

文章编号: 2096-1618(2021)03-0323-07

近十年成都平原经济区植被净初级生产力 时空格局变化及其影响因子

王博为¹, 王维佳², 杨杰¹, 李晓敏¹, 冯晓¹

(1. 四川省气象灾害防御技术中心, 四川 成都 610072; 2. 四川省成都市气象局, 四川 成都 610072)

摘要:针对全面且量化地掌握成都平原经济区植被生态系统状况,为区域生态环境管治提供科学理论依据,利用 MODIS(moderate-resolution imaging spectroradiometer)净初级生产力(net primary productivity, NPP)数据产品,结合趋势分析、相关性分析等方法,剖析 NPP 的时空变化和变异特征,并讨论自然地理要素(气候、地形、土地利用、土壤、植被)等对 NPP 的影响。结果表明:成都平原经济区 NPP 空间格局差异明显,总体呈现自东向西递增的趋势。近十年成都平原经济区年表现为正向变化趋势,NPP 年均值为 $619.24 \text{ g C} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ (年均单位面积内固定的碳 C 的克数 g)。受城市群影响较大的盆地地区生态情况得到极大改善,NPP 显著上升,而湿地的生态状况改善有待时日。从气候角度看,NPP 的积累主要受到温度的影响,但是其变化更受降水的调控。同时,复杂的地形反而能给植被提供更好的生长环境。土壤的肥力、植被的群落结构和年龄也直接影响植被的干物质积累能力,人类的干扰也隐含其中。生态建设政策的实施和自然地理要素的变化能综合调控 NPP 的变化,还能维持成都平原经济区碳库的相对稳定。大气和植被生态系统之间存在双向反馈关系。

关键词:气象应用;生态遥感;NPP;影响因子;成都平原经济区;时空变化

中图分类号:S718.556

文献标志码:A

doi:10.16836/j.cnki.jcuit.2021.03.014

0 引言

理解陆地生态系统与气候变化的相互耦合作用,研究植被净初级生产力对全球变化的响应,能进一步加深基础生态学理论研究。研究植被碳循环机制,估算植被碳储量对系统分析植被在全球气候变化中的贡献和生态价值,以及全球碳收支平衡具有重要意义^[1]。

基础生态学研究从个体到群落,经历了漫长的道路。基于实测数据,许多研究利用气候生产力模型、生物地球化学模型或者光能利用率模型,结合趋势分析、变率分析等方法研究植被 NPP(net primary productivity)的时空分布变化特征及其对气候的响应规律,并对各类模型的生态过程进行了比较。由于站点的数量和分布制约了研究范围的拓展,推动了以卫星资料为基础的大范围 NPP 估算研究,发现土壤类型、地形因子、植被类型对植被 NPP 的影响,以及人类活动对 NPP 具有双重扰动性^[1-2]。野外采样结果与模拟结果之间的明显相关性,加深了遥感在生态建设评价中的应用。生态系统如何响应和反馈全球气候变化,已成为国内外研究的热点之一,对生态安全屏障建设有重要指导意义。上述研究为 NPP 的时空格局分析、影响因子和估算模型提供了有效参考。

对于城市竞争力来说,人才、科技、教育是城市竞争力的核心,而文化和生态则是城市可持续发展的基石。在中国社科院与联合国人居署联合发布的《全球城市竞争力报告》中,生活环境被作为影响城市可持续竞争力的重要因素之一,报告还指出,城市生活环境优势为新兴经济体城市提升全球经济竞争力创造基础。在诸多因素中,唯有环境的竞争力是不可改变的,而且具有不可再生性。强劲的经济和良好的自然资源使成都的吸引力不断增强,近年来成都城市竞争力也有突飞猛进的提升。因此,研究成都平原经济区长时间序列 NPP 的时空演化,分析气候因素、环境因素与 NPP 的相关关系,对于全面且量化地掌握成都平原经济区的植被生态系统状况和区域碳循环具有重要意义。

早在 21 世纪初的城市规划中,成都市便建立了以整个成都平原为基底,构建城市生态大格局的概念,以东边的龙泉山脉、西边的龙门山脉为两大生态屏障防止城市建设无序蔓延。通过楔形绿地将生态保护区与城市建设区域进行划分,并使生态建设区域深入城市内部。以现今的第二绕城生态区、第一绕城环城生态区构建两个环状生态廊道,将独立的生态绿楔、江岷江水系网、沱江水系网进行有机的串联,形成立体的城市生态体系。生态大格局的确立,避免了城市的无序扩张,也使得整个成都平原的生态基底能够融入城市之中,城市建设与生态建设形成立体、有机的结合。

