

文章编号: 1001-1498(2002)04-0479-05

荒漠化治理中应用的有机高分子材料

李建法, 宋湛谦

(中国林业科学研究院林产化学工业研究所, 江苏 南京 210042)

摘要: 本文介绍了用于荒漠化治理的主要有机高分子材料品种, 讨论了它们在稳定沙土和吸水保水等方面的应用可能及问题, 提出了新型沙土改良材料的研究开发方向。

关键词: 高分子材料; 荒漠化治理; 沙土稳定材料; 吸水保水材料

中图分类号: S728.4

文献标识码: A

中国是世界上荒漠化最严重的国家之一, 荒漠化土地分布广、危害严重, 荒漠化土地类型复杂多样, 其中大部分为风蚀荒漠化土地和水蚀荒漠化土地。荒漠化治理的根本途径是实施生态环境建设, 即通过人工造林、封沙育林育草、飞播造林种草、退耕还林还草等绿色工程再造秀美山川。物理或机械防治技术如高大沙堤加机械阻沙技术、草方格沙障固沙技术等在我国西部交通工程建设与维护中起到了重要作用。而作为防治治沙另一重要手段的化学防治技术在我国却未得到很好的发展^[1]。

化学防治技术是指在荒漠化土地表层施用有机或无机化学材料, 以提高沙土的稳定性和保水性, 或对盐碱化土地进行脱盐处理, 从而达到改良和治理荒漠化土地的目的。化学防治技术的优点是施工简便、成本低、见效快^[2], 可迅速改良荒漠化土地, 为植物生长创造良好的水土条件, 提高生态环境工程建设的质量和效率。

有机高分子材料所特有的结构与性能使它成为荒漠化治理的首选化学材料。某些线形高分子可通过物理或化学作用结合在沙土颗粒上, 使微细沙土颗粒通过这些大分子链相互连结起来, 提高了对风蚀水蚀的抵抗力, 这些材料可以称之为沙土稳定材料; 某些交联的高分子电解质具有很强的吸水保水能力, 施用在干旱的荒漠化地区可提高土壤的保水能力, 促进植物生长, 这类材料可称为吸水保水材料。

1 沙土稳定材料

1950年前后, 美国首先开发了商品名为 Kriium 的合成类有机高分子土壤改良剂, 该产品对改良半干旱区土壤结构、提高其抗侵蚀能力具有明显的效果, 但由于施用困难、价格高昂等原因, 未能推广应用^[3]。而在前苏联地区对沥青乳液、脲醛树脂、木素磺酸盐等低成本沙土稳定材料的研究应用却不断取得成果, 并在道路、机场等工程方面进行了应用。20世纪80年代后, 聚丙烯酰胺产品的成功开发使高效土壤改良剂的研究应用在美国再度引起重视, 研究表明

收稿日期: 2001-08-10

基金项目: 国家高技术研究发展计划(863计划)经费资助(2001AA242043)

作者简介: 李建法(1968-), 男, 山东苍山人, 助理研究员, 博士生。

这些土壤改良剂不仅可以改善土壤结构,而且可以促进农作物的发芽和生长^[4]。同期日本、埃及、印度等国也开始从事高分子沙土稳定材料的制备与应用方面的研究。进入 20 世纪 90 年代后,在聚氨酯等新型高分子土壤稳定剂方面也不断有专利报道。

我国自 20 世纪 80 年代起开展了化学固沙的研究工作,采用的固沙材料有乳化沥青、酚醛树脂、聚丙烯酰胺、丁苯胶乳等,而在产品制备方面直到 20 世纪 90 年代才有报道。由于化学固沙不能提供防护高度、无法防止过境流沙,并且单纯的化学固沙也无法根治土地沙化,因此在我国一直未能大面积推广应用。

下面对一些常用的沙土稳定材料简介如下:

1.1 沥青乳液

沥青乳液主要用于道路工程,按照乳化时所用的乳化剂的种类不同可分为阳离子型、阴离子型和非离子型等 3 类^[5]。利用沥青与沙土颗粒的粘附作用,可提高沙土的抗压强度,起到稳定沙土的作用。沥青乳液的主要优点在于成本低,但作为沙土稳定剂有许多缺点,首先,沥青稳定沙土的效率较低,为得到良好的抗风蚀效果,对于 50% 阴离子型沥青乳液,每公顷需用量 1 000—3 000 L^[6];沥青本身是憎水性的,大量施用会导致土壤渗水能力下降,水流失增多,不利于植物生长^[7]。

