

青海省主要类型天然草地 EVI 动态变化

陈 钟,冯琦胜,黄晓东,梁天刚

(兰州大学草地农业科技学院 农业部草地农业生态系统学重点实验室,甘肃 兰州 730020)

摘要:利用 2002—2008 年 MODIS/EVI 卫星遥感数据,对青海省高寒草甸类、高寒草原类、温性草原类 3 种天然草地类型植被指数动态进行了分析,重点研究增强型植被指数(EVI)在各生长阶段的变化,并利用波动系数对同一草地类型内部的差异进行了探讨。研究表明,青海省 3 种天然草地类型的 EVI 反映了草地生长的动态变化,显示出显著的周期性,与草地生长规律相符,高寒草甸类最为明显,而波动系数的变化表明同一草地类型在不同年份的相同时段内的生长状况具有一定的差异性。

关键词:青海省;天然草地;EVI;波动系数

中图分类号:S812

文献标识码:A

文章编号:1001-0629(2010)05-0023-07

* 1 增强型植被指数(Enhanced Vegetation Index, EVI)数据是搭载于对地观测卫星(Earth Observing Satellites, EOS)系列上的中分辨率成像光谱仪(Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer, MODIS)的主要陆地产品之一。在归一化植被指数(Normal Different Vegetation Index, NDVI)的基础上,1988 年 Huete^[1]提出抗土壤植被指数(Soil Adjusted Vegetation Index, SAVI),1992 年 Kaufman 和 Tanre^[2]提出大气抵抗植被指数(Atmospherically Resistant Vegetation Index, ARVI),1995 年 Liu 和 Huete^[3]成功引入反馈项,同时对大气和土壤因素进行订正,提出 EVI,其计算公式为:

$$EVI = G \frac{\rho_{NIR} - \rho_{Red}}{\rho_{NIR} + C_1 \rho_{Red} - C_2 \rho_{Blue} + L} \quad (1)$$

式中, ρ_{NIR} 、 ρ_{Red} 和 ρ_{Blue} 分别为近红外、红光和蓝光波段的表现反射率或者方向反射率, L 为土壤调节参数, C_1 和 C_2 是大气调节参数, G 为增益系数。在 EVI 计算中,通常取 $L=1$, $C_1=6$, $C_2=7.5$, $G=2.5$ ^[4]。

相对于 NDVI, EVI 在大气校正、土壤噪音消除等方面有了明显改善,提高了对高生物量区的敏感度,高覆盖区不易饱和^[5], 季节变化明显^[6], 但也有人认为在藏北高原 NDVI 较 EVI 能有效地估算草地地上生物量和绿色干物质获得量^[7]。基于 EVI 的草地研究日趋成熟,目前主要用于与地面数据结合建立生物量估测模型;与水、热、土

壤等因素结合分析草地时空变化;草地病虫害、火灾、旱灾监测等方面。Yang 等^[8]利用 EVI 与地面实测数据对青藏高原草地上生物量及其空间格局的研究表明,降水和土壤结构共同影响着高海拔地区的植物生长。陶伟国等^[9]将草地利用状况作为虚拟变量引入遥感估产模型,精度达 79%。黄晓东等^[10]、李霞等^[12]发现,植被指数与水、热的相关关系和植被生长状况成正比。赵伟和李召良^[12]利用 HANTS 变换算法对 EVI 数据进行去云处理和插值,得到更为精确的 EVI 时间序列数据。但对于 EVI 在更长时间尺度上的变化情况,还鲜有报道^[13]。研究使用 2002—2008 年 EVI 数据和波动系数,对青海省高寒草甸类、高寒草原类和温性草原类草地植被指数的季节、年变化动态进行了初步探讨,以期为更深入地利用 EVI 研究草地状况提供科学依据。

1 研究区概况

青海省古称西海、鲜水海、卑禾羌海,自十六国时期始称青海。藏语称错温波,蒙古语称库库诺尔,均意为青色的湖。位于我国西北地区,地处青藏高原东北部,89°35'103°04' E, 31°39' 39°19'

收稿日期:2009-10-19

基金项目:教育部科技创新工程重大项目培育资金项目(708089)

