

PAM 和石膏对坡地水分入渗及土壤流失的影响

崔海英¹,任树梅¹,杨培岭¹,刘东¹,何京丽²

(1. 中国农业大学水利与土木工程学院,北京 100083;
2. 中国水利水电科学研究院牧区水利科学研究所,内蒙古 呼和浩特 010010)

摘要:通过野外小区试验,研究内蒙古砂土地地区坡地土壤表层施用 PAM、石膏及其混合物后对产流、产沙量的影响。试验结果表明,PAM 对试验所用的砂土具有减小降雨入渗及减少土壤流失的作用,而施用石膏既可以增加水分入渗又可以减少土壤流失。施用 PAM 与石膏的混合物,在 PAM 用量为 1 g/m² 时,可以增加土壤水分入渗;在 PAM 用量为 2 g/m² 时,石膏用量大时入渗效果比较好,而在石膏用量为 20 g/m² 时,则不能起到增加水分入渗的作用。

关键词:PAM;石膏;土壤含水率;砂

中图分类号:S157.9 **文献标识码:**A **文章编号:**1006-7647(2006)04-0053-03

Effects of polyacrylamide and gypsum on rainfall infiltration and soil erosion of slope land//CUI Hai-ying¹, REN Shu-mei¹, YANG Pei-ling¹, LIU Dong¹, HE Jing-li²(1. College of Water Conservancy and Civil Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China; 2. Institute of Water Resources for Pastoral Areas, China Institute of Water Resources and Hydropower Research, Huhhot 010010, China)

Abstract: Field experiments were performed for study of the effects of polyacrylamide (PAM), gypsum and their mixtures used in soil surface on runoff and sediment yield. The results show that PAM may help to decrease rainfall infiltration and soil erosion, while the utilization of gypsum leads to the increase of rainfall infiltration and decrease of soil erosion. It is also indicated that the mixture of PAM and gypsum with the PAM content being 1g/m² can increase the rainfall infiltration, and that the mixture with high content of gypsum and PAM content being 2 g/m² can obtain satisfactory result of rainfall infiltration, while the mixture with the gypsum content being 20 g/m² does not have evident effects on the increase of rainfall infiltration.

Key words: PAM; gypsum; water content of soil; sand

使用聚丙烯酰胺(简称 PAM)防治水土流失已有几十年的历史。从 20 世纪六七十年代开始,美国、以色列等国的科学家采用聚脂乙烯等多种聚合物改良土壤的物理性质和导水性能,但由于开始时单位面积使用的聚合物太多,费用很高,因此无法大面积推广^[1]。近 20 年来,由于阴离子型 PAM 的出现,使 PAM 的用量减少并因此降低了费用,因此 PAM 在农业生产中的应用发展非常迅速。大多数研究成果表明:PAM 可以抑制土壤结皮,保持良好的土壤结构,增加水分入渗。但是,这个结论并非对任何土壤都适用,由于施用 PAM 的类型、浓度不同,以及土壤类型等因素的影响,经 PAM 处理后的土壤入渗率可能增加也可能减小^[2]。由于单独施用 PAM 改善土壤的物理性质,对有些土壤效果不好^[3],因此,也有研究人员用石膏或是石膏与 PAM 的混合物来改善土壤的物理性能^[4-5]。本文旨在通

过天然降雨试验,研究不同 PAM 和石膏处理与坡地水分入渗及土壤流失之间的关系

1 试验设计与方法

1.1 试验方法

试验安排在内蒙古克什克腾旗经棚镇的自然山坡上。试验小区布设在植被生长较为均匀、坡度具有当地代表性的典型山坡上,保持小区现有的植被,经测量小区的坡度为 10.7°。小区土壤为砂土,平均密度为 1.48 g/cm³。在坡面上并排布置 9 个长 45 m、宽 6 m 的试验小区,其中 1 个小区作为对照。每个小区的下部设 1 个“人”字形出口,出口下端设置 1 个长 1.2 m、宽 1.0 m、深 1.5 m 的集水池。集水池采用红砖砌筑、水泥砂浆抹面,以减小因水分渗漏引起的试验误差。降雨后,立即测量土壤 1 m 深度内的含水量,并测量集水池内的水深和泥沙淤积

