

土壤有机质含量与玉米生产力的关系

张兴义, 隋跃宇*, 王其存, 于同艳, 张少良, 程伟

(中国科学院东北地理与农业生态研究所海伦农业生态实验站, 黑龙江 哈尔滨 150081)

摘要: 土壤有机质是土壤肥力的重要指标。本文通过空间移位的方法, 将东北黑土带由南向北5个点有机质含量为 18.1g kg^{-1} 、 31.1g kg^{-1} 、 54.6g kg^{-1} 、 103.9g kg^{-1} 、 53.6g kg^{-1} 的农田黑土, 分别移至黑龙江省的海伦市和吉林省的德惠市的两种气候下, 通过田间试验的方法, 研究了黑土有机质含量与玉米生产力的关系。结果表明, 在相同的施肥条件下, 土壤有机质含量与玉米产量间不存在显著相关关系, 产量差异不显著; 施肥对各种有机质含量的黑土均有显著增产作用, 增产幅度在 12.3%~64.1%, 黑土带的南部区域德惠市的施肥增产作用要明显高于北部区域海伦市的增产作用。

关键词: 空间移位; 有机质; 黑土; 玉米; 生产力

中图分类号: S153.6 文献标识码: A 文章编号: 0564-3945(2007)04-0657-04

土壤有机质是衡量土壤肥力和质量的主要指标, 主要是由于土壤有机质既可以为作物直接提供养分, 又可以改善土壤物理结构^[1,2]。中国东北黑土被认为是我国土壤潜在肥力最高的土壤, 是因为其拥有富含有机质的黑色表层。据测定黑土有机质与多种养分存在着极显著的正相关关系, 因此土壤有机质含量的高低可反映出其它养分性状的亏缺, 可作为评价黑土农田主要的评价指标^[3]。黑土土壤有机质含量在整个黑土区变化幅度为 $6.0\sim 150\text{g kg}^{-1}$ ^[4], 说明黑土的基础肥力差异较大。当前作物生产力与土壤养分的关系研究多集中在施肥对产量的影响^[5], 由于在一个小的区域中难以找到基础肥力不同其它条件相同地块进行田间试验, 因此对土壤有机质对作物生产力的影响鲜见报道。本研究通过土壤空间移位的方法, 在南北长 900km 的黑土带上, 按梯度, 将5个点土壤有机质含量不同的农田黑土分别移至黑龙江省海伦市和吉林省德惠市, 研究在两种气候下不同有机质含量的农田黑土生产力, 目的在于探讨土壤有机质含量与土壤生产力的关系, 为黑土农田科学管理提供理论依据。

1 试验材料和研究方法

1.1 黑土区基本情况

黑土区分布于中国东北, 是一典型地带性土壤, 呈南北条带分布, 南北长约 900km, 东西宽约 200km。年平均降雨约 500mm 左右, 年平均气温在 $-1.0\sim 5.4$ 。地形南部多平原, 北部多漫川漫岗。当前黑土 90% 以上已开垦为农田, 是我国重要的商品粮生产基地。土壤基础养分北高南低, 土壤有机质由北向南逐级递

减, 高的达 128.9g kg^{-1} , 低的仅为 6.0g kg^{-1} , 土壤全氮、全磷、碱解氮具有相同的空间分布^[4]。

1.2 黑土生产力定位试验场的构建

利用空间移位的方法, 由南向北选取吉林省梨树 (N43° 20', E124° 28')、德惠 (N44° 12', E125° 33')、黑龙江省海伦 (N47° 27', E126° 56')、北安 (N48° 09', E126° 44')、嫩江 (N49° 08', E125° 38') 5 个点(图 1), 将土壤按 20cm 一层取土装袋, 共采集 1m 深的 5

