

# 保水剂与其对土壤含水量的关系

陈文君

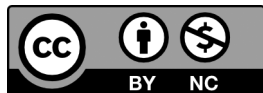
长江大学物理与光电工程学院，荆州

**摘 要** | 通过室内试验，对大粒径（2.0 ~ 3.2 mm）、中粒径（1.0 ~ 2.0 mm）和小粒径（0.5 ~ 1 mm）3 种粒径保水剂的吸水特性进行了测定，同时对施加不同粒径保水剂前后的沙质土壤的理化性质进行对比分析。结果表明：①保水剂的吸水倍率与其粒径大小呈负相关关系；②保水剂对土壤水分蒸发有明显的抑制效应，能显著提高土壤的水分含量；③保水剂会使土壤 pH 和电导率升高，降低土壤渗透性，土壤中液相比比例增加的同时气相比比例会相应减少。综合考虑 3 种不同粒径保水剂对土壤理化性质的影响，中粒径保水剂改善效果最好，在施用量为 0.1% 时，对土壤的改良效果最为明显，亦不会产生明显副作用。

**关键词** | 保水剂；粒径；渗透性；土壤含水量；电导率；沙质土壤

Copyright © 2021 by author (s) and SciScan Publishing Limited

This article is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/). <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



水资源状况和利用水平已成为评价一个地区乃至一个国家经济能否持续发展的重要指标。我国是一个水资源相对贫乏的国家，是世界上人均占有水资源量贫乏的 13 个国家之一，如何利用有限的水资源已成为中国农业的一大课题。另外，我国水资源时空分布不平衡，西北干旱区水资源天然禀赋不足，高效、节约型水资源利用方式已成为干旱地区农业可持续发展的关键所在。在水资源的高效利用方面，保水剂的作用越来越引起国内外专家的重视。保水剂是利用

作者简介：陈文君，长江大学物理与光电工程学院，硕士。

文章引用：陈文君. 保水剂与其对土壤含水量的关系 [J]. 现代物理进展, 2021, 3 (2): 29–35.

<https://doi.org/10.35534/amp.0302009c>

强吸水树脂制成的一种高吸水、保水能力的高分子聚合物,它对提高土壤持水性、改良土壤结构和减少水分流失具有良好的效果,从而在农业生产和生态保护中得到了较为广泛的应用。目前,关于不同粒径保水剂吸水特性的研究相对较多,多集中于不同种类保水剂的比较,且针对保水剂粒径对其吸水效果影响的结论也不尽相同;土壤施加保水剂后,显著提高了水分含量,明显抑制了土壤水分的蒸发,有效地改善了土壤的物理性能,但保水剂的粒径不同,对土壤物理性能影响也不同,同时保水剂超过一定浓度会引起土壤电导率和pH的升高。因此,保水剂的施用浓度不是越高越好,针对干旱区的土壤环境,有必要明确相应的保水剂浓度和类型。为了进一步探明保水剂吸水特性与粒径的关系,揭示不同粒径保水剂对土壤理化性质的影响,本研究采用不同粒径的同种保水剂,对不同粒径保水剂吸水特性进行分析,同时对施加不同粒径保水剂的沙质土壤理化性质进行了对比研究,以期探明保水剂在干旱区的应用效果以及最佳的施用量和适用类型,从而为保水剂在荒漠化治理和农业生产中的应用提供参考依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

购于北京金元易生态工程技术中心PAM-2100保水剂,粒径大小不等,在32mm、2.0mm、1.0mm和0.5mm标准筛下对其进行分级。介于2.0~3.2mm筛孔为大颗粒,1.0~2.0mm为中颗粒,0.5~1.0mm筛孔为小颗粒。采集中国科学院新疆生态与地理研究所莫索湾站半流动沙丘表层0~50cm土壤作为实验用土,土壤pH8.21,容重为1.46g/cm<sup>3</sup>。

