

# 基于 MODIS EVI 时序数据的云南高原 山地森林物候特征识别

樊 辉<sup>1 2</sup>, 何大明<sup>1 2</sup>

( 1. 云南大学亚洲国际河流中心, 云南 昆明 650091; 2. 云南省国际河流与跨境生态安全重点实验室, 云南 昆明 650091)

**摘 要:** 基于 2000—2011 年 MOD13Q1 产品的 EVI 时序, 借助 QA - SDS 数据集消除云、阴影和冰雪等的影响后, 采用非对称高斯函数拟合法进行时序重构, 并运用动态阈值法提取云南高原山地典型森林植被的物候特征参数 ( 即生长期开始时间、峰值时间、结束时间和生长期长度), 进而分析了不同植被类型物候期规律及其主要控制因素。结果表明: 1. 从寒温性森林植被到热性森林植被的 EVI 值呈递增趋势; 2. 森林植被生长期开始时间、峰值时间和结束时间分别大致发生在 3 月中旬至 4 月中下旬、6 月中旬至下旬和 8 月中旬至 10 月初, 生长期长度为 135 ~ 195 d; 3. 由寒温性植被向热性植被的生长期高峰时间和生长期结束时间总体呈延迟趋势, 且生长期延长, 生长期开始时间则由暖性植被向寒温性植被、暖性植被向热性植被双向提前; 4. 高原山地热量梯度决定了森林植被物候的空间格局, 水分条件则主要控制着 EVI 和物候期的年际波动。

**关键词:** MODIS EVI; 时序分析; 森林物候; 高原山地; 遥感

**中图分类号:** S717

**文献标识码:** A

以气候变化为主驱动力的全球生态系统变化是当今国际科学研究关注的焦点。众多研究表明, 伴随着全球变暖, 植物物候也正在发生变化<sup>[1-2]</sup>。植被是陆域生态系统的重要组成部分, 其生长动态变化反映了地球生物圈对气候和水文情势年内和年际变化的响应, 因此认识植被物候规律对研究生态系统功能及与之相关的全球水循环、碳循环和能量循环均有重要意义, 其已成为全球变化研究的热点课题<sup>[3-5]</sup>。特别是 20 世纪 80 年代以来, 遥感技术的迅猛发展为全球或区域等多尺度植物物候监测与研究带来了新的机遇, 并成为宏观植物物候研究不可或缺的手段<sup>[4, 6-7]</sup>。由遥感生成的植被指数 ( 如 NOAA - AVHRR、SPOT VEGETATION、EOS - MODIS 和 ENVISAT MERIS 等植被指数产品) 能较好地反映植被的光合作用强度及其季节性变化和年际间

变化, 可为监测与火灾、干旱、土地利用转变、气候波动与变化相关的植被变化提供基础, 已广泛应用于植被监测以及相关的物候分析<sup>[4, 8-9]</sup>。

近年来, 我国植被物候遥感研究取得了长足的进展, 但当前研究主要集中在对全球气候变化更为敏感的寒、温带地区, 而亚热带以南的植被类型研究甚少, 更缺乏西南高原山地详细区分不同植被类型的有关物候期的探讨<sup>[10-13]</sup>。此外, 以往研究多采用常用的 NDVI 提取植被物候特征指标, 而该植被指数存在的明显不足是浓密冠层植被的 NDVI 易饱和。MODIS EVI 却能很好地克服这一缺陷, 且其对植被冠层结构更为敏感, 有比 NDVI 更明显的生长季节峰值, 能更好地反映生物物理冠层结构变化<sup>[14]</sup>。本文拟利用 2000—2011 年 250 m 分辨率 16 d 合成的 MODIS EVI 数据 ( MOD13Q1 ) 识别云南高

收稿日期 ( Received date ) : 2011 - 09 - 26; 改回日期 ( Accepted ) : 2011 - 12 - 01。

基金项目 ( Foundation item ) : 国家自然科学基金课题“怒江流域 ( 云南段 ) 土地利用/覆被变化的水文效应” ( 41061010 ) 和国家科技支撑计划课题“水电能源基地建设对西南生态安全综合影响评估技术与示范” ( 2011BAC09B07 ) 。 [ Supported by Hydrological responses of LUC in Nuijiang basin of Yunnan province ( 41061010 ) and Assessment techniques on the integrated impacts of hydropower development on ecological security in southwest China and their pilot applications ( 2011BAC09B07 ) . ]

作者简介 ( Biography ) : 樊辉 ( 1972 - ) , 男 ( 汉族 ) , 江西修水人, 副研究员, 主要从事山地环境遥感研究。 [ Fan Hui ( 1972 - ) , male , associate professor , engaged in remote sensing of mountainous environment . ]

原山地典型森林植被生长动态(物候)规律。该研究不仅可为研究区基于时序数据物候特征的土地利用/覆被分类与制图、地表植被变化检测等奠定基础,还可加深对气候与地形复杂地区陆生生态系统碳交换和气候-生物圈相互作用的年内与年际变化的认识。

