

黄土丘陵区退耕坡地植被自然恢复过程及其对土壤入渗的影响

董三孝

(杨凌职业技术学院, 陕西 杨凌 712100)

摘 要: 生态系统自我修复是黄土高原植被恢复的重要途径。以永久性天然草地和三龄沙打旺人工草地为对照, 在对黄土丘陵区坡地退耕植被自然恢复过程群落演替、地上部分生物量的增长及其组成动态变化特征调查的基础上, 定量分析了不同恢复阶段主要群落下土壤的入渗能力。研究表明, 随着植被演替的进展, 群落生物量逐步增加, 土壤入渗能力显著改善。退耕草地土壤表层 0-20 cm 土壤渗透能力 (K_{10}) 每年可提高 0.10 mm。植被改善土壤入渗能力的有效深度达 40 cm。说明黄土丘陵区通过坡地退耕还林还草恢复植被可以改善土壤渗透性能, 强化降雨就地入渗, 减少水土流失。

关键词: 植被恢复; 土壤入渗; 黄土丘陵区

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2004)04-0001-05

中图分类号: S157.433

Effect of Natural Vegetation Restoration on Soil Infiltration in Slope Farm land of Loess Hilly and Gully Region

DONG San-xiao

(Yangling Technique College, Yangling District 712100, Shaanxi Province, China)

Abstracts: Ecosystem self-rehabilitation is an important component of vegetation restoration in the loess hilly and gully region. Using natural and artificial grassland as controls, this study considered vegetation succession, aboveground biomass and soil infiltration in slope land subject to the conversion of farm land to natural vegetation. The results show that after land use conversion, the natural vegetation communities soon exhibited positive succession, with increasing biomass and improving soil infiltration. It is possible that within 20 years, the annual surface soil infiltration could increase by 0.01 mm/m in and could reach to 40 cm in depth. It is suggested that converting slope farm land to natural grassland is an effective approach to improve soil infiltration, and consequently, soil conservation.

Keywords: vegetation restoration; soil infiltration; loess hilly and gully region

1 研究背景

植被是防止地面水土流失最积极的因素^[1-2]。它的繁生,不但使具有特殊结构的黄土成壤过程顺利进行,通过丰富的根系对土壤缠绕固结,巩固土壤的“点棱接触侧斜支架式多孔结构”,同时,地上生物量形成的枯枝落叶层和土壤有机质可以极大地提高土壤对降雨的入渗能力。黄土丘陵区是黄土高原水土流失最严重,最贫困落后的地区。造成水土流失的主要原因是该区长期不合理的土地利用及对植被的破坏。水土保持措施的核心在于强化降雨就地入渗,进行以迅速恢复植被为中心的土地利用调整^[3-6]。在水土流失严重的黄土丘陵区,大力营造植被对于强化土壤抗

冲性,改善土壤入渗能力,防治水土流失具有重要的意义。因此研究退耕坡地植被自然恢复过程及其对土壤入渗的影响是该地区有效植被建造树草种配置及水土保持功能评价的特别重要的应用性基础工作,也是揭示黄土丘陵区生态恢复的关键。

本研究以草本植物群落为对象,以坡度坡向相近的陡坡退耕地自然恢复植被为对象,将野外定位试验,模拟土壤剖面渗透实验相结合,以土壤对降雨入渗能力为核心,对几种退耕还林还草植被类型、坡地植被自然演替过程中,群落生物量形成过程,入渗性能的变化,进行测定分析,以明确其植被恢复的过程中,地上生物量的变化及其特征,进而研究其对土壤入渗性能及其稳定入渗速率的作用,为研究坡地退耕

还林还草的植被恢复及其对土壤水保作用影响的定量研究提供科学依据。

2 研究内容与研究方法

2.1 样地基本情况

测量研究的试验地选在中国科学院安塞水土保持综合试验站长期定位试验场具有代表性的几种植

被类型的退耕还林还草地段。该区域地处黄土高原中部,属典型梁峁状丘陵沟壑区,海拔 1 068~ 1 039m;植被类型为暖温带森林草原,天然森林植被已全遭破坏。土壤为黄绵土,平均容重 1.28 g/cm^3 ,区内年均气温 8.8°C ,年总辐射量 552.68 kJ/cm^2 ,多年平均降雨量 500mm。测定样地为不同退耕年限荒坡草地,以目前耕种农地和三龄沙打旺人工草地为对照(见表 1)。

