

Water Retention Performance of Composite Water Retaining Agent and Its Effect on Corn Growth

Lei Ge^{1,2,3,4}, Haiou Zhang^{1,2,3,4}

¹Shaanxi Provincial Land Engineering Construction Group Co. Ltd., Xi'an Shaanxi

²Institute of Land Engineering and Technology, Shaanxi Provincial Land Engineering Construction Group Co. Ltd., Xi'an Shaanxi

³Key Laboratory of Degraded and Unused Land Consolidation Engineering, The Ministry of Natural Resources, Xi'an Shaanxi

⁴Shaanxi Provincial Land Consolidation Engineering Technology Research Center, Xi'an Shaanxi

Email: gelei917@foxmail.com

Received: May 8th, 2020; accepted: May 22nd, 2020; published: May 29th, 2020

Abstract

Aiming at the application effect of water retaining agent on arsenic sandstone and sand compound soil, self-made polyacrylic acid/2-acrylamido-2-methylpropanesulfonic acid/humic acid/bentonite composite water retaining agent, polyacrylic acid/2-Acrylamido-2-methylpropanesulfonic acid/bentonite composite water-retaining agent and commercially available water-retaining agent are taken as examples, using a combination of indoor measurement and pot experiment, respectively, on the application performance of the water-retaining agent and its effect on corn growth test. The results show that the order of water absorption rate and water retention capacity of the three water-retaining agents is PAAHM1 > PAAM > Water, and the ability to inhibit soil water evaporation is PAAM > Water > PAAHM1. The addition of water-retaining agent has a good promoting effect on the growth of maize plant height. Different kinds of additives, different amounts of additives, and certain differences between the application sites have some differences. When the amount of water-retaining agent is small and under drought stress, PAAHM1 and PAAM have more excellent growth promotion effects than water-retaining agent.

Keywords

Water-Retaining Agent, Water-Absorbing Resin, Corn

复合保水剂保水性能及其与对玉米生长的影响

葛磊^{1,2,3,4}, 张海欧^{1,2,3,4}

¹陕西省土地工程建设集团有限责任公司, 陕西 西安

²陕西地建土地工程技术研究院有限责任公司, 陕西 西安

³自然资源部退化及未利用土地整治工程重点实验室, 陕西 西安

⁴陕西省土地整治工程技术研究中心, 陕西 西安

Email: gelei917@foxmail.com

收稿日期: 2020年5月8日; 录用日期: 2020年5月22日; 发布日期: 2020年5月29日

摘要

针对保水剂在砒砂岩与沙复配土上的应用效果问题, 以自制的聚丙烯酸/2-丙烯酰胺基-2-甲基丙磺酸/腐植酸/膨润土复合保水剂、聚丙烯酸/2-丙烯酰胺基-2-甲基丙磺酸/膨润土复合保水剂以及市售沃特保水剂为例, 采用室内测定和盆栽试验相结合的方法, 分别对保水剂应用性能及其对玉米生长的影响试验。结果表明: 三种保水剂吸水倍率及保水能力的顺序为PAAHM1 > PAAM > 沃特, 抑制土壤水分蒸发能力为PAAM > 沃特 > PAAHM1。添加保水剂对玉米株高长势作用具有较好的促进作用, 不同种类添加剂、不同量的添加剂以及施用部位之间存在一定差异。在保水剂用量较小以及干旱胁迫下, PAAHM1、PAAM具有比沃特保水剂更为优异的生长促进作用。

关键词

保水剂, 吸水树脂, 玉米

Copyright © 2020 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

近年来, 在陕北毛乌素沙地地区, 作为陕西大粮仓的榆林玉米种植已经具有一定规模, 虽然受供给侧结构性改革调整, 但种植总面积仍然达到 150 万亩以上。然而由于该地干旱少雨、蒸发强烈、并且沙土渗透严重, 因此干旱胁迫是该地区的作物生长发育过程中面临的一大难题。保水剂, 又称高吸水聚合物和超级吸水剂, 是一种新型的高分子功能材料, 具有抗旱, 保苗, 增产增肥, 改良土壤等多种功能, 能够通过调节土壤中的持水量以及含水量, 搭配现代农业灌溉技术, 能够有效解决干旱地区供水和需求的矛盾, 是国家重点发展支持的农业节水工程技术产品[1] [2] [3]。

