

水成土壤演化中有机质含量变化的研究

董元华 徐 琪

(中国科学院南京土壤研究所)

摘 要

本文研究了湖北四湖地区和江苏里下河地区沼泽化的湖泊、沼泽与稻田生态系统演化中土壤有机质含量的变化规律及其同还原能力的关系。结果表明,土壤有机质含量的变化很有规律。从湖泊生态系统演化为沼泽生态系统时,土壤有机质含量显著增高。四湖地区表层土壤由3.80%增加到10.1%,里下河地区亦由4.32%变为14.4%。而当沼泽被开垦利用,演化为稻田生态系统时,土壤有机质含量又迅即下降,并随着开垦时间及土壤脱沼程度的增加,而下降的幅度增大。四湖地区初期脱沼土表层土壤下降了36%,脱沼土则下降了47%,里下河地区亦下降58%。潜育层土壤有机质含量的变化趋势与之相似,土壤的还原能力与有机质含量呈密切的正相关。

关键词: 水成土壤, 有机质, 还原能力。

沼泽生态系统是水域和陆地生态系统之间的过渡系统,其物质交换和能量转化十分活跃,被人誉为“自然界之肾”^[1]。水域生态系统(如湖泊)在自然状况下可自行演化为沼泽或草甸生态系统,在人类干预下(如围垦)亦可变质演化为稻田生态系统。稻田生态系统是一种人工湿地生态系统,除有富营养特性外,尚有极端不稳定性,而总有返回沼泽的趋势^[2]。上述湿地生态系统相互演化过程中,土壤有机质含量的变化具有重要的意义,可综合反映生态系统中生物系统与环境系统间的相互关系。土壤有机质含量的高低不仅与生物的活动、组成、生物量及其归还率有关,而且同水分、温度等环境条件亦有关。土壤有机质在湿地生态系统物质的转化和迁移方面也起着重要的作用,并反馈于生物系统,从而引起整个生态系统的进一步演化。

因此,本研究选择湖泊-沼泽-稻田生态系统作为一个演化系列,初步研究了上述湿地生态系统演化过程中土壤有机质含量的变化规律,以及同土壤还原能力的关系。

一、材料与方 法

试验材料为湖泥、沼泽土与不同脱沼程度的水稻土。分别于湖北四湖地区和江苏里下河地区选择典型地段,在微域内采集具有代表性的系列土样。

四湖地区位于江汉平原的腹地地带,属亚热带季风区。年降水量约1360mm,年均温17℃左右。该地区原以湖泊众多而闻名。但由于长江强烈的淤积作用以及60年代以后过度的围垦,湖泊面积剧减。从50年代的305万亩降至目前的126万亩^[3],且沼泽化程度日趋严重。如洪湖沉水植物覆盖率已达整个湖面的98%。该地区土壤因生态条件不一呈明显的微域分布。湖边未垦滩地多为沼泽土,湖垸下部地下水位高,开垦时间不长,处脱沼初期,多为潜育水稻土;而湖垸中上部因地形部位较高,开垦时间较早,脱沼基本完成,已演化为潜育水稻土。

里下河地区位于江苏省中部,属北亚热带北缘,东南亚季风盛行区。年降水量894—

本文于1988年12月7日收到。

1042 mm, , 年均温14—15°C。该地区为泻湖型洼地, 湖荡沼泽密布, 运东地区圩区与荡区共占土地面积的70%左右。50年代以来, 由于淤积和围垦, 湖荡水面亦剧减。该地区土壤分布与四湖地区相似, 以洼地为中心, 亦大致呈同心圆规律。

本研究只取各土壤剖面的表层和潜育层为研究对象。土样风干制成待测样。用电热板加热——重铬酸钾法测定土壤有机质含量。用过20目的风干土样只加蒸馏水淹水恒温(25°C)培育80天, 然后用电位法测Eh值。用 $Al_2(SO_4)_3$ 浸提法测定还原性物质^[4]。

二、结果与讨论

1. 湖沼与稻田生态系统演化过程中土壤有机质含量的变化规律

由表1可以明显看出, 湖泊生态系统演化为沼泽生态系统时, 土壤有机质含量显著增高。四湖系列表层土壤有机质由3.80%变为10.1%, 增加了166%; 里下河系列亦由4.32%变为14.4%, 增加了235%左右, 增加幅度大于四湖系列。

