

黑土长期定位原状土搬迁对土壤腐殖质结合形态的影响

匡恩俊,迟凤琴,宿庆瑞,张久明,蔡姗姗,周宝库

(黑龙江省农业科学院 土壤肥料与环境资源研究所/黑龙江省土壤环境与植物营养重点实验室/黑龙江省肥料工程技术研究中心,黑龙江 哈尔滨 150086)

摘要:为了明确遭到环境和土体变化时土壤腐殖质的变化情况,调查了黑土长期定位试验站原状土搬迁前(2008年)和搬迁后(2013年)4个典型处理(马粪+氮磷钾、马粪、氮磷钾、不施肥)的腐殖质结合形态的变化。结果表明:有机碳与重组碳呈极显著正相关,各处理间的规律表现为马粪+氮磷钾>氮磷钾>马粪>不施肥,搬迁前后规律一致。各处理的原土复合量高低顺序为马粪+氮磷钾>马粪>氮磷钾>不施肥;原土复合度高低顺序为马粪+氮磷钾<马粪<氮磷钾<不施肥。搬迁后各处理原土复合量和原土复合度均有降低的趋势,变化幅度以马粪+氮磷钾处理最大。对比各处理搬迁前后松结态腐殖质相对含量变化不大,主要表现在稳结态腐殖质的降低和紧结态腐殖质的升高上,以马粪+氮磷钾处理的变异幅度最小,为0.2%~2.5%,马粪处理的变异幅度次之4.5%~6.0%,不施肥处理变异幅度最大为10.5%~20.0%。说明长期合理施肥,特别是有机无机肥配合施用,不仅能够活化土壤腐殖质,同时,还能在土壤遭到环境及土体变化时,提升增加土壤对外界环境的缓冲能力。

关键词:土壤搬迁;黑土长期定位;结合态腐殖质

中图分类号:S153.622 文献标识码:A 文章编号:1002-2767(2015)06-0035-04 DOI:10.11942/j.issn1002-2767.2015.06.0035

土壤有机质是土壤的重要组成成分^[1],是衡量土壤肥力的重要指标^[2]。腐殖质是有机质的重要组成部分之一,它影响着土壤的理化性质和生物学特性。土壤腐殖质因其结合矿质颗粒的松紧不相同,划分为松、稳、紧3种结合态腐殖质^[3],在土壤中的肥力作用也不尽相同^[4]。松结态腐殖质在3种结合态中性质最为活跃,活性大、易分解,在调节土壤肥力的作用中贡献最大^[5]。紧结态腐殖质与土壤矿质颗粒的结合作用最强,其稳定性最高,而稳结态腐殖质的稳定性则介于松结态和稳结态腐殖质之间^[4]。松/紧比值标志着腐殖质活性的高低,是衡量腐殖质品质的重要指标。张付申^[6]研究表明,长期施用有机肥或者有机无机配合可提高土壤腐殖质的松/紧比值;单施化肥松/紧比值降低。史吉平^[7]研究结果表明,有机无机配施能提高3种土壤松/紧结态腐殖质的比值。

利用长期定位试验研究腐殖质是最基本、最有效的方法。然而对于长期定位试验站搬迁后土壤腐殖质的影响研究少有报道。本文在长期定位施肥试验地原状土搬迁的基础上,对搬迁前后黑土不同结合形态的腐殖质进行了研究,揭示土壤搬迁前后的数据衔接性,为长期定位试验地原土搬迁提供可行性的依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

农业部哈尔滨黑土生态环境重点野外科学观测试验站始建于1979年,土壤类型为黑土,是东北黑土区坚持时间最长的肥料长期定位监测试验。由于城市扩展的规划,于2010年12月18日至2011年3月15日采用原状土冻土整体搬迁,保持土壤原貌和原结构不被破坏。搬迁新址为哈尔滨市民主乡,与原试验地直线距离40 km,其气候条件、成土母质、地下水位、土壤理化性质与原址基本一致。

1.2 材料

供试材料为采集农业部哈尔滨黑土生态环境重点野外科学观测试验站搬迁前后的土样。

1.3 方法

1.3.1 试验设计 选取搬迁前(2008年)和搬迁

收稿日期:2015-01-27

基金项目:国家自然科学基金资助项目(41171244);黑龙江省自然科学基金资助项目(ZD201113)