### 1.2 方法

#### 1.2.1 保水剂对土壤蒸发影响的测定

保水剂与沙土按3:1000质量比混合,分装在底部开孔并铺有滤纸的铝盒内,放入用搪瓷托盘内加水制成的吸水盘内充分吸水,在25℃恒温下进行蒸发实验,每24h用天平称重1次,并计算土壤含水量。

### 1.2.2 保水剂吸水倍率的测定

在室内条件下,分别用天平(1/1000 g)称取不同粒径的保水剂1 g置烧杯内,加入水或溶液,测定过程始终保持保水剂被水和溶液完全浸没,12 h后倒入360孔目标标准筛过滤并称量,得到吸水饱和后的保水剂重量,计算吸水倍率。

### 1.2.3 保水剂对土壤渗透性的影响

采用双环刀法测定试验每5 min记录1次渗水量,实验持续至单位时间内渗水量相等为止,在整个渗透过程中始终保持5 cm的水层。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同粒径保水剂在不同溶液中的吸水倍率

可以看出,保水剂在蒸馏水、地下井水和土壤浸提液中吸水趋势完全一致,3种粒径保水剂吸水倍率均为:蒸馏水>地下井水>土壤浸提液。方差分析表明,3种粒径的保水剂在不同溶液中的吸水倍率均达到显著水平( $p<0.05$ ),大、中和小粒径保水剂在地下井水中的吸水倍率分别为蒸馏水中的49.3%、39.2%、41.3%,在土壤浸提液中的吸水倍率分别为蒸馏水中的24.2%、30.5%和37.9%。粒径的差别显著影响了保水剂的吸水倍率( $p<0.05$ ),小粒径保水剂吸水倍率最高,在蒸馏水、地下井水和土壤浸提液中吸水倍率分别为495、207倍和189倍,高出中粒径保水剂109、53倍和70倍,高出大粒径保水剂234、76倍和125倍。以上分析表明,保水剂的粒径越小,吸水倍率越大。耐盐碱性也是衡量保水剂经济价值的一个重要指标,不同粒径的保水剂在不同的土壤环境中应用效果不同,限制保水剂吸水性的因素除了溶液中离子水平外,还与溶液的pH有关。保水剂的粒径越小,吸水倍率越大;同时大、中和小粒径保水剂吸水倍率都随着pH的增大而增大,在pH为9的环境下,大、中和小粒径保水剂吸水倍率均达到最大,分别是pH为4时的32、59倍和93倍,其中保水剂的粒径越小,吸水倍率增幅越明显。说明该种保水剂适用于碱性环境,同时保水剂的粒径越小,作用效果越明显。

### 2.2 不同粒径保水剂对土壤蒸发的影响

土壤蒸发是土壤的水分物理运动过程,施加保水剂可以有效抑制土壤的蒸

发,减少水分的损失,提高水分利用效率。在 25℃恒温条件下,测定 3 种粒径保水剂对土壤蒸发的影响,在蒸发初期,施加大、中和小粒径的土壤含水率为 38.5%、42.1% 和 43.4%,分别高出对照 20.7%、24.3% 和 25.6%;随着时间的推移,各处理的土壤含水率呈线性下降趋势,对照土壤含水率在第 7 d 降至最低,而施加保水剂的土壤含水率仍维持在 11.1% ~ 15.4%,在第 14 d,施加 3 种粒径保水剂的土壤含水率降至最低 0.24%。保水剂的分子结构对水分具有很强的作用力,在水分含量较多时容易释放水分,越到蒸发后期越不容易释放水分。将施加保水剂后的土壤蒸发过程分为 3 个阶段。前 6 d 蒸发量大、快,这一阶段土壤水分含量大,土壤和保水剂中的水分容易向外界环境释放;6 ~ 9 d 水分蒸发相对较快,这可能取决于深层土壤水分向蒸发面补给能力和保水剂对水分的束缚能力;第 3 阶段低而稳定,蒸发速率取决于保水剂对水分的吸持能力。以上分析表明:3 种粒径保水剂能够有效抑制土壤蒸发,粒径的差别只是改变了土壤的含水量,没有对土壤抑制水分蒸发的能力形成差异。

