

古尔班通古特沙漠 1970—2000 年代生物 结皮覆盖变化研究

杨 伟¹, 陈 晋^{1*}, 张元明², 王雪芹²

(1.北京师范大学 资源学院,北京 100875; 2.中国科学院 新疆生态与地理研究所,乌鲁木齐 830011)

摘要: 生物结皮是古尔班通古特沙漠主要的地表覆盖类型,也是维持其地表稳定的重要生物因子。论文利用 20 世纪 70 年代中期、80 年代末期及 21 世纪初的遥感影像,通过生物结皮指数提取了古尔班通古特沙漠在相应时期内的生物结皮空间分布。在此基础上,分析了研究区近 30 年来生物结皮空间分布的变化特征;利用景观分析软件 Fragstats 计算了各个时期内结皮覆盖的景观指数,并对其变化特征进行了分析。结果表明:由于新疆气候增湿、增暖明显,近 30 年来结皮发育良好。但由于油田开采、水利工程建设、牲畜放牧等人类活动的加强,结皮发育受到较为严重的干扰,区域内结皮斑块破碎化程度加大。

关键词: 生物结皮; 空间分布; 古尔班通古特沙漠; 遥感技术; 景观破碎化

中图分类号: X17; S154.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3037(2006)06-0934-08

生物结皮是由不同种类的苔藓、地衣、地钱、藻类、真菌、蓝藻以及细菌等生物组分与薄瘠的土壤共同形成的一个复合生物土壤层^[1]。由于生物结皮具有独特的生理生态过程,使其可广泛存在于各种生境条件下^[2],包括极端干旱、高温(最高温度可达 70℃)和高 pH 值的环境^[3,4]。在沙漠地区组成生物结皮的藻类、苔藓和地衣是常见的先锋植物,在防风固沙、形成原始土壤、改变地表水热收支状况等方面扮演着重要角色,对沙漠地区的生态环境具有极其重要的意义^[5]。古尔班通古特沙漠位于准噶尔盆地中部,是中国最大的固定、半固定沙漠,其间广泛分布着发育良好的生物结皮。作为古尔班通古特沙漠地表重要的生物覆被,生物结皮是维持该沙漠地表稳定最重要的生物因子之一^[6]。

自 20 世纪 70 年代起,因人口及牲畜数量增长较快,尤其是大规模的石油开发,古尔班通古特沙漠植被及生物结皮资源受到较大的威胁,该沙漠中流沙面积不断扩张^[7,8]。据实地调查,石油公路的修建已使公路两侧各约 10~20m 宽的地区成为裸地或流沙地^[9]。作为古尔班通古特沙漠主要地表覆盖类型,生物结皮对该沙漠的防风固沙和荒漠生态系统维持发挥着不可替代的作用,但同时生物结皮也是一种非常脆弱的生态系统,其抗御人类及自然干扰的能力较弱且恢复速度极慢^[10]。因此,把握全球变化和人类活动加强背景下古尔班通古特沙漠生物结皮的空间分布规律及其时间变化过程,对于保护该沙漠的生物结皮资源具有重要意义。近年来,该问题已引起众多学者的关注^[6-14]。张丙昌等研究了古尔班通古特沙漠中藻类生

收稿日期:2006-06-08;修订日期:2006-08-21。

基金项目:遥感科学国家重点实验室开放基金(SK050001);中科院知识创新工程重要方向项目(KZCX3-SW-343)。

第一作者简介:杨伟(1982-),男,重庆合川人,硕士生,从事资源环境遥感应用研究。

* 通讯作者, E-mail:chenjin@ires.cn

物结皮的组成及生态分布特征^[12];张元明等对古尔班通古特沙漠南缘土壤结皮中的苔藓植物进行了研究^[13];Chen 等依据生物结皮的光谱特征提出了生物结皮的遥感制图方法^[14],张元明、陈晋等利用 2000 年前后的遥感数据绘制了古尔班通古特沙漠生物结皮的空间分布图^[6]。但这些工作均尚未涉及古尔班通古特沙漠时间尺度上的生物结皮空间分布的变化特征。

