

我国土壤调理剂中重金属元素及其 相关原料农业资源化利用现状

孙蓓蓓, 王旭, 刘红芳, 保万魁, 侯晓娜

(中国农业科学院农业资源与农业区划研究所, 北京 100081)

摘要:通过对土壤调理剂主要原料的分类分析, 研究我国主要土壤调理剂产品中 Hg、As、Cd、Pb、Cr 5 种重金属元素含量及不合格率等现状, 就相关原料农业资源化利用进行探讨, 为我国土壤调理剂行业管理提供技术支撑。分析样品主要来自农业部肥料登记检验样品, 部分样品来自企业质量跟踪或质量复核样品, 以及调研采集样品; 采用农业推荐性标准 NY/T 1778-2010《肥料 汞、砷、镉、铅、铬含量的测定》进行重金属元素含量检测, 根据农业部肥料和土壤调理剂登记标准进行结果判定。在 4 种类型的土壤调理剂中, 有机源土壤调理剂、化学源土壤调理剂和农林保水剂 3 类产品在本试验所有样本中均未出现不合格情况。矿物源土壤调理剂中存在 As、Pb、Cr 3 种重金属元素超过限量规定的情况, 尤其 Pb 元素导致的不合格率达 20.9%, Pb 含量检测平均值为 42.5 mg/kg, 已经接近限量标准 (50 mg/kg), Pb 含量最高检测值达到 204 mg/kg, 是导致矿物源土壤调理剂不合格的主要原因。通过土壤调理剂主要原料的分类分析, 发现导致 Pb 元素超标所用原料主要包括钾长石、牡蛎壳、钢渣、钼尾矿、磷矿石 + 碱渣等 5 种。因此, 我国土壤调理剂产品中重金属元素情况总体处于相对安全的水平范围内, 有机源土壤调理剂、化学源土壤调理剂和农林保水剂质量情况较好, 而矿物源土壤调理剂中 As、Pb、Cr 元素存在一定质量问题, 尤其是 Pb 元素质量问题突出。关于钾长石、牡蛎壳作为土壤调理剂原料农用, 笔者认为应注意严格控制重金属元素含量, 避免因原料引起产品重金属元素超标, 而钢渣则建议慎重作为土壤调理剂原料使用。

关键词: 土壤调理剂; 重金属元素; 原料; 农业资源化利用

中图分类号: S156.2

文献标识码: A

文章编号: 1673-6257 (2017) 06-0149-06

土壤是人类最基本的生产资料, 是人类赖以生存的物质基础。在我国, 土地资源不但非常有限, 而且还存在相当比例因成土因素或人为因素导致具有障碍因子的土壤, 而利用土壤调理剂进行改良是目前的有效措施之一^[1-3]。因此, 近些年来我国的土壤调理剂行业得到了快速发展, 截至 2017 年 7 月, 农业部登记的土壤调理剂产品已达到 120 个^[4]。然而, 在快速发展的同时, 也存在着一些问题, 尤其是土壤调理剂中重金属元素超标问题。由于土壤调理剂的原料来源纷繁复杂^[5-7], 其中很多企业利用工农业废弃物加工制造土壤调理剂^[8-12], 而某些原料本身即含有较高含量的 Cd、Pb 等重金属元素^[13-16], 并且现阶段我国土壤调理剂生产企

业又普遍缺乏有效的无害化处理工艺, 导致用于改土的土壤调理剂在施用后反而有可能带来新的污染问题。因此, 本文通过对土壤调理剂主要原料的分类分析, 研究我国主要土壤调理剂产品中 Hg、As、Cd、Pb、Cr 5 种重金属元素含量及不合格率现状, 就相关原料农业资源化利用进行探讨, 为我国土壤调理剂行业管理提供技术支撑。

1 材料与方法

1.1 供试材料

供试土壤调理剂来自农业部肥料登记检验样品、企业质量跟踪 (或质量复核) 样品、调研采集样品, 共计 453 个 (表 1)。其中, 以味精发酵尾液、家禽羽毛等工农业废弃物和以餐厨垃圾等城市生活废弃物为主要原料的有机源土壤调理剂 88 个; 以钾长石、麦饭石、蒙脱石等天然矿石, 以碱渣、钢渣等工业废弃物, 及以牡蛎壳、贝壳矿等海洋资源等为主要原料的矿物源土壤调理剂 277 个; 以柠檬酸、聚马来酸、月桂醇乙氧基硫酸铵等成分为主

