

江苏省植被净初级生产力时空分布格局研究

王骊鹞¹ 刘振波¹

摘要

基于 MODIS 植被净初级生产力 (NPP) 数据产品,利用 ArcGIS 地理信息系统软件和 ENVI 遥感软件空间分析工具,分析了 2000—2006 年间江苏省 NPP 的时空分布. 研究表明:江苏省 NPP 值空间分布由东南部向西北部递减,在时间变化上,研究时段内 2004 年 NPP 值相对较高,2003 年相对较低;通过对各个地级市及距海岸不同距离的 NPP 值分析,发现随着距离海岸线的距离不断加大,NPP 值先增加后降低. 最后对江苏省 NPP 时空分布影响因素做了简要分析.

关键词

净初级生产力;江苏省;时空分布

中图分类号 Q948

文献标志码 A

0 引言

自然植被的净初级生产力(Net Primary Productivity, NPP)是指绿色植物在单位面积、单位时间内所累积的有机物量,表现为光合作用固定的有机碳中扣除本身呼吸消耗的部分,也称净第一性生产力^[1-2]. 植被 NPP 能够反应出大气中温室气体尤其是 CO₂ 的含量状况,对于研究全球变化对生态系统的响应、全球碳源/汇的分布等都有重大的理论和现实意义,是研究全球气候变化的重要指标.

国际上有关 NPP 的研究可以追溯到 100 多年前,1876 年, Ebermeyer 在德国对森林的树枝落叶量和木材质量进行测定,其测量结果被后续研究者广泛引用^[3]. 随着对全球变化研究的日益重视,自 20 世纪 50 年代以来,NPP 相关研究不断得到加强,各国学者开始陆续开展对 NPP 数据的收集和测量工作. 20 世纪 60 年代开始的国际生物圈计划 (IBP),进行了全球多种植被类型 NPP 的测定,并在此基础上结合气象资料建立了全球 NPP 的模拟模型,这就是最初的气候生产力模型. 随后,NPP 研究在 3 大计划——国际生物圈计划 (IBP)、人与生物圈计划 (MAB)、国际地圈-生物圈计划 (IGBP)^[4] 的推动下进入了更为深入与全面的研究阶段. 全球变化陆地生态系统 (GCTE) 以及京都协定书 (Kyoto Protocol) 都把植被 NPP 的研究确定为核心研究内容之一^[5]. 我国关于自然植被 NPP 研究开始相对较晚,1978 年,李文华^[6] 提出根据我国森林资源清查结果,编制全国森林生物产量分布图以及研究不同地带生物生产潜力模拟的设想. 20 世纪 80 年代,我国学者也开始运用国际流行的 NPP 估算模型,对中国自然植被的气候生产潜力及其对气候变化的反应进行模拟研究^[7-8].

NPP 是区域生态系统结构功能协调性的重要指标,是区域生态承载力的基础. 通过区域尺度 NPP 的计算可以对区域生态承载力进行评价,确定生态承载力的阈值,有助于区域初级、次级生产的合理布局 and 动植物资源的可持续利用,为区域社会经济和生态环境可持续发展提供科学依据. 因此,NPP 估算已成为区域生态承载力估算的一种有效手段,也是区域研究的重要内容之一. 本文基于遥感 MODIS NPP 数据产品,利用 ENVI 图像处理软件和 ArcGIS 地理信息系统软件,对江苏省域范围内 2000—2006 年的 NPP 值进行统计分析,研究江苏省 NPP 值在时间、空间上的分布格局.

收稿日期 2011-10-24

资助项目 江苏省高校自然科学基金研究计划 (08KJB170004);南京信息工程大学科研基金 (20080121);江苏高校优势学科建设工程资助项目

作者简介

王骊鹞,男,硕士生,研究方向为 3S 集成与气象应用. henson1011@126.com

刘振波(通信作者),男,博士,副教授,研究方向为资源环境遥感. liuzhenbo@yeah.net

1 南京信息工程大学 遥感学院,南京,210044

1 数据与方法

1.1 研究区概况

研究区江苏省(116°18' ~ 121°57'E, 30°45' ~ 35°20'N)位于长江、淮河下游(图1),总面积 10.26 万 km²,地形以平原为主,主要由苏南平原、江淮平原、苏北黄淮平原组成.江苏是全国地势最低的一个省区,绝大部分地区在海拔 50 m 以下,低山丘陵集中在北部和西南部,占全省总面积的 14.3%,气候为温带向亚热带的过渡性气候.

