

均匀设计在纳米材料促溶磷矿粉条件优化中的应用

曹玉江¹, 张国权¹, 廖宗文²

(1 华南农业大学 理学院, 广东 广州 510642; 2 华南农业大学 资源环境学院, 广东 广州 510642)

摘要:利用均匀设计对影响纳米材料处理水溶解力的因子进行优化,通过逐步回归找出了影响水溶性磷质量浓度的主要因素,获得了试验范围内提高磷矿粉水溶性磷的最佳试验条件,即用4片纳米胶片在41℃下处理1L水2h.验证试验表明此最优条件与实际情况基本符合,其水溶性磷的质量浓度为 $0.852\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$,在所有处理中的测定值最高.

关键词:均匀设计; 纳米材料; 水溶性磷

中图分类号:TB34

文献标识码:A

文章编号:1001-411X(2008)03-0115-02

The Application of Uniform Design on Conditions Optimization of Nano-Material Promoting Dissolve to Phosphorus Powder

CAO Yu-jiang¹, ZHANG Guo-quan¹, LIAO Zong-wen²

(1 College of Science, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China;

2 College of Resource and Environment, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

Abstract: Uniform design was used for optimizing the factors affected to the solvency of water treated by nano-material. The primary factors to the mass concentration of water-solubility phosphorus were found by stepwise regression and the optimal conditions for the highest content of water-soluble phosphorus in experiments were the treatment of 1 L water using 4 nano-pieces under 41℃ for 2 h. The optimal conditions of the mass concentration, $0.852\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, of water-soluble phosphorus were examined, which theoretic optimal conditions basically conformed with the practice.

Key words: uniform design; nano-material; water-soluble phosphorus

均匀设计是将数论理论成功运用于试验设计问题中创建的一种全新的试验设计方法^[1]. 正交设计法挑选试验点时要求试验点“均匀分散,整齐可比”,均匀设计方法的思路是去掉“整齐可比”的要求,通过提高试验点均匀分散的程度使得试验点具有更好的代表性^[2-4],能用较少的试验获得较多的信息. 纳米材料由于其独特的理化性质而产生“纳米效应”^[5]. 纳米材料发射出远红外线,可使水由大分子团变为小分子团,使其溶解力、pH等性质发生变化^[6]. 已有的研究表明,使用纳米材料处理水溶解磷矿粉,能够大幅提高水溶性磷的含量^[7]. 纳米材料作用的影响因子较多,纳米材料的质量,纳米材料处理

的时间、温度、强度以及被作用对象等条件均会影响纳米材料效果的发挥. 本文针对纳米材料处理水的影响因子,即温度、作用时间、纳米材料的用量3个因素,借助均匀设计进行试验,继而采用逐步回归法找出主要影响因素,再进行条件优化,得到了纳米材料提高水的溶解力的理论最优条件,为纳米材料的研究及利用提供科学依据.

1 材料与方法

1.1 纳米材料

纳米胶片由广州市晟源环境生态科技有限公司提供,由某些纳米材料均匀粘附在胶片上制得. 试验

收稿日期:2007-01-23

作者简介:曹玉江(1981—),男,硕士研究生; 通讯作者:廖宗文(1947—),男,教授,E-mail: zwliao@sohu.com

基金项目:广东省科技计划项目(2006B20601002)

用磷矿粉产于云南省,全磷(P_2O_5)质量分数为22.57%,过80目筛。

1.2 试验设计

采用均匀设计表 $U_5(5^3)^{[8]}$ 安排试验,考察不同的活化时间、胶片数量(每片 50 cm^2)及温度下的纳米材料处理水对磷矿粉的溶解能力(表1)。将不同数目的纳米片放于1 L水中,在不同的温度下处理一定的时间,制得纳米处理水。称取2 g 磷矿粉溶于100 mL已降至室温的纳米处理水中,振荡15 min,过滤,用钒钼黄比色法测定过滤液中水溶性磷(P_2O_5 ,下同)的质量浓度($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)。每处理重复2次。数据利用SAS 9.0软件进行处理。

表1 试验因素及水平

Tab.1 Experimental factors and levels

因素 factors	纳米片数目 no. of nano-pieces (x_1)	t/h (x_2)	$\theta/^\circ\text{C}$ (x_3)
水平 levels	0,1,2,3,4	2,4,6,8,10	20,30,40,50,60

