

# 不同耕作制下水稻土有机物质 变化及其团聚作用\*

李映强 曾觉廷

(西南农业大学, 630700)

## 摘 要

本文论述了半旱式垄作和常规水旱轮作在不同施肥处理条件下有机物质变化及其团聚作用。结果表明,猪粪的施用能明显提高土壤有机碳和松、稳结态腐殖质含量。土壤有机碳和松、稳结态腐殖质随时间推移而减少,重组碳、复合量和复合度则随之增加,表明猪粪的施入不断地参与了土壤有机无机复合。半旱式垄作比常规水旱轮作更有利于有机碳和重组碳的积累,且具有较高含量的松结态腐殖质。松、稳结态腐殖质有助于>0.25毫米团聚体的形成和稳定,而紧结态腐殖质对微团聚体的稳定起着重要作用。

有机无机复合体是形成良好土壤结构的物质基础,对土壤发生和肥力形成具有重要作用,而土壤中有机物质的数量和形态则对有机无机复合及团聚体的形成和稳定有着重要影响<sup>[1-3,13]</sup>。随着农业集约化程度的提高,如何通过不同耕作制度下有机物质的积累与转化以保持和提高土壤肥力,是土壤培肥中一个重要的研究课题。

本文就重庆中性紫色水稻土在半旱式垄作和常规水旱轮作下,有机物质在数量和形态上的变化对有机无机复合与土壤结构状况的影响作初步探讨。

## 一、材料和方法

试验是在西南农业大学实验农场田间条件下进行。供试土壤为重庆中性紫色水稻土。土壤有机碳和重组碳含量分别为2.22%和1.91%,全氮、全磷和全钾含量分别为0.195%、0.049%和2.16%。土壤pH(水土比为2.5:1)为6.6,质地为重壤。

试验采用裂区设计,处理方案及施肥量列于表1。小区面积27平方米,重复3次。半旱式垄作规格为:垄宽0.25米,垄高0.23米,旱作(小麦)保持垄沟内水深0.05米,水作(水稻)视其生育期随时调节水位。常规水旱轮作规格为:旱作(小麦)畦宽1.30米,畦高0.23米,畦沟中无水,小麦收后耕耙泡田栽秧。取土样深度为0-10厘米。

土壤机械组成和微团聚体组成用吸管法;土壤大团聚体组成用R. E. Yoder法<sup>[15]</sup>,并根据下式计算团聚体的平均重量直径(MWD)<sup>[3,14]</sup>:

$$MWD = \sum_{i=1}^n X_i W_i \quad (\text{式中 } X_i \text{ 为各粒径水稳性团聚体的平均直径, } W_i \text{ 为各粒径水稳性团聚体的})$$

\* 本文承蒙姚贤良研究员审阅,并提供宝贵意见,特此致谢。

重量百分数);土壤有机碳用重铬酸钾容量法;土壤有机无机复合度用比重分组法<sup>[6,7]</sup>;土壤结合态腐殖质分组用傅积平等改进法<sup>[6]</sup>。

表 1 试验设计

Table 1 The design of experiment

处 理 Treatment	半旱垄作 Semi-dry ridge farming	水旱轮作 Rotation of rice and upland crop	肥 料 用 量 Manure and fertilizer applied (kg/27m <sup>2</sup> )			
			猪粪* Pig manure	尿素 Urea	过磷酸钙 Calcium superphosphate	氯化钾 Potassium chloride
高量有机肥	I <sub>1</sub>	II <sub>1</sub>	60.7	0.2	0.8	0.2
低量有机肥	I <sub>2</sub>	II <sub>2</sub>	20.2	0.6	3.1	0.4
化肥	I <sub>3</sub>	II <sub>3</sub>	—	0.8	4.2	0.5
无肥	I <sub>4</sub>	II <sub>4</sub>	—	—	—	—

