

环境友好型保水剂的合成、性能及应用

魏 贤^{1,2}, 李鹏飞^{1,2}, 陈瑞环^{1,3},

刘 云^{1,3}, 王 萍², 姚荣江^{1,3}, 杨劲松^{1,3}, 董元华^{1,3}

(1. 中国科学院 南京土壤研究所土壤环境与污染修复重点实验室, 江苏 南京 210008;

2. 兰州交通大学 化学与生物工程学院, 甘肃 兰州 730070; 3. 中国科学院大学, 北京 100049)

摘 要: [目的] 以过硫酸铵(APS)为引发剂, N, N'-亚甲基双丙烯酰胺(NMBA)为交联剂, 通过壳聚糖(CTS)和瓜尔胶(GG)接枝丙烯酸(AA)制备新型高耐盐保水剂, 探究其合成过程最佳反应条件, 研究其对盐碱地土壤保水保肥的效果。[方法] 利用水溶液聚合法制备保水剂, 通过单因素试验(AA 中和度、GG 投加量、APS 用量、NMBA 用量)研究保水剂的最佳合成条件, 用 FTIR 和 SEM 对产物进行表征, 并对产物的环境适应性(盐溶液类型及浓度、溶液 pH 值)及其加入盐碱土后对于土壤水肥保持的效果进行研究。[结果] 当 AA 中和度为 85%, GG 投加量为 0.2 g, APS 与 NMBA 用量分别为单体总量的 0.3% 和 0.02% 时, 该保水剂在去离子水和 0.9% NaCl 溶液中的吸收效率分别为 1 128 g/g 和 185 g/g, 此时产物的吸收效果达到最佳。红外光谱与电镜扫描分析结果表明 CTS、GG 和 AA 都参与了聚合反应, 产物具有较好的空间网络结构与表面形态。该保水剂在溶液 pH 值为 4~10 的范围内吸收效率较稳定, 但是当溶液中存在阳离子时其吸收效率明显降低, 阳离子类型对其吸收效率的抑制作用从大到小依次为: $Mg^{2+} > Ca^{2+} > Na^{+} > K^{+}$ 。当保水剂加入到盐碱土时, 既能提高土壤持水能力又能抑制土壤氮肥和钾肥的淋溶损失。[结论] 本研究自制保水剂具有较好的耐盐效果, 环境适应性强, 单体环境友好, 将其加入盐碱土壤时能够有效降低土壤水肥的淋溶损失。

关键词: 水溶液聚合法; 壳聚糖; 瓜尔胶; 环境友好型保水剂; 耐盐性; 保水保肥性

文献标识码: B

文章编号: 1000-288X(2018)05-0293-07

中图分类号: S157.9, S156.4⁺9

文献参数: 魏贤, 李鹏飞, 陈瑞环, 等. 环境友好型保水剂的合成、性能及应用[J]. 水土保持通报, 2018, 38(5): 293-299. DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.2018.05.047. Wei Xian, Li Pengfei, Chen Ruihuan, et al. Synthesis, characterization and application of environment-friendly superabsorbent polymers[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2018, 38(5): 293-299.

Synthesis, Characterization and Application of Environment-friendly Superabsorbent Polymers

WEI Xian^{1,2}, LI Pengfei^{1,2}, CHEN Ruihuan^{1,3}, LIU Yun^{1,3},

WANG Ping², YAO Rongjiang^{1,3}, YANG Jinsong^{1,3}, DONG Yuanhua^{1,3}

(1. Key Laboratory of Soil Environment and Pollution Remediation, Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing, Jiangsu 210008, China; 2. School of Chemistry & Biological, Lanzhou Jiaotong University, Lanzhou, Gansu 730070, China; 3. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: [Objective] A new type of high salt-tolerant superabsorbent polymer was prepared by grafting acrylic acid (AA) with chitosan (CTS) and guar gum (GG), with ammonium persulfate (APS) as initiator and N, N'-methylene bisacrylamide (NMBA) as crosslinker. The optimal reaction conditions in the synthetic process were investigated to study the effect of the superabsorbent polymer on the water and nutrient retention in the saline alkali soil. [Methods] The superabsorbent polymer was prepared by aqueous solution polymerization and the optimized reaction conditions were studied based on single factor experiment (degree of neutralization of AA, addition of GG, APS and NMBA). The molecular structure and characteristics of the product were

收稿日期: 2018-03-26

修回日期: 2018-04-28

资助项目: 国家重点研发计划“河套平原盐碱地生态治理关键技术与集成示范”(2016YFC0501309)

第一作者: 魏贤(1991—), 男(汉族), 甘肃省兰州市人, 硕士研究生, 主要从事环境材料的合成及应用。E-mail: 962 302 698@qq.com。

通讯作者: 刘云(1976—), 女(汉族), 辽宁省大连市人, 博士, 研究生导师, 主要从事环境材料的研发及污染治理研究。E-mail: yliu@issas.ac.cn。

confirmed by fourier transform infrared spectroscopy (FTIR) and scanning electron microscopy (SEM). The absorbent efficiency of product was studied in different saline solutions with different pH value. In addition, the effect of superabsorbent polymer in reforming saline alkali soil was studied by leaching test. [Results] The absorbent efficiency of the product reached the highest when the degree of neutralization of AA was 85%, the amount of GG was 0.2 g, the addition of APS and NMBA were 0.3% and 0.02% of the total monomer, respectively. Under this condition, the absorbent efficiency of product were 1 128 and 185 g/g in deionized water and 0.9% NaCl solution, respectively. The results of FTIR and SEM showed that CTS, GG and AA were involved in the polymerization, and the products had a good spatial network structure and surface morphology. The superabsorbent polymer had a relatively stable absorbent efficiency in the pH value range of 4~10. However, the absorbent efficiency decreased obviously when there were the co-existing cation in the solution, and inhibitory effect of cations on the absorption efficiency was ranked as: $Mg^{2+} > Ca^{2+} > Na^{+} > K^{+}$. And the superabsorbent polymer could not only improve the water holding capacity of the soil but also inhibit the leaching loss of nitrogen and potassium fertilizer. [Conclusion] The superabsorbent polymer prepared in this experiment has better salt tolerant effect and wide range of solution pH value adaptability. The synthetic monomers of the superabsorbent polymer are environmentally friendly, and can effectively reduce the leaching loss of the soil water and fertilizer in the saline-alkali soil.

