

基于 MODIS 数据和地形因子的大兴安岭呼中林区净初级生产力变化分析

李海臣 (大兴安岭呼中林业局营林管理处, 黑龙江呼中 165036)

摘要 对大兴安岭呼中林区的 MODIS 初级净生产力(NPP)数据产品结合坡度、坡向、海拔等地形因子进行分析, 得出 2010 年该区域 NPP 的均值为 0.279 5 kg(C)/m²。NPP 随地形因子的总体分布规律为: 海拔越高, 坡度越大, NPP 越低, 但平地的 NPP 明显低于坡地, 在空间上的波动性也明显高于坡地。在各地形因子中, 除海拔对 NPP 的影响显著外, 其他地形因子对 NPP 的影响均不显著, 各地形因子之间的交互影响也不显著, 但不同坡度之间的 NPP 仍有较大差异, 坡度也是空间上影响 NPP 分布的一个重要因子。

关键词 NPP; 坡度; 坡向; 海拔

中图分类号 S126 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2014)32-11578-02

Effects of Topographic Factors on Forest Net Primary Productivity in Huzhong Forest Region of Great Xing'an Mountains

LI Hai-chen (Forest Management Office of Huzhong Forestry Bureau in Great Xing'an Mountains, Huzhong, Heilongjiang 165036)

Abstract The MODIS NPP data of Huzhong forest region in Great Xing'an Mountains combined with terrain factors, such as slope, aspect, altitude, were analyzed. It was obtained that NPP mean in 2010 is 0.279 5 kg(C)/m². The distribution of NPP with the terrain factors is that the NPP is generally declining with the altitude increasing, and the trend is similar to the slope. But, the NPP in flat fields is significantly lower compared to the sloping fields, and the uncertainty in flat fields is also significantly higher. Of all terrain factors, altitude factor's impact on NPP is significant, and the interaction between factors is not significant.

Key words NPP; Slope; Aspect; Altitude

陆地生态系统净初级生产力(NPP)作为地表碳循环的重要组成部分, 是生态系统与大气之间的主要碳交换过程之一^[1]。森林是陆地生态系统重要组成部分, 每年的固碳量约占陆地生态系统固碳量的 2/3^[2], 在维持全球碳平衡中具有不可替代的作用。呼中林区地处高纬度, 是全球变化最敏感的区域之一^[3], 对该地区森林净初级生产力的研究具有特别重要的意义^[4]。森林净初级生产力受多种因素制约, 并与特定的地形、土壤、气候条件相适应, 理解其在空间上宏观变化及其生态环境因子间的相互作用和整体效应, 对于理解陆地表面碳循环的过程和维持陆地生态系统的可持续发展具有重要意义^[5-6]。为此, 笔者以呼中林区为主要研究对象, 运用遥感技术和地理信息系统等技术手段, 对呼中林区 2010 年 MODIS 的年度 NPP 产品进行分析, 探讨了该区域植被 NPP 在空间上随地形因子的变化趋势。

1 研究区概况

呼中林区位于大兴安岭伊勒呼里山北坡。地貌类型为大兴安岭北部石质中低山山地, 山峦连绵起伏, 山体浑圆, 坡度平缓, 一般坡度在 15°以下, 局部的阳坡坡度在 35°以上, 河谷宽而平坦。海拔多在 500~1 000 m, 全区地势由西南向东北逐渐降低, 平均海拔高 812 m, 最高峰为位于呼中自然保护区最南端的大白山, 海拔 1 528.7 m, 最低海拔在北部呼玛河出境处为 420 m。植被地带性垂直分布明显, 是我国北方寒温带明亮针叶林生态系统的典型代表。

2 数据与方法

2.1 数据来源 NPP 数据为来自美国 NASA 的 2010 年的 MOD17A3 数据, 分辨率为 1 km×1 km, 投影类型为正弦曲线投影。该数据利用 BIOME-BGC 模型估算年 NPP, 其估算公式为^[7]:

