

基塘生态系统与土壤

黄应丰 刘腾辉 G.Ouikoun*
(华南农业大学国环系, 广州, 510642)

摘要 研究了基塘生态系统的形成、结构特点、效益及土壤特征。结果表明:基塘生态系统是生态农业,其具有高生态、高环境及高经济效益;堆垫土是一种旱耕人为土,其快速堆垫及长期耕种利用,有机质累积增加,水分状况得到改善,形成良性物质循环;土壤生态系统是一种耗散结构,要求有物质和能量的不断补充,才能维持其稳定的结构状态,才能提高其生产力。根据基塘土壤生态系统的特点,认为系统的调控应重视岸塘泥上基、大力发展立体农业、强化系统的循环功能,这将有利于建立高效而稳定的土壤生态系统。

关键词 基塘生态系统; 土壤特征与调控

中图分类号 S155.2

珠江三角洲的基塘生态系统是低洼地土地利用的特殊方式,是一种良性循环的农业生态系统。这种系统的结构合理,表现出经济效益特别高,生态效益和社会效益显著,无论在理论研究或生产上都具有重要意义。

其土壤也极富有特色,是一种旱耕人为土,即在低洼积水地上,通过挖塘筑基,以塘养鱼,以基种桑(蔗、果),以塘底淤泥作肥培养基。由于淤泥不断堆垫在老土上,致使基面土层逐年增厚而成。堆垫土发育时间较短,发育层次不明显,由于基下长年受水淹没,水分既有从上而下,也有从下而上的运动,因此具有特殊的剖面构型和水分变化规律,在土壤发生分类上具有特殊性。本文是作者在认真总结前人研究成果(陆发熹,1988),曾对堆垫土的系统分类(卢家诚等,1993)及鱼塘的生态条件(黄应丰等,1990)进行探讨的基础上,再进一步研究基塘生态系统及其土壤特征。

1 材料与方法

1.1 供试土壤样品

本研究选择了堆垫土3个典型剖面进行研究。剖面点主要分布在顺德市的伦教镇及勒流镇。各剖面点均依据中国土壤系统分类采样要求进行分层采样,并对其形态特征作详细描述记载。

1.2 化学分析

本研究土体全量分析按常规方法进行;土壤有机质采用丘林法;阳离子交换量用EDTA-铵盐快速法测定;土壤机械组成用比重计法测定。其余项目分析参照中科院南土所(1978)编《土壤理化分析》方法进行。

2 结果与讨论

2.1 基塘生态系统

1993-10-07 收稿

* 贝宁留学生

基塘生态系统是一种特殊的生态系统,基上种桑、蔗、果、花、象草等,塘里养殖4大家鱼;传统上以桑养蚕,蚕沙养鱼,塘泥肥基,形成一种相对封闭式的生态系统物质循环。基塘生态系统由两个子系统构成,它们之间存在着密切的关系,同时,两个子系统又自成体系,各有各的生态循环网络。

2.1.1 土壤生态系统 基面土壤是陆地种植业的基地,具有初级生产力的作用,如桑、蔗、果树、象草等,经过光合作用,将太阳能转化为化学能贮存起来。其生产力的高低,直接影响着整个基塘系统的产出。桑、蔗、象草的产量高,则可多得蚕沙、蔗渣、青饲料,向鱼塘的输入量也增多,塘鱼产出提高,可提高物质能量的转化率。与基面土壤相联系有很多生产环节:灌溉→培肥→种植桑、蔗、牧草→养蚕或榨糖、养猪→缫丝等。所以土壤生态系统既具有初级生产力作用,也有养蚕、养猪的次级生产力的作用。

2.1.2 鱼塘生态系统 在基塘生态系统中,从经济收入看,鱼塘具有中心地位的作用,从物质循环看,鱼塘也起重要作用。一般正常鱼塘水深2~3m,每一口塘面积约在1333.3~6666.7m²之间,每口鱼塘似一个单独的蓄水池。该系统具有如下特点:(1)鱼塘本身具有水陆双重意义,既具有养鱼,又具有对基面土壤辟塘泥增加肥料的作用。(2)塘本身既有次级生产力作用,如来自基面生产的青饲料和下脚料如象草、蔗叶、蕉茎和蚕沙等;又有塘面的浮游生物的光合作用,制造养分的初级生产力作用。(3)无论哪一种基塘系统,只有同鱼塘相联系,才能构成基塘的整体生态系统。(4)无论什么类型基塘系统,基面都离不开塘泥作为保持基面的高程和重要的肥源。

