

BP 保水剂及其对土壤与作物的效应*

张富仓 康绍忠

(西北农业大学)

摘 要 对美国生产的 BP 保水剂在土壤中的试验结果表明, BP 保水剂有极强的吸水保水能力, 对无离子的吸水能力为 38.7 mL/g , 含盐量在 $0 \sim 0.1\%$ 范围内, 溶胀度变化最大, 在 0.1% 盐水中的溶胀度仅为蒸馏水的 63% , 吸持的有效水占 $2/3$ 以上; BP 保水剂施加到土壤中可改善土壤物理水分性状, 土壤持水性能显著增大, 在 $0.01 \sim 1.5 \text{ MPa}$ 土壤水势范围内, 砂土和重壤土较轻壤土和中壤土有显著增加; 土壤中施加 BP 保水剂, 土壤饱和和导水率显著降低, 土壤蒸发性能无显著变化, 土壤团聚作用增强; 其中砂土增加效果显著; BP 保水剂加入砂土中盆栽种植小麦试验表明, 加入 BP 保水剂, 可使小麦幼苗株重、根系长度和根重有明显的增加, 根冠比明显增大, 根系营养状况良好, 对小麦生长有明显的促进作用。

关键词 BP 保水剂 保水特性 土壤水分性状

发展节水农业, 提高水的有效利用率, 是保证旱区农业持续发展的重要问题, 土壤水是作物生长的水分主要来源, 以节水高产为目标的土壤水调节就是要使有限灌溉水量既能满足土壤水向根系活动层的及时供应, 又不产生深层渗漏造成灌水的浪费, 还要尽量减少地表无效蒸发和提高土壤储水向蒸腾耗水的转化效率。近些年来, 有许多资料报导在旱区土壤中施加保水剂, 对土壤水库的调控和农田作物生长有重要的影响^[1-4]。我们对美国生产 BP 保水剂的保水特性进行综合试验研究, 以探求其在农业上的应用效果。

1 BP 保水剂的吸水保水特性

1.1 BP 保水剂的主要特征

BP 保水剂为天蓝色胶粒状物质, 属有机高分子交联物质, 表观密度为 0.55 g/cm^3 , 它具有高度吸水能力, 吸水后体积膨大, 呈白色或无色胶粒状, 吸水后膨胀大小决定于水的含盐量多少, 在西北农业大学校园内自来水中, 自身膨胀达 20 倍, 吸水后溶液呈中性, pH 值为 7.16, BP 保水剂含 N 量为 0.045% , 含 P_2O_5 量为 0.027% , K_2O 含量为 0.083% 。

BP 保水剂的吸水性能可用保水剂的溶胀度表示, 即单位质量的保水剂吸收水的数量 (mL/g), 表 1 中列出了 BP 保水剂在去离子水(蒸馏水), 自来水(西北农业大学, 含盐量 0.16% 即 $1600 \mu\text{g/g}$), 人工尿及不同浓度的氯化钠溶液中的溶胀度(离心抽滤法)。

保水剂溶胀度在含盐溶液中迅速降低, 溶液中含盐量愈高, 保水剂溶胀度愈小, 被动吸水能力愈差。BP 保水剂在含盐量为 $0 \sim 0.1\%$ 时, 溶胀度变化最大。BP 保水剂在 0.1% 盐水中的溶胀度仅是蒸馏水的 63% 。

收稿日期: 1998-06-04 1999-04-19 修订

* 国家杰出青年基金资助项目的部分内容

张富仓, 副研究员, 陕西杨凌 西北农业大学农业水土工程研究所, 712100

表 1 BP 保水剂在不同浓度盐溶液中的溶胀度

Tab 1 Retaining capacity of water retaining BP agent in different concentration solutions

处理	蒸馏水	自来水	人工尿	NaCl 溶液				
				0.1 %	0.2 %	0.4 %	0.8 %	
BP 保水剂	溶胀度/ $\text{mL} \cdot \text{g}^{-1}$	38.7	20.4	11.6	24.4	18.2	14.7	10.3
	相对*/%	100	52.7	30.0	63.0	47.0	38.0	26.6

* 相对: 指相对溶胀度 = $\frac{\text{盐溶液中溶胀度}}{\text{蒸馏水中溶胀度}} \times 100\%$

1.2 BP 保水剂的持水特征

BP 保水剂对无离子水(蒸馏水)的吸水能力为 38.7 mL/g , 它吸收的水分是否为有效水(即能被作物利用的水分), 这就必须确定保水剂持水的能量状况。为此, 我们用离心机法测定了 BP 保水剂持水曲线, 即保水剂保持的水量与其水势关系式。