收稿日期:2020-05-03

基金项目:四川省科技计划资助项目(2019YJ0621);高原与盆地暴雨旱涝灾害四川省重点实验室科技发展基金资助项目(SCQXKJQN2019022)

为量化地掌握成都平原经济区的植被生态系统状况,结合遥感快速、综合、大面积的特点,利用 MODIS(moderate-resolution imaging spectroradiometer)产品对成都平原经济区的 NPP 进行时空格局分析。MOD17A2H 是基于 MODIS 遥感参数,参考 Biome-BGC 模型建立的全球陆地植被净初级生产力模型得到的植被总初级生产力合成数据,该产品已被证明对模拟 NPP 数据精度效果较好^[2],广泛应用于全球和区域 NPP 以及碳循环研究中。利用 MOD17A2H 数据分析成都平原经济区 NPP 的时空变化以及各类自然地理要素对其的影响,有利于深入了解成都平原经济区的变化,能为区域水土保持、水源涵养、城市生态发展和生态环境治理等提供切实可行的理论依据。

1 资料和方法

1.1 研究区概况

成都平原经济区地处长江上游,是高山冰原带到中亚热带的自然过渡带,动植物类型丰富,水系众多,是长江上游最大的经济核心区,其生态环境对长江流域影响极大,几乎影响长江沿岸所有经济区和城市。相对于中国其他经济核心区而言,成都平原经济区周边的山地和丘陵,地形复杂,海拔高(图1),垂直自然带发育,不利于生产和生活,客观上更好地保持了区域生态的原始性,对生物多样性的保护极为有利;而中部的成都平原利于经济区的集聚,城市群发展迅速,以上地貌特点利于形成经济发展密集区和生态功能保护区,环境与经济的协调发展不仅是成都平原经济区的需要,还可以为其他地区的可持续发展提供借鉴。

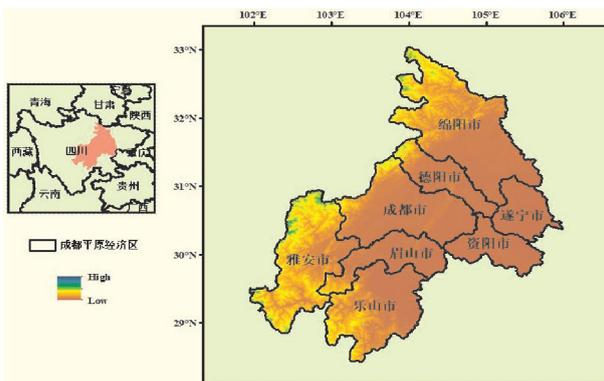


图1 成都平原经济区地理位置

1.2 数据处理与研究方法

遥感数据来自美国 LAADS Web(level 1 and atmosphere archive and distribution system)下载的 2010-2019 年 MOD17A2H 和 MCD12Q1 数据^[3],MOD17A2H 数据是空间分辨率为 500 m 的 8 天合成总初级生产力

产品,单位转换为 $\text{g C} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ (年均单位面积内固定的碳 C 的克数 g);MCD12Q1 数据是 MODIS Terra 和 Aqua 的 3 级土地覆盖类型产品,采用的是马里兰大学植被分类,准确性在 65% ~ 80%,其空间分辨率为 500 m。将上述数据进行格式转换、拼接、裁剪、重采样、单位转换等预处理,整合为成都平原经济区 2010-2019 年 NPP 年均值空间栅格数据集。夜光数据采用中国科学院中国遥感卫星地面站的夜光产品^[4],该产品是基于美国 Suomi-NPP 卫星的地球夜光数据制作的全球高清夜光年度产品。

气象数据包括研究区内 2010-2019 年 2089 个气象站点的月降水量和月均温数据,进行统计平均为年均值后,利用克里金插值方法转化为空间栅格数据集,时间分辨率与遥感数据匹配一致。

数字高程模型(DEM)数据来自地理空间数据云^[5],并衍生得到坡度、坡向数据。地貌类型、土壤类型、土壤侵蚀数据和植被类型数据来自中国科学院资源环境科学数据中心^[6],利用空间提取、空间统计分析等方法,得到成都平原经济区的地表背景数据。

1.3 研究方法

1.3.1 基于像元的趋势分析

采用趋势对比法分析植被 NPP 的变化方向及变化速率,利用同一地区不同时相的图像差值衡量 NPP 年际变化的趋势和大小,NPP 与年份之间的线性关系,能体现成都平原经济区 NPP 在近十年的趋势倾向率。

1.3.2 变异系数

为研究空间数据的相对波动程度,采用变异系数分析 NPP 变化的稳定性^[7]:

$$C_v = \frac{1}{x} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - x)^2}{n-1}}$$

