

19



LE GOUVERNEMENT
DU GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG
Ministère de l'Économie

11

N° de publication :

LU506328

12

BREVET D'INVENTION

B1

21

N° de dépôt: LU506328

51

Int. Cl.:
B09C 1/08, A01G 7/06, A01N 59/00

22

Date de dépôt: 05/02/2024

30

Priorité:

72

Inventeur(s):
DING Fenghua – China

43

Date de mise à disposition du public: 05/08/2024

74

Mandataire(s):
IP SHIELD – 1616 Luxembourg (Luxembourg)

47

Date de délivrance: 05/08/2024

73

Titulaire(s):
LISHUI UNIVERSITY – Lishui, Zhejiang (China)

54

Ein Verfahren zur Sanierung von stark mit Cadmium und Blei belasteten Ackerflächen auf der Grundlage von Pflanzensubstitution.

57

Die vorliegende Erfindung offenbart ein Verfahren zur Sanierung von stark mit Cadmium und Blei kontaminiertem Ackerland auf der Grundlage von Pflanzensubstitution, bezieht sich auf das Gebiet der Ackerlandbehandlungstechnologie und umfasst die folgenden Schritte: Schritt 1. Eine Vielzahl von parallelen Belüftungsrohren wird in einem Abstand von 55-60 cm unter der Bodenschicht vergraben, wobei die Vielzahl der Rohre in einem Abstand von 30-40 cm angeordnet ist, und ein Entlüftungsloch wird an den Rohren in Abständen von 20 cm geöffnet, wobei die Entlüftungslöcher in der Bodenwand der Belüftungsrohre angeordnet sind. Schritt 2: Perlitgranulat wird in einer gemischten Lösung aus Essigsäure und Xanthat eingeweicht. Diese Methode zur Sanierung von stark mit Cadmium und Blei belasteten Ackerflächen auf der Grundlage von Bepflanzungsalternativen ist in der Lage, Cadmium- und Bleielemente im Boden mit hoher Effizienz in Europa zu absorbieren, indem auf den belasteten Ackerflächen mit Schwermetallen angereicherte Pflanzen gepflanzt werden, d. h. Solanum vulgare, Echinochloa, Asparagus und Meridianum als angereicherte Pflanzen und Solanum vulgare, Echinochloa, Asparagus und Meridianum als Mischbepflanzung verwendet werden. Für eine effiziente Aufnahme von Cadmium und Blei im Boden kann eine höhere Pflanzdichte realisiert werden.

Ein Verfahren zur Sanierung von stark mit Cadmium und Blei belasteten Ackerflächen auf der Grundlage von Pflanzensubstitution

LU506328

Technischer Bereich

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf das technische Gebiet der Bewirtschaftung von Ackerland, insbesondere auf ein Verfahren zur Sanierung von stark mit Cadmium und Blei belastetem Ackerland auf der Grundlage von Pflanzensubstitution.

Technologie im Hintergrund

Mit der raschen Entwicklung von Landwirtschaft und Industrie und der Globalisierung der Wirtschaft sind schwermetallhaltige Schadstoffe durch den großflächigen Einsatz von Pestiziden und Düngemitteln, die Einleitung von Industrieabwässern und die Ablagerung in der Atmosphäre in die Böden gelangt, was zu einer ernsthaften Verschmutzung der Böden geführt hat, und die Vermeidung und Kontrolle der Verschmutzung durch Cadmium, Blei und andere Schwermetalle hat weltweit, auch in unserem Land, große Aufmerksamkeit erregt.

In unserem Land gibt es ein gewisses Maß an Ackerland Schwermetallverschmutzung ist die objektive Realität, Ackerland Boden aggregiert Schwermetalle können nicht direkt schädlich für den menschlichen Körper, Schwermetalle einmal durch die Pflanzen in die Nahrungskette, wird direkt gefährden die Gesundheit des Menschen. Ernährungssicherheit ist eine Frage der nationalen Lebensunterhalt, um die Ernährungssicherheit zu gewährleisten muss sicherstellen, dass die Zahl der ausreichenden Ackerland Ressourcen und Ackerland Boden und andere Umweltqualität, landwirtschaftliche Ackerland Kontamination von Schwermetallen ist ein Problem, das durch den reibungslosen Fortschritt der landwirtschaftlichen Produktion konfrontiert werden müssen, und Schwermetall kontaminierten Boden Sanierung ist ein unvermeidlicher Weg, um das Problem zu lösen.