\* 猪粪养分含量: N 0.44%, P 0.37%, K 0.23%。

## 二、结果与讨论

### (一) 有机无机复合与土壤结构的关系

土壤中的有机碳在一定生物气候条件下会达到一个平衡值,但当气候、施肥和耕作制度发生较大变化时,土壤中的有机碳含量也会有升降变化<sup>[8]</sup>。试验条件下,无论是半旱式垄作,还是常规水旱轮作,土壤有机碳都是在不断减少。在常规水旱轮作的各处理中,旱作转为淹水种稻时,土壤有机碳有回升的趋势,但随着时间的推移又逐渐下降,而土壤重组碳的变化趋势则与有机碳的变化相反(图 1),即随着土壤有机碳的减少,重组碳在有机碳中所占的比重不断增加,说明有机碳在转化过程中逐渐参与了土壤的有机无机复合。在两种耕作制下,凡施用有机肥料的处理,土壤有机碳和重组碳都高于施化肥和无肥的处理,并随有机肥用量的增加而增加。半旱式垄作土壤的有机碳和重组碳含量均高于常规水旱轮作,这显示了不同耕作制对土壤有机物质积累的重要影响。

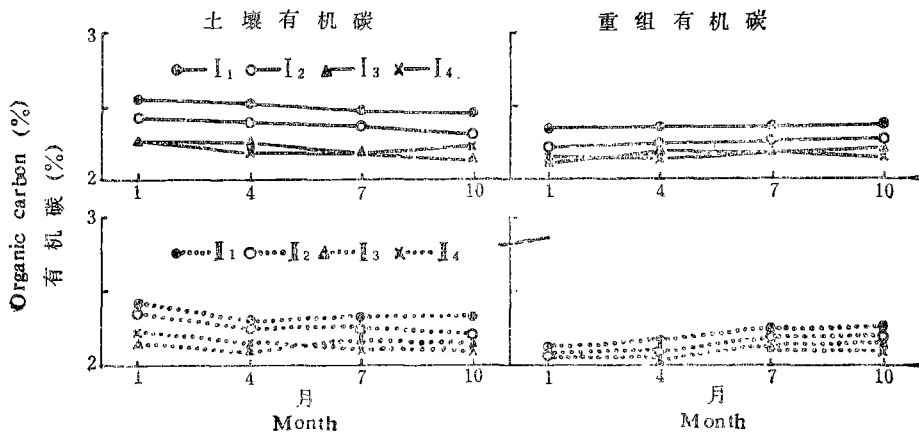


图 1 土壤有机碳和重组碳变化

Fig. 1 Changes in the contents of organic carbon in soil and carbon in heavy fraction

表 2 不同耕作和施肥条件下土壤的复合状况

Table 2 The organo-mineral complexation under different condition of cultivation and fertilization

处理编号 Treatment No.	原土复合量 (%) Complexing quantity				原土复合度 (%) Complexing aegree			
	1月 Jan.	4月 Apr.	7月 July	10月 Oct.	1月 Jan.	4月 Apr.	7月 July	10月 Oct.
I <sub>1</sub>	2.22	2.25	2.21	2.28	87.06	88.98	88.95	91.89
I <sub>2</sub>	2.15	2.18	2.15	2.19	88.84	90.83	91.21	94.59
I <sub>3</sub>	2.04	2.07	2.05	2.13	90.26	90.79	92.79	95.14
I <sub>4</sub>	2.06	2.06	2.04	2.05	91.15	91.56	92.53	95.80
II <sub>1</sub>	2.03	2.08	2.10	2.16	83.88	92.04	90.68	92.94
II <sub>2</sub>	1.99	2.04	2.06	2.07	84.52	92.09	91.49	93.24
II <sub>3</sub>	1.89	1.89	2.01	2.03	86.70	92.45	91.85	93.54
II <sub>4</sub>	1.94	1.97	2.00	1.98	87.78	92.49	91.59	93.84

处理编号 Treatment No.	追加复合量* (%) Additional complexing quantity				追加复合度* (%) Additional complexing degree			
	1月 Jan.	4月 Apr.	7月 July	10月 Oct.	1月 Jan.	4月 Apr.	7月 July	10月 Oct.
I <sub>1</sub>	0.18 0.16	0.11 0.19	0.16 0.17	0.15 0.23	62.07 55.17	35.48 67.86	57.14 60.71	62.50 67.65
I <sub>2</sub>	0.11 0.09	0.04 0.12	0.10 0.11	0.06 0.14	68.75 56.25	25.00 80.00	66.67 73.33	75.00 77.78
I <sub>3</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0
I <sub>4</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0
II <sub>1</sub>	0.14 0.09	0.12 0.11	0.09 0.11	0.13 0.18	58.33 42.86	85.71 84.62	69.23 73.33	81.25 81.82
II <sub>2</sub>	0.10 0.05	0.12 0.07	0.05 0.07	0.04 0.09	55.56 33.33	66.67 58.33	73.33 75.00	80.00 81.82
II <sub>3</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0
II <sub>4</sub>	0	0	0	0	0	0	0	0

