

长期施肥对黑土活性有机质的影响

刘颖¹, 周连仁¹, 苗淑杰¹, 刘丽¹, 吴立全²

(1. 东北农业大学 资源与环境学院, 黑龙江 哈尔滨 150030; 2. 塔里木大学 植物科技学院, 新疆 阿拉尔 843300)

摘要: 通过测定长期定位施肥处理条件下, 不同土层土壤各活性有机质的含量, 探讨不同施肥处理对活性有机质的影响。主要有 4 个处理: 不施肥(CK)、单施化肥(NPK)、单施有机肥(M)、有机肥—化肥配施(MNPK)。土壤活性有机质用 KMnO_4 氧化法测定, 采用 3 种浓度 KMnO_4 (33, 167, 333 mmol/L) 将土壤活性有机质分为高活性有机质(HAOM)、中活性有机质(MAOM)和活性有机质(AOM)。试验结果表明, 长期施用有机肥或化肥均能提高土壤活性有机质的含量, 尤其有机肥—化肥配施和单施有机肥对土壤活性有机质积累的作用大于单施化肥和无肥处理。施肥所增加的土壤活性有机质, 主要是在 0—20 cm 土层, 尤其在单施有机肥和有机肥—化肥配施处理上表现明显。施肥与否、施肥种类和不同土层对土壤中的总有机质和活性有机质均有明显影响。3 种活性有机质含量之间都显著或极显著相关, 高活性有机质与中活性有机质、高活性有机质与活性有机质、中活性有机质与活性有机质的相关系数分别为 0.819^{*}, 0.812^{*} 和 1.000^{**}。可见, 三种活性有机质之间, 以活性有机质和中活性有机质的关系最为密切。

关键词: 活性有机质; 长期施肥; 黑土

文献标识码: A

文章编号: 1000—288X(2009)03—0133—04

中图分类号: S153.4

Effects of Long-term Fertilization on Active Organic Matters in Black Soil

LIU Ying¹, ZHOU Lian-ren¹, MIAO Shu-jie¹, LIU Li¹, WU Li-quan²

(1. College of Resources and Environment, Northeast Agricultural University, Harbin, Heilongjiang 150030, China;

2. College of Plant Science and Technology, Tarim University, Alaer, Xinjiang 843300, China)

Abstract: The long-term fertilization experiment was carried out to analyze the effects of long-term fertilization on various active organic matters by determining concentrations of active organic matter in two soil layers (0—20 and 20—40 cm). Four treatments of no fertilizer (CK), single application of chemical fertilizers (NPK), single organic fertilizer (M), and organic and inorganic fertilizer application (MNPK) were arranged. Soil active organic matter was measured with oxidation of three level concentrations of KMnO_4 , namely, 33, 167, and 333 mol/L and thus three fractionations were high active organic matter (HAOM), middle active organic matter (MAOM), and active organic matter (AOM). Results showed that long-term application of organic manure or fertilizer can increase soil organic matter content, especially for organic and chemical fertilizer and single organic fertilizer treatments. Organic matter content in 0—20 cm soil layer was generally higher than that in 20—40 cm soil layer and fertilization caused an increase in organic matter concentration mainly in 0—20 cm soil layer. There were significant differences among fertilization modes, fertilizer types, and soil layers. In addition, there were significant relationships among the various active organic matters. The correlation coefficient for HAOM and MAOM was 0.819^{*}; for HAOM and AOM, 0.812^{*}; and for MAOM and AOM, 1.000^{**}. Accordingly, MAOM and AOM were most closely connected among the three types of organic matter.

