

黑土长期定位原状土壤搬迁对土壤物理性质的影响

迟凤琴¹, 孙 炜², 匡恩俊¹, 张久明¹, 宿庆瑞¹, 周宝库¹, 张凤彬³

(1. 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; 2. 黑龙江省沈阳军区嫩江农业副业基地, 黑龙江 嫩江 161400; 3. 黑龙江省土肥管理站, 黑龙江 哈尔滨 150090)

摘要:为了明确土壤搬迁的环境变化和土壤移动对土壤物理性质产生的影响,选择长期定位施肥试验中的4个代表性处理(CK、NPK、MNPK、M)调查其土壤容重、水分、孔隙度和三相比等指标。结果表明:原状冻土搬迁的扰动对土壤物理性质有一定的影响,其对表层0~20 cm土层的影响大于21~40 cm土层土壤。不同处理间的横向比较,M、NPK、MNPK处理搬迁后0~20 cm土层的土壤孔隙度均高于搬迁前;而21~40 cm土层表现为搬迁后低于搬迁前,平均低11.8%;土壤孔隙度搬迁前后的变异系数分别为2.3%~5.9%和0.6%~1.7%,搬迁后土壤孔隙度的变异系数比搬迁前有所降低。土壤三相率在搬迁后各处理0~20 cm土层固相率普遍减少,21~40 cm固相率增加、水分减少;土壤容重搬迁前及搬迁后的变异系数为1.7%~7.2%及1.5%~17.1%。CK处理搬迁前的田间持水量处于众多处理的最低水平,为28.7%,搬迁后为44.3%,其它处理搬迁后为35%~45%,以M和MNPK处理较高,有机肥与化肥配合施用能够提高土壤对水分的保蓄作用。土壤含水率搬迁前0~60 cm随着土层深度的增加土壤含水率降低,搬迁后的土壤与当地的土壤能够较好地融合。

关键词:长期定位施肥;原状土壤搬迁;物理性质;三相率;土壤容重;孔隙度;田间持水量;土壤含水率

中图分类号:S152.5

文献标识码:A

文章编号:1002-2767(2014)06-0030-05

黑龙江省的“黑土肥力长期定位监测试验”始建于1979年,2005年被农业部命名为农业部哈尔滨黑土生态环境重点野外科学观测试验站。黑土肥力长期定位试验面积大,最接近生产实际,是东北黑土区坚持时间最长的肥料长期定位监测试验,所监测的作物产量、品质、环境因子、土壤养分和肥力因素等资料完整延续,已经形成了对生产具有指导作用以及发展和丰富土壤学科作用的野外台站,为东北黑土保护及合理开发利用等做出了重要贡献。

随着城市化进程的不断推进,按照哈尔滨市的总体规划,农业部哈尔滨黑土生态环境重点野外科学观测试验站所在地将要变成建设用地和修建道路。因此,为了保护长期定位试验资源,以保持试验数据的完整性和连续性,丰富我国土壤科学,农业部哈尔滨黑土生态环境重点野外科学观测试验站进行了原状土冻土整体搬迁。搬迁新址

为哈尔滨市民主乡,距离原址40 km,是黑龙江省现代农业园区,其气候条件、成土母质、地下水位及土壤理化性质均与原址基本一致,适合作为农业部哈尔滨黑土生态环境重点野外科学观测试验站新址。

该研究已经充分考虑了土壤环境变化对土壤性质产生的影响,拟开展黑土肥力长期定位试验搬迁对土壤物理性质的影响,在理论上可以丰富黑土长期定位试验肥力演变特征及其机制,也为其它长期定位试验搬迁方法的建立、搬迁的科学评价及其土壤持续利用管理提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 土壤搬迁方法

农业部哈尔滨黑土生态环境重点野外科学观测试验站采用原状土冻土整体搬迁的方法,此法及后续研究在国内外还没有先例。为保证最大程度保持土壤原貌和原结构不被破坏,黑土肥力长期定位监测试验采用了原状土冻土整体搬迁方法,选择在冬季-15℃以下,将土壤分成若干个土方(1.0 m×1.0 m×1.1 m=1.1 m³),对各个土方进行编码,通过专用车辆运输,到达黑龙江省现代农业示范区(民主乡)后按照对应位置放置,实现无缝对接归位,最大限度复原土壤特性,使搬迁

