

保水剂在农业生产中的应用与发展趋势^X

黄占斌^{1,2}, 辛小桂¹, 宁荣昌³, 祝光富⁴

(1. 中国科学院 水利部 水土保持研究所黄土高原侵蚀与旱地农业国家重点实验室, 陕西 杨凌 712100;

2. 中国矿业大学北京校区, 北京 100083; 3. 西北工业大学, 陕西 西安 710072;

4. 广东三九生物降解塑料有限公司, 广东 东莞 523007)

摘要: 总结了国内外保水剂研制与应用概况, 介绍了保水剂自身保水特性和土壤学作用机理; 分析了保水剂在农业生产中的应用方法和效果, 以及发展前景和需要加强研究的问题。认为保水剂研制和应用应向多功能和复合产品的方向发展。

关键词: 保水剂; 应用; 发展趋势

中图分类号: S 13, S 318 文献标识码: A 文章编号: 1000-7601(2003)03-0011-04

干旱缺水和土壤退化是制约我国农业持续发展的重要因素。据调查, 西北半干旱地区降雨在农田的利用中, 土壤表面蒸发浪费水分最多, 一般占作物总耗水量的 1/4 ~ 1/2, 占年降水量的 55% ~ 65%。在植物利用降水的部分中, 无效蒸腾又占植物利用水分的 95% 以上。目前我国 45% 的地区年均降水量不足 400 mm, 灌溉农田缺水 300 多亿立方米。近年来, 随着全球气候变暖, 干旱加剧, 干旱面积不断扩大, 全国年均农田受旱面积已经由 20 世纪 50 年代的 1 330 万 hm^2 , 上升到 90 年代以来的 2 670 万 hm^2 。另外, 全国水土流失面积 367 万 km^2 , 占国土总面积的 38.2%。其中耕地水土流失面积 45.5 万 km^2 , 占耕地面积的 34%。目前全国沙漠和沙漠化面积已达 171.1 万 km^2 , 并且每年仍以 2 460 km^2 速度扩展。因此, 保持水土和抗旱节水已成为我国农业面向未来持续发展的必然选择。降低土壤表面蒸发和降低作物蒸腾, 是提高农田水分利用效率的中心任务。

保水剂应用是近年来发展迅速的化学节水技术^[1, 2]。保水剂 (Aquasorb 或 Super Absorbent Polymer SAP) 又称高吸水剂、保湿剂、超强吸水树脂 (Super absorbent, Hydrogel)、有机高分子化合物 (Polymer)。它是利用强吸水性树脂制成的一种具有超强吸水保水能力的高分子聚合物。它能迅速吸收比自身重数百倍甚至上千倍的纯水, 而且有反复吸水功能, 吸水后的水凝胶可缓慢释放水分供作物

利用。同时, 保水剂能增强土壤保水性, 改良土壤结构, 减少土壤水分养分流失, 提高水肥利用率, 具有用途广、投资少、见效快等优点, 在农业生产等方面有广泛的应用发展前景。

1 保水剂研制、应用的历史与发展概况

保水剂应用是一种通过改善植物根土界面环境供给植物水分的化学节水技术。20 世纪 50 年代之前所使用的保水剂材料主要为天然物质和无机物, 50 年代 Good rich 公司开发了交联聚丙烯酸的生产技术。60 年代, 美国科学家研制出淀粉型保水剂, 70 年代在玉米、大豆包衣和造林等方面应用, 取得良好效果。之后, 世界各国竞相研制出数十种保水剂。日本发展最快, 已经成为世界上最大的超强吸水性树脂生产国。其生产公司有 20 余家, 其中日本触媒公司生产量最大, 年产达 8 万 t, 并与埃及政府合作, 在沙漠绿化计划中, 已成为有效的节水应用技术。英国研制出防止土壤侵蚀、保证作物需水的防蚀聚合物和保水聚合物。法国研制出能吸水超出自身重 500 ~ 700 倍的“水合土”, 用于改良沙特阿拉伯干旱地区的土壤结构。俄罗斯合成的保水剂用于节水农业, 在伏尔加格勒地区每公顷使用 100 kg, 节水 50%, 农作物增产 20% ~ 70%。在生产能力方面, 1980 年世界保水剂年总产 0.5 万 t, 1989 年升至 21 万 t, 1998 年已发展到 85 万 t, 现已超过 100 万 t^[2-5]。

