

沙棘对泻溜红土的改良及其生长规律

胡建忠 王愿昌 张 鎰

(黄河水利委员会西峰水土保持试验站·甘肃省西峰市·745000)

提 要

通过营造沙棘林,泻溜红土表层土壤水分、地温变化趋向平稳,10龄沙棘林已显示出其对泻溜红土较好的改良作用,土壤理化性状均有不同程度的改善。泻溜红土坡沙棘生长量在当地几种不同立地条件中仅次于阴沟坡而位于第二位。

关键词: 泻溜红土 沙棘 改良土壤 立地条件

Improvement Effects of *Hippophae rhamnoides* Linn. to DFRE and Its Growth Laws

Hu Jianzhong Wang Yuanchang Zhang Jian

(Xifeng Scientific Experimental Station of Soil and Water Conservation under
the Water Conservancy Commission of the Yellow River, Xifeng Gansu, 745000)

Abstract

Having built forest of *Hippophae rhamnoides* Linn. in the slope of Debris Flow Red Earth (DFRE), the changes of soil moisture and temperature in the surface soil become more evenly. The ten-years forest has shown its improving effects on the soil. The physical and chemical properties of the soil have been improved at the different degrees. The biomass of *Hippophae rhamnoides* Linn. in DFRE is second only to that in the shady ditch slope, and is more than that in the other conditions.

Key words DFRE *Hippophae rhamnoides* Linn. improving soil land of different slope condition.

黄河流域是中华民族的摇篮,黄河哺育繁衍了中华民族,但在近代,她却以水患灾害而闻名于世,给流域内炎黄子孙带来了巨大灾难。究其原因,主要是泥沙淤积问题,而泥沙主要来源于黄河中游的黄土高原地区,其中大部分来自面积比例较小的沟壑区。分布不均而集中的降水,裸露疏松的土壤,支离破碎的地形,稀少的植被,加之不合理的土地利用等,使得沟壑区频繁发生崩塌、滑坡、泻溜、泥石流等重力侵蚀,而不断向黄河输入高含沙水流。

以位于陇东黄土高原沟壑区的南小河沟流域为例。红土泻溜侵蚀为该流域的主要水土流失形式,全流域泻溜面积虽然仅占沟壑面积的5.73%,但土壤流失量却占总流失量的57%⁽¹⁾,说明该流域泻溜侵蚀极大的危害性以及治理工作的迫切性。在治理工作中,该流域历史上也曾有过仅仅依靠工程措施治沟的想法,如通过打坝淤地来抬高侵蚀基准,借以控制水土流失,而忽视了面上的治理工作,其效果不十分显著。如1988年7月23日,降了一场历时2h30min、雨量为240mm的大暴雨,不仅使该流域内坡脚处多年积存的泻溜等堆积物一冲而光,而且将中游淤地坝(原为十八亩台水库)冲开一条很宽的切沟,流域本次暴雨产沙量为39.05万t。这次暴雨使多年积聚在流域内的部分

泥沙输入下游河道,危害极大。实践证明单纯治沟的危害性,也向我们揭示了治沟与治坡的辩证关系,如何妥善处理好这一关系,彻底根治沟坡红土泻溜侵蚀,开发、挖掘泻溜红土的生产力,则是本文将要讨论的主要内容。

一、自然概况及泻溜红土治理过程

南小河沟流域为泾河支流蒲河左岸的一条支沟,位于北纬 $35^{\circ}44'$ ~ $37^{\circ}41'$ 、东经 $107^{\circ}30'$ ~ $107^{\circ}37'$,区内海拔 1 053~1 419m,日照时数 3 060.6 h,年均温 9.3°C ,降雨量 555.5mm,其中 6~9 月降雨量占 67.3%,蒸发量 1 474.6mm,无霜期 155 天,土壤以黄土性幼年土,红土性幼年土和冲积土为主。流域总面积为 36.3km^2 ,其中红土泻溜侵蚀面积为 0.898km^2 ,主要分布在坡度为 45° ~ 70° 的阴坡、半阴坡沟谷部分。

