

文章编号: 1001-9014(2010)05-0347-04

## 苔藓结皮光谱的变异性研究

房世波

(中国气象科学研究院, 北京 100081)

**摘要:** 通过测定干、湿苔藓结皮光谱和不同季节的苔藓结皮光谱, 研究了其水分变异性 and 季节变异性. 研究得出, 湿苔藓结皮光谱曲线与维管植物的光谱曲线相似, 即苔藓在生命活动期的光谱曲线具有高等植物光谱曲线特征, 干苔藓结皮光谱曲线特征与裸地土壤的光谱曲线相似; 苔藓结皮光谱在苔藓营养发育期(7月)与生殖发育期(10月)存在较大差异, 即苔藓结皮光谱也如维管植物一样存在季节变异. 研究分析认为, 苔藓结皮光谱与其所处环境的土壤水分有关, 且苔藓结皮光谱象其他高等植物一样具有季节性变异, 所以仅通过分析某一状态下的生物结皮的光谱与其他地物光谱的异同, 构建的遥感解译方法很难具有普适性. 由于湿苔藓结皮光谱与维管植物相似, 苔藓结皮可能造成其盖度分布较大区域的植物指数的不稳定性 and 该区域植被生产力的过高估计.

**关键词:** 生物土壤结皮; 遥感; 光谱; 苔藓; 归一化植被指数

**中图分类号:** TP79, S154.3      **文献标识码:** A

## VARIATION IN SPECTRAL CHARACTERISTICS OF MOSS SOIL CRUST

FANG Shi-Bo

(Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081, China)

**Abstract:** Seasonal variation in spectral characteristics of Moss Soil Crust (MSC) under different moisture conditions highly affects the application of remote sensing on determining the fraction cover and productivity of MSC. However, relatively little research has focused on it. This study thus aimed to fill the gap by analyzing in situ measurements of spectral reflectance of dry and wet MSC as well as bare soil. Results show that the spectral response curve of dry MSC is similar to that of bare soil, while the wet MSC alive demonstrates a similar spectral characteristic with higher plants. Similar to higher plants, the spectral reflectance of wet MSC varies seasonally indicated by a large difference in July and October, and so does that of dry MSC. In addition, the spectral reflectance of MSC changes as soil moisture changes. Hence, the applicability of remote sensing approaches developed only based on the difference of the spectral response curve of MSC from other ground objects under certain condition is much reduced. Besides, the similarity in the spectral reflectance curves of wet MSC and higher plants may result in the misinterpretation of vegetation indices and the overestimation of vegetation productivity in an area covered by abundant mosses. The misinterpretation of vegetation indices could be more severe due to the Maximum Value Composite (MVC) technique used to compose the global vegetation maps in the study of vegetation dynamics.

**Key words:** moss soil crust (MSC); remote sensing; spectroscopy; bryophyte/moss; NDVI

### 引言

在干旱、半干旱区, 生物土壤结皮是沙地生态系统和荒漠生态系统主要的生物表面特征, 生物结皮在这一地区的发育及其演变可作为荒漠化发生、发展和逆转的景观特征之一和指示生物. 因此常被作为生态系统稳定和退化生态系统恢复评价的重要指标之一. 生物土壤结皮按其生物构成不同可分为苔

藓生物土壤结皮(本文简称苔藓结皮)、地衣生物土壤结皮、藻类生物土壤结皮等. 其中的苔藓结皮可以作为气候变化的指示植物<sup>[1]</sup>; 在评价过程中通常采用的量化指标是结皮层的盖度和组成变化. 而要搞清楚区域生物结皮盖度和分布, 遥感技术成为必要的技术手段. 因此如何从反射光谱的角度来区分苔藓结皮和高等植物也就成为进行遥感监测之前需要重点研究的问题.

收稿日期: 2009-02-21, 修回日期: 2010-06-18

Received date: 2009-02-21, revised date: 2010-06-18

基金项目: 国家自然科学基金项目(30700107)、中加国际科技合作项目(2009DFA91900)

作者简介: 房世波(1974-), 男, 山东即墨人, 副研究员, 博士, 从事农业遥感和农业气象研究, E-mail: dr. sbfang@163.com.