作者简介:陈钟(1980-),男,甘肃兰州人,在读硕士生,研究方向为草地遥感与地理信息系统。

E-mail:chenzhong512@126.com

通信作者:梁天刚 E-mail:tgliang@lzu.edu.cn

N,面积 70.82 万 km²,毗邻甘肃、四川、西藏、新疆。全省地貌复杂多样,80%以上的地区为高原,平均海拔 3 000 m 以上。地形分为祁连山地,青海湖盆地、西宁盆地、柴达木盆地及青南高原三大自然区域。境内祁连山、巴颜喀拉山、阿尼玛卿山、唐古拉山等山脉横亘,青海湖是我国最大的内陆咸水湖。气候属典型的高原大陆气候,干燥、少雨、多风、缺氧、寒冷,地区间差异大,垂直变化明显。年平均气温-4.79.4℃,年降水量 17.2745.9 mm,年日照时数 2 255~3 183 h^[14],利于草类植物^[15]的生长。青海是长江、黄河、澜沧江等大河的发源地,主要居住有汉、藏、回、蒙古、哈萨克等民族,少数民族人口约占总人口的 39%。经济以农牧业为主,全省天然草地面积 3 636.97 万 hm²,占全省土地面积的 51.36%,位居全国第 4,天然草地中可利用草地面积达 3 153.07 万 hm²,理论载畜量 2 870.01 万只羊/a^[16]。高寒草甸类、高寒草原类和温性草原类的草地面积之和占青海省天然草地总面积的 85.64%(表 1),是青海省的主要草地类型。

表 1 青海省各类草地面积及载畜能力^[16]

草地类型	面积 (万 hm ²)	占全国 比例(%)	载畜能力 [hm ² /(a·羊单位)]
高寒草甸类	2 320.90	36.42	0.98
高寒草原类	582.01	13.98	3.44
温性草原类	211.79	5.15	1.48
温性荒漠类	203.85	4.52	4.21
低地草甸类	112.35	4.45	0.52
山地草甸类	67.20	4.02	0.50
温性荒漠草原类	53.55	2.83	2.78
高寒荒漠类	52.55	6.98	9.27
高寒草甸草原类	4.01	0.58	3.53
温性草甸草原类	0.15	0.01	0.79
天然草地	3 636.97	9.26	0.93

2 材料与方法

2.1 MODIS 数据 MODIS EVI 数据是空间分辨率为 1 km 的每月最大 EVI 图像,来自 NASA/MODIS 陆地产品组按照统一算法开发的

MODIS 植被指数产品 MOD13A3 数据集,数据下载自 <https://wist.echo.nasa.gov>,空间位置在全球正弦曲线投影(Sinusoidal projection, SIN)系统中的编号为 h25v05 和 h26v05,格式为 EOS-HDF,时间序列为 2002 年 1 月至 2008 年 12 月,共计 84 个时相 168 幅 EVI 图像,值域范围-2 00010 000。

2.2 MODIS 数据处理 MODIS 数据的处理方法主要包括:1)转换投影和图像格式,地图拼接。利用 MODIS Reprojection Tools 将下载数据由 HDF 转为 TIF 格式,地图投影由 SIN 转换为 WGS84/Geographic,并完成图像的空间拼接。2)提取植被指数。利用 ArcMap 的 Conversion Tools 模块将图像转为 Grid 格式,使用 Spatial Analyst Tool 模块进行归一化处理,利用 Data Management Tool 模块将投影转为 Krasovsky_1940_Albers,同时进行重采样,像元大小为 1 000 m,在青海省草地类型图上针对高寒草甸、高寒草原、温性草原 3 类草地随机选取 74 个样点,生成 Grid 格式的样点文件,使用 Spatial Analyst Tools 模块提取对应的 EVI 值。3)计算相同草地类型 2002 年 1 月至 2008 年 12 月采样点 EVI 的逐月值、平均值、年最大值、逐月波动系数(Cv)。Cv 计算公式为:

$$Cv = \frac{1}{x} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \times 100\% \quad (2)$$

