

不同脱沼泽阶段土壤中铁锰的比较研究

董元华 徐 琪

(中国科学院南京土壤研究所, 210008)

摘 要

本文以沼泽土、起源于沼泽土的潜育型水稻土和潜育型水稻土系列为研究对象,研究了土壤脱沼过程中铁锰的变化规律。根据铁锰的剖面分布特征、土体和各粒级硅铁率与铁锰率,以及游离铁和活性铁的变化规律,土壤脱沼过程可分为两个阶段:

(1) 铁锰强烈淋失阶段。脱沼过程初期,土壤有机质含量甚高,且随着有机质分解加速而破坏性有机物如酸、酚类等物质的含量增加,故土壤还原能力增强,加之随着排水而提高了渗透性,铁锰便强烈淋失。主要是以较粗粒级中的铁锰,特别是以游离态和活性态淋失为主,然后较细粒级中的铁锰亦发生明显淋失。

(2) 铁锰再淀积阶段。当土壤有机质下降到一定程度之后,还原能力便减弱,铁锰则氧化淀积。主要是以铁锰新生体等游离态形式向较细粒级再淀积。由于长期渍水,阻碍了铁的老化,因而再淀积的铁活性甚高,其活化度达 80% 以上。

土壤沼泽化是潜育化作用和有机质泥炭化作用共同组成的一种成土过程。依起因,可分为自源沼泽化 (Autochthonous Bogging) 和外源沼泽化 (Allochthonous Bogging) 两大类。脱沼过程便是沼泽化作用的逆向过程。随着土壤通气和热量状况的改善,微生物活动增强,有机质分解加速,同时,矿质元素的淋溶与淀积,特别是铁和锰,可产生有别于沼泽土的分异特征。如演化为水稻土时会产生花斑状与灰斑状形态特征^[8]。

脱沼过程亦涉及潜育化作用。它是基于土壤在渍水条件下,有机质厌氧分解与所引起的一系列其它化学组分的变化,主要是铁锰的还原活化与分异^[19]。铁锰的活化与淋失,尤其是游离铁的淋失,是潜育化作用最明显的特征^[7,11,14,21]。渍水缺氧、易分解的有机质和微生物的活动,是产生潜育化作用的条件^[16,17,20,21]。当沼泽土被开垦之后,上述三个条件均发生了改变,因而潜育化作用的程度便有所变化,并且这种作用明显地反映于土壤中铁锰等矿质元素的淋溶与淀积方面。

起源于沼泽土的水稻土潜育层往往是沼泽土残余的,因而与沼泽土既有联系,又有区别。有些学者从水稻土发生起源的角度研究过上述关系^[9,10,13,18],但迄今在这方面的研究报道仍不多见。本研究试图通过沼泽土、起源于沼泽土的潜育型水稻土和潜育型水稻土中铁锰的变化规律来认识脱沼过程的特点。

一、材料与 方法

研究材料分别取于湖北四湖地区和江苏里下河地区。里下河的潜育型水稻土 70cm 以上是人为培

垫的,因此只取 70cm 以下的原生土样作为研究材料。

土壤有机质用 $K_2Cr_2O_7$ -电热板加热法^[1],全氮用 $K_2Cr_2O_7$ - H_2SO_4 消化法^[4], pH 值用电位法^[2], 全量分析用 $LiCO_3$ - H_3BO_3 -石墨粉坩埚快速熔样, 等离子光谱法测定^[6], 游离铁用 DCB 法, 活性铁用 Tamme 法^[12]。

20 目风干土样淹水密封恒温(25℃)培育 80 天, 然后用电位法测 Eh 值, 并用 $0.1molL^{-1} Al_2(SO_4)_3$ 浸提液浸提, 容量法测定还原物质总量和活性还原物质质量, 原子吸收分光光度法测定亚铁与亚锰^[3]。

