

10 种保水剂基本特性对比研究

张建刚¹, 汪勇^{1,2}, 汪有科^{1,2}, 宋海燕^{1,2}, 何婷婷¹, 汪星¹

(1. 西北农林科技大学, 陕西 杨凌 712100; 2. 国家节水灌溉杨凌工程研究中心, 陕西 杨凌 712100)

摘要: 本文通过室内实验, 比较分析了 N₁, N₂, Hl, B, S, Hm, K, Ph, J, Hs 等 10 种农用保水剂在纯水及不同肥料溶液中的吸水倍数、吸水速率、保水率及反复吸水次数。结果表明: 所有保水剂在纯水中都有较高的吸水倍数, 但不同浓度的不同肥料溶液对所有保水剂吸水倍数有着不同的影响, 在相同浓度条件下, 保水剂 B、K 和 Hs 相对其他保水剂其吸水倍数较高; 就吸水速率看, B、K、J、和 Hs 保水剂都能较快地吸水; 各种保水剂在土壤中和加热蒸发条件下的保水率 B、S、K、Hs 四种保水剂的保水能力要好于其他保水剂; 在经过 25 次反复吸水—烘干后, N₂、S、Hm、Ph 四种保水剂其吸水倍率仍能达到 150 倍以上; 综合粒径对四种特性的影响可以看出, 粒径只对保水剂吸水速率有较大的影响, 而对吸水倍率、保水能力和反复吸水次数影响均不大。

关键词: 保水剂; 吸水倍数; 吸水速率; 保水率

中图分类号: S156.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2009)02-0208-05

保水剂是一种高分子化合物, 可以吸持是自身重量数百倍的水分^[1,2]。1969 年, 美国农业部北部研究中心(NRRC)首先研制出淀粉接枝聚丙烯腈类保水剂, 并于 20 世纪 70 年代中期将其利用于玉米、大豆种子涂层、树苗移栽等方面, 取得良好的效果, 随后世界各国竞相研制保水剂。1974 年, 保水剂在美国 Granproce ssingco 公司实现了工业化生产。随后日本重金购买了其专利, 迅速赶上并超过了美国, 相继开发了聚丙烯酸盐等一系列高吸水性树脂, 成为目前世界上生产和出口保水剂最多的国家。目前世界已有 30 多个国家在进行着保水剂的研究和应用^[3,4]。

我国保水剂研制和应用始于 20 世纪 80 年代中期, 发展较快。全国有 40 余个单位研究开发, 并陆续应用于农林生产领域, 但未批量化。90 年代以来, 一批新型保水剂厂家和产品陆续问世。例如, 中国矿业大学(北京)利用风化煤研制出腐殖酸复合保水剂; 1998 年, 河北保定市科瀚树脂公司科技人员采用生物实验技术研制成功“科瀚 98”系列高效抗旱保水剂; 2003 年南京工业大学利用高科技新工艺研制成了新一代生物聚合高效吸水材料 γ -聚谷氨酸(γ -PGA), 能吸收比植物自身重 1 108.4 倍的自然水。中国科学院兰州化物所研制出凹凸棒复合保水剂, 在胜利油田长安实业(集团)公司有限责任公司建成 3 000 t/a 的生产线, 率先在国内实现了有机/无机复合保水剂的产业化; 唐山博亚科技(集

团)有限公司研发 12 个系列农用保水剂产品, 年产保水剂 1.5 万 t, 被农业部命名“国家保水剂生产示范基地”。

目前, 生产保水剂的厂家众多, 国家还没有出台保水剂产品的统一的标准。为了使保水剂的使用者了解保水剂的特性和正确使用保水剂, 笔者对东莞普华实业有限公司等单位提供的 10 种保水剂的保水剂特性进行了研究, 希望为厂家制定生产规范和用户正确使用保水剂提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 保水剂

N₁: 法国 SNF 农林业保水剂(购于北京绿色奇点有限公司, N₁ 粒径 0.5 mm 是小颗粒); N₂: 法国 SNF 农林业保水剂(购于北京绿色奇点有限公司, N₂ 粒径 2 mm 是大颗粒); Hl: 旱露植保保水营养缓释剂(北京绿色奇点有限公司提供); B: 博亚高能抗旱保水剂(购于博亚科技有限公司); S: 美国四达抗旱保水剂(购于四达公司北京办事处); Hm: 华美抗旱保水剂(购于北京华美有限公司); K: “科瀚 98”高吸水树脂抗旱保水剂(保定市科瀚树脂有限公司提供); Ph: 普华高能抗旱保水剂(东莞普华实业有限公司提供); J: 稷丰农林保水剂(广州德一丰生物有限公司提供); Hs: 鸿森保水剂(西安鸿森农业生态有限公司提供)。