基于上述背景及问题,本文试图利用 20 世纪 70 年代中期、80 年代末期和 21 世纪初的 LANDSAT 遥感影像,运用 Chen 提出的生物结皮指数分别从 3 个时期的影像上提取地衣类生物结皮的空间分布。以此为基础,进一步利用分类后比较及景观分析方法揭示研究区近 30 年来生物结皮空间分布的变化特征及在各个时期内结皮覆盖的景观特征。

1 研究区域

古尔班通古特沙漠位于新疆北部准噶尔盆地腹心,范围为 44°11'~46°20'N,84°31'~90°00'E,面积 4.88×10⁴km²,是我国第二大沙漠,也是最大的固定和半固定沙漠。其南缘区与源出天山的冲积、洪积扇缘相接,构成了天山北坡至盆地自然垂直带的基带。该沙漠年平均降水量普遍不超过 150mm,沙漠腹地仅有 70~100mm,主要集中于春季。年平均蒸发量在 2 000mm 以上。年均温 6~10℃,极端高温为 40℃以上,大于等于 10℃的活动年积温可达 3 000~3 500℃,空气相对湿度平均 50%~60%,5—8 月通常在 45%以下。该沙漠中白梭梭、梭梭和其它沙生植物构成的灌木、小半灌木群落广泛发育。由于冬春有一定的降雪和降水,短命和类短命植物获得一定发育^[15,16]。野外工作表明,生物结皮在该沙漠广泛分布,其中以地衣类生物结皮为主,占沙漠中结皮总面积的 90%以上(图 1)。

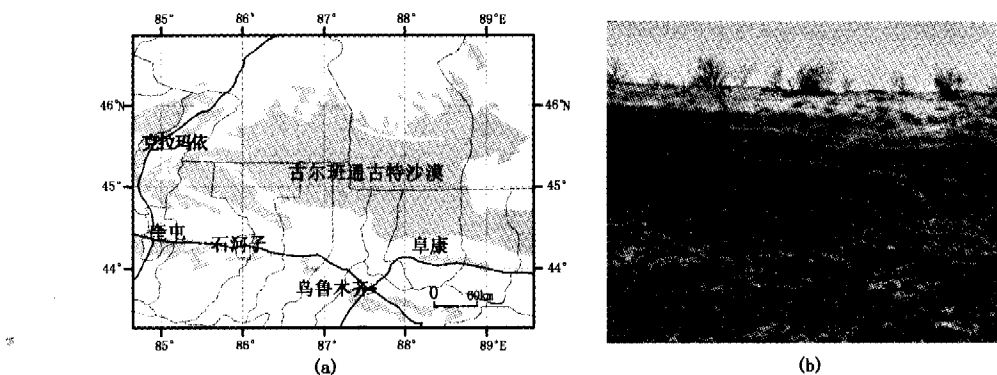


图 1 新疆古尔班通古特沙漠(a)及其生物结皮景观(b)

Fig.1 Gurbantonggut desert in Xinjiang, China and the landscape of biological soil crusts

2 研究方法

2.1 数据收集与预处理

为研究近 30 年来古尔班通古特沙漠生物结皮空间分布的变化特征,本文选取了 20 世纪 70 年代中期的 5 景 Landsat MSS 图像,80 年代末期的 4 景 Landsat TM 图像和本世纪初期的 4 景 Landsat ETM 图像,遥感影像通过拼接处理覆盖整个沙漠。上述原始数据经过辐射纠正、几何纠正和大气纠正(6S 模型)获得了消除大气影响的地表反射率图像。遥感数据的处理流程如图 2 所示。

