

孙华, 白红英, 张清雨, 等. 2009 秦岭南北地区植被覆盖对区域环境变化的响应[J]. 环境科学学报, 29(12): 2635–2641

Sun H, Bai H Y, Zhang Q Y, et al. 2009 Responses of vegetation coverage to regional environmental change in the northern and southern Qinling Mountains[J]. Acta Scientiae Circumstantiae, 29(12): 2635–2641

秦岭南北地区植被覆盖对区域环境变化的响应

孙华, 白红英*, 张清雨, 雒新萍, 张善红

西北大学城市与资源学系, 西安 710127

收稿日期: 2009-03-25 修回日期: 2009-06-19 录用日期: 2009-09-11

摘要: 利用 GIMMS (Global Inventory Modeling and Mapping Studies) 和 SPOT VGT (Spot Vegetation) 两种数据集的归一化植被指数 (Normalized Difference Vegetation Index, NDVI) 对 1982~2007 年 26 年间秦岭南北地区植被覆盖变化进行了比较, 并对其环境驱动力进行了分析. 结果表明, 研究时段内, 秦岭南北地区的植被覆盖均呈降低趋势, 且秦岭以北地区的降低速度大于秦岭以南. 经计算分析得出, 两地区春季和夏季的季平均 NDVI 与温度的相关系数均通过了 $p < 0.1$ 的显著性检验, 其中, 秦岭以南地区 1982~1997 年春季 NDVI 与温度的相关系数最高为 0.61 ($p < 0.05$); 秦岭以北地区春季的降水与年 NDVI 之间也显著相关 ($p < 0.05$). 值得注意的是, 1998~2007 年间, 秦岭以北地区冬季 NDVI 与温度相关系数高达 0.75 ($p < 0.05$), 这是秦岭地区在区域环境影响下植被覆盖变化的一个重要特征, 表明秦岭以北地区的植被更多地受气温变化的影响, 在全球变暖大趋势下, 该地区植被可能更为敏感, 是区域生态响应的一个重要信号. 人为活动 (如土地利用类型的改变) 也是影响该区植被覆盖变化的一个重要因子.

关键词: 秦岭; 植被覆盖; 环境变化; 人为活动

文章编号: 0253-2468(2009)12-2635-07 中图分类号: X171 文献标识码: A

Responses of vegetation coverage to regional environmental change in the northern and southern Qinling Mountains

SUN Hua, BAI Hongying*, ZHANG Qingyu, LUO Xinping, ZHANG Shanhong

Department of Urban and Resource Sciences, Northwest University, Xi'an 710127

Received 25 March 2009; received in revised form 19 June 2009; accepted 11 September 2009

Abstract By analyzing the NDVI data from the GIMMS (Global Inventory Modeling and Mapping Studies) and SPOT VGT, we investigated the change of vegetation coverage from 1982 to 2007 and its relationship with climate changes in the northern and the southern regions of the Qinling Mountains. The vegetation coverage in both regions tended to decrease with time over the last 26 years, and a greater rate of decrease was found in the northern regions. Correlation analysis showed that the seasonal mean NDVI in spring and summer were tightly correlated with temperature for both regions ($p < 0.1$), and the highest correlation coefficient of 0.61 was found in the southern regions during 1982 to 1997. The annual mean NDVI in the northern regions was also correlated with the precipitation in spring ($p < 0.05$). In 1998~2007, the correlation coefficient of winter NDVI to temperature in the northern Qinling Mountains was as high as 0.75 ($p < 0.05$), which represented an important signal of regional ecological response to global warming. The vegetation in the northern regions of the Qinling Mountains was more sensitive to the temperature changes than that in the southern regions. The impact of human activities, such as the land-use types, was also important to the change of vegetation coverage in the Qinling Mountains.

Keywords Qinling Mountains; vegetation coverage; environmental change; human activities

1 引言 (Introduction)

植被覆盖变化的环境效应一直是国内外全球变化研究的重要内容. 目前, 人类正面临着一系列前所未有的重大全球性环境问题, 如温室效应与全

球变暖、海平面上升、人口激增与土地荒漠化、森林面积剧减与生物物种的快速灭绝、水资源匮乏、臭氧层破坏、环境恶化与灾害频发等 (联合国社会发展研究所, 1997). 而区域研究是全球变化研究的重要途径 (李家洋等, 2006), 就区域性分析而言, 重点

基金项目: 国家科技基础性工作专项重点项目 (No. 2007FY110800); 西北大学研究生创新教育项目 (No. 08YJC08)

Supported by the Special Key Project of Science and Technology Basic Research of China (No. 2007FY110800) and the Innovative Education Project of Northwest University (No. 08YJC08)

