

# 生态厕所堆肥种植油菜的肥效试验研究

王 瑾<sup>1,2</sup>, 钱 新<sup>1</sup>, 谢英荷<sup>2</sup>, 钱 瑜<sup>1</sup>, 张玉超<sup>1</sup>, 高良敏<sup>3</sup>

(1. 污染控制与资源化研究国家重点实验室, 南京大学环境学院, 江苏 南京 210093; 2. 山西农业大学资源环境学院, 山西 太原 030801; 3. 安徽理工大学资源与环境工程系, 安徽 淮南 232001)

**摘 要:**通过盆栽试验, 研究了生态厕所堆肥对油菜生产、品质及土壤肥力的影响。结果表明, 在同一施用水平  $N:P_2O_5:K_2O$  (1:0.61:0.99), 与施用化肥相比, 施用堆肥能增加油菜的维生素 C 含量 23%~44%, 降低硝酸盐含量 78%~89%; 但降低了光合作用和产量; 施用堆肥且能降低土壤 pH 值, 增加土壤有机质, 堆肥中大部分为缓效态的磷钾, 释放慢, 施用化肥的因油菜生长过程中消耗而有效磷钾会降低; 施用生态厕所堆肥土壤全盐量 (浓度  $\geq 0.327\%$ ) 高时, 受盐胁迫严重影响油菜生长; 在  $10\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$  营养水平, 堆肥与化肥配施既提高油菜品质, 又没降低产量, 配施利用是堆肥资源化利用中的发展方向。生态厕所堆肥可加工成为无公害蔬菜专用商品肥, 是粪便资源化利用的有效途径。

**关键词:**生态厕所堆肥; 盆栽油菜; 品质; 土壤肥力

**中图分类号:** S141.4    **文献标识码:** A    **文章编号:** 1672-2043(2008)03-1242-06

## The Experiment on Fertilizer Effect of Bio-toilet's Compost on Cole Production

WANG Jin<sup>1,2</sup>, QIAN Xin<sup>1</sup>, XIE Ying-he<sup>2</sup>, QIAN Yu<sup>1</sup>, ZHANG Yu-chao<sup>1</sup>, GAO Liang-min<sup>3</sup>

(1.State Key Laboratory of Pollution Control and Resource Reuse, School of Environment, Nanjing University, Nanjing 210093, China; 2. School of Resource and Environment, Shanxi Agriculture University, Taiyuan 030801, China; 3. Department of Resource and Environmental Engineering, Anhui University of Science and Technology, Huainan 232001, China)

**Abstract:** The fertilizer effect of bio-toilet's compost on cole production and soil nutrition was studied and compared with that of chemical fertilizer and compost-chemical-integrated fertilizer, in which the same ratio of nutrients of  $N:P_2O_5:K_2O$  were set at 1:0.61:0.99 by using pot experiments. It was shown that the content of vitamin C in the cole leaves increased by 23%~44% with the use of the compost, the nitrate contents decreased about 78%~89%, but the photosynthesis and output was reduced. It was revealed that high content of salt (as high as 0.327%) affected the output of cole seriously. At the same time, the contents of available P and K in soils decreased obviously after harvesting with the application of chemical fertilizer. The soil fertility was improved in cases using compost fertilizer. The suitable level of compost-chemical-integrated fertilizer could improve cole quality and output, which is the direction of development of compost resources application. Chemical fertilizer may supply nutrients of vegetal demand with quick result, and compost may supply nutrients continuously and improve vegetal quality. Considering environmental protection and resources reuse, the bio-toilet composting can recycle organic wastes and mitigate the effects of fertilization on the environment, so it could be used specially as the green fertilizer for vegetable.

