

# 草本园林植物对土壤重金属的富集及修复效应研究进展

王 静 李润唐

湛江科技学院 广东湛江 524094

**摘 要:** 土壤重金属污染是世界各国正面临的重大生态问题之一,严重影响植物的生长发育。城市绿化建设的主体—草本园林植物,是城市生态系统中生机勃勃的一种植物。植物能绿化、美化环境但不会进入食物链,可以对重金属污染土壤进行持续修复,已成为城市土壤污染植物修复的重要研究领域。该研究总结了近年来用于重金属污染土壤修复的草本园林植物,并探索了其土壤进行修复的强化措施。重点阐述了草本园林植物对各种重金属的富集效应,对其耐受性和净化土壤重金属污染的应用潜力进行了分析,并对未来的发展方向进行了展望。

**关键词:** 草本园林植物; 重金属; 植物修复; 土壤修复

## Research Progress on the Concentration and Restoration of Heavy Metals in Soil by Herbaceous Garden Plants

Jing Wang Runtang Li

Zhanjiang University of Science and Technology, Zhanjiang 524094

**Abstract:** Soil heavy metal pollution is one of the major ecological problems facing all countries in the world, which seriously affects the growth and development of plants. Herbaceous garden plant, the main body of urban greening construction, is a vigorous plant in urban ecosystem. Plants can afforestation and beautify the environment but do not enter the food chain. They can continuously repair heavy metal contaminated soil, which has become an important research field of urban soil pollution phytoremediation. This study summarized the herbaceous garden plants used in the remediation of heavy metal contaminated soil in recent years, and explored their intensive measures for soil remediation. The enrichment effects of herbaceous garden plants on various heavy metals were emphatically described, and their tolerance and application potential in purifying soil heavy metal pollution were analyzed, and the future development direction was prospected.

**Keywords:** Herbaceous garden plant; Heavy metals; Phytoremediation; Soil remediation

土壤千百年来一直是人类赖以生存的重要自然资源,给人类带来生存危机的同时,也给城市自身的生存和发展带来了严峻的挑战,伴随着经济的发展,土壤重金属污染也伴随着中国城市化、工业化的快速发展,而土壤重金属污染问题也不断发生在城市自身的生存和发展过程中。园林绿化植物在净化空气、重金属修复、改善城市生态环境等方面具有重要作用,是从城市到自然再到景观的复合生态系统的一部分,不仅可以减少阳光辐射。该研究以草本园林植物吸收和富集重金属的特性为研究重点,旨在为贯彻落实污染场地绿色可持续修复理念提供参考依据,同时为城市土壤重金属污染修复与景观设计有机结合提供依据。利用草本植物修复重金属污染土壤的研究起步相对较晚,最初的研究主要集中在杨柳科的杨属、柳属和钻天柳属的植物上。研究证明,在草本重金属污染土壤的植物修复研究方面,草本植物因其丰富的遗传多样性显示出潜力和优势,目前已取得明显进展,成为受污染土壤植物修复的草本材料。现在随着研究的不断深入,也发现了更多的重金属类的耐性植物。

### 一、园林植物重金属富集问题

#### 1. 草本园林植物对镉的积累

重金属镉具有较强毒性,在植物体内的镉含量普遍不超过 1mg/Kg, 与其自然界中其他重金属相比,金属铬具有较强的毒性,对环境具有较大的破坏性,同时镉具有隐蔽性和累积性两个主要特性,一旦进入食物链,对生物体有较强的毒害毒性。国内学者做了大量镉(超)富集景观植物的研究, 顾翠花等采用培养法模拟镉污染土壤,结果表明,在镉浓度 100mg/Kg 处理下,矾叶镉含量超过 100mg/Kg, 达到超富集植物标准,具有良好的园林绿化前景,东南景天是一种具有多年生、无性繁殖、生物量大等特征的 Cd 超富集植物。同时,东南景天对 Zn 的耐性也很高,具有富集 Zn 的能力,为植物提供了修复土壤 Zn-Cd 复合污染的新材料<sup>[1]</sup>。“矮型四季菊”和“波斯菊”对镉的富集能力和耐受性均较强,是理想的修复镉污染土壤的超富集观赏植物种质资源<sup>[2]</sup>。中国农田中常见的球果苋菜是一种杂草,当土壤中的 Cd 污染浓度达到 25 mg/Kg 时,开花期和成熟期叶片中