收稿日期:2014-03-05

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:迟凤琴(1963-),女,黑龙江省勃利县人,博士,研究员,从事土壤肥力研究。E-mail: fqchi2013@163.com。

土壤的空间位置和方向与原来的土壤保持一致,并在搬迁过程中用木质用具,减少对土壤的污染。

1.2 试验设计

选定黑土长期定位试验 24 个处理中的 CK、NPK、MNPK、M(有机肥)4 个代表性处理。于搬迁之前(2010 年 12 月 18 日)采集不同处理区各层次土样及两地母质的样品,以后每年取样时间和采样位置相同。另外在民主乡试验地取当地的土壤设为 CK2。

土壤采样深度:0~20、21~40、41~60、61~80 和 81~100 cm。

1.3 测定项目及方法

土壤的基本物理性质进行了不同处理间 0~40 cm 土层土壤的调查。土壤容重和田间持水量

用环刀取样测定;三相比用环刀取样三相比测定;水分用烘干法测定^[1]。

2 结果与分析

2.1 土壤搬迁对三相比的影响

对于多数旱作土壤来说,适宜的三相比为固相率 40%~50%,液相率 25%~30%,气相率 15%~25%。如果气相率低于 8%,会妨碍土壤通气而抑制植物根系生长和好气微生物的活动。从图 1 中可以看出,搬迁前 0~20 cm 和 21~40 cm 各处理土层固相率为 54.3%~61.2%,变化不明显。其中以 CK 的固相率最大,达到了 60%以上,MNPK 处理的固相率最低为 55%。气相率为 21.0%~25.9%,液相率为 15.0%~24.3%。施有机肥的处理土壤的固相率略有降低。

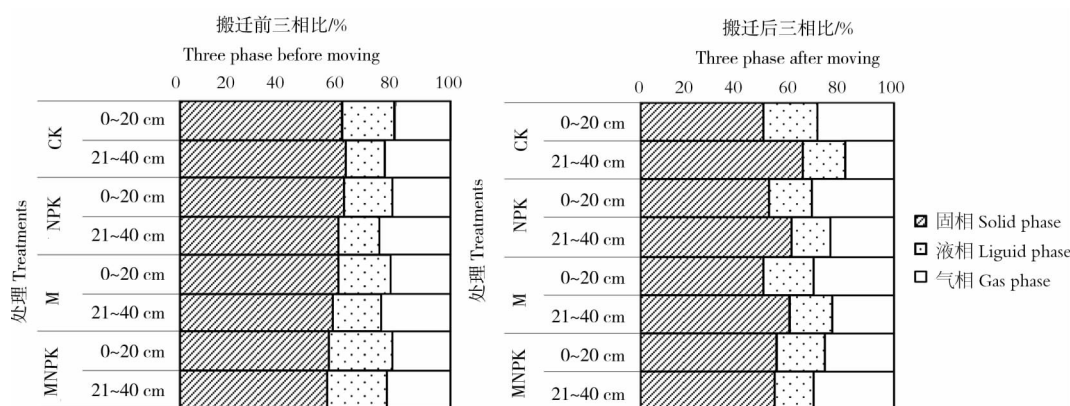


图 1 不同处理土壤三相比的变化情况

Fig. 1 Three phases rate of soil in different treatments

搬迁后各处理三相比发生了明显变化,各处理 0~20 cm 土层固相率普遍减少,21~40 cm 固相率增加。其中,CK、M、NPK 21~40 cm 土层固相率均大于 55%,MNPK 的固相率为 50%~55%,而各个处理 0~20 cm 固相率均在 50%左右;不同处理的气相率均在 20%以上,CK、M、NPK 0~20 cm 层次气相率约在 30%左右,液相率均在 20%以下。说明搬迁第 1 年各个处理表层土壤疏松,通气、保水程度有变化,而 21~40 cm 土层土壤的三相比结构出现固相增加及水分减少的趋势。

2.2 土壤搬迁对土壤容重的影响

从图 2 看出,搬迁前各处理容重以 CK 和 NPK 处理较高,为 $1.5 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$,M 和 MNPK 处理容重次之为 $1.4 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$,土壤容重的变异系数为