表 1 样地特征

样地号	地类	退耕年限/a	优势种	坡度	坡向	盖度
1	荒坡草地	永久(约 20)	芨芨、铁杆蒿、长芒草	35	北	90%
2	荒坡草地	20	铁杆蒿、长芒草、胡枝子	29	东北	60%~70%
3	荒坡草地	8	铁杆蒿、茵陈蒿、狗尾草	29	东北	35%
4	荒坡草地	3	茵陈蒿、狗尾草	29	东北	20%~25%
5	农地	0	谷子	20	北东	—
6	人工草地	3	沙打旺	33	东北	85%
7	天然草地	永久	白羊草、胡枝子	33	东南	70%
8	天然草地	永久(100)	白羊草、芨芨、四季青	22	东南	95%

注:天然草地为子午岭永久草地。

2.2 研究内容及方法

2.2.1 植被恢复的群落结构与生物量演变 群落调查采用样方法。在不同退耕阶段选择典型样方 6~ 10 个,调查植物群落组成,优势种等。生物量测定采用收获法,样方面积 $30 \text{ cm}^2 \times 30 \text{ cm}^2$, 6~ 10 次重复。在野外记录各样地植物高度、盖度后,刈割地上部分,装于塑料袋内带回室内,分开优势种、其它种和枯死体分别称重。然后测定各组分含水量,换算成干物质重。优势种同时测定生长高度及茎秆分枝数。为了实现对生物量的非破坏性估测,对于退耕不同阶段的芨芨+铁杆蒿、长芒草草地、铁杆蒿+长芒草、铁杆蒿+茵陈蒿、狗尾草草地测定生长高度及茎秆分枝数。

2.2.2 植被恢复与土壤入渗性能关系 在不同退耕年限样地,采用大型渗透筒法^[7]测定土壤入渗。渗透筒面积 78.54 cm^2 ,筒高 12 cm,水层厚 2 cm。用渗透筒每隔 10 cm 取回原状土,3 次重复。浸水 6 h 后放在渗透架上,在上部加水,水层厚度 2 cm,下部用烧杯接渗出水,每隔 2 min 量测渗出水。同时立即将上部水加至原刻度,记录水温,渗透系数计算采用下式:

$$V = \frac{Q_i}{S} * \frac{10}{t_i} \quad (1)$$

$$K_{t_i} = V * \frac{L}{(H + L)} \quad (2)$$

$$K_{10} = K_{t_i} / (0.7 + 0.03t_i) \quad (3)$$

式中: V —— 渗透速度 (mm/min); S —— 渗透筒横截面积 (cm^2); Q_i —— 在时段 t_i 中渗出水量 (m^3); L —— 土层厚度 (cm); H —— 水层厚度 (cm); K_{t_i} —— 在 t 温度下渗透系数。

3 结果与分析

3.1 植被自然恢复不同阶段的地上生物量特征

3.1.1 地上部生物量及其组成 由图 1, 2 可见,农地撂荒不同年限,群落生物量和盖度逐渐增加。退耕 20 a 总盖度比退耕第 3 a 增加了 2.6 倍。从未扰动草地盖度达到 80%。同期子午岭百年永久草地盖度可达 90%。三龄沙打旺人工草地,盖度为 85%,高于封禁 20 a 以上草地。

植被维持一定的盖度是其有效保持水土的重要因素。群落生物量也随着退耕年限增加而增加,退耕 20 a 地上部生物量可增加 2.7 倍,与盖度增加幅度相同。子午岭封禁百年以上草地生物量较安塞草地生物量高 1.5 倍。沙打旺草地地上部生物量是退耕 20 a 草地的 2 倍,是同期退耕荒草地 5 倍。草地生物量随着退耕年限的增加而增加。有机物质积累量也逐年递增,是改良土壤强化土壤抗冲性的物质基础。另可见,建立人工草地是该区提高草地生产力的有效措施,特别是沙打旺人工草地所具有优良品质,其经济效益亦远高于自然恢复的天然草地。