鱼塘自身也是一个完整的生态系统:鱼塘里的生物体包括浮游植物,如甲藻、硅藻、黄藻、小球藻、绿藻等;浮游生物,如水蚤、轮虫等;以及4大家鱼(鲢鱼、鳙、鳊和鲤鱼等鱼类)。它们之间以食物链的形式形成一个循环系统:鲢鱼以食蚕沙、青饲料为主,促进浮游生物的繁殖。鳙喜食浮游生物。食剩的残渣,包括饲料、蚕沙、浮游生物尸骸等有机物沉到塘底,一部分为鳊鲤所食,一部分被微生物分解又为浮游生物提供了养分和饵料。

2.2 基塘生态系统的土壤特征

2.2.1 成土特点 人工堆垫过程:珠江三角洲冲积平原挖塘垫基创造了堆垫土。堆垫土表层每年施用河涌泥或塘泥3~4次,每年增厚2~3cm,耕作层逐年增厚,这既有利于表土有机质的积累,也促进了土壤复盐基作用及更新土壤环境,以致土壤总体肥力有所提高。当土壤堆垫到一定高度,地下水位相对下降,生态环境逐渐改变。由于人工堆垫过程周而复始,加之长时间的耕作利用,因此就逐渐形成了特殊的旱耕人为土——堆垫土。

早耕熟化:早耕熟化过程是堆垫土形成的另一特点。由于堆垫土一直用于种植桑树、果树、甘蔗、香蕉及花草等旱耕作物,因此在其形成发育中旱耕作用成为主体。表现为堆垫土层有机质多呈好气分解,含腐殖质极少。但由于人工堆垫作用,耕作层尚能维持地力,加之堆垫土层结构性能好,水、气、热较为协调。所以说,早耕熟化过程能促进堆垫土的形成发育。

堆垫土早耕熟化后的变化:(1)具有特殊的剖面构造特征 堆垫土是基(耕地)水(鱼塘)相连的旱作土壤,土体下受水淹浸,水位受季节雨量影响而升降,在水的作用下,使堆垫表下层出现柱状结构和铁锈斑纹的形态特征。底土层为原母土的沉(洪)积层,起源于沼泽土的呈蓝灰色的潜育层,起源于原氧化土的为呈氧化态的黄土层。堆垫表层和堆垫表下层是人工堆垫土特有的剖面构型。是堆垫土的主要诊断层和诊断特性的重要层段,对某些堆垫表

下层不发育的,因堆垫时间短可列为堆垫现象。

(2)耕层和亚表土层的变化 由于旱作频繁,表土土粒逐渐沉实,有机质不断分解,耕层变薄,亚表土层增厚,其紧实度和容重增大(见表 1)。通常,泥肉基堆垫土为高度施肥和高度消耗的类型,剖面层次排列上松下紧。耕层的水肥渗漏量大,大量新鲜的腐殖质很快的渗入亚表土。而亚表土的渗漏量减少,能起托水托肥作用;泥骨基由于多年前施塘泥较多而近年锐减,只是靠一定数量的化肥维持低水平的产量,形成上紧下松之反常的剖面层次,会造成漏水漏肥。

(3)土壤养分变化 堆垫土养分含量高,全剖面上下层变化不大。由于人工堆垫作用,而塘泥富含有机质及各种养分元素,因此,养分较一般旱地高。此外,堆垫土形成发育时间较短,仅有弱度的淋溶淀积过程发生,层次风化发育不明显,以致剖面中上下层次养分含量变化不大(见表 1)。