目前, 保水剂的应用研究已有大量报道, 不同种类的保水剂由于其吸水、保水性能的差异, 导致其对作物生长的影响有很大差异, 另外保水剂的施加方式的差异也能够对保水剂的实际应用性能造成差异[4]。然而, 保水剂在毛乌素地区砒砂岩与沙复配土上的应用研究尚未见报道。

本文在以往的研究基础上, 以表面交联聚丙烯酸/2-丙烯酰胺基-2-甲基丙磺酸/腐植酸/膨润土复合保水剂(PAAHM1), 聚丙烯酸/2-丙烯酰胺基-2-甲基丙磺酸/膨润土复合保水剂(PAAM)以及市售沃特牌保水剂为例, 分别对保水剂的吸水、保水性能以及其对玉米生长作用影响进行评价, 研究保水剂类型、保水剂用量对玉米生长的影响, 对后续保水剂的开发研究具有指导意义。

2. 实验部分

2.1. 材料与试剂

实验所涉及的试剂: 环己烷、司班 80、吐温 80、膨润土、丙烯酸、腐植酸钾、2-丙烯酰胺基-2-甲基丙磺酸、过硫酸钾、N,N-亚甲基双丙烯酰胺等均为分析纯。

可信的吸水树脂为宜兴市可信的化工有限公司产品, 沃特保水剂为东营华业新材料有限公司产品。

2.2. PAAM、PAAHM 保水剂的制备

按照文献[5]的制备方法制备出聚丙烯酸/2-丙烯酰胺基-2-甲基丙磺酸/腐植酸/膨润土复合吸水树脂(PAAHM), 聚丙烯酸/2-丙烯酰胺基-2-甲基丙磺酸/膨润土复合吸水树脂(PAAM)。

PAAHM1 的制备(PAAHM 表面交联反应): 分别将 3 wt% 的乙二醇二缩水甘油醚、10 wt% 的丙三醇、10 wt% 的硫酸铝和水混合均匀, 配制成表面交联液, 以 20 wt% 的用量比例对 PAAHM 进行喷洒搅拌, 然后于 120℃ 进行高温交联, 反应结束后, 粉碎得核壳型聚丙烯酸/2-丙烯酰胺基-2-甲基丙磺酸/腐植酸/膨润土复合高吸水树脂(PAAHM1)。

2.3. 盆栽试验布置

盆栽实验于陕西地建土地工程技术研究院富平中试基地温室进行, 供试土壤为砒砂岩与沙复配比例为 1:2 的复配土, 其中, 砒砂岩、沙均采集自陕西省榆林市榆阳区井克梁土场。

实验盆栽高度为 50 cm, 填土高度为 40 cm, 重量 2.4 kg, 施肥尿素 2.25 g, 硫酸钾 4.35 g, 磷酸二胺 3.45 g, 玉米品种选为松科 706, 保水剂选择 PAAHM1、PAAM 以及市售保水剂沃特牌保水剂。保水剂添加量按照土壤总量的 0.25 wt%、0.50 wt%、1.00 wt%., 并且在填土时分别将保水剂与填土高度的 0~10 cm、0~20 cm、0~40 的复配土进行混合装盆, 每个处理 3 个重复。待玉米播种出苗后, 观察玉米生长状况, 于 7 周后, 每隔 7 天测定玉米株高、叶片数。

2.4. 测定指标与方法

保水剂吸水倍率: 采用茶袋法进行保水剂吸水倍率测定, 将 1.00 g 保水剂于尼龙袋中, 置于装有 1000 ml 纯水的烧杯中, 充分吸水溶胀后, 滤干水分称重。

保水剂保水能力: 将 1.00 g 保水剂装于尼龙茶袋内, 将其置于纯水中待充分吸水溶胀后, 悬挂控水, 每隔 1 d 称量重量。

土壤保水率: 称取 150 g 过 2 mm 筛的砒砂岩与沙复配比例为 1:2 的复配土与 0.15 g 保水剂混合均匀后装入尼龙布袋中, 将其置于装有 2000 ml 去离子水的烧杯吸水溶胀后取出并悬挂静置 10 min, 以使其不产生滴水, 同时做未施加保水剂的空白实验, 每间隔一段时间后称重。