基金项目:内蒙古京津风沙源治理工程科技支撑项目
作者简介:崔海英(1973—),女,北京人,硕士研究生,从事 PAM 对坡地水土流失影响研究。E-mail:chy0726@sina.com

深度。

1.2 试验设计

试验因素分别为 PAM 用量和石膏用量。

试验采用正交设计方案布置。具体试验安排如下:1 号小区设为对照小区,2 号小区撒 20 g/m² 的石膏,3 号小区撒 60 g/m² 的石膏,4 号小区撒 1 g/m² 的 PAM,5 号小区撒 2 g/m² 的 PAM,6 号小区撒 1 g/m² 的 PAM 和 20 g/m² 的石膏的混合物,7 号小区撒 1 g/m² 的 PAM 和 60 g/m² 的石膏的混合物,8 号小区撒 2 g/m² 的 PAM 和 20 g/m² 的石膏的混合物,9 号小区撒 2 g/m² 的 PAM 和 60 g/m² 的石膏的混合物。在雨季来临之前(即 6 月初),将各小区所用的 PAM、石膏及 PAM 与石膏的混合物与干土搅拌均匀直接施撒于地表。

试验在 2004 年进行,全年降雨量为 389.6 mm。试验期间对产流产沙共进行了 4 次测量,测量前的降雨量分别为:7 月 23 日 13 mm,7 月 27 日 7 mm,7 月 29 日 13.3 mm,8 月 3 日 37.3 mm,总降雨量为 64.6 mm。

2 数据处理与结果分析

2.1 水分入渗及土壤抗侵蚀作用

试验中各小区集流池内的集流、集沙深度见表 1。由表 1 知,PAM 用量对土壤水分入渗影响最为显著,因为施用 PAM 的两个处理的径流量与对照相比显著增加。其次是石膏用量,施用石膏可轻微增加土壤水分入渗。

表 1 集流池内的集流集沙深度 mm								
小区	集流				集沙			
	7 月 23 日	7 月 27 日	7 月 29 日	8 月 3 日	7 月 23 日	7 月 27 日	7 月 29 日	8 月 3 日
1	40	0	50	230	7	0	8	30
2	20	0	35	180	5	0	6	20
3	15	0	30	120	3	0	4	15
4	70	60	95	400	1	0	1	5
5	95	75	107	455	1	0	1	3
6	10	0	15	150	2	0	3	12
7	0	0	3	150	2	0	2	10
8	45	0	65	310	4	0	5	15
9	25	0	40	205	2	0	2	8

总体来讲,各处理都能够提高土壤的抗侵蚀能力。这是因为 PAM 和石膏都具有胶结作用,能够保持土壤结构的稳定性,降低雨滴及径流对土壤颗粒的分离作用,因此能够提高土壤的抗侵蚀能力。但单独施用 PAM 却不能起到增加土壤水分入渗的作用,相反会减少水分的入渗,而且 PAM 的用量越大,阻渗效果越明显。而单独施用石膏则能够起到增加土壤水分入渗的作用,并且随着石膏用量的增大,土

壤水分的入渗量也增大。在降雨过程中,由于雨滴的冲击作用及径流的形成,土壤颗粒发生剥离、搬运和沉积,导致土壤表层封闭、形成结皮。虽然施用 PAM 后可以提高土壤团聚体的稳定性,有效地抑制土壤结皮的形成,但由于土壤中阳离子浓度比较低,单独施用 PAM 时,土壤表面吸附的 PAM 量虽然较少,所形成的 PAM 分子链却比较长,长的 PAM 分子链堵塞了土壤颗粒间的孔隙,因此减少了土壤水分的入渗。当施用 PAM 与石膏的混合物,在 PAM 用量为 1 g/m² 时,可以增加土壤水分入渗;在 PAM 用量为 2 g/m² 时,石膏用量大时入渗效果比较好,而在石膏用量为 20 g/m² 时,则不能起到增加水分入渗的作用。这是因为当 PAM 用量大时,需要的石膏用量也随之增加。混合物能够增加入渗,主要是因为施用石膏后增加了土壤中的 Ca²⁺ 的浓度,Ca²⁺ 可以分别结合负电性土壤颗粒和阴离子型 PAM 的负相,形成阳离子桥,促进了阴离子聚合物分子的吸附。此外,由于 Ca²⁺ 的存在,使得形成的 PAM 链比较短,不会堵塞土壤颗粒间的孔隙。因此施用 PAM 与石膏的混合物既可以增加土壤水分入渗,又能够稳定土壤结构、减少土壤流失^[5-7]。

