

高分子聚合物对土壤物理性质的影响研究

吴淑芳, 吴普特, 冯浩

(中国科学院水利部水土保持研究所 西北农林科技大学, 陕西 杨凌 712100)

摘要: 高分子聚合物具有改善土壤结构, 增加降雨入渗, 调控坡面径流的作用。为探索适合于黄土区应用的高效低廉降雨径流调控新材料, 选择聚丙烯酸、聚乙烯醇、脲醛树脂 3 种高分子聚合物, 以不同浓度施入土壤, 研究其对土壤物理性质的影响。实验表明: (1) 土壤经 3 种高分子聚合物处理后平均水稳性团粒含量增加 17.27%, 渗透性能提高 41.81%, 容重减少 11.18%, 土壤持水能力较对照提高 2.8 倍。这说明此 3 种高分子聚合物均是较好的土壤结构改良剂, 尤其是聚丙烯酸效果最为显著。(2) 根据 3 种聚合物不同浓度处理后的综合效果, 确定了聚丙烯酸、聚乙烯醇、脲醛树脂的适宜浓度分别为 4.8% ~ 6.0%, 1.6%, 10.0%。

关键词: 高分子聚合物; 土壤物理性质; 改良效应; 适宜浓度

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2003)01-0042-04

中图分类号: S156.2

A Study on Influence of Macromolecule Polymers to Soil Physical Properties

WU Shu-fang, WU Pu-te, FENG Hao

(Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry, Yangling 712100, Shaanxi Province, China)

Abstract The macromolecule polymers take effect on improving soil structure, increasing soil penetration and controlling runoff on slope. For the purpose of exploring late-model, efficient and low materials that are taken on controlling runoff for loess region, three polymers are picked out, which are polypropylene acid, polythene hydrin and urea-formaldehyde resin. The effect on soil physical properties by applying polymers of different consistencies on soil are probed into. The results indicate that (1) the content of waterstable dumpling is increased by 17.27%, the soil permeability by 41.81%, the content of containing water by 2.5 ~ 3.1 times than antitheses, and the soil destiny is decreased by 11.18% after by polymers treatments in the range of most suitable consistencies. These indexes have proved that the macromolecule polymers are good improvemental matter, especially the effect of polypropylene acid on soil is very marked, (2) the most suitable consistencies of them were ascertained by analyzing synthetical effect treated on soil, which is 4.8% ~ 6.0%, 1.6%, 10.0% separately.

Keywords macromolecule polymers; soil physical nature; improvemental effect; appropriate consistencies

目前, 干旱缺水与水土流失并存是制约干旱半干旱地区经济社会可持续发展的主要限制因子, 两者之间的矛盾焦点是降雨所产生的地表径流。如何对降雨径流进行调控从而提高雨水利用率, 解决干旱缺水, 根治水土流失已成为研究焦点。近年来, 采用化学措施防治水土流失已成为新的研究领域。高分子聚合物以其独特的结构和多样的功能以及低廉的价格成为人们关注的重点, 使用高分子材料来改良土壤结构, 调节降雨径流, 已是我国农业及水土保持研究的热点。本研究在对数 10 种高分子聚合物分析的基础上, 筛选出聚丙烯酸、聚乙烯醇、脲醛树脂 3 种化合物, 着重分析研究这 3 种高分子化学材料与土壤混合后, 对土壤物理性能状况的影响, 并筛选出若干种可明显改

变土壤入渗性能, 且对环境无污染, 价格相对低廉的高分子化学材料, 以期对干旱半干旱地区的水土流失治理和生态环境建设提供新技术。

1 实验材料与研究内容

1.1 实验材料

聚丙烯酸 (A): 市购, 易溶于水, 外呈淡黄色黏稠液, 具有胶结作用, 可作为絮凝剂、堵水剂、纸物处理剂、结构改良剂, 多用于水处理, 是一种环保性材料。

聚乙烯醇 (B): 市购, 白色颗粒, 易吸水膨胀, 化学性质较稳定, 是一种良好的土壤结构改良剂, 工业上常用作纸张、织物等的上浆, 制药、照相业的乳化剂及陶瓷黏合剂等。