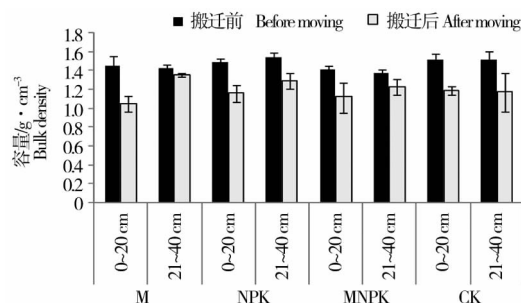


图 2 搬迁前后容重的变化情况

Fig. 2 Bulk density of different treatments

1.7%~7.2%,均值为 4.4%;搬迁后不同处理土壤容重在 $1.0 \sim 1.4 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$,变异系数为 1.5%~17.1%,均值为 9.3%。搬迁后土壤容重的变异系数增加,表明搬迁扰动对土壤容重有一定的

影响。

2.3 土壤搬迁对土壤孔隙的影响

由图 3 可以看出,不同处理的土壤孔隙度均表现搬迁后比搬迁前略有提高。除 CK 搬迁前后 0~20 cm 和 21~40 cm 数值无明显变化外,其它 3 个处理在 0~20 cm 土层搬迁后土壤孔隙度大于搬迁前的处理,而 21~40 cm 土层表现为搬迁前土壤孔隙度大于搬迁后的数值,平均高出 11.8%。搬迁前 MNPK 处理上下两个土层的土壤孔隙度均在 47% 左右,可见,有机肥与化肥配合施用能够改善下层土壤的通气状况,使得下层土壤的松紧度和结构状况好转。搬迁前土壤孔隙度的变异系数为 2.3%~5.9%,均值为 4.1%;搬迁后土壤孔隙度变异系数为 0.6%~1.7%,均值为 1.1%,搬迁后土壤孔隙度的变异系数比搬迁前

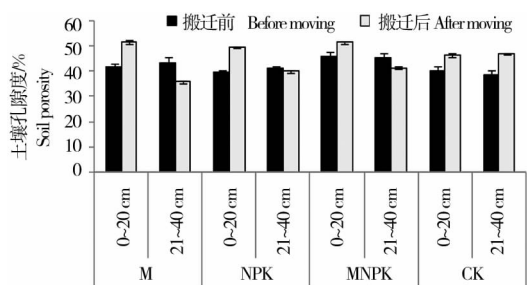


图 3 搬迁前后土壤孔隙度的变化情况

Fig. 3 Soil porosity of different treatments

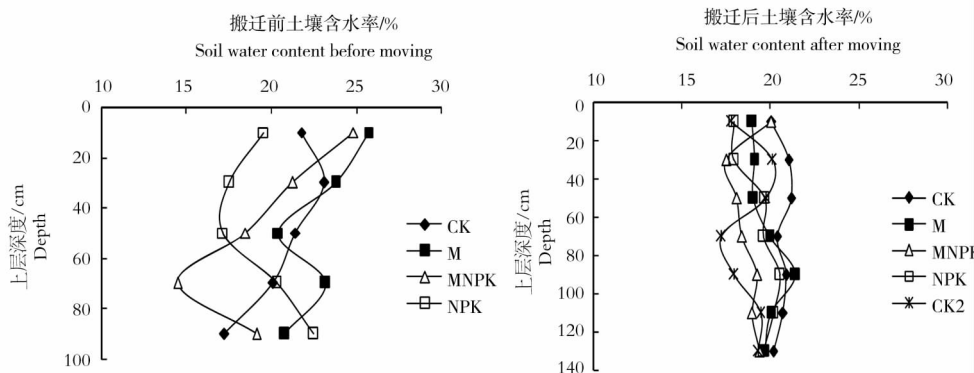


图 5 土壤搬迁对土壤含水率的影响

Fig. 5 Soil water content of different treatments

中以 M 处理的土壤含水率最高, NPK 处理土壤含水率最低。搬迁后 CK 和 M 处理土壤含水率较为稳定, 其它处理不同层次含水率基本上维持

有所降低。

2.4 搬迁对田间持水量的影响

由图 4 可以看出,搬迁后各处理的田间持水量要高于搬迁前, CK 处理搬迁后田间持水量差异较大, 搬迁前为 28.7%, 处于众多处理的最低水平; 搬迁后的田间持水量为 44.3%, 其它处理搬迁后在 35%~45%。MNPK 搬迁前后的田间含水量均较高, 说明有机肥与化肥配合施用能够提高土壤对水分的保蓄作用。

