安徽农业科学,Journal ofAnhui Agri. Sci. 2006, 34(20): 5331- 5333,5335

责任 编辑 姜 丽 责 任 校对 胡 剑 胜

聚丙烯酸铵对重金属离子的吸附效应及在土壤修复上的应用

曲贵伟, 依艳丽 ( 1.辽东学院农业学院, 辽宁丹东 118003;2.沈阳农业大学土地与环境学院, 辽宁沈阳 110161)

摘要 研究了聚丙烯酸铵对水溶液中重金属离子的吸附效应以及在外源 Cd 污染的砂质土壤上的应用。结果表明: 聚丙烯酸铵在 25 °C时,30 min即可吸附其吸附总量的50%以上，而在48h后达到吸附高峰,在120d的培养过程中其吸附重金属的数量基本稳定。在 pH值为4.5P.5条件下，其吸附量最大，且比较稳定,溶液pH值也发生明显变化；聚丙烯酸铵在吸附重金属离子后,其吸水能力下降 显著;聚丙烯酸铵上吸附的重金属的数量随溶液浓度增加而增加,但当浓度超过0.005 mol/L后达到饱和;聚丙烯酸铵对重金属的吸 附能力远大于醋酸铵,略高于柠檬酸,而与EDTA相近；在土壤盆栽试验中，聚丙烯酸铵可以显著改善Cd污染条件下的黑麦草的生 长，显著降低黑麦草对Cd的吸收,土壤中的水溶性Cd的数量也显著降低；在盆栽条件下，聚丙烯酸铵的合理用量应该在0.1 %左右。 关键词 聚丙烯酸铵;水溶液;重金属离子;吸附效应

中图分类号 S156 文献标识码 A 文章编号 0517-6611( 2006)20-5331-03

EffectofPolyacrylatePolymersontheAbsorptionofHeavyMetalandRemediationofArtificiallyPollutedSoilwithCadmium

QU Gui!wei et al (Agricultural Institute, Liaodong University, Dandong, Liaoning 118003)

Abstract Aexperiment in absorption effect ofpolyacrylate polymer to ions ofheavy metal in the water solution was presented in the paper. The results showed that at the temperature of25 C,the absorption to heavy metal ofthe polyacrylate polymer reached to 50 % ofits gross ofabsorption after 30 mins and to the highest level after 48 h, which was very stable during the time of 120 d. The amount ofabsorption to the heavy metal was highest and stable in the pH 4.5~6.5. The absorption power ofpolyacrylate polymer could be remarkably decreased after absorbing ions ofheavy metal, especially in the 0.01 and 0.005 Msolutions, in which its weight was reduced over 100 times. The amount of heavy metal in the polyacrylate polymer was increased with the increase ofcontent ofheavy metal solution and the saturation was attained as the content ofsolution over0.005 mol/L. The bond ofpolyacrylate polymer with ions ofheavy metal was much stronger than ammonium acetate, slightly higher than citric acid and close to EDTA. In the potted experiment, the growth ofryegrass was enhanced even in the highest Cd level, the concentration ofCd in ryegrass shoot was significantly decreased, the water!soluble Cd ofsoil was remarkably reduced as well. The results also indicated the reasonable amount ofpolyacrylate polmers should be about 0.1%.

Keywords Polyacrylate polymer; Ion ofheavy metal; Absorption effect; Cd; Soil remediation

| 含量 | |
| --- | --- |
| 砂粒〃 ％ | 85.5 |
| 粉粒〃 ％ | 5.2 |
| 粘粒〃 ％ | 9.3 |
| 有机质〃％ | 1.3 |
| pH 值 | 6.3 |
| N〃％ | 0.3 |
| 卩2。5〃％ | 13.6 |
| K2O〃mg/kg | 39.0 |
| Cd〃mg/kg | 1.8 |

土壤重金属污染已经成为令世人关注的环境和社会问 题,在我国北方仅辽宁沈阳张士和鞍山宋山污灌区的Cd污 染土壤就超过 4 500 hm2 [1,2]。目前已经研究出很多的重金属 污染的治理方法, 但这些方法的修复物质存在稳定性差或 有副作用等缺点。因此选择一种对土壤及环境没有副作用 的修复物质对于修复重金属污染土壤具有十分重要的意义。