1 研究区概况

云南以山地高原为主(山地和高原面积约占全省总面积的 94%),属青藏高原南延部分,总体地势由西北向东南呈阶梯状倾斜。受东南季风和西南季风控制以及西藏高原区的影响,自然地理环境复杂多样,气候类型兼有季风气候、立体气候和低纬气候

的特点。在南北跨 8 个纬度的范围内,寒、温、热三带气候俱全。滇东北、滇西北的高山地区属长冬无夏或终年积雪的温带、寒带气候,而南部的低热河谷和坝子却是长夏无冬的热带气候。云南省显著的南北温差,与我国海南岛到东北长春相当,可视为全国气候的缩影。全省境内山峦起伏,大、小河流纵横切割,地形错综复杂。受地理位置、地形地貌和气候条件的综合影响,云南高原山地植物资源异常丰富,素有“植物王国”之称,分布着热带、亚热带、温带、寒带等多种气候带的植被类型。各种森林植被类型形成和发育于特定的自然环境条件,均有其相对稳定的分布区域(图 1 表 1),其现有分布是综合的自然环境条件标志。

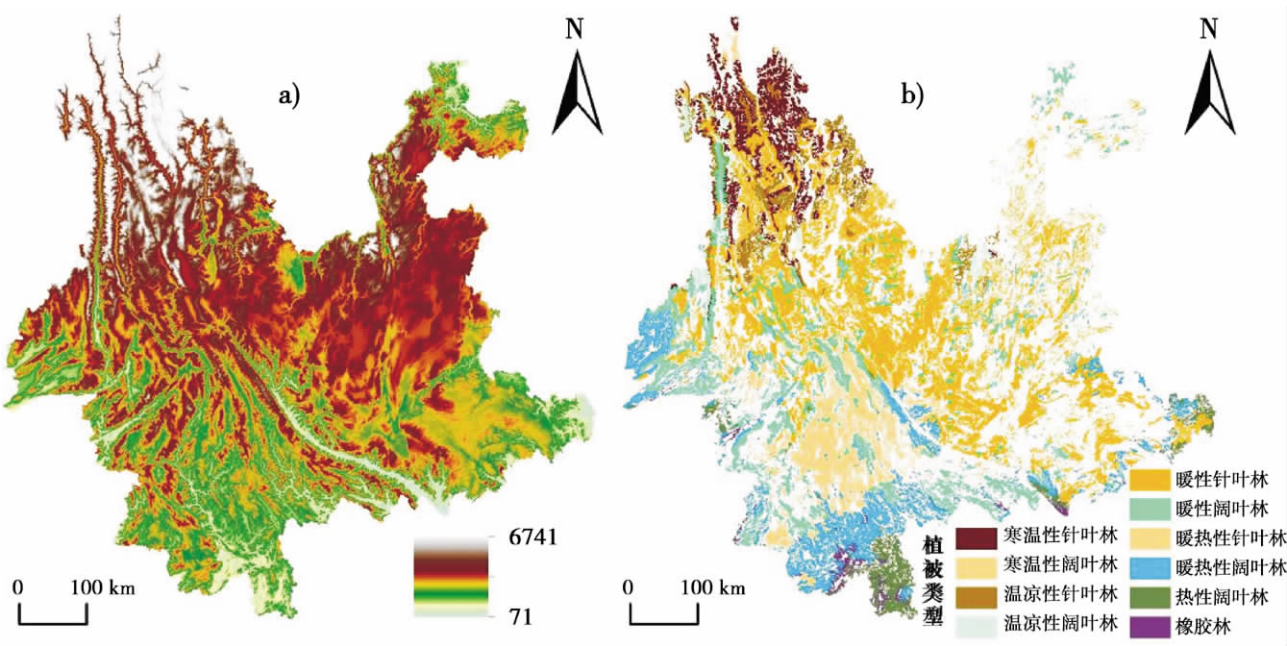


图 1 云南省地形图(a)与森林植被类型(b)分布图

Fig. 1 Terrain map (a) and distribution map of forest vegetation types (b) in Yunnan

表 1 各森林植被类型分布特征

Table 1 Distribution characteristics of different forest vegetation types

| 森林植被类型 | 分布特征   |
|--------|--|
| 寒温性针叶林 | 主要分布在滇西北横断山区海拔 3 000 ~ 4 000 m 的亚高山区           |
| 寒温性阔叶林 | 主要分布于滇西北海拔 2 700 ~ 4 000 m 的亚高山区,滇中、滇北和滇东北也有分布 |
| 温凉性针叶林 | 主要分布在滇西、滇西北和滇东北海拔 2 600 ~ 3 400 m 的山区          |
| 温凉性阔叶林 | 主要分布于滇西北和滇西海拔 2 300 ~ 3 500 m 的山区              |
| 暖性针叶林  | 主要分布在云南中、西、东部及东北部海拔 1 000 ~ 2 800 m 的山地        |
| 暖性阔叶林  | 主要分布于滇中高原和滇西、滇西南海拔 1 650 ~ 2 600 m 的中山山地       |
| 暖热性针叶林 | 主要分布在哀牢山西坡及其以西海拔 1 000 ~ 1 800 m 的山地           |
| 暖热性阔叶林 | 主要分布于滇中南、滇西南和滇东南 1 000 ~ 1 500 m 的海拔区          |
| 热性阔叶林  | 主要分布于海拔 1 000 m 以下的河谷盆地周围、干热河谷下部和河谷台地          |
| 橡胶林    | 主要分布于海拔 1 000 m 以下的河谷盆地周围、干热河谷下部和河谷台地          |