1.2 脲醛树脂

脲醛树脂是一种成本低廉的木材工业用胶粘剂。脲醛胶粘剂本身粘度较大、施工困难,因此并不是实用的沙土稳定材料。通常是先制备粘度较低的脲醛预缩合物,然后在施用前与含固化剂的组分掺混在一起施工^[8]。因沙土稳定的目的不同,所施用的脲醛树脂量也不同,筑路等工程要求较强的耐压强度,用量一般在 7%—10%^[9],如果单纯为了抵御风蚀,用量可以低得多。脲醛树脂作为沙土稳定剂的主要问题一是常用的固化剂固化速度太快,一般在几分钟到几十分钟内即完全固化,造成施工上的麻烦,采用缓释型固化剂可以防止这种情况发生^[10];二是游离甲醛对施工人员不利,采用糠醛改性可以降低甲醛用量^[11]。

1.3 聚丙烯酰胺

聚丙烯酰胺可以提高土壤的聚集度和渗水性,防止水土流失,在美国西部,应用聚丙烯酰胺作为土壤改良剂已推广到 20 万 hm^2 ,从这点上讲,对治理我国黄土高原严重的水土流失是非常有借鉴意义的。作为沙土稳定剂的聚丙烯酰胺与作为可耕地土壤改良剂的聚丙烯酰胺在性质要求上有所不同,首先它要有足够的分子量以便在相邻沙土颗粒间形成桥联,但分子量过大则难以渗透到沙土内部,并且太大的分子量导致水溶性降低,造成施工不便。研究表明合适的分子量应该在 100 万左右,用量 0.2% 可以有效地控制沙土的风蚀和水蚀^[13]。因此与沥青乳液和脲醛树脂相比,聚丙烯酰胺是一种高效的土壤稳定剂,影响其应用的主要问题是价格太高。

1.4 木素磺酸盐

木素磺酸盐是造纸工业的副产品,因其来源于可再生资源而且价格低廉,在沙土稳定中得到一定的应用。单独的木素磺酸盐对沙土稳定的能力有限,要得到理想的抗风蚀效果,每公顷用量通常在 500—2 000 kg ^[14]。如果与丙烯酸或丙烯酰胺接枝共聚,可以显著提高它的效能^[15],但同时也导致成本升高。

1.5 其他高分子沙土稳定材料

基于聚丙烯酰胺在沙土稳定方面取得的成功,人们设想利用分子设计的原理以丙烯酸与其酯类共聚,制备的高分子共聚物也有很高的效能^[16]。聚乙烯醇高分子链上有大量的羟基,可用做一种高效的土壤稳定剂,并且其生物降解性良好^[17]。羧甲基淀粉、羧甲基纤维素、淀粉或纤维素接枝共聚物等天然高分子改性产品也曾被研究作为土壤稳定剂应用^[18-20],主要问题是生物降解速度较快,难以起到长期稳定土壤的效果,但因成本较低、在短期应用譬如草木幼苗期固定沙土方面仍值得研究。采用造纸黑液木素对酚醛树脂进行改性也可以制备固沙剂^[21],这些天然高分子降解后可以提供荒漠化土地紧缺的有机质,为植物生长创造良好的环境。

综上所述,沙土稳定材料根据效能可以分为高效沙土稳定剂如聚丙烯酰胺、聚乙烯醇等,但它们的价格也很高;另一类低成本的沙土稳定剂如脲醛树脂、木质素磺酸盐等效能也较低,因此如何降低高效沙土稳定剂的生产成本、或者利用低成本的原料制备高效沙土稳定剂将是以后制备研究的重要方向。根据沙土稳定材料的用途,它们既可以用于工程固沙如道路、机场建设,也可以用于沙土改良,国内现有的应用研究通常局限于单纯的化学固沙,因上文提到的原因而难以大面积推广应用。因此在开发成本低、效能高的沙土稳定材料的同时,应大力研制兼具稳定沙土和缓释肥料作用的新型沙土改良材料,并研究这些材料对沙土结构和肥力的影响,将化学治沙与生物治沙即植树种草有机地结合起来,对提高生态环境工程建设的质量和效率是非常必要的。本文中提出沙土稳定材料这个名词,也是考虑到它在沙土改良方面的应用前景,以便与单纯的化学固沙剂区别开来。

理想的沙土稳定材料应该具有以下特点:(1)良好的沙土稳定效能和适当的耐侯性;(2)环境友善性和适当的可降解性;(3)经济性,应用成本较低;(4)便于施用。

2 吸水保水材料

随着我国西部地区大开发战略的实施,面对西部地区水资源匮乏的现实,吸水保水材料被认为是干旱地区发展节水农业和治沙造林的理想材料,它们可以提高土壤保水能力,促进植物生长^[22]。在美国、澳大利亚、以色列等国家,吸水保水材料已在旱区沙区造林中大规模推广应用,在我国,由于国家林业主管部门的高度重视和积极引导,基于它们在生态环境建设和荒漠化治理中的前景,其研究制备、产业化开发以及推广应用已经形成一个热点。

