



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107090297 A

(43)申请公布日 2017.08.25

(21)申请号 201710263156.2

(22)申请日 2017.04.21

(71)申请人 航天凯天环保科技股份有限公司

地址 410100 湖南省长沙市长沙经济技术  
开发区星沙大道15号

(72)发明人 刘登彪 苗雪雪 刘晓月 史学峰  
李娟 权胜祥 刘羽翼

(74)专利代理机构 长沙市融智专利事务所  
43114

代理人 魏娟

(51)Int.Cl.

*C09K 17/40*(2006.01)

*B09C 1/08*(2006.01)

*C09K 101/00*(2006.01)

*C09K 109/00*(2006.01)

权利要求书2页 说明书7页

(54)发明名称

一种农田重金属污染土壤修复剂及其制备  
方法和应用

(57)摘要

本发明公开了一种农田重金属污染土壤修  
复剂及其制备方法和应用,包括粘土矿物粉末废  
弃净水器活性炭滤芯粉末、废弃净水器纤维超滤  
膜粉末、pH调节剂及有机肥等组分,其制备方  
法是将废弃净水器活性炭滤芯粉末与粘土矿物粉  
末分散在水中,调节pH至2~5,转入水热反应釜  
内,进行水热反应,水热反应产物置于保护气氛  
下煅烧;煅烧产物与废弃净水器纤维超滤膜粉  
末、pH调节剂及有机肥混合,即得。土壤修复剂稳  
定性好,可以高效吸附固定农田重金属污染土壤  
中游离重金属离子,降低农作物重金属含量,不  
破坏原有生态环境和土壤结构,提高土壤肥力,  
增加农作物产量。

1. 一种农田重金属污染土壤修复剂,其特征在于:包括以下质量份组分原料:  
粘土矿物粉末100份;  
废弃净水器活性炭滤芯粉末5~25份;  
废弃净水器纤维超滤膜粉末1~10份;  
pH调节剂0.5~1.5份;  
有机肥1~10份。
2. 根据权利要求1所述的农田重金属污染土壤修复剂,其特征在于:所述粘土矿物粉末为海泡石粉末、膨润土粉末、白云石粉末、沸石粉末中至少一种;  
所述废弃净水器活性炭滤芯粉末由废弃净水器中的活性炭滤芯经过粉碎和过150目筛得到;  
所述活性炭滤芯包括前置颗粒活性炭滤芯、前置压缩活性炭滤芯、后置活性炭T33滤芯中至少一种;  
所述废弃净水器纤维超滤膜粉末由废弃净水器中的纤维超滤膜经过粉碎和过150目筛得到。
3. 根据权利要求1所述的农田重金属污染土壤修复剂,其特征在于:所述的pH值调节剂为氧化钙和/或过磷酸钙。
4. 根据权利要求1所述的农田重金属污染土壤修复剂,其特征在于:所述有机肥由豆科植物和秸秆混合物经粉碎后堆肥得到。
5. 根据权利要求1~4任一项所述的农田重金属污染土壤修复剂,其特征在于:  
由以下质量份组分原料组成:  
海泡石粉末100份;  
废弃净水器活性炭滤芯粉末8~18份;  
废弃净水器纤维超滤膜粉末5~10份;  
pH调节剂0.8~1.2份;  
有机肥5~8份。
6. 权利要求1~5任一项所述的农田重金属污染土壤修复剂的制备方法,其特征在于:包括以下步骤:
  - 1) 将废弃净水器活性炭滤芯粉末与粘土矿物粉末分散在水中,调节pH至2~5,转入水热反应釜内,在120~150℃温度下进行水热反应;
  - 2) 水热反应产物置于保护气氛下,于400~600℃温度下煅烧;
  - 3) 煅烧产物与废弃净水器纤维超滤膜粉末、pH调节剂及有机肥混合,即得。
7. 根据权利要求6所述的农田重金属污染土壤修复剂的制备方法,其特征在于:所述水热反应的时间为10~20h。
8. 根据权利要求6所述的农田重金属污染土壤修复剂制备方法,其特征在于:所述煅烧的时间为2~6h。
9. 权利要求1~5任一项所述的农田重金属污染土壤修复剂的应用,其特征在于:应用于农田重金属污染土壤修复,以降低农作物重金属含量和农作物增产。
10. 根据权利要求9所述的农田重金属污染土壤修复剂的应用,其特征在于:将所述土壤修复剂按150~250kg/亩添加在重金属污染土壤中,保持土壤含水率在25%以上,实现农