**Keywords:** bio-toilet's compost; potted cole; quality; soil fertility

随着全球人口增加和人们生活水平的日益提高, 淡水资源危机不断加剧, 对传统的用水模式和排水系

统的研究和实践在世界范围内展开。现有城镇厕所粪便处理一般都是用水冲洗后形成污水经过下水管道, 或流入污水处理厂或流入江河湖海, 人们为后期处理污水需花费庞大的资金和人力。并且, 大量的自然肥料资源和优质水被白白浪费。随着城市化程度的不断提高, 这种现象日益严重。普及生态厕所可以削减污染, 还可以为农业生产提供有机肥料, 有利于形成良好的生态农业循环模式。目前, 国内外的生态厕所主

收稿日期: 2007-05-28  
基金项目: 教育部博士点基金 (20060284011); 江苏省“六大人才高峰”资助项目  
作者简介: 王 瑾 (1974—), 女, 博士研究生, 讲师, 主要从事土壤生态, 环境规划与管理研究。E-mail: sxauwj@163.com  
通讯联系人: 钱 新 E-mail: xqian@nju.edu.cn

要分为两类,免水冲洗厕所和循环水冲洗厕所<sup>[1-2]</sup>,其中免水冲生态厕所在整个过程中既不浪费水资源也不需要下水道系统,同时产物还可以作为有机肥利用。

在我国,不同处理技术及各种类型的生态厕所已在各地开始使用,许多大城市和旅游区相继出现了不同类型的生态厕所。在日本开发了以锯木屑为反应基质的生态厕所,取得了良好的效果。国内外生态厕所研究主要集中在设备安全运转方面,对于产生剩余物无害化、资源化利用方面研究较少<sup>[3]</sup>。本文在总结前人关于“现场堆肥生态厕所”资源化利用的基础上,试图通过盆栽试验对生态厕所堆肥的理化性质及生物效应进行分析研究,旨在为生态厕所产物的资源化利用进一步提供理论依据。

### 1 试验材料与方法

#### 1.1 试验材料

试验中所用的生态厕所堆肥反应介质为机械粉碎的锯木屑和取自淮南市田家庵区洛河镇的大豆秸秆(干燥时体积比 1:1),装置为日本产 S-15 型生态厕所,使用周期 3~4 个月<sup>[1-7]</sup>。本研究使用药品包括尿素(提供氮源)、过磷酸钙(提供磷源)和硫酸钾(提供钾源)。

#### 1.2 生态厕所堆肥的肥效试验

试验土壤为山西农业大学生土,土壤理化性质为 pH 值 8.5,有机质 0.011 49 mg·kg<sup>-1</sup>,全氮 0.000 857 g·kg<sup>-1</sup>,水解氮 0.009 18 mg·kg<sup>-1</sup>,有效磷 19.02 mg·kg<sup>-1</sup>,有效钾 117.12 mg·kg<sup>-1</sup>,全盐量 0.114%。

试验处理:Ⅰ为施生态厕所堆肥,Ⅱ为施化肥,Ⅲ为 1:1 化肥与生态堆肥配合使用,Ⅳ(CK)为空白。在每个钵中装风干土 5 kg,各加入 25 g (Ⅰ<sub>1</sub>),50 g (Ⅰ<sub>2</sub>),100 g (Ⅰ<sub>3</sub>),200 g (Ⅰ<sub>4</sub>),400 g (Ⅰ<sub>5</sub>)不同比例堆肥,经测试以等营养成分施化肥及 1:1 化肥与生态厕所堆肥配合使用(复混肥),各重复 4 次。所有肥料均一次性作基肥,混匀。

试验方法:试验地点为山西农业大学设施农业智能温室,供试品种为“四月慢”油菜。各个处理于 2006 年 10 月 15 日播种,11 月 1 日移裁定苗,每盆定苗 4 株,12 月 10 日收获。收获后测试植物品质指标叶绿素、硝酸盐、V<sub>c</sub> 及各水平土壤理化性质。

#### 1.3 试验分析测定方法

生态厕所堆肥理化性质指标依据国家颁布的有机无机复混肥料标准 GB 18877—2002 测试。土壤理化性质指标依据鲍士旦《土壤农化分析》(2003)中方

法测试<sup>[4]</sup>。蔬菜指标测试方法维生素 C,为 2,6-二氯酚酚滴定法;硝酸盐含量,为紫外分光光度法;叶绿素,为比色法。

### 2 结果与分析

#### 2.1 生态厕所堆肥性质分析

参照生态厕所 S-15 型设备指标可知生态厕所堆肥蛔虫卵死亡率(≥95%),大肠菌值达到 GB 1887—2002 规定。产品呈现疏松的团粒结构,颜色为深褐色,肉眼看上去均匀,并有泥土的气味。生态厕所堆肥理化性质测试结果列于表 1。

