

农业废弃物吸附水中重金属离子研究进展

葛磊^{1,2,3,4}

¹陕西地建土地工程技术研究院有限责任公司, 陕西 西安

²陕西省土地工程建设集团有限责任公司, 陕西 西安

³自然资源部退化及未利用土地整治工程重点实验室, 陕西 西安

⁴陕西省土地整治工程技术研究中心, 陕西 西安

Email: gelei917@foxmail.com

收稿日期: 2020年10月4日; 录用日期: 2020年10月28日; 发布日期: 2020年11月4日

摘要

重金属在环境中难以降解性, 因此水体中重金属的修复具有重要意义, 传统的水处理技术较为昂贵, 并且产生了大量的重金属有毒化学污泥。生物吸附是一种潜在的替代现有的传统技术, 与传统处理方法相比, 生物吸附的主要优点是低成本、高效率、化学或生物污泥少、生物吸附剂再生和金属回收等优点。纤维素农业废弃物是重要的金属生物吸附剂来源, 生物吸附过程包括化学吸附、络合作用、物理吸附。本文综述目前农业废弃物吸附重金属的机理与研究进展, 农业废弃物高效、低成本、可再生的生物质资源可用于重金属污染修复。

关键词

农业废弃物, 吸附, 重金属

Research Progress on Adsorption of Heavy Metal Ions in Water by Agricultural Wastes

Lei Ge^{1,2,3,4}

¹Institute of Land Engineering and Technology, Shaanxi Provincial Land Engineering Construction Group Co., Ltd., Xi'an Shaanxi

²Shaanxi Provincial Land Engineering Construction Group Co., Ltd., Xi'an Shaanxi

³Key Laboratory of Degraded and Unused Land Consolidation Engineering, The Ministry of Land and Resources, Xi'an Shaanxi

⁴Shaanxi Provincial Land Consolidation Engineering Technology Research Center, Xi'an Shaanxi

Email: gelei917@foxmail.com

Received: Oct. 4th, 2020; accepted: Oct. 28th, 2020; published: Nov. 4th, 2020

Abstract

Heavy metals are difficult to degrade in the environment, so the remediation of heavy metals in water is of great significance. The traditional water treatment technology is more expensive, and a large number of heavy metal toxic chemical sludge are produced. Biosorption is a potential alternative to the existing traditional technology. Compared with the traditional treatment methods, the main advantages of biosorption are low cost, high efficiency, less chemical or biological sludge, biosorbent regeneration and metal recovery. Cellulose agricultural waste is an important source of metal biosorbents. The biosorption process includes chemical adsorption, complexation and physical adsorption. In this paper, the mechanism and research progress of heavy metal adsorption by agricultural waste are reviewed. The biomass resources with high efficiency, low cost and renewable can be used for heavy metal pollution remediation.

Keywords

Agricultural Waste, Adsorption, Heavy Metals

Copyright © 2020 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

重金属离子通过各种工业活动被引入水中，目前采矿、化肥、制革、电池、造纸、农药等活动均对环境造成严重威胁[1] [2] [3] [4]。目前对人类和其他动植物有害的有毒金属离子主要有 Cr、Fe、Se、V、Cu、Co、Ni、Cd、Hg、As、Pb、Zn 等，这些重金属因其毒性、生物累积趋势和在自然界中的持久性而受到特别关注[5] [6] [7]。

从水溶液中去金属离子的传统方法包括化学沉淀、离子交换器、化学氧化/还原、反渗透、电渗析、超滤等[8] [9]。然而，这些传统技术有其固有的局限性，如效率低、操作条件敏感、产生二次污泥，而且处置费用高昂。基于此，吸附可作为处理重金属污染的有效手段，然而活性炭的高成本限制了吸附应用。近年来，生物材料作为工业副产品及农业废料备受关注，与传统的处理方法及吸附材料相比，生物材料吸附法的主要优点包括：成本低、效率高、化学或生物污泥最少、生物吸附剂可再生和金属可回收。

含有纤维素的农业废弃物材料在金属生物吸附领域展现出巨大的潜力。农业废弃物的基本成分包括半纤维素、木质素、脂类，蛋白质、单糖、水烃、淀粉等[10]，由于其独特的化学成分、丰富的可利用性、可再生性、低成本等特点，利用各种农业废弃物如米糠、稻壳、麦麸、小麦等原料可被用来处理水中金属污染。这些农业废弃物通过自然吸附或改性后吸附等被实际应用，本综述介绍了利用农业废弃物作为生物吸附剂去除有毒重金属离子的研究进展。

2. 吸附机制

使用农业材料从水中去除金属离子是基于对金属的生物吸附，生物吸附过程包括固相(吸附剂)和液相(溶剂)，由于吸附剂对金属离子具有很高的亲和力，因此金属离子吸附涉及化学吸附、复合作用、表面和孔隙吸附、离子交换、螯合作用、物理力吸附等[11]。

