

文章编号: 1000-2022(2004) 02-0224-06

新型高效吸水材料(γ -PGA) 的 农业应用研究初报

张新民¹, 姚克敏², 徐 虹¹

(1. 南京工业大学 制药与生命科学学院, 江苏 南京 210009;

2. 南京气象学院 应用气象学系, 江苏 南京 210044)

摘 要: 对由南京化工大学制药与生命科学学院新研制的生物聚合高效吸水材料—— γ -聚谷氨酸(γ -PGA) 在农业上的应用前景进行了初步研究。试验结果表明, γ -PGA 两次重复的平均吸水率可达到 1 108.4 倍, 比目前市售的聚丙烯酸盐类吸水树脂高 2.85 倍。 γ -PGA 对土壤水分的吸收率为 30~80 倍。 γ -PGA 的水浸液在土壤中有较强的保水力和较理想的释放效果, 具有明显的抗旱促苗效应。用不同浓度 PEG(6000) 试剂(聚乙二醇)模拟土壤吸水力的种子发芽试验表明, γ -PGA 有较强的吸水和保水能力, 可明显提高小麦和玉米的发芽率。 γ -PGA 的直接拌种试验和 γ -PGA 水浸液的鲜切花保鲜试验对提高植物种子发芽率和延长保鲜期都有显著效果。为进一步发挥 γ -PGA 在农业上的应用价值, 需要进一步开展植物—土壤— γ -PGA 的水分平衡模型研究。

关键词: γ -聚谷氨酸(γ -PGA); 农业应用; 吸水率; 种子出苗率; 切花保鲜

中图分类号: P49; S16 **文献标识码:** A

干旱缺水是全球性问题。我国干旱、半干旱地区约占国土面积的一半以上, 年平均受旱面积可达 200~270 万公顷, 即使在非干旱区, 也经常受到季节性干旱的影响。干旱是限制我国农业发展的主要逆境因素, 由此造成的损失位于各种自然灾害之首。干旱还对植树种草等生态建设工程的实施及效益发挥产生不利影响^[1]。因此, 认识植物对干旱的反应, 研究植物耐干旱的生理机制, 以及探讨科学的抗旱调控技术, 一直是农业生产和生态建设中迫切需要解决的理论与实际问题。施用抗旱保水剂是植物抗旱调控技术的重要组成部分, 其中由高分子材料制备的高吸水树脂, 已日益受到关注。国内外的试验研究表明, 高吸水树脂由于保水能力强, 在干旱环境下能将所吸收水分通过扩散释放, 并具有反复吸水和渗水的特性, 对干旱和半干旱地区的农、林、牧业生产具有重要的意义^[2-4]。另外, 高吸水树脂对土壤改良, 促进土壤中团粒结构的形成, 增强土壤通、透性和防止土壤侵蚀具有独特作用, 还能与肥料、农药配合, 改善使用效果^[5]。目前, 高吸水树脂主要用于种子涂层、苗木根系涂层和种子造粒, 可明显提高种子出苗率、苗木移植成活率, 促进植物生长发育, 增加农业产量。

收稿日期: 2003-02-17; 改回日期: 2003-09-25

基金项目: 国家 863 计划资助项目“生物可降解型聚谷氨酸功能材料的制备”(2002AA327030)

作者简介: 张新民(1966-), 男, 山东济南人, 高工, 博士生。

迄今为止, 国内外的高吸水树脂在抗旱节水方面的研究主要集中于聚丙烯酸盐及其聚合物。 γ -聚谷氨酸(γ -PGA) 是由南京工业大学制药与生命科学学院开发研制的新一代生物聚合高效吸水材料。与目前国内正在干旱缺水地区推广应用的聚丙烯酸系列吸水树酯相比较, γ -PGA 具有两个特点, 一是成本低, 吸水性能好; 二是可降解性好, 可避免环境污染。有关 γ -PGA 的应用研究, 目前主要在医用材料方面, 在抗旱节水方面的研究尚未见报道。

