

关于水稻土形成特点的探讨

——花斑状形态特征的形成

徐 琪 朱洪官

(中国科学院南京土壤研究所)

水稻土引人注目的形态特点是呈花斑状,这种形态特征是在基质色调的背景上由铁锰斑点,灰色胶膜与潜育斑镶嵌而成的。在进行水稻土剖面观察时,从远处看基本上是灰色或灰棕色色调,而在近处仔细观察,则不难看出在底色的背景上穿插着纵横交错的杂色斑纹。其镶嵌程度要比相应的起源土壤细致得多。这种形态特征,无疑同水稻土的形成特点有关系。

众所周知,水稻土是一种人工水成土。但水稻土同一般耕种土壤与水成一半水成土有哪些异同,是需要深入研究的问题。如果这一问题不予明确,那么水稻土作为一种独立发生类型的基础是不牢固的。为了探索这一问题,中外土壤学家做了不少工作,取得了一些成就。例如铁、锰的淋溶淀积^[7],表潜层的形成^[1-3,6],胶膜的形成特性^[4],以及在脱潜过程中出现的灰斑化(Grayzation)^[5]等等。

水稻土中花斑状土层的形成与它的成土条件和形成过程有关系,为了研究花斑状土层的特点以及在不同水稻土类型中的差异。对每一水稻土剖面按不同发生层分别选采了潜育(灰色)斑纹与锈色斑块土样,并进行了不同形态铁、锰的分析,现将结果讨论如下。

一、关于花斑土层的形成问题

还原淋溶与氧化淀积是水成土与半水成土形成的主要过程之一。这种过程受季节渍水与地面自然排水状况的控制。水稻土虽然也受季节性灌水影响,但是有许多不同于水成土与半水成土的地方,最大的区别是:水稻土一旦灌水整个田面被水层所掩盖,由于渍水耕作,不仅旱季形成的裂隙可以较快闭合或者为耕层下移土粒所填充,而且犁底层及以下土层是处于饱和与非饱和状态,即大孔隙或开放孔隙可为下渗水所充满,而闭合孔隙则往往充满空气,故形成过饱和,饱和与非饱和状况的微域差异^[2];经水质分析证明,水稻土下渗水中含有一定量的矿物质与有机物质。这些可溶性物质,在随水下渗的过程中,因氧化还原状态的变化,部分变价元素(如铁、锰等)可氧化而淀积,而在水分停滞时,由于可溶性有机物质的分解,又可引起铁、锰的原位还原与氧化淀积^[7],以致形成潜育斑、锈斑与胶膜互相镶嵌的花斑土层。观察发现,水稻土中花斑状土层的镶嵌程度随起源土壤与水稻土发育程度不同而异,同时从形态上看,水稻土中的锈斑与潜育斑及其镶嵌程度均比起源土壤细碎,这无疑是同水稻土上述成土特征有关系。

表 1 中引用了一个初步发育的囊水水稻土的分析材料。耕层(A)与犁底层(P)的

表 1 水稻土中花斑土层的铁锰分异状况

Table 1 The variation of content of iron-manganese in spot horizon of paddy soils

发生层 Genetic horizon	样品 Sample	游离铁*	占全铁平均量(%)	游离锰*	占全锰平均量(%)
		Fe_2O_3 (%) Free iron	$\frac{\text{Free Fe}_2\text{O}_3}{\text{M. T. Fe}_2\text{O}_3} \times 100$	MnO_2 (mg/100g soil) Free MnO_2	$\frac{\text{Free MnO}_2}{\text{M. T. MnO}_2} \times 100$
耕层(A) Plowed layer	地表 2 厘米 Surface soil (0—2 cm)	1.18	30.1	29.1	68.2
	根系周围 Rhizosphere	1.20	31.3	26.0	60.9
	淡色锈斑 Light mottle	1.13	29.4	26.7	62.5
	深色锈斑 Dark mottle	1.43	37.4	36.0	84.3
	潜育斑 Gleyey spot	0.97	25.3	17.1	40.0
犁底层(P) Plowpan	锈斑 Mottle	1.18	31.8	32.3	81.0
	潜育斑 Gleyey spot	1.07	28.9	17.4	43.6
埋藏剖面 A 层 (DA) A horizon of buried soil profile	锈斑 Mottle	1.40	37.7	95.9	151.0
	潜育斑 Gleyey spot	1.07	28.8	13.7	92.1
埋藏剖面原 G 层 (DG) G horizon of buried soil profile	锈斑 Mottle	5.53	71.9	15.4	38.8
	潜育斑 Gleyey spot	1.32	17.2	13.7	34.5

注: * 游离铁、锰的测定方法: 连二亚硫酸钠还原法。

Note: * Free iron and manganese determined by the method of reduction by sodium dithionate.