收稿日期: 2008-06-24

基金项目: 科技部 863 课题“现代节水农业技术系统创新及集成应用”(2006AA100223)

作者简介: 张建刚(1979—), 男, 陕西杨凌人, 在读硕士, 研究方向为农业水土工程。E-mail: zjg029@yahoo.com.cn.

1.2 不同保水剂性能测定

主要包括在纯水中的吸水(液)倍率、吸水速率、保水性、反复吸水性和对 0.1%、0.5%、1%、1.5%浓度下氮肥(尿素 CO(NH₂)₂)、钾肥(K₂SO₄ 分析纯)、磷肥[(NH₄)₂HPO₄ 分析纯]肥料溶液的液性能等指标。所有保水剂粒径为 0.5~1 mm 之间(除法国 SNF 农林业保水剂 N₂),所测试验处理均设 3 个重复。

1.3 测定方法^[5,6]

1.3.1 不同保水剂吸水倍数(Q)的测定 依据下

$$Q = \frac{m_2 - m_1}{m_1}$$

式中, m₁、m₂ 为干、吸水饱和后的保水剂质量。

1.3.2 不同保水剂吸水速率的测定 按照测定吸水倍率的过滤方法称取保水剂 1 g 数份,分别置于水和不同溶液中静置,依次以不同时间进行过滤称量,得到保水剂在不同时间的吸水速率。

1.3.3 不同保水剂保水能力测定

1) 在土壤中的保水率。

称取充分烘干的土样(陕西关中塬土)50 g 于蒸发皿中,分别加入相当于土样质量 0.1%的保水剂(0.5 g),并以相同质量土壤不加保水剂作对照,再加入 50 mL 蒸馏水,放置室内让其自然蒸发,每 12 h 称重一次,记录土壤的水分蒸发量,直至恒重不变为止。

2) 加热蒸发条件下的保水率。

按下式计算保水率 Q_r

$$Q_r = (W - W_e - W_{re}) / W_w$$

式中, W 为烧杯与溶胀的保水剂总质量; W_e 为烧杯质量; W_{re} 为干保水剂重; W_w 为初始水的重。

1.3.4 保水剂反复吸水次数测定 通过对保水剂进行吸水—烘干—再吸水—再烘干这一可逆反应的测定。

2 结果与分析

2.1 不同保水剂在不同肥料溶液中的吸水倍数比较

吸水倍数是衡量保水剂应用性能的最主要评价指标之一,而不同浓度的不同肥料溶液的吸水倍数在实际生产应用中更是尤为重要。由表 1 可以看出:在纯水情况下都有相对较高的吸水倍数,可以吸收自身质量的几百倍,其中 H_s 最高,达 640 多倍,比最低的 H_l 高 59.3%;但肥料溶液对所有保水剂吸水倍数有着不同的影响,在 CO(NH₂)₂ 溶液中,部分保水剂随 CO(NH₂)₂ 溶液浓度的增大其吸水倍数相对增大,(这试验结果与黄占斌等“保水剂与氮肥配合施用,吸氮量的氮肥的利用率可提高 27.06%”的结果一致),尤其是保水剂 N₁、N₂、K 和 H 在 1.5%浓度中的吸水倍数还高于纯水吸水倍数;在 K₂SO₄ 和(NH₄)₂HPO₄ 溶液中所有的保水剂吸水倍数都急剧的降低,并随溶液浓度的增大其吸水倍数降低相当显著;K₂SO₄ 溶液浓度从 0.1%上升到 1.5%,N₁、N₂、H_l、B、S、H_m、K、Ph、J、H_s 吸水倍数就分别下降了 94.2%、96.3%、95.2%、83.8%、95.5%、76.9%、73.6%、97.2%、91.7%、96.5%,下降幅度多数都在 90%以上,特别是在 1.5%K₂SO₄ 溶液,大部分保水剂的吸水倍数仅有纯水的九十分之一到百分之一。从上述分析得出,在相同浓度条件下,B、H_m、K 和 H_s 四种保水剂相对其他保水剂其吸水倍数较高,但 H_s 在 K₂SO₄ 溶液中受溶液浓度的影响较显著。

