

陕南地区植被净第一性生产力时空动态演变

梁瑞^{1,2}, 任志远^{1,2}

(1. 陕西师范大学 旅游与环境学院, 陕西 西安 710062; 2. 陕西师范大学 西北国土资源研究中心, 陕西 西安 710062)

摘要: 植被净第一性生产力(NPP)是生态系统服务功能的物质基础,也是生态安全、生态风险评价的重要指标。利用 2000—2010 年 SPORT—NDVI 数据、气象数据及土地利用数据,选取改进后的 CASA 模型,模拟了陕南地区植被净第一性生产力时间变化规律及空间分布特征。结果表明,2000—2010 年,研究区各种土地利用类型的年均 NPP 均呈曲折上升趋势,各类土地利用类型 NPP 均值排列顺序为:林地>灌丛>草地>耕地>其它类型。年内变化表现为各个土地利用类型的 NPP 在每年的 2 月开始增长,同年 7 月达到峰值,11 月开始明显减少,在次年的 1 月达到最小值。汉中市西部、商洛市的东部和西部地区年均 NPP 增长比较明显,汉中市中部以及安康市中部大部分地区年均 NPP 的增长量保持平稳,汉中市城固县与西乡县的交界处年均 NPP 值的减少比较明显,其它地区的年均 NPP 变化不明显。年内各月空间 NPP 的变化趋势与年际变化有一定的差别。

关键词: 植被净第一性生产力(NPP); 改进后 CASA 模型; 时空分布; 陕南地区

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2014)02-0086-05

中图分类号: P237.9

DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2014.02.019

Spatiotemporal Dynamics of Net Primary Productivity in Southern Shaanxi Province

LIANG Rui^{1,2}, REN Zhi-yuan^{1,2}

(1. College of Tourism and Environment Sciences, Shaanxi Normal University, Xi'an, Shaanxi 710062, China;

2. Research Center for Land Resources in Northwest China, Shaanxi Normal University, Xi'an, Shaanxi 710062, China)

Abstract: Net primary productivity(NPP) is a material basis of ecosystem services. NPP plays a key role in the eco-security assessment and ecological risk assessment. The data of SPORT—NDVI, meteorology and landuse from 2000 to 2010 were used to estimate the temporal variation and spatial distribution of the NPP in Southern Shaanxi Province with improved CASA model. Results indicated that the annual average NPP of various landuse types all showed an upward trend from 2000 to 2010. The land-use types, in order of decreasing NPP, were forestland, shrub land, grassland, cultivated land and other types. During the years, the NPP of various landuse types increased in February and reached a peak in July. The NPP significantly declined in November and the minimum value appeared in following January. For the spatial distribution, the annual average NPP increased significantly in western Hanzhong City and the eastern and western regions of Shangluo City, increased steadily in the center of Hanzhong City and the most parts of central Ankang City, declined obviously at the juncture of Chenggu and Xixiang Counties, but did not change obviously in other regions of Southern Shaanxi Province. The NPP differences between monthly and annual change trends were apparent.

Keywords: net primary productivity (NPP); improved CASA model; temporal-spatial distribution; Southern Shaanxi Province

植被净第一性生产力(net primary productivity, NPP)是指绿色植物在单位时间和单位面积所生产的有机物的数量,表现为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]。它是研究生态服务功能的物质基础,也是生态系统平衡和健康的重要指标,且在碳循环、碳存储的研究中起到重要的作

收稿日期:2013-05-13

修回日期:2013-05-30

资助项目:国家自然科学基金项目“西北黄土高原台塬区土地资源开发利用与生态安全动态分析”(41071057);中央高校基本科研业务费专项基金项目(GK20111010027);国家自然科学基金项目“我国生态脆弱区能源开发效应测评与调控研究”(41371523)

作者简介:梁瑞(1987—),女(汉族),山西省临汾市人,硕士研究生,主要从事国土资源与 GIS 研究。E-mail:liangrui_rui@163.com。

通信作者:任志远(1953—),男(汉族),陕西省兴平市人,博士生导师,主要从事国土资源开发与生态环境评价研究。E-mail:renzhy@snnu.edu.cn。

