

翻耙干扰下生物结皮对水分入渗及土壤侵蚀的影响

叶菁¹, 卜崇峰^{1,2}, 杨永胜¹, 张朋²

(1. 中国科学院水利部水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100; 2. 西北农林科技大学水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100)

摘要: 为改善生物结皮对土壤水分的负面影响, 通过野外定位观测试验, 从水分入渗、产流产沙两方面探讨黄土高原水蚀风蚀交错区生物结皮在 3 种翻耙强度下的水土保持效应。结果表明: (1) 相比裸土, 生物结皮对入渗和径流的表现形式并非单一的增加或减少, 在雨季初期增渗减流, 随雨季推进入渗减少, 径流增加; (2) 翻耙生物结皮促进入渗, 减少径流。同裸地对照相比, 轻度翻耙结皮增渗 15.0%, 减流 22.6%, 中度翻耙结皮增渗 36.6%, 减流 29.3%, 重度翻耙结皮增渗 14.4%, 减流 9.6%; (3) 翻耙生物结皮对泥沙量有显著影响。与裸地相比, 轻度翻耙结皮减少泥沙量 54.8%, 中度翻耙结皮减少泥沙量 45.5%, 重度翻耙结皮减少泥沙量 10.4%。综合考虑入渗和土壤侵蚀认为, 轻度、中度翻耙生物结皮可以在不明显增加土壤侵蚀的前提下, 促进入渗, 减少径流, 改善土壤水分状况。

关键词: 生物结皮; 翻耙; 入渗; 径流泥沙

中图分类号: S157.1; S152.7

文献标识码: A

文章编号: 1009-2242(2015)03-0022-05

DOI: 10.13870/j.cnki.stbcxb.2015.03.005

Influences of Biological Soil Crusts on Water Infiltration and Soil Erosion Under Harrowing Disturbance

YE Jing¹, BU Chongfeng^{1,2}, YANG Yongsheng¹, ZHANG Peng²

(1. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi 712100; 2. Institute of Soil and Water Conservation, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100)

Abstract: In order to improve the effects of biological soil crusts on soil moisture condition, we studied the soil and water conservation effects of biological soil crusts (BSCs) from two aspects (water infiltration and yield of runoff and sediment) under 3 harrowing intensities in the wind-water erosion crisscross region on the Loess Plateau, based on located field observation. The results were as follows: (1) Compared to impacts of bare soil, effects of BSCs on water infiltration and runoff showed temporal variations, which increased infiltration and decreased runoff at the early stage of rainy season, while showed an opposite effects in the later period of rainy season. (2) The harrowing BSCs reduced runoff and increased water infiltration. Compared to the control treatment (bare soil), mild-harrowing BSCs reduced runoff by 22.6% and increased infiltration by 15.0%, while moderate-harrowing BSCs reduced runoff by 29.3% and increased infiltration by 36.6% and severe-harrowing BSCs reduced runoff by 9.6% and increased infiltration by 14.4%. (3) The harrowing BSCs had significant effects on sediment. Compared to the control, mild-harrowing BSCs reduced sediment by 54.8%, moderate-harrowing BSCs reduced sediment by 45.5% and severe-harrowing BSCs reduced sediment by 10.4%. Considering the changes of infiltration and soil erosion, we can conclude that BSCs with mild and moderate harrow intensity could promote infiltration, reduce runoff and improve soil moisture conditions without leading to obvious increases of soil erosion.

Key words: biological soil crusts; harrowing; infiltration; runoff and sediment

生物土壤结皮 (biological soil crusts, BSCs) 简称生物结皮, 是由微生物、藻类、地衣、苔藓等生物及其代谢产物与土壤颗粒胶结而成的结构复杂的复合体^[1]。生物结皮是干旱半干旱区地表的重要覆盖类型, 同时, 它也是植被演替的基础^[2]。生物结皮通过其生理代谢方式影响并改变周围环境, 具有稳定土壤

