

吸水树脂用作土壤持水保墒剂的试验研究

林健, 牟国栋, 杨雪

(西安科技大学 材料科学与工程学院, 陕西 西安 710054)

摘要: 传统高吸水性树脂的耐盐性较差, 在实际应用中(尤其在农业应用中)往往造成实际吸水倍率远小于试验室中测定结果的状况。采用新型木质素磺酸钙接枝丙烯酸/丙烯酰胺吸水树脂进行土壤性能试验, 木质素磺酸钙含有大量亲水性基团, 如磺酸基、羧基等, 同时木质素磺酸钙价格低廉, 将丙烯酸接枝到木质素磺酸钙既提高吸水倍率, 又可降低吸水树脂的成本。试验结果表明, 该新型吸水树脂吸自来水倍率 230 g/g, 与传统吸水树脂相比, 在保水时间上延长了 10 d, 保水量提高 50%, 土壤的渗透性得到明显增加, 并且具有反复吸水的功能, 同时具有良好的膨胀性, 能减少蒸发, 特别是对增加土壤有效持水, 提高地温、提高土壤渗透性有明显作用。

关键词: 吸水树脂; 耐盐; 丙烯酸

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2010)04-0167-04

中图分类号: TQ325.7

Agricultural Application Study of Super Absorbent Resin

LIN Jian, MOU Gou-dong, YANG Xue

(School of Material Science and Engineering, Xi'an University of Science and Technology, Xi'an, Shaanxi 710054, China)

Abstract: Conventional super absorbent resin is less salt-tolerant. In practice, its application, particularly in agriculture, often results in the result far less than water absorbency measured in laboratory conditions. An experiment was conducted for a new kind of super absorbent resin performance in soil. Calcium lignosulfonate contains a large number of hydrophilic groups, such as sulfonic group, and carboxyl. Calcium lignosulfonate can not only reduce the cost of the water-absorbent resin, but also improve water absorbency. Results showed that water absorbency of the new water-absorbent resin was 230 g/g. Compared with the traditional super absorbent resin, water retention time was extended 10 days, water absorbency was increased by 50%, and soil permeability was increased. The new water-absorbent resin has a repeatedly absorbent function. At the same time, it has a good expansion and can reduce evaporation. Particularly, it plays important roles in enhancing soil available water-absorbency, increasing soil temperature, and improving soil permeability.

Keywords: super absorbent resin; salt tolerance; acrylic acid

高吸水树脂又称水凝胶、超强吸水剂^[1], 是一种新型的功能高分子材料, 它具有优良的吸水能力和保水能力, 能够迅速吸收比自身重数百倍乃至千倍的液态水, 其保水性良好, 所吸收的水即使在高压下也不会溢出^[2]。鉴于这些优点, 近年来高吸水树脂已成为一种重要的高分子材料, 被广泛地应用于农林、园艺、石油开采、医用卫生^[3-4]、矿山开采、日用化工、环境保护和食品加工^[5-7]等领域。

高吸水树脂问世后, 许多研究者用它与土壤结合改善土壤团粒结构、改善土壤的保水性能和保温性能, 这样既有利于作物生长, 又可节约灌溉用水、减少灌溉次数。日本在砂地 20 cm 深处放一层含有质量

分数 0.1%~0.3% 的吸水树脂作砂土的保水剂, 种植蔬菜。对比试验表明, 使用保水剂可提高 2~3 倍的收获量, 并明显地减少了灌溉的费用^[8]。在美国, 试验者把大豆和玉米的种子浸渍在高吸水树脂里, 在种子表面形成一层含水的薄层, 一方面可提高种子的发芽率, 另一方面可缩短发芽时间, 这对于在干旱地区播种很有价值。Silberbush 等人^[9]对高吸水保水剂的应用研究表明, 高吸水保水剂中 90% 以上的水分能被作物吸收利用, 有的可在当季维持 2~3 个月, 有的可在土壤中维持有效作用 2 a 以上。将高吸水保水剂配制成质量分数 0.4% 的凝胶撒入 10—15 cm 深的沙漠中, 就可在其中种植蔬菜和一般农作物。