用^[2]。近年来,人类活动资源的开发利用程度加大,对生态系统的干扰程度加强了,NNP 的测算对保护生态安全有一定的指导意义。

目前,对 NPP 的测算成为国内外研究的热点话题,高清竹等^[2]采用 CASA 模型对藏北高寒草地 NPP 变化趋势及对人类活动的响应做出研究,刘勇洪^[3]对华北植被的净第一性生产力进行研究及其时空格局分析,黄耀等人^[4]采用 Crop—C 模型对中国农业植被净第一性生产力进行模拟,主要侧重了模型的建立及灵敏度分析。朱文泉、潘耀忠等^[5]的中国陆地植被净第一性生产力遥感估算,使用了估测值与实测值进行对比,对模型进行了验证。朱锋等人^[6]对东北地区农田净第一性生产力时空特征及其影响因素进行分析,运用 MODIS NPP 数据及气象数据、土地利用数据,对东北地区的农田生产力进行分析。除此之外,国外对 NPP 的测算模型还有 Miami 模型^[7]、Thornthwaite Memorial 模型^[8]和 Chikugo 模型^[9]等,同期国内也相应建立了北京模型^[10]、综合模型^[11]、农业模型^[12]、分类指数模型^[13]等,使用不同的模型方法对 NPP 进行了测算。目前对 NPP 的测算方法很多,但没有统一的标准,对 NPP 的测算各个学者都在探索寻求最准确的算法。本研究总结前人的研究成果,利用改进后的 CASA 模型,此模型为遥感过程模型,充分考虑环境条件和植被本身的特征,能较为精确地测算区域的 NPP^[14]。除此之外,陕南地区气候类型复杂,秦巴山区植被类型复杂多样,为保护其生物多样性及生态系统服务功能,采用 2000—2010 年 SPORT—NDVI 及气象数据,基于 GIS 空间差值及分析技术,选取改进后的 CASA 模型,模拟了 2000—2010 年陕南地区植被净第一性生产力(NPP),对研究区的时间变化规律及空间分布特征进行分析,同时为区域生态资源管理决策与规划提供科学依据。

1 材料与方 法

1.1 研究区概况

陕南地处陕西省南部,北靠秦岭、南倚巴山、汉江自西向东顺流而过。其包括汉中、安康、商洛 3 个行政区,共辖 28 个县(市),土地总面积 $7.0 \times 10^5 \text{ km}^2$,总人口 835 万人。陕南包括秦巴山区和汉水谷地,期间分布着汉中安康盆地,秦巴山区的平均气温在 $10 \sim 14 \text{ }^\circ\text{C}$,年均降水量在 $700 \sim 900 \text{ mm}$ 。汉江南北年平均气温 $14 \sim 16 \text{ }^\circ\text{C}$,年降水量 $700 \sim 1\ 050 \text{ mm}$ 。汉中市地处暖温带和亚热带气候的过渡带,冬无严寒,雨量充沛,生态环境良好。安康市地处秦岭山谷,属

亚热带大陆性气候,水热资源最为丰富。商州市属暖温带半湿润季风气候,四季分明,雨热同期。陕南地区并有丰富的森林资源、矿产资源、生物资源和旅游资源。为植被生长提供得天独厚的条件,尤其是秦巴山区植被覆盖率较高,为研究植被净第一性生产力(NPP)奠定了基础^[15]。

1.2 数据来源及预处理

本研究所使用的数据是 2000—2010 年逐旬 SPORT—NDVI 数据^[16],来自国际科学数据服务平台发布的全国的数据,空间分辨率为 1 km ,时间步长为 10 d ,NDVI 在制备过程中已经过辐射校正和几何粗矫正等处理,保证了数据的质量,与其它 NDVI 相比,误差较小,精度较高,已被广泛的应用于全球及大尺度的植被变化研究中。基于 ArcGIS 9.3 软件,将 NDVI 数据的灰度值转换成真值,在此基础上,采用最大合成法将 10 d 的 NDVI 合成月数据,数据最终投影变化处理选取阿尔伯斯投影,再经过进一步计算、分析。

气象数据采用了 2000—2010 年陕南及周边的 28 个气象站点的月平均气温、降水数据以及全国的 120 个气象站点的月平均太阳辐射数据,其数据来自中国气象数据服务共享数据集。基于 ArcGIS 9.3 平台,使用地统计模块径向基函数(radial basis functions)进行空间插值而获得(空间分辨率 $1 \text{ km} \times 1 \text{ km}$)气象数据空间分布图^[17],然后根据行政界线裁出 2000—2010 年期间陕南地区的气温、降水以及太阳辐射等气象栅格数据。植被类型的数据源于中国科学院地理研究所资源与环境信息系统国家重点实验室数字化的中国植被图,用于统计不同植被类型对光能利用率的转化程度及植被 NPP 的计算。

1.3 研究方法

在对国外的 Miami 模型、Thornthwaite Memorial 模型和 Chikugo 模型及国内的北京模型、综合模型、农业模型、分类指数模型对比分析之后,结合各种模型优缺点的基础上,选取改进后的 CASA 模型进行陕南地区 NPP 物质的量估算,在改进后的 CASA 模型中植被净第一性生产力主要由植被所吸收的光合有效辐射(APAR)与光能转化率(ϵ)两个变量来确定^[18]。

$$\text{NPP}(x, t) = \text{APAR}(x, t) \times \epsilon(x, t) \quad (1)$$

式中: $\text{NPP}(x, t)$ ——像元植被的净第一性生产力; $\text{APAR}(x, t)$ ——像元空间位置上的植被所吸收的光合有效辐射(MJ/m^2); $\epsilon(x, t)$ ——像元在空间位置上的植被的光能转换率(g/MJ)。

