

农牧交错区植被特征及 多样性对干扰的响应研究

程中秋¹, 张克斌^{1*}, 孙喜旺², 张宾宾¹, 赵阳¹, 王晓¹

(1. 北京林业大学 水土保持学院 北京 100083; 2. 云南今禹生态工程咨询有限公司 云南 昆明 650021)

摘要: 对不同干扰梯度下的植被特征、土壤含水量、重要值和多样性等指标进行比较分析。结果表明: 随着干扰程度的加大, 多年生植物的种类不断减少, 植物适口性以中度干扰为最高; 植被的盖度、高度及密度均是中度干扰 > 重度干扰 > 轻度干扰, 生物量调查结果是重度干扰 > 中度干扰 > 轻度干扰; 中度干扰和重度干扰的主要优势种重要值分布相对均匀, 而轻度干扰下只是极少数几个物种有较高的重要值; 多样性结果显示: 中度干扰 > 轻度干扰 > 重度干扰, 表明进行围封的同时进行适当的放牧干扰, 才更有利于研究区植被朝多样化方向发展。综合以上分析, 中度干扰(半封育措施) 显然是农牧交错区植被恢复的最好方式。

关键词: 中度干扰; 农牧交错区; 重要值; 围栏封育; 旱生化

中图分类号: S718.54⁺2 文献标志码: A 文章编号: 1000-2286(2011)04-0743-06

A Study on the Response of Vegetation Features and Diversity to Disturbance in the Farming-pastoral Ecotone

CHENG Zhong-qiu¹, ZHANG Ke-bin^{1*}, SUN Xi-wang²,
ZHANG Bin-bin¹, ZHAO Yang¹, WANG Xiao¹

(1. College of Soil and Water Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China; 2. Yunnan Jinyu Ecological Engineering Consulting Co., LTD, Kunming 650021, China)

Abstract: This article compares and analyzes vegetation features, soil moisture content, importance value and diversity index under different disturbance ways. The result shows that, with the increase of disturbance, perennial plant species are on the decrease, the plant palatability under moderate disturbance is the highest. And it is also revealed that the vegetation coverage, height and density under moderate disturbance are the largest, those under severe disturbance are the second largest, those under mild disturbance are the lowest. The survey result for biomass is: severe disturbance the largest, moderate disturbance the second, mild disturbance the lowest. The importance value of dominant species under moderate disturbance and severe disturbance is evenly distributed, while that under mild disturbance is relatively concentrated only in a few species. The result of diversity is: moderate disturbance the largest, mild disturbance the second, severe disturbance the lowest, which indicates that making appropriate frequent disturbance under enclosure makes the vegetation of the study area develop towards the diversification direction. Synthesising the above analysis, moderate disturbance (half-enclosure) is obviously the best way to vegetation restoration for farming-pastoral ecotone.

收稿日期: 2011-03-26 修回日期: 2011-05-23

基金项目: 国家自然科学基金项目(30771764) 和国家林业局宁夏盐池荒漠化定位监测项目

作者简介: 程中秋(1986—) 男, 硕士生, 主要从事水土保持与荒漠化防治研究, E-mail: chengzhongqiu456@126.com;

* 通讯作者: 张克斌, 教授, 博士生导师, E-mail: ctccd@126.com。

Key words: moderate disturbance; farming-pastoral ecotone; importance value; enclosure; drought biochemical

生物多样性是人类赖以生存的物质基础,是社会经济稳定的根本保障,对于全球生态平衡和维持人类的可持续发展具有重大意义^[1]。农牧交错区的草场退化目前已成为全球荒漠化最为主要的退化类型^[2],而草地植物多样性下降是草场退化的一个主要表现形式,所以研究草地植被生物多样性的变化对了解荒漠化和农牧交错区草场退化十分重要。其中,干扰是草地生态系统生物多样性改变的主要原因^[3]。长期人类干扰改变了草地生态系统的环境和生物资源的质量及其所占空间大小、形态和分布,最终改变了草地生物多样性^[4]。