玉米株高: 采用卷尺测定株高。

3. 结果与讨论

3.1. 保水剂的吸水性能研究

3 种保水剂在纯水以及 0.9 wt% NaCl 溶液中的吸水倍率如表 1 所示。结果可知, 表面交联以后具有核壳结构的 PAAHM1 型复合保水剂在纯水中具有最为优异的吸水能力, 其饱和吸水倍率达到 541 g/g; 而 PAAM 在 0.9 wt% NaCl 溶液中具有最好的吸水能力, 达到 73 g/g。三种保水剂吸水能力的大小顺序为: 纯水, PAAHM1 > PAAM > 沃特; 0.9 wt% NaCl, PAAM > PAAHM1 > 沃特。三种保水剂的吸水能力在

离子溶液中迅速下降, 由于 PAAHM1、PAAM、沃特保水剂均属于离子型吸水树脂, 在离子溶液中, 保水剂结构内外的渗透压被大大降低, 因而降低了保水剂的平衡吸水倍率。

Table 1. Water absorption rate performance of water retention agent (unit g/g)

表 1. 保水剂的吸水倍率性能表(单位 g/g)

种类	沃特	PAAM	PAAHM1
去离子水	340	386	541
0.9 wt% NaCl 溶液	56	73	64

3.2. 保水剂的保水性能研究

三种保水剂自然蒸发失水条件下保水率随时间的变化见图 1 所示。由图可知, 在三种保水剂中, 具有核壳结构的 PAAHM1 型复合保水剂保水性能最好, 10 d 自然失水以后保水剂的保水率能够达到 27%。三种保水剂保水性能的大小顺序依次为: PAAHM1 > PAAM > 沃特。

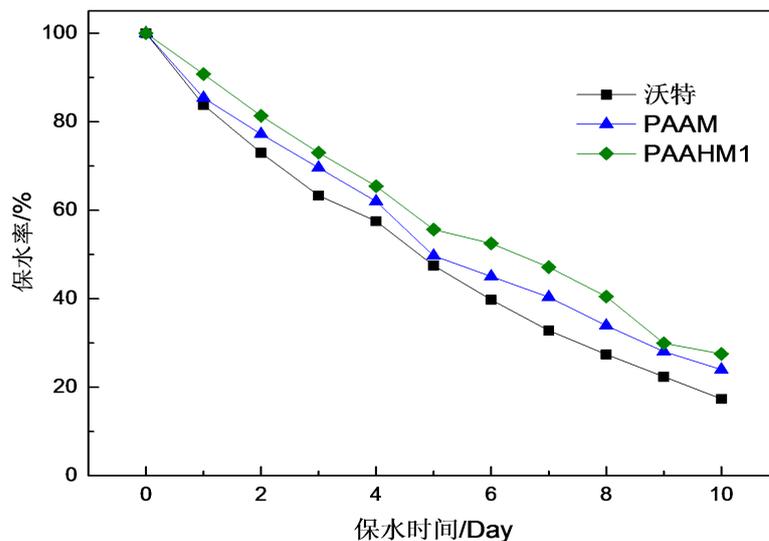


Figure 1. Water retention performance of water retention agent

图 1. 保水剂的保水性能

3.3. 保水剂对复配土保水率的影响

三种保水剂对砒砂岩于沙复配土在蒸发失水条件下的保水率随时间的变化曲线如图 2 所示。结果表明, 施加保水剂能够明显提升砒砂岩于沙复配土的保水率, 能够提升土壤水分蒸发抑制能力。从曲线形态上可以看出, 对于未加保水剂的复配土而言, 在蒸发失水时间为 1~18 h 的区间内, 复配土的保水率随时间的变化曲线近乎呈现出一条直线, 并且斜率较大, 而在蒸发失水 18 h 左右, 由于土壤内部的孔隙水及大部分的结合水已经蒸发失去, 保水率随时间的变化逐渐平缓, 此时进入稳定失水阶段[6] [7]。而对于添加保水剂的复配土下, 土壤的保水率随时间的变化曲线的斜率变缓, 三种保水剂对土壤保水率的影响分别为 PAAM > 沃特 > PAAHM1。表面交联后的 PAAHM1 虽然具有较好的吸水倍率以及保水性能, 但对土壤保水率的影响上要低于 PAAM 以及沃特保水剂。

