



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102513339 B

(45) 授权公告日 2013.06.19

(21) 申请号 201110411889.9

(22) 申请日 2011.12.12

(73) 专利权人 浙江博世华环保科技有限公司  
地址 310013 浙江省杭州市天目山路 238 号  
华鸿大厦 A 座 604

(72) 发明人 陈昆柏 况武 田伟莉

(74) 专利代理机构 杭州天勤知识产权代理有限公司 33224  
代理人 胡红娟

(51) Int. Cl.

B09C 1/00 (2006.01)

B09C 1/10 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 102059246 A, 2011.05.18,

CN 101722178 A, 2010.06.09,

CN 102228899 A, 2011.11.02,

李艳等. 几种公路绿化草本植物对 Cd 的积累作用. 《环境监测管理与技术》. 2011, 第 23 卷 (第 4 期),

李艳等. 几种公路绿化草本植物对 Cd 的积

累作用. 《环境监测管理与技术》. 2011, 第 23 卷 (第 4 期),

府灵敏. 几种公路绿化草本植物对铅的生物积累模拟研究. 《安徽农学通报》. 2011, 第 17 卷 (第 13 期),

刘燕等. 三叶草对重金属镉的富集特性研究. 《河南农业科学》. 2011, 第 40 卷 (第 1 期),

府灵敏. 几种公路绿化草本植物对铅的生物积累模拟研究. 《安徽农学通报》. 2011, 第 17 卷 (第 13 期),

赵达伟. 铜污染土壤的超富集、富集植物筛选. 《中国优秀硕士学位论文全文数据库工程科技 I 辑》. 2011, (第 11 期),

赵达伟. 铜污染土壤的超富集、富集植物筛选. 《中国优秀硕士学位论文全文数据库工程科技 I 辑》. 2011, (第 11 期),

审查员 李冠林

权利要求书 1 页 说明书 5 页

(54) 发明名称

白三叶在修复重金属污染土壤中的应用

(57) 摘要

本发明公开了白三叶 (*Trifolium repens*) 在修复重金属污染土壤中的应用, 包括: 在重金属污染土壤中种植白三叶; 当白三叶生长到初花期时, 对植株地上部分进行第一次刈割; 待植株继续生长至成株且现花蕾时, 对植株地上部分进行第二次刈割; 待植株继续生长至盛花期, 将植株整体移除; 其中, 所述的重金属为铜、镉和铅中的一种或多种。本发明将白三叶种植于重金属污染土壤中, 白三叶在生长过程中可吸收、积累土壤中的重金属, 通过定期收割地上部分、定期采收地下部分, 循环种植几次, 即可达到降低土壤重金属含量的目的, 从而实现对重金属污染土壤的修复, 该方法操作简单, 修复效果好, 易于推广。

1. 白三叶(*Trifolium repens*)在修复重金属污染土壤中的应用,其特征在于,应用方法为:在重金属污染土壤中种植白三叶;当白三叶生长到初花期时,对植株地上部分进行第一次刈割;待植株继续生长至成株且现花蕾时,对植株地上部分进行第二次刈割;待植株继续生长至盛花期,将植株整体移除;

所述的重金属污染土壤为长期堆放电子产品造成重金属污染的土壤。

2. 根据权利要求1所述的应用,其特征在于,所述的种植为播种种植。

3. 根据权利要求1所述的应用,其特征在于,在所述的白三叶生长过程中及时浇水,使土壤含水量保持在60-85%。

4. 根据权利要求1所述的应用,其特征在于,每次刈割留茬3-5cm。

## 白三叶在修复重金属污染土壤中的应用

### 技术领域

[0001] 本发明涉及环境污染治理技术领域,尤其涉及白三叶在修复重金属污染土壤中的应用。

### 背景技术

[0002] 随着经济全球化的迅速发展,全球土地重金属污染越来越严重。工业“三废”和机动车尾气的排放,污水灌溉及农药和化肥的滥用,造成了严重的环境和重金属污染。利用重金属富集植物进行土壤修复是当今环境科学的研究热点之一,土壤中的重金属具有生物不可降解性和相对的稳定性,因此利用植物对重金属污染位点进行修复是解决环境中重金属污染问题的一个很有前途的选择,在修复重金属土壤污染中显示了极大的潜力,它具有投资少、效率高,且不造成二次污染等多种特性。

