

北方农牧交错带生物结皮的主要影响因子探讨

卢晓杰, 张克斌, 李 瑞

(北京林业大学 水土保持学院 水土保持与荒漠化防治教育部重点实验室, 北京 100083)

摘 要: 为了解我国北方农牧交错带影响生物结皮的主要因子, 以宁夏盐池为例, 采用样线调查法进行结皮及植被调查。通过对外业数据的处理、分析, 对北方农牧交错带生物结皮的主要影响因子进行了探讨。结果表明: (1) 枯枝落叶的覆盖对结皮的生长具有明显的促进作用, 两者呈对数相关关系, 相关系数高达 0.969。(2) 盐池地区植被对生物结皮的影响先促进后抑制。在土壤质地较差的生境条件下, 植被对结皮起促进作用。随着环境条件的改善, 两者呈明显的线性负相关, 相关系数达 -0.920。(3) 不同的植物种群对生物结皮具有不同的影响, 研究区内所调查的不同植物群落下的结皮盖度表现为: 结皮盖度(新疆猪毛菜群落) > 结皮盖度(茵陈蒿+新疆猪毛菜群落) > 结皮盖度(茵陈蒿群落)。(4) 干扰减少了生物结皮的覆盖度, 从封育区的核心到外围, 结皮盖度表现为: 核心(完全封育) > 边缘(季节封育) > 外围(对照区)。

关键词: 生物结皮; 植物; 干扰; 影响因子

中图分类号: S154: S157

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2007)06-0001-04

The Study on Main Factor about Influence of the Living Beings Form Covers in Agriculture and Animal Husbandry of the North Interlocks

LU Xiaojie, ZHANG Ke-bin, LI Rui

(Soil and Water Conservation College, Beijing Forestry University, Key Laboratory of Ministry of Education on Soil and Water Conservation and Desertification Combating, Beijing 100083, China)

Abstract: In order to understand the main factor about influencing the living beings form covers in agriculture and animal husbandry of the North interlocks, this text takes Yanchi of Ningxia as an example, carries on the survey of forming cover and vegetation with one kind of line form investigation methods. Through engaging in the treatment and analyzing of the data foreign countries, this text has carried on the discussion to main factor about influence of the living beings form covers in agriculture and animal husbandry of the North interlocks. The result shows: (1) The cover of the withered junk has obvious facilitation in forming leather growth, the two present relevant relations of logarithm, and the coefficient correlation is up to 0.969. (2) It's inhibit on the living beings form covers after promoting about influencing of vegetation in Yanchi areas. The vegetation plays a driving role in the living beings form covers under the environmental condition that the soil texture is worse. With the improvement of the environmental condition, the two present obvious shouldering linearly relevantly, and the coefficient correlation is -0.920. (3) It has different influence that different plant populations form peels to the living beings form covers. The covered degree of knot cover under different plant community investigated in the areas is shown as to: the covered degree of knot cover (the community of *Salsola sinkiangensis*) > the covered degree of knot cover (the community of *Artemisia capillaries*+ *Salsola sinkiangensis*) > the covered degree of knot cover (the community of *Artemisia capillaries*). (4) Disturbance reduced the covered degree of knot cover, from the core of the sealed area to the periphery, the covered degree of knot cover is shown as to: core (the complete seal) > edge (the seasonal seal) > periphery (the contrasting area).

Key words: the living beings form covers; plant; interference; factor about influence

生物结皮是土壤微生物、藻类、地衣、苔藓植物类群与土壤共同形成的有机复合体, 广泛存在于干旱、半干旱地区^[1], 对于干旱、半干旱地区植被恢复与重建具有重要的生态学意义。结皮有机体的地下菌丝、假根及分泌物能够黏结沙粒, 使土壤具备较强的抗风蚀、水蚀, 调解降水分配的功能和重要的生态及地学效应^[2]。在生物结皮层与周围植物相互关系方面, St. Clair 等认为生物结皮创造复合地貌及良好的

微环境为幼苗的萌发和存活提供了有利条件。生物结皮中的蓝细菌(cyanobacteria)等能够固定大气中的 N 素, 增加土壤有机质含量^[3], 加快周围维管植物的养分循环, 促进种子库的建立, 从而为植物定居创造有利条件, 成为荒漠地区植被演替的重要基础^[4]。目前, 对于生物结皮的研究主要侧重于结皮中微生物组成、分类以及对结皮形成作用、沙面微环境的改变^[5], 以及结皮对生态系统和景观变化的影响等方