式中, n 为样点数, x_i 是每个样点的 EVI 值, \bar{x} 表示相同草地类型所有采样点的 EVI 逐月平均值。

3 不同类型草地 EVI 月变化动态

3.1 高寒草甸类 主要分布在青南高原、祁连山地、青海湖环湖等地,海拔 3 000~4 800 m,是青海省面积最大的草地类。主要为典型高寒草甸亚类、沼泽化高寒草甸亚类和盐化高寒草甸亚类。典型高寒草甸亚类以高山早熟禾 *Poa alpina*、高山嵩草 *Kobresia pygmaea*、矮生嵩草 *K. humilis*、线叶嵩草 *K. capillifolia*、北方嵩草 *K. bel-lardii*、禾叶嵩草 *K. graminifolia*、大花嵩草 *K. macrantha*、黑褐苔草 *Carex atrofusca*、圆穗蓼 *Polygonum macrophyllum*、珠芽蓼 *P. vivipa-*

rum 等为优势种,也有与高山柳 *Salix taiwanalpina*、金露梅 *Potentilla fruticosa*、杜鹃 *Rhododendron simsii* 等组成具灌丛景观的高寒草甸;沼泽化高寒草甸亚类以西藏嵩草 *K. tibetica*、藏北嵩草 *K. littledalei*、甘肃嵩草 *K. kansuensis*、华扁穗草 *Blysmus sinocompressus* 等为优势种;沼泽化高寒草甸亚类主要以裸花碱茅 *Puccinellia nudiflora* 等为优势种。草群盖度60%~90%,草层高度10~25 cm,鲜草产量2 955.30 kg/hm²[17],载畜能力0.98 hm²/(a·羊单位)(表1)。

青海省高寒草甸类 EVI 月动态如图1所示。EVI 为0.077 8~0.429 1。峰值出现在8月,5月草类植物返青,EVI 月平均值由0.130 3增至

0.178 2,此后进入快速生长期,6月至9月为盛草期,EVI 同月平均值在0.308 6以上,9月至11月草类植物逐渐枯黄,EVI 同月平均值降至0.119 1,之后进入休眠期。

高寒草甸类 EVI 波动系数月动态如图2所示。 C_v 为6.80%~66.25%;5月达到峰值,同月平均值31.36%,5月至10月总体偏高,同月平均值在23.10%以上,说明高寒草甸类植物在该时段各地生长情况不尽相同,差异性明显;1月至4月、11月、12月趋于稳定,平均值在14.64%以下,12月最低,为11.11%,说明此时段不同地域高寒草甸的长势趋同。高寒草甸类是3种草地类中同时段长势差异最小的类型。

图1 高寒草甸类 EVI 月动态

图2 高寒草甸类 EVI 波动系数月动态

3.2 高寒草原类 主要分布于青南高原西部、北部,昆仑山内部山地及祁连山西段高山带。以紫花针茅 *Stipa purpurea*、青藏苔草 *C. moorcroftii* 等为优势种,常见伴生种有早熟禾 *Poa* spp.、苔草 *Carex* spp. 等,草群盖度 30%~50%,草层高度 10~30 cm,鲜草产量 1 321.95 kg/hm²^[17],载畜能力 3.44 hm²/(a·羊单位)。

青海省高寒草原类 EVI 月动态见图 3。EVI 为 0.070 6~0.217 9。同高寒草甸类 EVI 的月动态类似,5—10 月植物长势旺盛,EVI 变化明显,同月平均值在 0.108 1 以上,8 月最高,为 0.209 1,其余各月趋于稳定,变化范围 0.087 3~0.090 7。

高寒草原类 EVI 波动系数月动态如图 4 所示。 C_v 为 16.44%~66.76%。5 月至 10 月总体偏高,同月平均值在 35.94%以上,8 月达到峰值,为 57.27%,此时植物生长差异性最大;1 月至 4 月、11、12 月较低,平均值在 25.53%以下,3 月最低,为 21.09%。

3.3 温性草原类 主要分布在祁连山地、共和盆地、青海湖盆地和柴达木盆地东部一带,海拔 2 800~3 500 m。以平原丘陵草原亚类、山地草原亚类为主。西北针茅 *S. sareptana* var. *krylovii*、芨芨草 *Achnatherum splendens*、青海固沙草 *Orinus kokonorica*、冰草 *Agropyron cristatum* 等为优势种,伴生有草地早熟禾 *P. pratensis*、冷蒿