农业废弃物主要成分为木质素和纤维素，其他成分包括半纤维素、提取物、脂类、蛋白质等糖、淀粉、水、碳氢化合物、灰烬等等含有多种官能团的化合物。纤维素大分子的基环是 D-葡萄糖以 β -1, 4 糖苷键组成的大分子多糖，半纤维素是以 D-木糖基、D-甘露糖基等构成的，木质素是由三种醇单体(对香豆醇、松柏醇、芥子醇)形成的一种复杂酚类聚合物，这些官能团有对金属具有络合力[12]。

3. 吸附铬

铬是一种有毒的重金属，多应用于鞣制、木材防腐和颜料、塑料染料、涂料和纺织品等。铬有多种氧化状态，其中铬(VI)和铬(III)是引起环境污染的主要价态[13]。目前，许多研究报告了用农业废弃物去除铬，如榛子壳、橘子皮、玉米芯、花生壳、大豆壳等，结果表明此类农业废弃物具有显著的去铬效率[14]。不同的植物部分，如椰子纤维、椰壳纤维、树皮、松针、仙人掌叶、印楝叶粉也被用于除铬，其去除效率在 90%~100% [15]。

4. 吸附铅

环境中铅的主要来源于塑料、精加工工具、阴极射线管、陶瓷、焊料、铅闪光片和钢以及电缆回收。由于铅是蓄积性中毒，只有当人体中铅含量达到一定程度时，才会引发身体的不适，在长期摄入铅后，会对机体的血液系统、神经系统产生严重的损害，尤其对儿童健康和智能的危害产生难以逆转的影响[16]。不同的农业废弃物如稻草、大豆果皮、甘蔗渣、花生壳、核桃壳等自然形态被用来去除铅，其去除效率为 98% [17]。用氢氧化钠处理马尾藻和改性甘蔗的玫瑰花瓣琥珀酸酐也被用于移除铅[18]。此外利用农用活性炭也研究了其吸附能力，甘蔗渣、粉煤灰铅的去除率为 65%。锯屑树、樟子松和橡胶木锯末有显示 85%~90% 的去铬效率，此外文献研究表明，生物吸附铅的最佳值在 pH 5~6 左右。

5. 吸附镉

镉及其化合物相比于其他重金属，其水溶液易在土壤中流动，同时易于生物累积。聚氯乙烯材料、塑料和钢电镀等都是环境中镉的基本来源，镉会对呼吸道产生刺激，长期暴露会造成嗅觉丧失症、牙龈黄斑或渐成黄圈，镉化合物不易被肠道吸收，但可经呼吸被体内吸收，积存于肝或肾脏造成危害，尤以对肾脏损害最为明显。还可导致骨质疏松和软化[19] [20]。Montanher 等人探讨了米糠和麦麸通过螯合镉，从而达到显著的去铬效率[21]。Iqbal 等人利用棕榈叶柄毡鞘(PFP)进行了研究，吸收速度快，15 分钟内完成 70%以上。结合金属离子被成功解吸，PFP 纤维生物量在几个吸附 - 解吸循环后仍然有效[22]。

6. 展望

生物吸附对去除废水中污染物具有重要作用，在农业废弃物中廉价有效的生物吸附剂可用作吸附水中重金属。这是由于价格低廉、易于获得、对重金属显示出高度亲和力。然而实际应用中，利用农业废弃物吸附重金属仍然有局限性，例如，吸附效率差、材料不易回收等特点，因此为了使农业废弃物在工业规模上经济可行，未来要解决金属回收和农业废料的再生等问题。

7. 结论

生物吸附是一个较为简便的去除水中重金属过程。本文综述了利用农业有机废弃物吸附水中金属离子的机理及其效率，通过使用低成本生物吸附剂可以规模化处理水中重金属污染问题，此外，使用农业废弃物吸附水中重金属可回收重金属，同时农业废弃物可重复利用。然而利用农业废弃物吸附水中重金属机理尚不明确，需进一步模拟生物吸附的再生和回收等方面，同时研究金属离子和废物的固定化高效率 and 回收率。还需要进行进一步的研究，以使该工艺在工业规模上经济可行，同时使金属农业废弃物回收与再生。