收稿日期: 2017-02-07; 最后修订日期: 2017-08-11

基金项目: 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项 (2014-6); 国家重点研发计划项目课题 (2016YFD0201303)。

作者简介: 孙蓓蓓 (1977-), 天津市蓟县人, 男, 助理研究员, 硕士, 主要从事肥料和土壤调理剂的研究。E-mail: sunjifeng@caas.cn。

要原料的化学源土壤调理剂 18 个；以合成聚合型、淀粉接枝聚合型、纤维素接枝聚合型等吸水性树脂

聚合物为主要原料制成的农林保水剂 70 个。

表 1 供试土壤调理剂

分类	主要原料	样本量 (个)
有机源土壤调理剂	味精发酵尾液、家禽羽毛、餐厨垃圾	88
矿物源土壤调理剂	钾长石、牡蛎壳、钢渣、白云石、贝壳矿、沸石、磷矿石、麦饭石、蒙脱石、 钼尾矿、磷矿石 + 碱渣、菱镁矿、镁矿副产品、硅藻土、碱渣、电石渣	277
化学源土壤调理剂	柠檬酸、聚马来酸、月桂醇乙氧基硫酸铵	18
农林保水剂	合成聚合型、淀粉接枝聚合型、纤维素接枝聚合型等吸水性树脂聚合物	70

1.2 试样制备

固体样品经多次缩分后，取出约 100 g，将其迅速研磨至全部通过 0.50 mm 筛（如样品潮湿，可通过 1.00 mm 筛子），混合均匀，置于洁净、干燥容器中。液体样品经多次摇动后，迅速取出约 100 mL，置于洁净、干燥容器中。

1.3 检测方法和判定依据

采用农业行业标准 NY/T 1978 – 2010 《肥料汞、砷、镉、铅、铬含量的测定》^[17] 方法，As、Hg 含量的测定采用双通道原子荧光光谱法，Pb、Cd、Cr 含量的测定采用原子吸收分光光度法。

根据农业部肥料和土壤调理剂登记标准进行结果判定。目前，土壤调理剂产品尚未出台重金属元素限量标准，Hg、As、Cd、Pb、Cr 等 5 种重金属

元素限量参照水溶肥料标准（NY 1110 – 2010 《水溶肥料 汞、砷、镉、铅、铬的限量要求》）规定执行，限量值分别是 Hg ≤ 5 mg/kg、As ≤ 10 mg/kg、Cd ≤ 10 mg/kg、Pb ≤ 50 mg/kg、Cr ≤ 50 mg/kg。

2 结果与分析

2.1 土壤调理剂重金属元素含量及不合格率

从表 2 结果可以看出，土壤调理剂中重金属元素含量平均值水平在限量标准范围内，尤其是有机源土壤调理剂、化学源土壤调理剂和农林保水剂 3 类产品情况较好。但是，矿物源土壤调理剂中重金属元素 Pb 检测平均值为 42.5 mg/kg，已经接近限量值（50 mg/kg）。因此，矿物源土壤调理剂中 Pb 元素含量较高问题应该引起重视。

表 2 土壤调理剂中 Hg、As、Cd、Pb、Cr 含量

分类	样本量 (个)	Hg (mg/kg)	As (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Cr (mg/kg)
有机源土壤调理剂	88	0.0 ± 0.1	1.0 ± 1.4	1.2 ± 0.8	10.3 ± 7.7	4.9 ± 3.8
矿物源土壤调理剂	277	0.0 ± 0.1	2.4 ± 3.7	3.4 ± 1.5	42.5 ± 18.0	12.3 ± 11.7
化学源土壤调理剂	18	未检出	0.4 ± 0.8	0.6 ± 0.8	4.6 ± 4.2	1.3 ± 1.8
农林保水剂	70	未检出	0.1 ± 0.4	1.1 ± 0.8	8.1 ± 6.2	2.9 ± 4.9
平均值	—	0.0 ± 0.1	1.7 ± 3.1	2.5 ± 1.7	30.4 ± 22.0	9.2 ± 10.5
限量值	—	5	10	10	50	50