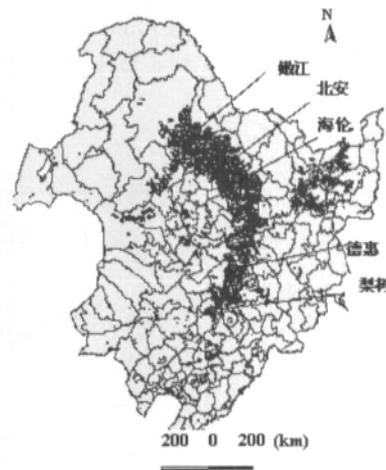


图1 移土位置示意图

Fig.1 Soil removal sites

层的土壤, 分别运至黑龙江省海伦中科院海伦生态试验站 (N47° 27', E126° 56')、吉林省中科院德惠黑土试验基地 (N44° 12', E125° 33'), 按原容重原层次, 回填到已经建好的具有相同大小用水泥隔成的微区中, 构建黑土生产力田间试验小区。海伦年平均气温

收稿日期: 2006-06-09 修订日期: 2006-07-05

基金项目: 国家重点基础研究发展计划项目(2005CB121108-1)和黑龙江省自然科学基金(C2004-25)

作者简介: 张兴义(1966-), 男, 黑龙江密山人, 研究员, 博士, 硕士生导师, 研究方向为黑土农业生态。

* 通讯作者: E-mail: suiyeuy1973@yahoo.com.cn.

1.5，德惠年平均气温 4.5。建设时间 2004 年 10 月。

试验小区为 2 因子 3 次重复随机排列区组试验设计，因子 1: 5 种不同区域土壤（即 5 个有机质含量土壤，见表 1）；因子 2: 不施肥- 观测土壤纯自然生产

表 1 5 种土壤的有机质、全氮、容重

Table 1 Five soils organic matter content, total nitrogen content and bulk density

性状 Property	梨树 Lishu	德惠 Dehui	海伦 Hailun	北安 Bei'an	嫩江 Nenjiang
有机质 (g kg ⁻¹)	18.1	31.1	54.6	103.9	53.6
全氮 (g kg ⁻¹)	0.79	1.68	2.55	4.87	2.67
容重 (g cm ⁻³)	1.50	1.25	0.95	0.85	1.03

力，施肥 N138kg hm⁻², P30kg hm⁻², K11.3kg hm⁻² - 在常规管理下土壤生产力。小区规格: 1.4m × 1.2m, 深度 1m, 小区间埋设 1m 深防水隔离布。

试验小区田间管理: 秋季人工翻地 20cm, 打碎大土块后起垄, 垄距 0.70m, 于 2005 年 5 月 1 日在德惠和海伦同时播种, 每小区播种 8 株玉米, 株距 0.30m, 施肥处理以种肥一次性施入, 其它管理措施与大田管理相同。种植作物玉米, 当地品种, 海伦为海育 6, 德惠为豫奥 3 号。

1.3 试验观测

于 2005 年 10 月 1 日收获, 测定籽实产量、地上生物产量、穗长、穗粗、突尖长度、百粒重、单穗粒重。

1.4 数据处理

利用 SAS8.2 进行 LSD 显著性差异检验, $\alpha = 0.05$ 。

2 结果与讨论

2.1 土壤有机质与玉米产量的关系

黑土是我国农田土壤中有有机质含量最高的土壤, 主要分布于黑龙江省和吉林省的松嫩平原。开垦前, 黑龙江省黑土的有机质含量在 100~150g kg⁻¹, 吉林省黑土有机质在 50~60g kg⁻¹。当前农田黑土有机质平均含量黑龙江省和吉林省分别为 38.9g kg⁻¹ 和 24.2g kg⁻¹, 变幅为 6.0~150g kg⁻¹ [4]。由于受气候水热资源的影响, 北部区域主要种植小麦, 南部种植玉米。但就玉米而言, 南北产量差异达一倍以上。本研究通过土壤空间移位的方法, 将不同区域不同有机质含量的农田黑土分别移至黑龙江省的海伦市和吉林省的德惠市两个气候带下进行田间试验。结果表明除嫩江黑土外, 作物产量无论是在不施肥还是在