表面、增强抵抗水蚀风蚀能力、改善土壤养分和促进土壤发育等重要生态功能。入渗决定降水或灌溉水进入土壤的数量, 支配着土壤水动态, 影响到水分的收支, 以及深层贮水, 成为土壤水分研究的重要内容^[3]。生物结皮作为半干旱区地表常见活性覆盖物, 其水平方向稳定的层状结构显著影响着土壤的水分

收稿日期: 2014-12-14

基金项目: 国家自然科学基金项目 (41071192, 40701096); 中国科学院西部之光人才项目; 西北农林科技大学科研专项 (2014YQ006)

第一作者: 叶菁 (1989—), 女, 江西赣州人, 硕士研究生, 主要从事生物土壤结皮研究。E-mail: yejing3306@163.com

通信作者: 卜崇峰 (1977—), 男, 陕西榆林人, 博士, 副研究员, 主要从事生物土壤结皮与水土保持工程研究工作。E-mail: buchongfeng@163.com

物理性质,尤其是土壤的渗透性^[4]。目前,虽然国内外学者就生物结皮对其下方土壤入渗的影响做了一些研究,但因所选研究区域、生物结皮类型、试验条件、测定工具、方法以及所用对照类型等的不统一^[5-6],所得研究结果存在很大分歧,大致可归纳为促进、降低以及无明显影响3种。值得注意的是,越来越多的研究发现发育成熟稳定的生物结皮减少入渗,增加径流^[7-8],这对水土保持的防治是非常不利的。有学者提出适当的破坏生物结皮可改善土壤水分状况,但是对生物结皮具体如何破坏,破坏多少才合适未做深入分析。此外,已有研究表明,干扰降低生物结皮的盖度和结皮种类,同时降低土壤中生物多样性和土壤稳定性^[9-13]。为了找出最适干扰强度,最大限度改善土壤水分状况,本研究开展生物结皮干扰试验。在目前禁止放牧的黄土高原地区,人类是主要的干扰者,人类活动最终导致生物结皮破裂。翻耙生物结皮能达到结皮破裂的目的,因此,移植自然条件下发育成熟稳定的生物结皮构建坡面径流小区,探讨不同翻耙干扰强度下生物结皮的水土保持效应的差异,明确生物结皮干扰的积极意义与消极作用,这对科学管理生物结皮资源具有重要的实践价值。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

研究区位于黄土高原陕北神木县境内六道沟小流域,范围为东经 $110^{\circ}21'$ — $110^{\circ}23'$,北纬 $38^{\circ}46'$ — $38^{\circ}51'$,流域面积 6.89 km^2 ,主沟道南北走向,长 4.21 km ,属窟野河二级支流。该流域海拔 $1\ 094.0\sim 1\ 273.9\text{ m}$ ^[14],地处晋陕蒙接壤区,地理位置上既属于黄土高原向毛乌素沙漠过渡、森林草原向典型干旱草原过渡的过渡地带,又属于流水作用的黄土丘陵区向干燥剥蚀作用的鄂尔多斯高原过渡的水蚀风蚀交错带,年侵蚀模数达 $10\ 000\text{ t/km}^2$ ^[15],是黄土高原北部水土流失最为严重的区域。冬春季干旱少雨多风沙,夏秋多雨且暴雨频繁,多年平均降雨量为 408.5 mm ,其中6—9月份降水量占全年的 80.93% 且多为大暴雨^[16]。流域内主要土壤为绵沙土、新黄土、红土、风

沙土和坝地淤土等,主要植被有小叶杨(*Populus simonii*)、达乌里胡枝子(*Lespedeza davurica*)、草木樨状黄芹(*Astragalus melilotoides*)、阿尔泰狗娃花(*Heteropappus altaicus*)、硬质早熟禾(*Poa sphondylodes*)、芨蒿(*Artemisia giraldii*)、沙蒿(*Artemisia ordosica*)、铁杆蒿(*Artemisia gmelinii*)、紫苜蓿(*Medicago sativa*)、长芒草(*Stipa bungeana*)、柠条锦鸡儿(*Caragana korshinskii*)等。流域内生物结皮主要为发育较为稳定的苔藓结皮,主要分布水分条件较好的梁峁坡或梁梁峁顶上,据调查,结皮盖度大多介于 $60\%\sim 70\%$,沙地地表生物结皮分布主要分布于背风坡或水分条件较好的中、下坡位以及丘间低地,且多成片发育,而非耕作性黄土地表生物结皮主要分布于植物群落间隙,呈现出斑块状分布。

