

文章编号:1672-3317(2009)05-0119-04

PAA 对不同土壤保水和蒸发性能的影响*

杨永辉^{1,2,3,4}, 赵世伟^{1,2}, 吴普特^{1,2,3},
武继承⁴, 冯浩^{1,2,3}, 黄占斌⁵, 史婉丽⁶

(1. 西北农林科技大学, 陕西 杨凌 712100; 2. 中国科学院水利部 水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100; 3. 国家节水灌溉杨凌工程技术研究中心, 陕西 杨凌 712100; 4. 河南省农业科学院 植物营养与资源环境研究所, 郑州 450002; 5. 中国矿业大学(北京校区) 化学与环境工程学院, 北京 100083; 6. 中国水利水电科学研究院 水环境所, 北京 100038)

摘要: 采用土柱法研究了不同 PAA 施入量对 3 种黄土高原主要土壤类型(黄绵土、黑垆土和壤土)的持水性能、土壤饱和导水率和土壤蒸发量的影响,以进一步阐明 PAA 的保水和蒸发作用。结果表明,施入 PAA 提高了土壤的持水性能。在未加入 PAA 之前黑垆土的持水性能最低,壤土的最高,黄绵土的次之;加入 PAA 后,黑垆土的持水能力显著增加,几乎为对照的 2 倍,壤土和黄绵土也都比对照高。土壤的供水能力随 PAA 用量的增加而增强,不同土壤类型之间表现为:壤土 > 黑垆土 > 黄绵土。未加入 PAA 时,3 种土壤饱和导水率大小为:壤土 > 黑垆土 > 黄绵土;加入 PAA 后,3 种土壤的饱和导水率都降低,且基本随 PAA 用量的增加而降低。在一定水分条件下,PAA 的施入提高了土壤的抗蒸发性,随 PAA 用量的增加,壤土和黑垆土的土壤蒸发量增加,但都低于对照,而黄绵土的土壤蒸发量随 PAA 用量的增加而降低。其中施 PAA 54.5 mg/kg 的壤土、黑垆土和施 PAA 225.8 mg/kg 的黄绵土与对照相比,土壤蒸发量分别减少了 44.0%、44.6% 和 30.6%。

关键词: PAA; 土壤类型; 土壤持水性能; 土壤水分蒸发

中图分类号: S152.7 **文献标志码:** A

高吸水性树脂 - 聚丙烯酸钠(PAA)是一种带羧基的水溶性高分子,其在土壤中可以改善土壤颗粒状态、降低容重、提高土壤孔隙度、抗冲性及保水性^[3]。关于 PAA 的研究已取得了一定成果,但大都侧重于研究 PAA 的施用方法^[4]、保肥效果^[5]、PAA 与其他保水材料进行保水、保肥等效果方面比较及 PAA 与其他有机、无机材料新型保水制剂的合成、吸水、保肥、吸盐^[6]等性能的研究,而作为一种新型材料,在不同土壤类型下的适宜施用量、相应的施用方法及对土壤水分特征影响的研究较少^[7]。在对沃特多功能保水剂及 PAM 研究的基础上^[8-9],以 PAA 高吸水性树脂作为土壤调节剂,从调整土壤持水、抗蒸发方面进行研究,探讨了 PAA 对水土流失严重、土壤抗蒸发能力差的黄土高原的主要土壤类型土壤(黄绵土、黑垆土及壤土)的保水持水方面的作用效果,以期为 PAA 在黄土高原主要土壤类型区中的实际应用提供一定的参考。

1 材料与方法

试验材料为 PAA,西北工业大学生产;采用 3 种黄土高原主要土壤类型:黄绵土、黑垆土、壤土,采样地点分别为宁夏固原、陕西长武及杨凌的农地,其有机质含量分别为 11.4、14.6、27 g/kg,土壤风干土含水量分别为 15.2、24.2、44.1 g/kg。

* 收稿日期:2008-09-19

基金项目:“十一五”国家科技支撑计划课题(2006BAD09B08);国家 863 计划课题(2006AA100219);国家 863 节水农业项目(2006AA100215);河南省重点科技攻关资助项目(0623012600)

