

# 土壤特征微团聚体的组成比例 与肥力评价\*

陈恩凤 关连珠 汪景宽 颜 丽 王铁宇 张继宏

(沈阳农业大学, 沈阳 110161)

周礼恺 陈利军 李荣华

(中国科学院沈阳应用生态研究所, 沈阳 110015)

**摘 要** 以棕壤为例研究了 15 对不同肥力水平的典型棕壤、棕壤型水稻土的特征微团聚体 ( $< 10\mu\text{m}$  和  $> 10\mu\text{m}$ ) 的组成比例, 结果表明该比例即微团聚体 ( $< 10\mu\text{m}$ ) / 微团聚体 ( $> 10\mu\text{m}$ ) 可成为土壤肥力水平的一个综合指标。以该指标为标准的典型棕壤和棕壤型水稻土肥、瘦地区分界数分别为 0.25 和 0.35, 小于此二值分别为各自肥地, 反之亦反。土壤培肥措施可使肥、瘦地特征微团聚体的比例降低并提高土壤肥力水平或根本改变瘦地肥力实质。

**关键词** 土壤特征微团聚体, 土壤肥力指标, 棕壤

**中图分类号** S152.4

土壤肥力水平的数量化划分, 即肥力指标的制定, 有其重要的实践意义。通常用土壤生产力的水平或土壤某一或某些理化性状的数量化特征来表征土壤肥力的水平, 其局限性是很明显的, 因为前者可能包含了许多非土壤因素, 反映的并不是土壤本身真实的肥力水平; 后者则可能只反映出土壤肥力的某个或某些方面。因此, 目前国内外尚没有一个反映土壤本质特性的、综合的土壤肥力指标。

对土壤肥力实质的系统研究表明<sup>[1~8]</sup>, 不同粒级的微团聚体在营养元素的保持、供应及转化能力等方面发挥着不同的作用。土壤微团聚体及其适宜的组合是土壤肥力的物质基础; 在对大小粒级土壤微团聚体的组成比例与土壤肥力的关系进行研究时发现<sup>[3]</sup>, “特征微团聚体” ( $< 10\mu\text{m}$  和  $> 10\mu\text{m}$  的微团聚体) 的组成比例能比较综合地反映土壤对于水、肥的保供性能<sup>[3]</sup>, 可作为评断土壤肥力水平的有用指标<sup>[3]</sup>。这是利用土壤的本质特性界定土壤肥力水平的初步探索。本项工作以分布在辽宁省北部、中部及南部地区的典型棕壤、棕壤型菜园土及棕壤型水稻土的各 15 对肥、瘦地为供试对象, 系统研究了它们的特征微团聚体的组成比例及其与土壤肥力水平和土壤生产力的关系, 并以此为基础, 制定了不同利用方式下评价棕壤肥力的综合指标。

\* 国家自然科学基金资助项目 (批准号: 49571044)

收稿日期: 1999-10-27; 收到修改稿日期: 1999-12-20

## 1 土壤特征微团聚体比例的确定

土壤微团聚体是指土壤中  $< 250\mu\text{m}$  粒径的团聚体,在本工作中将其分为三级: $< 10$ 、 $10\sim 50$  和  $50\sim 250\mu\text{m}$ 。先前工作的有关结果和本工作的前期结果均证明,小粒级 ( $< 10\mu\text{m}$ ) 与大粒级微团聚体 ( $> 10\mu\text{m}$ ) 在水分和养分的保持与释供及生物化学转化强度等方面都有不同的作用和明显的差异<sup>[1~2,6~7,9~12]</sup>。肥力水平较高的土壤,其不同粒级的微团聚体均比肥力水平较低的土壤有较好的水肥保供性能,生物化学转化能力也较强;而土壤肥力水平的高低,除取决于大、小粒级微团聚体自身的作用外,它们的组成比例也是一个重要因素:只有当大、小微团聚体的比例适当时,土壤水分与养分的吸储与供应才能得到很好的协调<sup>[3]</sup>。因此,如果能对大、小粒级微团聚体的组成给予数量化的界定,便可提出恰当评判土壤肥力水平的可靠指标。在本文中, $< 10\mu\text{m}$  与  $> 10\mu\text{m}$  微团聚体的比例 ( $< 10\mu\text{m}$ ) / ( $> 10\mu\text{m}$ ) 称为“特征微团聚体比例”。