X 收稿日期: 2003-04-28

基金项目: 国家十五“863”课题 (2002AA2Z4171, 2003AA6Z3301); 国家“973”课题 (G1999011708); 中科院知识创新工程项目 (KZCX1

06-02)
© 1994-2011, China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net
作者简介: 黄占斌 (1961-), 男, 陕西武功人, 研究员, 主要从事植物水分生理和化学节水技术研究。Email: zhuang@public.xa.sn.cn

我国保水剂研制和应用始于 20 世纪 80 年代中期,虽起步较晚,但发展较快。全国已有 40 余个单位参与研究开发,北京化学纤维研究所研制成功 SA 型保水剂,中科院兰州化学物理研究所研制成 LPA 型保水剂,中科院化学研究所、长春应用化学研究所也分别研制了 KH841 型和 IAC-13 型保水剂,并陆续应用于农林生产领域,但均未进行批量化生产^[1,4,6]。90 年代以来,一批新型的保水剂厂家和产品陆续问世。例如,唐山博亚科技(集团)有限责任公司生产的高效抗旱保水剂有 12 个系列,年产 1.5 万 t;广东三九生物降解塑料有限公司采用西北工业大学技术生产的“三九旱植葆——缓释晶体水”,在提高造林成活率、花卉长效水等方面表现突出;兰州立信科技开发有限公司生产 GR-18 到 GR-68 “水星牌”系列产品;河北保定科技发展有限公司生产“科瀚 98”系列高效抗旱保水剂,年产 3 000 多 t。在科研部门和生产企业的共同努力下,目前单一保水剂产品的生产技术基本成熟,其应用范围已从林业生产推广至大田 60 多种作物,试验示范面积超过 7 万 hm^2 ,发表相关论文有 300 余篇。

2 保水剂特性与作用机理

保水剂的作用机理:一是保水剂具有较强的保水和提供植物生长所需水分的特性;二是保水剂可以改善土壤结构,增强土壤的吸水、保水和保肥能力^[8,9]。

2.1 保水剂保水和供水特性

(1) 保水剂的溶胀比大,吸水速度快。保水剂分子含有羧基、羟基以及酰胺基、磺酸基等强亲水性官能团,对水分有强烈的缔合能力,纯水中的吸水溶胀比为 400~1 000 倍或更高。

(2) 保水能力强。保水剂对所吸收的水分具有很强的保持作用,不易失去。而且保水剂水分散体内部昼夜温差小,有保温性能,其水分蒸发速度比纯水要慢得多。

(3) 释水性能好,供水时间长。保水剂吸收水分后,虽然限制了水分的自由移动,但对作物的根系来说,绝大部分是有效水。据测定^[9,10]保水剂所吸持的水分主要保持在 10~50 kPa 低吸力范围内,98% 为自由水,是植物最易吸收利用的水分。它的最大吸水力 13~14 kg/m^2 ,而根系的吸水力大多为 17~18 kg/m^2 ,所以一般情况下不会使根系水分倒流。此外,保水剂具有吸水-释水-干燥-再吸水的反复吸水功能,但经过多次反复的保水剂,吸水倍率会下降 10%~70% 或失去吸水功能。

2.2 保水剂对土壤保水保肥能力的增强作用

(1) 增加土壤团聚体,改善土壤结构。保水剂在土壤中吸水膨胀,把分散的土壤颗粒粘结成团块状,使土壤容重下降,孔隙度增加,调节土壤中的水、气、热状况使之有利于作物生长。张富仓等^[8]发现土壤中施加美国产 BP 保水剂,土壤饱和导水率显著降低,土壤蒸发性能无显著变化,土壤团聚作用增强,其中砂土增加效果显著。实验发现^[3],保水剂对土壤团粒结构形成有促进作用,其中对 0.5~5 mm 粒径土壤团粒结构形成最明显。且当土壤中保水剂在 0.005%~0.01% 范围时,土壤团聚体增加量明显。