$$\text{APAR}(x, t) = \text{SOL}(x, t) \cdot \text{FPAR}(x, t) \times 0.5 \quad (2)$$

$$\text{FPAR}(x, t) =$$

$$[\text{FPAR}(x,t)_{\text{NDVI}} + \text{FPAR}(x,t)_{\text{SR}}] / 2 \quad (3)$$

$$\text{FPAR}(x,t)_{\text{NDVI}} = \frac{[\text{NDVI}(x,t) - \text{NDVI}_{i,\min}] \cdot (\text{FPAR}_{\max} - \text{FPAR}_{\min})}{\text{NDVI}_{(i,\max)} - \text{NDVI}_{i,\min}} + \text{FPAR}_{\min} \quad (4)$$

$$\text{FPAR}(x,t)_{\text{SR}} = \frac{[\text{SR}(x,t) - \text{SR}_{i,\min}] \cdot (\text{FPAR}_{\max} - \text{FPAR}_{\min})}{\text{SR}_{(i,\max)} - \text{SR}_{(i,\min)}} + \text{FPAR}_{\min} \quad (5)$$

$$\text{SR}(x,t) = \frac{[1 - \text{NDVI}(x,t)]}{[1 + \text{NDVI}(x,t)]} \quad (6)$$

式中: $\text{SOL}(x,t)$ ——像元的太阳总辐射 (MJ/m^2); $\text{FPAR}(x,t)$ ——植被层对入射光合有效辐射的吸收比例; 常数 0.5 表示植被所能利用的太阳有效辐射 (波长为 $0.38 \sim 0.71 \mu\text{m}$) 占太阳总辐射的比例; $\text{FPAR}(x,t)_{\text{NDVI}}$, $\text{FPAR}(x,t)_{\text{SR}}$ ——由归一化植被指数 (NDVI) 和比值植被指数 (SR) 计算所得的植被层对入射光合有效辐射的吸收比例; FPAR_{\max} , FPAR_{\min} 分别取常数 0.95 和 0.001; $\text{NDVI}_{(i,\max)}$,

$\text{NDVI}_{(i,\min)}$ ——第 i 种植被类型的 NDVI 最小值和最大值; $\text{SR}_{(i,\max)}$, $\text{SR}_{(i,\min)}$ ——第 i 种植被类型的比值植被指数最大值和最小值; $\text{NDVI}(x,t)$ 和 $\text{SR}(x,t)$ ——像元的归一化植被指数和比值植被指数。

$$\epsilon(x,t) = f_1(x,t) \cdot f_2(x,t) \cdot w(x,t) \cdot \epsilon_{\max} \quad (7)$$

$$f_1(x,t) = 0.8 + 0.02t_{\text{opt}}(t) - 0.0005[T_{\text{opt}}(x)]^2 \quad (8)$$

$$f_2 = \frac{1.184 \times \{1 + \exp[0.3(-T_{\text{opt}}(x) - 10 - T(x,t))]\}}{1 + \exp[0.2(T_{\text{opt}}(x) - 10 + T(x,t))]} \quad (9)$$

$$w(x,t) = 0.5 + 0.5E(x,t)/E_p(x,t) \quad (10)$$

式中: $\epsilon(x,t)$ ——像元的实际光能利用率; $f_1(x,t)$, $f_2(x,t)$, $w(x,t)$ ——低温、高温和水分的胁迫系数; ϵ_{\max} ——理想条件下的最大光能利用率 (g/MJ), 根据不同的用地类型取值各不相同 (表 1), 取值为朱文泉模拟值^[19]; $T_{\text{opt}}(x)$ ——某一区域一年内 NDVI 值达到最高时的当月平均气温; T ——月平均气温; E_p ——区域潜在月蒸散量 (mm); E ——区域实际月蒸散量 (mm), 可以通过朱文泉的模型及研究方法推出^[19]。

表 1 不同植被类型的最大光能利用率 (ϵ_{\max})

植被类型	林地	灌丛及稀树草原	草地	耕地	其它植被	无植被覆盖
$\epsilon_{\max}/(\text{g} \cdot \text{MJ}^{-1})$	1.004	0.768	0.608	0.604	0.398	0

为了揭示陕南地区 NPP 的时间变化趋势, 基于 ArcGIS 9.3 软件平台, 使用统计单元工具, 统计出各年的 NPP 平均值, 并在 Excel 中做出陕南地区 NPP 年均变化曲线, 在用最小二乘法拟合其变化趋势线^[20]。年际变化采取趋势线分析方法, 该方法在一定程度上可以消除极端气候的影响, 能比较客观地反映陕南地区 NPP 的增减变化趋势及变化幅度^[21]。同样陕南地区 NPP 年内变化是统计了各年每月的平均值, 然后在 Excel 中绘制了变化趋势线。

