

# 油蒿、羊柴和花棒下生物结皮阻水特性分析 ——以宁夏盐池县为例

李 柏<sup>1,2</sup>, 高甲荣<sup>1</sup>, 崔 强<sup>1,2</sup>, 钱斌天<sup>1</sup>, 王 越<sup>1</sup>, 刘 法<sup>1,2</sup>

(1. 北京林业大学 教育部水土保持与荒漠化防治重点实验室, 北京 100083;

2. 北京林业大学 宁夏盐池荒漠生态系统定位研究站, 宁夏 盐池 751500)

**摘 要:** 生物结皮作为沙丘固定的明显标志, 影响着沙土水分的变化特征, 生物结皮的研究对我国荒漠化地区植被的合理配置、稳定性有着重要的意义。实验于2010年7月中旬进行, 以宁夏盐池县沙泉湾生态实验站为实验地, 采用随机取样的方法, 布设16块样地, 在样地内进行植被调查, 测量植被和生物结皮盖度、生物结皮厚度以及植被高度和冠幅, 运用人工降雨的方法, 对油蒿、羊柴和花棒下方生物结皮阻水特性进行比较。结果表明: 不同植被覆盖下生物结皮厚度表现为: 花棒> 羊柴> 油蒿。在有植被条件下和在裸地条件下, 以及在油蒿、羊柴和花棒下方生物结皮阻水特性表现为: 花棒> 羊柴> 裸地> 油蒿。通过对不同植被覆盖下生物结皮阻水特性的研究, 总结出生物结皮阻水特性的规律, 对当地植被的恢复、营造, 以及合理放牧都有重要影响。

**关键词:** 生物结皮; 荒漠化; 阻水性; 含水率

中图分类号: S154; S152.7

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2011)04-0136-04

## Water-Blocking Properties Analysis of Biological Crust under the *Artemisia ordosica*, *Hedysarum mongdicum* Turcz Var and *Hedysarum scoparium* —Taking Yanchi County as Example

LI Bai<sup>1,2</sup>, GAO Jia-rong<sup>1</sup>, CUI Qiang<sup>1,2</sup>, QIAN Bin-tian<sup>1</sup>, WANG Yue<sup>1</sup>, LIU Fa<sup>1,2</sup>

(1. Key Lab of Soil and Water Conservation & Desertification Combated of Ministry of Education,

Beijing Forestry University, Beijing 100083, China; 2. Ningxia Yanchi Desert Ecosystem Research

Station of the State Forestry Administration, Beijing Forestry University Yanchi, Ningxia 751500, China)

**Abstract:** The biological crust as a clear sign of the dunes fixed, affects sand moisture variation features. And research on the biological crust on the vegetation of desertification areas rational allocation and stability has an important significance. The experiment was conducted in mid-July 2010 in Shaquanwan ecological experimental station, Yanchi country, Ningxia Hui Autonomous Region. The experiment used random sampling method to lay out 16 samples, within the vegetation investigation, and then measuring the vegetation and biological crust coverage, the biological thickness and the vegetation height and canopy widths. Artificial rainfall method was used to compare water blocking properties of crusts. The results indicate that the biological crust thickness under different vegetation coverage performance that: *Hedysarum scoparium* > *Hedysarum mongdicum* Turcz Var > *Artemisia ordosica*. Conditions in the vegetation and in bare conditions, biological crust water blocking properties showed as: *Hedysarum scoparium* > *Hedysarum mongdicum* Turcz Var > bare conditions > *Artemisia ordosica*. According to the research of water blocking properties of biological crust under different vegetation, the law of water blocking properties of biological crust was summarized. It has a significant impact on the restoration and construction of the local vegetation and the reasonable graze.

**Key words:** biological crust; desertification; water resistance; moisture

收稿日期: 2010-12-08

修回日期: 2011-03-02

资助项目: 国际科技合作项目(2008DFA32270)

作者简介: 李柏(1986-), 男, 辽宁沈阳人, 硕士研究生, 研究方向: 山地灾害防治工程。E-mail: 33126421@qq.com

通信作者: 高甲荣(1963-), 男, 陕西省韩城县人, 教授, 研究方向: 水土保持。E-mail: jiaronggao@sohu.com

荒漠化是指包括气候变异和人类活动在内的各种因素造成的干旱、半干旱和亚湿润干旱地区的土地退化<sup>[1]</sup>。在干旱、半干旱的荒漠化地区,地表生物结皮的形成是固定沙丘形成的重要标志,预示荒漠化生境的转变<sup>[2]</sup>。降雨量少而且时间集中,水是制约荒漠化地区生物生存和繁衍最重要的生态制约因子,生物结皮在土壤表面形成以后就造成了土壤水文性质的不连续性<sup>[2]</sup>,因此对生物结皮阻水特性的研究受到了专家的高度重视。

