

# 水分状况对水稻土某些性质的影响\*

包梅芬 赵红挺

(中国科学院南京土壤研究所)

## 摘 要

对太湖地区水稻土进行了以土壤分布的地形部位和不同水旱轮作引起的土壤水分状况,对水稻土某些性质的影响研究。初步结果表明,地下水位较高的老稻田有利于有机质和全氮的积累,但其有机氮的矿化率却比旱作历史较久的水稻土为低,而矿化产物中的硝/铵比亦明显偏低。土壤水分状况还明显地影响土壤剖面中的pH、有机质和全氮的分布。

太湖地区是我国主要的水稻生产基地。水稻土生态系统中,水分是最重要的生态因子,对土壤中物质淋溶、淀积,土壤剖面的分化与形成,肥力演变以及生产能力的高低,均有重要影响。水稻土水分状况与物质迁移的研究是一项既有理论意义也有生产意义的课题。为此,我们在前人工作的基础上,利用代表性土壤的分析及培育试验,探索了不同水分状况(因地形部位和轮作方式不同所引起)对水稻土某些性质的影响,为水稻土物质循环的定量研究奠定初步基础。

## 一、材料和方法

一)材料 在常熟、太仓两地采集了不同地形部位及耕作制的水稻土。土壤基本情况列于表1。

表1 供试土壤的基本情况

剖面号	地点	地形部位	土壤名称	利用情况	发生层深度(cm)及名称
1	太仓双凤	低平田	黄泥土	麦一稻	0—17—31—56—→ A P W Bg
2	太仓南郊	平田	黄泥土	蒜一棉 (8年)	0—19—30—55—75—100 A P W B C
3	同上	平田	黄泥土	植稻1年 (以前同上)	0—20—30—55—85—→ A P W B C
4	常熟大义	高平田	黄泥土	麦一稻	0—14—24—37—59—83—100 A P W WL B C
5	常熟莫城	圩田	乌棚土	麦一稻	0—15—24—34—49—100 A P W Bg C
6	常熟辛庄	圩田	整头乌棚土	麦一稻	0—15—25—45—75—100 A P W G C
7	常熟东塘	圩田	整头乌棚土	麦一稻	0—15—25—45—75—→ A P W B Bg

\*A—耕作层;P—犁底层;W—渗育层;WL—白土层;B—斑纹层;  
Bg—斑状潜育淀积层(处在地下水变动范围内);G—潜育层;C—母质层

\*1)国家自然科学基金资助项目。

2)本研究承蒙陈家坊教授提供宝贵意见,成文后又蒙大力斧正,一并致谢。

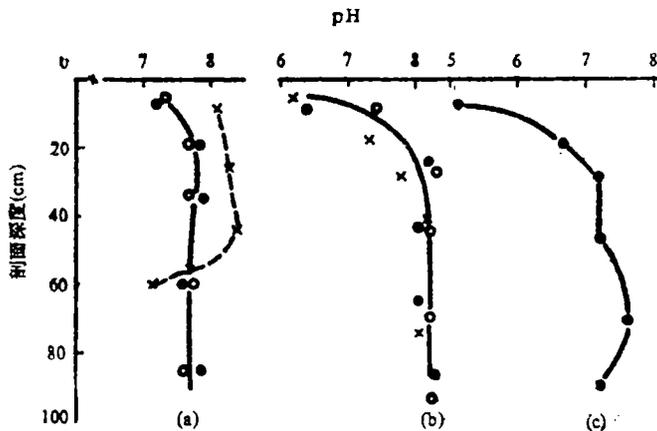
(二)研究方法 1. 土壤基本性质均按常规法测定<sup>[1]</sup>。2. 有机氮矿化试验分好气和淹水培育二部分。样品取各剖面的 A、P 层, 风干土 20 克若干分装入 100 毫升烧杯经  $28^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  恒温培育 15 天。好气培育的土壤水分以保持  $\text{pF} = 2$  时含水量的 80% 为准。淹水培育使土壤水分过饱和并持有 1 厘米水层, 采用称重加水补偿法保持水量。培育终了立即测定  $\text{pH}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$  和  $\text{NH}_4\text{-N}$ <sup>[1]</sup>。