2.2 生物结皮指数与结皮像元提取

研究区内地物样本采集于2003-10的野外调查,光谱测量采用日本光谱有限公司生产的MMS-1便携式分光光谱仪。野外调查共采集主要地表覆盖物的43个样本,分为4组:①地衣为主的生物结皮;②中细沙;③枯枝落叶;④绿色植被。图3给出了上述4组样本的平均反射率光谱曲线。

由于在古尔班通古特沙漠中地衣类生物结皮的面积占结皮总面积的90%以上,本文用地衣结皮来代表整个沙漠中生物结皮的空间分布。由图3可见,地衣类生物结皮由于表面呈黑色而具有相对于细沙和植被较小的反射率,同时光合色素的吸收作用使得生物结皮在550~700nm(绿光-红光)范围内的光谱曲线具有比其它地物小的斜率。根据上述光谱特征,Chen等提出的基于Landsat ETM+数据的生物土壤结皮指数(Biological Soil Crust Index, BSCI)^[14],可以很好地将ETM+图像中的结皮像元提取出来:

$$BSCI = \frac{1 - L \times |R_{red} - R_{green}|}{R_{GRNIR}^{mean}} \quad (1)$$

式中, R_{green} 、 R_{red} 是目标地物绿光和红光波段的反射率, 分别对应于 ETM+ 数据的第 2、3 波段的反射率; L 是用于增大 R_{green} 、 R_{red} 之间差距的调整系数, 为避免得到负值, L 在 2~4 之间取值, 在本研究中, 根据经验, 确定 L 值为 2; R_{GRNIR}^{mean} 是绿、红、近红外波段的反射率平均值, 分别

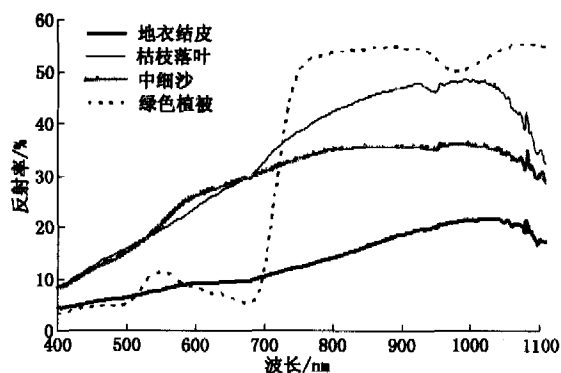


图3 研究区内典型地物反射光谱曲线

Fig.3 Reflectance spectra of sand, green vegetation, biological soil crust and litter

对应于 ETM+ 的第 2、3、4 波段的反射率平均值。式(1)中,分母项反映了地物绿、红、近红外波段的平均反射率特征,分子项中绿光和红光波段的反射率差值体现了地物在两个波段上反射率变化特征。对于平均反射率低且绿光和红光波段之间过渡平稳的生物结皮而言,生物土壤结皮指数(BSCI)取值较大,而其它地物生物土壤结皮指数取值较小,因此,该指数可以有效地增强生物结皮与其它地物的区别。

利用 6S 大气模型并结合 Landsat 7 ETM+ 的光谱响应函数, 可得到 ETM 图像中生物结皮对应的 BSCI 的下限阈值为 3.69(结皮覆盖度在 33%左右的像元), 上限阈值定为 6.59(结皮盖度 100%的像元)^[14]。利用该阈值(3.69~6.59)可以将 BSCI 值在此范围的像元划分为结皮像元。TM 波段设置和光谱响应函数与 ETM+ 基本一致, TM 图像中 BSCI 指数各变量与波段对应关系与 ETM+ 也一致, 其阈值由如下关系确定:

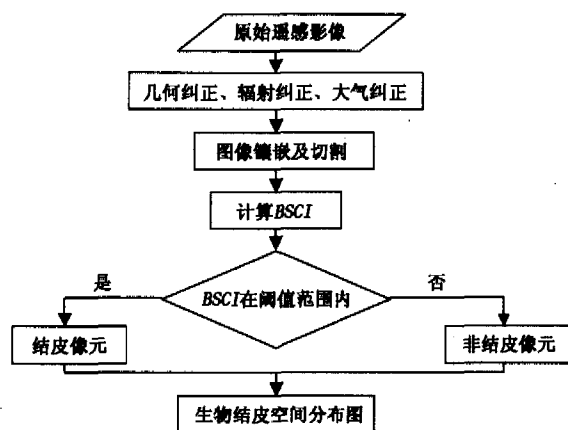


图2 生物结皮制图的遥感数据处理流程

Fig.2 Analysis flowchart of mapping biological soil crust by Landsat data

$$BSCI_{TM}^{ih} = BSCI_{ETM}^{ih} \times \frac{Mean_{TM}^{BSCI}}{Mean_{ETM}^{BSCI}} \quad (2)$$

其中, $BSCI_{TM}^{ih}$ 、 $BSCI_{ETM}^{ih}$ 分别为 TM、ETM+图像中 $BSCI$ 的阈值, $Mean_{TM}^{BSCI}$ 、 $Mean_{ETM}^{BSCI}$ 分别为 TM、ETM+图像的 $BSCI$ 平均值。

由于 MSS 传感器与 ETM 的波段设置不一致, MSS 图像中 $BSCI$ 各变量的指定应根据波谱范围作相应调整, 即 R_{green} 、 R_{red} 分别对应于 MSS 第 1、3 波段的反射率, R_{GRNIR}^{mean} 对应于第 1、3、4 波段的反射率平均值。然后根据大气传输模型、MSS 光谱响应函数以及实测地物光谱, 可以确定 MSS 图像中 $BSCI$ 的下限阈值为 8.4, 上限阈值为 11.7。利用上述阈值可将 MSS 图像上的结皮像元提取出来。为验证 $BSCI$ 指数对生物结皮制图的有效性, 利用 2003、2004、2005 年的野外考察数据, 对本世纪初期的生物结皮空间分布图进行了精度检验, Kappa 系数达到 0.82^[14]。受野外考察可能性的限制, 本文没有对 20 世纪 70 年代和 80 年代的生物结皮空间分布图进行检验。但从本世纪初期检验结果推断, 该方法在本文的数据条件下所获得结果基本可靠。

3 结果分析

3.1 结皮覆盖面积统计及变化特征

研究区 3 个时期的生物结皮空间分布如图 4 所示。20 世纪 70 年代中期, 研究区生物结皮面积为 1 913.48km², 占研究区总面积的 10.98%。生物结皮主要分布在古尔班通古特沙漠的东南部, 且在此区域生物结皮呈连续分布。沙漠中部及西部有结皮零星分布, 而北部基本无生物结皮生长。在 80 年代末期, 研究区生物结皮面积增加到 2 182.22km², 占研究区总面积的 12.52%。沙漠东南部仍是生物结皮发育最好的区域, 但与 70 年代相比已经有一定程度的减少, 这表明这个区域受到了人类活动的影响而破坏了结皮的发育。古尔班通古特沙漠中部及北部的生物结皮则相对于 70 年代发育良好。到 2000 年左右, 研究区生物结皮面积减少到 1 967.15km², 占研究区总面积的 11.29%(表 1)。古尔班通古特沙漠南部仍是生物结皮分布最密集的区域, 但与 1980 年代相比已有明显的减少, 这主要与 1990 年代后该区域居民点建设、油田开采等人类活动加剧有关(参见图 4 中居民点、道路及水渠分布)。而在沙漠的中部和北部, 生物结皮的像元数目明显增加, 这表明在人类活动较少的沙漠腹地, 气候向暖湿方向的转化为生物结皮发育创造了良好的条件^[17]。

