

鄂尔多斯高原沙地草地荒漠化景观现状的定量分析

陈玉福, 董鸣* (中国科学院植物研究所植被数量生态学开放研究实验室, 北京 100093)

摘要: 基于相互垂直的 2 条 5 km 长的样线的野外调查, 分析了鄂尔多斯高原东南部地区沙地草地的景观现状. 对 2 条样线上的斑块出现的频度的统计分析表明, 该地区景观以小尺度斑块为主, 有 95 % 以上的斑块直径小于 50 m, 平均斑块直径只有 15 m, 但仍有较大面积的流沙斑块存在. 对沿样线的裸地百分比盖度的半方差分析揭示了该区域荒漠化景观依赖于空间尺度的环境异质性, 所调查的沿样线裸地百分比盖度的分维, 接近于 2, 说明其空间异质性主要集中在较小的尺度上. 这说明该区景观较为稳定, 但沙化面积有扩大的趋势.

关键词: 荒漠化; 植被盖度; 半方差; 分形; 鄂尔多斯高原

中图分类号: X171.1 文献标识码: A 文章编号: 0250-3301(2002)01-05-0087

Quantitative Analysis of Landscape Conditions of the Desertified Sandy Grassland in Ordos Plateau

Chen Yufu, Dong Ming* (Lab of Quantitative Vegetation Ecology, Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100093, China)

Abstract: The landscape condition of the sandy grassland in southeast of Ordos Plateau was analyzed based on the data from field investigation along two intercepting 5 km transects. Summary on frequency of the patches showed that small-scale patches were prominent in this area, with 95 % of total patches smaller than 50 m and average dimension of patches 15 m, while there were also a couple of large-scale mobile sandy patches. Environmental heterogeneity dependent on spatial scales was revealed by semivariogram in the sampling area. The large fractal dimensions of percent coverage of bare ground, close to 2, indicated dominant small-scale spatial variance. This result implies a relative stabilized landscape and also a desertified area.

Key words: desertification, vegetation cover, semivariance, fractal, Ordos Plateau.

干旱半干旱放牧生态系统的荒漠化是我国北方地区一个严重的生态、经济和环境问题^[1~4]. 荒漠化, 即干旱、半干旱和干旱亚湿润地区的土地退化, 是发生在全球范围内的一个严峻的环境问题^[5]. 我国地域辽阔, 其荒漠化现象主要集中在北方地区, 据估计, 约占整个国土面积的 27.3 %^[6]. 荒漠化不仅导致诸如植被的丧失、物种多样性的减少、有毒植物的侵入、土壤矿质营养的流失、以及农业产出的降低等直接的不良后果^[7], 同时, 也加剧了沙尘暴等灾害性天气的发生^[8].

造成土地退化的荒漠化现象, 特别是沙质荒漠化有自然(包括气候变动和地质运动等)和人为(如过度放牧、垦荒和樵采等)两方面的因素^[9~14]. 在大多数情况下, 荒漠化最直接的原因是由于自然和人为因素导致的植被盖度的急

剧减少以及植被结构的单一化^[5]. 植被覆盖的破坏一方面减少了土壤中的有机质含量, 另一方面降低了地面的粗糙度, 增加了地表风速和蒸发强度, 从而加剧了干旱程度^[5]. 已有的风洞实验表明, 土壤风蚀率随植被盖度的减少呈指数增加^[15, 16], 一个地区的植被/裸地盖度与该地区的土地退化是紧密相关的, 所以, 植被/裸地盖度被作为表征土地退化特征的主导性指标^[17~20]. 当我们想要认识一个地区环境健康状况的时候, 了解这个地区的植被/裸地盖度及其在空间上的分布格局总是首要的任务, 同

基金项目: 国家重点基础研究发展规划项目(G2000018607); 国家杰出青年科学基金(39825106)项目

作者简介: 陈玉福(1968~), 男, 山东人, 博士研究生, 主要研究方向为景观生态学.

收稿日期: 2000-11-07; 修订日期: 2001-03-01

* 通讯作者

时,这对于认清该地区的荒漠化现状和理解荒漠化发生的尺度和机理也是必要的,并可为发展有效的防治与管理对策提供理论依据.