表 1 不同保水剂在不同溶液中的吸水倍率

Table 1 Water absorbent capacity of each super absorbent polymer in different solutions

保水剂 Water-absorbent capacity(1 g)	纯水 Purified- water	CO(NH ₂) ₂				K ₂ SO ₄				(NH ₄) ₂ HPO ₄			
		0.1%	0.5%	1%	1.5%	0.1%	0.5%	1%	1.5%	0.1%	0.5%	1%	1.5%
N ₁	312.1	305.1	306.0	313.5	320.2	116.4	54.6	20.1	6.8	143.2	76.6	54.2	46.2
N ₂	305.0	296.3	297	306.1	315.6	143.7	41.8	36.2	5.7	114.2	73.2	47.7	43.9
H _l	261.7	162.9	205.8	229.3	231.6	127.9	73.3	24.6	6.1	88.9	61	51.1	48.3
B	557.3	378.8	425.3	453.7	569.8	225.9	117.4	54.8	36.6	185	93.1	83.6	69.9
S	362.1	214.5	347.2	240.8	332.7	129.5	69.5	16.2	5.8	94.7	64.1	50.1	42.7
H _m	422.5	367.4	404.5	428.1	442.2	164.8	92.2	68.3	38.3	162.7	93.4	80.9	80.5
K	436.8	343.1	392.7	409.3	446.3	156.2	101.4	63.8	41	175.8	95.4	76.8	64.1
Ph	347.9	261.3	294.4	242.4	279.9	149.6	66.1	41.9	4.2	157.5	74.1	64.1	53.5
J	514.5	305.5	345.8	381.5	432.5	193.6	77.8	56.8	16.1	143.6	87.3	71.4	61.7
H _s	641.7	396.9	455.2	457.2	467.1	182.4	108.6	53.7	6.3	177.6	96.9	87.9	65.5

注:表中数据为 1 g 保水剂在不同时间的累积吸水量(g)。

Note: The data in the table are the amount of cumulative water absorption by 1g of different super absorbent polymers.

N_1 和 N_2 保水剂的化学成分均相同, 只是粒径不同(N_1 粒径 0.5 mm, N_2 粒径 2 mm), 从表 1 可以看出, 两种保水剂在不同溶液中的吸水倍率在纯水和尿素溶液中, 粒径对保水剂的吸水倍率几乎没有影响; 在磷肥和钾肥溶液中, 粒径不同, 保水剂的吸水倍率略有差异, 但相差不大。故认为粒径对保水剂吸水倍率影响不大。

2.2 不同保水剂吸水速率

吸水速率是保水剂应用性能又一关键性评价指标。它是指单位质量保水剂在单位时间内能吸收相

当于自身质量多少倍的水溶液, 是衡量保水剂能否快速吸水的一个重要指标。

2.2.1 不同保水剂在纯水中的累积吸水量 由图 1 可看出, 在 1 min 时 B、K、J 和 Hs 保水剂都能较快地吸水, 吸水倍数在 100 倍以上, 在吸水 5 min 后其吸水量分别达到 60 min 时吸水量的 80.4%、77.7%、84.1%、76.1%; 而大颗粒 N_2 最低, 在吸水 5 min 后, 保水剂的吸水量仅达到 60 min 时吸水量的 13.3%, 说明 B、K、J 和 Hs 保水剂的吸水速度比较快, 能迅速吸收外来水, 更适合于生产应用。

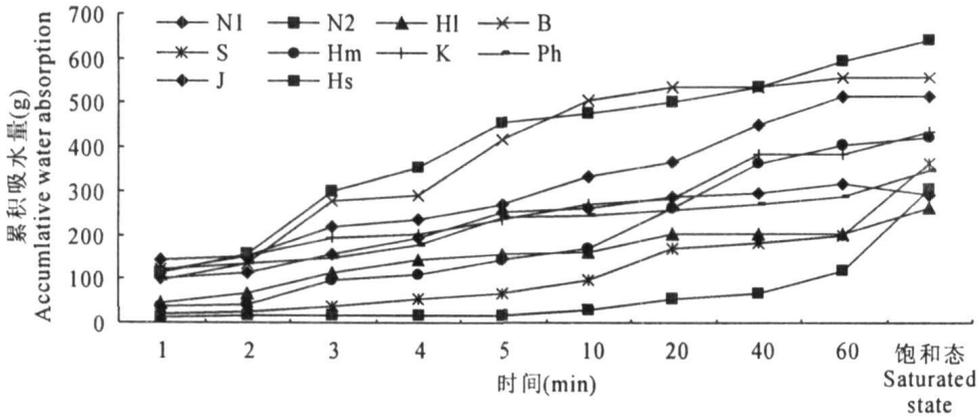


图 1 不同保水剂在纯水中的累积吸水量

Fig.1 Cumulative water absorption of different super absorbent polymers in distilled water