1.2 研究方法

1.2.1 小区布设 选择典型坡面于2014年4月修建15个坡面径流小区,移植非耕作性黄土地表发育稳定的生物结皮原状土层(6 cm)到12个小区,生物结皮主要组成是苔藓结皮。每个小区长、宽依次为 2 m , 1 m ,坡向北偏西,坡度为 15° ,中部位置安装 2 m 长的TDR测管,用于测定土壤剖面水分含量;底部出口处安装小型集流桶,收集次降雨产生的径流和泥沙。待生物结皮生长恢复到正常生长状态,于2014年6月25日对生物结皮进行翻耙干扰。翻耙干扰以钢板尺尺端划破深 1 cm 结皮表土,模拟生产实践中人类活动对生物结皮层的破碎扰动。为了更好控制干扰强度,以翻耙结皮产生的地表裂隙面积表示翻耙强度。据多次翻耙得出纵向划过1条 2 m 长的裂隙产生的裂隙面积平均为 0.1 m^2 。因此,轻度翻耙以用钢板尺纵向划3次,横向划6次,地表裂隙面积 0.6 m^2 ,占小区总面积(2 m^2)的 30% ;中度翻耙以用钢板尺纵向划6次,横向划12次,地表裂隙面积 1.2 m^2 ,占小区总面积的 60% ;重度翻耙以用钢板尺纵向划9次,横向划18次,地表裂隙面积 1.8 m^2 ,占小区总面积的 90% 。每个处理3个重复,上中下3排。每排处理和小区规格见图1。表1为试验小区0—10 cm结皮表层基本情况。

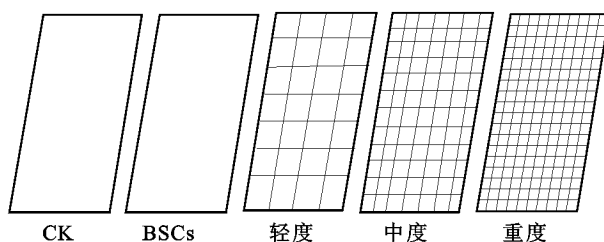
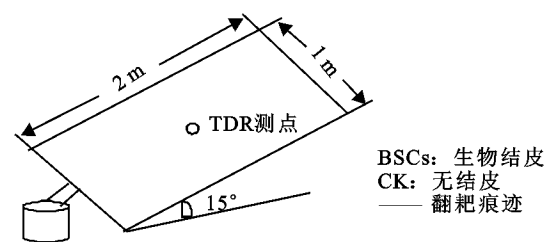


图1 翻耙处理及小区规格



1.2.2 测定项目与方法 试验监测选择在2014年7—10月(雨季)进行,使用TDR(TRIME-IPH)测定小区中部 180 cm 剖面水分,测定间距为 10 cm 。在预报有降雨情况下,在降雨前、后的 24 h 内加测土壤

含水量,用次降雨前、后土壤储水量的差值表示入渗量(mm)。在每场降雨结束后,降雨量采用标准雨量计观测获取。用量筒测定径流桶中的径流体积,利用称重法计算径流中泥沙含量,计算公式参考文献

[17]。为方便起见引入无量纲的径流调控率和泥沙调控率指标。径流调控率是指各处理的平均径流量相对于 CK 的变化百分率,泥沙调控率是指各处理的平均泥沙含量相对于 CK 的变化百分率,计算公式为:

$$\text{径流调控率} = (V_{\text{处理}} - V_{\text{CK}}) / V_{\text{CK}} \times 100$$

$$\text{泥沙调控率} = (M_{\text{处理}} - M_{\text{CK}}) / M_{\text{CK}} \times 100$$

式中: V 为径流深 (mm); M 为径流中泥沙含量 (g/m^2)。其绝对值表示调控作用的大小,“-”、“+”分别表示相对于无结皮 CK 减少、增加的百分数。

