

# 不同经营方式对黑土水稳性团聚体组成及微粒有机质积累分布的影响\*

史奕 张璐 陈欣 宇万太

(中国科学院沈阳应用生态研究所 沈阳 110016)

**摘要** 长期定位试验研究松嫩平原典型中厚黑土区水稳性团聚体组成和微粒有机质积累分布规律结果表明,不同培肥模式和耕作制度对水稳性团聚体组成有很大影响,耕地团聚体组成以<1mm水稳性团聚体占绝对优势;微粒有机碳(POM-C)主要存在于水稳性大团聚体中,且其含量随粒级减小而下降,这对维持耕地黑土大团聚体(>0.25mm)水稳性起重要作用。

**关键词** 黑土 水稳性团聚体 微粒有机质 经营方式

**Effect of different management patterns on the fraction of water stable aggregates and accumulation and distribution of particulate organic matter in black soil.** SHI Yi, ZHANG Lu, CHEN Xin, YU Wan-Tai (Institute of Applied Ecology, Chinese Academy of Sciences, Shenyang 110016, China), *CJEA*, 2005, 13(2): 122~124

**Abstract** Rule of accumulation and distribution of particulate organic matter and formation of water stable aggregates were studied by long-term located experiments in the typical black soil region of Songnen Plain. The results show that there are great effects of different fertilization patterns and cultivation systems on the formation of water stable aggregates. <1mm water stable aggregates is the dominance in fraction of water stable aggregates from cultivated land. Particulate organic C exists mostly in the water stable macro-aggregates, its content decreases with the decrease of particulate levels, indicating that particulate organic C plays an important role in maintaining the water stability of aggregates in cultivated black soil.

**Key words** Black soil, Water stable aggregate, Particulate organic matter, Management patterns

(Received Dec. 9, 2003; revised Jan. 27, 2004)

土壤结构性直接影响土壤肥力和农作物生长。Jastrow J. D.<sup>[3]</sup>研究发现,土壤大团聚体中20%积累C是微粒有机质形式, Puget P. 等<sup>[4]</sup>研究证实,作为微生物来源,微粒有机质通过真菌菌丝物理缠绕和胞外多糖胶结,对土壤团聚体稳定起直接作用。目前对土壤团聚体有机碳固定与保护机制的探讨已成为研究土壤有机碳截获的热点<sup>[1]</sup>。本试验研究了不同经营方式对黑土水稳性团聚体组成及微粒有机质积累分布的影响,为改善黑土理化性状及其培肥地力提供理论依据。

## 1 试验材料与方法

供试土壤样品于2001年秋采自中国科学院东北地理与农业生态研究所海伦生态试验站2组长期田间试验地。试验设2组不同经营方式田间小区试验, A组试验始于1985年,为6个施肥处理,即对照区未施肥(CK),代表我国偏远地区移耕农业和原始荒地开垦后最初若干年的农业,农民在经营中未施任何肥料;施循环猪圈肥(I),即每年80%收获产品(籽实及秸秆)喂猪,垫圈制成猪圈肥,于翌年返回本处理,代表20世纪50年代前我国农业传统施肥模式;施N肥(II),代表20世纪50年代化肥N进入我国农业后的施肥模式,曾常见于某些国营农场;施N肥+循环猪圈肥(III),代表施用N肥并保留养分循环再利用的施肥模式,广泛见于20世纪50~60年代我国各主要农区;施N、P肥(IV),代表20世纪60~70年代P肥进入我国农业后一些国营农场的施肥制度;施N、P肥+循环猪圈肥(V),代表20世纪70年代至今我国大多数农区施用N、P化肥的同时保留养分循环再利用的施肥模式。其中化肥施用量N肥为107.2 kg/hm<sup>2</sup>, P肥为18.6

\* 国家重点基础研究(973)发展规划项目(G1999011804)和中国科学院知识创新工程重要方向性项目(KZCX2-SW-416)资助

收稿日期:2003-12-09 改回日期:2004-01-27

kg/hm<sup>2</sup>,小区面积 224m<sup>2</sup>。B 组试验始于 1993 年,为 4 个耕作处理,即深松(I),每年秋季用联合整地机垄底深松;旋松(II),每年秋季用旋耕机旋松起垄 1 次完成;常规垄作(III);组合(IV),即根据种植作物依次进行平翻、深松和旋松循环。作物轮作时大豆、玉米、小麦依次循环,耕作处理每年种植 1 种作物,2001 年种植大豆;施肥处理每年 3 种作物均出现在同 1 处理不同小区中,年际间进行作物轮作循环,A 组和 B 组每处理均为 3 次重复,分 0~10cm 和 10~20cm 2 层取土壤样品,每处理每层取 6 个土样。按文献[2]分析团聚体组成,按文献[5]分析微粒有机质。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同施肥模式对黑土水稳性团聚体组成的影响

由表 1 可知,不同施肥模式 0~10cm 和 10~20cm 土层水稳性团聚体循环猪圈肥处理(I)高于对照,单

表 2 不同耕作方式对黑土水稳性团聚体组成的影响

Tab.2 Effects of different tillage treatments on the composition of water-stable aggregates of black soil

