

三江平原沼泽湿地植被净初级生产力 空间变化特征分析

国志兴^{1,2}, 王宗明^{1*}, 宋开山¹, 刘殿伟¹, 张 柏¹

(1. 中国科学院东北地理与农业生态研究所, 吉林 长春 130012; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100049)

摘要:基于 EOS/MODIS 卫星 2000~2005 年的 MOD17A3 数据集, 分析 21 世纪初三江平原沼泽湿地植被净初级生产力(NPP)时间变化和空间分异特征及其与气候因子(气温和降水)的关系, 并采用空间分析方法, 分析道路、河流、居民点等因子对沼泽湿地生产力的影响。结果表明, 三江平原沼泽湿地生产力(C)的变化范围为 92.2~675 g/(m²·a), 平均值为 374.2 g/(m²·a)。沼泽湿地生产力主要受三江平原综合水热条件控制, 其与气温和降水显著复相关, 复相关系数为 0.49 ($n=6, p<0.05$)。低生产力沼泽湿地主要分布在三江平原西、北部地区, 高生产力沼泽湿地主要分布在东、南部地区。河流在 0~8 km 的范围内对三江平原沼泽湿地生产力有一定促进作用, 但影响不显著。居民点扩建, 道路修筑等人类活动影响沼泽湿地分布, 并导致沼泽湿地生产力下降, 其有效影响范围分别是 0~6 km 区域和 0~8 km 区域。

关键词:三江平原; 净初级生产力; 沼泽湿地; 空间分析; 影响因素

中图分类号: Q948 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-5948(2008)03-372-07

植被净初级生产力(Net Primary Productivity, NPP)是指植物在单位时间单位面积上由光合作用产生的有机物质总量中扣除自养呼吸后的剩余部分^[1], 它是生态系统中物质与能量运转研究的基础, 直接反映植物群落在自然环境条件下的生产能力。近年来, 随着遥感和地理信息系统的广泛应用, 遥感手段和过程模型的结合已经成为 NPP 研究的一个重要趋势。MOD17A3 是基于 MODIS (TERRA 卫星)遥感参数, 通过 BIOME-BGC 模型计算出全球陆地 NPP 年际变化的资料, 目前已在全球不同区域对植被生长状况、生物量的估算、环境监测和全球变化等研究中得到验证和广泛应用^[2-6]。

湿地不仅是自然界富有生物多样性和较高生产力的生态系统, 而且具有独特的环境调节功能和生态效益。自 1995 年联合国气候变化框架公约 (UNFCCC) 将湿地保护列为一项增加碳汇功能的措施之后, 湿地生态系统植被生产力和固碳潜力的研究成为全球碳循环和全球变化的重要研究内容^[7-9]。三江平原沼泽湿地是中国最大的淡水沼

泽湿地集中分布区, 在全球温带湿地生态系统中具有相当的典型性和代表性。但是由于人口增长和经济活动的不断加快, 三江平原湿地面积锐减。湿地面积的减少, 森林草地植被的破坏, 导致地下水位下降, 蒸发量加大, 沼泽普遍缺水, 湿地涵养水源、净化空气及调节气候、蓄水防洪及维持生物多样性的功能降低, 生态环境发生了很大变化^[10,11]。本文利用 MOD17A3 数据集 2000~2005 年的年平均 NPP 数据, 分析 21 世纪初三江平原沼泽湿地净初级生产力的空间分布特征, 并采用空间分析方法, 结合道路、河流、居民点等因子, 对该地区沼泽湿地生产力空间分布和可能影响因素进行分析, 为保护三江平原湿地资源, 促进该地区资源、环境、经济的可协调发展提供科学依据。

