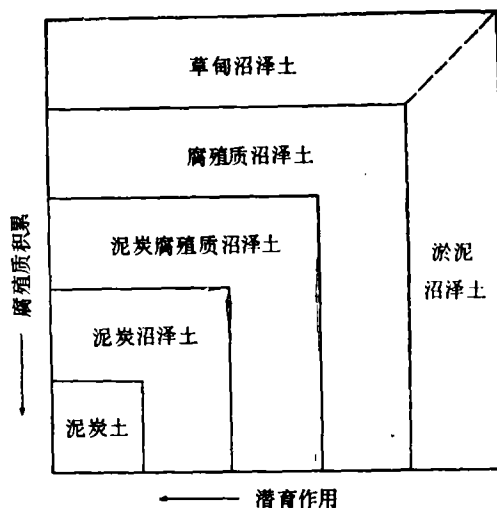


图3 不同沼泽土类型的演化图式

$$* K_x = \frac{mx \cdot 100}{a \cdot nx}$$

$K_x$ —— $x$ 元素的迁移系数;  $mx$ —— $x$ 元素在水中的含量(克/升);

$a$ ——水中所测矿物质总量(克/升);  $nx$ —— $x$ 元素在母质中的平均含量(%)。

稻土渗漏水的水迁移系数的强度次序为  $\text{Ca} > \text{K} > \text{Mn} > \text{Mg} > \text{Na} > \text{P} > \text{Fe} > \text{SiO}_2 > \text{Al}$  (表1)。这个事实证明, 水稻土形成中, 除铁、锰淋溶外, 还加强了钙、钾、磷的活化和淋溶, 有时还包括钴、镍, 在极端的情况下, 也可能有铝的移动。

表1 水稻土渗漏水的特点 (江西进贤)  
(单位: 土——%; 水——毫克/升)

	Ca	Mg	K	Na	Fe	Mn	Al	SiO <sub>2</sub>	P
第四纪红色粘土上的红壤	0.13	0.33	0.57	0.17	3.75	0.04	7.26	72.34	0.024
灌溉水	11.40	1.32	1.50	0.60	—	0.63	—	1.50	0.003
红壤渗漏水	4.54	1.18	0.58	5.12	痕迹	痕迹	痕迹	16.20	0.024
水稻土渗漏水	59.50	19.14	3.09	3.76	2.75	3.03	0.30	12.44	0.46

在水稻土形成过程中产生水稻土所特有的发生层。

水稻土的耕作层深受耕作施肥影响。一般可分为三个亚层。最上层为浮泥层( $\text{Ag}_1$ ); 中间为小块状结构层( $\text{Ag}_2$ ); 第三亚层为大块状层( $\text{Ag}_3$ ), 有时即使在冬季仍有潜育斑块。

在耕作层之下有犁底层(P), 这一层是受犁具镇压而逐步形成的。较紧实, 多少带有一点片状结构, 厚仅8—10厘米, 具有保水作用。

在犁底层之下为具有锈纹、锈斑的氧化还原斑纹层。我们曾称之为淀积层(B)<sup>[8,9]</sup>、有人称之为渗育层<sup>[10]</sup>或渗渍层<sup>[11]</sup>(W)。前者着眼于氧化淀积, 后者强调水分的渗淋作用。这里所用的斑纹层则突出了氧化还原交替以及物质淋溶和淀积的特点。由于干湿交替, 此层常有明显的棱块状结构。有粘粒、盐基、铁、锰甚至钴、镍的积聚。水稻土形成中有盐基和铁、锰的淋溶淀积, 铝变化不大<sup>[12]</sup>; 而灰化土不仅盐基、铁、锰, 而且铝也发生移动。所以, 水稻土的斑纹层区别于灰化土的B层。水稻土的B层中有时也有石灰结核, 但此种结核常富含铁、锰, 从而也区别于钙层土的淀积层。因此, 水稻土的斑纹层可以作为一个诊断层划分出来。