$$GPP = \varepsilon \times APAR$$

$$APAR = PAR \times FPAR$$

$$PAR = SWRad \times 0.45$$

$$\varepsilon = \varepsilon_{\max} \times TMIN_scalar \times VPD_scalar$$

$$PsnNet = GPP - R_{ml} - R_{mr}$$

$$NPP = \sum_1^{365} PsnNet - (R_{mo} + R_g)$$

式中, GPP 为总初级生产力; APAR 为吸收光合有效辐射; PAR 为光合有效辐射; FPAR 为光合有效辐射吸收分量, 从 MOD15 数据中获取; 常数 0.45, 表示植被所能利用的太阳能有效辐射(波长为 0.14~0.17 μm)占太阳总辐射的比例; ε_{max} 为最大光能利用率, 根据 MOD12Q1 产品中获取的 Land Cover 数据的植被类型, 对照 NASA 提供的生物属性查找表(Biome Parameter Look-Up Table BPLUT)确定; SWRad 来自 NASA 数据同化办公室(Data Assimilation Office DAO); VPD 为日均蒸汽压差标量; TMIN 为日最低温度标量, 均由 NASA 数据同化办公室(Data Assimilation Office DAO)提供; ε 是光能利用率, 由各种植被类型最大光能利用率 ε_{max} 以及环境中的温度 TMIN 和水气压 VPD 等因子综合确定; R_{ml} 和 R_{mr} 分别是枝叶和根部所消耗的能量; R_{mo} 是除枝叶和根以外其他部分呼吸消耗的能量; R_g 为自身生长呼吸消耗的能量; PsnNet 为日净光能作用。该产品与王绍强等^[8]基于多年平均气候资料建立陆地碳循环平衡模型和何勇等^[9]利用植物生理模型模拟的东北地区植被 NPP 的分布特征比较一致, 能够很好地反映东北地区植被生产力状况^[10]。

2.2 NPP 数据处理 应用 MRT(Modis Reprojection Tool)软件将 MOD17A3 NPP-1 km 数据由正弦曲线投影转换成 UTM 投影, 并在 ARCGIS 软件中进行裁剪, 得到研究区 1 km 分辨率 NPP 数据, 用 ArcGIS 中的 Statistics 工具进行统计, 得到研究区年度单位面积 NPP 和总 NPP。

2.3 DEM 数据处理 对于 DEM 数据, 在 ARCGIS 中, 先以

作者简介 李海臣(1974-), 男, 黑龙江巴彦人, 工程师, 从事营林生产和生态建设方面的研究。

收稿日期 2014-10-11

研究区边界进行裁剪,得到研究区 DEM 数据,然后利用 ARCGIS 中的表面分析工具对研究区 DEM 数据进行分析,得到研究区的坡度坡向数据,并运用重分类 (Reclassify) 工具对研究区的坡度、坡向和 DEM 数据进行重分类,得到研究区的坡度分级^[1]、坡向分类和高程分级数据。

2.4 不同地形因子条件下 NPP 数据分析 在 ArcGIS 中将坡度分级图、高程分级图和坡向分类图与研究区 NPP 图进行叠加分析,计算得出研究区内每个像元内的 NPP 对应的坡度级、海拔高度级和坡向类。将叠加结果运用 SPSS 软件进行单变量 (NPP) 多因素 (地形、坡度、坡向) 方差分析和 LSD 多重比较,得出 NPP 随各地形因子的变化趋势及各地形因子对 NPP 的影响。

3 结果与分析

3.1 呼中林区 NPP 及其在空间上的变化趋势 2010 年呼中 NPP 均值为 $0.2795 \text{ kg(C)}/\text{m}^2$, 总 NPP 为 $2.6196 \times 10^9 \text{ kg(C)}$ 。其中,大部分区域 NPP 在 $0.2 \sim 0.4 \text{ kg(C)}/\text{m}^2$, 占研究区总面积的 69.05%; 其次为 NPP 低于 $0.2 \text{ kg(C)}/\text{m}^2$ 的区域, 占到研究区总面积的 23.37%, NPP 在 $0.4 \text{ kg(C)}/\text{m}^2$ 的区域占研究区总面积的 7.58%。

3.2 NPP 在不同海拔高度上的变化分析 在海拔 400 ~ 700 m 和海拔 > 1 000 m 时, NPP 变化不显著; 在海拔 600 ~ 1 100 m 时, NPP 变化显著。总体上, NPP 均值随海拔升高呈现下降的趋势, 但在海拔 400 ~ 600 m 和海拔 > 1 100 m 时, NPP 均呈现出缓慢上升的趋势, 且 NPP 在空间上的离散程度加大。海拔在 500 ~ 600 m 时, 平均 NPP 最高, 海拔在 1 000 ~ 1 100 m 时最低。

3.3 NPP 随坡度变化分析 呼中地区 NPP 随坡度增加有总体下降的趋势。从坡度 $0^\circ \sim 3^\circ$ 到坡度 $3^\circ \sim 5^\circ$, NPP 下降比较缓慢; 从坡度 $3^\circ \sim 5^\circ$ 到坡度 $5^\circ \sim 8^\circ$, NPP 下降趋势明显加剧; 从坡度 $5^\circ \sim 8^\circ$ 到坡度 $8^\circ \sim 15^\circ$, NPP 呈现出略微上升的趋势, 变化不大; 从坡度 $8^\circ \sim 15^\circ$ 到坡度 $15^\circ \sim 25^\circ$, NPP 呈现出急剧下降的趋势; 从坡度 $15^\circ \sim 25^\circ$ 到坡度 $> 25^\circ$, NPP 有了较大幅度的提升。