田重金属污染土壤中的重金属离子净化及提高土壤肥力。

## 一种农田重金属污染土壤修复剂及其制备方法和应用

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种土壤修复剂,特别涉及一种用于农田重金属污染土壤的修复剂及其制备方法和应用,属于重金属污染土壤修复技术。

### 背景技术

[0002] 土壤重金属污染是指由于人类的活动将重金属带入土壤中,致使土壤中重金属含量明显高于其自然背景值,并造成生态破坏和环境质量恶化的现象。随着人口快速增长,工业农业生产规模不断扩大,土壤重金属污染的形势越来越严峻,引发的的问题越来越突出,已成为全球面临的一个严重的环境问题。重金属污染不仅导致土壤物理、化学和生物学性质发生改变,降低农作物的产量和质量,并且能够通过食物链到达人体,直接危害人体健康。我国的耕地重金属污染非常严重,受重金属污染的耕地有1000万公顷,占18亿亩的耕地的8%以上,每年直接减少粮食产量约100亿公斤。

[0003] 近年来,长期积累的重金属污染问题开始逐渐显露出来,并呈高发态势,部分区域重金属污染尤为突出,仅2008年,我国就相继发生了贵州独山县、湖南辰溪县、广西河池、云南阳宗海及河南大沙河等5起重大重金属污染事件。这些重大重金属污染事件频发,不仅造成了严重的经济损失,还直接威胁到人类的生命安全。在当前严峻的土壤重金属污染形势下,环保、材料、冶金等各方面专家学者对重金属污染土壤修复均展开了研究。

[0004] 传统的重金属污染土壤治理技术有化学淋洗法、原位固化法及植物修复法等,这些方法各有各自优点和缺点。

[0005] 化学淋洗法使用化学药剂对土壤进行淋洗去除土壤中的重金属。该方法使用的淋洗剂会破坏土壤的理化性质和原有结构,淋洗后的土壤基本丧失种植功能。淋洗出来的废液需要处理,且容易造成二次污染,工程费用高。如中国专利CN201410800281.9公开了一种原位淋洗联合固化-稳定化修复铬重度污染土壤的方法,该方法是用于修复铬含量超过900mg/kg的铬重度污染的土壤,先以水作为淋洗剂对铬重度污染的土壤进行原位淋洗,再在原位淋洗后的土壤中添加稳定剂和固化剂,得到检测铬浓度低于160mg/kg的修复土壤。该方法对铬重度污染土壤修复效果好,铬残留量低,达到《土壤环境质量标准》二级标准,但是其会产生大量的淋洗废液。且经过淋洗后的土壤理化性质和原有结构被破坏,基本丧失种植功能。

[0006] 原位固化法是将固化剂加入土壤来降低土壤中重金属的活性。该方法使用只是通过吸附、螯合等作用暂时降低了重金属的活性,但重金属仍然留在土壤中。且固化法的有效性也是个很大的问题,在固化时间较长或周边环境发生改变时,重金属仍有可能重新释放出来。如中国专利CN201210383318.3公开了一种重金属污染土壤修复用固化剂、重金属污染土壤修复方法;固化剂包含硫铝酸盐水泥及活性二氧化硅的组合物和生石灰等组分,该固化剂能达到了固化重金属的目的,减少了重金属的浸出毒性,但是固化重金属的方法,目前没有可靠的数据证明该方法的长期有效性,并且固化物属于固体垃圾,占地面积大,需要进行填埋,耗费人力和财力,且填埋后的土壤无法进行种植植物。

[0007] 植物修复法通常指采用超富集植物种植在污染土地上,用植物吸收土壤中超标的重金属。该方法的问题在于修复周期很长,土地荒置造成的经济损失较大。且富集了重金属的植物需要进行收集处理,工程量较大,处理过程中容易产生二次污染。中国专利CN 201610708833.2公开了一种利用草本植物间作修复重金属污染土壤的方法,它是将草本植物种植在重金属离子污染的土壤中,草本植物为空心菜、马苕苋、污泥蓼和苦菜四种以间作方式种植在重金属离子污染的土壤中,通过四种不同草本植物对重金属离子的超累积选择性吸收,土壤中的重金属离子转移到植物的地上部分,定期将植物地上部分移走,逐步降低污染土壤中重金属离子的含量,进而修复重金属污染的土壤,但是其富集重金属的植物需要及时处理,易造成二次污染,且工程量大,效率较低。

