

肥料对不同粒径保水剂吸水性能的影响

李 杨¹, 王 百 田²

(1. 北方工业大学 教务处, 北京 100144; 2. 北京林业大学 水土保持学院, 北京 100083)

摘 要:以 3 种单质肥料和 3 种复合肥料及 5 种规格保水剂为试材, 研究不同浓度的肥料溶液对不同粒径的保水剂性能所产生的影响。结果表明: 保水剂在肥料溶液中的吸水倍率随着肥料浓度的增加而减小; 同一种保水剂, 小颗粒的吸水倍率要比大颗粒的吸水倍率大, 6 种肥料中磷酸二氢钙对保水剂吸水倍率的影响最大。不同种类的保水剂具有不同的分子结构、离子种类以及亲水基团等, 这就决定了不同种类的保水剂对水的吸收能力各有不同。

关键词:保水剂; 吸水倍率; 肥料; 不同粒径

中图分类号:S 14 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2015)03-0143-04

保水剂高分子长链相互靠拢, 纠缠在一起, 彼此交联成三维网络结构, 从而达到在整体上紧固。保水剂施加进土壤后, 能增强土壤对磷酸根离子、钾离子和铵离子等的吸附能力, 增强土壤对肥料的保持性能。然而, 在肥料溶解后的土壤电解质溶液中保水剂的吸水倍率又会大幅度的下降, 从而影响其保水性能。已经有大量的研究表明, 尿素是非电解质肥, 对保水剂的吸水性能影响很小, 保水剂的吸水倍率不随尿素溶液的浓度增加而下降, 该试验以 3 种单质肥料和 3 种复合肥料及 5 种规格保水剂为材料进行吸水性能试验, 旨在提示不同浓度的肥料溶液对不同粒径的保水剂吸水性能所产生的影响。

1 材料与方法

1.1 试验材料

选用单质肥料中常用的 3 种肥料分别为氯化铵、氯化钾、磷酸二氢钙, 还选用目前常用的 3 种复合肥料分别为复合肥 A、复合肥 B、复合肥 C。其中, 复合肥 A 的主要成分为硫酸铵和硫酸钾, 氮磷钾配比为 14 : 0 : 14; 复合肥 B 的主要成分为氯化铵、磷酸二氢钾和硫酸钾, 氮磷钾配比为 20 : 10 : 20; 复合肥 C 的主要成分为尿素、磷酸二氢钾和氯化钾, 氮磷钾配比为 30 : 10 : 10。

供试保水剂共有 3 个品种 5 个规格, 分别赋予不同的编号进行标记。1) 法国爱森公司生产的 AQUASORB(TM-3005KM 大颗粒), 是丙烯酰胺和丙烯酸钾的交联共聚物, 以下简称为 A_大。2) 法国爱森公司生产的 AQUASORB(TM-3005KS 小颗粒), 是丙烯酰胺和丙烯

酸钾的交联共聚物, 以下简称为 A_小。3) 德国德固萨股份公司生产的 STOCKOSORB(大颗粒), 是钾基-聚丙烯酰胺-聚丙烯酰胺三聚体型, 以下简称为 B_大。4) 德国德固萨股份公司生产的 STOCKOSORB(小颗粒), 是钾基-聚丙烯酰胺-聚丙烯酰胺三聚体型, 以下简称为 B_小。5) 山东东营华业新材料有限公司生产的沃特新型多功能保水剂, 采用丙烯酰胺与凹凸棒土合成技术研制而成, 以下简称 C。