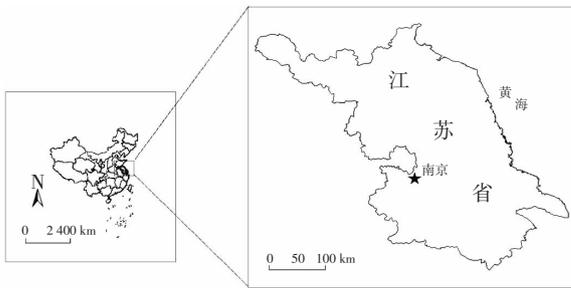


图1 研究区位

Fig. 1 Location map of study area

1.2 遥感 MODIS NPP 数据

本文所采用的 NPP 数据来源于美国国家航空航天局(NASA)的 EOS/MODIS(对地观测系统/中分辨率成像光谱仪)(TERRA 卫星)提供的 2000—2006 年 MOD17A3 数据^[9],空间分辨率 1 km. MOD17 的数据产品是 NASA 发布的陆地四级标准数据产品,是通过模型和综合处理三级及其以下产品得到的结果,时间分辨率为 1 a. MOD17A3 NPP 数据产品是根据 TERRA 卫星遥感数据通过 BIOME-BGC 算法计算得到的全球 NPP 产品. BIOME-BGC 模型是典型的生态过程模型,由 FOREST-BGC(森林动力学模型)转化而来,主要应用于估算不同气候条件下生态系统的碳、氮和水等物质在大气-群落-土壤之间循环^[10]. BIOME-BGC 模型主要驱动因子包括 3 个部分:第一,初始化文件,主要包括研究区经纬度、海拔、土壤有效深度、土壤颗粒组成、大气中 CO₂ 体积分数年际变化、植被类型以及对输入输出文件的设定等;第二,以日为步长的气象数据,包括最高温、最低温、白天平均温、降水、饱和水汽压差、太阳辐射等;第三,生态生理指标参数,包括 44 个参数,如叶片碳氮比、细根碳氮比、气孔导度、冠层消光系数、冠层比叶面积、叶氮在羧化酶中的质量分数等.

2 数据处理流程

2.1 数据预处理

由 NASA 网站下载的三级数据产品遥感图像处理软件不能直接读取,需要进行数据转换处理.首先利用 NASA 网站提供的 MRT 软件^[11]对 MODIS NPP 数据产品进行投影转换和拼接.覆盖江苏省域的 MODIS NPP 数据有两景影像,将这两景影像导入到 MRT 中,输入所需转换的 Lambert 投影的相关参数,进行影像的投影转换并自动拼接,转换后的影像投影为 Lambert 投影.最后利用 ENVI 软件将数据的影像属性值转换为真实 NPP 值^[12].

2.2 影像裁切与统计分析

利用研究区江苏省的边界矢量图,在 ENVI 软件环境下对江苏省 MODIS NPP 拼接影像进行裁切,输出江苏省 2000—2006 年 NPP 影像图,并通过波段统计运算输出 2000—2006 年江苏省多年平均 NPP 影像(图2),然后在 ArcGIS 地理信息系统软件环境下对各年及江苏不同区域的 NPP 值分别进行统计.

