

# 垃圾堆肥对矿区复垦土壤化学性状的影响

尹连庆 程晓东 (华北电力大学环境科学与工程学院, 河北保定 071003)

**摘要** [目的] 研究垃圾堆肥对矿区复垦土壤化学性状的影响。[方法] 试验设4个垃圾堆肥处理, 在试验区内种植苜蓿, 测定土壤全氮、全磷、全钾、碱解氮、速效磷、速效钾、有机质和pH值。[结论] 结果表明, 与对照相比, 75 t/hm<sup>2</sup> 的处理, 土壤养分显著增加, 土壤有机质增加4.08 g/kg, 碱解氮、速效磷和速效钾分别增加20.42、2.55和13.21 ng/kg, pH值降低1.14, 经LSR检验不同处理间差异显著和极显著。[结论] 提高垃圾堆肥的质量, 必须要发展有机无机复合肥。

**关键词** 垃圾堆肥; 矿区复垦; 土壤化学性状

中图分类号 S153 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2008)31-13737-02

## Effects of Composted Refuse on the Soil Chemical Characters of Mine Reclamation

YIN Lianqing et al (College of Environmental Science and Engineering, North China Electric Power University, Baoding, Hebei 071003)

**Abstract** [Objective] The aimed to study the effects of composted refuse on the soil chemical characters. [Method] The four treatments of composted refuse were designed, and clovers were planted in tested plots to determine total-nitrogen, total-phosphorus, total-potassium, alkali-hydrolysis N, available P, available K, organic matter and pH value of soil. [Result] The results showed that compared with the treatment without fertilizers, treatment of 75 t/hm<sup>2</sup> could reclaim soil chemical characters effectively. The soil organic matter increased 4.08 g/kg, alkali-hydrolysis N, available P and available K increased 20.42, 2.55 and 13.21 ng/kg, the pH value reduced 1.14. Between different treatments, the difference reached significant and very significant level by LSR inspection. [Conclusion] The development of organic and inorganic fertilizer is necessarily to enhance the quality of composted refuse.

**Key words** Composted refuse; Mine reclamation; Soil chemical characters

随着城市经济的发展和居民生活水平的提高, 城市生活垃圾排放量逐年增加, 垃圾成分日益复杂, 对城市环境的污染也越来越严重, 其危害主要表现在: 垃圾侵占大量土地, 全国历年积存的垃圾量已达66亿t, 占地50 km<sup>2</sup>, 严重污染大气; 城市生活垃圾易产生大量氨、硫化物等有害大气, 严重污染水体; 生活垃圾不但含有病原微生物, 还含有重金属等污染物, 如果控制不当进入周围水体或渗入土壤必会造成地表水和地下水的严重污染; 垃圾中的病原体和有毒物质, 以水体、大气、生物为媒介进行传播和扩散, 危害人体健康; 各种塑料包装袋形成的“白色垃圾”影响观瞻尤甚<sup>[1]</sup>。

有关垃圾无害化处理和资源化利用的研究, 一直是国内外学者关注的热点。过去国外对于城市垃圾的处理主要是填埋、焚烧、堆肥和综合利用等方式, 机械化程度较高, 且形成系统及成套设备<sup>[2]</sup>。具体来讲, 垃圾无害化处理有以下趋势: 首先, 工业发达国家由于能源、土地资源日益紧张, 焚烧处理比例逐渐增多, 如, 日本和瑞士等; 其次, 填埋法作为垃圾的最终处置手段一直占有较大比例; 第三, 农业型的发展中国家大多数以堆肥为主; 第四, 其他一些新技术, 如热解法、填海、堆山造景等技术, 正不断取得进展<sup>[3-4]</sup>。