在国内外关于生物结皮阻水特性的研究主要有3种报道,即促进渗透、抑制渗透和没有影响<sup>[3-4]</sup>。在国内,对生物结皮水文特征的研究,主要表现为生物结皮层影响沙土水分的再分配作用,降水对沙地深层水分补给的影响,并且生物结皮层具有较高的保水和持水能力<sup>[5]</sup>,通过降低反射率和提高毛管作用,大大提高了土面蒸发<sup>[6]</sup>,而显著地降低土壤水分的入渗速率<sup>[7]</sup>;在国外,Eldridge认为,在一些放牧地,生物结皮的存在显著增加土壤渗透能力,并认为土壤物理性质、孔隙状况和团聚体是控制渗透的因素,而当这些性质被破坏后,生物结皮就变得更加重要<sup>[4]</sup>。而Gifford认为,在爱达荷州“土壤微生物活动”降低了生物结皮的渗透率<sup>[4]</sup>。在我国关于生物结皮阻水特性的研究主要有两个方面的讨论,其中一部分专家认为,生物结皮具有一定的保水和持水能力,对水分有阻挡的作用,而另外一部分专家认为,降雨对生物结皮的结构有破坏的作用,对水分的下渗没有影响。在盐池县,关于生物结皮的研究比较少,阻水特性的研究少之又少,而且生物结皮阻水特性的研究还没有定论,所以选择在盐池县沙泉湾实验基地进行实验,进而得出当地生物结皮阻水特性的研究结果。本文比较在有植被条件下和裸地条件下,以及在油蒿、羊柴和花棒下方生物结皮阻水特性的差异。通过对油蒿、杨柴和花棒下方生物结皮阻水特性的分析研究,对今后生物结皮与植被建设的研究有重要意义。

## 1 研究区概况与方法

### 1.1 研究区概况

研究区位于宁夏盐池县沙泉湾实验基地。盐池县位于宁夏回族自治区东部,地理坐标为北纬 $37^{\circ}04' - 38^{\circ}10'$ ,东经 $106^{\circ}30' - 107^{\circ}41'$ ,总面积 $7\,130\text{ km}^2$ 。盐池县北部与毛乌素沙地相连,地貌类型复杂,地形起伏较大,土地类型以滩地、平地、缓坡地、丘陵地、沙丘地为主<sup>[8]</sup>。盐池县气候是从半干旱区向干旱区的过渡带,属于典型中温带大陆性气候,年平均降雨量 $280\text{ mm}$ ,年蒸发量 $2\,100\text{ mm}$ <sup>[9]</sup>。盐池县植被在区系上属于欧亚草原区,亚洲中部亚区,中国中部黄土高

原的过渡地带。全县植被低矮、稀少,没有天然森林,多年野生草本植物广泛分布,间有半灌木、灌木。植被类型有草原、灌丛、草甸、沙地植被和荒漠5个类型,其中灌丛、草原、沙地植被数量较多,分布也广。沙生植被以有苦豆子群系、牛心朴子群系、黑沙蒿群系和白沙蒿群系为主,伴有白刺群系、芨芨草群系、盐爪爪群系。全区生物结皮生长情况和当年降雨量息息相关,多为初期的沙结皮和带有菌类的生物结皮。土壤类型主要有灰钙土、风沙土、黑垆土和盐土,其中灰钙土和风沙土占 $75\%$ 。

### 1.2 研究方法

(1) 本实验研究采取沿着在沙丘坡面下部随机取样的方法,由于坡度较小,坡向一致,所以忽略坡度、坡向对实验结果的影响。打16个 $4\text{ m} \times 4\text{ m}$ 的小样方(图1),记录样方的位置以及高程。