Keywords: aqueous solution polymerization; chitosan; guar gum; environment-friendly superabsorbent polymers; salt tolerance; water and fertilizer retention

保水剂又被称为高吸水性树脂(super absorbent polymer, SAP),作为一种低交联度三维网状结构的溶胀性高聚物,其分子结构中含有大量的亲水基团,如羧基、羟基、酰胺基等^[1]。保水剂分子因其独特的吸水保水性能而被应用于医学^[2],建筑工程学^[3],农业科学^[4]等诸多领域。目前,所合成保水剂的类型主要有:聚合类保水剂、天然高分子改性类保水剂(淀粉类、纤维素类、腐殖酸类)^[5]、有机-无机复合类保水剂等。

传统的保水剂虽然在去离子水中的吸收效率较高,但是当溶液中存在阳离子时其吸收效率会明显降低,同时将保水剂施入土壤中时,因其难以降解易残留在土壤中造成污染^[6]。近年来,随着人们环保观念的增强,环境友好、可降解材料的开发利用越来越受到人们的关注^[7]。壳聚糖(Chitosan, CTS)具有良好的生物降解性与生物相容性,在土壤中易降解且产物无残留,同时其分子链上含有大量的氨基和非离子型羟基等亲水性基团,能够提高保水剂在盐水中的吸收效率^[8]。瓜尔胶(guar gum, GG)是一种天然的大分子亲水单体,能够溶于热水或冷水,遇水后形成的胶体能够迅速增稠,被广泛用作增稠剂。同时,GG分子链上的各种官能团可以通过氢键、范德华力以及离子键等作用与溶液中的小分子物质相互作用,从而限制体系中各组分的自由运动,增加体系的黏度,提高产物的耐盐性^[9]。本研究拟利用水溶液聚合法,以过硫酸铵(ammonium persulfate, APS)为引发剂,N,N'-亚甲基双丙烯酰胺(N,N'-methylene bisacryl-

amide, NMBA)为交联剂,通过 CTS,GG 接枝部分中和的丙烯酸(acrylic acid, AA),合成新型高耐盐保水剂,并对其合成过程中的最佳条件及产物环境适应性进行研究。

在中国,土地盐渍化程度非常严重,能够用来耕作的土地非常有限,过低的人均耕地占有量和耕地质量难以满足人们对粮食的需求。随着人类经济活动的增强,人地矛盾日益明显,盐碱地已成为中国重要的后备土地资源,急需被修复、利用^[10]。内蒙古自治区作为盐碱危害多发地,该地区气候干燥、夏季炎热、冬季寒冷、降雨少、水分蒸发量大、土地表层可溶盐含量较高,易形成表层盐积壳或盐结皮^[11]。水作为土壤盐分运移的载体,在土壤盐分向表层积结的过程中起着至关重要的作用^[12]。为此许多学者尝试通过降低土壤水分蒸发量的方法进行盐碱地的改良,如覆膜种植等^[13]。保水剂作为一种节水材料,能够有效提高土壤的保水能力,因此我们试图向盐碱土壤中加入自制保水剂进行淋溶试验,初步探究保水剂在盐碱土中的保水保肥作用,以期对旱区盐碱土改良提供技术支撑。

1 材料与方法

1.1 主要原料与仪器

1.1.1 主要原料 以 CTS(脱乙酰度 $\geq 95\%$,黏度:100~200,阿拉丁试剂),GG(黏度:5 000~5 500,CPs,200目,阿拉丁试剂),AA(化学纯)为主要原料。主要试剂为:NMBA,多聚磷酸钠,APS,NaOH。淋

溶试验所用盐碱土取自内蒙古自治区巴彦淖尔市杭锦后旗,风干后磨碎过 10 目筛,土样基本化学指标见表 1。

表 1 巴彦淖尔市杭锦后旗盐碱土壤基本化学指标

项目	全氮/ %	全磷/ %	有机质/ %	全钾/ %	pH 值	全盐含量/ (以 KCl 为基准)
含量	0.101	0.069	3.394	1.5	7.64	1.341

1.1.2 主要仪器 规格为高 30 cm,直径 5 cm 的塑料淋溶柱若干; Nicolet 380 型傅里叶变换红外光谱; LEO 1 530 VP 型场发射扫描电子显微镜; UV8 100 B 型紫外可见分光光度计; DSH-50-1 型电子水份测定仪。

1.2 方法

1.2.1 保水剂的制备 准确称取 0.20 g CTS 粉末溶于 10 ml 10% 的冰醋酸溶液中,用封口膜密封后超声 3 min,将其置于室温下存放 24 h;称取一定量的 GG 加入到 10 ml 70 °C 的去离子水中恒温使之完全混合至糊状后备用。量取 10 ml 丙烯酸(AA)于烧杯中,在冰水浴条件下缓慢滴加 30% 的 NaOH 溶液中和得到一定中和度的 AA 溶液,备用。

