

## 纸坊沟流域狼牙刺对土壤物理性状的影响

卜崇峰<sup>1,2</sup>, 刘国彬<sup>1,2</sup>, 戴全厚<sup>1,2</sup>

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

**摘 要:** 于 2002 年 5 月份, 在陕北黄土区纸坊沟流域选择狼牙刺典型样地, 以柠条、撂荒地作为对照。对各地块 0~20 cm 表层土的容重、饱和导水率、水稳性团聚体含量等进行测定。结果分析表明: 在 0~20 cm 土层上, 狼牙刺对 >2 mm 的水稳性团聚体含量有明显增加作用; 对容重、孔隙度影响不明显; 年水分动态监测表明, 狼牙刺耗水作用强烈, 生长期总耗水量可达 790 mm; 耗水深度在 2.5 m 左右。

**关键词:** 狼牙刺; 物理性状; 水分效应

中图分类号: S152

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2003)02-0025-03

## Study on the Effect of *Sophora Viciifolia* on the Physical Characteristics of Soil

BU Chong-feng<sup>1,2</sup>, L U Guo-bin<sup>1,2</sup>, DA I Quan-hou<sup>1,2</sup>

(1. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources,  
2. Northwestern Sci-tech University of Agriculture and Forestry, Yangling 712100, Shaanxi, China)

**Abstract:** The typical sample plot with *Sophora viciifolia* was taken as research object in the Zhifanggou catchment of the hilly-gully Loess Plateau in July 2002. Several soil characteristics such as soil bulk density, permeability and water stable aggregate were measured. Compared with the equivalent characteristics of Caragana land and fallow land, the result showed that *Sophora viciifolia* could significantly increase the content of water stable aggregate with the diameter of > 2 mm in top soil profile (0~20 cm). No obvious effect on bulk density and porosity was found. The temporal measurement to soil water content in soil profile demonstrated water consumption in the *Sophora viciifolia* land was great; the whole water consumption is about 790 mm; and the consumed depth could reach to 2.5 m.

**Key words:** *Sophora viciifolia*; physical characteristic of soil; water effect

西部生态环境建设主要得依靠天然植被的恢复,但是人工植被建设的高效进行同样关键。因而,对天然植被环境效应进行深入研究,能让我们更好的认识自然规律,对人工植被建设的有效进行提供理论指导。诸多研究表明,植被可以促进土壤物理性状的改善和团粒结构的形成<sup>[1-5]</sup>。狼牙刺是一种天然灌木种,广泛分布于我国东西部地区。狼牙刺群落是植被自然演替中的一个重要阶段,对它的研究尚很少。文章对狼牙刺的土壤物理效应及水分效应作了较全面的测定分析,有了较全面的认识。

### 1 材料与方法

#### 1.1 研究区自然概况

试验地位于陕北黄土高原丘陵沟壑区,是延河支流杏子河下游的一级支沟。在气候区划上属于暖温带半干旱气候,

年日照时数 2300~2400 h, 0~10℃ 积温为 3733.5℃, 10~15℃ 积温为 3282.7℃, 多年平均降雨量 510 mm, 年水面蒸发力 1486.7 mm, 干燥指数  $K = 1.48$ , 无霜期 160 d 左右, 降雨年内分布不均, 7~9 月份降雨量占全年降雨量的 61.1%。土壤类型以黄绵土为主, 伴有红胶土、二色土、五花土等。土壤凋萎湿度约 4.5%, 田间最大持水量 18.4%, 表层土壤平均容重 1.30 g/cm<sup>3</sup>。植被盖度为 58.2%, 水土流失较轻。

#### 1.2 研究方法

于 2002 年 5 月份在纸坊沟小流域选取典型样地 4 块, 面积均大于 60 m<sup>2</sup>。样地描述见表 1:

#### 1.3 测定内容与方法

1.3.1 容重和孔隙度 小环刀法测定容重。容重计算公式为:

收稿日期: 2002-11-29

基金项目: 中科院知识创新项目(KZCX1-06); 国家“十五”科技攻关黄土课题(2001BA508B17)。

作者简介: 卜崇峰(1977-), 男, 陕西横山人, 硕士, 研究方向为流域生态系统健康诊断。

$$\rho_b = (W_1 - W_2) / V$$

式中:  $\rho_b$ ——容重 ( $\text{g}/\text{cm}^3$ );  $W_1$ ——环刀+干土重 ( $\text{g}$ );  
 $W_2$ ——干土重 ( $\text{g}$ );  $V$ ——环刀体积 ( $\text{cm}^3$ ); 孔隙度根据容重

