

2种高分子保水材料对土壤持水能力的影响

庄文化^{1,2,3}, 冯浩^{1,2}, 吴普特^{1,2}, 宁荣昌⁴, 史竹叶^{1,2}

(1. 中国科学院水利部水土保持与生态环境研究中心, 2. 西北农林科技大学水土保持研究所: 712100, 陕西杨凌; 3. 中国科学院研究生院, 100049, 北京; 4. 西北工业大学, 710072, 西安)

摘要 采用离心机法, 研究聚丙烯酸钠与聚丙烯酰胺 2 种高分子化合物在 5 种使用浓度(占干土质量 0.0101%、0.0108%、0.012% 与 1%) 的条件下对 3 种土壤(砂土、壤土、黏土) 持水能力的影响。结果表明: 3 种土壤在 0.01~ 11.5 MPa 水吸力时, 持水能力随着 2 种高分子材料用量的增加而增加, 砂土的作用效果较壤土、黏土更显著; 2 种高分子材料与土壤质量比控制在 8/10000~ 2/1000 范围内其作用效果较好, 该用量条件下高分子吸持水分平均可释放 83.7% 供植物吸收利用。2 种高分子材料对土壤持水能力的作用效果基本相同。

关键词 持水能力; 高分子保水材料; 土壤; 水吸力; 有效性

Effects of two super absorbent polymers on water retention capacity of soil

Zhuang Wenhua^{1,2,3}, Feng Hao^{1,2}, Wu Pute^{1,2}, Ning Rongchang⁴, Shi Zhuye^{1,2}

(1. Institute of Soil and Water Conservation, MWR&CAS, 2. Institute of Soil and Water Conservation, Northwest A&F University of Agriculture and Forestry: 712100, Yangling, Shaanxi; 3. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, 100049, Beijing; 4. Northwest Institute of Technology Xi'an, 710072, Xi'an: China)

Abstract The effects of two super absorbent polymers, Sodium Polyacrylate (SP) and Polyacrylamide (PAM), on water retention capacity of sand, loam, and clay were evaluated by using centrifugal method. Five concentrations of these polymers, 0, 0.0101%, 0.0108%, 0.012%, and 1% (on dry weight basis), were added to these three soils. The results show that the amount of water retained by the soil at each suction over the range of 0.01 MPa to 11.5 MPa significantly increased with the increasing of the two polymers; The effects on sand were more obviously than loam and clay; The concentration of the two polymers were better controlled from 0.0108% to 0.0120% by weight, then the crop would use 83.7% of the water kept by the polymer; The effects of the two polymers on the soil water retention were nearly the same.

Key words water retention capacity; super absorbent polymer; soil; water suction; availability

季节性干旱缺水是黄土高原乃至整个西北地区农业生产面临的一个严峻难题, 如何提高该区土壤蓄水供水能力, 充分利用雨水资源, 一直是该区研究的热点问题。针对黄土特殊的成土过程, 朱显谟^[1]提出了土壤水库概念, 并重申加强土壤水库蓄水供水能力的重要性。近年来, 由于高分子化合物特殊的结构与性能, 受到农业领域的重视, 涉及它的研究

成果越来越多地被应用在农业改土方面。S. Siva² palan^[2]通过模拟试验发现, 砂土中施入 0.03% 与 0.07% 的交联聚丙烯酰胺时, 持水量在水吸力为 0.01 MPa 时较对照分别提高了 23% 与 95%。冯浩等^[3]通过室内试验和人工模拟降雨试验发现聚丙烯酸、聚乙烯醇、脲醛树脂 3 种高分子聚合物均能够改良土壤结构, 提高土壤水稳性团粒含量, 土壤持水

收稿日期: 2007208215 修回日期: 200820229

项目名称: / 十一五 863 计划课题/ 降水资源转化利用技术 0 (2006AA100204); 新世纪优秀人才支持计划/ 降水 2 土壤 2 作物水 高效转化新技术 0 (01140602)

第一作者简介: 庄文化(1982), 男, 博士研究生。主要研究方向: 水土资源高效利用。E-mail: whzhuang04@mails.gucas.ac.cn