先前工作初步证明,不同土壤肥、瘦地有其特定的特征微团聚体比例范围,可作为评断土壤肥力水平的新的指标。但由于供试土壤较少,各土壤肥、瘦地间并没有得出一个确定的、以特征微团聚体比例为标准的严格的界数<sup>[3]</sup>。

## 2 土壤肥、瘦地的特征微团聚体的组成比例

采自辽宁省不同地域的 15 对不同肥力水平的典型棕壤和棕壤型水稻土肥、瘦地间特征微团聚体组成比例的界限极其明显,且变异系数较小(表 1),因此可用以确定所述土壤

表1 土壤特征微团聚体比例的变化

Table 1 Change in proportion of soil characteristic microaggregates

土壤 Soil	典型棕壤 Typical brown earth				棕壤型水稻土 Brown earth type paddy soil			
	$\bar{X}^1$ (%)	S (%)	CV (%)	n	$\bar{X}$ (%)	S (%)	CV (%)	n
肥地	0.21	0.05	22.35	13	0.30	0.05	18.45	18
瘦地	0.25	0.03	13.50	13	0.35	0.09	26.79	18

1)  $\bar{X}$  为土壤样品特征微团聚体比例均值

的肥力水平:典型棕壤和棕壤型水稻土分别以 0.25 和 0.35 为界,小于此值分别为肥地,大于此值则为瘦地。如果说,先前对土壤肥力指标的初步探索提出了以特征微团聚体比例划分土壤肥力水平的初步设想<sup>[3]</sup>,那么本项工作则不仅验证了这一设想,而且从较多的供试土壤中得出了确定的界数。当然,随着研究的深入和试验的进一步验证和校正,此指标当更为精确和完善。

由于典型棕壤和棕壤型水稻土的耕作方式不同:一为旱作,一为湿耕,二者的肥、瘦地特征微团聚体比例的指标亦各异,即棕壤型水稻土  $< 10\mu\text{m}$  微团聚体更多,这与其长期渍水、土粒分散有直接关系。由此,在拟订划分肥、瘦地的土壤特征微团聚体的比例界数时,

应考虑到土壤利用方式的差异。

### 3 培肥措施对土壤特征微团聚体组成比例的影响

按表 2 所示物料用量进行的盆栽培肥试验表明, 培肥后典型棕壤、棕壤型水稻土肥、瘦地的特征微团聚体的组成比例均比对照降低(表 3), 证明培肥增加了微团聚体的团聚性能。这也验证了先前工作的有关结果<sup>[3, 12]</sup>。但值得注意的是, 与培肥后棕壤型菜园土肥地各处理特征微团聚体比例均比瘦地各相应处理更大<sup>[12]</sup>不同, 典型棕壤和棕壤型水稻土肥、瘦地特征微团聚体比例同处理肥地均小于瘦地。这些结果也证明: 在用特征微团聚体比例作为划分土壤肥力指标时, 应充分注意到土地利用方式的不同。

表2 盆栽培肥试验物料用量

Table 2 Applying amounts of materials in pot experiment of soil improvement and regulation

N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	猪粪 Pig manure	草木樨 Sweet clover	沸石 Zeolite
	g/kg			(g/盆)	(g/kg)
0.24	0.1	0.1	含N0.24	60	58

表3 培肥后土壤肥、瘦地特征微团聚体比例

( $<10\mu\text{m}$ ) / ( $>10\mu\text{m}$ ) 变化(盆栽试验)

Table 3 Change in proportion of characteristic microaggregates ( $<10\mu\text{m}$ ) / ( $>10\mu\text{m}$ ) after soil improvement and regulation (pot experiment)