试验数据运用 Excel 2010 和 SPSS 16.0 软件进行单因素 ANOVA 分析。

表 1 试验小区基本情况

处理	处理编号	土壤容重/ ($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)	土壤饱和导水率/ ($\text{cm} \cdot \text{S}^{-1}$)	土壤饱和含水量/%	生物结皮盖度/%	生物结皮厚度/mm	苔藓植株高度/mm	抗剪强度/ ($\text{kg} \cdot \text{cm}^{-2}$)
无结皮	I	1.43±0.04	4.9±0.4	35.2±0.3	0	0	0	2.4±0.9
生物结皮	II	1.36±0.07	4.8±0.3	36.3±0.5	86.3±5.5	10.3±1.5	4.0±0.3	3.4±1.0
轻度翻耙	III	1.39±0.06	5.6±0.6	36.6±0.4	78.1±7.4	10.4±1.5	3.5±0.8	3.3±0.9
中度翻耙	IV	1.38±0.06	5.8±0.8	37.0±0.8	76.4±2.3	9.3±1.6	3.1±0.3	2.5±0.9
重度翻耙	V	1.34±0.15	6.3±0.6	36.8±1.1	67.0±7.5	10.6±1.4	2.6±0.3	2.5±0.8

注:(1)结皮厚度、苔藓株高用游标卡尺测定,为平均值±标准差($n=12,60$);(2)抗剪强度为在地表干燥状态下由袖珍剪力测量仪测定,为平均值±标准差($n=18$);(3)其余指标于实施干扰后的 1 个星期(2014 年 6 月 29 日)利用常规方法测定,为平均值±标准差($n=3$),利用目估法和 Image J 1.48v 处理结皮小区照片获得结皮盖度。

2 结果与讨论

2.1 翻耙强度对入渗的影响

通过监测整个观测期(2014 年 7—10 月)12 次产流降雨前后土壤剖面水分含量,计算出各次降雨的水分入渗量,结果见表 2 所示。可以看出,除 2014 年 9 月 23 日水分入渗量各处理间差异不显著外,其余 11 次产流降雨下的水分入渗量均差异显著。对比处理 I(无结皮 CK)与处理 II(生物结皮)各次降雨水分入渗量可知,整个观测期内处理 II 有 2 次显著高于 CK,1 次显著低于 CK,表明生物结皮并非单一的促进或是抑制水分的入渗。但就入渗量总和而言,处理 II 与 CK 差异不显著,减少总入渗量 1.5%,说明总体上生物结皮阻碍水分入渗。处理 III(轻度翻耙结皮)在 12 次产流降雨中水分入渗量有 10 次高于处理 I(CK),且入渗总量相比 CK,增加 15.0%,表明轻度翻耙生物结皮能够促进水分入渗。处理 IV(中度翻耙结皮)12 次产流降雨水分入渗量都高于处理 I(CK),总入渗量显著高于 CK,表明中度翻耙生物结皮能够显著增加水分入渗(增幅 36.6%)。处理 V(重度翻耙结皮)总入渗量相比 CK,增渗 14.4%。由此可知,不同强度的翻耙干扰生物结皮对降雨入渗具有明显促进作用,作用强弱随干扰强度递增呈现为先