Keywords: active organic matter; long-term fertilization; black soil

土壤有机质 (soil organic matter, SOM) 是土壤的重要组成部分, 是植物的养分来源和土壤微生物生命活动的能量来源。长期以来, 人们已经在有机质的

数量方面作了大量的研究工作。但是, SOM 的含量只是一个有机质积累和矿化分解的平衡结果, 不能很好地反映土壤质量的变化和转化速率等。20 世纪

收稿日期: 2008-07-26

修回日期: 2008-11-26

资助项目: 黑土保护性耕作和定向培育技术研究 (GB06B107-1); 东北农业大学创新团队项目 (CXT7003-3-3); 黑龙江省博士后基金 (LBH-Z07229); 黑龙江省高校寒地黑土利用与保护重点实验室开放基金资助项目 (GXS08-5)

作者简介: 刘颖 (1984—), 女 (汉族), 黑龙江齐齐哈尔市人, 硕士, 主要从事土壤碳循环方面的研究。E-mail: lyly16121350@sina.com。

通信作者: 苗淑杰 (1976—), 女 (汉族), 黑龙江讷河市人, 博士, 讲师, 主要从事植物营养与土壤研究。E-mail: miao shujie@126.com。

70—80 年代,人们从有机质的分解转化方面,对有机质分组进行了更深入的研究,提出了土壤活性有机质(active soil organic matter, ASOM)的概念。ASOM 是指土壤中有效性较高,易被土壤微生物分解利用,对植物养分供应有最直接作用的那部分有机质^[1-2],活性有机质是土壤有机质的重要组成部分,主要包括溶解性有机碳、微生物生物量碳、轻组有机质^[3]。在土壤中具有重要作用。

Logninow 等^[4]提出 KMnO_4 氧化法,根据有机质被 3 种不同浓度的 KMnO_4 (33, 167, 333 mmol/L) 氧化的数量,将易氧化有机质分成高活性有机质、中活性有机质、活性有机质 3 个不同的级别。1995 年 Blair 等^[1]采用 KMnO_4 氧化法测定活性有机质,表明这种活性有机质与土壤有效养分如 N, P, K, Ca, Mg, 微量元素等,以及与土壤的物理性状等具有密切的关系,并提出了土壤碳库管理指数(CMI)。Lefroy 和 Lisle^[6]研究发现被 333 mmol/L KMnO_4 氧化的有机质在种植作物时变化最大,因此将能被 333 mmol/L KMnO_4 氧化的有机质称作活性有机质(labile organic matter, LOM),不能被氧化的称作非活性有机质(nonlabile organic matter, NLOM)。与全量有机质

相比,由于 LOM 和 CMI 与土壤有效养分、土壤的物理性状、耕作措施等具有更密切的关系,因而现在正成为土壤质量及土壤管理评价指标^[4-7]。目前,我国对不同土壤碳库研究较多,对土壤活性有机质的研究也比较多^[8],但是对长期定位施肥条件下,土壤中不同活性的有机质研究报道较少。本文研究的主要目的就是通过对不同土层深度,长期不同施肥处理条件下的土壤各活性有机质的含量,探讨不同施肥处理对各活性有机质的影响,为土壤质量评价和合理施肥提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

本研究以黑龙江省农业科学院黑土肥力长期定位监测试验为基础,于 1979 年布设该试验。研究地区地理位置为东经 126°35',北纬 45°40',属松花江二级阶地,成土母质为洪积黄土状黏土,气候属温带大陆性季风气候,年平均气温 3.5℃,年降水量 533 mm,无霜期 135 d。轮作方式:小麦—大豆—玉米。耕作方式:浅耕深松、旋耕深松相结合的耕作制度。供试土壤的理化性质见表 1。

表 1 供试黑土基本理化性状

有机质/ (g · kg ⁻¹)	全氮/ (g · kg ⁻¹)	全磷/ (g · kg ⁻¹)	全钾/ (g · kg ⁻¹)	碱解氮/ (mg · kg ⁻¹)	速效磷/ (mg · kg ⁻¹)	速效钾/ (mg · kg ⁻¹)	pH 值
27.0	1.48	1.07	25.31	149.20	51.00	210.00	7.45

注:表中数据为 1979 年 9 月采集土样测定的结果。

1.2 试验方法

1.2.1 试验设计 小区面积 168 m²,每区 8 垄,30 m 长,70 cm 垄距。设 16 个常量施肥处理,8 个 2 倍量处理。常规施肥量在小麦和玉米上为 N 150 kg/hm²,P₂O₅ 75 kg/hm²,K₂O 75 kg/hm²;在大豆上为 N 75 kg/hm²,P₂O₅ 150 kg/hm²,K₂O 75 kg/hm²。有机肥为纯马粪,每轮作周期施一次,施于玉米茬,按 N 75 kg/hm²(约马粪 18 t/hm²)量施入。