有机堆肥腐熟度(C/N 表示)是评价肥料性能的重要指标,一般认为有机肥料的 C/N 在 20:1 以下时对作物的生长无害<sup>[6]</sup>,由表 1 可知本试验考虑水分含量最终残余物的碳氮比为 15.9(<20:1),可以用作有机肥。酸碱度 pH 值可以作为评价堆肥腐熟程度的另一个指标,堆肥原料或发酵初期,pH 值为弱碱性到中性,一般为 6.5~7.5,腐熟的堆肥产品 pH 值为 8.1~8.4,生态厕所堆肥的 pH 偏低,说明腐熟度较低。生态厕所有机堆肥含水率为 44%,高于商品肥要求,需要加工为颗粒状或条状产品。目前,我国尚无有机肥中的重金属限量标准,根据 GB 1887—2002 对重金属的限值判定,堆肥中重金属砷、铅含量极低,铬、镉未检出,汞含量超标 2.5 倍,经调查与反应基质中秸秆物在某发电厂附近有关。试验生态厕所堆肥氯离子超标 14%。通过电导率(EC)测试堆肥全盐量已超过我国所有地区土壤盐渍化分类的重度盐化土壤数量级(2%~3%)<sup>[4]</sup>,土壤中大量的可溶性盐分可导致土壤水势及

| 表 1 生态厕所堆肥分析测试结果                                         |              |                                                             |
|----------------------------------------------------------|--------------|-------------------------------------------------------------|
| Table 1 Determination and analysis of eco-toilet compost |              |                                                             |
| 项目                                                       | 堆肥性质参数       | 标准 GB 1887—2002                                             |
| pH 值                                                     | 7.96         | 5.5~8.0                                                     |
| Hg                                                       | 0.001 27%    | ≤0.000 5%                                                   |
| Sn                                                       | 0.000 271%   | ≤0.005%                                                     |
| Pb                                                       | 0.000 003 3% | ≤0.015%                                                     |
| Cr                                                       | 未检出          | ≤0.050%                                                     |
| Cd                                                       | 未检出          | ≤0.001%                                                     |
| 含水率                                                      | 44.2%        | ≤10%                                                        |
| 全 N                                                      | 3.005%       | N + P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> + K <sub>2</sub> O ≥15.0% |
| 速 N                                                      | 0.285%       |                                                             |
| 全 P                                                      | 0.792%       |                                                             |
| 全 K                                                      | 2.473%       |                                                             |
| 有机质                                                      | 46.68%       | ≥20%                                                        |
| 氯离子                                                      | 3.386%       | ≤3%                                                         |
| 全盐量                                                      | 2.125%       | —                                                           |

水分有效性显著降低,使作物立苗困难。

生态厕所堆肥总养分含量为 7.8% (干基), 高于其他一般堆肥 (3.5%)、绿肥 (1.3%) 及高温堆肥 (5%), 但低于有机无机复混肥标准 (GB1887—2002), 速效态氮 0.285% 含量低, 说明复混肥标准养分含量要求较高, 单一有机堆肥达不到要求, 需混入无机肥提高有机氮的矿化率。与日本以锯末为基质的同类实验对比, 实验用堆肥氮养分含量要低, 是由于锯末吸附氮的能力强于秸秆, 且木屑含有较多空隙, 有利于好氧微生物生存环境, 而秸秆表面蜡质限制, 降低了微生物对有机质分解<sup>[8]</sup>。

要高效、资源化利用生态厕所堆肥, 加工其为绿色农业的专用商品肥, 尚存在以下需要进一步解决的问题: ①生态厕所的反应基质及堆肥的腐熟度, 应结合生态厕所运行指标严格控制; ②含水率为 44%, 作为商品肥要加工为颗粒状或条状产品, 应降低含水率; ③单一堆肥达不到标准, 需要混入化肥提高养分含量; ④由于氯离子含量较高, 盆栽高投入可能会受到盐胁迫。