将上述 CTS 混合液缓慢加入到 10 ml 0.5% 的多聚磷酸钠溶液中,在 60 °C 下电磁搅拌 30 min 进行预聚反应^[14],然后向其中加入上述部分中和的 AA 与一定量的 NMBA,60 °C 电磁搅拌反应 15 min 后,加入一定量的糊状 GG。整个反应体系升温至 70 °C 后,加入一定量的 APS,电磁搅拌反应 1 h 后取出。注意上述反应过程应在无氧条件下进行(全程通 N₂)。反应产物封口后存放于 60 °C 水浴锅中,待产生凝胶后取出,静置 12 h。将所得产物浸泡在去离子水中,每隔 4 h 换水一次,洗去未反应物,然后用无水乙醇进行脱水处理,最后于 80 °C 烘箱中恒温烘干至恒重,剪碎备用。通过单因素试验确定保水剂合成过程中的最佳反应条件,各因素初始用量分别为:80% 中和度的 AA,0.2 g GG,单体总量 0.20% 的 APS 和单体总量 0.020% 的 NMBA。试验设计中 AA 中和度分别为 70%,75%,80%,85% 和 90%,GG 投加量分别为 0.1,0.2,0.3,0.4 和 0.5 g,APS 用量分别为单体总重的 0.10%,0.20%,0.30%,0.40% 和 0.50%,NMBA 用量分别为单体总重的 0.010%,0.015%,0.020%,0.025% 和 0.030%。保水剂的合成机理主要包括过硫酸铵对单体的引发作用以及各单体之间的交联作用,聚合反应过程如图 1 所示。

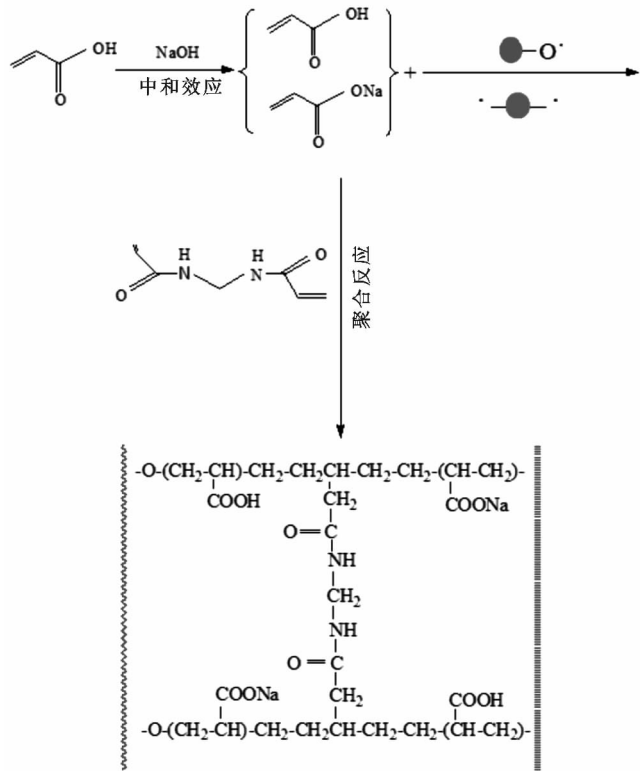


图 1 保水剂制备的聚合反应示意图

1.2.2 保水剂性能测定方法

(1) 吸收效率。用分析天平准确称取制备好的干燥保水剂 0.100 g 于 1 L 的烧杯中,加入足量的去离子水或 0.9% 的 NaCl 溶液,在室温下密封保存 24 h,待保水剂吸水饱和后,用 250 目筛子过滤至无液滴滴漏下,测得吸水饱和后的凝胶总质量。保水剂的吸收效率 Q 计算见式(1)^[15]。

$$Q = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \quad (1)$$

式中:Q——保水剂的吸收效率(g/g); m₁ 和 m₂——保水剂吸液前和吸液后的凝胶质量(g)。

(2) 溶液 pH 值的影响。使用 0.01 mol/L NaOH 或 HCl 调节 0.9% NaCl 溶液,使其 pH 值范围在 3~11 之间,保水剂吸收效率的计算同式 1。

(3) 盐溶液类型及浓度的影响。分别配制浓度为 0.1,0.3,0.5,0.7 和 0.9 g/L 的 KCl,NaCl,CaCl₂ 和 MgCl₂ 溶液。保水剂吸收效率的计算同公式(1)。

(4) 保水剂对于盐碱土壤水肥淋溶损失的影响。试验按保水剂投加量分为 4 个处理,分别为盐碱土重量的 0.00%(CK),0.05%,0.10% 和 0.20%,每个处理设置 3 个重复,试验中所用肥料为尿素、氯化钾和磷酸氢二铵,肥料用量一定且均为 600 mg/kg 土样^[16]。将上述不同量的保水剂,一定量的肥料和 250 g 盐碱土混合均匀后,灌入下端垫有 25 g 石英砂和 250 g 盐碱土的淋溶柱中(土壤容重为 1.38 g/cm³),

为防止加水时扰动土层,以 25 g 石英砂作为覆盖层加入到淋溶柱中进行淋溶试验,具体做法参考杜建军等^[16]的“间接土柱淋溶法”。首先加 200 ml 去离子水,静至 1 d 使保水剂、土壤与水充分混合(淋溶柱出水口有液滴产生),然后缓慢滴加 200 ml 去离子水于淋溶柱中,3 d 后收集淋溶液。第一次淋溶结束后,再加入 200 ml 去离子水于淋溶柱中进行第二次淋溶,以后每隔 3 d 按相同操作进行淋溶,并收集淋溶液,共 5 次。淋溶液于 250 ml 容量瓶内进行定容后测定氮、磷、钾含量。其中氮素和磷素含量采用紫外分光光度法测定,钾素含量采用火焰光度法测定。同时,将上述淋溶柱在相同条件的室温下存放 14 d 后,采集淋溶柱中土壤表层以下 5—6 cm 处土样利用电子水份测定仪测定土壤水分含量。

1.2.3 结构及表面形态表征 采用 KBr 压片法对所合成的干燥保水剂粉末进行红外光谱 (FTIR) 分析,确定产物结构。将冷冻干燥后的保水剂粉末喷金处理后,在扫描电镜 (SEM) 下观察其表面形态。