责任作者简介: 吴普特(1963), 男, 研究员。主要研究方向: 农业水土工程。E-mail: gjzupt@vip.sina.com

能力平均较对照提高 218 倍。黄占斌等^[4]、员学锋等^[5]发现土壤中添加的高分子可增强易分散微粒间的黏结力,形成较大团粒结构,特别是大于 1 mm 的团聚体比例增长迅速。黄占斌等^[6]、张国桢等^[7]通过实验发现高分子保水剂改善了土壤空隙的组成,使表层土与下层土的水势梯度变陡,减缓了土面蒸发强度,增加了土壤的持水量。A. I. AlHumaid^[8]通过对绿纽树 (*Conocarpus erectus*) 幼苗的存活与生长试验发现,相同的干旱胁迫条件下,在栽培土壤中加入 016% 高分子保水剂能够使幼苗的存活时间较对照延长 66%,新枝与根部生长量较对照有显著提高。S. S. Kukul 等^[9]通过实验发现在土壤中加入 011% 的高分子物质聚乙烯醇可以使裸地土壤的抗蚀性达到对照草地的水平。M. Agassi 等^[10]、R. D. Lentz 等^[11]发现高分子材料聚丙烯酰胺 (Polyacrylamide, 简称 PAM) 不会对土壤与地下水造成污染,

还能减少肥料、杀虫剂、生物需氧量对地下水的污染。国内关于高分子材料增加入渗、抑制蒸发的研究较多,而利用高分子材料提高土壤持水能力的研究较少,大面积推广应用尚缺少理论基础与技术指导。

笔者通过室内模拟实验,研究比较了不同吸力下聚丙烯酸钠与聚丙烯酰胺对砂土、壤土和黏土 3 种土壤持水能力影响,旨在分析不同用量高分子化合物对不同土壤持水能力的影响效果,为增加土壤蓄水能力提供新的方法与理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 供试土壤 试验以杨凌节水园、法喜村、岭后村 0~20 cm 表土为供试土壤,属黄壤土类,土壤质地分类参考国际土壤质地分类标准,其主要的土壤物理性状见表 1。

表 1 供试土壤的物理性状
Tab. 1 Physical characteristics of soil

采样点	田间持水量 %	土壤密度 g/cm ³	各级颗粒含量/%			土壤类别
			砂粒 (2~0102 mm)	粉粒 (0102~01002 mm)	黏粒 (<01002 mm)	
节水园	12.5	11516	80104	14.31	5.65	砂土
法喜村	25.8	11324	9138	65.66	24.96	壤土
岭后村	29.5	11208	6155	61.08	32.37	黏土

1.1.2 供试高分子 聚丙烯酰胺由法国 SNF 公司生产并提供,相对分子质量(1 200 万~1 400 万),无色无味,大小均匀(直径 012 mm 左右)的球状半透明晶体颗粒。聚丙烯酸钠 (Sodium Polyacrylate, 简称 SP),由西北工业大学生产并提供,相对分子质量(1 500 万~2 000 万),无色无味,大小均匀(直径 012 mm 左右)的球状半透明晶体颗粒。

1.2 试验设计

采用 3 因素完全试验设计:1) 土壤类型(砂土、壤土、黏土),2) 高分子种类(SP、PAM),3) 高分子与土壤质量比(0/1 万、1/1 万、8/1 万、20/1 万、100/1 万)。试验重复 4 次,结果取其平均值。

1.3 测定项目及方法

试验前将取好的土壤自然风干后过 2 mm 筛子备用。按试验设计称取一定量高分子化合物与备用土壤混合均匀后取 100 g 装入环刀称量(g_1),土壤密度分别控制在砂土 115 g/cm³,壤土 113 g/cm³,黏土 112 g/cm³ 左右。将装好土的环刀放入离心盒后,放在水中从盒底向上饱和(不能让水面超过土面),充

分饱和和后取出离心盒放置一段时间,排除重力水后称量,然后测定在不同离心力(s)下的环刀质量(g_2),利用计算公式 $H = (g_2 - g_1 - 100) / 100$ 计算不同离心力下的土壤含水量。