1 研究方法

1.1 研究区域

鄂尔多斯高原位于 $37^{\circ}35' \sim 40^{\circ}52' \text{ N}$, $106^{\circ}42' \sim 111^{\circ}28' \text{ E}$,地处我国西北内陆,它的西、北、东3面为黄河所环抱,多数地区海拔 $1100 \sim 1500 \text{ m}$.本区属温带半干旱至干旱强大陆性气候,年均温 $5.5^{\circ}\text{C} \sim 9^{\circ}\text{C}$,年降水量为 $160 \sim 450 \text{ mm}$ ^[21].地形波状起伏,风沙活动频繁是本区突出的景观特征^[22].据调查,本区沙地、覆沙地面积占总土地面积的 62.9% ,其中,面积最大的是本区东南部的毛乌素沙地,约占本区沙区面积的 70% ^[21].毛乌素沙地是一个包括气候、植被、自然地理等多方面的过渡区域^[23].自19世纪50年代以来,主要由于不合理的人类活动造成了该区荒漠化的迅速扩展^[24,25].近年来,该区所进行的防治荒漠化的成效,始终受到人口增长和畜牧业发展的限制,一个具有高的生态和经济效益的生产模式仍有待建立^[23].

1.2 野外取样与数据分析

研究地点位于内蒙古自治区伊金霍洛旗境内东南部大约 30 km^2 的范围内($39^{\circ}29' \text{ N}$, $110^{\circ}12' \text{ E}$),其主要的景观斑块类型有流动沙丘、固定沙丘、半固定沙丘、覆沙梁地和覆沙滩地等,地表均为沙基质,土壤类型属风沙土.在该地,沿西北-东南方向(样线 I)和东北-西南方向(样线 II)分别设置一条长 5 km 的样线,沿样线调查连续的 $5 \text{ m} \times 5 \text{ m}$ 的样方,在每个样方中记录每种植物的目测百分比盖度(包括苔藓、地衣等),以及裸地的百分比盖度.

基于上述调查数据,统计计算不同斑块的大小和频度,并应用沿样线的裸地百分比盖度进行半方差分析,计算其分形维数.本文以 20% 和 60% 作为划分不同斑块类型的界限(表1),因为,根据风洞实验的结果^[15,16,26], 20% 、 60% 植被盖度是控制风沙土流动性的2个临界值.用斑块为样线所截长度来代表斑块的直径.

半方差分析是空间异质性定量分析的一个

表 1 基于植被盖度的景观斑块类型划分^[15,16]

植被盖度/ %	斑块类型
0 ~ 20	流沙斑块
21 ~ 60	半固定沙丘
> 60	固定沙丘

有力工具,被广泛应用于地学、土壤学和生态学的研究中^[27~31].半方差分析可以揭示空间异质性的程度和尺度变化特征^[32].有关半方差的计算公式在上述的许多文献中都有详细的叙述,本文不再赘述.以半方差对空间距离做图就得到半方差图,半方差图反映变量的空间变异随空间尺度的变化特征.空间变量的分维 D 可用双对数坐标的半方差图的斜率 m 来估计 $D = 2 - m/2$.分维(Fractal dimensions)可以用以衡量景观特征空间异质性的尺度依赖性,对于线性的分形现象,分维介于1和2之间, D 值接近于1,说明大尺度上的变异显著; D 值接近于2,说明小尺度上的变异较为重要^[33,28].