增加后减少的趋势变化。

在入渗总量上,生物结皮与无结皮对照无显著差异(表 2),这与李莉等人的研究结果^[18-19]一致。分析原因,可能与降雨强度、生物结皮本身致密结构、土壤含水量状况及复杂多变野外条件有关。经过不同强度翻耙后的生物结皮对水分入渗有明显的促进作用,一方面是由于翻耙直接作用于生物结皮层土壤,使表层土壤疏松,通气透水性增强,利于水分向下渗透。另一方面,翻耙干扰能够破坏生物结皮致密结构,减少其对水分利用的负面影响,从而增加土壤的水分吸收。翻耙强度是造成入渗量差异的主要原因,随翻耙强度增加水分入渗量表现为先增加后降低的趋势。一般而言,翻耙强度越大,表土的孔隙度也越大,通气透水性越强,但高强度的翻耙干扰严重破坏生物结皮生长。据调查,重度翻耙干扰后苔藓结皮盖度逐渐降低,物理性结皮盖度逐渐增加。这主要是因为翻耙后疏松的表土在雨强度较大的雨滴的打击下大团聚体破碎,土壤颗粒重新排列形成物理性结皮。相关研究表明,物理性结皮层表面相对光滑,强度大,导水性和稳定性较差,降低土壤水分入渗,增加径流^[20-21]。因此,总体上,重度翻耙结皮处理水分入渗总量小于中度和轻度翻耙结皮处理。

表 2 2014 年观测期次降雨后各处理入渗量

mm

处理	7-09	7-11	7-14	7-16	7-29	8-04	8-27	9-01	9-11	9-16	9-23	10-01	入渗总量
I	4.4a	1.0a	2.1a	2.1a	10.1b	3.8a	11.0a	4.1a	6.7b	3.5a	0.9a	3.6a	53.3a
II	4.8a	2.2bc	2.8a	1.6a	9.2a	3.5a	10.6a	4.3a	5.7a	3.3a	1.0a	3.5a	52.5a
III	5.7b	1.5ab	2.6a	3.2b	10.4b	5.6b	10.9a	5.7b	7.5c	2.5a	1.1a	4.6ab	61.3b
IV	6.7c	2.0bc	2.2a	2.2a	12.3c	6.4b	13.2c	7.5c	8.3c	4.5b	1.2a	6.2c	72.8c
V	5.2ab	2.7c	3.9b	2.0a	10.2b	4.1a	12.3b	5.4b	6.5ab	3.0a	0.6a	5.1bc	61.0b

注:同列数据后相同字母表示差异不显著($p < 0.05$)。

2.2 翻耙强度对地表径流量的影响

整个观测期(2014 年 7—10 月)共计产流 12 次,产流降雨共计 208.0 mm,占整个观测期总降雨量的

66.5%。观测期间各处理地表径流量见表 3。从表 3 可以看出,在前 3 次(雨季初期)降雨雨强较小(≤ 5.4 mm/h)时处理 II 平均地表径流量显著小于处理 I

(CK),随雨季推进,处理Ⅱ平均地表径流量逐渐高于对照,但统计上未达显著水平。通过计算地表径流总量,处理Ⅱ与处理Ⅰ(CK)差异不显著;处理Ⅲ在12次产流降雨中有6次地表径流深显著低于处理Ⅰ(CK),其余6次不显著(表3),径流总量是无结皮对照的0.77倍,即减少径流22.6%。处理Ⅳ在整个观

测期间地表径流量均小于处理Ⅰ(CK),其中9次显著,3次不显著,总径流量相比CK降低29.3%。这意味着轻度、中度翻耙生物结皮能够明显减少地表径流。处理Ⅴ地表径流总量相比CK减少9.6%,因此,不同强度的翻耙干扰提高了生物结皮减少地表径流的能力,尤其是中度翻耙生物结皮减流效益最大。