75 mg/g, 不溶 于 水。

( 2) 植物。多年生黑麦草。

( 3) 土壤 。采自丹 东 风城市有 机草 莓 生产基 地 的过 5 mm 筛的砂质土壤, 其基本性质见表 1。

表 1 土 壤 的基 本性 质

聚丙烯酸盐主要是由丙烯酸聚合并以钠、钾和铵离子 等中和而成的不同分子量的聚合物。目前主要应用在工业 废水的处理、卫生用品、防水密封以及医药等方面。在农业 方面, 由于聚丙烯酸铵含有大量的羧基和亲水集团, 因而通 常做保水剂用来增强土壤中的保水能力[3-5], 增加土壤中负 电荷的数量和土壤的阳离子交换量, 当处在重金属含量高 的环境中, 就会吸附重金属。而 且 聚 丙烯酸盐类无 毒 无 害 , 在土壤中相对稳定,几乎不被微生物分解,因此,在理论上 聚丙烯酸盐具备吸附重金属离子性能和用于修复重金属污 染土壤的可能性, 但目前在我国还没有关于其在土壤重金 属污染的原位修复应用的相关研究。为此, 笔者研究了聚丙 烯酸铵对重金属的吸附性能, 吸附数量以及与常用的重金 属络合物之间的竞争效果, 以探讨其在土壤重金属修复上 应用的可能性;在此基础上,通过外源 Cd 污染条件下土壤 的栽培试验, 检验其在土壤中的使用效果和探讨其在盆栽 条件下的修复用量。

1.2 方法

1. 聚丙烯酸铵对重金属离子的等温吸附试验。在 25 C 恒温培养箱中, 将 0.1 g 聚丙烯酸铵浸泡在浓度分别为 0.005 和 0.01 mol/L 的 125 ml 硫酸铜、氯化镉、硫酸锌溶液 中 15、0min, 1、24、48、2h 和 30、60、120d。然后用 200 目 不锈钢滤网过滤*,*随后在65-70 C下烘干*,*在450 C下灰化

16 h,用浓度为3 mol/L的HC1在90 C下消煮2次，用原子 吸收仪测定消煮溶液中的重金属含量。

1. 不同 pH 值对聚丙烯酸铵吸附重金属离子的影响。在

25 C恒温培养箱中,将0.1 g聚丙烯酸铵分别浸泡在pH值 为 3.5、4.5、5.5、6.5、7.5、8.5、9.5 的浓度为 0.01 mol/L 的 125 ml 硫酸铜、氯化镉、硫酸锌溶液中,48h后过滤,在65—0 C下 烘干,在450 C下灰化16 h,用浓度为3 mol/L HCl在90 C 消煮, 用原子吸收仪测定消煮溶液中的重金属含量。同时, 使用pHS-3C酸度计测定滤液的pH值。

1. 重金属离子对聚丙烯酸铵保水能力和重金属吸附量
2. 材料与方法
   1. 材料

(1)聚丙烯酸铵。分子量为500万-600万,含铵量为

作者简介 曲贵伟( 1970-) , 男,辽宁丹东人,在读博士,从事土壤重金 属污染修复研究。

收 稿日 期 2006! 06! 21

的影响。将15份0.1 g的聚丙烯酸铵分别浸泡在125 ml浓 度分别为的 0.01,0.005,0.001,0.000 5 mol/L 的硫酸铜、氯化 镉、硫酸锌和去离子水中，48h后用200目不锈钢滤网过 滤,除去多余的水分后称重。然后, 将其浸泡在去离子水溶 液中72 h,随后在65T0 °C下烘干，在450 °C下灰化16 h,用 浓度为3 mol/LHCl在90 C下消煮，用原子吸收仪测定消煮 溶液中的重金属含量。

