

天然腐熟垃圾的微生物活性和肥效

周德智 尹瑞龄 顾希贤 顾宗濂 谢思琴 许月蓉

(中国科学院南京土壤研究所)

摘 要

城市生活垃圾经堆沤处理为肥料后,用于种植蔬菜,增产效果显著,作物品质亦符合国家卫生标准。土壤(潮土和红壤)施用垃圾肥,促进了微生物的繁殖,改良了结构,提高了肥力。为利用城市垃圾提出了一条合理的出路。

现代城市每日都产出大量的生活垃圾,随意堆放就成为一种严重的污染源,危害人类生存环境。城市生活垃圾数量庞大,成分复杂,但也并非真正的废物,利用生物技术进行适当处理,可转化为肥料、能源或多种有益的产品。目前我国大多数城市的生活垃圾基本上未进行无害化处理,大量的生活垃圾直接排入市郊,堆弃裸放于坑洼沟塘之中,或者倾入江河湖海。这种处理方式不是解决城市大量生活垃圾出路的根本办法。合理处理垃圾已成为重要的研究课题。近几年来,我们采用南京市白下区堆放场的垃圾进行了有机养分的微生物分解和施肥试验,以期探讨城市生活垃圾经机械化堆肥处理后,变废物为肥料,在农、林等行业上安全施用等问题。

一、材料和方法

(一)垃圾来源

供试垃圾采自南京市白下区高桥垃圾堆放场堆放2年的垃圾,经滚筒筛选除去废金属、塑料、玻璃等杂品,经粉碎、过筛成为粗垃圾肥。其理化性质列于表1。

表1 垃圾肥的理化性质

有机质	腐殖质	阳离子交换量	全 氮 (N)	速效氮	全 磷 (P ₂ O ₅)	速效磷	全 钾 (K ₂ O)	速效钾	pH
g/kg	g/kg	cmol/kg	g/kg	mg/kg	g/kg	mg/kg	g/kg	mg/kg	
103	4.0	10.6	4.6	469	4.8	120	14.4	1450	7.7

(二)垃圾肥的微生物分析

用稀释平板法测定垃圾肥中微生物数量,并作优势菌的鉴定。

(三)垃圾肥的肥效试验

试验设计分4种类型:(1)不施垃圾肥即对照(CK);(2)施垃圾肥;(3)垃圾肥与化肥(尿素和过磷酸钙)配施;(4)施化肥。

试验在两种性质不同的土壤上进行,第一个试验是在河南开封中国科学院封丘农业生态

实验站潮土上进行，种植青菜，试验设 8 个处理，4 个重复计 32 个盆钵(表 2)。4 月 8 日播种，5 月 26 日收获。收获时采集土样进行土壤养分分析和微生物数量测定。6 月 7 日再次播种青菜，7 月 21 日收获，以观测垃圾肥的后效。

表 2 潮土施用垃圾肥种植青菜的试验设计

编号	处理	垃圾肥用量	化肥添加量 (mg/kg)	
		kg/ha	速效氮(N)	速效磷(P ₂ O ₅)
1	CK			
2	垃 ₁	1.5×10 ⁵		
3	垃 ₂	3.0×10 ⁵		
4	垃 ₃	6.0×10 ⁵		
5	垃 ₁ +N ₁ P ₁	1.5×10 ⁵	40.9	39.8
6	垃 ₂ +N ₂ P ₂	3.0×10 ⁵	81.8	79.6
7	N ₁ P ₁		40.9	39.8
8	N ₂ P ₂		81.8	79.6