### 2.3 不同粒径保水剂对土壤电导率的影响

土壤电导率是土壤溶液传导电流的能力,在标准状态下,盐溶液携带的电流随溶液中盐浓度的增大而提高,因此通过测量土壤电导率来估计土壤中的盐分含量。施加 3 种粒径保水剂的土壤电导率都随着保水剂的浓度增大而提高,其中小粒径保水剂提高幅度最大,在浓度为 0.3% 时达到最大值 59.6  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ,是对照的 1.5 倍;同时方差分析表明,3 种粒径保水剂处理的土壤电导率差异显著 ( $p<0.05$ ),随着浓度的增加,表现出相同的规律:小粒径 > 中粒径 > 大粒径。因此,保水剂在应用过程中,应根据土壤特性来选择适宜的保水剂粒径和浓度,在盐渍化较重的土壤,过大浓度和过小粒径的保水剂都会加重土壤盐渍化程度。

### 2.4 不同粒径保水剂对土壤 pH 的影响

土壤的 pH 直接影响着植物的生长和土壤肥力,同时对土壤微生物的活动、有机质的分解、营养元素的释放与转化等都有密切关系。施加 3 种粒径的保水剂,不同程度的提高了土壤的 pH,其中小粒径保水剂对土壤 pH 提高最大,在浓度为

0.3% 时, 达到最大值 9.1; 保水剂浓度为 0.1% 时, 3 种粒径的保水剂对土壤 pH 影响差异不大, 介于 8.43 ~ 8.50; 大粒径保水剂对土壤 pH 影响最小, 其值介于 8.21 ~ 9.71。以上分析表明, 保水剂浓度越小、粒径越大, 对土壤 pH 影响越小。

## 2.5 不同粒径保水剂对土壤渗透性的影响

土壤渗透性是土壤极为重要的物理特征参数之一, 渗透性能的好坏直接关系到地表产生径流量的大小, 决定着灌溉水和降水转换为土壤水的速度和分布。实验测定了保水剂对土壤渗透系数的影响变化, 各处理的土壤渗透性能均表现出相同的规律, 即土壤渗透性能随保水剂浓度的增加而减弱, 随粒径的减小而减弱。其中, 浓度为 0.3% 的小粒径保水剂的土壤渗透性能最差, 其渗透率为 3.22 mm/min, 较对照降低了 59.21%; 浓度为 0.3% 的中粒径和大粒径保水剂的土壤渗透性较对照分别降低了 43.22% 和 28.91%; 浓度为 0.1% 的大、中和小粒径保水剂的土壤渗透率分别为 7.70 mm/min、7.28 mm/min 和 6.33 mm/min, 分别较对照降低了 2.63%、7.89% 和 19.87%。以上分析表明, 中粒径保水剂在浓度为 0.1% 时可有效阻止水分向深层渗漏, 但过小的粒径和过大的浓度都会使土壤渗透性下降太快, 从而产生地表截流作用, 造成了无效降水或灌溉。

## 2.6 不同粒径保水剂对土壤孔隙和土壤三相的影响

土壤孔隙作为水分与空气的通道和贮存场所, 直接决定着土壤的保水、保肥性, 影响着植物生长所需的水、肥、热、气等条件。土壤中加入保水剂后, 由于保水剂不断吸水膨胀和释水收缩, 从而对土壤物理性质进行改善。随着保水剂浓度的增大, 土壤容重逐渐降低, 土壤总孔隙度逐渐提高。保水剂浓度达到 0.3% 时, 大、中和小粒径保水剂处理后的土壤容重较对照分别降低了 24.08%、22.61% 和 20.32%, 土壤总孔隙度较对照分别提高了 11.59%、10.88% 和 9.78%。以上分析表明, 保水剂的粒径越大, 土壤容重下降的趋势越明显, 总孔隙度提高的幅度也越大。