1. 聚丙烯酸铵对重金属离子的吸附能力试验。将 3 份 0.1 g的聚丙烯酸铵分别浸泡在125 ml的浓度为0.005 mol/L 硫酸铜、氯化镉、硫酸锌和去离子水中,48h后过滤淋洗,然 后分别浸泡在浓度为 0.01 和 0.1 mol/L 的醋酸铵溶液（ 与聚 丙烯酸铵的COOH的比值分别是11和10 1），浓度为0.1 %和 1 %的柠檬酸溶液（ 与聚丙烯酸铵的 COOH 的比值为
2. 1 和 12 1）,浓度为 0.005 和 0.05 mol/L EDTA-NH4 溶液 （ 与聚丙烯酸铵的 COOH 的比值为 1 1 和 17 1） 中,72 h 后

过滤, 用原子吸收仪测定滤液中的重金属含量。

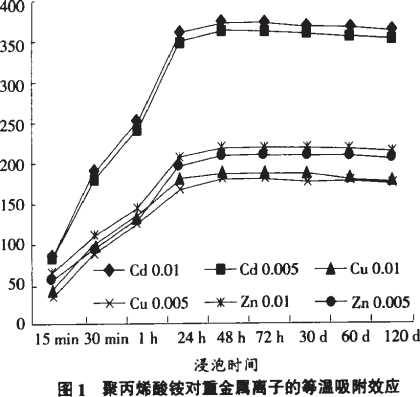
1. 土壤盆栽试验。

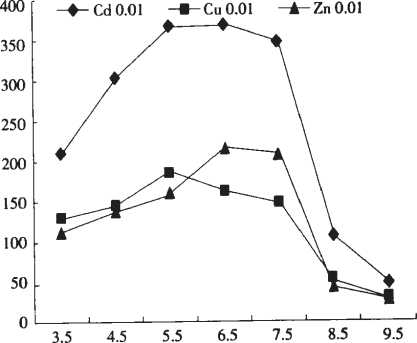
（ 1） 试验在日光温室中进行,3 次重复, 随机区组排列。 每钵装10 kg过5 mm筛的土壤*,*每千克土壤中分别施入 0.15 g K2O（ 硫酸钾） , 0.15 g P2O（5 过磷酸钙） 。然后加入 Cd （硫酸镉）0、25、50mg/kg 土壤,浇足水去离子水）。1周后, 分别加入 0、0.1 %、0.2 %的聚丙烯酸铵, 浇足水后加盖保存 1周，然后，每钵播种100粒，待岀齐苗后 约18违0d）,间苗 至60 棵。分别在播种后第45、60、90、120 天收第 1、2、3 和 4 茬。除第4茬外,每茬在收割时均留距土表5 cm高的植株 以便其继续生长。

（ 2） 植物及土壤样本的测定。采集后的植物样本在 65 C下烘干,称重,粉碎后在450 C下灰化，然后用10 ml浓度 为的3 mol/LHCl在90 C下2次消煮后，定容至100 ml,用 火焰原子吸收分光光度法测定。土壤样本采集后风干过 2 mm 筛, 称取 50 g, 用去离子水 75 ml 浸提, 测定土壤中水溶 性 Cd 的含量。

1.3数据处理所有试验数据均使用ANOVA进行多重比 较, 用 Newman- keul's test 在 LSR0.05 下比较各个平均值的显 著性。数据的统计分析均采用 STATISTICA6.0 分析软件。

1. 结果与分析
   1. 聚丙烯酸铵对重金属离子的等温吸附试验结果 聚 丙烯酸铵对重金属离子的等温吸附效应见图 1。从图 1 可 以看岀, 聚丙烯酸铵在 3 种重金属溶液中浸泡 30 min 后即 可吸附其吸附总量的50%左右,在15 min到24 h之间,随 着时间的增加,吸附量不断上升;在24 h后其吸附量趋于稳 定;在48 h后达到最高。在72 hT20 d,其吸附量基本稳定。
   2. 不同 pH 值对聚丙烯酸铵吸附重金属离子的影响（ 图 2） 从图 2 可以看岀, 在不同 pH 值条件下, 聚丙烯酸铵对 重金属的吸附量有所不同。在酸性和碱性条件下, 聚丙烯酸 铵对3 种重金属离子的吸附数量均较低, 而吸附高峰岀现 在5.5T.5中性偏酸）。
   3. 聚丙烯酸铵对不同重金属的吸附量试验结果（ 表 2） 从表 2 可以看岀, 随着重金属溶液浓度的提高, 聚丙烯 酸铵吸水后的重量显著降低, 而当重金属浓度高于 0.005 mol/L 时, 其重量在 0.05 水平上无差异。当将其重新浸泡在





