

保水剂在农业上的应用现状及前景分析

张保军, 丁瑞霞, 王成社, 单明珠

(西北农林科技大学农学院, 陕西 杨陵 712100)

摘要: 简述了保水剂的研制与生产概况, 分析了保水剂在农业中的研究现状, 指出了该领域研究中存在问题, 展望了保水剂的应用前景。

关键词: 保水剂; 干旱; 研究现状

中图分类号: S 152.7; S 156.2 文献标识码: A 文章编号: 1005-3409(2002) 02-0051-04

Research Trends of Domestic and Foreign Superabsorbent Polymers

ZHANG Bao-jun, DING Rui-xia, WANG Cheng-she, SHANG Ming-zhu

(Agricultural College, Northwest Sci-tech University of Agriculture and Forestry, Yangling 712100, Shaanxi Province, China)

Abstract: The research status and production of superabsorbent polymers are briefly described, and its research status quo in agriculture and the problems existing in the field are discussed. In the end, application prospects of superabsorbent polymers is given.

Key words: superabsorbent polymers; drought; research status quo

水土资源是人类赖以生存和发展的物质基础。如何经济有效地利用土壤水分, 克服干旱对植物生长的不利影响, 是一项具有国际影响的科学研究课题。

1 应用研究概况

1969年, 美国农业部北部研究中心(NRRC)首先研制出保水剂并于70年代中期将其用于玉米、大豆种子涂层、树苗移栽等方面。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%^[1]。1974年, 保水剂在美国 Granprocessingo 公司实现了工业化生产。但日本随后重金购买了其专利, 并在此基础上日本保水剂的研究和生产发展很快赶上并超过了美国, 相继开发了聚丙烯酸盐高吸水性树脂, 自1987年后, 日本保水剂产量以26%的速度递增, 目前已超过9万t, 无论生产能力还是种类及应用, 日本在保水剂领域内均处于领先地位^[2]。80年代初, 法国里昂沙菲姆化

学公司研制成功保水剂, 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5 000倍的“KR3010”高分子材料。1998年, 世界保水剂需求总量在70万t左右。其中美国市场占1/3, 并且近两年以8%的幅度递增。欧盟国家消费22万t, 日本市场消费8.2万t。另外, 发展中国家如墨西哥, 东南亚及中东地区也开始推广应用^[3]。

我国的保水剂开发与应用开始于80年代初期, 但发展速度较快。目前已有40多个单位进行研制和开发, 但产品生产还比较落后, 总产量不过1 000 t^[4]。80年代初, 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, 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, 但均未进行批量生产。90年代以来, 一批新型的保水剂产品陆续问世。1998年, 河北保定市科翰树脂公司科技人员采用生物实验技术研制成功“科翰98”系列高效抗旱保水剂, 该产品吸水倍率高, 有颗粒型、凝胶型两种剂型。

¹ 收稿日期: 2002-02-25

基金项目: 国家重大科技产业示范工程项目“渠灌类型区农业高效用水模式与产业化示范”(99-021-01-02)

作者简介: 张保军, 男, (1960-), 陕西户县人, 教授, 主要从事作物高效栽培标准化方面的研究工作。

2 应用研究现状

保水剂是一种吸水性很强的新型高分子聚合物。它由长链高分子化合物通过新型交联剂或高能辐射聚合而成。根据组成成分可分 3 大类,即淀粉类、纤维类和合成树脂类,并各有多种品种。它们的共同特点是不溶于水,却又能吸水达自重的千百倍去离子水的能力。当环境需要水分平衡,被吸附水可缓慢释出,并可恢复吸水能力,60 年代起该新型高分子材料被作为多功能膜、吸附材料和脱水剂而广泛应用于化工、水利、油田、医药和日用工业。70 年代中期,美国农业部首先将其作为土壤保水剂应用农林园艺,到 80 年代初,已有相当多的国家对保水剂在农业上应用进行了研究。我国近年也开始把保水剂应用到农林园艺,并进行研究。

2.1 保水剂的应用机理研究

2.1.1 提高土壤的保水能力 土壤施用保水剂后,饱和含水量明显提高,并随加入数量的增加而提高。葫芦在盆栽实验中,保水剂 KH841(聚二丙合烯盐分子结合体)与土壤之比为 1:50 和 1:80 时,处理 14 d 的土表总蒸发量比对照分别减少 164 g 和 124.7 g,日蒸发量分别减少 50.8% 和 38.94%。处理 20 d 后,二者的土表总蒸发量比对照分别下降 37.5% 和 20.1%,土壤相对含水量分别为对照的 2.7 倍和 1.5 倍。说明土壤施用保水剂后,大大提高了土壤持水能力,减少蒸发量,增加土壤有效水含量。