早在五六十年代,西峰水保站会同中国科学院科学考察队等单位,对南小河沟流域红土泻溜侵蚀进行对比治理试验,布设了松柏密植间作、松柏草带间作、斜压柳条、柳排固坡、牧草固坡等植物措施^[2],试验结果都很不理想。工程措施(如沟埂、水平沟等)治理效果更差,实施后很快就被毁坏。

80 年代初期,我站在总结以往治理工作经验教训的基础上,借助于优良水保灌木沙棘(*Hippophae rhamnoides* Linn.) 抗逆性能很强的特点,将沙棘布设在泻溜红土上,其效果非常明显。经过我们总结,得到了一套以营造沙棘为核心综合治理红土泻溜侵蚀的方法。这套方法的关键环节为:(1)稳定坡脚,通过打坝来抬高侵蚀基点;(2)生物篱拦泻,在坡脚处沿等高线设置沙棘篱和柳篱以拦泻溜物;(3)营造沙棘林,在坡度变缓后的原红土泻溜坡上营造沙棘林。

二、沙棘林对泻溜红土的改良作用

(一)沙棘林对引起泻溜侵蚀的水热因素影响

干湿、冷热、冻融交替是影响红土泻溜侵蚀的主要外在因子,而沙棘林的营造,势必对这些因子产生一些重大影响。由于裸露地覆被植物后的水热变化基本上都有定论,即水热变幅都可减小,但为了说明营造沙棘后泻溜红土的水热变化数量范围,我们仍不定期测定了一些有关项目。下面仅以其中一次连续的测定结果来加以分析。

1. 沙棘林对土壤水分动态的影响。

土壤水分的取样深度为 0、20、40、60cm,它随时间、土层的变化特点见图 1~2、表 1。

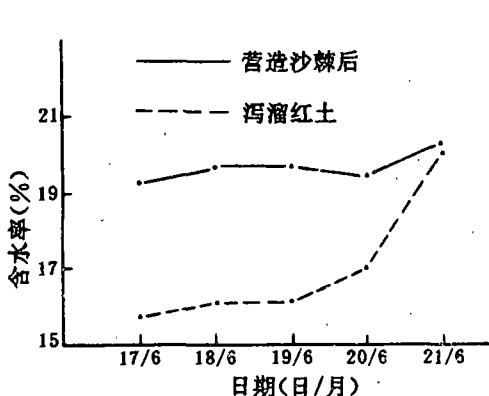


图 1 土壤水分变化曲线

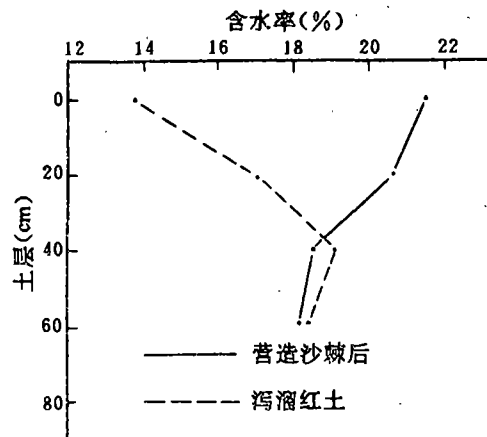


图 2 土壤水分随土深变化曲线

表 1 土壤水分参数

土层 (cm)	泻溜红土			营造沙棘后		
	均值	标准差	变异系数(%)	均值	标准差	变异系数(%)
0	13.68	3.55	25.98	21.46	1.91	8.90
20	16.90	3.42	20.23	20.62	1.25	6.06
40	19.06	1.20	6.31	18.46	0.94	5.09
60	18.26	1.66	9.90	18.12	1.55	8.55

图 1 为 0~60cm 土壤含水率的平均变化过程,泻溜红土含水率随时间的变动幅度大于沙棘林地;在 0~40cm 土层内的含水率越接近地表,变异系数越大,且泻溜红土各层变异系数都大于沙棘林地(见表 1);40cm 以下二者对比,含水率变异系数都逐渐趋于一致。需要说明的是整个测定过程开始之前有过 20mm 的降水,测定过程中前 4 天为连续晴天,因此,与两对比的立地条件相一致,裸露的泻溜红土土壤水分由深层向表层直线递减,而有林冠、枯落物层覆盖的沙棘林地却呈截然相反的趋势,土壤水分由 40cm 土深向表层渐增。沙棘林地土壤水分变化的这种特征,反映了枯落物层良好的持水供水作用及对地表直接覆盖所造成的蒸发量减少。在下层的 40~60cm,两者对比土壤含水率十分接近(图 2)。