国内外的一些研究人员,近年来从遥感光谱学的角度对生物土壤结皮进行了研究<sup>[2~8]</sup>.发展了结皮指数 CI<sup>[4]</sup>和 BSCI<sup>[8]</sup>等,这些研究对区域生物结皮遥感解译和结皮分布制图具有重要意义.然而,这些研究对生物结皮属于变水植物(*Poikilohydric*)的特性考虑太少,且多数研究仅仅通过测定生物结皮的光谱特征、或比较生物结皮与其他地物的光谱特征的差异来构建研究方法<sup>[5~8]</sup>.而干湿生物结皮的植被指数又存在很大差异,且干湿苔藓结皮植被指数差异较地衣和藻类结皮大得多<sup>[2,3]</sup>,然而干湿苔藓结皮光谱的差异;其与自然生态系统的维管植物光谱和土壤光谱的差异;其光谱是否也象维管植物一样存在季节差异等需要进一步研究.基于以上原因确定本研究的目的为:①研究苔藓结皮在干湿状态下的光谱特征差异;②研究干湿苔藓结皮光谱与其他主要地物光谱的差异;③研究苔藓结皮光谱特征的季节变异.

## 1 研究方法

冠层光谱测定仪器和测定方法:采用美国 CROPSC INC 生产的 MSR 16R 型便携式光谱仪,该仪器视场角为 31°.该仪器包括 16 个波段(460nm、510nm、560nm、610nm、660nm、680nm、710nm、760nm、810nm、870nm、950nm、1100nm、1220nm、1480nm、1500nm、1650nm),各波段的带宽为 8~16nm 不等(1650nm 波段的带宽为 195.0nm),覆盖了植物生物物理信息和生物化学信息敏感的大部分波段.在晴朗无云或少云的日子 9:00~15:00 进行测量,仪器每次测定之前,用白色标准版校准一次,测定时,光谱仪的探头保持在距植物冠层、土壤或土壤结皮 1.5m.

冠层光谱测定过程:在内蒙古鄂尔多斯草地生态系统国家野外科学观测站附近研究区(N39°29'37.6", E110°11'29.4")分别测定了 100% 盖度的土壤干湿两种条件下的苔藓结皮(真藓, *Bryum argenteum Hedw.*)、裸地土壤和油蒿(*Artemisia ordosica*)的光谱.

## 2 结果分析

### 2.1 干、湿苔藓结皮光谱及其与油蒿、土壤光谱的比较

为对比研究苔藓结皮光谱与研究区典型植被-油蒿光谱和土壤光谱的异同,在生长旺季 7~8 月份多次测定了不同水份条件下的油蒿光谱、土壤光谱和结皮光谱,各地物光谱见图 1.

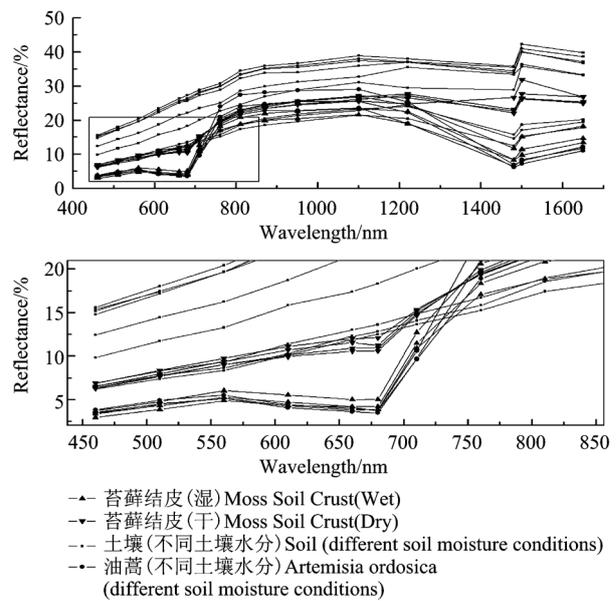


图 1 盖度为 100% 的苔藓结皮(干、湿)、油蒿和土壤光谱的对比

Fig. 1 Comparison of MSC's reflectance spectra (in wet and dry conditions) with *Artemisia ordosica* and Soil