本文主要取其中的 4 个施肥处理:不施肥(CK)、单施化肥(NPK)、单施有机肥(M)、有机肥—化肥混施(MNPK)。前茬作物为小麦,在小麦收获后,2007 年 8 月进行取土,分别取各处理的 0—20 cm(A 层)和 20—40 cm(B 层)土层的土壤样品,每个处理 3 次重复,经风干磨细过筛备用。

1.2.2 测定项目与方法 基础肥力测定:采用常规分析方法^[9]活性有机质测定:高锰酸钾氧化法^[4]。分别采用的 KMnO_4 浓度分别为 33, 167 和 333 mmol/L,由此测定出的 3 组活性有机质分别称其为高活性

有机质、中活性有机质和活性有机质。土壤全量有机质用 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 氧化法测定。

2 结果与分析

2.1 不同施肥处理对活性有机质的影响

从表 2 中可以看出,对于高活性有机质,进行长期不同施肥处理对 A 层土壤高活性有机质的含量有明显的影响,顺序为:M>MNPK>NPK>CK,与对照处理相比,单施有机肥的处理土壤中高活性有机质含量增加了 9.9%,而有机肥—化肥混施的处理增加了 8.6%;对于中活性有机质,单施有机肥和有机肥—化肥混施处理效果高于单施化肥和无肥区,单施有机肥有机质含量高于有机肥—化肥混施;同样活性有机质含量以单施有机肥和有机肥—化肥混施效果最佳,单施化肥有机质含量与对照相差很小。其原因可能是长期单施化肥会破坏土壤的团粒结构,造成土壤黏重板结,降低耕作性能和供肥性能。综上所述,对于表层土壤,单施有机肥和有机肥—化肥混施对于提高各活性

有机质的含量效果最佳。由表 3 可见,B 层土壤单施有机肥和有机肥—化肥混施处理各活性有机质的含量均高于单施化肥和无肥处理,和 A 层变化规律一致。与 A 层稍有不同的是,有机肥—化肥混施处理的高活性有机质的含量高于单施有机肥处理。

总之,无论是 A 层还是 B 层,各施肥处理土壤活性有机质均表现为 $M > MNPK > NPK > CK$ 。这是因为化肥的营养含量高,肥效快,但养分单一,持续时

间短;有机肥养分齐全,肥效持久,可改良土壤,培肥地力。二者混用,可取长补短,全面持续供给作物生长所需养分,促进作物健壮生长,提高产量。有机肥是微生物生活的能源,化肥是微生物生长的无机营养,二者混用促进微生物活动,进而促进有机肥的分解,而单施有机肥处理土壤微生物所需的无机营养相对缺乏,因此有机肥—化肥混施处理有机质含量略低于单施有机肥的处理。

表 2 A 土层不同处理各活性有机质含量

g/kg

处理	高活性	显著性		中活性	显著性		活性	显著性	
		= 0.05	= 0.01		= 0.05	= 0.01		= 0.05	= 0.01
CK	2.32	a	A	7.07	a	A	7.10	a	A
NPK	2.46	a	A	7.26	a	A	7.30	a	A
MNPK	2.52	a	A	8.10	b	B	8.13	b	B
M	2.55	a	A	9.26	c	C	9.40	c	C

注:CK 为不施肥; NPK 为单施化肥; M 为单施有机肥; MNPK 为有机肥与化肥配施,带有不同小写字母表示 5% 水平上差异显著,带有不同大写字母表示 1% 水平上差异显著;下同。

表 3 B 土层不同处理各活性有机质含量

g/kg

B 土层	高活性有机质		中活性有机质		活性有机质	
	含量	显著性(= 0.05)	含量	显著性(= 0.05)	含量	显著性(= 0.05)
CK	2.26	a	6.89	a	6.91	a
NPK	2.31	a	6.91	a	7.01	a
MNPK	2.83	b	7.21	ab	7.24	ab
M	2.49	ab	7.43	b	7.48	b