1 数据与方法

1.1 土地利用/覆被数据来源

三江平原 2005 年土地利用/覆被相关数据集由中巴资源卫星 CBERS 遥感影像数据进行人工目视解译得到。土地利用/覆被数据提取方法参考

收稿日期: 2008-01-19; 修订日期: 2008-06-30

基金项目: 国家重点基础研究发展计划项目(2009CB421103)和中国科学院知识创新工程重要方向项目(KZCX3-SW-356)资助。

作者简介: 国志兴(1982-), 男, 内蒙古自治区翁牛特旗人, 硕士研究生, 研究方向为资源环境遥感应用。E-mail: wguozhixing@126.com

*通讯作者: 王宗明, 副研究员。E-mail: zongmingwang@neigae.ac.cn

《东北地区土地利用/覆被时空特征分析》^[12]。数据处理平台为 Erdas Imagine 8.5、ENVI 4.0、ArcView 3.2 和 ArcGIS 9.0。根据研究区的特点和分析精度要求,参照《土地利用现状调查技术规程》^①和《中国资源环境遥感宏观调查与动态研究》^[13],将研究区 21 种二级土地利用类型进行归并处理,共分为 7 种类型进行统计分析,这 7 种类型分别为耕地、林地、草地、水域、城乡工矿用地、未利用地和沼泽湿地。于 2006 年 7~8 月期间,以 GPS 与数码相机以及量绳对广布于三江平原的 530 个典型地物进行了验证,同时通过咨询当地农户与农场专家,对解译结果进行了修正。结果表明,各土地利用类型总体解译精度约为 92%,其中,沼泽湿地的解译精度约为 91.2%。

1.2 植被净初级生产力 NPP 数据来源与模型原理

本文所用的遥感数据为来自美国 NASA EOS/MODIS 的 2000~2005 年的 MOD17A3 数据^[14],空间分辨率为 1 km × 1 km,该数据利用 BIOME - BGC 模型估算陆地生态系统年 NPP,已在全球和区域 NPP 与碳循环研究中得到广泛应用^[2-6]。原理如下^[15]:

$$GPP = \varepsilon \times APAR \quad (1)$$

$$APAR = PAR \times FPAR \quad (2)$$

$$PAR = SWRad \times 0.45 \quad (3)$$

$$\varepsilon = \varepsilon_{\max} \times TMIN \times VPD \quad (4)$$

$$PsnNet = GPP - R_{ml} - R_{mr} \quad (5)$$

$$NPP = \sum_{T=1}^{365} PsnNet - (R_{mo} + R_g) \quad (6)$$

式(1)~(6)中, GPP 为总初级生产力, $APAR$ 为光合利用有效辐射; PAR 是吸收光合有效辐射; $FPAR$ 是植被光合有效辐射吸收分量,从 MODIS 遥感数据中 MOD15 产品获取; $SWRad$ 是单位时间太阳总辐射;常数 0.45 为植被所能利用的太阳有效辐射(波长为 0.4~0.7 μm)占太阳总辐射的比例; ε 为光能利用率,是由各种植被类型最大光能利用率 ε_{\max} 受环境中的温度 $TMIN$ 和水汽压 VPD 影响的结果; $PsnNet$ 为净光合作用; R_{ml} 和 R_{mr} 分别是枝叶和根部用于呼吸所消耗的能量,其中在计算枝叶呼吸所消耗的能量使用的叶面积指数 LAI 数据来自 MODIS 遥感数据中 MOD15 产品; R_{mo} 是除枝叶和根以外其它部分呼吸消耗的能量, R_g 为自身生长呼吸消耗的能量。

利用 MRT (Modis Reprojection Tool) 软件将 NPP 1 km 数据转换成分辨率为 1 km × 1 km 网格数据,投影为 Albers 投影,以便进行下一步的计算与分析。

1.3 三江平原沼泽湿地生产力分级

本文选用 NPP 数据作为指标,将三江沼泽湿地生产力根据其 NPP 平均值分为 2 个级别,即低于平均值定义为低生产力沼泽湿地,高于平均值定义为高生产力沼泽湿地。同时,分别计算低生产力沼泽湿地百分比和高生产力沼泽湿地百分比。低生产力沼泽湿地百分比指在某一区域内低生产力沼泽湿地的面积与该区域沼泽湿地总面积的比值,反映该区域沼泽湿地中低生产力沼泽湿地的分布状况。高生产力沼泽湿地百分比指在某一区域内高生产力沼泽湿地的面积与该区域沼泽湿地总面积的比值,反映该区域沼泽湿地中高生产力沼泽湿地的分布状况。