1.3 数据分析

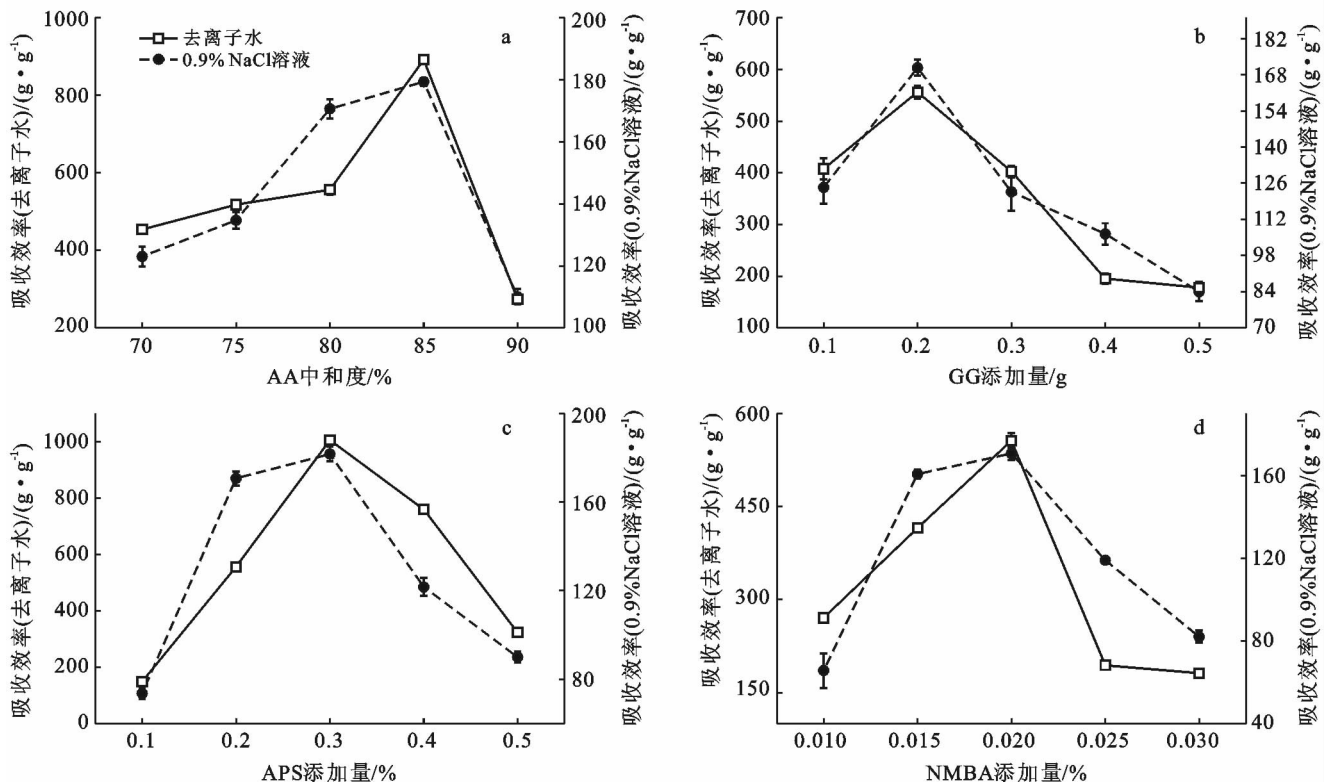
上述试验数据均采用 Excel 进行平均值和标准

差的计算,用 SPSS 18.0 软件进行数据处理及显著性分析,所得结果用 Origin 8.5 进行绘图。

2 结果与分析

2.1 单因素试验研究

2.1.1 AA 中和度 其它因素不变,通过改变 AA 的中和度,研究不同 AA 中和度下所合成保水剂的吸水效率,结果见图 2a。合成产物的吸水效率随着 AA 中和度的增加呈现出先增高后降低的趋势,当中和度为 85% 时,产物在去离子水和 0.9% NaCl 溶液中的吸收效率分别达到 892 g/g 和 179 g/g,此时产物的吸收效率最佳。产生这种现象的原因是用 NaOH 对 AA 进行部分中和时,体系中产生吸水性能更好的亲水基团-COONa,但是当 AA 中和度过大时,聚合物中的可溶部分增多,相邻-COO⁻之间的斥力增加,水分子与离子的氢键作用力及相邻氢键之间的斥力增加,导致保水剂分子网络扩展受到抑制,同时过多的一COONa 使得反应体系交联程度降低,反应速率下降,产物性能受到抑制^[17]。



注:AA 为丙烯酸;GG 为瓜尔胶;APS 为过硫酸铵;NMBA 为 N,N'-亚甲基双丙烯酰胺;a 为 AA 中和度;b 为 GG 投加量;c 为 APS 用量;d 为 NMBA 用量。

图 2 不同反应条件下环境友好型保水剂的吸收效率

2.1.2 GG 投加量 其他因素不变,通过改变 GG 投加量,研究不同 GG 投加量下所合成保水剂的吸水效率,结果见图 2b。合成产物的吸水效率随着 GG 投加

量的增加呈现出先增高后降低的趋势,当 GG 投加量为 0.2 g 时,产物在去离子水和 0.9% NaCl 溶液中的吸收效率分别达到 556 g/g 和 170 g/g,此时产物的吸收

效率最佳。这是因为 GG 具有良好的增稠效应,其在热水中能够分散形成黏稠液,适当用量的 GG 可以提高合成产物的黏性及其在溶液中的吸收效率,但是当用量过大时会导致单体交联不完全而降低其吸收效率^[9]。