我国目前也在研究和开发、推广应用高吸水树脂。20 世纪 80 年代中期,我国先后有 40 多家单位从事这方面的研究,经过 20 多年的研究,取得了很多成果,已有许多专利成果和生产厂家。赵小雯等人^[10]的研究结果表明,添加高吸水保水剂的土壤的累积水分蒸发总量明显低于对照土样。在移植苗木时需长途运输,根部暴露的时间长,影响成活率。如在苗木根部加上一些吸水后的树脂,可提高苗木移植的成活率,还可提高移植苗木的保存时间。我国已把高吸水树脂在农业中的应用与推广定为重点科研项目,中国农业科学院栽培研究所在山西屯留等县定了 10 个示范点。通过试验让广大农民认识高吸水树脂在保苗、抗旱及水土保持等方面的巨大效能,从而大幅度地提高我国农业的经济效益。传统的高吸水性树脂施于土壤中后,易造成土壤的板结,破坏了土壤中的微气相空隙,因而造成植物生长环境的恶化。而土壤板结的同时也相应地导致土壤对氮、磷、钾等水溶性肥料的流失,必将进一步恶化土壤环境。此外,传统高吸水性树脂的耐盐性较差,在实际应用中(尤其在农业应用中)往往造成实际吸水倍率远远小于试验室中测定结果的状况。

本试验研究的新型吸水树脂,由于接枝到木质素磺酸盐上,具备了农业应用的可行性,木质素在土壤中有大量用途,在普通过磷酸钙中添加木质素利用木质素强大的吸水能力可使普通过磷酸钙成为粉状物质而且能提高其肥效,改善土质。木质素可用作农药的分散剂,木质素比表面大,质轻,能与农药充分混合,尤其是分子结构中有众多的活性基团,能通过简单的化学反应与农药分子产生化学结合,即使不进行化学反应,两者之间也会产生各种各样的次级键结合,使农药从木质素的网状结构中缓慢释放出来;木质素有很好的吸收紫外线的性能,对光敏、氧敏的农药能起到稳定作用;木质素在土壤中能缓慢降解,最终不会有污染物残留。

本试验使用木质素磺酸钙接枝丙烯酸/丙烯酰胺吸水树脂进行土壤性能试验,国内外未见该吸水树脂在土壤方面应用研究,木质素磺酸盐同时具有 C3~C6 疏水骨架以及亲水性基团,如磺酸基,羧基等,同时木质素磺酸钙价格低廉,将丙烯酸接枝到木质素磺酸钙既提高吸水倍率,又将吸水树脂的成本降低,试验用这种新型吸水树脂在土壤温度、土壤渗透性、土壤保水性、土壤持水性等方面进行试验。为木质素磺酸钙接枝丙烯酸/丙烯酰胺吸水树脂在农业中的实际应用提供一定的参考。

1 方法和材料

1.1 供试土壤理化性质

试验所用北方山坡土属于弱淋溶土,具有半干润土壤水分状况,具有暗色表层或淡色表层,弱淋溶土的有机质含量多在 20 g/kg 以上,高的可达 130~170 g/kg,腐殖质组成中一般以胡敏酸为主。土体剖面构型不明显,表层有机质含量高,阳离子交换量和盐基饱和度高。

试验所用花土按照熟土:细沙:草炭土(腐殖质或烂树叶=1:2:7 进行配比);土壤重量轻,孔隙大,空气流通,营养丰富,有利于花卉根系发育和植株健壮生长。

1.2 测定方法

(1) 土壤持水量采用称重法测定,按公式(1)计算保水率:

$$\text{保水率(g/g)} = (\text{烘干前土壤质量} - \text{烘干后土壤质量}) / \text{烘干前土壤质量} \quad (1)$$

(2) 将试验用土加入到土壤渗透仪,在常水头条件下进行渗透试验,测定渗透系数。

2 结果分析

2.1 对土壤保水性的影响

当土壤中施入一定量的高吸水树脂,由于高吸水树脂本身可以吸收大量水分,因而可以使土壤的水分含量增加,而高吸水树脂所吸收水分的释放比较缓慢,因此,可以有效防止由于土面蒸发而造成的土壤水分的缺失,从而提高含水量,可以保证为作物生长提供所必需的水分。