1.4 沼泽湿地分布特征分析

在 ArcGIS WORKSTATION 的 GRID 模块支持下,将高、低生产力沼泽湿地与其距居民点、道路、河流的距离进行空间统计分析。简要步骤如下:在 1:250 000 数字地形图上,提取居民点、道路和河流数据,分别以居民点、道路和河流为中心,用 DISTANCE 命令生成距离缓冲栅格图。统计各距离缓冲带内高、低生产力沼泽湿地的面积并分别计算高、低生产力沼泽湿地百分比。

2 结果与分析

2.1 三江平原沼泽湿地生产力模拟结果验证与基本特征

使用三江平原 2005 年土地利用/覆被数据中沼泽湿地数据和 2000~2005 年 NPP 数据进行运算,得到三江平原沼泽湿地 6 a 平均年 NPP(换算成碳量)变化范围为 92.2~675 $\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ 。目前用于模型结果验证的沼泽湿地 NPP 实测数据较少,因此本文选取相关文献中的部分数据加以辅证。关于三江平原沼泽湿地 NPP 实测数据,相关研究^[16]通过实地测试,得到三江平原典型的小叶章 (*Calagrostis angustifolia*) 湿地的 NPP 为 750 $\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$,漂筏苔草 (*Carex pseudo-curaica*) 沼泽 NPP 为 646.0 $\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$;孙志高等测得的三江平

①中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局. 中华人民共和国国家标准 GB/T7929-1995. 土地利用现状调查技术规程. 2003.

原典型沼泽小叶章湿地群落的地上生物量(换算成碳量)约为 $800 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ [17],与本文三江平原沼泽湿地 NPP 模拟数据的变化范围 $92.2 \sim 675 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ 有一定差距,但这些实测数据可以在一定程度上验证遥感模型的 NPP 估算值。两个原因可以解释为何遥感模型估算值明显低于实测值:一是这些实测数据都是针对典型的生长状况良好的茂盛湿地植被群落测定的,而实际情况中,遥感观测的沼泽湿地的区域必然有很多植被稀疏的地方甚至有少量明水面,在应用遥感模型进行模拟时,计算的是每个像元($1 \text{ km} \times 1 \text{ km}$)内的平均值,这必然使得二者的结果出现一定偏差。二是由于人类活动导致的湿地退化问题使得近年来沼泽湿地植被生产力出现明显下降的趋势。

三江平原沼泽湿地年平均 NPP 的基本特征如表 1 和表 2 所示,三江平原沼泽湿地生产力的平均值为 $374.2 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ 。沼泽湿地 NPP 主要集中在 $300 \sim 400 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ 范围内,生产力在该范围内占总面积的 74.88%;其次沼泽湿地 NPP 分布在 $500 \sim 600 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$,占总面积的 8.80%;分布在 $400 \sim 500 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ 范围内的占 7.84%, $200 \sim 300 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ 范围占 6.06%, $600 \sim 700 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ 范围占 2.13%,沼泽湿地 NPP 在 $0 \sim 200 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ 范围内分布最少,仅占沼泽湿地总面积的 0.30%。

表 1 2000~2005 年三江平原沼泽湿地年平均 NPP 特征

Table 1 The annual NPP of marsh in the Sanjiang plain from 2000 to 2005 [$\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$]

	2000年	2001年	2002年	2003年	2004年	2005年	平均
三江平原	387.77	415.92	385.71	382.58	378.99	350.21	374.20

表 2 2000~2005 年三江平原沼泽湿地平均年 NPP 组成特征

Table 2 The makeup of annual NPP of marsh in the Sanjiang Plain from 2000 to 2005