[0008] 对于重金属污染的农作物土壤,传统的修复重金属土壤污染的方法如淋洗法和固化法等一般都会破坏土壤的原有结构,无法进行种植,而草本植物修复效率低周期长,都很难适应重金属污染农作物土壤的修复。而最直接的方法是通过加入重金属吸附剂或者稳定剂,防止重金属进入植株内。如中国专利201310200934.5公开了将壳聚糖复配上香菇多糖,能够选择性地吸附掉土壤中的铬、镉等有害重金属,尤其是可交换态的有害重金属,而基本不影响土壤中的锌含量,保持土壤的锌肥力,尤其适用于种植茶树等植物的农田使用。但是其采用的吸附剂很容易降解,失效快。

## 发明内容

[0009] 针对现有的重金属污染的农作物土壤修复技术存在的缺陷,本发明的一个目的是在于提供一种稳定性好,可以高效吸附固定农田重金属污染土壤中游离重金属离子,降低农作物重金属含量,不破坏原有生态环境和土壤结构,提高土壤肥力,增加农作物产量的修复剂。

[0010] 本发明的另一个目的是在于提供一种操作简单、成本低的制备农田重金属污染土壤修复剂的方法。

[0011] 本发明的第三个目的是在于提供所述土壤修复剂在修复农田重金属污染土壤中的应用,稳定性好,该土壤修复剂不但可以有效修复农田重金属污染土壤实现降低农作物重金属含量,而且可以提高土壤肥力,增加农作物产量。

[0012] 本发明提供了一种农田重金属污染土壤修复剂,其包括以下质量份组分原料:粘土矿物粉末100份;废弃净水器活性炭滤芯粉末5~25份;废弃净水器纤维超滤膜粉末1~10份;pH调节剂0.5~1.5份;有机肥1~10份。

[0013] 现有技术中的净水器几乎是家家必备的产品,而净水器滤芯等过滤材料使用寿命都相对较短,寿命终结后一般都是直接废弃,很少被重复使用。而本发明技术方案首次将废弃净水器中的活性炭滤芯及纤维超滤膜等进行再利用,巧妙地将其利用到农田重金属污染土壤修复技术中来,将两者与粘土矿物、有机肥等组合使用,能很好地选择吸附固定土壤中的重金属离子,同时不破坏土壤的原有结构,且对土壤具有增加肥效的作用。净水器的活性炭滤芯一般是以椰壳炭及煤质活性炭通过粘结而成,其不但具备特别发达的孔隙,比表面高达 $1000\text{m}^2/\text{g}$ ,而且还含有丰富的羟基、羧基等,集吸附、过滤、截获、催化作用于一体,在净水器中使用能有效去除水中的有机物、余氯及其他放射性物质等。纤维超滤膜的超滤膜丝管壁上约有高达60亿个0.01微米的微孔,其孔径只允许水分子、水中的有益矿物质和微

量元素通过,而最小细菌的体积都在0.02微米以上,将其用在净水器中可以截留细菌以及胶体、铁锈、悬浮物、泥沙、大分子有机物等。而粘土矿物具有较大的离子交换作用,其较大的比表面积。在本发明技术方案中将活性炭滤芯与纤维超滤膜与粘土矿物等一起组合使用,各组分之间产生协同增效作用,纤维超滤膜充分利用其大比表面积和纳米孔结构,使重金属污染土壤中的游离的重金属离子选择性进入土壤修复剂,活性炭利用其孔隙和极性基团对重金属离子进行物理吸附和化学键整合,而粘土矿物对重金属离子进行交换,实现了重金属离子的固定化、稳定化,且释放对植物生长有利的离子成分如含氮、磷、钾、钙、镁等离子;在对土壤的重金属离子进行吸附、交换时,基本不破坏原有土壤结构和生态,同时可以缓慢释放有机肥料成分,能有效改善土壤肥力。

[0014] 优选的方案,所述粘土矿物粉末为海泡石粉末、膨润土粉末、白云石粉末、沸石粉末中至少一种;更优选为海泡石。粘土矿物粉末作为活性炭的负载材料同时也作为重金属吸附和交换材料,海泡石具备高比表面,且收缩率低,可塑性好,比表面大,吸附性强,是优选的载体材料。粘土矿物经过干燥,粉碎,过80目筛,取筛下物。粉碎过程一般为研磨粉碎。

