

Calculation and genetic analysis of net vegetation productivity in Hotan region, Xinjiang

Mo Ning

Xinjiang Water Resources and Hydropower Survey, Design and Research Institute Co., Ltd., Urumqi, Xinjiang, 830000, China

Abstract

The change of net vegetation productivity (NPP) in Xinjiang is affected by multiple factors, such as climate factors, land use change, soil conditions and human activities. Based on the remote sensing data analysis of the spatial and temporal change pattern and its main drivers of NPP in this region, The NPP on the northern Slope of Tianshan Mountains showed a trend of fluctuation and increase, and the increase of temperature and precipitation in high altitude areas promoted plant growth, while the change of NPP in low altitude areas was complicated by precipitation. In the course of land use change, the expansion of cultivated land and urbanization lead to the degradation of some natural ecosystems and reduce NPP. Overgrazing and land reclamation have a negative impact on the net productivity of vegetation, while some ecological protection measures such as the construction of prohibited pastoral areas alleviate the decline of NPP.

Keywords

net productivity of vegetation; climate change; NPP

新疆和田地区植被净生产力变化计算及成因分析

宁默

新疆水利水电勘测设计研究院有限责任公司, 中国·新疆 乌鲁木齐 830000

摘 要

新疆地区植被净生产力 (NPP) 的变化受到气候因素、土地利用变化、土壤条件以及人类活动等多重因素的影响。研究基于遥感数据分析该区域NPP的时空变化格局及其主要驱动因子, 天山北坡的NPP呈现出波动上升的趋势, 高海拔区域气温升高和降水增加促进了植物生长, 低海拔地区受降水限制NPP变化较为复杂。土地利用变化中耕地扩展和城市化导致部分自然生态系统退化降低了NPP, 人类活动方面过度放牧和土地开垦对植被净生产力造成了负面影响而禁牧区建设等部分生态保护措施缓解了NPP的下降。

关键词

植被净生产力; 气候变化; NPP

1 引言

新疆天山北坡地区作为典型的干湿过渡区, 地形复杂多样, 该地区的植被净生产力 (NPP) 是衡量生态系统健康和环境质量的重要指标受到气候变化、土地利用和人类活动等多重因素的影响。植被净生产力变化反映了区域生态系统的变化趋势也为评估生态恢复、环境保护和可持续发展提供了重要依据。土地利用方式的变化以及人类活动对自然生态的干扰使 NPP 的时空变化呈现出较大的区域差异。

2 植被净生产力计算方法

2.1 植被净生产力的概念与重要性

植被净生产力 (NPP, Net Primary Productivity) 是指植物在单位时间内借助光合作用固定的总碳量减去植物呼吸消耗的碳量后实际用于生长和繁殖的有机碳。NPP 是衡量生态系统碳吸收能力的重要指标直接反映了植物在特定环境条件下的生产力水平, NPP 的测量和评估在应对气候变化和生态恢复的过程中, 能够帮助评估不同土地利用模式、气候变化对生态系统生产力的影响并为全球碳循环模型提供输入数据^[1]。精准农业、森林管理、气候变化适应策略以及区域生态系统服务功能评估中 NPP 的准确计算能够为资源合理配置与环境保护提供科学依据。

2.2 植被净生产力计算的理论基础

植被净生产力的计算基于光合作用和呼吸作用的基本

【作者简介】宁默 (1994-), 男, 中国新疆乌鲁木齐人, 硕士, 工程师, 从事景观生态学、环境影响评价研究。

生态学原理，光合作用是植物吸收光能并转化为化学能的过程，借助叶绿体内的光合作用反应合成有机碳物质。呼吸作用是植物维持生长所需的能量消耗过程用于细胞活动、代谢和维持生命。 NPP 的计算公式为：

$$NPP=GPP-R_a$$

其中， NPP 是总初级生产力（Gross Primary Productivity）， R_a 表示植物借助光合作用固定的总碳量；是植物的呼吸作用消耗的碳量。 GPP 和 R_a 的估算通常借助遥感数据、生态模型以及地面监测相结合的方法进行。