Zu den Technologien zur Sanierung der Schwermetallverschmutzung des Bodens gehören vor allem die physikalische Sanierung, die chemische Sanierung und die Bioremediation. Unter den Bioremediationstechniken ist die Phytoremediation durch Anpflanzung von Alternativen weithin anerkannt und genutzt worden.

Das Erfindungspatent mit der chinesischen Patentanmeldung Nr. 201811044471.7 offenbart ein Sanierungsverfahren für mit Schwermetallcadmium kontaminierte Ackerböden, bei dem das Schwermetallcadmium im Ackerboden in einem konstanten Strom absorbiert und in die Grasvegetationsschicht und die Adsorptionsschicht transportiert und angereichert wird, um den Schwermetallcadmiumgehalt des Ackerbodens zu verringern. Diese Methode erfordert jedoch nicht nur den Einsatz chemischer Reagenzien für die Schwermetallaktivierung, sondern auch das Auslegen einer Vliesstoffschicht und einer Adsorptionsschicht sowie die Aussaat von Grashalmen oder Grassamen auf der Adsorptionsschicht, die Cadmium in cadmiumbelasteten Ackerböden adsorbieren können, was kompliziert zu handhaben ist, die Bewirtschaftung der Pflanzen nicht erleichtert und sich für eine großflächige Anwendung nur schwer durchsetzen lässt.

Zu diesem Zweck stellen wir ein Verfahren zur Sanierung von stark mit Cadmium und Blei belastetem Ackerland auf der Grundlage von Pflanzensubstitution, bei denen mit Schwermetallelementen angereicherte Pflanzen gepflanzt werden, die Cadmium und Blei im Boden effizient aufnehmen, um cadmium- und blei-verseuchte Ackerflächen effizient zu sanieren.

Inhalt der Erfindung

Um das damit verbundene technische Problem zu lösen, stellt die vorliegende Erfindung die folgende technische Lösung bereit: ein Verfahren zur Sanierung von stark mit Cadmium und Blei

belastetem Ackerland auf der Grundlage von Pflanzensubstitution, das die folgenden Schritte umfasst:

Schritt 1: Mehrere parallele Belüftungsrohre werden 55-60 cm unter der Bodenschicht vergraben, die mehreren Belüftungsrohre sind 30-40 cm voneinander entfernt, alle 20 cm wird ein Belüftungsloch in den Belüftungsrohren geöffnet, und die Belüftungslöcher sind an der Bodenwand der Belüftungsrohre angebracht.

Schritt 2: Einweichen der Perlitpartikel in einer gemischten Lösung aus Essigsäure und Xanthat, Rütteln und Rühren während des Einweichens, und die Einweichzeit beträgt 20 bis 50 Minuten.

Der Perlit wurde durch ein 15-Maschen-Sieb gesiebt, und die gemischte Lösung aus Essigsäure und Xanthinsäure hatte eine Konzentration von 80 g/L Essigsäure und eine Konzentration von 40 g/L Xanthinsäure.

Schritt 3: Die eingeweichten Perlitpartikel werden auf das kontaminierte Ackerland aufgebracht und dann gepflügt, und nach dem Pflügen wird Oxalsäurepulver aufgebracht, und dann wird rotierend gepflügt.

Dabei beträgt die Menge des ausgebrachten Perlitgranulats 2 bis 3 Kubikmeter/mu und die Menge des ausgebrachten Oxalsäurepulvers 5 bis 8 kg/mu.

Dabei wird die Pflugtiefe auf 40 bis 45 cm und die Drehpflugtiefe auf 10 bis 15 cm eingestellt.

Schritt 4: Das Land nach dem Rotationspflügen hat eine Ruhezeit von 30 bis 40 Tagen, und während der Ruhezeit wird ein oxidierendes Gas mit Hilfe einer Luftpumpe in das Belüftungsrohr eingeleitet, und das oxidierende Gas besteht zu 95% aus Luft und zu 5% aus Ozon, und die Häufigkeit der Gasinjektion beträgt 3- bis 4-mal pro Tag, und die Dauer jeder Injektion wird auf 10 bis 15 Minuten gesteuert, und das Volumen jeder Gasinjektion beträgt 50 m³/mu.