式中, C_v 为变异系数,其值越小,波动越小; x_i 为第 i 年 NPP; x 为近十年年 NPP 均值。

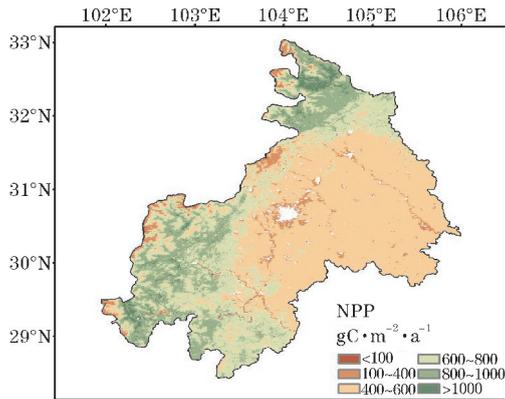
2 结果与分析

2.1 成都平原经济区 NPP 时空格局

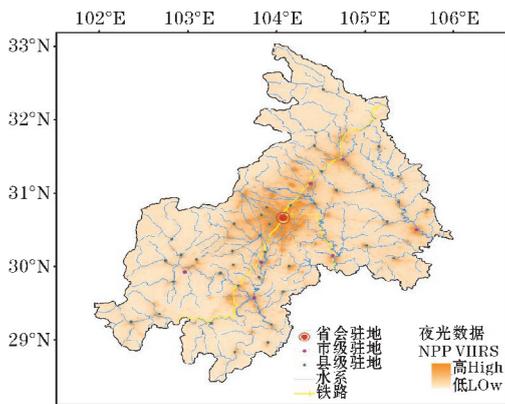
2.1.1 成都平原经济区 NPP 空间分布格局

近十年成都平原经济区的分布呈现自西北向东南减少的趋势(图2a),93%的地区 NPP 年均值在 $400 \sim 1000 \text{ g C} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$,根据气象行业标准中对 NPP 监测评价等级的划分标准^[8],低值区分布在盆地高度城市化的地区和盆地西部海拔 1800 m 以上的地区;而盆周西部平均海拔为 1585 m 的中山地区是 NPP 年均值的高值区。结合 NPP VIIRS 的夜光数据

(图 2b),城市越集中的地区 NPP 值越低。自古以来,城市傍水而立,因此河流沿线 NPP 值也较低。盆地东部地区城市区扩张迅速,自然植被较少,抗干扰能力较弱,NPP 分布在该空间上差异显著。



(a) 年均 NPP 分布



(b) 城市分布

图 2 近十年成都平原经济区年均 NPP 分布及城市分布

2.1.2 成都平原经济区 NPP 时空变化

已有研究表明:低纬度地区会更加温暖湿润,NPP 对气候的反馈也更为明显,是气候-植被变化的敏感区域^[7]。近十年,成都平原经济区 NPP 的时空格局变化分布也表现出一致的结果。总体来看,NPP 呈现明显的波动上升趋势。

时间上看,近十年的成都平原植被 NPP 整体呈现增加的趋势,生态保护工程的实施,有效改善了成都平原经济区的生态环境,但受气候因素的影响,NPP 年际波动较大(图 3),加之生态保护工程实施的规模与力度的影响,不同区域 NPP 年际变化趋势差异显著,成都市南部、东南部植被 NPP 明显减少(图 4a)。“东进、南拓、西控、北改、中优”是政府对城市发展规划所提出的新的理念,成都的城市格局迎来直接的变化,2016 年成都市建成区面积增长率达到全国第一,截止 2018 年成都已建成面积总量位于全国第八位。结合成都“南拓”地区近十年来的 NPP 明显减少的趋势,可以发现城市化进程的加快是造成 NPP 显著下降的重要原因之一。

