宁夏罗山地区 2004—2015 年 NPP 时空变化及气候响应

王夏冰[1]，马 超[1,2]，陈登魁[1]，刘 畅[1]

(1. 河南理工大学 测绘与国土信息工程学院，河南 焦作 454000；
2. 河南理工大学 矿山空间信息国家测绘与地理信息局重点实验室，河南 焦作 454000)

摘 要：[目的] 揭示罗山保护区植被净初级生产力(NPP)变化规律及气候相关性，为宁夏回族自治区及其周边生态环境保护提供科学依据。[方法] 利用 MOD17A3H NPP(2004—2015 年)数据、SRTM DEM 和罗山周边气象站点(2004—2015 年)年均气温和降水数据，运用相关性分析、趋势分析、线性回归分析等方法，分析气候、人口、生态及移民政策等对研究区植被净初级生产力的影响，对区内 NPP 时空变化特征进行定量化分析。[结果] ①研究区内植被净初级生产力的变化与降水的相关性较高；在核心区，降水与 NPP 的相关系数 $R=0.609$，置信度 $p=0.036$；在非核心区，相关系数 $R=0.648$，置信度 $p=0.023$；②研究区 NPP 呈波动增长趋势，速率为 0.076 Pg/a(以 C 计)，高于全国 NPP 增长速率(0.008 Pg/a)；③2010—2015 年大罗山森林覆盖面积有所增长，NPP 介于 350～500 g/(m^2 · a)的森林面积是 2004—2009 年的 4 倍，小罗山方向基带植被由荒漠向荒漠草原转化；④研究区以 NPP 划分的生态格局主要以荒漠为主(64.9%)，荒漠草原次之(29.6%)，森林占比极低(0.38%)。[结论] 干旱区植被 NPP 高度依赖降水，罗山地区生态结构有所改善，但森林生态系统仍极端脆弱。

关键词：罗山自然保护区；植被净初级生产力(NPP)；气候变化；生态质量；生态结构

文献标识码：A **文章编号**：1000-288X(2018)06-0358-07 **中图分类号**：Q14，P467

文献参数：王夏冰，马超，陈登魁，等. 宁夏罗山地区 2004—2015 年 NPP 时空变化及气候响应[J]. 水土保持通报，2018，38(6)：358-364. DOI：10. 13961/j. cnki. stbctb. 20180928. 001. Wang Xiabing，Ma Chao，Chen Dengkui，et al. Spatiotemporal change of NPP and its response to climate over Luoshan region in Ningxia Hui Autonomous Region from 2004 to 2015[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation，2018，38(6)：358-364.

Spatiotemporal Change of NPP and Its Response to Climate over Luoshan Region in Ningxia Hui Autonomous Region from 2004 to 2015

WANG Xiabing[1]，MA Chao[1,2]，CHEN Dengkui[1]，LIU Chang[1]

(1. *School of Surveying and Land Information Engineering，He'nan Polytechnic University，Jiaozuo，He'nan* 454000，*China*；2. *Key Laboratory of Mine Spatial Information Technologies of SBSM，He'nan Polytechnic University，Jiaozuo，He'nan* 454000，*China*)

Abstract：[Objective] The net primary productivity(NPP) change and its correlation with climate over the Luoshan nature reserve were investigated in order to provide scientific basis for the ecological environment protection in Ningxia Hui Autonomous Region and its surrounding areas. [Methods] Based on the data including MOD17A3H NPP from 2004 to 2015，SRTM DEM，and annual average temperature and precipitation，and the methods including correlation analysis，trend analysis，and linear regression analysis，this study analyzed the spatiotemporal change characteristics of the NPP and the effects of climate，population，ecology，and immigration policy on the NPP. [Results] ① There had a high correlation between the NPP and annual

收稿日期：2018-05-10 **修回日期**：2018-07-12

资助项目：国家自然科学基金委员会与神华集团有限责任公司联合资助项目(U1261206；U1261106)；河南理工大学创新型科研团队(T2018-4)

第一作者：王夏冰(1994—)，女(汉族)，河南省新乡市人，硕士研究生，研究方向为沉陷区干涉测量，生态环境遥感。E-mail：1250884623@qq. com。

通讯作者：马超(1967—)，男(汉族)，内蒙古自治区克什克腾旗人，博士，教授，主要从事自然灾害遥感、生态环境遥感等方面的研究。E-mail：mac@hpu. edu. cn。

precipitation with correlation coefficients equaling to 0.609 and 0.648($p<0.05$) in the core and non-core areas, respectively; ② The NPP represented a fluctuating increasing trend with 0.076 Pg/a over the entire study area, which is higher than the NPP trend with 0.008 Pg/a over the China; ③ The forest area increased during 2010—2015 in the Daluoshan and the area of forest with NPP ranging from 350 to 500 g/(m^2 · a) was 4 times of that during 2004—2009; Baseline vegetation in the Xiaoluoshan was converted from desert to desert grassland; ④ The dominated ecological pattern determined by the NPP was the desert with area percent of 64.9%, followed by the desert grassland with 29.6% and the forestland with 0.38%. [Conclusion] The NPP of arid area is highly dependent on the precipitation. Although the ecological structure of the Luoshan region has been improved, the forest ecosystem there is still extremely fragile.