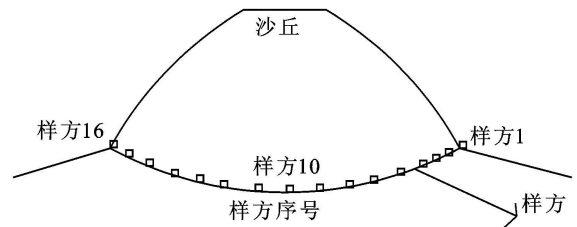


图1 样线、样方布设示意图

(2) 在样方内随机采生物结皮10组,利用游标卡尺法测量10组生物结皮厚度,并估读样方内生物结皮的盖度。

(3) 用铝盒法取有植被和裸地样地内干结皮,并取结皮下层干沙,将土样放入自封袋中。在有植被和裸地的生物结皮上方用喷壶模拟人工降雨,降雨用水来源于生活用水,降雨的面积定为 $50\text{ cm} \times 50\text{ cm}$ ,降雨时间为 $5\text{ min}$ 左右,降雨量为 $28.8\text{ mm}$ ,待降雨完成静等 $10\text{ min}$ 水分下渗,之后用铝盒法取有植被和裸地下湿结皮和湿沙,放入自封袋中,连同之前取到的干结皮、干沙,带回实验室内测量含水率。土壤含水率的测定方法:在野外实验取土样,取样后放入铝盒中带回实验室,称取土样和铝盒总重,并称取铝盒的重量,之后放入烘箱内于 $105^{\circ}\text{C}$ 烘干至恒重,取出干土样,称取干土样和铝盒总重。土壤含水量计算公式为:

$$C = (W_1 - W_2) / (W_2 - W_{\text{盒}}) \times 100\% \quad (1)$$

式中: $C$ ——土壤含水量; $W_1$ ——烘干前土样和铝盒总重; $W_2$ ——烘干后干土样和铝盒总重; $W_{\text{盒}}$ ——铝盒重量。

(4) 最后在样方内进行植被调查,测量植被的种类、高度和冠幅,估读样方内植被的盖度。

(5) 实验数据运用Excel、SPSS等软件进行分析处理。

2 结果与分析

2.1 油蒿、羊柴和花棒下生物结皮厚度变化

沙漠生物结皮是流动沙丘固定的标志,而结皮层的厚度在一定程度上反映了流动沙丘固定时间的长短或结皮形成时间的长短,所以结皮厚度与其形成时间具有一致性,并且和养分的富集具有相关性。

不同植被类型下的生物结皮厚度不同。随着固沙植被的生长和固沙年限的增加,沙面生物结皮逐渐发育,一般可将其发育阶段分为松散粉状结皮、松散薄片结皮、较紧密片状结皮和紧密片状、块状结皮<sup>[7]</sup>。

油蒿的高度和冠幅较小,属于匍匐植被,而羊柴和花棒的高度、冠幅都较大。在盐池当地,油蒿、羊柴和花棒群落之间是竞争关系,油蒿群落是优势群落,而羊柴和花棒群落属于衰败群落。由表 1 知:油蒿下生物结皮的厚度为 0.41 cm,羊柴下生物结皮大于油蒿下,厚度为 0.54 cm,花棒下生物结皮略大于羊柴下,厚度为 0.58 cm。

生物结皮厚度不同其原因与生物结皮的发育时间和植被下方养分富集情况有关:羊柴和花棒灌丛形成的时间较长,而油蒿灌丛形成时间较短,羊柴和花棒下生物结皮生长的时间比油蒿下的时间长,还有羊柴和花棒下方养分富集量要比油蒿下方多,所以羊柴和花棒下生物结皮厚度大于油蒿下。随着沙地的逐渐稳定,植被和生物结皮的生长,推动了植被的演替,更有利于荒漠化地区的稳定发展。目前,有些研究者在研究生物结皮与植被生长的关系时发现,在生物结皮发育的早期,两者呈正相关关系。随着植物覆盖的增加,位于下层的结皮盖度可能会因光照和水分等的竞争而降低;与此同时,植物也可能因结皮对降水的截留而枯死<sup>[10]</sup>。

表 1 不同植被类型下生物结皮的厚度

植被类型	生物结皮厚度/cm	测量数量/块
油蒿	0.41	50
羊柴	0.54	50
花棒	0.58	50

2.2 油蒿、羊柴和花棒下生物结皮阻水特性对比分析

不同植被类型下生物结皮厚度不同,那么相对应的生物结皮的阻水特性也会不同。在进行模拟人工降雨之后,计算生物结皮和下层沙土含水率增大值(式 2)以及含水率增大率(式 3),将生物结皮和沙土含水率增大率进行比较,如果生物结皮相对于沙土含水率增大的比例越大,就说生物结皮的阻水特性越好。