*收稿日期: 2007-01-07

基金项目: “十五”国家科技攻关项目(2005BA517A04, 2005BA517A07); 国家林业局项目(盐池荒漠化定位监测 660550)

作者简介: 卢晓杰(1982-), 男, 在读硕士, 主要从事荒漠化防治与监测研究。

通信作者: 张克斌, 博士, 主要从事荒漠化防治与监测及干旱区环境管理研究。

面^[6-7]。在国外,生物结皮的研究遍及了美国的克罗拉多高原、大盆地(Great basin)、哥伦比亚盆地、索若拉沙漠和莫哈韦沙漠,澳大利亚的新南威尔士州,以色列的内盖夫沙漠和中亚的部分地区等广大半干旱、干旱地区^[8-9]。在国内,吴玉怀等对生物土壤结皮的分布影响因子及其监测进行了研究,详细论述了生物土壤结皮的分布规律及部分影响因素^[10];吴楠等研究了动物践踏干扰对生物结皮中微生物生态分布的影响,指出践踏干扰改变了微生物各类群在垄间低地的数量垂直分布格局^[11];杨晓晖等^[12]从生物结皮对生态系统和景观变化的影响、对干扰的反应及其恢复机理等 4 个方面进行了分析,指出这一领域将很快成为国内荒漠化研究的热点之一。但目前关于植物和干扰对生物结皮的影响国内外研究较少且结论不一。

本文立足于我国北方农牧交错带,将生物结皮与生态环境作为一个整体加以考虑,系统地分析了宁夏盐池植物和干扰对生物结皮的影响,对了解我国农牧交错区生物结皮的生态特性及作用机制具有科学价值,对采取人工措施保护生态脆弱区的生态环境具有参考价值。

1 研究区概况

盐池县位于宁夏东部,地理坐标为北纬 37° 04' - 38° 10', 东经 106° 30' - 107° 41'。盐池县北与毛乌素沙地相连,南靠黄土高原,在地理位置上属于一个典型的过渡地带。即自南向北地形上是从黄土高原向鄂尔多斯台地(沙地)过渡地带,在气候上是从半干旱区向干旱区的过渡地带,在植被上是从干草原向荒漠的过渡地带,在资源利用上是从农区向牧区过渡地带。这种地理上的过渡性造成了本县自然条件资源的多样性和脆弱性特点。干旱少雨、风大沙多、蒸发强烈、日照充足是本县气候的几大特点。该县年平均降水 250~350 mm,从南向北,从东南向西北递减。中温带和干旱半干旱的气候条件,决定了该县的自然景观为温带草原和荒漠草原。

2 研究方法

本研究的区域选在盐池县的人工封育区,主要采用样线调查的方法,从封育区的外围(未封育)、边缘(季节封育)、内部(完全封育)连续取样。沿样线在 3 块区域内均匀布设数目相等的 1 m × 1 m 样方(考虑到调查区内多为草本植物),进行实地调查。调查时间为 8 月(植物生长季节),调查内容包括:植被盖度、结皮盖度、枯枝盖度、群落类型等。

3 结果分析

生物结皮的形成受众多影响因子的制约,水分、土壤、风

速、海拔、光照、微地貌等因子都会对生物结皮产生一定的影响,但不同立地条件下结皮的关键影响因子不同。本文以盐池县为例,在其他因子一定的情况下,重点分析植物和干扰对生物结皮的影响。