2.2 土壤含水率

为了研究施用 PAM 后的土壤水分变化情况,在降雨后分别测定了土层深度为 0~10 cm,10~20 cm,20~40 cm,40~60 cm,60~80 cm,80~100 cm 土壤的含水率。土壤含水率采用烘干法测量。表 2 为处理前各小区中部土壤含水率分布,从表中可以看出各小区土壤含水率分布差别较大,这主要是由于天然山坡上的土壤性质不是很均一造成的。

表 2 处理前各小区中部不同土层深度土壤含水率 %							
小区	0~ 10 cm	10~ 20 cm	20~ 40 cm	40~ 60 cm	60~ 80 cm	80~ 100 cm	
1	5.01	4.90	7.91	6.21	6.23	6.50	
2	3.45	5.88	6.70	5.04	6.27	6.62	
3	3.99	6.37	6.52	5.27	3.55	6.07	
4	4.12	6.13	8.13	6.64	5.47	3.74	
5	4.90	6.80	6.78	5.31	4.46	6.76	
6	3.53	6.34	6.42	7.44	7.81	7.45	
7	2.16	2.90	3.68	4.31	7.42	7.11	
8	2.85	1.86	3.72	2.81	3.25	3.38	
9	3.40	4.47	6.65	7.46	6.54	4.51	

表 3 和表 4 为处理后各小区中部土壤含水率。通过对比发现,经过处理后各小区的土壤含水率与对照小区相比,在测量区域内均未有明显变化。这主要有两方面的原因:一方面是因为土壤性质不均一,初始含水量相差较大;另一方面是在测量时由于测点较多,取样不能同时进行,前后取样时间相差较长,造成土壤水分的再分配。

表3 7月23日降雨后各小区中部
不同土层深度土壤含水率 %

小区	0~ 10 cm	10~ 20 cm	20~ 40 cm	40~ 60 cm	60~ 80 cm	80~ 100 cm
1	12.26	10.06	8.72	7.68	7.98	7.73
2	10.03	6.30	7.10	5.14	6.76	7.58
3	9.61	7.22	7.30	6.05	3.86	4.80
4	9.15	7.65	8.40	8.39	7.72	6.53
5	10.95	7.75	5.98	5.64	6.12	4.57
6	10.23	7.41	7.30	7.44	7.49	7.85
7	8.63	4.24	4.95	5.75	7.19	6.54
8	10.59	9.67	7.64	6.30	5.86	5.56
9	10.51	10.11	8.44	7.79	6.62	6.35

表4 7月27日降雨后各小区中部
不同土层深度土壤含水率 %

小区	0~ 10 cm	10~ 20 cm	20~ 40 cm	40~ 60 cm	60~ 80 cm	80~ 100 cm
1	10.23	8.39	7.40	6.83	6.23	5.92
2	8.70	5.29	4.55	8.14	5.33	6.40
3	9.83	7.33	6.29	5.03	3.67	5.74
4	8.61	6.96	7.33	7.01	5.30	4.52
5	8.19	4.62	4.75	5.57	5.45	3.62
6	8.87	6.13	6.91	7.16	7.24	7.32
7	7.63	7.69	5.23	4.54	4.95	6.04
8	9.24	7.99	6.27	6.34	4.28	3.73
9	9.05	6.81	4.06	4.93	4.90	4.98