2.1.2 提高土壤保肥能力 N、P、K 肥料对保水剂的吸水能力有很大影响。这个影响虽然降低了保水剂的吸水量,却提高了土壤对营养元素的吸附力,减少肥料的淋失,提高了土壤保肥能力。研究表明:红壤施入 0.1% KH841 后,N、P、K 有效成分淋失分别减少 56%、51%、和 81%。而且保水剂对各种肥料的最大吸附量大小排列顺序依次是尿素、硫酸铵、氯化钾、、硝铵、硫酸钾、碳酸氢铵、磷酸二氢钾、过磷酸钙。由于保水剂不仅具有表面分子吸附、离子交换作用等保肥机制,而且由于它的高吸水性。能够以“包裹”方式保肥;这是保水剂不同于土壤改良剂的重要特征。

2.1.3 改善土壤的理化性质 首先,保水剂可提高土壤形成水稳定性团聚体的能力。保水剂形成水稳定性团聚体的能力较强。研究结果表明:当保水剂与土壤之比在 1:1 000 以上时,水稳定性团聚体含量显著增加。对轻壤土的团聚效果更明显。以 1:1 000 的用量为例,重黏土中大于 0.25 mm 的水稳

定性团聚体分别比对照增加 43.3 个百分点和 33.1 个百分点,而轻壤土则增加 77.1 和 59.9 个百分点。保水剂形成的水稳定性团聚体以大于 1 mm 的为主。

其次,改善土壤孔隙特性。由于大于 1 mm 团聚体的增加,使土壤总孔隙度随着增加。研究表明:重黏土中增加的孔隙量主要是增加了土壤通气孔隙,而小于 5 mm 小孔隙有所下降。轻壤土中,施用保水剂后通气孔隙也有一定增加。由于大孔隙的增加,使土壤通气性明显改善,比对照增加近 2 倍。施用保水剂后,土壤明显黏粒化,改变了孔隙组成和土地三相比例,使耕作层土壤紧实度与容重下降。说明保水剂在防止土壤板结,改善土壤孔隙特性,调节土壤紧实度上有明显效果。

第三,改善土壤微结构特征。李沙秋等盆栽原状土片光学显微镜鉴定结果,沙土以 1:1 000 的 ZAC-B 处理后,出现较多的内连孔隙和离间孔隙,并形成部分团聚体,但边缘结构的观察,进一步证明了施用保水剂能使土壤团聚体增多,并改善了土壤微结构。观察到经保水剂处理的沙土有明显的变化,可见到许多由石英、水云母经保水剂凝胶形成的团聚体。

第四,保水剂可降低土壤温度。在沙壤土上进行试验表明,6 d 内保水处理的最高地温比对照低 3℃,最低地温却高 1.5℃,地温日较差比对照缩小近 5℃。另有一些试验资料也表明相同趋势。证明施用保水剂,不仅能增加土壤中的水分,而且能使地温的日较差缩小。

第五,保水剂可调节土壤固、液、气三相分布。试验结果证明,施入保水剂的土壤灌水后土壤中的液相显著增加,而气相和固相减少。这是由于保水剂吸水膨胀而引起的。但气相过度减少会给作物生长发育带来不同程度的副作用,故应根据土壤性质和不同作物而确定保水剂的用量。

2.1.4 提高豆科作物的根瘤菌活性 保水剂在改善土壤水分状况的同时,还为土壤微生物的繁衍提供了有利环境,活性大大提高。用保水剂和根瘤菌制成豆科牧草吸水丸衣种子,如沙打旺、苜蓿、红豆草的根瘤数平均比对照提高 12.4%,根瘤重提高 25.9%^[2,5],有利于作物对氮素的吸收和植株生长发育的健壮。

2.2 保水剂应用效果

在农业上,由于保水剂能改善土壤的物理性状,增强其保水能力,故而可缓解水分胁迫对作物的不良影响,提高种子发芽率和移栽植物的成活率,提高豆科植物的根瘤菌活性,促进植物的营养生长和生

殖生长进程, 使作物增产增收。从 17 个省、市 63 个试点产量统计结果来看, 小麦增产 18. 8%, 甘薯增产 33. 4%, 棉花增产 21. 3%, 花生、大豆、芝麻约增产 20% 以上。保水剂往往与土壤掺拌、种子涂层和移栽植物蘸根等方法使用, 被广泛应用于蔬菜作物和旱田作物栽培及植树造林中^[2]。

在蔬菜上保水剂对蔬菜有明显的增产作用。远山等(1986)在温室内用两种保水剂分别以 0. 2% 及 0. 3% 的比例与土壤混合, 灌水量设半量和全量两种, 以油菜进行栽培试验, 结果表明, 半量灌水区的油菜鲜重均超过对照(无保水剂, 半量灌水)1 倍以上, 全量灌水区的鲜量只为对照(无保水剂, 全量灌水)的 0. 5 倍。用芜菁做了试验也证实了类似效果^[6]。日本静冈县清水市用保水剂进行黄瓜育苗, 结果表明: 灌水次数及灌水量可比常规育苗法减少 2/3, 且能使苗齐苗壮, 提高优质苗比率^[7]。