NPP 范围 [$\text{g}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$]	面积 (km^2)	面积百分比 (%)
0~200	18	0.30
200~300	368	6.06
300~400	4545	74.88
400~500	476	7.84
500~600	534	8.80
600~700	129	2.13

2.2 2000~2005 年三江平原沼泽湿地生产力的变化及其与气候因子的关系

由表 1 可以看出,沼泽湿地年平均 NPP 变化总体呈下降趋势。2001 年三江平原沼泽湿地年平均 NPP 最大,为 $415.92 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$,其次为 2000 年,为 $387.77 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ 。2002~2005 年沼泽湿地年平均 NPP 逐年减少,其值分别是 $385.71 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$, $382.58 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$, $378.99 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ 和 $350.21 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ 。

为了分析三江平原气候因子对沼泽湿地生产力变化的影响,本文收集均匀分布于三江平原地区的 7 个气象站点(鹤岗、富锦、佳木斯、依兰、宝清、鸡西、虎林)的气候数据进行平均,得到三江平原地区 2000~2005 年平均气温和年降水量,并结合已完成的沼泽湿地年平均 NPP,对数据进行标准化处理,使这些数据变成同一水平的无量纲变量(图 1)。由图 1 可知,三江平原 2000~2005 年降水波动较大;气温以整体增加趋势为主。沼泽湿地年平均 NPP 与气温和降水的相关分析及其与综合水热条件(气温和降水)的复相分析(表 3)结果表明,降水与年平均 NPP 呈负相关,相关系数为 -0.490 ($n=6$),未达到 0.05 显著性水平;气温与 NPP 的相关性不明显,相关系数仅为 0.005。以上结果表明降水对沼泽湿地生产力具有一定的负面影响,但影响不显著。沼泽湿地年平均 NPP 与综合水热条件(气温和降水)的复相关系数为 0.49 ($n=6, p < 0.05$),表明三江平原沼泽湿地生产力受该地区综合水热条件控制。

表 3 2000~2005 年年平均 NPP 与年平均气温和年降水量的相关系数和复相关系数

Table 3 The correlation coefficients and Multiple correlation coefficients between mean annual NPP of marsh and corresponding annual precipitation and mean annual temperature from 2000 to 2005

	相关系数		复相关系数
	年降水量	年平均气温	气温与降水
年平均 NPP	-0.490	0.005	0.49*

注: $n=6$; * 为 $p < 0.05$ 。

2.3 2000~2005 年三江平原沼泽湿地生产力空间分布特征

选用 MOD17A3 产品 2000~2005 年 6 a 平均 NPP 数据,使用三江平原沼泽湿地生产力分级方法,将沼泽湿地生产力分为低生产力沼泽湿地和高

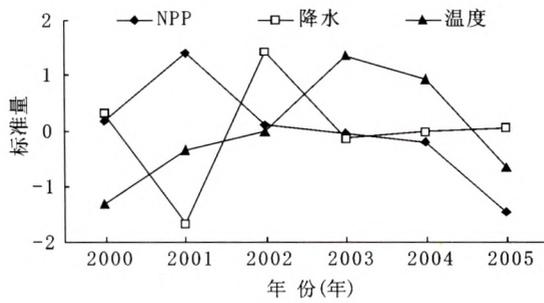


图1 2000~2005年三江平原沼泽湿地年平均NPP、年平均气温和年降水量的变化趋势

Fig.1 Changes of mean annual NPP of marsh, mean annual temperature and precipitation in Sanjiang plain from 2000 to 2005

生产力沼泽湿地。由图2分析可知,三江平原低生产力沼泽湿地主要分布在三江平原西、北部地区的黑龙江与乌苏里江交汇地区、黑龙江与松花江交汇地区、浓江河河口、别拉洪河、嘟噜河、阿陵达河、巴兰河、倭肯河、内七星河上游等地区,占沼泽湿地总面积的64.83%。高生产力沼泽湿地主要分布在东、南部地区的挠力河、外七星河河口、内七星河下游、兴凯湖、乌苏里江与阿布沁河交汇地区,占沼泽湿地总面积的35.17%。