在众多干扰理论中,中度干扰假说在生态学领域认可度较高,但是中度干扰假说在农牧交错区植被恢复中的运用目前还不是很多。本文结合国家林业局定点监测项目(宁夏盐池荒漠化监测项目),选择不同封育措施(完全封育、半封育和未封育)的植被作为研究对象,计算其植物特征值及生物多样性。同时,定性地将完全封育为轻度干扰,半封育为中度干扰,未封育为重度干扰,检验中度干扰假说在农牧交错区草地生态系统的正确性,为制定科学合理的草场管理体系提供理论参考。

1 研究区自然情况

盐池县位于宁夏回族自治区东部,北纬 $37^{\circ}04'$ ~ $38^{\circ}10'$,东经 $106^{\circ}30'$ ~ $107^{\circ}41'$ 。盐池县北与毛乌素沙漠相连,南靠黄土高原,在地理位置上属于一个典型的过渡地带,即:地形自南向北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该县自然条件资源的多样性和脆弱性特点。

盐池县主要为剥蚀的准平原地形,全县地势南高北低,海拔在1 295~1 951 m,南北明显分为黄土丘陵和鄂尔多斯缓坡丘陵两大地貌单元。该县属于典型中温带大陆性气候,年均气温为 8.1°C ,极端最高温度为 34.9°C ,极端最低温度为 -24.2°C ,年均无霜期为165 d;年降水量仅250~350 mm,且从南向北,从东南向西北递减。土壤类型以灰钙土为主,其次是黑垆土和风沙土,此外有黄土,少量的盐土、白浆土等。植被类型有灌丛、草原、草甸、沙地和荒漠植被。其中灌丛、草原、沙地植被数量较大,分布也广。草原分干草原和荒漠草原,群落中常见植物种类以旱生和中旱生类型为主。

2 研究方法

2.1 样地布设及土壤取样

研究区域选在盐池县北部的鄂尔多斯缓坡丘陵区,即毛乌素沙地的西南缘的柳林堡乡,距盐池县城20 km。在研究区域内针对不同干扰梯度共设置3块样地:完全封育区、半完全封育区和未封育区。完全封育区始于1991年第一批全国防沙治沙试验示范,采用铁丝网围栏,能够完全排除家畜的采食和践踏影响,只受到轻微人员践踏,视为轻度干扰。半封育区从2002年以来采取封育措施,封育年限较完全封育区短,受到轻微放牧影响,视为中度干扰。未封育区位于半封育区边缘,受到较为严重的人为干扰和放牧的影响,视为重度干扰。3种处理方式在一条直线上,相距不远,地形地貌、土壤性质、气候等自然条件基本相同,不存在自然因素的差异。调查时间选择2010年7月(植物生长速生期),调查方法是在3个样地各随机布设10个样方。考虑到研究区域主要以草本植物为主,样方大小选择 $1\text{ m}\times 1\text{ m}$,调查内容主要包括植物名称、植物种数、株数、盖度、高度、生物量(鲜质量)等。同时在3个不同样地上各随机设置5个取土点,分别按0~10 cm、10~20 cm及20~30 cm进行分层取样,采用烘干法测定其土壤含水量。

2.2 数据处理方法

2.2.1 重要值测定^[5-10] 重要值确定各群落的主要成分,以区分不同群落。重要值的计算方法如下:

$$\text{重要值} = (\text{相对多度} + \text{相对频度} + \text{相对盖度} + \text{相对高度} + \text{相对生物量}) / 5$$

2.2.2 生物多样性测定 采用Shannon-Wiener指数^[11-12]测定物种多样性

$$H = - \sum_{i=1}^S P_i \ln P_i \quad (1)$$

采用 Simpson 指数^[11-12]测定生态优势度

$$D = 1 - \sum_{i=1}^S P_i^2 \quad (2)$$

采用 Pielou 指数^[11-12]测定群落均匀度

$$E = \left(- \sum_{i=1}^S P_i \right) / \ln P_i / \ln(S) \quad (3)$$

式中: $P_i = N_i/N$ P_i 为种 i 的相对重要值, N 为样带植物重要值总和, N_i 为样地中种 i 重要值之和, S 为所调查样地物种总数。