脲醛树脂 (C): 市购, 是酚醛树脂的一种, 具有较高的粘结力, 棕色黏稠乳液, 易溶于水, 工业用来作胶合剂、水处理剂。无毒、无害。

1.2 实验处理

供试土壤为陕西省关中地区土, 质地为黏壤土, 容重为 $1.204 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$, 总孔隙度 53.3%, 各级颗粒含量: 1.00~0.25 mm 为 0.10%, 0.25~0.05 mm 为 2.30%, 0.05~0.01 mm 为 36.70%, 0.01~0.005 mm 为 14.60%, 0.005~0.001 mm 为 13.30%, <0.001 mm 为 32.90%, <0.01 mm 为 60.00, 水稳性团粒含量为 53.3%。将除去杂草、较大石块的风干土过 2 mm 筛分层装于高 25 cm, 直径 18 cm 的土柱中, 容重控制在 $1.20 \text{ g} / \text{cm}^3$ 左右, 含水量控制在 17% 左右, 将 3 种高分子聚合物按不同配比浓度喷施 (聚乙烯醇为拌施) 于土壤表面, 具体浓度及使用方法见表 1。

表 1 聚合物喷施方法及配比浓度

化合物	施用方法	不同处理					
		CK	1	2	3	4	5
聚丙烯酸	喷施	0	1.2%	2.4%	3.6%	4.8%	6.0%
聚乙烯醇	拌施	0	0.4%	0.8%	1.2%	1.6%	2.0%
脲醛树脂	喷施	0	2.5%	5.0%	7.5%	10.0%	12.5%

注: 以上浓度指 100 ml 水溶液所需聚合物的体积 (ml) 或重量 (g), 在每 1 m^2 面积上需水 4.4 L, 聚乙烯醇则需每 1 m^2 拌土 5 kg 后喷施同样体积的水。

1.3 实验内容

实验主要在室内进行, 将按上述处理的土样放置 7 d 后, 使用湿筛法测定其水稳性团粒含量, 使用马氏瓶测定土壤渗透系数, 用环刀法测定土壤容重以及在自然条件下使用称重法观测土壤水分变化情况。

2 结果与讨论

2.1 聚合物对土壤水稳性团粒结构的影响

通常认为, 大于 0.25 mm 水稳性团粒对土壤肥力有重要的影响。经高分子聚合物对土壤表面处理后, 测定土壤水稳性团粒含量 (见表 2) 发现: 处理后的土壤水稳性团粒含量都有明显增加, 其平均值为 17.27%, 且随着浓度的增加都呈增加趋势, 但从表 2 可看出: 聚丙烯酸增加趋势最明显, 较对照平均增加 25.59%, 且当浓度达到 4.80%~6.00% 时水稳性团粒含量达到最大, 为 70.1%, 较对照增加最大为 44.65%; 其次为脲醛树脂较对照增加 14.41%; 最差为聚乙烯醇, 较对照增加 11.82%。这些表明土壤经处理后结构得到了改善, 使土壤具有良好的孔隙度、持水性和透水性等。

2.2 高分子聚合物对土壤渗透性能的影响

渗透性是土壤重要的物理性能指标之一, 它反映了水在土壤中的运动及贮存情况。渗透性好的土壤, 降水可及时渗入土壤, 成为植物可利用的土壤水资源, 而渗透性差的土壤, 只有少量降水能进入土壤, 大部分降水沿土表流走, 造成水土流失。高分子聚合物可改变土壤的渗透性。