作者简介: 孙华 (1982—), 女, E-mail: sun76638.studen@sina.com; * 通讯作者 (责任作者), E-mail: hongyingba@163.com

Biography: SUN Hua (1982—), female, E-mail: sun76638.studen@sina.com; * **Corresponding author** E-mail: hongyingba@163.com

集中在一些敏感区域,如脆弱生态区和自然地理的过渡地带及山地等。这些地区由于抵抗外部干扰的能力差,对环境的改变更为敏感,因此,它们正逐渐受到学者的关注。

秦岭山地北仰南俯,地处我国暖温带和亚热带的生态过渡带,其独特的地理位置、古老的地质演化历史、复杂的自然环境特点孕育了丰富的天然植物资源。秦岭是重要的气候分界线,南北气候差异大,北坡属于暖温带半湿润气候带,南坡大部分地区则属于亚热带湿润气候带。同时,秦岭山地还是重要的生物地理分界线,秦岭以北广泛分布着暖温带落叶阔叶林,而秦岭以南分布的则是北亚热带落叶阔叶-常绿阔叶混交林。如位于秦岭南部的安康与位于北部地区的西安,两地纬度仅差 $1^{\circ}40'$,直线距离不足 200km,但气候差异却比较显著(钟兆站, 1996)。20世纪 80 年代是全球气候变暖时期,气候变暖过程中秦岭南北地区对环境变化的响应程度是否存在差异性,秦岭生态系统是否具有区域响应分界的意义,一直倍受科学界关注。

NDVI 能够敏感地反映出植被生长状况、生物物理化学性质及生态系统参数的变化,在一定程度上反映了像元所对应区域的植被和土地覆盖类型的综合情况,因此,NDVI 常被直接或间接用于研究植被或土地覆盖变化(Tucker *et al.*, 1985; Gramer, 1999; Chlar *et al.*, 1996; Townshend, 1994)。基于此,本文以 GMMS 和 SPOT VGT 两种数据集的 NDVI 数据为基础,研究秦岭南北地区 1982~2007 年 26 年间植被覆盖 NDVI 变化及其对环境变化的响应程度,通过定量对比分析研究秦岭南北地区植被覆盖变化的差异,以揭示全球变暖大趋势下秦岭南北地区植物生态系统的环境响应程度及意义。

2 资料与方法 (Materials and methods)

2.1 数据来源

本研究区域包括秦岭以北关中地区的西安市、周至县、华县、户县、蓝田县等 18 个市县区和秦岭以南汉中、安康与商洛的 20 个市县区。

研究所用资料为 GMMS 和 SPOT VGT 两种数据集的 NDVI 数据。GMMS 数据是来自国家自然科学基金委员“中国西部环境与生态科学数据中心”(http://westdcwestgis.ac.cn)的 15d 最大化 8km × 8km 分辨率数据集,时间为 1981 年 7 月至 2003 年 12 月;SPOT VGT 数据来自该数据中心基于 1km ×

1km 分辨率的从 1998 年 4 月 1 日至 2007 年 10 月期间每 10d 合成 1 次的 4 个波段的光谱反射率及 10d 最大化 NDVI 数据集。两种数据均经过大气校正、辐射校正、几何校正等预处理。气象资料均由陕西省气象局提供,气象数据包括秦岭以北 18 个气象站点和秦岭以南 20 个站点 1982~2007 年的逐月温度和降水量数据。

2.2 数据处理

在 ERDAS 9.1 支持下,采用最大值合成法(MVC)将 NDVI 数据制作成月数据,以消除来自云和大气的部分干扰,并在此基础上计算春季(3~5 月)、夏季(6~8 月)、秋季(9~11 月)、冬季(12~2 月)及年 NDVI 平均值。由于 2007 年 11、12 月的数据缺失,本研究利用前 25 年的数据求平均获得,并根据当年的实际情况进行修正。在 ArcGIS 9.0 中,利用 Arc Toolbox 工具的 Data Management Tools 将影像投影转为与其他基础资料相匹配的投影,并以研究区的矢量边界图为掩膜,切割出秦岭南北所选研究区的影像,生成研究所用的 NDVI 数据集,误差在一个像元以内。原属性值是范围为 0~250 的遥感源原始值(DN 值),DN 值和真实 NDVI 之间的转换关系为 $NDVI = 0.004DN - 0.1$,利用上式将 NDVI 影像的值域转换到 -1~1 之间。

由于所涉及的时间序列较长,而时间序列的突变部分又是比较重要的信息,因此,本文利用 Matlab 中的小波分析工具对秦岭南北所选地区的植被指数突变特征进行研究。小波分析是采用正交、复正交变换,并应用滤波器对时间序列进行分析的一种新兴技术(马明国等, 2006)。Ma 等(2004)曾利用 Meyer 小波分析了中国黑河流域年最大化 NDVI 的变化周期。

