

有机无机垃圾复混肥对土壤理化性质和玉米产量的影响

秦嘉海¹ 金自学¹ 陈广泉¹ 刘金荣² 谢晓蓉²

(1 河西学院农业资源与环境系 甘肃张掖 734000; 2 河西学院西部资源环境化学重点实验室 甘肃张掖 734000)

摘要 本文进行了垃圾复混肥、化肥、垃圾堆肥田间比较试验。结果表明:垃圾复混肥与 CK 比较, 0~20 cm 土层土壤体积质量降低 0.11 g/cm³, 总孔隙度增加 3.4 %, > 0.25 mm 团粒结构增加 5.51 %, 自然含水量增加 71.68 g/kg, 贮水量增加 145.69 m³/hm², 阳离子交换量增加 7.03 cmol/kg, 有机质增加 1.77 g/kg, 碱解 N、速效 P 和速效 K 分别增加 20.51、2.95 和 11.10 mg/kg, pH 降低 0.17。玉米株高、穗粒数、穗粒重和百粒重分别增加 43.20 cm、25.55 粒、28.75 g 和 2.43 g, 增产率达 25.86 %。并对土壤重金属离子 Hg、Cd、Cr、Pb 富集有明显减缓趋势。不同处理间差异显著性经 LSR 检验达到显著或极显著水平。

关键词 垃圾复混肥; 理化性质; 玉米

中图分类号 X705; S153; S513

河西地区年产生生活垃圾总量为 5.68×10^6 t, 经室内化验分析, 生活垃圾含有机质 286.50 g/kg, N 11.0 g/kg, P₂O₅ 4.50 g/kg, K₂O 8.0 g/kg; 微量元素 B、Mn、Cu、Zn、Fe 分别为 3.50、24.20、1.50、2.60、14.15 mg/kg; 重金属离子 Hg、Cd、Cr、Pb 分别为 2.05、1.32、128.45、32.40 mg/kg; 体积质量 0.52 g/m³, 总孔隙度 80.37 %, pH 7.45。室内化验分析资料表明, 河西地区生活垃圾中有机质含量较高, 并含有农作物所需要的 N、P、K 和微量元素, 而重金属离子 Hg、Cd、Cr、Pb 含量均小于农用生活垃圾控制标准。将生活垃圾堆肥处理后直接施用于农田, 存在的问题是养分含量低、施用量大, 长期大量施用, 易造成农田水土污染^[1~4]。为了合理利用生活垃圾资源, 将生活垃圾分检, 杂物进行填埋, < 5.00 mm 的细土物质与生物热性肥料(纯鸡粪、羊粪)按 1:1 比例混合堆置发酵处理后, 再加入定量矿质化学肥料配制成有机无机垃圾复混肥施用于农田, 可以减缓土壤中重金属元素富集, 提高生活垃圾有效利用价值^[5~8], 对改良培肥土壤, 增加农作物产量, 净化城市环境, 减轻传染性疾病传播, 具有一定的社会、经济、生态效益。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验于 2000 ~ 2003 年在甘肃省张掖市河西学

院农学区试验地进行, 东经 100°28', 北纬 38°56', 海拔高度 1478 m, 年均气温 7.8 °C, 年均降水量 116 mm, 年均蒸发量 2200 mm, > 10 °C 的积温 3200 °C, 土壤类型是灌漠土, 0~20 cm 耕层中有机质含量为 13.12 g/kg, 碱解 N 38.60 mg/kg, 速效 P₂O₅ 7.40 mg/kg, 速效 K₂O 160.40 mg/kg, CEC 12.20 cmol/kg, 土壤体积质量 1.28 g/cm³, 总孔隙度 51.69 %, > 0.25 mm 团粒结构 22.45 %, pH 8.10。参试肥料: 有机无机垃圾复混肥(含 N 155.0 g/kg, P₂O₅ 65.0 g/kg, 有机质 250.0 g/kg)。河西地区土壤养分现状是高 K, 低 N, 缺 P, 因此垃圾复混肥有效成分一般不再考虑 K 元素。化肥: CO(NH₂)₂ (含 N 460.0 g/kg); NH₄H₂PO₄ (含 N 180.0 g/kg, P₂O₅ 460.0 g/kg); 垃圾堆肥(含 N 15.0 g/kg, P₂O₅ 5.0 g/kg, K₂O 6.5 g/kg, 粒径 2 mm); 参试作物: 玉米(中单 2 号)。

