

# 应用水解聚丙烯腈改良黄绵土的效果研究

王 哈 生

中国科学院  
(水利部 水土保持研究所·陕西杨陵·712100)

**摘 要** 该文通过采用土壤结构改良剂水解聚丙烯腈处理黄绵土,以探讨幼林地土壤管理的有效措施。试验结果表明:土壤结构改良剂改良黄绵土的效果非常显著。它的使用促进了团粒结构的形成,降低土壤容重,提高土壤渗透性,而且在浓度为0.05%~0.40%的范围内,对黄绵土的改良效果随其浓度的增大而升高。还初步表明:幼林地使用土壤结构改良剂,可提高土壤水分。因此,在劣质立地幼林抚育管理中应用土壤结构改良剂是适宜的。

**关键词** 土壤结构改良剂 黄绵土 渗透性 土壤水分 幼林抚育

## Effects of Amelioration to Huangmian Soil by Hydropolyacrylonitrile

Wang Hansheng

(Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and  
Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi, 712100, PRC)

**Abstract** To take effective measures for management of young growth land, the soil structure improver hydropolyacrylonitrile was used to treat Huangmian soil in the experiment. The results show that the effects are very significant that Huangmian soil is improved by hydropolyacrylonitrile, using of which, the production of waterstable aggregates is advanced, soil density is lowered, and soil permeability raised. Moreover, within the concentration range 0.05%~0.40% of the improver, the improvemental effects to Huangmian soil will strengthened with increasing concentration. Also it is preliminarily indicated that using the improver in young growth land might increase soil moisture. Thus it is advisable that soil structure improvers would be applied to tending of young growth in poor site.

**Keywords:** Hydropolyacrylonitrile; Huangmian soil; Permeability; Soil moisture; tending of young forest

广泛分布于半干旱黄土丘陵区黄绵土是造林的主要立地土壤类型。从成土过程讲,该土壤处于幼年发育阶段,其土壤性质更多地接近黄土母质的性质,粗粉粒含量达40%~60%之多,而粘粒及有机质含量都较少,粘粒量仅10%~30%,有机质不足10g/kg,致使土壤结构不

良,而且水稳性差,遇水易崩解,同时,往往产生“超渗径流”,易引起土壤侵蚀。黄绵土持水能力又弱<sup>[1]</sup>。因而林木从造林之初起就处于不利的土壤环境之中。

林木在幼林阶段,其主要矛盾是与环境,尤其是与土壤环境之间的矛盾。而良好的土壤结构是土壤肥力的基础,它能调节植物生长所需的水分与空气,有利于植物获得高额而稳定的产量。因此,黄绵土结构的改良,对提高土壤肥力,改善土壤水分环境,促进幼林生长有着重要的意义。

宜林地改善黄绵土结构,可以种肥或基肥的方式增施大量有机肥料,以及采用与草田轮作间套相似的林草间作、轮作土地利用方式外,还可采用土壤结构改良剂,以快速形成良好的土壤结构。在苗木培育及作物栽培中,土壤结构改良剂的应用都取得了一定的成效。<sup>[2][3][4]</sup>因此,本文参考有关资料,通过试验探讨幼林地使用土壤结构改良剂的效果,以期探索抗旱造林以及劣质立地幼林抚育土壤管理的有效途径和方法。

## 1 试验处理和分析方法

试验是在位于宁夏南部山区的彭阳县硷沟门村薪炭林试验区中进行。该试区为黄土丘陵地形,土壤为黄绵土,轻、中壤质<sup>[5]</sup>。人工胶结剂即土壤结构改良剂为聚丙烯腈钠盐溶液。试验分两部分:(1)聚丙烯腈钠盐溶液不同浓度处理试验。有对照(CK)和 0.05%、0.10%、0.20%、0.30%以及 0.40%等 5 个浓度水平。测定项目有团粒结构量、容重、毛管水和渗透系数。团粒分析用约德(roder R. E., 1936)水筛法,渗透系数用双环法,土壤容重和毛管水用环刀法测定。(2)土壤结构改良剂改善幼林地土壤水分试验。供试树种为 4 年生的刺槐和 2 年生的沙棘,株行距 1m×2m。每个树种设置对照小区和用浓度为 0.10%聚丙烯腈钠盐溶液处理的小区。每小区沙棘有 10 株,刺槐有 6 株。施用结构改良剂之前,均经松土除草处理,松土深度为 10cm 左右。试验于生长季初(5 月初)布置,之后定期测定不同小区的土壤水分,其方法为常规烘干法。