1.2 试验方法

1.2.1 保水剂的吸水倍率测定 保水剂的吸水倍率通常是指保水剂吸收的无离子水重量与保水剂自身重量的比值, 与其自身的组成和结构有关。保水剂的吸水倍率受水溶液中 pH 值和离子浓度等因素影响较大^[1]。由于去离子水的成本比较高且不是随处可得, 因此在实际应用过程中, 一般都用自来水。以下各试验除特殊说明外, 均采用北京市民用自来水进行。用电子天平称取定量干燥的保水剂, 然后放进足够大的烧杯中, 再加入足量的去离子水, 让其充分吸水。24 h 后先用滤网将保水剂取出, 再用无纺布和滤纸过滤掉多余水分, 然后将其称重, 最后用公式计算出保水剂的吸水倍率。以上试验步骤重复做 5 次, 取平均值。 $Q = (m_2 - m_1) / m_1$ 。式中: m_1 为干燥保水剂的质量; m_2 为保水剂吸水饱和后的质量; Q 为保水剂的吸水倍率。

1.2.2 保水剂在肥料溶液中的吸水倍率测定 用电子天平称取定量干燥的保水剂, 然后将其装入 200 目的尼龙网袋中, 再将装有保水剂的尼龙网袋分别放入 0.1%、0.2%、0.5%、0.8%、1.0% 的氯化铵、氯化钾、磷酸二氢钙、复合肥 A、复合肥 B、复合肥 C 溶液中, 让其充分吸水, 24 h 后将尼龙网袋提起悬空过滤 1 h, 根据吸水倍率公式计算保水剂在不同浓度肥料溶液中的吸水倍率。以上试验步骤重复 5 次, 取平均值。

第一作者简介:李杨(1983-), 男, 辽宁昌图人, 博士, 助理研究员, 研究方向为生态环境建设技术。E-mail:liy_0617@163.com。

基金项目:北方工业大学科研启动基金资助项目; 国家“十二五”科技支撑计划资助项目(2011BAD38B0602)。

收稿日期:2014-11-12

2 结果与分析

2.1 保水剂吸水倍率

一般来说,在同等条件下,不同品种的保水剂在无离子水中的吸水倍率是不同的。由表 1 可知,5 种规格保水剂在无离子水中的吸水倍率各不相同。 $A_{小}$ 的吸水倍率最大,为 457.21; $B_{大}$ 的吸水倍率最小,为 429.89。最大吸水倍率和最小吸水倍率相差 27.32。就同一种保水剂而言,小颗粒的吸水倍率比大颗粒的吸水倍率要大。5 种规格的保水剂在无离子水中吸水倍率从大到小依次为: $A_{小} > C > B_{小} > A_{大} > B_{大}$ 。

表 1 不同保水剂的吸水倍率

Table 1 Water absorbent rate of different water retaining agents

吸水倍率	保水剂品种				
	$A_{大}$	$A_{小}$	$B_{大}$	$B_{小}$	C
吸水倍率	438.54	457.21	429.89	448.36	455.38

2.2 保水剂在不同浓度肥料溶液中的吸水倍率

2.2.1 不同浓度的氯化铵溶液对保水剂吸水倍率的影响 由图 1 可知,5 种不同规格的保水剂的吸水倍率都随着氯化铵溶液浓度的增加而逐渐减小。 $A_{小}$ 的吸水倍率受氯化铵溶液的影响最小, $B_{大}$ 的吸水倍率受氯化铵溶液的影响最大。 $A_{小}$ 与 C 的吸水倍率无明显差异。同种保水剂,粒径小的吸水倍率远大于粒径大的吸水倍率。

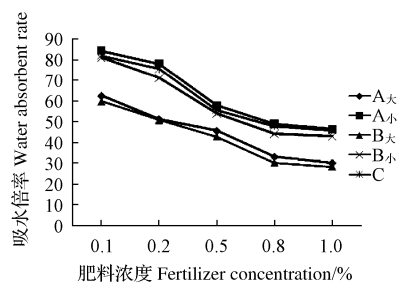


图 1 氯化铵溶液对保水剂吸水倍率的影响

Fig. 1 Effect of ammonium chloride solution on absorbent rate of water retaining agent