3.1 植被及枯落物对生物结皮的影响

(1) 枯枝落叶对结皮的影响。为分析研究区枯枝落叶对生物结皮产生的影响,本研究沿样线用样方调查方法连续采集了 18 组枯枝落叶盖度与生物结皮盖度的对照数据,数据分布如图 1 所示。相关分析结果表明:结皮盖度与枯枝盖度的相关关系较为密切,相关系数达 0.915,且在显著性水平为 0.01 时,相关性显著,呈现出明显的相关关系。说明枯枝落叶盖度对结皮盖度影响显著。为求得结皮盖度与枯枝盖度之间的相互关系,本文分别采用线性、对数、指数 3 种方法进行回归分析,得枯枝盖度和结皮盖度的 3 种回归方式的回归模型如表 1 所示。由表 1 可知,3 种回归方式中对数回归模型拟合较好,相关系数高达 0.969, R^2 达到 0.939,明显高于其他 2 种模型,且其判定系数 F 高达 246.975,高于其他两种模型 3 倍以上,该模型的误差绝对值平均数仅为 4.201,显著地低于其他 2 种回归方式。故选择对数回归模型 $y = 35.538 \ln x + 109.896$ ($R = 0.969$) 作为研究区反映枯枝盖度与结皮盖度关系的最佳模型。其模型拟和图如图 1 所示。

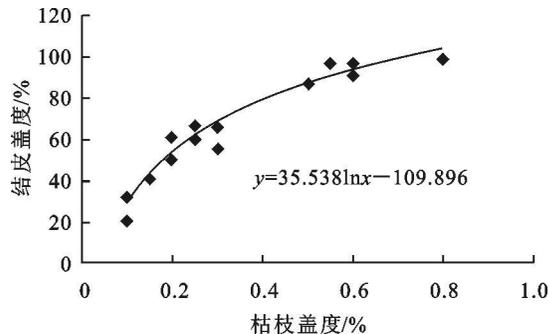


图 1 结皮盖度与枯枝盖度的对数关系

由回归模型可知,枯枝落叶的覆盖对结皮的生长具有明显的促进作用。究其原因:首先,枯枝落叶的覆盖可为结皮的发育提供荫蔽,能减低土壤表面温度且增加土壤表面湿度,为生物结皮的繁衍和生命活动建立了必要的条件;其次,枯枝落叶腐烂后,可增加土壤有机质的含量,改良土壤理化性质,促进土壤团聚体的形成,为生物结皮的发育创造了良好的土壤环境。植物的凋落物年复一年的积累,丰富了地表物质循环内容,积累了肥力、促使了新生土壤过程的进行。其创造的微生境条件,可帮助结皮有机体渡过恶劣环境。

表 1 不同回归模型及相关参数

回归方式	回归分析模型	相关系数 R	相关系数平方 R^2	判定系数 F	误差绝对值均值
线性	$y = 100.857x + 31.222$	0.915	0.837	82.265	7.053
对数	$y = 35.538 \ln x + 109.896$	0.969	0.939	246.975	4.201
指数	$y = 34.753e^{1.668x}$	0.809	0.655	30.375	9.454

(2) 植被的覆盖对结皮的影响。生物结皮与周围植物的关系问题一直是结皮研究领域中的一个热点,特别是周围植物对结皮产生的影响长期以来一直存在争议。为了分析宁夏盐池县植被对生物结皮的影响,本研究从封育区边缘到核心,分别对应采集结皮与植被覆盖数据,具体数据分布见图

2。由图 2 可看出结皮盖度与植被盖度之间存在一定的相关关系。由相关分析得知,结皮盖度与植被盖度的相关关系较为密切,相关系数达 -0.920,呈极显著负相关。这表明,随着外界环境的改善,生物结皮与周围植物之间开始出现相互抑制的趋势,即当结皮盖度达到一定优势,环境条件变得适

合植物生长时, 植被开始大量繁衍, 并与生物结皮争水争肥且互相争夺生存空间。由图 2 可看出两者之间呈显著线性相关, 所建立的回归方程为: $y = 158.603 - 2.169x$ 。在显著性水平为 0.01 的情况下, 方差检验的结果 $F = 88.079 > F_{(1,16)} = 8.53$, 回归系数显著地不为零, 两者呈明显的线性负相关。这种线性负相关表明两者之间存在着显著地竞争, 竞争导致群落演替。生物结皮是荒漠土地的先锋物种, 起着稳定荒漠土壤, 创造适合植物生长环境条件的作用。当环境条件改善到适合植物生长的状态时, 草本植物大量入侵, 迅速占据生存空间, 生物结皮在整个群落系统中将不再占优势, 这时便完成了从结皮繁盛期到草本植物优势期的过渡。