3/301\*\*««确\*主 W

**pH**值

图**2**不同**pH**值对聚丙烯酸镀吸附■金舄离子的影响

去离子水中72 h后，经过浓度为0.000 5和0.001 mol/L浸 泡后的聚丙烯酸铵的吸附水的能力有所提高, 而经过浓度 为0.005和0.01 mol/L浸泡后的聚丙烯酸铵则变化不显著。

从表3可以看出, 随着重金属溶液浓度的增加, 聚丙烯 酸铵上吸附的重金属的数量也逐渐增加, 但当浓度超过 0.005 mol/L后,其数量变化不大，这表明聚丙烯酸铵吸附重 金属离子已经达到饱和。结合表 1 可知, 重金属离子浓度与 聚丙烯酸铵的吸水率呈显著负相关（ rCd=-0.990,rCu=0.966, rZn=0.943） , 即聚丙烯酸铵吸附的重金属含量越高, 其吸水后

表 2 聚 丙 烯 酸 铵吸水后的 重 量 g/g 烘 干 重

重金属溶液的 CdCl, CuSO" ZnSO4

浓度〃 mol/L 1 2 1 2 — 1 2

0 453 aA 453 aA 453 aA 453 aA 453 aA 453 aA

0.000 5 298.3 bB 347.1 bA 261.9 bB 377.5 bA 286.9 bB 381.9 bA

0.001 243.6cB295.4cA223.6cB324.4cA208.3cB338.6cA

0.005 3.4 dA 3.5 dA 3.2 dA 3.4 dA 3.2 dA 3.3 dA

0.01 3.4 dA 3.3 dA 2.9 dA 3.0 dA 2.2 dA 2.5 dA

注: 1 表示浸泡在不同重金属溶液中 48 h 后的称重结果; 2 表示在去

离子水中浸泡72h的称重结果。不同小写字母表示在0.01水平 上有差异;不同大写字母表示在 0.05 水平上有差异。下表同。

表3聚丙烯酸铵吸附重金属离子的数量 mg/g干重

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 重金属溶液的浓度〃 mol/L | CdCl2 | CuSO4 | ZnSO4 |
| 0 | 0.08 d | 0.08 d | 0.08 d |
| 0.000 5 | 68.3 c | 39.0 c | 39.5 c |
| 0.001 | 137.2 b | 77.2 b | 78.3 b |
| 0.005 | 364.0 a | 179.8 a | 209.3 a |
| 0.01 | 373.5 a | 188.6 a | 219.1 a |

表 4 聚丙烯酸铵吸附重金属数量占溶液重金属数量百分率 %

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 重金属溶 液 的浓度/ mol/L | CdCl2 | CuSO4 | ZnSO4 |
| 0.000 5 | 97.2 | 96.8 | 96.6 |
| 0.001 | 97.5 | 95.6 | 95.8 |
| 0.005 | 51.8 | 44.6 | 51.2 |
| 0.01 | 26.6 | 23.4 | 26.8 |

的重量就越低。从表4可以看出,0.001和0.000 5 mol/L的 溶液中大多数的重金属被吸附在聚丙烯酸铵上。而在浓度 为0.005和0.01 mol/L溶液中,重金属吸附量约占溶液重金 属数量的 25 %和 50%左右。

* 1. 聚丙烯酸铵对重金属的吸持能力（ 表 5） 从表 5 可以 看出, 醋酸铵对聚丙烯酸铵吸附的重金属几乎没有什么解 吸作用。聚丙烯酸铵与柠檬酸和 EDTA 的 COOH 的比分别 达到 1 12 和 1 17 时, 聚丙烯酸铵上绝大多数重金属离子被 交换下来。在0.1 %柠檬酸COOH比为1 1）下，仍然几乎有 45 %的重金属被吸附在聚丙烯酸铵上。在浓度为 0.005 mol/L 的 EDTA（ COOH 的比为 1 1） 溶液中, 聚丙烯酸铵吸附的重 金属与EDTA上的重金属数量基本一致。