** M. T. Fe_2O_3 —Mean total Fe_2O_3 ; M. T. MnO_2 —Mean total MnO_2 .

铁、锰分异受人为耕作影响,而埋藏层(D)中的分异状况主要是起源土壤的遗留,也可能受种稻过程中淋溶淀积影响,但是程度较轻。总的来说埋藏剖面中铁的局部淋溶与淀积比锰明显,原潜育层更是如此。而耕层与犁底层则反之,锰的局部淋溶与富集则大于铁,足以证明锰在水稻土中的淋溶淀积远比铁明显。

二、花斑状土层的特点与水稻土类型的关系

铁、锰在水稻土中还原淋溶与氧化淀积的事实已经有不少论文予以阐述。问题在于铁、锰淋溶淀积的复杂性不仅同母质、地形有关,而且同水稻土发育和相应的水分状况有关系。花斑状土层的分异程度可以作为重要的形态指标。为了说明花斑状土层的分异程度,我们把潜育土体与锈斑土体分别作为最低量点与最高量点绘成剖面分布图,可看出不同类型水稻土与不同发生层中铁、锰的分异特点。

从图 1-1 来看爽水水稻土中铁、锰高量点与低量点,分布趋势基本一致。除最底层外,低量点曲线表明铁无明显淀积,唯高量点在渗渍层(W)稍有累积。两种形态的锰在

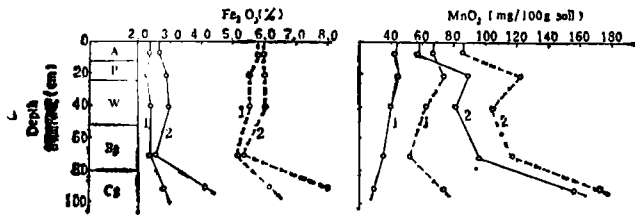


图 1-1 黄水水稻土 (果县光福公社农科站)
Fuziwater paddy soil

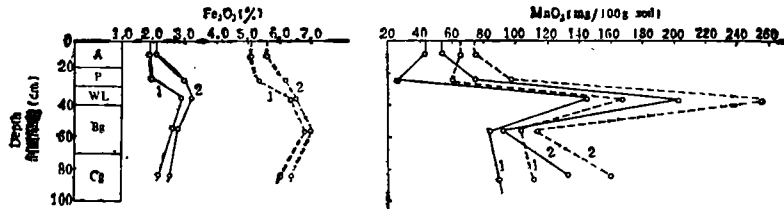


图 1-2 滞水水稻土 (果县金山公社农科站)
Shagnang paddy soil

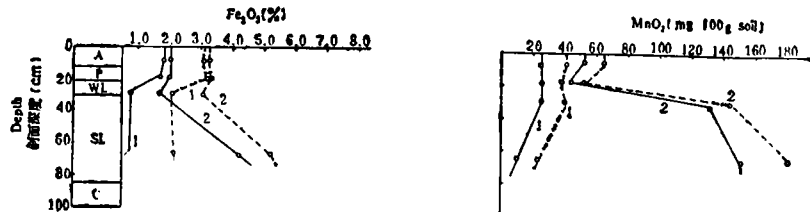


图 1-3 侧渗水稻土 (果县金山公社凤凰二队稻田)
Side-bleaching paddy soil

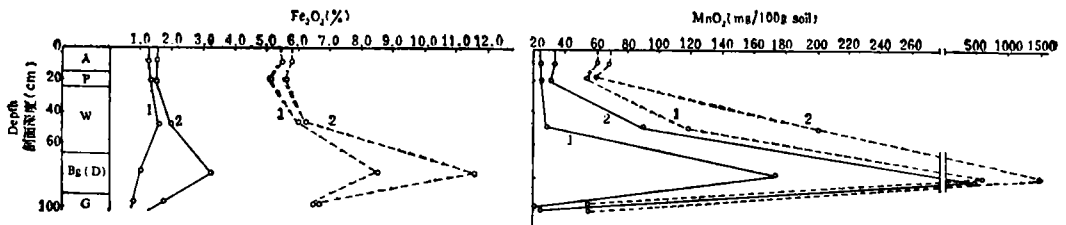


图 1-4 黄水水稻土 (常熟县辛庄公社)
Waterlogged paddy soil

○—○—○ 游离铁、锰
Free Fe, Mn

○---○---○ 全量铁、锰
Total Fe, Mn

1. 最低量点
Minimum point

2. 最高量点
Maximum point

图 1 铁、锰在水稻土中淋溶淀积特点

Fig. 1 The features of illuviation and eluviation of iron-manganese in paddy soils