(2) 提高土壤吸水能力,增加土壤含水量。保水剂分子内部有大量可电解的羧酸盐基团,吸水后网状结构撑开,蓄水空间加大,持水能力增强。美国 Munday 进行菜豆盆栽试验^[11],培养基质中分别含保水剂 0.27%、0.54% 和 0.81%,结果田间持水量相应比对照增加 9%、18% 和 36%;浇水量分别减少 37%、45% 和 55%。

(3) 增加土壤保水能力,降低土壤水分蒸发量和土壤水分渗透速度。试验表明^[9,12],保水剂一般可提高土壤持水力 40% 左右。同时,由于土壤保持了大量水分,土壤热容量增加,蒸发缓慢,使土壤热损失减少,从而维持较稳定的土壤温度。

(4) 提高土壤保肥能力。保水剂表面分子有吸附、离子交换作用,肥料液中铵离子能被保水剂中大量可解离的离子交换或络合,以“包裹”的方式把土液中铵离子包裹起来,减少肥素淋失^[12]。需注意的是,有些肥料元素会使保水剂失去亲水性,降低保水能力,故保水剂不能与锌、锰、镁等二价金属元素的肥料混用,可与硼、钼、钾、氮肥混用。我们的研究表明^[3],尿素等非电解质肥料与保水剂结合应用,保水剂的保水和保肥作用都能得到充分发挥。田间试验证明^[3],保水剂与氮肥或氮磷肥配合使用,吸氮量和氮肥利用率分别提高 18.72% 和 27.06%。保水剂与氮磷肥混施时,磷肥利用率从 16.49% 提高到 20.91%。

3 保水剂在农业生产中的应用与效果

国内外研究表明,保水剂若施用得当,可促进植物根系发育,提高出苗率和移栽成活率,促进植株生长发育,延缓凋萎时间。但保水剂应用应因土壤质地而异,用量过大反而会抑制植物生长。川岛和夫等也认为保水剂的增产效应必须在灌水量较大的前提下才能表现出来^[5]。因此,保水剂应用效果受多种因素制约,必须对此进行系统研究,才能使保水剂的节水

功能得到充分发挥。

3.1 保水剂应用技术

3.1.1 种子包衣 亦称拌种包膜或种子涂层,是在待播的种子表面形成一层保水剂水凝胶的保护膜。一般种子包衣适用的保水剂重量百分比浓度多为0.5%~2%,即保水剂:水=1:50~1:200。

3.1.2 种子丸衣造粒 将种子与某些化肥、微量元素、农药及填充料拌和造粒成丸。其目的是在种子发芽成苗时,能及时有效地供给植物营养,杀菌消毒,促进生长发育。

3.1.3 根部涂层(亦称蘸根保护) 可用于苗木或甘薯、蔬菜幼苗的移栽。其保水剂浓度一般为0.5%~1%(重量百分比),蘸根处理后使植株根部形成一层保护膜,防止植物根系水分散失,延长植物耐旱时间,移栽可缩短缓苗期并提高成活率。

3.1.4 土壤直施 分地表散施和沟穴施两种。地表撒施是将保水剂撒于地表,使土壤表面形成一层覆盖的保水膜,抑制土壤蒸发,此法主要用于铺设草皮,一般每公顷用保水剂99 kg左右。沟施或穴施,根据作物选择保水剂用量,每公顷7.5~150 kg不等。随开沟施入或按穴施入,施后即可播种或移栽。

3.1.5 育苗培养基质 可按保水剂0.5%~1%重量浓度比例搅和均匀成凝胶状,再与其它基质按1:1混合,可用于盆栽花卉、蔬菜、苗木等工厂化育苗,保水肥效果明显。