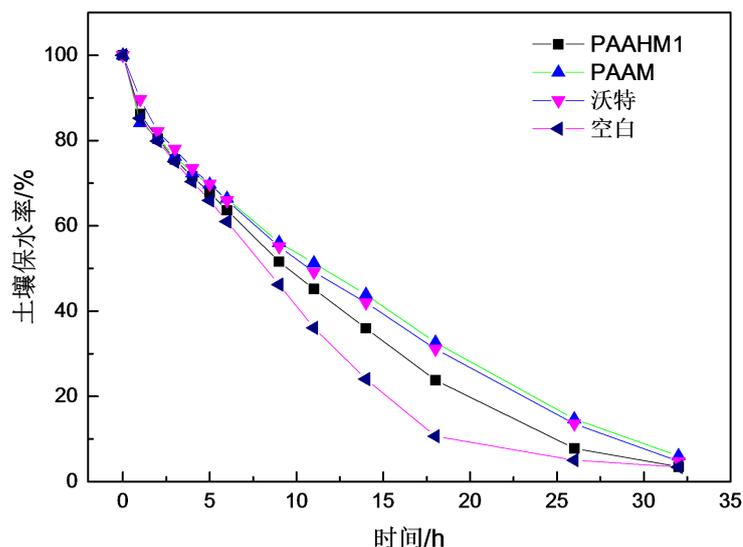


Figure 2. The effect of water-retaining agent on the water retention rate of compound soil
图 2. 保水剂对复配土保水率的影响

3.4. 保水剂对玉米生长的影响

施用保水剂对春玉米生育期有一定影响, 当保水剂用量为土壤重量的 0.25 wt%, 保水剂混合高度为 0~10 cm 时, PAAHM1 以及沃特保水剂对玉米生长的影响效果如图 3 所示。由图可知, 在较少用量的情况下, PAAHM1 具有比沃特保水剂更好的玉米生长发育促进作用, 施用保水剂 12 周以后, 玉米的株高能够达到 130 cm。

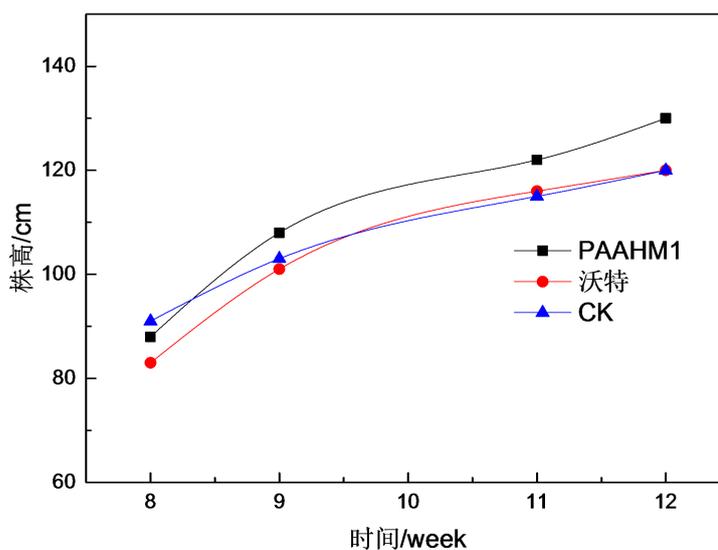


Figure 3. The effects of PAAHM1 and water retaining agent on corn growth
图 3. PAAHM1 及沃特保水剂对玉米生长的影响