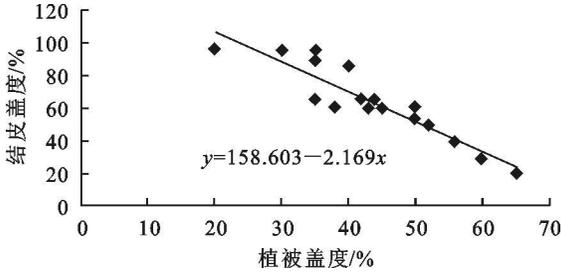


图 2 结皮盖度与植被盖度的线性关系

调查中发现, 生物结皮与草本植物之间存在一个相互促进的阶段。在恶劣的环境条件和不稳定的土壤上, 生物结皮只分布于草本植物之下且两者数量都较少, 这时生物结皮为草本植物的生长创造了条件, 草本植物能保护生物结皮免受沙埋。植物的生长繁衍, 能抵抗风沙, 使近地面风速减弱, 创造了尘埃物理沉降的外部条件; 植被覆盖遮阴, 能减低土壤表面温度且增加土壤表面湿度, 为生物结皮的繁衍和生命活动建立了必要的条件。此外, 植物根系在生长过程中会向根际分泌一些代谢物, 为微生物提供了有效的 C、N 元素, 刺激了微生物生长, 加速了土壤中物质的转化, 利于短命植物、藓类、藻类的生长和发展^[13]。但随着环境条件的改善, 植物和结皮都大量繁衍, 生存空间变小, 这时结皮与植物开始争水争肥, 相互争夺生存空间, 最终两者由相互促进生长转变为相互竞争的关系。

(3) 不同植物群落对结皮的影响。不同的植物群落由于生理特性不同, 对生物结皮盖度的影响存在差异。调查样带内存在着 3 种不同的植物群落, 分别为新疆猪毛菜群落、茵陈蒿+ 新疆猪毛菜群落和茵陈蒿群落。这些植物群落下存在着不同的结皮状态(如表 2 所示)。由方差分析可知, 3 组结皮盖度均值相差较大, 分别为: 92.4%, 60.0%, 37.0%, 说明结皮盖度呈现明显的梯度变化, 具体表现为: 结皮盖度(新疆猪毛菜群落) > 结皮盖度(茵陈蒿+ 新疆猪毛菜群落) > 结皮盖度(茵陈蒿群落)。在显著性水平为 0.01 的情况下, 离差平方和分析中 $F_{(2,12)} = 6.93 < F = 64.092$ 的检验结果证实: 结皮盖度确实因植物群落不同而有所差异。经过显著性检验, 结果表明在 0.05 的显著性水平上 3 组均值两两之间差异显著, 植物群落的不同确实对结皮盖度存在影响。

表 2 不同植物群落下的结皮盖度

群落类型	结皮盖度/%				
新疆猪毛菜	95	95	97	85	90
茵陈蒿+ 新疆猪毛菜	55	60	65	60	60
茵陈蒿	54	50	20	30	40

以上分析表明, 新疆猪毛菜群落下的生物结皮盖度比茵陈蒿群落下的高, 这与植物的生理特性有关。不同的植物由于生理特性不同, 对环境的适应性和水肥的需求也存在差异, 这就造成了不同植物群落在与生物结皮竞争中的差异。对水肥需求少的植物种群(例如新疆猪毛菜)与结皮的竞争不强烈, 使结皮得到足够的水肥供应而生长旺盛。像茵陈蒿等高耗肥的植物种必然因吸收了大量的肥料而使结皮生长养分不足, 导致两者竞争强烈, 结皮生长缓慢。此外, 不同植物群落造成的结皮盖度的不同可能还有其他方面的原因, 这有待于进一步研究。

3.2 人为干扰对生物结皮的影响

在干旱、半干旱区干扰是影响生物结皮形成和发育的主要因素之一。为分析人为干扰对结皮的影响, 本研究在所选择样线内采取对照采样措施, 在连续样线内调查了 3 种不同类型的样方: 核心(完全封育)、边缘(季节封育)、外围(对照区), 所得数据见图 3。从图 3 可直观地看出从核心到外围生物结皮盖度呈下降趋势。由方差分析可知, 3 组结皮盖度均值差异显著, 平均盖度分别为 92%, 57%, 32%, 呈现出从核心到外围明显的梯度变化, 具体表现为核心 > 边缘 > 外围。事后比较结果(表 4)表明 3 种措施两两之间存在明显差别而且存在梯度。同时, 在显著性水平为 0.01 的情况下, 离差平方和分析中 $F_{(2,12)} = 6.93 < F = 136.385$ 的检验结果(表 3)再次证实: 3 种不同干扰状态下(不受干扰区、季节性干扰区、干扰区)确实存在结皮盖度的差异, 人为干扰减少了生物结皮的覆盖度。