测定结果表明, 保水剂所吸收的水分在 $0 \sim 1.5 \text{ MPa}$ 时水势为 26.36 g , 相当于吸水度的 68% , 还有相当部分水保持在 1.5 MPa 以上, 为 12.34 g , 占吸水度的 32% 。一般土壤中, $0 \sim 1.5 \text{ MPa}$ 吸力下保持的水是作物利用有效水, 其中在 $0 \sim 0.05 \text{ MPa}$ 之间最为适宜。同时还可看出, BP 保水剂保水能力很强, 无效水占 $1/3$ 左右, 从作物试验结果看, 作物根系大多穿过 BP 保水剂, 说明作物对这部分水也有利用的可能。

2 BP 保水剂对土壤水分性状的影响

2.1 土壤物理性质

经测定, 随着 BP 保水剂施入土壤中量的增加, 土壤体积膨胀率, 总孔隙度增加, 密度降低, 随液相百分含量增加, 气相百分含量和固相百分含量相应减小。施用 BP 保水剂 $0.1\% \sim 0.5\%$ 及 $1.0\% \sim 1.40\%$ 量的范围各值变化较小, 因此 0.5% 可视为最低临界指标值, 1% 则视为最高临界指标值, 表 2 为粗砂土和 BP 保水剂不同用量土样的各指标值。

表 2 BP 保水剂不同用量对粗砂土各物理性状的影响(环刀称重法)

Tab 2 Effect of different contents of BP on physical properties of sandy soil (weight method) %

BP	0	0.1	0.5	0.75	1.0	1.40
重量含水率	25.62	27.05	40.12	45.08	54.15	55.86
容积含水率	38.43	41.42	50.91	47.33	44.40	48.60
体积膨胀率	0	1.33	15.4	30.0	45.33	42.0
容重/ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	1.50	1.52	1.27	1.05	0.82	0.87
总孔隙度	43.02	42.64	52.08	60.38	69.06	67.17
固相	56.98	57.36	47.92	39.62	30.94	32.83
汽相	4.59	1.52	1.17	13.05	24.66	18.57
液相	38.43	41.12	50.91	47.33	14.40	48.76

2.2 土壤持水性质

土壤持水性质可用土壤的持水曲线表示(水分特征曲线)即是土壤中保持水的数量与能量的关系, 用粗砂土、轻壤土、中壤土和重壤土混合 BP 保水剂样品, 采用离心法测不同吸力下的含水率, 其中粗砂土 BP 剂量分别为 0.5% 和 1% , 其余三种土壤为 1% , 其测试资料如表 3

所示。

由表 3 可以看出, 砂土随 BP 保水剂用量的增加, 不同吸力下的土壤含水率增加幅度较大。不同质地土壤加入 1% BP 保水剂, 土壤持水量在不同吸力下均明显增大, 以 0.01~0.05 MPa 的水量比对照增加计算: 砂土增加 64%、轻壤土增加 42%、中壤土增加 65%、重壤土增加 78%; 以 0.03~1.5 MPa 的水量比对照增加计算: 砂土增加 85%、轻壤土增加 48%、中壤土增加 75%、重壤土增加 95%, 这些水均是有效水。同时 1.5 MPa 相当于萎蔫点的水量也相应增加, 即无效水也增加。加入 BP 保水剂土壤的持水量大部分保持在 0.01~0.1 MPa, 一般土壤中 0.01~0.1 MPa 吸力下保持的水量是作物容易利用的, 在 0.01~0.5 MPa 之间的最为适宜。可见, BP 保水剂加入土壤中保持的水量大部分是有效的或速效的。

表 3 不同土壤与 1% BP 保水剂混合样在各吸力下的含水率

Tab 3 Water contents in different suctions of four kinds of soil mixed with one percent BP contents

%

BP 用量	吸力/MPa								
	0	0.01	0.03	0.05	0.08	0.1	0.3	0.5	1.5
粗砂土(对照)	25.62	17.66	12.22	10.06	8.96	8.67	4.84	3.19	2.26
粗砂土(1%BP)	32.80	19.72	14.08	12.67	10.65	9.94	8.14	7.0	5.86
粗砂土(1%BP)	54.28	33.42	26.40	22.50	19.35	17.58	13.22	10.95	8.15
轻壤土(对照)	35.57	27.69	20.77	17.01	14.31	13.19	10.81	8.66	6.62
轻壤土(1%BP)	60.61	39.43	30.55	25.39	21.55	19.60	14.87	12.63	9.08
中壤土(对照)	41.55	29.72	24.42	21.85	19.57	18.58	15.24	14.46	11.34
中壤土(1%BP)	67.62	44.37	36.84	32.09	28.34	25.93	20.46	17.89	13.86
重壤土(对照)	41.33	31.14	25.77	23.66	21.75	20.92	18.06	17.03	14.01
重壤土(1%BP)	68.89	47.44	39.95	35.16	31.33	29.50	24.21	21.36	17.01