供试土壤的某些基本性质列于表 1。

表 1 供试土壤的某些基本性质

Table 1 Some properties of experimental soils

地 点 Locality	土壤名称 Soil name	发生层 Genetic horizon	深度 Depth (cm)	颜 色 Color	pH*		有机质 Organic matter (%)	全氮 Total N (%)
					H ₂ O	0.01mol · L ⁻¹ CaCl ₂		
湖 北 潜 江	沼泽土	Ag	0—18	10YR 5/2	7.85	7.51	10.8	0.554
		G ₁	18—40	10YR 2/2	7.85	7.55	6.13	0.251
		G ₂	40—75	10YR 1.7/1	7.42	7.14	8.42	0.388
	潜育水稻土	A	0—10	10YR 2/3	7.97	7.60	6.92	0.382
		Pg	10—17	10YR 2/1	8.17	7.67	3.49	0.159
		Bg	17—30	7.5YR 3/4	8.15	7.71	3.40	0.176
		G	30—70	7.5YR 3/1	6.93	6.68	7.14	0.374
	潜育水稻土	A	0—14	10YR 2/2	6.91	6.45	5.70	0.311
		P	14—22	10YR 2/2	7.60	7.12	3.63	0.209
		Bw	22—70	10YR 7/1	8.17	7.64	2.04	0.090
		G	70—90	7.5YR 6/1	8.29	7.85	1.51	0.068
	江 苏 宝 应	沼泽土	Ag	0—25	10YR 2/2	6.01	5.84	15.4
G ₁			25—45	2.5Y 2/1	7.42	7.27	15.3	0.658
G ₂			45—85	10Gy 3/1	7.81	7.39	5.07	0.179
潜育水稻土		D	70—80	2.5Y 3/1	6.68	6.42	8.36	0.356
		G ₁	80—100	10Y 4/1	6.66	6.38	3.67	0.141
		G ₂	100—120	10GY 6/1	7.37	7.02	1.11	0.039

* pH 值水土比为 1:2.5

二、结果与讨论

(一) 铁锰的剖面分布特征

供试土壤铁锰的剖面分布特征如图 1 所示。由图 1 可见, 沼泽土中铁与锰的剖面分布趋势并不完全一致。随着剖面深度的增加, 锰的含量逐渐增高, 而铁则在 G₁ 层有一含量高峰。这可能表明 Ag 层铁锰均处于淋失状态, 而其下层次则相对淀积。由于锰的活性较大, 可以迁移较远的距离, 因而 G₂ 层锰含量最高; 而铁迁移距离较短, 则在 G₁ 层表现出淀积高峰。上述铁锰的剖面分布特征与三江平原沼泽土的情况有所不同^[5]。