表 5 不同交换溶液解吸出重金属离子的百分比

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 浸提溶液种类 | 与聚丙烯酸铵— | Cu | Cd | Zn |
| COOH 的比 值 | % | % | % |
| 0.1 mol/L 醋酸 | 10 1 | 2.9 | 1.9 | 1.6 |
| 0.01 mol/L 醋酸铵 | 1 1 | 0.2 | 0.1 | 0.1 |
| 1%柠檬酸 | 12 1 | 94.1 | 90.6 | 89.7 |
| 0.1 % 柠檬酸 | 1 1 | 45.8 | 43.6 | 41.6 |
| 0.05 mol/L EDTA | 17 1 | 99.0 | 97.7 | 95.2 |
| 0.005 mol/L EDTA | 1 1 | 49.5 | 47.0 | 45.1 |

* 1. 土壤盆栽试验结果
     1. 聚丙烯酸铵对多年生黑麦草生长的影响（ 表 6） 。从 表 6可以看出,在未修复的土壤上, 每茬黑麦草的生长都随 着Cd量的增加而降低，尤其在高Cd污染的土壤上。而对 于较低的Cd污染土壤上,随着茬数的增加,这种差异逐渐 降低, 且后 2 茬在 0.01 水平上无差异。而在聚丙烯酸铵修 复的土壤上，黑麦草生长均得到明显改善。其中,无Cd污染 的土壤的黑麦草生长增加。在高 Cd 污染土壤上, 第1、2茬 的黑麦草的生长有所降低, 但降低的幅度比没有修复的土 壤上小,且0.2%聚丙烯酸铵处理的黑麦草的生长比其他处 理更显著。0.05 %与 0.1 %的聚丙烯酸铵处理之间在 0.05 水 平上无差异,但在后 2茬比 0.2%的聚丙烯酸铵处理略高。
     2. 聚丙烯酸铵对黑麦草植株中 Cd 含量的影响（ 表 7） 。 从表 7可以看出, 无论在修复和还是在未修复的土壤上, 随 着土壤中Cd数量的增加,黑麦草中Cd的数量也显著增加, 且经过聚丙烯酸铵修复的黑麦草中 Cd 的数量明显低于未

表 6 在不同污染水平的土壤和不同浓度的聚丙烯酸铵 的修复下的多年生黑麦草植株干重

茬数加入Cd的数 聚丙烯酸铵加入量//%

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 量/ mg/kg | 0 | 0.05 | 0.1 | 0.2 |
| 1 | 0 | 8.0 Ab | 8.2 Ab | 9.1 Ab | 13.9 Aa |
|  | 25 | 2.2 Bb | 3.0 Bb | 4.4 Bb | 13.0 Aa |
|  | 50 | 0.9 Bb | 1.5 Bb | 2.1 Bb | 4.4 Ba |
| 2 | 0 | 13.5 Ab | 15.5 Ab | 20.3 Aab | 22.4 Aa |
|  | 25 | 8.1 Bb | 11.0 Ab | 11.4 Bb | 20.1 Aa |
|  | 50 | 2.6 Cb | 6.0 Ba | 8.3 Ba | 9.8 Ba |
| 3 | 0 | 13.0 Ab | 17.1 Aa | 20.7 Aa | 16.5 Aa |
|  | 25 | 9.9 Ab | 15.8 ABa | 17.5 ABa | 17.6 Aa |
|  | 50 | 3.0 Bb | 11.6 BCa | 14.0 Ba | 16.0 Aa |
| 4 | 0 | 15.0 Aa | 16.6 Aa | 18.5 Ba | 15.1 Aa |
|  | 25 | 14.4 Ab | 20.0 Aa | 25.2 Aa | 14.0 Ab |
|  | 50 | 8.0 Bb | 15.9 Aa | 21.0 ABa | 17.7 Aa |

