

微团聚体的保肥供肥性能及其组成比例在评断土壤肥力水平中的意义

陈恩凤 周礼恺 武冠云

(中国科学院沈阳应用生态研究所, 110015)

摘 要

本文根据作者对黑土和棕壤的多年研究结果, 论述了不同粒级的微团聚体在保肥和供肥方面的不同性能。鉴于肥地与瘦地、小粒级与大粒级微团聚体间存在着保肥-供肥性能的明显差异, 作者试以 $10\mu\text{m}$ 为界, 划分 $<$ 和 $> 10\mu\text{m}$ 两类“特征微团聚体”, 以其比例来界定高、低肥力土壤的微团聚体组成的数值范围和评断土壤肥力水平与培肥效果。结果表明, “特征微团聚体”的组成比例能较好地反映土壤肥力的现有状况及其调控的实际效果, 是综合评价土壤肥力的新的有用指标。

关键词 土壤微团聚体, 土壤肥力, 黑土, 棕壤

土壤肥力水平的高低, 在很大程度上取决于它对水、肥的保蓄与释供能力及与此有关的自动调节性能^[1-3]。不同粒级的微团聚体是产生所述功能的物质基础^[4]。本文将根据作者对黑土和棕壤的多年研究结果, 论述不同粒级的微团聚体在保肥和供肥方面的不同性能, 并在此基础上, 探讨用“特征微团聚体”的组成比例来评断土壤肥力水平与培肥效果的可能性。

一、微团聚体的持水释水性能

从表 1 可以看出, 无论是黑土还是棕壤, 小粒级微团聚体的重力水含量均显著高于大粒级的, 而全量有效水, 正常生育有效水和速效性有效水的含量则相反 (DIK-320 型压力膜测水仪测定); 肥地小粒级微团聚体的所述有效水含量高于瘦地各相应粒级的该项数值, 大粒级的相差不明显。

土壤保持的水分能否被植物利用和被利用的程度如何, 主要取决于土壤对水分的吸力发生变化时释出或吸入的水量, 即土壤的比水容量。表 1 表明, 黑土和棕壤的各级微团聚体的各类水分的比水容量均呈现出持水性能随微团聚体的粒级的增大而减弱, 释水性能则随之而增强 (DIK-320 型压力膜测水仪法)。

以上都说明, 小粒级微团聚体有较强的持水性, 而大粒级的有较强的释水性。

表 1 黑土和棕壤的各粒级微团聚体的水分含量和比水容¹⁾

Table 1 Water content and specific water capacity of various fractions of microaggregates in black and brown soils

土 壤 Soil	粒 级 Fraction (μm)	重力水 (干土%) Gravitational water (% of dry soil) 10—60Pa	有效水(干土%) Available water(% of dry soil)				不同吸力时的比水容(10^{-3} 毫升/克/帕) Specific water capacity under different suctions(10^{-3}ml/g/Pa)			
			全 量 Total 60—15000 Pa	正常生育有效水 Most available water 60—1000 Pa	速效性有效水 More available water 60—6000 Pa	迟效性有效水 Less available water 6000—15000 Pa	10—60 Pa	60—1000 Pa	60—6000 Pa	6000—15000 Pa
黑土肥地 Black soil, fertile (0—20cm)	<5	17.56	31.11	21.10	21.18	9.93	2.927	0.214	0.036	0.011
	5—10	22.34	28.24	17.17	19.19	9.05	3.723	0.183	0.032	0.010
	10—50	11.13	38.55	17.44	23.71	14.84	1.855	0.186	0.040	0.016
	50—250	4.76	34.38	26.98	33.68	0.70	0.793	0.287	0.057	0.001
黑土瘦地 Black soil, infertile (0—20cm)	<5	22.33	25.97	17.52	19.25	6.72	3.722	0.186	0.032	0.007
	5—10	20.33	26.56	16.21	18.72	7.84	3.388	0.172	0.032	0.009
	10—50	16.03	37.41	17.41	28.94	8.47	2.672	0.185	0.049	0.009
	50—250	5.05	35.89	31.28	34.90	0.99	0.842	0.333	0.059	0.001
棕壤肥地 Brown soil, fertile (0—20cm)	<5	29.94	29.03	16.81	21.22	7.80	4.990	0.179	0.036	0.009
	5—10	20.30	31.93	16.13	28.78	2.85	3.383	0.172	0.048	0.003
	10—50	11.78	29.31	15.17	21.63	7.68	1.963	0.161	0.036	0.009
	50—250	4.99	34.03	30.41	32.86	1.18	0.832	0.323	0.055	0.001
棕壤瘦地 Brown soil, infertile (0—20cm)	<5	25.13	23.87	8.67	12.51	11.36	4.188	0.092	0.021	0.013
	5—10	25.12	24.30	9.12	13.93	10.37	4.187	0.097	0.023	0.012
	10—50	10.16	35.38	17.81	18.27	17.11	1.693	0.189	0.031	0.019
	50—250	3.27	33.22	29.58	32.27	0.95	0.545	0.315	0.054	0.001

