

木质素类聚合物对土壤降水渗透性的影响研究

郑 涛, 穆环珍, 黄衍初, 张春萍, 刘 晨

(中国科学院生态环境研究中心, 北京 100085)

摘 要:通过土壤渗透试验,研究了木质素类聚合物对土壤渗透性的影响。结果表明,木质素类聚合物对土壤降水渗透性具有明显的促进作用,渗透率较对照提高了 50%。在 1~4 kg·hm⁻² 用量条件下,碱木质素聚合物的促渗效果与同一水平聚丙烯酰胺处理相当。利用木质素类聚合物提高土壤渗透性,对减少土壤侵蚀,减轻降雨地表径流危害,具有良好的资源环保和经济意义。

关键词:木质素类聚合物; 土壤降水渗透性; 地表径流

中图分类号:X131.3 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-2043(2005)04-0780-04

Effects of Lignin Polymers on Infiltration of Rain Through Soil

ZHENG Tao, MU Huan-zhen, HUANG Yan-chu, ZHANG Chun-ping, LIU Chen

(Research Centre for Eco-Environmental Sciences, Academy of China, Beijing 100085, China)

Abstract: Using the polymers of lignin-acrylamide to improve the soil in order to increase infiltration of rainfall and decrease runoff on storm-water was studied experimentally. The results showed that the infiltration capacity was increased by approximately 50% with polymers of lignin. The effects of the synthetic polymer of alkali lignin were the best of all the tested lignin polymers' and semblable with the polyacrylamide's in the range of 1~4 kg·hm⁻². Using dose at 4 kg·hm⁻², the infiltration effect with the synthetic polymer of alkali lignin and the polyacrylamide was increased by 75% and 70%, respectively. Comparing the synthesizing conditions and material prices, the best polymers was the alkali lignin polymer. The best range of using the synthetic polymer of alkali lignin was from 2 kg·hm⁻² to 4 kg·hm⁻². Promoting the infiltration of rainfall and favorable benefit on environment and economy can be attained with the alkali lignin polymer.

Keywords: polymers of lignin; promoting the infiltration and minifying the erosion by runoff of rainfall

工业生产、城镇行为等点源污染排放得到有效控制后,面源污染已经成为越来越突出的环境保护问题。强降雨造成土壤侵蚀导致地表径流、水土流失,由此引发污染物迁移对地表水体的污染危害,是引发面源污染的主要成因。提高降雨渗透量,减少水土流失,削减地表径流,是有效利用降水资源、从源头上控制和治理面源污染的有效方法。

造纸工业制浆废水处理产生的木质素^[1]是一种天然高分子化合物,将其资源化利用的技术研究正吸引越来越多的科技工作者加入。研究木质素类聚合物对

土壤降水促渗、削减降水地表径流面源污染的研究尚未见报道。本文利用木质素与木质素类聚合物的改性物,研究其对土壤降水渗透性的影响,结合接枝共聚改性充分发挥其自有的大分子性能与环境友好性,改善降水在土壤中的运移,增强土壤对水的渗透性,实现减少土壤侵蚀,削减地表径流造成的面源污染。

1 试验材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 土壤

取自武汉某旅游园区一坡地的 30 cm 表层土,自然风干后去除石块、杂草等异物,通过 20 目筛后备用。试验土壤基本理化性质为:pH 值 5.58、有机质含量 2.34%、水分 3.35%。

1.1.2 聚合物及其制备

收稿日期:2004-10-19

基金项目:国家高技术研究发展计划“863”项目(2002AA601022)

作者简介:郑 涛(1979—),男,环境工程硕士,现从事环境工程设计和评价。E-mail:zhengtao@mails.gucas.ac.cn

氧化木素-丙烯酰胺聚合物(A)、木质素-丙烯酰胺聚合物(B)、木质素磺酸钙-丙烯酰胺聚合物(C)、聚丙烯酰胺(D)(PAM,分子量14 000),聚丙烯酰胺(工业级)市场购得。3种木质素类聚合物按参考文献[2、3]方法制备。

