



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110423617 B

(45) 授权公告日 2021.02.19

(21) 申请号 201910697247.6

C09K 101/00 (2006.01)

(22) 申请日 2019.07.30

(56) 对比文件

(65) 同一申请的已公布的文献号

CN 107382506 A, 2017.11.24

申请公布号 CN 110423617 A

CN 103931880 A, 2014.07.23

(43) 申请公布日 2019.11.08

CN 103011909 A, 2013.04.03

(73) 专利权人 瑞麦德兴(北京)生物科技有限公司

CN 104341175 A, 2015.02.11

US 6312492 B1, 2001.11.06

地址 100095 北京市海淀区温泉镇创客小镇社区配套商业楼15#楼二层108号

CN 106614754 A, 2017.05.10

审查员 马铁铮

(72) 发明人 束长龙

(74) 专利代理机构 北京聿华联合知识产权代理有限公司 11611

代理人 贾艳华

(51) Int. Cl.

C09K 17/00 (2006.01)

权利要求书1页 说明书8页

(54) 发明名称

虫粪及其残渣在用于钝化重金属中的应用

(57) 摘要

本发明涉及虫粪不溶组分在用于钝化重金属中的应用。其中,所述虫粪为金龟总科(Scarabaeoidea)中至少一种昆虫产生的粪便,所述重金属包括Pb、Cu和Cd中的至少一种。

1. 一种虫粪残渣在用于钝化重金属中的应用,所述虫粪残渣为第一虫粪残渣、第二虫粪残渣和第三虫粪残渣中的一种;其中,所述第一虫粪残渣和所述第二虫粪残渣合并,得到所述第三虫粪残渣;

其中,所述虫粪残渣的制备方法包括如下步骤:

1) 以含水量在3%以下的干燥粪便计,将粪便与水以1:1至1:10的质量比混合后,调节pH值为8至12,温度为30°C至100°C,处理20至60分钟,得到处理液;其中,所述粪便为金龟总科(Scarabaeoidea)中至少一种昆虫产生的粪便;

2) 调节所述处理液的pH为6至8,在1°C至50°C下沉降0至48小时,将沉降下来的沉降物和粗上清液分离,从而获得所述沉降物,所述沉降物为所述第一虫粪残渣;

3) 将所述粗上清液进行固液分离,从而获得为固体组分的所述第二虫粪残渣。

2. 根据权利要求1所述的应用,其特征在于,在所述步骤1)中,以含水量在3%以下的干燥粪便计,将粪便与水以1:3至1:6的质量比混合后,调节pH值为9至11,温度为50°C至100°C,处理30分钟至40分钟,得到所述处理液;

在所述步骤2)中,调节所述处理液的pH为7.0至7.5,在15°C至40°C下沉降2小时至24小时,将沉降下来的所述沉降物和所述粗上清液分离,从而获得所述沉降物,所述沉降物为所述第一虫粪残渣。

3. 根据权利要求2所述的应用,其特征在于,在所述步骤1)中,以含水量在3%以下的干燥粪便计,将粪便与水以1:3至1:6的质量比混合后,调节pH值为9至11,温度为60°C至90°C,处理30分钟至40分钟,得到所述处理液。

4. 根据权利要求2所述的应用,其特征在于,在所述步骤1)中,以含水量在3%以下的干燥粪便计,将粪便与水以1:3至1:6的质量比混合后,调节pH值为9至11,温度为70°C至90°C,处理30分钟至40分钟,得到所述处理液。

5. 根据权利要求1所述的应用,其特征在于,在所述步骤1)中或在所述步骤1)之前,还包括粉碎所述粪便的步骤。

6. 根据权利要求5所述的应用,其特征在于,在所述步骤3)中利用沉降离心机、斜板沉降器和斜管沉降器中的至少一种实现固液分离,以得到所述第二虫粪残渣。

7. 根据权利要求1至6中任意一项所述的应用,其特征在于,所述虫粪残渣的制备方法还包括以下步骤:将所述第一虫粪残渣、所述第二虫粪残渣或所述第三虫粪残渣干燥。

8. 根据权利要求1至6中任意一项所述的应用,其特征在于,其特征在于,所述重金属包括Pb、Cu、和Cd中的至少一种。

9. 根据权利要求1至6中任意一项所述的应用,其特征在于,所述昆虫为选自白星花金龟(*Protaetia brevitarsis* Lewis)、双叉犀金龟(*Allomyrina dichtoma*)、蜣螂(*Catharsius molossus*)中的至少一种。