计算, 公式:  $f = (1 - \rho_b / \rho_s) \cdot 100\%$

式中:  $\rho_b$ ——容重 ( $\text{g}/\text{cm}^3$ );  $\rho_s$ ——土壤比重 (取  $2.65 \text{ g}/\text{cm}^3$ )

表 1 样地描述

样地名称	年龄/a	密度 (株/16 m <sup>2</sup> )	5 月份盖度	坡向	坡度 (°)	坡位
狼牙刺	17	16	总盖度 65%, 狼牙刺 30%	南偏东 15	19°	沟坡下部
狼牙刺	14	7	总盖度 87%, 狼牙刺 80%	南偏东 18	18°	梁坡中部
狼牙刺	6	14	总盖度 55%, 狼牙刺 40%	南偏西 10	22°	沟坡下部
撂荒地	6	茵陈蒿群落	总盖度 18	南偏西 24	22°	沟坡上部
柠条	6	16	总盖度 80%, 柠条 74%	南偏西 15	20°	沟坡下部

注: 样地土壤为黄绵土。

1.3.2 团聚体 在土壤不过湿也不过干的 5 月份, 用铝盒采集表层原状土。试样放在室内阴干, 当含水量大致刚好达到可塑性以下时, 即用孔径 8 mm 的筛子筛分。筛剩的土块, 用手捏碎, 变成大于 4.76 mm 小于 8 mm 的土块, 使其全部通过 8 mm 筛。然后全部收集起来, 作为供试样品。称取重 25 g 的试样 3 份, 其中 1 份在 105℃ 下干燥后称重, 其它两份供分析使用。让试样在真空中湿润。大于 0.21 mm 的分离物中减去砂重, 即可求得各粒级的团粒重量。计算公式: 团聚体百分含量 =  $W/A \cdot 100$

式中:  $W$ ——某粒级团粒重 ( $\text{g}$ );  $A$ ——样品重 ( $\text{g}$ )

1.3.3 含水率 取土烘干法, 取土深度为 3 m, 2 m 以上每 10 cm 取样, 2~3 m 每 20 cm 取样。公式:  $W(\%) = M_w / M_s$ ;  
式中:  $M_w$ ——样品中水的重量 ( $\text{g}$ );  $M_s$ ——干土重 ( $\text{g}$ )。

1.3.4 饱和导水率 饱和导水率的大小可以反映土壤的透水通气能力。根据达西定理, 归纳计算步骤如下:

$$q = V \cdot 10 / A \cdot t_i$$

$$K_t = q \cdot L / (L + H)$$

$$K_{10} = K_t / (0.7 + 0.03t)$$

由上面三式得标准土壤饱和导水率  $K_{10} = 10VL / A \cdot t(L + H) (0.7 + 0.03t)$

式中:  $q$ ——通量密度 ( $\text{mm}/\text{cm}^2 \cdot \text{min}$ );  $K_t$ —— $t$  下的饱和导水率;  $A$ ——过水断面面积 ( $\text{cm}^2$ );  $V$ ——水流容积 ( $\text{ml}$ );  $L$ ——土柱高度 ( $\text{cm}$ );  $H$ ——水层厚度 ( $\text{cm}$ );  $t_i$ ——流出  $V$  容积水量所需时间 ( $\text{min}$ );  $t$ ——水温 (°);  $K_{10}$ ——10℃ 下的饱和导水率。

2 结果与分析

2.1 狼牙刺地容重情况

容重是衡量土壤松紧状况的指标。容重小表明土壤疏松多孔, 土壤水分的渗透性和通气状况较好, 容重大则表示土壤相对紧实, 透水透气性差。与刺槐林、天然草地、撂荒地容重相比, 狼牙刺地的容重均较高, 而孔度偏低。刺槐林地更丰富的群落结构, 相应土壤表层有着更多的枯落物、腐殖质。草本植物根系的穿插松土能力较大, 分泌物促进团粒的形成, 增加有机质, 对容重贡献率较高。撂荒地孔隙度较高, 说明犁耕作对表土的松动作用仍然存在。同为灌木的柠条地, 其容重与狼牙刺地相当。可能原因是: 一方面狼牙刺地表层土本身密实; 另一方面林下草被较少, 表层土受根系的松动作用较弱。总的来说, 狼牙刺对表土层的容重影响并不明显 (表 2)。

表 2 不同覆被类型地容重值

名称	狼牙刺地	刺槐林地	天然草地	撂荒地	柠条地
容重/ ( $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ )	1.25	1.16	1.05	1.12	1.22
孔隙度/%	52.8	56.2	60.4	57.7	54.08