作者简介:杨永辉(1978-),陕西西安人。博士研究生,主要从事土壤生态与节水农业方面的研究。

通讯作者:赵世伟(1962-),男,四川人。研究员,主要从事土壤与水资源管理研究。

PAA 对不同土壤持水性能及饱和导水率的影响试验采用土柱法,将过 2 mm 筛的 50 g 土壤(以烘干土记)与 PAA 混匀,装于标准环刀(容积为 100 cm³)高的 2/3 处,其上至土柱顶部盖一层同类型土壤,保持土壤容重为 1.24 g/cm³。其中 PAA 用量:对照(CK)为 0 mg;处理 1 为 7 mg;处理 2 为 14 mg;处理 3 为 21 mg;处理 4 为 28 mg;土壤用量(折合烘干土)124 g。

PAA 对不同土壤蒸发量的影响即抗蒸发试验采用高 20 cm、直径 10 cm 的土柱,PAA 用量对照(CK)为 0 mg/kg;处理 1 为 54.5 mg/kg;处理 2 为 112.9 mg/kg;处理 3 为 169.4 mg/kg;处理 4 为 225.8 mg/kg,装法与装环刀样相同,装土容重为 1.24 g/cm³。室内温度为 25℃,相对湿度为 65%。土壤用量(折合烘干土)1941 g。

土壤水分特征曲线采用离心机法^[10],饱和导水率采用恒定水头法^[11],土壤抗蒸发试验在恒温恒湿的条件下进行,即将土柱充分饱和之后,放置恒温恒湿室中(温度保持 25℃,相对湿度为 65%),每隔 1~2 天对土柱进行称重,计算相隔时间的土壤蒸发量。5 月 10 日开始测定,6 月 30 日结束。

2 结果与分析

2.1 PAA 对不同土壤类型持水性能的影响

PAA 的不同用量对于土壤的改良作用有所不同,导致其土壤具有不同的理化特征,因而,它们的蓄水性能也有所不同,可通过土壤水分特征曲线的差异表现出来。实测的水分特征曲线反映了土壤含水量与土壤水吸力之间存在着幂函数关系,其函数关系式为:

$$w = aS^b$$

式中: S 为土壤吸力; w 为土壤重量含水量; a, b 为参数。

表 1 土壤水分特征曲线的数学模型与相关系数(土层为 0~10 cm)

土壤类型	处 理	数学模型	ab	$b+1$	显著水平
黄绵土	CK	$= 67.2894S^{-0.287419}$	19.3450	1.2875	$R^2 = 0.9816$
	处理 1	$= 68.2618S^{-0.290834}$	19.8529	1.2908	$R^2 = 0.9774$
	处理 2	$= 70.2343S^{-0.292541}$	20.5464	1.2925	$R^2 = 0.9899$
	处理 3	$= 71.4640S^{-0.305042}$	21.7995	1.3050	$R^2 = 0.9914$
	处理 4	$= 76.9135S^{-0.290068}$	22.3101	1.2901	$R^2 = 0.9898$
壤 土	CK	$= 141.3676S^{-0.166396}$	23.5230	1.1664	$R^2 = 0.9970$
	处理 1	$= 144.8260S^{-0.172904}$	25.0410	1.1729	$R^2 = 0.9965$
	处理 2	$= 144.6218S^{-0.177412}$	25.6576	1.1774	$R^2 = 0.9975$
	处理 3	$= 149.8560S^{-0.181947}$	27.2658	1.1819	$R^2 = 0.9973$
	处理 4	$= 148.5384S^{-0.182612}$	27.1249	1.1826	$R^2 = 0.9970$
黑垆土	CK	$= 57.8936S^{-0.312819}$	18.1102	1.3128	$R^2 = 0.9974$
	处理 1	$= 107.5948S^{-0.204613}$	22.0153	1.2046	$R^2 = 0.9983$
	处理 2	$= 107.5710S^{-0.207584}$	22.3300	1.2076	$R^2 = 0.9980$
	处理 3	$= 108.1909S^{-0.209222}$	22.6359	1.2092	$R^2 = 0.9983$
	处理 4	$= 107.0777S^{-0.235761}$	25.2447	1.2358	$R^2 = 0.9948$

参数 a 反映土壤持水性能的大小; ab 反映土壤的供水能力的大小, ab 值越大,土壤比水容量达到 1.0×10^{-2} 数量级的吸力值越大,土壤耐旱性越差; $(b+1)$ 的值能够反映土壤失水的快慢, $(b+1)$ 的值越大失水越快,即比水容量变化越大。从表 1 中可以看出,黄绵土的 a 值随 PAA 用量的增加而增大,壤土和黄绵土的 a 值都比对照大,说明加入 PAA 后可以提高土壤的持水性能。未加入 PAA(对照 CK)时,3 种土壤类型的持水性能差异显著,壤土的持水性能最高,黄绵土的次之,黑垆土最低;加入 PAA 后(处理 1~处理 4),黑垆土的持水能力显著增加,几乎为对照的 2 倍,壤土和黄绵土也都比对照高。 ab 值即土壤的供水能力,在 3 种土壤中的表现为:随 PAA 用量的增加,土壤供水能力增强;相同 PAA 用量之下,其供水能力大小顺序为:壤土 > 黑垆土 > 黄绵土。