表 2 不同聚合物对土壤水稳性团粒含量的影响

化学物名称	浓度	> 0.25 mm 水稳性团粒含量 /%	较对照增加量	平均较对照增加量
对 照	0	53.3%	0	0
聚丙烯酸	1.2%	58.4%	9.57%	25.59%
	2.4%	64.5%	21.01%	
	3.6%	65.0%	21.95%	
	4.8%	69.7%	30.77%	
	6.0%	70.1%	31.65%	
	0.4%	54.5%	2.25%	
聚乙烯醇	0.8%	56.0%	5.06%	11.82%
	1.2%	58.7%	10.13%	
	1.6%	61.5%	15.38%	
	2.0%	61.3%	15.07%	
脲醛树脂	2.5%	54.4%	2.06%	14.41%
	5.0%	55.8%	4.69%	
	7.5%	61.5%	15.38%	
	10.0%	63.5%	19.14%	
	12.5%	62.7%	18.76%	

从表 3 可看出: 随聚合物施加浓度增大, 土壤渗透性能明显变好, 都较对照有明显增加, 平均渗透系数为 $0.813 \text{ mm} / \text{min}$, 较对照增加 37.30%。由图 1 看出, 聚丙烯酸随浓度增加渗透系数增大趋势最明显, 且当浓度达到 4.80%~6.00% 时土壤渗透性能最好, 变化趋于稳定。聚乙烯醇则随浓度增大渗透速率呈先增后减趋势, 主要由于该聚合物呈颗粒状, 浓度过大时, 分子不易在土层中扩散, 土壤表面形成高分子胶结土壤的膜状薄层, 反而减弱土壤的渗透性。随着脲醛树脂浓度增大, 土壤渗透速率呈现递增趋势, 且浓度达到 10% 时渗透速率最大并趋于稳定。总体来看, 聚丙烯酸对改善土壤渗透性能的效果比其它 2 种效果好。高分子聚合物之所以改善土壤渗透性能是因为喷施聚合物后土壤呈现蜂窝状结构 (如图 2), 土壤变得更加疏松多孔, 透水性、通气性明显得到改善。

表 3 聚合物对土壤渗透系数的影响 mm / min

不同浓度处理	0 (CK)	1	2	3	4	5
聚丙烯酸	0.592	0.642	0.710	0.912	0.930	0.907
聚乙烯醇	0.592	0.759	0.824	0.970	0.941	0.760
脲醛树脂	0.592	0.621	0.770	0.810	0.840	0.798