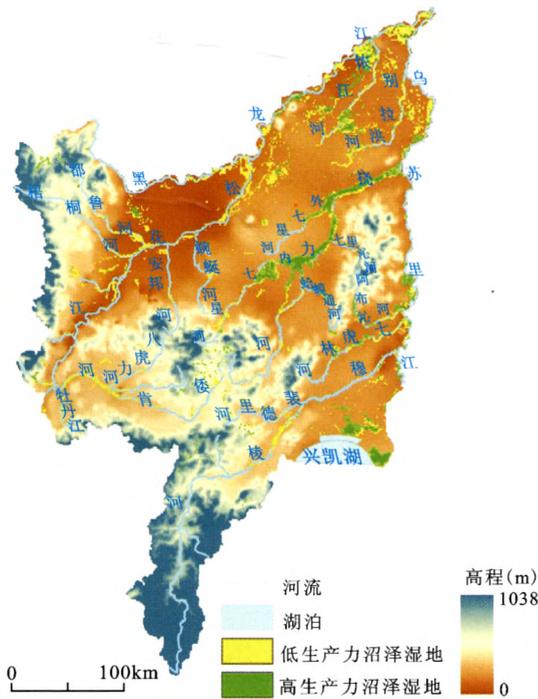


图2 2000~2005年三江平原沼泽湿地生产力分布特征
Fig.2 The distribution characteristic productivity of marsh in the Sanjiang Plain from 2000 to 2005

2.3.1 三江平原沼泽湿地生产力与居民点的关系

在1:25万数字地形图上提取居民点,以1km的间距生成10个距离缓冲区,分析沼泽湿地生产力与居民点的关系(图3)。由图3可以看出,距离居民点0~3km区域内,随着沼泽湿地距居民点距离的增大,各缓冲带低生产力沼泽湿地面积增大,并在3km缓冲带沼泽湿地面积达到最大值(739km²)。在4~10km的范围内,各缓冲带低生产力沼泽湿地面积随着与居民点距离的增大而减少。

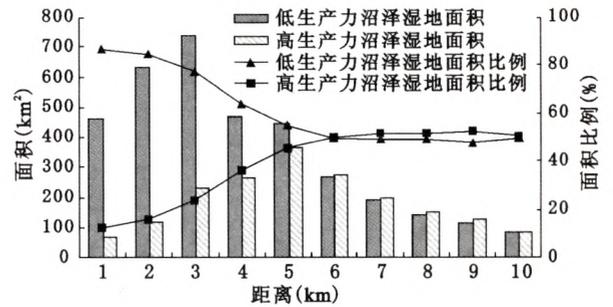


图3 三江平原高、低生产力沼泽湿地面积与距居民点距离的关系

Fig.3 The relationship of the of area of low and high productivity marsh and distance to residents in the Sanjiang Plain

0~5km区域内,各缓冲带高生产力沼泽湿地面积随着与居民点距离的增大而增加,在5km缓冲带沼泽湿地面积达到最大值(366km²);在6~10km的区域内,各缓冲带的高生产力沼泽湿地面积随着与居民点距离的增大而减少。以上结果表明,高、低生产力沼泽湿地虽然在居民点的周围分布特点不同,但各缓冲带的沼泽湿地面积均随着与居民点距离的增大,呈现“低—高一低”的变化趋势。

在0~6km区域内,各缓冲带低生产力沼泽湿地百分比随着与居民点距离的增大呈下降趋势,其与居民点之间距离的相关系数为-0.948(n=6, p<0.01);高生产力沼泽湿地百分比随着与居民点距离的逐渐增大呈上升趋势,其与距离的相关系数为0.988(n=6, p<0.01)。在7~10km区域内,高、低生产力沼泽湿地百分比变化比较平稳,且其与居民点距离之间的相关系数分别为-0.698和0.535,均未达到显著性水平。