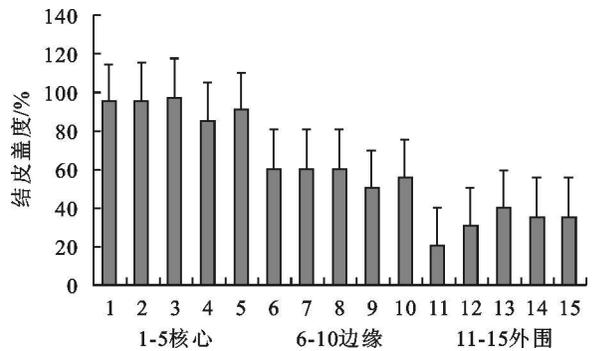


图 3 3 种封育措施下的结皮盖度

表 3 3 种措施下结皮盖度的离差平方和分析

	平方和	自由度	均方和	F 值	显著性
组间	9210.533	2	4605.267	136.385	0.000
组内	405.200	12	33.767		
总和	9615.733	14			

表 4 3 组结皮盖度均值差异的显著性检验

		平均数 离差	标准误	显著性	95% 的置信区间	
					下限	上限
核心	边缘	35.40*	3.67514	0.000	25.1553	45.6447
	外围	60.40*	3.67514	0.000	50.1553	70.6447
边缘	核心	-35.40*	3.67514	0.000	-45.6447	-25.1553
	外围	25.00*	3.67514	0.000	14.7553	35.2447
外围	核心	-60.40*	3.67514	0.000	-70.6447	-50.1553
	边缘	25.00*	3.67514	0.000	-35.2447	-14.7553

注: * $P < 0.05$, 在 0.05 的显著性水平上各组均值差异显著

分析还表明,人为干扰可明显减少生物结皮的盖度,破坏生物结皮的机体组织,影响生物体的生理指标进而影响到结皮在系统中的功能。有研究表明,长期过度的干扰,将导致干旱地区水、氮和其它营养物质在时空上的异质性加强,土壤的理化性质改变,促进沙漠化的发生^[14-18,19-21]。但野外观察发现,放牧干扰后生物结皮的恢复速度较快,对土壤理化性质的影响有一个强度极限,超过该极限才具有破坏性,低于该极限反而有一定积极意义。季节性干扰可以打破结皮的垄断地位,为植被的生长提供空间,并且可以减缓生物结皮与植物在水肥上的竞争,为植被恢复提供一个优越的环境,有利于植物的生长和生态环境的平衡。

$P = 0.000 < \alpha = 0.05$, 所以拒绝原假设,认为 3 种措施下结皮盖度差异显著。

4 结 论

生物结皮对干旱、半干旱地区具有重要的生态意义和广泛的应用前景,对我国北方农牧交错区生态环境的恢复与重建具有重要意义。影响生物结皮的因素很多,盐池地区植被和干扰对结皮的影响占主要地位,具体表现:

(1) 枯枝落叶的覆盖对结皮的生长具有明显地促进作用,两者呈对数相关关系,相关系数高达 0.969,回归模型为 $y = 35.538 \ln x + 109.896 (R = 0.969)$ 。

(2) 植被对生物结皮的生长存在一个先促进后抑制的过程。在恶劣的环境条件下和不稳定的土壤上,植被的存在促进了结皮的生长。但随着环境条件的改善,两者开始呈线性负相关关系,相关系数达 - 0.920,回归方程为: $y = 158.603 - 2.169x$ 。

(3) 不同的植物群落对生物结皮具有不同的影响。研究区内所调查的不同植物群落下的结皮盖度表现为:结皮盖度(新疆猪毛菜群落) > 结皮盖度(茵陈蒿+新疆猪毛菜群落) > 结皮盖度(茵陈蒿群落),3 组盖度差异显著。

(4) 人为干扰减少了生物结皮的覆盖度,从封育区的核心到外围,结皮盖度表现为:核心(完全封育) > 边缘(季节封育) > 外围(对照区),且均值差异显著。

参考文献:

[1] Li X R, Zhou H Y, Wang X P, et al. The effects of revegetation on cryptogam species diversity in Tengger Desert, Northern China[J]. *Plant and Soil*, 2003, 251: 237- 245.