2.2.2 不同浓度的磷酸二氢钙溶液对保水剂吸水倍率的影响 由图 2 可知,随着磷酸二氢钙溶液浓度的增加,5 种保水剂吸水倍率都是在逐渐减小。 $A_{小}$ 在磷酸二氢钙溶液中的吸水倍率最大, $B_{大}$ 最小。 $A_{小}$ 的吸水倍率明显比 C 的大。对于保水剂 A 和 B 而言,在不同浓度的磷酸二氢钙溶液的影响下,小粒径的吸水倍率要远大于大粒径的吸水倍率。

2.2.3 不同浓度的氯化钾溶液对保水剂吸水倍率的影响 由图 3 可知,5 种保水剂的吸水倍率都是随着氯化钾溶液浓度的增加而在逐渐减小。 $A_{小}$ 在氯化钾溶液中的吸水倍率最大, C 次之, $B_{大}$ 在氯化钾溶液中的吸水倍率最小。 $A_{小}$ 与 C 的吸水倍率无明显差异。对于保水剂 A 和 B 而言,在不同浓度的氯化钾溶液的影响下,小粒径的吸水倍率要远大于大粒径的吸水倍率。

2.2.4 不同浓度的复合肥 A 溶液对保水剂吸水倍率的影响 由图 4 可知,在复合肥 A 溶液中,不同规格的保

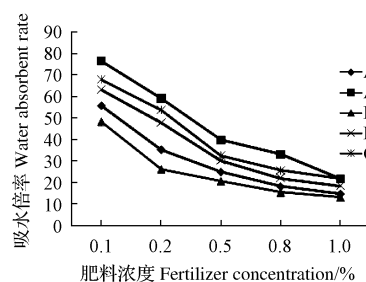


图 2 磷酸二氢钙溶液对保水剂吸水倍率的影响

Fig. 2 Effect of calcium dihydrogen phosphate solution on absorbent rate of water retaining agent

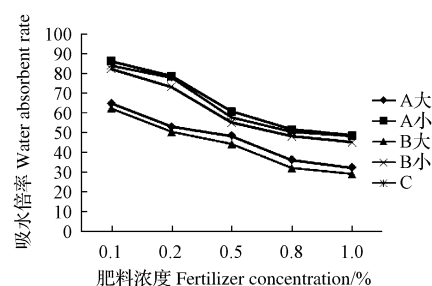


图 3 氯化钾溶液对保水剂吸水倍率的影响

Fig. 3 Effect of potassium chloride solution on absorbent rate of water retaining agent

水剂表现出不同的吸水倍率。5 种不同规格的保水剂的吸水倍率都随着复合肥 A 溶液浓度的增加而逐渐减小。复合肥 A 溶液对 $A_{小}$ 的吸水倍影响最小,对 $B_{大}$ 的吸水倍率影响最大。 $A_{小}$ 与 C 的吸水倍率无明显差异。保水剂相同的情况下,吸水倍率与保水剂粒大小也有很大关系,表现为粒径小的吸水倍率远大于粒径大的吸水倍率。

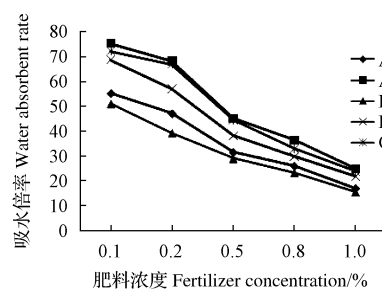


图 4 复合肥 A 溶液对保水剂吸水倍率的影响

Fig. 4 Effect of compound fertilizer A solution on absorbent rate of water retaining agent

2.2.5 不同浓度的复合肥 B 溶液对保水剂吸水倍率的影响 由图 5 可知,随着复合肥 B 溶液浓度的增加,5 种保水剂吸水倍率都是在逐渐减小。在复合肥 B 溶液浓度为 0.1%~0.2% 和 0.8%~1.0% 时, C 的吸水倍率最大;在复合肥 B 溶液浓度为 0.5% 时, $A_{小}$ 的吸水倍率最大,这与之前试验中都是 $A_{小}$ 的吸水倍率最大有明显的差异。 $A_{小}$ 与 C 的吸水倍率无明显差异。对于保水剂 A 和 B 而言,在不同浓度的复合肥 B 溶液的影响下,小粒