第一作者简介:匡恩俊(1982-),黑龙江省海林市人,女,硕士,助理研究员,从事土壤肥力研究。E-mail: kuangen-jun2002@163.com。

通讯作者:迟凤琴(1963-),女,博士,研究员,从事土壤肥力研究。

后(2013年)的4个典型定位试验处理(不施肥(CK)、马粪(M)、氮磷钾(NPK)、马粪+氮磷钾(MNPK))进行样品采集,取样深度为0~20 cm,3次重复。2008年种大豆,品种为黑农55,2013年种小麦,品种为龙辐麦20。

表1 不同作物施肥用量

Table 1 The fertilization amount for crops

作物 Crop	N/ (kg·hm ⁻²)	P ₂ O ₅ / (kg·hm ⁻²)	K ₂ O/ (kg·hm ⁻²)	马粪/ (t·hm ⁻²)
小麦 Wheat	150	75	75	
大豆 Soybean	75	150	75	

1.3.2 测定项目及方法 土壤重组分离采用相对密度分组法;结合态腐殖质分组测定采用熊毅-傅积平改进法^[3];固体有机碳及提取液中有机碳采用 TOC 仪器(Multi N/C 2100S)测定^[4];土壤有机质采用重铬酸钾外加热法;碱解氮采用碱解扩散法;速效磷采用 NaHCO₃ 浸提-钼锑抗比色法;速效钾采用 NH₄OA_c 浸提-火焰光度法^[5]。

土壤有机无机复合度的计算方法:

原土复合量(SQC)=HC×HW/SW

原土复合度(SDC)(%)=SQC/SC×100

追加复合量(QAC)=MQC-SQC

追加复合度(DAC)(%)=QAC/(MC-SC)×100

式中:HC 为重组有机碳含量,g·kg⁻¹; HW 为重组碳质量,g; SW 为原土壤质量,g; SC 原土壤有机碳含量,g·kg⁻¹; MQC 为施用有机物料土壤的复合量;MC 为施用有机物料土壤的有机碳含量,g·kg⁻¹。

1.3.3 数据分析 数据计算与处理采用 Microsoft Excel 2007 和 SPSS17.0 分析软件。

2 结果与分析

2.1 土壤搬迁对土壤有机碳及重组有机碳数量的影响

由表2看出,在土壤搬迁之前,各处理中有机碳含量为14.19~16.04 g·kg⁻¹,重组有机碳含量在13.45~14.98 g·kg⁻¹,各处理间均以 MNPK 含量最高。搬迁后土壤有机碳含量在13.17~15.07 g·kg⁻¹,重组有机碳含量在12.26~13.46 g·kg⁻¹,均以 MNPK 含量最高。土壤有机碳和重组有机碳均略低于搬迁之前。但土壤有机碳及重组有机碳在各处理间的规律不变,仍然表现为 MNPK>M>NPK>CK。

土壤搬迁前土壤有机碳含量与重组碳含量之

间呈极显著正相关关系($y=0.592x+4.035$, $r_{0.01}=0.998$, $n=4$),搬迁后二者依然呈现极显著正相关关系(2013年: $y=0.568x+4.678$, $r_{0.01}=0.926$, $n=4$)。这种相关关系说明土壤中有机物质的转化作用较好,土壤中的有机物在转化的过程中逐渐参与了有机无机的复合^[8]。

表2 土壤搬迁前后有机碳及重组碳的变化

Table 2 The change of organic carbon content in soil and heavy fraction under the soil removal

处理 Treatments		土壤有机碳/ (g·kg ⁻¹) Soil organic carbon	重组有机碳/ (g·kg ⁻¹) Organic carbon in heavy fraction
搬迁前 Before removal	CK	14.19±0.30	13.45±0.06
	NPK	15.02±0.42	14.08±0.12
	M	15.53±0.37	14.66±0.19
	MNPK	16.04±0.12	14.98±0.12
搬迁后 After removal	CK	13.17±0.14	12.26±0.06
	NPK	14.39±0.22	12.67±0.08
	M	14.63±0.10	12.87±0.12
	MNPK	15.07±0.12	13.46±0.34

