

堆肥对土壤阳离子型微量元素可溶性的影响

张 丹

(中国科学院、水利部成都山地灾害与环境研究所 成都 610041)

M. Verloo and A. Demeyer

(Faculty of Agriculture, Gent University, Belgium)

提 要 本文的主要目的是探讨堆肥对砂壤土阳离子型微量元素—Fe, Mn, Zn, Cu 可溶性的影响. 通过试验并进行堆肥比例和时间因素的双因子统计分析得出 Fe 的可溶性随着时间的延长而增加,可溶 Zn 和 Mn 由于堆肥的加入而减少,可溶 Cu 极低,实际不受堆肥施入的影响.

关键词 堆肥 阳离子型微量元素 可溶性

堆肥以含丰富的有机质,充足的氮、磷、钾和一定量的微量元素作为全肥长期以来为农业生产所用,它不仅能提供作物所需的营养,而且能改善土壤的物理性能,与其他有机肥一样,使土壤处于一种良性循环状态. 在荷兰、德国、法国、比利时等欧州发达国家一直以堆肥为培养花卉、蔬菜、蘑菇的主要基质. 但有关堆肥对土壤阳离子型微量元素可溶性的影响却未见报道. 本文就堆肥的施用对砂壤土阳离子型微量元素可溶性的影响作初步探讨,为堆肥对土壤肥力中微量元素的改善机理提供科学依据.

1 供试土壤和堆肥

土壤为采自于比利时 Wannegem, Lede 的砂壤土,堆肥为商业绿色堆肥,二者的主要化学特性列于表 1、表 2、表 3.

表 1 土壤和堆肥的特性分析

Table 1 Characteristics of soil and compost

	pH 值		有机质 (10g/kg)	全 氮 (10g/kg)	碳酸钙 (10g/kg)	阳离子交换量 (cmol/Kg)	盐基饱和度 (%)
	H ₂ O	KCl					
土壤	6.62	6.11	3.96	0.190	0	10.8	88.9
堆肥	7.18	6.97	36.57	0.692	/	75.6	88.9

试验设计为双因子处理:0,0.1,0.5,1,5,10%的堆肥加入土壤以观察堆肥数量对 Fe、Mn、Zn、Cu 可溶性的影响;加入堆肥,在温室中培养 15,30,45,60,75,90 天后取样分

* 本文是第一作者 1995—1997 年在比利时根特大学留学期间硕士学位论文的一部分.

收稿日期:1998-04-30.

析以测定评价时间因素的影响. 本试验浸提剂采用 0.01M CaCl_2 和 0.01M CuCl_2 溶液. 统计分析用于表述随堆肥比例和时间变化的试验结果变化趋势.

表 2 土壤和堆肥中营养元素含量全量(毫克/公斤)

Table 2 The nutrient elements of soil and compost (total contents in mg/kg)

	磷	钾	钠	钙	镁	铁	锰	锌	铜
土壤	5237	510	54	2487	2067	9963	190.1	72.5	18.2
堆肥	1806	5885	423	8750	2269	9043.3	341	234.6	33.55

2 试验结果和讨论

从表 1 和表 2 可看出,堆肥的 pH 值,总有机质含量,全氮,阳离子交换量,交换性盐基,微量元素锌和铜均高于土壤,土壤中无 CaCO_3 ,堆肥和土壤的盐基饱和度值相同,堆肥的全磷和全铁低于土壤,土壤中高含量的磷可能是由于施肥的原因.

用两种浸提剂浸提土壤和堆肥,从表 3 可看出,堆肥中可溶铁高于土壤,而可溶锰却低于土壤,表 3 中其余的分析数据与表 1 所列的全量分析数据有相同的变化趋势.

0.01M 的 CaCl_2 和 CuCl_2 是很弱的浸提剂,磷的浓度低于光电比色计测定的限度(0.05 毫克/升),表明堆肥和土壤中可溶磷含量极低.

CaCl_2 和 CuCl_2 浸提的差异可解释为铜离子具有从腐殖质络合物中替换金属离子的能力,特别是锌和锰更易被从有机质里取代出来,在 pH 值较高的情况下,铁是不溶解的且不能被替换出来^[1].