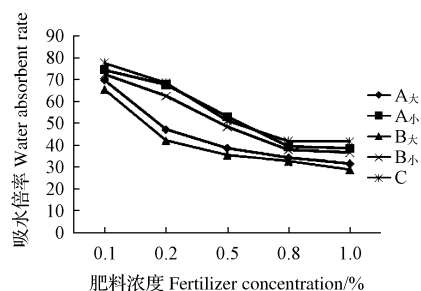


图5 复合肥B溶液对保水剂吸水倍率的影响
Fig. 5 Effect of compound fertilizer B solution on absorbent rate of water retaining agent

径的吸水倍率要远大于大粒径的吸水倍率。

2.2.6 不同浓度的复合肥C溶液对保水剂吸水倍率的影响 由图6可知,随着复合肥C溶液浓度的增加,试验的5种保水剂吸水倍率都是在逐渐减小。在复合肥C溶液浓度为0.1%~0.5%时, $A_{小}$ 的吸水倍率最大;在复合肥C溶液浓度为0.8%~1.0%时,C的吸水倍率最大,这说明复合肥C溶液浓度的增加对 $A_{小}$ 吸水倍率的影响要大于对C的影响。 $A_{小}$ 与C的吸水倍率无明显差异。对于保水剂A和B而言,在不同浓度的复合肥C溶液的影响下,小粒径的吸水倍率要远大于大粒径的吸水倍率。

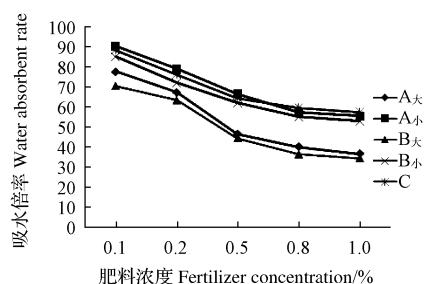


图6 复合肥C溶液对保水剂吸水倍率的影响
Fig. 6 Effect of compound fertilizer C solution on absorbent rate of water retaining agent

2.2.7 保水剂在不同肥料溶液中的吸水倍率 由图7~11可以看出,随着肥料溶液浓度的变化,5种规格保水剂在复合肥C溶液中的吸水倍率基本都是最大的,而在

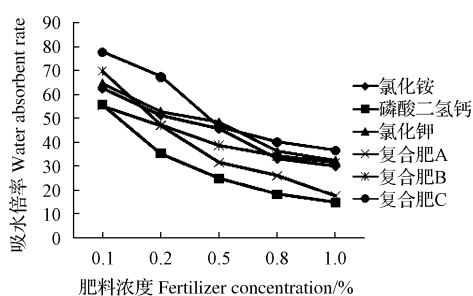


图7 $A_{大}$ 在不同肥料溶液中的吸水倍率
Fig. 7 Water absorbent rate of A_{big} in different fertilizer solutions

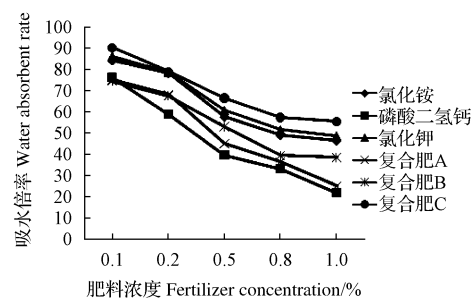


图8 $A_{小}$ 在不同肥料溶液中的吸水倍率
Fig. 8 Water absorbent rate of A_{small} in different fertilizer solutions