## 2 数据与方法

本文采用云南省境内 2000—2011 年 EOS/Terra 卫星的 MODIS NDVI 16 d 合成数据 (MOD13Q1) (<http://lpdaac.usgs.gov/>)。该数据集每年有 23 期,影像空间分辨率为 250 m。研究区涉及 MOD13Q1 h26v06 和 h27v06 影像。同时,收集了研究区 1:50 万森林植被调查数据集<sup>[15]</sup>。

先利用 MODIS Reprojection Tool 对影像进行拼接、重新投影(投影至 Albers Conical Equal Area 坐标系)和研究区裁剪。然后,基于 MOD13Q1 的 QA-SDS 数据集,对 MODIS EVI 时序数据进行质量评价,生成无效像元掩膜<sup>[16]</sup>。通过综合分析每个时相无效像元比例、年内无效像元数和最大间隙长度,采用 UI5-CSS(即好至中等、去云、去阴影、去冰雪)设置更适合本研究区。将无效像元掩膜应用于原始 EVI 时序,采用非对称高斯函数拟合合法重构 MODIS EVI 时序<sup>[17]</sup>。鉴于时序数据重构中数据集两端的边缘效应,重构前在原始数据两端各添加一定时段的辅助数据,数据分析时再将其剔除。基于重构后 MODIS EVI 时序数据和 1:50 万云南省森林植被类型数据,采用动态阈值法提取各森林植被类型的生长期开始时间、峰值时间、结束时间和生长期长度等物候特征指标。

## 3 结果

### 3.1 典型森林植被类型时序 EVI 曲线特征

植被指数时序反映了植物光合作用的强弱,及其年内和年际变化规律。由图 2 可知,不同森林植被类型的 EVI 值范围、年内与年际分布规律均不同。从寒温性森林植被到热性森林植被,EVI 值呈递增趋势,即寒温性植被 < 温凉性植被 < 暖性植被 < 暖热性植被 < 热性植被。就相同气候带而言,除寒温带阔叶林与针叶林 EVI 相当外,其他气候带阔叶林的 EVI 明显高于针叶林,且由温凉性植被向暖热性植被差异有所增大。在热性植被分布区,热性阔叶林与人工橡胶林的 EVI 较为近似,但热性阔叶林年内 EVI 低值较人工橡胶林略高。尽管不同气候带各森林植被类型的 EVI 高低不同,但所有森林植被类型 EVI 时序曲线年内呈单峰分布,且其年内变化幅度均较为一致,界于 0.18~0.25 间。

研究时段内,各森林植被类型的 EVI 时序年际标准差和最大变幅范围分别为 0.004~0.263 和 0.01~0.11,其中以温凉性阔叶林差值最大(图 3)。不同森林植被类型 EVI 时序年际标准差和最大变幅的年内分布也各异。温凉性阔叶林、温凉性针叶林、寒温性针叶林和暖热性针叶林等多数植被类型高值出现在 4 月下旬至 7 月中旬,标准差和最大变幅值多大于 0.015 和 0.06;而其余月份值均较小,常分别小于 0.01 和 0.04。但热性阔叶林和橡胶林却呈现不同的规律,其最大 EVI 年间差的高值部分发生在冬末春初。

### 3.2 典型森林植被类型物候特征

遥感数据生成的植物物候特征指标通常包括生长期开始时间(或生长季始期)、结束时间(或生长季末期)、生长期高峰出现时间(或生长季高峰)和生

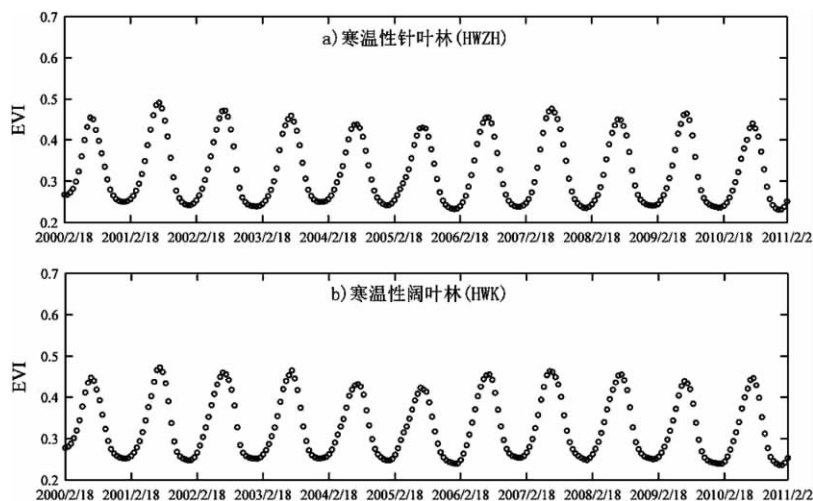


图 2 不同森林植被类型 2000—2011 年 EVI 时序变化特征(后继)