1) 黑土和棕壤分别采自黑龙江省农业科学院和沈阳农业大学的长期定位试验地。

二、微团聚体的保肥供肥性能

(一) 腐殖质总量及其结合形态

表 2 表明,在黑土和棕壤中,有机碳和重组有机碳量(丘林法)均以小粒级微团聚体的显著高于大粒级的,且肥、瘦地各相应粒级的微团聚体间有较显著的差异(肥地>瘦地),说明小粒级微团聚体较之大粒级的和肥地比瘦地的含有更多的有机质和腐殖质。

腐殖质在土壤肥力中的作用,不仅取决于它的含量,更取决于它的存在状况,即与土壤无机组分的结合形态。表 2 还表明,黑土和棕壤中的腐殖质主要是以松结合和紧结合的形式存在。就松结态腐殖质而言,它在小粒级微团聚体中的含量低于大粒级中的,且肥地的各粒级微团聚体均比瘦地各相应粒级具有较高的含量;紧结态腐殖质的含量变化则略呈相反的趋势或不明显。因此,松结态与紧结态的腐殖质的含量比多随微团聚体的粒级的增大而增大,且肥地各粒级微团聚体的所述比值均较瘦地各相应粒级的大。这足以说明,小粒级和大粒级的微团聚体在使土壤结构稳定和提供植物碳素营养方面执行着不同的功能。

表 2 黑土和棕壤的各粒级微团聚体的腐殖质含量及其结合形态¹⁾

Table 2 Humus content and its binding status of various fractions of microaggregates in black soil and brown soil

土壤 Soil	粒级 (μm) Fraction	有机C (%) Organic C	重组有机C (%) Organic C in heavy fraction	腐殖质的结合形态(占重组有机C的%) Binding status of humus (% of organic C heavy fraction)			
				松结态 Loose (I)	稳结态 Steady (II)	紧结态 Tight (III)	I/III
黑土,肥地 (0—20cm)	<5	4.81	4.72	46.00	7.60	46.40	0.99
	5—10	4.55	4.17	47.48	6.95	45.57	1.04
	10—50	3.33	2.89	48.79	6.23	44.98	1.08
	50—250	1.68	1.04	47.12	5.77	47.11	1.00
黑土,瘦地 (0—20cm)	<5	4.27	4.19	42.96	8.59	48.45	0.89
	5—10	3.84	3.70	44.86	7.84	47.30	0.95
	10—50	2.70	2.50	46.40	7.20	46.40	1.00
	50—250	1.40	0.99	44.44	7.07	48.49	0.92
棕壤,肥地 (0—20cm)	<5	3.00	2.90	46.21	8.97	44.82	1.03
	5—10	2.47	2.27	48.02	8.37	43.61	1.10
	10—50	1.13	0.97	49.48	8.25	42.27	1.17
	50—250	0.41	0.25	48.00	8.00	44.00	1.09
棕壤,瘦地 (0—20cm)	<5	2.45	2.39	43.93	10.46	45.61	0.96
	5—10	1.74	1.62	46.91	9.26	43.83	1.07
	10—50	0.98	0.87	48.28	9.20	42.52	1.14
	50—250	0.39	0.21	48.28	10.34	41.38	1.17