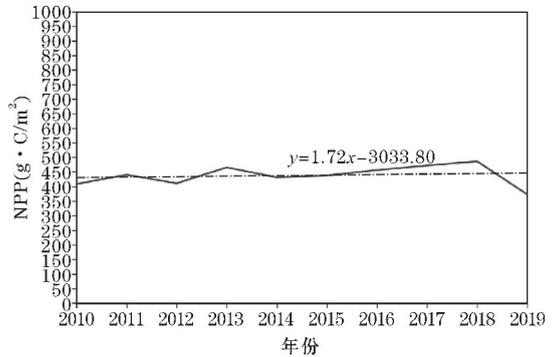
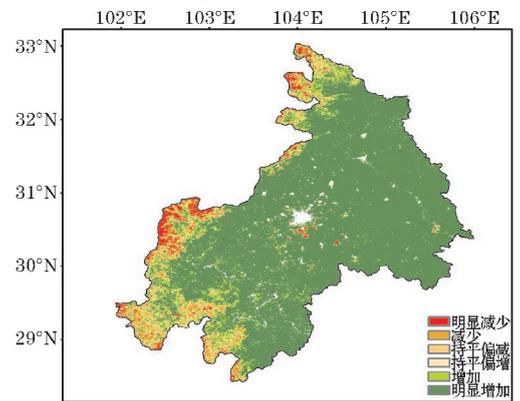
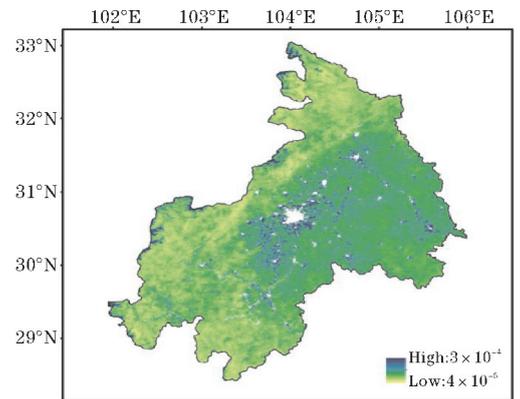


图 3 成都平原经济区 NPP 年际变化

变异系数能体现植被 NPP 空间稳定性,系统分析成都平原经济区 NPP 空间波动特征(图 4b),变异较大的地区主要位于成都平原经济区边缘海拔较高的地区和盆地城市化较为发达的地区,特别是成都市西南部、遂宁市南部和眉山市东部。通过统计分析,成都平原经济区 NPP 变异系数波动范围为 $4 \times 10^{-5} \sim 3 \times 10^{-4}$,其中 94.28% 的地区变异系数在 1×10^{-4} 以下,表明植被 NPP 空间分布虽有差异性,但保持相对稳定的状态,生态系统处于良性循环。结合 NPP 变化趋势,表明盆地城市群生态破坏现象较为突出,环境问题较为明显,因此该地区应加强建设管理,在经济发展和生态保护方面找到平衡点。



(a) 变化趋势



(b) 变异系数

图 4 近十年成都平原经济区 NPP 空间变化

2.2 影响因子

成都平原经济区自然环境和城市环境交织,影响

着 NPP 的时空格局演变。主要选取 4 类因子,分别为气候因子(气温、降水),地形(坡度、地貌),土壤(土壤类型、土壤侵蚀),土地利用、植被类型,研究近十年自然因素差异对成都平原经济区 NPP 的影响。

2.2.1 气候因子

在全球背景下,受到温室气体、气溶胶、太阳活动、土地利用变化(包括城市化)等人为和自然外强迫的干扰,大尺度海洋自然变率如厄尔尼诺-南方涛动(El Nino-southern oscillation, ENSO)和太平洋年代际振荡指数(Pacific decadal oscillation, PDO)等年际、年代尺度及更长时间尺度的内部气候变率的驱动^[9],成都平原经济区气候整体偏向冷湿化发展,年均温空间分布比较均匀,最低为4.13℃(图5a),年均降水量沿西南方向逐渐显著增加,最高为1498.31mm,在盆周地区有一个明显的降水带(图5b)。降水空间分布与植被 NPP 空间分布较为一致。