2.2.2 颗粒对保水剂吸水速率的影响 选择法国 SNF 农林业保水剂 N_1 (粒径 0.5 mm) 和 N_2 (粒径 2 mm) 保水剂作为研究对象, 以纯水为例, 结果如图 2。

率来说, 法国 SNF 农林业保水剂(N_2)表现较差, 不适合在农林上采用。可见, 粒径对保水剂吸水速率影响很大。

2.3 不同保水剂保水能力

保水剂的保水能力指的是吸水后的膨胀体保持其水溶液不离析的能力, 是反映所获溶液是否能被充分地利用并长期加以应用的一项重要指标^[7]。

2.3.1 在土壤中的保水率 室内自然条件下(前 26 d 和后 15 d 室内相对湿度平均分别为 55% 和 50%, 温度平均为 19°C 和 21°C), 土壤中的保水率测定结果表明, 与对照相比, 保水剂都具有明显的保水效果; 在 1.5 d 后, 失水量最低的保水剂为 K, 最高的为 S; 在 8 d 后, B、Hm、K、Hs 具有较高的保水率, 与对照相比保水效率分别增加了 28.9%、28.5%、27.3%、27.2%; 在 26 d 时, 对照基本蒸发结束; 通过持续观察, 与对照蒸发结束的天数, N_1 、H1 可以延长 10 d, N_2 、Hm、Ph 和 J 可延长 13 d, K、Hs、B、S 可延长 15 d。

2.3.2 颗粒对保水剂失水速率的影响 以法国 SNF 农林业保水剂(N_1 、 N_2)为研究对象, 结果如下图 3 所示。

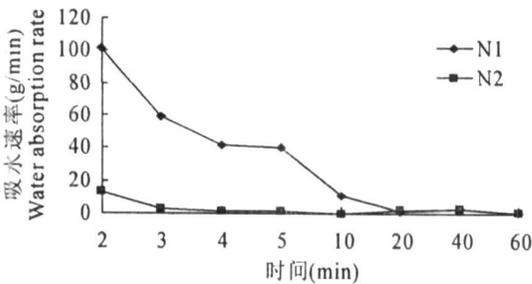


图 2 不同粒径保水剂吸水速率比较

Fig.2 Comparison of water absorption rate of super absorbent polymers with different particle size

从图 2 可以看出, 随着时间的变化, N_2 保水剂吸水速率几乎不变, 在 0.3~13.3 g/min 之间, 变幅非常小, 甚至在 0~5 min 内其吸水速率一直在减小, 这在农林应用上是非常不利的; 而 N_1 保水剂在整个过程中的变幅则比较大, 在 0.4~101.6 g/min 之间, 在前 5 min, 其吸水速率都很高, 这与其他保水剂在纯水中的变化规律是一致的, 因此就吸水速

表 2 不同保水剂在土壤中的累积失水量

Table 2 Cumulative water loss of different super absorbent polymers in soil

项目 Items	N ₁	N ₂	Hl	B	S	Hm	K	Ph	J	Hs	CK
1.5 d	3.57	3.60	4.08	3.78	4.50	3.42	3.40	3.50	3.50	3.44	5.97
8 d	9.26	9.20	9.73	9.02	10.10	8.80	8.83	9.14	9.07	9.00	13.79
26 d	40.32	40.38	41.02	40.05	41.93	39.23	39.90	40.31	39.38	39.43	48.27
36 d	48.27	47.11	48.03	45.93	45.25	46.95	44.27	46.43	45.98	44.53	48.27
39 d	48.35	48.20	48.10	46.20	46.32	48.10	45.30	48.12	48.20	45.30	48.27
41 d	48.35	48.20	48.10	48.22	48.35	48.12	47.89	48.12	48.20	48.01	48.27

注:表 2 中的数据通过称重法测得保水剂在单位时间内的累计水分蒸发量,单位为克。

Note: The data in the table are the amount of cumulative evaporation of different super absorbent polymers in certain unit time obtained with weighing method.