处理 Treatment	典型棕壤 Typical brown earth	棕壤型水稻土 Brown earth type paddy soil	处理 Treatment	典型棕壤 Typical brown earth	棕壤型水稻土 Brown earth type paddy soil
肥地对照	0.24	0.38	瘦地对照	0.26	0.47
肥地+猪粪	0.22	0.27	瘦地+猪粪	0.24	0.36
肥地+草木樨+NPK	0.23	0.27	瘦地+草木樨+NPK	0.24	0.33
肥地+沸石+NPK	0.23	0.35	瘦地+沸石+NPK	0.24	0.43

由于典型棕壤与棕壤型水稻土肥地的特征微团聚体比例绝大多数在前述肥地的界数之内, 故培肥后土壤特征微团聚体比例降低使土壤肥力得到进一步提高; 瘦地培肥后土壤特征微团聚体比例不同程度地降低, 许多已降至肥地的范围之内。证明适当的培肥措施可改变土壤肥力的实质即可将瘦地的肥力水平提高至肥地的水平。比较而言, 草木樨与NPK配合使用与猪粪单独使用的培肥效果更好。这与棕壤型菜园土前期工作相应结果是一致的<sup>[12]</sup>。

考查培肥后土壤特征微团聚体比例的变化可看出: 不同肥力的土壤有各自适宜的特征微团聚体比例, 而土壤培肥的效果是使土壤向各自适宜的特征微团聚体比例趋近, 即向最能发挥肥力水平的微团聚体组合趋近。用一种比例来界定不同土类和不同肥力水平的土壤可能都是不确切的。适当比例的确定, 取决于对不同耕作制度下不同土类和不同肥力土壤特征微团聚体独特作用的正确认识。

## 4 土壤肥力与生产力水平的关系

上述盆栽培肥试验中,典型棕壤、棕壤型水稻土肥、瘦地培肥各处理产量比之各自对照均有极显著提高,而肥地各处理比瘦地各相应处理产量更高(表4)。但如果分别从不同土壤肥、瘦地的培肥效果来看,不同土壤表现却不尽相同。典型棕壤肥地三种培肥处理间

表4 土壤肥、瘦地培肥后生产力的变化(盆栽试验, g/pot)

Table 4 Change in productivity of fertile and infertile soils after soil improvement and regulation (pot experiment, g/pot)

处理 Treatment	典型棕壤	棕壤型水稻土		
	Typical brown earth	Brown earth type paddy soil		
		1996年	1997年	总量
肥地+对照	311.40a	29.0a	34.6a	63.60a
肥地+猪粪	785.00c	51.2b	57.8b	109.00b
肥地+草木樨+NPK	501.00b	58.1b	74.0c	132.10c
肥地+沸石+NPK	666.10b	61.0b	76.8c	137.80c
瘦地+对照	143.70a	24.4a	23.2a	47.60a
瘦地+猪粪	771.70c	48.2b	50.2b	98.40b
瘦地+草木樨+NPK	455.00b	53.2b	70.2c	123.40c
瘦地+沸石+NPK	573.70b	58.4b	68.0c	126.40c

注: 字母相同表示差异不显著

只猪粪与草木樨+NPK二处理差异达极显著水平;其瘦地三种培肥处理间差异则均达显著或极显著水平。而棕壤型水稻土肥、瘦地三种培肥处理间的第一年产量结果差异均不显著。但从两年作物的总产量看,不同处理间差异较明显。棕壤型菜园土的二作培肥试验表明<sup>[12]</sup>,一作(季)作物生长所需的营养物质大多是土壤本身提供的,而培肥措施似乎只起到刺激土壤本身潜力发挥的作用,这种作用三种培肥措施大体相当。二作或第二季则是培肥措施在起作用,肥力水平的作用不明显,因此肥、瘦地作物产量差异不大。本工作尤其是棕壤型水稻土1996、1997两年盆栽试验结果验证了棕壤型菜园土盆栽试验的结论。