$$P = W_1 - W_2 \tag{2}$$

式中:  $P$  ——含水率增大值(%) ;  $W_1$  ——湿结皮(湿沙)含水率(%) ;  $W_2$  ——干结皮(干沙)含水率(%) 。

$$Q = P / W_2 \times 100\% \tag{3}$$

式中:  $Q$  ——含水率增大率(%) ;  $P$  ——含水率增大值(%) ;  $W_2$  ——干结皮(干沙)含水率(%) 。

图 2 是油蒿、羊柴和花棒下生物结皮阻水特性比较,在油蒿下生物结皮含水率增大了 40.47%,下层沙土含水率增大了 23.85%;在花棒下生物结皮含水率增大了 56.06%,下层沙土含水率增大了 24.75%。在羊柴下生物结皮含水率增大了 36.73%,下层沙土含水率增大了 17.84%。在油蒿下生物结皮含水率相对于下层沙土含水率增大了 69.69%,在花棒下要大于在油蒿下的,为 126.47%,而在羊柴下略小于花棒下的,为 105.95%,在油蒿、羊柴和花棒下生物结皮阻水特性由强到弱的趋势是:花棒> 羊柴> 油蒿。

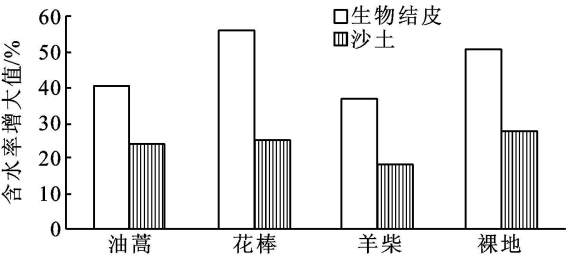


图 2 油蒿、羊柴、花棒和裸地生物结皮阻水特性比较

不同植被类型下生物结皮阻水特性与植被的生长时间的关系。油蒿、羊柴和花棒之间存在着竞争关系,在植被调查过程中,发现样地中花棒的株型最大,之后是羊柴。花棒和羊柴的高度和冠幅比油蒿大得多,有的甚至有好几株油蒿的大小,羊柴和花棒下方富集养分量有可能要大于油蒿下方,所以生物结皮阻水特性由强到弱为花棒> 羊柴> 油蒿。但是在沙泉湾实验基地,由于花棒和羊柴群落水分消耗量大于生长季降雨量,处于不稳定的情况,花棒和羊柴也有明显的衰败迹象,而油蒿群落水分消耗量小于生长季降雨,从水量平衡的角度分析,其水分消耗小于水分来源,降雨能够满足油蒿林的水分消耗,油蒿群落不会造成沙土的干旱以及地下水位的下降,处于稳定情况,所以油蒿群落会逐渐取代羊柴和花棒群落,成为主导群落,生物结皮阻水特性也会随之改变,在此方面有待进一步研究。

2.3 植被和裸地条件下生物结皮阻水特性比较

在荒漠化地区,植被覆盖度能够反映当地沙丘的稳定情况,生物结皮是固定沙丘的先行者,在没有植被覆盖的沙丘上也会有生物结皮的存在,那么生物结皮在有植被下和裸露自然条件下的阻水特性会有一定的差异。

在裸地条件下生物结皮含水率增大了 50.79%, 下层沙土含水率增大了 27.42%。在油蒿、羊柴和花棒下生物结皮含水率相对于下层沙土含水率分别增大了 69.69%、105.95% 和 126.47%, 在裸地条件下生物结皮含水率相对于下层沙土含水率增大了 85.24%, 那么可以得出结论在有植被和裸地条件下生物结皮阻水特性是由不同植被类型决定的, 在油蒿下生物结皮阻水要弱于裸地条件下, 而在花棒和羊柴下生物结皮阻水特性要强于裸地条件下, 所以有植被和裸地生物结皮阻水特性由强到弱是: 花棒> 羊柴> 裸地> 油蒿(图 2)。

在荒漠化地区, 生长在植被下的生物结皮受到植被的保护, 有效地减少阳光对生物结皮直射所带来的含水量的蒸腾, 枯枝落叶层增加生物结皮有机质和腐殖质的含量, 同时阴凉植被下昆虫的活动增加了微生物的含量, 促进生物结皮稳定的生长发育。而裸露在自然条件下的生物结皮, 阳光直射到地表, 几组生物结皮的含水率已经为 0, 降雨之后, 含水率为 0 的生物结皮一定要吸收更多的水分, 只有其中水分饱和才会下渗到沙土中。花棒和羊柴生长时间较久, 下方生物结皮厚度也比较大, 加上有植被的保护作用, 阻水特性就要比裸地下强。而油蒿生长时间较短, 下方生物结皮厚度最小, 裸地生物结皮生长时间要长于油蒿下, 裸地生物结皮饱和含水量要比油蒿下的大, 所以裸地生物结皮阻水特性强于油蒿下, 弱于花棒和羊柴下。由于油蒿是匍匐植株, 随着油蒿的生长发育, 下方生物结皮阻水特性会增强, 在以后的研究中有可能出现油蒿下生物结皮的阻水特性最强, 花棒和羊柴下逐渐减弱, 裸地的最小。