2.2 土壤搬迁对不同结合形态腐殖质相对含量的影响

从3种结合态腐殖质的相对含量来看(见图1),黑土中松结态腐殖质比例最大,为41.5%~60.9%(见图1a);紧结态次之,为19.5%~46.9%(见图1c);稳结态含量最少,仅为4.71%~15.22%(见图1b)。4个处理松结态以 MNPK 相对含量最高,比对照高出8.2~18.1百分点,其次是 M 处理,比对照高4.2~10.4百分点。各处理稳结态腐殖质搬迁后含量比搬迁前有所降低,其中以 CK 处理下降最大,为10.51百分点, MNPK 处理降低最少为2.6百分点, M 处理下降了6百分点。各处理紧结态腐殖质与其它形态均不同,搬迁后含量比搬迁前有上升的趋势,其中以 CK 增加最多为2百分点, MNPK 处理表现为不增加。

2.3 长期施肥对黑土有机无机复合度的影响

由表3可知,各处理的原土复合量高低顺序为 MNPK>M>NPK>CK;原土复合度高低顺序为 MNPK<NPK<M<CK。与对照(CK)相比,3个施肥处理的原土复合量增加了4.1%~10.5%,原土复合度平均降低了1.3%~4.1%。搬迁后各处理原土复合量和原土复合度有降低的趋势,变化幅度以 MNPK 处理最大。

表 3 搬迁后不同施肥处理黑土有机无机复合度的变化

Table 3 The change of organo-mineral complexation under different fertilizer treatments

处理 Treatments		原土复合量/(g·kg ⁻¹) SQC	原土复合度/% SDC	追加复合量/(g·kg ⁻¹) QAC	追加复合度/% DAC
搬迁前 Before removal	CK	12.80±0.05	90.20±1.80		
	NPK	13.32±0.13	88.68±1.62		
	M	13.81±0.21	88.92±1.17	1.01	75.37
	MNPK	14.14±0.08	88.15±0.32	1.34	72.43
搬迁后 After removal	CK	11.48±0.15	87.17±1.57		
	NPK	12.11±0.14	84.16±1.22		
	M	12.30±0.12	84.07±1.18	0.92	63.01
	MNPK	12.52±0.34	83.08±2.69	1.04	54.74

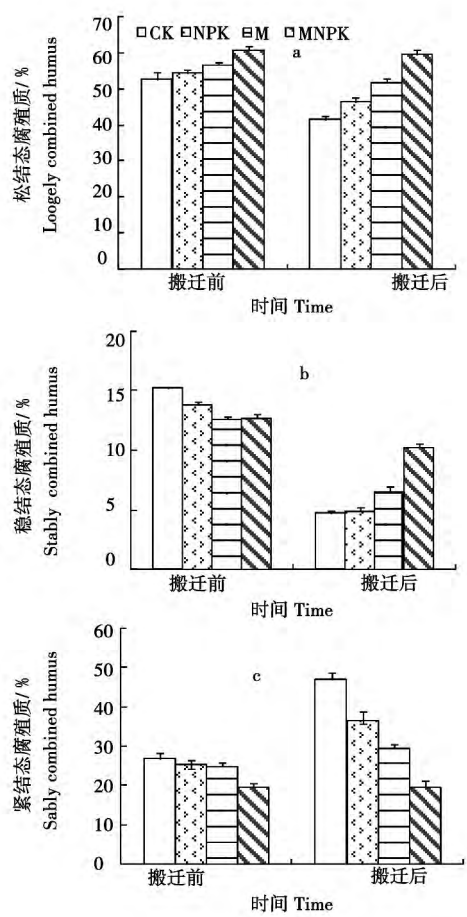


图 1 各处理不同结合态腐殖质的相对含量

Fig.1 The relative amount of different combined forms of humus under different fertilizer treatments