2.3 GMMS 和 SPOT VGT 的一致性检验

由于 GMMS 和 SPOT VGT 来自不同的传感器,具有不同的分辨率,其预处理过程也不尽相同,因此,需要对两者的一致性进行验证。从全区大尺度来看,两种植被数据之间具有显著的一致性,利用 SPOT VGT 数据插补 GMMS 数据进行时间序列分析,只适用于大空间尺度,并不适用于像元尺度(信忠保等, 2007)。GMMS 和 SPOT VGT 数据在 1998~2003 年共有 6 年的重叠区,且秦岭以北地区($r = 0.586$, $p < 0.05$)和秦岭以南地区($r = 0.754$, $p < 0.01$)两种数据之间均具有显著的一致性,因此,根据 SPOT VGT 数据对两地区 2004~2007 年 GMMS

数据进行修正.

3 结果 (Results)

3 1 秦岭南北地区植被覆盖变化分析

3 1 1 植被覆盖的季节性变化 图 1 为秦岭南北地区 1982~2007 年季 NDVI 平均值的年际变化特征曲线. 由图 1 可知, 夏季秦岭以南地区的 NDVI 值比秦岭以北地区高 0.1 左右, 其他季节相差不大, 即两地区植被覆盖的差异主要表现在夏季. 秦岭南北地区 NDVI 的季平均值均呈现波动变化, 且具有相似的变化趋势. 两地区季 NDVI 平均值均为夏季最高, 冬季最低, 秦岭以北地区春季与秋季的 NDVI 值交替浮动, 而秦岭以南地区秋季 NDVI 值则基本都大于春季. 这主要是因为秦岭以南地区为亚热带气候, 秋季平均气温较高, 且植被类型以亚热带常绿阔叶林和草灌丛为主, 因此, 该地区秋季 NDVI 值较大, 植被覆盖度较高. 分别计算两地区季 NDVI 的变化斜率可得, 秦岭南北地区春季和秋季的 NDVI 变化斜率为正值, 说明植被覆盖逐渐增加, 而夏季和冬季的植被覆盖却呈降低趋势, 除气候因素外, 还与人类活动的影响有关.

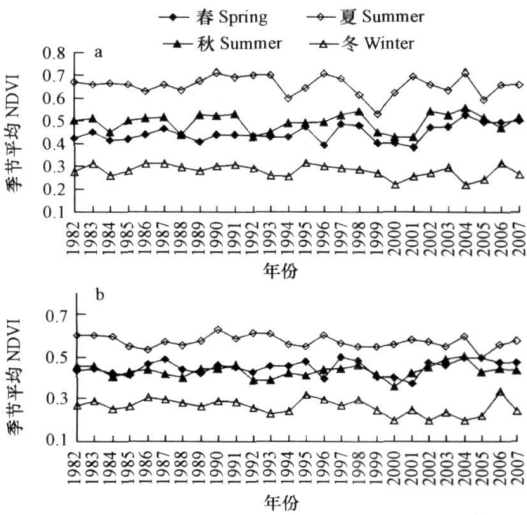


图 1 秦岭南 (a) 北 (b) 地区季平均 NDVI 的年际变化曲线
Fig 1 Seasonal NDVI change in the southern (a) and the northern (b) regions of the Qinling Mountains

3 1 2 植被覆盖的年际变化 图 2 为秦岭南北地区年 NDVI 平均值随时间的变化曲线及回归所得趋势线. 从图 2 可以看出, 秦岭南北地区植被覆盖度均在波动中呈微弱的降低趋势, 且秦岭以北地区降低速度大于秦岭以南地区. 1998 年以前, 两地区的植被覆

盖主要为波动变化, 植被覆盖总体比较稳定; 但自 1998 年起, 植被覆盖的稳定状态被打破, NDVI 开始下降, 到 2000 年出现明显的波谷, 之后又逐渐上升.

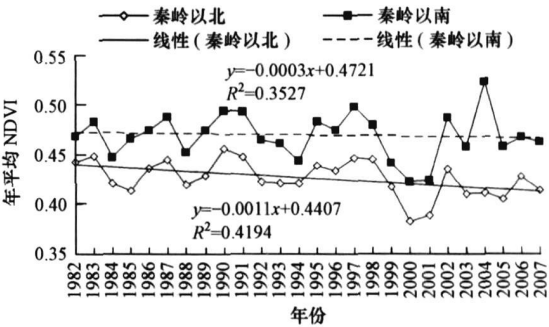


图 2 秦岭南 (a) 北 (b) 地区年平均 NDVI 变化曲线及其直线趋势
Fig 2 Annual NDVI change and their trend in the southern and the northern regions of the Qinling Mountains

