

第一章 概论

第一节 保水剂应用与农林抗旱节水

1.1 干旱缺水是我国农林业生产面临的重大问题

水是生物生存之源 是农林业生产发展的必要条件。长期以来 干旱缺水和土壤退化是制约我国农林业持续发展的重要因素。据资料,我国水资源总量年约 2.81 万亿 m^3 但在时空分布上很不均匀。在空间分布上,呈现南方水多地少、北方地多水少格局,造成南方径流多而水量有余,北方水资源短缺而干旱频繁。南方径流总量占全国总量的 81% 人口只占全国的 54.7% 耕地占全国的 35.9% ;北方径流水资源量仅占全国的 14.4% 而耕地和人口却分别占全国的 58.3%和 43.2%。在时间分布上,降水有限且年际和年内分布不均,变率大而形成多样干旱。在西北黄土高原地区,大部分区域年降雨量 250~550 mm 但变率却在 30%~40%,最多降雨年与最少降雨年相差 2~6倍。年内降雨的季节分配上,表现为 60%~80%的降雨集中在秋季(6~9月),而春季(3~5月)仅占 10%~18%。

北方半干旱地区降雨在农田的分配中,土壤表面蒸发浪费水分最大,一般占作物总耗水量的 1/4~1/3 占年降水量的 55%~65%。在植物利用降水的部分中,被植物无效消耗的蒸腾作用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 m^3 。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 1 330 万 hm^2 上升到 20世纪 90年代以来的 2 670 万 hm^2 。全国旱灾近年平均减产粮食 250 亿 kg 经济损失达到 150 亿~200 亿元。我国森林资源贫乏,森林覆盖率仅为 16.3% 干旱地区植林成活率仅为 20%,半干旱地区植林成活率仅为 40%~50%,而国家要求植树造林成活率必须达到 85%以上。

另外,环境问题日趋恶化,全国水土流失面积达到 367 万 km^2 占国土面积 38.2%。其中耕地水土流失面积 45.5 万 km^2 占耕地面积的 34% ;全国沙漠和沙漠化土地面积达 171.1 万 km^2 沙漠化土地面积每年仍以 2 460 km^2 速度扩展 风沙危害日趋加剧。因此 保持水土和抗旱节水已成为我国农林业面向未来持续发展的重要选择。降低土壤表面蒸发和降低植物蒸腾,是提高农林水分利用效率的中心问题。

鉴于干旱缺水和生态环境问题的严重性,我国政府提出大力发展节水农业,同时实现山川秀美总目标。由此实施了一系列的农业节水工程和生态环境恢复重建工程。如水利部实施的 300 个节水示范县工程、国家实施天然林保护工程、京津风沙源治理工程等六大林业工程、黄土高原水土保持工程等。据报道 从 2000 年开始,仅国家计划在 20 多年投资西部生态环境恢复与重建的治理工程资金达 3 000 亿元人民币!因此,必将推动农林业的大力发展,

从而产生许多技术需求，如旱地粮食增产问题，绿化荒山荒地，建设生态环境，解决长期以来一直存在的造林成活率低，以及旱地育苗问题，速生丰产林栽培问题以及优质高产人工草地建设问题等，都必须得到解决。

1.2 化学节水是农林业生产中抗旱节水的重要技术

化学节水技术是农林业生产中抗旱节水的一项高新技术，它是利用化学材料或制剂通过作用于植物，或间接作用于土壤来改善植物水分和耗水特性，进而提高植物的水分利用率和水分利用效率。化学节水材料和制剂一般包括保水剂、抗蒸腾剂、土壤改良剂、泥炭和土面覆盖制剂（如液态地膜）等。它具有操作简便、投入少、见效快、应用技术易推广等优点。

早在 20 世纪 30 年代，原苏联就开始用石脑油皂抑制土壤水分蒸发，减少水分蒸发 60%~70%；到 20 世纪 60 年代，化学节水技术在日本、法国、印度等国家引起了广泛重视，先后在农业上应用化学覆盖技术，增产效果很好。20 世纪 70 年代中期由美国研制成了吸水性很强的保水剂，用于种子涂层和树苗移栽等方面，取得了良好的效果。我国在 20 世纪 60 年代后期在抑制蒸腾方面做了大量的研究工作并研制出“土面增温剂”、“保墒增温剂”其抑制和增温效果已达国际先进水平。20 世纪 70 年代末，我国从风化煤中提取的黄腐酸（FA）是一种极好的调节植物生长的抗蒸腾剂，具有显著的抗旱节水功能。20 世纪 80 年代初我国开始了保水剂的研制。20 世纪 90 年代化学节水技术的应用已被列入“八五”国家科技攻关计划，并取得了重大进展，研制出了保水种衣剂、抑制蒸腾剂（抗旱剂，FA 旱地龙等）和土壤保墒剂等。

1.3 保水剂是用途广泛的化学节水制剂

保水剂是化学节水技术中的重要化学制剂，也是用途广泛的化学节水制剂。保水剂在医疗卫生、农林生产、食品医药、化工电器等诸多方面，具有较广泛的应用发展前景（表 1-1）。有专家认为，保水剂被称为继化肥、农药、地膜之后最有希望被农民接受的农用化学制品。

表 1-1 保水剂的功能和应用范围

应用范围	吸水和保水	吸水膨胀	形成凝胶	增稠
卫生产品	卫生餐巾纸，尿布			
农业园艺	土壤保水剂，种床保水膜 种子包衣		种蘑菇用的液态播种基质	
食品生产	保鲜、吸水、食品脱水		冷却材料	
市政工程建设	防露水、保水	防止泥流封闭	稀泥变硬	
化妆品	芳香胶、吸汗带		卫生纸	乳添加剂、保湿剂
医药用品	外科绷带			
电器材料		电缆防水	碱性电池的胶料	
涂料		吸水膨胀材料		防止在海水中脱落乳液增稠
其他	去除油中的水分	吸水玩具	清防用胶凝剂	