同时运用 ANOVA 方差分析方法检验 3 种不同梯度干扰(完全封育区、半封育区和未封育区)下的植物特征值的差异显著性。

3 结果分析

3.1 不同干扰梯度对植物种及其组成的影响

通过样方调查发现,完全封育区共出现 7 科 16 种植物,其中菊科 7 种,占 43.8%;豆科 3 种,占 18.8%;蝶形花科 2 种,占 12.5%;苋科、萝藦科、大戟科、禾本科各 1 种,占 6.3%;半封育区共出现 7 科 12 种植物,其中菊科 4 种,占 33.3%;豆科 2 种,占 16.7%;禾本科 2 种,占 16.7%;藜科、苋科、萝藦科、蝶形花科各 1 种,占 8.3%;未封育区共出现 6 科 10 种植物,菊科 4 种,占 40%;禾本科 2 种,占 20%;苋科、蝶形花科、藜科、豆科各 1 种,占 10%。调查结果表明,随着干扰程度的加大,群落总物种数呈下降趋势,这是因为一定程度上的动物采食和践踏导致某些植物在群落中消失,从而使群落中总物种数下降。

从植物组成看(表 1)随着干扰程度的加大,多年生植物的种类不断减少。从适口性来看(表 1) 3 种干扰梯度中,完全封育区适口性好的植物种所占比例约 52% 左右,半封育区适口性好的植物种所占比例达到 68% 左右,未封育区适口性好植物种所占比例为 63% 左右。适口性好的植物生物量平均值以半封育区为最高,达到 92 g/m²,未封育区次之,为 74 g/m²,完全封育区最低,为 68 g/m²。这表明适当的轻微放牧干扰可以抑制一些适口性较差的强旱生植物的生长,促进一些适口性较好的植物的再生,但是严重的放牧干扰会导致适口性好的植物遭到灾难性破坏,不利于植物的再生。

表 1 不同干扰梯度上的植物组成

Tab. 1 Plants component under different disturbance gradients

植物组成 Plant composition	干扰梯度等级 Disturbance gradient grade		
	1	2	3
植物种数 Plant species	16	12	10
多年生草本植物种比例/% The proportion of herbaceous perennial flowering plants	78	69	53
适口性好植物种数比例/% Good palatability of plant species ratio	52	68	63
适口性好植物生物量/(g·m ⁻²) Palatability of plant biomass	68	92	74

1、轻度干扰(完全封育区); 2、中度干扰(半封育区); 3、重度干扰(未封育区)。

1. Light interference (Totally enclosed region); 2. Moderate interference (Semienclosed region); 3. Severe interference (Anenclosed region)。

3.2 不同干扰梯度对土壤含水量的影响

不同程度干扰引起的土壤含水量和植物群落特征的变化是导致农牧交错区植物多样化的重要原因,因此,研究该区土壤含水量和种群的分布是研究植物多样性的基础。通过土壤含水量的调查(表 2)

发现,完全封育区的土壤含水量最高,半封育区次之,未封育区最低。这是因为,封育过久,长时间不受到干扰影响,土壤生物结皮高度发育。生物结皮可阻碍水分入渗,延长入渗时间,这样有效地保存了土壤水分。同时,生物结皮大量覆盖地表,有效降低了土壤水分蒸发,有利于保存土壤水分。随着干扰强度的增大,生物结皮盖度越小,土壤保存水分越低。通过各分层土壤的含水量对比分析,完全封育区和半封育区土壤含水量最高的是10~20 cm,而未封育区最高的是20~30 cm。原因是生物结皮大量覆盖地表,可有效阻碍水分的深层入渗。

表2 不同干扰梯度上的土壤含水量

Tab.2 Soil moisture content under different disturbance gradients

土壤厚度/cm The thickness of soil layer	干扰梯度等级 Disturbance gradient grade		
	1	2	3
0~10	3.72	4.48	3.13
10~20	6.26	5.72	4.56
20~30	5.24	4.64	4.62
总计	15.22	14.84	12.31