2.1 pH 值

CaCl_2 溶液浸提混合物样品的 pH 值随堆肥比例的增加而上升(图 1),这可能是由于堆肥 pH 值($\text{pH}_{\text{CaCl}_2}=6.44$)高于土壤 pH 值($\text{pH}_{\text{CaCl}_2}=5.98$)的原故,这和堆肥 $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}=7.18$ 、土壤 $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}=6.62$,堆肥 $\text{pH}_{\text{KCl}}=6.97$ 、土壤 $\text{pH}_{\text{KCl}}=6.11$ 是一致的.

pH 值随培养时间的变化如图 2 所示. 可看出,pH 随培养时间而下降. 这是由于络合物的形成,由下式表示^[2]

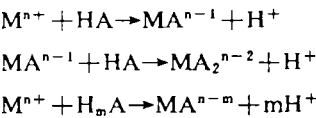


表 3 以 0.01M CaCl_2 和 0.01M CuCl_2 浸提土壤及堆肥的可溶有机碳和营养

Table 3 Total Soluble organic carbon and nutrients in soil and compost extractable with CaCl_2 and CuCl_2

	CaCl ₂ 浸提 (pH=5.78)		CuCl ₂ 浸提 (pH=4.67)	
	土壤	堆肥	土壤	堆肥
酸碱性(pH)	5.98	6.44	4.66	5.49
有机碳(mg/kg)	329.9	1107	251.7	756.7
硝酸根(mg/kg)	469.8	3840	115.0	940.0
磷(mg/kg)	痕迹	痕迹	痕迹	痕迹
电导率(ms/cm)	2.3	3.13	2.28	3.2
钾(mg/kg)	49.5	2908.0	58.0	2978.0
钠(mg/kg)	52.1	272.2	38.5	191.0
镁(mg/kg)	181.0	278.0	188.5	386.0
钙(mg/kg)	/	/	1581.5	2560.5
铁(mg/kg)	0.93	5.00	0.45	5.69
锰(mg/kg)	10.14	1.16	24.81	12.80
锌(mg/kg)	0.47	0.50	10.61	7.53
铜(mg/kg)	1.0	0.23	/	/

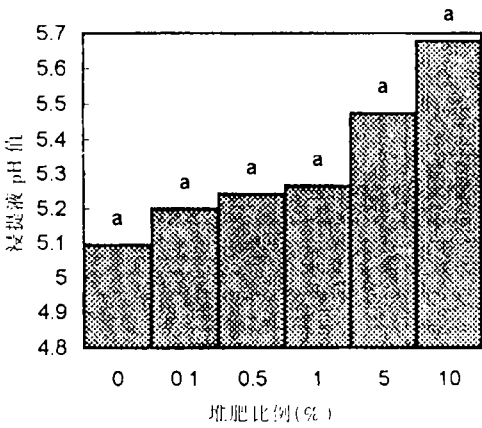


图 1 pH 值随堆肥比例的变化(CaCl₂ 浸提)
Fig. 1 Change of pH with compost rate(CaCl₂ extract)

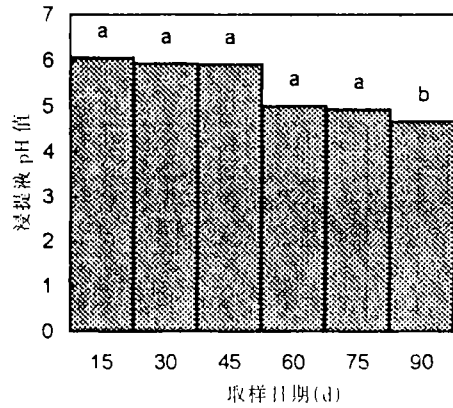


图 2 pH 值随培养时间的变化(CaCl₂ 浸提)
Fig. 2 Change of pH with time(CaCl₂ extract)

式中 M 是金属离子,HA 是腐殖酸(配合基),MA 是金属络合物或螯合物,n 是金属化合价,m 为配合基里的氢原子数.