Schritt 5, Anpflanzen von mit Schwermetallelementen angereicherten Pflanzen: einschließlich mit Bleielementen angereicherter Pflanzen und mit Cadmiumelementen angereicherter Pflanzen, wobei die mit Bleielementen angereicherten Pflanzen Sonnenwendegras und Erddistel und die mit Cadmiumelementen angereicherten Pflanzen Spargel und Merchant's Land umfassen und das Sonnenwendegras, die Erddistel, der Spargel und das Merchant's Land in einer Mischung angepflanzt werden.

Dabei werden die Samen des Sommersonnenwendegrases, der Erddistel, des Spargels und des Handelslandes in der endophytischen Bakterienflüssigkeit eingeweicht, getrocknet, gut gemischt und dann auf die Bodenschicht gestreut, und nach dem Streuen wird erneut gepflügt, wobei die Tiefe des Pflügens auf 5-10 cm kontrolliert wird.

Die oben genannte endophytische Bakterienlösung enthält Bacillus sp. SLS18 in einer Konzentration von 10¹¹ cfu/L.

Schritt 6: Während der Wachstumsperiode der mit Schwermetallelementen angereicherten Pflanzen wird mit einer Luftpumpe Luft in das Belüftungsrohr eingeblasen, wobei die Häufigkeit der Lufteinblasung 3- bis 4-mal pro Tag beträgt, die Dauer jeder Lufteinblasung auf 5 bis 10 Minuten eingestellt wird und das Volumen jeder Lufteinblasung 20 Kubikmeter/mu beträgt.

Schritt 7: Am Ende der Wachstumsperiode der mit Schwermetallelementen angereicherten Pflanze werden die Pflanzenstängel und -blätter zur unschädlichen Behandlung geerntet.

Die unschädliche Behandlung umfasst die Verbrennung der Pflanzenstängel und -blätter zur Energieerzeugung, und die verbrannte Asche wird zur Metallsalzgewinnung verwendet.

Im Vergleich zum Stand der Technik hat diese Methode der Sanierung von stark mit Cadmium und Blei belastetem Ackerland auf der Grundlage von Pflanzensubstitution die folgenden

vorteilhaften Auswirkungen:

1. Durch die Anpflanzung von mit Schwermetallelementen angereicherten Pflanzen auf dem verseuchten Ackerland, d. h. durch die Verwendung von *Solanum vulgare*, *Echinacea purpurea*, Spargel und Shangluo als angereicherte Pflanzen, ist die vorliegende Erfindung in der Lage, Cadmium- und Bleielemente im Boden mit hoher Effizienz in Europa zu absorbieren, und *Solanum vulgare*, *Echinacea purpurea*, Spargel und Shangluo werden als Mischbepflanzung angepflanzt. Es kann eine höhere Pflanzdichte erreicht werden, Cadmium und Blei können effizient im Boden absorbiert werden, und auch die spätere Pflege der Pflanzen ist einfacher.

2. Durch die Anwendung von Oxalsäurepulver ist die vorliegende Erfindung in der Lage, eine Oxalsäurelösung in der Bodenfeuchtigkeit durch Oxalsäure zu bilden, die in der Lage ist, eine chemische Reaktion zwischen Cadmium- und Bleielementen zu bewirken, um Verbindungen zu bilden, die Cadmium- und Bleielemente enthalten, und somit leicht von Pflanzen absorbiert wird; Durch Injektion von Ozongas in den Boden ist es in der Lage, Cadmium- und Bleielemente im Boden zu oxidieren und Cadmium- und Bleiverbindungen zu bilden, und unter der Einwirkung von Bodenfeuchtigkeit ist es förderlich für die Bildung von Cadmium- und Bleiverbindungen in ionischen Zuständen mit höherer Aktivität, um so die Wirkung der Absorption von Cadmium- und Bleielementen durch Pflanzen zu verbessern.

3. Durch das Sanierungsverfahren und die Arbeitsschritte der vorliegenden Erfindung ist es möglich, das stark mit Cadmium und Blei belastete Ackerland effizient zu sanieren und die Cadmium- und Bleielemente in dem stark mit Cadmium und Blei belasteten Ackerland innerhalb von 2 bis 3 Jahren auf das Niveau des Ackerbaus zu reduzieren, was von großer Bedeutung für die Popularisierung und Verbreitung ist.