保水剂（Aquasorb-ent 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或淀粉等材料制成的一种超高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。科技部在“十五”生物与现代农业”领域的节水重大专项中,专门设立“新型多功能保水剂系列产品研制与产业化开发”专题,这足以说明保水剂的研究和应用对社会经济发展至关重要。

第二节 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,使用的保水剂材料主要为天然物质和无机物,20世纪50年代美国Goodrich公司开发了交联聚丙烯酸的生产技术。20世纪60年代,美国科学家研制出淀粉型保水剂,20世纪70年代在玉米、大豆进行涂层和造林等方面取得良好效果。随后,美国农业部森林服务部和一些大学采用Terra-sorb(TAB)进行了一系列试验,发现TAB用于地面撒施可节约用水50%~85%。1974年保水剂在美国Granprocessingo公司实现了工业化生产。之后,世界各国竞相研制出数十种保水剂,申请有关保水剂的专利达200余件。其中,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,其产量接近世界总产量的一半。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,主要用于卫生和理疗。在埃及政府合作的沙漠绿化大地计划中,保水剂应用已成为有效的农林节水应用技术。20世纪80年代初,法国里昂沙菲姆化学公司研制成功能吸收自身水500~700倍的“水合土”保水剂,并将其应用于沙特阿拉伯干旱地区的土壤改良。韩国也开发出了吸水5000倍的“1KR3010”高分子材料。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。俄罗斯合成的保水剂用于节水农业,在伏尔加格勒每公顷使用100kg,节水50%,农作物增产20%~70%。目前,近30个国家已把保水剂普遍用于工业、农业、建筑、园艺、卫生等多种领域。

在生产能力方面,1980年世界保水剂年产0.5万t,1989年升至21万t,1998年已发展到85万t,现已超过200万t,而且每年的需求量仍在增加。

我国保水剂研制和应用始于20世纪80年代中期,曾形成一个高潮,全国有40余个单位研究开发。中科院兰州化学物理研究所(LPA型保水剂)、中科院化学研究所(KH841型保水剂)和长春应用化学研究所(IAC-13型保水剂)、吉林石油化工研究所、航天部101所、北京化学研究所、新疆化学研究所、湖北化学研究所、武汉现代工业技术研究院、北京化工学院等单位都在开展保水剂研究工作,并不断取得一些新的成果,大部分产品已经定型,相当一部分通过技术鉴定,但只有少数形成工业化生产,其中农用的高吸水树脂,多数称高效抗旱保水剂、强力吸水保水剂和复合型抗旱保水剂等。中科院、中国农科院、农业部、水利部等单位也先后从国外引进少量保水剂进行试验。20世纪90年代中期,特别是1999年4月中国《科技日报》专题报道保定科翰树脂厂“高吸水树脂实现工业化生产”后,我国保水剂的研

制开发形成第二个高潮，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；胜利油田长安（集团）聚合物公司生产无机有机复合保水剂在山东东营市建成年产 3 000 t 生产线；广东三九生物降解塑料有限公司生产的“三九旱植保——缓释晶体水”在提高造林成活、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。

据国家农业部门资料，“七五”期间在全国 10 多个省（区、市），60 多种作物近 6.67 万 hm^2 面积上进行试验，“八五”和“九五”期间已推广到 66.67 万 hm^2 。水利部农村水利司 1997 年 3 月指出“施用化学剂也是行之有效的节水措施，在干旱缺水地区应大力推广”。同年 9 月，中央电视台、中央人民广播电台先后专题介绍以“农用强吸水剂”为主要材料的“根播技术”。2000 年 1 月水利部全国农村水利工作会议还把使用保水剂列为十大节水灌溉技术之一。2000 年几位林业专家发表“保水剂在造林绿化中的应用”文章，同年 3 月《中国水利报》再次报道“新型农用高科技产品——保水剂”。《北京水利》杂志刊登“AWE 技术”简介和“AWE 技术”在农业抗旱节水中的应用。

在科研部门和生产企业的共同努力下，目前保水剂产品的生产技术基本成熟，而且类型多样，可查申报的专利 20 多项。应用试验研究不断深入，应用范围从粮食作物、经济作物、花卉蔬菜、果树林木、草坪培植等 60 多种作物得到广泛应用，取得了良好效果，年推广面积超过 300 万亩（吴德瑜，1990；杜太生等 2000）。汪华源（2003）对 1989~2002 年我国发表的保水剂有关的研究论文统计，可查论文共 518 篇。特别是 2000 年以来文献增加更为明显，说明保水剂在农业土壤保水上的重要性已引起大家的重视。保水剂产品的生产技术基本成熟。我国政府“十五”“863”项目中还专门设立“新型多功能保水剂系列产品研制与产业化开发”课题（2002AA2Z4171），将保水剂研究和生产、应用和推广提升到一个新的层次，为我国保水剂研究推向一个新的阶段。

第三节 保水剂的分类、合成与特性

3.1 保水剂分类

保水剂也是一种土壤改良剂，土壤改良保水剂一般分为无机质、有机质、高分子合成物质 3 类，施于土壤旨在改善其物理的、化学的、物理化学的及生物学的性质，它在农林生产上可起很大作用。现在市场上出售的土壤改良剂按其分类及用途列入表 1-2。

高分子合成保水剂按其制造原料可分 3 个系列：

(1) 淀粉系。主要成分是淀粉 / 聚丙烯酸盐接枝聚合物。商品名多为多聚物 A-100 (Polymer A-100)。

(2) 纤维素系。主要成分是羧甲基纤维素交联体。商品名有阿奎隆 (Aguaron)、阿库塞尔 (Akucell)。

(3) 合成聚合物。主要是以交联聚丙烯酸盐为主要成分的化合物，吸水能力为本身重量

的 50~500 倍 ,pH 值在 6~8 范围内, 为白色粉末或粉粒状。即一般所说的保水剂。从结构上合成聚合体保水剂又可分为两大类型: 一种是用接枝聚合的方法, 在亲水性高分子链中接亲水性高分子; 另一种是将人工合成的水溶性高分子转变成不溶于水, 但在水中可以溶胀的产品。