Fig. 2 EVI time series spectrum of different forest vegetation types from 2000 to 2011

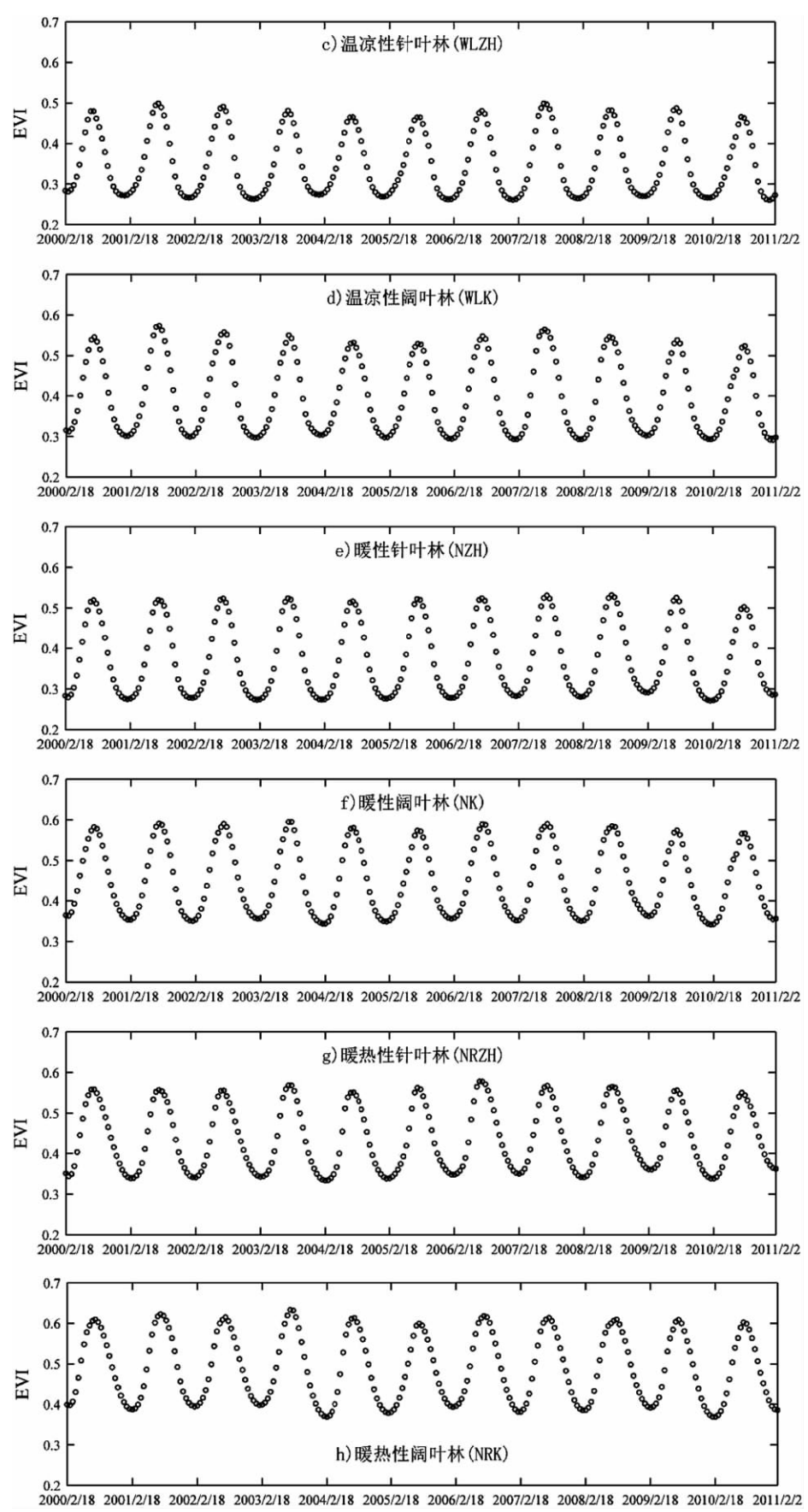


图 2 不同森林植被类型 2000—2011 年 EVI 时序变化特征(继前)  
Fig. 2 EVI time series spectrum of different forest vegetation types from 2000 to 2011

