



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 114793798 A

(43) 申请公布日 2022. 07. 29

(21) 申请号 202210410278.0

(22) 申请日 2022.04.19

(66) 本国优先权数据

202210351783.2 2022.04.02 CN

(71) 申请人 中国科学院南京土壤研究所

地址 210008 江苏省南京市北京东路71号

申请人 江西洁地环境治理生态科技有限公司

(72) 发明人 周静 游来勇 梁家妮 慈凯东

刘梦丽 寇乐勇

(74) 专利代理机构 北京高沃律师事务所 11569

专利代理师 薛红凡

(51) Int. Cl.

A01G 22/22 (2018.01)

A01C 21/00 (2006.01)

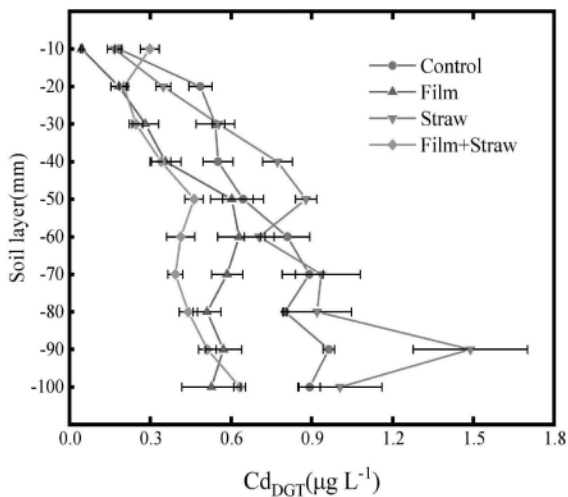
权利要求书1页 说明书5页 附图1页

(54) 发明名称

一种适用于镉污染农田的水稻栽培方法

(57) 摘要

本发明提供了一种适用于镉污染农田的水稻栽培方法,属于农业种植技术领域。本发明提供了一种适用于镉污染农田的水稻高产低镉栽培的方法,将有机肥和复合肥施入镉污染农田中,整地,覆膜打孔,移栽水稻和水管理。本发明能有效避免因稻田的排水落干造成Cd的活化,有效提高耕层土壤养分,增加了根系密度,提高稻米的有效穗数和穗粒数,实现水稻高产低镉双赢的栽培技术方法。



1. 一种适用于镉污染农田的水稻栽培方法,其特征在于,包括以下步骤:  
将有机肥和复合肥施入镉污染农田中,整地,覆膜打孔,移栽水稻苗,水分管理。
2. 根据权利要求1所述水稻栽培方法,其特征在于,所述有机肥的施入量为100~500kg/亩。
3. 根据权利要求1所述水稻栽培方法,其特征在于,所述复合肥的施入量为100~200kg/亩。
4. 根据权利要求1所述水稻栽培方法,其特征在于,所述镉污染农田中镉的浓度为0.3~1.5mg/kg。
5. 根据权利要求1所述水稻栽培方法,其特征在于,所述整地包括旋耕、开沟起厢和平整厢面。
6. 根据权利要求5所述水稻栽培方法,其特征在于,所述旋耕的深度为20~25cm。
7. 根据权利要求5所述水稻栽培方法,其特征在于,所述开沟起厢的方法为将沟的方向与风向保持一致;厢面的宽度为1.5~3m,沟的宽为20~40cm,沟的深度为15~20cm。
8. 根据权利要求1所述水稻栽培方法,其特征在于,所述覆膜打孔的膜孔直径为5~10cm,所述膜为8丝以上的黑色聚乙烯膜或者HDPE膜。
9. 根据权利要求1所述水稻栽培方法,其特征在于,所述水稻苗的行距为20~30cm,株距为10~20cm,穴数为20万~25万/亩。
10. 根据权利要求1~9任意一项所述水稻栽培方法,其特征在于,所述水分管理包括在分蘖期-灌浆期为浅淹水,在成熟期前10天排水。