2.2 施用生态厕所堆肥对油菜生长发育的影响

本试验不同处理油菜收获后测试生物量, 叶绿素及 Vc 和硝酸盐营养指标结果如表 2, 叶绿素及 Vc 和硝酸盐含量变化如图 1。

2.2.1 施用生态厕所堆肥对油菜品质的影响

2.2.1.1 对油菜硝酸盐含量的影响

由图 1 可看出堆肥的作用明显, 油菜硝酸盐含量的空白 (CK) 处理比 I 处理高近 10 倍; 同一施肥水平, II 处理平均值比 I 处理平均值高 6~7 倍。可见, 大量施用化肥会造成油菜硝酸盐含量剧增, 施用有机肥是降低蔬菜硝酸盐积累的有效措施之一。1989 年蒋德富提出的蔬菜硝酸盐含量安全限量标准值一级≤

350 mg·kg<sup>-1</sup>, 属轻度污染, 允许生食; 二级≤636 mg·kg<sup>-1</sup>, 属中度污染, 生食不宜, 盐渍、熟食允许; 三级≤1 000 mg·kg<sup>-1</sup>, 属高度污染, 生食、盐渍不宜, 熟食允许; 四级≤2 511 mg·kg<sup>-1</sup>, 属严重污染, 不允许食用<sup>[6]</sup>。

I 处理的油菜硝酸盐含量极低, 在市场上有高的竞争力。经过统计分析, 比较施用有机堆肥和化肥处理之

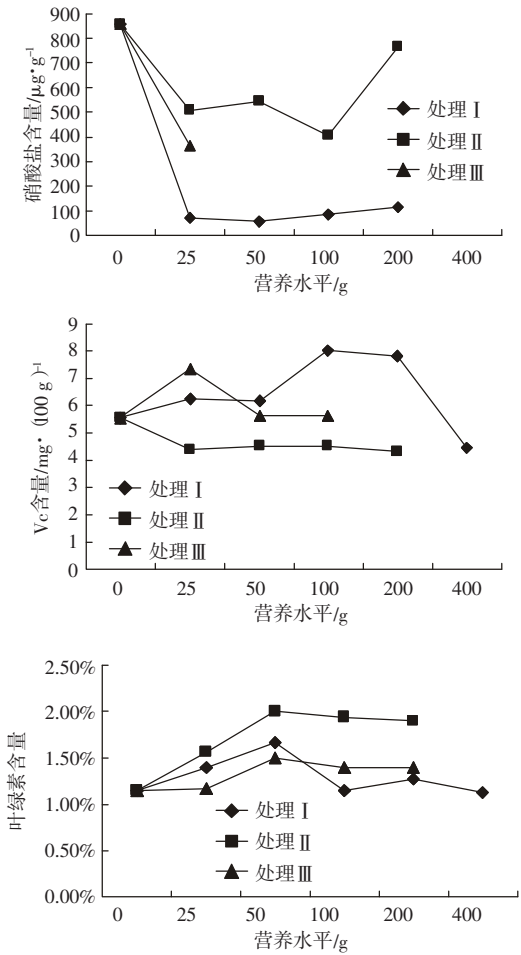


图 1 硝酸盐、Vc、叶绿素含量的变化  
Figure 1 Changes of contents of nitrate, Vc and chlorophyll