3 讨论与结论

把土壤有机碳按比重进行分组,可以得到重组和轻组有机碳。重组有机碳由有机碳与矿物复合组成,其密度较大,难以被分解利用,是土壤腐殖质的重要组成^[9]。土壤搬迁前后 4 个处理有机碳及重组有机碳的规律均为马粪+氮磷钾>马

粪>氮磷钾>不施肥,变化幅度较小,土壤总有机碳和重组有机碳的含量变化可能属于年际间正常波动,与气候、作物轮作及施肥不同有关。搬迁前后重组有机碳与土壤总有机碳间均呈极显著的正相关关系,土壤搬迁对总有机碳及重组有机碳的影响不大。

不同形态腐殖质的相对含量即为占土壤有机碳含量的百分比,松结合态腐殖质在土壤结合态腐殖质中是最新鲜的组分,其活性也最高,而紧结合态腐殖质难以被分解利用,不易被植物所吸收。史吉平^[7]对 3 种土壤结合态腐殖质的研究结果表明,氮磷钾、马粪、马粪+氮磷钾 3 个处理均相应提高了松结合态腐殖质碳在土壤中的相对含量,降低了土壤紧结合态腐殖质碳的相对含量,而对土壤中稳结合态腐殖质碳相对含量的影响不明显。在本试验中,各处理松结合态腐殖质搬迁前后相对含量变化不大,主要表现在稳结合态腐殖质的降低和紧结合态腐殖质的升高上,以马粪+氮磷钾处理的变异幅度最小为 0.2%~2.5%,马粪处理的变异幅度次之,为 4.5%~6.0%,CK 处理变异幅度最大,为 10.5%~20.0%。说明长期合理施肥,特别是有机无机肥配合施用,不仅能够活化土壤腐殖质,提高腐殖质的品质,达到提高土壤肥力的作用,同时,还能在土壤遭到环境及土体变化时,增加土壤对外界环境的缓冲能力。

土壤中有机质与矿物颗粒的复合的数量及状况以原土复合量和原土复合度作为表征。土壤有机碳占土壤质量的百分数为原土复合量,复合有机碳占土壤有机碳的百分数为原土复合度。土壤中施用有机物料所产生的追加复合量是指通过有机物料增加的复合有机碳在土壤质量中的百分比,而有机物料所带来的复合有机碳在土壤有机碳中的相对含量则为追加复合度。

张电学^[12]研究表明,单施化肥短期内可使黑土原土复合量趋于增加,长期施用会使原土复合

量趋于降低,长期配施有机无机肥可提高土壤复合量。也有研究表明,土壤原土复合度的提高在一定程度上表征着新鲜有机碳的减少,土壤趋于老化^[10-11]。本试验中搬迁后各处理原土复合量和原土复合度均呈现下降趋势,其原因可能是因为土壤搬迁后周边环境的影响波动,或者说在新环境下更有利于激发土壤中某些微生物的活性,促进土壤形成新的团聚体,从而提高土地的养分调控能力,还需进一步证实。原土复合量与土壤有机碳及土壤重组碳含量呈极显著正相关关系($y=0.999x+1.931$, $r_{0.01}=0.929$, $n=8$; $y=0.789x+1.785$, $r_{0.01}=0.987$, $n=8$),这与刘淑霞^[8]等研究结果一致,反映出土壤中的有机物质复合程度很高,大部分的有机质都与无机胶体相结合,组成了有机无机物质的复合体。而本试验中原土复合度与土壤有机碳及重组有机碳含量之间未呈显著相关关系,可能与年际间气候、作物不同影响了土壤复合状况有关。

土壤追加复合量及追加复合度是衡量有机物料的加入对土壤肥力改善程度的重要指标,表征着土壤保肥能力的增强。本试验中马粪+氮磷钾处理的追加复合量大于马粪处理,追加复合度小于马粪处理,这与两处理的原土复合量及复合度差异趋势相同,表明施用有机肥促进了土壤有机质的积累和转化,有机无机肥配施对土壤有机无机复合状况的调控优于单施有机肥。搬迁前马粪+氮磷钾处理的追加复合量大于马粪处理,追加复合度小于马粪处理;搬迁后处理间的规律没有变化。李建明等人的研究表明,土壤追加复合度随着种植年限的增加趋于增加,可能是由于非

