

土壤肥力实质的研究

IV. 水稻土*

邱凤琼 严昶昇 陈恩凤

(中国科学院林业土壤研究所)

摘 要

本文研究了三种水稻土(黄泥土、棕壤型、草甸型)的肥力性状。所得结果与旱田土壤比较有如下一些不同之点:(1)土壤腐殖质缩合作用较弱;(2)<10微米各级微团聚体的量减少;(3)微团聚体中C, N, P含量变化随粒径增大而缓慢地减少;(4)微团聚体对NH₄和P的吸附和解吸附量较高;(5)土壤的贮水能力较高,渗水能力则较差。

测验证明,在腐殖质含量较多的草甸土型水稻土和旱田土壤都是以<10微米的各级微团聚体为影响肥力的主要部分,而含腐殖质较少的棕壤型水稻土和旱田土壤都是以>10微米各级微团聚体为影响肥力的主要部分。

我们在东北旱作土壤(耕作草甸黑土和棕壤等)肥力实质研究的报告中曾指出^[1,2],土壤有机矿质复合体及其聚合成的微团聚体的组成和特性,对土壤理化生物性质的影响有重要的作用,可作为评价土壤肥力水平的综合指标。为进一步了解较长期地淹水条件下耕作的水稻土,上述性状的变异,探讨它们与土壤肥力实质的关系。在三个不同地区采集了代表性水稻土进行比较研究。本文主要讨论这方面的研究结果。

一、材料和方法

供试土壤采自吉林延边的草甸型水稻土,辽宁省丹东的棕壤型水稻土和江苏无锡的爽水水稻土(黄泥土),土壤理化性质见表1。

土壤团聚体分组,土壤及微团聚体对铵的保持和释放及对磷的吸附和解吸附的测定见文献[2],土壤有机碳、全氮、全磷、碱解氮和有效磷用常规分析法^[3],土壤腐殖质分组用科诺诺娃快速法^[4]。

二、结果与讨论

(一) 土壤腐殖质组成

三种水稻土腐殖质组成成分(表2)的特点是与硅酸盐类结合的胡敏素组占优势,占土

* 参加工作的有武冠云、丁庆堂、党连超、崔勇和于德清等同志。

表 1 供试土壤基本理化性质
Table 1 Basic physical-chemical properties of soil samples

土壤 Soil	肥力水平 Fertility	深度 (cm) Depth	有机碳	全 氮	全 磷	碱解氮	有效磷	物理性砂粒	物理性粘粒
			Organic C	Total N	Total P	Hydrolyzable N	Available P	(>0.01mm)	(<0.01mm)
			(%)			(mg/100g)		Physical sand	Physical clay
黄泥土	肥地	0—17	2.28	0.16	0.093	12.4	1.7	48	52
		18—28	1.56	0.12	0.066	—	0.8	46	54
	瘦地	0—15	1.69	0.14	0.075	13.0	1.1	48	52
		15—25	1.34	0.12	0.091	—	0.8	46	54
棕壤	肥地	0—20	1.71	0.12	0.075	8.7	1.1	54	46
		20—40	0.67	0.06	0.076	—	1.0	52	48
	瘦地	0—20	2.11	0.17	0.056	12.7	0.5	32	68
		20—40	2.03	0.13	0.050	—	0.3	32	68
草甸土	肥地	0—20	3.29	0.17	0.046	15.5	0.5	42	58
		20—30	1.45	0.07	0.056	—	0.4	48	52
	瘦地	0—20	2.42	0.16	0.078	13.5	2.1	60	40
		20—30	2.20	0.13	0.087	—	1.5	60	40