表 2 不同处理对油菜的影响

| 处理 |                 | 硝酸盐/μg · g <sup>-1</sup> | 差异显著性<br>0.05 0.01 |   | Vc/mg · (100g) <sup>-1</sup> | 差异显著性<br>0.05 0.01 |   | 生物量/g · 株 <sup>-1</sup> | 差异显著性<br>0.05 0.01 |   |
|----|-----------------|--------------------------|--------------------|---|------------------------------|--------------------|---|-------------------------|--------------------|---|
| IV | CK              | 856.84                   |                    |   | 5.593                        |                    |   | 2.535                   |                    |   |
| I  | I <sub>1</sub>  | 69.33                    | a                  | A | 6.218                        | a                  | A | 1.757                   | a                  | A |
|    | I <sub>2</sub>  | 59.25                    |                    |   | 6.16                         |                    |   | 1.979                   |                    |   |
|    | I <sub>3</sub>  | 88                       |                    |   | 8.021                        |                    |   | 1.76                    |                    |   |
|    | I <sub>4</sub>  | 114.7                    |                    |   | 7.81                         |                    |   | 0.969                   |                    |   |
|    | I <sub>5</sub>  | 114.7                    |                    |   | 7.81                         |                    |   | 0.969                   |                    |   |
| II | II <sub>1</sub> | 509.86                   | b                  | A | 4.367                        | b                  | B | 2.591                   | b                  | A |
|    | II <sub>2</sub> | 546.42                   |                    |   | 4.558                        |                    |   | 3.401                   |                    |   |
|    | II <sub>3</sub> | 407.04                   |                    |   | 4.558                        |                    |   | 4.114                   |                    |   |
|    | II <sub>4</sub> | 765.91                   |                    |   | 4.332                        |                    |   | 4.855                   |                    |   |
|    | II <sub>5</sub> | 765.91                   |                    |   | 4.332                        |                    |   | 4.855                   |                    |   |

间达到差异显著水平 ( $P<0.05$ )。堆肥与化肥配施 (Ⅲ) 介于 I、Ⅱ 处理之间,说明减少化肥使用量能降低硝酸盐含量。

2.2.1.2 施用生态厕所堆肥对油菜 Vc 含量的影响

从图 1 可知 I 处理 Vc 含量高于其他施肥处理, I 处理比 Ⅱ 处理 Vc 含量可增加 23%~44%; I 处理比空白 (CK) 处理高 10%~43%。施用有机堆肥最高水平受盐分影响,含量明显降低,而 Ⅱ 处理变化不明显。经过统计分析,比较施用有机堆肥和化肥处理之间达到差异极显著水平 ( $P<0.01$ )。堆肥与化肥配施高于 Ⅱ 处理,Ⅲ<sub>2</sub> 配施高于 I 处理,说明在  $10\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$  营养水平配施的效果更好。

2.2.2 施用生态厕所堆肥对油菜叶绿素的影响

叶绿素是表征植株生长状况,反映作物光合作用水平的主要施用指标,由图 1 变化可看出 Ⅱ 处理叶绿素值高于其他施肥处理;由于堆肥中盐胁迫, I 处理加速了叶绿素降解,降低了叶绿体对光能的吸收,从而降低光合速率,影响生长<sup>[5]</sup>。随着 I 处理盐分浓度增高,油菜生长发育受到抑制。由表 2 油菜生物量指标可明显得出 Ⅱ 处理的油菜生物量显著高于其他施肥处理,呈现随营养水平提高生物量增加的趋势; I 处理高浓度油菜生物量呈现减少的趋势,其中 I<sub>2</sub> 处理生物量最高。经过统计分析,施用有机堆肥和化肥处理之间生物量达到差异显著水平 ( $P<0.05$ )。堆肥与化肥配施在施入  $10\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$  (Ⅲ<sub>2</sub>) 以下生物量高于等营养水平 I 处理,说明和化肥配施能提高油菜产量。

施用生态厕所堆肥降低了蔬菜光合作用和产量,但能提高蔬菜品质。与其他处理相比,生态厕所堆肥由于养分释放缓慢,释放速度低于蔬菜的吸收速度,所以油菜由于养分缺乏而减产,堆肥与化肥配施的效

果更好。

2.3 施用生态厕所堆肥对产后土壤性质的影响

土壤氮、磷、钾及有机质含量的多少,可以作为判断土壤肥力的重要指标,而土壤有机质和氮、磷养分的消长,主要决定于生物积累和分解作用的相对强弱。本试验不同处理油菜收获后土壤理化性质测试结果如表 3,土壤养分含量变化如图 2,图 3。

(1)由表 3 可知,由于堆肥微生物降解产生的有机酸使反应物 pH 值下降,收获后 I 处理土壤 pH 值低于 Ⅱ 处理;移植植物根系及分泌物使有机质增加,CK 对照比生土 pH 值有所下降。