## 一种适用于镉污染农田的水稻栽培方法

[0001] 本申请要求于2022年04月02日提交中国专利局、申请号为202210351783.2、发明名称为“一种适用于镉污染农田的水稻栽培方法”的中国专利申请的优先权,其全部内容通过引用结合在本申请中。

### 技术领域

[0002] 本发明属于农业种植技术领域,具体涉及一种适用于镉污染农田的水稻栽培方法。

### 背景技术

[0003] 镉已成为耕地土壤最主要污染物,镉经过水稻-食物链传递严重威胁人体健康,相关研究认为我国非吸烟人群Cd的主要暴露途径来自于大米摄入,因此,实现镉中轻度超标耕地土壤的安全利用已成为我国农业环境领域亟待解决的重大问题之一。

[0004] 持续淹水是降低糙米Cd的重要方式之一,然而水稻生产过程中的水分管理,普遍存在生育后期的排水落干,其中大部分以人为主动排干,也因地势较高,保墒蓄水能力差,或因季节性干旱等自然因素导致水稻土排水落干,相关研究表明水稻糙米中90%以上镉的积累主要集中在水稻生育后期(灌浆期-成熟期)阶段,其中尤其是水稻栽培过程中生育后期(灌浆期-成熟期)排水导致CdS的氧化释放对当季稻米Cd起主要贡献,因此如何避免生育后期排水导致Cd释放对于保证受镉污染稻田的安全利用显得极为重要。

[0005] 目前关于治理镉污染水稻的方法主要有:提高土壤pH,降低土壤Cd的有效性(重金属钝化/稳定化材料,持续淹水),降低镉向水稻吸收能力和籽粒迁移能力(采用低积累水稻品种,叶面阻控,提前收割)等方式,以上方式普遍存在精准性差(关键生育期),操作繁琐,成本高,种植户接受程度低,不同地区/土壤类型间效果差异大,且大部分措施都有水稻减产风险。因此研发一种既能增加水稻产量和降低镉含量技术方法,是实现水稻安全生产和技术转化和推广现实需要,也是实现中轻度镉污染农田安全利用,对于保障水稻的数量和质量安全具有重要意义。

### 发明内容

[0006] 有鉴于此,本发明的目的在于提供一种适用于镉污染农田的水稻栽培方法,克服现有技术不能同时实现增产和降镉的缺陷,实现降镉的同时提高水稻产量,该方法可以有效解决水稻降镉和增产难以同时实现的技术难题。

[0007] 本发明提供了一种适用于镉污染农田的水稻栽培方法,包括以下步骤:

[0008] 将有机肥和复合肥施入镉污染农田中,整地,覆膜打孔,移栽水稻苗,水分管理。

[0009] 优选的,所述有机肥的施入量为100~500kg/亩。

[0010] 优选的,所述复合肥的施入量为100~200kg/亩。

[0011] 优选的,所述镉污染农田中镉的浓度为0.3~1.5mg/kg。

[0012] 优选的,所述整地包括旋耕、开沟起厢和平整厢面。

- [0013] 优选的,所述旋耕的深度为20~25cm。
- [0014] 优选的,所述开沟起厢的方法为将沟的方向与风向保持一致;厢面的宽度为1.5~3m,沟的宽为20~40cm,沟的深度为15~20cm。
- [0015] 优选的,所述覆膜打孔的膜孔直径为5~10cm,所述膜为8丝以上的黑色聚乙烯膜或者HDPE膜。
- [0016] 优选的,所述水稻苗的行距为20~30cm,株距为10~20cm,穴数为20万~25万/亩。
- [0017] 优选的,所述水分管理包括在分蘖期-灌浆期为浅淹水,在成熟期前10天排水。
- [0018] 本发明提供了一种适用于镉污染农田的水稻栽培方法,包括以下步骤:将有机肥和复合肥施入镉污染农田中,整地,覆膜打孔,移栽水稻苗,水分管理。采用有机肥+覆膜的栽培方法,使耕作层土壤保持较低的氧化还原电位,Eh维持在(-80mv~-220mv),且增加硫酸盐还原菌相对丰度,减少因光照产生的稻田自由基的氧化过程,避免季节性干旱导致稻田因排水落干造成CdS的氧化释放,因此可降低水稻灌浆-成熟阶段耕层土壤Cd的有效性,减少水稻对镉的吸收;与此同时,覆膜可减少土气交换过程,避免挥发性养分损失,特别是氨挥发和温室气体排放,也避免反复干湿交替产生的养分离子(钾,铵离子)晶格固定,且耕层土壤氧化还原降低和有机肥的施入也显著增加耕层土壤中养分有效性,增强根系的吸收能力,尤其是增加水稻的有效分蘖数(有效穗),从而实现产量提高;该方法可以有效解决水稻降镉和增产难以同时实现的技术难题。本发明实施例证明将覆膜+施用有机肥的处理方式较常规管理方式不仅能显著的降低镉浓度,而且还能增加水稻产量,降镉率在36%~78%,增产率8.5%~30%,所有稻米实现安全生产。同时本发明提供的方法还提高了硫酸盐还原菌的相对丰度,增加了耕层土壤中速效养分

## 附图说明

- [0019] 图1为灌浆期耕层土壤中Cd有效性;
- [0020] 图2为灌浆期耕层土壤中细菌多样性结果。

## 具体实施方式

- [0021] 本发明提供了一种适用于镉污染农田的水稻栽培方法,包括以下步骤:
- [0022] 将有机肥和复合肥施入镉污染农田中,整地,覆膜打孔,移栽水稻苗,水分管理。
- [0023] 在本发明中,所述栽培方法适用轻/中镉污染农田。所述轻/中镉污染农田镉的浓度优选为0.3~1.5mg/kg。
- [0024] 在本发明中,所述有机肥的施入量优选为100~500kg/亩,更优选为150~450kg/亩,进一步优选的200~400kg/亩,最优选为300kg/亩。所述有机肥优选包括以下一种或几种:农作物秸秆、绿肥和厩肥。所述农作物秸秆优选为水稻秸秆。所述农作物秸秆粉碎后平铺在农田上。所述复合肥的施入量优选为100~200kg/亩,更优选为150kg/亩。所述复合肥中氮磷钾的质量比优选为15:8:8。有机肥和复合肥的施入,一方面增加耕层土壤养分,保障水稻生育期有充足的养分供应,进而提高水稻产量;另一方面,增加土壤总还原性物质,结合薄膜覆盖可明显的降低土壤氧化还原电位,从而促进自由离子态向沉淀态转变,降低Cd的活性。
- [0025] 在本发明中,所述整地优选包括旋耕、开沟起厢和平整厢面。所述旋耕的深度优选

为20~25cm,更优选为22~23cm。旋耕有利于使肥料充分与土壤混匀,更好的发挥有机肥作用。所述开沟起厢的方法优选为将沟的方向与风向保持一致,是水稻通风透光,减少病虫害发生,有利于水稻增产;厢面的宽度优选为1.5~3m,更优选为1.8~2.5m。沟的宽优选为20~40cm,更优选为25~35cm,最优选为30cm。沟的深度优选为15~20cm,更优选为18cm。

[0026] 在本发明中,所述覆膜打孔的膜孔直径优选为5~10cm,更优选为8cm。所述膜为8丝以上的黑色聚乙烯膜或者HDPE膜。孔的间距优选和水稻种植的行株距保持一致。覆膜可避免因光照导致土壤表层产生自由基氧化土壤中的CdS,进而降低耕层土壤中镉的活性,同时覆膜可以减少杂草产生,增加耕层温度,增强根系活力。

[0027] 在本发明中,所述水稻苗的行距优选为20~30cm,更优选为25cm。株距优选为10~20cm,更优选为15cm。穴数优选为20万~25万/亩,更优选为22~23万/亩。保障种植密度,提高水稻产量,