测定结果用 Excel 进行作图并进行回归分析计算,用 SPSS11.0 进行多重比较。

2 结果与分析

在以下的持水能力分析过程中,ck 代表对照;S1, S8, S20, S100 分别代表聚丙烯酸钠含量 1/1 万, 8/1 万, 20/1 万, 100/1 万;P1, P8, P20, P100 分别代表聚丙烯酰胺含量 1/1 万, 8/1 万, 20/1 万, 100/1 万。

2.1 高分子处理条件下土壤含水量与水吸力的数学模型

运用 Excel 分析不同水吸力与对应土壤含水量的关系,结果发现,各种处理的土壤含水量与水吸力的关系都满足 $H = a s^b$ (a 、 b 为常数)的幂函数关系,其回归方程与 R^2 见表 2。可以看出,3 种土壤水吸

力 s 与对应土壤含水量 H 的关系都非常适合 $H = as^b$ 幂函数关系, 相关系数都达到了极显著水平(砂土与黏土 $R^2 > 0.97$, 壤土 $R^2 > 0.99$)。分析参数 a 可以看出明显的规律性, 即不同土壤在相同处理条件下的参数 a 值出现黏土 > 壤土 > 砂土的规律, 与土壤的持水能力黏土 > 壤土 > 砂土规律一致, 即 a 值能够从一定程度上反映土壤的持水能力, 这与赵世伟等^[12] 的实验结果相同。同种土壤同种高分子处理时, a 值随着高分子材料用量的提高而增大, 表明高分子施入土壤能够提高土壤的持水能力, 且用量越大, 提高的幅度也越高。参数 b 值有一定的变化规

律但不如参数 a 明显, 其变化规律不能代表土壤的持水能力, 在此不作分析。

2.1.2 高分子对土壤持水能力的影响

土壤持水能力研究一般将土壤吸力范围划分为3段: 1) 吸力小于 0.11 MPa 为低吸力段; 2) 吸力 0.11~ 1.15 MPa 为中吸力段; 3) 吸力大于 1.15 MPa 为高吸力段^[13]。1.15 MPa 以下的中、低吸力段相当于有效水的下限范围, 是能被植物吸收利用的范围, 大于 1.15 MPa 时的含水量为无效水分, 植物一般无法吸收利用。本试验采用 0.11 MPa 与 1.15 MPa 将土壤吸力分为低、中水平, 不同吸力段的土壤水分含量见表 3。

可以看出, 土壤持水能力受到土壤类型、高分子用量与水吸力的影响。水吸力为 0.101 MPa 低吸力条件下的土壤含水率为土壤最大毛管持水量, 此时的土壤水植物最容易吸收利用。0.101 MPa 吸力条件下, 2 种高分子用量 1/1 万、8/1 万、20/1 万和 100/1 万砂土含水率分别较对照增加 41.16%、43.105%、133.192% 和 254.157%, 壤土分别较对照增加 41.11%、81.69%、401.65% 和 931.71%, 黏土分别增加 21.72%、201.94%、581.45% 和 921.65%; 水吸力为 0.12 MPa 中吸力时的土壤水植物可以吸收利用, 2 种高分子用量 1/1 万、8/1 万、20/1 万和 100/1 万砂土含水率分别较对照增加 0.130%、5.1165%、12.0120% 和 23.6106%, 壤土分别较对照增加 1.173%、4.173%、21.117% 和 90.183%, 黏土分别增加 1.150%、10.136%、44.114% 和 79.192%; 水吸力大于 1.15 MPa 吸力时的土壤水植物很难吸收利用, 2 种高分子用量 1/1 万、8/1 万、20/1 万和 100/1 万砂土含水率分别较对照增加 2.163%、4.1140%、10.4138% 和 19.2192%, 壤土分别较对照增加 - 0.106%、4.151%、12.110% 和 9.514%, 黏土分别增加 - 0.122%、4.120%、23.124% 和 5.3172%。通过分析比较可以看出, 在不同水吸力下, 高分子化合物与土壤混合均能够增强土壤的持水能力, 且土壤的含水率均随着高分子用量的增加而增加, 砂土的土壤含水率提高幅度较壤土、黏土更为显著, 且随着水吸力的提高其含水率较对照增加越大。比较高分子 SP 与 PAM 对土壤持水能力影响看出, 2 种高分子之间的差异较小, 基本上在同一个水平上。