剖面中的分异比铁明显,低量点表明游离锰自犁底层以下渐减,呈现淋溶,高量点表明耕层淋溶,而犁底层、渗渍层与母质层(C)淀积。

滞水水稻土中两种形态的铁高低量点的分布趋势基本一致(图1-2),除游离铁在犁底层中两点的量差较大外,均以白土层最高,向下渐减。而全铁高低量点均表明斑潜层(Bg)最高,这同粘粒淀积有关。锰的淋溶状况比铁明显得多,游离锰低量点表明犁底层与斑潜层淋溶,而白色渗渍层(WL)与母质层淀积,而高量点则亦呈现耕层与斑潜层淋溶。全锰

的变化同上一致。这进一步说明滞水状况加强了铁、尤其锰的分异。白色渗渍层中粘粒含量少,而斑潜层中粘粒含量高,因此铁、锰分布的不一致性,应以特殊水分状况来解释。

侧渗水稻土正如它的形态剖面一样,铁、锰的剖面分布另有特点(图1-3),两种形态的铁分布虽不同,但两者的低量点与高量点分布趋势则是一致的。从两者的低量点而言,耕层与犁底层最高,向下锐减,两者的高量点则反之,均是白色渗渍层最低,向下猛增。锰的变化与铁不尽相同,但游离锰与全锰的高低量点分布也是一致的。两者低量点显示白土层较高,到侧渗层(SL)减少,而高量点则反之,除犁底层两者均低外,向下则明显增加。这同侧渗层中灰白色斑纹夹杂着显眼的锈色斑块的形态特征是一致的。

囊水水稻土是在沼泽土的基础上经逐年堆叠河泥而形成的。如图1-4所示,两种形态铁的分布除游离铁在埋藏层中淋溶外,铁、锰的分布基本是一致的,游离铁最低量出现于埋藏潜育层(Dg),除游离锰的低量点在渗渍层较低外,其余均是堆叠土层(耕层、犁底层与渗渍层)含量较低,埋藏层铁、锰大量累积,而到原潜育层又趋减少。这主要是起源土壤的遗留所致。至于堆叠土层铁、锰含量低,可能系河泥所造成的,也同水稻土形成有关系。耕层,尤其犁底层铁、锰略低,而渗渍层较高的分异应是水稻土的形成产物。锰的分异明显于铁更可佐证。结合表1材料可进一步说明水稻土中还原淋溶程度要比水成土弱得多。

三、花斑土层的分异程度同水分类型的关系

花斑土层的分异程度往往决定于水分状况与相应的淋淀强度。一般讲,锰的分异程度大于铁,同时,除耕层、犁底层经常受耕作影响分异程度小于以下各层外,水分的侧渗、下渗、滞流、土壤地下水的滞渍以及地下水的浸淹,从而造成了花斑状土层分异程度的差异。从图2约略可以看出,侧渗与下渗水多沿孔隙流动,故分异程度高,铁、锰变异率大,滞水层变小,而潜水层则因继承起源土壤的影响,水稻土剖面如仅包括原潜育层则两者差异变小,如包括原淀积层则变大。为了说明花斑土层在同一剖面中的分异状况,以变异率 $[(\text{高量点}-\text{低量点})/\text{平均量}] \times 100$ 为指标绘制成图,更易于判断其分异特征。

从图2-1可以看出,爽水水稻土中游离铁、锰变异率在剖面中的分布是一致的,但锰大于铁。犁底层与渗渍层变异率较大,表明水分渗漏较好,沿大裂隙下渗水溶液中的低价铁、锰在此淀积,同时又进行了原位的淋溶淀积,故形成胶膜、潜育斑与锈斑明显的土体。而斑潜层多为灌溉季节临时滞水层,旱季则出露于地下水位之上,故铁的分异小于锰,母质层旱季地下水位变动层,分异程度亦高。