1.2 试验方法

试验共设 4 个处理: 处理 1, 化肥: NH₄H₂PO₄ 0.19 t/hm² + CO(NH₂)₂ 0.42 t/hm²; 处理 2, 垃圾堆肥: 17.70 t/hm²; 处理 3, 有机无机垃圾复混肥(垃圾复混肥): 1.47 t/hm²; 处理 4, 不施肥(CK)。3 次重复, 随机区组排列, 小区面积 24 m²。施肥方法是播种前结合浅耕将肥料全部施入 0~20 cm 耕作层。以处理 3 有机无机垃圾复混肥 1 hm² 施用纯 N 0.23 t, 纯 P₂O₅ 0.089 t 为标准, 其余各处理在追肥时补足养分, 使每个试验处理纯养分投入量相等。

①国家自然科学基金重点项目子课题“黑河流域生态恢复问题的研究”(40235053)资助。

玉米播种密度 6.75×10^4 株/hm², 株行距 25 cm × 50 cm。取土样时间: 2003 年 10 月 20 日, 取土深度 0 ~ 20 cm。测定项目及方法^[9~10]: 土壤体积质量 (环刀法)、土壤总孔隙度 (计算法)、自然含水量 (烘干法)、团粒结构 (约尔得法)、pH (酸度计法, 水提)、土壤有机质 (重铬酸钾法)、土壤碱解 N (扩散法)、土壤速效 P (碳酸氢钠浸提-钼锑抗比色法)、土壤速效 K (火焰光度计法); 重金属离子 Cd 用石墨炉原子吸收分光光度法, Hg 用冷原子-荧光光谱法, Pb 用火焰原子吸收分光光度法, Cr 用分光光度法测定。资料统计方法: 多重比较, LSR 检验。

2 结果与分析

2.1 对土壤理化性质的影响

玉米地施用垃圾复混肥与 CK 比较, 0 ~ 20 cm 耕层土壤体积质量降低 0.11 g/cm³, 总孔隙度增加 3.40 %, 这是因为垃圾复混肥是一种有机无机复混肥, 所含有机物质进入土壤后使耕作层土壤疏松, 体积质量下降而总孔隙度增加。单施化学肥料处理与 CK 比较, 体积质量增大 0.02 g/cm³, 总孔隙度降低 0.75 %, 说明单独施用化学肥料, 使土壤有所紧实。由于垃圾复混肥中有机物质分解, 形成了土壤腐殖质, 能够促进团粒结构的形成, 垃圾复混肥处

理与 CK 比较, 0 ~ 20cm 耕层中 >0.25 mm 团粒结构增加 5.51 %, 团粒结构增加后使土壤水、肥、气、热得到协调, 从而增加了土壤保水性能。4 个处理灌水后第 5 天测定结果表明, 垃圾复混肥处理与 CK 比较, 土壤自然含水量、贮水量分别增加 31.68 g/kg 和 31.58 m³/hm²。不同处理间差异显著性经 LSR 检验达到显著或极显著水平 (表 1)。

玉米地施用垃圾复混肥与 CK 比较, 耕作层 CEC、土壤有机质、碱解 N、速效 P、速效 K 分别增加 7.03 cmol/kg、1.77 g/kg、20.51 mg/kg、2.95 mg/kg、11.10 mg/kg。而单施化学肥料与垃圾复混肥比较, 耕层 CEC、有机质、碱解 N、速效 P、速效 K 分别降低 5.88 cmol/kg、2.14 g/kg、0.83 mg/kg、0.18 mg/kg 和 18.30 mg/kg。说明单施化学肥料后, 由于淋失、土壤固定等原因, 使土壤保肥性能和速效态养分有降低的趋势。玉米地施用垃圾堆肥和垃圾复混肥后, pH 都略有下降, 与 CK 比较, pH 分别降低 0.25 和 0.17 个单位, 其原因是垃圾堆肥和垃圾复混肥中有机物质被微生物分解后产生了一部分有机酸。而单施化学肥料与 CK 比较, pH 升高 0.16, 可能是化学肥料中 CO(NH₂)₂ 发生水解反应后形成 NH₄HCO₃ 引起了土壤 pH 的升高。不同处理间差异显著性经 LSR 检验达到显著或极显著水平 (表 2)。