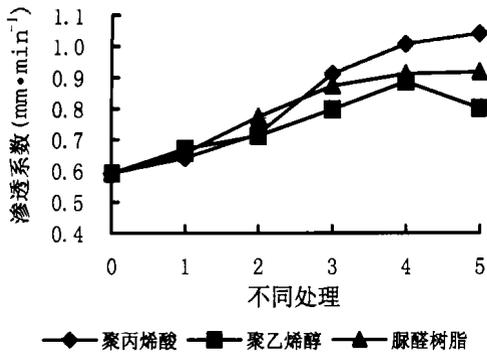


图 1 聚合物对渗透系数的影响

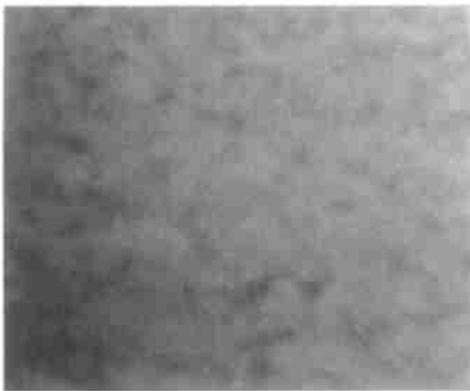


图 2 聚丙烯酸施加于土壤后的蜂窝状图

2.3 聚合物对土壤容重的影响

土壤容重是土壤肥力的指标之一,通过测定土壤容重,可知土壤的孔隙度及空气的含量等。高分子聚合物对土壤容重的影响见表 4

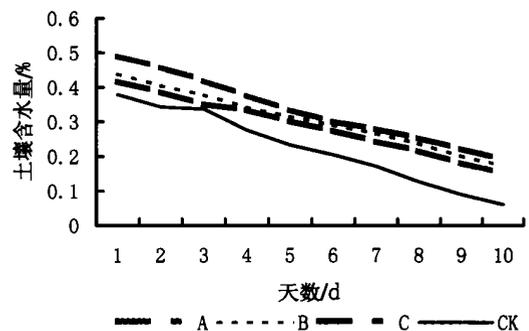
表 4 聚合物对土壤容重的影响

化合物	浓度	干容重 / ($g \cdot cm^{-3}$)	平均干容重 / ($g \cdot cm^{-3}$)	较对照 减少量
对 照	0	1.242	1.242	0
聚丙烯酸	1.2%	1.115		
	2.4%	1.101		
	3.6%	1.093	1.078	13.20%
	4.8%	1.074		
	6.0%	1.006		
聚乙烯醇	0.4%	1.146		
	0.8%	1.140		
	1.2%	1.138	1.136	8.53%
	1.6%	1.126		
脲醛树脂	2.0%	1.130		
	2.5%	1.123		
	5.0%	1.114		
	7.5%	1.110	1.095	11.83%
	10.0%	1.069		
	12.5%	1.057		

施加聚合物后各土样容重较对照都有明显下降也就是说,施加了聚合物后,土壤变得疏松,土壤的孔隙增多。疏松的土壤有利于土壤中的水、气、热等的交换及微生物的活动,有利于土壤中养分对植物的供应,从而提高了土壤肥力。与前面讨论结果相似,聚丙烯酸对土壤容重的改善效果最好,较对照减少最多,为 13.20%;脲醛树脂次之,为 11.83%;聚乙烯醇最差,为 8.53%。对于同一种聚合物而言,施用量越大,作用效果越明显,这主要是因为聚合物本身的分子结构,以及与土壤作用的差异,而导致其在土壤中的作用效果

2.4 高分子聚合物对土壤水分的影响

水是土壤的重要部分之一,土壤中的许多物理化学及生物学的过程常需要在一定的水分条件下进行。本实验目的是考察聚合物土壤改良剂可否抑制土壤中水分的表面蒸发,提高土壤持水能力。将一定量经过 3 种聚合物处理的风干土样和空白样置于底部带有孔并放有滤纸的土柱中,在水中充分饱和,除去重力水,常温放置每天定点称重,其结果见图 3



A 聚丙烯酸; B 脲醛树脂; C 聚乙烯醇; CK 对照

图 3 聚合物及空白处理后数 10 d 的土壤水分观察

施入聚丙烯酸后土壤的饱和含水量由空白样的 37.9% 增加到 49.0%,施入聚乙烯醇后含水量增加到 41.7%,脲醛树脂则为 43.9%。随着时间的增加,水分不断蒸发,土壤中的含水量减少,却减少的速率相近。第 10 d 后,空白样含水量为 6.1%,而施加聚丙烯酸的土样含水量为 19.1%,是对照的 3.1 倍,施加聚乙烯醇的土样其含水量为 15.2% 是对照的 2.5 倍,而施加脲醛树脂的土样其含水量为 17.3% 是对照的 2.9 倍,由此可见,聚合物的施用明显提高了土壤的持水能力,抑制土壤蒸发。在 3 种聚合物中,聚丙烯酸的作用更为明显,主要因为聚丙烯酸喷施于土壤表面后,土壤结构呈现蜂窝状(如图 2),层层交错排列,使得水分进入孔隙中难以蒸发出去。

2.5 高分子聚合物的适宜使用浓度确定

从上述实验结果分析中可看出:高分子聚合物作

为土壤改良剂改良土壤效果的确显著,而且随着浓度的增加,这种作用的效果呈现明显增加趋势,并且浓度达到某一值时,作用效果趋于稳定。因此,通过以上实验研究,可以确定各聚合物的最适浓度及适宜用量(如表 5)。从表 5 可以看出: 聚合物改良土壤在最适宜范围内每 1 m^2 只需 1.50 元左右,用在水土保持领域当中,易操作,价格低廉,经济可行,效果明显,因此具有很大应用前景。