土地复垦是矿区进行生态重建的重要方面, 我国的土地复垦起步较迟, 直到20世纪80年代末, 才真正认识到土地复垦的迫切性和重要性, 相继颁布了《土地复垦规定》、《土地复垦技术标准》等一系列相关的法规、条例, 但土地复垦技术较为落后, 土地复垦率较低。美国、德国、加拿大、巴西和西班牙等国家的矿山土地复垦率达到50%~70%, 远远高于我国12%的复垦率, 因此, 需要借鉴各国在这方面的经验, 根据不同的复垦目的采取不同的复垦技术。贫瘠的复垦土壤可以通过生物土壤改良技术取得较好的效果, 种植速生草本植物, 加速腐殖质层的形成来提高土壤肥力, 培植豆科植物是获得腐殖层的捷径<sup>[5]</sup>。

垃圾堆肥法就是利用微生物的活动将垃圾中的易腐有

机质分解, 转变成富含有机质和氮、磷、钾等营养元素的有机肥料, 使垃圾实现从自然界来又回归自然界的良性循环, 是经济有效处理城市垃圾的重要途径, 垃圾堆肥中含有大量的有机质以及植物生长所需要的养分, 可以用来肥田和改良土壤<sup>[6]</sup>。因此, 大量利用垃圾堆肥既解决了城市垃圾的处理问题, 又可以改良复垦土壤的化学性状, 产生了环境效益和经济效益。

## 1 材料与方 法

**1.1 材料** 城市生活垃圾堆肥: 采用生活垃圾自然堆积腐熟物, 过0.5 cm筛备用。垃圾堆肥中, 全氮含量为11.05 g/kg, 全磷含量为5.63 g/kg, 全钾含量为14.92 g/kg, 有机质107.2 g/kg, pH值7.58。

供试土壤: 某矿区0~20 cm复垦土壤, 有机质含量19.17 g/kg, 碱解氮29.03 ng/kg, 速效磷8.00 ng/kg, 速效钾176.23 ng/kg, pH值8.79。

## 1.2 方 法

**1.2.1 试验设计。** 试验设4个垃圾堆肥处理: 0(CK)、75( )、50( )和25 t/hm<sup>2</sup>( )。小区面积3 m×5 m, 在试验区内种植苜蓿, 撒播, 播种深度: 1.5~2.0 cm, 播量: 15 kg/hm<sup>2</sup>。垃圾堆肥作为底肥按试验设计要求施入小区, 重复3次。

在播种前, 先将试验地翻耕、耙平, 然后按施肥处理量将垃圾堆肥撒布于对应的小区内, 再用耙将垃圾堆肥与土壤混合拌匀, 最后再翻耕1次, 并耙平。

**1.2.2 测试指标。** 全氮、全磷、全钾、碱解氮、速效磷、速效钾、有机质和pH值。

**1.2.3 土壤分析方法。** 全氮: 凯氏定氮法; 全磷: HClO<sub>4</sub>-H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>法; 全钾: 火焰光度法; 碱解氮: 扩散法; 速效磷: 0.5 mol/L NaHCO<sub>3</sub>法; 速效钾: 火焰光度法; 有机质: 稀释热法; pH值: pH计。

## 2 结果与分析

**2.1 pH值** 土壤pH值对植物生长、土壤微生物活性以及土壤养分有效性影响很大<sup>[7]</sup>。由表1可见, 不同施肥处理对土壤pH值都有影响, 由于垃圾堆肥中有机物质被微生物分

解后产生部分有机酸,75、50 和 25 t/hm<sup>2</sup> 施肥处理分别比对照土壤的 pH 值降低了 1.14、0.75 和 0.66。

**2.2 有机质** 土壤有机质是土壤中各种营养元素特别是氮、磷的重要来源,它还含有刺激植物生长的胡敏酸类等物质,可使土壤具有保肥力和缓冲性,还可改善土壤的物理性状<sup>[8-9]</sup>。它也是土壤微生物必不可少的碳源和能源。因此,一般来说,土壤有机质含量的多少,是土壤肥力高低的一个重要指标<sup>[10]</sup>。复垦土壤的一个重要特点就是有机质含量低,所以造成土壤各种特性不适宜作物生长。垃圾堆肥有机质含量高,施用有机肥是改良复垦土壤的一种新趋势。