表 1-2 土壤改良保水剂的分类及用途

分类	原料或主要成分	用途
无机质系	膨润土	增大保水、保肥力
	沸石	增大保水保肥力, 保持透水性
	蛭石	改善通气性、透水性
	珍珠岩	改善通气性、保水性
有机质系	泥炭	增大土壤保水保肥力, 抑制酸性土壤和火山灰土壤中铝的活性, 防止磷被固定, 提高其易耕性, 增加营养来源
	弱分解的泥炭	
	木材	
	纤维素、动植物残体	
合成高分子系	聚乙烯醇	促进团粒形成 提高通气性、透水性
	聚丙烯酸盐	
	三聚氰胺系合成树脂	
	阳离子合成高分子	

3.2 保水剂特性

保水剂具有较强的保水和提供植物水分的释水特性, 同时具有改善土壤结构, 增强土壤的吸水、保水和保肥能力的改土保肥性能。其特性的表现与保水剂自身和应用条件等因素相关。

保水剂自身特性主要表现以下方面:

一是保水剂的溶胀比大, 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, 但在盐水等介质中吸水倍数有一定下降。

日本的井上光弘等人(1993)用日产 5 种保水剂与经过处理去除黏粒和有机物的烘干沙丘沙相混合, 研究了不同混合率沙土的最大吸水量、吸水效率以及在反复吸水、脱水过程中和不同盐分浓度情况下保水剂混合沙土吸水、保水能力的变化(表 1-3)。

表 1-3 不同保水剂的物理特性

保水剂	主要成分	颜色	吸水能力(g/g)	
			蒸馏水	1%食盐水
AR	聚丙烯酸聚合物	白色	350	45
KI	异丁烯无水马来酸	白色	200	56
SA	聚丙烯酸钠	白色	400	50
IG	聚乙烯醇	淡黄色	500	50
AS	丙烯酸	淡黄色	940	60

二是保水剂具有很强的吸水、保水能力。保水剂对所吸收的水分具有很强的保持作用,

不易失去。且因保水剂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。

三是保水剂具有较好的释水性能，供植物利用水分时期长。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，主要取决于保水剂对水分的吸附力和植物的水分吸收生理特性。有人测定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。它的最大吸水力高达 13~14 kg/m² 而根系的吸水力大多为 17~18 kg/m²，所以一般情况下不会出现根系水分倒流。此外，保水剂具有吸水—释水—干燥—再吸水的反复吸水功能。据吴德瑜的资料报导，玉米种子发芽时的幼根能把土壤水分张力提高到 10~20 MPa，建立一个张力梯度，在水分张力梯度影响下，土壤中的水分移向根系，被根吸收。日本学者认为异丁烯—顺丁烯二酸酐体系、聚乙烯醇类和聚丙烯酸类保水剂，其样品在吸收自身重量 200 倍的水量时其中 90%~95% 的水保持在 15 MPa 压以下的张力，处于可以被植物吸收的状态。

保水剂特性表现与温度、保水剂类别、盐分浓度和盐分种类，以及使用保水剂的土壤水分条件等因素有关。

3.3 保水剂的作用原理

一是能够增加土壤团聚体，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、热状况而有利作物生长。张富仓等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；作者试验发现，保水剂对土壤团粒结构形成有促进作用，特别对 0.5~5 mm 粒径土壤团粒结构形成最明显。且当土壤中保水剂含量在 0.005%~0.01% 范围时土壤团聚体增加量明显，0.05% 用量时对土壤结构改良投产效应适宜。

二是提高土壤吸水能力，增加土壤含水量。因为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，培养基质中保水剂浓度为 0.27%、0.54% 和 0.81%，结果田间持水量分别比对照增加 9%、18% 和 36% 浇水量分别减少 37%、45% 和 55%。

三是增加土壤保水能力。主要是降低土壤水分蒸发量和土壤水分渗透速度。许多试验表明，保水剂一般可提高土壤持力 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。

四是提高土壤保肥能力。保水剂表面分子有吸附、离子交换作用，肥料液中铵根离子能被保水剂中大量可解离的离子交换或络合，还以“包裹”的方式把土液中铵根离子包裹起来，减少肥效淋失。但同时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。有研究表明保水剂的保肥力甚至超过各类黏土和腐殖质。在土壤中，肥料的使用虽然降低了保水剂的吸水量，但却提高了土壤对营养元素的吸附力，可减少肥料的淋失。这一点在植物栽培上具有重要的应用价值。作者研究表明，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，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%。

第四节 保水剂在农业生产中的应用技术与效果

国内外研究表明，保水剂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。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。

4.1 保水剂应用技术

保水剂主要应用植物类别和应用范围包括粮食作物、经济作物、果树栽培、花卉苗木移栽、草坪建设、植树造林等。使用方法有种子涂层或拌种、种子丸衣、蘸根、直施（沟施、穴施或撒施）、土面表施、植物体喷施、流体播种、随水浇灌等，各种方法都有其具体的目的和意义，而且不同的方法在达到同一目的使用效果、使用成本及效益上可能有差异。

(1)种子包衣（亦称拌种包膜或种子涂层）将吸水剂与水在搅拌下形成一定浓度的水分散体（浓度 0.75%~1%），再把种子与该分散体混合均匀，摊开晾干，使种子表面形成一层薄层，而后进行播种。河南农学院棉花栽培组（1982）将棉籽按上述方法处理后，在含水率为 8%~16% 的土壤中进行盆栽试验，发现对照在土壤水分低于 10% 以下时出苗率极低而用吸水剂处理后在土壤水分为 8% 时亦能达到 60% 以上。

