

## 新型 YDL-固沙胶的固沙性能及固沙效果试验研究

张 华<sup>1</sup>, 田 佳<sup>1</sup>, 张文奎<sup>2</sup>

(1. 北京林业大学 水土保持学院 水土保持与荒漠化防治教育部重点实验室, 北京 100083; 2. 北京三北奇林生态科学研究院, 北京, 100083)

**摘 要:**以新型高分子材料 YDL-固沙胶为研究对象, 对其可喷洒到沙面上时所形成的固结层的抗压强度、抗风蚀能力、耐水性、保水性以及对植物生长发育的影响作用等进行了试验研究, 证实了该高性能固沙胶固沙的可行性, 当固沙胶采用双遍喷洒、且用量为 40~60 g/m<sup>2</sup> 较为适宜, 形成的固结层厚度适当, 促进了种子的发芽与生长。

**关键词:**固沙胶; 双遍喷洒; 土壤硬度; 抗风蚀能力; 耐水性

**中图分类号:** S157; S156.2

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1005-3409(2008)02-0049-05

## Sanding-fixing Properties and Effects of the New-type YDL-Polymer Stabilizers

ZHANG Hua<sup>1</sup>, TIAN Jia<sup>1</sup>, ZHANG Wen-kui<sup>2</sup>

(1. Key Laboratory of Soil and Water Conservation and Desertification Combating of Ministry of Education, College of Soil and Water Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China; 2. The Ecological Science Institute of Sanbeiqilin in Beijing, Beijing 100083, China)

**Abstract:** Using the new high polymer material YDL as the object of study, the compressive strength, the ability of anti-wind erosion, the water resistance, the water retention property as well as the effect of the plant growth's influence function are studied. It confirmed the feasibility of the high-performance polymer stabilizers to fix the sand. It is suitable for the polymer stabilizers YDL are sprayed in two times and the amount used 40~60 g/m<sup>2</sup>. Meanwhile, the formed thickness of consolidated layers is well, which promotes seed's germination and growth.

**Key words:** the polymer stabilizer; spray in two times; soil hardness; the ability of anti-wind erosion; water resistance

化学固沙就是在风沙环境下, 利用化学材料与工艺, 对易发生沙害的沙丘或在流沙表面建造一层具有一定结构和强度、能够防止风力吹蚀又可以保持下层水分和改良沙地性质的固结层, 以达到控制流沙和改善环境的目的<sup>[1]</sup>。近年来, 随着我国生态环境日益恶化, 尤其是沙漠地区的生态环境受到威胁, 为此我国也采用了一系列化学固沙的方法, 取得了显著成效。本文就 YDL-固沙胶的固沙性能及其与植物固沙措施相结合的可能性进行了研究, 分析该固沙胶的固沙性能和固沙效果, 从而为化学固沙提供理论依据。

### 1 试验材料与分组

#### 1.1 试验材料

固沙胶是北京裕德隆科技发展有限公司最新研制的一种水性乳液, 它没有毒性, 不燃, 属非危险品, 其成膜物可在自然条件下降解, 是一种新型环保产品, 该产品失水后成膜, 具有良好的弹性、透气性、抗碾压性及耐水性。该产品具有较强的粘结性和良好的液体阻隔性及抑制蒸发功能。固沙胶分为高中低浓度 3 个等级, 试验采用中浓度 YDL-固沙胶, 沙子采用北京市永定河河沙, 选取的草种植物为草木樨。试验在室内模拟河沙地区自然环境。

#### 1.2 试验分组

将 YDL-固沙胶按不同用量、不同稀释倍数和不同喷洒次数进行分组, 共分 6 组, 如表 1 所示。

表 1 不同处理下的固沙胶分组

试样编号	用量/ (g · m <sup>-2</sup> )	稀释倍数	喷洒次数
1	20	20	1
2	40	20	1
3	60	20	1
4	20	先稀释 40 倍后稀释 20 倍	2
5	40	先稀释 40 倍后稀释 20 倍	2
6	60	先稀释 40 倍后稀释 20 倍	2

注: 2 次喷洒是指第一次喷洒时的用量占原液总用量的 1/3, 稀释 40 倍, 第二次喷洒时的用量占原液总用量的 2/3, 稀释 20 倍。

#### 1.3 试验试样的制备及养护

试样采用矩形盒规格为 0.31 m × 0.23 m, S = 0.07 m<sup>2</sup>, 0.21 m × 0.14 m, S = 0.03 m<sup>2</sup> 和圆形盘 (D = 0.204 m, S = 0.03 m<sup>2</sup>, h = 0.02 m) 3 种试验容器, 内装厚度 0.02 m 的沙, 采用小型喷雾器将配好的溶液均匀喷洒到沙面上, 在室内放置 3 d, 使各试样自然风干, 将固结层表面充分固化, 从而达到养护目的。

