

连续施用商品有机肥对耕地质量及蔬菜产量的影响

杨文叶, 季淑枫, 李 丹, 周 航, 王京文*

(杭州市植保土肥总站, 浙江 杭州 310020)

摘要: 本试验采用连续3茬蔬菜种植试验, 研究无肥、纯化肥、化肥配施不同量有机肥对耕地质量及各蔬菜产量的影响。结果表明, 长期施用商品有机肥可导致砷、铅、铬在蔬菜地表层土壤中积累, 且积累量随有机肥施用量的增加而增加; 施用商品有机肥能降低碱性土壤的pH值, 有利于作物正常生长; 施用化肥配商品有机肥不仅能显著增加土壤中有有机质、碱解氮、有效磷和速效钾的含量, 还能显著增加包心菜、小青菜和玉米的产量, 且随商品有机肥用量的增加而增加, 表明肥料投入与土壤肥力和蔬菜产量呈正比。
关键词: 化肥配施有机肥; 重金属; 养分; 产量

中图分类号: S141.3

文献标志码: A

文章编号: 2095-6819(2014)04-0319-04

doi: 10.13254/j.jare.2014.0123

Effect of Continuous Application of Commercial Organic Manure on Farmland Quality and Vegetable Yield

YANG Wen-ye, JI Shu-feng, LI Dan, ZHOU Hang, WANG Jing-wen*

(Soil and Fertilizer Plant Protection Station of Hangzhou City, Hangzhou 310020, China)

Abstract: Field plot trials were carried out with cabbage, brassica chinensis and corn involving 3 different fertilization schemes including non-fertilizer, chemical fertilizer, chemical fertilizer with organic manure to investigate the effects of the fertilization schemes on farmland quality as well as vegetable yield. The results showed that the fertilization scheme of organic manure caused accumulation of arsenic, lead and chromium, and the accumulation increased with organic manure amount; pH of alkaline soil was decreased by organic manure; the chemical fertilizer with organic manure significantly increased the content of soil organic matter, available nitrogen, available phosphorus and available potassium, as well as the yield of cabbage, brassica chinensis and corn, which indicated the increasing of soil fertility and vegetable field were based on fertilizer inputs.

Keywords: chemical fertilizer with organic manure; heavy metals; nutrients; yield

肥料是作物的粮食, 在作物增产中具有不可替代的作用。我国用占世界7%的耕地养活了占世界21%的人口, 其中化肥的增产贡献功不可没^[1]。但化肥利用率低, 长期不合理施用导致资源浪费、耕地质量下降、面源污染等问题, 甚至出现土壤障碍因子, 影响农产品安全, 严重威胁我国农业的可持续发展^[2-3]。如何充分利用有机肥料, 让蔬菜的“原味”重现, 已迫在眉睫^[4]。近年来, 随着经济发展, 人们对农产品的质量意识不断增强, 无公害农产品、绿色食品、有机食品得到了迅猛发展, 有力地推动了有机肥需求量的迅速上升。此外, 我国畜禽的规模化养殖, 为有机肥商品化生产提供了大量原料, 加之政府扶持, 商品有机肥生产数量逐年增加。有机肥是天然有机质经微生物分解或发酵

而成的一类肥料。合理施用商品有机肥, 不仅改善耕地质量、增加作物产量、提高农产品品质, 还能促进农业废弃物资源化利用、保护农村生态环境、提高农产品的市场竞争力^[5]。由于有机肥的肥效远低于化肥, 有效养分一般在4%~10%, 且肥效释放缓慢, 因此, 有机、无机配合施用, 已成为实现作物增产增质优化施肥的重要措施之一。本研究选取以鸡粪为原料的商品有机肥, 探讨化肥配施不同用量有机肥对耕地质量及蔬菜产量的影响, 提出有机无机最佳配比, 以期为提升耕地质量和提高蔬菜产量提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验在杭州市九堡镇三角村进行, 供试土壤的重金属及养分含量见表1, 商品有机肥的重金属及养分含量分别见表2。供试蔬菜品种包括强力50包心菜、苏州青小青菜、脆甜糯5号玉米。