根据 NY 1110 – 2010 限量标准规定，对采用不同原料制成的土壤调理剂进行重金属元素不合格率统计分析。从表 3 结果可以看出，有机源土壤调理剂、化学源土壤调理剂和农林保水剂均未出现不合格

样品，而矿物源土壤调理剂中 As、Pb、Cr 3 种重金属元素存在超过限量规定的情况，Pb 元素不合格数量最多，达到了 58 个样品，最高检测值达到了 204 mg/kg，是导致该类土壤调理剂不合格的主要原因。

表 3 土壤调理剂中重金属元素不合格率

分类	样本量 (个)	Hg (%)	As (%)	Cd (%)	Pb (%)	Cr (%)
有机源土壤调理剂	88	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
矿物源土壤调理剂	277	0.00	0.02 (6)	0.00	20.9 (58)	0.01 (4)
化学源土壤调理剂	18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
农林保水剂	70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

注：括号中数字为不合格样品数量，下同。

2.2 矿物源土壤调理剂重金属元素含量及不合格率

综上结果分析,目前矿物源土壤调理剂存在 As、Pb、Cr 3 种重金属元素超标情况,尤其是 Pb 元素问题突出。因此,针对矿物源土壤调理剂的不同原料进一步细化分类,并进行重金属元素不合格率分类统计分析。从表 4 可以看出:(1)关于 As 元素。与限量值相比,除以磷矿石+碱渣为原料的土壤调理剂外,其它不同原料的矿物源土壤调理剂中 As 含量的检测平均值均未超过限量值。以磷矿石+碱渣为原料的土壤调理剂 As 含量的检测平均值最高,结果达到了 11.7 mg/kg,

已经超过了限量值。以磷矿石为原料的土壤调理剂 As 含量的检测平均值次之,结果达到了 5.5 mg/kg。(2)关于 Pb 元素。与限量值相比,不同原料的矿物源土壤调理剂中 Pb 含量的检测平均值普遍较高,检测平均值超过限量值的包括钼尾矿、牡蛎壳、钢渣、磷矿石+碱渣 4 种,而其它原料的结果亦不容乐观,检测平均值最低的是以蒙脱石为原料的土壤调理剂,结果为 12.4 mg/kg。(3)关于 Cr 元素。与限量值相比,不同原料的矿物源土壤调理剂中 Cr 含量的检测平均值均不高,含量最高的是以硅藻土为原料的土壤调理剂,结果为 34.0 mg/kg。

表 4 不同类型矿物源土壤调理剂中 Hg、As、Cd、Pb、Cr 含量

分类	样本量 (个)	Hg (mg/kg)	As (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Pb (mg/kg)	Cr (mg/kg)
钾长石	103	未检出	2.4 ± 2.1	3.5 ± 1.1	42.8 ± 10.6	17.8 ± 12.4
牡蛎壳	42	未检出	1.1 ± 0.7	4.5 ± 1.2	51.3 ± 16.0	6.0 ± 1.9
钢渣	19	未检出	0.1 ± 0.3	4.3 ± 0.9	50.7 ± 12.4	17.7 ± 14.6
白云石	17	未检出	1.1 ± 1.7	3.8 ± 0.8	44.8 ± 7.8	7.6 ± 4.0
贝壳矿	16	未检出	3.7 ± 4.1	3.7 ± 1.3	40.3 ± 12.9	7.0 ± 3.2
沸石	15	未检出	0.9 ± 0.4	1.3 ± 0.7	29.1 ± 5.8	2.3 ± 1.9
磷矿石	13	0.3 ± 0.6	5.5 ± 5.1	3.1 ± 1.1	40.0 ± 10.1	13.0 ± 6.9
麦饭石	13	未检出	1.4 ± 0.5	0.8 ± 0.6	28.8 ± 55.3	1.6 ± 1.1
蒙脱石	10	未检出	3.6 ± 4.8	0.9 ± 0.7	12.4 ± 6.1	4.6 ± 2.7
钼尾矿	8	未检出	5.2 ± 1.3	4.0 ± 1.4	53.8 ± 20.2	16.8 ± 5.9
磷矿石+碱渣	7	未检出	11.7 ± 14.9	3.8 ± 0.8	51.0 ± 8.5	27.1 ± 20.8
菱镁矿	5	未检出	1.2 ± 0.2	2.6 ± 0.4	44.9 ± 5.1	2.8 ± 1.4
镁矿副产品	4	未检出	1.8 ± 1.0	4.0 ± 0.1	45.8 ± 3.3	11.6 ± 5.9
硅藻土	2	未检出	0.5 ± 0.7	3.5 ± 3.5	37.5 ± 17.7	34.0 ± 31.1
碱渣	2	未检出	3.9 ± 2.2	2.8 ± 1.3	29.4 ± 8.5	7.2 ± 3.1
电石渣	1	未检出	3.0 ± 0.0	2.0 ± 0.0	39.0 ± 0.0	4.0 ± 0.0
平均值	—	0.0 ± 0.1	2.4 ± 3.7	3.4 ± 1.5	42.5 ± 18.0	12.3 ± 11.7
限量值	—	5	10	10	50	50