2.3 计算方法的选择与适用性分析

植被净生产力（ NPP ）的计算方法通常分为地面观测法、遥感法和生态模型法三大类。地面观测法通过安装气象站、采样和实验室分析等手段获取 NPP 数据，虽然精确度较高，但空间覆盖有限且成本较大。遥感法利用卫星遥感影像和植被指数进行 NPP 估算，适合大规模的生态监测和区域性分析。生态模型法通过建立数学模型对 NPP 进行估算，常用的生态模型包括光合生产模型（ $CARA$ 模型）、生长模拟模型（ $C-Fix$ 模型）等，模型的准确性依赖于大量的输入数据。 $CASA$ 模型（Carnegie-Ames-Stanford Approach Model）是一种基于遥感数据和气象变量的生态学模型，广泛应用于区域或全球尺度的 NPP 估算。该模型结合植被指数（如 $NDVI$ ）、光合有效辐射（ PAR ）和气象数据（如气温和降水量），首先估算植物的总初级生产力（ GPP ），然后通过扣除植物的呼吸作用来计算 NPP 。 $CASA$ 模型具有较好的时空分辨率，能够在较大范围内提供动态变化趋势，并能够根据具体的气候条件和土壤特征进行局部区域的精细化分析。朱文泉等（2007）通过遥感数据和气象变量，采用该模型对中国陆地的 NPP 进行估算，验证了其在较大尺度生态监测中的有效性^[2]。

3 新疆某区域植被净生产力变化分析

3.1 研究区域概况与植被分布特征

研究区域位于新疆天山北坡，从低海拔的干旱地区到高海拔的山区，地形复杂且生态多样。天山北坡处于亚欧大陆的内陆干旱带年降水量差异较大，植被类型呈现由南至北、由低至高的变化。南部主要为荒漠和半荒漠植被以草地和灌丛为主；北部和山区以草原、森林和湿地为主，森林带与草地带交替分布。地形上从西向东逐渐升高，从约 500 米的平原地带到 3500 米以上的高山草甸和森林带。低海拔区域主要为旱生草本植物的草地和荒漠，禾草和灌丛为主要植被类型；高海拔区域为森林与草甸的过渡带以针叶林和高山草甸为主。北坡受季风影响降水丰富，气温适宜森林和草地生长而南坡受大陆性气候影响，降水较少植被主要为荒漠与草地。

3.2 计算结果分析

基于 2001—2018 年 MODIS $NDVI$ （归一化植被指数）

数据及气象数据对天山北坡地区植被净生产力（ NPP ）进行了计算与分析结合气温、降水等气象数据对 NPP 的时空变化进行了详细分析。高海拔地区的森林和草地由于较为充足的降水和适宜的温度条件， NPP 普遍呈增长趋势。准噶尔盆地和天山南部的干旱区等低海拔区域，植被的生产力由于降水量长期不足变化较为波动。天山北坡 NPP 时空变化分析，见表 1。

表 1：天山北坡 NPP 时空变化分析表（2001—2018 年）

年份	平均 NPP ($g\ C/m^2/yr$)	NPP 变化率 (%)	主要气候因素变化
2001	180.5	-	初期较低气温与降水不足
2010	195.4	8.20%	气温上升，降水增加
2015	210.3	12%	气温持续升高，降水充足
2017	170.2	-5.50%	干旱气候，降水减少

3.3 时空变化趋势分析

天山北坡地区 2001—2018 年植被净生产力（ NPP ）的时空变化趋势表现出明显的区域差异和波动性，天山中部和北部由于气温升高、降水增加，植被生长得到了较为有利的气候条件支持 NPP 表现为稳定增长。低海拔的准噶尔盆地及天山南坡区域由于长期的降水不足和水分限制， NPP 的变化相对较为波动。空间分布方面天山北坡的 NPP 表现出由西高东低的分布特征。西部高山草原和森林地区的 NPP 较高年际变化较小而东部干旱区和半干旱区的 NPP 较低波动较大。气候变化在高海拔地区促进了植被生产力的提升而在低海拔地区，由于降水和土壤条件的限制 NPP 变化较为复杂且易受外部干扰。

