

Study on Adsorptive Properties of Peanut Shell to Phosphorus in Wastewater

Jie Gu, Qinglei Li, Kun Qin*

College of Chemistry and Pharmaceutical Engineering, Shandong First Medical University & Shandong Academy of Medical Sciences, Tai'an Shandong
Email: qinkun7907@163.com

Received: August 5th, 2019; accepted: August 20th, 2019; published: August 27th, 2019

Abstract

The peanut shells that modified by nitric acid solution were used as adsorbent to adsorb phosphorus in wastewater. The effects of pH value, the amount of modified peanut shell, adsorption time and initial concentration of phosphorus on the phosphorous adsorption rate were investigated, respectively. The results showed that when the pH value was 6.0, the addition of modified peanut shells was 3.0 g, adsorption time was 75 min and the initial phosphate concentration was 20 mg/L, the adsorption rate of phosphate could reach 85.0%.

Keywords

Modified Peanut Shells, Phosphate, Adsorption Performance

花生壳对废水中磷的吸附性能研究

谷 杰, 李庆磊, 秦 坤*

山东第一医科大学(山东省医学科学院)化学与制药工程学院, 山东 泰安
Email: qinkun7907@163.com

收稿日期: 2019年8月5日; 录用日期: 2019年8月20日; 发布日期: 2019年8月27日

摘 要

用硝酸对花生壳进行改性处理, 并以其为吸附剂用于吸附废水中的磷。分别考察了pH、改性花生壳投加量、吸附时间以及磷酸盐初始浓度对吸附效果的影响。结果表明, 在溶液pH为6.0、改性花生壳投加量为3.0 g、吸附时间为75 min、磷酸盐初始浓度为20 mg/L的条件下, 磷的吸附率可达85.0%。

*通讯作者。

关键词

改性花生壳, 磷酸盐, 吸附性能

Copyright © 2019 by author(s) and Hans Publishers Inc.

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

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



Open Access

1. 引言

花生壳是花生加工的废弃物, 在我国大部分被用来作为燃料使用。这不仅造成环境污染, 还会造成资源的极大浪费, 影响了花生的综合利用价值。花生壳中含有丰富的天然高分子化合物如纤维素、半纤维素等, 本身具有多孔结构的特性, 如果再经化学改性, 其吸附能力更强, 完全可以作为生物质吸附剂用于废水处理。研究表明, 以花生壳作为原料制备吸附剂, 可以有效处理各种废水[1]-[6]。

氮、磷等植物营养物质是导致天然水体中水生植物和藻类大量繁殖, 进而引发水体富营养化的决定性因素, 其中磷是更为关键的因素, 其对鱼类等水生生物的生存有很大的影响[7]。因此如何去除水体中的磷酸盐, 降低其对水体环境的影响以及对水生生物的危害早已成为学者们的研究热点。目前最常用的除磷方法主要有化学法、生物法以及吸附法三大类[8]。其中, 吸附法具有设备简单、效果稳定、投资少等优点, 是目前应用较多的含磷废水处理方法[9]。

本研究以花生壳为原料, 用硝酸对其进行化学改性处理, 制备出具有高吸附性能、吸附性稳定的改性花生壳吸附剂, 并用其处理含磷废水, 考察各类因素对含磷废水中磷吸附效果的影响, 为花生壳在废水处理方面的实际应用提供科学依据, 达到既扩大花生壳资源的综合利用, 又能达到以废制废的目的。

2. 材料与方法

2.1. 试验材料

花生壳(取自泰安市岱岳区某农户); 去离子水(实验室自制); 含磷废水(实验室自制); 硝酸(AR, 国药集团化学试剂有限公司); 酒石酸锶钾(AR, 国药集团化学试剂有限公司); 钼酸铵(AR, 国药集团化学试剂有限公司); 抗坏血酸(AR, 国药集团化学试剂有限公司); 硫酸(AR, 国药集团化学试剂有限公司); 磷酸二氢钾(AR, 国药集团化学试剂有限公司)。