从 3 种土壤类型的水分特征曲线可以看出,土壤的持水性能在加入 PAA 后都有所提高,基本随 PAA 用量的增加而提高,且对于黑垆土的持水性能的提高效果最明显,在 0.8 MPa 时各处理曲线重合,其持水量是对照的 2 倍。说明,PAA 可以提高土壤的持水性能,尤其是对黑垆土的作用明显,但

PAA 处理间差异不显著。

2.2 PAA 对不同土壤类型饱和导水率的影响

未加入 PAA 时,3 种土壤饱和导水率大小顺序为:壤土 > 黑垆土 > 黄绵土,这与土壤质地、有机质及土壤的结构特征有关。加入 PAA 后,3 种土壤的饱和导水率都降低,且基本随 PAA 用量的增加而降低,这表明 PAA 在改善土壤饱和导水率方面起反作用。原因可能是土壤在溶胀过程中体积膨大使土壤中大孔隙不断减小,加上 PAA 形成的胶体可能将土壤的大孔隙堵塞(因为该 PAA 膨胀系数过大),降低了土壤的通透性,从而导致 K_s 逐渐降低,表明,在该研究的 PAA 用量的情况下,降低了土壤饱和导水率。

2.3 PAA 对不同土壤类型蒸发的影响

6 月 10 日当土壤含水量达到田间持水量时(21%~33%),施用 PAA 对提高土壤抗蒸发作用的效果明显。从整体看,黄绵土对照的含水量最低,壤土的处理 1 和处理 2 相对最高,其次为黑垆土的处理 1,其它处理处于中间水平。从 6 月 10~30 日,各处理土壤含水量逐渐下降,各个土壤的对照均小于施用 PAA 的处理,而最终趋于各自恒定的值。在蒸发显著的 20 天内(图 1),随 PAA 用量的增加,壤土和黑垆土的土壤蒸发量增加,但都低于对照,而黄绵土的土壤蒸发量随 PAA 用量的增加而降低,说明,对于壤土和黑垆土来说,在抗蒸发方面,处理 1 是最佳用量,这样可以减少投入,而黄绵土由于缺乏土壤的胶结物质——有机质,在施用更多的 PAA 后改善了土壤结构、提高了土壤有效孔隙度等,从而促进了土壤的抗蒸发效能,所以在一定范围内,PAA 用量越多,土壤的蒸发损失的水分越少。其中壤土、黑垆土的处理 1 和黄绵土的处理 4 与对照相比,土壤蒸发量分别减少了 44.0%,44.6%和 30.6%。说明 PAA 能有效地减少土壤蒸发、提高土壤墒情、促进作物生长。

研究采用的土柱法仅为 PAA 土柱装法中的一种(PAA 与土壤混和物只是分布在土柱某个层次当中),而将 PAA 装入土柱顶层、底部及整个土柱需进一步研究。在减少 PAA 用量的情况下,需对 3 种土壤的饱和导水率进行进一步研究。

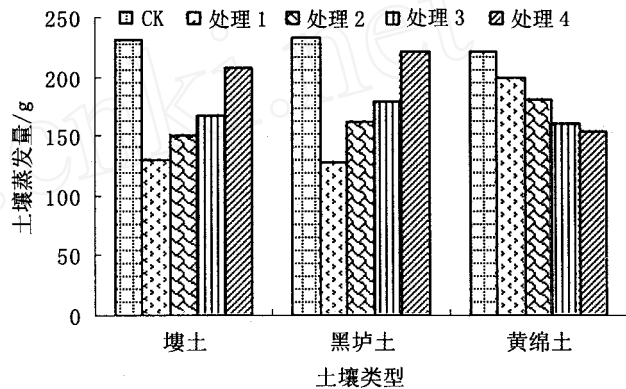


图 1 施用 PAA 后不同土壤的蒸发量

研究采用的土柱法仅为 PAA 土柱装法中的一种(PAA 与土壤混和物只是分布在土柱某个层次当中),而将 PAA 装入土柱顶层、底部及整个土柱需进一步研究。在减少 PAA 用量的情况下,需对 3 种土壤的饱和导水率进行进一步研究。