这些结果表明,随着与居民点距离的增大,低生产力沼泽湿地百分比在降低,而高生产力沼泽

地百分比在增加,即随着距离居民地越来越远,人为活动干扰减少,沼泽湿地生物量积累能力越来越强,居民点对三江平原沼泽湿地的影响为负,其有效影响范围为6 km。

2.3.2 三江平原沼泽湿地生产力与道路的关系

在1:25万数字地形图上提取县乡级以上道路,以1 km的间距生成10个距离缓冲区,分析道路对三江平原沼泽湿地生产力的影响(图4)。由图4可以看出,在1~10 km区域内,各缓冲带低生产力沼泽湿地面积随着与道路距离的增加而减少。高生产力沼泽湿地面积也基本上呈现出随着与道路距离增加大而减少的趋势。说明三江平原各缓冲带沼泽湿地面积分布随着与道路距离的增加而呈减少趋势。

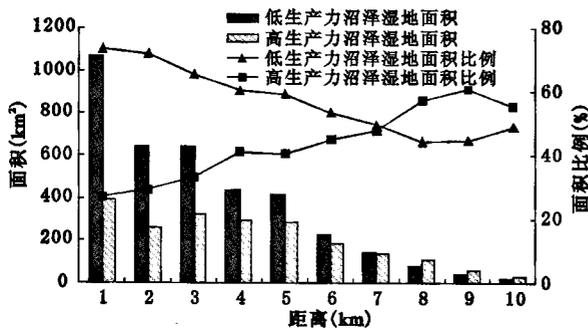


图4 三江平原高、低生产力沼泽湿地面积与距道路距离的关系

Fig. 4 The relationship of the of area of low and high productivity and distance to roads in the Sanjiang Plain

在0~8 km的区域内,各缓冲带低生产力沼泽湿地百分比随着其与道路距离的增大呈下降趋势,其与距离的相关系数为 -0.994 ($n=8, p<0.01$);各缓冲带高生产力沼泽湿地百分比随着与道路距离渐远呈上升趋势,其与距离的相关系数为 0.976 ($n=8, p<0.01$);9~10 km的范围内,无论是低生产力沼泽湿地还是高生产力沼泽湿地,均可认为变化进入平稳期,即随着距离的再增大,变化也不会很大了。这些结果表明三江平原道路对沼泽湿地生产力的影响为负,其有效的影响范围在8 km区域内。

2.3.3 三江平原沼泽湿地生产力与河流的关系

结合三江平原2005年土地利用数据,在1:25万数字地形图上提取河流数据,以2 km的距离间隔生成16个缓冲区,分析河流对三江平原沼泽湿

地生产力的影响。由图5可以看出,各缓冲带低生产力沼泽湿地面积随着与河流距离的增加而减少。

各缓冲带高生产力沼泽湿地面积亦随着与河流距离渐远呈减少趋势。在0~2 km的区域内,沼泽湿地面积占三江平原沼泽湿地总面积的48.97%。在0~8 km的区域内,各缓冲带低生产力沼泽湿地百分比与距河流距离呈正比,其相关系数为 0.903 ($n=8, p>0.05$),高生产力沼泽湿地与距河流距离呈反比,其相关系数为 -0.904 ($n=8, p>0.05$),说明在0~8 km的区域内河流的区域环境对三江平原沼泽湿地生产力有一定促进作用,但影响不显著;在距离河流9~32 km的区域内,沼泽湿地分布较少,高、低生产力沼泽湿地百分比波动很大,具有很大的不确定性。

上述分析可知,2000~2005年三江平原地区居民点扩建、道路的修筑等人类活动对沼泽湿地退化,生产力下降有很大的影响。同时对三江平原人口和GDP变化趋势^[18,19]进行了分析。结果表明,从2000~2005年,三江平原总人口增加了3.75%,从6 032 590人增加到6 258 955人;同期农业人口从247 634人增加到5 365 926人,增长率为2.25%。2000~2005年,三江平原各县平均GDP增速超过每年10%。随着人口增加和经济活动的增加,必然导致人类活动的加剧,从而影响沼泽湿地生态系统的平均NPP,导致湿地植被生产力的下降。而河流作为其邻近沼泽湿地的水源补给对沼泽湿地具有一定的促进作用。