由表 1 可见,不同施肥处理对土壤有机质含量都有明显影响,由于垃圾堆肥中有机质的大量存在,不同肥力相比,75、50 和 25 t/hm<sup>2</sup> 的施肥处理分别比对照中土壤有机质的含量高出 21.28%、9.91% 和 0.94%,经 LSR 检验不同处理间差异显著和极显著。

**2.3 氮、磷和钾** 垃圾堆肥能够提高土壤养分含量,朱本岳等通过 3 年的定位试验并结合盆栽试验表明:垃圾堆肥不仅能够提高土壤有机质含量,而且还能显著提高土壤碱解氮、速效磷和速效钾等养分的含量<sup>[11]</sup>。

与对照比较,苜蓿施用 75 t/hm<sup>2</sup> 处理的耕层土壤碱解氮、速效磷和速效钾分别增加 20.42、2.55 和 13.21 ng/kg。与处理 比较,处理 碱解氮、速效磷和速效钾分别增加了 3.15、1.10 和 10.41 ng/kg,说明增施垃圾堆肥可以提高土壤保肥性能和速效态养分,经 LSR 检验不同处理间差异显著和极显著(表 1)。

表 1 不同肥料处理对土壤养分含量的影响

**Table 1 Effects of different fertilizer treatments on nutrient content in the soil**

处理 Treat- ments	pH 值 pH value	有机质 Organic matter g/kg	碱解氮 Alkali-hydrolytic N ng/kg	速效磷 Available P ng/kg	速效钾 Available K ng/kg
	7.65 aA	23.25 aA	49.45 aAB	10.55 abA	189.44 aA
	8.04 abAB	21.07 bcBC	48.71 abAB	10.37 abA	187.33 abA
	8.13 cBC	19.35 bcBC	46.30 cAB	9.45 bA	179.03 cdA
CK	8.79 cC	19.17 dD	29.03 dC	8.00 cA	176.23 dA

注:同一列小写字母表示差异显著;大写字母表示差异极显著。

Nte :Different small letters in the same column mean significant difference and different capital letters mean extremely significant difference .

### 3 结论与讨论

#### 3.1 结论

(1) 研究结果表明,城市垃圾堆肥含有丰富的有机质和一定量的氮、磷和钾,因而,种植苜蓿配施一定量的垃圾堆肥,可以很好地改善复垦土壤的化学性状。由于垃圾堆肥中有机物质被微生物分解后产生部分有机酸,对偏碱性的复垦土壤有很好的改良效果,75 t/hm<sup>2</sup> 的处理水平,pH 值比对照下降了 1.14。垃圾堆肥有机质含量高,施用有机肥是改良复垦土壤的一种新趋势,该试验中有机肥含量提高多达 21.28%。增施垃圾堆肥可以提高土壤保肥性能和速效态养分,耕层土壤碱解氮、速效磷和速效钾显著提高。