表 1 广东省堆垫土的化学特性

剖面号	采样深度	pH (水)	有机质	全氮	全磷 (P)	全钾 (K ₂ O)	水解性氮	速效磷 (P)	速效钾 (K)	代换量	盐基总量							
	/cm											g · kg ⁻¹				mg · kg ⁻¹		cmol · kg ⁻¹
01 (泥骨基)	0 ~19	4.83	17.7	1.04	1.17	13.2	53.7	63.4	110	17.58	12.17							
	19~47	7.26	10.9	0.67	1.13	14.4	28.5	54.0	50	19.64	19.46							
	47~75	7.41	11.5	0.77	1.45	16.4	25.3	78.0	50	21.41	23.26							
02 (泥肉基)	0~22	4.22	17.4	1.13	1.08	15.4	48.7	69.5	40	19.76	9.35							
	22~41	5.17	9.0	0.57	0.95	17.0	33.6	65.4	40	18.66	12.84							
	41~65	5.02	9.1	0.54	0.90	17.8	33.6	66.0	35	18.64	11.84							
	65~89	5.90	8.8	0.48	0.80	16.6	28.5	52.0	40	17.79	14.83							
	89~124	6.82	10.3	0.62	0.76	16.0	24.3	52.6	55	18.86	17.87							
	124~136	7.06	10.1	0.56	0.85	15.2	21.8	60.0	60	18.56	19.03							
03 (沙泥基)	0~5	4.02	22.9	1.44	1.13	17.0	81.4	82.0	45	14.89	4.14							
	5~16	4.06	22.6	1.42	1.03	15.8	65.5	78.0	30	15.57	4.29							
	16~33	4.14	19.0	1.25	0.69	16.4	50.4	24.5	30	13.98	4.28							
	33~58	4.30	13.9	0.88	0.57	15.6	36.9	19.0	40	12.70	5.03							
	58~88	4.66	8.4	0.51	0.40	13.8	28.5	14.1	20	10.18	5.22							
	88~114	5.53	7.4	0.45	0.29	13.4	38.6	10.0	20	8.25	7.11							
	114~125	6.42	9.1	0.55	0.22	17.8	26.0	7.5	40	14.79	12.85							

(1)剖面 01 采集于顺德伦教镇; 剖面 02, 03 均采集于顺德勒流镇。表 2, 3 中类同。

2.2.2 理化特性 研究剖面主要位于顺德市勒流镇及伦教镇,地貌类型为基水地,母质为 Q₄ 三角洲沉积物。剖面 02 土层深厚,基面堆垫约在 150 年左右。重壤土,当地称为泥肉基。堆垫氧化层具有较多的氧化铁、锰斑,呈棕红色,有轻微的粘粒淋溶,氧化层间过渡不明显。易见堆垫氧化——还原层。其理化分析结果列于表 1,2,3。从表中可以看出堆垫土具有如下一些共同特性:

堆垫表层厚度 珠江三角洲地区的堆垫土,其堆垫层厚度常因水位高低和耕作管理难易进行调整,普遍都在 50~100 cm 之间。

土壤 pH 值 从现有分析剖面来看,土壤 pH 值变化无一定规律,剖面最上层与最下层

表 2 广东省堆垫土土体全量分析

剖面号	采样深度 /cm	烧失量 /g·kg ⁻¹	氧化物含量 / g·kg ⁻¹								
			SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	TiO ₂	MnO	CaO	MgO	K ₂ O	P ₂ O ₅
01 (泥骨基)	0~19	67.1	635.6	67.2	158.3	10.60	1.05	3.85	23.1	19.50	3.1
	19~47	65.1	609.4	72.4	175.8	10.91	0.96	6.99	26.9	20.75	3.6
	47~75	62.3	651.9	67.9	157.8	8.98	0.87	8.75	23.9	20.00	5.0
02 (泥肉基)	0~22	66.6	636.1	79.6	159.4	10.45	0.97	3.85	25.3	21.30	3.6
	22~41	60.5	636.0	74.5	160.1	10.75	0.97	4.77	26.6	21.80	3.3
	41~65	60.6	631.3	69.4	168.9	10.99	0.95	4.20	26.1	22.00	3.2
	65~89	60.1	637.1	59.7	165.5	10.13	0.91	5.14	26.2	21.30	2.8
	89~124	55.8	658.2	59.7	156.3	9.03	0.84	6.44	24.2	21.80	2.9
	124~136	53.4	665.2	72.3	148.1	8.78	0.91	6.82	23.2	20.50	3.1
03 (沙泥基)	0~5	68.7	650.0	81.7	149.5	8.85	0.58	2.71	23.2	21.50	3.0
	5~16	69.8	640.2	75.5	151.0	9.63	0.56	2.48	22.7	21.30	3.5
	16~33	62.5	645.6	59.7	141.9	11.40	0.59	1.40	27.2	21.00	0.6
	33~58	53.8	675.6	57.7	136.2	8.74	0.53	1.92	21.3	20.00	2.2
	58~88	43.9	714.9	52.6	123.8	8.85	0.60	1.75	14.7	19.00	1.3
	88~114	38.5	735.6	46.5	113.4	8.13	0.55	2.80	18.7	18.00	1.3
	114~125	62.1	613.4	68.2	169.0	9.18	0.60	4.02	27.1	22.30	0.9