2.1.3 APS 用量 其它因素不变,通过改变 APS 用量,研究不同 APS 用量下所合成保水剂的吸水效率,结果见图 2c。合成产物的吸水效率随着 APS 用量的增加呈现出先增高后降低的趋势,当 APS 用量为单体总量的 0.3% 时,产物在去离子水和 0.9% NaCl 溶液中的吸收效率分别为 1 005 g/g 和 181 g/g,此时产物的吸收效率最佳。这是因为 APS 作为引发剂,其作用是在控制反应速率的同时刺激反应单体产生自由基,当引发剂用量较少时,反应单体中的有效成分被自由基引发的接枝点较少,链引发反应速率较低,网络结构难以形成^[18];但是当引发剂用量过大时,引发得到的自由基数目较多,致使反应得到的网状结构过于致密,导致产物的吸收效率降低,同时 APS 用量过多时可能会因为反应速度过快而发生爆聚的现象^[18-19]。

2.1.4 交联剂用量 其它因素不变,通过改变 MNBA 用量,研究不同 NMBA 用量下所合成保水剂的吸水效率,结果见图 2d。合成产物的吸水效率随着 NMBA 用量的增加呈现出先增高后降低的趋势,当 NMBA 用量为单体总量的 0.02% 时,产物在去离子水和 0.9% NaCl 溶液中的吸收效率分别达到 556 g/g 和 170 g/g,此时产物的吸收效率最佳。这是因为 NMBA 的加入对于保水剂分子形成网络结构非常重要,其用量的多少直接关系到网络结构的大小,当 NMBA 用量较少时,反应物的交联密度过低或交联不完全,产物吸水后呈现出半水溶性状态或部分水溶性状态,凝胶产物强度过低,吸水效率较小;当 NMBA 用量过多时,反应物交联密度过大,产物网状结构中的分子孔

径和吸液容量变小,水分子进入网络的难度增大,吸水后的凝胶硬度过大,吸水效率急剧降低^[20]。

2.2 保水剂结构表征

对所合成的保水剂进行红外光谱分析,所得结果见图 3。可以看出,在 $3\ 445\ \text{cm}^{-1}$ 处出现端羟基吸收振动峰,在 $2\ 945\ \text{cm}^{-1}$ 处出现 C-CH₂-C 的反对称吸收振动峰,在 $1\ 568\ \text{cm}^{-1}$ 处出现 N-H 吸收振动峰,说明 CTS 参与了反应^[6];在 $1\ 454\ \text{cm}^{-1}$ 处出现 -CH₂ 吸收振动峰,在 $1\ 172\ \text{cm}^{-1}$ 处出现饱和脂肪醚 C-O-C 的吸收振动峰,在 $1\ 061\ \text{cm}^{-1}$ 处出现 C-OH 吸收振动峰,说明 GG 参与了聚合反应^[21]。经过红外谱图分析,初步确定 AA,GG 和 CTS 这 3 种单体都参与了聚合反应。

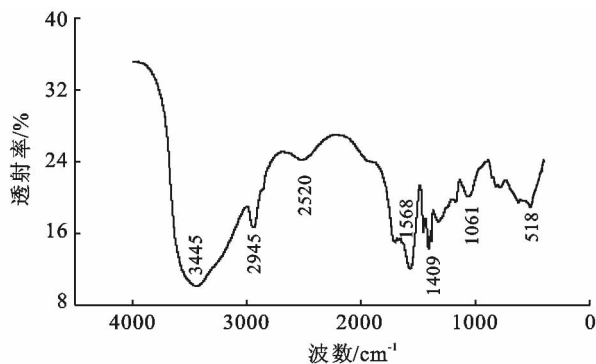


图 3 试验条件下合成的保水剂红外表征

利用扫描电子显微镜 (SEM) 对所合成的保水剂在不同放大倍率下的形态进行观察分析如图 4 所示。从图像中可以看出,干燥的保水剂分子表面凹凸不平,丝状结构明显且出现大量的褶皱和孔洞结构 (A, B)。正是因为保水剂分子表面较多的褶皱而使得其比表面积增大,较多的孔洞结构为水分子进入保水剂的网状结构提供了通道,它们共同作用使得保水剂的吸水效率明显增大^[21-22]。

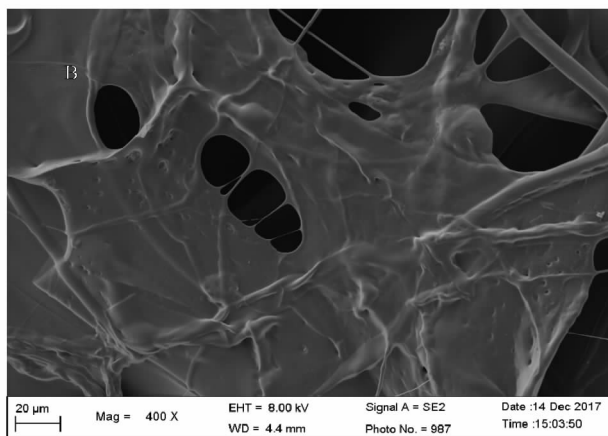
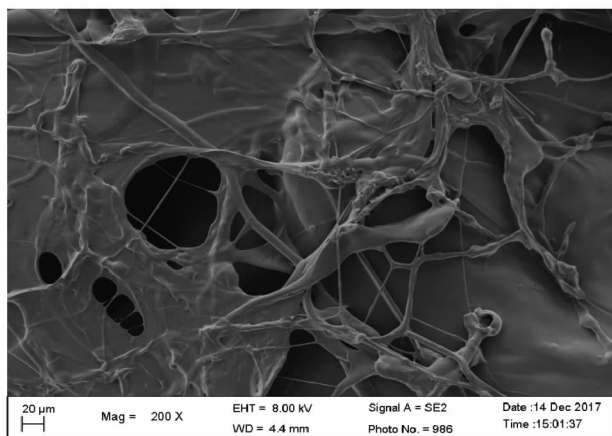


图 4 试验条件下合成的保水剂电镜扫描结果

注:图中 Mag 为放大倍数;EHT 为工作电压;WD 为工作距离(焦距);Signal A 为成像信号;Photo·No 为图片编码;Date 为日期;Time 为时刻。