收稿日期: 2014-05-08

作者简介: 杨文叶(1980—), 男, 浙江新昌人, 硕士, 农艺师, 主要从事土壤肥料化学分析及推广工作。E-mail: ywy64061687@hz.cn

* 通信作者: 王京文 E-mail: wjingwen22@sohu.com

表 1 供试土壤的重金属及养分含量

Table 1 Contents of heavy metals and nutrients in tested soils

Cd/ mg·kg ⁻¹	Hg/ mg·kg ⁻¹	As/ mg·kg ⁻¹	Pb/ mg·kg ⁻¹	Cr/ mg·kg ⁻¹	Cu/ mg·kg ⁻¹	Zn/ mg·kg ⁻¹	pH 值	有机质/ g·kg ⁻¹	碱解氮/ mg·kg ⁻¹	有效磷/ mg·kg ⁻¹	速效钾/ mg·kg ⁻¹
0.14	0.08	3.95	5.05	13.2	26.8	108.8	7.63	13.75	114.19	24.45	109.4

表 2 纯有机肥的重金属及养分含量

Table 2 Contents of heavy metals and nutrients in pure organic fertilizer

Cd/ mg·kg ⁻¹	Hg/ mg·kg ⁻¹	As/ mg·kg ⁻¹	Pb/ mg·kg ⁻¹	Cr/ mg·kg ⁻¹	Cu/ mg·kg ⁻¹	Zn/ mg·kg ⁻¹	pH 值	有机质/ %	全氮/ %	全磷/ %	全钾 (以 K ₂ O 计, %)
未检出	2.00	8.20	9.30	46.2	277.6	822.4	7.90	34.41	1.57	2.23	0.62

1.2 试验设计

本研究在同一块试验田,连续种植包心菜、小青菜和玉米 3 种蔬菜作物。每种作物分别设 5 个施肥处理,每处理 2 次重复,每个处理小区面积均为 20 m²,10 个小区随机区组排列。各作物施肥设计如下:

(1)种植包心菜施肥设计:CK 为不施基肥,NPK 为每公顷 600 kg 纯化肥的基肥,NPKM1 为每公顷 600 kg 纯化肥+1 500 kg 有机肥的基肥,NPKM2 为每公顷 600 kg 纯化肥+4 500 kg 有机肥的基肥,NPKM3 为每公顷 600 kg 纯化肥+7 500 kg 有机肥的基肥,其中纯化肥为(N:P₂O₅:K₂O=15:15:15)的复合肥。第 1 次追肥肥料种类和施用量与基肥相同,施用方法为穴施。除 CK 外,4 个施肥处理第 2 次追肥均为尿素 150 kg·hm⁻²,施用方法为穴施。

(2)种植小青菜施肥设计:基肥设计与包心菜相同。除 CK 外,4 个施肥处理 2 次追肥均相同,分别为第 1 次追肥尿素施用量为 247.5 kg·hm⁻²,钾肥施 150 kg·hm⁻²,施用方法为冲施。第 2 次追肥量和种类与第 1 次相同。

(3)玉米施肥设计:基肥设计同包心菜。除 CK 外,4 个施肥处理第 1 次追肥尿素与硫酸钾均为 225 kg·hm⁻²,穴施;第 2 次追肥尿素与硫酸钾均为 150 kg·hm⁻²,穴施。

1.3 样品采集及检测方法

试验 2011 年 7 月—2012 年 9 月进行,在试验前后分别用梅花形布点采集土样,深度为 0~20 cm,经风干制样再检测化验。土样检测方法按照《土壤分析技术规范》进行:土壤 pH 值用酸度计法测定;有机质采用重铬酸钾-硫酸氧化法测定;碱解氮采用碱解扩散法测定;有效磷采用碳酸氢钠浸提-钼锑抗比色法测定;速效钾采用 1 mol·L⁻¹ 乙酸铵提取-火焰光度法测定;全氮采用强酸消煮-稀硫酸滴定法测定;全磷采

用强酸消煮-分光光度法测定;全钾采用强酸消煮-火焰光度法测定;重金属含量采用强酸消煮-原子吸收光谱法测定^[6]。

2 结果与分析

2.1 化肥配施不同用量有机肥对土壤重金属的影响

重金属作为一种持久性有毒污染物,可在土壤中积累和在作物体内残留,通过食物链进入人体,并在体内积累,危害健康^[7]。九堡试验点先后选用包心菜、小青菜和玉米 3 种蔬菜进行试验。试验前后分别采集土壤样品进行分析,土壤重金属变化情况见表 3。

表 3 试验后土壤重金属含量(mg·kg⁻¹)

Table 3 Heavy metal concentrations in soil after tests(mg·kg⁻¹)