1 材料与试验方法

供试验的材料为新一代生物聚合高效吸水剂 γ -PGA, 对照材料为市售聚丙烯酸树酯。2002 年度的试验内容包括以下各项:

- (1) 吸水性能测定
- 包括: 1) γ -PGA 和聚丙烯酸树酯的最大吸水率测定; 2) γ -PGA 在土壤中的吸水率测定。模拟的土壤质量湿度分别为 10 % , 20 % 和 30 % , 材料埋深 3 cm。每处理 2 个重复。
- (2) γ -PGA 对种子出苗率影响试验
- 包括: 1) 直接测定。用盆栽试验方法。以玉米、大豆(大粒型种子)、小麦(中粒型种子)、三叶草(小粒型种子) 为试验材料。在干土条件下播种, 分别模拟小雨(5 mm)、中雨(15 mm) 和大雨(30 mm), 试验用 γ -PGA 材料 1 g 拌土 100 g 面施, 以不施 γ -PGA 为对照, 每处理 2 个重复, 测定种子出苗率。2) PEG 控制试验。以不同浓度聚乙二醇(PEG, 6000) 试剂模拟土壤的保水能力, 在恒温恒湿条件下, 将用 γ -PGA 拌种的玉米、小麦和黑麦草种子播种在有不同浓度 PEG 试剂的培养皿内, 以不用 γ -PGA 拌种为对照, 每处理 2 个重复, 测定两种处理种子的出苗率。3) 土壤中直接使用 γ -PGA 水浸液试验。为观测 γ -PGA 水浸液的保水和释放效果, 以小麦和玉米为试验材料, 分别施用 150 ml, 250 ml 和 500 ml γ -PGA 水浸液, 深度 3 cm, 以施用相同体积的水为对照, 测定出苗率和苗高及幼苗的根系情况。
- (3) γ -PGA 水浸液的切花保鲜试验
- 以市售非洲菊、玫瑰、唐菖蒲、菊花、康乃馨、紫罗兰、香兰花等 7 种鲜切花为材料, 以 γ -PGA 水浸液为保鲜剂作切花保鲜试验。

2 结果与分析

2. 1 γ -PGA 的吸水率测定

- (1) γ -PGA 和聚丙烯酸树酯的自然吸水率测定结果(表 1)
- 表 1 的测定结果表明, 聚丙烯酸树酯两个重复的平均吸水率为 417. 65 倍, γ -PGA 两个重复的平均最大吸水率为 1 108. 4 倍, γ -PGA 的平均吸水率是聚丙烯酸树酯的 2. 65 倍。但饱和吸水时间 γ -PGA 是聚丙烯酸树酯的 3 倍, 说明两种吸水材料的吸水速度差异不大。

表 1 γ -PGA 和聚丙烯酸树酯的自然吸水率测定结果

Table 1 Water absorption of γ -PGA and polyacrylic resin measured at normal condition					
材料名称	重复	材料用量/g	饱和吸水时间/h	吸水重量/g	吸水倍数
聚丙烯酸 吸水树酯	重复 1	0. 20	6	80. 2	401. 0
	重复 2	0. 22	6	95. 6	434. 5
γ -PGA	重复 1	0. 16	18	178. 0	1 112. 5
	重复 2	0. 23	18	254. 0	1 104. 3

(2) γ -PGA 在土壤中的吸水率测定结果

表 2 是在盆栽条件下,土壤质量湿度分别为 10 %, 20 % 和 30 %, 材料埋深 3 cm 条件时 γ -PGA 的吸水率。表 2 的测定资料表明, γ -PGA 在不同土壤质量湿度下的吸水率有随土壤水分含量增加呈明显的提高趋势, 但实际吸水倍数已比在蒸馏水条件下显著降低。这显然是由于土壤颗粒对土壤水分的吸附力造成的。供试验的土壤为中壤土, 3 种土壤质量湿度的土壤农业水分常数大致分别为土壤凋萎湿度、70 % 田间持水量和田间持水量。由此说明, γ -PGA 在土壤中的实际吸水效率是随土壤水分含量而变化的, 根据盆栽实验结果, γ -PGA 在土壤中的实际吸水率可能在 100 倍以内。