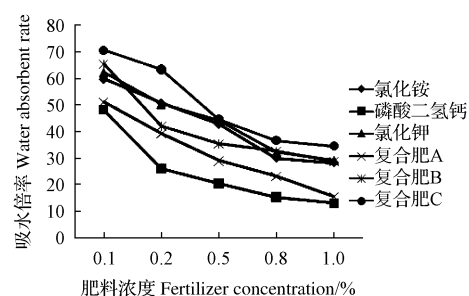


图9 $B_{大}$ 在不同肥料溶液中的吸水倍率
Fig. 9 Water absorbent rate of B_{big} in different fertilizer solutions

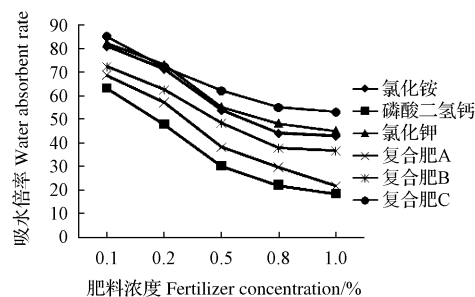


图10 $B_{小}$ 在不同肥料溶液中的吸水倍率
Fig. 10 Water absorbent rate of B_{small} in different fertilizer solutions

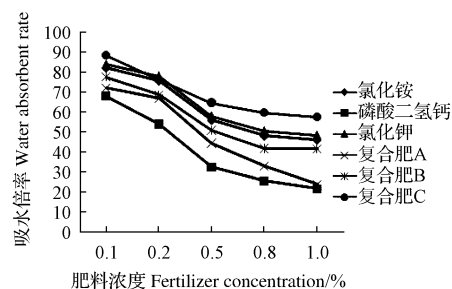


图11 C在不同肥料溶液中的吸水倍率
Fig. 11 Water absorbent rate of C in different fertilizer solutions

磷酸二氢钙溶液中的吸水倍率则都是最小的。就吸水性能而言,复合肥 C 对这 5 种保水剂的影响最小。

3 结论与讨论

保水剂在肥料溶液中的吸水倍率随着肥料浓度的增加而减小。综合来看,在 6 种肥料溶液中,保水剂 A_小 的吸水倍率最大,保水剂 B_大 的吸水倍率最小。针对 6 种肥料对保水剂吸水倍率影响能力,复合肥 C 对保水剂吸水倍率的影响最小,磷酸二氢钙对保水剂吸水倍率的影响最大,很大程度上降低了保水剂的吸水倍率。同一种保水剂,小颗粒的吸水倍率要比大颗粒的吸水倍率大,这是因为小颗粒具有比大颗粒更大的表面积,具有更强的吸附能力。这与宫辛玲等^[2]和李兴等^[3]的研究结果一致,保水剂粒径越大,吸水倍率越小。

保水剂是一种交联型高分子电解质。保水剂吸水原理是高分子链中的大量酰胺和羧基亲水团在水溶液中发生电离,阴离子固定在高分子链上,当电离产生的阴离子逐渐增多时,阴离子之间的互斥力就会使保水剂产生溶胀现象;而阳离子数量也在电离过程中逐渐增多,这样就会在保水剂内部网络与水溶液之间形成离子浓度差,进而产生更大的渗透压,水就会随着压力进入保水剂内部。这就是保水剂会吸水膨胀的原因。但是保水剂的吸水与溶胀并不是无限制的,当离子差产生的压力不能与保水剂自身的交联网络结构对抗以及氢键的作用时,保水剂的吸水就达到了饱和^[4-5]。

保水剂与肥料的相互作用,从原理上讲就是保水剂与各种离子的相互作用。由于保水剂的内部结构是交联网状结构,且在水溶液中带有负电荷,因此会吸附溶液中的阳离子,使得高分子链上的阴离子数量减少,减小了阴离子之间的互斥力,从而减弱了保水剂的溶胀度;肥料溶液中由于肥料的电离作用,产生了相应的阳离子,这也就降低了保水剂内部与溶液之间的离子浓度差,从而降低了渗透压,减少了水进入保水剂内部的量,这些原因最终造成了保水剂吸水倍率的下降。肥料溶液的浓度增大时,相应的溶液中的离子浓度就增加,根据