表 3 广东省堆垫土土体铁含量及质地状况

剖面号	采样深度 /cm	游离铁 (Fe)	活性铁 (Fe)	全铁 (Fe)	机械组成/mm, g·kg ⁻¹				
		/gkg ⁻¹			2~1	1~0.1	0.1~0.05	0.05~0.002	<0.002
01 (泥骨基)	0~19	35.39	12.01	67.2	5.57	116.68	30.75	407.00	440.00
	19~47	33.89	11.68	72.4	3.08	80.99	43.84	520.00	352.10
	47~75	23.70	8.40	67.9	2.20	101.80	15.07	518.80	362.30
02 (泥肉基)	0~22	31.14	15.69	79.6	0.47	16.93	32.80	546.60	403.20
	22~41	31.14	13.76	74.5	0.00	12.85	11.05	532.10	444.00
	41~65	34.14	7.69	69.4	0.00	9.65	51.65	462.50	476.20
	65~89	31.14	15.61	59.7	0.00	16.25	18.75	511.10	153.90
	89~124	25.96	13.98	59.7	0.40	17.53	17.07	559.85	405.15
	124~136	24.34	9.61	72.3	1.32	44.82	22.27	575.20	356.40
03 (沙泥基)	0~5	32.82	16.14	81.7	1.33	42.93	14.05	416.90	479.80
	5~16	32.03	16.80	75.5	0.00	187.31	28.99	370.10	413.60
	16~33	31.53	16.37	59.7	0.98	147.12	36.50	416.00	399.40
	33~58	28.02	15.22	57.7	1.19	206.81	31.32	347.70	413.30
	58~88	27.20	12.98	52.6	0.00	256.34	26.16	333.20	384.30
	88~114	25.74	7.45	46.5	0.00	349.73	29.36	227.30	393.60
	114~125	31.14	2.24	68.2	0.00	335.01	32.58	300.10	305.30

的 pH 值差异变化较大,可以由强酸性变化至碱性。主要原因是鱼塘消毒剂的使用及撒

石灰后垦塘泥上基,致堆垫耕层土壤 pH 值提高。

其它养分含量 (1)堆垫表层有机质含量在 $17.4 \sim 22.9 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$; (2)全氮、全磷、全钾的含量分别为 $1.2, 1.3$ 及 $15.2 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 水解性氮、速效磷、钾分别为 $48.7 \sim 81.4, 63.4 \sim 82.0$ 及 $40 \sim 110 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$; (3)代换量通常在 $14.89 \sim 19.6 \text{ cmol}(+) \text{ kg}^{-1}$; (4)堆垫表层全铁、游离铁、活性铁的含量分别为 $67.2 \sim 81.7, 31.14 \sim 35.39$ 及 $12.01 \sim 16.14 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$; (5)土壤质地同一剖面上下层变化不大,但不同剖面可以有砂质土至粘壤土各种类型; (6)根据粘粒的 X 射线衍射分析,堆垫土的粘土矿物是以高岭石和伊利石为主,有少量的多水高岭石、三水铝石、石英和蛭石——绿泥石过渡矿物及含水氧化铁的存在。