3.1.2 地上部植被恢复演替过程及其生物组成 撂荒不同年限草地的变化不仅仅是生物量形成能力的增强,其本质是植物群落的演替。陕北安塞县年降雨 540mm,属森林草原区,在阴坡或半阴坡,天然植被顶极群落应为森林或杂灌丛。如山杨、黄蔷薇、丁香等^[9]。本试验样地,也看到明显的植物群落组成变化(详见表 2)。

表 2 不同撂荒年限群落组成及生物量

地 类	撂荒年限	g/m ² (干重)								
		总干重/g	铁杆蒿	茭蒿	长芒草	胡枝子	狗尾草	茵陈蒿	其它	枯死体
荒坡草地 1	永久(20)	227.2	78.8	57.5	11.8	—	—	—	79.2	36.2
荒坡草地 2	20	237.2	123.5	—	30.7	15.1	—	—	67.9	44.5
荒坡草地 3	8	138.9	24.7	—	—	—	15.1	15.0	84.1	8.1
荒坡草地 4	3	86.9	—	—	—	—	16.6	57.2	17.6	1.8
农 地 5	0	522.1	—	—	—	—	—	—	—	—
人工草地 6	3	438.2	—	—	—	—	—	—	—	—
天然草地 7	永久	294.5	—	—	—	—	—	—	—	—
天然草地 8	永久	446.7	—	—	—	—	—	—	—	—

注: 为子午岭永久草地, 生物量及土样来自于中国科学院水利部水土保持研究所郑粉莉研究员。

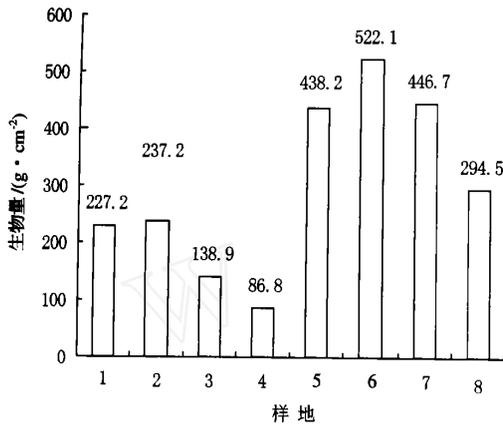


图 1 总生物量

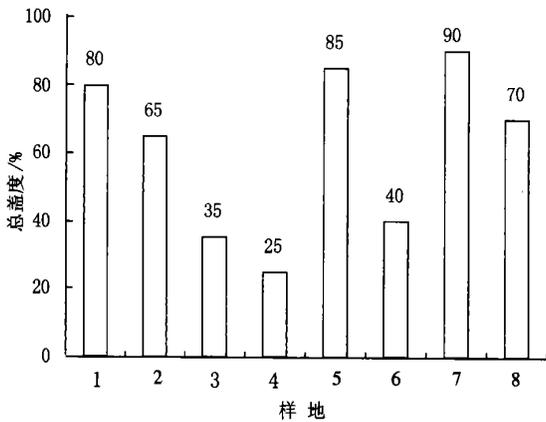


图 2 各样地总盖度

农田撂荒后, 植物群落演替的趋势如图 3 所示。样地 1 铁杆蒿、茭蒿占地上部总生物量达 60%; 样地 2 优势种生物量占总生物量 70%, 样地 4 占 80%。群落枯死体量也随着生物量增加由撂荒初期的 1.8 g/m², 增加到 36~ 44 g/m², 亦即植物保持水土功能逐渐强化。

