



环境保护部办公厅文件

环办〔2014〕114号

关于印发《农用地污染土壤植物萃取 技术指南(试行)》的通知

各省、自治区、直辖市环境保护厅(局),新疆生产建设兵团环境保护局:

为加强对农用地污染土壤修复工作的技术指导,我们组织编制了《农用地污染土壤植物萃取技术指南(试行)》。现印发给你们,请结合本地区实际,在农用地污染土壤植物修复工作中参照执行。

附件: 农用地污染土壤植物萃取技术指南(试行)



附件

农用地污染土壤植物萃取技术指南

(试 行)

一、适用范围

本指南规定了农用地污染土壤植物萃取的技术要求，适用于镉、汞、砷、铅、铬、镍等重金属污染农用地土壤修复，其他污染类型的农用地土壤植物修复可参照本指南。

二、适用条件

(一) 植物萃取技术一般适用于中轻度重金属污染农用地土壤修复。

(二) 采用植物萃取技术修复的污染土壤深度一般为 0~40 厘米。深层污染土壤可通过工程措施翻至表层进行修复。

三、一般要求

(一) 因地制宜

根据农用地土壤污染特征、修复目标、修复周期、修复成本、地理条件和农民参与情况等，选择适用的植物萃取及其组合技术。

(二) 恢复功能

修复过程中应防止对土体构型的过度扰动，保持有机质、质地、pH 值等土壤理化性质基本稳定，恢复和改善农用地基本功能，修复后应基本满足农作物生长需要。

（三）保障安全

修复过程中应避免产生二次污染，修复后土壤重金属含量应达到土壤环境质量标准相应要求，满足农产品安全生产需要。

四、修复植物选取原则

（一）修复植物一般选取富集系数大于1、根系长度大于15厘米的超富集植物。种苗易获取，易于种植，存活率高，地上部易收割。

（二）镉、汞修复植物地上部生物量每年每公顷不少于1.5吨（干重，下同），镉、汞浓度分别不低于100毫克/千克和10毫克/千克；砷、铅、铬、镍修复植物地上部生物量每年每公顷不少于5吨，砷、铅、铬、镍浓度不低于1000毫克/千克。

（三）根据不同的区域、气候、环境条件和耕作方式，选取适宜的超富集植物生态型。

（四）存在多种重金属污染的农用地，应采用可同时富集多种重金属的超富集植物，或采用不同的超富集植物进行轮作或间作。

五、修复植物种植与管理

（一）修复植物种植

1. 根据不同的修复植物种类，在田间试验的基础上，以修复植物完全覆盖地表和地上部生物量最大为原则，确定适宜的种植密度。如单作时，蜈蚣草的行距、株距一般为30厘米和30厘米，东南景天一般为15厘米和15厘米。

2. 根据拟修复农用地所在地气候、光照、水分等条件，以及所选用的修复植物，确定种植次数。必要时可搭建温室大棚或采取土

壤改良等措施，以满足修复植物生长的基本要求。

3. 采用植物萃取组合修复技术时，可根据修复植物特性，选用低积累农作物或非食用农作物品种与修复植物间作或轮作。间作时一般采用分行种植的方法。修复植物与农作物应具有相同或相近的水、肥条件和田间管理要求。

(二) 修复植物管理

1. 及时掌握修复植物生长情况，发现死苗，及时补种。

2. 修复植物生长期间，根据需要采用低毒、低残留除草剂去除杂草，采用低毒、低残留农药防治病虫害。

3. 按照农作物种植一般要求，科学进行水、肥管理。灌溉水应达到国家农田灌溉水质相关标准，施用的有机肥应符合国家相关标准要求。

4. 南方地区修复植物一般每年收割 1~3 茬，北方地区 1~2 茬。

5. 为提高修复效率，可根据土壤类型和污染程度，施用一定量的重金属活化剂，以提高土壤中重金属活性，便于植物吸收；避免因过量施用活化剂造成重金属污染扩散。在工程应用前，需要对重金属活化剂的环境风险进行评估。