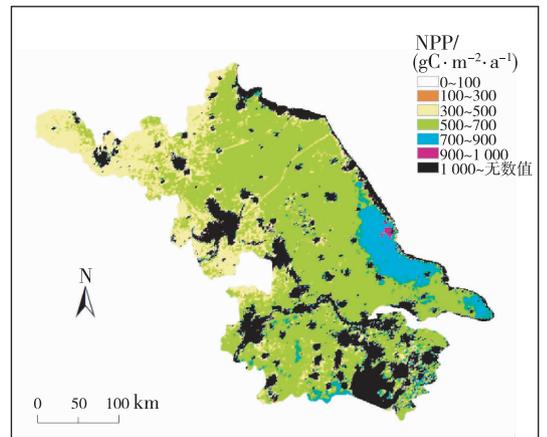


图2 江苏省 2000—2006 多年平均 NPP 影像

Fig. 2 Average annual NPP image in Jiangsu province from 2000 to 2006

3 结果与讨论

3.1 研究区植被净初级生产力的年际变化

利用 ENVI 软件将预处理后的研究区 NPP 真实值去除 0 值和异常值,然后利用 ArcGIS 软件进行统计分析,得出研究区 NPP 年平均值.统计结果显示,2000—2006 年江苏省 NPP 年平均值变动范围在 506.70 ~ 643.54 gC/(m²·a)之间,多年平均 NPP 值为 569.28 gC/(m²·a)(图3,表1),与全国及其他区域相比,多年 NPP 均值高于全国均值(345.91 gC/

($\text{m}^2 \cdot \text{a}$)^[13], 稍低于广东省多年 NPP 均值($595.51 \text{ gC}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$)^[14], 远远高于北方吉林草地多年 NPP 均值($232.14 \text{ gC}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$)^[15], 总体上在全国属于 NPP 较高区域, 仅略低于南方广东区域^[16]. 在 2000—2006 年时段内, 江苏省 NPP 年均值呈上升趋势, 其中在 2004 年达到一个峰值, 为 $643.54 \text{ gC}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$. 植被 NPP 值变动的自然因素方面主要为气温和降水因子. 根据江苏省气象台站气象资料显示, 2000—2006 年的江苏省年均气温呈曲折上升的趋势, 其中 2004 年的年平均气温达到相对最高值为 $16.21 \text{ }^\circ\text{C}$, 2003 年年均气温 $15.36 \text{ }^\circ\text{C}$ 是相对低谷, 与年均 NPP 值的变化趋势(图 3)基本相符. 降水因素方面, 2000—2006 年江苏省平均降水量处于 $900 \sim 1\,200 \text{ mm}$ 之间稍有变动但变幅相对不大, 能满足植被正常生长的需求, 因此研究时段江苏省域 NPP 的变动主要受气温影响较大.

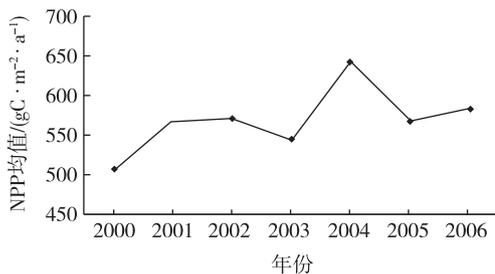


图 3 江苏省 NPP 值年变化趋势

Fig. 3 Average annual NPP in Jiangsu province from 2000 to 2006

表 1 2000—2006 年江苏省 NPP 年平均值

Table 1 The average annual NPP in Jiangsu province from 2000—2006 $\text{gC}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$

年份	年均 NPP
2000	506.70
2001	568.87
2002	570.67
2003	544.56
2004	643.54
2005	567.19
2006	583.42
多年均值	569.28

3.2 江苏省各市域 NPP 空间分布

由图 2 可见, 江苏省 NPP 值总体呈现出从东部沿海向西部内陆地区递减的趋势, 其中 NPP 值较高区域位于盐城大丰市和东台市的沿海地区, 以及南通启东市东部沿海地区, 而 NPP 值较低地区分布在徐州的西

北部地区. 根据江苏省 13 个地级市统计 NPP 平均值(表 2)可见, 江苏省域内总体上东南部区域的 NPP 值较高如南通市 $693.57 \text{ gC}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$, 西北部城市的 NPP 值较低如徐州市 $478.72 \text{ gC}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$, 这两个地区 NPP 值相差最大.