3.2 景观特征的变化

景观格局是地球表层系统发展演变的综合反映, 它对内部和外部环境的变化均十分敏感。景观指数能够量化地反映不同类型斑块的比例和分布特征, 本文根据研究区的特征, 在斑块类型水平上选取了以下反映生物结皮景观特征的指数^[18,19]: ①反映生物结皮单元特征的指数: 斑块数、平均斑块面积、景观面积比例、最大斑块指数和最大形状指数; ②反映生物结皮空间异质性的指数: 聚合度指数、分离度指数和斑块凝聚度指数。利用 Fragstats 景观分析软件包计算了 20 世纪 70 年代、80 年代和本世纪初研究区在生物结皮类型水平的景观指数, 结果如表 2 所示。

古尔班通古特沙漠的景观基质类型是裸沙, 从生物结皮的景观面积比例可知生物结皮是该区域的镶嵌性优势景观。景观破碎化使原来完整的景观被分割成大大小小许多个斑块, 从而形成破碎化的景观。从 70 年代到 80 年代, 生物结皮的斑块数目增加为原先的 2.74 倍,

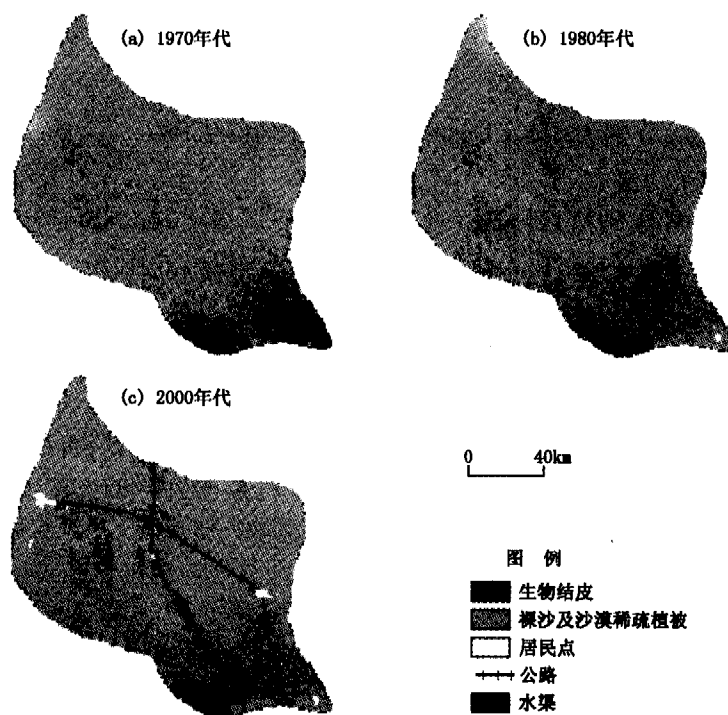


图 4 1970、1980 和 2000 年代的生物结皮空间分布图

Fig.4 The spatial distribution of the biological soil crusts in the 1970s,the 1980s and the 2000s

但其平均斑块面积和最大斑块指数分别下降为原先的 41%和 39%，这表明大量的生物结皮斑块破碎成为了更多的细小斑块。从上世纪 80 年代到本世纪初的平均斑块面积和最大斑块指数看，也呈现出相同的破碎化趋势，生物结皮斑块的破碎化程度正进一步加深。在生物结皮斑块破碎化的趋势下，其最大形状指数也从上世纪 70 年代到本世纪初呈现出明显的上升趋势，说明研究区内生物结皮斑块的形状显著地复杂化。同时，从表 2 所示的分离度指数、聚合度指数、凝聚度指数的变

表 1 1970、1980 和 2000 年代生物结皮面积及其占总面积的比例

Table 1 Area and proportion of biological soil crust in the 1970s, the 1980s and the 2000s

	1970 年代	1980 年代	2000 年代
面积/km ²	1 913.48	2 182.22	1 967.15
比例/%	10.98	12.52	11.29

表 2 生物结皮斑块尺度上景观指数

Table 2 The patch level indexes of biological soil crusts

指数	1970 年代	1980 年代	2000 年代
景观面积比例/%	10.98	12.52	11.29
斑块数/个	96 855	265 342	373 995
平均斑块面积/hm ²	1.98	0.82	0.53
最大斑块指数	1.97	0.78	0.69
最大形状指数	269.12	585.56	667.61
斑块凝聚度指数	99.48	97.57	96.56
分离度指数	1 879.05	15 900.62	20 440.61
聚合度指数	0.81	0.62	0.54