表3 次降雨后各处理的径流量和泥沙量

观测日期 (月-日)	雨量/ mm	雨强/ (mm·h ⁻¹)	径流深度/mm					泥沙量/(g·m ⁻²)				
			处理Ⅰ	处理Ⅱ	处理Ⅲ	处理Ⅳ	处理Ⅴ	处理Ⅰ	处理Ⅱ	处理Ⅲ	处理Ⅳ	处理Ⅴ
7-09	19	0.9	0.6c	0.2b	0a	0a	0.2b	16.6d	5.8b	0a	0a	9.9c
7-11	5.4	1.0	0.9d	0.3b	0.4c	0.4c	0.2a	20.0c	7.1a	8.8a	15.2b	18.6c
7-14	7.4	5.4	1.0b	0.2a	0.1a	0.1a	0.1a	20.7c	1.9a	3.6a	8.3b	10.8b
7-16	14.2	16.3	3.7a	3.6a	2.7a	3.0a	3.3a	47.2d	23.6ab	20.5a	26.7b	38.5c
7-29	30.8	15.4	5.2b	5.3b	4.5ab	4.1a	5.1b	44.3c	21.2a	29.8b	34.1b	46.4c
8-04	15.4	12.7	4.8b	5.1b	3.7a	3.7a	4.5ab	63.3b	21.8a	23.7a	22.1a	64.4b
8-27	49.4	10.5	8.0bc	8.9c	8.1bc	6.9a	7.9b	152.1d	85.7ab	80.3a	95.8b	140.8c
9-01	10.8	1.5	1.5bc	2.0c	1.0ab	0.7a	1.5bc	7.4c	1.4a	3.6b	2.2ab	6.5c
9-11	18.6	9.5	0.2b	0.2b	0a	0a	0.3b	2.3b	1.7ab	0a	0a	1.7ab
9-16	12.2	7.6	0.1a	0.1a	0.1a	0.1a	0.3b	1.6a	0.8a	0.8a	0.9a	1.2a
9-23	8.4	11.5	0.4bc	0.3b	0.1a	0.1a	0.4c	2.2c	0.8ab	0.4a	1.3abc	1.7bc
10-01	16.4	5.4	0.6ab	0.9b	0.2a	0.1a	0.7b	4.4b	1.6a	1.4a	1.6a	2.1a
总和	208.0	—	27.0c	27.1c	20.9a	19.1a	24.4b	382.3b	173.2a	172.8a	208.5a	342.5b

注:同行数据后相同字母表示差异不显著($p < 0.05$)。

表4是各处理相对于无结皮对照的地表径流调控率和泥沙调控率。由表4可以看出,在雨季初期(2014年7月份)处理Ⅱ径流调控率为负值,说明生物结皮在雨季初期减少地表径流,相应的水分入渗量增加,随雨季的推进,径流调控率为正值,即增加地表径流。研究发现生物增加地表径流,是导致土壤侵蚀退化的重要原因之一。处理Ⅲ地表径流调控率整体上呈现出先增大后减小的趋势。在雨季初期和后期(2014年9月和10月),轻度翻耙结皮对径流的调控作用明显,而在雨季中期径流调控

作用相对较小。处理Ⅳ径流调控率在整个雨季均为负值,即中度翻耙结皮处理表现出明显的减流增渗作用。处理Ⅴ径流调控率在2014年7—8月为负值,呈现出减流作用,之后的5次产流降雨中有3次为正,即增加径流。分析原因:经过轻度、中度翻耙干扰后的生物结皮,由于翻耙改变了结皮土壤的地表状况,水分入渗增多,地表径流量明显降低,而重度翻耙结皮由于翻耙强度大于苔藓结皮恢复能力,在整个观测期苔藓结皮处于退化阶段,地表径流量高于轻度和中度翻耙处理。

表4 各处理的地表径流调控率和泥沙调控率

观测日期 (月-日)	地表径流调控率/%				泥沙调控率/%			
	处理Ⅱ	处理Ⅲ	处理Ⅳ	处理Ⅴ	处理Ⅱ	处理Ⅲ	处理Ⅳ	处理Ⅴ
7-09	-69.0	-100.0	-100.0	-68.5	-65.3	-100.0	-100.0	-40.6
7-11	-70.3	-55.1	-62.7	-79.9	-64.6	-55.9	-24.1	-7.5
7-14	-85.1	-93.7	-87.6	-92.2	-90.7	-82.8	-60.1	-48.2
7-16	-2.7	-26.4	-20.1	-11.8	-50.3	-57.0	-43.9	-19.0
7-29	0.2	-14.5	-22.5	-2.1	-52.2	-33.0	-23.0	4.8
8-04	6.5	-22.7	-23.3	-7.1	-65.7	-62.5	-65.1	1.7
8-27	12.0	1.7	-13.0	-0.4	-44.1	-47.2	-37.0	-7.4
9-01	30.5	-31.5	-52.7	-1.8	-81.6	-50.9	-64.8	-12.5
9-11	59.0	-100.0	-100.0	66.7	-28.6	-100.0	-100.0	-28.6
9-16	0.4	-2.0	-42.6	17.0	-49.4	-49.4	-46.0	-24.3
9-23	-13.6	-71.6	-74.5	16.6	-63.0	-81.5	-39.9	-26.2
10-01	41.5	-75.3	-78.5	-38.8	-64.8	-68.7	-63.6	-51.9