Detaillierte Beschreibung

Die technischen Lösungen in den Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung werden im Folgenden klar und vollständig beschrieben, und es ist offensichtlich, dass die beschriebenen Ausführungsformen nur einen Teil der Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung und nicht alle Ausführungsformen darstellen. Ausgehend von den Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung fallen auch alle anderen Ausführungsformen, die ein Fachmann ohne schöpferische Arbeit herstellen kann, in den Schutzbereich der vorliegenden Erfindung.

Die vorliegende Erfindung stellt die folgende technische Lösung zur Verfügung:

Schritt 1: Mehrere parallele Belüftungsrohre werden 55-60 cm unter der Bodenschicht vergraben, die mehreren Belüftungsrohre sind in Abständen von 30-40 cm angeordnet, ein Belüftungsloch wird an den Belüftungsrohren in Abständen von 20 cm geöffnet, und die Belüftungslöcher sind an der Bodenwand der Belüftungsrohre angeordnet.

Der Durchmesser des Entlüftungsrohrs beträgt etwa 2 cm und der Durchmesser des Entlüftungslochs etwa 1 mm.

Schritt 2: Die Perlitpartikel werden in eine gemischte Lösung aus Essigsäure und Xanthat getaucht, wobei sie während des Eintauchens 20 bis 50 Minuten lang gerüttelt und geschüttelt werden.

Xanthat ist in der Lage, nachteilige Auswirkungen auf die Pflanzen zu mildern und die Verwertung der Bodennährstoffe zu verbessern. Xanthat ist auch in der Lage, mit Metallionen Komplexe zu bilden und als Chelatbildner bei der Bodensanierung und der Behandlung von Metallionenverunreinigungen zu wirken. Essigsäure verbessert die chemische Aktivität von elementarem Cadmium und Blei und erleichtert deren Aufnahme durch Pflanzen.

Der Perlit wurde durch ein 15-Maschen-Sieb gesiebt, und die gemischte Lösung aus

Essigsäure und Xanthinsäure hatte eine Konzentration von 80 g/L Essigsäure und eine Konzentration von 40 g/L Xanthinsäure.

Schritt 3: Die eingeweichten Perlitpartikel werden auf das kontaminierte Ackerland aufgebracht und dann gepflügt, und nach dem Pflügen wird Oxalsäurepulver aufgebracht, und dann wird rotierend gepflügt.

Die Menge des ausgebrachten Perlitgranulats beträgt 2 bis 3 Kubikmeter/mu, die Menge des ausgebrachten Oxalsäurepulvers 5 bis 8 kg/mu. Oxalsäure bildet in der Bodenfeuchtigkeit eine Oxalsäurelösung, die eine chemische Reaktion zwischen elementarem Cadmium und elementarem Blei hervorrufen kann, um eine Ionenverbindung zu bilden, die elementares Cadmium und elementares Blei enthält und somit leicht von den Pflanzen aufgenommen werden kann.

In diesem Fall wird die Pflugtiefe auf 40-45 cm und die Tiefe des Drehpflügens auf 10-15 cm eingestellt.

Schritt 4: Das Land nach dem Rotationspflügen hat eine Ruhezeit von 30 bis 40 Tagen, und während der Ruhezeit wird ein oxidierendes Gas mit Hilfe einer Luftpumpe in das Belüftungsrohr eingeleitet, wobei das oxidierende Gas zu 95% aus Luft und zu 5% aus Ozon besteht, und die Häufigkeit der Gasinjektion beträgt 3- bis 4-mal pro Tag, wobei die Dauer der Gasinjektion jedes Mal auf 10 bis 15 Minuten gesteuert wird und das Volumen des jedes Mal injizierten Gases 50 Kubikmeter/mu beträgt.

Das Ozongas kann unter anderem durch einen Ozongenerator erzeugt werden, und durch die Injektion des Ozongases in den Boden ist es in der Lage, die Cadmium- und Bleielemente im Boden zu oxidieren, um Cadmium- und Bleiverbindungen zu bilden, und unter der Einwirkung von Bodenfeuchtigkeit ist es förderlich für die Bildung von Cadmium- und Bleiverbindungen in einen ionischen Zustand höherer Aktivität, um die Absorptionswirkung der Pflanzen auf die Cadmium- und Bleielemente zu verbessern.