2.3 土壤生态系统的调控

近年乡镇企业迅猛发展,及农村劳力普遍向大城市转移,致基地只用不养,造成堆垫土表层粘粒淋失,养分亏缺及土壤受污染等。因此急速寻求有效方法调控好基塘生态系统是发展基塘农业的技术关键。以下简述一些有效的技术调控措施:

2.3.1 重视塘泥上基及增施有机肥料 塘泥富含有机质,含氮、磷、钾养分也相当丰富,是一种相当肥沃的有机肥。因此重视塘泥上基,起码有三点好处: A. 既使塘泥的养分及时得到利用,又能抬高基面,提高地力; B. 埤泥上基可盖压基面杂草,省去除草用药和用工,提高经济效益; C. 增加系统内养分的循环利用效率。

2.3.2 发展立体农业 基塘生态系统是一个立体农业,具有水陆两种特性,每一层次又具有多个亚层。如基面搭配可以是桑、花果、蔬菜相结合,也可以是甘蔗、桑轮作。如此基面作物间种、套种、轮作,可以充分利用土地,提高光能利用率。此外,鱼塘中鱼类层次的搭配,如最上层是鲢鱼,中层是鲢、鳙鱼,最下层是鳊鱼、鲤鱼。鲢鱼食蚕沙、青饲料,粪便、残渣滋养浮游生物,为鲢、鳙提供食物,剩下的残物又是鳊、鲤鱼的佳食,极有利于形成食物链,既节约了饲料,又能提高养分的利用率。可见,发展立体农业,出现种养层次多,收入也高。

2.3.3 强化系统的循环功能 基塘系统物质循环过程中损失的部分越少,则转化率越高。直接以蚕沙、青饲料喂鱼,或以蔗叶、菜叶喂鱼,是一种较为简单的能量交换与物质循环形式。如果以青饲料、蔗叶、青菜喂猪,以猪粪喂鱼,或以蚕沙、蔗叶、猪粪等生产沼气,再以沼渣喂鱼,这样一物多用,能量和物质的分级利用的级数愈多,则利用愈充分,经济效益和生态效益越高。一方面,农产品多种多样,另一方面,循环过程中损失的物质少,也可减少对环境的污染。因此,强化基塘系统的循环功能,必然会使整个系统产量高,消耗少,污染轻,形成一个良性循环的农业生态经济系统。

2.3.4 土壤污染区的防治 基塘区人民生活水平的提高,废弃物日渐增多,基面作物污水灌溉,都造成土壤环境污染。根据土壤污染程度的不同,可采用施用石灰、磷酸盐等使污染物形成难溶性物质。同时应加强城镇废弃物的管理。

参 考 文 献

- 卢家诚,朱世清,黄应丰. 1993. 广东省堆垫土系统分类初探. 见龚子同主编. 中国土壤系统分类进展. 北京: 科学出版社, 68~74
- 陆发熹. 1988. 珠江三角洲土壤. 北京: 中国环境科学出版社, 96~100
- 黄应丰,刘腾辉. 1990. 应用遥感技术研究鱼塘的生态条件. 农业环境保护, 9(1):10~12

DIKE-POND ECOSYSTEMS AND THEIR SOILS

Huang Yingfeng Liu Tenghui G. Ouikoun

(Dept. Soil Environ. Sci., South China Agr. Univ., Guangzhou, 510642)

Abstract

This paper deals with the formation, structural characteristics, benefits and soil characteristics of dike-pond ecosystems. The research results indicated: 1. The dike-pond ecosystems are eco-agriculture, having high ecological, environmental and economic benefits. 2. Cumulated soils are anthoterric anthrosols, their rapid cumulation and long term cultivation and utilization have resulted in increased accumulation of organic matter, improved moisture condition of soils and creating favourable cycling of matter. 3. Soil ecosystems are dissipative structures. They would disintegrate, and their productivity would drop without enough input of material and energy into the systems. According to the characteristics of dike-pond soil ecosystems, it is believed that the regulation of these systems should pay attention to using mud from ponds as an important manure for dikes, developing eco-agriculture and strengthening the cycling function of systems, and this will be beneficial to constructing highly effective and stable soil ecosystems.

Key words dike-pond ecosystems; soil characteristics and their regulation