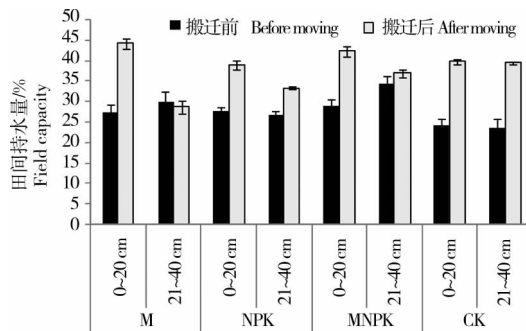


图 4 搬迁前后田间持水量的变化情况

Fig. 4 Field capacity of different treatments

2.5 搬迁对土壤含水率的影响

搬迁之前对 100 cm 以内的土壤含水率进行测定(见图 5)。搬迁前各处理不同层次土壤含水率波动较大, 0~60 cm 土层随着土层深度的增加土壤含水率降低。其中 0~20 cm 层次土壤含水率在 19.5%~25.7%, 21~40 cm 在 17.5%~23.7%, 41~60 cm 在 17.2%~21.4%。各处理

在 17.5%~20.5%。各个层次以 CK 处理土壤含水率最高, 平均为 20.6%, M 处理次之, 为 19.7%, CK2 的土壤含水率与搬迁后各处理的土

壤含水量相近,说明搬迁后的土壤与当地的土壤能够较好地融合。

3 结论与讨论

国内学者已经在各种土壤上研究了长期施肥对土壤物理性质的影响,对栗褐土^[2]、红壤^[3]的研究表明,长期施用化肥导致土壤物理性质恶化;而对黄潮土^[4]、棕壤^[5]的研究表明长期施用化肥使土壤物理性质得到改善。其原因可能是土壤肥力基础、施肥水平以及作物生长状况不同而造成的。同时,研究主要集中在平地 and 表层土壤^[4,6],而该对黑土长期定位施肥的研究表明,长期施用化肥和不施肥增加了土壤容重、降低了土壤孔隙度。Bronick 等^[7-9]研究也表明,长期单施化肥可使土壤容重增加,土壤孔隙度和水分含量降低。而氮磷配施可改善土壤的物理性质。

该研究虽然是原状土冻土搬迁,其扰动也对土壤物理性质有一定的影响,选取土壤容重、孔隙度和水分等来评价土壤物理性质的变化虽有一定的局限性,但从土壤结构角度出发,这些指标可以反映土壤物理性状变化趋势^[10]。搬迁扰动对于表层 0~20 cm 土层的影响大于 21~40 cm 土层土壤。李强^[11]调查了 17 a 的长期定位试验,表明长期施肥对表层物理性状没有明显影响,中下层有不同程度的改善。

土壤孔隙度表现为搬迁后比搬迁前略有提高,不同处理间的横向比较,除 CK 搬迁前后 0~20 cm 和 21~40 cm 数值无明显变化外,其它 3 个处理均表现在 0~20 cm 土层搬迁后土壤孔隙度大于搬迁前的处理,而 21~40 cm 土层表现为搬迁前土壤孔隙度大于搬迁后的数值,平均高 11.8%。搬迁前 MNPK 处理上下两个土层的土壤孔隙度均在 47% 左右,可见,有机肥与化肥配合施用能够改善下层土壤的通气状况,使得下层土壤的松紧度和结构状况好转。

搬迁前各处理土层固相率、气相率和液相率分别为 54.3%~61.2%、21.0%~25.9% 和 15.0%~24.3%;搬迁后各处理 0~20 cm 土层固相率普遍减少,21~40 cm 固相率增加。不同处理的气相率均在 20% 以上,液相率均在 20% 以下。说明搬迁第 1 年各个处理表层土壤疏松,通

气、保水程度有变化,而 21~40 cm 土层土壤的三相相比结构出现固相增加和水分减少的趋势。搬迁前土壤容重的变异系数为 1.7%~7.2%;搬迁后土壤的变异系数为 1.5%~17.1%,搬迁后土壤容重的变异系数增加。CK 处理搬迁前后田间持水量差异较大,搬迁前为 28.7%,处于众多处理的最低水平;搬迁后田间持水量为 44.3%。其它处理为 35%~45%,以 M 和 MNPK 处理较高,可见,有机肥与化肥配合施用能够提高土壤对水分的保蓄作用。搬迁前各处理不同层次土壤含水率波动较大,0~60 cm 随着土层深度的增加土壤含水率降低。以 M 处理的土壤含水率最高,NPK 处理土壤含水率最低。CK2 的土壤含水率与搬迁后各处理的土壤含水量相近,说明搬迁后的土壤与当地的土壤能够较好地融合。