(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的供给植物营养，杀菌消毒，促进生长发育。北京林学院将 200 棵发芽种子放入由蛭石和吸水剂的混合土中制成大丸，在久旱无雨情况下，对照组全部枯死，而用吸水剂的存活 26 棵。

(3)根部涂层（亦称蘸根保护）可用于苗木、甘薯或蔬菜幼苗的移栽。其保水剂浓度一般为 0.5%~1% 重量百分比浓度，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。日本木村靖（1976）挖取二年生的杉苗，用水洗去根部的泥土，然后将重量比为 1:1 的吸水剂粉末与木粉混合物粘附于根部，并把其根部放入刺有小孔的聚乙烯袋中，在水中浸渍 2 小时 贮放 3 个月后在干旱土上定植成活率达到 100% 而对照只有 10%。

(4)施于土壤 有地表撒施和沟穴施两种。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。一般亩用保水剂 6.6 kg 左右。沟施或穴施，根据作物不同选择用量，保水剂每亩 0.5~10 kg 不等。随开沟施入或按穴施入，施后即可播种或移栽。

(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 则可用于盆栽花卉、蔬菜、苗木等的工厂化育苗 保水保肥效果明显。日本的加腾武 1980 在鹿沼土中加入 0.3% 的吸水剂，然后灌水，此时加吸水剂的鹿沼土的吸水率要比纯鹿沼土高 2 倍。在用纯鹿沼土的情况下杜鹃 12 天后枯死，而加入吸水剂的枯死点为

30 天。

国内外对以保水剂为中心的综合保水技术研究也越来越多。日本的竹内等人在利用保水剂的同时,配合地膜覆盖来抑制蒸发,发现可累加二者的优势。 Silberbush 等人用聚丙烯酰胺类保水剂结合喷灌、滴灌在沙丘区的卷心菜、玉米上进行了试验研究。在小麦、蚕豆、甜菜等作物上进行保水剂与抗旱剂配施的研究也有报道。尉庆丰等则就地面秸秆覆盖、保水剂和蒸腾抑制剂的综合效应进行了探讨,在玉米上进行的种衣剂、抗旱剂、保水剂(简称“三剂”)配合施用试验也可显著提高植株抗旱增产能力。

4.2 保水剂农业应用效果

(1)提高播种出苗率,缩短移栽缓苗期 用保水剂种子涂层后播种,保水剂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 豌豆、小麦种子用保水剂涂层后 在土壤中度干旱条件下播种,种子萌发比对照提前 1~2 天。另据试验 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的,一般能提早 10~3 天出苗 出苗率提高 12.5%~30.0% 花生种子涂层 出苗率提高 5%~29%。作者试验发现 施有 0.05%~1%保水剂的土壤移栽烤烟,缓苗期缩短 2 天,缺水存活天数较对照多 5~20 天。

(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,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 天;甘薯蘸根移栽,比对照提前 7~15 天结薯 双覆盖早熟育苗西瓜 穴施保水剂 西瓜可提早 4~10 天上市。

(3)提高作物产量和水分利用效率(WUE) 一是保水剂单施。如冯金朝等发现保水剂占 0.1%~0.3%土壤重量比例在玉米、大豆上应用,实际在土壤中施入 7.5 kg/hm² 和 15 kg/hm² 保水剂条件下,玉米增产 15.9% 大豆增产 12%;胡芬等认为保水剂 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长,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。如作者在陕西延安旱台地进行马铃薯试验 发现开沟 10~15 cm 单施保水剂和单用 N 肥的马铃薯产量分别增加 26.67%~56.67% 和 33.33% 保水剂加 N 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。这也是现代旱作农业中防旱抗旱的一条有效措施。刘效瑞等在甘肃定西按照春小麦 6 kg/hm²,蚕豆 3.45 kg/hm² 抗旱一号(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%。

第五节 发展趋势与需要研究的问题

保水剂发展是关系到整个国民经济和人民生活的大事,在短短的 30 年中引起了世界各国的高度重视,从而得到如此迅速的发展。近年来我国的超强吸水剂的研究工作发展比较迅

速，呈现出一派欣欣向荣的景象。但由于我国的研究起步较晚，与国外相比差距较大，应用基础理论的研究很薄弱；其次由于应用研究和新产品开发方面尚未形成很强的生产能力，在农林生产中的应用仍处于小面积试验示范阶段，大面积推广应用的潜力远未发挥。

山东师范大学图书馆汪华源(2003)对我国保水剂研究文献进行分析，发现在统计的518篇论文中，只发表过1篇论文的作者为324人，占84.6%；发表2篇论文的作者为42人，占11%；发表过3篇以上论文的作者17人，占4.4%。这17人可看作我国保水剂农用研究的主要著者，他们对保水剂农用已有深入地研究，并取得了可喜的成果，在今后保水剂农用的研究开发方面都是值得借鉴的资料。

关于保水剂农用的研究方向，由近14年来的有关文献研究报道看出，保水剂应用于各类农作物的吸水性、保水性、特效性对于作物的出苗率、树苗的成活率以及促进作物的生长方面研究报道较多，并正在开始推广应用。同时对保水剂的性质、保水剂的作用机理以及对土壤各种性能的影响也进行了探讨。但对于保水剂应用于农业的保水、保土、保肥、改良土壤、促进作物生长、抑菌抗病能力和环境影响全面系统综合性研究较少。所以，开发具有以上所述的多功能产品的保水剂是保水剂发展的一个重要方向。

目前在研究和应用方面主要应加强以下方面工作。

5.1 保水剂的应用基础研究

保水剂应用存在许多问题需要研究，包括保水剂对土壤和植物作用的时间效应问题，保水剂与肥料等农资的偶合问题，保水剂改良土壤的机理问题、保水剂在植物根土界面水分变化与植物效应的关系问题等。这些问题得不到解决，很难解决保水剂在应用推广中的技术问题。因此，建议国家科技部、国家自然科学基金委等部门在未来科技计划和项目中能够设立包括保水剂在内的化学节水制剂和保水剂应用基础研究专题，组织精干的研究队伍，协同解决保水剂应用中重要关键基础问题。