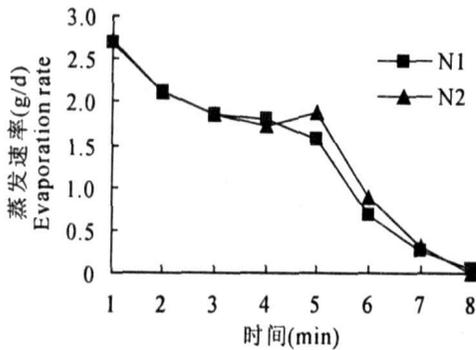


图 3 不同粒径保水剂蒸发速率比较

Fig. 3 Comparison of evaporation rate of super absorbent polymers with different particle size

从图 3 可以看出,虽然两种保水剂粒径相差很

大,但是它们的失水速率相差却非常小,最大仅为 0.3g/d,且总体变化趋势一致,因此可以说,粒径对保水剂失水速率影响不大。

2.3.3 加热蒸发条件下的保水率 通过在加热蒸发条件下观察不同保水剂的保水率,其测定结果见表 3。在恒定温度(60℃)的烘箱中加热 120 min 后,所有保水剂保水率都在 85%以上,B、S、K、Hs 四种保水剂的保水率要高出最低的 Hm 保水剂 3~4%,随着加热的时间延长(加热 360 min),其变化规律和 120 min 各保水剂蒸发量相近,仍然是 B、S、K、Hs 四种保水剂的保水率仍然高于其他保水剂,说明这 4 种保水剂在加热条件下,性能较稳定。

表 3 加热蒸发条件下的保水率测定的比较

Table 3 Comparison of determination of moisture-preserving capacity under heated evaporation condition

加热时间(min)	N ₁	N ₂	Hl	B	S	Hm	K	Ph	J	Hs
120	85.1%	86.5%	86.3%	88.1%	87.1%	84.5%	88.5%	87.1%	85.2%	87.4%
360	37.2%	45.4%	38.1%	44.8%	43.4%	45.4%	43.2%	45.1%	42.1%	45.0%

注:表 3 中的数据为加热蒸发一定时间后的保水剂凝胶质量与饱和吸水未蒸发前的凝胶质量之比。

2.4 不同保水剂反复吸水次数的比较

保水剂随吸水次数增加吸水倍率变化采用折线图分析(图 4)。从图 4 可以看出:随着反复吸水次数的增加,所有保水剂的吸水倍率都在下降。在经过 10 次反复吸水一烘干一再吸水后,除 B、Hs 降幅较大外(分别为 51.8%和 52.4%),其他 8 种降幅相对较为稳定,N₁、N₂、Hl、S、Hm、K、Ph、J 的降幅分别是 27.9%、19.5%、25.6%、20.9%、36.8%、29.1%、12.1%、18%、37.4%,在经过 25 次反复吸水一烘干后,N₂、S、Hm、Ph 四种保水剂其吸水倍率仍能达到 150 倍以上。

从图 4 可以看出:不同粒径的保水剂 N₁、N₂ 随反复吸水次数增加,其吸水倍率变化相差不大,变化最小为 6.3 g/g,最大为 65.3 g/g,而相对于其 400

倍的吸水倍率来说,这种变化相对较小,因此可以说,随着反复吸水次数增加,粒径对保水剂的吸水倍率影响不大。

3 结 论

1) 所有保水剂在纯水中都有较高的吸水倍率,可以吸收相当于自身质量 300 倍以上的水分。但其吸水倍率受尿素,钾肥和磷肥浓度的制约,同一种肥料随着浓度的升高这种制约作用越明显,但相同浓度的三种肥料对保水剂吸水倍率影响也不相同,磷肥对它的抑制作用最大,钾肥次之,尿素对它的抑制作用最小。可见,肥料溶液中的阳离子所带电荷越多,其对保水剂吸水倍率的抑制作用越明显。