[0028] 在本发明中,所述水分管理优选包括在分蘖期-灌浆期为浅淹水,在成熟期前10天排水。所述浅淹水的高度为2~5cm,更优选为3~4cm。灌浆期排水优选在水稻收获前20d排水。所述排水水分管理中后期排水主要是增加土壤中氧浓度,避免持续淹水导致的微量元素有效性降低,有利于提高产量,有利于收割,也可以凸显覆膜作用的效果。

[0029] 在本发明中,所述栽培方法适用于我国南方酸性土壤,优选为黄棕壤性水稻土、第四季红色粘土发育稻土、信江流域灰色冲积物发育的水稻土,更优选为黄棕壤性水稻土。

[0030] 下面结合实施例对本发明提供的一种适用于镉污染农田的水稻栽培方法进行详细的说明,但是不能把它们理解为对本发明保护范围的限定。

[0031] 实施例1

[0032] 选择土壤pH为 $5.65 \pm 0.15$ ,全镉 $1.2 \pm 0.05 \text{mg/kg}$ 的黄棕壤性水稻土(湖北黄冈),于2021年开展一季中稻小区试验,水稻品种选择丰两优香I号(常规稻)和Y两优900(超级稻),分别设置常规管理(不覆膜种植+无秸秆施用),薄膜+秸秆覆盖种植,其中秸秆用量为150kg/亩(干重)水稻秸秆,薄膜采用8丝黑色HDPE膜,水分管理采用前期淹水,水稻成熟收获前20天排水,试验结果如表1。

[0033] 表1湖北蕲春黄棕壤试验点结果

品种	丰两优香 I 号		Y 两优 900	
	糙米 Cd (mg/kg)	产量 (kg/亩)	糙米 (Cd) (mg/kg)	产量 (kg/亩)
常规管理 (对照)	0.48±0.05a	553±29b	0.56±0.06a	652±33b
薄膜+秸秆覆盖	0.12±0.02b	608±19a	0.15±0.04b	708±24a

[0035] 注:不同小写字母表示组间存在显著性差异性, $p < 0.05$ 。

[0036] 由表1可知,秸秆+薄膜覆盖处理可以显著的降低镉浓度和增加水稻产量,降镉率在75%~78%,增产率8.5%~9.9%,所有稻米实现安全生产。

[0037] 实施例2

[0038] 选择土壤pH为5.82,总镉0.85mg/kg的第四季红色粘土发育的水稻土(江西九江),于2021年开展一季晚稻小区试验,水稻品种选择天优华占,分别设置常规管理(Control),

薄膜+秸秆覆盖 (Film+Straw), 单独覆膜 (Film), 单独秸秆 (Straw), 其中秸秆用量为200kg/亩的油菜秸秆, 薄膜采用6丝黑色HDPE薄膜, 覆盖, 水分管理参照当地常规管理, 于水稻灌浆期采用高分辨率DGT装置来表征耕层土壤中Cd的生物有效性: 采用高分辨率DGT (Chelex-100, 智感环境<http://www.easysensor.net/>), 使用前在室内氮吹脱氧处理, 然后分别安置于每个试验小区耕层土壤 (0-10cm), 平衡24小时后, 取出DGT装置用陶瓷刀片将DGT吸附膜切割至1cm/段, 采用1mol/LHNO<sub>3</sub>进行洗脱, 用ICP-MS测定洗脱液中的Cd浓度, 结果见图1。

[0039] 水稻灌浆期采集耕层土壤 (0~15cm) 鲜样, 采用液氮冷冻后干冰保存运输, 并送至上海欧易生物进行土壤DNA的提取, 并采用16S扩增子测序 (结果见图2); 采用常规方法分析土壤中速效N, P, K养分, 于水稻成熟期采集样品, 测定产量和糙米中Cd的含量, 试验结果如表2。