2.1.3 高分子对土壤水分释放过程的影响

土壤所吸持水分并非在某一吸力段 100% 释放出来供植物吸收利用, 而是随着吸力增大渐渐释放。释放速度也随着吸力的改变而变化。高分子保水

表 2 土壤含水量与水吸力的数学模型与相关系数

Tab. 2 Model and correlative coefficient of soil water content and suction

土壤类型	处理	数学模型	R ²
砂土	S100	$H = 101.980s^{-0.02847}$	0.9887
	P100	$H = 121.021s^{-0.02562}$	0.9893
	S20	$H = 8.0440s^{-0.02353}$	0.9908
	P20	$H = 7.7686s^{-0.02312}$	0.9897
	S8	$H = 5.6327s^{-0.02274}$	0.9936
	P8	$H = 5.2777s^{-0.02262}$	0.9969
	S1	$H = 3.9715s^{-0.01947}$	0.9840
	P1	$H = 3.8595s^{-0.02084}$	0.9756
ck	$H = 3.8163s^{-0.01937}$	0.9837	
壤土	S100	$H = 221.220s^{-0.01862}$	0.9985
	P100	$H = 221.048s^{-0.01838}$	0.9930
	S20	$H = 121.783s^{-0.02294}$	0.9958
	P20	$H = 131.170s^{-0.02408}$	0.9921
	S8	$H = 111.711s^{-0.01942}$	0.9974
	P8	$H = 121.055s^{-0.01871}$	0.9973
	S1	$H = 111.433s^{-0.01858}$	0.9964
	P1	$H = 111.312s^{-0.02002}$	0.9908
ck	$H = 111.344s^{-0.01852}$	0.9962	
黏土	S100	$H = 221.570s^{-0.02195}$	0.9837
	P100	$H = 231.638s^{-0.02150}$	0.9785
	S20	$H = 201.239s^{-0.02040}$	0.9768
	P20	$H = 171.628s^{-0.02197}$	0.9768
	S8	$H = 151.812s^{-0.01922}$	0.9963
	P8	$H = 151.062s^{-0.01758}$	0.9974
	S1	$H = 141.539s^{-0.01626}$	0.9960
	P1	$H = 141.778s^{-0.01591}$	0.9959
ck	$H = 141.659s^{-0.01553}$	0.9964	