在果树上, 辽宁省果树所菜园应用保水剂预防菜果、桃幼树越冬伤害, 提高苹果幼树栽植成活率和涂抹高接穗三项试验。结果表明: 对菜果幼树在落叶后应用 5 倍保水剂处理; 或在发芽前应用原液 7. 5 倍保水剂处理。对桃幼树在发芽前应用 7. 5 倍保水剂处理, 对防御花芽冻害和抽条效果都好, 并且处理浓度愈大, 预防效果愈明显。1~2 年生幼树可采用保水剂原液涂抹, 3~5 年生幼树可采用 5~7. 5 倍保水剂喷布。春季栽植苹果幼树喷布 10~20 倍水剂, 可暂时封闭气孔, 保持水分; 防止抽干, 可明显提高栽植成活率。在苹果高接换头中利用保水剂原液涂全穗, 能保持水分, 提高成活率, 提早发芽 7~10 d^[8]。

在作物抗旱栽培中, 张志光等利用一种新型的保水剂产品——高吸水树脂。使用方法既可进行树脂拌种, 也将材料在降水前进行田间沟播。利用此树脂的主要作用是截留自然降水, 保持土壤水资源的利用率。试验采用树脂拌种的方法。其具体步骤是: 先配制好 3%~5% 浓度的保水剂溶液, 再将种子拌在保水剂溶液中, 然后播种。试验作物品种为小麦。在这样干旱的条件下, 利用树脂拌种播种的技术措施对小麦的增产效果是十分显著的, 出苗率提高 33. 5%, 不孕小穗率减小 10. 6%, 每穗籽粒数增加 0. 6 个, 约增加 2. 3%, 千粒重增加 1. 4 g, 增加幅度为 3. 5%, 单产增加 1 062 kg/hm², 增产幅度为 17. 5%, 若按小麦 0. 8 元/kg 计算, 增加效益 849. 6 元/hm²^[9]。

在利用保水剂的同时, 配合地膜覆盖抑制地面蒸发, 可累加二者的优势, 更适于旱田作物栽培。竹

内等人在沙地栽植雾岛杜鹃花, 栽后 9 个月调查其成活率, 未施保水剂处理的为 45%, 保水剂“三伏 P—20”加地膜覆盖处理的为 90%^[10], 大大提高了成活率。

3 保水剂与其它物质混合使用的研究概况

3. 1 土壤抗旱保水剂与作物抗旱剂配施效果

土壤保水剂与作物抗旱剂配合使用, 是现代旱作农业中防旱抗旱的一条有效措施。保水剂、抗旱剂配施对春小麦、蚕豆产量主要构成产生多种影响^[11]。首先具有促进出苗、提高出苗率、壮苗等作用; 其次对春小麦穗粒数、穗粒重、干粒重。对蚕豆单株粒数、粒重、百粒重均产生良好影响, 与对照相比均变化显著^[7]。在旱作农业中, 春小麦用量为 6 kg/hm², 蚕豆为 3. 45 kg/hm² 作物抗旱剂一号拌种, 再分别配施土壤抗旱保水剂 11. 7 kg、10. 95 kg。春小麦每公顷可比对照增加 694. 5 kg, 增产率达 34. 6%, 蚕豆公顷产可比对照增加 529. 5 kg, 增产率达 38. 9%。

3. 2 高吸水树脂与肥料相互作用的研究

高吸水性树脂 KH 841: 为低交联度的聚丙烯酸钠, 白色微粉状, 含水 12%。它对氯化铵、尿素、硝酸铵 3 种不同的肥料都有一定的吸持作用。即它被施入土壤中, 既能保水又能保肥。其保肥能力应强于各类黏土和腐殖质, 因为高吸水性树脂不仅能够象黏土、腐殖质一样具有表面分子吸附、离子交换作用等保肥机制, 而且由于它的高吸水性能够以“包裹”的方式保肥。高吸水性树脂的离子交换作用是很强的(相对于黏土和腐殖质)。因为它的网状结构中有大量的可解离的钠离子能被交换, 大量的羧基吸引(铵根离子, 尿素等)或络合(锌离子等)肥料成分。