由图 2 可知,由于堆肥中秸秆腐解与油菜争夺土壤中的氮素, I 处理低水平土壤全氮含量比对照 (CK) 低。收获后 I 处理土壤有效态氮含量少,说明营养不仅被油菜吸收,部分由于分解未腐熟有机肥消耗损失了。Ⅱ 处理土壤有效态养分碱解氮高于 I 处理,说明化肥是速效态养分,Ⅱ 处理收获油菜生物量远大于 I 处理。土壤中碱解氮的变化虽与堆肥基质中氮量多少有关,但更重要的是受土壤环境 (空气、温度、水分、微生物活动) 以及作物活力与呼吸强度所决定的。施用堆肥大于  $10\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$  (I<sub>3</sub>) 营养水平,土壤含盐量剧增,超过 0.35% 的 I<sub>4</sub>、I<sub>5</sub> 长势不好,生物量比对照 (CK) 低。

(2)由图 3 可知,土壤有机质含量 I 处理高于 Ⅱ 处理 20% 以上,高于 CK 对照 9% 以上,但 Ⅱ 处理低营养水平低于空白对照 10%。说明生态厕所有机堆肥能增加土壤有机质含量。

I 处理有效磷钾含量呈现随营养水平提高而提高的趋势,Ⅱ 处理有效磷钾呈相反的趋势。I 处理土壤有效钾含量高于 Ⅱ 处理,一方面是由于 Ⅱ 处理收获

表 3 不同施肥处理的土壤养分含量  
Table 3 Contents of soil nutrients under different fertilizer treatments

| 处理             | pH 值 | 有机质/ $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ | 全氮/ $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ | 碱解氮/ $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ | 有效磷/ $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ | 有效钾/ $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ | 全盐量    |
|----------------|------|------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------|
| CK             | 8.11 | 5.12                               | 0.475                             | 12.35                               | 24.35                               | 88.4                                | 0.085% |
| I <sub>1</sub> | 7.95 | 5.575                              | 0.418                             | 18.05                               | 29.11                               | 136                                 | 0.134% |
| I <sub>2</sub> | 7.98 | 5.917                              | 0.456                             | 19                                  | 36.53                               | 146.2                               | 0.087% |
| I <sub>3</sub> | 7.82 | 7.055                              | 0.551                             | 19.96                               | 45.44                               | 210.8                               | 0.177% |
| I <sub>4</sub> | 7.95 | 9.785                              | 0.779                             | 38.96                               | 60.39                               | 387.6                               | 0.327% |
| I <sub>5</sub> | 7.96 | 35.842                             | 2.156 5                           | 54.16                               | 99                                  | 693.6                               | 1.655% |
| Ⅱ <sub>1</sub> | 8.33 | 4.665                              | 0.988                             | 177.7                               | 121.77                              | 272                                 | 0.11%  |
| Ⅱ <sub>2</sub> | 8.32 | 4.551                              | 0.551                             | 138.7                               | 35.74                               | 68                                  | 0.142% |
| Ⅱ <sub>3</sub> | 8.19 | 5.575                              | 0.532                             | 97.9                                | 67.42                               | 163.2                               | 0.106% |
| Ⅱ <sub>4</sub> | 8.24 | 5.006                              | 0.504                             | 62.72                               | 41.28                               | 112.2                               | 0.114% |