注: 相关系数均达到 $P = 0.01$ 极显著水平。

表 3 不同吸力下的土壤含水量
Tab. 3 Soil water content under different suction

土壤类型	处理	低吸力段/MPa					中吸力段/MPa				
		0101	0102	0104	0108	0110	0120	0140	0180	1100	1150
砂土	S100	391 1a	311 5b	291 5a	211 8a	201 3a	171 1a	141 5a	111 5a	101 6a	91 7a
	P100	351 5b	331 5a	281 9a	221 9a	211 1a	171 9a	151 2a	121 5a	111 7a	101 8a
	S20	251 1c	201 1c	171 1b	141 0b	131 0b	111 7b	101 5b	81 5b	71 7b	71 3b
	P20	241 1c	181 9c	161 1b	131 3b	121 5b	111 3b	101 1b	81 2b	71 4b	71 0b
	S8	151 3d	131 4d	121 0c	101 1c	91 5c	81 2c	71 2c	51 8c	51 2c	51 1c
	P8	141 7d	121 3d	111 1c	91 4c	81 9c	71 5c	61 6c	51 5cd	51 0cd	41 8cd
	S1	111 4e	81 3e	71 2d	61 2d	51 9d	51 2d	41 8d	41 2de	41 0cd	31 6de
	P1	111 2e	81 3e	71 2d	61 1d	51 7d	51 2d	41 7d	41 1e	31 9d	31 5de
	ck	101 5e	81 3e	71 0d	51 9d	51 7d	51 2d	41 6d	41 0e	31 8d	31 5e
壤土	S100	511 5a	461 0a	411 2a	351 6a	331 6a	291 7a	261 6a	231 1a	211 8a	201 6a
	P100	481 5a	451 1a	411 2a	351 8a	331 8a	291 7a	261 4a	221 7a	211 1a	201 4a
	S20	351 4b	301 8b	271 7b	231 0bc	211 4bc	181 4b	161 2b	131 2b	121 2b	111 6b
	P20	371 2b	331 1b	301 0b	241 9b	221 9b	191 3b	161 8b	131 5b	121 5b	111 9b
	S8	281 1c	241 7c	221 1c	191 1cd	181 3c	161 2b	141 3b	121 0b	111 2b	101 8b
	P8	271 9c	241 7c	221 1c	191 5cd	181 6c	161 4b	141 7b	121 4b	111 6b	111 1b
	S1	261 2c	231 3c	201 9c	181 4d	171 7c	151 7b	131 9b	111 7b	111 0b	101 6b
	P1	271 5c	241 3c	211 8c	181 9d	181 0c	151 9b	141 1b	111 8b	101 3b	101 4b
	ck	251 8c	231 2c	201 7c	181 2d	171 5c	151 5b	131 7b	111 6b	101 9b	101 5b
黏土	S100	561 4a	521 0a	471 6a	411 0a	381 3a	331 5ab	281 3a	221 8a	201 9a	201 6a
	P100	571 2a	531 2a	491 2a	431 0a	401 1a	351 1a	291 5a	231 7a	211 9a	211 6a
	S20	481 0b	431 5b	391 8b	341 9b	321 8b	291 9b	261 5a	201 4ab	181 6ab	171 8ab
	P20	451 4b	401 7b	371 3b	311 5b	291 3b	251 0c	221 2b	181 1bc	161 7bc	161 1bc
	S8	371 8c	331 6c	291 7c	251 3c	241 1c	221 0cd	191 6bc	161 3c	151 3bc	141 6bc
	P8	331 4d	291 5d	261 8cd	231 5c	221 4c	201 1d	181 1c	151 5c	141 6bc	141 0bc
	S1	301 3d	271 1d	241 5d	221 0c	211 1c	191 3d	171 3c	141 8c	141 0c	131 6c
	P1	301 2d	271 0d	241 7d	221 3c	211 5c	191 3d	171 5c	151 1c	141 2c	131 8bc
	ck	291 5d	261 5d	241 2d	211 9c	211 1c	191 0d	171 2c	141 98c	141 1c	131 7bc

注: 同种土壤同一列相同字母表示在 $P = 0.01$ 水平上差异不显著。

材料 SP 与 PAM 加入土壤中能够影响土壤水的释放速度, 将所吸持水分缓慢释放供植物吸收利用, 其释放水分过程见图 1~ 图 3。3 个图分别表示了砂土、壤土、黏土施入高分子材料以后的持水与释水过程, 图中的每一条曲线代表了一种高分子处理或对照处理从最大毛管持水量到有效水分下限的变化趋势, 曲线上的任一点表示该吸力条件下土壤持水量, 该点处的曲线切线斜率 dH/ds 表示该吸力处的土壤释水速度。

分析图 1~ 图 3 可以看出: 同一吸力条件下, 3 种土壤含水率均随着高分子材料用量的增加而提

高, 1/1 万用量处理效果较差, 与对照几乎没有区别, 100/1 万用量效果特别显著, 说明高分子材料能够提高土壤持水能力, 用量越大, 提高幅度越高; 比较同一含水率对应吸力可以看出, 高分子施入土壤使得同一含水率对应的水吸力增大, 且使用量越高同一含水率所对应的吸力越大, 表明高分子材料的施入可以延缓土壤水分的快速释放, 将土壤中吸持的水分缓慢地释放出来供植物吸收利用。从图中曲线的斜率变化可以看出, 3 种土壤低吸力段水分含量变化最显著, 而中吸力段较为平缓, 高分子处理过的土壤无论是低吸力段还是中吸力段的曲线斜率绝