2.2. 试验仪器

BJ-800A 粉碎机(德清拜杰电器有限公司); 标准分样筛(50 目, 绍兴市上虞华丰五金仪器有限公司); 电热鼓风干燥箱(上海精宏实验设备有限公司); FC204 电子分析天平(上海恒平科学仪器有限公司); PHS-25 数显 pH 计(上海仪电科学仪器股份有限公司); SHA-C 恒温振荡器(常州国华电器有限公司); UV2000 紫外可见分光光度计(上海尤尼柯仪器有限公司)。

2.3. 试验方法

2.3.1. 改性花生壳吸附剂的制备[10]

用粉碎机将花生壳粉碎后过 50 目分样筛, 收集筛下花生壳, 用去离子水浸泡 24 h, 去除细小悬浮物质, 然后置于电热鼓风干燥箱中于 80℃烘干后放入干燥器中备用。称取 10.0 g 花生壳粉, 置于 500 mL

烧杯中, 加入 125 mL 体积分数为 10% 的 HNO_3 溶液, 用磁力搅拌器搅拌 20 min 后, 再放入数显恒温水浴锅中于 80°C 加热 2 h 后, 过滤去除溶剂, 滤渣用去离子水洗至中性, 于 60°C 下烘干即得硝酸改性花生壳吸附剂, 将其置于干燥器中备用。

2.3.2. 吸附试验

1) 废水 pH 值对吸附效果的影响。在 6 支 150 mL 锥形瓶中分别加入 50 mL 浓度为 20 mg/L 的含磷废水, 分别用 0.1 mol/L 的 HCl 和 NaOH 溶液调节 pH 值, 再称取 1.0 g 改性花生壳放于锥形瓶中, 置于恒温振荡器中室温下以 120 r/min 振荡 120 min。静置后过滤, 测定滤液的磷酸盐浓度, 考察初始 pH 对吸附效果的影响。

2) 改性花生壳投加量对吸附效果的影响。分别称取不同质量的改性花生壳放于 8 支 150 mL 锥形瓶中, 再分别加入 50 mL 浓度为 20 mg/L 的含磷废水, 调节废水 pH 值为 6.0, 置于恒温振荡器中室温下以 120 r/min 振荡 120 min。静置后过滤, 测定滤液的磷酸盐浓度, 考察改性花生壳加入量对吸附效果的影响。

3) 吸附时间对吸附效果的影响。在 8 支 150 mL 锥形瓶中分别加入 50 mL 浓度为 20 mg/L 的含磷废水, 调节废水 pH 值为 6.0, 再称取 3.0 g 改性花生壳放于锥形瓶中, 置于恒温振荡器中室温下以 120 r/min 振荡 120 min。每隔 15 min 取出一个锥形瓶, 静置后过滤, 测定滤液的磷酸盐浓度, 考察吸附时间对吸附效果的影响。

4) 磷酸盐初始浓度对吸附效果的影响。在 8 支 150 mL 锥形瓶中分别加入 3.0 g 改性花生壳, 再分别加入 50 mL 不同浓度的含磷废水, 调节废水 pH 值为 6.0, 置于恒温振荡器中室温下以 120 r/min 振荡 120 min。静置后过滤, 测定滤液的磷酸盐浓度, 考察磷初始浓度对吸附效果的影响。

2.3.3. 分析方法

1) 磷的测定方法: 用钼酸铵分光光度法[11]测定磷的含量。

2) 吸附率计算方法: $Y = [(C_0 - C)/C_0] \times 100\%$

式中, Y 为磷吸附率, %; C_0 为吸附前溶液中磷的浓度, mg/L; C 为吸附后溶液中磷的浓度, mg/L。

3. 结果分析

3.1. 磷酸盐标准曲线的绘制

在 UV2000 紫外可见分光光度计上, 用 1 cm 比色皿, 于波长 880 nm 处测定吸光度, 绘制磷质量浓度—吸光度标准曲线如图 1 所示。由图 1 可知, 磷酸盐标准曲线回归方程为: $y = 1.9705x - 0.0018$, $R^2 = 0.9998$, 拟合较好, 可靠性高。