[0040] 表2江西九江红壤试验点结果

处理方式	产量 (kg/亩)	糙米 Cd (mg/kg)	土壤 NH <sub>4</sub> -N (mg/kg)	有效磷 (mg/kg)	速效钾 (mg/kg)
常规管理	568±48a	0.35±0.08b	32±3.8b	12.8±1.2b	87±7b
单独覆膜	673±53ab	0.18±0.02ab	45±5.5a	13.2±2.2ab	94±6ab
秸秆还田	691±38b	0.24±0.06b	22±3.2c	13.8±2.1ab	112±4a
秸秆+覆膜	724±83c	0.15±0.01a	38±3.4b	15.6±1.2a	115±6 a

[0042] 注: 不同小写字母表示组间存在显著性差异性,  $p < 0.05$ 。

[0043] 由图1~图2和表2可知, 覆膜+秸秆处理显著降低耕层土壤中Cd<sub>DGT</sub>浓度, 提高了硫酸盐还原菌的相对丰度, 增加了耕层土壤中速效养分, 显著提高了水稻产量且降低糙米镉含量, 降镉率57%, 增产率30%稻米实现安全生产。

[0044] 实施例3

[0045] 选择pH值6.05, 总镉在1.08mg/kg的信江流域灰色冲积物发育的水稻土 (江西鹰潭), 开展一季晚稻田间验证试验, 水稻品种为五优华占, 分别设置常规管理, 覆膜+秸秆, 单独覆膜, 单独秸秆, 其中秸秆用量为200kg/亩的油菜秸秆, 薄膜采用8丝黑色HDPE薄膜, 覆盖, 水分管理参照当地常规管理, 试验结果如表3:

[0046] 表3江西鹰潭河流冲积土试验点结果

处理方式	产量 (kg/亩)	糙米Cd (mg/kg)
常规管理 (对照)	614±34b	0.25±0.03b
单独覆膜	582±29a	0.12±0.02a
秸秆还田	602±39b	0.27±0.06b
秸秆+覆膜	746±10c	0.16±0.03a

[0048] 注: 不同小写字母表示组间存在显著性差异性,  $p < 0.05$ 。

[0049] 由表3可知, 秸秆+薄膜覆盖处理, 显著提高了水稻产量且降低, 降镉率在36%, 增产率21.4%, 所有稻米实现安全生产。

[0050] 本发明提供的栽培方法可同时实现有效稻米增产降镉, 且不受区域 (土壤类型) / 水稻品种的影响, 尤其对于因水稻季节性干旱或保墒蓄水能力差的 (地势较高) 田块, 可以

有效避免因稻田的排水落干造成Cd的释放,有效提高耕层土壤养分,增加了根系密度,提高稻米的有效穗数和穗粒数,进而增加作物产量。

[0051] 以上所述仅是本发明的优选实施方式,应当指出,对于本技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明原理的前提下,还可以做出若干改进和润饰,这些改进和润饰也应视为本发明的保护范围。