1.3 理论最优结果的验证试验

在求得的理论最优条件(T_6)下进行试验,方法同1.2;为与其他处理作比较,同时做 $T_1 \sim T_5$ 。

2 结果与分析

2.1 不同试验条件下纳米材料处理水对磷矿粉溶解力的测定

试验安排($T_1 \sim T_5$)及测定结果[即 $\rho(P_2O_5)/(\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$ 用 y 表示]如表2所示。

表2 均匀设计试验方案及结果¹⁾

Tab.2 The uniform design and results

处理 treatments	因素 factors			测定结果 testing results		验证结果 validating results	
	x_1	x_2	x_3	y_1	y_2	y_1	y_2
T_1	0	4	50	0.557	0.594	0.601	0.580
T_2	1	8	40	0.514	0.551	0.503	0.545
T_3	2	2	30	0.618	0.674	0.633	0.697
T_4	3	6	20	0.496	0.532	0.505	0.539
T_5	4	10	60	0.490	0.490	0.499	0.481
T_6	4	2	41			0.865	0.839

1) x_1 为纳米胶片数, x_2 为 t/h, x_3 为 $\theta/^\circ\text{C}$, y_1, y_2 为 $\rho(P_2O_5)/(\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$ 的2个重复

利用逐步回归^[9-10]考察对 y 起显著影响的因子,剔除对 y 的影响不显著的因子($\text{sls} = 0.10, \text{sle} = 0.10$),回归结果如表3所示。

由表3可见,对 y 起作用的因子为 x_3, x_1^2, x_1x_2 和

表3 逐步回归法进行参数估计的结果

Tab.3 The results of parameters estimated by using step-wise regression

变量 variable	参数估计 parameter estimated	标准误差 standard error	F	P
x_3	0.029 53	0.000 866	1 161.82	<0.000 1
x_1^2	0.034 26	0.005 34	41.09	0.000 7
x_1x_2	-0.013 34	0.002 44	29.86	0.001 6
x_3^2	-0.000 360 3	0.000 018 8	366.62	<0.000 1

x_3^2 ,从而得到水溶性磷质量浓度 y 与因子 x_1, x_2, x_3 之间的回归方程: $y = 0.034\ 26x_1^2 - 0.013\ 34x_1x_2 + 0.029\ 53x_3 - 0.000\ 360\ 3x_3^2$ 。据此回归方程可得,在试验范围内 $x_1 = 4$ 片、 $x_2 = 2\text{ h}$ 、 $x_3 = 41\text{ }^\circ\text{C}$ 时有 y 的最大值 $0.940\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

2.2 验证结果分析

验证试验增加1个理论上的最优处理(T_6),即在 $x_1 = 4$ 片、 $x_2 = 2\text{ h}$ 、 $x_3 = 41\text{ }^\circ\text{C}$ 的条件下处理水,试验测得水溶性磷质量浓度平均为 $0.852\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ (表2)。

从验证结果来看,理论上的最优处理在验证结果中水溶性磷含量最高, T_6 水溶性磷质量浓度的测定均值为 $0.852\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$,与预测的 $0.940\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 比较接近,说明预测基本准确。

3 结论

纳米材料处理水溶解力的变化源于纳米材料处理水的某些性质的变化^[11],本方法提供了新的手段,比采用耗能、耗酸的方法活化磷矿有优势,是新的技术途径。由于纳米材料作用的条件,如温度、时间以及纳米材料作用强度的不同,使得水的溶解力发生了不同的变化。在本研究中,并不是纳米材料作用的强度越强,水的溶解力就越大,因此进行优选是十分必要的,而采用均匀设计方法进行优选则较为简易、准确。

本研究可以得出以下结论:

(1) 纳米材料处理1 L水对磷矿粉的溶解力最优的处理条件为:4片纳米片(共 200 cm^2)在 $41\text{ }^\circ\text{C}$ 的条件下处理2 h。

(2) 温度对纳米材料处理水的溶解力影响较大,但并不是温度越高越好;纳米材料对水处理强度太大不利于提高水的溶解力。

(3) 通过试验验证,发现试验得出的最优条件下的纳米处理水溶解力高于试验方案中的其他处理,并基本接近理论值,从而表明均匀设计的方法是有效的。

(下转第119页)