表 2 γ -PGA 在不同土壤质量湿度下的吸水率测定结果

Table 2 Water absorption of γ -PGA measured at different soil mass

土壤质量湿度/ %	平均 γ -PGA施用量/ g	γ -PGA 埋深/cm	吸水时间/ h	吸水重量/ g	吸水倍量
10	0. 61	3. 0	56	18. 0	29. 5
20	0. 43	3. 0	56	18. 6	43. 3
30	0. 44	3. 0	56	35. 6	80. 9

2. 2 γ -PGA对种子出苗率的影响

(1) 直接拌土试验的结果(表 3)

表 3 是在模拟不同降水量的盆栽试验条件下, 以 γ -PGA 材料 1 g 拌土 100 g 面施 500 cm² 土面时 4 种植物出苗率的测定结果。表 3 的结果表明, γ -PGA 拌土面施对提高不同粒型种子的出苗率和长势(苗高) 都有比较明显的效果。其中小麦和玉米等出土能力较强的单子叶植物在低降水条件下的效果最为明显, 如小麦在 5 mm 降水量模拟条件下, 拌土面施 γ -PGA 的出苗率要比对照高出约 14 倍, 苗高约 1 倍; 玉米的出苗率高 43 %, 苗高增加 24 %。双子叶植物和小粒种子的效果相对较低。

表 3 γ -PGA 直接拌种对 4 种植物的出苗率和苗高的影响

Table 3 Effects of seed dressing with γ -PGA on the rate of emergence and seedling height of 4 sorts of plants

模拟降水 量/ mm	γ -PGA 处理	玉米		大豆		小麦		三叶草	
		出苗率/ %	苗高/ cm	出苗率/ %	苗高/ cm	出苗率/ %	苗高/ cm	出苗率/ %	苗高/ cm
30	拌土面施	94. 0	7. 2	58. 0	4. 9	94. 0	6. 8	52. 4	5. 2
	CK	88. 0	7. 0	40. 0	5. 1	89. 0	4. 2	49. 2	3. 6
15	拌土面施	88. 0	6. 8	54. 0	5. 0	90. 0	6. 9	43. 8	4. 2
	CK	64. 0	6. 8	32. 0	4. 7	89. 0	4. 1	38. 4	4. 0
5	拌土面施	86. 0	6. 7	0. 0	—	57. 0	6. 5	0. 0	—
	CK	60. 0	5. 4	0. 0	—	4. 0	3. 0	0. 0	—

(2) PEG 试剂模拟试验的结果

PEG 试剂(聚乙二醇)的分子量为 6000, 是一种不能被植物根系吸收的大分子试剂, 其化学性能稳定。由 PEG 配制的不同浓度的溶液可以模拟土壤持水力的大小, 是植物生理学研究 中经常用来测定植物根系吸力的一种方法。本试验设置了 0, 1/ 12, 1/ 6, 1/ 3, 2/ 3, 3/ 3 等 6 个

PEG 浓度等级, γ -PGA 设置了拌种和不拌种(CK)两种处理, 在 20 ℃ 的恒温恒湿箱内的发芽试验结果如表 4 所示。表 4 的结果表明, 除玉米外, 小麦和黑麦草在 PEG/6 浓度下, 用 γ -PGA 拌种的植物出苗率已明显高于对照, 在 PEG/3 浓度时, 小麦的出苗率是对照的 2.91 倍, 黑麦草是对照的 8.0 倍, 在 2/3 浓度下, 对照处理的三种植物因已无法从溶液中吸收水分而不能发芽, 而用 γ -PGA 拌种的小麦和黑麦草种子仍具有一定的吸水力, 分别有 9 % 和 7 % 的发芽率。说明 γ -PGA 在土壤中的吸水、保水力是显著的。玉米的 γ -PGA 拌种效果不明显的原因是由于种子不易粘着 γ -PGA 粉末造成的, 可见 γ -PGA 粉末的种子包衣技术也是需要进一步研究的课题。