表 2 水稻土中腐殖物质组成及其含量

Table 2 Composition of humic substances and their contents in paddy soils

土壤 Soil	肥力水平 Fertility	深度 (cm) Depth	活性胡敏酸		与 Ca 结合的胡敏酸		胡敏酸		富里酸		胡敏素	
			Active humic acid	Combined with Ca	Humic acid	Fulvic acid	Humic					
			%	% of humic acid	%	% humic acid	%	% of TC	%	of TC	%	of TC
黄泥土	肥地	0—17	0.095	35.1	0.179	66.3	0.27	11.8	0.45	19.7	1.57	68.6
		17—28	0.030	23.8	0.120	75.0	0.16	10.3	0.28	17.9	1.12	71.8
	瘦地	0—15	0.043	25.3	0.126	74.1	0.17	10.1	0.32	18.9	1.20	71.0
		15—25	0.029	24.7	0.088	73.3	0.12	9.0	0.25	18.8	0.96	72.2
棕壤	肥地	0—20	0.153	76.5	0.051	25.5	0.20	11.7	0.35	20.5	1.16	67.8
		20—40	0.035	—	—	—	0.12	17.9	0.13	19.4	0.42	62.7
	瘦地	0—20	0.194	80.8	0.046	19.2	0.24	11.4	0.39	18.5	1.48	70.1
		20—40	0.243	75.9	0.073	22.8	0.32	15.8	0.35	17.2	1.36	67.0
草甸土	肥地	0—20	0.161	25.3	0.302	75.5	0.40	12.2	0.43	13.2	2.46	74.8
		20—30	0.055	26.2	0.155	73.8	0.21	14.5	0.22	15.2	1.02	70.3
	瘦地	0—20	0.081	20.8	0.305	87.1	0.39	16.2	0.35	14.5	1.68	69.4
		20—30	0.072	19.5	0.302	81.6	0.37	16.7	0.35	15.8	1.49	67.4

壤有机碳的 70% 左右。其次是富里酸含量比胡敏酸高, 胡敏酸/富里酸值低于 1。胡敏酸/富里酸的比值常作为土壤腐殖质体系复杂程度的标志, 结果说明水稻土由于较长时间地

处在淹水状态,水的作用较强,胡敏酸的缩合度较早田^[1]的弱。土壤有机质含量高的腐殖质组分中,与钙结合的胡敏酸含量较高;活性胡敏酸的含量则相反。Антипов 等^[11]曾指出,胡敏酸钙是土壤结构的原生团聚体。与硅酸盐和钙结合的胡敏酸都是土壤稳定性团聚体形成积累的基础。一般认为淹水有利于土壤有机质的积累。测定结果表明,水稻土中有机质的积累有利于水稳性团聚体的形成,并提高土壤肥力。

(二) 土壤微团聚体组成特征

土壤团聚体是由不同粒径的多粒级颗粒组成,它们的组成性能对土壤理化性质、养分的供贮都有重要的作用。三种水稻土的微团聚体组成(图1)表现出<10微米各粒级的含量明显地低,其中土壤有机质含量高的,肥地又比瘦地的高;有机质含量低的则是肥地比瘦地的低。>10微米各级则相反。这一现象与旱田土壤相类似^[1,2]。这表明土壤有机质的含量与微团聚体组成及其肥力水平的高低有着密切的关系。类似的研究结果在国内外的文献中都可见到,傅积平指出^[6]有机质在形成良好的土壤结构中起重要作用。Tisdall 等^[7]认为<250微米的团聚体主要以有机胶体为胶结剂。并论述了有机碳含量与水稳性团聚体的关系。Chancy 等^[8]广泛地收集了英国的一些土壤研究指出土壤有机质,碳水化合物和用各种试剂提取的腐殖物质与土壤团聚体的稳定性有显著和极显著相关。看来这是一个极普遍的现象。图中细粒级微团聚体含量普遍地较早地^[1,2]的低,说明细粒级易分散,瘦地的分散率则较高。