[0015] 优选的方案,所述废弃净水器活性炭滤芯粉末由废弃净水器中的活性炭滤芯经过粉碎和过150目筛得到。所述活性炭滤芯包括前置颗粒活性炭滤芯、前置压缩活性炭滤芯、后置活性炭T33滤芯中至少一种。所述废弃净水器活性炭滤芯经过干燥、粉碎后,过150目筛,取筛下物。粉碎过程一般为研磨粉碎。

[0016] 优选的方案,所述废弃净水器纤维超滤膜粉末由废弃净水器中的纤维超滤膜经过粉碎和过150目筛得到。市场上常规的废弃净水器纤维超滤膜一般由纤维素衍生物、聚砜、聚丙烯腈、聚酰胺及聚碳酸酯等材料构成。

[0017] 优选的方案,所述的pH值调节剂为氧化钙和/或过磷酸钙。酸性土壤,一般采用氧化钙,碱性土壤一般采用磷酸钙,两者可以组合搭配,灵活使用。

[0018] 较优选的方案,所述有机肥由豆科植物和秸秆混合物经粉碎后堆肥得到。所述豆科植物为白三叶草、红花刺槐、多花胡枝子中至少一种。

[0019] 较优选的方案,农田重金属污染土壤修复剂由以下质量份组分原料:海泡石粉末100份;废弃净水器活性炭滤芯粉末8~18份;废弃净水器纤维超滤膜粉末5~10份;pH调节剂0.8~1.2份;有机肥5~8份。

[0020] 本发明还提供了一种农田重金属污染土壤修复剂的制备方法,包括以下步骤:

[0021] 1) 将废弃净水器活性炭滤芯粉末与粘土矿物粉末分散在水中,调节pH至2~5,转入水热反应釜内,在120~150℃温度下进行水热反应;

[0022] 2) 水热反应产物置于保护气氛下,于400~600℃温度下煅烧;

[0023] 3) 煅烧产物与废弃净水器纤维超滤膜粉末、pH调节剂及有机肥混合,即得。

[0024] 本发明的技术方案将废弃净水器活性炭滤芯粉末与粘土矿物粉末在弱酸性条件下进行水热反应,一方面在酸性高压条件下能对废弃净水器活性炭滤芯粉末及粘土矿物中吸附的有机杂质分解和金属离子释放,另一方面能对粘土矿物的晶体结构进行改善,提高其比表面积,增加其吸附性能,在水热反应过程中,活性炭材料与粘土矿物能有效复合,活性炭材料负载在粘土矿物表面和孔洞中,再经过高温煅烧,能使活性炭及粘土矿物进一步活化。煅烧产物与废弃净水器纤维超滤膜粉末、pH调节剂及有机肥等进行物理混合,即得到高效土壤修复剂。

- [0025] 优选的方案,所述水热反应的时间为10~20h。
- [0026] 优选的方案,所述煅烧的时间为2~6h。
- [0027] 本发明的水热反应产物先在100~120℃温度下热风干燥或者是真空干燥。
- [0028] 本发明调节pH的酸可以为现有技术中常规的无机酸。如硫酸、烟酸等都适应。
- [0029] 本发明还提供了一种农田重金属污染土壤修复剂的应用,将其应用于农田重金属污染土壤修复,以降低农作物重金属含量和农作物增产。
- [0030] 优选的方案,将所述修复剂按150~250kg/亩添加在重金属污染土壤中,保持土壤含水率在25%以上,实现农田重金属污染土壤中的重金属离子净化及提高土壤肥力。
- [0031] 本发明的农田重金属污染土壤根据污染源不同其重金属污染程度及重金属种类也不同,如公路、铁路两边农田土壤主要指的是铅、锌、镉、铬和铜等重金属污染。施加化肥农药及使用塑料薄膜等会造成农田土壤铅、汞、镉、砷等金属污染。而通过城市污水、化工污水等及施加污泥肥料引入农田土壤的污染主要为镉、铅、汞、镍、铜、铬、锌等重金属污染。本发明的农田重金属污染土壤修复剂对于各种重金属污染的农田土壤的修复均适应。目前来说,通过农作物吸收进入粮食,最突出的主要是镉超标。
- [0032] 相对现有技术,本发明的技术方案带来的有益技术效果:
- [0033] 1) 本发明的农田重金属污染土壤修复剂利用废弃净水器活性炭滤芯和废弃净水器纤维超滤膜作为主要原料,实现了废物再利用,大大节约了农田重金属污染土壤修复剂的使用成本。
- [0034] 2) 本发明的农田重金属污染土壤修复剂不但可以使农田重金属污染土壤中游离重金属离子得到高效吸附、固定,有效降低重金属进入农作物,而且不破坏原有生态环境和土壤结构,同时可以提高土壤肥力,以增加农作物产量。
- [0035] 3) 本发明的农田重金属污染土壤修复剂的制备方法简单、成本低,满足工业生产要求。
- [0036] 4) 本发明的农田重金属污染土壤修复剂在不需中断农作物种植的条件下可以直接添加使用,不但可以降低农作物中重金属含量,而且可以增产。