将木质素、氧化木素、木质素磺酸钙分别与氯化钙、丙烯酰胺单体等按一定比例配料,反应液配比1:50,在有氮气介入的条件下加入引发剂过硫酸钾,于预定温度下反应一定时间,完成接枝共聚反应;以丙酮分离反应产物,低温干燥得到产品。

1.2 试验方法

分别取250 g供试土壤装于直径10 cm的土柱中,含水量控制在12.5%,4种高分子聚合物按照0.5、1.0、2.0、4.0、6.0、8.0 kg·hm⁻² 6种水平分别喷施于土壤表面,同时设无聚合物处理为对照,对照与各聚

合物不同用量处理分别设3个重复。处理后土样覆膜于室内静置培养2 d,用横截面积80 cm² PVC制柱形筒按照渗透筒法测定土壤渗透性^[4]。

2 结果与分析

2.1 不同聚合物对土壤降水渗透性的影响

高分子聚合物能发挥土壤中有有机大分子的作用,在土壤中具有形成人工团粒和稳定天然团粒的功用,有利于提高土壤水的渗透性,减少高强降雨地表径流。聚丙烯酰胺是一种能促进地表水入渗的优良土壤改良材料,国外已经得到广泛应用^[5]。本研究以聚丙烯酰胺为参比研究木质素类聚合物对土壤降水渗透性的影响。图1绘出了施用不同聚合物处理与对照相比土壤渗透增量变化的趋势。

由图1可以看出,木质素类聚合物促进土壤降水

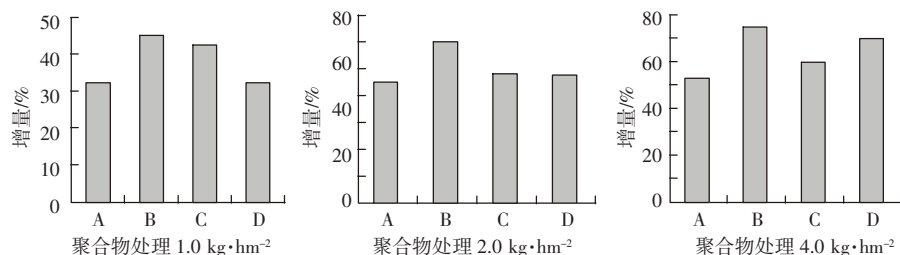


图1 不同聚合物处理对水渗透性影响变化趋势

Figure 1 Effects on the infiltration by various polymers

图中A、B、C、D分别指氧化木质素、木质素、木质素磺酸钙的改性聚合物和聚丙烯酰胺,下同。

入渗的效果是显著的。在1.0~4.0 kg·hm⁻²经济施用量范围内,聚丙烯酰胺的土壤降水渗透率较对照提高了32.5%~70%,氧化木质素、木质素和木质素磺酸钙改性聚合物的土壤降水渗透率较对照分别提高了32.5%~52.5%、45%~75%和42.5%~60%。在施用量4 kg·hm⁻²水平时,无论聚丙烯酰胺以及木质素类改性聚合物对土壤降水渗透率的提高较对照均达到50%以上,木质素改性聚合物的效果与聚丙烯酰胺相当,达到70%。

高分子聚合物在土壤中维护并促进新的土壤团粒形成为土壤降水渗透性提高奠定了物质基础,喷施聚合物后的土壤蜂窝状结构增加,土壤的透水性、通气性改善。聚丙烯酰胺分子在土壤中直接与土壤形成微团粒和以桥状链链接土壤微团粒,进而促成更大的聚团形成^[6],其分子的絮凝作用也促使土壤分散颗粒被团聚化而使有利于水渗透的孔隙增加。木质素类聚合物在土壤中具有与聚丙烯酰胺类似的行为,静电引力与氢键作用使其在土壤中吸附土壤颗粒,进一步通