化看,从上世纪 70 年代到本世纪初凝聚度指数和分离度指数逐渐降低,而生物结皮的分离度指数呈上升趋势,表明生物结皮斑块的空间聚集程度下降,斑块间的平均距离增加。显然,大面积分布的生物结皮正被裸沙斑块所隔离。上述生物结皮斑块破碎化趋势将可能导致构成生物结皮的微生物种群的隔绝,同时增大了由于风蚀原因而造成的埋葬效应(Crust Burial)的可能性,这势必给生物结皮的保育工作带来极大的困难,也加大了沙漠地表不稳定性风险。

4 结论与讨论

以 20 世纪 70 年代中期、80 年代末期和 21 世纪初的 Landsat 遥感影像为数据源,运用反映生物结皮反射光谱特征的生物结皮指数,进行了生物结皮空间分布制图。在此基础上,分析了 3 个时期生物结皮空间分布的变化特征和景观特征。通过本研究,可得到如下结论:

(1) 古尔班通古特沙漠东南部、中部和北部部分地区是生物结皮最为发育的区域,尤以东南部发育最好,各种类型的生物结皮均有充分发育,呈连续分布,且面积较大。其分布模式由南向北、向西和向东变得破碎。该空间分布模式近 30 年基本得到维持。

(2) 新疆气候近 30 年来明显的增湿增暖为生物结皮的发育提供了良好的条件,沙漠的中部和北部有大量裸沙区域开始发育生物结皮;同时由于人类活动的干扰,沙漠东南部和北部油田开采影响区,大量生物结皮被破坏而转变为裸沙。

(3) 从景观格局的角度看:裸沙是古尔班通古特沙漠地区景观的基质类型,生物结皮是该区域的镶嵌性优势景观。近 30 年来,研究区生物结皮斑块数增加,平均斑块面积减小,斑块连通性降低,破碎化趋势显著。这给生物结皮的保育工作带来了相当的困难。

生物结皮能够很好地适应苛刻的自然环境,但也极易受到放牧、人类活动(旅游、石油开采等)、自然灾害(火灾等)的干扰和破坏。生物结皮作为干旱半干旱地区生态系统中重要组成,在生态系统中有着举足轻重的作用。因此,国外从 18 世纪末就开始关注生物结皮,并开展了系统研究,建立了相应的自然保护区。如美国在 Colorado 建立了 Canyon Country Ecosystems Research Site(CCERS)保护区。

由于国内对生物结皮的认识和研究开展较晚,至今还没有针对生物结皮建立专门的自然保护区。考虑到古尔班通古特沙漠是我国生物结皮资源分布最广泛、种类最丰富、发育最良好的区域,但近年来该区域内旅游、放牧、石油开采等人类活动明显加强,严重影响了生物结皮的正常发育,建议在古尔班通古特沙漠东南部建立生物结皮保护区。在保护区内限制和减少放牧行为;慎重决策保护区内的石油等矿产资源的开发和利用活动;建立研究基地,和国内外相关机构开展合作,促进生物结皮和荒漠生态系统的研究。

参考文献(References):

- [1] Cameron R E.Desert algae:soil crusts and diaphanous substrata as algal habitats [R].Jet Propulsion Lab Technical Report, 1966,32-971: 1-41.
- [2] Belnap J,Harper K T,Warren S D.Surface disturbance of cryptobiotic soil crusts:Nitrogenase activity,chlorophyll content and chlorophyll degradation[J].*Arid Soil Research and Rehabilitation*,1994,8:1-8.
- [3] Friedmann E I,Galun M.Desert algae,Lichens and fungi[A].In:Brown G W,ed.Desert Biology[C].New York:Academic Press, 1974.165-212.
- [4] West N E.Structure and function of microphytic soil crusts in wildland ecosystems of arid to semi-arid regions[J].*Advances in Ecological Research*,1990,20:179-223.