#### 2.1.1 干、湿苔藓结皮与油蒿光谱的比较

由图 1 可看出,湿苔藓结皮光谱曲线基本与油蒿的光谱曲线重合,即苔藓在生命活动期的光谱曲线具有高等植物光谱曲线特征;干苔藓结皮在 460nm 到 680nm (即 460nm, 510nm, 560nm, 610nm, 660nm, 680nm) 的各波段,其光谱反射率明显高于油蒿的光谱反射率,1100nm 和 1220nm 两个波段的光谱反射率也明显高于油蒿的光谱反射率.对比干湿苔藓结皮的光谱曲线,发现两者光谱在 460~710nm 各波段(460nm, 510nm, 560nm, 610nm, 660nm, 680nm)和 1220~1650nm 各波段(1220nm, 1480nm, 1500nm, 1650nm)存在很大差异.

#### 2.1.2 干、湿苔藓结皮与土壤光谱的比较

从图 1 看出,干苔藓结皮光谱曲线特征基本与裸地土壤的光谱曲线相似,即处于休眠状态的苔藓(干)的光谱曲线与裸地土壤光谱曲线相似;从干苔藓结皮与土壤光谱曲线的比较来看,1100nm 和 1220nm 两个波段的光谱反射率也明显高于油蒿的光谱反射率,干苔藓结皮在 660nm 和 680nm 有一个明晰的吸收,是与土壤光谱曲线明显不同的两个波段.图 1 所示,裸地土壤光谱变异较大,这除了与不同土壤水分有关外,也与野外各个样方土壤自身的属性差异有关,然而从各条土壤光谱曲线来看,其曲线特征表现十分相似,尤其表现在 450~1220nm 各波段.

## 2.2 不同季节干、湿苔藓结皮光谱比较

为对比研究干、湿苔藓结皮光谱的季节变异,在生长旺季7~8月份(营养发育期)和10~11月份(生殖发育期)多次测定了不同水份条件下的干湿结皮光谱,其光谱比较见图2。

如图2所示,10月份(生殖发育期)和7月份(营养发育期)的干苔藓结皮的光谱曲线存在较大差异。对比10月份和7月份干苔藓结皮的光谱曲线,可看出两者光谱在460~870nm和1500~1650nm各波段(1500nm,1650nm)存在很大差异,即10月份的干苔藓结皮光谱反射率在460~870nm各波段上和1500~1650nm各波段上具有较7月份更低的光谱反射率,其他各波段光谱曲线混合在一起,难以找出差异。

如图2所示,10月份(生殖发育期)和7月份(营养发育期)的湿苔藓结皮的光谱曲线也存在较大差异。对比10月份和7月份湿苔藓结皮的光谱曲线,可看出两者光谱在560nm各波段和950~1480nm各波段(950nm,1100nm,1220nm,1480nm)存在很大差异,即10月份的湿苔藓结皮光谱反射率在560nm上较7月份低,而在950~1480nm各波段上较7月份具有更高光谱反射率,其他波段光谱曲线混合在一起,难以找出差异。

## 3 讨论

### 3.1 干湿苔藓结皮光谱变异可造成区域植被指数

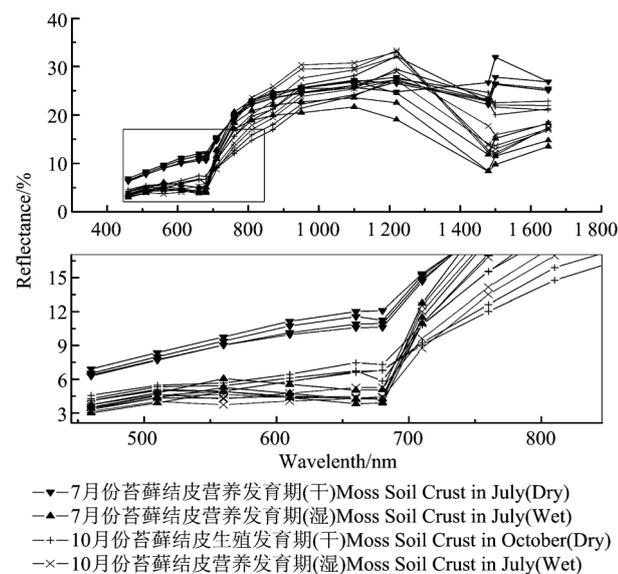


图2 盖度为100%的苔藓结皮(干、湿)在7月和10月的光谱差异

Fig. 2 Comparison of MSC's reflectance spectra (in wet and dry conditions) between summer (Jul.) and fall (Oct.)