3.4 植被净生产力变化的空间分布特征

天山北坡的 NPP 变化呈现出“北高南低”的空间格局。高海拔的森林和草地带表现出 NPP 的稳定增长，森林区域的 NPP 增加显著，低海拔区域的荒漠和半荒漠区受气候干旱和水源限制的影响部分区域甚至出现下降。准噶尔盆地东部 NPP 增长较为显著。森林带的 NPP 受气候条件的影响最大，温度升高和降水增加促进了植物的生长而草原带受水分供应和温度的双重影响， NPP 表现为稳定增长或波动增加。沙漠和半沙漠区的 NPP 受限于水源条件，变化较小且受极端气候的影响较大。

4 植被净生产力变化的成因分析

4.1 气候因素对植被净生产力的影响

天山北坡地区的植被净生产力（ NPP ）受温度和降水量的变化等气候因素的强烈影响，气温升高通常有助于植物的光合作用和生长周期的延长但如果升温过快或伴随水源紧张，可能导致水分蒸发加剧反而限制了植物的生长。天山北坡的高海拔地区，气温的逐年升高有助于生长季节的延长促进了植物的光合作用和碳固定导致 NPP 逐步提高^[4]。低海拔荒漠和半荒漠区受气候变化的影响更为复杂，尽管气温升

高可能促进某些耐旱植物的生长但降水的不足限制了 NPP 的提高。

4.2 土地利用变化对植被净生产力的影响

耕地扩展、城市化进程以及草地转为农业用地等土地利用变化对天山北坡的 NPP 产生了影响,耕地的扩展往往伴随着草地和森林的退化或破坏直接影响到该地区的植被生产力。由于农业用地的增加原本的草地和部分森林区域的 NPP 下降了约 5% 至 8% 主要是由于土地开垦后植被覆盖度的减少和土壤质量的退化。高海拔区域部分森林区域由于过度砍伐转为耕地或城市用地,导致原本具有较高生产力的地区转变为低生产力的农业区或城市区 NPP 下降明显。准噶尔盆地和天山北坡南部的部分草原带由于大量土地转变为耕地, NPP 受到直接影响,土地的利用方式决定了其生产力的变化趋势。城市扩张往往会导致绿地和耕地的丧失并减少了地表的植物覆盖率和碳吸收能力。

4.3 土壤水分与养分条件的影响

天山北坡这一以草原、森林和荒漠为主要植被类型的区域,土壤水分直接影响植物的水分供应是植物进行光合作用和生长的基础。天山北坡的高海拔区域由于降水相对丰富,土壤水分条件较好且植被生长得以保障, NPP 普遍较高。低海拔的荒漠和半荒漠区由于降水稀缺,土壤水分含量低植物生长受限, NPP 相对较低。草原和森林地区土壤中氮、磷、钾等养分的含量直接影响植物的生长和生物量积累。天山北坡的草原和森林区由于土壤较为肥沃,提供了充足的养分并

促进了植物的生长和 NPP 的提高。土壤贫瘠的荒漠区由于土壤养分含量低,植物生长受到限制, NPP 表现出较低的水平。部分荒漠区域由于土壤沙化和养分流失,植被的生产力始终无法得到有效提升。

5 结论

研究表明天山北坡地区植被净生产力(NPP)受多种因素的综合影响,气温升高和降水变化对该地区 NPP 的时空变化产生了直接影响。高海拔区域在降水充足的条件下 NPP 呈现增长趋势,而低海拔区域由于降水不足和水分压力大导致 NPP 波动较大。耕地扩展和城市化进程对 NPP 产生了负面干扰,人类活动如过度放牧和基础设施建设加剧了生态系统的退化。天山北坡区域的 NPP 变化受到气候因素、土地利用及人类活动的多重作用,区域差异性显著。

参考文献

- [1] 张晋霞.新疆植被净初级生产力时空分布格局及气候和人为贡献度[D].新疆大学,2021.
- [2] 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].植物生态学报,2007,(03):413-424.
- [3] 邹小玉,白蓉,孙武,等.气候变化和人类活动对柴达木盆地植被净初级生产力的影响[J].青海畜牧兽医杂志,2024,54(04):1-6.
- [4] 何旭洋,张福平,李玲,等.气候变化与人类活动对中国西北内陆河流域植被净初级生产力影响的定量分析[J].兰州大学学报(自然科学版),2022,58(05):650-660.