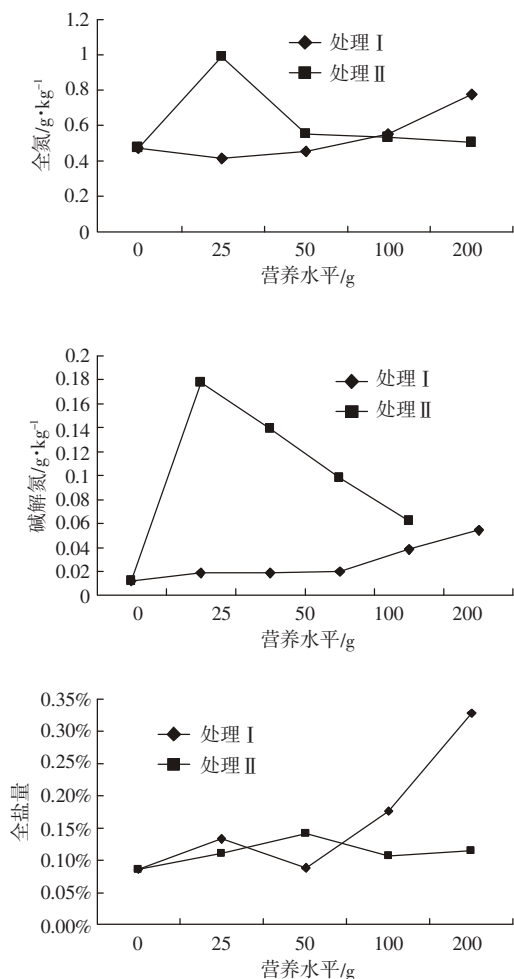


图2 土壤 TN,碱解氮、全盐量变化

Figure 2 Changes of total N, alk-hydro N and total salts in soil

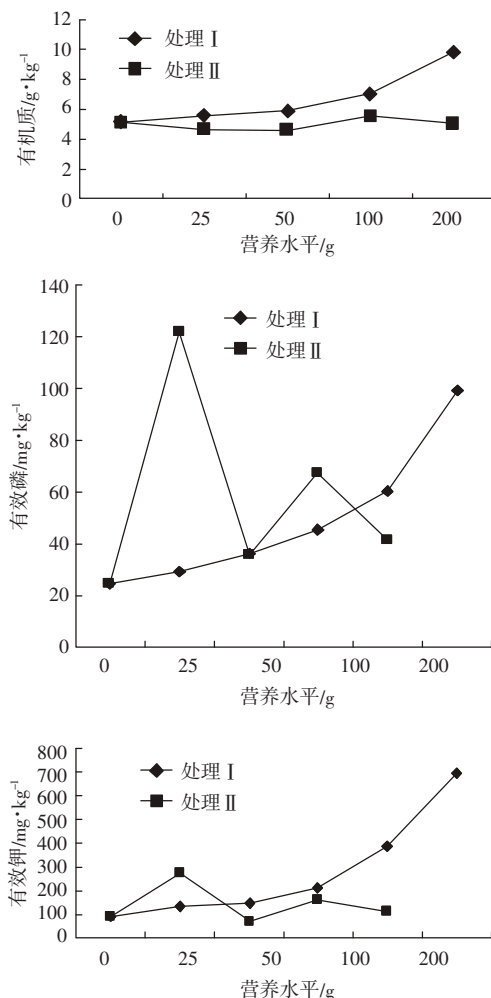


图3 土壤有机质、有效 P、有效 K 变化

Figure 3 Changes of organic matter, Olsen-P and available K in soil

油菜生物量远大于 I 处理,油菜吸收钾素大于 I 处理;另一方面是 I 处理由于盐胁迫造成养分不平衡,可能因为 NaCl 所引起的缺钾,营养留于土壤中。因为堆肥中大部分为缓效态的磷钾,释放慢,收获后土壤中的含量会高一些,施用化肥的作物生长过程中就全部消耗了所以有效磷钾会降低。

生态厕所堆肥提供的氮磷钾比例 ( $\text{N}:\text{P}_2\text{O}_5:\text{K}_2\text{O}$  为  $1:0.61:0.99$ ) 和一般土壤 ( $1:0.59:0.49$ ) 相比,磷、钾含量较高,与现状农业上普遍氮肥过量,磷、钾不足能形成互补。使用堆肥可降低土壤 pH 值,提高土壤有机质含量,但堆肥养分释放缓慢,不能满足作物生长需要。而化肥是速效态养分,容易流失,造成环境污染。堆肥和化肥配施会收到更好的效果。

### 3 结论与讨论

本研究结果表明,施用生态厕所堆肥比化肥和空

白对照能显著改善油菜品质,维生素 C 含量增加 23%~44%,硝酸盐含量降低 78%~89%,能提高土壤有机质含量,但降低了光合作用和产量。单施生态厕所堆肥土壤全盐量 (浓度  $\geq 0.327\%$ ) 高时,受盐胁迫,严重影响油菜生长;与化肥配施利用在  $10 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$  营养水平既提高品质,又没降低产量,收到更好的效果,所以在堆肥农业资源化利用中应适当配施化肥。