图 3 高寒草原类 EVI 月动态

图 4 高寒草原类 EVI 波动系数月动态

图5 温性草原类 EVI 月动态

Artemisia frigida、赖草 *Leymus secalinus*、苔草、锦鸡儿 *Caragana* sp. 等。草群盖度 30%~65%，草层高度 15~50 cm，平均鲜草产量 2 118.68 kg/hm²^[16]，载畜能力 1.48 hm²/(a·羊单位)。

青海省温性草原类 EVI 月动态如图 5 所示。EVI 为 0.078 8~0.240 2。5 月至 10 月变化明显，EVI 5 月平均值在 0.131 2 以上，7 月最高，为 0.224 2，1 月至 4 月、11 月、12 月为 0.085 7~0.099 1。

温性草原类 EVI 波动系数月动态如图 6 所示。 C_v 为 19.42%~72.48%。5 月至 10 月，同月平均值在 30.74% 以上，5 月即达到峰值

61.00%，此时植物生长差异性最大，此后逐渐降低；1 月至 4 月、11 月、12 月同月平均值在 28.54% 以下，12 月最低，为 21.75%。

4 不同类型草地 EVI 年变化动态

青海省高寒草甸类、高寒草原类和温性草原类 EVI 年动态见图 7。3 种草地类 EVI 值都具有波峰波谷相间连续变化的特点。高寒草甸类在整个生长季 EVI 值明显高于另外 2 种草地类，呈陡升陡降；其他时间差值较小；最大值 0.429 1 出现在 2004 年 8 月，最小值 0.077 8 为 2008 年 11 月。高寒草原类在生长季 EVI 值略低于温性草原类，且盛草期往往较温性草原推后 1 个月；其他时间

图6 温性草原类 EVI 波动月动态

图 7 青海省 3 种草地类型 EVI 年动态

类 3 种天然草地类型 EVI 月最大值可以较好地反映草地生长状况及其月度变化过程,具有与草地生长变化较高的一致性。3 种草地 EVI 都不同程度地反映出月度、季节差异,以高寒草甸类最为突出,变化差值达到 0.35,其余依次为高寒草原、温性草原,差值分别为 0.16 和 0.04。温性草原类差异最小,与 EVI 对低生物量的敏感性差于对高生物量的有关。而且生物量越高,其月度、季节变化的周期性越明显,周期变化越完整。

5.2 不同草地类型 EVI 年最大值变化趋势各异。高寒草甸类年最大值在 2004 年,最小值在 2008 年;高寒草原类最大值在 2007 年,最小值在 2004 年;温性草原类最大值在 2003 年,最小值在 2002 年。这种差异与气候、土壤、草地组成等因素的综合作用相关。

5.3 同一草地类型内部,不同位置在同一时段的生长是有差异的。温性草原类差异最大,高寒草甸类差异最小。不同草地类型在同一时段的差异不尽相同。青海省高寒草甸类、温性草原类在 5 月达到峰值,高寒草原类在 6 月达到峰值。

参考文献

- [1] Huete A R. A soil-adjusted vegetation index(SAVI) [J]. *emote Sensing of Environment*, 1988, 25(3): 295-309.
- [2] Kaufman Y J, Tanre D. Atmospherically resistant vegetation index(ARVI)for EOS—MODIS[J]. *Geoscience and Remote Sensing*, 1992, 30(2): 261-270.