2.2 不同土层施肥对活性有机质含量的影响

长期施肥处理对各土层不同活性有机质含量的影响见表 2—3。从表中可以看出,对于高活性有机质,A 土层各处理只有有机肥—化肥混施高活性有机质含量低于 B 土层,其余都高于 B 土层,含量相差不明显。对于中活性有机质,A 土层各处理都高于 B 土层,单施有机肥处理中活性有机质含量 A 土层相对于 B 土层提高了 24.6%,有机肥—化肥混施处理中活性有机质含量 A 土层相对于 B 土层提高了 15.4%,单施有机肥和有机肥—化肥混施中活性有机质在 A 土层的含量相对于 B 土层表现出了显著的提高;对于活性有机质,A 土层各处理活性有机质含量都高于 B 土层,单施有机肥和有机肥—化肥混施活性有机质在 A 土层的含量显著高于 B 土层,单施有机肥活性有机质含量 A 土层相对于 B 土层提高了 25.7%,有机肥—化肥混施活性有机质含量 A 土层相对于 B 土层提高了 12.3%。从 A 土层和 B 土层的理化性质上可以看出,A 土层的养分含量都高于 B 土层。其原因可能是作物残体多集中于地表,也就是 A 土层,A 土层属于耕作层,所以 A

土层各处理不同活性有机质含量普遍高于 B 土层。表层土 A 作为耕作层,输入的有机物其分解转化主要在该层发生。因而,不同施肥处理对该层土壤有机质含量的影响十分明显。

2.3 施肥对土壤碳组分的影响

不同施肥处理明显影响土壤中总有机质含量,同时不同活度有机质各处理间也有着明显的不同(图 1)。与对照 CK 相比,A 土层单施化肥,单施有机肥,有机肥—化肥混施总有机质和活性有机质含量分别增加 1.87, 0.20 g/kg; 8.48, 2.30 g/kg; 7.35, 1.03 g/kg; B 土层单施化肥,单施有机肥,有机肥—化肥混施总有机质和活性有机质含量分别增加 2.01, 0.10 g/kg; 3.30, 0.57 g/kg; 2.19, 0.33 g/kg。可以看出无论采用哪一种施肥处理,土壤有机质含量均有所提高,说明施用不同种类肥料对有机质的调节有重要作用,特别是单施有机肥和有机肥—化肥混施总有机质和活性有机质含量提高显著,效果更明显,表明不同施肥种类对土壤活性有机质也有明显影响。从图 1 可以看出不同施肥处理 A 土层总有机质和活性有机质含量变化比 B 土层明显。