## 2 结果与分析

### 2.1 人工胶结剂不同浓度的土壤结构改良效果

通常颗粒直径为 0.25~10mm 的次生土粒为团粒。由表 1 可看出,人工胶结剂聚丙烯腈钠盐溶液在形成土壤结构上效果非常显著,有着良好的胶结土粒的作用。由测定过程还可

表 1 人工胶结剂浓度与水稳性团粒结构的关系

浓度(%)	各级颗粒含量(%)					
	>0.25mm	0.25~0.5mm	0.5~1mm	1~2mm	2~5mm	>5mm
对照(CK)	35.32	11.44	11.23	6.99	3.75	1.90
0.05	46.09	6.02	10.83	6.54	6.78	15.93
0.10	56.82	6.41	10.95	7.73	9.79	21.94
0.20	66.23	4.98	8.57	8.03	11.57	33.11
0.30	68.45	7.11	9.02	7.15	12.09	33.08
0.40	82.66	2.54	5.59	5.65	12.18	56.71

知,这种作用也是迅速发生的。不同浓度处理,其>0.25mm 的水稳性团粒结构总量均比对照高,且随浓度的增大而增高,浓度从小到大分别为 46.09%、56.82%、66.23%、68.45%、82.66%,比对照增加 30.5%~134.0%。表 1 还表明,未经胶结剂处理的对照小颗粒级含量多,而经胶结剂处理的黄绵土其大颗粒级含量均较多,且随着胶结剂浓度的增大,所形成的大颗粒越多。如 0.40%浓度的试验处理,>5mm 的水稳性团粒结构量可达土壤总重量的一半以

上。回归分析表明,人工胶结剂浓度(x)与各级颗粒含量(y)的线性关系式如下:

$$>5\text{mm} \quad y=6.84+115.8x \quad r=0.9581^{**} \quad (1)$$

$$2\sim 5\text{mm} \quad y=5.97+19.39x \quad r=0.8730^* \quad (2)$$

$$1\sim 2\text{mm} \quad y=7.39-2.15x \quad r=-0.3870 \quad (3)$$

$$0.5\sim 1\text{mm} \quad y=11.64-12.97x \quad r=-0.9295^{**} \quad (4)$$

$$0.25\sim 0.5\text{mm} \quad y=8.85-13.90x \quad r=-0.7307 \quad (5)$$

$$>0.25\text{mm} \quad y=40.68+106.16x \quad r=0.9664^{**} \quad (6)$$

由  $r_{0.05}=0.8114$  和  $r_{0.01}=0.9127$  可见,  $>5\text{mm}$ 、 $2\sim 5\text{mm}$  大颗粒级以及团粒总量( $>0.25\text{mm}$ )其含量与聚丙烯腈钠盐溶液的浓度呈正相关关系,线性相关关系达到显著或极显著水平。由(1)、(2)和(6)式的回归系数  $b_1=115.8$ 、 $b_2=19.39$ 、 $b_6=106.16$  还可知,  $>5\text{mm}$  颗粒级单位浓度上增加的颗粒含量大大超过  $2\sim 5\text{mm}$  颗粒级,团粒总量( $>0.25\text{mm}$ )增加的幅度亦是甚大。与大颗粒级相应,小颗粒级其含量与聚丙烯腈钠盐溶液的浓度却呈负相关关系或相关关系不显著。回归分析进一步说明了团粒总量及其颗粒级组成与胶结剂浓度的关系。田积莹等人曾在陕西关中塿土上施用这种胶结剂进行土壤结构改良试验,亦取得显著的改良效果,所得结论与此相似<sup>[6]</sup>。由上述可见,在具体实践当中,可根据一定的条件和要求,用聚丙烯腈钠盐溶液的浓度来掌握和控制土壤团粒形成的数量和大小。

## 2.2 人工胶结剂对黄绵土紧实状况及渗透性能的影响

由表2可看出,表层土壤由于其结构的改善,土壤孔隙增多,因而使土壤容重比对照小,毛管水量比对照大,而且随人工胶结剂浓度的增大,土壤容重有变小的趋势,毛管水量则有增大的趋势。林长英等的研究<sup>[7]</sup>亦表明,这种胶结剂可显著地增加轻壤土的孔隙度,并且随施用量的增加而增大,施用浓度为0.