参考文献:

- [1] Francisco L S, Ricardo P S. Improving Infiltration of Irrigated Mediterranean Soils with Polyacrylamide[J]. J Agric Engng Res, 2000, 76:83-90.
- [2] Sepaskhah A R, Bazrafshan-Jahromi A R. Controlling Runoff and Erosion in Sloping Land with Polyacrylamide under a Rainfall Simulator[J]. Biosystems Engineering, 2006, 93(4):469-474.
- [3] 杨军,康玉茹,张传卫,等. 高聚物对黄绵土的改良研究[J]. 土壤通报,2005,36(2):274-276.
- [4] 黄占斌,朱元骏,李茂松,等. 保水剂聚丙烯酸钠不同施用方法对玉米生长和水分利用效率的影响[J]. 沈阳农业大学学报,2004,35(5-6):576-579.
- [5] 孙福强,崔英德. 高吸水性树脂的保肥作用研究[J]. 化工技术与开发,2004,33(6):11-14.
- [6] 尹洪斌,石元亮. 缓释肥料的研制及其缓效性评价[J]. 土壤通报,2006,37(2):411-413.
- [7] 员学锋,吴普特,冯浩. 聚丙烯酰胺(PAM)在土壤改良中的应用进展[J]. 水土保持研究,2002,9(1):141-145.
- [8] 杨永辉,赵世伟,黄占斌,等. 沃特多功能保水剂保水性能研究[J]. 干旱地区农业研究,2006,24(5):35-37.
- [9] 杨永辉,武继承,赵世伟,等. PAM 的土壤保水性能研究[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2007,35(12):120-124.
- [10] 史竹叶,赵世伟. 黄土高原土壤持水曲线的计算方法[J]. 西北农业学报,1999,8(6):44-47.
- [11] 华孟,王坚. 土壤物理学[M]. 北京:北京农业大学出版社,1993.
- [12] 员学锋,汪有科,吴普特,等. 聚丙烯酰胺减少土壤养分的淋溶损失研究[J]. 农业环境科学学报,2005,24(5):929-934.

Effects of PAA on Soil Preserving Water and Evaporation

YANG Yong-hui^{1,2,3,4}, ZHAO Shi-wei^{1,2}, WU Pu-te^{1,2,3},

WU Ji-cheng⁴, FENG Hao^{1,2,3}, HUANG Zhan-bin⁵, SHI Wan-li⁶

(1. Northwest A & F University, Yangling 712100, China; 2. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences, Yangling 712100, China; 3. National Engineering Research Center for Water Saving Irrigation at Yangling, Yangling 712100, China; 4. Institute of Plant Nutrition & Resource Environment, Henan Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou 450002, China; 5. Department of Water Environment, China Institute of Water Resource and Hydropower Research, Beijing 100038, China; 6. Academy of Chemistry and Environmental Engineering, China University of Mining & Technology-Beijing, Beijing 100083, China)

Abstract : In order to clarify the effect of water conservation of PAA on main soil, such as Lou soil, Loessal soil and Dark loessial soil, of loess plateau, a method of soil column was used to measure soil water retaining capability, soil saturated hydraulic conductivity and evaporation capacity in three kind of soil of loess plateau by labtest. The results indicate that soil moisture was increased after applying PAA to field. When the PAA was not applied, the capability of preserving water of dark Loessial soil was lowest, that of Lou soil is highest, and that of Loessal soil is middle. After applying the PAA, the capability of preserving water of Dark loessial soil increased significantly, almost two times compared with CK, and that of Lou soil and loessal soil were higher than CK. Soil water-supplying capability enhanced with the increase of PAA. Between the 3 soils, the soil water-supplying capability showed Lou soil > Dark loessial soil > Loessal soil. When the PAA was not applying, the soil saturated hydraulic conductivity indicated Lou soil > Dark loessial soil > Loessal soil. However, the saturated hydraulic conductivity of 3 soils reduced with the increase of it when the PAA was applied. Under the soil moisture, soil anti-evaporation enhanced when the PAA was utilizing, and evaporation of Lou soil and Dark loessial soil improved with the increase of PAA, but lower than CK. Evaporation of Loessal soil decreased with the increase of PAA. For example, the evaporation of three soils (Lou soil: PAA 54.5 mg/kg, Dark loessial soil and loessal soil: 225.8 mg/kg) reduced respectively by 40.0%, 44.6%, and 30.6% compared with CK.

Key words : PAA; soil types; water retaining capability; soil water evaporation