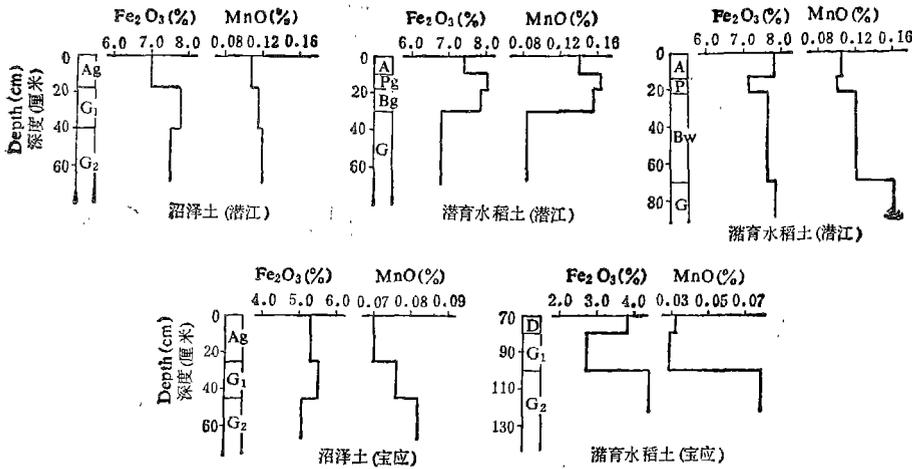


图1 铁锰的剖面分布特点

Fig. 1 Distributional features of Fe and Mn in soil profile

在供试的水稻土中,铁与锰的剖面分布趋势基本一致。这可能是起源于沼泽土的水稻土有别于沼泽土的特征之一。

在脱沼程度较浅的潜育型水稻土中,A层和G层均处于较明显的淋失状态,而Pg层由于承接A层淋溶下来的铁锰则处于相对淀积的状态。在脱沼程度较深的潜育型水稻土中,四湖供试土壤G层铁锰又处于相对淀积的状态;里下河供试土壤G₂层亦处于相对淀积的状态,而G₁层参比于G₂层则仍处于相对淋失的状态。这种现象与有机质含量有很大的关系。由表1可见,潜育型水稻土A层和G层,以及里下河潜育型水稻土G₁层有机质含量较高,随着通气和热量状况的改善,微生物活动增强,有机质分解加速,还原物质增多,而破坏性的有机物质如酸、酚类等含量亦随之增加,导致铁锰活化与淋失作用增强。而四湖潜育型水稻土G层与里下河潜育型水稻土G₂层,有机质含量甚少,只有1%左右,大部分可能是难于分解的物质,活性有机质甚少,因此还原能力弱,铁锰便重新氧化淀积,可能主要是以锈斑、雏形结核、胶膜等新生体的形式出现。这方面可从野外剖面形态得到验证。

由此可见,虽然同为长期渍水的潜育层,但由于有机质含量不同,还原状况便不一样,从而铁锰的表现亦异。室内模拟试验结果也证明了这一点。供试土壤淹水培育80天后的还原状况列为表2。由表中可以明显地发现,沼泽土与潜育水稻土G层还原强度较大,Eh值很低,所产生的还原物质量亦较高;而潜育水稻土G层还原强度很低,Eh值较高,所产生的还原物质量亦很小。这同前人的研究结果一致^[17]。

(二) 潜育层土体与各粒级中铁锰的变化

从上述结果可以发现,虽然同是潜育层,但由于有机质含量与其它条件的改变,水稻土潜育层中铁锰的变化便不同于沼泽土。下面将更详细地讨论脱沼过程中潜育层铁锰的变化。

1. 全铁与全锰 为了便于相互比较,本文选择铁锰的相对量,即硅铁率和钛锰率来讨论。

表 2 土壤淹水培育后的还原状况

Table 2 Reducing status of soils after submerged incubation

地 点 Locality	土壤名称 Soil name	发生层 Genetic horizon	氧化还原 电位(Eh) Redox potential (mv)	还原物质 总 量 Total reducing substances	活性还原物 质 Active reducing substances	亚 铁 (Fe ²⁺) Ferrous iron	亚 锰 (Mn ²⁺) Manganous manganese
				(m mol/100g soil)			
湖 北 潜 江	沼 泽 土	Ag	138	2.93	2.55	2.05	0.43
		G ₁	166	1.58	1.28	1.05	0.28
		G ₂	181	2.17	1.90	1.41	0.37
	潜育水稻土	A	149	2.59	2.24	1.89	0.79
		Pg	206	0.76	0.62	0.44	0.70
		Bg	310	0.36	0.30	0.08	0.32
		G	198	2.44	2.03	1.45	0.22
	潜育水稻土	A	154	1.94	1.58	1.11	0.30
		P	232	0.84	0.81	0.46	0.17
		Bw	437	0.10	0.09	0.00	0.03
		G	428	0.27	0.21	0.08	0.34
	江 苏 宝 应	沼 泽 土	Ag	123	4.57	4.08	2.99
G ₁			138	2.99	2.49	1.65	0.31
G ₂			219	1.22	1.11	0.71	0.24
潜育水稻土		D	265	0.72	0.58	0.25	0.02
		G ₂	449	0.23	0.15	0.04	0.03