2.1.1 对土壤保水性的影响 对于北方山坡土,从图 1 可以看出,空白组饱和吸水量为 68%,加入 1.0%淀粉接枝 AA/AM 吸水树脂高吸水树脂土壤饱和吸水量为 150%,加入 1.0%木质素磺酸盐接枝 AA/AM 吸水树脂土壤饱和吸水量为 220%,试验开始的前 13 d,施加的高吸水树脂抑制水分蒸发作用效果不是很明显,但从第 13 d 可以看出高吸水树脂的作用开始显现,加入 1.0%淀粉接枝 AA/AM 吸水树脂高吸水树脂土壤和加入 1.0%木质素磺酸盐接枝 AA/AM 吸水树脂土壤水分蒸发量明显下降。总的来看,添加高吸水树脂可以提高北方山坡土的保水能力,减少水分蒸发,使土壤的含水量增多,而添加木质素磺酸盐接枝 AA/AM 吸水树脂比添加 1.0%淀粉 AA/AM 吸水树脂的保水效果更为明显。

高吸水树脂减少土壤水分蒸发作用的试验表明,土壤蒸发进入第二阶段(水分非饱和阶段)后,才发挥

效果, 而第一阶段(水分饱和阶段), 水分累积蒸发量比未处理的土壤还高, 推测因为吸水树脂的膨胀作用导致了实际表面蒸发面增加, 但添加高吸水树脂的土壤水分蒸发累积总量明显低于对照土壤。

对比淀粉接枝 AA/AM 吸水树脂高吸水树脂, 木质素磺酸盐接枝 AA/AM 吸水树脂的非离子型基团的存在使得树脂的耐盐性明显提高, 总的饱和吸收量得到很大的提高。

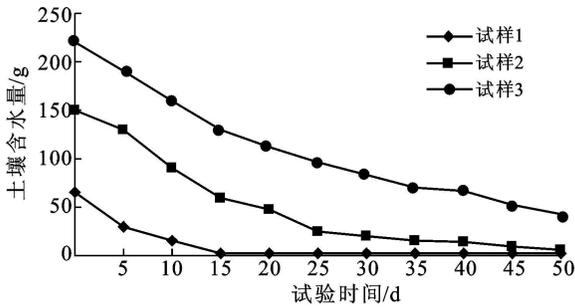


图 1 北方山坡土含水量随时间的变化

注: 试样 1 为空白组; 试样 2 为加入 0.5% 淀粉接枝 AA/AM 吸水树脂高吸水树脂土壤; 试样 3 为加入 0.5% 木质素磺酸盐接枝 AA/AM 吸水树脂土。

2.1.2 高吸水树脂含量对土壤保水性的影响 各组处理均在吸水量约为 40% 的条件下开始试验, 从图 2 可以看出, 试验开始前 13 d, 施加的高吸水树脂抑制水分蒸发作用效果不是很明显, 但从第 13 d 可以看出高吸水树脂的作用开始显现, 加入 1.0% 和 1.5% 高吸水树脂的土壤水分蒸发量明显下降, 含水量比空白土明显要高, 而加入 0.5% 高吸水树脂的土壤水分蒸发量和空白土差别很小, 1.0% 和 1.5% 高吸水树脂的土壤含水量差别不大。添加高吸水树脂可以提高北方山坡土的保水能力, 减少水分蒸发; 添加量为 0.5% 效果不明显, 而添加量超过 1.0%, 提高效果亦不明显, 所以添加量在 1.0% 比较适宜。

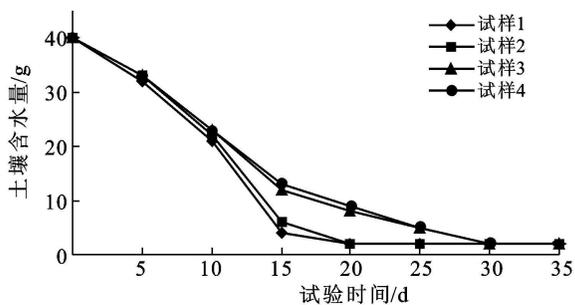


图 2 北方山坡土含水量随时间的变化

注: 试样 1 为空白组; 试样 2 为加入 0.5% 高吸水树脂土壤; 试样 3 为加入 1.0% 高吸水树脂土壤; 试样 4 为加入 1.5% 高吸水树脂土壤。

2.2 高吸水树脂对土壤持水性的影响

持水量某种状态的土壤抵抗重力所能吸持的最大水量。高吸水树脂本身具有较强的持水能力, 即使在外力的作用下所吸持的水分也可以很好的保持, 这一特性对于提高土壤的持水能力具有重要意义。土壤持水量是农用土壤的一个重要指标。由图 3 可以看出, 北方山坡土持水能力随吸水树脂用量的增加, 在用量为 0.4%~0.6% 时持水能力增加效果最为明显。北方山花土持水能力如图 4 所示, 随吸水树脂用量增加, 在 0.6%~1.0% 时增加效果最为明显。