\* 分子是化肥处理的,分母是无肥处理。

土壤中参与有机无机复合的有机碳主要是重组碳。姚贤良(1985)通过对太湖地区水稻土的研究表明, > 0.25 毫米水稳性团聚体和 1—0.05 毫米粗微团聚体含量与土壤重组碳有显著的正相关<sup>[3]</sup>。本项研究具有类似的结果, > 1 毫米和 < 1 毫米团聚体的平均重量直径 (MWD) 与土壤重组碳均有较好的正相关 ( $r$  分别为 0.453 和 0.508\*,  $n=16$ )。在 < 1 毫米的各级微团聚体中, 1—0.25 毫米团聚体含量与土壤重组碳具显著正相关 ( $r=0.535*$ ,  $n=16$ ), 而 < 0.25 毫米各级微团聚体则与土壤重组碳具反相关, 这说明土壤重组碳的增加有利于 > 0.25 毫米团聚体的形成和稳定。

土壤有机无机复合状况是研究土壤复合体的一个重要特性, 能反映土壤中有机物质与矿物质相结合的数量和程度。研究结果(表 2)表明, 无论是半旱式垄作还是常规水旱轮作, 施用有机肥料均能提高土壤的原土复合量和降低原土复合度, 这与前人的研究是一致的<sup>[4,9-11]</sup>。但本研究还表明, 原土复合量和原土复合度均是处于变化的, 并都与重组

碳的变化一致,有不断上升的趋势。这表明,重庆中性紫色水稻土无机胶体与有机胶体还有较大的复合潜力。因此,有机肥料的施用是非常必要的。

土壤的原土复合量表示有机物质量与有机无机复合数量的多少,这必然与土壤的团聚状况有关。统计分析表明, $> 1$ 毫米和 $< 1$ 毫米团聚体的 MWD 均与原土复合量呈显著正相关( $r$  分别为 0.595\* 和 0.597\*\*,  $n = 16$ ); 在 $< 1$ 毫米的各级团聚体中,1—0.25 毫米团聚体含量与原土复合量具极显著正相关关系( $r = 0.650$ \*\*,  $n = 16$ ),而 $< 0.25$ 毫米各级微团聚体与原土复合量呈反相关,这和上述团聚体与重组碳的关系是完全一致的。

从表 2 还可以看出,有机肥料的施入能增加土壤有机无机复合的数量。无论是与化肥或无肥处理相比较,有机肥用量高的,追加复合量也高。并且相对于无肥处理而言,施用有机肥料的土壤追加复合量和追加复合度均与 $> 1$ 毫米稳定性团聚体含量呈显著正相关( $r$  分别为 0.571\* 和 0.597\*,  $n = 16$ ),这说明施入有机肥料后所增加的有机碳对提高土壤大团聚体含量是显而易见的。

## (二) 各种结合态腐殖质与土壤结构的关系

结合态腐殖质是土壤中起复合作用的腐殖质,但由于结合方式和松紧程度不一,对土

表 3 不同耕作和施肥条件下土壤结合态腐殖质变化

Table 3 Changes in the combined forms of humus of soil under different conditions of cultivation and fertilization