表 4 不同 PEG 试剂浓度下 γ -PGA 拌种的种子出苗率
Table 4 Rates of emergence for seed dressing with γ -PGA at different concentrations of PEG

PGA 浓度	种子出苗率/ %					
	小麦		玉米		黑麦草	
	拌种	CK	拌种	CK	拌种	CK
蒸馏水	88.89	91.11	84.44	82.22	75.56	73.33
PEG/12	68.89	73.33	77.78	86.67	77.78	66.67
PEG/6	68.89	57.78	60.00	66.67	46.67	17.78
PEG/3	51.78	17.78	24.44	24.44	17.78	2.22
2PEG/3	9.00	0.00	0.00	0.00	7.00	0.00
PEG 原液	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

(3) γ -PGA 水浸液的保水和释放效果试验结果

为试验 γ -PGA 吸收水分后的保水和释放能力, 进行了在干土中直接施用 γ -PGA 水浸液的小麦根箱试验, 施用量分别为 150 ml、300 ml 和 500 ml, 相当于 5 mm、10 mm 和 16.5 mm 降水量, 采用根箱试验的目的是为了观测小麦根系的生长情况, 试验结果如表 5。结果表明, 施用相当于 5 mm 日降水量的水浸液的小麦出苗率为 80 %, 比浇相当于 8.3 mm 降水量的小麦出苗率提高 45.5 %; 由于出苗提前, 苗高增加 55.7 %; 根系的最大深度也加深 15.6 %。随着 γ -PGA 水浸液用量的增加, 出苗率、苗高、根系最大深度和根数进一步提高。这一结果证明, γ -PGA 水浸液具有较强的保水能力, 在土壤中能缓慢释放, 提高土壤水分的有效性。

表 5 γ -PGA 水浸液的小麦根箱试验结果
Table 5 Effects of γ -PGA water solution on the emergence rate and seeding height of wheat in a root-box

处理	相当于降水量/mm	出苗率/ %	苗高/cm	根系生长状况	
				最大深度/cm	根数/ 条
水浸液 150 ml	5.0	80.0	9.5	18.5	8
水浸液 300 ml	10.0	82.0	11.4	20.0	10
水浸液 500 ml	16.5	91.0	12.0	24.3	14
浇水 250 ml	8.3	55.0	6.1	16.0	8

2.3 γ -PGA 水浸液的切花保鲜试验结果(表 6)

进行切花保鲜试验时, 将市售的 7 种鲜花混合置于盛有 20 ml γ -PGA 水浸液塑料袋中, 扎

紧袋口, 对照切花在水中浸 30 min 后置于扎紧的塑料袋中。隔日观测花、叶、茎的状态, 试验期间的日平均气温为 27.8 。试验结果表明, γ -PGA 水浸液的切花保鲜效果是明显的。

表 6 γ -PGA 水浸液的切花保鲜试验

Table 6 Experiments of the cutting flower antistaling ability of γ -PGA

花卉名称	处理 2 d	对照	处理 4 d	对照	处理 6 d	对照
非洲菊	鲜艳正常	茎折	基本正常	花瓣萎蔫	略显萎蔫	花严重萎蔫
玫瑰	鲜艳正常	花下垂	基本正常	茎折	略显萎蔫	完全萎蔫
唐菖蒲	鲜艳正常	花凋谢	基本正常	花全凋谢	略显萎蔫	花凋谢茎干枯
菊花	鲜艳正常	花瓣微垂	基本正常	花瓣萎蔫	略显萎蔫	花全萎蔫
康乃馨	鲜艳正常	花色变深	基本正常	花瓣部分萎蔫	略显萎蔫	花全萎蔫
香雪兰	鲜艳正常	下部花萎蔫	基本正常	花全凋谢	略显萎蔫	花干枯
紫罗兰	鲜艳正常	叶萎蔫	基本正常	叶下垂花开始凋谢	略显萎蔫	花凋谢