来源于堆肥的配合基(Ligand)如胡敏酸(HA)和富里酸(FA)在络合物形成的过程中氢离子被置换出来而导致溶液 pH 值的下降.

当样品被 CuCl₂ 浸提时,其变化趋势与用 CaCl₂ 浸提时相同. 二者的差异是用前者浸提,处理和时间平均数间的差异均为显著性.

在从 0~10%堆肥不同处理中,CaCl₂ 浸提液的 pH 值为 5.1~5.7,低于纯土壤 pH (5.98)和纯堆肥 pH 值(6.44).

2.2 可浸提铁(Fe)

土壤中的全铁为 9963mg/kg 高于堆肥中全铁 9043mg/kg. 堆肥中可浸提 Fe(CaCl₂ 溶液浸提为 5.00mg/kg,CuCl₂ 溶液浸提为 5.69mg/kg)高于土壤(用 CaCl₂ 溶液浸提为 0.93mg/kg,CuCl₂ 溶液浸提为 0.45mg/kg).

可溶 Fe 随堆肥比例的增加而下降但差异不明显,这是由于加入堆肥提高了土壤 pH 值,从而降低了土壤中 Fe 的可溶性,可溶 Fe 随堆肥比例的增加而增加未能超出由于 pH 值的提高所引起的可溶 Fe 的减少.

在所有处理中 CuCl₂ 可浸提 Fe 为 0.91~1.12mg/kg,高于培养前纯土壤中可浸提 Fe (0.45mg/kg),这可解释为 pH 效应^[3](CuCl₂ 浸提剂 pH=4.01~4.07;纯土壤 pH=4.66). 当用 CaCl₂ 溶液浸提样品时,其结果趋势相似于用 CuCl₂ 溶液.

CaCl₂ 可浸提 Fe 随培养时间的延长由于 pH 下降的影响^[3]而增加如图 3. 当样品用 CuCl₂ 溶液浸提时,变化无规律. Cu—腐殖酸络合物与 Fe—腐殖酸络合物具有相同的稳定性. 由于相同的离子半径^[1],Fe 对 Ca 很敏感. 故 CuCl₂ 可浸提 Fe 极低且无规律. 取样时期可浸提 Fe 平均数间的差异不明显.

2.3 可浸提锰(Mn)

Mn 随堆肥比例的变化如图 4 所示,用 CaCl₂ 溶液浸提的可溶 Mn 随堆肥比例的增加

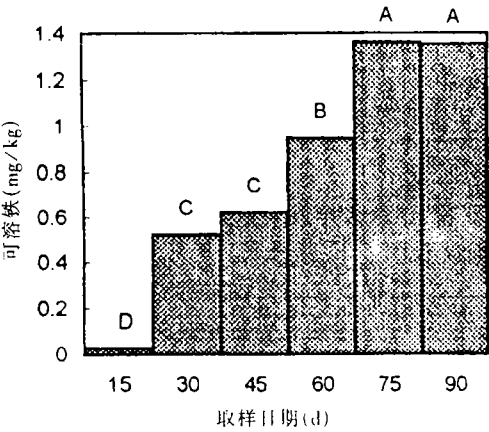


图 3 可溶铁随时间的变化(CaCl₂ 浸提)
Fig. 3 Change of Fe with time (CaCl₂ extract)