3.2. 废水 pH 值对吸附效果的影响

废水 pH 值对磷酸盐吸附效果的影响如图 2 所示。由图 2 可知, 随着废水 pH 值的升高, 改性花生壳对磷酸盐的吸附率先增大后减小, 并且在 pH 值为 6.0 时吸附率达到最大。这是因为溶液 pH 值的改变影响了磷酸盐在水溶液中的存在形式, 从而影响吸附剂的吸附率。当溶液的 pH 值小于 6.0 时, 磷酸盐在溶液中主要以 H_2PO_4^- 、 HPO_4^{2-} 两种形式存在, 这是改性花生壳吸附磷酸盐的主要形式[12] [13]。并且在强酸性条件下, 改性花生壳表面的 $-\text{NH}_2$ 具有较强的质子化作用, 极易接受 H^+ 形成 $-\text{NH}_3^+$, 而 $-\text{NH}_3^+$ 与 H_2PO_4^- 和 HPO_4^{2-} 能够通过静电引力相互结合使得磷酸盐的吸附率增大; 当溶液的 pH 值大于 6.0 时, 吸附率开始降低, 这是因为随着 pH 值的升高, $-\text{NH}_2$ 的质子化作用逐渐减弱使得静电引力也逐渐减弱; 另外随着 pH 值的升高, 磷酸盐在水溶液中主要以 PO_4^{3-} 形态存在, 导致吸附率降低。因此, 吸附试验的最佳 pH 值为

6.0。

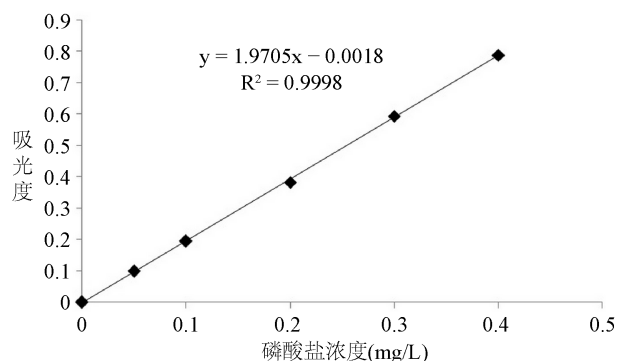


Figure 1. Phosphate standard curve

图 1. 磷酸盐标准曲线

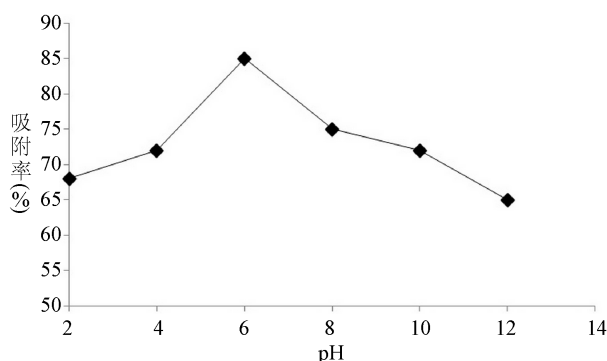


Figure 2. Effect of pH value on phosphate adsorption rate

图 2. pH 对吸附效果的影响

3.3. 改性花生壳投加量对吸附效果的影响

改性花生壳投加量对吸附效果的影响如图 3 所示。由图 3 可知，随着改性花生壳投加量的增加，磷酸盐的吸附率先升高后平稳的趋势，当花生壳的投加量为 3.0 g 时，吸附率达到最大。其原因是随着改性花生壳投加量的增加，其表面积和活性吸附位点也相应增加[14] [15]，从而使得改性花生壳对磷酸盐的吸附率增加，当吸附达到平衡后，再继续增加改性花生壳的用量对磷酸盐的吸附率影响不大。因此，改性花生壳吸附剂的最佳投加量为 3.0 g。