## 二、结果和讨论

### (一)土壤 pH 和有机质的剖面分布

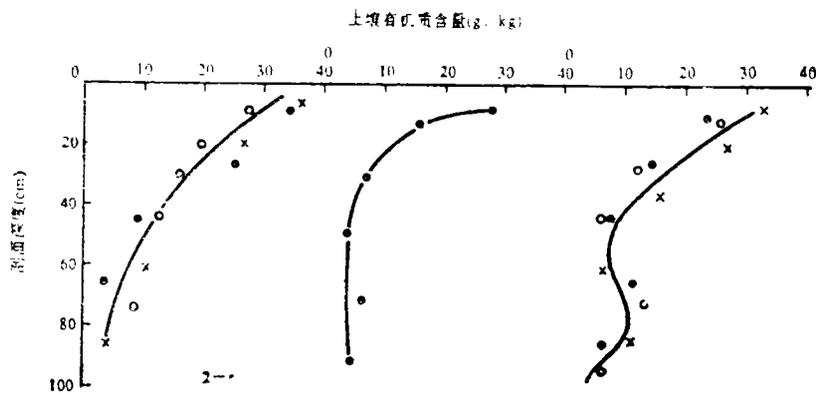
图 1 可见, 7 个剖面 A 层的土壤 pH 值均明显地低于其下各土层, 变动在  $\text{pH} 5.3\text{--}8.0$  之间, 且有随剖面深度增加而升高的趋势。表明水耕对水稻土的 pH 影响是明显的。同时与土壤所处的地形部位, 即地下水位高低及灌溉水用量等引起的淋溶强度不同有关, 亦与近几年酸性化肥用量大, 草木灰等农家肥施用较少有关。图中可见, 供试土壤剖面 pH 可分为 3 种类型: 1. 全剖面各层土壤在 7—8 之间或稍高于 8, 其 A 层土壤 pH 与其下各层 pH 平均值之差均小于 0.7 个 pH 单位(图 1—*a*), 其中 6、7 两号剖面看来还与围垦历史不久有关。2. A 层土壤  $\text{pH} < 7.5$ , 其下各层 pH 高者可  $> 8.0$  (图 1—*b*)。3. 4 号剖面 pH 分布反映出较强的淋溶(图 1—*c*)。这与该剖面出现 WL 层(表 1)也是相一致的。而且, 2 号和 3 号两个剖面相互紧邻, 自然条件相似, 都有较久的棉作历史, 但 2 号剖面 A 层土壤 pH 为 6.38, 其下各层土壤 pH 平均值为  $8.14 \pm 0.1 (n = 4)$ , 而 3 号剖面 A 层土壤 pH 高达 7.43, 比 2 号剖面 A 层高 1.05 个 pH 单位, 其下各层土壤 pH 平均值为  $8.27 \pm 0.08 (n = 4)$ , 与 2 号剖面相比仅差 0.13 个 pH 单位, 这种 A 层土壤 pH 相差很大, 而其下各层相近似的现象, 可能与棉作化肥(生理酸性)用量大, 灌水用量小有关。

土壤有机质含量随剖面的深度加深而下降, 其剖面分布可分为 3 种情况。第一种如图 2—*a* 所示, 含 1、5、6 三个剖面, 土壤有机质含量与土壤深度相关性的计算表明, 两者间呈极显著的直线负相关,  $r = -0.889$   $n = 14$   $p < 0.001$ 。这与冲积物发育的有机质剖面相似, 自上而下有机质降低较为平稳<sup>[3]</sup>。第二种情况, 有机质的剖面分布略呈 S 形(图 2—*c*), 如 2、



(a)图: × 为 1 号剖面; • 为 6 号剖面; ○ 为 7 号剖面;  
(b)图: × 为 5 号剖面; • 为 2 号剖面; ○ 为 3 号剖面;  
(c)图: ■ 为 4 号剖面

图 1 土壤 pH 的剖面变化



2-a图: ·为1号剖面, 0为5号剖面, ×为6号剖面;  
2-b图: ·为4号剖面  
2-c图: ·为2号剖面, 0为3号剖面, ×为7号剖面

图2 土壤有机质在剖面中的分布

3、7三个剖面, 近似于具有埋藏层水稻土的有机质剖面分布特点<sup>[6]</sup>, 第三种即属地下水位低, 排水性能良好的水稻土的典型有机质剖面分布图(图2-b)。由图2可见, 土壤有机质在剖面中分布的影响因素是十分复杂的, 与图1比较, 虽然5号和7号剖面互换其位, 但从另一侧面表明这一复杂性的存在。虽然如此, 在众多的影响因素中, 土壤水分状况(包括地下水位高低和耕作制等的影响)无疑是重要的影响因素之一<sup>[2,3]</sup>。

表2 各剖面发生层土壤有机质含量平均值 (g/kg)

剖面号	A层	P层	剖面号	W层
1,6,7	34.2±3.4	26.2±1.2	5,6,7	16.4±2.0
4,5	27.5	17.1	4	6.9
2,3	24.8	12.8	1,2,3	8.2±1.0