### 的不稳定

干苔藓结皮具有与裸地土壤类似的光谱特征,而湿苔藓结皮光谱曲线的特征与研究区优势植物油蒿光谱曲线特征十分相似。生长季苔藓结皮在土壤水分充足时具有与维管植被相似的光谱曲线,具有相对高的NDVI值,而土壤水分不足时处于休眠状态,具有与土壤相似的光谱曲线,具有相对较低的NDVI值。而苔藓结皮在干旱半干旱、高寒、极地区的盖度又很大,所以苔藓结皮在植被指数计算时不会被传感器忽略,而干旱与半干旱区土壤表层干湿交替频繁,干湿苔藓结皮的NDVI值差异势必造成区域NDVI不稳定。

区域及其全球尺度的植被指数,往往采用最大值合成法(Max value composite-MVC)<sup>[9]</sup>,例如:MODIS的NDVI(250m×250m,500m×500m)用15天周期中的最大值作为该像元值。这种方法会使分布有相当盖度苔藓结皮区域的NDVI求解受到降水的影响很大,最大值合成法就会造成该区域短时间内NDVI变化的不稳定性。而在区域和全球尺度的研究中,植被指数被广泛地应用于各类模型进行植被覆盖、植被初级生产力及其他植被参数的估计<sup>[10,11]</sup>。这种由于干湿苔藓结皮造成的植被指数估算错误或误差,很可能造成区域乃至全球尺度的植被覆盖、植被生产力和区域碳估算错误<sup>[2,3]</sup>。

### 3.2 不同季节的苔藓结皮的光谱曲线存在较大差异

夏秋季的干苔藓结皮的光谱曲线存在较大差异,夏秋季的湿苔藓结皮的光谱曲线也存在较大差异。所以仅仅通过测定某个时间的苔藓结皮光谱与高等植物、土壤光谱的差异进行苔藓盖度和分布遥感解译或构建结皮指数等<sup>[4,8]</sup>,可能给遥感解译带来错误或误差。

## 4 结论

实验观测得出苔藓结皮的光谱特征不仅受土壤水分影响很大,而且存在季节变异。现有多数研究仅通过分析某一水分状态下的生物结皮的光谱与其他地物光谱的异同来进行遥感解译和遥感解译方法构建,很少考虑到苔藓结皮光谱的季节变异和干湿变异,所构建的遥感监测方法或结皮指数不具有普适性,很难准确地获取苔藓结皮盖度等信息,以往的结皮遥感监测方法需要进一步改进,需要进一步加强苔藓结皮光谱的季节变化与维管植物季节变化的差异研究。

## REFERENCES

- [1] Gignac L D, Vitt D H. Responses of northern peatlands to climate change: effects on bryophytes [J]. *Journal of the Hattori Botanical Laboratory*, 1994, **75**: 119—132.
- [2] Karnieli A, Shachak M, Tsoar H, *et al.* The effect of microphytes on the spectral reflectance of vegetation in semiarid regions [J]. *Remote sensing of Environment*. 1996, **57** (2): 88—96.
- [3] FANG Shi-bo, LIU Hua-jie, ZHANG Xin-shi, *et al.* Progress in spectral characteristics of biological soil crust of arid or semiarid region [J]. *Spectroscopy and Spectral Analysis* (房世波, 刘华杰, 张新时, 等. 干旱、半干旱区生物土壤结皮遥感光谱研究进展. *光谱学与光谱分析*), 2008, **28** (8): 1842—1845.
- [4] Karnieli A. Development and implementation of spectral crust index over dune sands [J]. *International Journal of Remote Sensing*, 1997, **18** (6): 1207—1220.
- [5] Burghermer J, Wilske B, Maseyk K, *et al.* Ground and space spectral measurements for assessing the semi-arid ecosystem phenology related to CO<sub>2</sub> fluxes of biological soil crusts [J]. *Remote Sensing of Environment*, 2006, **101** (1): 1—12.
- [6] Schmidt H, Karnieli A. Analysis of the temporal and spatial vegetation patterns in a semi-arid environment observed by NOAA AVHRR imagery and spectral ground measurements [J]. *International Journal of Remote Sensing*, 2002, **23** (19): 3971—3990.
- [7] Zhang J, Rivard B, Sánchez-Azofeifa A. Spectral unmixing of normalized reflectance data for the deconvolution of lichen and rock mixtures. *Remote Sensing of Environment*, 2005, **95** (1): 57—66.
- [8] Chen J, Zhang M Y, Wang L, *et al.* A new index for mapping lichen-dominated biological soil crusts in desert areas [J]. *Remote Sensing of Environment*, 2005, **96** (2): 165—175.
- [9] Holben B N. Characteristics of maximum-value composite images from temporal AVHRR data [J]. *International Journal of Remote Sensing*, 1986, **7** (11): 1417—1434.
- [10] Tucker C J, Townshend J R G, Goff T E. African Land-Cover Classification Using Satellite Data. *Science*. 1985, **227**: 369—375.
- [11] GAO Zhi-Qiang, LIU Ji-Yuan. Simulation study of China's net primary production [J]. *Chinese Science Bulletin*. 2008, **53** (3): 434—443.