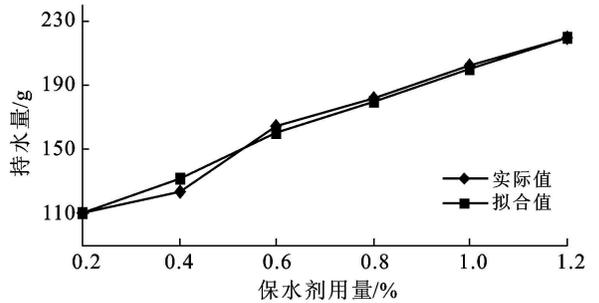


图 3 高吸水树脂对北方山坡土持水量的影响

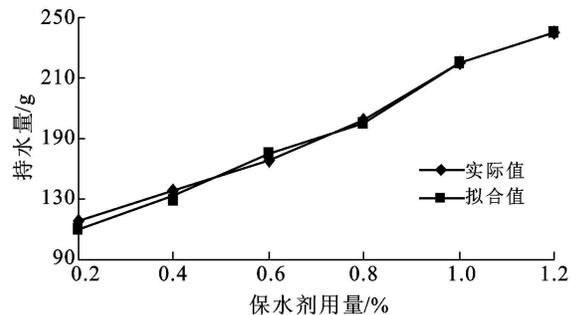


图 4 高吸水树脂对北方花土持水量的影响

从图 3—4 可以看出, 北方山坡土和花土的吸水树脂的用量与其持水能力关系极为相似, 说明吸水树脂的用量对它们的持水性能影响极为相似。

2.3 外界温度对高吸水树脂保水能力的影响

高吸水树脂施入土壤后, 但外界提供充足的水分时(灌溉, 降雨等), 高吸水树脂就会吸水膨胀, 当外界气候干燥时候, 水分又缓慢释放, 在水分充足时候又可吸收水分膨胀。对于加入 0.5% 高吸水树脂的北方山坡土分别在 105 °C, 80 °C, 60 °C 这 3 种不同的干燥温度下进行 5 次反复吸水—释水试验(图 5), 结果表明随干燥次数的增多, 土壤的吸水能力下降, 温度越高吸水能力则越差。

2.4 高吸水树脂对土壤渗透系数的影响

渗透系数是衡量土壤的表层结度和土壤抗蚀能力的重要参数之一。北方山坡土施入高吸水树脂以后, 土壤的渗透性得到明显改善, 但随着高吸水树脂

用量增加, 渗透系数的增加幅度越来越小, 从图 6 的斜率可以看出, 渗透系数和吸水树脂的用量增加并不呈正相关, 随吸水树脂的用量增加, 渗透系数增加的幅度越来越小。但施入高吸水树脂以后, 土壤的渗透性得到明显增加, 这主要是由于吸水树脂改良了土壤的结构, 使土壤形成团聚体结构, 土壤颗粒被吸水树脂所包裹, 使土粒粒度增大, 从而使更多的水分得以存贮, 从而也就减少了降雨或者灌溉时的地表径流, 控制了水土流失。