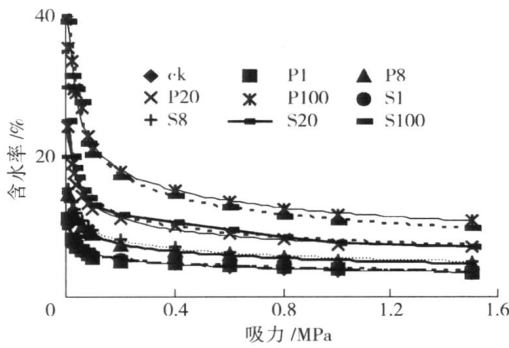


图1 不同处理对砂土持水能力的影响

Fig. 1 Effect of different treatments on water retention of the sand

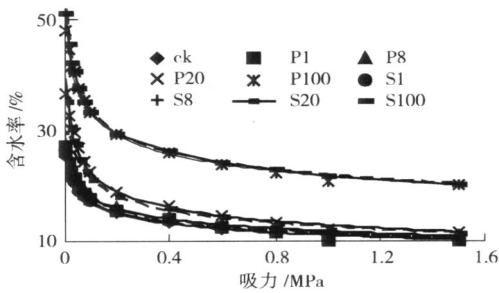


图2 不同处理对壤土持水能力的影响

Fig. 2 Effect of different treatments on water retention of the loam

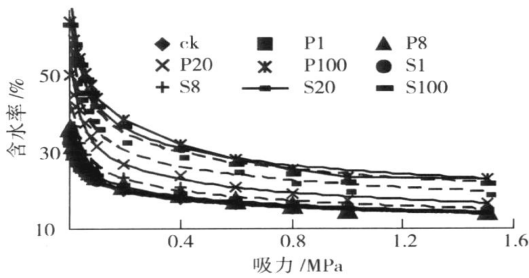


图3 不同处理对黏土持水能力的影响

Fig. 3 Effect of different treatments on water retention of the clay

对值都较对照大,即释放水分的能力较对照提高。从图中2种高分子对土壤持水能力曲线可以看出,除了黏土8/1万用量时SP的作用效果强于PAM,其他处理2种高分子材料作用效果相近,表现在图上为2条曲线近似重叠。

214 高分子对土壤所持水分有效性的影响分析

土壤所吸持水分并非100%释放出来供植物吸收利用,植物无法吸收利用的为无效水分。高分子保水材料SP与PAM加入土壤中能够提高土壤持水能力,但是同时也增加了无效水分含量,其所吸持水

分在不同吸力段的有效性计算过程如下:

$$G = (H - H_c + H_m - H_n) / (H_{0101} - H_{0101})$$

$$H = H_{0101} - H_{01}$$

$$H_m = H_{011} - H_{015}$$

式中: G为高分子所吸持水分的有效水比例,%; H, H_m分别为高分子处理的低、中吸力段释放水量,%; H_c, H_n分别为对照的低、中吸力段释放水量,%; H₀₁₀₁为对照水吸力0101 MPa时的土壤持水量,%; H₀₁₀₁, H₀₁₁, H₀₁₅分别为相同高分子处理在水吸力0101、011、015 MPa时的土壤持水量,%。

通过土壤水分有效性分析(表4)可以看出,各个处理的土壤所释放水量有50%~60%分布在0101~011 MPa的低吸力段,随着高分子用量的增加,所释放的水量随之增加,此吸力段释放的水分最易被植物吸收利用,同时也容易受蒸发等外力作用损失。土壤中中吸力段水分对植物非常重要,3种土壤所释放水量以砂土较对照增加最为显著,高分子用量为1/1万、8/1万、20/1万、100/1万的处理分别较对照增加了400%、150%、100%和2%,而壤土与黏土平均只有100%、50%、13%和2%,所以中吸力段高分子对砂土作用要高于壤土与黏土,用量1/1万的处理由于使用量较低,其作用效果不明显。比较各个处理无效水分含量可以看出,3种土壤高分子100/1万用量时,无效水分急剧增加,土壤无效水含量几乎达到对照土壤的最大毛管水含量水平,即达到凋萎系数时土壤中的有效毛管空隙已经被水占据,不利于土壤的透气,因此,在应用中不应考虑100/1万处理。高分子所吸持水分有效性一直是衡量高分子保水材料性能的重要指标,表4中可以看出2种高分子材料在有效水比例方面效果相似,不考虑100/1万处理时,其所吸持水分有效水比例为8317%。