的球果、蔬菜中的 Cd 含量分别为 131.6 mg/Kg 和 150.1 mg/Kg, 且大于根部的积累量<sup>[3]</sup>。

综上所述,为筛选到更为理想的镉超富集草本园林植物,众多研究者从不同学科角度研究了其对镉的吸收积累及在不同组织、器官中的富集规律,到目前为止,发现了高耐镉型植物马缨丹;镉超富集型植物忍冬、蔓长春花和海滨木槿 3 种草本植物;其余均为富集型植物。中国拥有丰富的园林植物种质资源,随着深入的研究,相信会寻找到更多用于镉污染土壤修复的园林植物。

### 2. 草本园林植物对铅的积累

铅是重金属污染中较严重且毒害性很强的元素,其流动性强、生物毒性大且易被植物吸收<sup>[4]</sup>。圆锥南芥是一种典型铅超富集植物,在水培条件下,地上部分铅含量最高可达 14769mg/kg, 远超 1000 mg/Kg 的超富集植物标准。此外,香根草、绿叶苋菜、裂叶荆芥、羽叶鬼针草、紫穗槐、苍耳等植物也被证明具有较高的铅富集能力,可作为先锋植物,对铅土壤污染进行修复<sup>[5]</sup>。

近年来的研究表明,许多具有较强观赏性的草本园林植物表现出较好的抗性 & 能够很好的净化环境能力,同时在修复被污染之后的土壤中也具备较强的积极作用,因此发现具备更大生物量,同时具有独特地域特点的耐铅植物有助于丰富铅污染治理的园林植物种类。

### 3. 草本园林植物对汞的积累

汞是一种危害人体神经、消化和免疫系统的重金属。蜈蚣草被证明对重金属汞具有极强的富集能力,蜈蚣草的羽片含汞量比叶柄和根系的含汞量都要高,而根系含汞量最少,具有极强的收敛功能,同时对重金属汞胁迫表现出较强的耐性。因此,蜈蚣草具有生长速度快,生物量大,地理分布广,适应性强,具有富集汞的优良特性<sup>[6]</sup>。

目前,虽然很多城市都开展了土壤汞污染的研究,但对草本园林植物汞污染的研究相对较少。研究园林植物汞的污染特征,找寻城市中汞的污染来源,筛选富集型高耐汞型草本园林植物将有助于提高和强化治理城市土壤汞污染的功能。

### 4. 草本园林植物对砷的积累

砷是人和动、植物的构成元素,同时砷和它的化合物也是常见的重金属污染物。近年来,由于砷污染危害严重,引发的环境问题较多,已经引起了世界各国的重视,尤其砷污染的植物修复方法得到了特别的关注。目前国内已发现的基本集中在十字花科植物中的砷富集草本园林植物,十字花科的鲁白和芥菜具有较强的砷富集能力,并表现出一定的耐砷

性,是优秀的可用于土壤重金属铅污染的潜在修复植物。此外丹红杨、常绿杨较适用于修复砷污染土壤。

不同植物富集砷的能力差异显著,目前发现的砷超量积累植物仍以草本植物为主,而草本园林植物生长快、生物量大,其积累重金属的能力要比草本植物大得多,对城市重金属污染土壤的修复生态具有十分重要的意义,因此,我国的

### 5. 草本园林植物对其它重金属的积累

许多草本园林植物对重金属具有一定的抗性,对重金属污染的危害能够得到有效的修复。在广西平乐锰矿土壤生态修复研究中发现,山茶科植物木荷对锰的 BF 达到 2.3,初步显示锰的超富集能力,是锰污染土壤的极佳治理材料,也是锰矿区废弃土地生态修复的极佳治理材料。研究发现杜鹃花、红叶景天均表现出对锰的富集能力强,而且杜鹃花对锰元素显示出超富集植物的特征<sup>[7]</sup>。美洲黑杨可以提取重金属污染土壤中的锌,可以在农场大范围种植。另有研究证实紫东方草莓对锌富集力强,双花堇菜、珍珠梅等植物对铜富集力强。

### 6. 草本园林植物对复合重金属的积累

城市土壤中的重金属污染通常主要是多种金属元素并存的复合污染,因此选择适当的景观耐久植物 (Community Plant) 是非常必要的。盐柳根部、拐枣和樟树叶部对重金属有强富集能力,适合栽植在镉-锌-铅-砷复合污染的区域。对中欧奥地利、斯洛文尼亚、捷克的镉-锌金属矿厂研究后发现,籽粒苋能积累大量的重金属镉和锌,对西班牙西北部铅锌尾矿库修复时发现该地草本植物也能富集重金属镉和锌;锰-铜-铅-镍复合污染区的先锋植物珍珠梅和玫瑰。