表 5 聚合物的最适浓度及适宜用量

化合物	适宜浓度 /%	适宜用量	价格
聚丙烯酸	4.8~6.0	116~145 ml/m ²	10元/kg, 1.56元/m ²
聚乙烯醇	1.6	38.8 g/m ²	5元/kg, 0.65元/m ²
脲醛树脂	10.0	242.0 ml/m ²	5元/kg, 1.64元/m ²

3 结 语

通过高分子聚合物对土壤物理性质影响的试验研究,可以得出以下结论:

(1) 施用 3 种高分子聚合物后不同程度地改善了土壤结构,增强了土壤孔隙度、持水性和透水性,提高了土壤肥力。实验结果表明: 它们平均水稳性团粒含量较对照增加 17.2%, 渗透速率提高 41.81%, 容重减少 11.18%, 土壤持水能力较对照提高 2.8 倍, 是很好的土壤结构改良剂

(2) 3 种化合物作用效果相比而言,聚丙烯酸改

良土壤效果尤为明显,尤其在浓度 4.0%~6.0% 即 116~145 ml/m² 时,水稳性团粒含量较对照增加 31.20%, 土壤入渗速率最大,较对照提高 62.50%, 容重减少了 15.62%, 保水能力较对照提高 3.1 倍, 其次为脲醛树脂, 适宜浓度 10.0%。聚乙烯醇最差, 适宜浓度 1.6% 左右。

(3) 在今后还需进一步解决以下几个问题: 研究用聚合物创建人工团粒的机理; 高分子聚合物改良剂的结构和改良效果之间的关系; 延长改良剂应用持续期,降低施用量; 研制出高效低廉多功能对环境无污染的改良剂

[参 考 文 献]

- [1] 吴增芳. 土壤结构改良剂 [M]. 北京: 科学出版社, 1976. 36-41.
- [2] 张宏伟, 龙明杰. 腐植酸接枝共聚物对赤红壤改良的研究 [J]. 水土保持研究, 2001, 8(2): 115-118.
- [3] 中国科学院南京土壤植物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. 37-40.
- [4] 刘义新, 江玉平, 等. 聚乙烯醇对香料烟产量、质量及土壤结构的影响 [J]. 植物营养与肥料学报, 1998, 4(3): 294-298.
- [5] 夏海江, 等. 聚丙烯酰胺对土壤物理性质的影响 [J]. 水土保持研究, 1997, 4(4): 81-88.
- [6] 龙明杰, 张宏伟, 等. 聚合物在水土保持中的应用 [J]. 水土保持通报, 2000, 20(3): 5-9.
- [7] 朱志诚. 关于秦岭及陕北黄土高原区侧柏林初步研究 [J]. 植物生态学与地植物学丛刊, 1982, 6(2): 95-104.
- [8] 朱志诚. 秦岭北坡及陕北黄土高原区辽东栎林初步研究 [J]. 植物生态学与地植物学丛刊, 1984, 8(4): 279-293.
- [9] 朱志诚, 黄可. 秦岭北坡及陕北黄土高原区山杨林初步研究 [J]. 西北植物学报, 1991, 11(1): 71-85.
- [10] 岳明. 陕西南部侧柏林演替时期的划分及其特征 [J]. 植物生态学报, 1998, 22(4): 327-335.
- [11] 相辉, 岳明. 陕北黄土高原森林植被数量分类及环境解释 [J]. 西北植物学报, 2001, 21(4): 726-731.
- [12] 岳明. 陕北黄土区森林地带侧柏种群结构及动态初探 [J]. 武汉植物学研究, 1995, 13(3): 231-239.
- [13] 岳明. 秦岭及黄土区辽东栎林的物种多样性特征 [J]. 西北植物学报, 1998, 18(1): 124-131.
- [14] 朱志诚. 陕北黄土高原森林及草原的范围 [J]. 植物生态学与地植物学报, 1983, 7(2): 122-131.
- [15] 中国科学院生物多样性委员会. 生物多样性研究的原理与方法 [M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1994. 142-157.
- [16] 贺金生, 陈伟烈. 陆地植物群落物种多样性的梯度变化特征 [J]. 生态学报, 1997, 17(1): 91-99.