1) 同表 1 附注。

表 3 黑土和棕壤的各粒级微团聚体的氮素供应情况¹⁾
 Table 3 N-supplying status of various fractions of microaggregates
 in black soil and brown soil

土壤 Soil	粒级 (μm) Fraction	全 氮 (%) Total N	吸附与解吸 Adsorption and desorption			矿化势 (mg/kg) Mineralization potential
			吸附量 (mg/100g) Adsorption amount	解吸量 (mg/100g) Desorption amount	解吸率 (%) Desorption rate	
黑土,肥地 (0—20cm)	<5	0.287	115.17	16.50	14.41	682
	5—10	0.246	98.08	14.80	15.09	402
	10—50	0.114	63.28	13.80	21.81	364
	50—250	0.087	46.33	9.50	20.51	238
黑土,瘦地 (0—20cm)	<5	0.241	129.72	14.00	10.79	572
	5—10	0.196	98.08	14.60	14.88	362
	10—50	0.098	62.01	11.90	19.19	312
	50—250	0.049	61.38	10.10	16.46	199
棕壤,肥地 (0—20cm)	<5	0.196	80.35	8.70	10.83	597
	5—10	0.180	75.74	10.40	13.70	540
	10—50	0.103	23.41	8.60	36.74	293
	50—250	0.077	7.90	3.60	45.57	205
棕壤,瘦地 (0—20cm)	<5	0.164	113.90	9.50	8.34	561
	5—10	0.150	102.50	8.88	8.58	323
	10—50	0.064	47.46	7.60	16.03	143
	50—250	0.059	8.23	3.16	38.04	127

1) 同表 1 附注。

(二) 氮素供应情况

从表 3 可以看出,黑土和棕壤的小粒级微团聚体均较大粒级的具有一倍以上的氮素蓄量,且肥地的各粒级微团聚体均比瘦地各相应粒级含有较多的氮量。所述氮量的矿化势(好气培养法)也是小粒级的显著大于大粒级的;氮的解吸率则相反。在这一方面,同样是肥地大于瘦地。

上述现象说明,小粒级微团聚体与大粒级的在氮素供应方面有着不同的作用:前者有较大的供应潜势,后者则能提供可被植物直接利用的氮素营养。

(三) 磷素供应情况

表 4 表明,不同肥力黑土和棕壤的各粒级微团聚体的磷素含量和磷的解吸率均呈现了与氮素供应情况相同的规律。因此,同样地,小粒级微团聚体具有较多的磷素储备,大粒级的具有较强的供应植物可直接利用的磷素的能力。

三、“特征微团聚体”的组成比例

从以上的论述中,可以得出这样一个清晰的概念:小粒级与大粒级的微团聚体^[4]在

表 4 黑土和棕壤的各粒级微团聚体的磷素供应情况¹⁾

Table 4 P-supplying status of various fractions of microaggregates in black soil and brown soil

土壤 Soil	粒级 (μm) Fraction	全磷 (%) Total P	吸附与解吸 Adsorption and desorption		解吸率 (%) Desorption rate
			吸附量 (mg/100g) Adsorption amount	解吸量 (mg/100g) Desorption amount	
黑土, 肥地 (0—20cm)	<5	0.137	39.07	2.23	5.71
	5—10	0.077	41.10	1.81	4.40
	10—50	0.037	31.73	1.55	4.88
	50—250	0.023	7.68	1.21	15.75
黑土, 瘦地 (0—20cm)	<5	0.105	44.66	0.26	0.59
	5—10	0.066	43.80	0.93	2.08
	10—50	0.018	34.66	0.89	2.57
	50—250	0.018	17.31	1.02	5.89
棕壤, 肥地 (0—20cm)	<5	0.100	31.95	0.35	1.10
	5—10	0.073	31.19	0.59	1.89
	10—50	0.041	16.72	0.68	4.07
	50—250	0.037	13.75	0.80	5.82
棕壤, 瘦地 (0—20cm)	<5	0.064	36.64	0.33	0.90
	5—10	0.054	34.10	0.56	1.64
	10—50	0.024	26.19	0.60	2.19
	50—250	0.023	15.85	0.71	4.48