过片状絮体将土壤胶粒网捕、卷扫,促使产生更大的土壤团聚体^[7],这种作用使得土壤结构变得疏松多孔,稳定且增加了导水通道,改善了水在土壤中的渗透性,促使土壤的降水渗透率提高。

木质素改性聚合物分子中由于含有来自木质素和丙烯酰胺的不同基团,形成了不同活性基团对土壤结构改良的协同效用。在1~4 kg·hm⁻²经济施用量范围内,以木质素改性聚合物改良的土壤降水渗透性达到或略高于聚丙烯酰胺的处理效果,氧化木质素和木质素磺酸钙的改性聚合物的土壤降水渗透性较聚丙烯酰胺略弱,可能由于其部分木质素组分或基团已经变化,一定程度上弱化了改性聚合的效果,影响了其促进土壤团聚的效应。

2.2 聚合物用量对土壤降水渗透性的影响

图2为聚合物不同用量对土壤降水渗透率的影响曲线。图2表明,在0~8 kg·hm⁻²研究范围内,各聚合物对降水渗透率的影响呈现随用量增加而上升的趋势,相同用量条件下不同聚合物对土壤水渗透性的

影响程度有所不同。氧化木质素聚合物在施用量达到 $8 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 时,土壤渗透系数较对照提高 70%;在施用量 $2 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 范围内木质素聚合物对土壤水渗透系数的影响呈线形上升,在 $3 \sim 8 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 之间的作用依然呈上升趋势,但是上升趋势减缓,施用量 $8 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,土壤水渗透系数提高达到 90%,优于氧化木质素和木质素磺酸钙聚合物;施用木质素磺酸钙聚合物在 6

$\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 用量之前呈线性增加, $6 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 时达到最高值,施用量 $8 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 时土壤水渗透系数明显低于 $6 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 水平。PAM 对土壤水入渗的促进作用在整个研究范围内一直呈线性上升的趋势,最大用量 $8 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 时,水的渗透率较对照提高 115%,在 4 种聚合物中居首位。

聚合物用量达到一定水平后,出现土壤降水渗透

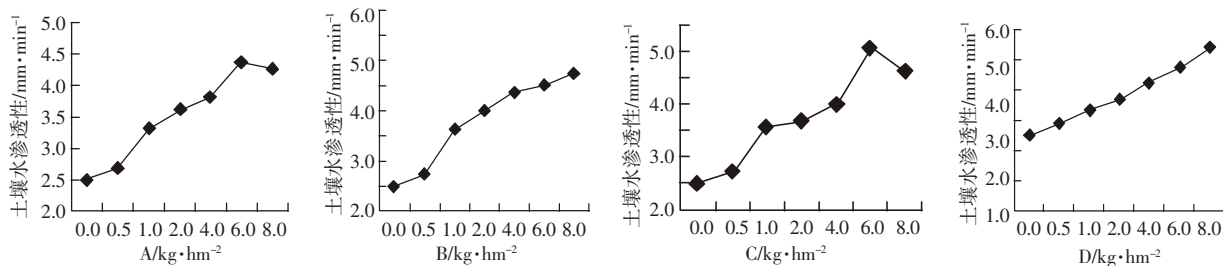


图 2 土壤水渗透性与聚合物用量关系

Figure 2 Effects of various lignin-polymers dosages on the infiltration

性促进作用减弱,主要原因可能由于聚合物的大分子在土壤中的扩散能力由于浓度高而被削弱,过量的聚合物可能在土壤表面形成高分子胶结土壤的膜状薄层,造成对土壤降水向下运动的抑制作用。木质素类聚合物相比 PAM 较早出现降水渗透作用减弱的现象,可能是木质素聚合物中保留有其自身网状芳香结构的影响。由此说明,聚合物促进土壤降水入渗的作用具有合理的用量范围,如果用量不足达不到促渗目标,而过量使用将会造成聚合物在土壤表面胶结而影响水入渗的负面影响。