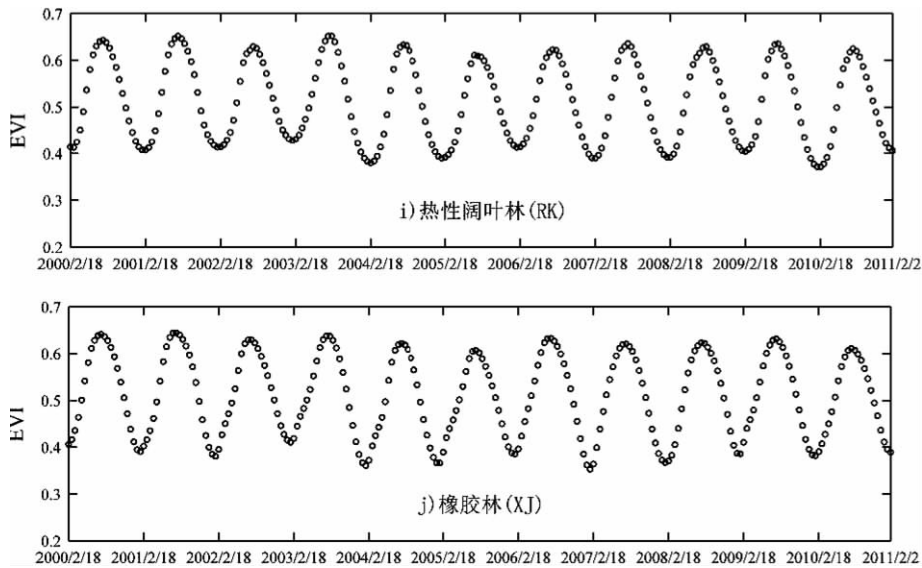


图2 不同森林植被类型 2000—2011 年 EVI 时序变化特征(继前)

Fig. 2 EVI time series spectrum of different forest vegetation types from 2000 to 2011

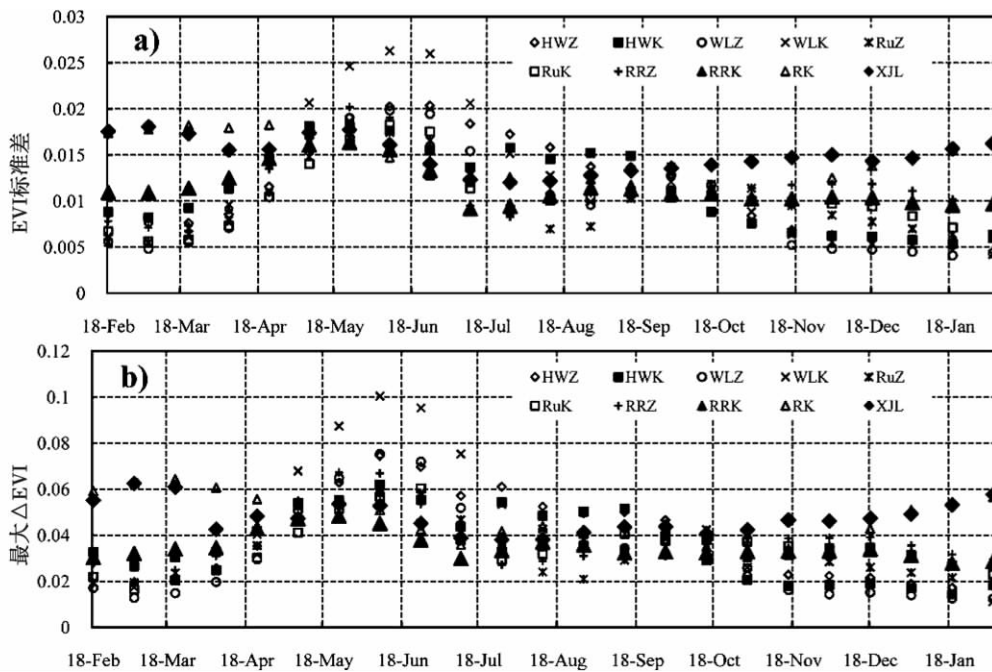


图3 不同森林植被类型 2000—2011 年 EVI 时序年际标准差(a)和最大差值(b)

Fig. 3 Inter-annual standard deviation (a) and amplitude (b) of EVI time series spectrum of different forest vegetation types from 2000 to 2011

长期长度等。生长期开始时间反映了区域植物整体开始变绿、光合作用变强的时间点。图 4(a) 表明, 各森林植被类型生长期开始时间(多年中值)大致发生于 3 月中旬至 4 月中下旬, 人工橡胶林最早, 而暖性针叶林最晚。在同一气候带, 阔叶林生长期开始时间均比针叶林早, 且其变化范围也较针叶林大。而由不同气候区对比来看, 阔叶林生长期开始时间早晚顺序依次是: 寒温性阔叶林 > 热性阔叶林 > 温

凉性阔叶林 > 暖热性阔叶林 > 暖性阔叶林; 针叶林依次为: 寒温性针叶林 > 温凉性针叶林 > 暖热性针叶林 > 暖性针叶林。

植物生长期高峰出现时间反映区域植物整体光合作用强度最为旺盛的时间。由图 4(b) 可知, 研究区各森林植被类型生长期高峰(多年中值)大致出现在 6 月中旬至下旬, 寒温性阔叶林最早, 热性阔叶林和人工橡胶林最迟。在相同气候带, 阔叶林生长