为了直观快速地分析秦岭南 (a) 北 (b) 地区植被覆盖在时间序列上的突变特征, 本文利用 Matlab 小波分析工具对两地区年平均 NDVI 进行分解, 得出第二层高频系数的重构信号曲线 (图 3). 由图 3 可知, 秦岭南 (a) 北 (b) 地区的年平均 NDVI 的转折点均发生在第 11

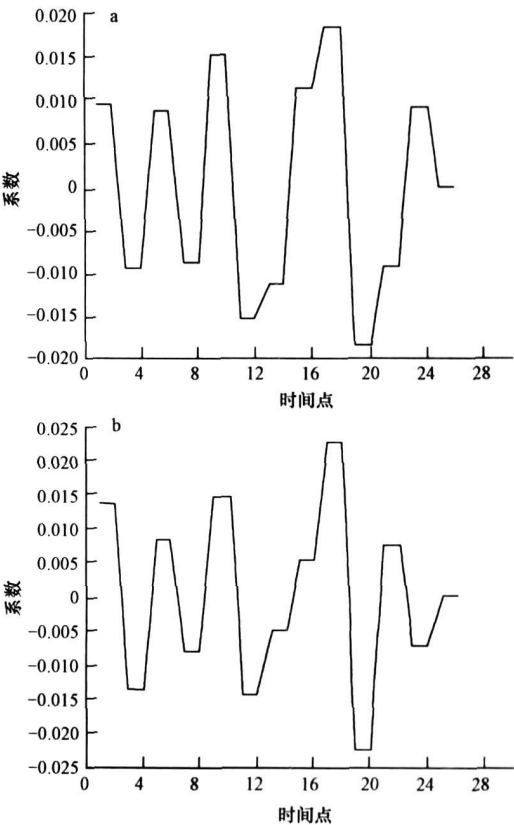


图 3 秦岭南 (a) 北 (b) 地区年平均 NDVI 小波分析
Fig 3 Wavelet analysis of annual NDVI in the southern (a) and the northern (b) regions of the Qinling Mountains

个点和第 19 个点, 即 1992 年和 2000 年. 尽管在研究时段内采用不同精度的数据集, 但从两种数据集的重叠区域 (1998~2003 年) 的年平均 NDVI 值来看, 两者具有相同的变化趋势. 因此, 这种突变不是由于所选数据的差异引起的. 1992 年以前, 年平均 NDVI 均为波动变化, 1992 年出现了明显的低谷, 之后则转为逐渐增加阶段. 2000 年两地区的植被覆盖也都出现了明显的下降.

3.1.3 秦岭南北地区年 NDVI 差值变化比较 图 4 为秦岭以南地区与以北地区年 NDVI 差值的年际变化趋势, 线性方程为 $y = 0.0008x + 0.0314$ ($R^2 = 0.327$, $p < 0.05$), 方程斜率表明两地区 NDVI 的年平均值差距逐渐增大, 差值由 20 世纪 80 年代的 0.0375 上升到 90 年代的 0.0402, 2000 年则变为 0.0533, 26 年间年平均上升了 1.7%. 尽管两地区的植被覆盖均出现了下降趋势, 但秦岭以北地区的下降速率明显高于秦岭以南地区, 其中, 差值最大的为 2004 年, 除自然因素外, 这与陕南地区的退耕还林政策密不可分. 自 1998 年退耕还林工程启动后,

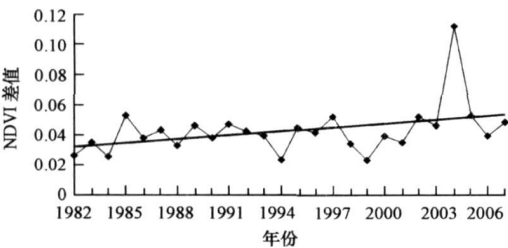


图 4 秦岭南北地区年 NDVI 差值变化及其直线趋势
Fig. 4 The margin of annual NDVI change and it's trend in the southern and the northern regions of Qinling Mountains

陕南地区展开了全面的退耕还林还草工作, 仅以汉中市为例, 1999~2004 年 6 年间退耕地造林面积 $1057 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 荒山造林 $579 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 且经过 3~4 年植被得到了一定的恢复.