表 3 土壤硅铁率和钛锰率

Table 3 SiO₂/Fe₂O₃ and TiO₂/MnO ratios of soils

地 点 Locality	土壤名称 Soil name	发生层 Genetic horizon	土 体 Soil	<0.002 mm	0.002—0.005 mm	0.005—0.01 mm	0.01—0.05 (mm)
SiO ₂ /Fe ₂ O ₃							
湖 北 潜 江	沼泽土	G ₂	18.1	14.3	20.5	22.3	37.3
	潜育水稻土	G	22.9	14.3	22.1	27.9	49.6
	潜育水稻土	G	19.4	13.3	20.3	35.7	46.3
江 苏 宝 应	沼泽土	G ₂	34.3	13.6	29.9	68.3	126
	潜育水稻土	G ₁	72.0	16.4	50.9	125	244
		G ₂	42.7	16.3	44.5	86.8	97.7
TiO ₂ /MnO							
湖 北 潜 江	沼泽土	G ₂	5.52	11.2	5.53	3.26	3.64
	潜育水稻土	G	8.52	11.7	6.75	7.18	7.29
	潜育水稻土	G	5.09	6.89	4.56	4.85	4.37
江 苏 宝 应	沼泽土	G ₂	8.96	11.3	11.8	7.67	6.68
	潜育水稻土	G ₁	24.8	25.0	33.5	12.70	8.54
		G ₂	10.4	21.2	23.6	9.79	6.39

由表 3 可以发现,同样是潜育层,土体硅铁率的大小顺序为潜育水稻土>潜育水稻土>沼泽土。里下河潜育水稻土 G₁ 层由于有机质含量仍然较高,可看作为潜育水稻土阶段,而 G₂ 层可代表真正的潜育水稻土阶段。上述结果表明沼泽土开垦之后,潜育层铁的淋失程度相对增强。这与土壤水文条件变化有关。沼泽土开垦之初,首先排水,渗漏性相应增强,而且随着有机质分解加速,有机酸、酚类等物质含量亦增多,故导致铁锰的活化及其淋失作用增强,同时,氧化还原交替也会增强铁的淋失^[5]。

潜育水稻土与潜育水稻土相比,铁又有相对淀积的趋势,而与沼泽土相比,则仍处于相对淋失的状态。

在沼泽土开垦的初期阶段,铁的淋失在一定时期内增强,而当有机质下降到一定程度之后,如有机质含量降为 1% 左右,还原能力减弱,铁又趋淀积。铁的再淀积是局部的,且所淀积的量仍小于前期淋失量,故与沼泽土相比,仍处于相对淋失的状态。由此可见,土壤脱沼过程可分为两个阶段。第一阶段,土壤有机质含量较高,还原能力较强,铁大量淋失;第二阶段,土壤有机质含量甚低,还原能力弱,铁再淀积。

从土壤各粒级的硅铁率来看,0.002mm 以上各粒级硅铁率的大小顺序与土体基本一致,即潜育水稻土>潜育水稻土>沼泽土。表明在潜育化作用中 0.002mm 以上各粒级的铁发生了明显的淋失,里下河的潜育水稻土 G₁ 层 <0.002mm 粒级硅铁率很高,铁也产生了较明显的淋失。这似乎表明,在脱沼第一阶段初期,较粗粒级的铁首先被还原淋失,与已有的潜育化作用研究结果类似^[7]。当铁淋失过程进一步发展,达第一阶段末期时,<0.002mm 粒级中的铁亦产生明显的淋失作用。脱沼过程进行到第二阶段时,铁在各粒级中均有再淀积的趋势,这同新生体的大小不一有关,但总的来说是趋向于较细粒级的再淀积。

由表 3 土体的钛锰率可以发现,潜育水稻土阶段锰的淋失程度亦是增加的,而到潜育水稻土阶段时则又处于相对淀积的状态。可能由于锰的相对淀积程度较铁大,故在供试的湖北四湖潜育水稻土 G 层锰的再淀积量已超过前期淋失量,从而导致钛锰率最低,表明脱沼程度已经很深。由此可见,脱沼过程中锰的变化也可以分为两个阶段。第一阶段是锰强烈淋失阶段,第二阶段是锰再淀积阶段。