2 结果

图1表示了2条样线上不同大小和不同类型的斑块出现的频度.可以看出,①小尺度斑块占有绝对优势:样线 I,直径 $\leq 10 \text{ m}$ 的斑块数目占斑块总数目的 71% ,而直径 $> 50 \text{ m}$ 的斑块数目仅占 3% ;样线 II,直径 $\leq 10 \text{ m}$ 的斑块数目占斑块总数目的 66% ,而直径 $> 50 \text{ m}$ 的斑块数目仅占 4% .②景观结构相当破碎:样线 I,3类斑块总数为367;样线 II,3类斑块总数为329,平均为348.2条样线上的最大斑块直径是 230 m ,最小为 5 m ,平均斑块直径只有 15 m .其中,半固定沙丘斑块数目最多(共有327,占 47%),其次是流沙斑块(共有239,占 34%),固定沙丘斑块数目最少(共有130,占 19%).2条样线取样面积为 50000 m^2 ,从所占面积来看,流沙斑块(22000 m^2 ,占 44%) $>$ 半固定沙丘斑块(21000 m^2 ,占 42%) $>$ 固定沙丘斑块(7000 m^2 ,占 14%).③2条样线上总平均植被盖度为 34% ,裸地盖度为 66% ,总体看,调查范围内荒漠化比较严重,在固定半固定沙丘中伴有斑点状流沙分布和片状流沙分布,明显存在沙化面

积扩大的趋势.

图 2 为 2 条样线上的裸地百分比盖度的半方差图.从图中可以看出,半方差随空间距离的增加而增加,说明裸地百分比盖度的空间异质性依赖于空间尺度.但是,半方差在不同的空间尺度范围内增长速度有所不同,在较小的空间

尺度上($\leq 50\text{ m}$),半方差随空间距离的增长较快,而在较大的空间尺度上($> 50\text{ m}$),则增长较缓,也就是说,较小的空间尺度上具有较高的环境异质性.同时,分形分析得到样线 I 的分维为 1.93,样线 II 为 1.94,均接近于 2,这也指示着较高的小尺度空间异质性.

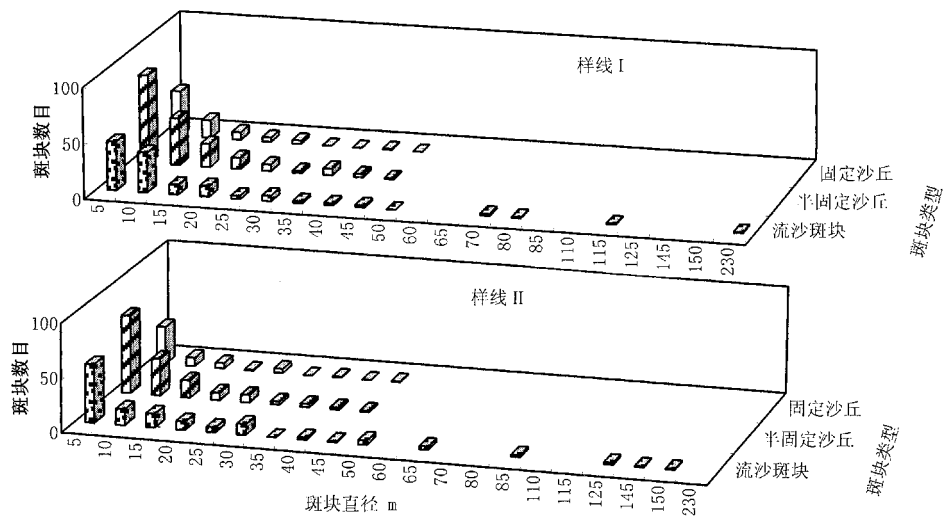


图 1 鄂尔多斯高原沙地草地荒漠化景观中 2 条相互垂直的 5km 样线所截斑块类型、大小和频度

Fig.1 Patch types, size and frequency along two intercepted 5km transects in desertified landscape of Ordos Plateau sandy grassland