### 具体实施方式

- [0037] 以下实施例旨在进一步说明本发明内容,而不是限制本发明权利要求的保护范围。
- [0038] 实施例1
- [0039] 以下配方1~6中,
- [0040] 粘土矿物经过105℃干燥,研磨粉碎,过80目筛,取筛下物。
- [0041] 废弃净水器活性炭滤芯经过105℃干燥、粉碎后,过150目筛,取筛下物。
- [0042] 废弃净水器中的纤维超滤膜经过酸洗,水洗,再105℃干燥,研磨粉碎,过150目筛,取筛下物。
- [0043] 有机肥由白三叶草和水稻秸秆按质量比1:1混合物,经粉碎后,堆肥得到。
- [0044] 配方1:膨润土粉末100份,前置颗粒活性炭滤芯粉末5份,废弃净水器纤维超滤膜粉末5份,氧化钙0.5份,有机肥5份。
- [0045] 配方2:沸石粉末100份,后置活性炭T33滤芯粉末25份,废弃净水器纤维超滤膜粉

末10份,氧化钙1.5份,有机肥10份。

[0046] 配方3:海泡石粉末100份,前置颗粒活性炭滤芯粉末8份,废弃净水器纤维超滤膜粉末8份,氧化钙1.2份,有机肥7份。

[0047] 配方4:海泡石粉末100份,前置颗粒活性炭滤芯粉末18份,废弃净水器纤维超滤膜粉末9份,氧化钙0.8份,有机肥5份。

[0048] 配方5:海泡石粉末100份,前置颗粒活性炭滤芯粉末8份,氧化钙0.8~1.2份,有机肥5份。

[0049] 配方6:海泡石粉末100份,废弃净水器纤维超滤膜粉末10份,氧化钙1.2份,有机肥8份。

[0050] 以上配方1~6按一下方法制备土壤修复剂:

[0051] 将废弃净水器活性炭滤芯粉末与粘土矿物粉末分散在水中,液固比为1:5g/mL,采用硫酸调节溶液体系pH至3,然后转入水热反应釜内,在140℃温度下进行水热反应15h,经过过滤分离,固体产物经过大量水洗后,在110℃温度下热风干燥,干燥产物置于氮气气氛下,于500℃温度下煅烧3h,煅烧产物与废弃净水器纤维超滤膜粉末、pH调节剂及有机肥机械搅拌混合,即得土壤修复剂。

[0052] 以上配方1~6土壤修复剂的田间小区应用试验:

[0053] 1)取湖南某县污染农田土壤作为试验田,进行田间小区试验:土壤中的镉含量为0.80mg/kg。

[0054] 将该试验田划分为28个试验小区,共7个处理,每个处理做4个平行,其中以—个处理作为不添加土壤修复剂的对照组,配方1~6均进行—个处理。小区面积5m×6m,随机排列。试验开始时,试验田先不施任何肥,将田耕作耙平,实行单排单灌,防止小区间串肥串水。将每个处理施加土壤修复剂到相应的小区中,土壤修复剂添加量为200kg/亩人工用六齿耙将土壤修复剂均匀混入泥中并用木烫板烫平田。土壤修复剂添加后,保持土壤足够的湿度,含水量至少在30%以上,养护3天后,进行插秧,每蔸4~5株基本苗。按正常方法进行田间管理,直至水稻收割,得到水稻籽粒的重金属含量成分如下表1,水稻的收成量如表1。