表2可见, 较高的地下水位和水稻种植有利于A、P层土壤有机质的积累, 而旱耕(2、3号剖面)则有利于有机质的分解。

### (二) 土壤全氮含量和有机氮的矿化

土壤全氮含量的变化与土壤有机质变化规律是相一致的。两者之间呈极显著的正相关,  $r=0.987(n=35)$ 。如将全氮结果予以归类排列, 即可从表3见到地形部位和耕作制明显影响土壤A层和P层的全氮量的积累, 而剖面相互区分的情况也与表2一致。例如, 把2, 3号两个剖面与4, 5号剖面相比, 它们有较长的旱作历史, 3号剖面虽已改种水稻也仅一年之久, 而4, 5号剖面则为老稻田。4, 5号剖面与1, 6, 7号三个剖面相比, 虽都为稻田, 但后者中6, 7两剖面都为圩心田, 1号剖面也是处在地下水位较高的低平田。目前它们虽都具有良好的排水条件和降低地下水位措施, 但土壤都曾经受较长的潜育影响, 从而影响土壤全氮量的积累。W层土壤全氮量的积累, 似乎已看不出耕作制的影响, 而以地形部位的影响为主。如1, 2, 3, 4号剖面的W层其全氮含量的变异系数为0.13, 但与圩田区水稻土5, 6, 7号剖面的W层比较, 全氮量平均后相差却高达55%。

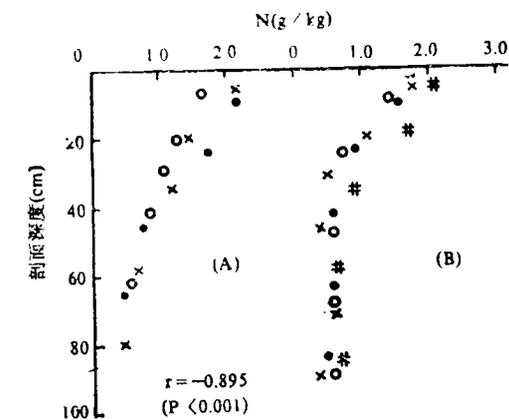
土壤全氮量在剖面中的分布同有机质相似, 若按(图2-a)的计算方法, 可得1, 5, 6三

表3 各剖面发生层土壤全氮含量变化(g/kg)

地形部位	剖面号	A层	P层	地形部位	剖面号	W层
平田	2,3	1.56	0.82	低平田, 平田	1,2,3,4	0.59±0.08
高平田及圩田中头进田	4,5	1.76	1.16	高平田		
圩田及低平田	1,6,7	2.15±0.05	1.69±0.09	圩田	5,6,7	1.07±0.14

个剖面各土层全氮量与土层深度之间存在极显著的负相关(图3-A)。而2, 3, 4, 7四个剖面的土壤全氮分布却出现明显的转折点(图3-B), A层和P层的土壤全氮量与深度间有负相关性, 而W层以下(含W层)则土壤全氮含量受剖面深度的影响不明显。但注意到图3-A的三个剖面, 一个是低平田, 另二个是圩心田, 因此, 它们含量与深度间具有相关性的出现是否与其地下水水位高, 受潜育影响较久有关。

我们又选用各剖面的A层和P层共14个土样, 进行了非饱和水的好气培养, 以研究土壤中有有机氮的矿化及其产物中硝/铵的比值, 结果如表4所示。从表中可以看出地形部位和耕作制的影响中, 受灌溉水用量和排水



(A)图: • 为1号剖面, ○为5号剖面, ×为6号剖面  
(B)图: • 为2号剖面, ○为3号剖面, ×为4号剖面,  
●为7号剖面

图3 土壤全氮在剖面中的分布

水条件等制约的土壤水分状况, 仍是对土壤有机氮的矿化及其硝铵比值影响的重要因素。其矿化量除21号样本之外, 则与土壤有机质的含量呈显著正相关,  $r = 0.703$ ,  $n = 13$ ,  $P < 0.01$ 。如将表4中的矿化率按土壤利用方式进行归纳, 则如表5所示, 可以明显地看到土壤水分状况对土壤有机态氮矿化的影响。也说明供试土壤因耕作制不同而引起的土壤水热状况的不同, 而影响土壤有机氮的形态和结构, 进而影响有机态氮的矿化, 导致了在同样矿化条件下出现不同的矿化率, 有机态氮在好气条件下矿化的终点产物为硝态氮, 其中间产物为铵态氮。硝/铵比值, 反映了各剖面的A层和P层土壤达到有机态氮矿化终点的难易程度。若按耕作制和地形部位二者结合起来将表4中的A层土壤的硝/铵比值进行归纳, 又可明显地看出影响因素所在(表6)。