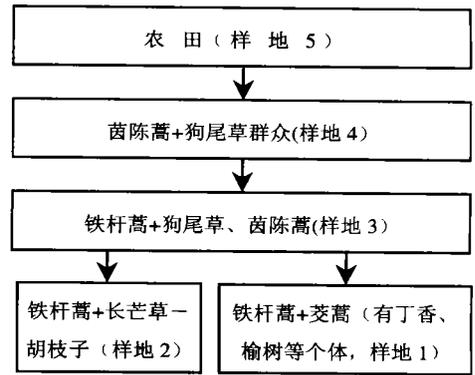


图 3 农地撂荒后植物群落演替趋势

3.2 植被恢复与土壤入渗性能的关系

朱显谟的“28 字方略”核心是“全部降水就地入渗拦蓄”^[5-7]。也就是说, 防止土壤侵蚀的关键在于消除或削弱地面径流, 而减缓径流冲刷动力的重要途径就是降雨就地入渗拦蓄。因此, 在黄土丘陵区强化降雨就地入渗是防止土壤侵蚀的关键所在。研究坡地退耕还林还草, 恢复黄土高原已遭破坏的植被对于强化土壤抗冲性, 改善土壤通透性和蓄水功能, 促进降雨就地入渗有重要意义^[4-5, 7]。

3.2.1 植被恢复不同时期土壤入渗性能的剖面特征

分析图 1—4 发现, 农地土壤的入渗量、入渗速率一直维持在较低的水平, 在整个剖面内无明显变化, 10 稳定入渗速率(见表 3)维持在 0.24~ 0.33 mm/min 之间, 表层略低于底层土。当坡地停止耕种, 天然草被自然恢复后, 由表层至下层土壤入渗能力迅速得到改善。退耕 3 a 草地表层 0~ 10 cm 渗透系数较农地增加了 37.5%。退耕 8 a 渗透系数由农地的 0.24 mm/min 提高到 0.72 mm/min, 增加了 2 倍。退耕 20 a 草地表层 10 稳渗率速可达到 0.90~ 1.09 mm/min。土壤入渗能力改善的深度亦随着植被恢复的进展而下延。沙打旺草地对土壤入渗性能的强化作用

优于同生长年限的天然草本植物,其改善效率约为天然草地的 2 倍。植被重建改善土壤入渗性能对于削弱土壤冲刷动力,减少水土流失具有重要意义。黄土区防止水土流失的关键一是强化土壤入渗能力,使降雨

就地入渗;二是改善土壤对于径流冲刷的抵抗能力,即提高土壤抗冲性,而植被建设可同时获得上述 2 种功效。这就是朱显谟院士提出应采取以“迅速恢复地面植被为中心的合理利用”措施的原因。

表 3 各类草地土壤渗透系数

深度/cm	渗透系数	mm/m in						
		样地 1	样地 2	样地 3	样地 4	样地 5	样地 6	样地 7
10	K_{t_i}	1.67	1.35	1.06	0.50	0.34	0.82	—
	K_{10}	1.09	0.90	0.72	0.33	0.24	0.56	3.38
20	K_{t_i}	1.17	0.93	0.88	0.77	0.48	0.85	—
	K_{10}	0.80	0.61	0.60	0.51	0.33	0.57	2.41
30	K_{t_i}	0.90	0.69	0.42	0.58	0.48	0.64	—
	K_{10}	0.62	0.46	0.29	0.39	0.33	0.42	—
40	K_{t_i}	0.72	0.50	0.64	0.61	0.42	0.56	—
	K_{10}	0.49	0.33	0.44	0.40	0.29	0.37	—
50	K_{t_i}	0.66	0.50	0.40	0.32	0.48	0.72	—
	K_{10}	0.46	0.33	0.27	0.21	0.33	0.47	—
平均	K_{t_i}	1.02	0.80	0.68	0.56	0.44	0.72	—
	K_{10}	0.69	0.53	0.47	0.37	0.30	0.48	—