1、轻度干扰(完全封育区);2、中度干扰(半封育区);3、重度干扰(未封育区)。

1. Light interference (Totally enclosed region); 2. Moderate interference (Semienclosed region); 3. Severe interference (Anenclosed region)。

表3 不同干扰梯度上的植物群落特征

Tab.3 Plant community feature under different disturbance gradients

群落特征 Community characteristics	干扰梯度 Disturbance gradient		
	1	2	3
生物量/(g·m ⁻²) Biomass	115.43	160.00	186.51
盖度/% Coverage	21.9	29.9	29.5
高度/cm Height	13.29	20.13	18.49
密度/(株·m ⁻²) Density	45	69	36

1、轻度干扰(完全封育区);2、中度干扰(半封育区);3、重度干扰(未封育区)。

1. Light interference (Totally enclosed region); 2. Moderate interference (Semienclosed region); 3. Severe interference (Anenclosed region)。

3.3 不同干扰梯度对植物群落特征的影响

通过对3种不同干扰梯度下的植物群落特征的比较发现(表3、图1),完全封育区、半封育区、未封育区的植被覆盖度分别为21.9%、29.9%、29.5%,ANOVA方差分析结果表明,三者之间并不存在显著性差异($P > 0.05$),说明对完全封育区加大干扰力度,同时对未封育区进行有效地轻牧禁牧管理,短时间内北方农牧交错区植被盖度即可得到有效提高。植物高度和密度均是半封育区最大、未封育区次之、完全封育区最小,可见长时间围栏封育和严重的放牧干扰均不利于北方农牧交错区的植被恢复。ANOVA分析结果显示,3种不同干扰梯度下的植物密度之间不存在显著性差异($P > 0.05$),但植被高度完全封育区和半封育区存在显著性差异($P < 0.05$),完全封育区与未封育区以

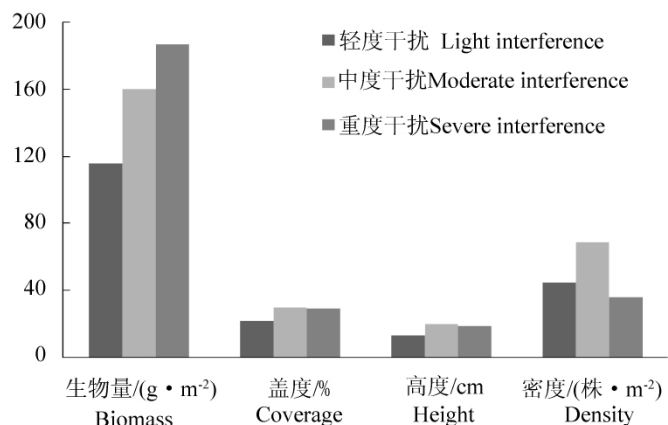


图1 不同干扰梯度上的植物群落特征

Fig.1 Plant community feature under different disturbance gradients

ANOVA分析结果显示,3种不同干扰梯度下的植物密度之间不存在显著性差异($P > 0.05$),但植被高度完全封育区和半封育区存在显著性差异($P < 0.05$),完全封育区与未封育区以

及半封育区与未封育区之间差异不显著 ($P > 0.05$)。然而,生物量的调查结果却是未封育区 > 半封育区 > 完全封育区,同时完全封育区和未封育区存在显著性差异 ($P < 0.05$)。这是因为未封育区受到强烈的放牧干扰,口感稍好的牧草类植物生长受挫,使口感不佳的半灌木黑沙蒿 (*Artemisia ordosica* Krasch.) 生长迅速,导致未封育区生物量攀升;而长时间的围栏封育导致单株生物量较低的强旱生植物如阿尔泰狗娃花 (*Heteropappus altaicus* (Willd.) Novopokr.) 和叉枝鸦葱 (*Scorzoneradivaricata* Turcz.) 等得到发展,中旱生植物生长受限,从而导致样地总体生物量水平低下。