峰值出现时间略早于针叶林(除暖热带外)。各气候带森林植被生长峰值出现早晚的总体趋势是:寒温性植被 > 温凉性植被 > 暖性植被 > 暖热性植被 > 热性植被。

植物生长期结束时间反映区域植被整体光合作用活动强度大幅变弱的时间点。从图 4(c) 可看出,各森林植被类型生长期(多年中值)大致终止于 8 月中旬至 10 月初,寒温性阔叶林最早,人工橡胶林最迟。从寒温带至热带,各气候带森林植被类型生长期终止时间呈直线型逐次后延。相同气候带内,除寒温带外,其余各气候带阔叶林生长季终止时间均较针叶林略晚。

植物生长期反映区域植被整体活跃光合作用持续时间长短。图 4(d) 表明,各森林植被类型生长季持续时间(多年中值)为 135 ~ 195 d,寒温性针叶林最短,人工橡胶林最长。从寒温带至热带,各气候带森林植被类型生长期长度呈近似指数曲线上升。相同气候带内,阔叶林生长期略长于针叶林。

图 4 还表明,各森林植被类型的物候特征参数存在明显的年际差异。研究区森林植被类型的生长期开始时间、峰值时间、结束时间和长度的年际变化范围分别为 14 ~ 25 d、9 ~ 24 d、12 ~ 20 d 和 17 ~ 35 d,且不同气候区和不同植被类型差异规律性不明显。

## 4 讨论

山地对物质和能量流通具有屏障、分支、阻滞等效应,使得山地环境要素和生态系统分布呈现梯度变化,叠合山地地貌、景观生态与生物地理的碎裂化,在局地浓缩了各类环境和生态系统类型<sup>[18]</sup>。云南南北跨 8 个纬度、东西占据 8 个多经度、海拔跨度逾 6 000 m,使得其高原山地水热梯度从南到北水平地带性分异明显,垂直地带性更为突出,且水、热分布并不完全重合,气候带分布较为破碎<sup>[15]</sup>。水热梯度直接影响到森林植被的分布和生长节律。由遥感生成的 EVI 随寒区向热区气候带递增的趋势,说明热量梯度对森林植被的生长活跃度格局起关键控制作用,而水分梯度的影响相对较弱。EVI 高低与植物的蒸腾作用、光合作用等植被冠层生物物理过程以及地表净初级生产力(NPP)密切相关<sup>[14]</sup>。而地表净初级生产力(NPP)是地表碳循环的重要组成部分,其不仅反映陆地生态系统的质量状况,还可作为判定生态系统碳源/汇和调节生态过程的重要指标。由此,根据 EVI 的高低可粗略断定不同森林植被类型的净初级生产力及其在全球碳循环中的地位和作用。热量梯度也使部分物候特征参数表现明显的时间梯度,如生长期高峰时间和生长期结束时间总体表

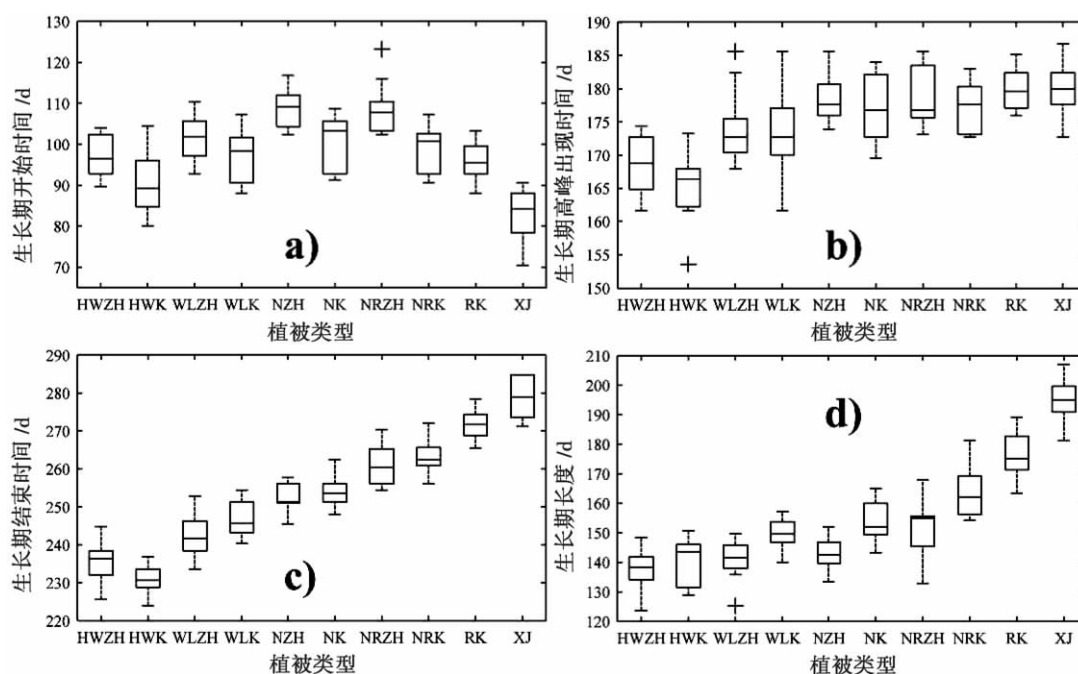


图 4 不同森林植被类型物候特征箱线图

Fig. 4 Boxplot of phenological characteristics of different forest vegetation types