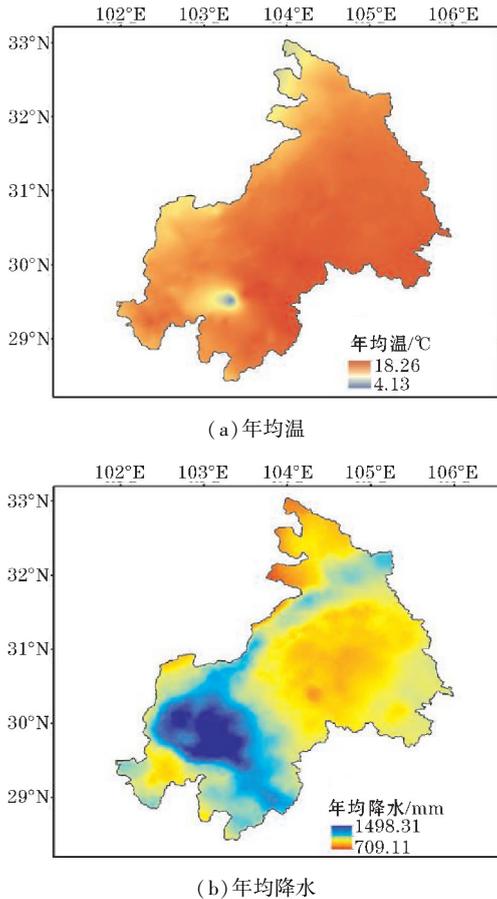


图5 成都平原经济区气候背景

分别按气温2℃,降水量100mm为间隔,进一步分析气温、降水与NPP之间的内在联系,结果如图6所示。单从温度变化来看,随着温度的升高,延长了植被的生长季,可以加速植被的代谢和土壤氮的矿化,从而增加NPP。从降水量变化来看,降水的适当增加,能补充土壤中的水分,为植被生长提供更好的条件。一旦降水增加,大气中云量增加,大气对太阳辐射的削弱增加,到达地面的太阳辐射减少,因此过多的降水致使地表温度降低并使植被接收到的太阳辐射减少,光合作用被削弱,NPP降低。而降水量对植被NPP的负面影响在1000~1100mm和1400mm以上两个区间较大,区间对应的地理位置恰好是盆周地区的降水带和“雨城”雅安,近十年该地区气候偏冷湿化,更加不利于植被的干物质积累。总的来讲,成都平原经济区NPP的积累主导因素是温度,而其变化主要受降水的调控。

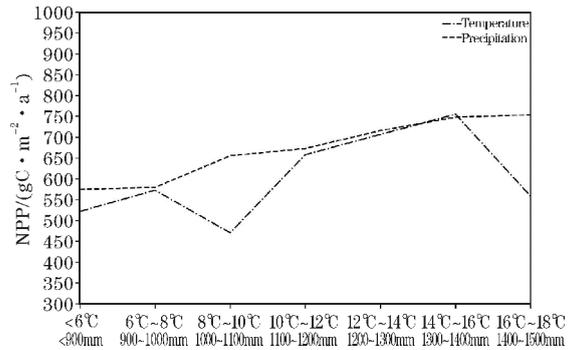


图6 成都平原经济区气候分区 NPP 变化

研究表明,近50年中国变暖速率加快,快速的城市化对某些局地温度升高有不同程度的影响。从1961年到2018年,年均降水量呈微弱增加趋势,降水变化趋势区域差异明显。成都平原经济区降水呈显著增多趋势,同时因下垫面性质不同、热状况各异,又有人类活动的影响等,会形成小范围特有的气候状况,小气候中的温度、湿度、光照、通风等条件,也会直接影响植被的生长^[10]。因此,植被-大气之间是一种双向耦合模式^[11]。

2.2.2 地形因子

根据国际地理学会对坡度的分级标准,结合地貌类型空间分布数据,对成都平原经济区高程、坡度和地貌类型进行分级,并统计不同分类下的NPP均值,分析地形因子的影响,结果如表1所示。

表1 不同地形背景的NPP比较

		NPP/(g C · m ⁻² · a ⁻¹)						
坡度	平原(≤2°)	缓坡地(2°~5°)	斜坡地(5°~15°)	陡坡地(15°~25°)	急坡(25°~35°)	急陡坡(35°~55°)	垂直坡(>50°)	
	534.18	538.89	572.21	666.91	722.76	721.32	119.26	
地貌	无起伏	小起伏	中起伏	大起伏	极大起伏			
	525.35	618.95	785.31	678.70	240.69			

根据坡度地理分级,将坡度分为7个等级,盆地和盆周地区坡度存在明显的空间分异,成都平原经济区东部坡度平缓,盆周地区坡度增加。坡度在 35° 以下时,NPP随坡度的增加而升高(表1),可能是因为地势的险峻减少了城市发展对植被的破坏,另一方面,盆地城市较多,虽然盆周地形破碎, 35° 以下的地区是可农耕地,因此人类农耕的影响也一定程度上提高了植被NPP。城市发展模式由原来的单中心集聚、圈层式蔓延的发展模式变为多中心、生态型的城市发展格局,这一改变促进 15° 以下范围内的NPP显著提高。

成都平原经济区的地貌起伏度较小,中起伏度和大起伏度的地区NPP值较高,其分布范围内水热条件配合较好,加之地形复杂,受到人类、动物的影响又较少,为该地区的植被生长营造了较好的环境。从增幅变化的角度看,2010-2019年,平原、丘陵和小起伏地形的NPP的增幅最大,这些地区降水都增加,降水补充土壤水分,缓解干旱,延长植被生长季的同时,为植被生长发育提供了更好的水热环境。