表 3 红壤施用垃圾肥种植大白菜的试验设计

编号	处理	垃圾肥用量	化肥添加量 (mg/kg)	
		kg/ha	速效氮(N)	速效磷(P ₂ O ₅)
1	CK			
2	垃 ₁	4.5×10 ⁵		
3	垃 ₁ +N ₁ P ₁	4.5×10 ⁵	231.3	60.0
4	垃 ₁ +N ₂ P ₂	4.5×10 ⁵	531.3	137.0
5	垃 ₁ +N ₃ P ₃	4.5×10 ⁵	731.3	188.4
6	垃 ₂ +N ₁ P ₁	2.25×10 ⁵	231.3	60.0
7	垃 ₃ +N ₁ P ₁	7.5×10 ⁵	231.3	60.0
8	N ₂ P ₂		531.3	137.0

第二个试验是在江西鹰潭中国科学院红壤实验站进行。种植大白菜，试验设 8 个处理，6 次重复共 48 个盆钵(表 3)。6 月 11 日播种，7 月 12 日收获。收获时采集土样进行土壤养分分析和微生物数量测定。

二、结果和讨论

(一)垃圾肥的品质

城市生活垃圾是由多种物质组成的异质混合物，主要包括无机物和有机物两大类。前者(主要是一些废杂品等)经过分选除去与后者一起通过微生物的作用而构成堆肥。垃圾肥是一种很好的土壤调节剂和改良剂，其本身的养分价值并不高(表 1)。腐殖质、速效氮、速效磷含量都较低。腐殖质含量低(4.0g/kg)表明垃圾肥中有机质的腐殖化过程很弱。由于有机质必须分解为腐殖质后才可为植物吸收利用，腐殖质含量低必然影响有机质对植物的有效性。其全磷含量虽可达 4.8g/kg，但速效磷仅为全磷的四十分之一，表明大部分磷素处于无效态，植物所需磷素得不到满足。速效氮、钾也是如此，只占全氮、全钾的 10% 左右。说明普通城市生活垃圾肥，存在可供植物吸收的养分，但需深加工。利用生物技术提高垃圾肥质量，促使潜在养分的释放，这是有待进一步研究的课题。

(二)垃圾堆肥的微生物活性及其对土壤肥力的影响

1. 微生物活性

垃圾肥中含有多种微生物，每克垃圾肥中的微生物数量约为 130~910×10⁸ 个(腐熟~半腐熟)。优势种为假单胞菌、芽孢杆菌、灰色放线菌、曲霉及青霉等。含有大量微生物的垃圾肥施于土壤，促使土壤中微生物数量明显增加(表 4 和表 5)。

在潮土中，纯施化肥的 N₁P₁ 和 N₂P₂ 处理，微生物总数的增加分别为对照的 1.28 倍和 1.53 倍，而施垃圾肥或垃圾肥与化肥配施的处理，微生物总数的增加，最高者(垃₃处理)为对照的 8.20 倍，为 N₂P₂ 处理的 5.36 倍(表 4)。在红壤中，纯施化肥(N₁P₁)处理，微生物总数是对照的 1.4 倍，而施垃圾肥或垃圾与化肥配施的各处理，微生物总数远高于对照和纯化肥(N₁P₁)处理。最高者(垃₃+N₁P₁处理)为对照的 5.14 倍，为纯化肥处理的 3.68 倍(表 5)。再从单个菌类的数量看，潮土和红壤都显示放线菌的数量增加最明显。上述结果显示，潮土和

表 4 潮土施用垃圾肥种菜后微生物数量的变化

编号	处 理	细 菌 10 ⁸ /g	放线菌 10 ⁶ /g	真 菌 10 ⁴ /g	微生物 总数 10 ⁸ /g
1	CK	64.1	4.9	6.0	69.1
2	垃 ₁	103	15.3	6.3	118
3	垃 ₂	98.4	14.3	7.2	112
4	垃 ₃	488	78.4	6.8	567
5	垃 ₁ +N ₁ P ₁	79.9	10.8	5.7	90.6
6	垃 ₂ +N ₂ P ₂	142	7.5	8.6	150
7	N ₁ P ₁	83.2	5.5	5.5	88.7
8	N ₂ P ₂	100	5.7	5.7	106