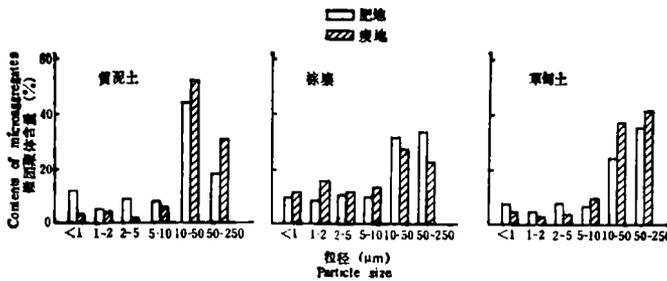


图1 土壤微团聚体组成

Fig. 1 Composition of microaggregates in soils

(三) 土壤微团聚体中碳、氮、磷分布

土壤团聚体是土壤养分的贮存库,微团聚体中养分的含量和分布可反映土壤养分的潜在肥力。三种水稻土中微团聚体中碳,氮,磷的含量(表3)变化大多数都是<10微米各细粒级的高,且随粒级的增大而降低,粗粒级的最低。Broersina 等^[9]研究有机质在土壤团聚体中的分布和 Williams 等^[10]研究磷在土壤团聚体中的变化规律都获得类似的结果。与旱田比较它们的变化趋势相同,但在粒级之间变化幅度较小,且肥瘦地之间的差异不如旱地的明显。水稻土由于较长期地处在渍水的嫌气状况,生物作用较弱,物质分解缓慢,淋溶作用较强,细粒级微团聚体保肥能力较早田的差。

(四) 土壤微团聚体对 NH₄ 和 P 的吸附和解吸附

土壤微团聚体对养分的吸附性能,对土壤养分保持和供应的调节有着重要的作用。

表 3 水稻土微团聚体中碳、氮、磷含量(%)
Table 3 Content of C, N, P in microaggregates (%)

土壤 Soil	肥力水平 Fertility	微团聚体 Microaggregates																	
		<1 μ m			1-2 μ m			2-5 μ m			5-10 μ m			10-50 μ m			50-250 μ m		
		C	N	P	C	N	P	C	N	P	C	N	P	C	N	P	C	N	P
黄泥土 棕壤 草甸土	肥地	1.71	0.17	0.10	1.72	0.17	0.09	1.54	0.12	0.08	1.11	0.12	0.06	1.24	0.12	0.06	1.39	0.08	0.07
	瘦地	1.67	0.20	0.15	1.52	0.07	0.07	1.23	0.12	0.06	1.05	0.14	0.05	1.10	0.08	0.05	1.54	0.10	0.06
	肥地	2.49	0.23	0.08	2.76	0.16	0.07	2.22	0.11	0.05	1.46	0.08	0.05	0.85	0.04	0.04	0.81	0.03	0.05
	瘦地	2.29	0.19	0.11	2.05	0.19	0.11	1.83	0.10	0.08	1.32	0.07	0.07	1.32	0.08	0.06	1.12	0.05	0.07
	肥地	1.64	0.20	0.12	2.17	0.13	0.10	1.76	0.12	0.08	1.71	0.11	0.07	1.12	0.06	0.07	2.22	0.08	0.08
	瘦地	2.35	0.27	0.12	2.24	0.22	0.11	2.06	0.17	0.08	2.14	0.16	0.09	2.01	0.15	0.09	1.02	0.08	0.07

三种水稻土微团体对 NH_4 的吸附量(图 2)都是 <2 微米的两级最高, 在 180 毫克当量/100g \pm 左右。随着粒级的增大急剧下降, 到 10-50 微米粗粒级最低。解吸附量在不同粒级之间的变化比较平稳, 差异不大。微团聚体对 P 的吸附量(图 3)因土壤有机质的含量不同而有差异, 有机质含量高的吸附量较低, 有机质含量低的吸附量高; <2 微米的各级微团聚体的吸附量都最高, 随粒级的增大吸附量减少, 差异明显。P 的解吸附量是 <5