1) 同表 1 附注。

持水与释水、保蓄养分与释供养分方面具有显著不同的作用;肥力水平较高的土壤,其大、小粒级的微团聚体比肥力水平较低的具有较好的保供性能。需要指出的是,土壤肥力水平的高低,除取决于大、小粒级微团聚体的自身作用外,它们的数量比也是一个非常重要的因素,因为在存在适当比例的大、小粒级微团聚体的情况下,持水与释水、保蓄养分与释供养分之间才能得到很好的协调。由此,在评断土壤肥力水平和培肥土壤的实际工作中,有必要对大、小粒级微团聚体的组成比例给予数量化的界定:何种界数表征高肥力的土壤;何种表征低肥力的。这样,便能提出评断土壤肥力水平的可靠指标和对培肥措施的有效程度给予科学的评价。

根据上面引用的资料,可以 $10\mu\text{m}$ 为界,划分大、小粒级的微团聚体。由于 < 和 $> 10\mu\text{m}$ 的两类微团聚体在土壤肥力中的不同特殊作用,特将它们称为“特征微团聚体”。

表 5 列入了根据统一方法测得的、黑土和棕壤的“特征微团聚体”的组成比例。在供试黑土中,7对土壤里有 5 对, $< 10\mu\text{m} / > 10\mu\text{m}$ 微团聚体的比值是肥地 < 瘦地,其界数为:肥地 0.34—0.78(密集值为 0.34—0.40),瘦地 0.37—0.82(密集值为 0.37—0.42);在供试棕壤中,8对土壤里有 7 对, $< 10\mu\text{m} / > 10\mu\text{m}$ 微团聚体的比值也是肥地 < 瘦地,其界数为:肥地 0.19—0.38(密集值为 0.30—0.34),瘦地 0.22—0.54(密集值为 0.38—0.53)。

表 5 黑土和棕壤的“特征微团聚体”组成¹⁾
 Table 5 Composition of “characteristic microaggregates”
 in black soil and brown soil

地 点 Location	吉林公主岭,黑土 Gongzhuling, Jilin Black soil		黑龙江集贤,黑土 Jixian, Heilongjiang Black soil		黑龙江哈尔滨,黑土 Harbin, Heilongjiang Black soil		黑龙江海伦,黑土 Hailun, Heilongjiang Black soil	
	肥 地 Fertile	瘦 地 Infertile	肥 地 Fertile	瘦 地 Infertile	肥 地 Fertile	瘦 地 Infertile	肥 地 Fertile	瘦 地 Infertile
<10 μ m	25.53	26.95	40.88	44.79	30.18	27.62	49.44	42.78
	26.56	27.24	43.91	44.97				
	26.34	29.79						
>10 μ m	74.47	73.04	59.12	55.03	69.82	72.38	50.46	57.61
	73.44	72.76	56.09	55.03				
	73.66	70.21						
<10 μ m/>10 μ m	0.34	0.37	0.69	0.82	0.43	0.38	0.98	0.74
	0.36	0.37	0.78	0.82				
	0.36	0.42						

地 点 Location	辽宁沈阳,棕壤 Shenyang, Liaoning Brown soil		辽宁昌图,棕壤 Cangtu, Liaoning Brown soil		河北遵化,棕壤 Dunhua, Hebei Brown soil		山东泰安,棕壤 Taian, Shandong Brown soil	
	肥 地 Fertile	瘦 地 Infertile	肥 地 Fertile	瘦 地 Infertile	肥 地 Fertile	瘦 地 Infertile	肥 地 Fertile	瘦 地 Infertile
<10 μ m	25.45	34.06	15.78	18.08	19.79	34.61	15.64	15.83
	23.84	34.06	24.27	27.58				
	27.75	31.36						
	23.59	34.85						
>10 μ m	77.55	65.94	84.22	81.92	81.03	65.39	84.36	84.17
	76.16	65.94	75.73	72.42				
	72.25	68.64						
	76.41	65.14						
<10 μ m/>10 μ m	0.34	0.52	0.19	0.22	0.25	0.53	0.19	0.19
	0.31	0.52	0.32	0.38				
	0.38	0.47						
	0.31	0.54						