表 2 江苏各地级市 NPP 均值

Table 2 The average annual NPP in prefecture-level cities in Jiangsu $\text{gC}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$

城市	均值	城市	均值
南京	550.15	扬州	560.17
镇江	585.97	宿迁	542.13
常州	571.12	淮安	521.37
无锡	595.66	盐城	623.51
苏州	611.19	连云港	528.22
南通	693.57	徐州	478.72
泰州	596.74		

江苏省的地形以平原为主, 主要有苏南的长江中下游平原, 苏中的江淮平原以及苏北的黄淮平原组成, 地形差异较小, 因此整体上的 NPP 分布规律同植被生长的水热条件有关, 大体规律是自南向北, 自东向西 NPP 值越来越低(图 2, 图 4). 但由表 2 也可以看到, 苏南地区的 NPP 值总体稍高于苏北地区, 但也有部分苏北地区 NPP 值高于苏南, 这也反映了人类活动对自然植被的影响, 因为苏南经济发展较苏北迅速, 城市化进程速度较快, 城镇及工厂面积急剧扩张, 对于自然植被破坏较为严重, 降低了区域 NPP 的均值. 另外, 气候特征相当的城市的的地表特征差异也会对 NPP 分布产生一定的影响, 比如镇江市和常州市. 按照 NPP 值的分布规律, 镇江市的 NPP 值应该低于常州市, 但是镇江市以低山丘陵地形为主, 其南部绵延着大面积的宁镇丘陵, 丘陵地带大多植被未遭破坏保留较好, 而常州以平原为主, 并没有大面积的丘陵地区, 因此常州市的 NPP 值反而略低于镇江市(图 4).

3.3 NPP 与离海岸线距离的关系趋势分析

本研究通过 ArcGIS 缓冲区分析工具分别以距离海岸线 3 km 、 $3 \sim 10 \text{ km}$ 、 $10 \sim 30 \text{ km}$ 、 $30 \sim 50 \text{ km}$ 和 $50 \sim 100 \text{ km}$ 之间的条带范围内 NPP 值进行统计分析(图 5). 结果显示, 各条带范围内的 NPP 均值的差异明显, 随着离海岸距离的加大, NPP 值先上升然后下降, 在沿海 $3 \sim 30 \text{ km}$ 之间区域 NPP 值最高. 根据江苏省海岸植被分布实际情况分析, 在海岸带 30 km 之内主要为潮间带植被, 离海岸线最近的主要分布

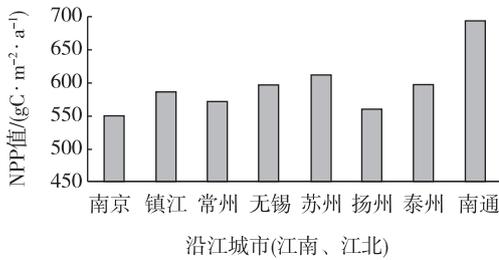


图4 沿长江主要城市 NPP 值

Fig. 4 NPP of the main cities along the Yangtze River

有碱蓬、茅草等,植株普遍较矮,密度较低,多为零星分布,而离海岸线稍远的植被主要演替为大面积分布的芦苇、大米草、互花米草等植被较高、密度较大的植被群落,在 30 km 距离左右则分布有以阔叶林为主的护堤林和大面积的农田,NPP 值表现为最高值,随着离海岸线距离的加大,人类活动影响的程度也进一步加大^[17],城镇及工业用地比例逐渐加大^[18],NPP 均值出现下降趋势。

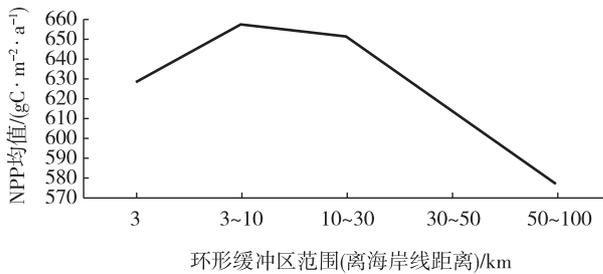


图5 2000—2006年 NPP 均值随环形缓冲区的变化趋势

Fig. 5 Variation of average annual NPP from 2000 to 2006 with distance to Ring Buffer

4 结论

1) 研究时段 2000—2006 年内,江苏省多年平均 NPP 值为 569.28 gC/(m²·a),在全国属于较高区域;在研究时段内江苏省 NPP 值整体呈增长趋势,2004 年全省的 NPP 值最高,为 643.54 gC/(m²·a),研究时段内 NPP 值变动主要受气温影响。