红土泻溜侵蚀产生的主要原因之一为干湿变化。从上面的分析中可以看出,沙棘林地表土的水分变化较为缓,变异系数仅为裸露泻溜红土的 34.3%,因此极大地消除了原先那剧烈的干湿变化,而有助于防止泻溜侵蚀的发生。

2. 沙棘林对地温的影响。

与土壤水分测定一致,我们也对泻溜红土及沙棘林地的地温进行了观测,每天测定时间为 8、14、20 h。

地温随时间、土深的变化趋势(图 3、图 4)与土壤水分的变化趋势基本一致。裸露泻溜红土极端

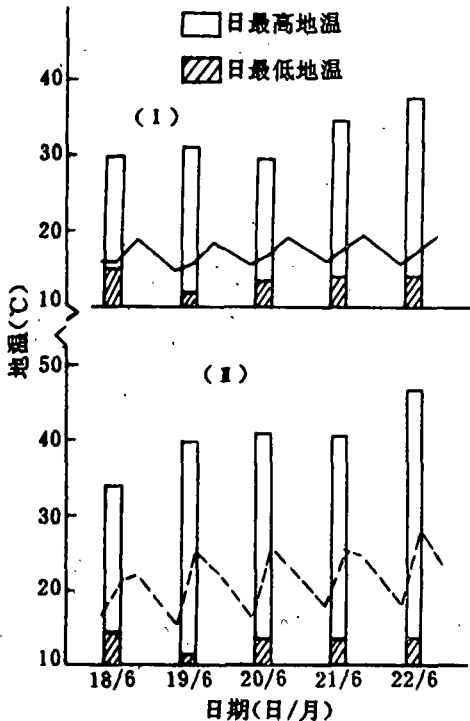


图 3 地温变化过程曲线

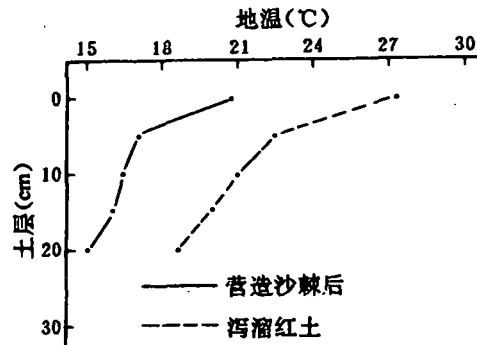


图 4 地温随土深变化曲线

温度日变化的平均变幅为 13.2~40.16℃,日温差平均值为 26.96℃,而沙棘林下的对应值分别为 13.8~32.42℃和 18.62℃;在 0~20cm 土层内地温由上向下递减,且泻溜红土各层地温及变异系数均高于沙棘林地(表 2)。

表 2 地温变化参数

项 目	泻 溜 红 土			营造沙棘后		
	均值(°C)	标准差	变异系数(%)	均值(°C)	标准差	变异系数(%)
地表	27.30	2.25	8.23	20.78	1.05	5.03
5cm	22.46	1.38	6.15	17.10	0.54	3.18
10cm	21.00	1.28	6.08	16.48	0.44	2.67
15cm	20.08	1.09	5.43	16.02	0.42	2.60
20cm	18.66	0.89	4.78	15.60	0.28	1.81
最低	13.20	0.92	6.98	13.80	1.06	7.71
最高	40.16	4.06	10.11	32.42	3.26	10.07

沙棘林地温变幅的减小及较为和缓的温度变化过程,从根本上消除了冷热变化对泻溜侵蚀的影响,同时也有利于土壤中各种动物和微生物的活动,进而促进了土壤理化性状的逐步改善。