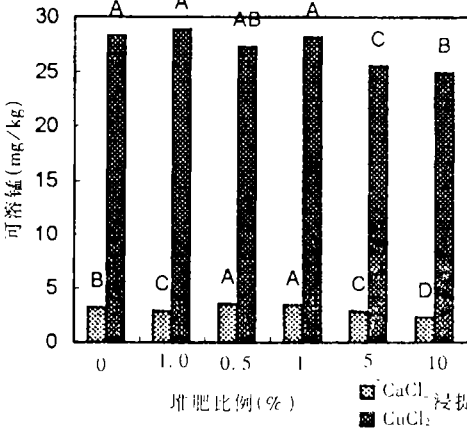


图 4 可溶锰随堆肥比例的变化(CaCl₂ 浸提)
Fig. 2 Change of soluble Mn with compost rate

而降低,这是由于 pH 值的升高和含低量的可溶 Mn 的堆肥的简单稀释,如下述。
在所有处理中,CaCl₂ 可浸提 Mn 为 2.38~3.58mg/kg,低于培养前的纯土壤(10.14mg/kg),高于堆肥(1.16mg/kg)。而当样品用 CuCl₂ 溶液浸提时,所有处理中的可浸提 Mn(24.9~28.9mg/kg)高于纯土壤,这就表明 Mn 的可溶性受有机质的强烈影响。相比之下,Cu 比 Ca 浸提更多的 Mn,已经知道,Cu 能与有机质相互作用^[4]。

可浸提 Mn 随时间的变化如图 5 所示。可溶 Mn 在培养 30d 前是增加的,30d 后开始下降,然后从 45~90d 之间几乎保持恒定不变。可浸提 Mn 的增加可能是由于加水培养 MnO₂ 还原成 Mn²⁺ 之故,30d 后的降低可能是由于微生物同化所致。由 CaCl₂ 溶液和 CuCl₂ 溶液浸提结果趋势相同。

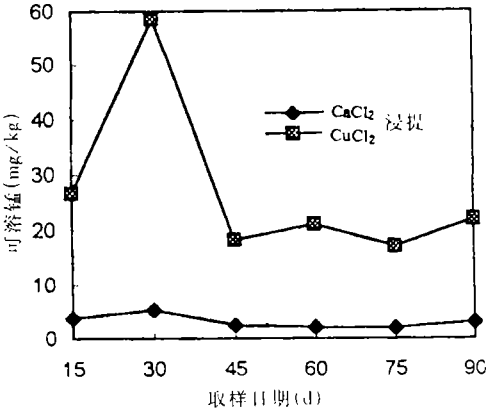


图 5 可溶铁随时间的变化
Fig. 5 Change of soluble Mn with time

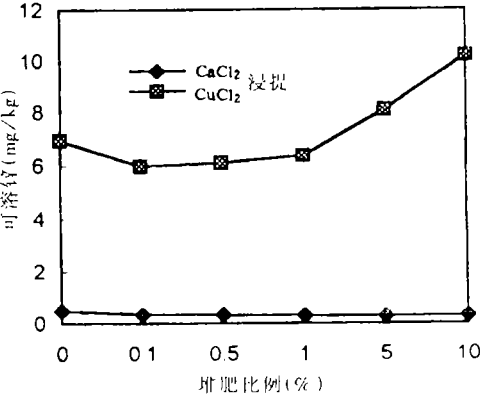


图 6 可溶锌随堆肥比例的变化
Fig. 6 Change of soluble Zn with compost rate

2.4 可浸提锌(Zn)

在全部处理中(不同堆肥比例和不同培养时间),土壤堆肥混合物的 CaCl₂ 可浸提 Zn

很低,为 0.3~0.5mg/kg. CuCl_2 可浸提 Zn(6~10.2mg/kg)高于 CaCl_2 可浸提 Zn(0.3~0.5mg/kg),且随堆肥比例的增加而增加(图 6). 这是由于 Zn 与腐殖物质的亲合力强于 Ca 与腐殖物质的亲合力,腐殖物质作为 Zn 的络合剂或螯合剂非常活跃^[5],但 Cu 与腐殖物质的亲合力比 Zn 更强. 纯土壤中的 CaCl_2 可浸提 Zn(0.47mg/kg)几乎与堆肥相同(0.5mg/kg),但在培养前纯土壤中 CuCl_2 可浸提 Zn(10.61mg/kg)高于堆肥(7.35mg/kg)和所有处理(6~10.02mg/kg),即堆肥的加入降低了土壤中可溶 Zn,这与 Mn 的情形相似. 相反,堆肥中全 Zn 含量(234.6mg/kg)高于纯土壤(72.5mg/kg),表明堆肥中大量的腐殖物质将可溶 Zn 转变成复杂的难溶 Zn—腐殖酸络合物,此证实了前述.