1) 微团聚体组成测定按《土壤理化分析》一书所述方法进行。

这说明,在肥力水平较高的土壤里,大粒级微团聚体的相对数量通常较多,即供肥能力较强,从而有利于植物的生长。

由于目前积累的资料还少,上述界数只是初步的界定。随着试验材料的增多,界数将愈为精确。

我们曾分别用黑土和棕壤进行了盆钵培肥试验:往供试土壤中添加有机物料,三年后测定土壤微团聚体的组成变化。结果见于表 6。

表 6 往土中添加有机物料后土壤微团聚体的组成变化
 Table 6 Changes of compositions of soil microaggregates after
 applying organic materials into soils

土 壤 Soil	处 理 Treatment	微团聚体的组成变化(%) Changes of compositions of microaggregates		
		<10 μ m	>10 μ m	<10 μ m / >10 μ m
黑 土 (哈尔滨)	对 照	44.94	55.06	0.82
	玉米秸	40.88	59.12	0.69
	麦秸+草木栖	43.91	56.09	0.78
棕 壤 (沈阳)	对 照	31.83	68.17	0.47
	玉米秸	23.84	76.16	0.31
	麦秸+草木栖	25.45	74.55	0.34

从表 6 中可以看出,用有机物料改土,能使“特征微团聚体”的组成比例发生较明显的变化:比值都有降低,且在前述的界数以内。由此,在评断土壤肥力水平和培肥效果时,“特征微团聚体”的组成比例该是一个有用的指标,它能比较综合地反映土壤对于水、肥的保供性能。因而初步明确,通过采集某一土类的大量不同肥力水平的土样,测定其“特征微团聚体”的组成比例并给予数量化的界定,是评断该种土类不同土壤的肥力水平和评价培肥效果的一条新的、反映土壤肥力实质的途径。

参 考 文 献

1. 陈恩凤等,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. 陈恩凤等,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. 陈恩凤等,1991: 土壤的自动调节性能与抗逆性能。土壤学报,第 28 卷 2 期,168—176 页。
4. 南京土壤所编,1978: 土壤理化分析。518—522 页,上海科学技术出版社。
5. Chen En-Fen, et al., 1982: An approach to the essence of a soil fertility. Z Pflanzenernahrung und Bodenkunde, 145(2), 207—220.

PERFORMANCES OF SOIL MICROAGGREGATES IN STORING AND SUPPLYING MOISTURE AND NUTRIENTS AND ROLE OF THEIR COMPO- SITIONAL PROPORTION IN JUDGING FERTILITY LEVEL

Chen Enfeng, Zhou Likai and Wu Guanyun
(*Institute of Applied Ecology, Academia Sinica, 110015*)

Summary

Based on many-year researches on black soil and brown soil, different performances of various fractions of soil microaggregates in storing and supplying moisture and nutrients are discussed. In view of the significant differences of these performances between fertile and infertile soils and between small and large sizes of microaggregates, the authors attempt to take $10\mu\text{m}$ as a limit, putting various fractions of microaggregates under $<$ and $> 10\mu\text{m}$ "characteristic microaggregates" and using their specific value to draw the quantitative limits of compositions of microaggregates between soils with higher and lower fertility levels and judge the levels of soil fertility and the effects of its improvement and regulation. The results show that the specific value of compositions of "characteristic microaggregates" can better reflect the present situation of soil fertility and the actual effect of its improvement and regulation, being a new and useful index for the overall evaluation of soil fertility.

Key words Soil microaggregate, Soil fertility, Black soil, Brown soil