为了避免计算过程中栅格图像分辨率的大小变化, 在分析陕南地区 NPP 的年际及年际各月的空间变化趋势时, 基于 ArcGIS 9.3 软件平台首先将陕南地区 2000—2010 年每年每个像元的 NPP 值提取为矩阵形式, 然后将此矩阵导入 Matlab 中, 利用最小二乘法进行变化趋势分析, 再将计算后的变化趋势矩阵导入 ArcGIS 9.3 中, 得出陕南地区空间变化趋势特征^[22]。

2 结果分析

2.1 土地生态系统净第一性生产力年际变化

图 1 为陕南地区 NPP 年平均变化曲线及趋势线。从 2000—2010 年陕南地区各土地利用类型 NPP 变化比较明显, 均为增加趋势。从平均值来看, 林地的 NPP 年均增长量为 $0.012 \text{ t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$, 灌丛的

NPP 年均增长量为 $0.199 \text{ t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$, 草地的 NPP 年均增长量为 $0.105 \text{ t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$, 耕地的 NPP 年均增长量为 $0.107 \text{ t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$, 其它类型的土地的 NPP 年均增长量为 $0.069 \text{ t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ 。林地、灌丛、草地、耕地的 NPP 与年份的相关系数分别为 0.389, 0.520, 0.514, 0.529。在置信水平 0.05 水平下, 其它类型用地的 NPP 与年份是相关性显著, 相关系数为 0.612。对于各种土地利用类型而言, 2000—2010 年 NPP 的平均值排列顺序为: 林地 > 灌丛 > 草地 > 耕地 > 其它类型。从年际变化来看, 各个土地利用类型 NPP 的值同步增减, 在 2005 年出现波峰, 2004 及 2006 年出现两次波谷, 而林地 NPP 在 2008 年达到最大值, 灌丛在 2010 年达到最值。

2.2 土地生态系统净第一性生产力年内变化

图 2 为陕南地区 NPP 年内变化曲线, 从变化幅度来看, 各个土地类型的 NPP 变化为: 林地 > 灌丛 > 草地 > 耕地 > 其它类型。换言之, 林地积累有机物的能力最强, 灌丛次之, 其它用地类型最弱。从年内变化看, 各个土地利用类型的 NPP 在 2 月开始增长, 同步在 7 月达到峰值, 各个土地利用类型的峰值分别为: 林地 $11.21 \text{ t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$, 灌丛 $8.07 \text{ t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$, 草地 $5.88 \text{ t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$, 耕地 $5.66 \text{ t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$, 其它用地类型 $2.22 \text{ t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ 。11 月至次年的 1 月, 气

温低,降水少,植被生长状况最为缓慢,各个土地利用类型的 NPP 在次年 1 月到达一年中的最小值。按照惯例 3—5 月为春季,6—8 月为夏季,9—11 月为秋季,12—2 月为冬季,各个土地利用类型的 NPP 在春夏季节增长速度较快,在秋季下降较快,进入冬季后 NPP 基本保持不变。由此可知,陕南地区 NPP 的增长与气温降水基本保持同步增减。

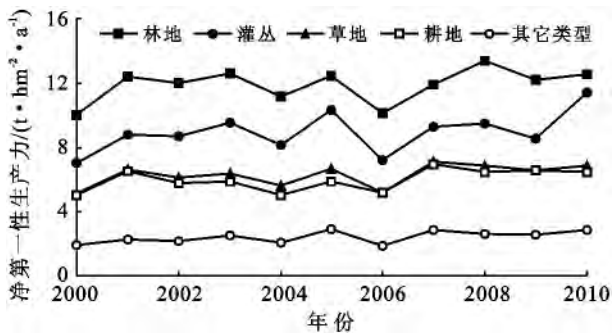


图 1 陕南地区 NPP 年平均曲线及变化趋势

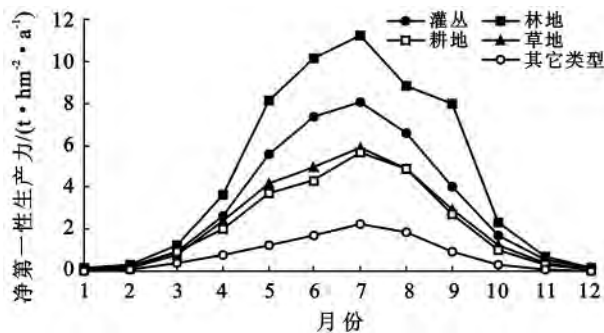


图 2 陕南地区 NPP 年内变化曲线

2.3 植被净第一性生产力的年际空间格局

基于 ArcGIS 9.3 平台,在栅格尺度下对陕南地区 2000—2010 年 NPP 分别求平均,做一元线性回归,得到陕南地区 NPP 均值图和每个栅格单元 NPP 变化趋势图(附图 3)。分析可知,常绿针叶林主要分布在宁强县、镇巴县和柞水县,除此之外,秦巴山区、洛南县以及平利县也有零星分布,其 NPP 均值为 $12.58 \text{ t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ 。常绿阔叶林受到纬度位置的影响,主要分布在陕南的南部地区,行政区划上体现在南郑县、镇巴县、紫阳县、岚皋县及镇平县的南部,其 NPP 的均值为 $12.09 \text{ t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ 。落叶阔叶林面积比较大,主要分布在秦巴山区、商南县、山阴县的南部、凤丹县北部、西乡县的东南及镇巴县的东北地区,其 NPP 均值为 $13.05 \text{ t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ 。灌丛分布在平利县西南部、岚皋县东北部及商州市西北部,其 NPP 均值为 $9.38 \text{ t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ 。草地分布在城固县南部、西乡县中部、石泉县南部、汉阴县、紫阳县北部、安康市