土层/cm Soil depths	处理 Treatments	水稳性团聚体组成/% Composition of water-stable aggregates						>0.25 总 团聚体/% Total aggregates
		粒径/mm Particle diameter						
		>5	5~3	3~2	2~1	1~0.5	0.5~0.25	
0~10	旋松	0.00	0.46	0.68	3.55	17.18	25.05	46.92
	常规	0.39	0.51	0.35	1.94	13.46	26.03	42.68
	深松	0.61	1.08	0.50	2.38	12.03	24.39	40.99
	组合	0.00	0.45	0.49	1.75	10.28	26.46	39.43
10~20	旋松	4.34	3.42	2.86	9.52	22.45	20.00	62.59
	常规	1.27	2.44	2.58	9.96	26.93	21.55	64.73
	深松	1.99	3.07	3.00	9.35	22.78	21.25	61.44
	组合	5.61	4.36	3.61	12.37	26.08	18.57	70.60

93.2%),0.5~0.25mm 粒径占 53.4%~67.1%。因常规耕作表层土壤易受温度和水分条件影响,限制某些生物活性,土壤团聚体经常受到干扰,释放出大团聚体保护的有机质,且释放过程中产生的粗微粒有机质和细微粒有机质成为游离轻组分的一部分,常规耕作加速了该轻组分有机质的分解<sup>[6~8]</sup>。随深度增加有机碳矿化减少,不同耕作方式 10~20cm 土层 <1mm 团聚

表 1 不同施肥模式对黑土水稳性团聚体组成的影响 \*

Tab.1 Effects of different fertilization treatments on the composition of water-stable aggregates of black soil

土层/cm Soil depths	处理 Treatments	水稳性团聚体组成/% Composition of water-stable aggregates						>0.25 总 团聚体/% Total aggregates
		粒径/mm Particle diameter						
		>5	5~3	3~2	2~1	1~0.5	0.5~0.25	
0~10	CK	1.8	0.9	0.7	4.2	16.3	25.8	49.7
	I	1.0	0.6	0.8	5.5	18.6	23.5	50.0
	II	0.6	0.7	0.9	4.0	20.5	20.2	46.9
	III	0.3	0.5	1.1	2.2	16.4	26.5	47.0
	IV	0.4	0.3	0.5	1.9	11.9	25.6	40.6
10~20	CK	6.5	4.9	3.8	12.5	23.4	13.9	65.0
	I	2.9	5.0	4.4	12.3	26.1	16.3	67.0
	II	1.8	2.2	2.6	9.1	25.2	21.0	61.9
	III	2.7	1.5	1.2	5.2	18.1	18.6	47.3
	IV	1.1	3.2	2.1	8.1	24.1	21.2	59.8
	V	1.5	1.9	1.9	7.8	23.6	21.1	57.8

\* 表中数据为去除沙砾的平均值, n = 6, 表 2 同。

施化肥 N 处理(II)和 N 肥与有机肥配施处理(III)均低于对照,且相同施肥模式 >0.5mm 水稳性团聚体含量 10~20cm 土层所有处理均高于 0~10cm 土层同一处理。总体而言不同施肥模式黑土中 <1mm 水稳性团聚体占绝对优势。

### 2.2 不同耕作方式对黑土水稳性团聚体组成的影响

由表 2 可知不同耕作方式 0~10cm 土层 <1mm 团聚体在水稳性团聚体组成中约占 90%,且 4 个耕作处理间差异较小(89.1%~

表 3 不同施肥 0~10cm 土层水稳性团聚体内微粒有机碳含量的变化 \*

Tab.3 Content of particulate organic C in water-stable aggregates from 0 to 10cm top layer soil under different fertilization treatments

处 理 Treatments	微粒有机碳含量/g·kg <sup>-1</sup> Content of particulate organic C						
	粒径/mm Particle diameter						
		5~3	3~2	2~1	1~0.5	0.5~0.25	<0.25
CK		1.80(1.45)	0.58(0.34)	0.41(0.09)	0.47(0.19)	0.39(0.08)	0.28(0.10)
I		1.30(1.50)	0.92(0.82)	0.35(0.19)	0.35(0.10)	0.38(0.12)	0.32(0.13)
II		1.68(1.09)	1.41(0.62)	1.11(0.35)	0.57(0.18)	0.44(0.12)	0.32(0.10)
III		2.12(2.12)	2.36(0.81)	1.10(0.67)	0.57(0.09)	0.43(0.14)	0.27(0.07)
IV		0.62(0.62)	1.39(1.36)	1.35(0.68)	0.71(0.24)	0.56(0.20)	0.41(0.24)
V		1.67(1.67)	0.64(0.33)	0.71(0.47)	0.37(0.09)	0.37(0.11)	0.43(0.24)