滞水水稻土(图2-2)游离铁、锰在剖面中的分异则与滞水有密切关系,铁、锰分布趋势一致,犁底层变异率最大,白色渗渍层与斑潜层依次降低,到母质层又增大。这种特点完全是斑潜层粘重,渗漏差,白色渗渍层滞水所造成的还原淋溶所致。犁底层受下渗水影响,而母质层在旱季出露地下水位之上,故锰、铁的局部还原淋溶与淀积明显。

侧渗水稻土中花斑状土层是十分醒目的。因其受下渗、侧渗与地表水流失的不同作用,铁、锰的淋溶淀积十分复杂。除犁底层变异率较小外,以下两层急剧增大。值得注意的是,白色渗渍层与侧渗层锰的变异率相似,而铁则不同,表明下渗水与侧渗水易引起锰的

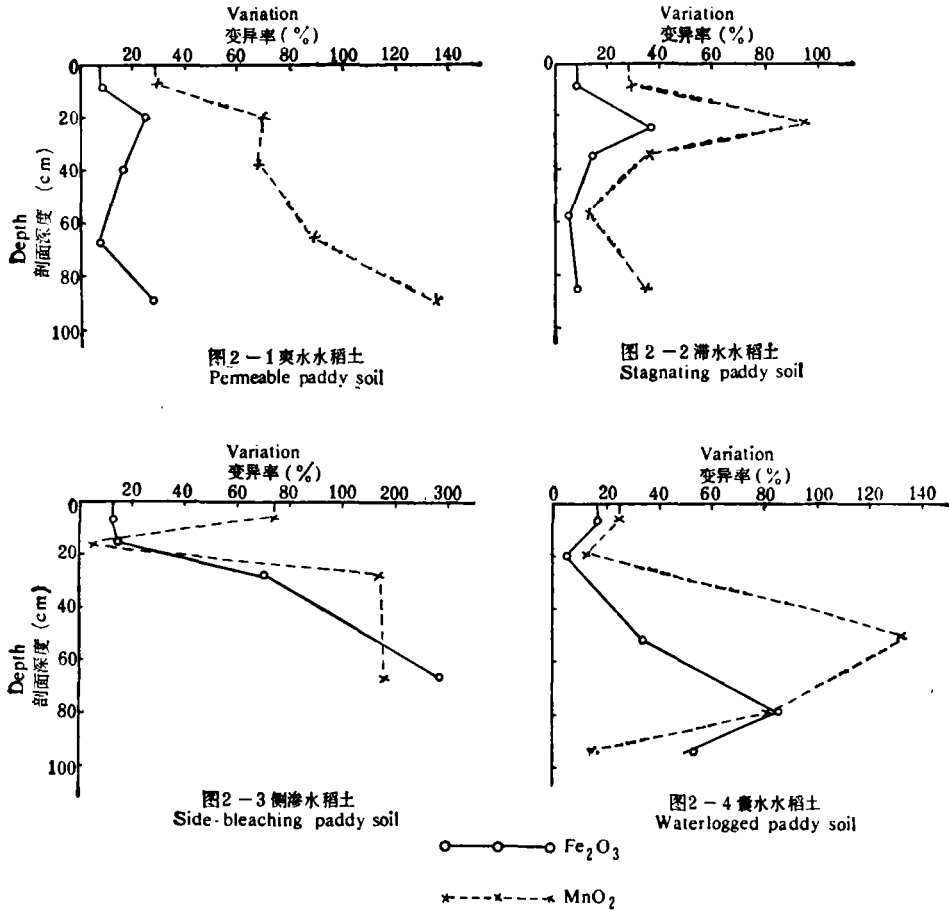


图 2 不同类型水稻土中游离铁、锰的变异特点

Fig. 2 Variation of free iron and manganese in paddy soils

淋溶(图 2-3)。

囊水水稻土铁、锰变异率在剖面中的分布另有特点,已如上述,这是一个叠合剖面,其上系由河泥堆叠的土层,其下系埋藏沼泽的表层(A)与潜育层(G)。锰在渗渍层的变异率增大可看作是水稻土形成中锰淀积的结果。这同在灰色土体背景上出现的雏形锈斑是一致的。埋藏剖面中的铁、锰变异是沼泽土遗留的,该层处囊水状态,表层与还原层造成的结果得以保留,尚未受到水稻土形成的强烈影响(图 2-4)。