施用化肥的情况下, 均随有机质含量的增加而增加。在黑龙江省海伦试验站, 梨树有机质含量为 18.1g kg⁻¹ 的黑土、德惠有机质含量为 31.1g kg⁻¹ 的黑土、海伦有机质含量为 54.6g kg⁻¹ 的黑土、北安有机质含量为 103.9g kg⁻¹ 的黑土在不施肥的情况下, 玉米产量未达到统计分析显著差异水平, 在施肥情况下也是如此 (图 2); 地上生物总产量与玉米籽实产量具有基

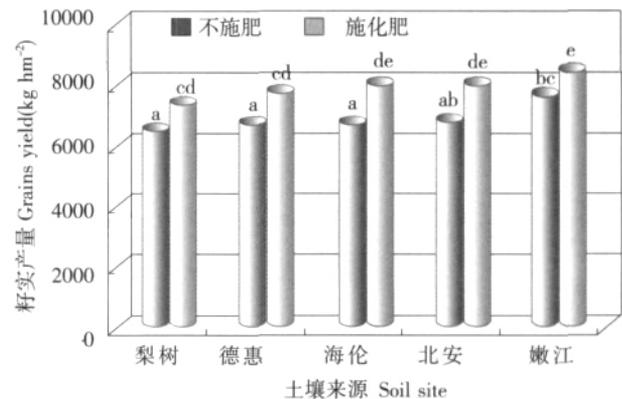


图 2 黑龙江省海伦试验站 5 个不同有机质含量黑土玉米籽实产量

Fig.2 Corn grain yields of five different organic matter content in black soils in Hailun Experimental Station, Heilongjiang province

本相同的规律, 只是在施用化肥的情况下北安有机质含量为 103.9g kg⁻¹ 的黑土地上生物总产量与其它三种低有机质含量的土壤达到了显著差异水平 (图 3)。在吉林省德惠试验站, 不施肥情况下, 梨树、德

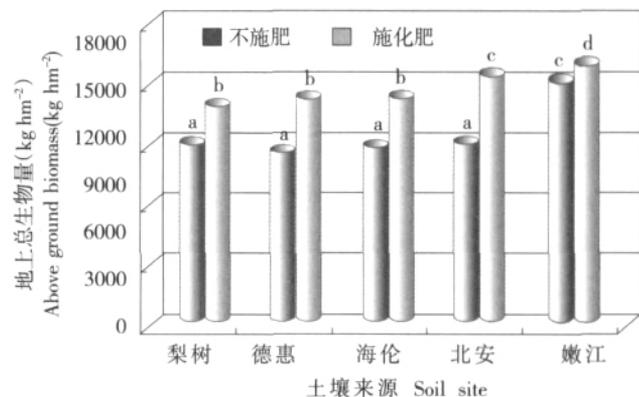


图 3 黑龙江省海伦试验站 5 个不同有机质含量黑土玉米地上生物产量

Fig.3 Corn above ground biomasses of five different organic matter content in black soils in Hailun Experimental Station, Heilongjiang province

惠、海伦、北安黑土的玉米籽实产量未达到显著差异, 在施用化肥的情况下, 北安黑土玉米籽实产量表现出异常, 与梨树和德惠黑土的产量未达到显著差异, 而海伦黑土与梨树、德惠、北安黑土的玉米籽实产量达到了显著差异。经相关分析, 土壤有机质与玉米产量未达到显著相关水平。

嫩江的黑土有机质含量为 53.6g kg⁻¹, 与海伦的

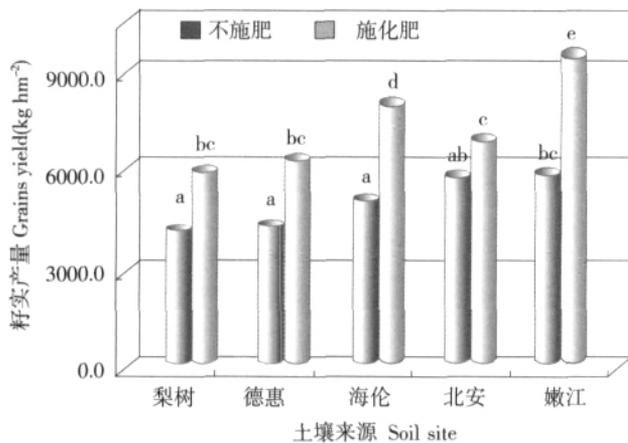


图4 吉林省德惠试验站5个不同有机质含量黑土玉米籽实产量

Fig.4 Corn grain yields of five different organic matter content black soils in Dehui Experimental Station, Jilin province