根据 NY 1110-2010 限量标准规定,对不同类型矿物源土壤调理剂的重金属元素进行不合格率统计分析。从表 5 结果可以看出,重金属元素不合格数量从多到少依次是 Pb、As、Cr 3 种元素,而 Hg、Cr 两种元素未出现不合格情况。按不同元素来分析:(1)关于 Pb 元素。以钼尾矿、牡蛎壳、钢渣、钾长石、磷矿石+碱渣 5 种原料的土壤调理剂不合格情况突出,不合格率依次达到了 50.0%、47.6%、47.4%、18.4%和 14.3%。(2)关于 As 元素。以磷矿石+碱渣、蒙脱石 2 种为原料的土壤

调理剂不合格情况相对突出,不合格率分别为 28.6%和 20.0%。(3)关于 Cr 元素。以硅藻土、钢渣、钾长石 3 种原料的土壤调理剂出现了个别产品不合格情况。

从不同矿物原料来分析,未出现某种原料土壤调理剂同时出现 2 种以上重金属元素不合格,以钢渣、钾长石、磷矿石+碱渣、磷矿石、贝壳矿 5 种原料的土壤调理剂出现 2 种重金属元素不合格,而以牡蛎壳、钼尾矿、白云石、麦饭石 4 种原料的土壤调理剂出现 1 种重金属元素不合格。

表 5 不同类型矿物源土壤调理剂中重金属元素不合格率

分类	样本量 (个)	Hg (%)	As (%)	Cd (%)	Pb (%)	Cr (%)
钾长石	103	0.00	0.00	0.00	18.4 (19)	1.94 (2)
牡蛎壳	42	0.00	0.00	0.00	47.6 (20)	0.00
钢渣	19	0.00	0.00	0.00	47.4 (9)	5.26 (1)
白云石	17	0.00	0.00	0.00	11.8 (2)	0.00
贝壳矿	16	0.00	6.25 (1)	0.00	6.25 (1)	0.00
沸石	15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
磷矿石	13	0.00	7.69 (1)	0.00	7.69 (1)	0.00
麦饭石	13	0.00	0.00	0.00	7.69 (1)	0.00
蒙脱石	10	0.00	20.0 (2)	0.00	0.00	0.00
钼尾矿	8	0.00	0.00	0.00	50.0 (4)	0.00
磷矿石 + 碱渣	7	0.00	28.6 (2)	0.00	14.3 (1)	0.00
菱镁矿	5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
镁矿副产品	4	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
硅藻土	2	0.00	0.00	0.00	0.00	50.0 (1)
碱渣	2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
电石渣	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

3 讨论

通过分析土壤调理剂所用原料可以发现，导致 Pb 元素超标的产品所用原料主要包括钾长石、牡蛎壳、钢渣、钼尾矿、磷矿石 + 碱渣 5 种，而其中以钾长石、牡蛎壳、钢渣为原料生产的土壤调理剂目前在我国的土壤调理剂市场上又占有相对较高的比例，因此应该引起足够重视。以下就钾长石、牡蛎壳、钢渣等原料农业资源化利用问题进行探讨。