3 结论

采用离心机模拟不同吸力的方法,测定了土壤的释水过程曲线。分析了2种高分子保水材料不同用量在不同吸力条件下,对3种土壤持水能力的影响,得出以下主要结论:1)3种土壤中加入高分子材料后失水过程与对照土壤相同,其含水率与水吸力均符合 $H = a s^b$ 的幂函数关系,且高分子加入量越大,系数a越大,表明高分子聚丙烯酸钠与聚丙烯酰胺能够提高土壤的持水能力,为土壤增容扩蓄提供新的方法与途径;2)砂土在高分子用量8/1万

表 4 土壤水分有效性分析
Tab. 4 Analysis of the availability of water

土壤类型	处理	土壤释放水量/%		无效水 含量/%	高分子处理较对照增加的水量/%			高分子吸持有 效水比例
		低吸力段	中吸力段		低吸力段	中吸力段	无效水	
砂土	S100	18188a	10152a	9178	14109	8129	6126	0178
	P100	14144b	10127a	10183	9164	8105	7132	0171
	S20	12110c	5173b	7131	7131	3151	3179	0174
	P20	11158c	5151b	7107	6178	3128	3155	0174
	S8	5180d	4142c	5114	1101	2120	1162	0166
	P8	5182d	4116c	4182	1102	1193	1130	0170
	S1	5147d	2126d	3157	0168	0104	0106	0192
	P1	5149d	2116d	3155	0170	0103	0104	0195
	ck	4179e	2113d	3152	0	0	0	0
壤土	S100	17194a	12199a	20161	9167	5195	10108	0161
	P100	14171b	13138a	20147	6144	6134	9194	0156
	S20	14104c	9177b	11165	5177	2172	1112	0188
	P20	14126bc	11102c	11195	5199	3198	1142	0188
	S8	9184d	7151de	10182	1157	0147	0130	0187
	P8	9136d	7145de	11117	1109	0141	0165	0170
	S1	8148e	7113de	10160	0121	0108	0108	0178
	P1	9152d	7165d	10153	1125	0160	0101	0199
	ck	8127e	7105e	10152	0	0	0	0
黏土	S100	18117a	17165a	20165	9182	10126	6189	0174
	P100	17106b	18147b	21166	8171	11108	719	0171
	S20	15117d	15103c	17180	6182	7164	4104	0178
	P20	16117c	13119d	16113	7182	5181	2136	0185
	S8	13178e	9148e	14163	5143	2110	0186	0190
	P8	10198f	8143f	14106	2163	1104	0129	0193
	S1	9121g	7156g	13186	0186	0117	0110	0191
	P1	8172gh	7166g	13185	0137	0127	0109	0188
	ck	8135h	7139g	13176	0	0	0	0

注: 同种土壤同一列相同字母表示在 $P = 0.01$ 水平上差异不显著。

时的含水率与对照差异极显著, 而壤土与黏土与对照差异不显著, 表明高分子对砂土的作用效果要优于壤土与黏土, 因此大面积推广应用应首先选择在土壤偏砂的地区; 3) 高分子加入土壤延缓了土壤的释水过程, 使更多的水分缓慢释放出来, 更加有利于作物对土壤水的吸收利用; 4) 3 种土壤的持水量都随着高分子用量提高而有所提高, 但用量过小效果不显著, 过大则导致无效水分迅速增加, 不利于土壤的通气, 实验证明 8/1 万~ 20/1 万用量效果较好, 其高分子吸持水分的约 831.7% 可释放出供植物利用; 5) 对比 2 种高分子材料性能发现, 除了极个别点

出现差异外, 二者持水与供水能力相近。

4 参考文献

- [1] 朱显谟. 试论黄土高原的生态环境与土壤水库. 第四纪研究, 2000, 20(6): 512-520
- [2] Sivapalan S. Benefits of treating a sandy soil with a crosslinked type polyacrylamide. Australian Journal of Experimental Agriculture, 2006, 46(4): 572-584
- [3] 冯浩, 吴淑芳, 吴普特. 高分子聚合物对土壤物理及坡面产流产沙特征的影响. 中国水土保持科学, 2006, 4(1): 12-19
- [4] 黄占斌, 朱书全, 张铃春, 等. 保水剂在农业改土节水中