六、修复植物处置

(一) 修复植物收获物在运输过程中，应采取必要措施防止遗撒；贮存应满足一般工业固体废物污染控制相关标准要求，贮存场所应配备必要的防火器材。

(二) 采用焚烧方式对修复植物收获物进行处置的，焚烧过程排放的烟气中重金属及其化合物浓度应符合危险废物焚烧污染控制

标准，残留物收集后应进行安全填埋或资源化利用。

（三）采用植物萃取组合技术收获的农产品，达不到食品中污染物限量、饲料卫生、生态纺织品等相关标准要求的，应按国家有关规定处置。

附录 1

术 语 和 定 义

1. **中轻度污染**: 土壤中污染物含量不超过土壤污染调查相关评价标准 5 倍的。

2. **超富集植物**: 能超量吸收重金属并将其运移到地上部的植物。

3. **植物萃取技术**: 利用超富集植物富集土壤中重金属, 通过收割植物地上部去除土壤中重金属的技术。

4. **植物萃取组合技术**: 将超富集植物与农作物进行间作, 在超富集植物去除土壤中重金属的同时生产农产品, 实现边修复边生产的修复技术。

5. **富集系数**: 植物地上部某种重金属浓度与其所在土壤中该重金属浓度的比值, 以表示植物对某种重金属的富集程度。

6. **重金属活化剂**: 可提高土壤中重金属生物有效性和迁移性的制剂。

附录 2

超富集植物名录

1. 砷超富集植物

(1) 蜈蚣草 (*Pteris vitatta* L.)

凤尾蕨科凤尾蕨属，多年生草本植物，株高 30~200cm，叶长 10~100cm，叶宽 5~30cm。蜈蚣草在我国主要分布在秦岭以南的广大地区，在西藏、四川、甘肃、陕西、河南、安徽、浙江、福建、贵州、海南、香港等地均有分布，分布的海拔可达 2000~3100m。蜈蚣草生长快、生物量大。野外调查表明，地上部鲜重可达 36t/hm²，田间种植的蜈蚣草每年地上部干重可达 12t/hm²以上，一年内植物地上部可收割 1-3 茬。蜈蚣草叶片 As 含量为 1442~7526mg/kg，富集系数可达 14.9~77.6。蜈蚣草还对其他重金属都有较强耐性和富集能力。野外调查发现，蜈蚣草可分别在 Zn 浓度高达 22616 mg/kg 的铅锌矿的矿渣、Pb 浓度高达 3368~3550 mg/kg 的铅锌矿尾砂库和 Cu 浓度为 7896~12802mg/kg 的矿区土壤上正常生长，其体内的 Zn、Pb 和 Cu 浓度可分别达到 737、1303 和 918mg/kg。蜈蚣草适于修复 As、Pb、Zn 和 Cu 等复合污染土壤，具有广阔应用前景。

2. 汞超富集植物

(2) 乳浆大戟 (*Euphorbia esula* L.)

属大戟科大戟属，多年生草本植物，株高 15~40cm。我国华东、东北和西南各省区均有分布。在贵州万山汞矿区的乳浆大戟地上部 Hg

平均含量为 19.4mg/kg, 根部平均含量为 11.4 mg/kg, 转运系数为 1.2~1.5, 年生物量 2.4~7.5t/hm², 具备修复 Hg 污染土壤的潜力。

(3) 白车轴草 (*Trifolium repens* L.)

属豆科车轴草属, 多年生草本, 生长期达 5 年, 高 10-30cm, 主根短, 侧根和须根发达。原产欧洲和北非, 世界各地均有栽培。我国常见于种植, 并在湿润草地、河岸、路边呈半自生状态。叶片中汞含量为 23mg/kg, 茎中的汞含量为 54mg/kg, 转运系数达到 1.01~2.38。

3. 镉超富集植物

(4) 东南景天 (*Sedum alfredii* Hance)

属景天科景天属, 多年生草本植物, 株高 10~40cm, 分布于我国的广西、广东、台湾、福建、贵州、四川、湖北、湖南、江西、安徽、浙江至江苏宜兴, 生长的最高海拔可达 2000-3000m。东南景天对土壤中高含量的镉具有很强的耐性、吸收和富集能力, 野外条件下其地上部 Cd 的含量可达 222-1090mg/kg。东南景天无性繁殖的速度很快, 在较短的生长期即可形成良好的地面覆盖, 其盖度几乎可达 100%, 一年内植物地上部可收割 2~4 茬, 野外单季干生物量为 1.8t/hm²。此外, 东南景天对于锌、铅也具有较强的忍耐和富集能力。因此, 东南景天修复 Cd、Pb 和 Zn 等多金属污染土壤具有很大潜力。

(5) 伴矿景天 (*Sedum plumbizincicola* X. H. Guo et S. B. Zhou sp. nov.)