2.3 保水剂性能测定

2.3.1 盐溶液 pH 值 在不同 pH 值的 0.9% NaCl 溶液中,对所合成保水剂的吸收效率进行测定(见图 5)。可以看出当盐溶液 pH 值 < 4 或 pH 值 > 10 时,其吸收效率明显降低,保水剂对酸性溶液更为敏感。这是因为保水剂吸水主要是由其分子中的亲水基团如 COO^- 等引起的,当溶液 pH 值过低时,分子中亲水阳离子基团可能被 H^+ 置换下来,使得保水剂内部阳离子浓度降低,渗透压下降,吸收效率迅速降低;而当溶液 pH 值过高时,溶液中盐基离子浓度增加也会导致保水剂吸液效率下降^[21,23]。

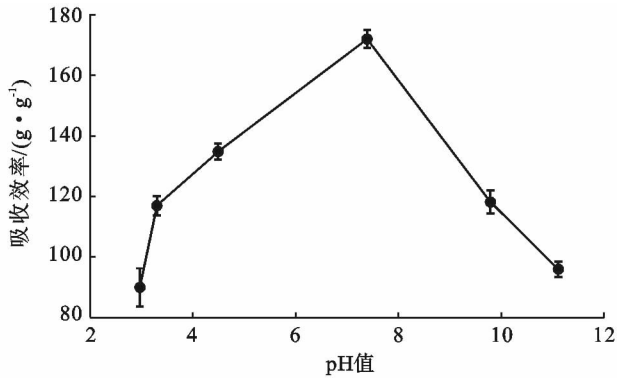


图 5 合成的保水剂在不同 pH 值盐溶液中的吸收效率

2.3.2 盐溶液类型及浓度 对所合成保水剂在不同盐溶液浓度中的吸收效率进行测定(见图 6)。可以看出盐溶液类型及浓度对所合成保水剂的吸收效率影响较大,保水剂在盐溶液中的吸收效率明显低于去离子水中。几种阳离子盐溶液对保水剂吸收效率的影响从大到小依次为: $\text{Mg}^{2+} > \text{Ca}^{2+} > \text{Na}^+ > \text{K}^+$,且都随盐溶液浓度的增大,吸收效率降低越发明显。这是因为保水剂树脂网络内外渗透压严格控制保水剂分子的吸收效率,随着盐溶液浓度的升高,溶液中的离子强度增大,致使网络内外渗透压降低,吸收效率

下降;同时,在浓度相同的不同阳离子盐溶液中,保水剂的吸收效率随阳离子所带电荷数的增加明显下降^[23]。

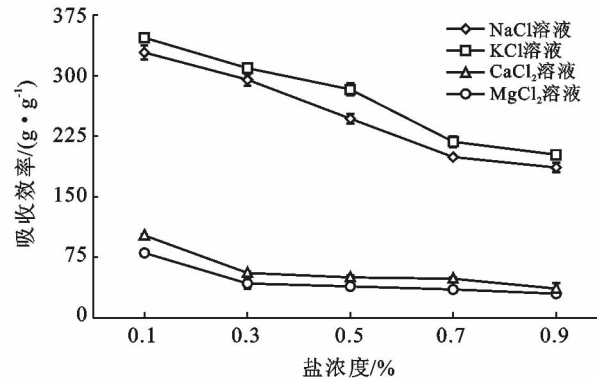


图 6 合成的保水剂在不同盐溶液、浓度下的吸收效率

2.4 保水剂的应用

2.4.1 土壤肥力淋溶试验 分别对每次淋溶液中的氮、磷、钾元素含量进行测定(共 5 次),换算为每个淋溶柱的总淋溶量,确定保水剂对于土壤肥力淋溶损失的抑制作用。由于试验中所用土壤为盐碱土 pH 值 > 7.5,磷元素易在土壤中产生磷酸盐沉淀,使得磷元素在土壤中易被固定^[24],当进行土壤淋溶时所得淋溶液中磷元素含量甚微,无法测量,因此只能对氮素和钾素进行测定,所得结果见图 7。可以看出保水剂的加入对于盐碱土氮肥和钾肥的淋溶损失有明显的抑制作用,且随保水剂加入量的增多效果越发明显。产生这种现象的原因是:保水剂的加入不仅能够有效降低土壤中可溶性养分的淋溶损失,而且能够稳定土壤结构、降低土壤容重和促进土壤团聚体的形成^[25]。同时,保水剂能够通过表面吸附与离子交换作用将加入到土壤中的可溶性营养元素随水吸收并保留在其分子网状结构中,待外界环境改变时缓慢释放出来,有效降低土壤肥力的淋溶损失^[26-27]。

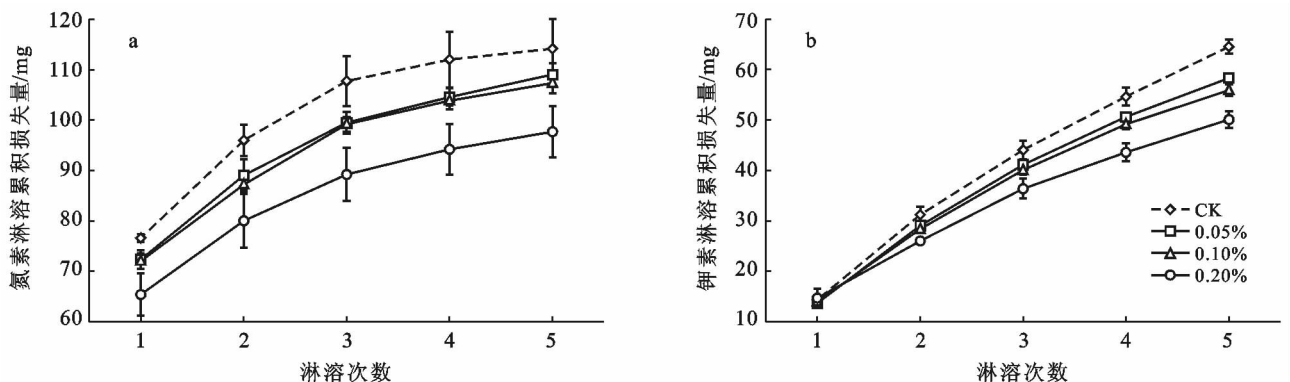
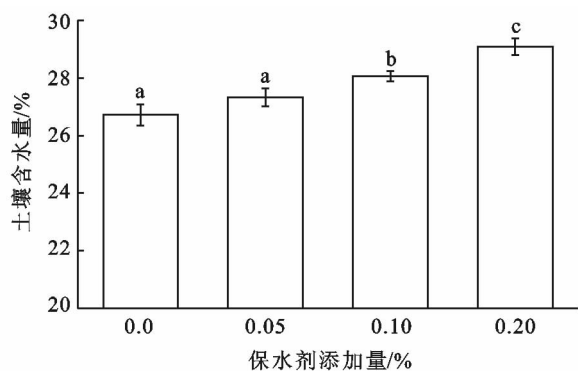