3 结论与讨论

- (1) γ -PGA 的平均最大吸水率为 1 108.4 倍, 是市售聚丙烯酸吸水树酯的 2.65 倍。两种材料的吸水速度基本相似。
- (2) γ -PGA 在土壤中的吸水率有随土壤水分含量增加而提高的趋势, 在土壤中的实际吸水力可能在 100 倍以内, 这是由于土壤颗粒对土壤水分的吸附力造成的。
- (3) 采用拌土面施和设置 6 个 PEG 试剂浓度等级的吸水力模拟试验证明, γ -PGA 能显著提高不同类型种子的出苗率, 且随土壤湿度降低、PEG 试剂浓度升高, 提高出苗率的效果更好。
- (4) 在干土中直接施用 γ -PGA 水浸液的小麦根箱试验证明, γ -PGA 水浸液具有较强的保水能力, 在土壤中能缓慢释放, 能有效提高土壤水分的有效性。
- (5) γ -PGA 水浸液的切花保鲜效果是明显的。
- 深入研究材料保水力、土壤持水力和植物吸水力三者之间的关系, 建立保水力- 土壤持水力- 植物吸水力的数量变化和平衡模型应该是进一步发掘 γ -PGA 材料在农业上应用的一项重要的基础研究。此外, 本文的研究缺少聚丙烯酸吸水树酯的对照研究和必要的重复, 应在今后的研究中加以改进。

参考文献:

[1] 张立峰, 魏义章. 干旱缺水地区农业发展策略—高寒半干旱区农牧业持续发展理论与实践[M]. 北京: 气象出版社, 2001: 6.

[2] 李景生, 黄韵珠. 土壤保水剂的吸水保水性能动态研究[J]. 中国沙漠, 1996, 12(1): 86-91.

[3] 李晋军, 崔凤萍. BP 抗旱保水剂的玉米盆栽试验初报[J]. 山西水土保持科技, 1999, 12(4): 11-13.

[4] 赵广才, 刘利华. 不同墒情下保水剂对小麦玉米出苗及幼苗的影响[J]. 北京农业科学, 1994, 12(1): 25-27.

[5] 陈 岩, 张希财. 保水剂伴种对玉米苗期性状态的影响[J]. 辽宁农业科学, 1994, 000(004): 56-56; 40.

Research on the Agricultural Application of a New Type of Water-Absorption Material γ -PGA

ZHANG Xin-ming¹, YAO Ke-min², XU Hong¹

(1. College of Life and Pharmacy, Nanjing University of Technology, Nanjing 210009, China;

2. Department of Applied Meteorology, NIM, Nanjing 210044, China)

Abstract: The agricultural application perspect of γ -PGA (γ -polyglutamate), which was new-ly developed by the college of life science and pharmacy of Nanjing university of technology, is studied in this paper. The results show that the water absorption of γ -PGA is as higher as 1 108.4 times, which is 2.85 times that of the polyacrylic acid sold in the market. The water absorption of γ -PGA in soil is 30~80 times. The water solution of γ -PGA has better mois-ture-holding and releasing abilities, and is more effective in fighting a drought and keeping a full stand of seedlings. The seeding experiment was carried out under the condition of differ-ent GEP concentrations, the results show that the abilities of the water-absorbing and hold-ing of γ -PGA are quite well and the seed dressing with γ -PGA is helpful to increase the ger-mination percentage of wheat and corn. Mixing γ -PGA with seeds and using water saturated γ -PGA as antistaling material, will increase the germination percentage of the seeds and pro-longe the freshness-keeping period of cutting flower. The research of the water balance model among plant, soil and γ -PGA should be carried out for the further application of γ -PGA in the field of agriculture.

Key words: γ -polyglutamate (γ -PGA); agricultural application; water absorption; seeding ra-tio; cutting flower antistaling