3.2 保水剂农业应用效果

3.2.1 提高播种出苗率,缩短移栽缓苗期 用保水剂对种子进行包衣(涂层)后播种,保水剂能迅速地将土壤水吸持在种子周围,形成一个“小水库”,供种子发芽、出苗利用。因此,经保水剂涂层的种子出苗快,苗全、苗齐、苗壮。据试验^[13],豌豆、小麦种子用保水剂涂层后,在土壤中度干旱条件下,种子萌发比对照提前1~2 d。另据试验^[9],春玉米、春谷子种子经0.8%~1.0%浓度的保水剂水分散体涂层,一般能提前1~3 d出苗,出苗率提高12.5%~30.0%;花生种子涂层,出苗率提高5%~29%。试验发现^[3],施有0.05%~1%保水剂的土壤移栽烤烟,缓苗期缩短2 d,缺水存活天数较对照多5~20 d。

3.2.2 促进作物生长发育 保水剂能促进作物根系和地上部生长发育。据试验^[10],冬小麦经保水剂涂层处理,冬前单株次生根比对照增加0.3~1.7条,单株分蘖增多0.13~0.9个,总茎数增加1.9%~13.2%,株高增加1~2 cm;春谷子种子涂层,苗期株高比对照提高16.1%~27.1%;花生种子涂层,开花比对照提前3~5 d;甘薯蘸根移栽,比对照

提前7~15 d结薯;双覆盖早熟育苗西瓜,穴施保水剂,西瓜可提早4~10 d上市。

3.2.3 提高作物产量和水分利用效率(WUE) 一是保水剂单施。冯金朝等利用0.1%~0.3%浓度范围,在玉米、大豆上应用,在土壤中施入7.5 kg/hm²和15 kg/hm²条件下,玉米增产15.9%,大豆增产12%;胡芬等^[6]认为保水剂(KH841)对玉米生长有促进作用,单株叶面积和干物重都比对照显著增加,产量提高19.6%~25.5%,WUE提高23.1%~25.2%。二是保水剂与肥料结合应用。如我们在陕西延安旱台地进行马铃薯试验^[7],发现开沟10~15 cm单施保水剂和单用氮肥的马铃薯产量分别增加26.67%~56.67%和33.33%,保水剂加氮肥使马铃薯产量增加75%以上,特别是直径10 cm商品薯产量所占比例高。三是保水剂与抗旱剂结合应用。刘效瑞等^[13]在甘肃定西对春小麦用6 kg/hm²、蚕豆3.45 kg/hm²抗旱1号(HCF-1)拌种,再分别配施保水剂(DB-01-1)11.7 kg/hm²、11 kg/hm²,分别比对照增产34.6%和38.9%。

4 发展趋势及需要研究的问题

4.1 抗离子长效性新型保水剂研制

目前单一生产保水剂技术虽然较为成熟,但原料选择范围小(多为丙烯酸或淀粉),使得生产成本较大,产品价格偏高,推广应用缓慢;另外,聚丙烯酸盐类保水剂对土壤等介质中的钙、镁等金属离子拮抗反应明显,降低了保水剂的吸水和保水倍数和应用效果^[6]。因此,需要研究抗离子交联的保水剂有机分子单体,研究抗水解,抗光老化,微生物降解缓慢的保水材料添加剂,延长保水剂的有效期;改进保水剂合成生产工艺,降低生产成本,研制吸水倍率适中、水分有效性较高、抗离子拮抗、有效期长的新型保水剂。

4.2 专用多功能复合保水剂产品研制

需要加强对保水剂添加其它农林制剂,形成植树造林、防沙治沙、农田生产(经济作物、大田作物)、绿化护坡等不同用途专用,以及拌种、土壤施用、灌水施用等不同剂型的多功能保水剂系列化复合产品生产工艺的研究。形成专用性、多元素全营养性、生物降解无污染、用途明确的环保新型多功能保水剂。在研制技术路线上,一是可以考虑功能性成分的合成复合,即单个功能成分通过化学或化工合成方法,增添到保水剂的分子结构中形成复合保水剂;二是各类功能性成分的有效复合,即不同单体功能成分