南部、以及东部的山阴县商南县,其 NPP 均值为 $1.93 \text{ t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ 。耕地分布在汉中的汉江平原附近,商洛市东北部洛河附近及安康市中部地区,其 NPP 均值为 $6.45 \text{ t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ 。

由附图 3 可以看出,城固县与西乡县的交界处 NPP 的值减少比较明显,用地类型为常绿针叶林,其 NPP 年均减少值为 $0.143 \text{ t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ 。勉县的东北部、洋县、镇巴县、安康市的中南部以及丹凤县西北部,年均变化 NPP 的值减少比较平稳,其值的变化范围在 $-0.1 \sim 0 \text{ t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ 之间。城固县、洋县及西乡县三县的交汇处,汉阴县、安康市的中部地区、商州市东部、洛南县的西部、岚皋县的南部以及镇平县的南部地区,主要以草地为主,年均 NPP 的变化值增加比较平稳,其值在 $0 \sim 0.1 \text{ t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ 之间。汉中市西部的大片区域、商州市的西北部及东南部,这些地区以林地和灌丛为主,年均 NPP 变化增长较快,其年均增长量在 $0.40 \sim 0.85 \text{ t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ 之间。安康市的大片区域以及商州市的中部,年均 NPP 增长较缓慢,其值变化范围在 $0.10 \sim 0.40 \text{ t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ 之间。

2.4 植被净初级生产力的年际各月空间格局

根据陕南地区 2000—2010 年 4、7 和 10 月份 NPP 的变化趋势分析可知,陕南地区 2000—2010 年 4 月份的 NPP 变化总趋势在增长。从行政区划看,陕南西部宁强县西北部及略阳县的中部地区增加趋势明显,NPP 增长量大于 $0.5 \text{ t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$,宁强县、略阳县大部分地区、留坝县、石泉县和商州县的部分地区月平均 NPP 增长较快,增长量在 $0.3 \sim 0.5 \text{ t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ 之间,汉中市东部、安康市的大部分地区及商州市的 NPP 变化比较平缓,其值在 $0 \sim 0.3 \text{ t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ 之间,洛南县的大部分地区 NPP 量在减少,其值为 $-0.37 \sim 0 \text{ t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ 。陕南地区 2000—2010 年 7 月份的 NPP 变化,汉中市西部及商州市西部 NPP 增长量较明显,其增长量在 $0.2 \sim 0.89 \text{ t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ 之间,尤其是宁强县和略阳县,土里利用类型以落叶阔叶林和常绿针叶林为主。镇巴县周边、西乡县的南部及洋县北部的 NPP 减少较为明显,其减少量在 $0.39 \sim 1.0 \text{ t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ 之间。陕南地区 2000—2010 年 10 月份的 NPP 变化,商州市西北部及留坝县的 NPP 增长较为明显,其增长量在 $0.095 \sim 0.31 \text{ t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ 之间。汉中市中东部的大片区域其 NPP 减少量较明显,减少量为 $0.02 \sim 0.18 \text{ t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ 。其余地区 NPP 的增减趋势比较平缓。

与年际各月的空间变化相比较,从 NPP 值的变化幅度来看,年际变化的幅度最大。在空间格局的变化中,无论是年际变化还是年际各月份的变化,汉中

市西部的宁强县和略阳县的 NPP 变化趋势都是增长,汉中市的中东部和安康的中西部大部分地区 NPP 的增减变化不明显。年际各月变化中,4 月份汉中市西部的宁强县和略阳县 NPP 月平均增长明显,7 月份汉中市西部的商州市的西北部增长较快,10 月份商州市的西北部变化较为明显。

3 结果讨论

陕南地区的 NPP 年际年内变化特征中,各个土地利用类型 NPP 的平均变化排列顺序依次为:林地 > 灌丛 > 草地 > 耕地 > 其它类型。在气温、降水及太阳辐射等气候条件相同的情况下,各个用地类型中,叶片密集度、叶面积指数大的用地类型,光合作用的能力强,积累的 NPP 就多,计算结果与实际情况相符。在空间分布规律的变化中,NPP 的增减情况主要受到气温、降水和植被类型的影响,气温降水是植被生长的必要条件,所以气温高降水多的地方植被生长茂盛,光合作用强,积累的 NPP 多,在自然条件相同的条件下,则是植被覆盖类型决定 NPP 的增减状况。NPP 增减的除了上述的自然原因外还有人为原因,如人类活动对农田施加化肥可以促使农田 NPP 的增长。大气变暖使其空气中的二氧化碳含量增多,促使植被进行光合作用,也使得植被的 NPP 增长。与此同时,由于国家政策要求,为了涵养水源、水土保持,使得部分地区退耕还林,使得该地区的 NPP 有所减少。