表 1 土壤有机质含量

Table 1 Content of organic matter in surface and gleying horizon of hydromorphic soil

| 参数 | 项目 | 采样深度 (cm) | | A | | B | | C | | B·C/A (%) | |
|-------|-------|-----------|---------|------------|------|-------------------------|------|---------------------|------|-----------|------|
| | | 表层 | 潜育层 | 土壤有机质含量(%) | | <0.002mm胶体 中有机质含量(%) | | <0.002mm胶体 含量(%) | | 表层 | 潜育层 |
| | | | | 表层 | 潜育层 | 表层 | 潜育层 | 表层 | 潜育层 | | |
| 四湖地区 | 湖泥 | 0—15 | | 3.80 | | 6.08 | | 31.1 | | 41.6 | |
| | 沼泽土 | 0—18 | 40—75 | 10.1 | 7.93 | 7.33 | 5.04 | 63.8 | 63.6 | 39.0 | 40.4 |
| | 初期脱沼土 | 0—10 | 30—70 | 6.61 | 6.83 | 6.85 | 5.59 | 50.0 | 47.3 | 51.8 | 38.7 |
| | 脱沼土 | 0—14 | 70—90 | 5.40 | 1.45 | 4.84 | 1.76 | 57.0 | 50.5 | 61.1 | 61.3 |
| 里下河地区 | 湖泥 | 0—10 | | 4.32 | | 5.05 | | 37.5 | | 43.9 | |
| | 沼泽土 | 0—25 | 45—85 | 14.4 | 4.88 | 13.4 | 5.39 | 42.3 | 38.0 | 39.4 | 42.0 |
| | 脱沼土 | 0—15 | 100—120 | 6.09 | 1.09 | 4.81 | 2.30 | 50.0 | 26.6 | 39.5 | 56.1 |

当沼泽生态系统在人类干预下, 演化为稻田生态系统时, 土壤有机质含量又显著下降。随着开垦时间与脱沼程度的增加, 下降的幅度增大。四湖系列中, 70年代开垦的稻田, 尚处于脱沼初期阶段, 只能种一季中稻, 表层土壤有机质降为6.61%(下降约35%); 而60年代开垦的稻田, 脱沼基本完成, 可进行水旱轮作, 已演化为潜育水稻土, 其表层土壤有机质则降至5.40%(下降47%左右); 里下河系列的水稻土已开垦100年左右, 脱沼程度也很高, 表层土壤有机质含量降为6.09%(下降58%)。

稻田表层土壤受人为干扰(如施肥)较大, 而潜育层受人为影响则相对较小, 因而潜育层土壤有机质含量的变化, 也许更能反映生态系统演化过程中有机质的变化趋势。由表1可以发现, 潜育层土壤有机质含量的变化规律与表层基本相同, 仅下降幅度有差异而已。四湖系列初期脱沼土潜育层有机质由7.93%降为6.83%(下降约14%), 该幅度要低于表层。这是由于此时土壤渍水程度仍然很高, 通气状况差的缘故。而脱沼土则降至1.45%(下降82%左右), 里下河系列的脱沼土亦由4.88%降为1.09%(下降78%), 下降幅度均大于表层。这可能反映了水稻土表层土壤的人为培肥作用。

湖泊中生长的水草类生物，特别是深水区的沉水植物，多由藻类等低等植物所构成。虽然其生产量甚高^[6]，但组织简单，含氮化合物量大，木质素、纤维素含量却较小。一般粗蛋白质含量为44—58%，粗纤维素含量为4—5%^[6]，因而易于分解，虽然长期处于水下，而积累却不甚明显。一旦湖泊演化为沼泽时，植被发生了巨大的变化。主要生长湿生沼泽植物，如芦苇、荻之类大型禾本科植物。这类植物不仅生产量较大^[7]，而且纤维素含量亦高。一般粗蛋白仅4—5%，但粗纤维素含量却高达36—50%^[6]，因而不易分解。同时，这类植物为多年生禾本科植物，地下部分亦很发达，约占总生物量的25—50%^[7]，且地上部分在自然状况下亦绝大部分归还于本系统。因此，土壤有机质积累明显，比淤泥要高得多。