图 8 青海省 3 种草地类型 EVI 年最大值

二者变化趋同。高寒草原类最大值 0.279 1 出现在 2007 年 8 月,最小值 0.070 6 为 2008 年 11 月。温性草原类最大值为 0.240 2,出现在 2002 年 7 月,最小值 0.078 8 为 2002 年 1 月。2002—2008 年,青海省高寒草甸类 EVI 年最大值介于 0.382 60.429 1,其最大值出现在 2004 年,2008 年 EVI 值最小;高寒草原类 EVI 年最大值介于 0.202 40.217 9,其最大值出现在 2007 年,2004 年 EVI 值最小;温性草原类 EVI 年最大值介于 0.210 80.240 2,其最大值出现在 2002 年,2003 年 EVI 值最小(图 8)。由图 7 和图 8 得出,青海省高寒草原类和温性草原类的 EVI 值比较接近,高寒草甸类 EVI 远高于高寒草原类和温性草原类的值;2003 年和 2008 年高寒草甸类、高寒草原类和温性草原类草地 EVI 值总体较低。

5 结论

5.1 青海省高寒草甸类、高寒草原类和温性草原

- [3] Liu H Q, Huete A. A feedback based modification of the NDVI to minimize canopy background and atmospheric noise[J]. *Geoscience and Remote Sensing*, 1995, 33(2): 457-465.
- [4] Huete A, Justice C, Liu H. Development of vegetation and soil indices for MODIS-EOS[J]. *Remote Sensing of Environment*, 1994, 49(3): 224-234.
- [5] 王正兴, 刘闯, Huete A. 植被指数研究进展: 从 AVHRR-NDVI 到 MODIS-EVI[J]. *生态学报*, 2003, 23(5): 979-987.
- [6] 王正兴, 刘闯, 陈文波, 等. MODIS 增强型植被指数 EVI 与 NDVI 初步比较[J]. *武汉大学学报(信息科学版)*, 2006, 31(5): 407-410, 427.
- [7] 除多, 姬秋梅, 德吉央宗, 等. 利用 EOS/MODIS 数据估算西藏北高原地表草地生物量[J]. *气象学报*, 2007, 65(4): 612-621.
- [8] Yang Y H, Fang J Y, Pan Y D, *et al.* Aboveground biomass in Tibetan grasslands[J]. *Journal of Arid Environments*, 2009, 73(1): 91-95.
- [9] 陶伟国, 徐斌, 刘丽军, 等. 不同利用状况下草原遥感估产模型[J]. *生态学杂志*, 2007, 26(3): 332-337.
- [10] 黄晓东, 李霞, 梁天刚. 北疆地区不同草地类型 MODIS 植被指数变化动态及其与气候因子的关系[J]. *兰州大学学报(自然科学版)*, 2007, 43(3): 42-47.
- [11] 李霞, 崔霞, 黄晓东, 等. 北疆不同草地类型 MODIS 植被指数的时空变化研究[J]. *草业科学*, 2007, 24(9): 5-10.
- [12] 赵伟, 李召良. 利用 MODIS/EVI 时间序列数据分析干旱对植被的影响[J]. *地理科学进展*, 2007, 26(6): 40-47.
- [13] 乌兰吐雅, 刘爱军, 高娃. 内蒙古天然草原植被 20 年动态遥感监测[J]. *草业科学*, 2009, 26(9): 40-42.
- [14] 中国国家统计局. 青海统计年鉴: 2008(光盘版) [M/CD]. 北京: 中国统计出版社, 2009.
- [15] 任继周. 草类植物[J]. *草业科学*, 2003, 20(5): 30-31.
- [16] 中华人民共和国农业部畜牧兽医司全国畜牧兽医总站. 中国草地资源[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1996: 347-382.
- [17] 范青慈. 青海省天然草地类型、特点及发展利用[J]. *青海畜牧兽医杂志*, 2000, 30(1): 32-35.

Changing of EVI for main types of grassland in Qinghai province

CHEN Zhong, FENG Qi-sheng, HUANG Xiao-dong, LIANG Tian-gang

(College of Pastoral Agriculture Science and Technology, Lanzhou University, Key Laboratory of Grassland Agro-ecology System, Ministry of Agriculture, Gansu Lanzhou 730020, China)

Abstract: The EVI are analyzed for the three types of nature grassland including alpine meadow, alpine steppe and temperate steppe in Qinghai, China, based on data from the satellite remote sensing of MODIS collected from 2002 to 2008. The result shows that the EVI varied seasonally as grassland growth, especially can be seen in alpine meadow.

Key words: Qinghai Province; nature grassland; EVI; C_v

本刊如有印装质量问题, 请将原杂志寄回编辑部, 由本部负责调换。