本研究利用 2000—2010 年 SPOT—NDVI 数据,分析了陕南地区不同年份、不同月份、不同植被类型的 NPP 时空变化,客观上反映了陕南地区 NPP 的时空变化特征。其一,NPP 的值主要由气象因素中的气温、降水及太阳辐射变化决定的。NPP 基于 GIS 空间计算,气温降水及太阳辐射数据的获取都是基于气象站点,从空间意义上来说呈点状分布,借助空间差值技术把点状分布拓展成整个面状数据参数,这样使得这些主要参数存在一定的数据误差。其二,NPP 基于植被归一化指数(NDVI)计算得到,而植被覆盖变化是自然条件与人类活动共同作用的结果,在计算过程中只考虑了自然因素的变化对 NPP 的影响。如土地利用数据的标准不一致,在模拟 NPP 时中只采用了 2009 年的土地利用数据,没有考虑土地利用变化对 NPP 的影响,这显然与实际情况不符,因此在后续研究中需要完善土地利用变化对 NPP 的影响。

植被净第一性生产力(NPP)的测算对陕南地区生态系统保护有一定的指导意义。秦巴山区 NPP 值的变化趋势客观地反映植被覆盖状况,在一定程度上

表现研究区的水土保持能力,水土流失会影响陕南地区水质,从而给引汉给渭工程提供了可靠依据。秦巴山区南坡的 NPP 值的变化体现其生物多样性的增减趋势,NPP 的测算对保护生物多样性有指导性作用,同时也能检验封山育林的效果。对陕南地区生态服务价值估算与生态安全评价有一定的指导意义。

4 结论

(1) 从土地生态系统净第一性生产力年际变化看,2000—2010 年间,各种土地利用类型的年均 NPP 均呈波动上升趋势,各类土地利用类型平均值排列顺序为:林地 > 灌丛 > 草地 > 耕地 > 其它类型。

(2) 从土地生态系统净第一性生产力年内变化看,各个土地利用类型的 NPP 在 2 月开始增长,同步在 7 月达到峰值,11 月至次年 1 月又回到最小值。各个土地利用类型月平均 NPP 的变化幅度由大到小依次为:林地 > 灌丛 > 草地 > 耕地 > 其它类型。

(3) 陕南地区植被净第一性生产力的年际空间变化表现为汉中市西部、商洛市的东部和西部地区年均 NPP 增长比较明显,其用地类型以落叶阔叶林为主。汉中市的中部以及安康市中部地区大部分地区年均 NPP 的增长量保持平稳,汉中市城固县与西乡县的交界处年均 NPP 的值减少比较明显,其它地区的年均 NPP 变化不明显。

(4) 陕南地区植被经初级生产力的各月空间表现为 4 月份汉中市西部的宁强县和略阳县 NPP 月平均增长明显,7 月份汉中市西部的商州市的西北部增长较快,10 月份商州市的西北部变化较为明显。

[参 考 文 献]

- [1] 张峰,周广胜,王玉辉.基于 CASA 模型的内蒙古典型草原植被净初级生产力动态模拟[J].植物生态学报,2008,32(4):786-797.
- [2] 高清竹,万运帆,李玉娥.藏北高寒草地 NPP 变化趋势及其对人类活动的响应[J].生态学报,2007,27(11):4612-4619.
- [3] 刘勇洪,权维俊,高燕虎.华北植被的净第一性生产力研究及其时空格局分析[J].自然资源学报,2010,25(4):564-573.
- [4] 黄耀,张稳,于永强.中国农业植被净初级生产力模拟 I [J].自然资源学报,2006,21(5):790-801.
- [5] 朱文泉,潘耀忠,张锦水.中国陆地植被净初级生产力遥感估算[J].植被生态学报,2007,31(3):413-424.
- [6] 朱锋,刘志明,王宗明.东北地区农田净初级生产力时空特征及其影响因素分析[J].资源科学,2010,32(11):2079-2084.