3.4. 吸附时间对吸附效果的影响

吸附时间对吸附效果的影响如图 4 所示。由图 4 可知，当吸附时间为 90 min 时，吸附率达到最大，再延长吸附时间吸附率变化不大基本保持平缓，这表明此时吸附基本达到平衡。这是因为随着吸附时间的延长，磷浓度逐渐降低，并且磷主要通过花生壳的孔隙被吸附，而孔隙扩散速度较慢，故吸附速率随时间增大逐渐趋于平衡。因此，吸附试验的最佳吸附时间为 90 min。

3.5. 磷酸盐初始浓度对吸附效果的影响

磷酸盐初始浓度对吸附效果的影响如图 5 所示。由图 5 可知，随着磷酸盐初始浓度的增大，磷酸盐的吸附率先升高后降低，在磷酸盐初始浓度为 20 mg/L 时吸附率达到最大。其原因是当吸附剂表面可供

吸附磷酸盐的吸附点数量一定时,随着磷酸盐浓度的增大,改性花生壳表面的吸附点不断被磷酸盐占据,使得可供吸附磷的吸附点逐渐减少,从而导致吸附率下降。因此,废水中磷酸盐的最佳初始浓度为 20 mg/L。

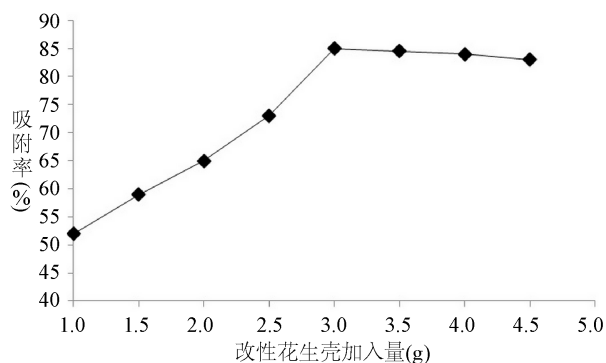


Figure 3. Effect of modified peanut shells addition on phosphate adsorption rate

图 3. 改性花生壳加入量对吸附效果的影响

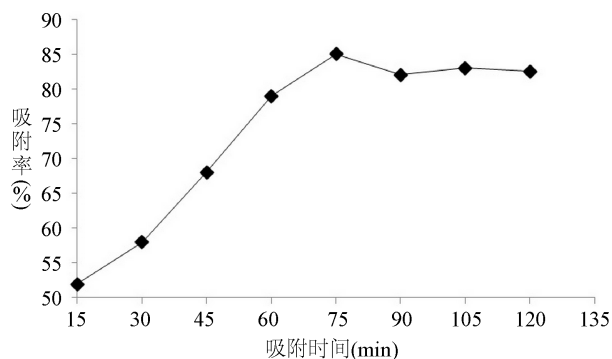


Figure 4. Effect of adsorption time on phosphate adsorption rate

图 4. 吸附时间对吸附效果的影响

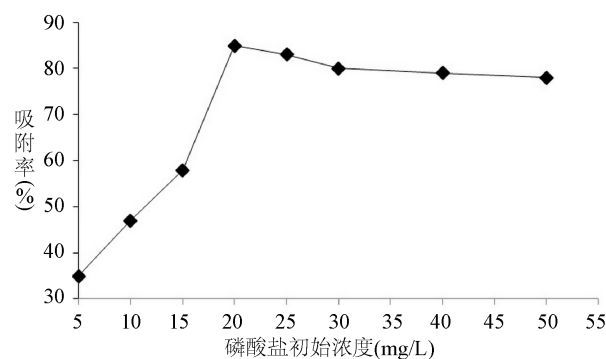


Figure 5. Effect of initial phosphate concentration on phosphate adsorption rate

图 5. 磷酸盐初始浓度对吸附效果的影响

4. 结论

用硝酸改性的花生壳吸附去除废水中磷酸盐的最佳条件为 pH 值为 6.0, 改性花生壳的用量为每 50 mL

废水投加 3.0 g，磷酸盐的初始浓度为 20 mg/L，吸附时间 75 min，在该条件下磷酸盐的吸附去除率可达到 85.0%。

基金项目

2017 年国家级大学生创新创业训练计划项目(编号: 201710439176)。

参考文献

- [1] 李倩, 王维荣. 改性花生壳对含磷废水中磷的吸附[J]. 湖北农业科学, 2015, 54(9): 2080-2082.
- [2] 李杰, 李红萍, 邢占赢, 等. 改性花生壳对活性黄的吸附性能研究[J]. 河南化工, 2010, 27(8): 40-44.
- [3] 邱光明, 朱丛戎. 改性花生壳吸附 Pb^{2+} [J]. 食品工业, 2019, 40(5): 189-192.
- [4] 胡文云, 徐汉江. 改性花生壳吸附废水中 Zn^{2+} 的研究[J]. 武汉轻工业大学学报, 2017, 36(4): 34-38.
- [5] 黄言秋, 方芳, 张静, 等. 改性花生壳吸附剂对阴离子染料的吸附作用[J]. 净水技术, 2019, 38(2): 69-76, 107.
- [6] 马敏, 王小兵, 达红伟, 等. 柠檬酸改性花生壳对地表水中 $Cr(VI)$ 的吸附性能研究[J]. 大众科技, 2018, 20(230): 24-27.
- [7] 钱大富, 马静颖, 洪小平. 水体富营养化及其防治技术研究进展[J]. 青海大学学报(自然科学版), 2002, 20(1): 28-30.