高分子吸水保水材料又被称为高吸水剂或超级吸水剂,它是一类具有一定交联结构的高分子电解质,在水中电离形成的离子相互排斥促使聚合物溶胀,同时由于内外离子浓度差异而产生渗透压,使水大量进入树脂内部;而聚合物的交联结构将限制其溶胀,使吸水后的聚合物有一定的机械强度。因此高分子吸水保水材料在保持其物理形态的前提下,可以吸收并保有百倍乃至数千倍的水^[23]。

根据所用原料的不同,高分子吸水保水材料可分为合成系、淀粉系和纤维素系。

2.1 合成系吸水保水材料

合成类吸水保水材料主要包括聚丙烯酸盐、聚丙烯酰胺以及它们的共聚物,此外还包括聚乙烯醇等。当前的主流产品是丙烯酸盐聚合物,应用领域主要限于个人卫生用品中。虽然有在农林业方面的应用研究报道,但它们在生态环境建设中的应用受以下几个方面限制:(1)

价格高昂,国内市场价格在 2 万元以上;(2)其吸水与保水能力虽然优异,但对植物的供水能力即释放水能力尚待深入研究;(3)土壤微生物难以降解这类聚丙烯酸盐保水材料^[24],即如果大面积推广应用,它对生态环境的长期影响还需要进行认真的评估。

2.2 淀粉系吸水保水材料

与合成类吸水保水材料相比,淀粉与纤维素系吸水保水材料更适合用于荒漠化治理,这些天然高分子改性产物中包含的多糖类高分子链赋予它们适当的生物降解性能,并且在生物降解的同时完成对其保有水的释放,即提供了对植物的供水能力。所谓的“干水”或“固体水”就是吸水后的这类高分子凝胶。

淀粉系吸水保水材料主要是通过接枝聚合方法制备,可以是接枝丙烯腈后水解,也可以直接接枝丙烯酸或丙烯酰胺,为提高其耐盐性,也有采用二元接枝共聚的研究报道^[25]。目前国内对淀粉系高吸水树脂的研究很多,当前的主要任务应该是产业化开发,同时探索如何降低成本或提高耐盐性和提高它们对天然水的吸收能力。

2.3 纤维素系吸水保水材料

纤维素系吸水保水材料也可以通过接枝丙烯酸类制备,但因纤维素分子量大、结晶度高,接枝共聚的反应能力较淀粉差,相应的产品的吸水保水能力也略逊于淀粉类接枝产物^[26]。但纤维素原料来源广泛,而且利用其它化学改性方法制备吸水保水材料的研究也有报道,例如羧甲基纤维素经交联和适当后处理,产品的吸水能力可以达到近千倍^[27],因此尽量利用低成本的纤维素原料,简化制备工艺,研制成本较低的纤维素系吸水保水材料仍有许多工作可做。

除了上述两大类荒漠化治理用高分子材料外,某些高分子电解质如醋酸乙烯-马来酸共聚物、阴离子型聚丙烯酰胺等有助于脱除盐碱化土地中的盐分和钠离子,还可用于改良盐碱化土地^[28]。

据统计,我国受荒漠化影响的土地面积已占国土面积的 1/3,而且还有逐年扩展的趋势;而由荒漠化直接导致的沙尘暴在我国活动逐年频繁,直接危及长江以北的生态环境质量,因此开发成本低效能高的荒漠化治理用高分子材料是一项非常迫切的任务。如何利用可再生的天然高分子原料制备高效能的荒漠化治理材料是一项非常有意义的工作。同时,加强这些高分子材料在荒漠化治理中的应用研究对于西部生态环境建设也是非常重要的。

参考文献:

- [1] 杨连清,江泽平. 中国沙漠化防治的理论与技术[J]. 世界林业研究, 2001, 14(2): 42-48
- [2] 龚福华,何兴东,彭小玉,等. 塔里木沙漠公路不同固沙体系的性能与成本比较[J]. 中国沙漠, 2001, 21(1): 45-49
- [3] Wallace G, Wallace A. Control of soil erosion by polymeric soil conditioners[J]. Soil Science, 1986, 141(5): 363-367
- [4] Wallace A, Wallace G. Effects of soil conditioners on emergence and growth of tomato, cotton and lettuce seedlings[J]. Soil Science, 1986, 141(5): 313-316
- [5] 刘程,张万福,陈长明. 表明活性剂应用手册[M]. 北京:化学工业出版社, 1995. 772
- [6] Neururer H, Genead A, Steinmayr W. Potentiality for soil erosion control and improving plant production in arid zones. First communication: laboratory and electron microscopic investigations of soil stabilizers and evaporation inhibitors[J]. Bodenkultur, 1991, 42(2): 101-102
- [7] Halalih S, Hovakeman G. Development of novel polymeric soil stabilizers[J]. Ind Eng Chem Res, 1989, 28(3): 806-810
- [8] Sakata T, Nakabayashi M, Yoshinari H. Plastic material for stabilizing soils[P]. US3 495 412, 1970
- [9] Ajarwal K B, Ram B S. Sand stabilization by of UF resin binder[J]. Trans Indian Soc Desert Technol Univ Cent Desert Stud, 1981,