3.4 NPP 在不同坡向上的变化分析 NPP 在平地上要明显低于坡地上, 虽然西坡和北坡 NPP 略低于其他各坡向。在平地上 NPP 的标准差最大, 说明平坦区域 NPP 在空间上的

差异较大, 这可能是平坦区域是人类活动的主要区域, 该区域森林植被更容易受到城镇建设、农业活动以及其他人为因素干扰的缘故。

3.5 各地形因子对 NPP 的交互效应分析 各地形因子对 NPP 的交互影响均不显著, 说明各地形因子对 NPP 的影响在空间的变化具有一定的独立性。

4 结论与讨论

(1) 2010 年呼中地区 NPP 均值为 $0.2795 \text{ kg(C)}/\text{m}^2$, 总 NPP 为 $2.6196 \times 10^9 \text{ kg(C)}$ 。NPP 在空间上呈现出由东北向西南逐渐降低的趋势, 这与该区的总体地势特征具有一致性。

(2) 各地形因子中, 除海拔对地形 NPP 的影响显著外, 其他地形因子对 NPP 的影响均不显著, 且各地形因子之间的交互影响不显著。

(3) NPP 随坡度增大和海拔升高总体上均呈现出降低的趋势, 当坡度较大或海拔较高时影响 NPP 的不确定性因子增大, 部分区域的 NPP 呈现出升高的趋势。

(4) 平地的 NPP 明显低于坡地 NPP, 且在空间上的波动性也明显高于坡地, 可能是受人类活动的影响。

参考文献

- [1] KRAMER P J. Carbon-dioxide concentration, photosynthesis and dry-matter production [J]. *BioScience*, 1981, 31: 29 - 33.
- [2] DONG Y S, ZHANG S, QI Y C, et al. Fluxes of CO_2 , N_2O and CH_4 from a typical temperate grassland in Inner Mongolia and its daily variation [J]. *Chinese Science Bulletin*, 2000, 17: 1590 - 1594.
- [3] 延晓冬, 赵士洞, 于振良. 中国东北森林生长演替模拟模型及其在全球变化研究中的应用 [J]. *植物生态学报*, 2000 (1): 1 - 8.
- [4] 满子源. 基于 MODIS 数据的小兴安岭地区植被净初级生产力产品分析 [J]. *林业勘查设计*, 2013 (3): 39 - 41.
- [5] 赵国帅, 王军邦, 范文义, 等. 2000 - 2008 年中国东北地区植被净初级生产力的模拟及季节变化 [J]. *应用生态学报*, 2011 (3): 621 - 630.
- [6] HEINSCH F A, REEVES M, VOTAVA P, et al. User's guide: GPP and NPP (MOD17A2/A3) products [Z]. NASA MODIS Land Algorithm, 2002.
- [7] 王绍强, 周成虎, 刘纪远, 等. 东北地区陆地碳循环平衡模拟分析 [J]. *地理学报*, 2001, 56 (4): 390 - 400.
- [8] 何勇, 董文杰, 季劲均, 等. 基于 AVIM 的中国陆地生态系统净初级生产力的模拟 [J]. *地球科学进展*, 2005, 20 (3): 345 - 349.
- [9] 国志兴, 王宗明, 张柏, 等. 2000 年 ~ 2006 年东北地区植被 NPP 的时空特征及影响因素分析 [J]. *资源科学*, 2008 (8): 1226 - 1235.
- [10] 于明, 杨立波. 黑龙江省地形坡度分级成图技术方法 [J]. *黑龙江水利科技*, 2010 (2): 26 - 27.

(上接第 11564 页)

参考文献

- [1] 郗凤辉, 吕楠, 李根. 当代大学生价值取向的调查分析 [J]. *职业时空*, 2009 (7): 183 - 184.
- [2] 王庆报. 新时期大学生价值取向研究 [D]. 石家庄: 河北师范大学, 2009.
- [3] 孙淑娟. 大学生人生价值观与心理健康的关系研究 [D]. 南昌: 南昌大

学, 2007.

- [4] 刘晓明, 许丽伟, 王丽莉. 大学生价值取向及其相关因素的分析 [J]. *中国健康心理学杂志*, 2008, 16 (4): 402.
- [5] 施春华. 大学生人生价值取向与心理健康的相关研究 [J]. *中国心理卫生杂志*, 1997, 11 (5): 291 - 295.
- [6] 王春芳. 大学生价值观与其压力应对方式及心理健康的关系研究 [D]. 太原: 山西大学, 2007: 42.