图 7 合成的保水剂不同投加量下土壤肥力淋溶损失

2.4.2 淋溶土壤含水量变化 分别对上述淋溶试验各处理中的土壤含水量进行测定,确定保水剂的加入对于缓解土壤干旱的作用,结果见图8。可以看出保水剂的加入有利于降低土壤水分的损失,且随保水剂投加量的增多效果越明显。保水剂投加量为0.10%和0.20%的两处理组相比空白处理,土壤含水量差异显著($p < 0.05$),其含量分别增加了4.99%和8.85%。这是因为保水剂分子具有较强的吸水保水功能,在结构稳定的土壤中能够抑制土壤水分流失,减少土壤水分蒸发^[19,27]。



注:不同小写字母分别代表各保水剂投加量处理相互间在0.05水平下的差异显著性。

图8 合成的保水剂不同投加量土壤含水量变化

3 结论

(1) 在最佳合成条件下保水剂在去离子水和0.9%NaCl溶液中的吸收效率可以达到1128 g/g和185 g/g,保水剂对溶液pH的适应性较强,在pH值为4~10范围内具有较好的吸水效果。

(2) 不同阳离子盐溶液对保水剂的吸收效率抑制效果依次为: $MgCl_2 > CaCl_2 > NaCl > KCl$,且随着盐溶液浓度的升高,保水剂的吸收效率明显降低。

(3) 该保水剂能够减缓土壤中肥料的淋溶损失,提高土壤保水效果,且随保水剂投加量的增加,其效果越明显。

(4) 本研究利用CTS和GG为原料接枝AA制备保水剂,原料天然无污染且易得,有利于提高保水剂的生物可降解性能,减少产物加入土壤后造成的环境污染。

[参 考 文 献]

[1] 谢修银,宛方,张艳,等.保水剂的研究现状与展望[J].化学与生物工程,2013,30(4):8-13.
 [2] Chen Yu, Zhang Yong, Wang Fengju, et al. Preparation of porous carboxymethyl chitosan grafted poly

(acrylic acid) superabsorbent by solvent precipitation and its application as a hemostatic wound dressing[J]. Materials Science and Engineering(C),2016,63:18-29.

[3] Paiva H, Esteves L P, Cachim P B, et al. Rheology and hardened properties of single-coat render mortars with different types of water retaining agents[J]. Construction and Building Materials, 2009,23(2):1141-1146.
 [4] Naz M Y, Sulaiman S A. Slow release coating remedy for nitrogen loss from conventional urea: A review[J]. Journal of Controlled Release, 2016,225:109-120.
 [5] Mukerabigwi J F, Lei Shaojun, Fan Lu, et al. Eco-friendly nano-hybrid superabsorbent composite from hydroxyethyl cellulose and diatomite [J]. RSC Advances, 2016, 6 (38):31607-31618.
 [6] Zhang Junping, Wang Qin, Wang Aiqin. Synthesis and characterization of chitosan-g-poly(acrylic acid)/attapulgite superabsorbent composites[J]. Carbohydrate Polymers, 2007,68(2):367-374.
 [7] Gao Deyu, Heimann R B, Lerchner J, et al. Development of a novel moisture sensor based on superabsorbent poly(acrylamide)-montmorillonite composite hydrogels [J]. Journal of materials science, 2001,36(18):4567-4571.
 [8] 卢静琼,李银辉,胡灯,等.耐盐型聚天冬氨酸/壳聚糖互穿网络吸水树脂制备[J].化工新型材料,2016,44(4):53-56.
 [9] 陈锋,龙家杰.酸性染料在瓜尔豆胶浆中的扩散性[J].印染,2015,41(9):11-14,24.
 [10] 赵秀芳,宋国香,谢志远,等.我国盐碱土修复现状与特点[J].环境卫生工程,2017,25(4):96-99.
 [11] 黄艳辉.内蒙古盐碱土中AM真菌多样性及提高宿主植物耐盐能力的研究[D].陕西杨凌:西北农林科技大学,2007.
 [12] 齐智娟.河套灌区盐碱地玉米膜下滴灌土壤水盐热运移规律及模拟研究[D].陕西杨凌:中国科学院教育部水土保持与生态环境研究中心,2016.
 [13] 纪永福,蔺海明,杨自辉,等.夏季覆盖盐碱地表面对土壤盐分和水分的影晌[J].干旱区研究,2007,24(3):375-381.
 [14] 周燕,刘宝林,韩宝三,杨晓昀,王欣,等.多聚磷酸钠/壳聚糖多孔微载体的制备研究[J].中国生物医学工程学报,2010,29(4):636-640.
 [15] 王雪邴,邱树毅.含磷农用保水剂的制备及性能研究[J].中国农学通报,2011,27(7):284-289.
 [16] 杜建军,苟春林,崔英德,等.保水剂对氮肥挥发和氮磷钾养分淋溶损失的影响[J].农业环境科学学报,2007,26(4):1296-1301.
 [17] 陈瑞环,王萍,刘云,等.耐盐保水剂的合成及其性能[J].化工进展,2015,34(6):1750-1754,1798.