(1) 关于钾长石农业资源化利用问题。我国可溶性钾矿资源匮乏，国内钾肥产量无法满足农业生产需要，每年需要从国外进口大量的钾肥。2016 年，我国钾肥产量为 578.3 万 t，进口钾肥数量为 408.2 万 t^[18]。但是，我国的不溶性钾矿资源储量却很丰富，随着生产工艺水平的提高，近些年其农业资源化利用的步伐越来越快^[19]。目前，不溶性钾矿资源利用已逐渐摆脱原来单一利用钾的思路，发展成为综合利用其中硅、钙、钾等元素的技术思路。一方面改善和缓解了我国钾肥资源缺口，另一方面也有助于解决我国农田土壤的中微量元素“缺素”问题，有助于调整土壤酸碱度，是一种良好的土壤调理剂^[20]。然而，从上文研究结果可以看出，以钾长石为原料生产的土壤调理剂产品中重金属元

素超标比率很高。而据国土资源部发布的土壤污染公报，我国采矿区土壤重金属超标率为 33.4%^[21]，由此可见矿石资源开采、利用过程中，潜在着较高的安全使用风险。笔者认为，不溶性钾矿资源开发成肥料或土壤调理剂作为农业投入品使用，应对其本身的重金属元素含量进行严格的质量控制，在采矿和选矿前应进行矿石基本成分分析，避免使用重金属元素含量过高的矿石原料，否则有可能造成农田生态环境的大面积污染。我国现阶段尚未出台相关产品的质量控制标准，尤其是重金属元素的限量标准，而市场和应用则已进入到大范围推广和使用的阶段，技术标准和管理法规上目前存在真空地带，建议政府主管部门给予足够重视，尽快出台相关配套标准和管理要求。

(2) 关于牡蛎壳农业资源化利用问题。我国沿海地区牡蛎养殖历史悠久，牡蛎壳资源丰富。牡蛎壳的物质组成可以分成无机和有机两部分，无机部分主要成分是碳酸钙，以及铜、铁、锌、锰、锶等微量元素，而有机部分则含有甘氨酸、胱氨酸、蛋氨酸等多种氨基酸。因此，牡蛎壳经一定工艺制成土壤调理剂，农田施用后对于改善土壤结构、提高土壤酸碱度，以及促进微生物繁殖、促进土壤微生物体系健康，都具有明显效果^[22-23]。此外，由于牡蛎壳还具有特殊的物理结构，含有大量的 2 ~ 10 μm

微孔,使其具有较强的吸附、交换等能力,可用于Cr、Pb等重金属元素的吸附剂^[24-25]。正因如此,人工养殖的牡蛎在生长过程中富集了海水中的铅、铬等重金属元素,导致以此为原料生产的土壤调理剂产品Pb元素超标。所以,牡蛎壳农用前也应选择品质较好、重金属含量较低的作为原料使用,否则也将产生弊大于利,甚至是得不偿失的结果。

(3) 关于钢渣农业资源化利用问题。我国是产钢大国,炼钢同时也产生了大量的副产物钢渣。2014年我国的钢渣产量达到了1.15亿t,综合利用率约为21.9%^[26]。钢渣属于高碱性炉渣,含有较高的钙、硅,可以作为酸性土壤调理剂。除个别特钢冶炼钢渣外,钢渣内含有的有害重金属杂质及放射性元素含量均符合国家农业标准要求^[27]。然而,从本研究采集样品的分析结果来看,接近半数的样品Pb含量检测超标。钢渣作为炼钢的副产物,其组分和质量随炼钢方式、炼钢原料以及预处理方式的不同变化较大。目前来看,将该类资源作为建筑材料、工业材料综合利用的模式较为稳妥,笔者认为钢渣作为土壤调理剂原料进行农用^[28],应持审慎的态度。

4 结论

我国土壤调理剂产品中重金属元素情况总体处于相对安全的水平范围内,有机源土壤调理剂、化学源土壤调理剂和农林保水剂质量情况较好,而矿物源土壤调理剂中As、Pb、Cr元素存在一定质量问题,尤其是Pb元素质量问题突出。关于钾长石、牡蛎壳作为土壤调理剂农用,笔者认为应注意严格控制原料中重金属元素含量,避免因原料引起产品重金属元素超标,而钢渣则建议慎重作为土壤调理剂原料使用。