## 二、重金属污染土壤草本植物修复技术的强化措施

草本园林植物中的超积累植物及耐性植物在城市土壤污染修复与景观建设中发挥着重要作用。但是一旦土壤中重金属浓度超过一定范围,达到植物忍耐的阈值,植物将受到毒害而影响其修复和美化效果。因此,草本植物修复在实际修复应用过程中,往往通过施用螯合剂(或活化剂)、添加改良剂、微生物强化、基因工程等物理修复方法或农艺措施,保证植物的生物量和生长速度,强化植物积累富集土壤中重金属,提高修复效率,通过施用螯合剂(或活化剂)、添加改良剂等多种方式进行联合修复。目前,EDTA 已被证实是重金属铅在活化土壤中最有效的螯合剂。例如,添加 EDTA 螯合剂后,杨树和小叶榕吸收富集重金属的效率会明显提高,

铅在杨树体内的转移率也会随之提高;施用改良剂可促进夹竹桃、白花泡桐对镉、铅、锌、铜 4 种重金属蓄积量的增加,添加 EDTA 整合剂还可显著促进某些草本无性系对镉的吸收,研究人员认为,如果能在田间应用试验结果,杨柳可清除牧场 100 多年来因化肥造成的镉污染。

### 三、小结与展望

城市重金属污染土壤修复新模式前景广阔,可有效实现重金属污染土壤生态修复和营建景观。同时,以草本植物作为景观营建植物,对植物体内污染物的积累和长时间贮存都有好处,相对于木本植物来说,成本更低、耐寒性和旱性更高、性价比更高。

草本园林植物复原法由于复原效率不高,仍对大规模应用形成阻碍,是一项极具应用潜力的技术,其优点是绿色、廉价、美观等传统方法难以比拟的。在今后的学习中,要重点抓好以下几个方面的突破工作,切实做到学以致用,学以致用:

(1) 超富集草本园林植物的筛选。土壤重金属污染植物修复的核心是寻找超富集植物,在重金属污染区域内能够正常生长的园林植物并不多,对于居住在污染区域内的先锋植物可以优先考虑,超富集植物可以从中进一步筛选;此外,超积累植物通过育种手段或转基因技术进行培育,建立种质资源库,对超富集植物进行储备。

(2) 多金属富集草本园林植物的筛选。城市土壤的污染往往表现为多种重金属的复合污染而非单一重金属的污染,对多种重金属同时具有富集能力的草本园林植物的发现值得深入研究。

(3) 目前的研究大多集中在草本园林植物富集土壤重金属特性方面,研究以实验室成果为主,草本园林植物在修复生产实践中真正应用较少,缺乏城市土壤修复工程的成功

案例,如何将多项强化措施应用到具有富集特性的草本绿化植物协同作用的城市土壤修复和景观建设中,目前主要研究草本园林植物富集土壤重金属特性目前的研究主要围绕探索生态修复与城市重金属污染土壤景观营建技术这一草本园林植物富集特性的科研人员展开。

### 参考文献:

[1]袁鑫奇,俞乃琪,郭兆来,等.会泽铅锌矿区废弃地优势草本植物的重金属富集特征[J].生态与农村环境学报,2022,38(03):399-408.

[2]张长锋.4种花卉对镉的生理响应及富集特征研究[D].四川农业大学,2016.

[3]孙约兵,周启星,任丽萍.镉超富集植物球果蕓菜对镉-砷复合污染的反应及其吸收积累特征[J].环境科学,2007(06):1355-1360.

[4]吴恒梅,刘垠泽,申晓慧,等.重金属铅胁迫下凤仙花幼苗及根际环境响应[J].中国野生植物资源,2021,40(07):40-44.

[5]张彤.Pb~(2+)胁迫下4种湿生植物的抗性生理及富集潜力研究[D].江西农业大学,2019.

[6]杨晨东.汞胁迫下蜈蚣草的富汞特征研究[D].贵州大学,2020.

[7]欧阳林男,吴晓芙,郭丹丹,等.锰污染土壤修复的植物筛选与改良效应[J].中南林业科技大学学报,2012,32(12):7-11.

作者简介:王静(1983—),性别:女,学历:硕士研究生,职称:讲师,研究方向:主要从事园林植物栽培与应用。

基金项目:广东海洋大学寸金学院重点科研项目(CJKY201801)