2.3 土壤渗透性

土壤水渗透的难易可以用土壤的饱和导水率(K_s)来衡量。饱和导水率是指饱和土壤在单位水头梯度下, 单位时间内通过单位面积土层的水的通量(cm/min)。用入渗透仪法测定了 3 种土壤加入 1% BP 保水剂后土壤的饱和导水率。

结果表明, 3 种土壤加入 BP 保水剂使土壤饱和导水率降低 1 个数量级左右, 轻壤土、中壤土和重壤土由 $8.62 \times 10^{-2} \text{cm}/\text{min}$ 、 $4.35 \times 10^{-2} \text{cm}/\text{min}$ 和 $3.74 \times 10^{-3} \text{cm}/\text{min}$ 分别降低为 $7.52 \times 10^{-3} \text{cm}/\text{min}$ 、 $4.67 \times 10^{-3} \text{cm}/\text{min}$ 和 $7.37 \times 10^{-4} \text{cm}/\text{min}$, 其原因是在溶胀过程中体积膨大使土壤中大孔隙不断减小而使 K_s 逐渐降低。

3 BP 保水剂在土壤中的蒸发效应

3.1 施入 BP 保水剂对土壤蒸发的影响

供试土样 3 种: 轻壤土、中壤土和重壤土(黄绵土、黑垆土和塬土), 称取每种土壤 8 份, 每份 100 g, 放在大铝盒中, 每种土壤设置 4 种处理, 即 CK、0.1% BP、0.5% BP、1% BP, 重复一次, 各处理中分别加入蒸馏水 50 g, 让其在恒温恒湿箱蒸发, 观察不同时间累积蒸发量(mm), 试验完毕, 将土壤倒在纸上, 令其自然风干, 用湿筛法测定土壤团聚度, 即每 100 g 土中所含粒径大于 0.25 mm 的土重。三种土壤的累积蒸发量试验结果如表 4 所示。

由表 4 可以看出, 对于轻壤土, 加入不同比例 BP 保水剂, 其累积蒸发量比对照略有增加,

但不同比例BP 处理间没有显著差异,说明不同比例BP 处理对土壤蒸发没有显著影响;对于中壤土,加入不同比例BP 保水剂,其累积蒸发量比对照略有降低,但不同比例BP 处理间随BP 比例的增加累积蒸发量略有增大,但差异不显著。对于重壤土,不论是对照还是BP 处理累积蒸发量差异均不显著。总的来说,施入BP 保水剂对土壤蒸发没有明显的影响,这与国内报导的高吸水树脂效果相同^[5]。因此,要使树脂施入土壤中既能保持水分又能减少土壤蒸发,最好避免保水剂洒在土壤表面,应穴施或深施。

表 4 3 种土壤加入不同比例BP 保水剂土壤累积蒸发量

Tab. 4 Total quantity of evaporated water of three kinds of soil mixed with different BP contents mm

土壤	处理	时间/d					
		3	4	5	6	7	10
轻壤土	对照(CK)	12.78	16.87	21.91	25.89	30.71	47.85
	0.1%BP	13.78	17.60	22.65	27.43	32.65	48.56
	0.5%BP	12.58	16.91	22.13	27.27	32.65	47.62
	1%BP	13.53	18.0	23.54	28.04	33.55	47.44
中壤土	对照(CK)	15.92	20.54	26.44	31.59	38.02	49.16
	0.1%BP	14.66	18.81	23.37	28.53	34.49	48.07
	0.5%BP	14.48	19.31	24.63	29.47	35.14	48.10
	1%BP	15.21	20.19	29.59	31.49	36.56	48.12
重壤土	对照(CK)	14.15	18.96	23.57	28.43	33.92	48.2
	0.1%BP	15.17	20.17	26.35	32.00	28.23	47.76
	0.5%BP	14.15	18.77	24.48	30.04	35.83	48.23
	1%BP	14.07	18.70	24.15	28.99	34.34	47.534