参考文献

- [1] 吴烈善, 曾东梅, 莫小荣, 吕宏虹, 苏翠翠, 孔德超. 不同钝化剂对重金属污染土壤稳定化效应的研究[J]. 环境科学, 2015, 36(1): 309-313.
- [2] 张莉, 祁士华, 瞿程凯, 刘红霞, 陈文文, 李丰, 胡婷, 黄焕芳. 福建九龙江流域重金属分布来源及健康风险评估[J]. 中国环境科学, 2014, 34(8): 2133-2139.
- [3] 黄小娟, 江长胜, 郝庆菊. 重庆溶溪锰矿区土壤重金属污染评价及植物吸收特征[J]. 生态学报, 2014, 34(15): 4201-4211.
- [4] 樊伟, 卞战强, 田向红, 张娟. 碳纳米材料去除水中重金属研究进展[J]. 环境科学与技术, 2013, 36(6): 72-77+90.
- [5] 李山泉, 杨金玲, 阮心玲, 张甘霖. 南京市大气沉降中重金属特征及对土壤环境的影响[J]. 中国环境科学, 2014, 34(1): 22-29.
- [6] 方晰, 唐志娟, 田大伦, 项文化, 孙伟军. 长沙城市森林土壤 7 种重金属含量特征及其潜在生态风险[J]. 生态学报, 2012, 32(23): 7595-7606.
- [7] 张兆永, 吉力力·阿不都外力, 姜逢清. 博尔塔拉河河水、表层底泥及河岸土壤重金属的污染和潜在危害评价[J]. 环境科学, 2015, 36(7): 2422-2429.
- [8] 李欣娟, 王文生, 唐亮. 水中重金属污染处理方法研究[J]. 广州化工, 2020, 48(5): 27-29.
- [9] 雷晓斌. 基于选择层改性的正渗透膜制备及其对水中重金属离子的去除研究[D]: [硕士学位论文]. 深圳: 深圳大学, 2018.
- [10] 林艳, 谢向前, 陈宏文. 农业废弃物木质纤维素化学组成数据库的建立[J]. 现代化工, 2008(S2): 177-179+181.
- [11] 章文星, 高浩凌, 姜洪涛, 王志伟, 吴清涛. 农业废弃物吸附重金属的研究进展[J]. 工业水处理, 2016, 36(2): 10-14.
- [12] 罗成成, 王晖, 陈勇. 纤维素的改性及应用研究进展[J]. 化工进展, 2015, 34(3): 767-773.
- [13] Yu, B., Zhang, Y., Shukla, S.S. and Dorris, K.L. (2000) The Removal of Heavy Metal from Aqueous Solutions by Sawdust Adsorption—Removal of Copper. *Journal of Hazardous Materials B*, **80**, 33-42. [https://doi.org/10.1016/S0304-3894\(00\)00278-8](https://doi.org/10.1016/S0304-3894(00)00278-8)
- [14] Kurniawan, T.A., Chan, G.Y.S., Lo, W.H. and Babel, S. (2006) Comparison of Low-Cost Adsorbents for Treating Wastewater Laden with Heavy Metals. *Science of the Total Environment*, **366**, 409-426. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2005.10.001>
- [15] Venkateswarlu, P., Ratnam, M.V., Rao, D.S. and Rao, M.V. (2007) Removal of Chromium from Aqueous Solution Using *Azadirachta indica* (Neem) Leaf Powder as an Adsorbent. *International Journal of Physical Sciences*, **2**, 188-195.
- [16] 范灵凯, 章海宁, 刘振师, 谢乐云. 韶关市铅酸蓄电池行业铅危害综合治理效果分析[J]. 工业卫生与职业病, 2017, 43(4): 299-301+305.
- [17] Johns, M.M., Marshall, W.E. and Toles, C.A. (1998) Agricultural Byproducts as Granular Activated Carbons for Adsorbing Dissolved Metals and Organics. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*, **71**, 131-140. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-4660\(199802\)71:2<131::AID-JCTB821>3.0.CO;2-K](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-4660(199802)71:2<131::AID-JCTB821>3.0.CO;2-K)
- [18] Karnitz Jr., O., Gurgel, L.V.A., Melo, J.C.P., Botaro, V.R., Melo, T.M.S., Gil, R.P.F. and Gil, L.F. (2007) Adsorption of Heavy Metal Ion from Aqueous Single Metal Solution by Chemically Modified Sugarcane Bagasse. *Bioresource Technology*, **98**, 1291-1297. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2006.05.013>
- [19] 李秀娟. 土-水-作物系统中镉的分布特征及风险评估[D]: [硕士学位论文]. 武汉: 中国地质大学, 2010.
- [20] 黄金祥, 刘荫曾, 王博英, 宣玢华, 郑琼, 张秀芬, 孙斌辉. 血、尿镉测定在职业性镉危害评价上的意义[J]. 卫生研究, 1984(2): 17-20.
- [21] Montanher, S.F., Oliveira, E.A. and Rollemberg, M.C. (2005) Removal of Metal Ions from Aqueous Solutions by Sorption onto Rice Bran. *Journal of Hazardous Materials B*, **117**, 207-211. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2004.09.015>
- [22] Iqbal, M., Saeed, A. and Akhtar, N. (2002) Petiolar Felt Sheet of Palm: A New Biosorbent for the Removal of Heavy Metals from Contaminated Water. *Bioresource Technology*, **81**, 151-153. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(01\)00126-2](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(01)00126-2)