从表1 <0.002mm胶体有机质含量所占土体有机质含量的百分数(B·C/A)来看，淤泥要大于沼泽土。说明淤泥有机质易于分解和转化，因而细有机质较多，而沼泽土有机质不易分解，粗有机质则较多。

沼泽生态系统，一方面生物量高，且归还率较大。同时由于渍水厌气，微生物活动受阻，有机质分解减弱，因而沼泽土有机质含量较高，可形成较厚的腐殖质层或泥炭层^[8]。而一旦被开垦利用，通气状况就有了极大的改善，微生物活动增强，因而有机质分解加快。另一方面，稻田中有机物质生成量大为减少，且80%的生物量移出本系统，归还率甚小。同时，水稻与小麦生长要吸收和消耗大量养分，因此有机质含量便迅速下降。自然，随着开垦时间的增加，土壤脱沼程度逐渐增加，通气与热焓状况更为改善，并渐渐适宜于水旱轮作体系，作物带走的生物量更大，故下降的幅度亦逐渐增大。如果不通过培肥人为增加土壤有机质，则系统就难以维持。因而在稻田生态系统中，人类活动占着重要的地位。从脱沼土潜育层有机质下降的幅度大大超过表层，即可看出人为培肥的重要作用。

土壤有机质含量之大小，除因生态系统不同而异之外，尚与温度有密切的关系。这主要同微生物活动有关。四湖地区年均温17℃，高于里下河地区近2℃，因而有机质分解较快，积累较小。由表1可以看出，四湖系列表层土壤有机质含量明显低于里下河系列，其中温度可能起了重要的作用。

2. 有机质含量同还原能力的关系

风干土样经淹水培育80天后，测定其还原状况，如Eh值和各种不同的还原性物质，便可得知土壤的还原能力。土壤的还原能力对湿地土壤生态系统物质的活化与迁移起着极为重要的作用^[9]。