(二)沙棘林对红土泻溜坡土壤的改良作用

1. 土壤剖面特征。

土壤剖面是在母质、气候、生物、地形和时间五种主要成土因素共同影响之下形成的,其中生物因素有着非常重要的作用,从生物着生于母质上的时刻算起,就开始了土壤的形成过程⁽³⁾。如表 3

表 3 沙棘造林前后泻溜红土剖面对比

土层(cm)	原泻溜红土	土层(cm)	沙棘造林后
0~5	棕红色,粘土(大)片状结构疏松泻溜层	0~14	褐黄色、粘壤土、具团粒结构、稍紧实、根系多
		14~24	黄褐色、粘土、片状结构、有根系
>5	棕红色,重粘土(大)块状结构,坚实(以下无变化)	24~50	棕色,粘土、块状结构,有根系
		>50	棕红色,重粘土、(大)块状结构、根系逐渐减少直至无

所示,泻溜红土除表层为 5cm 厚的泻溜碎屑层外,以下基本上均为母质,其厚度可达 80m 左右。栽植沙棘后,由于沙棘及其逐渐形成的灌草群落根系的生理代谢及直接松土作用,土壤微生物、酶的生化作用及其土壤下渗能力增强后形成的淋溶作用等,形成了目前厚达 50cm 的土壤层次剖面,土壤质地由粘向壤、结构由块状向粒状、团粒状、根系较多的方向发展。

2. 沙棘林对土壤物理性质的影响

随着沙棘生长发育过程的延续,土壤剖面物理性质不断得到改善、协调,见表 4。营造沙棘后,泻溜红土容重大幅度减小到 1.3g/cm³,已与黄土容重较为接近;土壤总孔隙度及大、小孔隙都有一

表 4 沙棘营造前后泻溜红土物理性质对比

项 目	土层(cm)	容重(g/cm ³)	孔隙度(%)			大小孔隙比	毛管持水量(%)	饱和持水量(%)
			总孔隙度	毛管孔隙度	非毛管孔隙度			
泻溜红土	0~24	1.70	39.59	37.25	2.34	1:16	21.9	23.3
营造沙棘后	0~24	1.30	45.18	42.74	2.44	1:18	32.8	34.7

定程度的增加,有利于渗、持水及相互间的协调。通过表土厚度与非毛管孔隙度的乘积,可以推算出营造沙棘后的表土蓄水能力为 5.9mm。

团粒结构分析结果表明:泻溜红土含有约 38.99%的形状呈棱柱状或不规则状的水稳性团聚

体(营造沙棘后 50~100cm 红土的水稳性团聚体含量为 39.99%),它显然不是由有机质胶结而成的水稳性多孔团粒或微团聚体,只有沙棘在泻溜红土上的长期生长,才使这种团粒的形成变为现实。经测定沙棘林地表土水稳性团粒占 2.33%,其中粒径 0.25~0.5mm 的占 1.56%;0.5~1mm 的占 0.63%;1~2mm、2~5mm 的均占 0.07%。团粒结构的出现,无疑是土壤结构、质地好转的象征,对于提高土壤肥力、渗透性和蓄水性能等都有着十分重要的意义。

3. 沙棘林对土壤肥力的影响。

营造沙棘后,土壤肥力有所提高,特别是有机质、速效养分增加幅度更大(见表 5)。土壤有机质的聚集是成土过程的基本特征之一,也是衡量其肥力水平的主要标志。尽管目前有机质绝对数值仍较低,但它的出现及以后的不断增加和积累,对于泻溜红土的改良是非常重要的。

表 5 沙棘营造前后泻溜红土肥力水平比较

项 目	土层 (cm)	有机质 (g/kg)	全 N (g/kg)	全 P (g/kg)	全 K (g/kg)	水解 N (mg/kg)	速效 P (mg/kg)	速效 K (mg/kg)
泻溜红土	0~24	1.5	0.33	0.9	13.7	28.8	2.41	217.5
营造沙棘后	0~24	2.6	0.4	0.89	13.7	31.6	3.01	221.8