2) 江苏省域范围内东南部地区 NPP 值高于西北部地区,沿海地区的 NPP 值高于内陆地区,苏南地区整体上 NPP 值略高于苏北地区,但差异不大。

3) 从距离海岸线的 NPP 值分析看出,NPP 值在 30 km 左右达到了一个相对的高值,主要是受到海岸线的植被分布差异的影响,其次是受到了人为因素的影响;从 NPP 值在整个江苏的南北差异看出,

NPP 值分布主要受到了气候差异的影响,其次受到了人为因素的影响。人为因素对植被 NPP 值的影响作用显著,并呈现越来越大的趋势,发展越来越迅速的城市化进程需要更多地考虑对生态的影响。

参考文献

References

- [1] 陈利军,刘高焕,励惠国.中国植被净第一性生产力遥感动态监测[J].遥感学报,2002,6(2):129-135
CHEN Lijun, LIU Gaohuan, LI Huigu. Estimating net primary productivity of terrestrial vegetation in China using remote sensing [J]. Journal of Remote Sensing, 2002, 6(2): 129-135
- [2] Liu J, Chen J M, Cihlar J, et al. Net primary productivity distribution in the BOREAS region from a process model using satellite and surface data [J]. Journal of Geophysical Research, 1999, 104(D22): 27735-27754
- [3] 张俊. 中国中亚热带东部森林生态系统生产力和碳储量研究[D]. 杭州:浙江大学环境与资源学院,2008
ZHANG Jun. NPP and carbon storage in subtropical forest, eastern China [D]. Hangzhou: College of Environmental & Resource Sciences of Zhejiang University, 2008
- [4] IGBP Terrestrial Carbon Working Group. The terrestrial carbon cycle: Implications for the Kyoto protocol [J]. Science, 1998, 280(5368): 1393-1394
- [5] 朱文泉,陈云浩,徐丹,等.陆地植被净初级生产力计算模型研究进展[J].生态学杂志,2005,24(3):296-300
ZHU Wenquan, CHEN Yunhao, XU Dan, et al. Advances in terrestrial net primary productivity (NPP) estimation models [J]. Chinese Journal of Ecology, 2005, 24(3): 296-300
- [6] 李文华.森林生物生产量的概念及其研究的基本途径[J].自然资源,1978(1):71-92
LI Wenhua. The concept of and approaches to forest biological production [J]. Journal of Natural Resources, 1978(1): 71-92
- [7] 贺庆棠, Baumgartner A. 中国植物的可能生产力:农业和林业的气候产量[J].北京林业大学学报,1986,(2):84-98
HE Qingtang, Baumgartner A. The possible productivity of Chinese plants: The climatic yield of forest and agriculture [J]. Journal of Beijing Forestry University, 1986, (2): 84-98
- [8] 张宪洲.我国自然植被净第一性生产力的估算与分布[J].自然资源,1992(1):15-21
ZHANG Xianzhou. Estimation and distribution of net primary productivity of terrestrial vegetation in China [J]. Journal of Natural Resources, 1992(1): 15-21
- [9] Xing X X, Xu X L, Zhang X Z, et al. Simulating net primary production of grasslands in northeastern Asia using MODIS data from 2000 to 2005 [J]. Journal of Geographical Sciences, 2010, 20(2): 193-204
- [10] 曾慧卿,刘琪璟,冯宗炜,等.基于 BIOME-BGC 模型的红壤丘陵区湿地松 (Pinus elliottii) 人工林 GPP 和 NPP