综上所述,花斑状土层的形成是水稻土的发生特征之一,由于水稻土有明显季节性干湿变化,土层沉实,细孔隙发达。同时作物根系以须根为主,腐烂较快,故同一般水成土比较,水稻土中花斑状土层的分异程度弱,但镶嵌程度高。由胶膜、潜育斑与锈纹斑所构成的花斑状土层可称为“微花斑状”形态特征。花斑状土层的分异程度不仅因水稻土类型而异,而且受水分状况的影响。故不同发生层中花斑土层的分异程度也是不同的。初步分析可以得到这样的印象,就水稻土的发生层而言,受下渗水影响的土层(如犁底层、渗渍层)与侧渗水影响的侧渗层,因既承受下淋铁、锰的淀积与可溶有机质的局部还原影响,其花斑状土层的分异程度远比长期渍水与临时滞水(如白色渗渍层、斑潜层与沼泽土的潜

育层)要明显,同时旱季地下水位之上有一段土层因被毛管水饱和,铁,特别是锰可以上升淀积,也可引起花斑土层的分异程度加强。受侧渗水影响的土层,花斑状土层的分异程度较高,这同侧渗水的淋溶有关,侧渗水对锰的影响大于铁,故锰的分异率较铁小。

以上分析,仅仅是初步的,有待进一步深入研究。

参 考 文 献

- [1] 中国科学院南京土壤研究所苏南调查组, 1977: 苏州地区吨粮田土壤条件的调查报告。江苏农业科技, 6期, 6—10页。
- [2] 徐琪、陆彦椿、刘元昌、朱洪官, 1980: 中国太湖地区水稻土。上海科技出版社。
- [3] 龚子同、韦启臻、黄钺、吴志东, 1981: 关于水稻土中的次生潜育化问题。土壤学报, 第18卷2期, 122—134页。
- [4] Gu Xin-yun, Li Shu-qiu, 1981: On the characteristics of Fe-organic coating in paddy soil. Proceedings of Symposium on Paddy Soil, pp. 486—492.
- [5] Mitsuchi, M., 1975: Permeability series of lowland paddy soil in Japan. J. A. R. Q. No. 9.
- [6] Otowa, M., 1967: The nomenclature of soil horizon in paddy soil (English summary) Bull. Nat. Inst. Agr. Sci. B18.
- [7] Xu Zu-yi, Chen Jia-fang, 1981: Differentiation of iron oxide in paddy soil in Taihu region. Proceedings of Symposium on Paddy Soil, pp 471—474.

THE CHARACTERISTICS OF SPOTTED HORIZON IN PADDY SOILS

Xu Qi and Zhu Hongguan

(*Institute of Soil Science, Academia Sinica, Nanjing*)

Summary

The paddy soil is an anthropic soil. Under long term rotation of rice and upland crops, a compact solum with abundant capillary pores and marked vertical joints is formed. In submerging season, the water percolates downward unevenly, the larger pores are filled with water, whereas the closed pores are still occupied by air. Part of iron and manganese come from the plowed horizon are oxidized and illuviated in solum, and some illuviated iron and manganese in solum may be reduced again by the soluble organic matter, and greyish coating and gleyed spots are formed on the surface of larger pores or cracks. Together with the rusty streaks, the gleyed spots and Fe-Mn mottlings form the unique mixed mottled or spotted solum of the soils.

In order to study the characteristics of the mottled solum, soil samples with gleyed spots and rusty mottlings were collected from different types of paddy soil and various genetic horizons of the soils respectively. Analytical data of various forms of iron and manganese showed that there was a remarkable difference in content of iron and manganese not only among different types of paddy soil, but also among different genetic horizons of a paddy soil. From the distribution of different contents of free and total Fe-Mn in soil, it can be found that where there is high content of Fe and Mn is just the place of illuviation of Fe and Mn, while the site of low content of Fe and Mn is the locality of the eluviation of Fe and Mn. The illuviation and eluviation of iron and manganese in paddy soils are very complex, which are closely related to water regime of the soil. Generally speaking, under the influence of percolating water, eluviation and illuviation are alternatively and frequently occurred in the plowpan, percolating horizon and side bleaching horizon, which results in a well developed spotted layer with gleyed spots and Fe-Mn mottlings, while in stagnating horizon such layer is weakly developed.