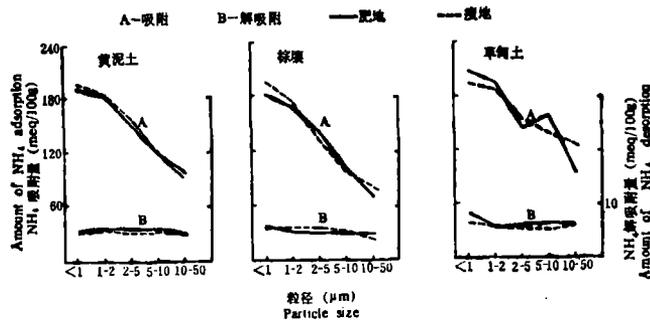


图 2 不同肥力水平水稻土微团聚体的铵吸附和解吸附量
Fig. 2 Adsorption and desorption of NH_4 by microaggregates in paddy soil with different levels of fertility

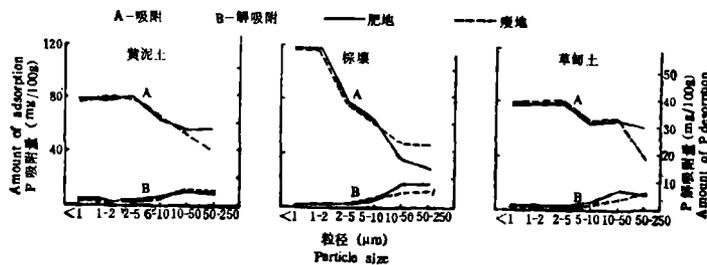


图 3 不同肥力水平水稻土微团聚体对磷的吸附和解吸附量
Fig. 3 Adsorption and desorption of P by microaggregates in paddy soil with different levels of fertility

表4 水稻土的物理性质
Table 4 Physical properties of paddy soils

土壤 Soil	肥力水平 Fertility	深度 (cm) Depth	容重 (g/cm ³) Bulk density	空隙组成(占容积%) Composition of pore spaces (% of volume)					水分状况(干土重%) Moisture content (% of dry wit)			
				总空隙 Total pore space	微空隙 Micropore space	毛细空隙 Capillary pore space	通气空隙 Aeration pore space	非毛细空隙 Non-capillary pore space	吸水水 Maximum moisture adsorption	凋萎含水量 Wilting percentage	田间持水量 Field capacity	田间有效水 Available field capacity
黄泥土	肥地	0—10	1.20	50.0	22.9	48.5	4.0	1.50	12.8	19.14	35.7	16.5
		10—20	1.20	53.5	22.9	50.2	11.3	3.29	10.4	15.6	35.2	16.6
		30—40	1.48	42.6	23.1	41.9	1.3	0.66	9.3	13.9	27.9	12.3
		50—60	1.39	62.1	21.7	42.6	4.4	3.52	10.5	15.8	30.0	14.4
棕壤	瘦地	0—10	1.04	59.7	14.5	53.0	9.6	6.69	8.25	12.4	48.2	34.3
		10—20	1.36	47.3	18.9	47.1	1.4	0.19	9.28	13.9	33.8	19.8
		30—40	1.56	39.5	24.6	36.9	4.6	0.63	13.4	20.1	23.4	6.6
		50—60	1.62	37.2	25.6	34.0	4.2	3.19	13.8	20.3	20.3	4.6
草甸土	肥地	0—10	1.31	49.2	16.2	38.6	12.4	10.62	11.5	17.2	26.8	9.6
		10—20	1.44	44.2	17.8	38.7	6.7	5.49	11.5	17.2	25.7	8.5
		30—40	1.57	39.2	21.9	34.9	4.6	4.25	11.5	17.2	24.9	7.7
		50—60	1.54	40.3	21.4	36.8	4.7	3.49	11.5	17.2	23.4	6.2
草甸土	瘦地	0—10	1.10	57.4	22.1	37.1	20.5	19.70	13.4	20.1	33.6	13.5
		10—20	1.29	50.0	25.9	39.5	10.9	10.50	13.5	20.3	30.3	10.2
		30—40	1.27	50.8	25.9	43.7	7.6	7.10	13.8	20.8	34.0	13.7
		50—60	1.35	47.7	27.4	45.5	8.9	2.20	11.3	17.0	28.7	8.4
草甸土	肥地	0—10	1.07	58.5	22.2	31.2	30.5	27.30	13.8	20.8	26.2	5.4
		10—20	1.22	52.7	25.3	34.1	20.3	18.6	11.3	17.0	26.2	5.8
		30—40	1.49	42.3	25.4	40.2	4.9	2.1	11.5	17.0	25.1	8.1
		50—60	1.67	35.3	28.4	32.1	3.9	3.1	11.5	17.2	18.8	1.8
草甸土	瘦地	0—10	1.21	53.1	20.8	34.6	20.7	18.5	11.5	17.2	26.8	9.6
		10—20	1.39	46.1	23.9	37.6	10.4	8.5	11.5	17.2	25.7	8.5
		30—40	1.52	41.1	26.1	40.9	3.3	0.2	11.5	17.2	24.9	7.7
		50—60	1.49	42.5	25.6	42.1	7.5	0.2	11.5	17.2	23.4	6.2