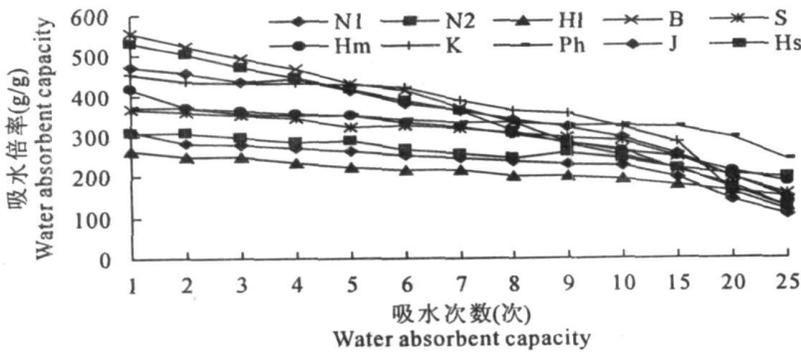


图 4 保水剂随吸水次数增加吸水倍率变化

Fig. 4 Variation of water absorbent capacity with increasing of absorption times for super absorbent polymers

2) 保水剂在前五分钟吸水速率较快,能迅速吸收外来水,尤其是第一分钟的吸水速率是整个过程中最大的,这与保水剂的应用特性有关.保水剂的吸水速率同样受尿素,钾肥、磷肥和盐溶液浓度的制约,同一种肥料随着浓度的升高这种制约作用越明显。

3) 通过实验证明,这 10 种保水剂都具有较高的保水能力和较强的反复吸水能力。B、S、K、Hs 四种保水剂的保水能力要好于其他保水剂;在经过 25 次反复吸水—烘干后, N₂、S、Hm、Ph 四种保水剂其吸水倍率仍能达到 150 倍以上。

4) 保水剂颗粒大小对吸水倍率、保水能力和反复吸水次数影响均不大,而对吸水速率有较大的影响;在实际应用特别是农林业中,大粒径保水剂吸水速度低,会影响在较短的时间内对外来水的快速吸收。

参考文献:

- [1] Janardan S, Singh J. Effect of stockosorb polymers and potassium levels on potato and onion[J]. J Potassium Res, 1998, 4(1): 78—82.
- [2] Bowman D C, Evans R Y. Calcium inhibition of polyacrylamide gel hydration is partially reversible by potassium [J]. Hort Sci, 1991, 26(8): 1063—1065.
- [3] Ben Hur M, Faris J, M alik M, et al. Polymers as soil conditioners under consecutive irrigation and rainfall[J]. Soil Sci Soc Am J, 1989, 53: 1173—1177.
- [4] Levin J, Ben Hur M, Gal M, et al. Rain energy and soil amendment effects on infiltration and erosion of three different soil types [J]. Aust J Soil Res, 1991, 29: 455—465.
- [5] 黄占斌, 张国桢, 李秧秧, 等. 保水剂特性测定及其在农业中的应用[J]. 农业工程学报, 2002, (1): 22—25.
- [6] 黄占斌, 李茂林, 夏春良, 等. 农用保水剂应用原理与技术[M]. 2005: 28—29.
- [7] 金丽, 姜秋, 张凌晓. 两种保水剂性能的测试研究[J]. 科技与推广, 2004, (4): 43—44.

Comparative analysis of basic properties of 10 super absorbent polymers

ZHANG Jian-gang¹, WANG Yong^{1,2}, WANG You-ke^{1,2,3}, SONG Hai-yan^{1,2}, HE Ting-ting¹, WANG Xing¹
(1. Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2. National Engineering Research Center of Water-saving Irrigation, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: According to indoor experiments, water absorbent capacity, water absorption rate, moisture-preserving capacity and times of re-absorbency of N₁, N₂……etc 10 kinds of agricultural super absorbent polymers are compared between distilled water and different fertilizer solution with different concentration. The results indicate: all the super-absorbent polymers have a higher water absorption capacity in distilled water, however, water absorbent capacity of each super absorbent polymer is impacted diversely on different concentrations of different fertilizer solution. Under the same concentration condition, water absorption capacity of B, K and Hs super absorbent polymers is higher than others, while water absorption rate of B, K, J and Hs super absorbent polymers is faster than others. The moisture-preserving capacity of B, S, K and Hs super absorbent polymers is better than others under soil and heated evaporation conditions. After 25 times of recurrent absorbency-drying, water absorption capacity of N₂, S and Ph super absorbent polymers reached more than 150 times. Among water absorbent capacity, water absorption rate, moisture-preserving capacity and times of re-absorbency, water absorption rate is impacted significantly by particle sizes and effects on other three kinds of characteristics are little.

Key words: super-absorbent polymer; water absorption capacity; water absorption rate; moisture-preserving capacity