2.2.3 土壤

土壤是植被生长发育的基质,土壤中所含的有机物、水分、矿物质的不同组合,直接影响植被的生长,而造成不同土壤背景下NPP的分布差异。黄棕壤、棕壤、黄壤、棕色针叶林土和暗棕壤的NPP值较高,这些土壤结构力松紧适度,土壤盐基物质较少,有机质主要以地表枯枝落叶形式进入土壤,肥力较为充足,宜林程度较高(表2)。四川盆地是中国紫色土分布最集中的地区(图7a),富含钙质(碳酸钙)和磷、钾等营养元素,土质肥沃,但紫色土水土流失快,风化也快(主要是物理崩解作用)。结合土壤侵蚀数据,成都平原经济区紫色土的分布地区均受到不同程度的水力侵蚀(图7b),其中34.72%的紫色土受到微度水力侵蚀,32.54%的紫色土受到轻度水力侵蚀,再加上城市扩张的影响,占比最大的紫色土植被NPP反而较低。水稻土广泛分布在成都平原,作物种植具有季节性且冠层高度较低,加上大面积的城市群影响,种种原因都导致

水稻土NPP较低。

成都平原经济区土壤的肥力、生物结构、酸碱度等在全球生态变化的背景下逐渐改变,气候变暖可以丰富土壤中的生物种类,提升土壤肥力;而氮磷沉降随降水的适度增加,给土壤提供了更多的化学养分。但是由于该地区土壤类型的特殊性,水力侵蚀的加剧,会进一步导致土壤流失的加剧,对保持土壤肥力和维持土地生产力基本稳定带来影响。

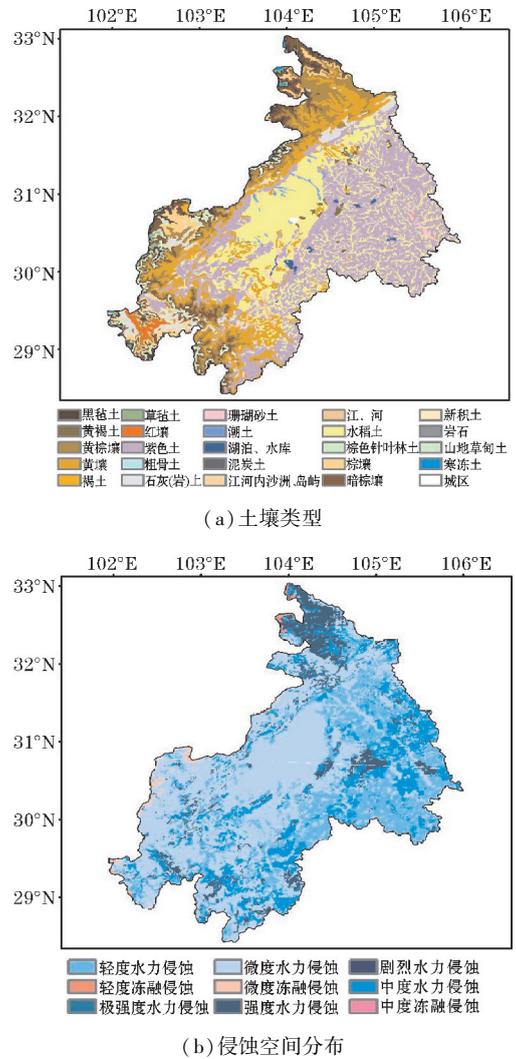


图7 成都平原经济区土壤类型及侵蚀空间分布

表2 不同土壤类型的NPP比较

单位: $g C \cdot m^{-2} \cdot a^{-1}$

土壤类型	紫色土	水稻土	黄壤	黄棕壤	暗棕壤	石灰(岩)土	棕壤	棕色针叶林土	黑毡土
NPP	575.14	540.26	725.16	777.98	688.94	735.82	792.55	635.82	519.57

2.2.4 土地利用、植被类型

土地利用类型生理特性不同,对气象条件的利用率不同,会影响NPP的变化。8类土地利用类型的NPP年际变化趋势平稳,永久湿地的波动变化最大,呈现明显的下降趋势。2009年成都正式确立了建设“世界生态田园城市”的历史定位和长远目标,截止2018

年成都平原经济区湿地面积增加48.65%,湿地生态系统的建立需要相当长的时间,十年时间对监测湿地NPP变化是远远不够的。

各项生态保护规划的实施,改变了土地利用类型:退耕还林增加了林地面积;“生态移民”、草原有害生物防控及合理放牧等工作的实施,一定程度上控制植

被退化^[12],近十年成都平原经济区的城市植被 NPP 增加了3.65%。各市县生态规划实施的力度、难度不同,生态恢复耗时长并受到地-气因子的综合影响,造成不同土地利用类型 NPP 的变化差异,说明成都平原经济区 NPP 的变化是气候和各相关因子共同影响的结果。

