

# 土壤肥力实质的研究\*

## II. 棕壤

陈恩凤 周礼恺 邱凤琼 严昶升

(中国科学院林业土壤研究所)

### 摘要

在棕壤中, <10 微米, 特别是 <5 微米微团聚体有较高的碳、氮、磷储量, 对氮、磷及代换性阳离子的吸附能力较强, 并有较强的酶活性, 但总的数量较少, 不到 30%; 而 >10 微米微团聚体的碳、氮、磷储量虽然较低, 但对氮、磷及代换性阳离子的解析能力较强, 有一定强度的酶活性, 总的数量较大, 超过 70%, 其中肥地含有的数量又高于瘦地, 因而成为影响棕壤肥力的主要部分。

土壤微团聚体具有影响土壤理化生物性质多方面的作用, 可能作为评价土壤肥力水平的综合指标。土壤酶活性可能作为评价土壤肥力状况的辅助指标。

我们正在继续进行的土壤肥力实质研究, 采用既研究体质, 也研究体型的综合方法<sup>[1,2]</sup>, 将对我国以东北地区为主的主要耕作土类分别进行野外观测和采样分析。棕壤土样采自辽宁省昌图县太平公社、金县城南公社和山东省泰安市省庄公社的肥地和瘦地。

### 测定方法

土壤微团聚体, 分组用 FS-250C 超声波清洗器分离土样, 即将土:水=1:5 悬液置超声器中, 以 300 毫安 30 赫兹超声分散 30 分钟, 将土壤移入沉降缸中, 配成 4% 悬液, 按颗粒沉降时间分别吸取, 干后称重。土壤对铵的保持与释放是将 50 克通过 2 毫米筛孔的风干土样放入一垫有滤纸、下部有止流夹控制的砂蕊漏斗, 加入 75ml 含 100ppm  $\text{NH}_4\text{-N}$  的硫酸溶液, 静置一昼夜后放出滤液, 测定滤液中的含 N 量; 再加等量纯水浸洗上述土样, 过夜后测定含 N 量, 如此重复淋洗, 直至仅有痕量 N 滤出为止。土壤对磷的吸附用 0.01M  $\text{CaCl}_2$  溶液(内含足够吸附的磷量), 按土:溶液=1:20 处理后, 振荡 1 小时, 然后置 30°C 恒温箱中保持 24 小时, 过滤, 测滤液中的磷。磷的解析是在上述过滤后的土壤中加入 20ml 0.01M  $\text{CaCl}_2$  溶液, 摇匀, 置 30°C 恒温箱中保持 24 小时后过滤, 测滤液中的磷。两者之差为保持的磷。土壤酶活性分析方法见参考文献[1]。

### 结果和讨论

#### (一) 棕壤肥地 >10 微米微团聚体较多, 或高粒级的较多

图 1 表明不同肥力水平棕壤的微团聚体组成, 其中肥地 >10 微米微团聚体的数量比

\* 参加工作的还有武冠云、丁庆堂、张志明、党连超、崔勇、于德清、李荣华等同志。

瘦地高,而 <10 微米则相反。>10 微米的微团聚体总量超过 70%。

图 2 和图 3 表明棕壤 <10 微米微团聚体的碳、氮含量较之 >10 微米的显著的高,磷也稍高;而磷的解析量 <10 微米的稍低。这与 Chichester<sup>[3]</sup> 和 Halstead<sup>[4]</sup> 的工作相似。肥地碳、氮、磷含量都显著高于瘦地,以 <10 微米的较为显著;而肥、瘦地磷的解析量比较接近。

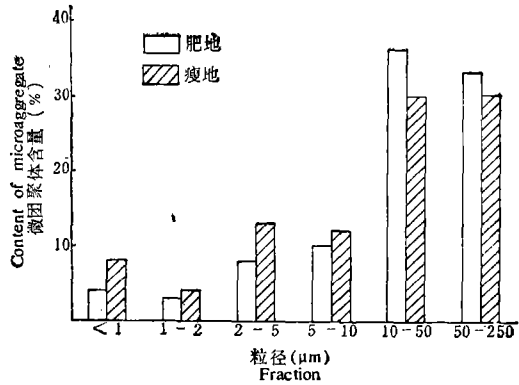


图 1 不同肥力水平棕壤的微团聚体组成

Fig. 1 Composition of microaggregates in brown earths with different levels of fertility