[0003] 随着工农业生产的发展,土壤重金属污染愈加严重,特别是铜、镉、铅这三种重金属的单一污染或复合污染。土壤重金属污染是影响人类健康和环境质量的主要问题之一,它不仅影响农作物生产,而且也影响大气和水环境质量,甚至通过食物链危害人类的健康。因此,土壤重金属铜、镉、铅的污染急需治理。但目前可用于铜、镉、铅复合污染土壤修复的植物资源难以满足实际需要,亟待进一步研究和扩大可用资源。

[0004] 白三叶(*Trifolium repens*)为豆科多年生草本,茎匍匐,掌状复叶有3小叶,小叶倒卵形或倒心形,花序头状,有长总花梗,高出于叶;萼筒状,萼齿三角形,较萼筒短;花冠白色。白三叶作为常用牧草,适应性广,栽培技术成熟,利于推广利用。

### 发明内容

[0005] 本发明提供了白三叶在修复重金属污染土壤中的应用,操作简单,修复效果好,易于推广。

[0006] 白三叶(*Trifolium repens*)在修复重金属污染土壤中的应用。

[0007] 所述的重金属污染土壤可以为长期堆放电子产品造成重金属污染的土壤,而非人工添加重金属配制的污染土壤。

[0008] 所述的重金属可以为铜、镉和铅中的一种或多种;优选地,所述的重金属为镉。白三叶为豆科多年生草本,经试验研究,证明其对铜、镉、铅重金属均具有富集特性;特别地,对镉的吸收、积累效果最好。

[0009] 所述的应用可以采用如下方法:在重金属污染土壤中种植白三叶;当白三叶生长到初花期时,对植株地上部分进行第一次刈割;待植株继续生长至成株且现花蕾时,对植株地上部分进行第二次刈割;待植株继续生长至盛花期,将植株整体移除。

[0010] 所述的白三叶繁殖能力强,易成活,可采用人工移栽或直接播种的种植方式;优选地,所述的种植为播种种植。采用直接播种而非人工移栽的方式直接将种子播于被重金属污染的土壤中,操作方便,能节省大量的人力资源。

[0011] 优选地,所述的种植采用室外栽培,适于实际应用。

[0012] 优选地,在所述的白三叶生长过程中及时浇水,使土壤含水量保持在 60-85%。白三叶生命力旺盛,整个生长过程中不需要特殊管理,只需根据土壤水分实际情况及时补充水分,以便于白三叶正常生长繁殖。

[0013] 优选地,每次刈割留茬 3-5cm,便于植株继续生长。

[0014] 为加快重金属污染土壤修复速度,促进修复进程,可以采用一年栽种一次的方式,即以一年为周期,在一年中对植株的地上部分刈割三次,刈割第三次的同时将植株整体移除;再种上新的白三叶植株,重复操作,即可使土壤中的重金属含量逐渐下降,以达到环境安全标准。

[0015] 白三叶在自身生长过程中,能同时将土壤中的重金属吸收、富集在植株的地上部分或地下部分中,当植株的地上部分生长达到一定生物量时进行刈割,富集在植株地上部分的重金属随着地上部分的收割而被除去。

[0016] 每个周期中,当白三叶生长到初花期时,植株生长达到一定的生物量,并已富集了一定量的重金属,此时对植株地上部分进行刈割,刈割后及时追肥;由于白三叶的种子自然繁殖生长快速,其留茬部分可继续生长,茎节处也可着地生根,不需要经常栽种,等留茬部分生长至成株且现花蕾时,可再次刈割;待白三叶继续生长至盛花期,可以进行第三次刈割,同时将植株整体移除,即可去除整株植株中富集的所有重金属。每次刈割获得部分及最后整体移除的植株经晒干后进行灰化,作为危险废物处理。由此即可有效去除土壤中的重金属。

[0017] 本发明利用白三叶对铜、镉、铅等重金属的富集特性,将其种植于重金属污染的土壤中,白三叶在生长过程中可吸收、积累污染土壤中的重金属,特别是镉,将其转移到植株的地下部分或地上部分;通过定期对地上部分进行收割,定期对地下部分进行采收,循环种植几次,并集中灰化填埋处理收割部分,即可达到降低土壤中重金属含量的目的,从而实现重金属污染土壤的修复。

[0018] 本发明具有如下有益效果:

[0019] (1) 采用本发明修复重金属污染土壤,能同时富集土壤中的重金属铜、镉、铅,复合治理效果好,且富集量可观,特别是对镉的富集效果最好。

[0020] (2) 白三叶易于种植,收获期短,一年可收获三次,运用本发明,可使中低度铜、镉、铅复合污染的土壤在 1-2 年内重金属含量大幅降低,其中镉含量能顺利达到安全生产的要求,修复效率高,特别适用于耕地的治理。