2.3 综合效益分析

聚合物在土壤中形成水侵蚀保护层,提高土壤稳定性,增加土壤抗外力侵蚀的能力,防止水土流失,减少高强度降雨使地表径流造成的环境污染。聚合物的性能、其产品的经济指标及其使用后的环境行为则是影响其在生产实际中能够广泛应用的主要因素。木质素是生长在各种植物中的天然大分子有机物质,是一种在环境中能够自然降解的生物质资源,这种生态友好性是人工合成物难以与其相比的,经过聚合改性合成的木质素促渗剂在土壤中一方面发挥加强降水的渗透作用,同时赋予土壤更多的有机质而达到土壤改良的综合效应。施用木质素类聚合物提高土壤降水渗透作用,在削减高强度降水地表径流造成环境污染的同时,将起到补充地下水来源、提高降水资源充分利用的积极作用。木质素直接接枝合成的聚合物在 $1 \sim 4 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 低水平用量下,对土壤降水的促渗效果达到

了等量聚丙烯酰胺的使用效果。研究结果表明, $2 \sim 4 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 用量范围是木质素聚合物降水促渗适宜的条件。

本研究所用聚合物及其合成材料,工业聚丙烯酰胺、丙烯酰胺、木质素磺酸钙以及碱法制浆造纸黑液处理回收的碱木质素市售价格分别约 25 000、14000、3 000、1 500~2 000 元·t⁻¹。工业聚丙烯酰胺价格高昂,用于土壤降水促渗耗费过大,单体丙烯酰胺较碱木质素价值高得多,氧化木质素聚合物需要完成氧化和接枝聚合两步合成反应,木质素磺酸钙价格较碱木质素高出近 50%。碱木质素改性合成聚合物的条件与氧化木质素和木质素磺酸钙聚合物的合成条件相近,因此,利用工业碱木质素直接改性合成土壤降水促渗剂经济合理的。

3 结论

木质素类聚合物对土壤降水入渗具有明显的促进作用。在一定范围内,木质素类聚合物的促渗效果随用量增加而上升,达到一定用量后促渗作用减弱;同等用量下 3 种木质素类聚合物的促渗效果以碱木质素直接合成的聚合物效果最好;在 $1 \sim 4 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 用量条件下碱木质素直接合成的聚合物促渗效果与等量聚丙烯酰胺效果相似; $2 \sim 4 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 用量是木质素聚合物降水促渗适宜的条件。以木质素聚合物为土壤降水促渗剂,具有生态环境友好性和经济低投入性。

参考文献:

- [1] 穆环珍,等.碱法造纸制浆黑液良性循环处理技术研究[J]. 环境保护,2000,6:14-16.
- [2] 李 延,陈嘉翔.蔗渣硫酸盐木素与丙烯酰胺接枝共聚的研究(一)[J].广东造纸,1987(1):6-11.
- [3] Meister J J, Patil D R. Properties and Applications of Lignin Acrylamide Graft Copolymers[J]. *J Appl Polym Sci*,1984,29(11):3456-3477.
- [4] 中国科学院南京土壤研究所土壤物理研究室.土壤物理性质的测定[M].北京:科学出版社,1979.
- [5] Kristian Aase J, David L Bjorneberg, Robert E Sojka. Sprinkler Irrigation Runoff and Erosion Control with Polyacrylamide -Laboratory Tests[J]. *Soil Sci Soc Am J*,1998,(62):1681-1687.
- [6] Nadler A, Perfect E, Kay B D. Effect of Polyacrylamide Application on the Stability of Dry and Wet Aggregates[J].*Soil Sci Soc Am J*,1996,(60):555-561.
- [7] 蒋挺大.木质素[M].北京:化学工业出版社,2001.