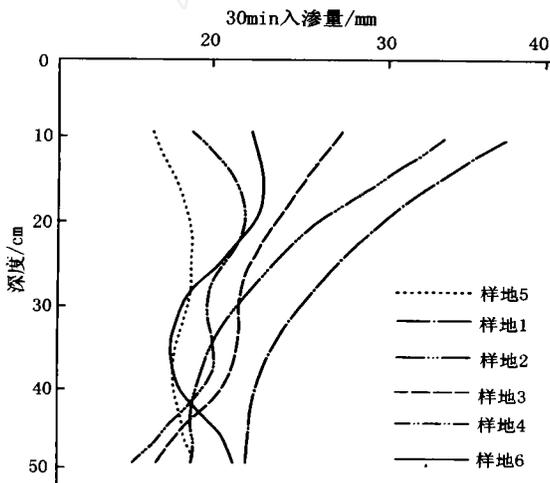


图 4 各样地总入渗量

3.2.2 植被演替年限与土壤稳渗速率 设农地植被演替年限 $t=0$, 即植被恢复起始时间。分析植被恢复年限与土壤 10 时的稳渗速率 K_{10} 发现, 在植被恢复 20 a 以内, 土壤 0—10, 10—20, 20—30 及 0—50 cm 平均 K_{10} 与其演替年限呈线性正相关(图 5) 可以用一元一次方程来定量描述。由入渗速率—演替时间方程可以估测不同退耕阶段的土壤入渗能力, 定量评价植被重建对土壤渗透性能的改善状况。估测方程的斜率 K 反映了渗透系数增加的速度(图 6)。由图 5 可见, 0—10 cm 土壤 10 时稳渗速率随时间增加的速度达到 0.0369, 而 10—20 cm 深为 0.0159, 是表层 20 cm 处的 2.3 倍, 30 cm 处入渗速率增加率为表

层的 30%。40—50 cm 及其更深层的 K_{10} 没有表现出随年限增加而改善的趋势, 反映出在 20 a 退耕时期内, 植被改善入渗能力的有效深度小于 40 cm。

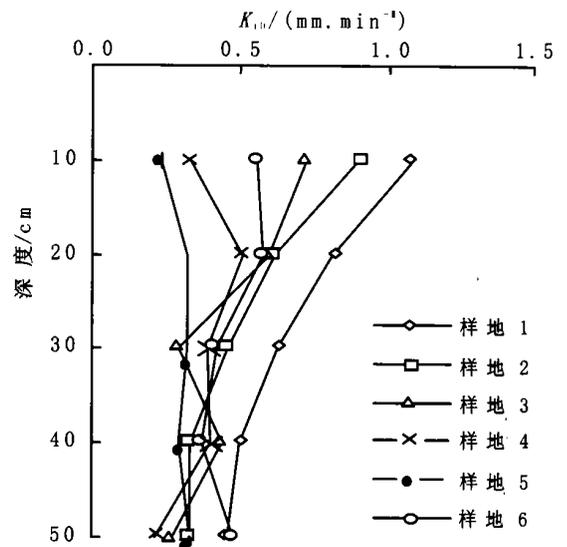


图 5 各样地土壤稳渗速率

黄土丘陵区草地入渗能力最大可达多少?据李勇研究, 子午岭草地表层 0—10 cm 处 K_{10} 可达 3.38 mm/m in, 10—20 cm 为 2.14 mm/m in^[8]。本研究测定入渗的方法与李勇采用的相同, 均为渗透筒法, 因此数据是可比的。由此将李勇测的百年永久草地值合并, 设农地演替年限 $t=0$, 发现渗透系数与植被恢复年限仍存在极显著正相关关系(表 4, 图 6—7)^[6]。

表 4 与农地比较不同恢复阶段草地强化土壤渗透性效应

土层深度 / cm	荒坡 1		荒坡 2		荒坡 3		荒坡 4		沙打旺	
	K_{t_i}	K_{10}								
0—10	1.326	0.850	1.008	0.661	0.716	0.489	0.159	0.098	0.477	0.320
10—20	0.690	0.479	0.451	0.289	0.398	0.272	0.290	0.180	0.371	0.248
20—30	0.424	0.296	0.212	0.131	0.053	0.033	0.106	0.064	0.159	0.096
30—40	0.292	0.201	0.080	0.040	0.212	0.146	0.186	0.111	0.133	0.076
40—50	0.186	0.125	0.027	0.001	0.080	0.058	0.159	0.122	0.239	0.142

注: K_{t_i} = 土壤渗透性强化值, K_{10} = 10 时土壤渗透性强化值。

0—20 cm 土层稳渗速率 K_0 与退耕年限(t) 关系:

$$K_{10} = 0.0199t + 0.3962 \quad r = 0.9907 \quad (0 \leq t \leq 100) \quad (5)$$