修复的土壤。除第1茬外，在高Cd 土壤上，0.1 %和0.2%的 聚丙烯酸铵的修复效果在 0.05 水平上无差异。用0.05 %聚 丙烯酸铵修复的土壤其植株中 Cd 的数量与未修复的土壤 上植株体内Cd的数量相比明显降低。在低Cd污染的土壤 上,0.2%聚丙烯酸铵的使用效果比 0.1 %和 0.05 %更显著, 但 0.1 %和 0.05 %处理之间在 0.05 水平上无差异。

表 7 不同污染水平的土壤和不同浓度的聚丙烯酸铵 修复下的黑麦草中 Cd 的含量 mg/g

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 茬数 | 加入Cd的数  量 / mg/kg | 聚丙烯酸铵加入量/ % | | | |
| 0 | 0.05 | 0.1 | 0.2 |
| 1 | 0 | 0.5 Ca | 1.27 Ca | 1.31 Ca | 1.12 Ca |
|  | 25 | 34.3 Ba | 32.0 Ba | 35.7 Ba | 18.5 Bb |
|  | 50 | 106.8 Aa | 70.5 Ab | 56.9 Ac | 34.8 Ad |
| 2 | 0 | 0.11 Ca | 0.44 Ca | 0.55 Ca | 0.61 Ca |
|  | 25 | 37.7 Ba | 35.0 Ba | 31.2 Ba | 11.3 Bb |
|  | 50 | 110.7 Aa | 52.6 Ab | 36.0 Ac | 29.0 Ac |
| 3 | 0 | 0.74 Ca | 0.41 Ca | 0.60 Ca | 0.12 Ca |
|  | 25 | 51.9 Ba | 30.4 Bb | 27.3 Bb | 13.7 Bc |
|  | 50 | 155.4 Aa | 61.5 Ab | 40.0 Ac | 45.5 Ac |
| 4 | 0 | 0.61 Ca | 0.52 Ca | 0.33 Ca | 1.0 Ca |
|  | 25 | 98.8 Ba | 48.9 Bb | 30.1 Bb | 14.0 Bc |
|  | 50 | 496.1 Aa | 100.9 Ab | 60.5 Ad | 76.4 Ac |

2.5.3聚丙烯酸铵对土壤中水溶性Cd的影响 表8）。从表 8可以看出*,*土壤中的水溶性Cd的数量随着加入Cd的数 量增加而增加;用聚丙烯酸铵修复的污染土壤中 Cd 的数量 分别明显低于未修复的土壤,而且在高Cd 土壤中其效果更 显著;0.1 %和 0.2 %的聚丙烯酸铵处理在 2 种污染的土在 0.01 水平上无差异。

表 8 试验结束后土壤中水溶性 Cd 含量 mg/kg

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 加入Cd的数量  mg/kg | 聚丙烯酸铵加量/ % | | | |
| 0 | 0.05 | 0.1 | 0.2 |
| 0 | 0.011 Ca | 0.013 Ca | 0.011 Ca | 0.014 Ca |
| 25 | 1.071 Ba | 0.434 Bb | 0.190 Bc | 0.115 Bc |
| 50 | 4.609 Aa | 1.522 Ab | 0.419 bAc | 0.358 Ac |

1. 结论与讨论

（1）聚丙烯酸铵在25 C下，可以迅速吸附溶液中重金 属离子，而在48 h后达到最大，之后120d的存放过程中其 吸附重金属的数量基本稳定。这表明聚丙烯酸铵对重金属 的吸附在恒温下是稳定的。其主要原因是聚丙烯酸钠高吸 水性树脂是由电离性基团的亲水性高分子部分交联形成的 聚合物。这种聚合物因轻度交联而形成网络结构,即高吸水 性树脂可以看作高分子电解质组成的离子和水的构成物, 它的网孔可以机械地吸收重金属离子、分子及微粒, 它的分 子表面或断链处的羧基的负电荷也可以吸附, 并且由于二 价离子的引入可形成羧基间的键桥, 使聚丙烯酸铵的交联 密度增加, 吸附稳定。同时, 该试验采用的是阴离子型聚丙 烯酸铵,聚丙烯酸铵中的NH/价态低，容易从聚丙烯酸链上 解离,从而对其他阳离子具有较强的亲和力, 尤其是二价的 阳离子。