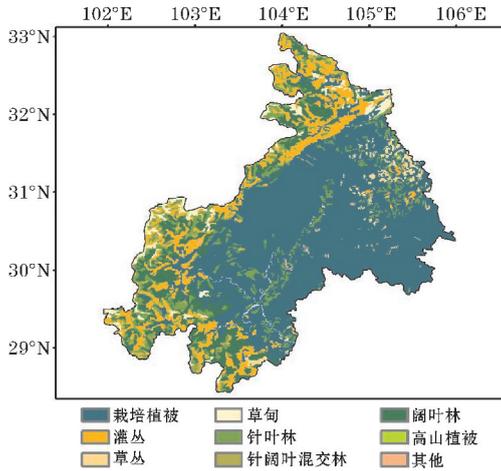


图8 成都平原经济区植被类型分布

表3 不同植被类型的 NPP 比较

单位: $g C \cdot m^{-2} \cdot a^{-1}$

植被类型	灌丛	草甸	针叶林	阔叶林	高山植被	栽培植被	针阔叶混交林	草丛
NPP	748.72	612.18	662.87	751.33	311.16	555.79	759.66	560.83

各类林地 NPP 不同是受到冠层高度、叶面积大小、树龄等的影响,草类 NPP 的不同是群落结构和地带性分布差异造成的结果。不同植被类型的 NPP 年际变化统计结果显示:草丛、栽培植被和灌丛受气候因子的影响,有明显的增幅。

值得注意的是,在成都平原经济区面积占比很高的栽培植被 NPP 多年均值较低,侧面说明了 NPP 的变化还受制于城市群的干扰。在生态文明建设等政策的支持下,栽培植被 NPP 年均值在近十年间有显著增加,说明通过人为促进植被生态环境恢复颇有成效。

3 结论与讨论

成都平原经济区植被 NPP 存在经纬度变化的格局,受到气候因子、自然地理要素、人类农业活动和城市群的影响。

(1)成都平原经济区 NPP 空间格局差异明显,受地带性气候、地形、植被等的综合影响,城市周围和海拔较高地区植被的抗干扰能力较弱,且在空间上分布不均匀。该分布特征与降水梯度变化保持了较好一致性。成都平原经济区近十年 NPP 有显著增加。

(2)成都平原经济区生态系统质量总体上呈现良性发展的态势且其区域差异明显,在生态型城市发展

结合植被类型数据(图8),进一步分析 NPP 与冠层、植被群落等植被类型因子之间的关系。成都平原经济区盆周植被的分布规律受制于水热条件的组合。由西南向东北,气候变化呈现由暖到冷、由湿到干的趋势,相应地分布着针阔叶混交林、灌丛、针叶林、草甸,以灌丛、针叶林、阔叶林为主要自然植被类型。盆地主要以栽培植被为主,龙泉山脉一带分布着自然针叶林,绵阳市和遂宁市有少许针叶林、灌丛和草丛分布。

自然植被中,针阔叶混交林、阔叶林、灌丛、针叶林的 NPP 均值较高(表3)。从植被类型的角度看,灌丛具有较为丰富的生产力,且分布在气候温润适宜的地区,生长条件优越。各类林区植被冠层较高,遮挡较少,能接收到更多的光能,阔叶林中植物叶片面积更大,更利于光能到生物能的整合,因此各类阔叶林的生产力普遍优于针叶林。从林龄的角度来看,中国分布的大部分针阔叶混交林为20~40年林龄,固碳能力正处于峰值,而分布在成都平原经济区的阔叶林、针叶林的年龄结构更偏向成熟林,有些林龄甚至大于120年,干物质积累能力自然远不如针阔叶混交林。

的政策实施下,盆地区域 NPP 显著上升,而边缘海拔较高的地区生态破坏现象突出,环境问题较为明显,应加强建设管理,人为促进该地区生态环境的恢复。

(3)NPP 的变化受到气候变化、自然地理要素以及人类活动的综合影响,各要素不仅能综合调控 NPP 的变化,还能维持成都平原经济区碳库的相对稳定,说明 NPP 与各类因子之间存在相互耦合的复杂关系。温度影响成都平原经济区 NPP 的积累,但是其变化更受降水调控。地形因子显著影响 NPP 的空间格局,复杂的地形反而能给植被提供更好的生长环境;含腐殖质较丰富的土壤能促进 NPP 的正向累积。自然变化和国家政策的实施,造成土地利用类型的改变,永久湿地 NPP 的年际变化波动最大,但是湿地面积增加48.65%,湿地生态系统的改善需要相当长的时间。

(4)植被净初级生产力是全球碳循环和能量流动的基础要素之一,是理解陆地生态系统与气候变化相互作用的基础,体现了群落结构、组织方式和生境的差异,具有重要的生态学意义。通过不同自然地理要素的 NPP 变化研究发现,成都平原经济区 NPP 受到的影响极其复杂。气候变化使自然植被生态系统改变,植被对气候变化的同步反馈进一步加剧了温室气体的增暖效应,还改变能量在地表的分配,减弱了近地面气流的上升运动,从而导致成都平原经济区南部降水增多,这些改变也引起其他