- [5] Jeffries D L, J M Klopatek, S O Link, H Bolton Jr. Acetylene reduction by cryptogamic crusts from a blackbrush community as related to resaturation and dehydration[J]. *Soil Biology and Biochemistry*, 1992, 24: 1101-1105.
- [6] 张元明, 陈晋, 王雪芹, 等. 新疆古尔班通古特沙漠生物结皮空间分布特征[J]. 地理学报, 2005, 60(1): 54-60. [ZHANG Yuan-ming, CHEN Jin, WANG Xue-qin, et al. The spatial distribution patterns of biological soil crust in Gurbantonggut Desert. *Acta Geographica Sinica*, 2005, 60(1): 54-60.]
- [7] 张立运, 刘速, 周兴佳, 等. 古尔班通古特沙漠植被及工程行为影响[J]. 干旱区研究, 1998, 15(4): 14-21. [ZHANG Li-yun, LIU Su, ZHOU Xing-jia, et al. The affection of engineering action on the vegetation in the Gurbantonggut Desert. *Arid Zone Research*, 1998, 15(4): 14-21.]
- [8] 周欢水, 申建军, 姜英, 等. 中国西部沙漠化分布、动态及其对生态环境建设的影响[J]. 中国沙漠, 2002, 22(2): 113-114. [ZHOU Huan-shui, SHEN Jian-jun, JIANG Ying, et al. Desertification distribution, dynamic and influence on the ecological environment in Western China. *Journal of Desert Research*, 2002, 22(2): 113-114.]
- [9] 李胜功, 赵爱芬, 常学礼. 科尔沁沙地植被演替的几个问题[J]. 中国沙漠, 1997, 17(sup.1): 25-32. [LI Sheng-gong, ZHAO Ai-feng, CHANG Xue-li. Several problems about vegetation succession of Horqin Sandy Land. *Journal of Desert Research*, 1997, 17(sup.1): 25-32.]
- [10] Belnap J. The word at your feet: Desert biological soil crusts[J]. *Frontier in Ecology and the Environment*, 2003, 1(5): 181-189.
- [11] 王雪芹, 蒋进, 雷加强, 等. 古尔班通古特沙漠短命植物分布及其沙面稳定意义[J]. 地理学报, 2003, 58(4): 598-605. [WANG Xue-qin, JIANG Jin, LEI Jia-qiang, et al. The distribution of ephemeral vegetation on the longitudinal dune surface and its stabilization significance in the Gurbantonggut Desert. *Acta Geographica Sinica*, 2003, 58(4): 598-605.]
- [12] 张丙昌, 张元明, 赵建成. 古尔班通古特沙漠生物结皮藻类的组成和生态分布研究[J]. 西北植物学报, 2005, 25(10): 2048-2055. [ZHANG Bing-chang, ZHANG Yuan-ming, ZHAO Jian-cheng. Composition and ecological distribution of the algae living in the Gurbantonggut Desert of Xinjiang. *Acta Bot. Boreal. Occident. Sin.*, 2005, 25(10): 2048-2055.]
- [13] 张元明, 曹同, 潘伯荣. 新疆古尔班通古特沙漠南缘土壤结皮中苔藓植物的研究[J]. 西北植物学报, 2002, 22(1): 18-23. [ZHANG Yuan-ming, CAO Tong, PAN Bo-rong. A study on bryophyte associated with formation of soil crust in south fringe of Gurbantonggut Desert in Xinjiang. *Acta Bot. Boreal. Occident. Sin.*, 2002, 22(1): 18-23.]
- [14] Jin Chen, Ming Yuan Zhang, Le Wangm, et al. A new index for mapping lichen-dominated biological crust in desert areas[J]. *Remote Sensing of Environment*, 2005, 96: 165-175.
- [15] 张立运, 陈昌笃. 论古尔班通古特沙漠植物多样性的一般特点[J]. 生态学报, 2002, 22(11): 1923-1932. [ZHANG Li-yun, CHEN Chang-du. On the general characteristics of plant diversity of Gurbantonggut sandy desert. *Acta Ecologica Sinica*, 2002, 22(11): 1923-1932.]
- [16] 张立运. 新疆莫索湾地区短命植物的初步研究[J]. 植物生物学与地植物学丛刊, 1985, 9(3): 213-222. [ZHANG Li-yun. A preliminary study on the ephemerals in the Mosowan district, Xinjiang. *Acta Phytocol. Geobot. Sin.*, 1985, 9(3): 213-222.]
- [17] 施雅风, 沈永平, 李栋梁, 等. 中国西北气候由暖干向暖湿转型的特征和趋势探讨[J]. 第四纪研究, 2003, 23(2): 152-164. [SHI Ya-feng, SHEN Yong-ping, LI Dong-liang, et al. Discussion on the present climate change from warm-dry to warm-wet in Northwest China. *Quaternary Science*, 2003, 23(2): 152-164.]
- [18] 肖笃宁, 布仁仓, 李秀珍. 生态空间理论与景观异质性[J]. 生态学报, 1997, 17(5): 453-461. [XIAO Du-ning, BU Ren-cang, LI Xiu-zhen. Spatial ecology and land scape heterogeneity. *Acta Ecologica Sinica*, 1997, 17(5): 453-461.]
- [19] 卢玲, 程国栋, 李新. 黑河流域中游地区景观变化研究[J]. 应用生态学报, 2001, 12(1): 68-74. [LU Ling, CHENG Guo-dong, LI Xin. Landscape change in middle Heihe River Basin. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2001, 12(1): 68-74.]