表 5 红壤施用垃圾肥种菜后微生物数量的变化

编号	处 理	细 菌 10 ⁸ /g	放线菌 10 ⁶ /g	真 菌 10 ⁴ /g	微生物 总数 10 ⁸ /g
1	CK	210	42.1	72.6	253
2	垃 ₁	207	241	85.3	449
3	垃 ₁ +N ₁ P ₁	328	252	124	581
4	垃 ₁ +N ₂ P ₂	542	263	132	806
5	垃 ₁ +N ₃ P ₃	742	470	150	1114
6	垃 ₂ +N ₁ P ₁	411	221	110	633
7	垃 ₃ +N ₁ P ₁	982	318	162	1302
8	N ₂ P ₂	272	80.3	106	354

红壤施用垃圾肥后,微生物大量繁殖,这将促进有机质的分解和有效养分的释放,为提供植物所需养分起到积极作用。

2. 微生物活性对土壤肥力的影响

垃圾肥施用于潮土、红壤,种植蔬菜后进行的土壤养分分析结果表明:潮土施垃圾肥或垃圾肥与化肥配施,有机质含量和全氮是对照的 2 倍以上,最高者(垃₃处理)达 6 倍和 4 倍。全磷和速效磷为对照的 2 倍和 3 倍(垃₃、垃₂+N₂P₂处理),其它各处理都比对照有明显增加(表 6)。

表 6 潮土施用垃圾肥种菜后土壤的养分变化状况

编号	处 理	有 机 质 (g/kg)	全 氮 (g/kg)	全 磷 (g/kg)	全 钾 (g/kg)	速 效 氮 (mg/kg)	速 效 磷 (mg/kg)
1	CK	8.4	0.6	2.1	23.1	114	71
2	垃 ₁	18.8	1.1	2.8	19.8	102	97
3	垃 ₂	31.9	1.3	3.1	19.4	114	116
4	垃 ₃	48.7	2.3	4.1	17.2	84	117
5	垃 ₁ +N ₁ P ₁	26.4	1.4	3.3	19.9	114	171
6	垃 ₂ +N ₂ P ₂	35.8	1.5	4.0	18.9	147	231
7	N ₁ P ₁	8.4	0.6	2.5	23.1	94	106
8	N ₂ P ₂	8.1	0.6	2.4	21.5	70	123

红壤施垃圾肥或垃圾肥与化肥配施,与潮土一样,土壤养分含量也明显提高,其提高幅度略小于潮土,有机质含量和全氮与对照比,增加最高者(垃₃+N₁P₁处理)为 1.75 倍和 1.56 倍(表 7)。潮土中的全钾含量、红壤中的速效钾含量略有下降。

从表 6 和表 7 看,垃圾肥对促进土壤养分增加的效果,潮土高于红壤。垃圾肥的有效养分和潜在养分均高,施用于潮土和红壤,有利于培肥土壤,提高土壤肥力。

3. 垃圾肥的增产效果

从表 8 看,潮土单施垃圾肥 150 吨/公顷(垃₁)、300 吨/公顷(垃₂)、600 吨/公顷(垃₃),种植青菜与不施垃圾肥的对照比,前茬不增产或仅增产 2~3 成,但后茬增产效果显著,比对照增产 1.23~2.85 倍。单施垃圾 150、300、600 吨/公顷比单施化肥的处理 N₁P₁、N₂P₂,前茬不增产或仅增产 1~2 成,但后茬可增产 1~2 倍。若施垃圾肥 150 吨/公顷配施化肥 N₁P₁、