- [J]. 生态学报, 2008, 28(11): 5314-5321
ZENG Huiqing, LIU Qijing, FENG Zongwei, et al. GPP and NPP study of Pinus elliottii forest in red soil hilly region based on BIOME-BGC model [J]. Acta Ecologica Sinica, 2008, 28(11): 5314-5321
- [11] 国志兴, 王宗明, 张柏, 等. 2000—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, 30(8): 1226-1235
GUO Zhixing, WANG Zongming, ZHANG Bai, et al. Analysis of temporal-spatial characteristics and factors influencing vegetation NPP in Northeast China from 2000 to 2006 [J]. Resources Science, 2008, 30(8): 1226-1235
- [12] Zhao M S, Heinsch F A, Nemani R R, et al. Improvements of the MODIS terrestrial gross and net primary production global data set [J]. Remote Sensing of Environment, 2005, 95(2): 164-176
- [13] 罗玲, 王宗明, 宋开山, 等. 吉林省西部草地NPP时空特征与影响因素[J]. 生态学杂志, 2009, 28(11): 2319-2325
LUO Ling, WANG Zongming, SONG Kaishan, et al. Spatiotemporal characteristics and related affecting factors of grassland net primary productivity in western Jilin province [J]. Chinese Journal of Ecology, 2009, 28(11): 2319-2325
- [14] 郭晓寅, 何勇, 沈永平, 等. 基于MODIS资料的2000—2004年江河源区陆地植被净初级生产力分析[J]. 冰川冻土, 2006, 28(4): 512-518
GUO Xiaoyan, HE Yong, SHEN Yongping, et al. Analysis of the terrestrial NPP based on the MODIS in the source regions of Yangtze and Yellow Rivers from 2000 to 2004 [J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2006, 28(4): 512-518
- [15] 蔡睿, 徐瑞松, 陈彧, 等. 广东省植被NPP时空特征变化分析[J]. 农机化研究, 2009(2): 9-11
CAI Rui, XU Ruisong, CHEN Yu, et al. Analysis of temporal-spatial characteristics of vegetation NPP in Guangdong province [J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2009(2): 9-11
- [16] 王宗明, 国志兴, 宋开山, 等. 2000—2005年三江平原土地利用: 覆被变化对植被净初级生产力的影响研究[J]. 自然资源学报, 2009, 1(1): 136-146
WANG Zongming, GUO Zhixing, SONG Kaishan, et al. Effects of land use: Cover change on net primary productivity of Sanjiang Plain, during 2000—2005 [J]. Journal of Natural Resources, 2009, 1(1): 136-146
- [17] 何勇, 董文杰, 郭晓寅, 等. 1971—2000年中国陆地植被净初级生产力的模拟[J]. 冰川冻土, 2007, 29(2): 226-232
HE Yong, DONG Wenjie, GUO Xiaoyin, et al. The Chinese terrestrial NPP simulation from 1971 to 2000 [J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2007, 29(2): 226-232
- [18] 江志红, 叶丽梅. 近十年南京城市热岛演变的遥感研究[J]. 南京信息工程大学学报: 自然科学版, 2010, 2(2): 148-154
JIANG Zhihong, YE Limei. A study of the urban heat island changes of Nanjing in the past decade based on remote sensing [J]. Journal of Nanjing University of Information Science & Technology: Natural Science Edition, 2010, 2(2): 148-154

Analysis of spatio-temporal distribution characteristics of vegetation NPP in Jiangsu province

WANG Siyao¹ LIU Zhenbo¹

¹ School of Remote Sensing, Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing 210044

Abstract Net Primary Productivity (NPP) is the accumulation of organic matter by green plants per unit of space and time. Using Geographic Information System and Remote Sensing spatial analysis software, this paper analyzes the spatio-temporal distribution characteristics of vegetation NPP in Jiangsu province from 2000 to 2006 based on NPP data from EOS/MODIS. Results show a decreasing spatial trend from southeast to northwest and a temporal trend with higher NPP in 2004. The average annual NPP in Jiangsu province ($569.28 \text{ gC}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$) was higher than the national average NPP during the same period ($345.91 \text{ gC}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$) and a little lower than the average NPP in Guangdong ($595.51 \text{ gC}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$). Analyzing NPP of different city and different buffer of shoreline shows that the NPP increases firstly and then decreases with the increasing distance to shoreline. NPP of Nantong (a city in the Southeast of Jiangsu) was highest ($693.57 \text{ gC}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$), while NPP of Xuzhou (a city in the Northwest of Jiangsu) was lowest ($478.72 \text{ gC}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$). NPP grows to the highest when the distance to the Ring Buffer increases to 30 km, and land cover change is an influential factor affecting changes in vegetation NPP based on Ring Buffer. Analysis of vegetation NPP shows that climate factors were the key factors controlling the NPP in Jiangsu, and the human influence is becoming more and more important.

Key words net primary productivity; Jiangsu province; spatio-temporal distribution