2 试验方法与结果分析

2.1 抗压强度的测定

采用山中式土壤硬度计测定,试样面积 0.07 m<sup>2</sup>,沙厚度 0.02 m,用无处理的试样作为对照。所测定的指标为硬度指数( $x$ )和支持强度( $p$ )。土壤硬度是土壤物理性状的一个综合指标,是土壤颗粒度、结构、孔隙度、有机质含量、土壤水分含量和团粒结构等的综合体现。当土壤中砂砾含量越多、结构越紧密、孔隙度越小、有机质含量越少、水分含量也越少时,土壤硬度越大<sup>[2]</sup>。能够使植物根系伸长的土壤硬度是有界限的,一般以用山中式土壤硬度计测定的硬度为标准,依据当今在水田作业中引入机械的实地试验,指针 10~11 mm 为界限支持力,15 mm 为完全安全的支持力,在土壤调查中 28~29 mm 以上的土层被定为硬盘层。一般土壤硬度当砂质土在 25 mm 以上时,植物的根的伸长就有困难<sup>[3]</sup>。试验结果如表 2 所示。

表 2 不同处理下的固沙胶的支持强度

项目	对照	1	2	3	4	5	6
用量/(g·m <sup>-2</sup> )	0	20	40	60	20	40	60
固结层平均厚度/mm	—	0.73	0.76	0.86	0.60	0.88	0.93
平均硬度指数/mm	0	1.0	2.3	10.0	1.0	1.33	5.0
平均支持强度/(kg·cm <sup>-2</sup> )	0	0.1	0.23	1.4	0.1	0.13	0.5

由表 2 可以看出,6# 试样所形成的固结层最厚,5# 试样次之;且 5# 试样的固结层厚度大于 2# 试样的厚度,4# 试样最薄。这是由于喷洒固沙胶的多少和喷洒方式不同造成的;当固沙胶的用量相同时,采用双遍喷洒可以增加固结层的厚度。

同时由表 2 也可以看出,各试样的平均硬度指数均代表

了它们的平均支持强度,3# 试样最高,其次是 6# 试样,1#、4# 试样最低,这是由于固沙胶用量越大,固结层的土壤硬度也就越大;同时,3# 试样的平均硬度指数又明显高于 6# 试样,这是由于采用单遍喷洒时较为集中,可以使固结层在短时间内完全固化,而不是向下渗透,从而增加了固结层的土壤硬度。这说明当固沙胶的用量相同时,采用单遍喷洒可以增加固结层的土壤硬度。

平均硬度指数直接体现固结层对植物生长发育的影响情况,当平均硬度指数大于 10 mm 时,植物生长良好,所以 3# 试样最有利于植物的生长发育。

2.2 抗风蚀能力的测定

采用自制式小型简易风洞,用鼓风机代替风源,使沙盘中心与鼓风机出口处中轴线处于同一直线。将固沙试样放置在风洞底架上,测定各试样在坡度为 30°时,经历 5~22.2 m/s 5 种风速的累计 5 h 的净风吹蚀,所受到的不同程度的破坏的试验结果如表 3。

从表 3 中可以看出,引起各试样固结层破坏的最低风速均有所不同,1#,2#,4# 试样都在风力达到 5 级时沙粒开始起动,当风力加大后,1# 试样沙粒出现跃移,其中 4# 试样破坏较明显,即 1#,2#,4# 试样抗风蚀能力均较差。这是由于 3 个试样所形成的固结层厚度较薄,其中采用双遍喷洒形成的 4# 试样,其土壤硬度也最差,所以不容易抵抗风蚀的破坏;5#,6# 试样分别在 8 级和 7 级风力时沙粒开始起动,但随着风力加大,沙粒始终保持蠕移,故风蚀量少;而 3# 试样几乎没有风蚀量产生,这是由于 3#,5#,6# 试样所形成的固结层厚度比较厚,同时增加了其土壤硬度,容易抵抗风蚀的破坏;引起它们风蚀的最低风速大于 16.4 m/s,累计吹蚀 1.5 h 后,固结面仍能保持较为完整的状态。说明随着固沙胶用量的增加,各试样的固结层的抗风蚀能力逐渐增强;当固沙胶的用量相同时,采用单遍喷洒能更好的抵抗风蚀破坏的能力。