参考文献:

- [1] 徐明岗,卢昌艾,张文菊,等.我国耕地质量状况与提升对策[J].中国农业资源与区划,2016,37(7):8-14.
- [2] 许晓平,汪有科,冯浩,等.土壤改良剂改土培肥增产效应研究综述[J].中国农学通报,2007,23(9):331-334.
- [3] 童克难.建立土壤改良责任制及溯源体系[N].中国环境报,2017-3-10(6).
- [4] 农业部种植业管理司.农业部肥料登记公告[EB/OL].<http://zzys.agri.gov.cn/feiliao.aspx>,2017-7-27/2017-7-27.
- [5] 骆园,熊德中.土壤调理剂应用效应研究进展[J].安徽农业科学,2015,43(13):77-79,86.
- [6] 陈义群,董元华.土壤改良剂的研究与应用进展[J].生态环境,2008,17(3):1282-1289.
- [7] 韩小霞.土壤结构改良剂研究综述[J].安徽农学通报,2009,15(19):110-112.
- [8] 石磊.浅谈钢渣的处理与综合利用[J].中国资源综合利用,2011,29(3):29-31.
- [9] 郑磊,陈宏坤,王怀利,等.我国磷石膏综合利用现状与发展建议[J].磷肥与复肥,2017,32(3):33-35.
- [10] 蒙园园,石林.矿物质调理剂中铝的稳定性及其对酸性土壤的改良作用[J].土壤,2017,49(2):345-349.
- [11] 罗华汉,柳开楼,余跑兰,等.牡蛎壳粉对水稻产量和土壤重金属钝化的影响[J].中国稻米,2016,22(3):30-33.
- [12] 曾小平,石林.脱硫灰硅钙钾土壤调理剂在粤北木薯的种植试验[J].广东农业科学,2010,(9):110-111,121.
- [13] 梁师英,赵锦慧,李海燕,等.电厂粉煤灰作为碱化土壤改良剂的风险分析[J].安徽农业科学,2009,37(34):16945-16947.
- [14] 黄青青,刘星,张倩,等.磷肥中镉的环境风险及生物有效性分析[J].环境科学与技术,2016,39(2):156-161.
- [15] 翁焕新.重金属在牡蛎中的生物积累及其影响因素的研究[J].环境科学学报,1996,16(1):51-58.
- [16] Asensio V, Forjan R, Vega F A, et al. Nickel, lead and zinc sorption in a reclaimed settling pond soil [J]. Pedosphere, 2016, 26(1): 39-48.
- [17] NY/T 1978-2010, 肥料汞、砷、镉、铅、铬含量的测定[S].北京:中国农业出版社,2011.
- [18] 李小燕,万夫伟,彭学平,等.煅烧钾长石生产硅钙钾肥的矿物组成研究[J].硅酸盐通报,2015,34(12):3648-3651.
- [19] 徐骞.钾肥产业:科学谋划资源开发保障中国用钾安全[N].中华合作时报,2017-7-21(7).
- [20] 马鸿文,杨静,苏双青,等.富钾岩石制取钾盐研究20年:回顾与展望[J].地学前缘,2014,21(5):236-254.
- [21] 刘志强,郝梓国,刘恋,等.我国尾矿综合利用研究现状及建议[J].地质论评,2016,62(5):1277-1282.
- [22] 孙蓟峰.几种土壤调理剂对土壤养分、酶活性及微生物特性的影响[D].北京:中国农业科学院,2012.
- [23] 刘顺梅.牡蛎壳土壤调理剂对北沙参生理生化影响的研究[D].青岛:中国海洋大学,2004.
- [24] 周强,于岩.牡蛎壳粉制备废水除铅吸附剂[J].硅酸盐学报,2012,40(9):1284-1288.
- [25] 雷永汉,游东宏,郑翌,等.改性牡蛎壳材料去除Cr(VI)的研究[J].化学工程与装备,2011,(3):14-16.
- [26] 朱桂林,郝以党,张宇,等.科学选择钢渣处理利用技术,实现“零排放”[A].2015京津冀钢铁业清洁生产、环境保护交流会论文集[C].石家庄:河北省冶金学会,

2015. 72 – 80.
- [27] 吴志宏, 邹宗树, 王承智, 等. 转炉钢渣在农业生产中的再利用 [J]. 矿产综合利用, 2005, (6): 25 – 28.
- [28] 程绪想, 杨全兵. 钢渣的综合利用 [J]. 粉煤灰综合利用, 2010, (5): 45 – 49.