从各粒级的钛锰率来看,与铁一样,在脱沼的第一阶段初期,亦是较粗粒级的锰先被还原淋失,而后较细粒级的锰亦产生较明显的淋失作用;当达到脱沼第二阶段时,锰在各粒级均又产生再淀积现象,但向较细粒级再淀积的程度大,所以供试的四湖潜育水稻土 G 层 <0.005mm 以下粒级钛锰率小于沼泽土阶段,表明再淀积的量已超过前期淋失量。

2. 游离铁与活性铁 由土体的游离铁含量和铁的游离度(表 4)来看,沼泽土和潜育水稻土阶段游离铁含量和铁的游离度要大于潜育水稻土阶段。由前面的讨论已经得到在潜育水稻土阶段铁会产生明显的淋失,由此看来,在脱沼第一阶段可能主要是游离铁的淋失,故其含量最低。而第二阶段再淀积的铁毫无疑问主要为游离态,因此潜育水稻土阶段时铁的游离度又增高。沼泽土由于还原能力强,游离铁也较多,但因为淋失量很少,所以比潜育水稻土阶段要大。

从各粒级的情况来看,潜育水稻土阶段 0.002mm 以上各粒级的游离铁明显减少,铁的游离度也大为降低。与全铁一样,表明游离铁的淋失也是先从较粗粒级开始,与前人

表 4 土壤游离铁与铁的游离度

Table 4 Free iron and free degree of iron in soils

地 点 Locality	土壤名称 Soil name	发生层 Genetic horizon	土 体 Soil	<0.002 (mm)	0.002—0.005 (mm)	0.005—0.01 (mm)	0.01—0.05 (mm)
游离铁 (Free iron) Fed (Fe ₂ O ₃) (%)							
湖 北 潜 江	沼泽土	G ₂	2.49	3.20	2.94	3.59	2.02
	潜育水稻土	G	2.12	3.78	2.30	1.66	1.10
	潜育水稻土	G	2.72	3.70	4.42	2.10	1.56
江 苏 宝 应	沼泽土	G ₂	1.40	2.76	1.62	1.02	0.47
	潜育水稻土	G ₁	0.57	2.34	0.60	0.49	0.18
	潜育水稻土	G ₂	1.33	2.10	0.66	0.41	1.42
游离度 (Free degree of iron) Fed/Fet (%)							
湖 北 潜 江	沼泽土	G ₂	33.1	35.7	39.7	48.3	49.5
	潜育水稻土	G	31.2	42.2	35.0	28.8	30.2
	潜育水稻土	G	34.9	37.9	54.9	41.3	36.6
江 苏 宝 应	沼泽土	G ₂	27.7	28.6	29.5	36.2	27.9
	潜育水稻土	G ₁	21.1	30.3	19.0	30.4	20.9
	潜育水稻土	G ₂	30.3	25.8	16.5	17.8	67.6

表 5 土壤活性铁与铁的活化度 (Fe₂O₃)

Table 5 Active iron and activity of iron in soils

地 点 Locality	土壤名称 Soil name	发生层 Genetic horizon	土 体 Soil	<0.002 (mm)	0.002—0.005 (mm)	0.005—0.01 (mm)
活性铁 (Active iron) Fe _o (%)						
湖 北 潜 江	沼泽土	G ₂	1.54	1.36	2.50	2.80
	潜育水稻土	G	1.23	1.37	1.42	0.74
	潜育水稻土	G	2.23	1.37	3.27	1.79
江 苏 宝 应	沼泽土	G ₂	0.72	1.22	0.97	0.54
	潜育水稻土	G ₁	0.18	0.63	0.27	0.08
	潜育水稻土	G ₂	1.17	0.57	0.18	0.18
活化度 (Activity of iron) Fe _o /Fe _d (%)						
湖 北 潜 江	沼泽土	G ₂	61.8	42.5	85.0	77.9
	潜育水稻土	G	58.0	36.2	61.7	44.5
	潜育水稻土	G	81.9	37.0	73.9	85.2
江 苏 宝 应	沼泽土	G ₂	51.4	44.2	59.8	52.9
	潜育水稻土	G ₁	31.5	26.9	45.0	16.3
	潜育水稻土	G ₂	87.9	27.1	27.2	43.9