Schritt 5: Anpflanzen von Pflanzen zur Anreicherung mit Schwermetallelementen: Dazu gehören Pflanzen zur Anreicherung mit Bleielementen und Pflanzen zur Anreicherung mit Cadmiumelementen, wobei zu den Pflanzen zur Anreicherung mit Bleielementen das Sonnenwendegras und die Erddistel und zu den Pflanzen zur Anreicherung mit Cadmiumelementen der Spargel und das Merchant's Land gehören und das Sonnenwendegras, die Erddistel, der Spargel und das Merchant's Land als Mischung gepflanzt werden und der spezifische Pflanzzeitpunkt je nach dem örtlichen Klima festgelegt wird.

Bei diesem Schritt werden Sommersonnenwendegras, Erddistel, Spargel und Merchant Land als Anreicherungspflanzen verwendet, die in der Lage sind, Cadmium- und Bleielemente im Boden effizient zu absorbieren, und Sommersonnenwendegras, Erddistel, Spargel und Merchant Land werden in einer gemischten Bepflanzung gepflanzt, die in der Lage ist, eine höhere Bepflanzungsdichte, eine effiziente Absorption von Cadmium- und Bleielementen im Boden und eine einfachere Verwaltung in der späteren Phase zu realisieren.

Die Samen des Sommersonnenwendegrases, der Erddistel, des Spargels und des Shangluo werden in einer endophytischen Bakterienlösung eingeweicht, getrocknet, gleichmäßig gemischt und dann auf die Bodenschicht gestreut. Nach dem Ausstreuen wird erneut gepflügt, wobei die Tiefe des Pflügens auf 5-10 Zentimeter eingestellt wird.

Die oben beschriebene endophytische Lösung enthält *Bacillus* sp. SLS18 in einer Konzentration von 10^{11} cfu/L.

Dieser Schritt trägt dazu bei, die Keimungsrate und die Krankheitsresistenz der Samen zu verbessern.

Schritt 6: Während der Wachstumsperiode der mit Schwermetallen angereicherten Pflanzen wird mit Hilfe einer Luftpumpe Luft in das Belüftungsrohr eingeblasen, und die Häufigkeit der Lufteinblasung beträgt 3- bis 4-mal pro Tag, die Dauer jeder Lufteinblasung wird auf 5 bis 10 Minuten gesteuert, und das Volumen jeder Lufteinblasung beträgt 20 Kubikmeter/mu.

Durch diesen Schritt kann der Sauerstoffgehalt des Bodens verbessert werden, was dem Wachstum der Wurzeln der mit Schwermetallen angereicherten Pflanzen förderlich ist, um die Absorptionskapazität von Cadmium und Blei im Boden zu verbessern.

Schritt 7: Am Ende der Wachstumsperiode der mit Schwermetallen angereicherten Pflanzen werden die Pflanzenstängel und -blätter für eine unschädliche Behandlung geerntet.

Die unschädliche Behandlung umfasst die Verbrennung der Pflanzenstängel und -blätter zur Energieerzeugung, und die verbrannte Asche wird zur Metallsalzgewinnung verwendet.

Kombiniert mit den oben erwähnten Sanierungsverfahren und Arbeitsschritten, in praktischen Ausführungsformen:

Ausführungsform 1

Auf einem 1,5 Hektar großen, stark mit Cadmium und Blei belasteten Brachland westlich einer Batteriefabrik in Yongkang City wurde ein Spektraldetektor eingesetzt, um den Gehalt an verunreinigten Bodenmetallen zu ermitteln, wobei eine Probenahmetiefe von 20 cm und sechs Probenahmestellen pro Hektar zugrunde gelegt und die Zielwerte für die Probenahme gemittelt wurden. Bei den Schwermetallverunreinigungen in den belasteten Böden handelte es sich hauptsächlich um Blei, Chrom und Cadmium, wobei der Gehalt an Blei 98 mg/kg und an Cadmium 5,5 mg/kg betrug. Die Sanierungsmethode der vorliegenden Erfindung wurde praktiziert, indem der Mittelwert der Intervallvariablen im Praxisschritt genommen wurde, und der Praxisprozess war für zwei Jahre, mit zwei Ernten von mit Schwermetallelementen angereicherten Pflanzen, und jede Ernte wurde mit 300g/mu Samen von Sonnenwendegras, 300g/mu Samen von Erddistel, 600g/mu Samen von Spargel und 200g/mu Samen von Shangluo gesät. Anschließend wurde der Gehalt an verunreinigten Bodenmetallen erneut mit einem Spektraldetektor untersucht, und mit demselben Probenahmeverfahren wurde ein Bleigehalt von 15 mg/kg und ein Cadmiumgehalt von 0,7 mg/kg gemessen. Die Konzentration der Bleielemente im Boden und die Konzentration der Cadmiumelemente im Ackerland nach dem Tiefpflügen lagen alle unter den in der nationalen Norm (GB15618-2018) festgelegten Risikokontrollwerten, so dass das zuvor brachliegende (oder in einem Zustand der Stilllegung befindliche) stark mit Cadmium und Blei belastete Ackerland wieder in Ackerland umgewandelt werden konnte, das weiterhin gepflügt werden kann. Der Verschmutzungsgrad wurde vom bisherigen Typ III (roter Bereich) auf Typ II (gelber Bereich) angepasst, und der Nutzungsstatus wurde von der bisherigen Risikokontrollart (nur brachliegendes oder auf nicht bewirtschaftetes Land eingestelltes Land) auf eine sichere Nutzungsart (normaler Anbau nach Ergreifung wirksamer sicherer Nutzungsmaßnahmen) geändert.

Ausführungsform 2

Auf einer weiteren, mit Cadmium und Blei stark belasteten Brachfläche an der Westseite einer Batteriefabrik in Yongkang City wurde der Gehalt an belasteten Bodenmetallen mit einem Spektraldetektor bei einer Probenahmetiefe von 20 cm und sechs Probenahmestellen pro Hektar ermittelt, wobei die Zielwerte der Proben gemittelt wurden. Bei den Schwermetallverunreinigungen in den verschmutzten Böden handelte es sich hauptsächlich um Blei, Chrom und Kadmium, wobei der Gehalt an Bleielementen 90 mg/kg und an Kadmiumelementen 3,8 mg/kg betrug. Die Sanierungsmethode der vorliegenden Erfindung wurde praktiziert, indem der Mittelwert der Intervallvariablen im Praxisschritt genommen wurde, und der

Praxisprozess dauerte zwei Jahre, wobei zwei Kulturen von mit Schwermetallelementen superangereicherten Pflanzen gepflanzt wurden und 300g/mu Sommersonnenwende-Samen, 300g/mu Erddistel-Samen, 600g/mu Spargelsamen und 200g/mu kommerzieller Land-Samen in jeder Kultur gesät wurden. Anschließend wurde der Gehalt an kontaminierten Bodenmetallen erneut mit einem Spektraldetektor untersucht, und mit denselben Probenahmeverfahren wurde ein elementarer Bleigehalt von 18 mg/kg und ein Cadmiumgehalt von 0,9 mg/kg gemessen, und alle elementaren Konzentrationen von Blei und Cadmium im Ackerboden nach dem Tiefpflügen lagen unter den in der nationalen Norm (GB15618-2018) festgelegten Risikokontrollwerten. Das zuvor brachliegende (oder im Zustand der Aufgabe befindliche) stark mit Cadmium und Blei belastete Ackerland wurde erfolgreich in Ackerland umgewandelt, das weiterhin bewirtschaftet werden kann, und der Verschmutzungsgrad wurde von Typ III (roter Bereich) auf Typ II (gelber Bereich) angepasst, wodurch das Dilemma, dass stark mit Cadmium und Blei belastetes Ackerland nicht bewirtschaftet werden konnte und nicht an die Nutzung von Ackerland angepasst werden konnte, grundlegend gelöst wurde.