（ 2） 在酸性条件下和碱性条件下, 聚丙烯酸铵吸附重金 属数量降低, 而 pH 值则相应的升高或降低。而在 pH 值在 5.5T.5时，其吸附量远高于其他pH值条件下的数值。这表 明聚丙烯酸铵在偏酸性和中性溶液中的效果更好。这可能 是由于在酸性条件下更多的羧基负电荷被H+占用,而在碱 性的条件下,则是由于大量OH-存在,竞争了更多的负电荷 和重金属在碱性条件下容易发生沉淀反应导致重金属离子 （ 下转第 5335 页） 旅游资源, 开发潜力很大。观念转变了, 认识提高了, 就可以 构建农业、农村和旅游相结合的新型产业, 形成农村经济新 的增长点[4]。

1. 强化对从业人员的教育与培训 为了提高旅游服务质 量,政府有关部门要加强对乡村旅游的规范和管理, 尤其是 对从业人员要进行强化培训。首先,从服务质量和卫生要求 方面进行强化培训。其次, 对于旅游接待服务的技术技能, 职业道德以及包括地方风情和异域文化、旅游法规、环境保 护等行业知识进行培训,以提高从业者的综合素质;使乡村 旅游适应市场的需求, 能够更好地为旅游服务;以良好的口 碑扩大影响,吸引更多的游客前来消费,从而形成良性循环。
2. 形成政府主导的多元化投资体系 对于发展前景看好 的乡村旅游项目,政府应给予一定的资金扶持。也可以联合 一些经济实力强的企业参股, 政府给予相应的政策优惠, 走 股份制的道路。也可以成立乡村旅游协会, 农民自发地联 合, 共同投资, 共同经营, 共同受益。多元化的投资体系可以 解决乡村旅游业发展中存在的资金紧缺问题, 还减小了经 营的风险。
3. 科学规划、加强管理 乡村旅游作为农村地区第一产 业与第三产业结合的良好切入点, 是农村地区产业结构调 整和大力发展第三产业的重要渠道。各级政府及相关行业 主管部门应结合我国农村城市化、现代化发展的战略步骤, 对农村地区发展乡村旅游进行科学规划、合理布局, 使旅游 业在当地生态环境容量, 当地居民日常生活环境容量和当 地农业生产容量承载许可的范围内可持续发展。同时,要建 立服务质量监督和投诉受理、处理机构, 纳入社会服务质量 监督保障机制,加大对不法经营者的查处和执法力度, 切实 维护和保障乡村旅游业的健康发展[5]。
4. 加强宣传工作 通过宣传促销工作, 提高乡村旅游的

!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!

( 上接第 5333 页)

活性降低所致。在酸性条件下的 3 种重金属的滤液中 pH 值上升显著, 而在碱性条件下的 pH 值则显著下降。

( 3) 聚丙烯酸铵在吸附重金属后, 其保水能力明显下 降。这说明在含量较低的重金属溶液中, 聚丙烯酸铵没有被 重金属全部结合, 因此在重新浸泡在去离子水溶液中其吸 水能力得到一定得恢复, 而在含量高的重金属溶液中, 聚丙 烯酸铵全部与重金属结合。因而, 即使重新浸泡在去离子水 中, 其重量也没有明显变化。聚丙烯酸铵对重金属的吸附量 随重金属溶液的浓度增加而增加, 但当重金属溶液浓度超 过 0.005 mol/L 时, 聚丙烯酸铵全部与重金属结合。这表明 加入的聚丙烯酸铵已经全部吸附重金属, 从加入的聚丙烯 酸铵的数量与溶液重金属离子的数量的比较说明一个重金 属离子可能与聚丙烯酸铵上的多个羧基相结合, 这表明由 于二价重金属离子的引入形成羧基间的键桥, 使聚丙烯酸 铵的交联密度增加, 从而导致吸水率下降。试验表明, 聚丙 烯酸铵在重金属的吸附上具有一定的广谱性。