的研究结果相同^[7]。当达到潜育水稻土阶段时,游离铁在各粒级中又有再淀积的趋势,但主要是向较细粒级淀积。潜育水稻土阶段时 <0.002mm 胶体中游离铁含量较高,可能是由于在潜育化作用过程中,较粗粒级的铁有一部分向该粒级转化的结果。

由土体的活性铁含量和铁的活化度(表 5)来看,活性铁的变化趋势与游离铁相似。土体活性铁含量的大小顺序为潜育水稻土阶段>沼泽土阶段>潜育水稻土阶段。这表明脱沼第一阶段活性铁明显淋失,而第二阶段再淀积的游离铁由于长期渍水,阻碍了铁的老化,因而铁的活性甚高,其活化度达 80% 以上。

从土壤各粒级的情况来看,活性铁的变化规律与游离铁基本相同。在脱沼第一阶段,亦是较粗粒级的活性铁先被淋失,然后较细粒级的活性铁也产生淋失;在脱沼第二阶段,活性铁又趋于淀积,且主要向较细粒级富集。

参 考 文 献

- [1] 中国土壤学会农业化学专业委员会,1985: 土壤有机质的测定——电热板加热- $K_2Cr_2O_7$ 容量法。土壤农业化学常规分析方法,68—74页,科学出版社。
- [2] 中国土壤学会农业化学专业委员会,1983: 土壤 pH 的测定——电位法。土壤农业化学常规分析方法,166—169页,科学出版社。
- [3] 中国土壤学会农业化学专业委员会,1983: 土壤还原性物质的分析。土壤农业化学常规分析方法,235—241页,科学出版社。
- [4] 中国科学院南京土壤研究所,1978: 土壤全 N 的测定——重铬酸钾-硫酸消化法。土壤理化分析,62—67页,上海科学技术出版社。
- [5] 金泰龙,1987: 三江平原沼泽生态环境的化学特征。生态学报,第7卷4期,289—296页。
- [6] 郑春荣等,1985: 土壤全量快速分析方法——碳酸锂-硼酸-石墨粉坩埚熔样法。土壤,第1期,34—35页。
- [7] 张效年,1961: 中国水稻土的粘土矿物。土壤学报,第9卷3和4期,81—102页。
- [8] 徐琪等,1983: 关于水稻土形成特点的探讨——花斑状形态特征的形成。土壤学报,第20卷1期,53—58页。
- [9] 徐琪等,1980: 中国太湖地区水稻土。上海科学技术出版社。
- [10] 徐琪,1964: 苏南地区水稻土的发生演化。土壤学报,第12卷1期,63—72页。
- [11] 龚子同等,1981: 关于水稻土的次生潜育化问题。土壤学报,第18卷2期,122—128页。
- [12] 熊毅主编,1985: 土壤胶体(第二册),第五章,土壤胶体中氧化物矿物的化学区分。241—303页,科学出版社。
- [13] 徐琪等,1982: 关于水稻土形成作用的特点——起源土壤与水稻土的比较。土壤,第2期,46—52页。
- [14] Bobrov, V. A., et al., 1985: Hydromorphic soils wetted by groundwater in northern Kazakhstan. Soviet Soil Science, 17(1): 11—20.
- [15] Brinkman, R., 1979: Ferrollysis, a soil-forming process in hydromorphic conditions. 106pp. Center for Agricultural Publishing and Documentation, Wageningen.
- [16] Brümmer, Von G., 1973: Redoxreaktionen als merkmalsprägende prozesse hydromorpher böden. In E. Schlichting, et al. (ed.), Pseudogley & Gley, 17—27, Verlag Chemie GmbH, Weinheim.
- [17] Inubushi, K., et al., 1984: Easily decomposable organic matter in paddy soil IV. relationship between reduction process and organic matter decomposition. Soil Science and Plant Nutrition, 30(2): 189—198.
- [18] Lei Wei-jing, 1981: Genetic and anthropogenic characteristics of paddy soils derived from swampy land in Lixiahe district, Jiangsu Province. Proc. Symp. Paddy Soil, 750—755. Science Press, Beijing, Springer-verlag.
- [19] Stoops, G., et al., 1985: Morphological characteristics of wet soils. In Wetland Soils, 177—189, IRR1.
- [20] Wilding, L. P., et al., 1985: Pedogenesis of soils with aquic moisture regimes. In Wetland Soils, 139—157, IRR1.
- [21] Zaidelman, F. R., 1986: Gleyization and its role in the pedogenesis of global humid landscapes. In Transactions of 13th ICSS, Vol. 3: 1334—1335.