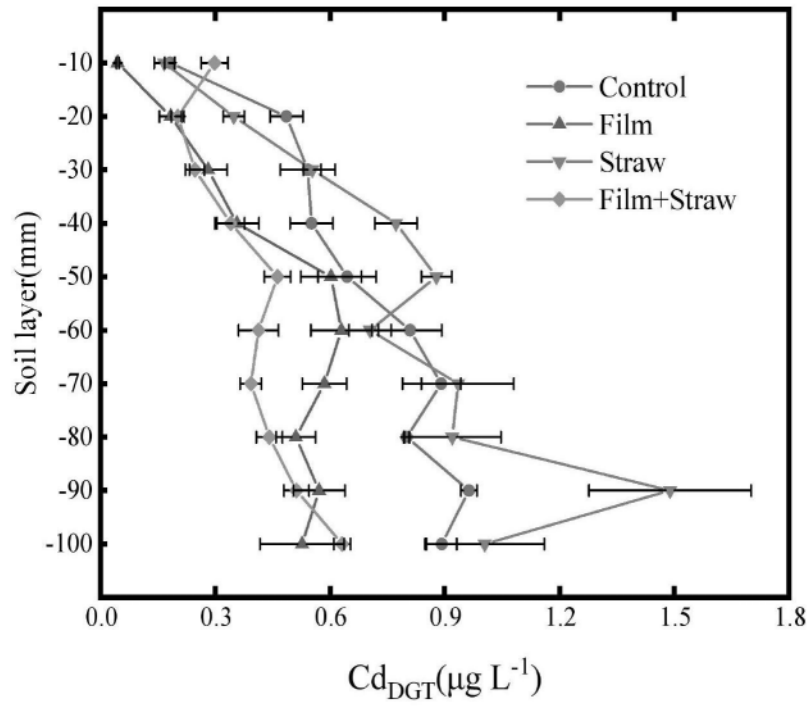


图1

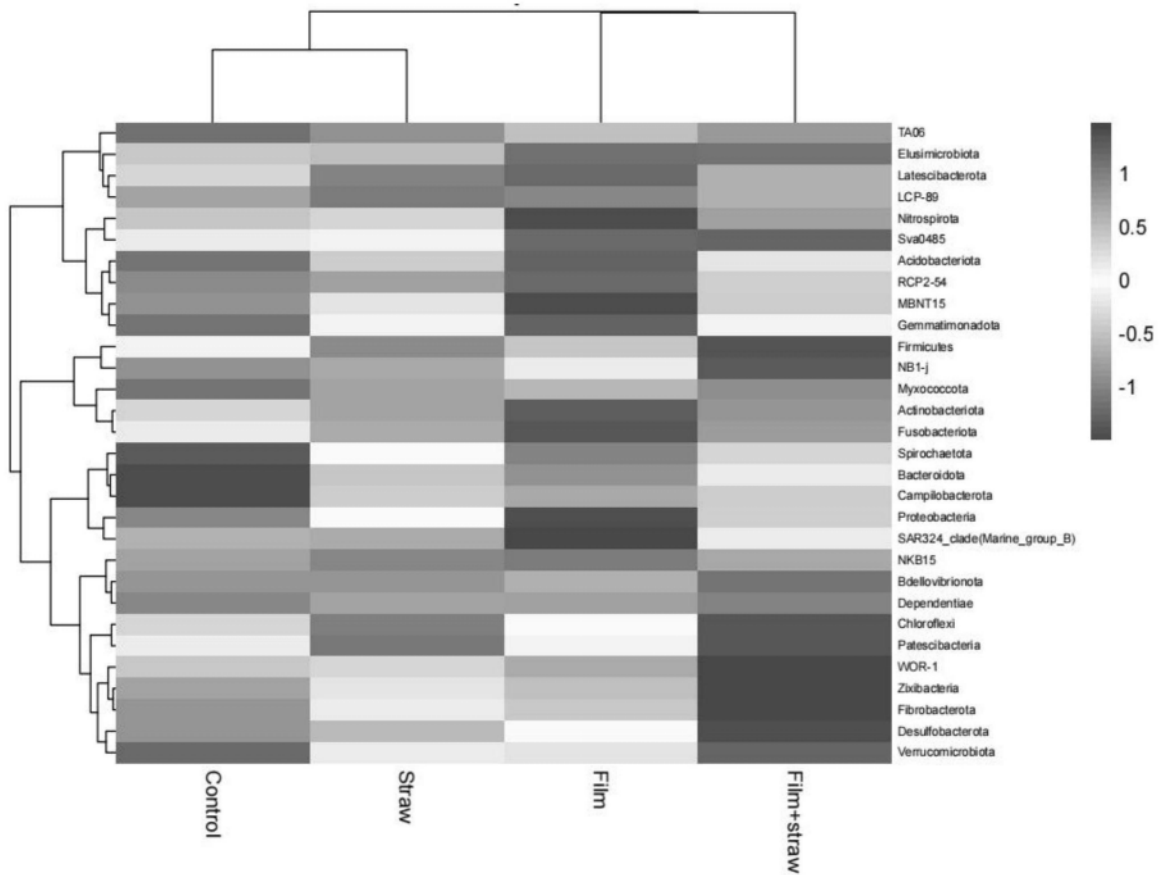


图2