结果表明，土壤的还原状况同有机质含量有着显著的正相关关系。还原物质总量(不含亚锰)(y)与土壤有机质含量(x)呈极显著的正相关，其相关式为：

$$y = 0.325x - 0.179 \quad (r = 0.953^{**}, n = 13)$$

有机质含量同各种还原性物质及Eh值的相关性见图1。

由图1可以看出，有机质含量与Eh值呈负相关，而与活性还原物质以及亚铁含量等呈正相关，即有机质含量越高，Eh值越低，产生的各种还原性物质也较高，说明还原能力越强。

三、小 结

由上面的讨论可以看出，在湖泊→沼泽→稻田生态系统演化过程中，土壤有机质的变化

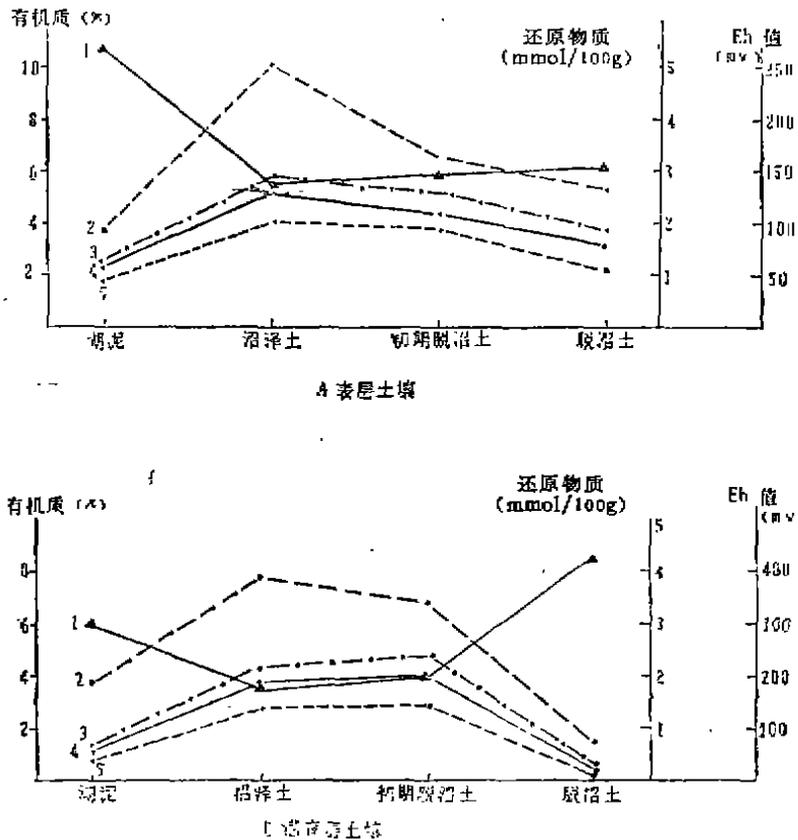


图 1 表层土壤、潜育层土壤还原潜力与有机质的关系
 1. Eh值; 2. 有机质含量; 3. 还原物质总量(不含亚锰); 4. 活性还原物质质量;
 5. 亚铁量
 Fig. 1 Relation between reduction potential and organic matter content in
 surface horizon soil and gleying horizon soil

有着明显的规律。从湖泊演化为沼泽时，土壤有机质含量显著增加，而由沼泽演化为稻田时，有机质含量又明显下降，且随着脱沼程度的增加，下降的幅度越大。土壤有机质含量的多少同还原能力有着极显著的正相关关系，对物质的活化与迁移有着重要的影响。

参 考 文 献

[1] Mitsch, W. J., et al, 1988, Wetlands, 1-23. Van Nostrand Reinhold Comp. Inc., New York.
 [2] Watanabe, I., et al, 1985, Ecology of flooded rice fields, Wetland Soils: 229-243. IRRI.
 [3] 蔡述明等, 1987, 三峡工程对荆江南北湖区环境和土壤潜育化沼泽化的影响, 长江三峡工程对生态与环境的影响及其对策研究论文集, 第277-320页, 科学出版社。
 [4] 中国土壤学会农业化学专业委员会, 1983, 土壤农业化学常规分析方法, 第235-243页, 科学出版社。
 [5] 鄱阳湖研究编委会, 1988, 鄱阳湖研究, 第118-139页, 上海科学技术出版社。
 [6] Welch, P. S., 1952, Limnology, 223-309. McGraw-Hill Book Comp. Inc.
 [7] Etherington, J. R., 1983, Wetland Ecology, 35-40. Arnold-Heinemann.
 [8] 中国科学院南京土壤研究所, 1978, 中国土壤, 第803-810页, 科学出版社。
 [9] 于天仁等编著, 1983, 水稻土的物理化学, 第258-284页, 科学出版社。

STUDY ON CHANGES IN ORGANIC MATTER CONTENT IN THE SUCCESSION OF HYDRO- MORPHIC SOILS

Dong Yuanhua Xu Qi

(Institute of Soil Science, Academia Sinica, Nanjing)

Changes in organic matter content of surface and gleying horizon soils in the succession of wetland ecosystems were studied, which are from senile lake to swamp and rice fields in Four Lake region and Lixiahe region of China. In addition, the relation between organic matter content and reduction potential was also studied with incubation experiment. The results are as follows:

The organic matter content of soil increased sharply in the succession from senile lake to swamp, and decreased significantly in the succession from swamp to rice fields. developments with of soil deswamping, the degree of reduction was more remarkable. The organic matter content in surface horizon increased from 3.80% to 10.1% in Four Lake region, and from 4.32% to 14.4% in Lixiahe regoin after senile lake became swamp, but declined by 35 per cent in younger deswamping soil, by 47 per cent in deswamped soil in Four Lake region, and by 58 per cent in deswamped soil in Lixiahe region. The changes in organic matter content in gleying horizon were similar to surface horizon, but the degree of decrease was greater than surface horizon in deswamped soil, and slighter than surface horizon in younger deswamping soil. The date from incubation experiment indicated that the reduction potential was in a close relation to content of organic matter. Organic matter content was negative correlation with Eh value, and positive correlation with reductive substances.

Key words: hydromorphic soil, succession, organic matter, reduction.