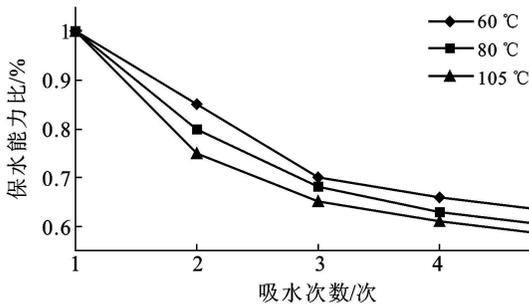


图 5 温度对北方山坡土保水能力的影响

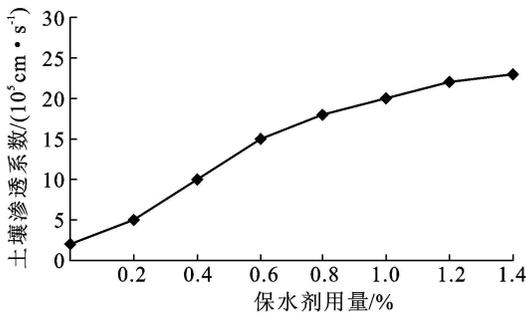


图 6 高吸水树脂用量对北方山坡土渗透系数的影响

2.5 高吸水树脂对土壤温度的影响

吸水树脂添加到土壤中, 可以改善土壤温度(测量土层 5 cm 处的土壤温度)。从图 7 和表 1 可以看出, 若添加吸水树脂, 昼夜温差变化减小, 添加和未添加高吸水树脂土壤的昼夜温度, 最低温度提高了 2.5 °C~3 °C, 最高温度降低了 2.5 °C~4 °C。原因是由于吸水树脂的添加, 提高了土壤的空隙率, 水分被树脂吸收, 自由水减少, 因而土壤的热导率降低。

表 1 高吸水树脂对土壤的昼夜温度的影响

实施日	夜间最低温度/°C		日中最高温度/°C	
	添加树脂 1.0%	未加	添加树脂 1.0%	未加
1	16.5	13.5	34.5	38.5
2	15.0	12.0	31.5	35.0
3	13.0	10.0	20.0	22.5
4	10.0	7.0	19.0	23.0
5	2.0	-0.5	12.0	13.0
6	4.0	1.5	10.5	12.0

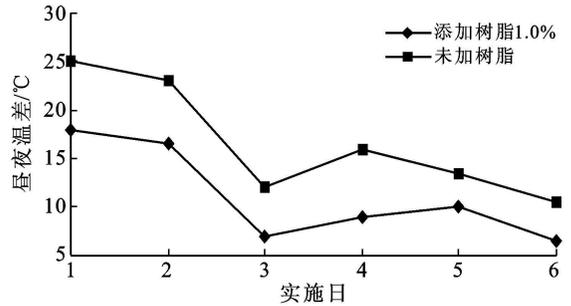


图 7 高吸水树脂对北方山坡土壤温度的影响

3 结论

与传统吸水树脂相比, 新型吸水树脂在保水时间上延长了 10 d, 保水量提高 50%; 土壤昼夜温差变小 3 °C~6 °C; 土壤的渗透性得到明显增加; 并且具有反复吸水的功能; 木质素比表面大, 质轻, 能与农药充分混合, 使农药从木质素的网状结构中缓慢释放出来; 木质素有很好的吸收紫外线的性能, 对光敏、氧敏的农药能起到稳定作用; 木质素在土壤中可缓慢降解, 最终不会有污染物残留。

[参 考 文 献]

- [1] 姜绍通, 伍亚华, 赵妍嫣. 淀粉基高吸水树脂的制备方法 [J]. 合肥工业大学学报, 2006, 29(3): 260-263.
- [2] 方岩雄, 吕钱江, 张永成, 等. 聚丙烯酸系超强吸水剂的制备及其进展 [J]. 广州化工, 2002, 30(4): 112-113.
- [3] Kim Y J, Yoon K J, Ko S W. Preparation and properties of alginate superabsorbent filament fibers crosslinked with glutaraldehyde [J]. J. Appl. Polym. Sci., 2000, 78: 1797-1804.
- [4] Raju M P, Raju K M. Design and synthesis of superabsorbent polymers [J]. J. Appl. Polym. Sci., 2001, 80: 2635-2639.
- [5] 辜英杰, 邹伟权, 闫世平. 聚丙烯酸钠农用高吸水树脂的辐射制备与性能测试 [J]. 核农学报, 2005, 19(2): 113-116.
- [6] 朱勇. 高吸水树脂与玉米生长发育的关系 [J]. 干旱地区农业研究, 2000, 18(2): 25-32.
- [7] 岳建新, 温国华. 玉米淀粉接枝丙烯酸盐合成含钾的高吸水树脂及其性能研究 [J]. 胶体与聚合物, 2004, 22(2): 17-19.
- [8] 井上光弘. 保水剂混入沙的吸水能力和保水能力的评价 [J]. 日本沙丘学会志, 1993(1): 29.
- [9] Silberbush M, Adar E, De M Y. Use of all hydrophobic polymer to improve water storage and availability to crops grown in sand dunes [J]. Agricultural Water Management, 1993, 23: 303-313.
- [10] 乌兰. 高吸水性树脂在农业上的应用与前景展望 [J]. 中国水土保持, 2006(4): 45-47.