3 结论

三江平原沼泽湿地生产力的变化范围为 $92.2 \sim 675 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$,平均值为 $374.2 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$,年平均NPP值主要集中在 $300 \sim 400 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ 范围内,占沼泽湿地面积的74.88%。沼泽湿地年平均NPP变化总体呈下降趋势。沼泽湿地年平均NPP与综合水热条件(气温和降水)的复相关系数为 0.49 ($n=6, p<0.05$)。说明沼泽湿地生产力主要受该地区综合水热条件控制。

三江平原低生产力沼泽湿地主要分布在三江平原西、北部地区,占该区沼泽湿地面积的64.83%;高生产力沼泽湿地主要分布在东、南部地区,占该区沼泽湿地面积的35.17%。2000~2005年三江平原地区居民点扩建,道路的修筑等人类活动影响沼泽湿地分布,并导致沼泽湿地生产力下

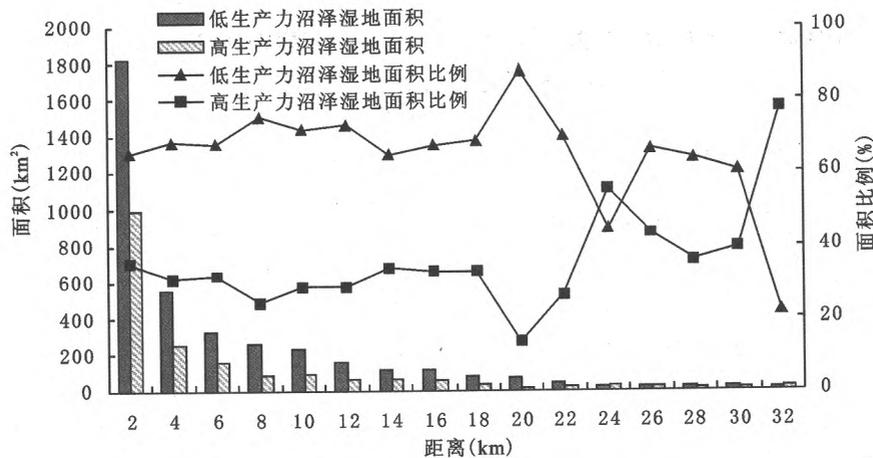


图5 三江平原高、低生产力沼泽湿地面积与距河流距离的关系
Fig.5 The relationship of the of area of low and high productivity and distance to rivers in the Sanjiang Plain

降。在0~8 km的区域内,各缓冲区低生产力沼泽湿地百分比与距河流距离呈正比,其相关系数为0.903 ($n=8, p>0.05$),高生产力沼泽湿地与距河流距离呈反比,其相关系数为-0.904 ($n=8, p>0.05$),说明在0~8 km的区域内河流的区域环境对三江平原沼泽湿地生产力有一定促进作用。