# 3 讨论与结论

保水剂的粒径越小, 吸水速率越快, 但是否对吸水倍率有影响, 学者们持有

不同意见。一般来说,不同种类的保水剂由于材料、粒径不同,其吸水特性也不同。本次研究采用同种保水剂对其粒径进行分级,测定了不同粒径的保水剂在不同离子溶液中的吸水倍率,得出的研究结果与宫辛玲、陈宝玉等一致,保水剂的粒径越大,吸水倍率越小。土壤水分减少主要包括植物蒸散、土壤表面蒸发和土壤渗透3个方面。沙质土壤具有雨后水分向深层渗透过快和土壤表层迅速变干的特点,施加保水剂可以有效抑制土壤水分的蒸发,但粒径的差别只是改变了土壤的含水量,没有对土壤抑制水分蒸发的能力形成差异。保水剂在抑制水分蒸发的同时也能很好的阻止水分向深层渗透。本次研究表明,浓度为0.1%的中粒径保水剂使土壤的渗透性能降低7.89%,可以有效阻止水分向深层渗漏,使水分蓄积于土壤根层,但过小的粒径和过大的保水剂浓度都会使土壤渗透性下降太快,从而在地表对水分产生截流。同时,保水剂会引起土壤电导率、pH的升高,在盐渍化严重的土地上不应使用过小粒径的保水剂,施加浓度也不应过大,否则会加重土壤盐渍化程度。保水剂能够降低土壤容重,提高土壤的总孔隙度,显著改善土壤的保水性和透气性。通过比较3种粒径保水剂对沙质土壤物理性能的影响,认为中粒径保水剂的改善效果优于其他粒径保水剂,能够调节土壤的固、液和气相比比例,显著改善沙质土壤的物理性能,同时亦不至于明显引起土壤电导率、pH的升高和土壤结构的破坏。综合研究结果,粒径大小为1~2 mm的保水剂、施加浓度为0.1%可以作为沙质土壤施加保水剂的一个参考指标。

水分不足是荒漠植被恢复的主要限制因子,新疆地处干旱区,降水稀少且分布不均,年降水量70~150 mm,但冬季有20 cm厚的稳定积雪,保水剂在新疆干旱区的应用,能够起到对有限水资源的高效利用,从而对春季植物种子的萌发和幼苗的生长起到极为关键的作用。但干旱区植物对水分有着特殊的需求,一般来讲,在干旱区施加保水剂的浓度较半干旱区低。因此,在今后的研究和生产中,结合半干旱区植物的生理特性,需进一步验证最适宜干旱地区植物生长的保水剂类型和浓度。

## 参考文献

- [1] 唐数红. 对新疆水问题的基本认识[J]. 干旱区研究, 2010, 27(5):



657–662.

[2] 吴德瑜. 保水剂与农业 [M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1991: 1–3.

[3] 庄文化, 冯浩, 吴普特. 高分子保水剂农业应用研究进展 [J]. 农业工程学报, 2007, 23 (6): 265–270.

## The Relationship between Water-retaining Agent and Soil Moisture Content

Chen Wenjun

*School of Physics and Optoelectronic Engineering of Yangtze University, Jingzhou*

**Abstract:** In this paper, the effects of super absorbent polymer (SAP) on soil physical and chemical properties and the relationships among water absorbent capacity of SAP with three different granularities (2.0–3.2 mm, 1.0–2.0 mm and 0.5–1.0 mm) were studied in laboratory. The results showed that there was a negative correlation between water absorbent rate and SAP granularity. Soil moisture content could be significantly increased and soil evaporation could be restricted after applying SAP. Soil pH value and electrical conductivity could be increased after applying SAP, the proportion of liquid phase in soil could be increased, but that of gas phase decreased, and soil permeability could also be decreased. In general, the improving effects of SAP with medium granularity on soil physical and chemical properties, such as soil water content, pH value, total porosity, permeability and electrical conductivity, were the highest, especially when the proportion of applied SAP was 0.1%.

**Key words:** Super absorbent polymer (SAP); Granularity; Permeability; Soil moisture content; Electrical conductivity; Sandy soil