现为由寒温性植被向热性植被延迟,且生长期延长;森林植被生长期开始时间由暖性植被向寒温性植被逐渐提前。这与余振等<sup>[12]</sup>关于我国东部南北样带植被物候的研究结果完全一致。但本研究中由暖性植被向热性植被的生长期开始时间也呈逐渐提早趋势,这与热量梯度规律不一致。根据云南雨季起始时间大多从南向北推进的规律,可大致推断就这些森林植被类型而言水分是其生长期开始时间早晚的决定性因素。

水热条件不仅控制着植被物候的空间格局,植被生长活动强弱和生长季节律的年间差异也与气温和降水的年际波动密切相关。研究时段内,EVI 时序及由其生成的物候特征参数均存在一定的年际变化,尤以温凉性植被为甚。从年际变化量的年内分布看,除热性植被外,其余植被类型多年 EVI 时序年际标准差和最大变幅的高值多发生春夏之交,与云南省多数地区干季向雨季的转换时段较为近似<sup>[15]</sup>。由此,可推测研究区内非热性植被物候特征参数年际变化主要受降水年际波动控制,而热性植被物候特征参数年际差异则可能与冬春温度变化有关。但因本文研究时段较短,未能进一步探讨物候特征参数年际变化与相关气候因子(如气温和降水)之间的统计关系。

植被物候特征遥感识别是基于时序数据物候特征植被或土地利用/覆被分类的基础。尽管基于时序植被指数所提取的物候特征参数不同于传统意义上物候观测站所观测到的植株物候期,但它能较好反映出大尺度宏观区域地表植物生长季的相对状况。因此利用不同植被物候期的相对差异而将其区分开来。以人工橡胶林和热性阔叶林为例,前者生长期开始时间比后者早 10 d 左右,而结束时间却要晚 10 d 左右。由此,采用植被指数时序数据提取物候特征指标就能实现两者的分离,并以此监测云南热带及周边地区热带雨林向橡胶林的快速转变动态。

## 5 结论

云南高原山地特定的地理位置、地形地貌和气候环境条件的综合作用在局地形成了巨大的水热梯度差异,蕴养着从寒温性到热性的不同植被类型,成为全国气候(水热条件)-植被交互作用的一个缩影。基于 MOD13Q1 产品中的 EVI 和 QA-SDS 数据,采用非对称高斯函数拟合法重构了 EVI 时序。

结果表明,研究区内从寒温性植被到热性植被的 EVI 值呈递增趋势,即寒温性植被 < 温凉性植被 < 暖性植被 < 暖热性植被 < 热性植被。热性植被与非热性植被 EVI 时序的年际变化表现为不同模式。

基于重构后的 EVI 时序,利用动态阈值法提取了不同森林植被的物候特征参数。研究区内,各森林植被的生长期开始时间、峰值时间和结束时间多发生在 3 月中旬至 4 月中下旬、6 月中旬至下旬和 8 月中旬至 10 月初,其生长期长度大致为 135 ~ 195 d。同时,各森林植被物候特征参数发生时间节点呈现明显的规律性,从寒温性植被到热性植被,生长期高峰时间、生长期结束时间逐次延迟,且生长期延长,而生长期开始时间则由暖性植被向寒温性植被、暖性植被向热性植被双向提前。

通过综合分析森林植被 EVI 和物候特征参数时空格局与水热条件的关系,初步推断:高原山地热量梯度决定了森林植被物候的空间格局,水分条件则主要控制着 EVI 和物候期的年际波动。EVI 和物候特征参数时空格局与水热条件之间的定量关系有待进一步研究。

## 参考文献(References)

- [1] R B Myneni, C D Keeling, C J Tucker, et al. Increased plant growth in the northern high latitudes from 1981 to 1991 [J]. *Nature*, 1997, 386: 698 - 702
- [2] E E Cleland, I Chuine, A Menzel, et al. Shifting plant phenology in response to global change [J]. *Trends in Ecology Evolution*, 2007, 22: 357 - 365
- [3] Fang Xiuqi, Yu Weihong. Progress in the studies on the phenological responding to global warming [J]. *Advance in Earth Sciences*, 2002, 17(5): 714 - 719 [方修琦,余卫红. 物候对全球变暖响应的研究综述 [J]. *地球科学进展*, 2002, 17(5): 714 - 719]
- [4] Zhang Xuexia, Ge Quansheng, Zheng Jingyun. Overview on the vegetation phenology using the remote sensing [J]. *Advance in Earth Sciences*, 2003, 18(4): 534 - 544 [张学霞,葛全胜,郑景云. 遥感技术在植物物候研究中的应用综述 [J]. *地球科学进展*, 2003, 18(4): 534 - 544]
- [5] J Peñuelas, I Filella. Responses to a Warming World [J]. *Science*, 2001, 294: 793 - 795
- [6] M A White, F Hoffman, W W Hargrove, et al. A global framework for monitoring phenological responses to climate change [J]. *Geophys. Res. Lett.*, 2005, 32: L04705
- [7] B C Reed, J F Brown, D VanderZee, et al. Measuring phenological variability from satellite imagery [J]. *Journal of Vegetation Science*, 1994, 5: 703 - 714
- [8] X Zhang, M A Friedl, C B Schaaf, et al. Monitoring vegetation phenology using MODIS [J]. *Remote Sensing of Environment*, 2003, 84: 471 - 475