处理编号 Treatment No.	松结态腐殖质 (I) Loosely combined humus				稳结态腐殖质 (II) Stably combined humus			
	1月 Jan.	4月 Apr.	7月 July	10月 Oct.	1月 Jan.	4月 Apr.	7月 July	10月 Oct.
I <sub>1</sub>	0.91	0.99	0.62	0.64	0.34	0.36	0.24	0.17
I <sub>2</sub>	0.78	0.75	0.59	0.54	0.36	0.32	0.22	0.12
I <sub>3</sub>	0.71	0.67	0.57	0.52	0.32	0.30	0.19	0.08
I <sub>4</sub>	0.75	0.69	0.57	0.46	0.22	0.32	0.17	0.12
II <sub>1</sub>	0.81	0.77	0.62	0.54	0.31	0.30	0.20	0.12
II <sub>2</sub>	0.71	0.74	0.60	0.52	0.31	0.24	0.24	0.13
II <sub>3</sub>	0.67	0.67	0.56	0.47	0.28	0.32	0.22	0.11
II <sub>4</sub>	0.74	0.71	0.54	0.45	0.30	0.29	0.26	0.13
处理编号 Treatment No.	紧结态腐殖质 (III) Tightly combined humus				I/III			
	1月 Jan.	4月 Apr.	7月 July	10月 Oct.	1月 Jan.	4月 Apr.	7月 July	10月 Oct.
I <sub>1</sub>	1.08	0.99	1.49	1.57	0.84	1.00	0.42	0.41
I <sub>2</sub>	1.08	1.19	1.45	1.62	0.72	0.63	0.41	0.33
I <sub>3</sub>	1.07	1.25	1.41	1.62	0.66	0.54	0.40	0.32
I <sub>4</sub>	1.15	1.11	1.43	1.55	0.65	0.62	0.40	0.30
II <sub>1</sub>	0.99	1.07	1.43	1.59	0.82	0.72	0.46	0.34
II <sub>2</sub>	1.05	1.11	1.35	1.51	0.68	0.67	0.44	0.34
II <sub>3</sub>	1.09	1.04	1.36	1.54	0.61	0.64	0.41	0.30
II <sub>4</sub>	0.97	1.03	1.32	1.49	0.76	0.69	0.41	0.30

壤结构状况也就具有不同的影响<sup>[2,4]</sup>。

测定结果表明(表 3),半旱式垄作和常规水旱轮作在不同施肥处理条件下,各种结合态腐殖质均存在一定的差异,并且具有一定的变化规律。各处理中松结态和稳结态腐殖质均是随时间推移而减少,紧结态腐殖质则在增加,因此松/紧比在减小。各施肥处理中,松结态腐殖质数量是以有机肥处理的为最高,并随有机肥用量的增加而增加,以化肥和无肥处理的为最低。一些研究者认为,施用有机物料后土壤的松/紧比值会提高<sup>[11,12]</sup>。本研究结果有一致的趋势,并且还发现,有机肥用量高的,松/紧比值也相应较高,而且随时间推迟而减小。就不同耕作制来看,松结态腐殖质数量是半旱式垄作高于常规水旱轮作,看来半旱式垄作土壤有相对较高的重组碳主要是在于有较高数量的松结态腐殖质。

腐殖质与矿质部分结合的松紧程度不同,对土壤肥力会有不同影响,其中特别是松结态腐殖质,它的活性较大,对于形成良好的土壤结构起着重要作用<sup>[4]</sup>。

研究结果(图 2)表明,1—0.25 毫米稳定性团聚体数量与松结态和稳结态腐殖质含量均具有极显著的正相关,而与紧结态腐殖质呈极显著负相关,>1 毫米团聚体与各种结合态腐殖质也具有类似关系,这不但表明松结态腐殖质有助于稳定性大团聚体的形成,而且

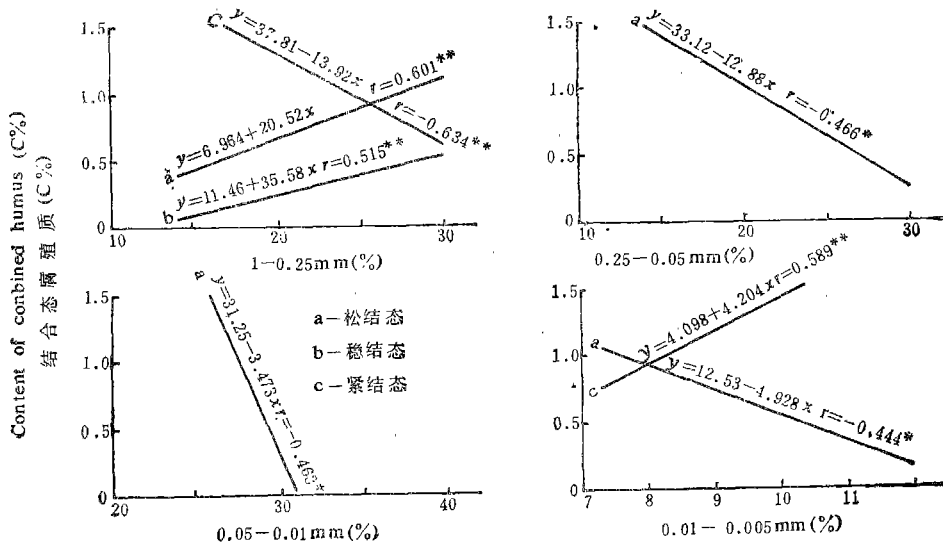


图 2 微团聚体与结合态腐殖质的关系 ( $n = 24$ )