[0021] (3) 白三叶是常用的牧草,易栽培,繁殖能力强,生长速度快,能在贫瘠土壤中正常生长,故在其生长过程中可采用粗放式管理,操作简单,管理成本较低,可操作性强,使用范围广,容易推广。

[0022] (4) 白三叶是常用的草坪或边坡绿化植物,故其在修复污染土壤的同时也可以美化环境,是一种绿色、安全、无二次污染的土壤治理方法。

## 具体实施方式

[0023] 实施例 1

[0024] 试验地点设在中国浙江省杭州市浙江工商大学内,地理坐标为东经 120° 7', 北纬 30° 17'。

[0025] 污染土壤取自温岭长期堆放电子产品的区域,主要为铜、镉、铅重金属复合污染的土壤。将取来的污染土壤装盆,盆的规格为 20(口径)cm×17(高度)cm,每盆 2.5 公斤。经测定,供试土壤中铜、镉、铅重金属含量分别为 69.6mg/kg、1.16mg/kg、81.3mg/kg。

[0026] 第一周期种植:2009 年 9 月 16 日,将白三叶直接播于待试土中,每盆播种 30 粒,出苗率为 85%左右,以无污染的土壤作为对照(CK)。苗期及时补充水分,使土壤湿度保持在 60-85%。当幼苗真叶长至 5-6 片时,喷施追肥,及时除草。2010 年 4 月下旬现花,此时进行第一次刈割,刈割后及时喷施追肥;此时温度升高,植物生长迅速,到 6 月中旬即可进行第二次刈割;此后到 8 月,由于温度过高,白三叶停止生长,此时将其连根整株移除。在每次收获时进行取样,用于测定重金属含量,其余收获的部分晒干灰化,作为危险废物处理。

[0027] 同年 9 月下旬,继续进行第二周期修复,方法同上,周期仍为一年。

[0028] 将样品分成地上和地下两部分,先用自来水洗净,再用超纯水洗 3 遍,在 105℃下杀青后,于 70℃下烘至恒重,采用 HNO-HClO<sub>4</sub>法消解,原子吸收分光光度计测定重金属含量。比较样品的生物量和重金属富集情况,具体结果如下。

[0029] 1、生物量的比较:

[0030] 从表 1 和表 2 可以看出,白三叶在铜、镉、铅复合污染土壤中收获的生物量与对照相比并未下降,反而有所升高,第一周期收获的生物量比对照高 38.5g/盆,第二周期比对照高 47.4g/盆,说明白三叶对铜、镉、铅具有较强的耐性。

[0031] 表 1 第一周期白三叶刈割生物量

[0032]

部 位	复合污染 (g/盆)	CK (g/盆)
地上部分(第一次刈割)	40.5	29.4
地上部分(第二次刈割)	45.2	35.7
地上部分(第三次刈割)	48.3	36.1
地下部分	42.1	36.4

[0033] 表 2 第二周期白三叶刈割生物量

[0034]

部 位	复合污染 (g/盆)	CK (g/盆)
地上部分(第一次刈割)	50.1	34.2
地上部分(第二次刈割)	38.1	33.5
地上部分(第三次刈割)	45.3	29.4
地下部分	39.7	28.7

[0035] 2、重金属富集情况比较:

[0036] 表 3、表 4 表明,两个周期中,从重金属含量上看,白三叶对铜、镉、铅的富集含量高低均为:铜>铅>镉,其中地下部分的富集能力远远大于地上部分,为地上部分的 4-20 倍。从富集系数(AC)看,地下部分重金属的富集系数均大于 1,其中以镉为最高,第一周期和第

二周期其 AC 值分别达 26.9 和 32.9 ;铅最低,分别为 3.1 和 2.8。地上部分除镉之外,其余均小于 1,说明白三叶对镉的富集效果较好,对铅的富集效果较差。

[0037] 表 3 第一周期白三叶重金属富集特征 (mg/kg)

[0038]

部 位	Cu	AC*	Cd	AC	Pb	AC
地上部分(第一次刈割)	56.6	0.8	3.5	3.0	37.6	0.5
地上部分(第二次刈割)	35.4	0.5	1.9	1.6	20.7	0.3
地上部分(第三次刈割)	27.5	0.4	1.5	1.3	28.5	0.4
地下部分	325.1	4.7	31.2	26.9	253.3	3.1

[0039] \*AC 为富集系数

[0040] 表 4 第二周期白三叶重金属富集特征 (mg/kg)