5.2 低成本、多功能复合专用保水剂研制

一是加强低成本和抗离子性新型保水剂研究。目前单一生产高分子保水剂生产技术虽然较为成熟，但原料选择范围小（多为丙烯酸或淀粉），丙烯酸等化工原料涨价，造成生产成本较大，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、保水倍数和应用效果。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，使得保水剂的有效期增长；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。

长效保水剂产品反复吸释水数十次乃至上百次，在土壤中很难被微生物降解或水解，有效期长达5年以上。产品特别适合沙漠地区和荒漠地区植树造林、生态治理等方面的需求。

提高抗离子长效性的一种方法是改变保水剂应用形态，如“干水”的生产与应用。“干水”是保水剂干粉在普通水作用下变成的凝胶状水，含水量高达95%~98%，具有缓慢控制释放水分的功能。这种水装在各种容器中被商家从工厂运到用户手中，人们赋予一个非常好听名字——“干水”，有些商品名还叫“固体水”。它的特点和保水剂实际都一样，就像医院将

药片变成针剂一样，使水对植物的作用效果更快一些罢了。干水能使树木在严酷的干旱条件下摆脱枯萎死亡的威胁，供水时间长达 2~3 个月 可广泛应用于荒山造林、沙漠绿化、城市花园以及经济林木等方面。美国目前将“干水”广泛应用于干旱、半干旱地区植树造林、葡萄园等各种果园、苗圃建设和公路行道树的种植以及矿区的绿地恢复等领域，取得了很好的经济效益、生态效益和社会效益。

防沙治沙、农田生产(经济植物、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。形成专用性、多元素全营养性、生物防治无污染性、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的复合保水剂；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。主要解决不同成分间的拮抗作用，不同用途的各功能成分合理配比比例、适宜混合方法等。解决功能单一，劳动力投入高，投产比低等问题。

根据多功能特点，可发展下列产品：

(1)营养型降解保水剂 它是一种分子结构中含有 10%以上的腐植酸和 20%以上氮、磷、钾等综合营养成分的黑色保水剂，它对蒸馏水的吸水倍率在 300 倍以上，其钠离子含量可控制在 1%以下。该产品不仅具有促根壮苗、蓄水保墒、营养缓释供给、改土抗逆、增产增收等多项功能，而且无毒作用，不危害土壤，不污染环境，一年后可完全被生物降解并变为土壤有机质，为保护性耕地上使用化学抗旱节水材料提供了全新的环保型保水剂。

(2)抗旱喷施剂 它是黄腐酸改性聚丙烯酸盐营养型高吸水树脂，含有 10%以上的黄腐酸和 20%以上氮、磷、钾等综合营养成分，并含有不同植物所需的微量元素和植物生长调节剂，可按一定比例稀释后进行叶面喷洒。它不仅具有调节植物叶面气孔开张度、抑制植物体内水分蒸腾、并利用在植物茎叶表面形成的吸水薄膜蓄积空气中的水分等独特的水分调控功能，还具有刺激生物活性、调节植物生长、提高养分吸收率、增强作物抗逆性、提高农作物产量、改善农产品品质等综合功能。特别是在旱情严重的情况下喷施该产品，可快速提高植物的抗旱、抗干热风等抗逆性，使植物长势旺盛，最终提高品质并增产增收。该系列产品与上述保水剂系列产品配合使用后，表现出显著的互补增效性。

(3)抗旱型缓释专用肥 它是依据抗旱保水剂的缓释原理，以配方施肥、测土施肥科学施肥理论为依据，根据不同植物、不同土壤而开发的功能性专用复合肥。不仅具有合理均衡营养、提高肥料利用率、增加产量、改善品质等功能，还具有改良和调节土壤理化性质、蓄水保墒、缓释增效等功能。另外该产品在减少化肥用量、减少肥料浪费的同时也减少了其对土壤的污染，非常符合当前我国对肥料功能化、高效化、专用化、环保化的需求。

5.3 保水剂产品应用技术研究

保水剂应用效果方面研究较多，但缺乏深入系统的测定和分析，如土壤水分的测定只限于耕层，显然对表明保水剂抑制渗透是不够的。对地温影响的测定少见报道。模拟试验多，田间验证少，尤其旱地保水剂对提高土壤水分利用效率或降水利用效率、肥料利用效率的研究很少。保水剂单项措施研究多，多因子综合研究少，尤其有机肥料或无机肥料以及覆盖与其配合、有限灌溉与其配合使用的效果研究未见报道。

应当注意的是，保水剂作用并不是万能的，不能认为使用了保水剂就不需要施肥、灌水，或者加大保水剂施用量就能大量保存水分而促进植物的生长。保水剂只有与降水条件、灌溉等的适当配合才能达到最佳效果，否则达不到预期目的。其次，保水剂本身不能制造水分，必须具备一定的土壤水分条件或灌溉条件，保水剂才能发挥其吸水、保水作用，并非任何情况下只要使用保水剂就能达到增产增收的目的。第三，应根据不同应用目的选用不同类型的保水剂。目前国内吸水性材料类型较多，但并不一定都能作为农林用保水剂。对施用于土壤的保水剂和用于蓄纳雨水目的保水剂应选用颗粒状、凝胶强度（寿命）高的保水剂。四是应考虑保水剂对土壤的破坏作用和安全性。一般以胺类、钾聚合物类保水剂为最好，尽量少加钠聚合物，以防长期大量使用对土壤的破坏。对于以含氢化物作为聚合中间物的生产工艺，更要注意合成产物提纯。