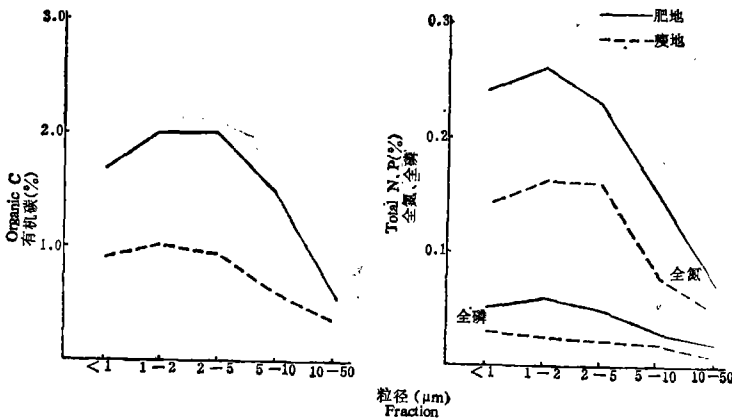


图 2 不同肥力水平棕壤微团聚体中碳、氮、磷的含量

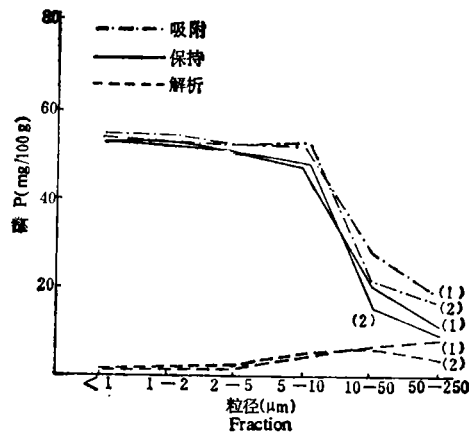
Fig. 2 Contents of C, N and P in microaggregates in brown earths with different levels of fertility

图 4 表明不同肥力水平棕壤微团聚体对铵的吸附和解析。微团聚体对铵的吸附随粒级增大而减少,肥地微团聚体吸附较多,以 <10 微米的差异比较明显。微团聚体对铵的解析随粒级增大而增多,肥地微团聚体解析较多,时间较长,以 >10 微米的差异比较明显。

此外还做了对交换性阳离子的吸附与解析的测定,也呈类似的趋势。

## (二) 不同肥力水平棕壤的营养物质与酶活性

表 1 结果表明,所有肥力高的棕壤的碳、氮、磷含量都较高,转化酶、蛋白酶、脲酶活性



注: 图中(1)均代表瘦地; (2)均代表肥地。

图3 不同肥力水平棕壤微团聚体对磷的吸附、保持和解析

Fig. 3 Adsorption, retention and desorption of P by microaggregates in brown earths with different levels of fertility

表1 不同肥力水平棕壤的营养物质含量和酶活性

Table 1 Nutrient contents and enzyme activities in brown earths with different levels of fertility

土壤 Soil	土层深度 (cm) Depth	营养物质含量(%) Nutrient contents			酶 活 性 Enzyme activities			玉米产量 (kg/ha) Corn yields
		C	N	P	转化酶 (0.1N Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ml/g) Invertase	蛋白酶 (mg/g) Proteinase glycine	脲 酶 (NH <sub>3</sub> -N mg/g) Urease	
肥地 (辽宁昌图) Fertile	0-30	1.36	0.16	0.021	5.10	3.20	40.00	7500-9000
	30-47	0.86	0.12	0.015	3.30	3.15	15.00	
	47→	0.61	0.10	0.013	2.80	2.20	12.25	
瘦地 (辽宁昌图) Infertile	0-17	0.88	0.15	0.015	4.75	3.00	14.00	2250-3000
	17-27	0.51	0.14	0.013	2.45	2.45	11.00	
	27→	0.26	0.10	0.013	2.20	1.93	9.00	
肥地 (辽宁金县) Fertile	0-20	1.05	0.11	0.038	2.90	3.25	19.00	7500
	20-45	0.77	0.07	0.017	1.90	2.80	19.00	
	45→	0.37	0.04	0.015	1.60	2.25	3.75	
瘦地 (辽宁金县) Infertile	0-20	0.86	0.08	0.031	3.20	4.75	13.00	3000
	20-40	0.56	0.06	0.015	2.65	4.05	12.25	
	40→	0.39	0.03	0.015	2.55	2.05	11.25	
肥地 (山东泰安) Fertile	0-20	1.29	0.11	0.059	4.50	5.85	92.50	6000-7500
	20-60	0.84	0.08	0.038	3.70	4.10	18.25	
	60→	0.84	0.07	0.048	2.70	3.05	18.00	
瘦地 (山东泰安) Infertile	0-13	0.90	0.10	0.028	4.00	3.15	31.50	750-3000
	13-33	0.25	0.05	0.011	1.90	2.40	2.50	
	33→	0.20	0.04	0.013	1.30	1.10	2.00	