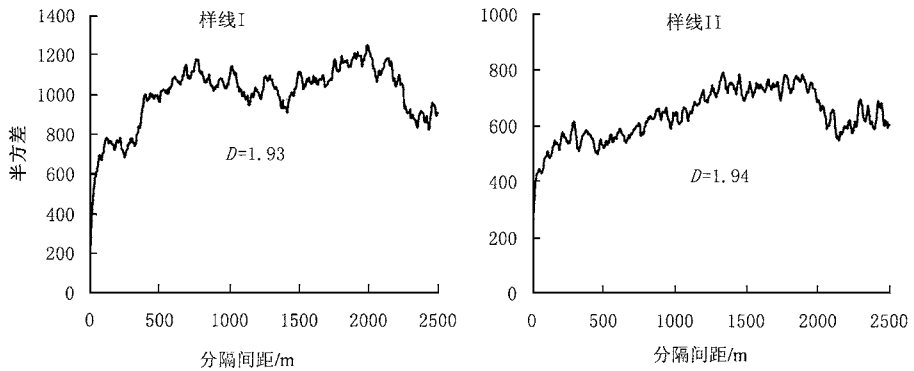


图 2 沿 2 条样线的裸地百分比盖度的半方差图

Fig.2 Semivariogram of percent coverage of bare ground

3 讨论

从沿着相互垂直的 2 条样线上的不同类型和大小的斑块出现的频度,以及裸地百分比盖度的半方差分析和分形分析的结果来看,鄂尔多斯高原沙地草地景观非常破碎,小尺度斑块占绝对优势,小尺度空间异质性较高,而小尺度斑块对于维持半干旱景观的健康状况是非常重

要的^[34].因为降水量决定了地处干旱-半干旱区的鄂尔多斯高原较低的植被盖度,调查区域沙丘植被的适宜覆盖率为 30 % ~ 40 %*,在整个

* Dong, X. J. 1997. Ecophysiology of the sandy shrubs in the Mu Us Sandland——structure and function. Ph. D. Thesis. Beijing.

取样范围内,植被盖度仅为 34%,有 2/3 的地面为裸地所覆盖,这是由该区较低的降水量所决定的。在这种情况下,植被/裸地盖度在空间上的分布格局就显得尤为重要。在鄂尔多斯高原沙地草地景观中,高密度的植丛与裸地相间分布,在同样的植被盖度下,大的植丛和裸地斑块的分布格局就没有小的植丛和裸地斑块稳定,因为如果裸地的斑块太大,就得不到植丛有效的防护,极易遭受风蚀沙化,所以小尺度斑块在景观中占优势对维持健康稳定的干旱-半干旱景观是非常必要的。然而,尽管调查范围内以小尺度斑块为主,但仍有较大的植被盖度 < 20% 的流沙斑块存在,最大的流沙斑块直径达 230 m,象这些斑块就极易受风蚀沙化的影响。荒漠化过程往往是首先在局部地区出现斑点状流沙或风蚀坑,然后逐步扩展,继而合并形成片状流沙,乃至大片流沙^[35]。近几十年来我国北方地区的沙质荒漠化,究其原因,主要是过度农垦、过度放牧和过度樵采等人类活动^[24,35],这些人为干扰活动一般发生在较小的尺度上,所造成的直接后果是破坏植被和地表结构,降低地表粗糙度和地面形态的稳定性,从而增加土壤风蚀率^[36~38],形成易受风沙危害的脆弱的小流沙斑块,这些小的流沙斑块如进一步扩展,合并便形成较大的流沙斑块,最终将导致区域环境恶化,灾害性天气频仍。

以上的分析表明,荒漠化现象是发生在多尺度上的一种景观生态学过程,因为它受控于气候、地形、植被和土壤、及人类活动等多尺度因子,小尺度上的斑块和环境异质性对于维持景观的健康状况是非常重要的。在短期时间尺度上,人为干扰可能是半干旱的鄂尔多斯高原荒漠化的主要原因,因为在该地区所实施的封育禁牧措施能有效地逆转荒漠化进程,持续的放牧压力往往首先造成局部小范围内的荒漠化斑块,而后逐步扩展,形成较大尺度上的荒漠化景观,所以,如果能在发生荒漠化之前或荒漠化初期,及时降低人为干扰的强度(如禁牧或轮牧等),则有可能使退化土地得到恢复。

参考文献:

- 1 朱震达,刘恕,杨有林. 试论中国北方农牧交错地区沙漠化土地整治的可能性和现实性. 地理科学, 1984, 4(3): 197~206.
- 2 Sheehy D P. A perspective on desertification of grazingland ecosystems in north China. AMBIO, 1992, 21(4): 303~307.
- 3 Fullen M A, Mitchell D J. Desertification and reclamation in north-central China. AMBIO, 1994, 23(2): 131~135.
- 4 慈龙骏. 我国荒漠化发生机理与防治对策. 第四纪研究, 1998, (2): 97~107.
- 5 Le Houerou H N. Climate change, drought and desertification. Journal of Arid Environments, 1996, 34: 133~185.
- 6 慈龙骏,吴波. 中国荒漠化气候类型划分与潜在发生范围的确定. 中国沙漠, 1997, 17(2): 107~111.
- 7 Wallace A. Environmental destruction called desertification. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 1994, 25(1&2): 101~104.
- 8 杨根生,吕荣(主编). 内蒙古伊克昭盟地区沙质荒漠化与综合治理技术. 北京: 中国环境科学出版社, 1998. 1~16.
- 9 董光荣,高尚玉,金炯等. 毛乌素沙漠的形成、演变和成因问题. 中国科学, B 辑, 1988, 18(6): 633~642.
- 10 吴正. 浅议我国北方地区的沙漠化问题. 地理学报, 1991, 46(3): 266~276.
- 11 高尚玉,陈渭南,靳鹤龄等. 全新世中国季风区西北缘沙漠化初步研究. 中国科学, B 辑, 1993, 23(2): 202~208.
- 12 陈渭南,宋锦熙,高尚玉. 从沉积重矿物与土壤养分特点看毛乌素沙地全新世环境变迁. 中国沙漠, 1994, 14(3): 1~9.
- 13 孙继敏,丁仲礼,袁宝印. 2000a B.P. 来毛乌素地区的沙漠化问题. 干旱区地理, 1995, 18(1): 36~42.
- 14 董光荣,陈惠忠,王贵勇等. 150ka 以来中国北方沙漠沙地演化和气候变化. 中国科学, B 辑, 1995, 25(12): 1303~1312.
- 15 Fryrear D W. Soil cover and wind erosion. Transactions of the ASAE, 1985, 28(3): 781~784.
- 16 董治宝,陈渭南,董光荣,陈广庭,李振山,杨佐涛. 植被对风沙土风蚀作用的影响. 环境科学学报, 1996, 16(4): 437~443.
- 17 朱震达,刘恕. 中国荒漠化土地的特征及其防治的途径. 自然资源, 1980, (3): 25~37.
- 18 董玉祥. 中国沙漠化危险度评价与发展趋势分析. 中国沙漠, 1996, 16(2): 127~131.
- 19 刘彦随,倪绍祥,查勇. 陕北风沙滩地区土地退化机理及治理对策. 自然资源学报, 1997, 12(4): 357~362.
- 20 王涛,吴薇,王熙章. 沙质荒漠化的遥感监测与评估——以中国北方沙质荒漠化区内的实践为例. 第四纪研究, 1998, (2): 108~118.
- 21 李博. 鄂尔多斯高原的自然条件与草地资源概况. 见: 李博. 鄂尔多斯高原沙质灌木草地绒山羊试验区研究成果汇编. 呼和浩特: 内蒙古教育出版社, 1995. 1~31.
- 22 史培军. 地理环境演变研究的理论与实践——鄂尔多斯地区晚第四纪以来地理环境演变研究. 北京: 科学出版社, 1991. 24~43.
- 23 张新时. 毛乌素沙地的生态背景及其草地建设原则与优化模式. 植物生态与地植物学学报, 1994, 18(1): 1~16.
- 24 Luk S H. Recent trends of desertification in the Maowusu

Desert, China. Environmental Conservation, 1983, 10 (3): 213 ~ 224.

25 吴波, 慈龙骏. 五十年代以来毛乌素沙地荒漠化扩展及其原因. 第四纪研究, 1998, (2): 165 ~ 172.

26 刘玉璋, 董光荣, 李长治. 影响土壤风蚀主要因素的风洞实验研究. 中国沙漠, 1992, 12(4): 41 ~ 49.

27 Journel A G, Huijbregts C. Mining geostatistics. London: Academic Press, 1978. 233 ~ 268.

28 Burrough P A. Multiscale sources of spatial variation in soil. I. Application of fractal concepts to nested levels of soil variation. Journal of Soil Science, 1983, 34: 577 ~ 597.