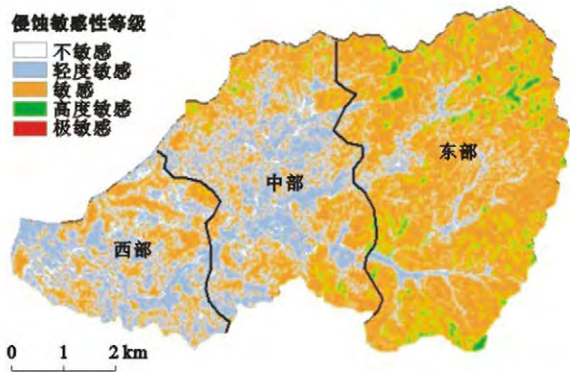
(下转第 94 页)

较,遮雨棚内黄瓜的品质优于日光温室,由于温室的密闭效应,温室内的空气相对湿度比较高,温室内光合有效辐射 PAR 为 700~850 $\mu\text{mol}/(\text{m}^{-2} \cdot \text{s})$,较遮雨棚降低了 7.8%~12.4%,弱光逆境是导致温室黄瓜品质下降的一个主要因素,可经常清洁棚膜保持表面清洁,采取辅助光源以及更新透光性良好的新型薄膜等有效措施改良其品质。

[参 考 文 献]

- [1] 程智慧. 蔬菜栽培学各论[M]. 北京:科学出版社,2010.
- [2] Guo Shenghu, Kong Dejie, Zhang Yuanpei, et al. Effects of different irrigation amounts on water consumption and water use efficiency of greenhouse cucumber[J]. *Agricultural Science & Technology*, 2010, 11(9):217-220.
- [3] 翟胜,梁银丽,王巨媛,等. 干旱半干旱地区日光温室黄瓜水分生产函数的研究[J]. *农业工程学报*, 2005, 21(4):136-139.
- [4] 李清明,邹志荣,郭晓冬,等. 不同灌溉上限对温室黄瓜初花期生长动态、产量及品质的影响[J]. *西北农林科技大学学报:自然科学版*, 2005, 33(4):47-51, 56.
- [5] Mao Xuesen, Liu Mengyu, Wang Xinyuan, et al. Effects of deficit irrigation on yield and water use of greenhouse grown cucumber in the North China Plain [J]. *Agricultural Water Management*, 2003, 61(3): 219-228.
- [6] 何华,杜社妮,梁银丽,等. 土壤水分条件对温室黄瓜需水规律和水分利用的影响[J]. *西北植物学报*, 2003, 23(8):1372-1376.
- [7] 张屹东,李秀杰,张志勇,等. 栽培方式对黄瓜品质的影响[J]. *河南农业科学*, 2001(12):22-23.
- [8] 贺超兴,舒海波,张志斌. 有机土基质栽培方式影响温室黄瓜产量品质的研究[J]. *江西农业学报*, 2010, 22(7): 56-59, 68.
- [9] 蔡莉莉,严少华,孙连飞,等. 三种不同栽培方式下黄瓜产量和品质及土壤养分的研究[J]. *上海农业学报*, 2008, 24(4):51-54.
- [10] 廖凯,范兴科. 黄瓜初花期适宜灌溉控制指标研究[J]. *干旱地区农业研究*, 2011, 29(3):48-52.
- [11] 曾睿,梁银丽,要晓玮,等. 不同水分条件下温室番茄土壤呼吸变异性分析[J]. *灌溉排水学报*, 2011, 30(6): 111-114.
- [12] 高俊凤. 植物生理学实验技术[M]. 陕西西安:世界图书出版公司,2000.
- [13] 翟胜,梁银丽,王巨媛,等. 土壤水分对日光温室黄瓜生长发育及光合特性的影响[J]. *中国农学通报*, 2005, 21(2):187-191.
- [14] 张自坤,刘作新,张颖,等. 日光温室黄瓜地下滴灌灌溉制度的试验研究[J]. *干旱地区农业研究*, 2008, 26(6): 76-81.
- [15] 王新元,李登顺,张喜英. 日光温室冬春茬黄瓜产量与灌水量的关系[J]. *中国蔬菜*, 1999(1):18-21.
- [7] Lieth H. Modeling the primary productivity of the world [J]. *Nature and Resources*, 1972, 8(2):5-10.
- [8] Lieth H, Box E. Evapotranspiration and Primary Productivity[C] // Thornthwaite W. Memorial Model, Publications in Climatology. New Jersey: C W Thornthwaite Associates, 1972:37-46.
- [9] Uchijima Z, Seino H. Agroclimatic evaluation of net primary productivity of natural vegetations (1): Chikugo model for evaluating net primary productivity[J]. *Journal of Agricultural Meteorology*, 1985, 540(4): 343-352.
- [10] 朱志辉. 自然植被净初级生产力估计模型[J]. *科学通报*, 1993, 38(15):1422-1426.
- [11] 周广胜,张新时. 自然植被净第一性生产力模型初探[J]. *植物生态学报*, 1995, 19(3):193-200.
- [12] 郑元润,周广胜,张新时,等. 农业生产力模型初探[J]. *植物学报*, 1997, 39(9):831-836.
- [13] Lin Huilong. A new model of grassland net primary productivity(NPP) based on the integrated orderly classification system of grassland[C]. Xi'an: The 6th International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery, 2009:52-56.
- [14] 刘勇洪,权维俊,高燕虎. 华北植被的净第一生产力研究及其时空格局分析[J]. *自然资源学报*, 2010, 25(4): 564-573.
- [15] 李小燕,任志远,张翀. 陕南气温变化时空分布研究[J]. *资源科学*, 2012, 25(4):564-573.
- [16] 魏伟,石培基,赵军. 石羊河流域海拔、植被覆盖与景观类型空间关系研究[J]. *干旱区地理*, 2012, 35(1):91-98.
- [17] 陈鹏翔,毛炜峰. 基于 GIS 的新疆气温数据栅格化方法研究[J]. *干旱区地理*, 2012, 35(3):438-445.
- [18] 李晶,任志远. 基于 GIS 的陕北黄土高原土地生态系统固碳释氧价值评价[J]. *中国农业科学*, 2011, 44(14): 2943-2950.
- [19] 朱文泉. 中国陆地生态系统植被净初级生产力遥感估算及其与气候变化关系研究[D]. 北京:北京师范大学, 2005.
- [20] 刘宪锋,任志远. 西北地区植被覆盖变化及其与气候因子的关系[J]. *资源科学*, 2012, 45(10):1954-1963.
- [21] 王芳,卓莉,陈建飞. 2000—2006 年广东省农田生物质能时空变化遥感分析[J]. *地理研究*, 2010, 29(12): 2223-22232.
- [22] 徐建华. 现代地理学中的数学方法[M]. 2 版. 北京:高等教育出版社,2002.