上面的作用原理可以得出,肥料浓度增大会减弱保水剂的吸水性能。不同种类的保水剂具有不同的分子结构、离子种类以及亲水基团等,这就决定了不同种类的保水剂对水的吸收能力各有不同,该试验中的 3 种保水剂也是因为这个原因而在相同溶液中具有不同的吸水性能。

在肥料溶液中,氮肥主要以铵态氮形式存在,磷肥主要以磷酸氢根和磷酸二氢根的形式存在,钾肥主要以钾离子的形式存在。氯化铵和氯化钾具有相同的阴离子 Cl⁻,而不同的是一个有 NH₄⁺,另一个有 K⁺。该试验结果表明,氯化铵对保水剂吸水倍率的影响比氯化钾要大,这说明 NH₄⁺ 抑制保水剂吸水性能的能力要强于 K⁺,这与林雄财等^[6]的研究结果相反,与张富仓等^[7]的研究结果一致。磷酸二氢钙溶液中含有磷酸氢根、磷酸二氢根和正二价的钙离子,试验中磷酸二氢钙对保水剂吸水倍率的影响比其它肥料都要大,是因为 Ca²⁺ 与保水剂内部的离子差浓度比 NH₄⁺ 和 K⁺ 要小,与杜建军等^[8]、陈学文^[9]结果一致,高价态阳离子对保水剂吸水性能的影响比低价态阳离子要大。

参考文献

- [1] 王解新,陈建定.高吸水性树脂研究进展[J].功能高分子学报,1999,12(2):211-217.
- [2] 宫辛玲,高军侠,尹光华,等.四种不同类型土壤保水剂保水性能的比较[J].生态学杂志,2008,27(4):652-656.
- [3] 李兴,蒋进,宋春武,等.不同粒径保水剂吸水特性及其对土壤物理性能的影响[J].干旱区研究,2012,29(4):609-614.
- [4] 李寿强,关菁.保水剂吸水原理和施用技术[J].现代农业,2012(6):34-35.
- [5] 韦文珍,张玲,李炳奇.高分子吸水树脂的合成与应用[J].石河子大学学报(自然科学版),2000(4):338-343.
- [6] 林雄财,李云开,许廷武,等.不同粒径农用高吸水树脂的吸水特性及溶胀动力学[J].高分子材料科学与工程,2008,24(5):116-120.
- [7] 张富仓,李继成,雷艳,等.保水剂对土壤保水持肥特性的影响研究[J].应用基础与工程科学学报,2010,18(1):120-128.
- [8] 杜建军,王新爱,廖宗文,等.不同肥料对高吸水性树脂吸水倍率的影响及养分吸持研究[J].水土保持学报,2005,19(4):27-31.
- [9] 陈学文.化学肥料对保水剂吸水保肥性能的影响机制[J].宁夏农林科技,2009(6):29-30.

Effect of Fertilizers on the Water Absorbing Performance of Different Particle Size SPA

LI Yang¹, WANG Bai-tian²

(1. The Dean's Office, North China University of Technology, Beijing 100144; 2. College of Soil and Water Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100083)

Abstract: Taking 3 kinds of fertilizers and 3 kinds of compound fertilizer and 5 kinds of specifications of water retaining agent water performance as test materials, the influence of different concentrations of the fertilizer solution generated for different grain sizes of SAP absorbing performance were studied. The results showed that the water absorbency, water retaining agent in the fertilizer solution decreased with increasing of the fertilizer concentration; with the same kind of water retention agent, water absorbency of small particles was bigger than the water absorbency of large particles, in 6 kinds of fertilizer, water absorbency reached the maximum of calcium phosphate. Different water retaining agent with different structures, ion type and hydrophilic group, which determines different water retaining agent with different abilities.

Keywords: water retaining agent; water absorbency; fertilizer; different particle size