景天科景天属, 多年生草本植物, 株高 10~40cm, 目前发现分布于我国浙江的铅锌矿地区。伴矿景天的生长、富集重金属能力与

东南景天相似，其对土壤中 Cd 具有很强的耐性、吸收和富集能力，野外条件下其地上部 Cd 的含量可达 123~770 mg/kg；无性繁殖的速度很快，在较短的生长期內即可形成良好的地面覆盖，其盖度几乎可达 100%，一年内植物地上部可收割 2~4 茬，其生物量与东南景天相似。此外，伴矿景天对 Zn、Pb 也具有较强的耐性和富集能力。伴矿景天修复 Cd、Pb 和 Zn 等多金属污染土壤具有很大的潜力。

(6) 遏蓝菜 (*Thlaspi caerulescens* J. & C. Presl)

十字花科遏蓝菜属，一年生草本植物，株高 20~35cm，主要分布于欧洲大陆，从斯堪的纳维亚半岛到地中海，从中欧到阿尔比斯山和比利牛斯山都有分布，其地上部 Cd 含量为 164~1800mg/kg，转运系数大于 1，一年可收割 2 茬，生物量可达 2~5t/hm²。

4. 铅超富集植物

(7) 圆叶遏蓝菜 (*Thlaspi rotundifolium* sp. *Cepaei Folium*)

十字花科遏蓝菜属，一年生草本植物，株高 20~35cm，最早发现于英国，主要分布在北温带欧洲大陆，在澳大利亚也有分布。地上部 Pb 含量为 1930~8200mg/kg，生物量达 2~5t/hm²。

(8) 小鳞苔草 (*Carex gentilis* Franch)

属莎草科苔草属，多年生草本，秆高 30~60cm，主要分布于我国四川、西藏、云南、陕西、江西、湖北、广东、台湾等地，其根部和地上部 Pb 的最高含量分别为 1396 和 1834mg/kg，植株对 Pb 的富集系数和转运系数分别为 3.1 和 9.9。

(9) 印度芥菜 (*Brassica juncea* L.)

十字花科芸苔属，一年生草本植物，株高 30~150cm，在非洲、

中国、日本、印度、英国、丹麦、美国、加拿大等地广为种植。印度芥菜虽然不是严格意义上的铅超富集植物，但是经过添加乙二胺四乙酸（EDTA）等化学物质，可使其地上部对铅的吸收大量增加。如在铅污染土壤中加入 EDTA 7 天后，植物地上部的 Pb 含量可达 15000mg/kg。1996 年美国 Edenspace 公司在新泽西 Bayonne 利用印度芥菜与 EDTA 结合成功修复了一块 Pb 污染的土地。通过灌溉施入 2mmol/kg 的 EDTA，然后种植印度芥菜，21 天后收割，一季内共种植收割 3 茬。结果表明：表层土壤 Pb 含量从 2300 mg/kg 下降到 420mg/kg，15 ~ 30cm 土层中 Pb 含量从 1280 mg/kg 下降到 992mg/kg。

5. 铬超富集植物

(10) 李氏禾 (*Leersiahexandra* Swartz)

属禾本科假稻属，多年生草本，株高 90 ~ 120cm，主要分布于全球热带地区，我国广西、广东、海南、台湾、福建等地也有分布。地上部生物量可达 9t/hm²，叶片中 Cr 的含量为 1085 ~ 2978mg/kg，平均含量为 1787mg/kg，富集系数为 5.8 ~ 56.8，转运系数为 3.8 ~ 11.6。具有生长快、适应性强的特点，是修复 Cr 污染土壤的重要植物资源。

(11) 扫帚叶澳洲茶 (*Leptospermum scoparium* L.)

属桃金娘科澳洲茶属，灌木或小乔木，新西兰特有植物，其地上部的 Cr 含量为 2470mg/kg，生物量大于 5t/hm²。

6. 镍超富集植物

(12) 布氏香芥 (*Alyssum bertonlonii* L.)

属十字花科庭荠属，多年生草本植物，株高 60 ~ 90cm。由

Caesalpino 于 1583 年发现，分布于意大利等欧洲国家，生物量 3~9t/hm²，植物地上部 Ni 含量可达 2300~18300mg/kg，平均值可达 8000mg/kg。在国外用于 Ni 污染土壤修复，甚至植物采矿，植物地上部收获物焚烧的灰分中的 Ni 含量高达 11%，甚至作为 Ni 冶炼的矿物来源，可回收 Ni 72kg/hm²，在植物冶金方面具有巨大潜力。

(13) *Berkheya coddii* L. (暂无中文名称)

属菊科，多年生木本植物，高 1.5m，仅发现于南非蛇纹石土壤上，具有耐寒、抗病虫害能力强的特征，是目前已报道的生物量最大的超富集植物，种植 1 年后其地上部生物量可达 21.4t/hm²，其对 Ni 的富集能力较强，叶片中的 Ni 含量最高可达 17000mg/kg，其体内 Ni 的平均含量为 5500mg/kg，通过植物冶炼可回收 Ni 约 110kg/hm²。

环境保护部办公厅

2014年12月30日印发