复合碳比复合体中的碳分解快造成的^[9]。

综合上述分析,搬迁前后土壤腐殖质的结合形态有不同程度的变化,虽然其变化不一定是土壤搬迁的变化引起的,但是在某种程度上说,施有机肥的处理(马粪、马粪+氮磷钾)对环境的变化影响较小,或者说增加了土壤的缓冲能力。

参考文献:

- [1] Schnitzer M. Soil organic matter the next 75 years. *Soil Science*, 1991, 151(1): 41-58.
- [2] Doran J W, Safley M. Defining and assessing soil health and sustainable productivity[M]//Gupte V V S R, Pankhurst C, Doube B M. Biological indicators of soil health. New York: CAB international, 1997.
- [3] 傅积平. 土壤结合态腐殖质分组测定[J]. 土壤通报, 1983(2): 36-371.
- [4] 熊毅. 有机无机复合与土壤肥力[J]. 土壤, 1982(5): 161-1671.
- [5] Richards A F, Dalal R C. Soil carbon turnover and sequestration in native Subtropical tree plantations[J]. *Soil Biology and Biochemistry*, 2007, 39(8): 2078-2090.
- [6] 张付申. 长期施肥条件下黄绵土腐殖质结合形态及其与肥力关系的研究[C]. 中国土壤学会、中国植物营养与肥料学会青年工作委员会编. 中国农业出版社, 1997, 133-137.
- [7] 史吉平, 张夫道, 林葆. 长期定位施肥对土壤腐殖质结合形态的影响[J]. 土壤肥料, 2002(6): 9-11.
- [8] 刘淑霞, 王宇, 周平, 等. 不同施肥对黑土有机无机复合及腐殖质结合形态的影响[J]. 南京农业大学学报, 2008, 31(2): 76-80.
- [9] 李建明, 吴景贵, 王利辉. 不同有机物料对黑土腐殖质结合形态影响差异性的研究[J]. 农业环境科学学报, 2011, 30(8): 1608-1615.
- [10] Richards A E, Dalal R C, Schmidt S. Soil carbon turnover and sequestration in native subtropical tree plantations[J]. *Soil Biology and Biochemistry*, 2009, 39(8): 2078-2090.
- [11] Slepitiene A, Slepetyts J. Status of humus in soil under various long-term tillage systems[J]. *Geoderma*, 2005, 127: 207-215.
- [12] 张电学, 韩志卿, 王秋兵. 不同施肥制度下褐土结合态腐殖质动态变化[J]. 沈阳农业大学学报, 2006, 37(4): 597-601.

Effect on Combined Forms of Soil Humus in Black Soil Under the Soil Removal on Long-term Fertilization Located Experiment

KUANG En-jun, CHI Feng-qin, SU Qing-rui, ZHANG Jiu-ming, CAI Shan-shan, ZHOU Bao-ku
(Institute of Soil Fertilizer and Environment Resource, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences/The Key Laboratory of Soil Environment and Plant Nutrition of Heilongjiang Province/Heilongjiang Fertilizer Engineering Research Center, Harbin, Heilongjiang 150086)

Abstract: In order to ascertain the change of soil humus when the changes of environment and soil mass, the change of the contents of humus in black soil under the soil removal were studied on the basis of the soil removal of long-term located experiment field. The results showed that the content of soil organic carbon and organic carbon in heavy fraction had significantly positive correlation, and had the same trend before and after the soil removal, the trend of treatments was MNPK>M>NPK>CK. The soil complex amount of treatments was MNPK>NPK>M>CK, soil complex degree was just the opposite trend. The soil complex amount and soil complex disagree was lower after soil removal. The form of soil humus mainly took on the decreasing of loosely combined humus and the increasing of tightly combined humus. The treatment of MNPK had the smallest variation of 0.2%~2.5%, M treatment had smaller variation of 4.5%~6.0%, the CK treatment of 10.5%~20.0%. It showed that long term rational fertilization, especially organic and inorganic fertilizer could not only activate the soil humus, at the same time, increase the buffer capacity of itself when environment change.

Keywords: soil removal; black soil long-term fertilization; combined forms of humus