### 3 结论与讨论

#### 3.1 结论

(1) 不同植被覆盖下生物结皮的厚度不同, 在油蒿、花棒和羊柴下厚度分别为 0.41 cm、0.58 cm 和 0.54 cm。从生物结皮厚度来看, 花棒更有利于沙地的稳定。

(2) 生物结皮在油蒿、羊柴和花棒下阻水特性由强到弱为: 花棒> 羊柴> 油蒿, 同时, 生物结皮在有植

被和裸地下阻水特性由强到弱表现为: 花棒> 羊柴> 裸地> 油蒿。在油蒿下生物结皮的阻水特性最弱, 更有利于油蒿的生长, 油蒿呈现稳定快速生长的趋势, 而花棒和羊柴下生物结皮阻水特性较强, 生物结皮阻止水分的下渗, 不利于花棒和羊柴的继续生长, 在盐池当地花棒和羊柴呈现衰败的趋势。遵循植被的演替规律, 油蒿群落逐渐替代其他群落, 成为主要群落。

#### 3.2 讨论

将生物结皮阻水特性与生物结皮厚度联系到一起, 发现随着生物结皮厚度的增加, 阻水特性也在增强。生物结皮的阻水特性越强, 水分越难下渗到下层沙土中, 这样不利于植被的恢复, 植被有可能会因为吸收不到水分而死亡。采用适当放牧的方法, 人为打破一些生物结皮的完整性, 这样有利于水分的下渗, 有利于植被的恢复和营造, 更有利于沙丘的固定。

#### 参考文献:

- [1] 刘丽燕, 吾尔妮莎·沙衣丁, 阿不都拉·阿巴斯, 等. 荒漠化地区生物结皮的研究进展[J]. 菌物研究, 2005, 3(4): 26-29.
- [2] 崔燕, 吕贻忠, 李保国. 鄂尔多斯沙地土壤生物结皮的理化性质[J]. 土壤, 2004, 36(2): 197-202.
- [3] 闫德仁, 薛英英, 赵春光. 沙漠生物结皮国内研究现状[J]. 内蒙古林业科技, 2007, 33(1): 28-32.
- [4] 闫德仁, 薛英英, 韩凤杰, 等. 沙漠生物土壤结皮国外研究概况[J]. 内蒙古林业科技, 2007, 33(1): 39-42.
- [5] 王新平, 肖洪浪, 张景光, 等. 荒漠地区生物土壤结皮的水文物理特征分析[J]. 水科学进展, 2006, 17(5): 592-598.
- [6] 李守中, 肖洪浪, 罗芳, 等. 沙坡头植被固沙区生物结皮对土壤水文过程的调控作用[J]. 中国沙漠, 2005, 25(2): 228-233.
- [7] 崔燕, 吕贻忠, 李保国. 鄂尔多斯沙地土壤生物结皮的理化性质[J]. 土壤, 2004, 36(2): 197-202.
- [8] 贺学林, 史海莉, 白泽斌, 等. 毛乌素沙地使用植物资源开发利用研究[J]. 干旱地区农业研究, 2009, 27(4): 248-259.
- [9] 崔强, 高甲荣, 何明月, 等. 宁夏盐池沙地农田防护林的防风阻沙效益[J]. 生态与农村环境学报, 2009, 25(3): 25-29.
- [10] 宋阳, 严平, 张宏, 等. 荒漠生物结皮研究中的几个问题[J]. 干旱区研究, 2004, 21(4): 439-443.

(上接第 135 页)

- [18] 涂育合. 杉木不同经营密度的林下植被变化[J]. 西北林学院学报, 2005, 20(4): 52-55.
- [19] 于立忠, 朱教君, 孔祥文, 等. 人为干扰(间伐)对红松人工林下植物多样性的影响[J]. 生态学报, 2006, 26(11): 3757-3764.
- [20] 吕浩荣, 刘颂颂, 叶永昌, 等. 人为干扰对风水林群落树种组成及多样性的影响[J]. 生态学杂志, 2009, 28(4):

613-619.

- [21] Aubert M, Alard D, Bureau F. Diversity of plant assemblages in managed temperate forests: A case study in Normandy (France) [J]. Forest Ecology and Management, 2003, 175: 321-337.
- [22] 朱教君, 刘足根. 森林干扰生态研究[J]. 应用生态学报, 2004, 15(10): 1703-1710.