堆肥使用能提高油菜品质,主要是由于堆肥中不但含有氮磷钾大量元素,而且含有许多微量元素和有机质,这些都有利于作物品质的改善;堆肥与化肥配施既能提高品质,又减少产量降低,说明化肥可以提供速效养分,满足作物生长的需求,堆肥可以长期供应养分,又可以改善品质,所以配施利用是堆肥资源化利用的发展方向。

生态厕所装置的科学运行能保证堆肥的高效利用。生态厕所堆肥从资源可持续利用与环境保护方

面,既循环利用有机废物,又降低施肥对环境的影响。可持续农业提倡无公害蔬菜专用肥的施用,可在绿色食品生产基地上推广应用,但仍需在其他蔬菜种类上作进一步的试验,并探讨有机-无机复混肥料的最适配比和施用技术,提高绿色蔬菜和有机蔬菜的市场占有率。

#### 参考文献:

- [1] 盛保华,高良敏,钱 新,等.堆肥式生态厕所处理人类排泄物变化规律研究[J].江苏环境科技,2007,20(2):15-17.  
SHENG Bao-hua, GAO Liang-min, QIAN Xin, et al. Study on changing rule of weight of human feces in the dung hill bio-toilet[J]. *Jiangsu Environmental Science and Technology*, 2007, 20(2):15-17.
- [2] 杜 兵,司亚安,孙艳玲.生态厕所的类型及粪污处理工艺[J].给水排水,2003,5:60-62.  
DU Bin, SI Ya-an, SUN Yan-ling. Types of bio-toilet and craftwork of feces and filth disposal[J]. *Water & Wastewater Engineering*, 2003, 5: 60-62.
- [3] 孙胜龙,刘歆瑜,李雪飞,等.玉米秸秆作为生态厕所基质处理人粪便的实验研究[J].环境科学学报,2006,26(1):50-54.  
SUN Sheng-long, LIU Xin-yu, LI Xue-fei, et al. The study on the experiment of decomposing human feces by bio-toilet using cornstalk as matrix [J]. *Acta Scientiae Circumstantiae*, 2006, 26(1): 50-54.
- [4] 鲍士旦.土壤农化分析[M].第三版).北京:中国农业出版社,2003.  
BAO Shi-dan. Soil agro-chemistry analysis (Third edition) [M]. Beijing: Chinese Agro-Publishing Company, 2003.
- [5] 符建荣,王 强,叶 静,等.不同盐胁迫型有机无机复混肥对土壤的致盐力及作物生长的影响[J].浙江农业学报,2005,17(5):239-243.  
FU Jian-rong, WANG Qiang, YE Jing, et al. Potential salt effects and crop response of organic and inorganic compound fertilizer with eifferent salt stress [J]. *Acta Agriculturae Zhejiangensis*, 2005, 17(5):239-243.
- [6] 盛下放,钱永禄,刘 丽.不同处理有机肥对蔬菜品质和土壤肥力的影响 [J].农业环境科学学报,2006,25(1):77-80.  
SHENG Xia-fang, QIAN Yong-lu, LIU Li. Effects of differently treated organic fertilizers on the quality of vegetables and soil fertilities [J]. *Journal of Agro-Environment Science*, 2006, 25(1):77-80.
- [7] Xin Qian, liangmin Gao, Xiyuan Wang, et al. Test on stalk of soybean as alternative matrix in Bio-toilet[R]. 4th International Symposium on Sustainable Sanitation, Sept.4-6, 2006, Bang dung, Indonnesia, ISSN:979-26-2496-1.235-243.
- [8] L L LIU, X QIAN, G F LU. Study on disposal of human waste by on-site composting-type bio-toilet for water pollution control[R]. The 3rd International Symposium on Sustainable Sanitation JAPAN SCIENCE AND TECHNOLOGY AGENCY: Core Reasearch for Evolution Science and Technology. May 18-20, 2005.113-118.