2.3 翻耙强度对径流中泥沙含量的影响

径流中泥沙含量与地表径流量密切相关,通过计算上述12次产流降雨地表径流中的泥沙含量,见表3。由表3可以看出,12次产流降雨中处理Ⅱ有10次显著低于处理Ⅰ(CK),表明生物结皮具有明显减少泥沙量的作用。处理Ⅲ和处理Ⅳ泥沙量在整个观测

期内11次显著低于CK。与CK相比,轻度翻耙结皮处理的泥沙总量减少54.8%,中度翻耙结皮处理的泥沙总量减少45.5%。处理Ⅴ泥沙含量在整个雨季有7次与处理Ⅰ(CK)差异不显著,泥沙总量比CK减少10.4%,但显著高于处理Ⅱ,说明重度翻耙生物结皮虽然促进入渗,但也造成土壤侵蚀中泥沙量明显增

加,改变了原先土壤侵蚀的格局。

通过计算各处理泥沙调控率(表 4)发现,处理 V 泥沙调控率在 2014 年 7 月 29 日和 8 月 4 日分别为 4.8% 和 1.7%,意味着重度翻耙生物结皮可能会增加泥沙含量。处理 II、III、IV 泥沙调控率全为负值,且泥沙调控值差别不大,表明轻度翻耙、中度翻耙后的生物结皮对泥沙的调控作用依然非常明显。分析原因,可能是因为结皮中菌丝体和微生物分泌物具有黏结和固定土壤作用^[22],使其能够有效地抵御降雨过程中雨滴的击打和冲刷,减少土壤表层沉积的损失^[23]。由于轻度、中度翻耙下的生物结皮生长并未受到明显的抑制,抵御降雨冲刷能力依然比较大,因此径流中泥沙含量并未显著增加。重度翻耙结皮下结皮生长受到明显抑制,结皮减蚀作用小,加上表层土壤疏松,造成泥沙含量大于轻度、中度翻耙结皮处理,具有加剧土壤侵蚀的潜在危害。

综合考虑入渗和土壤侵蚀认为:轻度、中度翻耙能在不明显加剧土壤侵蚀的前提下增渗减流,改善土壤水分状况,进而带来加速生态系统正向演替的积极意义。但是,生物结皮在不同干扰方式、干扰强度下对土壤侵蚀的调控作用存在很大差异,最适干扰强度与具体干扰方式密切相关。因此,针对某种具体干扰方式,如践踏、枯落物覆盖等,采取多大干扰强度生物结皮才能发挥最大生态效益,需开展更多更深入的研究工作。

4 结论

(1)总体上,生物结皮在雨季初期促进入渗,减少径流,随雨季推进,阻碍入渗,增加径流。不同翻耙强度下的生物结皮有不同程度的增渗减流。其中,中度翻耙结皮增渗减流作用最大,轻度翻耙结皮次之,重度翻耙结皮最小。

(2)轻度、中度翻耙结皮显著降低泥沙含量,重度翻耙结皮则不能显著降低泥沙含量。

(3)综合考虑入渗和土壤侵蚀认为,轻度、中度翻耙能在不明显加剧土壤侵蚀的前提下增渗减流,改善土壤水分状况。

参考文献:

[1] 卜崇峰,张朋,叶菁,等. 陕北水蚀风蚀交错区小流域苔藓结皮的空间特征及其影响因子[J]. 自然资源学报, 2014, 29(3): 490-497.