表 3 不同处理下的固沙胶在不同风速下固结层表面的破坏程度

风速/ (m·s <sup>-1</sup> )	1	2	3	4	5	6
5 (4 级)	表面完好,无风蚀	表面完好,无风蚀	表面完好,无风蚀	表面完好,无风蚀	表面完好,无风蚀	表面完好,无风蚀
9 (5 级)	表面基本完好,仅边缘处略见沙粒起动	表面基本完好,仅边缘处略见沙粒起动	表面完好,无风蚀	表面基本完好,在裂缝处沙粒开始起动	表面完好,无风蚀	表面完好,无风蚀
16.4 (7 级)	表面基本完好,边缘处沙粒多数为蠕移	表面基本完好,边缘处沙粒多数为蠕移	表面完好,无风蚀	表面大部分被破坏,在裂缝处沙粒部分为跃移	表面基本完好,边缘处略见起动,	表面完好,无风蚀
19.6 (8 级)	表面基本完好,蠕移加强	表面基本完好,蠕移加强	表面完好,无风蚀	表面开始脱落,在裂缝处沙粒跃移加强	表面基本完好,边缘处沙粒多数为蠕移	表面基本完好,在裂缝处沙粒开始起动
22.2 (9 级)	表面一部分被破坏,部分为跃移	表面基本完好,仍为蠕移	表面完好,无风蚀	表面大部分脱落,沙粒大动	表面基本完好,蠕移加强	表面基本完好,在裂缝处沙粒多数为蠕移

2.3 耐水性的测定

用无处理的试样作为对照试验,然后进行模拟降雨喷水<sup>[4]</sup>,采用自制小型降雨器对固化好的试样依次均匀洒水;用肉眼观察各试样的透水性能,水稳定性能和浸水干后强度<sup>[5-6]</sup>,待其水分完全蒸发后再观察,通过电子天平测得其蒸发量,试验结果如表 4。

从表 4 中可以看出,1#,2# 试样遇水后变得松散,水稳

表 4 不同处理下的固沙胶的耐水性

耐水性	对照	1	2	3	4	5	6
透水性	易透水	易透水	易透水	较易透水	较易透水	较易透水	不易透水
水稳定性	易分散	较易分散	较易分散	不易分散,坚硬	较易分散	不易分散,较坚硬	不易分散,坚硬
浸水干后强度	变软,易破坏	变软,较易破坏	变软,较易破坏	坚硬,不易破坏	坚硬,较不易破坏	坚硬,较不易破坏	坚硬,不易破坏

2.4 保水性的测定

在观察耐水性的同时测定各固沙试样的保水性能,室温在 17~25℃ 之间,有日光灯照射,当经过 1.5 h 后开始计时,以后每隔 1,2,3,4 h 时记录试样蒸发掉的水量,用电子天平采用减重法测得,绘出水分蒸发速率曲线,试验结果如表 5 和图 1 所示。

表 5 不同处理下的固沙胶累计 4 h 后的水分蒸发量 g

历时/h	对照	1	2	3	4	5	6
1	2.0	1.8	1.7	1.8	1.7	1.7	1.6
2	3.7	3.5	3.3	3.4	3.3	3.1	3.1
3	5.5	5.1	5.0	5.1	4.9	4.8	4.8
4	7.2	6.6	6.4	6.7	6.4	6.4	6.2

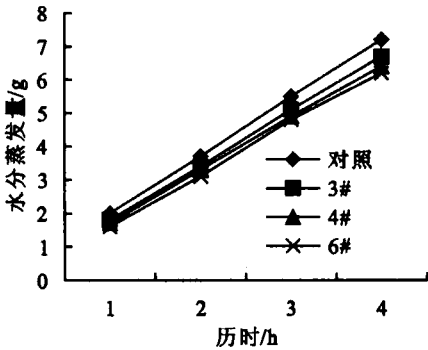


图 1 水分蒸发速率

由于 2#,5# 试样的水分蒸发速度曲线与 4# 试样的水分蒸发速度曲线相近,1# 试样的水分蒸发速度曲线与 3# 试样的水分蒸发速度曲线相近,因此图 1 中只绘出了 3#,4#,6# 试样和对照试样的水分蒸发速度曲线。