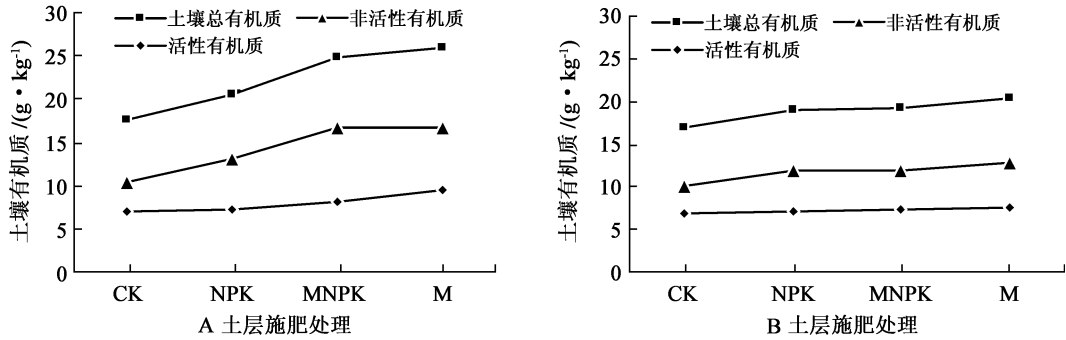


图 1 施肥对 A,B 层土壤各活性有机质含量的影响

2.4 长期施肥土壤不同活性有机质与总有机质的相关性分析

长期定位施肥处理后,将土壤中总有机质和各种活性有机质含量进行相关分析(表 4)。结果表明,这 3 种活性有机质之间都显著或极显著相关,相关系数分别为高活性有机质与中活性有机质 0.819,高活性有机质与活性有机质 0.812,中活性有机质与活性有机质 1.000。可见,三种活性有机质之间,以活性有机质和中活性有机质的关系最为密切。总有机质与 3 种活性有机质无显著或极显著的相关性。这 3 种活性有机质和总有机质的相关性说明,活性有机质虽然是总有机质的一部分,但是它又区别于总有机质。

表 4 土壤活性有机质与总有机质的相关性分析(A 土层)

各活性有机质	高活性	中活性	活性	总有机质
高活性	1			
中活性	0.819 *	1		
活性	0.812 *	1.000 **	1	
总有机质	0.735	0.591	0.600	1

注: *表示在 0.05 水平上相关性显著(n=4); **表示在 0.01 水平上相关性显著(n=4)。

3 结论

长期施用有机肥或化肥均能提高土壤活性有机质的含量,有机肥—化肥配施和单施有机肥对土壤活性有机质的积累作用大于单施化肥和无肥区,相对于无肥区平均提高了 4.6%~32.4%,单施有机肥和有机肥—化肥混施对于提高各活性有机质的含量效果最佳,0—20 cm 土层表现更显著。0—20 cm 土层不同活性有机质含量普遍高于 20—40 cm 土层,说明活性有机质在上层积累的比较多,施肥所增加的土壤活性有机质,主要是在 0—20 cm 土层,在单施有机肥和有机肥—化肥配施处理上表现明显。

施肥与否及施肥种类对不同土层中总有机质和活性有机质有明显影响。特别是有机肥—化肥混施

和单施有机肥非常有助于土壤活性有机质含量的增加,中活性有机质含量和活性有机质含量表现更为突出,在与无肥区的多重比较中表现极显著性。3 种活性有机质的相关分析表明,3 种活性有机质之间都呈显著或极显著相关,以活性有机质和中活性有机质的相关性最为显著。为保持黑土肥力的可持续利用和提高土壤有机质的活性,推荐在农业生产过程中增加有机肥的配合施用。

[参 考 文 献]

- [1] Blair G J , Lefroy R D B , Lisle L . Soil carbon fractions based on their degree of oxidation and the development of a carbon management index for agricultural systems [J]. Australian. J. Agric Res, 1995, 46 : 1459-1466.
- [2] Janzen H H . Soil organic matter characteristics after long term cropping to various spring wheat rotations [J]. Canadian. J. Soil Sci . , 1987 , 67 : 845-856.
- [3] Gregorich E G , Carter M R , Angers D A , et al . Towards a minimum data set to assess soil organic matter quality in agricultural soils [J]. Can. J. Soil Sci . , 1994 , 74: 376-385.
- [4] Logniniow W , Wisniewski W , Strong WM , et al . Fractionation of organic carbon based on susceptibility to oxidation [J] . Polish. J. Soil Sci . , 1987 , 20 : 47-52.
- [5] Jenkinson D S , Rayner J H . The turnover of soil organic matter in some of the Rothamsted classical experiments [J]. Soil Science , 1977 , 123 : 298-305.
- [6] Lefroy R D B , Blair G J . Changes in soil organic matter with cropping as measured by organic carbon fractions and ¹³C natural isotope abundance [J] . Plant and Soil , 1993 : 155-156 , 399-402.
- [7] 徐明岗,于荣,王伯仁.土壤活性有机质的研究进展[J].土壤肥料,2000(6):3-7.
- [8] 张付申.不同施肥处理对姜土和黄绵土有机质氧化稳定性的影响[J].河南农业大学学报,1996,30(1):80-84.
- [9] 南京农业大学.土壤农化分析[M].北京:农业出版社,1981:213-216.