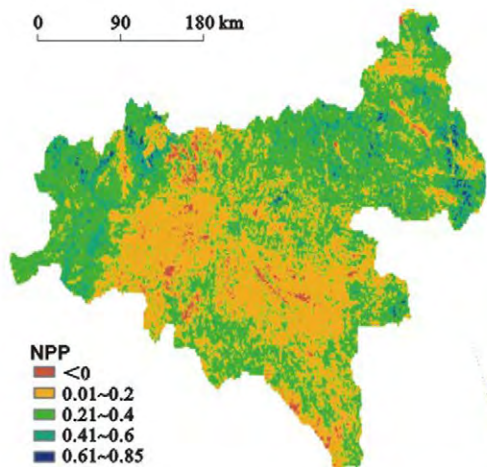
(上接第 90 页)



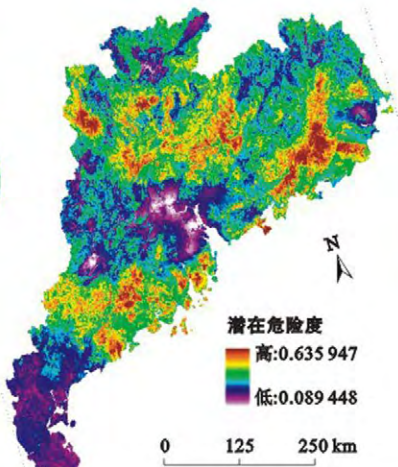
附图1 朱溪小流域土壤侵蚀敏感性综合评价



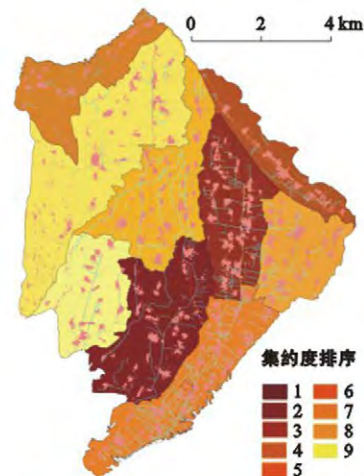
附图2 朱溪小流域土壤侵蚀现状



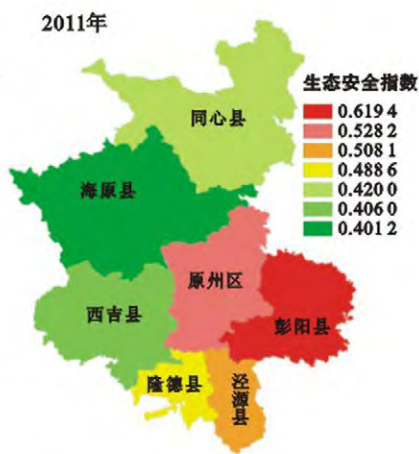
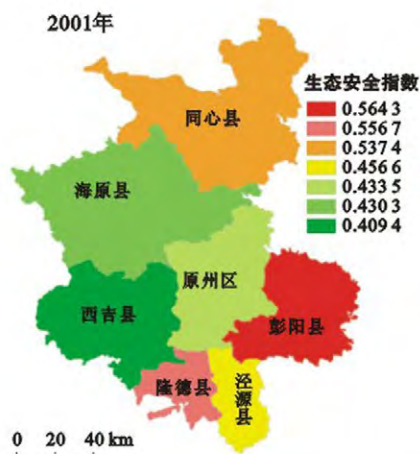
附图3 陕南地区植被净第一性生产力(NPP)变化趋势



附图4 广东省水土流失潜在危险度分布



附图5 甘肃省临夏县北塬地区农村建设用地集约度评价结果



附图6 宁夏六盘山连片特困区2001, 2007和2011年生态安全指数的空间分布