10. 根据权利要求1至6中任意一项所述的应用,其特征在于,所述粪便为金龟总科(Scarabaeoidea)中至少一种昆虫的幼虫和/或成虫产生的粪便。

11. 根据权利要求1至6中任意一项所述的应用,其特征在于,所述粪便为金龟总科(Scarabaeoidea)中至少一种昆虫的幼虫产生的粪便。

虫粪及其残渣在用于钝化重金属中的应用

技术领域

[0001] 本发明涉及虫粪在用于钝化重金属中的应用,特别是从其中提取的虫粪残渣在用于钝化重金属中的应用。

背景技术

[0002] 重金属污染问题是当今世界所面临的难题之一。土壤是自然环境的重要组成部分,重金属污染土壤同时会对水环境和大气环境造成污染,会在大气圈、水体圈和生物链中不断进行转移和富集,例如,在农产品中富集,影响农产品产量和安全,并通过食物链对动物和人类的生命健康造成危害。目前重金属修复的策略主要分为两个类型,一种为去除,一种为固化。去除是指通过一定的技术手段,将重金属从土壤中分离,达到修复土壤的目的。固化则是将重金属限制在某一区域,以降低污染的危害性,该技术需要特殊材料。不论是去除策略,还是固化策略,现有修复土壤的操作方式均存在成本大,不易推广等难题。

发明内容

[0003] 本发明之一提供了金龟总科(Scarabaeoidea)中至少一种昆虫产生的粪便在用于钝化重金属中的应用。

[0004] 在一个具体实施方式中,所述重金属包括Pb、Cu和Cd中的至少一种。

[0005] 在一个具体实施方式中,所述昆虫为选自花金龟科(Cetoniidae)、犀金龟科(Dynastidae)、黑蜣科(Passalidae)、拟锹甲科(Sinodendridae)、锹甲科(Lucanidae)、粪金龟科(Geotrupidae)、皮金龟科(Trogidae)、蜉金龟科(Aphodiidae)、斑金龟科(Trichiidae)、胖金龟科(Valgidae)、金龟科(Scarabaeidae)中的至少一种昆虫。

[0006] 在一个具体实施方式中,所述昆虫为选自白星花金龟(*Protaetia brevitarsis*Lewis)、双叉犀金龟(*Allomyrina dightoma*)、蜣螂(*Catharsius molossus*)中的至少一种。

[0007] 在一个具体实施方式中,所述粪便为金龟总科(Scarabaeoidea)中至少一种昆虫的幼虫和/或成虫产生的粪便。

[0008] 在一个具体实施方式中,所述粪便为金龟总科(Scarabaeoidea)中至少一种昆虫的幼虫产生的粪便。

[0009] 本发明之二提供了一种虫粪残渣在用于钝化重金属中的应用,所述虫粪残渣为第一虫粪残渣、第二虫粪残渣和第三虫粪残渣中的一种,所述重金属为如本发明之一中任意一项所述的应用中的所述重金属;

[0010] 其中,所述虫粪残渣的制备方法包括如下步骤:

[0011] 1) 以含水量在3%以下的干燥粪便计,将粪便与溶剂以1:1至1:10的质量比混合后,调节pH值为8至12,温度为30℃至100℃,处理20分钟至60分钟,得到处理液;其中,所述粪便为如本发明之一中任意一项所述的应用中的金龟总科(Scarabaeoidea)中至少一种昆虫产生的粪便;

[0012] 2) 调节所述处理液的pH为6至8,在1℃至50℃下沉降0至48小时,将沉降下来的沉降物和粗上清液分离,从而获得所述沉降物,所述沉降物为所述第一虫粪残渣;

[0013] 3) 将所述粗上清液进行固液分离,从而获得为固体组分的所述第二虫粪残渣。

[0014] 其中需要指出的是,在步骤2)中,沉降时间为0时,也就意味着不沉降而直接对处理液进行固液分离,因此此时,步骤2)中实际上是省去了沉降物和粗上清液的分离而直接进入步骤3)中,因此,此时步骤3)中的所述的粗上清液等同于调节至pH 6至8后的所述处理液,只是为了表述方便,在此不再加以区分。另外,容易理解的,步骤2)中的沉降物和粗上清液的分离,可以简单地为将粗上清液泵出所在容器而将沉降物留于所述容器中的过程。