从表 5 中还可以看出,沙棘林地土壤中速效养分含量与泻溜红土相比,不仅没有因为沙棘吸收而减少,反而逐渐增大,这显然是与沙棘根瘤菌的固氮作用及种类繁多的土壤微生物、酶等对土壤生化反应的促进作用是分不开的。尽管,速效养分目前的含量仍不高,但对于造林后仅 9 年的沙棘林(10 龄)及泻溜红土这种不良立地条件的组合来说,目前所取得的改良土壤效益仍然是十分显著的,而且由于沙棘的再生及自身更新能力很强,因此,它能够不断通过根系和枯落物的作用,使土壤养分逐渐得到积累而提高肥力。

三、红土泻溜坡沙棘林的生长规律及经济效益

为了研究红土泻溜坡沙棘林的生长规律,我们仍对本区 4 种不同立地条件沙棘林生长情况进行对比,见图 5~7。

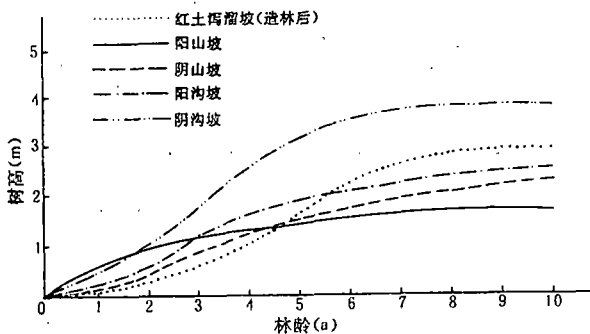


图 5 沙棘树高生长过程

从图中可以看出,红土泻溜坡上沙棘初期(1~4 龄)生长量在各对比中均为最小,之后于 5~6 龄时树高超过阳山坡、阳沟坡、阴山坡而仅次于阴沟坡,地径、单株生物量于 7~8 龄也超过阳坡两种立地条件,而位于阴坡两种立地条件之后。这样的生长特征充分反映了立地条件对沙棘生长的影响,当沙棘造林之初,由于泻溜红土立地条件指数很低,造成生长量相对最小,但随着生长过程的延续,促使原来无结构的红土碎屑物堆积层的剖面特征不断发育,土壤

养分有所提高,加之其位于阴坡所处地形又较低,水分条件较好,从而使诸生长指标在后期均超过阳坡立地条件,甚至在个别指标上超过水分相对不足的阴山坡。

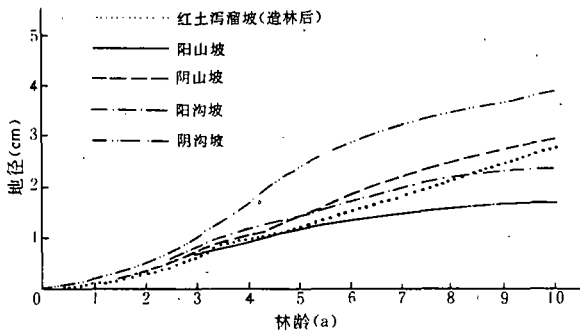


图 6 沙棘地径生长过程

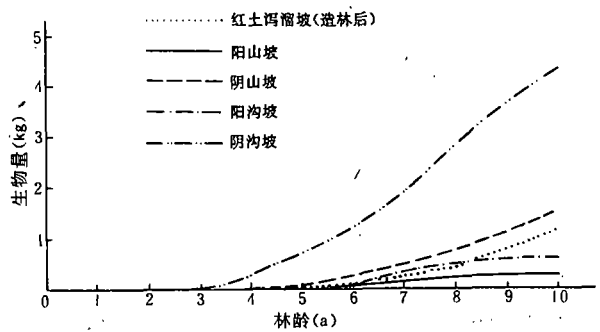


图 7 沙棘生物量变化过程

不同立地条件下沙棘生长情况对比见表 6、表 7。如综合考虑,则 5 种立地条件下的沙棘生长能力可分为 4 个等级:阴沟坡(优);红土泻溜坡(良);阴山坡、阳沟坡(中);阳山坡(差)。其 t 检验结果(略)亦表明了各类间差异极显著(可靠性 99.9%)。