处理	Cd	Hg	As	Pb	Cr	Cu	Zn
CK	0.089	0.087	5.1	22.0	56.8	18.4	82.5
NPK	0.098	0.11	6.7	24.9	60.4	19.4	86.2
NPKM1	0.11	0.10	5.3	27.6	58.6	22.8	94.8
NPKM2	0.13	0.18	6.8	28.6	57.2	25.6	108.3
NPKM3	0.14	0.17	5.2	27.1	62.4	34.3	125.5

注:表中数据为 3 种菜地土壤重金属含量平均值。

与试验前土壤(表 1)相比,试验后各处理土壤的重金属含量有升有降,其中镉、铜和锌的含量都有不同程度的降低,而砷、铅、铬的含量都出现明显的上升趋势。空白对照土壤中砷、铅、铬含量增加可能与空气中降落的粉尘含有微量重金属砷、铅、铬有关,而施肥处理后土壤中砷、铅、铬含量增加还可能与肥料本身含有这些重金属有关。

对照土壤环境质量标准(GB 15618—1995)(表 4),经连续 2 年施肥处理后,土壤重金属含量都在标准值范围内,不存在土壤重金属污染现象。比较各处理间的土壤重金属含量可知,随着商品有机肥施用量的增

加,土壤中各重金属含量都出现增加的趋势,分析原因主要与有机肥本身含有各重金属有关。

表4 旱地土壤重金属质量标准值(mg·kg⁻¹)

Table 4 Dryland soil heavy metal quality standard (mg·kg⁻¹)

重金属	一级	二级			三级
	自然背景	pH<6.5	pH 6.5~7.5	pH>7.5	pH>6.5
镉≤	0.20	0.30	0.60	1.0	
汞≤	0.15	0.30	0.50	1.0	1.5
砷≤	15	40	30	25	40
铜≤	35	50	100	100	400
铅≤	35	250	300	350	500
铬≤	90	150	200	250	300
锌≤	100	200	250	300	500

2.2 化肥配施不同用量有机肥对土壤肥力的影响

土壤肥力是指土壤为植物生长提供养分、水分以及优良环境条件的能力。它是土壤各种基本性质的综合表现,是土壤作为自然资源和农业生产资料的物质基础^[8]。连续2年化肥配施有机肥试验后,土壤理化性质变化情况见表5。

表5 试验后土壤理化性状

Table 5 Physical and chemical properties in soil after tests

处理	pH值	有机质/ g·kg ⁻¹	碱解氮/ mg·kg ⁻¹	有效磷/ mg·kg ⁻¹	速效钾/ mg·kg ⁻¹
CK	8.00	10.20	59.00	13.65	48.5
NPK	7.60	10.95	73.50	59.15	88.5
NPKM1	7.51	12.75	85.00	65.80	97.0
NPKM2	7.29	13.00	92.00	65.90	125.0
NPKM3	7.30	16.25	112.50	68.35	138.0

注:表中数据为3种菜地土壤重金属含量平均值。

一般来说,在土壤pH 6.5时,各种养分的有效度最高,也适宜于大多数作物的生长^[9]。试验前土壤pH值为7.63,偏碱,不利于作物生长。经2年施肥处理后,土壤pH值稍有下降,有利于作物生长。比较各施肥处理,化肥配施4 500 kg·hm⁻²和7 500 kg·hm⁻²商品有机肥的处理,土壤pH值降幅较大,更接近作物的适宜生长环境,说明施用中量和高量商品有机肥有利于改善土壤酸碱度。

与试验前土壤养分含量(表1)比较,2年试验后,空白对照土壤养分含量都显著降低,这是蔬菜生长需要吸收利用土壤中的大量养分所致;各施肥处理的有效磷含量都显著高于试验前,表明磷肥的投入远远大于蔬菜的吸收利用,导致磷肥在土壤中出现累积现象;除化肥配施高量有机肥处理外,其余施肥处理土

壤中的有机质、碱解氮和速效钾含量都出现不同程度的下降,表明肥料投入不足,无法满足蔬菜正常生长,需要消耗土壤中的养分进行补充。比较各施肥处理可知,随着商品有机肥用量的增加,土壤中有机质、碱解氮、有效磷和速效钾等养分的含量也明显增加。特别是化肥配施7 500 kg·hm⁻²有机肥处理,与试验前比较,有机质、有效磷和速效钾的增幅分别达18.2%、179.6%和26.1%。总体来说,土壤肥力与肥料投入成正比,化肥配施7 500 kg·hm⁻²商品有机肥提升地力效果最佳。