应当加强保水剂应用技术的研究，主要包括：①保水剂与水、肥、土、植、气的相互作用关系，保水剂与水土中的盐分、肥料、矿物质等的作用，以及如何实现保水剂“保水、保肥、保土、助长、安全”五大功能的研究。②施用保水剂条件下各种作物的节水灌溉制度、灌溉模式的研究。③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的研究。④施用保水剂条件下作物不同的生育阶段、不同程度亏水对水分蒸发、光合作用及产物分配与转化和对作物籽粒品质、产量的影响。⑤以保水剂与其他旱作农业措施相结合为特征的综合保水技术研究。⑥长期施用保水剂对作物、土壤、环境的影响及其降解性、持效性研究。

5.4 保水剂生产应用标准制定

保水剂的研制与农林生产中的应用吸引了众多科研院所和企业进行研究和生产。但由于研究和生产中所采取的方法和技术不同，保水剂的性能分析和应用技术条件也不尽相同。没有统一的国家标准来规范和比较保水剂的性能及其应用。鉴于目前保水剂的研究和生产需求以及未来保水剂的发展趋势，建立保水剂的国家行业标准是急需进行的工作。

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. 农业现代化研究, 2000(5):317~321
2. 胡芬, 姜雁北. 高吸水剂 KH841 在旱地农业中的应用. 干旱地区农业研究, 1994, 12(4):83~86
3. 张富仓, 康绍忠. BP 保水剂及其对土壤与作物的效应. 农业工程学报, 1999(15)2:74~78
4. 华孟, 苏宝林. 高吸水树脂在农业上的应用的基础研究. 北京农业大学学报, 1989(15)1:37~43
5. 蔡典雄, 王小彬, Keith Saxton. 土壤保水剂对土壤持水特性及作物出苗的影响. 土壤肥料, 1999(1):13~16
6. 许旭旦. 提高作物抗旱能力的化学处理方法. 干旱地区农业研究, 1986, (1):64~75
7. 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. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1999, 5(4):52~56
8. 黄占斌, 张国桢, 李秧秧, 等. 保水剂特性测定及其在农业中的应用. 农业工程学报, 2002, 18(1):22~26
9. 吴德瑜. 保水剂在农业上的应用进展. 作物杂志, 1990(1):22~23
10. 刘效瑞, 赵华生, 等. 土壤抗旱保水剂与作物抗旱剂配施效果. 甘肃农业科技, 1992, (9):30~31
11. 川岛和夫. 农用土壤改良剂—新型保水剂. 土壤学进展, 1986(3):49~52

12. 王砚田 华孟 等. 高吸水性树脂对土壤物理形状影响. 北京农业大学学报, 1990(2):181~186
13. 中科院兰州化学物理研究所计划处. 新型抗旱保水剂在农林园艺上的应用. 中国水土保持, 1987(2)
14. 黄凤球 杨光立 等. 化学节水技术在农业上的应用效果研究. 水土保持研究, 1996(3):118~124
15. 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. 莱阳农学院学报, 1992, 9(1):41~44
16. 李景生, 黄韵珠. 土壤保水剂的吸水保水性能研究动态. 中国沙漠, 1996, 16(1):86~91
17. 汪华源. 我国保水剂在农业上的应用专题文献研究. 农业图书情报学刊, 2003(4):72~75
18. 陈学仁. 保水剂在农村水利领域开发和应用的探索. 中国农村水利水电, 2000(6):19~24
19. 邹新禧. 超强吸水剂化学工业出版社, 1991
20. 国家科委社会发展司, 等. 农业节水技术. 北京: 水利水电出版社, 1992
21. 赵聚宝 赵琪编著. 抗旱增产技术. 北京: 中国农业出版社, 1998
22. 严瑞萱主编. 水溶性高分子. 北京: 化学工业出版社, 2001

第二章 保水剂的合成与理化特性

保水剂又称为高吸水性树脂，自 20 世纪 60 年代出现以来，许多科研工作者都进行了大量合成和特性研究。在近 40 年时间里，无论从原料的选择、合成方法，还是理化特性等方面，都得到了很大地发展。本章着重介绍保水剂的合成与理化特性。

第一节 合成保水剂的原料与工艺

保水剂属于功能高分子化合物，其合成与工艺完全遵循功能高分子的合成途径。合成保水剂的途径主要为通过天然（或合成）高分子化合物的化学反应或者由亲水性单体直接合成保水剂。

合成保水剂的主要原料为：

(1)骨架材料 天然或者合成高分子。分子链中含有可发生化学反应的各种活性基，可进行接枝或者其他改性反应 如淀粉、纤维素、木质素、腐植酸等。

(2)单体 与淀粉或者纤维素等进行共聚反应的有机单体，主要是水溶性烯类单体。

(3)交联剂 为防止保水剂在吸水时发生溶解，往往在合成保水剂时加入交联剂，使分子链之间发生交联 形成交联化合物 网状高分子)

(4)引发剂 保水剂的合成多为自由基引发聚合，引发的方式有多种，有引发剂引发、光引发和辐射引发等，一般多用引发剂引发。

(5)其他助剂 为了使反应混合物能够在反应液中能够很好地分散，常需加入一些表面活性剂或防黏结剂等。

本节着重介绍常见的淀粉类、纤维素类、合成聚合物类保水剂在合成时所使用的原料与工艺。

1.1 淀粉类保水剂的合成

合成淀粉类保水剂所使用的原料是淀粉和单体。此外，还利用引发剂（或催化剂）、交联剂、分散剂、碱、表面活性剂等助剂。

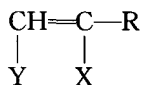
(一) 淀粉

淀粉广泛存在于生物界，原料来源广泛，种类多，产量丰富，特别是我国农业产品资源极为丰富，而且价格低廉。因此对淀粉进行改性制备保水剂是成本较低的一种合成方法。天然淀粉主要包括玉米淀粉、大米淀粉、小麦淀粉、高粱淀粉、木薯淀粉、甘薯淀粉、马铃薯淀粉、椰子淀粉、珍珠淀粉等。淀粉产品主要包括淀粉分解物（焙烧糊精、氧化淀粉、低黏度变性淀