29 Robertson G P, Gross K L. Assessing the Heterogeneity of Belowground Resources: Quantifying Pattern and scale. In: Caldwell M M, Percy R W, eds. Exploitation of Environmental Heterogeneity by plants. New York: Academic Press, 1994. 237 ~ 253.

30 葛剑平, 郭海燕, 仲莉娜. 地统计学在生态学中的应用 (1) ——基本理论与方法. 东北林业大学学报, 1995, 23 (2): 88 ~ 94.

31 祖元刚, 马克明, 张喜军. 植被空间异质性的分形分析方法. 生态学报, 1997, 17(3): 333 ~ 337.

32 李哈滨, 王政权, 王庆成. 空间异质性定量研究理论与方法. 应用生态学报, 1998, 9(6): 651 ~ 657.

33 Burrough P A. Fractal dimensions of landscapes and other environmental data. Nature, 1981, 294: 240 ~ 242.

34 Ludwig J A, Tongway D J. Spatial organisation of landscapes and its function in semi arid woodlands, Australia. Landscape Ecology, 1995, 10: 51 ~ 63.

35 朱震达. 中国土地荒漠化的概念、成因与防治. 第四纪研究, 1998, (2): 145 ~ 155.

36 贺大良, 邹本功, 李长治, 张继贤, 邱醒民. 地表风蚀物理过程风洞实验的初步研究. 中国沙漠, 1986, 6(1): 25 ~ 31.

37 董光荣, 李长治, 金炯, 高尚玉, 吴丹. 关于土壤风蚀风洞模拟实验的某些结果. 科学通报, 1987, 32(4): 297 ~ 301.

38 董治宝, 陈渭南, 董光荣, 杨佐涛, 李振山. 关于人为地表结构破损与土壤风蚀关系的定量研究. 科学通报, 1995, 40 (1): 54 ~ 57.

中国科技期刊引证报告——总被引频次前 50 名排序表(2000 年度)¹⁾

名次	期刊名称	总被引 频次	影响 因子	名次	期刊名称	总被引 频次	影响 因子
1	科学通报	2979	0.620	26	中国农业科学	976	0.681
2	世界华人消化杂志	2954	2.700	27	化学学报	964	0.530
3	分析化学	2268	0.909	28	环境科学	948	0.724
4	中华外科杂志	2084	0.642	29	昆虫学报	937	0.613
5	中华骨科杂志	2063	0.816	30	中华血液学杂志	934	0.428
6	高等学校化学学报	1987	0.704	31	理化检验化学分册	929	0.138
7	植物学报	1918	0.823	32	地质论评	907	1.337
8	中华放射学杂志	1865	1.037	33	中国药学杂志	888	0.538
9	中华医学杂志	1652	0.553	34	作物学报	864	0.609
10	中华妇产科杂志	1526	1.008	35	中华消化杂志	855	1.086
11	中华内科杂志	1492	0.976	36	地球物理学报	852	0.693
12	WORLD J OF GASTROENTEROLOGY	1394	2.616	37	植物生理学报	848	0.774
13	中国中西医结合杂志	1384	0.598	38	电力系统自动化	839	0.722
14	中国实用外科杂志	1383	0.823	39	金属学报	832	0.508
15	中华儿科杂志	1378	0.937	40	生态学报	820	0.477
16	药学学报	1288	0.668	41	中华神经外科杂志	805	1.076
17	中草药	1250	0.463	42	中国超声医学杂志	802	0.535
18	中华心血管病杂志	1197	1.055	43	中华耳鼻咽喉科杂志	779	0.857
18	植物生理学通讯	1197	0.399	44	中国机械工程	778	0.562
20	中华结核和呼吸杂志	1192	0.872	45	电子学报	777	0.337
21	中华肿瘤杂志	1187	0.811	46	园艺学报	729	0.656
22	中华泌尿外科杂志	1157	0.556	47	中华眼科杂志	722	0.573
23	中国科学 B	1119	0.608	48	光学学报	721	0.350
24	物理学报	1056	0.603	49	化学通报	713	0.447
25	中国中药杂志	1003	0.472	50	中华病理学杂志	712	0.837

1) 中国科学技术信息研究所, 中国科技期刊引证报告, 2001-11.