当保水剂用量为土壤重量的 0.50 wt%, 保水剂混合高度为 0~20 cm 时, PAAM 及沃特保水剂对玉米生长的影响效果如图 4 所示, 结果表明, 当保水剂用量为 0.50 wt% 时, 沃特保水剂具有比 PAAM 更好的玉米生长发育促进作用, 施用保水剂 12 周以后, 玉米的株高能够达到 140 cm。

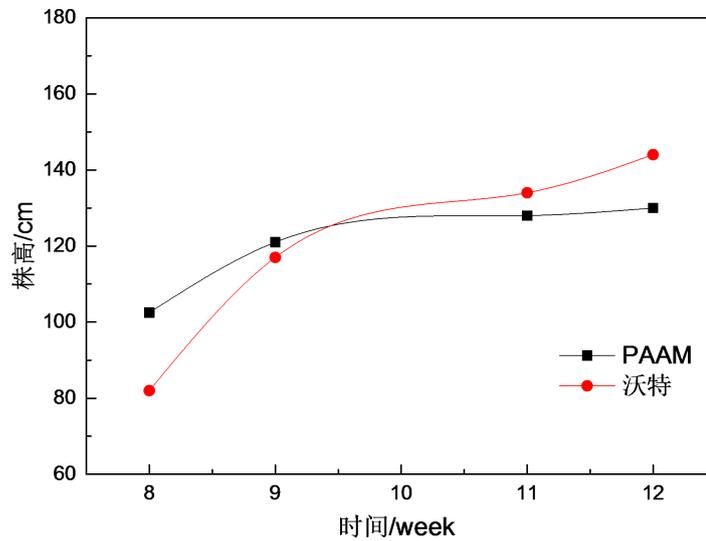


Figure 4. The growth and development of maize with PAAM and water retention agent
图 4. PAAM 及沃特保水剂对玉米生长发育的情况

沃特保水剂按照 0.25 wt%、0.50 wt%、1.00 wt%的比例与土壤混合后, 玉米的生长发育情况如图 5 所示, 由图可知, 提高保水剂的用量, 对于提升玉米生长发育具有明显效果, 但并不是保水剂用量越高越好, 对于沃特保水剂而言, 当保水剂用量达到其对于玉米生长发育促进的最佳用量为 0.25~0.50 wt%。这主要的原因在于, 保水剂不是造水剂, 在土壤干燥缺水的情况下, 过量的保水剂受内外渗透压的影响, 从土壤中继续吸持水分, 从而降低了玉米根系周围的土壤水分, 影响玉米的生长发育[8] [9]。

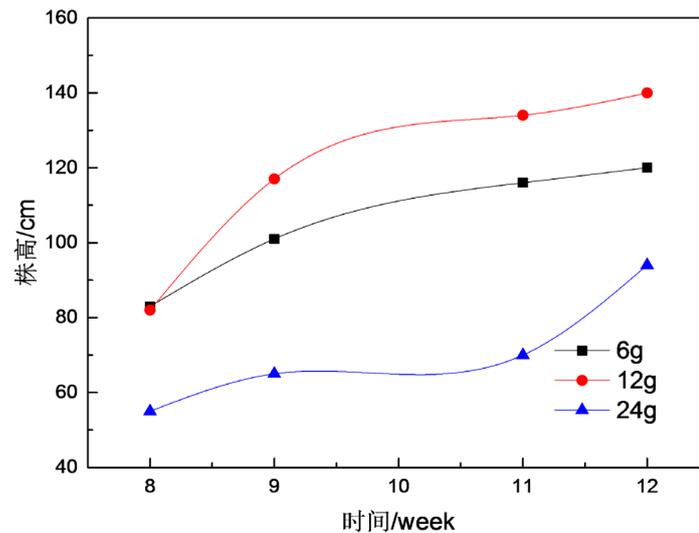


Figure 5. The effect of the amount of water retention agent on corn growth
图 5. 沃特保水剂用量对于玉米生长的影响

保水剂的施用显著影响植物株高的生长, 玉米的株高最高值出现在 PAAHM1、PAAM 处理上。保水剂的种类、用量以及保水剂施用部位的差异同样会导致玉米生长发育情况的不同, 在相同的添加方式(固体颗粒混施法, 0.25%添加量, 施用部位为 0~10 cm)进行下, PAAHM1 体现比沃特保水剂更好的植物生长促进作用。这可能的原因就在于, 当保水剂用量较小以及土壤受干旱胁迫时, 玉米的生长发育主要受保