表2 不同试验处理对土壤容重及毛管水的影响

人工胶结剂浓度(%)	土壤容重(g/cm <sup>3</sup> )	毛管水量(%)
对照(CK)	1.25	39.7
0.05	1.22	40.1
0.10	1.24	41.3
0.20	1.23	41.1
0.30	1.20	42.5
0.40	1.21	42.0

01%~0.10%,毛管孔隙度可增加3.1%~4.0%。另据研究,应用这种胶结剂达到了破除土壤板结层的效果<sup>[2]</sup>。可见,人工胶结剂对土壤水分物理性质的影响亦是明显的。

由表3也可看出,0.10%浓度的试验处理,其各时段土壤渗透系数  $K_{10}$  明显比对照大。如在初始10min时段0~1min、1~3min、3~5min、5~7min、7~10min,对照渗透系数  $K_{10}$  分别为9.15 mm/min、3.25 mm/min、1.49 mm/min、1.63 mm/min、1.29mm/min,而0.10%浓度的试验处理分别为13.33 mm/min、4.42 mm/min、4.00 mm/min、3.04 mm/min、2.52mm/min,显著地高于对照。显然这也是由于土壤结构的改善,土壤容重变小而孔隙增多,进而增强了土

表3 0.10%浓度的人工胶结剂对水分渗透的影响

试验处理	渗透系数 $K_{10}$ (mm/min)											
	0~1 min	1~3 min	3~5 min	5~7 min	7~10 min	10~15 min	15~20 min	20~26 min	26~32 min	32~40 min	40~49 min	49~61 min
对照(ck)	9.15	3.25	1.49	1.63	1.29	1.28	1.06	0.97	1.00	0.93	0.90	0.89
处理	13.33	4.42	4.00	3.04	2.52	2.31	2.04	1.91	1.75	1.70	1.72	1.63
增值	4.18	1.17	2.51	1.41	1.23	1.03	0.98	0.94	0.75	0.77	0.82	0.74

壤的渗透性。由此可推知,这种结构得到改善的土壤,可提高降水入渗,减少地表径流,增加土壤水分,可提高降水的有效利用。在黄土丘陵区,将降水充分转化为土壤水,不仅是水土保持之需要,亦是抗旱造林的一项重要任务。

### 2.3 人工胶结剂处理的幼林地土壤水分效应

表 4 0.10%浓度的人工胶结剂对幼林地土壤结构的改良效果

树种	试验处理	各级颗粒含量 (%)					
		>0.25mm	0.25~0.5mm	0.5~1mm	1~2mm	2~5mm	>5mm
刺槐	对照(CK)	44.33	6.82	6.32	6.39	5.94	18.86
	处理	58.04	6.24	7.74	7.40	10.86	25.80
沙棘	对照(CK)	40.14	9.93	9.38	5.70	5.78	9.36
	处理	52.33	7.81	8.51	5.94	10.31	19.78

团粒结构得到一定程度发育的土壤能协调和满足林木生长所需的水、肥、气、热等土壤肥力要素,被认为是具有良好结构的土壤。土壤水稳性团粒结构量的增多不仅是土壤结构改良和肥力提高的标志,亦是土壤抗水蚀和风蚀能力增强的内在体现。由表 4 可知,刺槐和沙棘林地,用浓度为 0.10%聚丙烯腈钠盐溶液处理的小区,其水稳性团粒结构总量均比对照小区大,刺槐处理小区比对照增加 30.9%,沙棘处理小区比对照增加 30.4%,幼林地黄绵土结构均得到明显改善,从而使土壤有较好的保肥和供肥以及保水的能力,有利于幼林生长。表 5 所列资料是在旱季测定的两次土壤水分结果。由表 5 可见,处理小区土壤水分比对照小区有所提高,尤其沙棘林地近地表层土壤水分提高较为明显。初步表明处理使幼林地土壤水分状况得到改善。徐富安等研究表明,处理可明显抑制土壤

水分蒸发,有利于土壤蓄水,增强土壤的保墒抗旱能力,虽施于耕层,但其造成的土壤水分差异可达 50cm 深,甚至更深<sup>[4]</sup>。进一步说明用人工胶结剂处理黄绵土可为幼林生长创造有利的土壤水分环境。