- 的效应研究. 水土保持研究, 2004, 11(3): 55260
- [5] 员学锋, 汪有科, 吴普特. PAM对土壤物理性状影响的试验研究及机理分析. 水土保持学报, 2005, 19(2): 3240
- [6] 黄占斌, 万会娥, 邓西平, 等. 保水剂在改良土壤和作物抗旱节水中的效应. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1999, 5(4): 5255
- [7] 张国栋, 黄占斌, 方锋. 保水剂对土壤和猕猴桃产量的影响. 干旱地区农业研究, 2003, 21(3): 2629
- [8] AlHumaid A I. Effects of hydrophilic polymer on the survival of buttonwood (*Conocarpus erectus*) seedlings grown under drought stress. *European Journal of Horticultural Science*, 2005, 70(6): 282288
- [9] Kukal S S, Kaur M, Bawa S S, et al. Water drop stability of PVA-treated natural soil aggregates from different land uses. *Catena*, 2007, 70(3): 472479
- [10] Agassi M, Letey J, Farmer W J, et al. Soil erosion contribution to pesticide transport by furrow irrigation. *Journal of Environmental Quality*, 1995, 24(5): 892895
- [11] Lentz R D, Sijka R E, Robbins C W, et al. Polyacrylamide for surface irrigation to increase nutrient use efficiency and protect water quality. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 2001, 32(7/8): 120321220
- [12] 赵世伟, 周印东, 吴金水. 子午岭北部不同植被类型土壤水分特征研究. 水土保持学报, 2002, 16(4): 112122
- [13] 庄季屏, 王伟. 土壤低吸力段持水性能及其早期土壤干旱关系的研究. 土壤学报, 1986, 23(4): 302312

(责任编辑: 程云)

(上接第70页)

- [8] 刘国彬. 黄土高原草地土壤抗冲性及其机理研究. 水土保持学报, 1998, 4(1): 93296
- [9] 李鹏, 李占斌, 郝明德, 等. 黄土高原天然草地根系主要参数的分布特征. 水土保持研究, 2003, 3(1): 1442146
- [10] 李勉, 姚文艺, 李占斌. 黄土高原草本植被水土保持作用研究进展. 地球科学进展, 2005, 20(1): 74280
- [11] 李勇, 朱显谟, 田积莹. 黄土高原植物根系提高土壤抗冲性的有效性. 科学通报, 1991, 36(12): 932938
- [12] 南京农业大学. 土壤农化分析. 北京: 农业出版社, 1986
- [13] 李鹏, 李占斌, 澹台湛. 黄土高原退耕草地植被根系动态分布特征. 应用生态学报, 2005, 16(5): 842853
- [14] Vogt K A, Vogt D J, Vogt P A, et al. Review of root dynamics in forest ecosystems grouped by climate, climatic forest type and species. *Plant and Soil*, 1996, 187: 152219
- [15] Benoit C, Nicolass B, Francois C. A cyclical but asynchronous pattern of fine root and woody biomass production in a hardwood forest of southern Quebec and its relationships with annual variation of temperature and nutrient availability. *Plant and Soil*, 2003, 250(1): 4257
- [16] Mou P, Mitohell R J, Jones R H. Root distribution of two tree species under a heterogeneous nutrient environment. *Applied Ecology*, 1997, 34: 642656
- [17] 朱志诚, 贾东林, 岳明. 艾蒿群落生物量初步研究. 中国草地, 1997(5): 613
- [18] 胡建忠, 郑佳丽, 沈晶玉. 退耕地人工植物群落根系生态位及其分布特征. 生态学报, 2005, 25(3): 1422151
- [19] 李鹏, 李占斌, 鲁克新. 黄土区草本植被根系与土壤垂直侵蚀产沙关系研究. 植物生态学报, 2006, 30(2): 302306

(责任编辑: 程云)