(2) 采用垃圾堆肥改良矿区复垦土壤可降低施用成本,同时提高经济效益,是合理处置垃圾堆肥的有效途径之一。这既解决了城市垃圾的出路,又改良了贫瘠的矿区复垦土

壤,归还部分养分给土壤,在宏观上有助于维护生态平衡,同时对垃圾的资源化、商品化具有重要意义。

**3.2 讨论** 施用垃圾堆肥虽然可以改善土壤的理化性质,提高农、林产品的产量和品质,但是施用不当,对环境也会产生不良影响。

**3.2.1 过量垃圾堆肥的施用可引起土壤的砂化和盐渍化。**垃圾堆肥虽然富含有机质和多种植物所需要的营养元素,但腐殖质含量比厩肥、人粪尿等低,以及含有较大比例的砾石成分和一定量的盐分,长期施用会导致土壤砂化和盐渍化。贺立源等人研究表明,连续施用垃圾堆肥,耕地土壤的机械组成发生了变化,小于 0.002 mm 的粘粒含量降低,而大于 0.02 mm 的砂和粗砂的含量显著增加,土壤质地由粉砂质粘壤土向砂质壤土转变,长期施用有可能引起土壤“砂化”<sup>[12]</sup>。王建民等人也研究表明,垃圾堆肥对土壤质地具有明显的影响,在垃圾堆肥累计施用量分别达到 210 和 157 t/hm<sup>2</sup> 后,土壤分别由中壤土和重壤土变为轻壤土和中壤土<sup>[13]</sup>。陆文龙等人研究表明,由于垃圾堆肥中含有一定量的盐分(全盐含量 11.6 g/kg),因此施用垃圾堆肥后,土壤全盐含量将会升高,与垃圾堆肥的施用量呈正相关。因此,垃圾堆肥施用,要依土壤类型而异,具体而言,在非盐渍土上,可长年适量施用,在轻度盐渍土上少用,在中度盐渍土上以不施用垃圾堆肥为宜。

**3.2.2 重金属污染。**垃圾堆肥施入土壤使重金属积累是引人注意的问题<sup>[14]</sup>。垃圾堆肥过程不能降低重金属离子的含量,相反由于过程中湿度降低,放出二氧化碳和一些有机小分子,pH 降低,重金属离子的浓度相对增加,但是 EDTA、DT-PA 以及连续萃取试验的结果说明,在垃圾处理过程中可被植物吸收和利用的重金属离子浓度降低,通过食物链进入人体,从而危害人类健康的可能性减少<sup>[15]</sup>。但是,长期使用垃圾堆肥,土壤重金属的积累仍不可忽视,如何降低垃圾堆肥中重金属的危害已经成为一个热点问题。

**3.2.3 提高垃圾堆肥的质量,发展有机无机复合肥。**城市垃圾的养分普遍偏低,直接影响垃圾堆肥的质量,从而严重影响其农用效果和农用前景,如何完善和提高堆肥技术以及提高堆肥质量,已成为人们深入研究的课题。

综上所述,城市垃圾堆肥虽然能改良土壤,但是长期大量施用,土壤砂化、盐渍化和重金属的积累等问题仍不可忽视。因此,应加强垃圾堆肥质量的提高以及有机无机复合肥的生产、肥效和施用安全性等方面的研究,使垃圾堆肥真正成为城市垃圾资源化利用的有效途径。

#### 参考文献

- [1] 罗娅君,朱明.城市垃圾的治理方法评述[J].甘肃环境研究和监测,2000(4):54-56.
- [2] 范海荣,王学江.城市生活垃圾堆肥的肥力效应、生物效应和环境效应的分析[J].首都师范大学学报:自然科学版,2004(1):75-80.
- [3] 毕武臣,高明刚.盐碱地改良的技术措施[J].防护林科技,2003(1):68-69.
- [4] 李国学.固体废物堆肥化与有机复混肥生产[M].北京:化学工业出版社,2000:168-183.
- [5] 秦嘉海,金自学.垃圾复混肥对土壤理化性质及牧草产草量的影响[J].草业科学,2004(10):24-28.
- [6] 李玉和.城市土壤紧实度对园林植物生长的影响及利用措施[J].中国园林,1995,11(3):70-73.

年代初前后为相对偏冷的一段时期,进入80 年代中期以后转入相对较暖的时段,温度变化以正距平居多,但振幅大于前期,这说明气温升高的同时变幅也较大。尤其是2000 年以后的近5 年,只有2002 年气温偏低,其余均偏高。

相比较于9 月份气温变化情况,10 月份距平位相变化大体同9 月份相一致(30 年当中有21 年同位相,占70%),因此也可以说,在9 月份气温偏高的情况下有70%的可能10 月份气温也偏高。