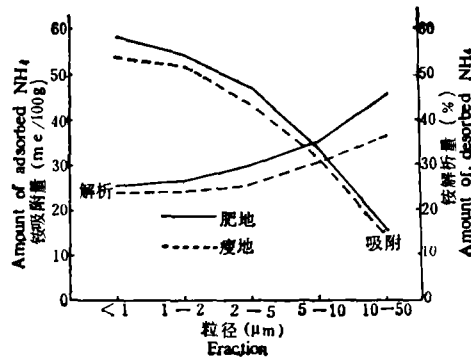


图 4 不同肥力水平棕壤微团聚体对铵的吸附和解析

Fig. 4 Adsorption and desorption of  $\text{NH}_4$  by microaggregates in brown earths with different levels of fertility

表 2 不同肥力水平棕壤中各粒级微团聚体的酶活性

Table 2 Enzyme activities of microaggregates in brown earths with different levels of fertility

酶 活 性 Enzyme activities	<1 $\mu\text{m}$		1-2 $\mu\text{m}$		2-5 $\mu\text{m}$		5-10 $\mu\text{m}$		10-50 $\mu\text{m}$		50-250 $\mu\text{m}$	
	肥地	瘦地	肥地	瘦地	肥地	瘦地	肥地	瘦地	肥地	瘦地	肥地	瘦地
转化酶 (0.1N $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ml/g)	1.9	1.7	2.9	2.7	4.1	3.9	4.7	4.3	4.6	4.2	4.5	4.4
蛋白酶 (mg/g)	5.2	2.2	5.9	3.5	4.4	3.2	3.1	2.7	2.7	2.3	3.0	2.7
脲酶 ( $\text{NH}_3\text{-N}$ mg/g)	55.6	47.6	68.8	61.5	57.5	54.9	39.3	32.2	40.5	34.7	39.0	14.1
磷酸酶 (mg/g)	3.7	3.2	3.7	3.0	3.4	3.0	2.9	2.7	1.8	1.6	1.2	0.9

都较强(参见 Burns<sup>[5]</sup>), 而且在各土层分布比较均匀。反映肥、瘦地的营养物质和酶活性差异明显。

表 2 结果表明, 肥力水平高的棕壤中各粒级微团聚体的酶活性都高于瘦地; 再是转化酶活性 > 2 微米的较高, 而蛋白酶、脲酶、磷酸酶的活性 < 5 微米的较高, 仍以低粒级的酶活性较强。

关于微团聚体粒级组成对棕壤肥力的影响, 根据上述结果, 可以初步得出结论, 即 < 10 微米, 特别是 < 5 微米各粒级团聚体有较高的碳、氮、磷贮量, 对氮、磷和代换性阳离子的吸附能力较强, 并有较强的酶活性, 但总的数量少于 30%; 而 > 10 微米各粒级微团聚体的碳、氮、磷贮量虽然较低, 但对氮、磷和代换性阳离子的解析能力较强, 有一定强度的酶活性, 特别是由于总的数量大于 70%, 成为影响棕壤肥力的主要部分。

### (三) 肥力高的棕壤具有较深厚、较稳定的疏松层

表 3 列明不同肥力水平棕壤的物理性质。肥地与瘦地相比, 具有较深厚的疏松层, 容重约低 0.3 克/立方厘米, 总空隙<sup>[1]</sup>量约高 16%, 非毛管空隙与总空隙之比约高 18%。这

1) 通常用孔隙, 经研究, 其实为一定土体内固相所占余的空间部分, 因之改用空隙。详见 1983 年《中国科学院林业土壤研究所集刊》第六集, 第 121—130 页。

表 3 不同肥力水平棕壤的物理性质  
 Table 3 Physical properties of brown earths with different levels of fertility