- [8] 宋爽, 徐华新. 工业废水中专项污染物处理手册[M]. 北京: 化学工业出版社, 2000.
- [9] 刘茹, 倪伟迪, 王春英. 改性花生壳对水中磷的吸附特性[J]. 江苏农业科学, 2017, 45(24): 255-258.
- [10] 宋应华. 硝酸改性花生壳吸附水中的 Pb^{2+} 的过程及机理研究[J]. 湖南农业科学, 2011(5): 44-47.
- [11] GB 11893-89, 水质总磷的测定, 钼酸铵分光光度法[S].
- [12] Grubb, D.G., Guimaraes, M.S. and Valencia, R. (2000) Phosphate Immobilization Using an Acidic Type F Fly Ash. *Journal of Hazardous Materials*, **76**, 217-236. [https://doi.org/10.1016/S0304-3894\(00\)00200-4](https://doi.org/10.1016/S0304-3894(00)00200-4)
- [13] 刘茹, 倪伟迪, 王春英. 改性花生壳对水中磷的吸附特性[J]. 江苏农业科学, 2017, 45(24): 255-258.
- [14] Agarwal, G.S., Bhuptawat, H.K. and Chaudhari, S. (2006) Biosorption of Aqueous Chromium (VI) by *Tamarindus indica* Seeds. *Bioresource Technology*, **97**, 949-956. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2005.04.030>
- [15] Alvarez, P., Blanco, C. and Granda, M. (2007) The Adsorption of Chromium (VI) from Industrial Wastewater by Acid and Base-Activated Lignocellulosic Residues. *Journal of Hazardous Materials*, **144**, 400-405. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2006.10.052>

知网检索的两种方式:

1. 打开知网首页: <http://cnki.net/>, 点击页面中“外文资源总库 CNKI SCHOLAR”, 跳转至: <http://scholar.cnki.net/new>, 搜索框内直接输入文章标题, 即可查询; 或点击“高级检索”, 下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2330-1724, 即可查询。
2. 通过知网首页 <http://cnki.net/> 顶部“旧版入口”进入知网旧版: <http://www.cnki.net/old/>, 左侧选择“国际文献总库”进入, 搜索框直接输入文章标题, 即可查询。

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: ojs@hanspub.org