6(2) : 61 65

- [10] Gnatowshi M. Aging of UF resins used for soil stabilization[J]. *Polimery (Warsaw)*, 1980, 25(11) : 404 407
- [11] Kozin V M, Gaivornskaya N I, Chumachenko S M, et al. Polymeric soil amendments[P]. USSR222 966, 1968
- [12] Sojka R E, Lentz R D, Westermann D T. Water and erosion management with multiple applications of polyacrylamide in furrow irrigation[J]. *Soil Sci Soc Am J*, 1998, 62:1672 1678
- [13] El-Hady O A, El-Hady B M. The interaction between polyacrylamide as a conditioner for sandy soils and some plant nutrients. I. Effect on the mechanical strength and the stability of soil structure[J]. *Egypt J Soil Sci*, 1989, 29(1) : 51 65
- [14] Romanov I A. Effectiveness of latex and KBZh for the protection of chernozems and sands from wind erosion[J]. *Nauchno-Tekh Byull Agron Fiz*, 1983, 53 : 3 7
- [15] Zaslavsky D, Rozenberg L V. Stabilization of soil aggregates[P]. US4303438, 1981
- [16] Chikyama F. Soil conditioners containing water soluble copolymers, and soil reclamation, erosion prevention, and greening using the conditioners[P]. JP 129259, 2000
- [17] El-Asswad R M, Goenevelt P H, Nickling W G. Effects of polyvinyl alcohol on the threshold shear velocity and soil loss due to wind [J]. *Soil Sci*, 1985, 141(2) : 178 184
- [18] Weaver M O, Otey F H, Doane W M. Effect of some anionic starches on the stability of soil particles in water[J]. *Starch*, 1984, 36(2) : 56 60
- [19] Auerbach M H, Borden G W. Stabilization agents for protection of beaches and sand dunes against erosion[P]. EP267034, 1988
- [20] Azzam R, Elhady O A. Sand-RAPG combination simulating fertile clayey soil. Structure stability and maintenance[C]. *Isot Radiat Tech Soil Phys Irrig Stud, Proc Int Symp*, 1983, 301 : 330 335
- [21] 吴玉英, 张力平. 流沙和半流沙区化学法固沙的研究() : 固沙剂的合成及固沙效果[J]. *北京林业大学学报*, 1998, 20(5) : 41 46
- [22] 张林栋, 李佐邦, 任志宽. 高吸水性树脂在农业中的应用试验[J]. *精细化工*, 1995, 12(2) : 64 66
- [23] 邝生鲁. 现代精细化工 - 高新技术与产品合成工艺[M]. 北京 : 科学技术文献出版社, 1997. 178
- [24] Stahl J D, Cameron M D, Haselbach J, et al. Biodegradation of superabsorbent polymers in soil[J]. *Environ Sci Pollut Res Int*, 2000, 7(2) : 83 88
- [25] Athawale V D, Lete V. Factors influencing absorbent properties of saponified starch-g (acrylic acid-co-acrylamide) [J]. *J Appl Polym Sci*, 2000, 77 : 2490 2485
- [26] 李建法, 宋湛谦. 纤维素系高吸水材料研究进展[J]. *林产化学与工业*, 2002, 22(1) : 17 20
- [27] 小村晃雅, 明石量磁郎. 生物降解性高吸水材料及其制备方法[P]. JP10-204101, 1998
- [28] Wallace A, Wallace G, Abouzamam A M. Amelioration of sodic soils with polymers[J]. *Soil Science*, 1986, 141(5) : 359 362

Organic Polymer Materials Applied in Desertification Control

LI Jian-fa, SONG Zhan-qian

(Institute of Chemical Processing and Utilization of Forest Products, CAF, Nanjing 210042, Jiangsu, China)

Abstract : The major polymer materials used in desertification control are introduced, and feasibilities and problems regarding their application in stabilizing sandy soils and absorbing and holding water are discussed. The directions of developing new sandy-soil amendment materials are put forward.

Key words : polymer materials; desertification control; sandy-soil stabilizing materials; water absorbing & holding materials