3.2 环境因素对植被覆盖变化的驱动作用

3.2.1 气候因子与植被覆盖变化 温度和降水是影响植物生长的两个重要气候因子. 本研究以秦岭以北 18 个气象站点和秦岭以南 20 个站点的年、季平均气温和降水量作为两地区 26 年来的年、季平均气温和降水数据, 分别分析其与 NDVI 的年、季平均值的相关关系. 由于植被覆盖在 1998 年前后表现出不同的稳定性 (图 2), 且 1998 年以后气候的变化幅度明显增加. 因此, 在研究 NDVI 与气候因子的相关关系时, 分 1982~1997 年和 1998~2007 年两个时段来分析 (表 1). 由表 1 可知, 1982~1997 年秦岭以北地区春季和夏季的季平均 NDVI 与温度的相关系数分别为 0.45 和 0.49, 均通过了 $\alpha = 0.1$ 的显著性水平检验; 秦岭以南地区春季的季平均 NDVI 与温度的相关系数为 0.61 ($p < 0.05$). 春季和夏季为植被的生长阶段, 秦岭南北地区春夏两季的季平均 NDVI 与温度之间显著的相关性说明温度是两地区植物生长阶段的主要影响因素.

1998 年以后南北两地区年、季平均 NDVI 与温度的相关性不显著 (秦岭以北冬季除外), 而在 1998~2007 年间, 秦岭以北地区冬季的 NDVI 与温度的相关系数则高达 0.75 ($p < 0.05$), 这表明秦岭以北地区冬季的植被覆盖状况更多地受气温变化的影响, 该地区植被类型以温带落叶阔叶林为主, 在全球变暖大趋势下, 秦岭以北地区植被可能更为敏感, 是区域生态响应的一个重要信号.

表 1 秦岭南北地区年、季平均 NDVI 与温度的相关系数

Table 1 Correlation coefficients between Seasonal and Annual NDVI and temperature in the southern and the northern regions of the Qinling Mountains

地点	相关系数 (1982~1997 年)					相关系数 (1998~2007 年)				
	春	夏	秋	冬	年均	春	夏	秋	冬	年均
秦岭以北	0.45*	0.49	0.23	0.09	0.28	0.26	0.22	0.14	0.75*	0.27
秦岭以南	0.61**	0.30	0.47	0.13	0.21	0.37	0.19	0.03	0.15	0.15

注: ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$

图 5 为秦岭南北地区年降水量的变化曲线. 从图 5 可以看出, 两地区年降水量均逐渐减少, 且有趋同趋势. 由于降水对植被的影响具有一定的时滞性, 因此, 本文在研究年、季平均 NDVI 与降水的关系时分零时滞和 1 个月时滞进行分析. 在零时滞的情况下, 秦岭以北地区年平均 NDVI 与春季降水量

表现出显著的相关性, 相关系数为 0.45 ($p < 0.05$); 1 个月时滞情况下, 2、3、4 月平均降水量之和与年平均 NDVI 的相关系数达到了 0.64 ($p < 0.05$), 这说明考虑植被对降雨的延迟吸收能更好体现出 NDVI 与降雨之间的相关性. 秦岭以南地区的 NDVI 和降水在两种情况下均不相关, 这说明降水量并不是该

地区植被生长的主要制约因素. 但随着秦岭南北地区降水量逐渐减少, 且温度的上升会加速地表蒸散发过程, 秦岭过渡带植被对降水的敏感性将会逐渐增加.

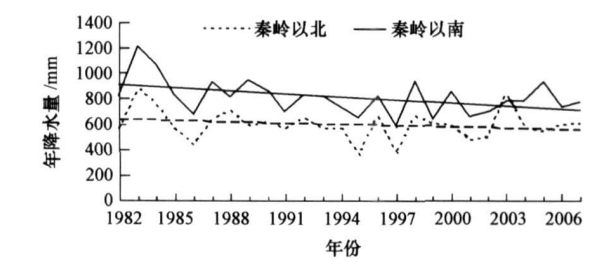


图 5 秦岭南北地区年降水量变化趋势

Fig 5 Annual precipitation in the two regions

3 2 2 人类活动与植被覆盖变化 随着人口的增加、城市化进程的加快和城乡建设用地的大量侵占, 耕地和林地资源日趋减少, 且城乡扩张所占用的大多是水热条件优越、集约化程度较高的优良耕地和林地资源. 本文仅以土地利用变化为例来研究人为活动对秦岭南北地区植被覆盖变化的影响, 所用数据来源于各地区的统计年鉴. 为更好地分析

两者之间的关系, 本研究取所占比重较大的耕地、园地、牧草地、有林地、灌木林、疏木林、建设用地 7 种土地利用类型, 约占研究区总面积的 95% 以上.