2.2 狼牙刺对土壤水稳性团聚体的影响

水稳性团聚体是衡量土壤结构好坏的重要指标。团粒结构好的土壤, 粗孔隙丰富, 通气透水性好, 为植物根系伸展、保持根系活力提供了适宜条件。同时, 团粒结构充分发达的土壤, 对风蚀和水蚀的抵抗力很强, 这对保持水土也是有利的。根据 2002 年 5 月份采样分析来看 (表 3), 0~20 cm 土层中 >2.0 mm 的团聚体总数明显不同, 大小顺序为: 狼牙刺 (46.71%) > 柠条 (19.35%) > 撂荒地 (11.2%); 而 0.25~2 mm 间团聚体数量顺序却恰好相反, 为: 撂荒地 (27.5%) > 柠条 (21.45%) > 狼牙刺 (17.79%)。已有诸多研究认为, 容重与水稳性团聚体有负相关性。将团聚体测定结果同上述容重结果分析比较, 可以看出小粒径团聚体对容重值的影响更大。

表 3 团粒测定结果 %

粒级/mm	撂荒地	狼牙刺	柠条
> 5	4.6	33.51	9.1
5~2	6.6	13.20	10.25
2~1	9.25	7.95	8
1~0.5	11.05	6.61	8.15
0.5~0.25	7.1	3.23	5.3
总计	38.6	64.49	40.8

表 4 饱和导水率  $K_{10}$  测定结果

	撂荒地	柠条地	狼牙刺	狼牙刺	狼牙刺	狼牙刺平均
$K_{10}$	1.62	1.33	1.037	0.993	1.048	1.026

2.3 狼牙刺对土壤饱和导水率的影响

不难看出, 狼牙刺地的  $K_{10}$  总是小于撂荒地、柠条地。顺序为: 撂荒地 > 柠条地 > 狼牙刺地。说明, 狼牙刺地表层土壤较密实, 这与容重测定结果是相一致的。但是, 综合团粒测定结果及容重来看, 团粒总量的大小并不与容重或饱和导水率有明显的负相关或正相关性。而 2 mm 以下的小粒径团粒含量的多少与容重之间有一定的负相关性, 与饱和导水率正相关。

2.4 狼牙刺的土壤水分效应

纸坊沟流域内, 地下水埋藏很深, 土壤水分补给主要依靠降水, 水分交换主要在垂直方向上进行。从图 1 结合表 5 可以看出, 位于土层深度达 10 m 以上的 14 年生的狼牙刺,

其耗水深度大约在 2.5 m 左右。至 10 月份土壤耗水量近 190 mm, 总耗水量近 790 mm。从 4 月份狼牙刺进入生长期开始, 耗水量不断增加, 7 月份达到峰值(约 400 mm), 进入 8、9 月后, 耗水量明显下降。这种强烈的耗水作用使土壤水分在 8 月底几乎接近凋萎湿度。这个过程与植物生长耗水规律是一致的。今年是丰水年, 截止 10 月份降水已达 600

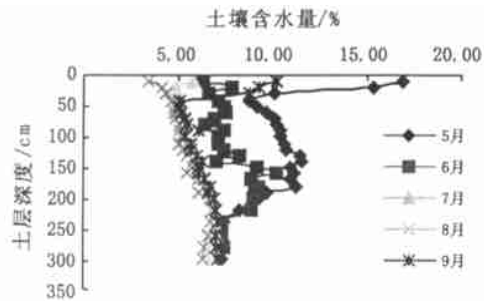


图 1 14 年生狼牙刺水分月变化

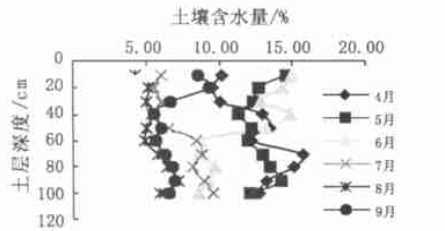


图 2 17 年生狼牙刺水分月动态

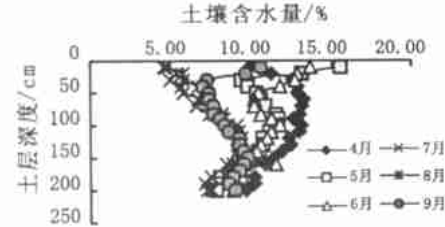


图 3 6 年生狼牙刺水分月动态

mm (多年平均降水量为 510 mm), 但灌层强烈的耗水作用仍然使土壤储水不断减少, 至植物生长末期才有所恢复。可见, 不光是枯水年, 即便是丰水年, 在陕北黄土区土壤水库对植物的生长发育同样起着非常关键的作用。