3.4 不同干扰梯度对植物重要值的影响

不同干扰梯度下的主要植物种的重要值变化如表4所示。

表4 不同干扰梯度上的主要植物种重要值

Tab.4 Important value of the dominant species under different disturbance gradients

群落特征 Community characteristics	干扰梯度 Disturbance gradient		
	1	2	3
阿尔泰狗娃花 <i>Heteropappus altaicus</i> (Willd.) Novopokr.	46.41	4.66	/
叉枝鸦葱 <i>Scorzoneradivaricata</i> Turcz.	12.58	/	0.18
丝叶山苦荬 <i>Ixeris chinensis</i> var. <i>graminifolia</i> (Ledeb.) H. C. Fu	12.55	11.16	5.25
黑沙蒿 <i>Artemisia ordosica</i> Krasch.	8.98	30.74	43.93
刺沙蓬 <i>S. ruthenica</i> Iljin	1.96	19.71	23.67
苦豆子 <i>Sophora alopecuroides</i>	1.86	14.01	18.71

1、轻度干扰(完全封育区);2、中度干扰(半封育区);3、重度干扰(未封育区);“/”表示没有在调查的样方中出现。

1. Light interference (Totally enclosed region); 2. Moderate interference (Semienclosed region); 3. Severe interference (Anenclosed region); “/” is not expressed in the sample survey.

从表4可以看出,长期的围栏封育,基本不受外界干扰影响,导致阿尔泰狗娃花和叉枝鸦葱等强旱生植物的重要值攀升,成为封育草地的优势种。随着干扰强度的加大,黑沙蒿、刺沙蓬 (*S. ruthenica* Iljin) 和苦豆子 (*Sophora alopecuroides*) 的重要值呈现增长趋势,逐渐成为该区域的优势种群。同时,对同一干扰梯度上不同植物的重要值比较发现,中度干扰和重度干扰的主要优势种重要值分布相对均匀,而轻度干扰下只是极少数几个物种有较高的重要值,这是长期围栏封育群落演替的结果。

3.5 不同干扰梯度对植物多样性的影响

随着干扰强度由弱到强,Simpson指数分别是0.738、0.814和0.707,Shannon-Wiener指数分别为1.839、1.980和1.489,Pielou均匀度指数相应为0.663、0.797和0.647,这3个多样性指数都表现为中度干扰 > 轻度干扰 > 重度干扰(图2)。这表明,长期围栏封育和过度的放牧干扰均不利于北方农牧交错区的植被恢复和植物多样性的提高,在进行围栏封育的同时进行适当的放牧干扰,才更有利于研究区植被朝多样化方向发展,有利于农牧交错区生态系统的稳定。

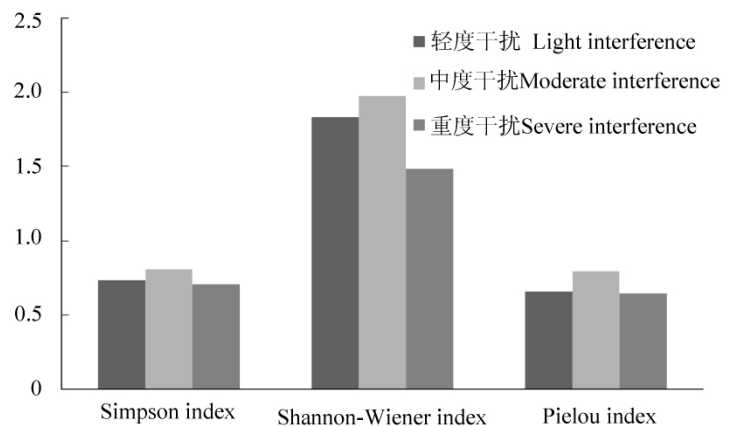


图2 不同干扰梯度上的植物多样性指数

Fig.2 Plant diversity index under different disturbance gradients

4 讨论

长期以来,干扰的生态学意义一直未引起生态学家的重视,因为以前生态学家更多考虑的是生态系统的平衡和稳定,关注生态演替中顶级群落的发展和形成^[13]。随着研究的深入,发现干扰在物种多样