自然地理要素(土壤、植被类型)的变化。

(5)相对于巨大的植被 NPP 空间异质性,10 年的时间对于评估区域尺度上生态系统对长期气候变化的双向反馈显然不够长。生态系统与气候之间是多因子交织的双向耦合关系,自然地理要素的任一变化,都会影响局地环境变化,驱动因子的不确定性随时空改变。如何将生态系统 NPP 的驱动因子定量归因,是目前生态学发展的瓶颈问题。

参考文献:

- [1] 张继平,刘春兰,郝海广,等.基于 MODIS GPP/NPP 数据的三江源地区草地生态系统碳储量及碳汇量时空变化研究[J].生态环境学报,2016(1):8-13.
- [2] 张静,任志远.汉江流域植被净初级生产力时空格局及成因[J].生态学报,2016,36(23):7667-7677.
- [3] Steve Running, Qiaozhen Mu, Maosheng Zhao. MOD17A2H MODIS/Terra Gross Primary Productivity 8-Day L4 Global 500m SIN Grid. NASA LP DAAC [EB/OL]. <http://doi.org/10.5067/MODIS/MOD17A2H.006>,2015.

- [4] 中科院版全球高清夜光数据集[EB/OL]. <https://www.toutiao.com/i6556368171178131975/>.
- [5] 中国科学院计算机网络信息中心地理空间数据云平台[EB/OL]. <http://www.gscloud.cn>,2020.
- [6] 资源环境数据云平台[EB/OL]. <http://www.resdc.cn>,2020.
- [7] 戴黎聪,郭小伟,张法伟,等.青藏高原两种植被类型净初级生产力与气候因素的关系及周转值分析[J].生态学报,2019,39(14):5241-5251.
- [8] QX/T 494-2019,陆地植被气象与生态质量监测评价等级[S].
- [9] 中国气候变化蓝皮书(2019)[R].北京:中国气象局气候变化中心,2019.
- [10] 朴世龙,张宪洲,汪涛,等.青藏高原生态系统对气候变化的响应及其反馈[J].科学通报,2019,27:2842-2855.
- [11] 陈明,Pollard D.一个土壤-植被-大气双向耦合模式的发展及应用[J].科学通报,2005,48(z1):33-43.
- [12] 邵全琴,樊江文,刘纪远,等.基于目标的三江源生态保护和建设一期工程生态成效评估及政策建议[J].中国科学院院刊,2017(1):41-50.

Temporal and Spatial Pattern Change of Net Primary Productivity of Vegetation in Chengdu Plain Economic Zone and Influencing Factors in the Last Decade

WANG Bowei¹, WANG Weijia², YANG Jie¹, Li Xiaoming¹, Feng Xiao¹

(1. Meteorological disaster prevention technology center, Chengdu 610072, China; 2. Chengdu Meteorological Bureau, Chengdu 610072, China)

Abstract: In view of comprehensively and quantitatively mastering the status of vegetation ecosystem in Chengdu Plain Economic Zone, providing scientific theoretical basis for regional ecological environment management, we use MODIS (Modern-resolution Imaging Spectroradiometer) net primary productivity (Net Primary Productivities, NPP) data products, combined with trend analysis, correlation analysis, to analyze the temporal and spatial changes and variation characteristics of NPP, and discuss the impact of natural geographic elements (climate, terrain, land use, soil, vegetation type) on NPP. The results show that the spatial pattern of NPP in Chengdu Plain Economic Zone is obviously different, and it has a increasing trend from east to west. In last decade, Chengdu Plain Economic Zone shows a positive trend, with an average annual NPP value of $619.24 \text{ g C} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{A}^{-1}$ (grams of fixed carbon per unit area per year). The ecological situation of the basin area which is greatly affected by the urban agglomeration has been greatly improved, NPP has increased significantly, the improvement of wetland ecological situation still needs time. From the perspective of climate, the accumulation of NPP is mainly affected by temperature, but its change is more regulated by precipitation. At the same time, complex terrain can provide better growth environment for vegetation. Soil fertility, vegetation community structure and age also directly affect the dry matter accumulation ability of vegetation, and human interference is also implied. The implementation of ecological construction policy and the change of natural geographical factors can comprehensively control the change of NPP and maintain the relative stability of carbon pool in Chengdu Plain Economic Zone. There is a two-way feedback relationship between atmosphere and vegetation ecosystem.

Keywords: meteorological application; ecological remote sensing; NPP; impact factor; Chengdu Plain Economic Zone; temporal and spatial variation