水剂保水性能的影响,即保水剂抑制土壤蒸发并能缓慢向植物根系释放水分的能力[10]。随着保水剂用量增大时,保水剂对玉米生长发育促进作用愈加显著,但并不是用量越大越好,PAAHM 保水剂适用的用量为土壤重量的 0.25%,而沃特保水剂的用量为土壤重量的 0.50%。

结合 PAAHM1 以及 PAAHM 型保水剂的吸水倍率以及吸水速率性能进行分析,对于 PAAHM1、PAAHM 型这类具有较好的吸水倍率、保水性能,但吸水速率时间较长的保水剂来讲,以固体颗粒的形式施加入土壤可能不能完全发挥此类保水剂的应用性能。因此,PAAHM1、PAAHM 型保水剂的最佳使用方法更适合以充分吸水溶胀后在施加入土壤的方式。

保水剂中引入腐植酸能够起到对玉米生长能够起到正向作用,考虑到土壤中复杂的离子特性,PAAHM1 在土壤中的吸水溶胀机理可能与其在盐水中的吸水溶胀机理相似,即 PAAHM1 能够在土壤环境中不断释放腐植酸。

4. 结论

自制的表面交联的聚丙烯酸/2-丙烯酰胺基-2-甲基丙磺酸/腐植酸/膨润土复合保水剂(PAAHM1)以及聚丙烯酸/2-丙烯酰胺基-2-甲基丙磺酸/膨润土复合保水剂(PAAM),市售沃特牌保水剂均具有较好的吸水倍率、保水能力以及抑制土壤水分蒸发能力。三种保水剂吸水倍率及保水能力的顺序为 PAAHM1 > PAAM > 沃特,抑制土壤水分蒸发能力为 PAAM > 沃特 > PAAHM1。

添加保水剂对玉米株高长势作用具有较好的促进作用,不同种类添加剂、不同量的添加剂以及施用部位之间的一定差异。在保水剂用量较小以及干旱胁迫下,PAAHM1、PAAM 具有比沃特保水剂更为优异的生长促进作用。PAAHM 保水剂最佳的用量为土壤重量的 0.25%,沃特保水剂的用量为土壤重量的 0.50%。

参考文献

- [1] 廖人宽,杨培岭,任树梅.高吸水树脂保水剂提高肥效及减少农业面源污染[J].农业工程学报,2012,28(17):1-10.
- [2] 童伟,葛磊.保水剂研究进展及应用分析[J].河南农业,2019,514(26):48-49.
- [3] 李备,李华耀,宋白雪.保水剂研究进展及早作农业发展新方向[J].农村经济与科技,2016,27(19):64-65.
- [4] 王春芳,李喜凤,张晓莲,等.保水剂在农业生产应用上的研究进展[J].现代农业科技,2019,746(12):199.
- [5] 葛磊,童伟.反相悬浮聚合法制备 AA-AMPS/HA/MMT 复合吸水树脂及其性能的研究[J].化学工程与技术,2019,9(2):489-496
- [6] 王宇,叶建仁.保水剂种类及含量对土壤水分蒸发的影响[J].南京林业大学学报(自然科学版),2008,136(4):95-97.
- [7] 马生丽,孙凡,汪亚峰.保水剂对土壤水分蒸发的影响研究[J].重庆文理学院学报(自然科学版),2012,31(3):62-66.
- [8] 魏贤,陈瑞环,王萍,等.一种耐盐型保水剂对沙培玉米生长特性的影响[J].土壤学报,2018,55(6):1422-1430.
- [9] 张洪生,井涛,赵美爱,等.聚天冬氨酸和保水剂对干旱条件下玉米幼苗生长的影响[J].中国农学通报,2013,29(6):59-62.
- [10] 杜社妮,白岗栓,赵世伟,等.沃特和 PAM 施用方式对土壤水分及玉米生长的影响[J].农业工程学报,2008,134(11):30-35.