Fig. 2 Correlation between the microaggregates and the combined humus

稳结态腐殖质也具有同样重要的作用;但对于<0.25 毫米各级微团聚体来说,它们与松、稳结态腐殖质具有反相关关系,而与紧结态腐殖质呈正相关,这说明紧结态腐殖质对<0.25 毫米各级微团聚体的稳定有着重要作用,松、稳结态腐殖质与<0.25 毫米各级微团聚体的反相关关系则正是由于借助松、稳结态腐殖质相互团聚成>0.25 毫米团聚体的结果。因此,只有当土壤腐殖质在结合形态和数量上具有适当的比例,才有利于土壤各级团聚体的形成和稳定。至于在一定的土壤环境条件下,怎样的比例才算适当,这还有待深入研究。

## 参 考 文 献

- [1] 熊毅, 1974: 土壤有机无机复合 I. 土粒团聚及有机质在土粒团聚中的作用。土壤农化参考资料, 第 3 期, 1—7 页。
- [2] 武玫玲等, 1981: 有机无机复合对黄棕壤性水稻土结构性的影响。土壤, 第 13 卷 2 期, 47—52 页。
- [3] 姚贤良等, 1985: 关于集约农作制下的土壤结构问题 I. 有机物料及其利用方式对土壤结构的影响。土壤学报, 第 22 卷 3 期, 241—249 页。
- [4] 傅积平, 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—118 页。
- [5] 中国科学院南京土壤研究所土壤物理研究室, 1978: 土壤物理性质测定法。78—85 页, 科学出版社。
- [6] 熊毅等, 1985: 土壤胶体(第二册)。54—67 页, 科学出版社。
- [7] 傅积平、张绍德、褚金海, 1978: 土壤有机无机复合度测定法。土壤肥料, 第 4 期, 40—42 页。
- [8] 林景亮等, 1987: 系统土壤学。124—138 页, 福建科学技术出版社。
- [9] 熊毅, 1982: 有机无机复合与土壤肥力。土壤, 第 14 卷 5 期, 161—167 页。
- [10] 蒋剑敏、刘忠翰、包梅芬, 1984: 砂姜黑土与风化煤的复合。土壤学报, 第 21 卷 4 期, 410—417 页。
- [11] 姜岩、窦森, 1987: 土壤施用有机物料后重组有机质变化规律的探讨。I. 对有机无机复合及腐殖质结合形态的影响。土壤学报, 第 24 卷 2 期, 97—103 页。
- [12] 刘忠翰、蒋剑敏、熊毅, 1984: 稻草、紫云英对土壤复合性质的影响。土壤学报, 第 21 卷 1 期, 10—20 页。
- [13] Emerson, W. W., 1986: Organo-mineral complexes in relation to soil aggregation and structure. Soil Sci. Soc. Amer. J. 52: 1—548.
- [14] Changey, K. et al., 1986: Studies on aggregate stability. I: Re-formation of soil aggregates. J. Soil Sci. 37(2): 329—335.

## CHANGE IN ORGANIC MATTER AND ITS ROLE IN AGGREGATION OF PADDY SOILS UNDER DIFFERENT CROPPING SYSTEMS

Li Yingqiang and Zeng Jueting

(Southwest Agricultural University, 630700)

### Summary

The present paper deals with the change in organic matter and its role in aggregation in the semiarid ridge culture and rotation of paddy rice and upland crops under different fertilization conditions. The results indicated that the contents of organic carbon in soil, carbon in heavy fraction, loosely combined humus and stably combined humus were obviously increased when the pig manure was applied. The amounts of organic carbon, loosely combined humus and stably combined humus in soil were decreased gradually as time went on. On the contrary, the carbon in heavy fraction, the quantity of complexation and the degree of complexation were raised. The semiarid ridge culture was beneficial to the accumulation of organic carbon, carbon in heavy fraction and loosely combined humus. The loosely combined humus and stably combined humus were beneficial to the formation and stabilization of >0.25mm aggregates. The tightly combined humus was important for the stabilization of microaggregation.