表7

红壤施用垃圾肥种菜后土壤的养分变化状况

编号	处 理	有 机 质 (g/kg)	全 氮 (g/kg)	全 磷 (g/kg)	全 钾 (g/kg)	速效氮 (mg/kg)	速效磷 (mg/kg)	速效钾 (mg/kg)
1	CK	18.3	0.9	1.8	9.6	10.1	121	217
2	垃 ₁	23.9	1.2	2.1	10.5	11.1	118	199
3	垃 ₁ +N ₁ P ₁	24.2	1.2	1.9	10.3	10.6	118	166
4	垃 ₁ +N ₂ P ₂	25.8	1.2	2.1	10.7	12.1	120	157
5	垃 ₁ +N ₃ P ₃	25.8	1.3	2.1	10.7	11.1	127	155
6	垃 ₂ +N ₁ P ₁	21.6	1.1	2.0	10.0	13.3	124	185
7	垃 ₃ +N ₁ P ₁	32.0	1.4	2.4	11.0	15.5	130	183
8	N ₂ P ₂	18.2	1.0	1.2	10.1	19.1	133	386

施垃圾肥300吨/公顷配施化肥N₂P₂，则前茬可比单施同量垃圾肥再增产3~4成，但后茬减产(垃₂+N₂P₂与垃₂比)。

可见，潮土施垃圾肥，肥效较长且后茬产量高于前茬；单施垃圾肥或施垃圾肥再配施常量化肥(氮、磷)比单施常量化肥(氮、磷)，前茬产量虽明显增加，但后茬增产更显优势。说明垃圾肥养分齐全、肥效持久，同时还具有促进化肥肥效的作用。

从红壤种植大白菜的产量看(表9)，单施垃圾肥450吨/公顷(垃₁)比对照和单施化肥(N₂P₂处理)均增产6.18倍，对照与单施化肥产量持平，表明单施化肥对增产未起作用。施垃圾450吨/公顷(垃₁)配施三个递增量的化肥(N₁P₁、N₂P₂、N₃P₃)似乎产量差异不大，只随化肥量增加产量略增。但三者比对照和单施化肥(N₂P₂)增产6.18~8.91倍。而化肥按N₁P₁，配施225吨/公顷(垃₂)、750吨/公顷(垃₃)的可分别比对照(或单施化肥N₂P₂)增产4.33、9.06倍。施垃圾肥量越大者产量越高。

对比潮土与红壤施用垃圾肥的增产效果表明，施垃圾肥种植蔬菜增产十分显著，而红壤的增产效果又比潮土大得多。这可能与土壤本身的理化性质有关。施垃圾肥不仅改善了土壤养分状况，还改良了土壤的物理性状(如紧实度、容重、结构和通气状况)和物理化学状况(如阳离子交换量等)。给植物提供了一个良好的生长环境。

表8 潮土施用垃圾肥的青菜平均产量

编号	处 理	当 季		后 茬	
		重 量 (kg/m ²)	吨/ha	重 量 (kg/m ²)	吨/ha
1	CK	11.2	112	2.9	29.1
2	垃 ₁	10.3	103	6.5	64.8
3	垃 ₂	13.5	135	9.2	92.1
4	垃 ₃	14.4	144	11.2	112.0
5	垃 ₁ +N ₁ P ₁	14.9	149	10.8	108.0
6	垃 ₂ +N ₂ P ₂	17.2	172	7.7	77.0
7	N ₁ P ₁	12.2	122	3.2	31.9
8	N ₂ P ₂	12.7	127	4.4	44.2

表9 红壤施用垃圾肥的白菜平均产量

编号	处 理	重 量	
		kg/m ²	吨/ha
1	CK	0.67	6.7
2	垃 ₁	4.81	48.1
3	垃 ₁ +N ₁ P ₁	6.06	60.6
4	垃 ₁ +N ₂ P ₂	6.64	66.4
5	垃 ₁ +N ₃ P ₃	6.70	67.0
6	垃 ₂ +N ₁ P ₁	3.57	35.7
7	垃 ₃ +N ₁ P ₁	6.74	67.4
8	N ₂ P ₂	0.67	6.7

上述实验结果表明，天然腐熟的城市生活垃圾应用于农业、林业、苗圃花卉、绿化等行业作肥料，可以减轻对环境造成的污染，这是一条城市生活垃圾安全合理的出路，具有很大的理论与实践意义。