[0015] 所述步骤1)中使用的粪便,可以为经过干燥的粪便,也可以为未经干燥处理的粪便。也就是说,干燥所述粪便不是必须的,以干燥粪便计,仅是为了尽量准确的表述各组分间的用量关系。另外,干燥可以是晒干也可以是在不高于虫粪残渣制备过程中的温度(例如80℃)下烘干。此外,所述粪便可以在与溶剂混合前进行粉碎处理,也可以在与溶剂混合后进行粉碎处理。所述粪便可以使用磨球机和/或粉碎机粉碎或者超微粉碎虫粪。在其与溶剂(例如水)混合后,还可以使用超声波进一步均质化。

[0016] 根据发明人对不同处理温度、pH条件下获得的虫粪残渣和虫粪提取物的提取产率的比较发现,在碱性条件下,利用较高的温度处理虫粪,可以获得较高的虫粪提取物的提取产率,从而最大限度的将虫粪残渣与虫粪提取物分离。即实际上在低于30℃的温度下,也可以获取一定一定量的虫粪残渣和虫粪提取物的分离。但是为了获得较高的分离产率,优选使用较高的处理温度。

[0017] 因此,在一个具体实施方式中,在所述步骤1)中,温度可以为30℃、35℃、40℃、45℃、50℃、55℃、60℃、65℃、70℃、75℃、80℃、85℃、90℃、95℃或100℃。

[0018] 在一个具体实施方式中,在所述步骤1)中,处理时间可以为20分钟、21分钟、22分钟、23分钟、24分钟、25分钟、26分钟、27分钟、28分钟、29分钟、30分钟、31分钟、32分钟、33分钟、34分钟、35分钟、36分钟、37分钟、38分钟、39分钟、40分钟、41分钟、42分钟、43分钟、44分钟、45分钟、46分钟、47分钟、48分钟、49分钟、50分钟、51分钟、52分钟、53分钟、54分钟、55分钟、56分钟、57分钟、58分钟、59分钟或60分钟。

[0019] 处理温度和处理时间对产率的影响有一定的相关性,在较高的温度下可以处理较少的时间来获得相对较高的产率。

[0020] 在一个具体实施方式中,在所述步骤1)中,以含水量在3%以下的干燥粪便计,将粪便与水以1:3至1:6的质量比混合后,调节pH值为9至11,温度为50℃至100℃,处理30分钟至40分钟,得到所述处理液。

[0021] 在一个具体实施方式中,在所述步骤1)中,以含水量在3%以下的干燥粪便计,将粪便与水以1:3至1:6的质量比混合后,调节pH值为9至11,温度为60℃至90℃,处理30分钟至40分钟,得到所述处理液。

[0022] 在一个具体实施方式中,在所述步骤1)中,以含水量在3%以下的干燥粪便计,将粪便与水以1:3至1:6的质量比混合后,调节pH值为9至11,温度为70℃至90℃,处理30分钟至40分钟,得到所述处理液。

[0023] 在一个具体实施方式中,在所述步骤1)中,所述溶剂为极性溶剂。

[0024] 在一个具体实施方式中,在所述步骤1)中,所述溶剂为水。

[0025] 在一个具体实施方式中,在所述步骤2)中,调节所述处理液的pH为7.0至7.5,在15℃至40℃下沉降2小时至24小时,将沉降下来的所述沉降物和所述粗上清液分离,从而获得所述沉降物,所述沉降物为所述第一虫粪残渣。

[0026] 在一个具体实施方式中,在所述步骤1)中或在所述步骤1)之前,还包括粉碎所述粪便的步骤。

[0027] 在一个具体实施方式中,在所述步骤3)中利用沉降离心机、斜板沉降器和斜管沉降器中的至少一种实现固液分离,以得到所述第二虫粪残渣。

[0028] 在一个具体实施方式中,所述方法还包括所述步骤3)之后的步骤4):将所述第一虫粪残渣和所述第二虫粪残渣合并,得到所述第三虫粪残渣。

[0029] 在一个具体实施方式中,所述方法还包括步骤5):将所述第一虫粪残渣、所述第二虫粪残渣或所述第三虫粪残渣干燥。如此可以减小体积,并方便储存和运输等。

[0030] 在一个具体实施方式中,所述步骤1)和所述步骤2)的处理可以不在同一容器中进行,例如在步骤1)中,可以在有利于其处理条件的反应器中进行;而在步骤2)中,可以将步骤1)中的处理液移到沉降池等容器中进行。