表 1 不同肥料处理对土壤物理性质的影响

Table 1 Effect of fertilizer treatments on soil physical properties

试验处理	土壤体积质量 (g/cm ³)	总孔隙度 (%)	>0.25 mm 团粒 (%)	自然含水量 (g/kg)	贮水量 (m ³ /hm ²)
化肥	1.30 dc DC	50.94 dc DC	23.61 cd CD	144.07 cd CD	374.58 cd CD
垃圾堆肥	1.15 ab AB	56.60 ab AB	27.43 b B	165.90 b B	379.64 b B
垃圾复混肥	1.19 bc BC	55.09 bc BC	27.96 ab AB	175.24 a A	397.84 a A
CK	1.28 c C	51.69 c C	22.45 d C	143.56 d D	366.26 d D

注: 大写字母为 LSR_{0.01}, 小写字母为 LSR_{0.05} 显著差异水平 (下同)。

表 2 不同肥料处理对土壤养分含量的影响

Table 2 Effect of fertilizer treatments on soil nutrient contents

试验处理	有机质 (g/kg)	碱解 N (mg/kg)	速效 P (mg/kg)	速效 K (mg/kg)	CEC (cmol/kg)	pH
化肥	12.75 bc BC	58.28 ab AB	10.17 ab A	143.20 bc BC	13.35 cd CD	8.26 c C
垃圾堆肥	16.07 a A	55.88 c AB	9.25 b A	163.40 a A	16.80 b B	7.85 a A
垃圾复混肥	14.89 bc BC	59.11 a AB	10.35 ab A	161.50 a A	19.23 a AB	7.93 ab AB
CK	13.12 d D	38.60 d C	7.40 c A	160.40 c A	12.20 d D	8.10 c BC

玉米收获后，取耕作层 0 ~ 20 cm 土壤化验分析，施用垃圾复混肥与施用垃圾堆肥比较，土壤中重金属离子 Hg、Cd、Cr、Pb 含量分别降低 0.24、0.09、12.92、2.66 mg/kg（表 3）。说明垃圾堆肥大

量施用于农田，对土壤环境有一定污染。如果在垃圾堆肥中加入有机肥料和化学肥料配制成垃圾复混肥，可以明显减缓土壤中重金属离子的富集速度。这为生活垃圾合理利用找到了一条有效途径。

表 3 不同肥料处理对土壤重金属离子的影响（mg/kg）

Table 3 Effect of fertilizer treatments on heavy metal ions in the soil

试验处理	Hg	Cd	Cr	Pb
化肥	0.48 cd CD	0.35 cd CD	22.98 d D	8.46 cd CD
垃圾堆肥	0.65 a A	0.46 a A	37.88 a A	11.85 a A
垃圾复混肥	0.41 b B	0.37 bc BC	24.96 cd CD	9.19 b B
CK	0.45 d D	0.33 d D	21.00 b B	7.86 d D

2.2 对玉米经济性状和产量的影响

玉米施用垃圾复混肥与施用化肥、垃圾堆肥、CK 比较，株高分别增加 11.60、14.70、43.20 cm；穗粒数分别增加 9.26、17.31、25.55 粒；穗粒重分别增加 11.75、19.00、28.75 g；百粒重分别增加 0.38、2.10、2.43 g，产量分别增加 0.48、0.60、2.53 t/hm²；

增产率分别为 4.05 %、5.12 %、25.86 %；施用垃圾复混肥与施用化肥、垃圾堆肥比较，施肥利润分别增加 300 元/hm² 和 400 元/hm²。不同处理间肥料投资效率是垃圾复混肥>化学肥料>垃圾堆肥。各处理间差异显著性经 LSR 检验达到显著或极显著水平（表 4、5）。

表 4 不同肥料处理对玉米经济性状的影响

Table 4 Effect of fertilizer treatments on corn practical characters

试验处理	株高 (cm)	穗粒数 (粒)	穗粒重 (g)	百粒重 (g)	产量 (t/hm ²)
化肥	273.10 bc A	560.19 ab A	190.75 ab A	34.83 ab A	11.83 bc AB
垃圾堆肥	270.00 bc A	552.14 b A	183.50 b A	33.11 b A	11.71 c B
垃圾复混肥	284.70 ab A	569.45 ab A	202.5 ab A	35.21 ab A	12.31 a A
CK	241.50 d A	543.90 c A	173.50 c A	32.78 c A	9.78 b C