表 2 为秦岭南北地区年 NDVI 平均值与各种土地利用类型的相关关系. 由表 2 可知, 对秦岭以北地区而言, 建设用地对植被的影响大于秦岭以南地区, 尤其是 1998 年以后, 秦岭以北地区的植被出现减少趋势. 这主要是由于该地区地处以西安、咸阳等陕西省的经济中心地带, 城市化水平高, 城镇建设用地所占用的土地日益增加, 并逐渐向林区渗透, 这势必会对当地的植被覆盖情况造成影响. 因此, 控制建设用地的数量无疑是减缓秦岭以北地区植被恶化的有效手段. 秦岭以南地区植被覆盖变化的主要影响因素之一是林地的变化, 同时, 林地和灌木林都与年平均 NDVI 显著相关 ($p < 0.05$). 这与该地区推行的退耕还林还草政策密不可分, 退耕还林工程的实施不仅增加了有林地的面积, 且使农耕地撂荒发育为灌木林. 疏林地面积与秦岭南北两地区 NDVI 年平均值显著相关 ($p < 0.05$), 这说明秦岭南北地区植被覆盖的变化在一定程度上均是由疏林地面积改变引起.

表 2 秦岭南北地区年 NDVI 平均值与各种土地类型的相关系数

Table 2 Correlation coefficients between Annual NDVI and Land areas in the southern and the northern regions of Qinling Mountains

研究区域	耕地	园地	牧草地	有林地	灌木林	疏木林	建设用地
NDVI 秦岭以北	0.111	0.429	0.344	0.161	0.145	0.496*	-0.323
平均值 秦岭以南	0.393	0.248	0.073	0.514**	0.508*	0.510*	-0.206

注: ** $P < 0.05$.

4 讨论 (Discussion)

4 1 秦岭南北地区植被覆盖变化分析

1982~ 2003 年间, 秦岭南北地区植被覆盖度均在波动中呈微弱的降低趋势, 且秦岭以北地区降低速度大于秦岭以南地区. 这与李珍存等 (2006) 利用 1982~ 2003 年间 22 年长时间系列的遥感 NDVI 数据, 采用景观生态学方法分析得出中国西北地区植被覆盖总体是向改善的方向发展, 局部有退化现象的结论相符. 且 1998 年以后, 植被覆盖的变化不再像 1998 年以前那样稳定, 变化较为剧烈, 这与 1998 年之后气候的不稳定变化有直接关系, 体现了气候变化对植被覆盖的影响.

1992 年和 2000 年, 秦岭南北地区的年平均 NDVI 均出现明显变化. 研究认为 (朴世龙等, 2003), 受 1991 年 6 月份菲律宾 Pinatubo 火山爆发

的影响, 1992 年我国平均温度和降水均低于其它年份, 该年植被覆盖随之降低, 之后随温度的升高, 植被覆盖呈增加趋势. 2000 年两地区的植被覆盖也均出现了明显下降, 根据 2000 年全国植被覆盖分布图 (图略) 可知, 全国大部分地区的植被指数都出现明显下降, 下降幅度达到了 50%, 但造成植被指数发生突变的具体原因还有待于进一步的研究. 有研究认为, 植被指数的下降主要还是自然因素造成的, 其中包括气象因素 (孙杰, 2007).

4 2 植被覆盖变化对区域环境的响应

资料显示, 在全球变暖的背景下, 20 世纪 80 年代以来, 秦岭南北地区的温度和降水变化显著, 且具有同步变化的趋势: 气温普遍上升, 降水逐渐减少, 气候暖干化特征明显 (延军平等, 2001). 秦岭以北地区的变暖程度超过秦岭以南, 而秦岭以南年地区降水量减少的绝对值超过秦岭以北, 温度以及降

水的差值均随时间减小,两地区的气候存在趋同性(延军平等, 2006). 随着两地区温度的普遍上升,可能造成某些植被对温度的敏感性逐渐降低,且该时段内人类活动对植被覆盖的影响显著增大,从而使植被覆盖与温度的相关性变得不显著.

值得注意的是,在 1998~2007 年间,秦岭以北地区冬季的 NDVI 与温度显著相关. 1998 年全球气温达创纪录的高温,1999 年入夏以来,中高纬度地区又出现了创纪录的高温天气. 袁婧薇等 (2007) 在国际气候变化的生物学证据研究的大背景下总结了我国陆地生态系统响应过去气候变化的植物学信号,结果表明,气候变暖导致中国 33°N 以北大部分地区植物春季物候期 (包括萌芽、展叶、开花期等) 显著提前,植被生长季延长. 徐雨晴等 (2004) 采用全国物候观测网的物候观测资料与气象资料进行统计计算的结果表明,年平均温度每上升 1°C ,我国各种木本植物物候期,春季一般提前 3~4d 而秋季一般推迟 3~4d,绿叶期延长 6~8d. 秦岭以北地区是全球变暖的敏感区,温度上升速度超过秦岭以南,且该地区植被类型以温带落叶植被为主,四季变化分明,生长季的延长使该地区植被在冬季对温度的敏感性增强.