表 6 不同立地条件 10 龄沙棘生长量对比

立地条件	样 本 数	树 高		地 径	
		\bar{H} (m)	σ_H	\bar{D} (cm)	σ_D
阳山坡	49	1.640	0.471	2.838	0.739
阳沟坡	38	1.999	0.620	2.835	0.664
阴山坡	16	2.281	0.623	3.749	0.995
阴沟度	26	3.593	0.744	5.048	1.525
红土泻溜坡	27	2.905	0.868	3.676	1.212

表 7 不同立地条件沙棘生物量对比

立地条件	生物量 (g)	杆重 (g)	占百分数 (%)	枝 (g)	占百分数 (%)	叶 (g)	占百数 (%)	单位面积总生物量(kg/cm ²)
阳山坡	279.7	102.8	38.7	142.5	46.4	34.4	14.9	0.685
阳沟坡	639.4	301.6	46.1	257.1	41.0	80.7	12.9	1.215
阴山坡	1536.4	420.6	26.0	708.1	43.8	407.9	30.2	1.229
阴沟坡	4354.9	1431.6	38.2	2425.1	44.4	489.6	17.4	5.661
红土泻溜坡	1168.8	649.8	48.2	279.1	24.2	239.9	27.6	1.578

注:1. 以上林龄均为 10 龄; 2. 生物量为单株地上部分干重

从图 5 和图 6 可以看出红土泻溜坡沙棘株高生长目前已渐趋缓慢,其生长过程呈很典型的“S”型,地径生长也正向“S”型发展。因此,我们用“Verhault”灰色模型⁽⁴⁾建立了树高、地径生长模型,可用于定量描述红土泻溜坡沙棘林生长过程。

$$\text{树高(m)} \quad \hat{H}_{(t)}^{(1)} = \frac{2.93526}{H28.3526e^{-0.8495141(t-1)}} \quad (1)$$

$$\text{地径(cm)} \quad \hat{D}_{(t)}^{(1)} = \frac{3.432065}{H16.16033e^{-0.415145(t-1)}} \quad (2)$$

式中: t 为林龄, $\hat{H}_{(t)}^{(1)}$ 、 $\hat{D}_{(t)}^{(1)}$ 分别为对应林龄下的预测树高和地径。

根据标准地调查结果(表 7)可以推算出,红土泻溜坡 10 龄沙棘林每亩可产薪柴 836kg,按热值

4853kcal/kg 计,每亩沙棘林仅枝杆就可储存能量 405.7 万 kcal,相当于 634kg 原煤,至少可以解决 1 人一年的生活用柴;同时,每亩沙棘林还可采鲜叶 633.4kg 用于畜牧业。经测定,沙棘嫩枝叶含粗蛋白 24.15%、粗脂肪 4.2%、粗纤维 17.41%、无 N 浸出物 45.08%,营养成份比当地主要牧草紫花苜蓿、白花草木樨还高。泻溜红土一般被认为是难利用土地,沙棘的营造成功及较高的生产力,对于合理开发、利用、保护泻溜红土资源具有十分重要的意义。

四、结 语

红土泻溜侵蚀的治理历来是水土保持工作中难度较大的问题,本站应用以沙棘为核心综合治理的方法,取得了十分显著的成绩。红土泻溜坡面营造沙棘,表层土壤温度、含水量的日变化较为和缓,减轻了干湿、冷热变化所造成的影响;土壤剖面逐步形成,土壤理化性状得到改善,肥力水平明显提高,蓄水能力增大。沙棘林生长量在几种不同立地条件下,排次第 2 位,亩产干柴 836kg,鲜叶 633kg,使得昔日的不毛之地有了直接的经济效益。综合考虑沙棘的生物学、生态学特性和黄土高原地区的自然状况,沙棘无疑是治理红土泻溜侵蚀的最佳树种。

本文承蒙北京林业大学关君蔚教授审阅,在此深表谢意!

参 考 文 献

- [1]李裕后.黄土高原泻溜侵蚀的分布特征.《中国水土保持》,1989年,第9期
- [2]涂安千.“红土”陡坡的泻溜侵蚀及防治.《水土保持通报》,1981年,第4期
- [3]北京林学院.《土壤学》.北京:中国林业出版社,1982年
- [4]胡建忠.人工沙棘林灰色生长模型的建立与预测.《水土保持学报》,1991年,第2期