相近, 高于吉林的两个土壤, 低于北安黑土的有机质含量。然而无论是在无肥的情况下, 还是在有肥的情况下, 在海伦和德惠均表现出与其它四地的黑土产量达到的显著差异水平。可以判断的因素有嫩江黑土位于黑土带最北部最冷凉的区域, 南移, 随着温度提高, 有加速土壤矿化的作用, 有利于养分的释放^[6]; 另一因素为嫩江黑土起源于砾底母质, 而其它四种黑土均起源于黄土状母质。至于其它原因还有待于

表2 黑土有机质含量对玉米产量构成因素的影响

Table 2 Effect of black soil organic matter content on corn yield forming factors

试验地 Trial site	处理 Treatment	地点 Soil Site	穗长 Spike length (cm)	穗粗 Spike diameter (cm)	突尖 Bare tip length (cm)	百粒重 100 grains weight (g)	单穗粒重 Grains weight per spike (g)
海伦	无肥 No fertilizer	梨树	20.9cd*	4.4hi	2.6d	31.4ab	175.9d
		德惠	21.2bcd	4.5ghi	2.3d	30.9bcd	179.1cd
		海伦	21.3bcd	4.5fghi	2.7d	31.2ab	175.0d
		北安	20.6d	4.3i	2.3d	33.1abc	201.3d
		嫩江	22.1ab	4.6efgh	1.7bc	34.1ab	210.3ab
	施化肥 Chemical fertilizer	梨树	21.9abc	4.6efgh	2.3d	33.1ab	191.8bcd
		德惠	21.0abc	4.6fghi	1.5b	31.8ab	203.3abc
		海伦	21.8abc	4.5ghi	0.8a	31.6ab	190.6bcd
		北安	22.0ab	4.6fghi	1.6bc	34.4a	198bcd
		嫩江	22.7a	4.7defg	1.3b	33.5ab	225a
德惠	无肥 No fertilizer	梨树	13.7jk	4.5ghi	1.5b	25.5efg	98.6g
		德惠	13.3k	4.4hi	1.5b	22.7g	93.8g
		海伦	14.6ij	4.5ghi	1.7c	23.6fg	110.9fg
		北安	15.4ghi	4.8cdef	1.2b	24.0fg	130.6ef
		嫩江	14.9hi	4.8bcde	1.9c	25.8efg	131.3ef
	施化肥 Chemical fertilizer	梨树	14.8ij	4.9bcd	1.2b	25.5ef	126.7ef
		德惠	15.9fgh	5.0b	1.4b	26.1ef	139.6e
		海伦	17.0f	5.3a	1.2b	27.8cde	180.1cd
		北安	16.2fg	5.0bc	1.2b	27.6de	144.2e
		嫩江	18.3e	5.6a	1.2b	32.1ab	215.4ab

* 列中具有相同小写英文字母的为在 0.05 水平差异不显著

进一步研究。

2.2 施肥的增产作用

施用化肥, 在各种有机质含量的黑土上均显示出增产作用。在年平均气温为 4.5 的吉林省德惠市 5 种有机质含量的黑土增产幅度较在年平均气温为 1.5 的黑龙省海伦市为大, 均达到了统计上显著增产作用。在黑龙省海伦市, 施用化肥较不施肥的增产幅度为 12.3%~19.6%, 平均增产 15.7%。在吉林省德惠市, 施用化肥较不施肥的增产幅度为 18.7%~64.1%, 平均增产 48.4%。南部区域施用化肥的增产幅度大于北部区域, 除了施用化肥的作用差异外, 还有土壤南移, 加速了土壤矿化作用, 释放出的养分较北部为多所致。