土壤 Soil	土层深度 (cm) Depth	容重 (g/cm <sup>3</sup> ) Bulk density	空隙组成 (%) Composition of pore spaces				非毛管空隙/ 总空隙 (%) Non-capillary pore space/Total pore space	水分含量 (%) Moisture contents, % of dry soil				
			总空隙 Total pore space	毛管空隙 Capillary pore space	通气空隙 Aeration pore space	非毛管空隙 Non-ca- pillary pore space		最大持水量 Maximum water- holding capacity	凋萎持水量 Wilting percentage	自然含水量 Natural content of moisture	田间持水量 Field capacity	有效田间持 水量 Available fi- eld capacity
肥地 (辽宁昌图) Fertile	0-10	0.95	62.9	44.6	34.2	18.3	29.1	6.5	9.7	13.5	30.2	20.5
	10-20	1.30	49.6	44.1	15.6	5.5	11.1	7.1	10.6	16.1	26.4	15.8
	30-40	1.4	45.7	44.2	9.0	1.5	3.3	8.1	12.2	16.2	25.0	12.8
瘦地 (辽宁昌图) Infertile	0-10	1.2	52.0	46.5	9.5	5.5	10.6	7.1	10.6	12.0	26.4	15.7
	10-20	1.4	43.8	42.8	7.3	1.0	2.2	8.8	13.1	13.3	25.3	12.2
	30-40	1.7	34.0	38.0	0.8	—	—	9.2	13.8	15.7	20.6	6.8
肥地 (辽宁金县) Fertile	0-10	1.4	46.2	34.9	16.8	11.3	24.5	4.0	6.0	12.4	20.6	14.5
	10-20	1.5	42.5	39.3	14.6	3.2	7.5	6.0	9.0	10.8	18.2	9.2
	30-40	1.6	39.9	37.4	3.9	2.5	6.2	6.1	9.2	19.6	22.5	13.3
瘦地 (辽宁金县) Infertile	0-10	1.5	42.5	41.6	9.4	0.9	2.1	4.0	6.5	8.0	21.6	15.2
	10-20	1.6	40.0	38.2	9.8	1.7	4.3	6.1	9.2	11.2	18.7	9.5
	30-40	1.6	41.0	37.2	9.6	3.8	9.2	7.1	10.7	17.8	25.5	14.9
肥地 (山东泰安) Fertile	0-10	1.2	55.2	45.3	25.0	9.9	17.9	5.7	8.6	15.7	25.8	17.2
	10-20	1.2	52.9	45.4	21.5	7.5	14.1	7.4	11.2	16.3	25.5	14.4
	30-40	1.6	39.9	36.3	9.6	3.6	9.0	7.9	11.9	15.4	19.3	7.4
瘦地 (山东泰安) Infertile	0-10	1.6	39.9	35.6	10.1	4.3	10.7	6.6	9.8	15.9	19.0	9.1
	10-20	1.4	47.2	34.9	15.5	12.3	26.1	9.4	14.1	20.6	22.6	8.5
	30-40	1.7	37.0	34.7	2.3	2.3	6.2	10.4	15.6	19.8	20.8	5.1
瘦地 (山东泰安) Infertile	30-40	1.7	37.7	37.6	3.2	0.1	0.3	10.4	15.7	20.9	20.9	5.3
	50-60	1.7	34.8	33.8	3.2	1.0	2.9	10.4	15.6	17.8	18.2	2.6

些都对土壤水分、温度和氧化还原电位影响很大。

再在肥地中,吸湿水量和凋萎含水量比瘦地约低5%,自然含水量、田间持水量和田间有效持水量分别约高4%,5%,9%。说明肥地具有较高的贮存、供应和渗透水分的能力。

在温度测定中,肥地各土层的温度均较瘦地各相应的土层高。特别是20厘米以下的土层中,土壤温度约高0.5—1℃。

图5表明不同肥力水平棕壤的氧化还原电位,肥地各土层Eh值均较瘦地明显的高。

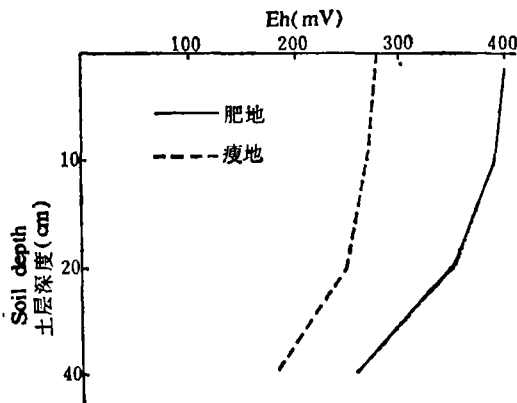


图5 不同肥力水平棕壤的氧化还原电位

Fig. 5 Eh values of brown earths with different levels of fertility

表4列明土壤某些物理性质与酶活性的相互关系,其中容重、总空隙度、有效田间持水量与转化酶、蛋白酶、脲酶、磷酸酶的活性呈显著相关。

总之,土体构型是微团聚体垒结而成的,它因腐殖物质及其组分的作用而得到稳定。土体构型一方面直接影响土壤中水、肥、气、热的动态变化,另一方面则对酶活性强度有很大的影响,所以成为评价土壤肥力水平不可缺少的部分。