Ausführungsform 3

Auf einer zwei Hektar großen, stark mit Cadmium und Blei belasteten Brachfläche an der Südseite einer Batterieaufbereitungsanlage in Yiwu City wurde ein Spektraldetektor eingesetzt, um den Gehalt an belasteten Bodenmetallen zu ermitteln, wobei eine Probentiefe von 20 cm und sechs Probenahmestellen pro Hektar verwendet wurden. Die Schwermetallverunreinigungen im kontaminierten Boden bestanden hauptsächlich aus Blei, Chrom und Kupfer, wobei der Gehalt an Blei 105 mg/kg und an Cadmium 3 mg/kg betrug. Durch die Sanierungsmethode der vorliegenden Erfindung für die Praxis, die Intervallvariable in der Praxis Schritt wird als der mittlere Wert genommen, und der Praxis-Prozess ist für zwei Jahre, das Pflanzen von zwei Kulturen von Schwermetall-Element super-angereicherte Pflanzen, die Aussaat 300g/mu der Sommersonnenwende Samen, 300g/mu der Erde Distel Samen, 600g/mu der Spargel-Samen, und 200g/mu der kommerziellen Land Samen in jeder Ernte. Anschließend wurde der Gehalt an kontaminierten Bodenmetallen erneut mit einem Spektraldetektor untersucht, und mit denselben Probenahmeverfahren wurde ein elementarer Bleigehalt von 16 mg/kg und ein Cadmiumgehalt von 0,6 mg/kg gemessen, und alle elementaren Konzentrationen von Blei und Cadmium im Ackerboden nach dem Tiefpflügen lagen unter den in der nationalen Norm (GB15618-2018) festgelegten Risikokontrollwerten. Das zuvor brachliegende (oder verlassene) stark mit Cadmium und Blei belastete Ackerland wurde erfolgreich in Ackerland umgewandelt, das weiterhin bewirtschaftet werden kann, und der Verschmutzungsgrad wurde von Typ III (roter Bereich) auf Typ II (gelber Bereich) angepasst, wodurch das Dilemma, dass das stark mit Cadmium und Blei belastete Ackerland nicht bewirtschaftet werden konnte und nicht an die Nutzung als Ackerland angepasst werden konnte, grundlegend gelöst wurde.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die vorliegende Erfindung in der Lage ist, cadmium- und bleiverseuchtes Ackerland effizient zu sanieren und Cadmium- und Bleielemente in cadmium- und bleiverseuchtem Ackerland innerhalb von 2 bis 3 Jahren auf ein ackerbauliches Niveau zu reduzieren, was von großer Bedeutung und Popularisierungswert ist.

Es ist für den Fachmann offensichtlich, dass die vorliegende Erfindung nicht auf die Details der oben beschriebenen beispielhaften Ausführungsformen beschränkt ist und dass sie in anderen spezifischen Formen realisiert werden kann, ohne vom Geist oder den wesentlichen Merkmalen der vorliegenden Erfindung abzuweichen. Dementsprechend sind die Ausführungsformen als beispielhaft und in jeder Hinsicht nicht einschränkend anzusehen, und der Umfang der

vorliegenden Erfindung wird durch die beigefügten Ansprüche und nicht durch die vorstehende Beschreibung begrenzt und soll daher alle Variationen umfassen, die unter die Bedeutung und den Umfang der entsprechenden Elemente der Ansprüche fallen. Etwaige beigefügte Kennzeichnungen in den Ansprüchen sind nicht als Einschränkung der Ansprüche, auf die sie sich beziehen, zu betrachten.

Ansprüche

LU506328

1. Ein Verfahren zur Sanierung von stark mit Cadmium und Blei belastetem Ackerland auf der Grundlage von Pflanzensubstitution, dadurch gekennzeichnet, dass es die folgenden Schritte umfasst:

Schritt 1: Mehrere parallele Belüftungsrohre werden 55-60 cm unter der Bodenschicht eingegraben, die mehreren Belüftungsrohre sind 30-40 cm voneinander entfernt, alle 20 cm wird ein Belüftungsloch in den Belüftungsrohren geöffnet, und die Belüftungslöcher sind an der Bodenwand der Belüftungsrohre angebracht;

Schritt 2: Einweichen der Perlitteilchen in einer gemischten Lösung aus Essigsäure und Xanthat, wobei während des Einweichens 20 bis 50 Minuten lang gerüttelt und gerührt wird;

Schritt 3: Ausbringen der eingeweichten Perlitpartikel auf die kontaminierten Ackerflächen, dann Pflügen, Pflügen und anschließendes Ausbringen von Oxalsäurepulver, dann Rotationspflügen;