Study on current situation of harmful elements in soil conditioners of China and the agricultural resource utilization of relevant raw materials

SUN Ji-feng, WANG Xu, LIU Hong-fang, BAO Wan-kui, HOU Xiao-na (Institute of Agricultural Resources and Regional Planning, Chinese Academy of Agricultural Science, Beijing 100081)

Abstract: The contents, fraction defective and other current situations of Hg, As, Cd, Pb and Cr in the main soil conditioners in China were analyzed by the classification of the main raw materials of the conditioners. The agricultural resource utilization of relevant raw materials was discussed, to provide technical support for industry management of soil conditioners in China. The samples were mainly from those of fertilizer registration tests of Ministry of Agriculture, some of which were from those in quality tracking or review of enterprises, and research collection. Harmful element content was detected using agricultural recommendation standard NY/T 1978-2010 “Determination of mercury, arsenic, cadmium, lead and chromium content for fertilizers”, and determined according to the fertilizer and soil conditioner registration standards of the Ministry of Agriculture. The results showed that no fraction defective appeared in the organic soil conditioner, the chemical soil conditioner and the agro-forestry absorbent polymer of all samples of this experiment. As, Pb, and Cr in the some mineral soil conditioner samples exceeded the limit, especially the Pb-induced failure rate was 20.9%. The average Pb content was 42.5 mg/kg, which was close to the limit standard (50 mg/kg). The highest value of Pb content was 204 mg/kg, which was the main reason for the failure of soil conditioner. Through the analysis of the main raw materials of the soil conditioner, it was found that the raw materials used leading to Pb out of limits included potash feldspar, oyster shell, steel slag, molybdenum tailings and phosphate rock + alkali residue. Overall, the content of harmful elements in soil conditioner was within the relatively safe range. The organic soil conditioner, chemical soil conditioner and agro-forestry absorbent polymer were good in quality, but As, Pb and Cr elements in the mineral-sourced soil conditioner had certain quality problems, especially Pb. As to the potash feldspar and oyster shell as soil conditioner raw materials for agricultural use, it is believed that attention should be paid to strictly control the content of harmful elements, to avoid harmful elements out of limits caused by raw materials, and steel slag should be used as a raw material of the soil conditioner with discretion.

Key words: soil conditioner; harmful element; raw material; agricultural resource utilization

[上接第 134 页]

and plant-growth-promotion-effects of the products were evaluated using pot experiments. Compared to the treatments with C/N of 10 and 35, the average temperature in the pile during high temperature stage were higher in the treatment with C/N of 25. After composting, the pH of the products from Z1, Z2, and Z3 was 7.51, 7.63, and 6.96, EC was 1.31, 1.65, and 1.54 mS · cm⁻¹, and the total nutrient (N, P₂O₅, K₂O) content was 50.25, 51.66, and 48.43 mg · kg⁻¹, respectively. Moreover, the contents of NO₃⁻-N were the same in the products from Z1 and Z2, and were higher than that from Z3, which showed highest content of NH₄⁺-N, and the C/N values were decreased by 18.24%, 47.56%, and 30.47% for three piles, respectively. In addition, germination index showed that all the piles became thoroughly decomposed, and three-dimensional fluorescence results showed the maturity of products from Z1 and Z2 was higher than that in Z3. Two seasons pot experiments showed the best plant growth promotion effects were best in the treatment amended with compost produced from Z2 and control added with chemical fertilizer. The initial C/N value of 25 was suitable for composting, which could enhance the maturity efficiency of raw materials, reduce the loss of nutrients, and produce high quality product.

Key words: pig manure; C/N; composting; maturity