2.3 化肥配施不同用量有机肥对各蔬菜产量的影响

影响蔬菜产量的因子有很多,其中化肥施用量是主要影响因子之一^[10]。经连续2年化肥配施有机肥处理后,试验点各处理蔬菜产量见表6。

表6 试验点各蔬菜产量(kg·hm⁻²)

Table 6 The yield of vegetables in plot fields (kg·hm⁻²)

处理	包心菜	小青菜	玉米
CK	47 205	16 455	14 475
NPK	51 420	22 620	15 030
NPKM1	51 480	24 420	15 270
NPKM2	53 910	27 540	15 375
NPKM3	52 845	34 395	15 900

从表6可以看出,与空白对照比较,各施肥处理都能显著增加包心菜、小青菜及玉米的产量。比较各施肥处理可知,随有机肥用量的增加,蔬菜产量也出现不同程度的增加,尤其是小青菜,配施有机肥后,增产效果十分显著。在包心菜试验中,化肥配施4 500 kg·hm⁻²有机肥处理的单产比纯化肥处理多2 490 kg;在青菜试验中,化肥配施7 500 kg·hm⁻²有机肥处理的单产比纯化肥处理多11 775 kg;在玉米试验中,化肥配施7 500 kg·hm⁻²有机肥处理的单产比纯化肥处理多870 kg。

3 讨论

由于饲料添加剂的大量使用,导致以畜禽粪便为原料生产的商品有机肥中重金属含量过高^[11],长期施用可导致部分重金属(主要为砷、铅和铬)在蔬菜地表层土壤中积累,增加土壤重金属污染风险,且土壤重金属积累量随有机肥施用量的增加而增加,即土壤重金属污染风险与有机肥施用量呈正比。可以增施微生物肥(如固氮菌剂),降低重金属含量^[12],也可以通过农艺措施(即加客土、加有机肥、加石灰相结合)来降低重金属含量^[13]。

化肥和有机肥对蔬菜生长作用机理不同。有机肥相对于化肥的优势在于:含有蔬菜需要的大量营养元素,包括无机元素和多种微量元素,以及氨基酸、酰胺、核酸等有机养分和活性物质,且有机肥对蔬菜的养分供给平缓持久,后效性长;有机肥料在分解过程中形成的胡敏酸、纤维素等活性物质可以改善蔬菜作物营养,加强新陈代谢,刺激作物生长,提高蔬菜作物对养分的利用率;有机肥可促进土壤微生物活动,提高土壤的酶活性,增加土壤中的有机胶体,改善土壤理化性质,提高土壤保水、保肥和透气性能。但有机肥养分含量较低,不易分解,不能及时满足作物高产的要求^[4]。

4 结论

施用商品有机肥能在一定程度上降低碱性土壤的 pH 值,有利于作物正常生长;化肥配施中高量商品有机肥,改善土壤酸碱度效果更佳。蔬菜生长需要吸收土壤中的大量养分,为保证土壤肥力,在蔬菜生长过程需科学合理施肥。施用化肥和商品有机肥均能显著增加土壤中有机质、碱解氮、有效磷和速效钾的含量,且随着商品有机肥用量的增加,各养分的增量更为显著。化肥配施高量有机肥对土壤的肥力提升效果最佳。长期施用商品有机肥可导致砷、铅、铬在蔬菜地表层土壤中积累,且积累量随有机肥施用量的增加而增加。为防止土壤重金属污染,可以配合增施微生物肥,或通过农艺措施来降低重金属含量。

施用化肥和商品有机肥均能显著增加包心菜、小青菜和玉米的产量,且增产幅度随商品有机肥用量的增加而显著增加,表明肥料投入与蔬菜产量呈正比。

参考文献:

- [1] 胡 星. 秸秆全量还田与有机无机肥配施对水稻产量形成的影响[D]. 扬州:扬州大学, 2008.
HU Xing. Effect of returning whole straw associated with chemical nitrogen and organic fertilizer on rice yield formation[D]. Yangzhou: Yangzhou University, 2008. (in Chinese)
- [2] 徐祖祥. 西湖平原区连续 13 年定位施肥对麦、稻产量及土壤肥力的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2011, 17(1): 16-21.
XU Zu-xiang. Influences of consecutive 13-year long-term fertilization on yields of rice and wheat and soil fertility in Xihu Plain[J]. *Plant Nutrition and Fertilizer Science*, 2011, 17(1): 16-21. (in Chinese)
- [3] 刘秀梅, 罗奇祥, 冯兆滨, 等. 我国商品有机肥的现状与发展趋势调研报告[J]. 江西农业学报, 2007, 19(4): 49-52.
LIU Xiu-mei, LUO Qi-xiang, FENG Zhao-bin, et al. Research report on our country present situation and the development trend of commodity organic fertilizer[J]. *Acta Agriculturae Jiangxi*, 2007, 19(4): 49-52. (in Chinese)
- [4] 苏瑞芳, 李秀玲, 张婉英, 等. 商品有机肥对水稻生长、产量及稻米品质影响[J]. 上海农业学报, 2008, 24(4): 127-130.
SU Rui-fang, LI Xiu-ling, ZHANG Wan-ying, et al. Effects of commercial organic fertilizer on rice growth, yield and grain quality[J]. *Acta Agriculturae Shanghai*, 2008, 24(4): 127-130. (in Chinese)
- [5] 段雨丽, 朱有为. 浙江省商品有机肥发展现状及对策建议[J]. 浙江农业科学, 2013(8): 925-926, 937.
DUAN Li-li, ZHU You-wei. Commodity organic fertilizer development present situation and countermeasures of Zhejiang province[J]. *Journal of Zhejiang Agricultural Sciences*, 2013(8): 925-926, 937. (in Chinese)
- [6] 鲍士旦. 土壤农化分析(第三版)[M]. 北京: 中国农业出版社, 2010: 30-107.
BAO Shi-dan. Soil agricultural chemistry analysis (3rd Edition)[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2010: 30-107. (in Chinese)
- [7] 胡 蝶, 陈文清. 土壤重金属污染现状及植物修复研究进展[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(5): 2706-2707, 2710.
HU Die, CHEN Wen-qing. Research progress on the soil heavy metal pollution status and phytoremediation[J]. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2011, 39(5): 2706-2707, 2710. (in Chinese)
- [8] 庞元明. 土壤肥力评价研究进展[J]. 山西农业科学, 2009, 37(2): 85-87.
PANG Yuan-ming. Progress in soil fertility evaluation[J]. *Journal of Shanxi Agricultural Sciences*, 2009, 37(2): 85-87. (in Chinese)
- [9] 黄昌勇, 徐建明. 土壤学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2013: 188.
HUANG Chang-yong, XU Jian-ming. Soil science[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2013: 188. (in Chinese)
- [10] 张运强, 吕惠进. 金华市蔬菜产量影响因子的关联分析[J]. 湖南农业科学, 2011(1): 40-42, 46.
ZHANG Yun-qiang, LÜ Hui-jin. Relational analysis of influencing factors for vegetable yield in Jinhua[J]. *Hunan Agricultural Sciences*, 2011(1): 40-42, 46. (in Chinese)
- [11] 钟 杭, 娄 烽. 浙江省商品有机肥重金属含量调查与分析[J]. 浙江农业学报, 2013, 25(5): 1092-1095.
ZHONG Hang, LOU Feng. Investigation and analysis on the heavy metal contents of organic fertilizers in Zhejiang province[J]. *Acta Agriculturae Zhejiangensis*, 2013, 25(5): 1092-1095. (in Chinese)
- [12] 苏乐新, 张 涛. 增施生物肥减轻水稻污染[J]. 新农业, 2004(9): 38-39.
SU Le-xin, ZHANG Tao. Increasing biological fertilizer to reduce pollution on rice[J]. *New Agricultural*, 2004(9): 38-39. (in Chinese)
- [13] 蒋玉根. 农艺措施对降低污染土壤重金属活性的影响[J]. 土壤, 2002(3): 145-148.
JIANG Yu-gen. The effects of pollution of soil heavy metal activity with agronomic measures to reduce[J]. *Soil*, 2002(3): 145-148. (in Chinese)
- [14] 张颖飞, 蒋治国, 堵燕钰, 等. 不同施肥模式对蔬菜产量及菜地氮流失的影响[J]. 水土保持通报, 2011, 31(5): 54-58.
ZHANG Ying-fei, JIANG Zhi-guo, DU Yan-yu, et al. Effects of different fertilization schemes on vegetable yield and nitrogen loss from vegetable yields[J]. *Bulletin of Soil and Water Conservation*, 2011, 31(5): 54-58. (in Chinese)