对表3、4数据的统计表明,典型棕壤和棕壤型水稻土土壤生产力与该土壤的特征微团聚体比例间并没有显著的相关关系,因为该生产力水平的体现包括培肥措施的一部分贡献,这与棕壤型菜园土的培肥结果一致<sup>[12]</sup>。另外,两土壤瘦地培肥后的特征微团聚体比例有的已在肥地的范围之内,但其生产力却显然没有达到肥地的水平。因此,本试验与本工作前期结果一样证明了用土壤生产力水平简单地代表土壤肥力的水平是不科学的,正确界定应立足于土壤的本质特性的深入研究。

### 参 考 文 献

1. 陈恩凤, 周礼恺, 邱凤琼. 土壤肥力实质的研究 I. 黑土. 土壤学报, 1984, 21(3): 229~237
2. 陈恩凤, 周礼恺, 邱凤琼. 土壤肥力实质的研究 II. 棕壤. 土壤学报, 1985, 22(2): 113~119
3. 陈恩凤, 周礼恺, 武冠云. 微团聚体的保肥供肥性能及其组成比例在评判土壤肥力中的作用. 土壤学报, 1994, 31(1): 18~28

4. 陈恩凤, 周礼恺, 武冠云等. 土壤的自动调节性能与抗逆性能. 土壤学报, 1991, 28(2): 168~176
5. 陈恩凤. 土壤肥力物质基础及其调控. 北京: 科学出版社, 1990
6. 邱凤琼, 严昶升, 陈恩凤. 土壤肥力实质的研究 IV. 水稻土. 土壤学报, 1987, 24(3): 222~238
7. 周礼恺, 严昶升, 武冠云等. 土壤肥力实质的研究 III. 红壤. 土壤学报, 1986, 23(3): 193~203
8. E F Chen, L K Zhou, F Q Qiu *et al.* An approach to the essence of soil fertility. *Zeitschrift für Pflanzenernahrung und Bodenkunde*, 1982, 145:207~220
9. 陈利军, 张岫岚, 周礼恺. 土壤保肥供肥机理及其调节 I. 棕壤型菜园土的 P 素保持与供应. 应用生态学报, 1998, 9(3): 254~256
10. 陈利军, 周礼恺. 土壤保肥供肥机理及其调节 II. 棕壤型菜园土的腐殖质结合形态及其肥力学意义. 应用生态学报, 1999, 10(4): 427~429
11. 陈利军, 周礼恺, 张岫岚. 土壤保肥供肥机理及其调节 III. 棕壤型菜园土的 N 素保持与供应. 应用生态学报, 1999, 10(6): 676~678
12. 陈利军, 周礼恺. 土壤保肥供肥机理及其调节 IV. 棕壤型菜园土肥力的调节与培育及其作用实质. 应用生态学报, 2000, 待刊.

## COMPOSITIONAL PROPORTION OF SOIL CHARACTERISTIC MICROAGGREGATES AND SOIL FERTILITY EVALUATION

Chen En-feng Guan Lian-zhu Wang Jing-kuan Yan Li  
Wang Tie-yu Zhang Ji-hong

(Shenyang Agricultural University, Shenyang 110161)

Zhou Li-kai, Chen Li-jun, Li Rong-hua

(Institute of Applied Ecology, Academia Sinica, Shenyang 110015)

### Summary

Studies on the compositional proportion of characteristic microaggregates of 15 pairs of fertile and infertile typical brown earth and brown earth type paddy soil were carried out. Results showed that the proportion of ( $< 10\mu\text{m}$ ) / ( $> 10\mu\text{m}$ ) microaggregates could be used as an integrative index for evaluation of their fertility levels. The critical value of this proportion is 0.25 and 0.35, respectively, for the typical brown earth and brown earth type paddy soil, *i. e.*, the soil fertility is higher if the value is less, or otherwise. Soil improvement measures could decrease the compositional proportion of soil characteristic microaggregates, and increase the soil fertility.

**Key words** Characteristic microaggregates, Soil fertility index, Brown earth