采用混合方法研制新的复合产品。研究重点在于克服不同成分间的拮抗作用,寻求不同用途的各功能成分合理配比比例、适宜混合方法等。以解决目前保水剂生产中存在的功能单一,劳动力投入高,产投比低等问题。

4.3 保水剂及其系列产品应用技术研究

保水剂不是造水剂,必须具有一定条件才能充分发挥其保水作用,在实际生产中如何使保水剂的节水保水效果得到充分发挥,还有许多问题需进一步研究。包括研究适合不同气候、地区、土壤的保水剂最佳施用量、施用方式和施肥方式;研究保水剂与其它旱作农业措施相结合的综合保水技术;研究长期施用保水剂对作物、土壤、环境的影响及其降解性、持效性。以往相关的一些研究对这些问题已经有较多报道,但多数为试验报告,没有形成针对不同产品或应用范围的应用技术规范,这也是制约保水剂应用推广的重要方面,需要加强系统研究。

参考文献:

[1] 杜太生,康绍忠,魏华.保水剂在节水农业中的应用研究现状与展望[J].农业现代化研究,2000,21(5):317-320.
[2] 邹新禧.超强吸水剂[M].北京:化学工业出版社,1991.

[3] 黄占斌,万惠娥,邓西平,等.保水剂在改良土壤和作物抗旱节水中的效应[J].土壤侵蚀与水土保持学报,1999,5(4):52-56.
[4] 吴德瑜.保水剂在农业上的应用进展[J].作物杂志,1990,1:22-23.
[5] 川岛和夫.农用土壤改良剂—新型保水剂[J].土壤学进展,1986,3:49-52.
[6] 胡芬,姜雁北.高吸水剂 KH841 在旱地农业中的应用[J].干旱地区农业研究,1994,12(4):83-86.
[7] 黄占斌,张国栋,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,2002,18(1):22-26.
[8] 张富仓,康绍忠.BP 保水剂及其对土壤与作物的效应[J].农业工程学报,1999,(15)2:74-78.
[9] 华孟,苏宝林.高吸水树脂在农业上的应用的基础研究[J].北京农业大学学报,1989,15(1):37-43.
[10] 逢焕成,隋方功,蒋家慧.高分子吸水剂的吸水保水性能与增产效果的研究[J].莱阳农学院学报,1992,9(1):41-44.
[11] 李景生,黄韵珠.土壤保水剂的吸水保水性能研究动态[J].中国沙漠,1996,16(1):86-91.
[12] 王砚田,华孟,赵小雯,等.高吸水性树脂对土壤物理性状影响[J].北京农业大学学报,1990,2:181-186.
[13] 刘效瑞,赵华生,刘荣清,等.土壤抗旱保水剂与作物抗旱剂配施效果[J].甘肃农业科技,1992,(9):30-31.
[14] 黄凤球,杨光立,黄承武,等.化学节水技术在农业上的应用效果研究[J].水土保持研究,1996,3:118-124.

The application and development trend of aquasorb in agricultural production

HUANG Zhan-bin^{1,2}, XIN Xiao-gui¹, NING Rong-chang³, ZHU Guang-fu⁴

(1. State Key Laboratory of Soil Erosion and Dryland Farming on the Loess Plateau Institute of Soil and Water Conservation, CAS and MWR, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2. China University of Mining & Technology-Beijing Campus, Beijing 100083, China;

3. Northwest Industry University, Xi'an, Shaanxi 710072, China; 4. Guangdong Sanjiu

Biodegradable Plastics Co. Ltd., Dongguan, Guangdong 523007, China)

Abstract: In recent years, aquasorb has become a chemical product widely used in water saving, drought resistance and soil amendment. The paper summarizes the research and the application of aquasorb in agricultural production at home and abroad, analyzes its water-conserving features, its acting mechanism, its application methods and its productive effects, and discusses its development prospects and the existing problems to be studied. It points out that to study multi-capacity and compound products should be a development direction in future. These can supply references to enhance research and application of aquasorb.

Key words: aquasorb; agricultural production; application; development trend