粉)淀粉衍生物(淀粉酯、淀粉醚、交联淀粉、接枝淀粉)、 α -淀粉、分离淀粉(直链淀粉、支链淀粉)与物理处理淀粉(放射性淀粉、高频处理淀粉、湿热处理淀粉)等。

(二) 单体

与淀粉进行接枝共聚反应的单体主要为亲水性和水解后变为亲水性的单烯类的单体，基本结构类型如下式：



式中 R 为 H 或烷基 X 主要为 $-\text{COOH}$ ， $-\text{COOR}$ ， $-\text{O}-\text{COR}$ ， $-\text{CN}$ ， $-\text{OH}$ ， $-\text{OR}$ ，

$-\text{CONH}_2$ ， $-\text{SO}_3\text{H}$ 等基团，也有某些阳离子基团，如 $-\text{CH}_2-\overset{+}{\text{N}}\text{H}-\text{CH}_3$ 等；Y 一般为 H，也有其他基团如 $-\text{OH}$ ， $-\text{COOH}$ 等。其主要单体叙述如下。

(1) 水溶性单体

至少具有 1 个亲水基团的不饱和性单体，所含的亲水基团有羧酸基、羧酸无水物、羧酸盐基、磺酸基、磺酸盐基、羟基、醚基、酰胺基、季胺基等。具体单体举例如下。

1) 含羧基单体

主要是丙烯酸、甲基丙烯酸、顺丁烯二酸、反丁烯二酸等。

2) 含羧酸无水物单体

如顺丁烯二酸酐等。

3) 含羧酸盐基单体

包括单乙烯基单羧酸盐和单乙烯基多羧酸盐。其盐有碱金属盐、季胺盐、叔胺盐等。单乙烯基单羧酸盐，例如丙烯酸钠、甲基丙烯酸钠、丙烯酸三乙醇胺盐、甲基丙烯酸三乙醇胺盐等。单乙烯基多羧酸盐，如马来酸钠、马来酸甲胺盐等。

4) 含磺酸基单体

脂肪族或芳香族乙烯磺酸类。例如乙烯磺酸、丙烯磺酸、乙烯甲苯磺酸、甲基丙烯磺酸类(甲基丙烯磺酸丙酯、丙烯磺酸丙酯、2-羟基-3-甲基丙烯羟丙基磺酸等)。

5) 含磺酸基盐单体

以上的含磺酸基单体的碱金属盐、铵盐、胺盐等。

6) 含羟基或醚基单体

A. 含羟基单体

主要是丙烯醇、甲基丙烯醇、乙烯二醇等。

B. 含酯基或醚基单体

如甲基丙烯酸羟乙酯、丙烯酸羟乙酯、甲基丙烯酸羟丙酯、丙烯酸羟丙酯、甲基丙烯酸乙三甘醇酯、丙烯酸乙三甘醇酯、多环氧乙烷-氧化丙二醇单丙烯醚等。

7) 含酰胺基单体

A. 丙烯酰胺、甲基丙烯酰胺等。

B. N-烷基丙烯酰胺 如 N-甲基丙烯酰胺、N-乙基丙烯酰胺等。

C. N,N-二烷基丙烯酰胺 例如 N,N-二甲基丙烯酰胺、N,N-二丙基丙烯酰胺等。

D. N-羟烷基丙烯酰胺 例如 N,N-二羟乙基甲基丙烯酰胺、N,N-二羟乙基丙烯酰胺等。

E. N,N-二羟烷基丙烯酰胺, 如 N,N-二羟乙基甲基丙烯酰胺、N,N-二羟乙基丙烯酰胺等。

F. 乙烯基内酰胺, 如乙烯基吡咯酮等。

8)含氨基单体

A. 含乙烯基单羧酸(或二羧酸)的氨基酯。

a. 二烷基氨基烷基酯, 如丙烯酸二甲氨基乙酯、甲基丙烯酸二甲胺乙酯等。

b. 二羟烷基胺烷基酯, 如丙烯酸二羟甲氨基乙酯、甲基丙烯酸二羟甲氨基丙酯等。

c. 吗啉代烷基酯, 例如丙烯酸 1,4-氧氮杂环己烷代乙酯、甲基丙烯酸吗啉代乙酯、反丁烯二酸二甲胺乙酯等。

B. 复数环式乙烯基化合物

a. 乙烯基吡啶类 如 2-乙烯基吡啶、4-乙烯基吡啶、N-乙烯基吡啶等。

b. 乙烯基咪唑类 如 N-乙烯基咪唑类等。

9)含季胺盐类单体

例如 N,N,N-三甲基-N-丙烯酰胺氧化乙基氯化铵等。

(2)水解后为水溶性单体

这种单体至少有 1 个水解基(酯基或氰基)