\* 括号内为标准差。

体在水稳性团聚体组成中所占比例明显下降(63.2%~75.8%),其中>0.25mm和>0.5mm水稳性团聚体总量明显高于0~10cm土层,但0.5~0.25mm水稳性团聚体所占比例下降。该土层组合和旋松处理大粒径水稳性团聚体比例较高,说明这2个处理10~20cm土层土壤较表层土壤耕作干扰相对较小,但<1mm团聚体在所有耕作处理水稳性团聚体组成中所占比例仍较高,其原因是由于常规耕作使团聚体稳定性降低,大团聚体比例减少,微团聚体比例增加所致<sup>[9]</sup>。

### 2.3 水稳性团聚体内微粒有机质的积累分布

由表3可知,不同施肥条件0~10cm土层不同粒级水稳性团聚体微粒有机碳含量分布不同,最大粒级团聚体(>3mm)微粒有机碳含量最高,随团聚体粒级减少而微粒有机碳含量下降。<0.25mm微团聚体微粒有机碳含量仅为大团聚体的1/7~1/4,与Six J.等<sup>[9]</sup>研究的作物源微粒有机碳含量大团聚体比微团聚体高3~6倍的结果接近。且施N+猪圈肥处理大粒级水稳性团聚体包裹的微粒有机碳含量略高于其他处理。

表4 不同施肥水稳性团聚体内微粒有机碳占总有机碳比例

Tab.4 Percent of POM-C/TOC in water-stable aggregates under different fertilization treatments

处 理 Treatments	微粒有机碳占总有机碳/% Ratio of particulate organic C to total organic C					
	粒径/mm Particle diameter					
	5~3	3~2	2~1	1~0.5	0.5~0.25	<0.25
CK	48.9	14.8	14.4	13.4	10.5	8.9
I	33.9	29.3	11.7	10.6	10.5	10.1
II	42.2	37.4	32.7	15.3	11.6	9.8
III	49.5	60.9	31.2	13.3	11.4	8.3
IV	19.2	38.2	45.9	20.0	14.9	13.2
V	53.3	24.4	18.8	10.8	10.4	13.0

Puget P.等<sup>[4]</sup>证实,微粒有机质作为微生物来源,通过真菌菌丝的物理纠缠和胞外多糖胶结,对团聚体稳定起直接作用。由表4可知不同施肥条件水稳性大团聚体含较多微粒有机质,该有机质大部分为轻组有机质且易分解,表明水稳性大团聚体保护的有机质非

常不稳定。而常规耕作往往通过通气和打碎土壤团聚体,使难以接近的有机质暴露并易受微生物攻击,导致大团聚体组分内养分消耗,使胡敏酸和富啡酸等胶体组分伴随后来的有机组分相对富集在微团聚体中<sup>[9]</sup>。这也说明小粒级团聚体主要靠相对腐殖化程度高的有机质组分维持其稳定性,故相对大团聚体其抗分散能力强,这也是小粒级团聚体占绝对优势的原因所在。

### 3 小 结

土壤有机碳动态变化对农业管理措施的响应与有机质组分活性和相对量密切相关,在有限加入新鲜有机质时施循环猪圈肥处理土壤能保持较高的水稳性团聚体组成比例。常规耕作对土壤干扰作用主要表现在水稳性大团聚体上,这也是耕地小粒级团聚体占绝对优势的根本原因。免耕或保护性耕作可能增加黑土水稳性大团聚体数量,进一步改善土壤结构状况。微粒有机质主要沉积在大团聚体中,对维持耕地黑土团聚体水稳性起重要作用。

### 参 考 文 献

- 1 潘根兴,李恋卿,张旭辉.土壤微团聚体有机碳<sup>13</sup>C同位素的分异.南京农业大学学报,2000,23(1):114~116
- 2 刘光崧.土壤理化分析与剖面描述.北京:中国标准出版社,1996
- 3 Jastrow J.D. Soil aggregate formation and the accrual of particulate and mineral-associated organic matter. Soil Biology Biochemistry, 1996, 28 (4~5):665
- 4 Puget P., Chenu C., Balesdent J. Total young organic matter distributions in aggregate of silty cultivated soils. European J. Soil Sci., 1995, 46:449~459
- 5 Cambardella C. A., Elliott E. T. Particulate soil organic matter across a grassland cultivation sequence. Soil Sci. Soc. Am. J., 1992, 56:776
- 6 Beare M. H., Hendrix P. F., Coleman D. C. Water-stable aggregates and organic matter fractions in conventional and no-tillage soils. Soil Sci. Soc. Am. J., 1994, 58:777~786
- 7 Berae M. H., Hendrix P. F., Coleman D. C. Aggregate-protected and unprotected organic matter pools in conventional and no-tillage soils. Soil Sci. Soc. Am. J., 1994, 58:787~795
- 8 Elliott E. T. Aggregate structure and carbon, nitrogen, and phosphorus in native and cultivated soils. Soil Sci. Soc. Am. J., 1986, 50:627~633
- 9 Six J., Elliott E. T., Paustian K. Aggregate and soil organic matter dynamics under conventional and no-tillage systems. Soil Soc. Sci. Am. J., 1999, 63:1350~1358