表 5 14 年生狼牙刺土壤水文效应 mm

	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	总计
平均含水量/%	10.23	7.76	5.93	5.48	6.53	
土壤储水量	383.75	291.10	222.45	205.40	244.96	
有效储水量	215.00	122.35	53.70	36.65	76.21	
水分亏缺量	306.25	389.90	467.55	484.60	445.04	
降水量	73.35	74.2	324.3	59.04	68.9	599.79
土壤水变化	50.00	92.65	68.65	17.05	-39.57	188.78
总耗水量	123.35	166.85	392.95	76.09	29.33	788.57

参考文献:

[1] 王国梁, 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

[2] 张兴昌, 卢宗凡. 陕北黄土丘陵沟壑区川旱地不同耕作法的土壤水分效应[J]. 水土保持通报, 1994, 14(1): 38- 42

[3] 韩永伟, 等. 农牧交错带退耕还草对土壤物理性状的影响[J]. 草地学报, 2002, 10(2): 100- 105

[4] 李绍良, 等. 锡林河流域栗钙土及其物理性状与水分动态的研究[J]. 中国草地, 1999, (3): 71- 76

[5] 吴彦等. 植物根系提高土壤水稳性团粒含量的研究[J]. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1997, 3(1): 45- 49

表 6 17 年生狼牙刺土壤水文效应 mm

	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	总计
平均含水量%	12.77	11.50	7.36	5.53	6.82	
土壤储水量	159.65	143.75	92.04	69.18	85.26	
有效储水量	103.40	87.50	35.79	12.93	29.01	
水分亏缺量	70.35	86.25	137.96	160.82	144.74	
降水量	94.35	127	265.24	44.3	68.9	599.79
土壤水变化	-3.04	15.89	51.72	22.85	-16.07	71.35
总耗水量	37.76	142.89	316.96	67.15	52.83	671.14

表 7 6 年生狼牙刺土壤水文效应 mm

	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	总计
平均含水量%	10.48	10.79	7.52	7.88	8.62	
土壤储水量	261.92	269.80	188.07	196.90	215.55	
有效储水量	149.42	157.30	75.57	84.40	103.05	
水分亏缺量	198.08	190.20	271.93	263.10	244.45	
降水量	98.15	152.2	236.24	44.3	68.9	599.79
土壤水变化	32.25	-7.88	81.73	-8.84	-18.64	78.63
总耗水量	90.25	169.12	346.97	35.64	50.26	678.42

从图 2、图 3 以及表 6、7 可以看出, 土层厚度为 1 m 的 17 年生狼牙刺和 2 m 厚度土层上的 6 年生狼牙刺, 其耗水月变化趋势与 14 年生的狼牙刺相同, 总耗水量(约 670 mm)比 14 年生狼牙刺小 100 mm 多, 原因是立地土层不够厚, 长势较 14 年生狼牙刺弱, 从而水分蒸散较小。6 年生狼牙刺其用水深度约 2 m 左右, 年土壤水变化量为 71.35 mm。密度较小的 17 年生狼牙刺, 尽管各月土壤水储量远小于 6 年生狼牙刺地, 但年土壤水变化量与之相当。原因是 17 年生狼牙刺, 草本层茂盛, 植被总盖度较大。

综上所述, 天然灌木狼牙刺年蒸散量在 670~ 790 mm 之间, 在土层足够深的地块上, 用水深度大约在 2.5 m 左右。而且, 在不同立地条件下(如土层厚度), 狼牙刺通过不同的密度、物种组成及植被盖度, 从而适应特定的水分环境条件。

3 结 论

(1) 土层足够厚的情况下, 天然灌木狼牙刺的用水深度约为 2.5 m 左右, 年蒸散耗水量在 670~ 790 mm 之间, 单株平均耗水量为 112.65 mm。强烈耗水期是 5 月中旬至 7 月底, 土壤水分于 8 月底达到最低值, 9 月分以后开始逐渐恢复。

(2) 狼牙刺对土壤有一定改善作用。0~ 20 cm 土层中 > 2.0 mm 的水稳性团聚体数量明显大于对照撂荒地和柠条地。顺序为: 狼牙刺> 柠条> 撂荒地。而对表层土的疏松作用并不明显, 容重仍然较大, 稳定入渗速率  $K_{10}$  也远远小于撂荒地及柠条地。