从图 1 中可以看出,3#,4#,6# 试样的水分蒸发速度小于对照试验,即各试样固结层与对照的保水性相比,明显优于对照,即都具有一定的保水能力,保水能力依次为:6# > 2#,4#,5# > 1#,3# 试样。这是由于双遍喷洒形成的固结层较厚,所以保水能力较强,此外可以得出,当固沙胶的用量为 40~60 g/m<sup>2</sup>,保水能力最佳。

2.5 固结层对植物生长发育的影响

在固沙试样长 0.31 m,宽 0.23 m,面积 0.07 m<sup>2</sup> 的沙床中,先均匀撒播草木樨种子各 50 粒,覆沙后再用小型喷雾器

定性较差,这是由于 1#,2# 试样所形成的固结层厚度较薄,且土壤硬度较小;3#,5#,6# 试样遇水后不易分散,水稳定性较好,且试样浸水干后均可恢复其坚硬强度,其中 6# 试样的耐水性最好。这是由于 3#,5#,6# 试样所形成的固结层厚度较厚,且土壤硬度较大。这说明适当的固沙胶用量和喷洒方式可以增加固结层的耐水性;当固沙胶的用量相同时,采用双遍喷洒固结层的耐水性能较好。

分别向试样喷洒固沙胶,使所有试样完全固化,用无处理试样作为对照试验。此后每 2 d 浇一次水(每次浇水 100 ml),同时记录植物出苗时间及出苗数目的情况,观察时间为 7 d,室内温度控制在 17~25℃ 之间,试验结果如表 6。

表 6 不同处理下草木樨发芽与生长情况

生长情况	对照	1	2	3	4	5	6
出苗时间	第 5 天	第 4 天	第 4 天	第 4 天	第 4 天	第 4 天	第 4 天
出苗率/%	42	54	60	50	46	60	50
植株长势	正常,生长慢	正常,生长慢	正常,生长慢	正常,生长快	正常,生长慢	正常,生长快	正常,生长快

从表 6 可看出,常见固沙植物草木樨在 6 组固沙试样中均能正常生长发育,1# 至 6# 试样种子的出苗时间与对照种子的出苗时间没有明显的差别;1# 至 6# 试样种子的出苗率均高于对照,说明 1# 至 6# 试样对草木樨的种子萌发具有促进作用,其中 2# 和 5# 试样的出苗率最高,3# 和 6# 试样的出苗率次之;从种子的长势看,3#,5#,6# 试样的种子生长较快,说明固沙胶用量在 40~60 g/m<sup>2</sup> 之间较好,且当固沙胶的用量相同时,采用双遍喷洒时所形成的固结层的厚度适当,不但没有影响种子的萌发与生长,反而促进了种子的生长和发育。

2.6 固沙试样生产成本计算

固沙胶生产成本为 11 000 元/t(不计人工费用),则各试样成本计算如表 7 所示。

表 7 不同处理下固沙试样的生产成本

固沙试样	用量/(g·m <sup>-2</sup> )	生产成本/(元·m <sup>-2</sup> )
1	20	0.22
2	40	0.44
3	60	0.66
4	20	0.22
5	40	0.44
6	60	0.66

由表 7 可以看出,各试样固沙成本均低于 1 元/m<sup>2</sup>,比较经济,适宜在沙漠地区推广使用。

## 2.7 不同处理固沙胶的优化

将不同处理下的6种试样的各种固沙性能和固沙效果结合起来进行综合评价,对比各试样的综合固沙效果,结果如图2所示。

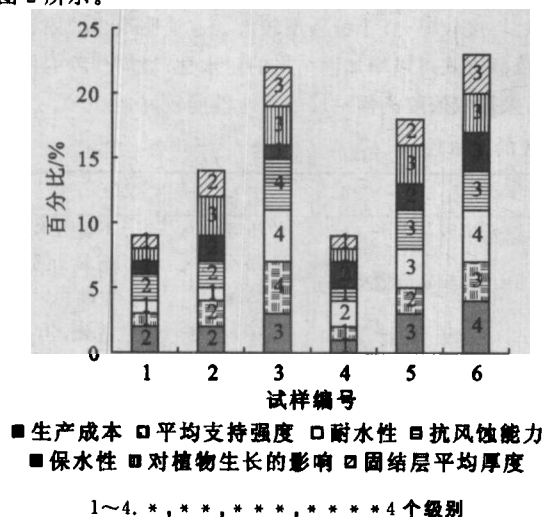


图2 不同处理下的固沙试样综合性能比较

综合考察几项指标,由图2可以看出,6#试样效果最佳,1#试样效果最差,从而优选出以下3个处理:3#,5#和6#试样。由此可知,当固沙剂用量 $40\sim 60\text{ g/m}^2$ 时,且采用双遍喷洒时的固沙效果最佳。