[0031] 本发明的有益效果:

[0032] 通过使用本发明的技术可以直接对金龟子养殖过程中产生的副产品——虫粪,或者对虫粪进一步提取后的副产品——残渣加以利用,实现通过吸附作用来有效固定土壤中的重金属的目的,该方法不但具有成本低的优点,而且不会产生任何副作用。此外,通过养殖金龟子还可以实现现有农业废弃物进行转化进一步将吸附、钝化了重金属的本材料从土壤中移除,可去除土壤中的重金属,可达到完全修复土壤的目的。

[0033] 在本发明中所用的术语均为本领域常规定义的术语。

具体实施方式

[0034] 下面结合实施例对本发明作进一步说明,但本发明的实施例仅为示例性的说明,这些实施方式无论在任何情况下均不构成对本发明的限定。

[0035] 收集玉米等做物秸秆粉碎、或收集香菇等食用菌菌渣、或收集牛羊等食草动物粪便作为原料饲喂白星花金龟幼虫。

[0036] 重金属浸出量测定方法:参照《固体废物浸出毒性浸出方法醋酸缓冲溶液法》(HJ/T 300-2007):根据土壤样品的含水率,称取适量土壤样品,并按照液固比20:1(L/kg),向土壤样品中加入适量浸提剂,振荡,离心,取上清液过0.45μm滤膜去除颗粒物,用火焰原子吸收(火焰原子吸收分光光度计,日立Z-2000)测定浸出重金属含量。设置三个重复,数据取平均值。

[0037] 实施例1

[0038] 虫粪残渣的制备

[0039] (1)收集白星花金龟幼虫的虫粪并于80℃烘干干燥,使其含水量在3wt%以下,粉碎,过20目筛。

[0040] (2)在反应器中放入质量比为1:4的过筛虫粪和水,用NaOH调节pH值为11,在温度90℃左右下处理40分钟,并进行搅拌,使蛴螬粪便溶解。

[0041] (3)将步骤(2)中的反应物料放入储液池,降至环境温度(25℃),利用磷酸将酸碱

度调制中性,pH 7.0;将上述中性混合液泵入沉降离心机进行固液分离,分离得到不溶解组分。

[0042] (4) 将不溶组分于100℃烘干2小时,得到虫粪残渣1#。虫粪残渣的产率以干粉g/虫粪g计为75%。

[0043] 实施例2

[0044] 虫粪残渣的制备——考察虫粪与水的用量比例对产率的影响

[0045] 步骤(2)中的干燥虫粪与水的质量比如表1。其他同实施例1。虫粪残渣的产率以干粉g/虫粪g计。

[0046] 表1

	实验编号	干燥虫粪: 水 (质量比)	虫粪残渣产率%
[0047]	2-1#	1:1	84
	2-2#	1:3	78
	2-3#	1:6	74
	2-4#	1:10	74

[0048] 实施例3

[0049] 虫粪残渣的制备——考察步骤(2)处理过程中的pH值、温度和处理时间对产率的影响

[0050] 步骤(2)中的pH值、温度和处理时间如表2。其他同实施例1。虫粪残渣的产率以干粉g/虫粪g计。

[0051] 表2

	实验编号	pH	温度 (°C)	处理时间 (min)	虫粪残渣产率%
[0052]	3-1#	13	90	30	74
	3-2#	12	90	30	78
	3-3#	10	90	30	84
	3-4#	9	90	30	90
	3-5#	8	90	30	81
	3-6#	13	30	40	72
	3-7#	13	60	40	77
	3-8#	13	80	40	75
	3-9#	13	100	40	74
	3-10#	13	90	60	74
	3-11#	13	90	40	74
	3-12#	13	90	20	74