[2] 包艳丽,刘左军. 生物土壤结皮的研究进展[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(8): 4667-4668, 4691.

[3] 王晓燕,高焕文,杜兵. 用人工模拟降雨研究保护性耕作下的地表径流与水分入渗[J]. 水土保持通报, 2000, 20(3): 23-25.

[4] 王翠萍,廖超英,孙长忠,等. 黄土地表生物结皮对土壤贮水性能及水分入渗特征的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2009, 27(4): 54-59, 64.

[5] 肖波,赵永格,邵明安. 陕北水蚀风蚀交错区 2 种生物结皮对土壤饱和导水率的影响[J]. 农业工程学报, 2007, 23(12): 35-40.

[6] 李新荣,贾玉奎,龙利群,等. 干旱半干旱地区土壤微生物结皮的生态学意义及若干研究进展[J]. 中国沙漠, 2001, 21(1): 7-14.

[7] 李莉. 黄土区生物结皮移除干扰的土壤水分效应[D]. 陕西 杨凌:西北农林科技大学, 2010.

[8] 肖波,赵允格,邵明安. 黄土高原侵蚀区生物结皮的人工培育及其水土保持效应[J]. 草地学报, 2008, 16(1): 28-33.

[9] 梁少民,吴楠,王红玲,等. 干扰对生物土壤结皮及其理化性质的影响[J]. 干旱区地理, 2005, 28(6): 818-823.

[10] 吴楠,王红玲,张静,等. 古尔班通古特沙漠生物结皮中微生物分布的时空差异[J]. 科学通报, 2006, 51(1): 100-107.

[11] 戎郁萍,韩建国,王培,等. 放牧强度对草地土壤理化性质的影响[J]. 中国草地, 2001, 23(4): 41-46.

[12] 张蕴薇,韩建国,李志强. 放牧强度对土壤物理性质的影响[J]. 草地学报, 2002, 10(1): 74-78.

[13] 肖波,赵允格,邵明安. 陕北水蚀风蚀交错区 2 种生物结皮对土壤理化性质的影响[J]. 生态学报, 2007, 27(11): 4662-4670.

[14] Tang K L. Importance and urgency of harnessing the interlocked area with both water and wind erosion in the Loess Plateau[J]. Soil and Water Conservation in China, 2000, 224(11): 11-12, 17.

[15] 成向荣,黄明斌,邵明安. 神木水蚀风蚀交错带主要人工植物细根垂直分布研究[J]. 西北植物学报, 2007, 27(2): 321-327.

[16] Cha X, Tang K L. Study on comprehensive control model of small watershed ecoenvironment in water and wind crisscrossed erosion zone [J]. Journal of Natural Resources, 2000, 15(1): 97-100.

[17] 路炳军,袁爱萍,章文波. 径流小区集流桶(池)泥沙含量快速测定方法探讨[J]. 水土保持通报, 2009, 29(2): 15-17.

[18] 张侃侃,卜崇峰,高国雄. 黄土高原生物结皮对土壤水分入渗的影响[J]. 干旱区研究, 2011, 28(5): 808-812.

[19] 李莉,孟杰,杨建振,等. 不同植被下生物结皮的水分入渗与水土保持效应[J]. 水土保持学报, 2010, 24(5): 105-109.

[20] 高燕,郑粉莉,王彬,等. 土壤结皮对黑土区坡面产流产沙的影响[J]. 水土保持研究, 2014, 21(4): 17-20.

[21] 卜崇峰,蔡强国,张兴昌,等. 黄土结皮的发育机理与侵蚀效应研究[J]. 土壤学报, 2009, 46(1): 16-23.

[22] 李聪会,朱首军,陈云明,等. 黄土丘陵区生物结皮对土壤抗蚀性的影响[J]. 水土保持研究, 2013, 20(3): 6-10.

[23] 秦宁强. 黄土丘陵区生物土壤结皮对降雨侵蚀力的响应及影响[D]. 陕西 杨凌:西北农林科技大学, 2012.