( 4) 聚丙烯酸铵对重金属的吸附能力远远醋酸铵, 这表 明聚丙烯酸铵对重金属的吸附不属于交换作用。其吸附能 力略强于柠檬酸, 说明即使在作物根系周围柠檬酸含量较 高的地域其仍有较强的竞争能力, 从而可以降低因有机酸 存在导致的土壤重金属活性的增加。另外, 其吸附能力与 知名度, 扩大乡村旅游的影响。政府作为管理者其首要责任 是起到引导、协调作用, 应把主要精力放在制定、修改、完善 乡村旅游经济的法律体系、行业规范上, 通过向国民宣旅游 观念及塑造国家整体旅游形象, 为我国乡村旅游经济开拓 国际、国内2 个市场, 促进乡村旅游经济迅速发展。

1. 注重文化内涵的发掘及保护 独具特色的乡村民俗 民族文化是乡村旅游的灵魂, 决定了乡村旅游的品位和丰 富性。只有科学合理地发展乡村旅游, 对当地民众进行正 确、充分地引导和规范, 才能实现在发展和利用中发掘和保 护民族文化。另外,乡村旅游的快速兴起, 在于其原汁原味 的农家特色吸引了旅游者返璞归真的追求。然而很多经营 农户却没有意识到这一点 , 导致乡村旅游的“农”家特色正 在消褪。例如,有些地方通过乡村旅游富裕起来以后将乡村 小道改为水泥路面;将菜园田垄改为停车场;把花木庭院改 为卡拉OK厅;将传统老屋改为水泥砖瓦房。其实,这样最 终会使乡村旅游走向终结。因此, 相关部门应该引导、培训 从业人员,使他们树立市场意识, 转变观念, 研究特色、挖掘 特色、突出特色, 真正显现农村天然、朴实、绿色、清新的环 境氛围, 强调天趣、闲趣、野趣, 增加乡村旅游的吸引魅力。 此外, 还可以开展一些参与性项目如种田、野营、垂钓、饲养 等活动, 使游客真正体验田园乐趣。

参考文献

1. 何景明,李立华.关于“乡村旅游”概念的探讨[J].西南师范大学学 报: 人文社会科学版, 2002( 9) :1- 4.
2. 贺小荣.我国乡村旅游的起源现状及其发展趋势探讨[J].北京第二 外国语学院学报,2001( 1) :90- 94.
3. 王兵.从中外乡村旅游的现状对比看我国乡村旅游的未来[J].旅游 学刊,1999( 2) :38-42.
4. 杜江，向萍.关于乡村旅游可持续发展的思考[J].旅游学刊，1999 1): 15- 18.
5. 马彦琳.如何推动中国式乡村旅游的发展[J].旅游学刊,2006 3) :6-7.

EDTA相近*,*表明其吸附作用属于类似EDTA的络合作用*,* 但其成本却远低于 EDTA。

( 5) 聚丙烯酸铵可以很好的改善外源 Cd 污染的砂质土 壤上黑麦草的生长, 显著降低其对 Cd 的吸收, 提高其生物 体的利用价值, 同时也显著降低了土壤中水溶性 Cd 的含 量。该试验中,0.1 %的聚丙烯酸铵的用量比0.2%更合理。

该试验仅研究了聚丙烯酸铵对水溶液中的重金属离子 的吸附效应, 以及在盆栽条件下, 外源 Cd 污染砂质土壤的 修复效果和用量, 但是对于其他质地的土壤以及长期受重 金属污染的土壤上的修复效果还有待于进一步的研究。 参考文献

1. 常学秀,施晓东.土壤重金属污染与食品安全[J].云南环境科学，

2001( 20) :21-24.

1. 张乃英.鞍山市宋三污灌区土壤重金属污染状况评价[J].监测分析,

2005( 5) :41-44.

1. EL !AMIR S, HELAIA A M, WAHDAN A, et al.Effect of two polymers on cron growth and water economy in sandy soils [J]. Egyptian J Soil Sci,1992( 32) :547-554.
2. SABRAH R E A, GHONEIM M F, EL !MAGID H M, et al. Characteristics and productivity of a sandy soil as influenced by soil conditioners in Saudi [J].Abrbia J Arid Envron, 1993( 24) : 297- 303.
3. SHARMA R K, VERMA H D. Effect of irrigation scheduling and other agronomic manipulations on yield and water economy in sugarcane[J].Indian J, Agron, 1993( 41) : 122- 126.