1)乙烯基不饱和羧酸的低级烷基(C₁₋₃)酯

这类单体如丙烯酸甲酯、甲基丙烯酸甲酯;丙烯酸乙酯、甲基丙烯酸乙酯;丙烯酸二乙基己酯、甲基丙烯酸 2-乙基己酯等。

2)乙烯基醇酯

例如醋酸乙烯酯、醋酸丙烯酯、醋酸甲基丙烯酸酯等。

3)含氰基单体

如丙烯腈、甲基丙烯腈等。

(三)引发剂

淀粉与单体接枝共聚成保水剂时大多采用引发剂引发, 以下介绍主要的引发剂。

(1)过氧化物引发剂

主要是过硫酸铵、过硫酸钾、过氧化氢、过氧化苯甲酰、过氧化月桂酰等。

(2)偶氮类引发剂

如偶氮二异丁腈、偶氮二异庚腈等。

(3)氧化还原引发剂

主要是过硫酸钾-硫酸亚铁、过硫酸钾-硫代硫酸钠、过硫酸铵-亚硫酸氢钠、过氧化氢-硫酸亚铁、过氧化氢-L-抗坏血酸等。

(4)其他引发剂

如硝酸铈铵、三氯化铁、五价钒盐等。

(四) 交联剂

合成淀粉类保水剂时的交联剂，主要有以下几种类型。

(1) 具有非共轭多双键的化合物

1) 二或三乙烯基化合物

如二乙烯苯、三乙烯苯、二乙烯甲苯、二乙烯二甲苯、二乙烯酮、二乙烯醚等。

2) 不饱和单羧酸或多元羧酸与多元醇或多元环氧化合物形成的多酯

A. 不饱和单羧酸与多元醇或多元环氧化合物形成的多酯

例如乙二醇、三羟甲基丙烷、丙三醇、聚乙二醇、聚丙二醇等与丙烯酸（或甲基丙烯酸）形成的二（或多）丙烯酸酯，多环氧化物与丙烯酸或甲基丙烯酸形成的二（或多）丙烯酸酯或甲基丙烯酸酯）。

B. 不饱和多元羧酸与多元醇形成的不饱和聚酯

例如乙二醇、三羟甲基丙烷、甘油、聚乙二醇、聚丙二醇等与不饱和多羧酸（如顺丁烯二酸等）形成的不饱和聚酯。

3) 双丙烯酰胺、双甲基丙烯酰胺

例如 N,N'-二甲基双丙烯酰胺等。

4) 聚异氰酸酯与含羟基单体反应得到的尿酯

例如二异氰酸甲苯酯、1,6-亚己基二异氰酸酯、亚甲基二苯基二异氰酸酯等。

5) 多元醇的二或多（烯丙）醚

例如聚乙二醇二（烯丙）醚、聚乙二醇二（甲基烯丙）醚、烯丙基淀粉、烯丙基纤维素、甘油烯丙醚等。

6) 多元醇的二或多（烯丙）酯

如二（烯丙）丁酯、二（烯丙）己酯等。

7) 多元醇的单（烯丙）醚或多元醇的单（甲基丙烯酸）酯

例如聚乙二醇的单（烯丙）醚、聚乙二醇单（甲基烯丙）醚等。

8) 多元醇的单（丙烯酸）酯与多元醇的单（甲基丙烯酸）酯

例如聚乙烯醇单（丙烯酸）酯、聚乙二醇单（甲基丙烯酸）酯。

(2) 可以形成离子交联的多价金属化合物

1) 碱土金属化合物

A. 氧化物

如氧化钙、氧化镁等。

B. 氢氧化物

如氢氧化钙、氢氧化镁等。

C. 弱酸盐

如碳酸镁、碳酸钙、醋酸镁、醋酸钙等。

2) 锌化物

如氧化锌、氢氧化锌、醋酸锌等。

3) 铁化物

如氧化铁、氯化铁、硫酸亚铁等。

4 铝化物

如三氯化铝、三氧化二铝、氢氧化铝等。

(3)其他交联剂

例如 N-羟甲基丙烯酰胺、甲基丙烯酸缩水甘油酯、丙烯酸缩水甘油酯、乙二醇、乙二胺、乙二醛、己二酸、苯二甲酸等。

(五)其他助剂

为了使淀粉与单体在反应液中很好地分散，并保持粒状，常需在反应液中加入少量的表面活性剂或防黏结剂或分散剂等助剂。

(六)淀粉类保水剂的合成工艺

通过淀粉改性合成保水剂主要有两种形式：一是将淀粉与丙烯腈接枝共聚再水解，或淀粉直接与亲水性单体（丙烯酸或丙烯酰胺）聚合再交联制得保水剂。总之是在淀粉上引入亲水基团，并使得其有一定的交联度。另一种是先对淀粉进行部分交联，再引入羧甲基亲水性基团制得保水剂。

1. 淀粉接枝改性制备保水剂的工艺

淀粉可以与丙烯腈、丙烯酸、丙烯酰胺等亲水性单体接枝共聚形成保水剂。由于采用的原料、引发方式、分散介质、反应条件等不同，因而工艺过程有所不同。这里只介绍淀粉接枝丙烯酸类保水剂的一般工艺过程，如图 2-1 所示。

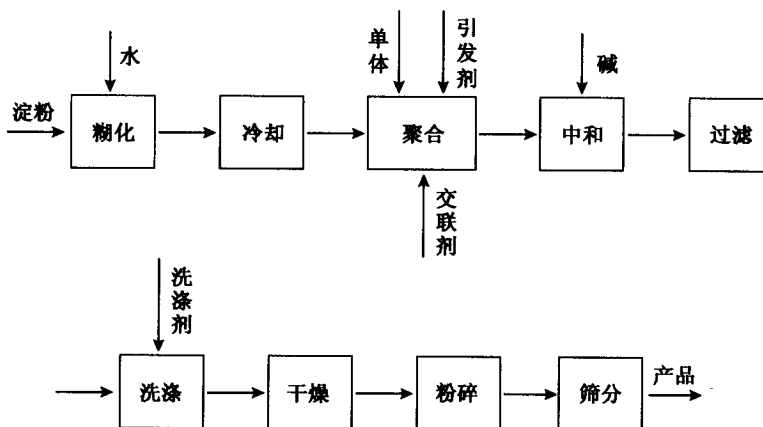


图 2-1 淀粉接枝丙烯酸类保水剂制造工艺流程简图

为了提高此类保水剂中的淀粉含量，降低成本，出现了一种淀粉接枝丙烯酸制备保水剂的新工艺，即在淀粉接枝丙烯酸的共聚物中填充一定量的糊化淀粉，进行热交联，由于二者的协同作用，使树脂的吸水率不仅不降低，而且还稍有提高。树脂中淀粉含量明显增加，成本大幅度降低，有利于保水剂的推广应用。