参考文献:

- [1] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京:中国农业科技出版社,2000.
- [2] 王改兰,段建南,贾宁凤,等. 长期施肥对黄土丘陵区土壤理化性质的影响[J]. 水土保持学报,2006,20(4):82-89.
- [3] 赖庆旺,李茶苟,黄庆海. 红壤性水稻土无机肥连施与土壤结构特性的研究[J]. 土壤学报,1992,29(2):168-173.
- [4] 龚伟,颜晓元,蔡祖聪,等. 长期施肥对华北小麦-玉米轮作土壤物理性质和抗蚀性影响研究[J]. 土壤学报,2009,46(3):520-525.
- [5] 杨果,张英鹏,魏建林,等. 长期施用化肥对山东三大土类土壤物理性质的影响[J]. 中国农学通报,2007,23(12):244-250.
- [6] Yong Z S, Wang F, Suo R D, et al. Long-term effect of fertilizer and manure application on soil carbon sequestration and soil fertility under the wheat-wheat-maize cropping system in northwest China[J]. Nutr. Cyc. l Agroecosys, 2006, 75:285-295.
- [7] Bronick C J, Lal R. Soil structure and management[J]. Geodenma, 2005, 12(2):3-22.
- [8] Haynes R J, Naidu R. Influence of lime, fertilizer and manure applications on soil organic matter content and soil physical conditions: A review[J]. Nutr. Cyc. l Agroecosys, 1998, 51:123-137.
- [9] Mastro R E, Chhonkar P K. Alternative soil quality indices for evaluating the effect of intensive cropping, fertilization and manure for 31 years in the semi arid soils of India[J]. Environ. Monit. Ass., 2007, 10:1777-1785.
- [10] Kaur T, Brar B S, Dhillon N S. Soil organic matter dynamics as affected by long-term use of organic and inorganic

fertilizers under maize-wheat cropping system[J]. Nutr. Cyclic Agroecosys, 2008, 81:59-69.

地土壤物理性质的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2011, 17(1):103-109.

[11] 李强,徐明祥,齐治军,等. 长期施用化肥对黄土丘陵区坡

Effect of Long-term Located on Soil Physical Properties Undisturbed Black Soil Moving

CHI Feng-qin¹, SUN Wei², KUANG En-jun¹, ZHANG Jiu-ming¹, SU Qing-rui¹, ZHOU Bao-ku¹,
ZHANG Feng-bin³

(1. The Key Laboratory of Soil Environment and Plant Nutrition of Heilongjiang Province/Heilongjiang Fertilizer Engineering Technology Research Centre/Institute of Soil Fertilizer and Environment Resource, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin, Heilongjiang 150086; 2. Shenyang Military Region, Nenjiang Agriculture and Sideline Base, Nenjiang, Heilongjiang 161400; 3. Soil and Fertilizer Management Station of Heilongjiang, Harbin, Heilongjiang 150090)

Abstract: In order to ensure the effect of environment change and soil moving on soil physical properties, four treatments of long-term located fertilization test including CK, NPK, MNPK and M were studied to investigate the soil bulk density, moisture, porosity and three phases rate. The results showed that the moving of undisturbed frozen soil had some disturbances on soil physical properties, and had greater impact on 0~20 cm soil layer than the 21~40 cm soil layers. Soil porosity of 0~20 cm after moving was higher than before, and the porosity of 21~40 cm soil layer after moving was lower for 11.8% than before. The variation coefficient of soil porosity before soil moving was higher than after soil moving which values were 2.3%~5.9% and 0.6%~1.7%. Three phases rate of 0~20 cm soil layer after soil moving reduced and 21~40 cm soil layer increased. The variation coefficient of soil bulk density ranged from 1.7% to 7.2% before moving and 1.5% to 17.1% after moving. The field capacity of CK before soil moving 0~20 cm soil layer (28.7%) was lower (44.3%), field capacity of other treatments after soil moving was 35%~45%, the M and MNPK treatments had a higher value and it mean organic matter, fertilizer consolidated could improve the holding water. The moisture of soil was lower as following the soil depth increased from 0 to 60 cm before soil moving, and after soil moving it could merge with local soil.

Key words: long-term located fertilization; undisturbed soil moving; physical properties; three phases rate; soil bulk density; porosity; field capacity; soil water content

欢迎加盟理事会、协办单位