总起来看,有机矿物复合体是土壤肥力的物质基础。有机物质和矿物的不同结合形态及结成的微团聚体,构成了土壤各种的体质和体型,使土壤具有不

表4 酶活性与某些土壤物理性质的相互关系

Table 4 Correlation between enzyme activities and some soil physical properties

	容 重 Bulk density	总空隙度 Total porosity	有效田间持水量 Available field capacity
转化酶	-0.90***	0.88***	0.70**
蛋白酶		0.50*	0.54*
脲 酶	-0.68**	0.69**	0.56*
磷酸酶	-0.75***	0.76***	0.70**

\*  $P < 0.05$ ; \*\*  $P < 0.01$ ; \*\*\*  $P < 0.001$ 。

同的水、肥、气、热的吸贮能力和释供能力。结合先前对黑土肥力研究的结果,我们初步认为,对于有机质土,可以采用不同结合形态的各组有机矿物复合体和低粒级微团聚体;而对矿物质土,则可采用高粒级的微团聚体,作为评价土壤肥力水平的综合指标。酶活性与有机质及营养物质含量,还与土体构型呈显著相关,可以作为评价土壤肥力状况的辅助指标。

我们的研究还初步说明,土壤抗逆性是反映土壤肥力实质的综合特征。所谓土壤抗逆性,主要是指它对旱涝、肥瘠、冷热的抵抗能力。它要求土壤对自身的和施入的水和营养物质不但有较大的容量,吸贮、释供的物质数量大、种类多,而且转化快,调剂补充量大。

只有这样,才既能抗逆,又能持续地、最大限度地满足作物生长需要,从而保证高产稳产。可见土壤的抗逆性能和满足作物生长需要的性能是一致的。因此,土壤的抗逆性实质上就是土壤对水、肥、气、热的自动调节能力。

我们正对其它主要耕作土类进行研究,并将从定性研究转为大量的定量研究。如果今后的研究结果反复证明微团聚体(不论是低粒级的,或者是高粒级的)或者还要结合其它特殊因素,具有下列三种作用:(1)既能影响水、肥、气、热的保持和协调;(2)又能影响较厚疏松层的形成和稳定;(3)还能影响酶的种类和活性,那么微团聚体与这些特殊因素可结合起来成为评断土壤肥力水平的综合指标,那时怎样调控土壤中微团聚体的产生和保持,势必成为我们主攻内容,目前对调控试验也已开始,以求早日为建设高产稳产农田,不断提高单位面积产量,提供科学依据和有效措施。

### 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—237页。
- [2] Chen, E. F., Zhou, L. K., Qui, F. Q., Yan, C. S. and Gao, Z. Q., 1982: An approach to the essence of soil fertility. *Z. Pflanzenernahrung und Bodenkunde*, 145: 207—220.
- [3] Chichester, F. W., 1969: Nitrogen in soil organo-mineral sedimentation fractions. *Soil Sci.*, 107: 356—363.
- [4] Halstead, R. L., 1967: Chemical availability of native and applied phosphorous in soils and their textural fractions. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 31: 414—418.
- [5] Burns, R. G. (edit), 1978: *Soil Enzymes*. Academic Press, London.

## STUDY ON THE ESSENCE OF SOIL FERTILITY

### II. BROWN EARTH

Chen Enfeng, Zhou Likai, Qiu Fengqiong and Yan Changsheng  
(*Institute of Forestry and Pedology, Academia Sinica*)

#### Summary

In brown earth, the microaggregates  $<10\ \mu\text{m}$  and, in particular,  $<5\ \mu\text{m}$  have a greater reserve of C, N and P, and greater ability for adsorbing N, P and exchangeable cations and more intensive enzyme activity, but a less total content  $<30\%$ , while the microaggregates  $>10\ \mu\text{m}$  contain less amount of C, N and P, have a greater ability for desorbing N, P and exchangeable cations, and considerable strong enzyme activity, especially with a large total content being more than 70%, this fraction of the microaggregates, which in fertile soils is higher than in infertile soils, is one of the important factors influencing the fertility of brown earth.

Soil microaggregates can influence the soil physical, chemical and biological properties and may be used as an overall index for evaluating the fertility level of soil. As for soil enzyme activity, it may be used as a supplementary index.