微米各级的较 >5 微米各级的明显地低, 其中 10—50 和 50—250 微米两级相近似, 解吸附量最高。与旱田比较吸附量普遍地高, 且含量最高的在 <2 微米各级, 而旱田是 <10 微米各级。这些差异的产生, 似与水的作用较强对团聚体吸附性能的影响有关。结果表明土壤微团聚体对养分供贮的调节作用表现好, 细粒级主要起保肥作用, 粗粒级的重要作用是调节养分的供应。

(五) 土壤物理性状

从表 4 所得结果可看出在土层中土壤容重的变化都是表层低, 随着深度的加深逐渐增高。土壤总空隙大多在 40—50% 之间。它们在土层中的变化与容重相似。土壤有机质高的肥地的总空隙较瘦地的高。土壤之间非毛管空隙的差异较明显, 其大小顺序为草甸土型 > 棕壤型 > 黄泥土。通气空隙的状况与非毛管空隙近似。它们占总容积% 都较非毛管大空隙高。土壤非毛管空隙与总空隙之比, 在 20 厘米土层内, 草甸土型最高, 黄泥土最低。且都是肥地比瘦地高。

土壤空隙组成是土壤颗粒组成所形成的土体构成状况的综合反应, 对土壤水、肥、气、热和生物活性等发挥不同的调节作用。上述结果说明三种水稻土颗粒的垒结状况形成的土体构型, 其松紧度是草甸土型 > 棕壤型 > 黄泥土。当然良好的垒结还需具有保持长期稳定的条件才是理想的, 水稻土在长期季节性渍水的影响下, 土壤颗粒垒结的稳定性如何? 有待进一步研究。

土壤水分状况, 对水稻土来说, 不仅是影响水稻土淋溶淀积的因素, 也是影响气、热状况, 并进而影响养分活化的重要条件。从表 4 中看出, 三种水稻土的田间持水量普遍地较旱田高。肥地与瘦地比较, 棕壤是瘦地较高, 其它土壤则无明显的差异。吸湿水含量在 20 厘米土层内肥地较瘦地高。凋萎含水量普遍地较吸湿水高。田间持水量在 20 厘米土层内是黄泥土 > 草甸土型 > 棕壤型, 肥瘦地之间差异均不明显。田间有效持水量是黄泥土 > 棕壤型 > 草甸土型。总的说来, 水稻土的水分状况与旱田比较, 储水量较高, 渗水能力差。