Spatial Pattern of Biological Soil Crusts and its Changes in Gurbantunggut Desert during the 1970 to the 2000

YANG Wei¹, CHEN Jin¹, ZHANG Yuan-ming², WANG Xue-qin²

(1.College of Resource Science and Technology, Beijing Normal University, Beijing 100875, China;

2.Xinjiang Institute of Ecology and Geography, CAS, Urumqi 830011, China)

Abstract: The biological soil crusts, especially lichen crusts, are well developed in Gurbantunggut Desert, the largest fixed and semi-fixed sandy desert in China. Together with vascular plant, biological soil crusts become an important factor relating to sandy surface fixation. The objective of this paper is to analyze the variation of the biological soil crust distribution in Gurbantunggut desert from the 1970s through to the 2000s. In this study, 43 samples including lichen dominated biological crust, bare sand, litter and green vegetation were collected. The reflectance spectra of these samples were measured and a new biological soil crust index (BSCI) was used to detect and map the lichen-dominated crusts by remotely sensed data including four Landsat ETM+ images, four Landsat TM images and five Landsat MSS images, acquired in the 1970s, the 1980s and the 2000s respectively. Based on the maps of the biological soil crust distribution in the 1970s, the 1980s and the 2000s, we calculated the landscape indexes of biological soil crust using software Fragstats and analyzed the variations of the crust distribution and their landscape features. The results showed that: (1) the biological soil crust was mainly distributed in the southeast part of this desert, but became gradually sparse toward northern and western parts of this desert. The crusts in the southeast part decreased remarkably, while in the north and central parts of the desert it developed very well during the 1970s to the 1980s. (2) There was an increasing trend for crusted areas during the 1970s to the 1980s in general, and the crusted areas displayed a decreasing trend during the 1980s to the 2000s. The climate change and increasing human activities resulted in such a trend. (3) An increasing landscape fragmentation, irregularity of patch shape and bigger isolation between patches were observed during the 1970s to the 2000s because of the significant human disturbance.

Key words: biological soil crust; variation of spatial distribution; Gurbantunggut Desert; landscape fragmentation