高吸水性树脂的保水作用与保肥作用有密切关系。高吸水性树脂之所以比淀粉、海绵等一般吸水物质吸水能力大许多倍。主要原因: 一方面, 高吸水性树脂分子内部拥有大量的可电解的羧酸盐基团, 这是吸水动力; 另一方面, 它是低交联度的, 吸水后网孔撑开以便继续吸水。所以它吸水能力强, 蓄水空间大。这种吸水机理也导致了相应的吸肥方式。以氯化铵肥料为例, 高吸水性树脂吸水的同时, 水中的铵根离子也不可避免地有一部分被“包裹”进去, 还有一部分吸持的铵根离子是被钠离子(构成吸水力的因素)交换上去的^[12]。

高吸水性树脂虽然既能保水又能保肥, 但肥料

的存在大大降低了它的溶胀能力, 不过尿素地一个例外, 因为它不是电解质肥料。所以高吸水性树脂不宜与大量电解质肥料混施。而对于施用尿素的土壤, 高吸水性树脂的保水保肥性都得到充分发挥, 因而是最佳的选择。

4 保水剂应用研究中存在问题

我们必须认清保水剂不是万能的, 不能认为使用了保水剂就不需要灌水, 或加大保水剂施用量就能大量保存水分。目前, 保水剂在农业上的应用研究尚有许多问题待深入研究。

从它机理方面来看: 在于目前阴离子型的保水剂耐盐性较差, 吸水速度较慢, 而非离子型的吸水速度较快, 耐盐性也较好, 但吸水能力较低; 保水剂合成材料主要是石油中合成的原料、纤维素、淀粉及它们的衍生物, 制造成本较高, 今后应通过改进加工方法, 开发新的廉价合成原料, 研制出吸水能力强, 吸水速度快, 持效性长, 价格低廉, 适应范围广的系列产品, 真正促进保水剂在农业生产上大面积开发应用; 在试验田里, 既有强日射和高温条件的影响, 也有肥料等因素的影响, 从综合效益来看, 可以推出保水剂的耐久性非常低。从它的用途方面来看: 保水剂安全、无毒, 施于土壤中几年后被微生物分解, 对环境无不良影响, 有些保水剂产品可持续几年至几十年有效, 但国内关于这方面的系统研究还未见报道; 保水剂与不同肥料的混合施用比例施用方法等课题仍

研究较少; 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需要进一步研究; 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; 以保水剂与其它旱作农业措施相结合为特征的综合保水技术的研究。

5 保水剂的应用前景

我国是一个水资源比较缺的国家, 人均水资源占有量不足世界的 1/ 4, 干旱与半干旱地区主要分布在西北地区, 占国土面积 304. 05 万 km², 约为国土总面积的 32%, 而西北地区的水资源占有量不足全国平均水平的 1/4, 降水的年际变率相当大, 主要分布在 7、8、9 三个月。各地的降水分布极不均衡。在很大程度上制约着西北地区的农业生产和人民生活水平。在西部大开发、退耕还林还草、建设秀美山川的工程中, 干旱缺水成为这一工程成功的主要限制因素。因而应用保水剂做为节约用水的一条新途径, 今后尚有许多领域亟待开发, 前景十分广阔。

保水剂是一种化工材料, 但无毒、无刺激, 呈中性, 对作物的品质也无不良影响。所以, 除可广泛应用于种子涂层和移栽蘸根之外, 还可用于水果、蔬菜的保鲜处理, 试管苗和食用菌的培养基等方面。保水剂在农业上的应用是一项发展快、应用广、投资少、见效快的新型抗旱节水技术, 应当大力宣传和推广应用。

参考文献:

[1] 吴德瑜. 保水剂与农业[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1991. 1- 3.
[2] 马天新, 庞中存, 陆秀珍. 土壤保水剂在我省旱作农业上的应用进展[J]. 甘肃农业科技, 1997(12): 31- 32.
[3] 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(5): 317- 320.
[4] 黄河. 吸水性聚合物在农业上的应用的研究[J]. 福建农业科技, 1996(4): 26- 28.
[5] 吴德瑜. 保水剂在农业上的应用进展[J]. 作物杂志, 1990(1): 22- 23.
[6] 远山正雄. 砂丘地蔬菜生产及其水管措施[J]. 农业及园艺, 1986, 61(2): 317- 322.
[7] 赵永贵. 保水剂的开发及应用进展[J]. 中国水土保持, 1999(5): 52- 54.
[8] 李淑珍, 冯孝严, 温树英. 保水剂在果树上应用试验初报[J]. 北方果树, 1992(3): 11- 15.
[9] 张志光, 张洪新. 保水剂在作物抗旱栽培中的应用[J]. 气象, 1997, 23(9): 39- 41.
[10] 东先旺, 高瞻, 位东斌. 保水剂在日本农业上的利用[J]. 山东农业科学, 1988(1): 52- 53.
[11] 刘效瑞, 赵华生, 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- 32.
[12] 李长荣, 等. 高吸水性树脂与肥料相互作用的研究[J]. 北京农业大学学报, 1989, 15(2): 187- 191.