从周期变化情况看,10 月份温度变化峰谷值交替频繁(较9 月份),说明10 月份更易产生气温波动,但有一个现象是10 月份气温连续升温年与其后连续降温年规律性较明显,即在连续2 年升温后随即有连续2 年的降温,在前30 年资料当中体现了这一特征。如1981~1982 升温年后,1983~1984 随即为降温年,1994~1995 年连续升温后,1996~1997 年连续气温下降。

**2.1.3 9~10 月平均气温变化特征。**秋季平均气温变化情况基本与10 月份气温变化规律相一致,主要是由于10 月份气温变幅大于9 月份决定的。从图1 中秋季平均气温变化距平曲线可以看出,整个80 年代秋季平均气温处于较低的时段,进入90 年代后秋季平均气温呈增高趋势。90 年代至今只出现过2 个谷值(1996~1997 年、2002 年)。

**2.2 其他分析结论** 由标准差公式计算得到9 月份平均气温的标准差  $S_1 = 0.9504$ ,10 月份平均气温的标准差  $S_2 = 1.5408$ ,9~10 月份平均气温的标准差  $S_3 = 1.0128$ 。

由  $X_1, X_2, X_3$  3 个要素的标准差值可看出,10 月份平均气温的标准差大于9 月份平均气温标准差,9~10 月平均气温标准差居中。这说明10 月份气温随时间的变化幅度要比9 月份大,这和前面的分析结论一致。

由协方差公式计算得9 月份平均气温与10 月份平均气温的协方差  $S_{12} = 0.1647$ 。9 月份平均气温与10 月份平均气温距平符号变化规律一致,但两者值之间相互关联性较差。

由  $X_1, X_2$  计算9 月份平均气温与10 月份平均气温的相关系数:  $R_{12} = 0.11$ 。由此可见,9 月份平均气温和10 月份平均气温两者本身相关性较差。

### 3 近5 年秋季平均气温变化情况分析

2000~2005 年期间,2001、2002 年9 月、10 月气温呈反位相变化;2003~2005 年秋季气温呈持续偏高趋势,尤其是9 月份,自1998 年后气温变化始终处于正距平区,说明已进入一相对偏暖的时期,且其偏暖时段维持较长也开创了一个新的时期。在这种前提下,预计未来一段时间的变化仍以正距平区为主,但不排除个别年份气温异常偏低的可能。对于10 月份气温而言,在经历过一段距平平稳变化期后将转为异常变

化的可能偏大。对于整个秋季平均气温来说,平均气温距平变化趋势将在一定时期内继续呈现逐步升高的趋势。

### 4 大气候背景对秋季气温变化的可能影响<sup>[3]</sup>

1971~2000 年间,共发生厄尔尼诺现象8 年,分别为1972、1976、1982、1986、1991、1993、1994、1997 年;拉尼娜现象8 年,分别为1973、1975、1984、1988、1995、1998、1999、2000 年。

由图2、3 可以看出,在厄尔尼诺和拉尼娜现象年,秋季气温变化分别呈现出不同的特点。厄尔尼诺年秋季气温以负距平占主体,说明在厄尔尼诺气候背景下秋季气温偏低于正常年份的机率高;而拉尼娜年秋季气温以正距平占主体,说明在拉尼娜气候背景下秋季气温偏高于正常年份的机率高。