式(4), (5)与图 6 中方程无明显差异。这 2 个方程为土壤入渗能力定量评估及强化土壤入渗性的土壤保育措施提供了科学依据。由方程估算, 在黄土丘陵区农地退耕后土壤表层渗透能力每 1 a 可提高 0.034 mm/m in, 每 3 a 可提高入渗能力 0.1 mm。恢复植被以改善土壤渗透性能, 强化降雨就地入渗是完全可行的。

[参 考 文 献]

- [1] 朱显谟 黄土高原土地的国土整治问题[J]. 水土保持通报, 1984, 14(4): 1—4
- [2] 袁建平, 张素丽, 张春燕, 等 黄土丘陵区小流域土壤稳定入渗速率空间变异[J]. 土壤学报, 2001, 38(4): 579—583
- [3] 刘光崧 土壤理化分析与剖面描述[M]. 北京: 中国标准出版社, 1996
- [4] 蒋定生, 等 黄土高原水土流失与治理模式[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 1997
- [5] 王国梁, 刘国彬, 常欣, 等 黄土丘陵区小流域植被建设的土壤水文效应[J]. 自然资源学报, 2002, 17(3): 339—344
- [6] 李勇, 朱显谟, 田积莹 黄土高原植物根系提高土壤抗冲性的有效性[J]. 科学通报, 1991, 36(12): 935—938
- [7] 朱显谟 强化黄土高原土壤渗透及抗冲性研究[J]. 水土保持学报, 1993, 7(3): 1—10
- [8] 蒋定生, 黄国俊 黄土高原土壤入渗速率的研究[J]. 土壤学报, 1986, 23(4): 209—304
- [9] 刘国彬, 梁一民 黄土高原草地植被恢复与土壤抗冲性形成过程[J]. 水土保持研究, 1997(5): 103—104
- [10] 王国良, 刘国彬, 周生路 黄土丘陵沟壑区小流域植被恢复对土壤稳定入渗的影响[J]. 自然资源学报, 2003, 18(5): 529—535

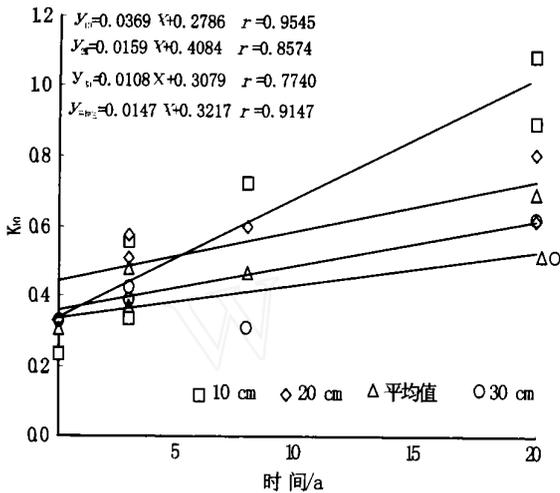


图 6 土壤入渗速率与植被恢复时间的关系

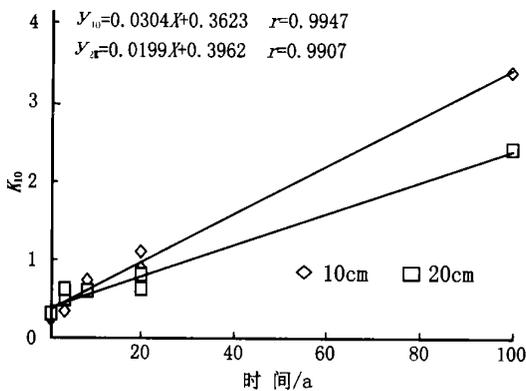


图 7 土壤入渗速率与植被恢复时间的关系(据李勇资料)

0—10 cm 土层稳渗速率 K_0 与退耕年限(t) 关系:

$$K_{10} = 0.0304t + 0.3623 \quad r = 0.9947 \quad (0 \leq t \leq 100) \quad (4)$$