表 5 0.10%浓度的人工胶结剂对幼林地土壤水分的影响 %

树种	测定日期 (月·日)	试验处理	土层深度 (cm)						平均
			0~10	10~20	20~40	40~60	60~80	80~100	
刺槐	6·6	对照(CK)	13.7	11.6	11.2	10.7	10.3	9.3	11.1
		处理	11.9	12.5	12.8	12.5	11.4	11.2	12.0
	7·5	对照(CK)	4.3	6.8	7.9	8.1	8.0	8.6	7.3
		处理	6.5	7.0	7.6	7.8	9.3	9.4	7.9
沙棘	6·6	对照(CK)	14.5	15.0	13.5	13.5	12.7	12.0	13.5
		处理	14.9	15.2	14.8	13.0	12.3	11.9	13.7
	7·5	对照(CK)	9.4	12.1	12.6	12.4	12.7	14.1	12.2
		处理	11.7	13.8	12.5	12.6	12.7	13.0	12.7

## 3 小 结

### 半干旱黄土丘陵区

宜林地土壤黄绵土结构不良,其土壤水分是影响幼林生长的重要生态因子。而良好水分性质的土壤是入渗能力高、水分向地表移动能力弱、有效水范围大的团粒结构得到较大程度发育的土壤。因而增加黄绵土团粒结构量,即对幼林地土壤结构的改良在一定程度上就可改善幼林地土壤的水分状况,可以说是一项抗旱保墒措施。在这方面,与土壤化学或生物肥料相应的称之为土壤物理肥料的土壤结构改良剂的应用无疑是有益的尝试。它的使用可明显而快速地改良黄绵土。据林长英等对土壤结构改良剂作用的持效性研究<sup>[7]</sup>,表明在轻壤土中施用 0.10%的水解聚丙烯腈,增加的水稳性团聚体数量可维持 17 个月以上,对土壤物理特性的改良可维持 3 年。因此,尽管当前使用土壤结构改良剂存在有成本高的问题,但它的应用 (下转第 45 页)

的弃土场。弃土场应修筑拦渣坝、截水沟和沉渣池,做好绿化保护工作。

### 3.4 加强监督管理

城市水土保持工作是一项公益性事业,涉及方面多,其成败在很大程度上决定于协调和监督管理。按《水土保持法》的规定,各级水行政主管部门应是城市水土保持的主管机构,应将城市水土保持纳入其职责和工作范畴之内。其职责是抓好城市水土保持规划,组织实施和协调,预防和治理监督,强化管理。为了使城市水土保持监督管理走上法制化和制度化的轨道,应依据《水土保持法》等有关法规,制定城市水土保持实施细则。

### 3.5 建立城市水土保持基金

城市水土保持以工程措施为主,工程量大,要求标准高,需要很大的投入。因此应有稳定可靠的资金,以保证开展城市水土保持工作。为此,除了坚持“谁造成水土流失谁治理”的原则,还应建立城市水土保持基金。基金经费可来源于依据《水土保持法》收缴城市开发建设水土保持补偿费和土地出让费等渠道。

### 参 考 文 献

- 1 牛文元.生态环境脆弱带 ECOTONE 的基础判定.生态学报,1989,9(2)
- 2 许炼烽.试论特区内市场的水土流失问题.重庆环境科学,1992,14(6)
- 3 Dov Nir. Man, A Geomorphological Agent. Keter Publishing House, 1983

(上接第26页)

仍是一种潜在的、有希望的幼林地土壤管理措施,可结合植树及幼林中耕除草加以使用,可望强化幼林抚育效果,促进幼林生长,并尽早郁闭成林,充分发挥其水土保持效益。由于这种人工胶结剂的改土效果在使用浓度不大( $<0.50\%$ )的范围内,随其浓度的升高而增大,使用时应注意掌握适宜的浓度。

该试验由于历时短,还缺乏对改良林地的土壤水分以及林木生长效果方面的系统研究,尚须进一步深入开展试验。

本试验得到了杨咏元老师的帮助和指导,谨此致谢。

### 参 考 文 献

- 1 杨文治,韩仕峰.黄土丘陵区人工林草地的土壤水分生态环境.中国科学院西北水土保持研究所集刊,1985年,第2集:18~28
- 2 北京林学院主编.土壤学(上册).北京:中国林业出版社,1982,124~130
- 3 朱永绥.水解聚丙烯腈对土壤物理性质及小麦产量影响.土壤学报,1965,13(1):92~94
- 4 徐富安等.水解聚丙烯腈的改土和增产作用.土壤,1975,(1):34~40
- 5 杨咏元,王晗生等.薪炭林地土壤物理特性及养分状况研究.中国科学院、水利部西北水土保持研究所集刊,1992年,第15集:103~109
- 6 田积莹等.增加土壤渗透,减少水土流失.水土保持通报,1988,(3):25~30
- 7 林长英等.聚合物的改土作用和时效性的初步研究.土壤,1982,(5):168~171