[0053] 实施例4

[0054] 虫粪残渣的制备——考察步骤(2)不同的碱对产率的影响

[0055] 步骤(2)中的碱种类如表3。其他同实施例1。虫粪不溶成分产率以干粉g/虫粪g计。

[0056] 表3

	实验编号	碱	虫粪残渣产率%
[0057]	4-1#	Na ₂ CO ₃	80
	4-2#	NaOH	74
	4-3#	KOH	74

[0058] 实施例5

[0059] 虫粪残渣的制备——考察步骤(3)处理过程中的pH值、温度和沉降时间对产率的影响

[0060] 步骤(3)中的pH值、温度和沉降时间如表4,沉降之后进行离心。其他同实施例1。虫粪残渣的产率以干粉g/虫粪g计。

[0061] 表4

	实验编号	pH	温度(°C)	沉降时间(h)	虫粪残渣产率%
	5-1#	6	25	2	81%
	5-2#	6.5	25	2	77%
	5-3#	7.5	25	2	73%
[0062]	5-4#	8	25	2	71%
	5-5#	7	1	2	76%
	5-6#	7	15	2	74%
	5-7#	7	40	2	73%
	5-8#	7	50	2	73%
	5-9#	7	25	10	74%
	5-10#	7	25	24	74%
	5-11#	7	25	48	75%

[0063] 实施例6

[0064] 虫粪残渣活性成分对Pb²⁺的钝化能力

[0065] 向含有Pb²⁺污染的土壤中分别按照0.2wt%、0.40wt%、0.80wt%和1.60wt%的比例分别添加实施例1至5制备得到不溶解组分——虫粪残渣;混合均匀后保持含水量为田间持水量60%的条件下钝化反应5d时,测定土壤中Pb²⁺的浸出浓度。以不添加任何粪便的土壤作为空白对照。结果见表5。

[0066] 表5 Pb²⁺浸出浓度(mg/L)

编号	添加量				
	0	0.20wt%	0.40wt%	0.80wt%	1.60wt%
[0067] 1#	19.31	12.24	11.42	10.71	9.22
2-1#	19.31	12.31	11.08	10.67	9.20
2-2#	19.31	12.13	10.92	10.53	9.07
2-3#	19.31	12.11	10.90	10.51	9.06
2-4#	19.31	12.25	11.03	10.62	9.16
3-1#	19.31	12.30	11.07	10.66	9.20
3-2#	19.31	12.13	10.92	10.53	9.07
3-3#	19.31	12.56	11.30	10.87	9.39
3-4#	19.31	12.73	11.46	11.01	9.51
3-5#	19.31	12.55	11.31	10.88	9.38
3-6#	19.31	12.74	11.45	11.03	9.52
3-7#	19.31	12.28	11.05	10.65	9.18
3-8#	19.31	12.31	11.08	10.67	9.20
3-9#	19.31	12.19	10.97	10.57	9.12
3-10#	19.31	12.24	11.02	10.61	9.15
3-11#	19.31	12.33	11.10	10.69	9.22
3-12#	19.31	12.14	10.93	10.53	9.08
4-1#	19.31	12.25	11.03	10.62	9.16
4-2#	19.31	12.37	11.13	10.72	9.25
4-3#	19.31	12.12	10.91	10.52	9.07
5-2#	19.31	12.08	10.78	10.21	9.05
5-4#	19.31	12.59	11.42	10.83	9.11

[0068] 根据表5可知,白星花金龟幼虫的虫粪残渣对 Pb^{2+} 具有钝化能力,即虫粪残渣能够降低 Pb^{2+} 的浸出浓度,并且随着虫粪残渣浓度的增加,钝化能力增加;不同虫粪残渣样品在相同的处理时间内无显著性差异。

[0069] 实施例7

[0070] 虫粪残渣活性成分对 Cu^{2+} 的钝化能力

[0071] 向含有 Cu^{2+} 污染的土壤中分别按照0.2wt%、0.40wt%、0.80wt%和1.60wt%的比例分别添加实施例1至5制备得到不溶解组分——虫粪残渣;混合均匀后保持含水量为田间持水量60%的条件下钝化反应5d时,测定土壤中 Cu^{2+} 的浸出浓度。以不添加任何粪便的土壤作为空白对照。结果见表6。

[0072] 表6 Cu^{2+} 浸出浓度 (mg/L)

编号	添加量				
	0	0.20wt%	0.40wt%	0.80wt%	1.60wt%
[0073] 1#	18.12	8.21	7.90	7.53	6.41
2-1#	18.12	8.25	7.87	7.58	6.53
2-2#	18.12	8.13	7.75	7.47	6.44
2-3#	18.12	8.11	7.74	7.46	6.43