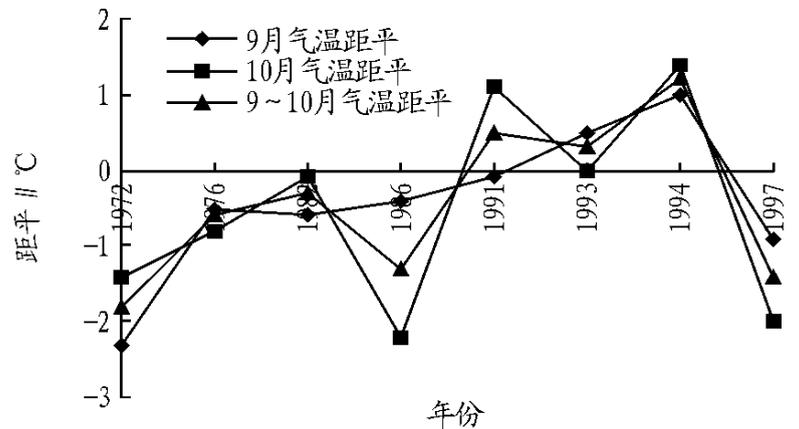


图2 厄尔尼诺现象年秋季气温变化曲线

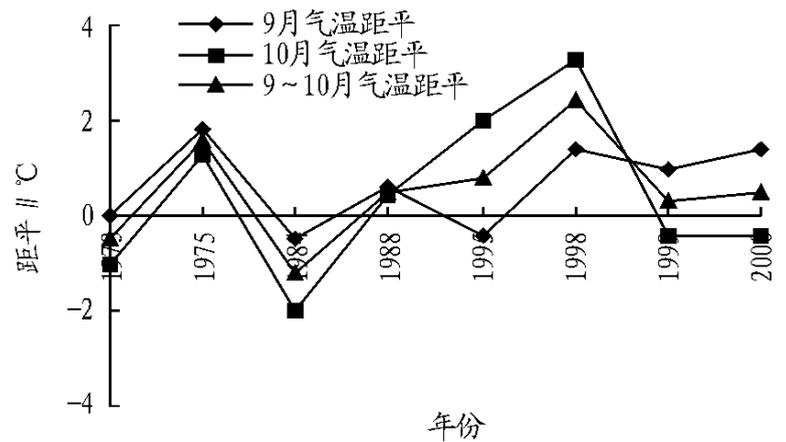


图3 拉尼娜现象年秋季气温变化曲线

### 5 结论

由近30 年秋季气温变化情况分析可以得出以下结论:秋季气温呈逐年增暖趋势,其变化规律多取决于10 月份气温变化情况;10 月份气温变化幅度要比9 月份明显,周期变化规律不明显。9 月份气温峰值呈4~6 年周期规律变化,但总体偏暖趋势较稳定。秋季气温变化情况受大气候背景的影响,在厄尔尼诺气候背景下秋季气温偏低于正常年份的机率高;在拉尼娜气候背景下秋季气温偏高于正常年份的机率高。

### 参考文献

- [1] 黄嘉佑. 气象统计分析与预报方法[M]. 北京:气象出版社,2000.
- [2] 周洪祥. 灾害性天气的预测方法[M]. 北京:气象出版社,2002.
- [3] 邓贤峰. 中长期天气预报[M]. 北京:气象出版社,1996.

(上接第13738 页)

- [7] 魏义长,康玲玲. 水土保持措施对土壤物理性状的影响[J]. 水土保持学报,2003,17(5):26-28.
- [8] 徐阳春,沈其荣. 长期施用有机肥对土壤及不同粒级中酸解有机氮含量与分配的影响[J]. 中国农业科学,2002(4):403-409.
- [9] RUSSELL E W. Soil condition and plant growth[M]. 10<sup>th</sup> ed. London: Longmans, 1973.
- [10] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京:中国农业出版社,2000:256-258.
- [11] 朱本岳. 垃圾堆肥对市郊菜地土壤理化性质的影响[J]. 浙江农业学

报,1989(1):34-37.

- [12] 贺立源,陈建军,李章波. 城市垃圾堆肥的质量及其应用效果评价[J]. 华中农业大学学报,1996,15(6):552-558.
- [13] 陈英旭,朱祖祥,何增耀,等. 土壤中铬的有效性与其污染生态效应[J]. 生态学报,1995,15(1):79-84.
- [14] 穆从如,李森照,王立军,等. 铬在水体土壤和作物中的迁移转化规律[J]. 中国环境科学,1982,2(1):19-23.
- [15] 蒋晓惠. 垃圾堆肥中重金属离子研究[J]. 四川师范学院学报,1993,20(1):31-35.