表 5 不同肥力水平水稻土的氧化还原电位

Table 5 Eh Value of paddy soil with different levels of fertility

土壤 Soil	肥力水平 Fertility	深度 (cm) Depth	温度 (°C) Temp.	氧化还原电位 Eh (mV)
草甸土	肥地	0—10	13.0	260
		10—20	14.0	250
		30—40	15.0	280
		50—60	15.0	—
	瘦地	0—10	13.0	240
		10—20	13.5	260
		30—40	14.0	230
		50—60	15.0	260

土壤氧化还原电位 (表 5) 在 230—280 mV 之间, 普遍较早田低。瘦地又较肥地低。说明水稻土通气不良, 较长期的处在还原状态的嫌气条件。

水稻土以其所处的环境条件具有一定的特殊性。特别是氧化还原状况的不同,土壤中各类物质形态的转化,它们在土层中的迁移都与土壤肥力水平密切相关,有待进一步深入研究。

参 考 文 献

- [1] 陈恩凤、周礼恺、邱凤琼、严昶升、高子勤, 1984: 土壤肥力实质的研究 I. 黑土。土壤学报, 第 21 卷 3 期, 229—239 页。
- [2] 陈恩凤、周礼恺、邱凤琼、严昶升, 1985: 土壤肥力实质的研究 II. 棕壤。土壤学报, 第 22 卷 2 期, 113—119 页。
- [3] 中国科学院南京土壤研究所, 1978: 土壤理化分析。上海科学技术出版社。
- [4] 科诺诺娃 M. M. (周礼恺译, 1966), 1963: 土壤有机质。221—226 页, 科学出版社。
- [5] 邱凤琼、周礼恺、陈恩凤、丁庆堂、张志明、党连超, 1981: 东北黑土有机质和酶活性与土壤肥力的关系。土壤学报, 第 18 卷 3 期, 244—254 页。
- [6] 傅积平、张敬森、熊毅, 1983: 太湖地区水稻土复合胶体的特性。土壤学报, 第 20 卷 2 期, 112—127 页。
- [7] Tisdall, T. M. and Oades, J. M., 1982: Organic matter and water stable aggregates in soil. *J. soil Sci.*, 33(22): 141—163.
- [8] Chaney K. D., Swift, R. S. 1984: The influence of organic matter on aggregate stability in some British soils. *J. Soil Sci.*, 35(2): 223—230.
- [9] Broersma, K., Lavkulich, L. M. 1980: Organic matter distribution with particle size in surface horizons of some Sombric soils in Vanlouver Island. *Canadian J. Soil Sci.*, 60(3): 583—586.
- [10] Williams and E. G. Saunders W. M. H., 1956: Distribution of phosphorus in profiles and particle size fractions of some Scottish soils. *J. Soil Sci.*, 7(1), 90—108.
- [11] Антипов Каратаев И. Н. Келлерман В. В. Хан, Д. В. 1948: Опочвенном агрегате и методах его исследования. Изд-во АН СССР.

STUDY ON THE ESSENCE OF SOIL FERTILITY

IV. PADDY SOIL

Qiu Fengqiong, Yan Changsheng and Chen Enfen

(Institute of Forestry and Pedology Academia Sinica)

Summary

Thy fertility status of three paddy soils (permeable paddy soil, paddy soil on brown earth and that on meadow soil) were studied. Compared with the results of upland soils of the similar origin the following differences were observed.

1. Condensation of humus was weaker.
2. Amount of different fractions of microaggregates $< 10 \mu\text{m}$ were decreased.
3. Contents Of C, N, P, were moderately decreased from fine to coarse fractions of microaggregates.
4. Adsorption and desorption of P and NH_4 by microaggregates were stronger.
5. Water retention capacity was higher and water permeability was lower.

It has been proved that the different fractions of microaggregates $< 10 \mu\text{m}$ in both paddy soils and upland soil developed from organic soil contained more humus are the main parts influencing fertility, while the different fractions of microaggregates $> 10 \mu\text{m}$ in both paddy soils and upland soils developed from brown earth containing less humus are the main parts influencing fertility.