根据氧化还原的强度可将斑纹层划分为氧化斑纹层( $\text{Bm}$ )、氧化还原斑纹层( $\text{Bg}$ )和有潜育斑的斑纹层( $\text{Br}$ )。自上层淋下来的物质在下层被游离氧充分氧化的称为氧化斑纹层, 因常带棕色, 故又称棕色斑纹层, 与松井健<sup>[13]</sup>的 $\text{Bm}$ 层相同; 由上层渗淋下来的物质先被吸附在交换位上, 待排水后才被氧化的称为氧化还原斑纹层, 因它通常伴有灰色胶膜的淀积而带灰色, 故又称灰色斑纹层( $\text{Bg}$ ), 相当于松井健的没有潜育斑的 $\text{Bmg}$ 层; 至于带潜育斑的斑纹层( $\text{Br}$ ), 是在微弱的氧化还原交替下形成的, 带蓝色, 故又称为蓝色斑纹层, 相当于菅野一郎<sup>[14]</sup>的 $\text{BgG}$ 层和格仑特<sup>[15]</sup>的 $\text{Bg}$ 层。另外, 在强淋溶作用下, 还可以出现漂白层(L)。

潜育层(G)不是水稻土形成过程的产物。但当它构成水稻土剖面构型的一个发生层段时, 在

表2 水稻土中某些微量元素的剖面分化<sup>[7]</sup>

土壤类型	发生层	深度 (厘米)	Fe (%)	微 量 元 素 含 量 (ppm)					
				Mn	Cr	Co	Zn	Ni	Li
盐渍水稻土	A	0—14	1.41	245	27.9	6.9	31.0	16.3	14.9
	B	25—50	3.43	258	74.8	9.2	68.5	32.5	54.1
富铝性水稻土	A	0—15	0.55	26	12.0	0.9	15.0	3.5	13.4
	B	25—50	2.18	257	41.0	9.5	44.5	27.3	21.3

分类上也有重要意义。

### (二)水稻土与沼泽土的区别

水稻土主要起源于自成土、草甸土和沼泽土。植稻以后，自成土和草甸土从非水成土变成水成土，根本上改变了原有土壤的水热状况。因此，水稻土与这些起源土壤之间的差别是不言而喻的。水稻土与沼泽土的区别如何？这是关系到水稻土在水成土中分类位置的问题。

沼泽土开垦种植水稻，在我国条件下一般均采取排水或施泥肥垫土等措施。随之而来的是地表水和地下水分离。原有沼泽土均一的还原状态被打破，建立氧化还原交替过程。沼泽起源的水稻土开始为AG-G剖面，进而发展为Ag-G、Ag-P-Br-G剖面，最后可发展为Ag-P-Bg-Br-G剖面(图4)。与此同时，很多生物活动增强，原来的泥炭化作用停止，有机质开始分解，

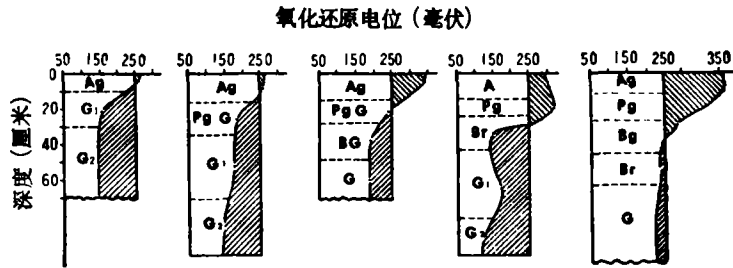


图4 沼泽起源水稻土的剖面变化

C/N变狭。在干湿交替的条件下磷的固定量增加。沼泽土一般是静水沉积条件下形成的，土壤颗粒由下而上变细。植稻后由于施用泥肥和机械淋溶，粘粒逐渐往下淋溶。而最重要的是，在原有沼泽土剖面基础上分化出水稻土特有的斑纹层，开始是有潜育斑的斑纹层(Br)，进而可能形成氧化还原斑纹层(Bg)。这样水稻土虽起源于沼泽土而与沼泽土产生了很大差别。

### (三)水稻土的类型

水稻土不是一种土地利用方式，而是一个发生类型。并不是所有种稻的土壤都称为水稻土，而只有具备了一定特点以后才算水稻土。

在分类中，我们考虑形成条件、过程和属性。水稻土有季节性淹水耕作施肥的条件，有还原淋溶氧化淀积的过程和可以作为诊断层的斑纹层。符合上述条件的可以作为水稻土划分出来。凡不具备这些特点的植稻土壤均不能称为水稻土，而属于起源土壤之下的一定分类单元。