## 3 结论

通过以上的研究与分析可得出以下结论:

(1)使用高分子固沙胶固化河沙可在其表面形成一层坚硬的固化层,具有抗压强度高,抗风蚀能力强,渗透性能好等

特点,并且渗水后强度损失较小,6种试样均能促进植物的生长发育,所以用该种固沙胶进行沙漠表层固化是可行的。

(2)固沙胶的用量、使用方法以及试验结果可作为实际固沙工程需要的依据。当固沙胶用量为 $40\sim 60\text{ g/m}^2$ 时,固沙胶的抗风蚀能力最强,耐水性能最佳,保水性能也最好,且对植物生长发育影响最大;当固沙胶用在风蚀较严重的地区时,适合采用单遍喷洒方式,因为单遍喷洒可以使固结层土壤硬度增大,从而增加固结层抗压强度;当固沙胶用在风蚀不严重的地区,以恢复植被为主时,则可以使用双遍喷洒方式,因为双遍喷洒可以增加固结层厚度,从而增加耐水性和保水性能,为植物生长发育提供有利的生存环境。

(3)随着固沙胶用量的增加,固沙效益也明显增强,成本价格均比较便宜,施工方便,适合在沙漠地区中推广应用。

## 参考文献:

- [1] 丁庆军,许祥俊,陈友治,等.化学固沙材料研究进展[J].武汉理工大学学报,2003,25(5):27-29.
- [2] 杨喜田,董惠英,黄玉,等.黄土地区高速公路边坡稳定性的研究[J].水土保持学报,2000,14(1):77-81.
- [3] [日]安保昭.坡面绿化施工法[M].周庆桐译.北京:人民交通出版社,1988.
- [4] 李臻,王宗玉,胡英娣.新型化学固沙剂的试验研究[J].石油工程建设,1997,23(2):3-6.
- [5] 郭锋.一种适合植物生长的高分子固沙剂[J].水土保持学报,2003,17(4):117-118.
- [6] 徐先英,唐进年,金红喜.3种新型化学固沙剂的固沙效益实验研究[J].水土保持学报,2005,19(3):62-65.

(上接第28页)

由于试验在室内进行,没有考虑外界环境条件(日照、气温、湿度、降雨、风速等)和作物生长状况的影响,因此还需针对不同作物进行大量的田间实验,得到一些具体的技术参数,为地下滴灌系统的合理设计和运行提供理论依据。

## 参考文献:

- [1] 李红,罗金耀.地下滴灌条件下土壤水分研究概况[J].节水灌溉,2005(3):26-28.
- [2] 李道西,罗金耀,彭世彰.地下滴灌土壤水分运动室内研究[J].灌溉排水学报,2004,23(4):26-29.
- [3] 李明思,康绍忠,孙海燕.点源滴灌滴头流量与湿润体的关系研究[J].农业工程学报,2006,22(4):32-35.
- [4] 程先军,许迪.地下滴灌土壤水分运动和溶质运移数学模型及验证[J].农业工程学报,2001,17(6):1-4.
- [5] 孙海燕,李明思,王振华,等.滴灌点源入渗湿润锋影响因素的研究[J].灌溉排水学报,2004,23(3):26-29.

- [6] 李明思,孙海燕,谢云,等.滴头流量对土壤湿润体的影响研究[J].沈阳农业大学学报,2004,35(5/6):420-422.
- [7] 罗锡文,李就好,俞龙.滴灌条件下砖红壤水分入渗特性试验研究[J].华南农业大学学报,2000,21(4):74-77.
- [8] 张振华,蔡焕杰,郭用昌,等.滴灌土壤湿润体影响因素的实验研究[J].农业工程学报,2002,18(2):17-20.
- [9] 汪志荣,王文焰,王全九,等.点源入渗土壤水分运动规律实验研究[J].水利学报,2000(6):9-44.
- [10] 刘晓英,等.滴灌条件下土壤水分运动规律的研究[J].水利学报,1990(1):11-21.
- [11] 胡笑涛,康绍忠,马孝义,等.地下滴灌条件下沙质土壤入渗特性试验研究[J].灌溉排水学报,2004,23(5):75-78.
- [12] 朱德兰,李昭军,王健,等.滴灌条件下土壤水分分布特性研究[J].水土保持研究,2000,7(1):81-84.