秦岭以南地区的 NDVI 和降水在零时滞和 1 个月时滞的情况下均不相关,这与 Schmidt (2002) 在以色列过渡带得出的 NDVI 对降水很敏感的结论存在差异. 这是因为以色列降水量少且分布不均匀,全国一半以上的面积年降水不足 180mm,除每年 11 月至来年 3 月为雨季外,其余 7 个月连续干旱. 而秦岭地区降水量比较丰沛,秦岭以南地区年降水量平均为 800mm 左右,最干旱的年份年降水量也在 700mm 左右,因此,降水量并不是该地区植被生长的主要制约因素.

延军平 (2006) 利用模糊综合评判法和分值权重累加法对关中和陕南地区的环境脆弱度评价结果显示,近 50 年来关中地区环境脆弱度显著高于陕南地区,20 世纪 90 年代差值最大 (0.11),并且关中地区 90 年代脆弱度比 80 年代脆弱度增加的幅度显著高于陕南地区,即关中地区的环境更严重地受到人类干扰. 秦岭南北地区的气候存在趋同趋势,而两地区 NDVI 年平均值的差值却在逐渐增大,这说明人类活动与植被覆盖密切相关. 有资料显示 (刘康等, 2004), 20 世纪 50 年代以来,由于森工企业的连续采伐和盲目的毁林开荒,已使秦岭山地森林面

积下降到 $15417 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 森林覆盖率由 64% 降到 40%; 主要的森林类型被次生林所代替,蓄积量下降 75% 以上. 秦岭山地的林缘较 20 世纪 50 年代后期退了 10~20 km, 森林分布的下线上升了 300~500m, 尤以秦岭北坡最为突出, 目前该区的坡耕地中约有一半是毁林开荒形成的. 林木过度采伐是秦岭地区植被覆盖降低的一个重要原因.

5 结论 (Conclusions)

1) 1982~2007 年间,秦岭南北地区春季和秋季 NDVI 变化趋势较一致,且均有轻微的上升趋势,而夏季和冬季的植被覆盖则略有降低.

2) 研究时段内秦岭南北地区的植被覆盖均为波动变化,1998 年以前起伏稳定,1998 年之后则变化剧烈,但总体上呈降低趋势,且秦岭以北地区的降低速率大于秦岭以南地区. 除受自然因素影响外,还与秦岭以南地区的退耕还林政策和秦岭以北地区受林木采伐、土地占用等人为活动的负面影响密切相关.

3) 1998 年以前,秦岭南北地区春季和夏季的 NDVI 与温度显著相关,即温度是两地区植物生长阶段的主要影响因素. 1998 年以后两地区年、季平均 NDVI 与温度不相关,这一方面是由于 20 世纪 80 年代以来,秦岭南北地区温度及降水的差值均随时间减小,两地区的气候存在趋同性,表现出气候暖干化特征;另一方面,人类活动的广度和强度也是影响植被覆盖的主要因素. 秦岭以北地区春季的降水量与年平均 NDVI 之间也显著相关.

4) 1998~2007 年期间,秦岭以北地区冬季的 NDVI 与温度的相关系数高达 0.75 ($p < 0.05$),表明秦岭以北地区的植被更多地受气温变化的影响,在全球变暖大趋势下,秦岭以北地区植被可能更为敏感,是区域生态响应的一个重要信号.

责任作者简介:白红英 (1962—),女,教授,博导,主要从事土壤生态与全球变化生态学等方面的研究.

参考文献 (References):

- Gihlar J, Ly H, Xiao Q. 1996. Land cover classification with AVHRR multichannel composites in Northern environments [J]. Remote Sensing of Environment, 58 (1): 36–51
- Gramer W. 1999. Comparing global models of terrestrial Net Primary Productivity (NPP): Overview and key results [J]. Global Change Biology, 5: 1–15
- 李家洋, 陈泮勤, 马柱国. 2006 区域研究: 全球变化研究的重要途径