编号	添加量				
	0	0.20wt%	0.40wt%	0.80wt%	1.60wt%
[0074] 2-4#	18.12	8.21	7.83	7.54	6.50
3-1#	18.12	8.24	7.86	7.57	6.53
3-2#	18.12	8.13	7.75	7.47	6.44
3-3#	18.12	8.42	8.03	7.72	6.66
3-4#	18.12	8.53	8.13	7.82	6.75
3-5#	18.12	8.44	8.04	7.73	6.67
3-6#	18.12	8.51	8.14	7.85	6.75
3-7#	18.12	8.23	7.85	7.56	6.52
3-8#	18.12	8.25	7.87	7.58	6.53
3-9#	18.12	8.17	7.79	7.51	6.47
3-10#	18.12	8.20	7.82	7.54	6.50
3-11#	18.12	8.26	7.88	7.59	6.55
3-12#	18.12	8.13	7.76	7.48	6.45
4-1#	18.12	8.21	7.83	7.54	6.50
4-2#	18.12	8.29	7.90	7.61	6.57
4-3#	18.12	8.12	7.74	7.47	6.44
5-2#	18.12	8.21	7.79	7.51	6.55
5-4#	18.12	8.33	8.16	7.72	6.54

[0075] 根据表6可知,白星花金龟幼虫的虫粪残渣对 Cu^{2+} 具有钝化能力,即虫粪残渣能够降低 Cu^{2+} 的浸出浓度,并且随着虫粪残渣浓度的增加,钝化能力增加;不同虫粪残渣样品在相同的处理时间内无显著性差异。

[0076] 实施例8

[0077] 虫粪残渣活性成分对 Cd^{2+} 的钝化能力

[0078] 向含有 Cd^{2+} 污染的土壤中分别按照0.2wt%、0.40wt%、0.80wt%和1.60wt%的比例分别添加实施例1至5制备得到不溶解组分——虫粪残渣;混合均匀后保持含水量为田间持水量60%的条件下钝化反应5d时,测定土壤中 Cd^{2+} 的浸出浓度。以不添加任何粪便的土壤作为空白对照。结果见表7。

[0079] 表7 Cd^{2+} 浸出浓度 (mg/L)

编号	添加量				
	0	0.20wt%	0.40wt%	0.80wt%	1.60wt%
[0080] 1#	17.54	11.02	8.49	8.10	7.05
2-1#	17.54	11.08	8.36	8.07	7.04
2-2#	17.54	10.92	8.14	7.97	6.95
2-3#	17.54	10.90	8.13	7.96	6.94
2-4#	17.54	11.03	8.22	8.04	7.01
3-1#	17.54	11.07	8.25	8.06	7.04
3-2#	17.54	10.92	8.14	7.97	6.95
3-3#	17.54	11.30	8.41	8.21	7.17
3-4#	17.54	11.46	8.52	8.31	7.26
3-5#	17.54	11.31	8.43	8.21	7.16

编号	添加量				
	0	0.20wt%	0.40wt%	0.80wt%	1.60wt%
[0081] 3-6#	17.54	11.44	8.53	8.32	7.26
3-7#	17.54	11.05	8.24	8.05	7.03
3-8#	17.54	11.08	8.26	8.07	7.04
3-9#	17.54	10.97	8.18	8.00	6.98
3-10#	17.54	11.02	8.21	8.03	7.01
3-11#	17.54	11.10	8.27	8.08	7.05
3-12#	17.54	10.93	8.15	7.97	6.96
4-1#	17.54	11.03	8.22	8.04	7.01
4-2#	17.54	11.13	8.29	8.10	7.07
4-3#	17.54	10.91	8.14	7.96	6.95
5-2#	17.54	10.86	8.01	7.78	6.83
5-4#	17.54	11.12	8.29	8.04	7.61

[0082] 根据表7可知,白星花金龟幼虫的虫粪残渣对 Cd^{2+} 具有钝化能力,即虫粪残渣能够降低 Cd^{2+} 的浸出浓度,并且随着虫粪残渣浓度的增加,钝化能力增加;不同虫粪残渣样品在相同的处理时间内无显著性差异。