- [9] J A Sobrino ,Y Julien. Global trends in NDVI – derived parameters obtained from GIMMS data [J]. International Journal of Remote Sensing ,2011 ,32: 4267 –4279
- [10] Yu Xinfang , Zhuang Dafang. Monitoring forest phenophases of northeast China based on MODIS NDVI data [J]. Resources Science ,2006 28(4): 111 –117 [于信芳,庄大方. 基于 MODIS NDVI 数据的东北森林物候期监测 [J]. 资源科学,2006 28(4): 111 –117]
- [11] Chen Xiaoqiu , Yu Rong. Spatial and temporal variations of the vegetation growing season in warm-temperate eastern China during 1982 to 1999 [J]. Acta Geographica Sinica ,2007 62(1): 41 –51 [陈效速,喻蓉. 1982 ~ 1999 年我国东部暖温带植被生长季节的时空变化 [J]. 地理学报,2007 62(1): 41 –51]
- [12] Yu Zhen , Sun Pengsen , Liu Shirong. Phenological change of main vegetation types along a North – South Transect of Eastern China [J]. Journal of Plant Ecology ,2010 34(3): 316 –329 [余振,孙鹏森,刘世荣. 中国东部南北样带主要植被类型物候期的变化 [J]. 植物生态学报,2010 34(3): 316 –329]
- [13] Song Chunqiao , You Songcai , Ke Linghong , et al. Spatio-temporal variation of vegetation phenology in the Northern Tibetan Plateau as detected by MODIS remote sensing [J]. Chinese Journal of Plant Ecology ,2011 35(8): 853 –863 [宋春桥,游松财,柯灵红,等. 藏北高原植被物候时空动态变化的遥感监测研究 [J]. 植物生态学报,2011 35(8): 853 –863]
- [14] A Huete , K Didan , T Miura , et al. Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices [J]. Remote Sensing of Environment ,2002 ,83: 195 –213
- [15] Yunnan Development & Reform Commission , Department of Land Resources of Yunnan. Synthetic survey report of RS for the land resource in Yunnan Province [M]. Yunnan Science & Technology Press ,2004 [云南省发展计划委员会,云南省国土资源厅,云南国土资源遥感综合调查 [M]. 云南科技出版社,2004]
- [16] R R Colditz , C Conrad , T Wehrmann , et al. TiSeG: a flexible software tool for time-series generation of MODIS data utilizing the quality assessment science data set [J]. Geoscience and Remote Sensing , IEEE Transactions on ,2008 ,46: 3296 –3308
- [17] P Jönsson , L Eklundh. TIMESAT—a program for analyzing time-series of satellite sensor data [J]. Computers & Geosciences ,2004 ,30: 833 –845
- [18] Zhong Xianghao , Xiong Shangfa. A new framework for the study of mountain environment system [J]. Journal of Mountain Science ,2010 28(4): 385 –391 [钟祥浩,熊尚发. 山地环境系统研究新框架 [J]. 山地学报,2010 28(4): 385 –391]

## Identifying Phenological Characteristics of Highland and Mountain Forests in Yunnan Using MODIS EVI Time-series Data

FAN Hui<sup>1 2</sup> , HE Daming<sup>1 2</sup>

(1. Asian International Rivers Center of Yunnan University , Kunming 650091 , Yunnan , China;

2. Yunnan Key Laboratory of International Rivers and Transboundary Eco-security , Kunming 650091 , Yunnan , China)

**Abstract:** MOD13Q1 products from 2000 to 2011 covering highland and mountains in Yunnan were employed in this study. Noisy pixels due to cloud , shadow and ice/snow contamination were removed from original EVI time series data by incorporating the QA – SDS dataset , and then the missing values of EVI time series data were interpolated by the asymmetric Gaussian function fitting method. Based on the reconstructed EVI time series data , phenological metrics ( greenup date , maturity date , senescence date and growing season length) of typical forest types were derived using dynamic threshold method. The results show that: 1. there is a positive EVI gradient from cold temperature to tropical forest vegetation. 2. greenup date , maturity date and senescence date of the studied forest vegetation generally occur in mid – March to mid – to – late April , mid to late June and mid – August to early October , respectively , and growing season length of those are ca. 135 to 195 days. 3. from cold temperature to tropical forest vegetation , maturity date and senescence date display a delayed tendency and growing season lengthen. There are the same earlier trend of greenup from warm-temperate to cold temperature forest vegetation and tropical to warm-temperate forest vegetation. 4. spatial pattern of forest phenology depends on heat flux gradient , whereas moisture condition mainly influences inter-annual variability of EVI values and phenological metrics of forest vegetations.

**Key words:** MODIS EVI; time-series analysis; forest phenology; highland and mountain; remote sensing