表 5 不同肥料处理对玉米增产效果的影响

Table 5 Effect of fertilizer treatments on production of corn

试验处理	产量 (t/hm ²)	增产率 (%)	产值 (万元/hm ²)	施肥成本 (万元/hm ²)	施肥利润 (万元/hm ²)	肥料投资效率 (元/元)
化肥	11.83 bc B	20.96	0.65 bc B	0.10	0.55 bc B	5.50 bc B
垃圾堆肥	11.71 c B	19.73	0.64 c B	0.10	0.54 c B	5.40 c B
垃圾复混肥	12.31 a A	23.72	0.68 a A	0.10	0.58 a A	5.80 a A
CK	9.78 d C	—	0.53 d C	—	0.53 d C	5.30 d C

3 小结

在生活垃圾中加入生物热性肥料（纯鸡粪、羊粪），经发酵处理后，再加入矿质化学肥料配制成有机无机垃圾复混肥施用于农田，具有明显的改土培肥增产效果。主要表现为土壤体积质量降低，总孔

隙度增大；初步形成了团粒结构，提高了土壤的保水性和保肥性；减缓了土壤中重金属离子的富集速度；为生活垃圾合理利用找到了有效途径，既克服了生活垃圾直接用于农田有害物质多的缺点，又解决了长期单独施用化肥所造成的土壤板结等难题，

具有较好的经济、社会、生态效益。

参考文献

- 1 李国学. 固体废物堆肥与有机复混肥生产. 北京: 化学工业出版社, 2000, 168 ~ 194
- 2 曹作忠, 陈军平, 高海成. 当前我国生活垃圾处理方向探讨. 环境保护, 2001, (10): 13 ~ 18
- 3 陈世和. 城市垃圾堆肥原理与工艺. 上海: 复旦大学出版社, 1990, 52 ~ 68
- 4 张辉, 李维炯, 倪永珍. 生物有机无机复混肥效应的初步研究. 农业环境保护, 2002, 21 (4): 352 ~ 356
- 5 王晓娟, 金梁, 顾宗濂, 林先贵. 垃圾复混肥在农业生产
- 6 薛立, 邝立刚, 陈红跃, 谭绍满. 不同林分土壤养分、微生物与酶活性的研究. 土壤学报, 2003, 40 (2): 280 ~ 285
- 7 范海荣, 华珞, 傅桦, 王学江. 城市垃圾堆肥的生态效应与对策研究. 土壤, 2004, 36 (5): 498 ~ 5057
- 8 曹作忠, 陈军平, 高海成. 生活垃圾堆肥应注意的若干技术经济问题. 环境保护, 2000, (8): 39 ~ 42
- 9 中国土壤学会农业化学专业委员会. 土壤农业化学常规分析法. 北京: 科学出版社, 1983, 106 ~ 208
- 10 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析. 上海: 上海科学技术出版社, 1978, 110 ~ 218

EFFECTS OF APPLICATION OF COMPOSTED DOMESTIC WASTE ON SOIL PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES AND YIELD OF CORN

QIN Jia-hai JIN Zi-xue CHEN Guang-quan LIU Jin-rong XIE Xiao-rong

(1 Agricultural Resources and Environment Department, Hexi University, Zhangye, Gansu 734000;

2 Key Laboratory on Resources and Environmental Chemistry of the West China, Hexi University, Zhangye, Gansu 734000)

Abstract Comparison experiment of fertilizer-waste mixture, chemical fertilizer and composted domestic waste was carried out in the field. Results indicated that in comparison with CK, the use of fertilizer-waste mixture decreased the bulk density by 0.11 g/cm³ and pH by 0.17, but increased total porosity by 3.4 %, granular structure (> 0.25 mm) by 5.51 %, natural moisture content by 71.68 g/kg, waterstorage capacity by 145.69 m³/hm², CEC by 7.03 cmol/kg, organic matter by 1.77 g/kg, alkalytic N by 20.51 mg/kg, readily available P by 2.95 mg/kg, readily available K by 11.10 mg/kg, plant height by 43.20 cm, number of grains per spike by 25.55, grain weight by 28.75 g, hundred-grain weight by 2.43 g and yield by 25.86 %. Moreover, the application also retarded accumulated of heavy metals, such as Hg, Cd, Cr, and Pb in the soil significantly. The difference between treatments reached significance and extremely significance based on LSD analysis.

Key words Fertilizer-waste mixture, Physico-chemical Properties, Corn