2.3 土壤有机质含量与玉米产量构成因素关系

通过对在 5 个有机质含量的黑土上生产的玉米最终穗长、穗粗、突尖长、百粒重、单穗粒重测定结果显示, 在相同的肥料管理下, 无论土壤的有机质含量多少, 均未显著改变该 5 种性状, 说明仍主要受玉米品种特性控制。施用化肥的与不施肥的比较, 施化肥可显著改善上述玉米的 5 种产量构成因素, 表明施用化肥可提高作物的供肥量, 增加玉米穗长和穗粗, 降低玉米突尖长度, 增加单穗粒重。在黑龙省海伦市

施用化肥未能显著增加玉米的百粒重,而在吉林省德惠市,施用化肥与不施肥的比较,玉米的百粒重达到了显著水平。说明在不同气候条件下玉米施肥的增产作用是不同的。

3 结论

本研究通过土壤空间移位的方法,控制了环境条件下,研究了农田黑土有机质含量对玉米产量的作用,结果显示,在两个不同气候条件下,总体而言,玉米产量随有机质含量的增加而增加,但在相同肥料管理条件下,未达到显著水平。说明单就土壤有机质而言,其对玉米生产力的形成贡献有限,例如土壤有机质含量 18g kg^{-1} 和 104g kg^{-1} ,玉米的产量差异不显著。

对于富含有机质的农田黑土,施化肥增产效果显著,尤其是在南部区域要明显好于北部区域。该结果说明勿因黑土富含养分而忽视了施肥,尤其是在黑土

带的南部区域更应重视化肥的施用。

土壤有机质不能改变作物品种的产量构成性状,但施肥可显著改变这些性状,也是增产的主要因素。

参考文献:

- [1] 王清奎,汪思龙,冯宗炜,等. 土壤活性有机质及其与土壤质量的关系[J]. 生态学报, 2005, 25(3):513- 519.
- [2] A WILLIAMS,XINGBAO-SHAN,P VENEMAN. Effect of Cultivation on Soil Organic Matter and Aggregate Stability[J].Pedosphere, 2005,15 (2): 255- 262.
- [3] 隋跃宇,张兴义,谷思玉,等.论农田黑土评价体系[J].农业系统科学与综合研究,2004,20(4):265- 267.
- [4] 张兴义.黑龙江省黑土养分空间异质性研究[D].沈阳:中国科学院沈阳应用生态研究所, 2005.
- [5] 李淑仪,郑惠典,廖新荣,等. 蔬菜施不同肥料对产量和土壤肥力的贡献[J]. 生态环境, 2005, 14(2):266- 270.
- [6] 赵少华,宇万太,张璐,等. 东北黑土土壤磷的纬向分异[J]. 农业工程学报, 2005,21(4):34- 37.

Relationship Between Black Soil Organic Matter Content and Corn Productivity

ZHANG Xing-yi, SUI Yue-yu, WANG Qi-cun, YU Tong-yan, ZHANG Shao-liang, CHENG Wei

(Northeast Institute of Geography and Agricultural Ecology, Chinese Academy of Sciences, Harbin 150081, China)

Abstract: Soil organic matter content is one of the important soil fertility indicators. The relationship between black soil organic matter content and corn productivity was studied by a soil removal field experiment, in which the soil samples with five different organic matter contents (18.1 , 31.1 , 54.6 , 103.9 , and 53.6g kg^{-1}) were collected and moved to Hailun city of Heilongjiang province and Dehui city of Jilin province, respectively. Results showed: there was no significant relationship between the black soil organic matter content and corn productivity in a same fertilizer management system; Fertilizer application greatly increased corn yield, no matter how much organic matter were. Fertilizer application could increase the production by 12.3 to 64.1 percent of corn yield, but the yield increase ratio was greater in south Dehui than that in north Hailun.

Key words: Soil removal; Organic matter; Black soil; Corn; Productivity