(上接 328 页)

ence and Technology of China (2004BA721A36, 2006BAI09B01) and the National Natural Science Foundation of China (30772727) for financial support.

## REFERENCES

- [1] The Pharmacopoeia Commission of PRC (Eds). *Pharmacopoeia of the People's Republic of China* [M]. Beijing: Chemical Industry Press (国家药典委员会. *中华人民共和国药典* (一部). 北京: 化学工业出版社), 2005, 90.
- [2] SONG Zhi-Hong, LEI Li, Tu Peng-Fei. Advances in research of pharmacological activity in plants of *Cistanche Hoffing et Link* [J]. *Chin. Tradit. Herbal Drugs* (宋志宏, 雷丽, 屠鹏飞. 肉苁蓉属植物的化学成分研究进展. *中草药*), 2003, **34**: 16—18.
- [3] SHAO Yong-Ni, HE Yong. Method for predicting acidity of bayberry juice by using vis/near infrared spectra [J]. *J. Infrared Millim. Waves* (邵咏妮, 何勇. 可见/近红外光谱预测杨梅汁酸度的方法研究. *红外与毫米波学报*), 2006, **25** (6): 478—480.
- [4] SUN Su-Qin, ZHOU Qin, QIN Zhu, *Atlas of Two-Dimensional Correlation Infrared Spectroscopy of Chinese Medicine* [M]. Beijing: Chemical Industry Press (孙素琴, 周群, 秦竹. *中药二维相关红外光谱鉴定图集*. 北京: 化学工业出版社), 2003.
- [5] LIU Hong-Xia, Sun Su-Qin, Lü Guang-Hua, *et al.* Study on Angelica and its different extracts by Mid-infrared spectroscopy and two-dimensional correlation IR spectroscopy [J]. *Spectr. Acta. Part A*, 2006, **64**: 321—326.
- [6] WANG Li-Nan, CHEN Jun, YANG Mei-Hua, *et al.* Quantitative determination of total phenylethanoid glycosides in *Cistanche deserticola* [J]. *Northwest Pharmaceutic. J.* (王丽楠, 陈君, 杨美华, 等. 肉苁蓉中苯乙醇苷的含量测定. *西北药学杂志*), 2008, **23** (2): 67—69.
- [7] BAO Zhong, CAI Hong, JIANG Yong, *et al.* HPLC—ELSD determination of galactitol in *Herba Cistanches* [J]. *Chin. J. Pharm. Anal.* (鲍忠, 蔡鸿, 姜勇, 等. HPLC-ELSD 法测定肉苁蓉药材中半乳糖醇含量. *药物分析杂志*), 2007, **27** (7): 1004—1006.
- [8] XIE Jingxing, CHANG Junbiao, WANG Xuming. *Applications of IR Spectra in Organic Chemistry and Pharmaceutical Chemistry* [M]. Beijing: Science Publishing House (谢晶曦, 常俊标, 王绪明. *红外光谱在有机化学和药物化学中的应用*. 北京: 科学出版社), 2001.