2.3 集雨效果

从表1可见,PAM虽然不能提高土壤水分的入渗率,但却具有极好的集雨效果,而且 PAM 的用量越大其集雨效果也越好。虽然施用 2 g/m² 的 PAM 和 20 g/m² 的石膏的混合物也能起到集雨的作用,但效果没有单独施用 PAM 好,而且投资相对较高。因此,可以将 PAM 在当地用作集雨材料。

3 结 论

施用 PAM 是一种高效、低成本的控制土壤流失的方法,而且使用方便。在试验区土质条件下,还可以将 PAM 作为集雨材料使用,并且 PAM 用量越大集雨效果越好。而施用石膏既可以增加水分入渗又可以减少土壤流失,石膏用量越大作用效果也越好。当施用 PAM 与石膏的混合物时,1 g/m² 的 PAM 和 20 g/m² 的石膏就可以起到增加土壤水分入渗、减少土壤流失的作用,而且比单独施用石膏效果要好。

参考文献:

[1] 夏卫生,雷延武,刘红根. PAM 防治水土流失的研究现状及评述[J]. 土壤通报,2002,33(1):78-80.
[2] 雷廷武,袁普金,詹卫华,等. PAM 及波涌灌溉对水分入渗影响的微型水槽试验研究[J]. 土壤学报,2004,41(1):140-143.
[3] LENTZ R D. Inhibiting water infiltration with polyacrylamide

and surfactants: applications for irrigated agriculture[J]. Journal of Soil and Water Conservation,2003,58(5):290-299.
[4] SMITH H J C,LEVY G J. 雨滴能量和土壤改良对渗透及侵蚀的影响[J]. 刘正杰,译. 水土保持科技情报,1994(4):37-41.
[5] YU Jian, LEI Ting-wu, SHAINBERG I, et al. Infiltration and erosion in soil treated with dry PAM and gypsum[J]. Soil Science Society of America Journal,2003,67(2):630-636.
[6] ENTRYA J A, SOJKA R E, WATWOOD M, et al. Polyacrylamide preparations for protection of water quality threatened by agricultural runoff contaminants [J]. Environmental Pollution,2002,120:191-200.
[7] 龙明杰,张宏伟,曾繁森,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.

(收稿日期:2005-05-17 编辑:熊水斌)

(上接第 45 页)

表3 束窄工程实施后白茆沙河段涨落潮平均流速变化 m/s

流速控制点	潮流	小束窄方案	中束窄方案	大束窄方案
B1	涨潮	0.03	0.14	0.08
	落潮	0	0	0
B2	涨潮	0.03	0.16	0.04
	落潮	0.03	0.02	0.02
B3	涨潮	0.03	-0.03	0.04
	落潮	0	-0.20	0
B4	涨潮	0.03	0.15	0.03
	落潮	0	0	0
B5	涨潮	0.07	0.08	0.08
	落潮	-0.04	0	-0.04

3 结 论

通过平面二维数学模型,对长江口北支咸潮倒灌控制工程方案进行比较和影响分析,从咸潮倒灌的控制效果看,大束窄方案略优于中、小束窄方案。大束窄方案获得的土地资源最多,但因圈围区域包括崇明东滩,可能会对此地自然保护区的生态环境造成一定的影响,且大束窄方案北支出海口的冲刷影响较大;在防洪排涝方面,中束窄方案优于大束窄方案。因此综合咸潮倒灌的控制效果、束窄对河势等的负面影响和社会经济效益等方面情况,中束窄方案作为本研究的推荐方案。

参考文献:

[1] 茅志昌,陆建建. 长江口北支综合治理刍议[J]. 海洋湖泊通报,2001(1):66-70.
[2] 上海市水务局. 长江口北支咸潮倒灌控制工程及南支水源地建设专题研究[R]. 上海:上海市水务局,2004.
[3] 陈美发. 控制长江口北支咸潮倒灌支持南水北调[J]. 水利水电科技进展,2003,23(6):17-19.

(收稿日期:2005-06-02 编辑:熊水斌)