[2] 张元明, 陈晋, 王雪芹, 等. 古尔班通古特沙漠生物土壤结皮的分布特征[J]. *地理学报*, 2005, 60(1): 53- 60.

[3] Belnap J, Garder J S. Soil microstructure in soils of the Colorado plateau: The role of the cyanobacterium *Microcoleus*[J]. *Great Basin Nat.*, 1993, 53: 40- 47.

[4] 魏江春. 沙漠生物地毯工程: 干旱沙漠治理的新途径[J]. *干旱区研究*, 2005, 22(3): 287- 288.

[5] 自学良, 王瑶, 徐杰, 等. 沙坡头地区固定沙丘结皮层藓

类植物的繁殖和生长特性研究[J]. *中国沙漠*, 2003, 23(2): 171- 173.

- [6] 李守中, 肖洪浪, 李新荣, 等. 干旱、半干旱地区的微生物结皮土壤水文学的研究进展[J]. *中国沙漠*, 2004, 24(4): 500- 506.
- [7] 吴玉环, 程佳强, 冯虎元, 等. 耐旱藓类的抗旱生理及其机理研究[J]. *中国沙漠*, 2004, 24(1): 23- 29.
- [8] West N E. Structure and function of microphytic soil crusts in wildland ecosystems of arid to semiarid regions[J]. *Advances in Ecological Research*, 1990, 20: 179- 223.
- [9] Eldridge D J, Tozer M E, Slangen S. Soil hydrology is independent of microphytic crust cover: further evidence from a wooded semiarid Australian rangeland[J]. *Arid Soil Research and Rehabilitation*, 1997, 11: 113- 126.
- [10] 吴玉怀, 等. 生物土壤结皮的分布影响因子及其监测[J]. *生态学杂志*, 2003, 22(3): 38- 42.
- [11] 吴楠, 等. 动物践踏干扰对生物结皮中微生物生态分布的影响[J]. *干旱区研究*, 2006, 23(1): 50- 55.
- [12] 杨晓晖, 等. 生物土壤结皮: 荒漠化地区研究的热点问题[J]. *生态学报*, 2001, 21(3): 474- 480.
- [13] 顾峰雪, 文启凯, 潘伯荣, 等. 塔克拉玛干沙漠腹地人工植被下土壤微生物的初步研究[J]. *生物多样性*, 2000, 8(3): 297- 303.
- [14] 付华, 王彦荣, 吴彩霞, 等. 放牧对阿拉善荒漠草地土壤性状的影响[J]. *中国沙漠*, 2002, 22(4): 339- 343.
- [15] 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.
- [16] 高英志, 韩兴国, 汪诗平. 放牧对草原土壤的影响[J]. *生态学报*, 2004, 24(4): 790- 797.
- [17] 侯扶江, 常生华, 于应文, 等. 放牧家畜的践踏作用研究评述[J]. *生态学报*, 2004, 24(4): 784- 789.
- [18] 陈利顶, 傅伯杰. 干扰的类型、特征及其生态学意义[J]. *生态学报*, 2000, 20(4): 581- 586.
- [19] Pierre H, Charles L. Effects of livestock grazing on physical and chemical properties of sandy soils in Sahelian rangelands[J]. *Journal of Arid Environments*, 1999, 41: 231- 245.
- [20] Ponzetti J M, McCune B P. Biotic soil crusts of Oregon's shrub steppe: community composition in relation to soil chemistry, climate, and livestock activity[J]. *Bryologist*, 2001, 104(2): 212- 225.
- [21] Manzano M G, Navar J. Processes of desertification by goats overgrazing in the Tamaulipan thornscrub (matorral) in north-eastern Mexico[J]. *Journal of Arid Environments*, 2000, 44: 1- 17.