参考文献

- [1] Lieth H, Whittaker R H. 1975. Primary Productivity of the Biosphere[M]. New York: Springer-Verlag Press.
- [2] Zhao M, Heinseh F A, Nemani R R, et al. 2005. Improvements of the MODIS terrestrial gross and net primary production global data set[J]. Remote Sensing of Environment, 95(2):164-176.
- [3] Rasmus F, Inge S, Michael S R, et al. 2006. Evaluation of satellite based primary production modeling in the semi-arid Sahel[J]. Remote Sensing of Environment, 105:173-188.
- [4] 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.
- [5] 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模拟[J]. 地球科学进展, 2005, 20(3):345-349.
- [6] 张晓浩, 黎夏, 施迅, 等. 广东省水稻生物质的估算[J]. 遥感信息, 2007, 1:26-29.
- [7] Richert M, Saarnio S, Juutinen S, et al. 2000. Distribution of assimilated carbon in the system Phragmites australis-waterlogged peat soil after carbon-14 pulse labeling[J]. Biological Fertility of Soils, 32:1-7.
- [8] Sorrell B K, Mendelsohn I A, Mckee K L, et al. 2000. Eco-physiology of wetland plant roots: a modelling comparison of aeration in relation to species distribution[J]. Annals of Botany, 86:675-685.
- [9] Camill P, Lynch J A, Clark J S, et al. 2001. Changes in biomass aboveground net primary production, and peat accumulation following permafrost thaw in the boreal peatlands of Manitoba [J]. Canada Ecosystems, 2001, 4:461-478.
- [10] 刘兴土. 三江平原沼泽湿地的蓄水与调洪功能[J]. 湿地科学, 2007, 5(1):64-68.
- [11] 袁兆华, 吕宪国, 周嘉. 三江平原旱田耕作对湿地土壤理化性质的累积影响初探[J]. 湿地科学, 2006, 4(2):133-137.
- [12] 张树文, 张养贞, 李颖, 等. 东北地区土地利用/覆被时空特征分析[M]. 北京: 科学出版社, 2006.
- [13] 刘纪远. 中国资源环境遥感宏观调查与动态研究[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1996.
- [14] Land Processes Distributed Active Archive Center. Earth Observing System Data Gateway [EB/OL]. [http://edcimswww. cr.usgs.gov/pub/imswelcome](http://edcimswww.cr.usgs.gov/pub/imswelcome).
- [15] Faith A H, Matt R, Petr V, et al. 2003. User's Guide GPP and NPP (MOD17A2/A3) Products NASA MODIS Land Algorithm [Z]. USA: NASA.
- [16] 刘兴土, 马学慧. 三江平原自然环境变化与生态保育[M]. 北京: 科学出版社, 2002. 59-82.
- [17] 孙志高, 刘景双, 杨继松, 等. 三江平原湿地小叶章湿地种群生物量结构动态与生长速率分析[J]. 草业学报, 2006, 15(2):21-29.
- [18] 黑龙江省统计局. 黑龙江统计年鉴2001[M]. 北京: 中国统计出版社, 2001.
- [19] 黑龙江省统计局. 黑龙江统计年鉴2006[M]. 北京: 中国统计出版社, 2006.

Spatial Features of Productivity Variability of Marsh in the Sanjiang Plain

GUO Zhi-Xing^{1,2}, WANG Zong-Ming¹, SONG Kai-Shan¹, LIU Dian-Wei¹, ZHANG Bai¹

(1. *Institute of Northeast Geography and Agroecology, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130012, Jilin, P. R. China;*
2. *Graduate University of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, P. R. China*)

Abstract: Based on the MOD17A3 data of NASA EOS/MODIS (TERRA), the distribution and characteristic of marsh wetland NPP and relationship of between annual NPP of that and water/thermal factors (precipitation and temperature) in the Sanjiang Plain from 2000 to 2005 were analyzed. Roads, rivers, residents data were used to analyze the marsh wetland distribution character with spatial analysis methods of GIS. Results show that The range of annual NPP of marsh wetland (Carbon) in the Sanjiang plain is focused on the value of between 92.2 and 675 g/(m² · a), annual mean NPP was 374.2 g/(m² · a). The mainly influence factor of annual NPP of marsh wetland in Sanjiang plain was water/thermal factors (precipitation and temperature), Multiple correlation coefficients between annual NPP of marsh wetland and corresponding precipitation and temperature was 0.49 ($n=6, p<0.05$); The low - NPP marsh wetland was located in the west and north part of Sanjiang plain. The high - NPP marsh wetland was located in the east and south part of Sanjiang plain. In the range of 0 to 8 km, rivers had some positive effect on annual NPP of marsh wetland. Residents and roads had significant negative influence on annual NPP of marsh wetland in the range of 0 - 6 km and 0 - 8 km respectively.

Keywords: the Sanjiang Plain; Net Primary Production (NPP); marsh wetland; spatial analysis; influence factors