A COMPARATIVE STUDY ON CHANGES OF IRON AND MANGANESE OF SOIL IN DIFFERENT DESWAMPING STAGES

Dong Yuanhua and Xu Qi

(*Institute of Soil Science, Academia Sinica, Nanjing, 210008*)

Summary

Changes of iron and manganese of soil in different deswamping stages, including the changes of $\text{SiO}_2/\text{Fe}_2\text{O}_3$ and TiO_2/MnO molecular ratios as well as free and active iron in the soil and different fractions, i.e., <0.002 mm, $0.002-0.005$ mm, $0.005-0.01$ mm, and $0.01-0.05$ mm were studied comparatively. The distribution of iron and manganese in soil profile was also studied. In addition, the reducing capability of soil was also studied through submerged incubation in Laboratory.

The two experimental catenas which consisted of swamp soil, gleyed paddy soil and periodically submergic paddy soil were collected from wetlands in Hubei and Jiangsu Provinces respectively. The gleyed paddy soil and, periodically submergic paddy soil were derived from swamp soil. The gleyed paddy soil which was of a higher content of organic matter in gleyed horizon was found in the initial stage of soil deswamping, but the periodically submergic paddy soil with a lower content of organic matter in gleyed horizon was in the late stage of soil deswamping.

Except for the <0.002 mm fraction, the ratios of $\text{SiO}_2/\text{Fe}_2\text{O}_3$ and TiO_2/MnO in soil and coarser fractions of gleyed horizon were basically in the sequence in which gleyed paddy soil $>$ periodically submergic paddy soil $>$ swamp soil, but the contents of free and active iron were in the order in which swamp soil and periodically submergic paddy soil $>$ gleyed paddy soil.

The distribution of iron and manganese in soil profile showed that iron and manganese of gleyed horizon were leached intensively in the gleyed paddy soil, but they were illuviated significantly in the periodically submergic paddy soil.

The data of submerged incubation indicated that the gleyed horizon soil was of a lower Eh value and had a lot of reducing substances in the swamp and gleyed paddy soils, but it had a higher Eh value and a few reducing substances in the periodically submergic paddy soil.

The above results suggested that the deswamping process of wetland soils could be divided into two stages:

First, the intensive leaching stage of iron and manganese. In this stage, the content of organic matter gets still higher, the reducing capability becomes stronger, and percolation increases. This results in the leaching of iron and manganese increases, especially the free and active iron in coarser fractions.

Second, the reaccumulative stage of iron and manganese. When the content of organic matter is very low, the reducing capability decreases significantly, therefore iron and manganese, especially free iron in finer fractions, are reoxidated and accumulated. Because of waterlogging, aging of iron is blocked, so the activity of iron is over 80 percent.