3.2 BP 保水剂对土壤团聚作用的影响

表 5 为加入不同用量BP 保水剂蒸发试验后 3 种土壤每 100 g 土中所含粒径大于 0.25 mm 的土重,由表 5 可见,加入不同比例BP 保水剂,对土壤团聚度的作用是较大的,随BP 用量增大,团聚作用愈强,其中质地轻壤的黄绵土效果最好,中壤土和重壤土由于土壤本身团聚结构好,加入BP 保水剂,对其影响不大。

表 5 3 种土壤加入不同量BP 保水剂粒径大于 0.25 mm 的土重

Tab. 5 Soil weight of particle size larger than 0.25 mm from three kinds of soil mixed with different BP contents g

土壤	对照(CK)	0.1%BP	0.5%BP	1%BP
轻壤土	7.97	14.70	18.34	24.24
中壤土	48.35	53.12	55.17	59.26
重壤土	69.23	71.17	73.36	76.17

4 BP 保水剂对作物的效应

试验利用盆栽试验在砂土种植小麦,试验设三种处理,砂土种小麦,砂土加 0.5%BP 种小麦,砂土加 1%BP 种小麦。由于试验期间低温,阴天较多,小麦长势缓慢,在小麦长到 3 叶期时,测其小麦生长情况如表 6 所示。

表 6 砂土加入不同用量BP 保水剂冬小麦生长情况

Tab. 6 Wheat growth in sandy soil added with different BP contents

土壤加入BP 保水剂/%	总叶数 /片	株高 /cm	平均株重 /g	根系长 /cm	根重 /g	根颜色
0.00	3	8.4	0.185	7.5	0.11	发白
0.50	3	8.2	0.357	11.8	0.25	浅褐色
1.00	3	8.7	0.674	19.5	0.54	褐色

由表 6 可见, 砂土中小麦生长到 3 叶期, 不同处理间小麦株高没有显著差异, 这是由于早期小麦发芽到生长的营养条件 3 种处理都得到满足, 因此对 3 叶期生长没有显著影响。但平均每株重、根系长、根重都有显著的变化, 随着 BP 用量的增加, 上 3 个指标值明显增大, 根冠比明显增大, 说明 BP 保水剂有显著促进小麦根系生长的作用, 从根颜色还可看出, 不施 BP 保水剂根系发白(黄), 施入 BP 保水剂, 根系颜色变深, 说明 BP 保水剂不但水分含量高, 而且养分含量较丰富。总之, 土壤中加 BP 保水剂有明显促进小麦生长, 至于 BP 保水剂对小麦产量和后期生长状况的影响, 还需进一步研究。

参 考 文 献

- 1 胡 芬, 姜雁北 高吸水剂 KH₈₄₁ 在旱地农业中的应用 干旱地区农业研究, 1994, 12(4): 83~ 86
- 2 华 孟, 苏宝林 高吸水树脂在农业上的应用的基础研究 北京农业大学学报, 1989, 15(1): 37~ 43
- 3 浅野次郎 高吸湿性树脂在农业上的应用 白志华译 国外农业科技, 1986(8): 8~ 9
- 4 张秉刚 淀粉高吸水剂在农业上的应用初报 广东农业科学, 1986(1): 29~ 33
- 5 邢玉芬, 帅修富, 李长荣 高吸水性树脂单施及肥料混施对土壤水分蒸发及团聚作用的影响 北京农业大学学报, 1993, 19(4): 52~ 56

Water Retaining BP Agent and Its Effect on Soil and Crops

Zhang Fucang Kang Shaozhong

(Northwestern Agricultural University, Yangling, 712100)

Abstract Water retaining properties of water retaining BP agent manufactured in U SA and its effect on soil and crops were studied. The results obtained were as follows: There were strong absorb-retaining properties with BP, absorbing capacity in distilled water is 38.7 mL/g, there was a large change of imbibition in the range of 0~ 0.1% solution concentration, the imbibition of 0.1% solution concentration is 63% in distilled water, the amount of available water absorbed is over 2/3; soil water physical characteristics were improved and water retention power increases as BP is added to soil; in the range of 0.01~ 1.5 MPa soil water potential, there were obvious increases in sand soil and heavy loam soil compared with that of light loam and middle loam soil; when BP is added to soil saturated hydraulic conductivity will decrease, soil evaporation properties have no obvious change, especially in sand soil; sand soil wheat pot experiment with BP added to soil showed that there were obvious increases in the weight of wheat root, root length and ratio of root and shoot, the nutrition condition of root system was better, and the wheat growth was improved.

Key words water retaining BP agent, water retaining properties, soil water status