CuCl_2 可浸提 Zn 随堆肥比例的增加而增加但仍低于纯土壤,这可解释为由 Cu 从腐殖物质中取代的 Zn 可溶性的增加不能补偿由堆肥稀释而引起可浸提 Zn 的减少.

时间对可溶 Zn 的影响更复杂且无规律,但总的趋势显示出随时间而降低.

2.5 可浸提铜(Cu)

CaCl_2 可浸提 Cu 极低,在纯土壤中(1mg/kg)高于在堆肥中(0.23mg/kg);而堆肥中全 Cu 含量(33.55mg/kg)高于土壤(18.2mg/kg). Cu 可以与腐殖物质形成 Ca 不能取代出的非常稳定且难溶的 Cu—腐殖酸络合物,这就是堆肥中的可溶 Cu 比纯土壤低而堆肥中的全 Cu 却比土壤中高的原因.

3 结 语

根据试验结果的讨论和分析,得出主要结论如下:

1. 堆肥加入砂壤土提高了土壤 pH 值,但不显著. 土壤 pH 值随培养时间延长略有显著下降,用 CaCl_2 和 CuCl_2 浸提剂均表现出相同的结果趋向.

2. 堆肥加入土壤对可溶 Fe 无影响. 但 CaCl_2 可浸提铁随时间的延长而明显地增加,这主要是由于其 pH 值随时间延长而下降的原因. 当样品用 CuCl_2 浸提时,浸提的结果不恒定,这是由于 Cu 和 Fe 与腐殖物质形成的络合物具有几乎一样的稳定常数.

3. Zn 和 Mn 的可溶性极大地受有机质的影响,即有机质的添加降低了可溶 Zn 和 Mn. 但 CuCl_2 溶液可从有机质中浸提更多的 Zn 和 Mn,因为 Cu 与腐殖物质的亲和力强于 Ca.

4. 在所有处理中由于 Cu 与有机质之间存在强的亲和力, CaCl_2 可浸提 Cu 均很低.

参 考 文 献

- [1] Schnitzer, M. and Khan, S. U. Humic Substances in the environment. Marcel Dekker. New York; 1972. 203~250.
- [2] Schnitzer, M. and skinner, S. I. M. Isotopes and irradiation in soil organic matter studies. International Atomic Energy. Vienna; 1968. 41~55.
- [3] 朱祖祥. 土壤学. 北京:农业出版社, 1983. 36~50.
- [4] Van Dijk, H. The Use of Isotopes in Soil Organic Matter Studies. Pergamon. New York, N. Y.; 1966. 129~141.
- [5] Verloo, M. Lecture Note on Soil Chemistry and Fertility. University of Gent. Belgium; 1996. 37~40.

第一作者简介 张丹,女,35岁,助研,1997年获比利时根特大学土壤学硕士学位,主要从事土壤肥力研究.

SOLUBILITY OF CATION MICROELEMENTS IN A COMPOST AMENDED SOIL

Zhang Dan

*(Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy of Science
& Ministry of Water Conservancy, Chengdu 610041)*

M. Verloo and A. Demeyer

(Faculty of Agriculture, Gent University, Belgium)

Abstract

The main objective of this thesis was to investigate the solubility of cation microelements in a sandy loam soil mixed with compost.

The experiment was designed in two factors: 0, 0.1, 0.5, 1, 5, 10% of compost added to the soil for assessing the influence of amount of compost on the solubility of cation microelements Fe, Mn, Zn, Cu; 15, 30, 45, 60, 75, 90 days of incubation after amendment of the compost for evaluating the influence of time on the solubility of Fe, Mn, Zn and Cu. The extracting solution was 0.01 M CaCl_2 and 0.01 M CuCl_2 respectively. Statistical analysis was conducted to identify the variation tendency as rate of compost and as time.

Soil pH slightly increased with rate of compost, but gently decreased with time. Extractable Fe increased with time. Soluble Zn and Mn decreased due to addition of compost. Soluble Cu was quite low and practically not affected by addition of compost.

Key words Compost, cation microelements, solubility