Schritt 4: Das Land nach dem Rotationspflügen hat eine Ruhezeit von 30 bis 40 Tagen, und während der Ruhezeit wird ein oxidierendes Gas mit Hilfe einer Luftpumpe in das Belüftungsrohr eingeleitet, und das oxidierende Gas enthält 95% Luft und 5% Ozon, und die Häufigkeit der Gasinjektion beträgt 3- bis 4-mal pro Tag, und die Dauer jeder Injektion wird so gesteuert, dass sie 10 bis 15 Minuten beträgt, und das Volumen der Gasinjektion beträgt jedes Mal 50 /mu;

Schritt 5: Anpflanzen von mit Schwermetallelementen angereicherten Pflanzen: einschließlich mit Bleielementen angereicherter Pflanzen und mit Cadmiumelementen angereicherter Pflanzen, wobei die mit Bleielementen angereicherten Pflanzen Sonnenwendgras und Erddistel umfassen und die mit Cadmiumelementen angereicherten Pflanzen Spargel und Kaufmannsland umfassen, und das Sonnenwendgras, die Erddistel, der Spargel und das Kaufmannsland gemischt angepflanzt werden;

Schritt 6: Während der Wachstumsperiode der mit Schwermetallelementen angereicherten Pflanzen wird mit einer Luftpumpe Luft in das Belüftungsrohr eingeblasen, wobei die Häufigkeit der Lufteinblasung 3- bis 4-mal pro Tag beträgt, die Dauer jeder Lufteinblasung auf 5 bis 10 Minuten eingestellt wird und das Volumen jeder Lufteinblasung 20 Kubikmeter/mu beträgt;

Schritt 7: Am Ende der Wachstumsperiode der mit Schwermetallen angereicherten Pflanzen werden die Stängel und Blätter der Pflanzen geerntet und unschädlich gemacht.

2. Ein Verfahren zur Sanierung von stark mit Cadmium und Blei belastetem Ackerland auf der Grundlage von Pflanzensubstitution nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass: in dem Schritt 2 Perlit durch ein Sieb mit 15 Maschen gesiebt wird, und die Konzentration von Essigsäure und Xanthinsäure in einer gemischten Lösung 80 g/l und die Konzentration von Xanthinsäure 40 g/l beträgt.

3. Ein Verfahren zur Sanierung von stark mit Cadmium und Blei belastetem Ackerland auf der Grundlage von Pflanzensubstitution nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass in Schritt 3 die Menge des aufgetragenen Perlitgranulats 2-3 Kubikmeter/mu und die Menge des aufgetragenen Oxalsäurepulvers 5-8 kg/mu beträgt.

4. Ein Verfahren zur Sanierung von stark mit Cadmium und Blei belastetem Ackerland auf der Grundlage von Pflanzensubstitution nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass in Schritt 3 die Pflugtiefe auf 40-45 cm und die Tiefe des Drehpflügens auf 10-15 cm gesteuert wird.

5. Ein Verfahren zur Sanierung von stark mit Cadmium und Blei belastetem Ackerland auf der Grundlage von Pflanzensubstitution nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass: in Schritt

5 die Samen des Sommersonnenwendegrases, der Erddistel, des Spargels und des Mericarpus ^{LU506328}
 endophytischer Bakterienlösung eingeweicht, getrocknet, gut gemischt und dann auf die
 Bodenschicht gestreut werden, und nach dem Streuen erneut ein Drehpflügen durchgeführt wird
 und die Tiefe des Drehpflügens auf 5 bis 10 cm gesteuert wird.

5 6. Ein Verfahren zur Sanierung von stark mit Cadmium und Blei belastetem Ackerland auf
 der Grundlage von Pflanzensubstitution gemäß Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die
 endophytische Bakterienlösung *Bacillus* sp. SLS18 in einer Konzentration von 10^{11} cfu/L umfasst.

10 7. Ein Verfahren zur Sanierung von stark mit Cadmium und Blei belastetem Ackerland auf
 der Grundlage von Pflanzensubstitution nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass: in Schritt
 7 die unschädliche Behandlung die Verbrennung von Pflanzenstängeln und -blättern zur
 Erzeugung von Elektrizität umfasst und die verbrannte Asche zur Metallsalzgewinnung verwendet
 wird.