根据土壤演化阶段，水稻土和沼泽土一样划分为盐渍、碳酸盐、硅铝和富铝四个土类。其下一般可以划分为四个亚类。其一，具有地表水型特点，剖面为Ag-P-Bm的称为氧化型水稻土，其二，具有良水型水分类型，剖面为Ag-P-Bg的称为氧化还原型水稻土；其三，具有地下水型水分类型，剖面为Ag-P-Br的称为还原型水稻土。此外，还有具有Ag-P-L剖面的漂洗型水稻土。

表3 中国水成土分类

土纲	亚纲	土类	亚类*
水成土	沼泽土	盐渍沼泽土 酸性硫酸盐沼泽土 碳酸盐沼泽土 硅铝沼泽土 富铝沼泽土	草甸沼泽土 淤泥沼泽土 腐殖质沼泽土 腐殖质泥炭沼泽土 泥炭沼泽土
	水稻土	盐渍水稻土 酸性硫酸盐水稻土 碳酸盐水稻土 硅铝水稻土 富铝水稻土	氧化型(淹育)水稻土 氧化还原(潜育)水稻土 还原型(潜育)水稻土 漂洗型水稻土

\* 并非每一土类均具有所有亚类



## 五、中国湿地土壤的分类

我们将受水渍,并具有水渍条件下特殊土层的湿地土壤通称为水成土。水成土之下分为两个亚纲,一为沼泽土,另一为人工水成土——水稻土。沼泽土具有腐殖质(泥炭)层和潜育层,水稻土的特点具有季节性的淹育层以及氧化还原交替的斑纹层。沼泽土亚纲之下,可划分为盐渍、碳酸盐、硅铝和富铝四个土类。在各土类下可划分为草甸沼泽土、淤泥沼泽土、腐殖质沼泽土、腐殖质泥炭沼泽土和泥炭沼泽土等亚类。水稻土同样可以划分为这样四个土类。每个土类之下可以划分为氧化型、氧化还原型、还原型和漂洗型四个亚类。在热带还有酸性硫酸盐沼泽土和水稻土。

### 参 考 文 献

- [1] Moormann, F. R., The classification of "Paddy soils" as related to soil taxonomy. proceeding of Symposium on Paddy Soil, Science Press, Beijing, Springer-verlag, 139—150, 1980.
- [2] 文振旺等, 新疆土壤地理, 科学出版社, 1965.
- [3] 中国自然地理编委会, 地表水, 科学出版社, 1980.
- [4] 雷文进, 江苏里下河地区土壤发生和改良. 土壤学报, 7(3—4): 227—236, 1959.
- [5] 于天仁等, 水稻土的物理化学, 科学出版社, 1983.
- [6] Brinkman, R., Ferrollysis: A hydromorphic soil. Geoderma, 3:199—206, 1970.
- [7] Yang, X. Y., Geochemical characteristics of some transitional and rare earth elements in paddy soils of red earth region, Guangdong Province. Proceedings of Symposium on Paddy Soil, Science Press, Beijing, Springer-verlag, 754—758, 1980.
- [8] Gong, Z. T., On the genetic classification of paddy soils in China. Proceeding of Symposium on Paddy Soil, Science Press, Beijing, springer-verlag, 129—138, 1980.
- [9] Gong, Z. T., Pedogenesis of paddy soil and its significance in soil classification. Soil Science, 135(1): 5—10, 1983.
- [10] Chu, L. T., Y. T. Ma, T. C. Sung and K. C. Hou, The nomenclature of the various horizon of paddy soil. Special Soil publication, China, series B4, 73—78, 1938.
- [11] 徐琪等, 中国太湖地区的水稻土, 上海科学技术出版社, 1980.
- [12] Hseung, Y., Some chemical properties of paddy soils, Special Soil Publication, China, series A4, 1—22, 1941.
- [13] Matsui, T., A proposal on a new classification system of paddy soils in Japan. Pedologist, 10: 68—87, 1966.
- [14] Kanno, I., A new classification system of rice soils in Japan. Intern. Soc. Soil Sci., 4&5:617—624, 1962.
- [15] Grant, C. T., Soil characteristics associated with wet cultivation of rice. The Mineral Nutrition of Rice Plant, 15—28, Johns Hopkins Press, Baltimore, Maryland, 1965.