性形成和保护中起着重要作用,适度的干扰不仅对生态系统无害,而且可以促进生态系统的演化和更新,有利于生态系统的稳定和发展^[14]。由于北方农牧交错区草地生态系统极具脆弱性,以往人们总是认为长期的围栏封育是保护草地生态系统最好的方式,但是近来越来越多的研究表明单纯的无任何放牧干扰的围栏封育并不是农牧交错区草地植被恢复的最好方式。因为随着封育时间的延长,土壤表面容易形成较厚的生物结皮,有效地阻止降水入渗,导致中旱生植物逐渐被强旱生植物取代,植物适口性和植物多样性水平均不断退化。

中度干扰假说是目前草地生态系统研究普遍接受的观点^[15],对中度放牧干扰与草地生态系统关系的认识,有助于人们采取正确的生态管理对策。但是由于大尺度干扰研究的长期性、复杂性和中小尺度干扰定量的难度,目前对草地生态系统中度干扰假说大多停留在定性程度上。究竟干扰保持什么程度时才是中度(适度)的,依然需要通过一系列系统的研究来确定。本研究定性地将半封育措施视为中度干扰,研究结果表明:半封育措施确实比完全封育和未封育措施更有利于北方农牧交错区草地生态系统的植被恢复,说明中度干扰假说可以有效指导农牧交错区草场管理。中度干扰的定量研究(如封育多少年后进行放牧,放牧强度如何确定等)是今后研究的重点。

参考文献:

- [1] 马克平, 黄建辉, 于顺利, 等. 北京东灵山地区植物群落多样性的研究: 丰富度、均匀度和物种多样性指数[J]. 生态学报, 1995, 15(3): 268-277.
- [2] Middleton N J, Thomas D S G, et al. World Atlas of Desertification(second edition) [M]. London: Edward Arnold, 1998: 5-12.
- [3] 王仁忠. 干扰对草地生态系统生物多样性的影响[J]. 东北师大学报: 自然科学版, 1996(3): 112-116.
- [4] 郑伟, 朱进忠, 潘存德. 草地植物多样性对人类干扰的多尺度响应[J]. 草地科学, 2009(8): 72-80.
- [5] 郑翠玲, 曹子龙, 赵廷宁, 等. 浑善达克沙地南缘痕牧交错带弃耕地植被的演替规律[J]. 中国水土保持科学, 2005, 3(1): 72-76.
- [6] 戈峰. 现代生态学[M]. 北京: 科学出版社, 2000.
- [7] 李瑞, 刘云芳, 张克斌, 等. 半干旱区湿地植物群落 α 多样性分析: 以宁夏盐池为例[J]. 中国水土保持科学, 2007, 5(6): 65-69.
- [8] 沈彦, 张克斌, 杜林峰, 等. 宁夏盐池封育区植物特征值及多样性影响[J]. 生态环境, 2007, 16(5): 1481-1484.
- [9] 程中秋, 张克斌, 常进, 等. 宁夏盐池不同封育措施下的植物生态位研究[J]. 生态环境学报, 2010, 19(7): 1537-1542.
- [10] 任继周. 草业科学研究方法[M]. 北京: 中国农业出版社, 1998.
- [11] 马克平, 刘玉明. 生物群落多样性的测度方法: α 多样性的测度方法[J]. 生物多样性, 1994, 2(4): 231-239.
- [12] 沈彦, 张克斌, 杜林峰, 等. 封育措施在宁夏盐池草地植被恢复中的作用[J]. 中国水土保持科学, 2007, 5(3): 90-93.
- [13] 华伟. 干扰及其景观生态学意义在公路工程中的应用研究[D]. 南京: 南京林业大学, 2008.
- [14] 陈利顶, 傅伯杰. 干扰的类型、特征及生态学意义[J]. 生态学报, 2000, 20(4): 581-586.
- [15] 罗天相, 刘莎. 中度放牧干扰对草地生物多样性影响的思考[J]. 安徽农业科学, 2007, 35(21): 6567-6568.