部 位	Cu	AC*	Cd	AC	Pb	AC
地上部分(第一次刈割)	60.9	0.9	2.1	3.4	30.6	0.4
[0041] 地上部分(第二次刈割)	21.7	0.3	1.2	1.9	23.7	0.3
地上部分(第三次刈割)	40.2	0.6	0.9	1.5	24.1	0.3
地下部分	220.7	3.1	20.4	32.9	208.3	2.8

[0042] \*AC 为富集系数

[0043] 经过两个周期的植物修复,污染土壤中镉的含量为 0.20mg/kg,已达到中华人民共和国国家标准土壤环境质量标准二级标准 $< 0.3\text{mg/kg}$ ;铜的含量为 58.2mg/kg,已接近暂定修复值 50mg/kg;铅的含量也有所降低,两年共降低了 12mg/kg。说明利用白三叶修复铜、镉、铅复合污染土壤具有较好效果,特别是对镉的修复。

[0044] 实施例 2

[0045] 试验地点设在中国浙江省温岭市温峤桐山村,地理位置为北纬  $28^{\circ} 38'$ ,东经  $121^{\circ} 27'$ ,为固体废物小拆解点的密集区域。地块主要土地利用类型为农田,主要种植水稻、蔬菜等,周边为民居。检测结果发现该区块表层土壤主要污染物为重金属,以铜、镉、铅为主,对当地农产品安全构成极大威胁。根据修复标准,铜、镉、铅的修复目标分别为 50mg/kg、0.3mg/kg、50mg/kg。

[0046] 2010 年 9 月底开始种植白三叶,将采购的白三叶种子经 24 小时清水浸泡后,以密度为每平方米 0.5 克,撒入平整好的土壤中,后盖一层薄土,以种子不暴露为佳。当幼苗真叶长至 5-6 片时,施入追肥,待初花期进行刈割,收割地上部分,留茬 3-5cm,将收割部分晒干灰化,作为危险废物处理,剩下部分进行追肥,促其继续生长,以利刈割;到再次长成并初现花蕾时,即可进行第二次刈割;之后继续追肥,生长至盛花期,此时生物量不再增加,即进行第三次刈割,并将植株连根整体去除,收割物处理同实施例 1。每次刈割时,均取样进行重金属含量测定。

[0047] 将样品分成地上和地下两部分,先用自来水洗净,再用超纯水洗 3 遍,在  $105^{\circ}\text{C}$  下

杀青后,在70℃下烘至恒重,采用HNO-HClO<sub>4</sub>法消解,原子吸收分光光度计测定重金属含量。比较样品的生物量和重金属富集情况,具体结果如下。

[0048] 该复合污染土壤中种植白三叶生长旺盛,病虫害少,无重金属毒害特征,说明白三叶对铜、镉、铅重金属具有较强的耐性。从表5可以看出,白三叶地下部分富集重金属的能力高于地上部分。对重金属的富集能力以镉最强,铜和铅相当。白三叶在一个周期内,一平方米可收获3.71kg干草,折合成亩产约为2.5吨/年,其生物量与正常牧草产量持平。

[0049] 表5种植一周期白三叶收获生物量及重金属富集特征(温岭,mg/kg)

部 位	复合污染组						
	生物量 (kg/m <sup>2</sup> )	Cu	AC*	Cd	AC	Pb	AC
[0050] 地上部分(1)	0.97	23.8	0.4	4.5	4.2	15.9	0.2
地上部分(2)	1.13	9.60	0.1	1.71	1.6	19.57	0.3
地上部分(3)	0.82	18.4	0.3	1.2	1.1	22.3	0.3
地下部分	0.79	157.60	2.4	18.83	17.4	205.33	2.8

[0051] \*AC为富集系数

[0052] 本实施例采用白三叶修复铜、镉、铅复合污染的土壤,主要是通过白三叶对铜、镉、铅的吸收并转移到地上部分,再通过刈割和整体移除的方法进行。从表6可以看出,通过一年的收割,每平米可移除铜173.5mg,镉22.2mg,铅218mg。说明白三叶对铜、镉、铅复合污染的土壤具有较强的修复能力。

[0053] 表6种植一周期白三叶重金属年富集量(温岭,mg/m<sup>2</sup>)

[0054]

部 位	Cu	Cd	Pb
地上部分(1)	23.1	4.4	15.4
地上部分(2)	10.8	1.9	22.1
地上部分(3)	15.1	1	18.3
地下部分	124.5	14.9	162.2
总计	173.5	22.2	218