[0055] 表1水稻籽中重金属含量和收成

实验组	水稻籽粒中镉含量 (mg/kg)	降镉率	水稻产量(kg/ 亩)	增产率
[0056] 对照组	0.53	—	660.55	—
配方1	0.35	33.96%	755.88	14.43%
配方2	0.32	39.62%	744.18	12.66%
配方3	0.26	50.94%	811.72	22.89%
[0057] 配方4	0.29	45.28%	795.32	20.40%
配方5	0.40	24.53%	728.33	10.26%
配方6	0.43	18.87%	703.93	6.57%



[0058] 实施例2

[0059] 配方3:海泡石粉末100份,前置颗粒活性炭滤芯粉末8份,废弃净水器纤维超滤膜粉末8份,氧化钙1.2份,有机肥7份。

[0060] 以上配方3制备土壤修复剂:

[0061] A:将废弃净水器活性炭滤芯粉末与粘土矿物粉末分散在水中,液固比为1:5g/mL,采用硫酸调节溶液体系pH至5,然后转入水热反应釜内,在120℃温度下进行水热反应15h,经过过滤分离,固体产物经过大量水洗后,在110℃温度下热风干燥,干燥产物置于氮气气氛下,于600℃温度下煅烧2h,煅烧产物与废弃净水器纤维超滤膜粉末、pH调节剂及有机肥机械搅拌混合,即得土壤修复剂A。

[0062] B:将废弃净水器活性炭滤芯粉末与粘土矿物粉末分散在水中,液固比为1:5g/mL,然后转入水热反应釜内,在140℃温度下进行水热反应15h,经过过滤分离,固体产物经过大量水洗后,在110℃温度下热风干燥,干燥产物置于氮气气氛下,于500℃温度下煅烧3h,煅烧产物与废弃净水器纤维超滤膜粉末、pH调节剂及有机肥机械搅拌混合,即得土壤修复剂B。

[0063] C:将废弃净水器活性炭滤芯粉末与粘土矿物粉末分散在水中,液固比为1:5g/mL,采用硫酸调节溶液体系pH至3,然后转入水热反应釜内,在140℃温度下进行水热反应15h,经过过滤分离,固体产物经过大量水洗后,在110℃温度下热风干燥,干燥产物置于氮气气氛下,于1000℃温度下煅烧3h,煅烧产物与废弃净水器纤维超滤膜粉末、pH调节剂及有机肥机械搅拌混合,即得土壤修复剂C。

[0064] D:将废弃净水器活性炭滤芯粉末与粘土矿物粉末分散在水中,液固比为1:5,采用氢氧化钠调节溶液体系pH至9,然后转入水热反应釜内,在140℃温度下进行水热反应15h,经过过滤分离,固体产物经过大量水洗后,在110℃温度下热风干燥,干燥产物置于氮气气氛下,于500℃温度下煅烧3h,煅烧产物与废弃净水器纤维超滤膜粉末、pH调节剂及有机肥机械搅拌混合,即得土壤修复剂D。

[0065] 以上配方A~D土壤修复剂的大田应用试验:

[0066] 1)取湖南某县被城市污水污染农田土壤作为试验田,进行田间小区试验:土壤中主要重金属镉的含量为0.45mg/kg。

[0067] 将该试验田划分为16个试验小区,共4个处理,每个处理做4个平行,配方A~D均进行一个处理。小区面积5m×6m,随机排列。试验开始时,试验田先不施任何肥,将田耕作耙平,实行单排单灌,防止小区间串肥串水。将每个处理施加土壤修复剂到相应的小区中,土壤修复剂添加量为200kg/亩人工用六齿耙将土壤修复剂均匀混入泥中并用木烫板烫平田。土壤修复剂添加后,保持土壤足够的湿度,含水量至少在30%以上,养护3天后,进行插秧,每蔸4~5株基本苗。按正常方法进行田间管理,直至水稻收割,得到水稻籽粒的重金属含量成分如下表2,水稻的收成量如表2。

[0068] 表2水稻籽中重金属含量和收成

[0069]

实验组	水稻籽粒中镉含量 (mg/kg)	降镉率	水稻产量 (kg/ 亩)	增产率
对照组	0.41	—	565.95	—
配方 A	0.18	56.10%	700.4	23.76%
配方 B	0.25	39.02%	661.59	16.90%
配方 C	0.35	14.63%	620.32	9.61%
配方 D	0.29	26.83%	622.93	10.07%