淹水条件造成土壤的嫌气环境, 对土壤有机氮矿化的抑制是明显的。从表7可见, 嫌气

表4 好气培养下有机氮的矿化\*

土号	有机质 (g/kg)	全氮** (g/kg)	NH <sub>4</sub> -N		矿化量 (mg/kg)	有机氮矿化率 (%)	NO <sub>3</sub> -N/ NH <sub>4</sub> -N
			NO <sub>3</sub> -N (mg/kg)				
11	34.5	2.16	17.0	102.1	119.1	5.51	6.00
12	24.9	1.83	7.3	64.1	71.4	3.90	8.78
21	24.6	1.64	9.9	178.1	188.8	11.51	18.07
22	14.6	0.88	4.0	75.9	79.9	9.08	18.98
31	24.9	1.47	5.1	116.8	121.9	8.29	22.90
32	10.9	0.75	9.9	45.9	55.8	7.44	4.64
41	27.8	1.81	21.8	62.9	84.7	4.68	2.88
42	15.1	1.03	37.8	3.7	41.5	4.03	0.10
51	27.2	1.70	16.5	53.2	69.7	4.10	3.22
52	19.9	1.30	4.4	59.2	63.6	4.89	13.45
61	36.0	2.19	13.3	89.6	102.9	4.70	6.74
62	26.3	1.52	9.2	65.2	74.4	4.89	7.09
71	35.0	2.09	9.0	90.1	99.1	4.74	10.01
72	27.1	1.72	6.4	71.1	77.5	4.50	11.11

\* 土壤在pF=2时持水量的80%水分条件下和28℃培养二周。

\*\* 全氮量作为有机氮量以计算有机氮的矿化率。

表5 不同利用方式对A层和P层土壤有机氮矿化率平均值(%)的影响

利用方式	剖面号或样本号	样本数	范围	$\bar{X} \pm SX$
麦一稻	1,4,5,6,7	10	3.90—5.51	4.59±0.48
蒜一棉	2,3	4	7.44—11.51	9.08±1.75
蒜一棉	21,22	2	11.51—9.08	10.30
蒜一棉作后	31,32	2	8.29—7.44	7.85
植稻一年				

表6 A层土壤矿质态氮中硝/铵比值(好气培养)

样本号*	利用方式	地形部位	NO <sub>3</sub> -N/NH <sub>4</sub> -N	
			范围	平均值
21,31	棉作	平田	18.07, 22.90	20.5
41,51	稻作	高平田	2.88, 3.32	3.10
11,61,71	稻作	低平田 圩心田	6.00—10.01	7.58±2.13

\* 剖面排列与表3一致。

表7 土壤淹水培养下有机氮的矿化\*

±号	pH	铵态氮(N·mg/kg)	矿化率(%)
11	7.57	59.4	2.75
12	7.59	38.8	2.12
21	7.14	26.5	1.62
22	7.56	22.1	2.51
31	7.54	35.8	2.43
32	7.64	11.7	1.56
41	7.09	83.2	4.60
42	7.09	33.0	3.20
51	7.27	66.0	3.88
52	7.36	28.7	2.21
61	7.46	48.5	2.21
62	7.47	30.1	1.98
71	7.42	46.3	2.21
72	7.45	37.6	2.19

\* 培育二周之后,均未发现有NO<sub>3</sub>-N,用二甲胺检测阴性反应。

条件下土壤有机氮的矿化量在11.7至83.2Nmg/kg之间,平均为40.6±18.9Nmg/kg,与土壤有机质含量之间呈现一定的正相关( $r = 0.647, n = 14, p < 0.02$ )。而与土壤全氮量呈极显著的正相关( $r = 0.674, n = 14, p < 0.01$ )。表7所示的矿化率在1.56%至4.60%之间,平均为2.53±0.58%( $n = 14$ ),明显地低于好气条件下的矿化(表4)。应该指出的是土壤在淹水的情况下,受到了强烈的还原反应,其影响所及可能掩盖了地形部位和耕作制所给予于土壤水分状况的影响,因此没有出现好气培育下所出现的变化(表5和表6所示)。淹水培育出现土壤全氮量对矿化量的显著影响,而好气培育就不见这一相关性( $r = 0.112, n = 14$ ),也同样表明了这种掩盖作用的存在。

### 参 考 文 献

- [1]中国科学院南京土壤研究所,土壤理化分析,上海科技出版社,1978。
- [2]中国科学院南京土壤研究所,水稻丰产的土壤环境,第8章,科学出版社,1961。
- [3]李庆远主编,中国水稻土,172—192,336—339,科学出版社,1992。
- [4]陈家坊,肥沃水稻土的特性及培育(中国土壤,二版),熊毅、李庆远主编,572—585,科学出版社,1987。
- [5]徐琪等,中国大湖地区水稻土,上海科技出版社,1980。
- [6]龚子同、徐琪,中国土壤(二版),熊毅、李庆远主编,204—232,科学出版社,1987。