- [2] Florincescu A, Wangner S, Zaharia D. Ecological roses a possible alternative for modern Romanian landscape architecture[J]. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 1997, 27(1):93-98.
- [3] Powell R H. Ground covers for Australia[J]. *Seed and Nursery Trader*, 1973, 71:167-186.
- [4] Spruyt J. Herbaceous plants as ground cover[J]. *Verbondsnieuws Voor de Belgische Sierteelt*, 1982, 26(5):185-187.
- [5] 陈佳楠. 北京市道路地被植物的耐旱性和耐盐性评价[D]. 河北 邯郸:河北工程大学, 2016.
- [6] 杨秀云, 顾思思, 曹晔, 等. 太原市城市绿地地被植物资源和园林应用[J]. *草原与草坪*, 2014(3):54-61.
- [7] 赵遵田, 贾泽峰, 赵洪东, 等. 济南市常见绿化地被植物研究[J]. *山东科学*, 2001(3):20-25.
- [8] 田福平, 武高林, 时永杰, 等. 我国园林地被植物研究现状[J]. *草业科学*, 2006, 23(9):111-115.
- [9] 朱莹, 温韦华, 陈进涌, 等. 七种地被植物的耐阴性研究[J]. *风景园林植物*, 2015, 31(6):90-94.
- [10] 雷凌华, 周红灿, 周亮, 等. 怀化市城市绿地园林地被植物资源调查与分析[J]. *农技服务*, 2010, 27(11):1476-1477.
- [11] 唐东芹, 杨学军, 许东新. 园林植物景观评价方法及其应用[J]. *浙江林学院学报*, 2001, 18(4):394-397.
- [12] 简兴. 层次分析法在城市绿地景观评价中的应用[J]. *资源开发与市场*, 2009, 25(7):610-612, 615.
- [13] 翁殊斐, 柯峰, 黎彩敏. 用 AHP 法和 SBE 法研究广州公园植物景观单元[J]. *中国园林*, 2009, 25(4):78-81.
- [14] 刘晓曦. 观叶植物在城市园林中的应用研究[D]. 福建福州:福建农林大学, 2013(7):49-50.
- [15] 卢涛. 观花植物与观果植物在园林绿化中的选择与应用[J]. *现代园艺*, 2013(9):115, 47.
- [16] 罗凤姿, 梁丽辉, 杨林, 等. 观果植物在园林景观中的应用[J]. *安徽农业科学*, 2017, 45(3):201-202, 206.
- [17] 徐玉芬, 阳玉婷, 李颂兰, 等. 张家界市野生观赏地被植物资源调查及其应用研究[J]. *中国农学通报*, 2016, 32(16):98-104.
- [18] 向雄诚. 张家界市园林绿化中地被植物的应用及思考[J]. *湖南林业科技*, 2008, 35(3):45-50.
- [19] 刘永金, 叶自慧, 李许文, 等. 深圳市野生观赏地被植物资源调查与评价[J]. *中国园林*, 2013(11):115-119.
- [20] 张皖清, 郝培尧, 滕辰辰, 等. 北京郊野地区园林地被植物综合评价与分级[J]. *西北林学院学报*, 2015, 30(5):252-257.
- [21] 黄泽斌, 陈传明. 基于 AHP 的湘江新区优势地被植物综合评价[J]. *中外建筑*, 2017(6):119-122.

(上接第 299 页)

- [18] 徐小兰, 马青斌, 郑旺斌, 田映良, 王天乾. 生物质可降解保水剂的制备工艺研究[J]. *广州化工*, 2016, 44(3):90-92.
- [19] 张慧瑛, 樊丹阳, 卢妹妹, 等. 利用小麦秸秆制备的保水剂性能研究[J]. *水土保持通报*, 2017, 37(2):193-198.
- [20] 张秀兰, 栗印环, 郝盼盼, 等. 淀粉接枝丙烯酸/沸石/粉煤灰保水剂的合成及性能研究[J]. *安徽农业科学*, 2011, 39(1):3-5.
- [21] Chandrika K S V P, Anupama S, Abhishek R, et al. Novel cross linked guar gum poly(acrylate) porous superabsorbent hydrogels: Characterization and swelling behaviour in different environments[J]. *Carbohydrate polymers*, 2016, 149:175-185.
- [22] Jing Zhanxin, Zhang Guangcheg, Sun Xiaofeng, et al. Preparation and adsorption properties of a novel superabsorbent based on multiwalled carbon nanotubes-xylan composite and poly (methacrylic acid) for methylene blue from aqueous solution[J]. *Polymer Composites*, 2014, 35(8):1516-1528.
- [23] 黄麟, 叶建仁, 盛江梅, 等. 6 种保水剂吸水保水性能的比较[J]. *南京林业大学学报:自然科学版*, 2007, 31(2):101-104.
- [24] 马慧敏, 陈亮, 潘康兵, 等. 防磷固定剂对土壤有效性的影响[J]. *西南农业学报*, 2017, 30(11):2533-2536.
- [25] 马征, 姚海燕, 张柏松, 等. 保水剂对粘质潮土团聚体分布、稳定性及玉米养分积累的影响. *水土保持学报*, 2017, 31(2):221-226.
- [26] 刘陆涵, 马妍, 刘振海, 等. 三种环境材料对土壤水肥保持效应的影响研究[J]. *农业环境科学学报*, 2017, 36(9):1811-1819.
- [27] 任岩岩, 武继承. 保水剂对土壤性质及土壤微生物的影响研究进展[J]. *河南农业科学*, 2009, 38(4):13-15.