- 径[J]. 地球科学进展, 21(5): 441—450
- Li JY, Chen PQ, Ma ZG. 2000 Regional Research: A main approach to understanding the global environmental change[J]. Advances in Earth Science, 21(5): 441—450 (in Chinese)
- 李珍存, 马明国, 张峰, 等. 2006 1982~2003年中国西北地区植被动态变化格局分析[J]. 遥感技术应用, 21(4): 332—337
- Li Z C, Ma M G, Zhang F, *et al*. 2006 The dynamic analysis of vegetation pattern in the northwest of China[J]. Remote Sensing Technology and Application, 21(4): 332—337 (in Chinese)
- 联合国社会发展研究所. 1997 全球化背景下的社会问题[M]. 北京: 北京大学出版社, 108
- UNRISD. 1997. The Society Issue under the Global Background[M]. Beijing: Beijing University Press, 108 (in Chinese)
- 刘康, 马乃喜, 胥艳玲, 等. 2004 秦岭山地生态环境保护与建设[J]. 生态学杂志, 23(3): 157—160
- Liu K, Ma N X, Xu Y L, *et al*. 2004 Protection and construction of eco-environment in Qinling Mountainous area[J]. Chinese Journal of Ecology, 23(3): 157—160 (in Chinese)
- Ma M G, Veroustraete F. 2004 Interannual change trend of NDVI from 1981 to 2001 in the Heihe River Basin, China [C]. Proceedings of the 2nd International Vegetation User Conference, Antwerp, 231—237
- 马明国, 王建, 王雪梅. 2006 基于遥感的植被年际变化及其与气候关系研究进展[J]. 遥感学报, 10(3): 421—431
- Ma M G, Wang J, Wang X M. 2006 Advance in the Inter-annual variability of vegetation and its relation to climate based on remote sensing[J]. Journal of Remote Sensing, 10(3): 421—431 (in Chinese)
- 朴世龙, 方精云. 2003 1982~1999年我国陆地植被活动对气候变化响应的季节差异[J]. 地理学报, 58(1): 123—124
- Piao S L, Fang J Y. 2003 Seasonal changes in vegetation activity in response to climate changes in China between 1982~1999[J]. Acta Geographica Sinica, 58(1): 123—124 (in Chinese)
- Schmidt H, Gitelson A. 2002 Temporal and spatial vegetation cover change in Israeli transition zone: AVHRR based assessment of rainfall impact[J]. International Journal of Remote Sensing, 21: 997—1010
- Sellers P J, Meeson B W, Hall F G, *et al*. 1995 Remote sensing of land surface for studies of global change: Models-algorithms-experiments[J]. Remote Sensing of Environment, 51(1): 3—26
- 孙杰. 2007 1982~2000年中国植被覆盖变化及典型区域与气候因子的响应关系[D]. 南京: 南京信息工程大学, 29—30
- Sun J. 2007. 1982~2000 Vegetation change in China and the response of typical areas with climatic factors [D]. Nanjing: Nanjing University of Information Science & Technology, 29—30 (in Chinese)
- Townshend J R G. 1994. Global data sets for land applications from the advanced very high resolution radiometer: An introduction [J]. International Journal of Remote Sensing, 15(17): 3319—3332
- Tucker C J, Townshend J R G. 1985 African land cover classification using satellite data[J]. Science, 227(4685): 369—375
- Tucker C J, Vanpraet C I, Shaman M J, *et al*. 1985. Satellite remote sensing of total herbaceous biomass production in the Senegalese Sahel 1980~1984 [J]. Remote Sensing of Environment, 17: 233—249
- 信忠保, 许炯心, 郑伟. 2007 气候变化和人类活动对黄土高原植被覆盖变化的影响[J]. 中国科学 D辑: 地球科学, 37(11): 1504—1514
- Xin Z B, Xu J X, Zheng W. 2007 The impact of climate change and human activities on vegetation coverage changes change in Loess Plateau[J]. Science in China Series D: Earth Sciences, 37(11): 1504—1514 (in Chinese)
- 徐雨晴, 陆佩玲, 于强. 2004 气候变化对植物物候影响的研究进展[J]. 资源科学, 26(1): 129—137
- Xu Y Q, Lu P L, Yu Q. 2004. Review and prospect in the researches of influence of climate change on plant phenology [J]. Resources Science, 26(1): 129—137 (in Chinese)
- 延军平, 郑宇. 2001 秦岭南北地区环境变化响应比较研究[J]. 地理研究, 20(5): 576—582
- Yan J P, Zheng Y. 2001. A comparative study on environmental change response over the northern and the southern regions of the Qinling Mountains [J]. Geographical Research, 20(5): 576—582 (in Chinese)
- 延军平. 2006 秦岭南北环境响应程度比较[M]. 北京: 科学出版社, 112
- Yan J P. 2006 A comparative of Environmental Change Response over the Northern and the Southern Regions of the Qinling Mountains [M]. Beijing: Science Press, 112 (in Chinese)
- 袁婧薇, 倪健. 2007 中国气候变化的植物信号和生态证据[J]. 干旱区地理, 30(4): 465—474
- Yuan J W, Ni J. 2007. Plant signals and ecological evidences of climate change in China [J]. Arid Land Geography, 30(4): 465—474 (in Chinese)
- 钟兆站. 1996 秦岭—黄淮平原交界带气候边际效应初探[J]. 地理研究, 15(4): 66—73
- Zhong Z Z. 1996 A primary study on the climatic boundary effect of the join zone between Qinling Mountain and Huanghuai Plain [J]. Geographical Research, 15(4): 66—73 (in Chinese)