Keywords: Luoshan basin; net primary productivity(NPP); climate change; ecological quality; ecological structure

干旱区覆盖约 40%的地球陆地表面积,其净初级生产力约占全球植被净初级生产力总量的 40%,对全球气候变化和生态系统具有重要的调节作用[1]。中国西北干旱区地处中纬度地带的欧亚大陆腹地,包括内蒙古西部、甘肃西北部以及黄河宁夏段以西的宁夏回族自治区等地区,是对全球气候变化响应最敏感的地区之一[2-3]。宁夏回族自治区罗山国家级自然保护区位于毛乌素沙漠南缘,地处宁夏中部干旱带和经济贫困带,鄂尔多斯高原西部与黄土高原北部的衔接地带,是当地唯一的水源涵养林,是维系着周边近 20 多万回汉人民生产生活及十几万只家畜的生命水源区[4-7]。由于其独特的地理位置、自然条件和地形地貌,作为干旱带上的森林生态系统和动植物群落,具有脆弱性、孑遗性和稀有性[8]。罗山保护区脆弱的生态环境在某种程度上增强了对气候变化的敏感性,是全球气候变化的"指示器"。植被作为干旱区敏感的环境因素,植被覆盖变化的研究已成为揭示干旱区自然环境变化及其规律的重要手段[9-10]。植被净初级生产力(net primary productivity, NPP)是指绿色植物在单位时间单位面积上所积累的有机物数量,是由光合作用所产生的有机物总量(gross primary productivity, GPP)扣除自养呼吸(autotrophic respiration, RA)后的剩余部分[11]。NPP 表示植物光合作用产物固定和转化的效率,直接反映植物在自然环境条件下的生产能力,是评价生态系统结构与功能协调及生物圈人口承载力状况指标[12]。随着全球变化研究的不断深入,植被净初级生产力在研究全球变化对生态系统的影响、响应和对策中,成为一项不可缺少的指标及核心内容[13]。研究区文献调研发现,过去的研究大多关注保护区内动植物资源的抢救性保护、水资源利用现状分析等,而没有将保护区的植被生物量变化同气候变化、人类活动等因素相结合,获得区域生态演化规律。本文拟采用 MODIS NPP 数据集,利用研究区内 NPP 总量变化,核心区、非核心区 NPP 总量变化,研究区生态剖面的结构变化,分析 12 a植被生物量变化趋势与人口增长、气候变化的响应关系。旨在揭示罗山保护区植被演变规律及其与气候变化的相关性,以期为宁夏回族自治区及其周边生态环境的保护提供科学依据。

1　研究区与研究数据

1.1　研究区

罗山是宁夏回族自治区中部干旱带中一片自然孑遗的天然次生林区,位于宁夏回族集中的国家贫困县同心县和全国最大的生态移民开发区红寺堡交界区域[14]。由于地理位置的特殊性和生态系统的脆弱性[15],早在 1950 年便将罗山确立为自然保护区,1980 年被确定为国家水源涵养林区,1982 年 7 月 1 日建立省级罗山自然保护区,2002 年经国务院审批升级为国家级自然保护区(编号:宁 05)[16-17]。地理坐标为 37°11′—37°25′N,东经 106°04′—106°24′E,南北长 36 km,东西宽 18 km,海拔为 1 560～2 624.5 m,研究区总面积 337.10 km^2(其中核心区 96.45 km^2,占总面积的 28.61%,缓冲区 87.87 km^2,占总面积的 26.07%,试验区 152.78 km^2,占总面积的 45.32%)[18]。罗山介于贺兰山和六盘山中间地带,山顶浑圆,山坡陡峭,地表受流水切割十分破碎,黄土岩石大部分裸露。山间溪流多干涸,冲刷沟壑纵横,森林植被具有典型的过渡性、稀有性和自然性[19-20]。四周被荒漠所围,有"荒漠翡翠"的美誉,是研究荒漠地带森林生态系统的天然实验室。研究区年平均气温 8.8 ℃,无霜期 130～150 d,年平均降水量 261.8 mm,年平均蒸发量2 467.3 mm,是降水量的 9.4 倍,年平均相对湿度 49%[21]。罗山自然保护区处于干旱、半干旱荒漠过渡地带,属荒漠区域内森林生态系统类型的自然保护区。主要保护对象为以青海云杉、油松为代表的荒漠区域典型森林生态系统[21-23]。

1.2　研究数据

本研究所选用数据和资料包括:2004—2015 年

MOD17 A3 H NPP 数据(http://www.usgs.gov),分辨率为 500 m;数字高程模型数据:90 m 水平分辨率,1 m 垂直分辨率航天飞机雷达地形测绘使命数字高程模型(SRTM3 DEM,v4.0:ftp://e0 mss21 u.ecs.nasa.gov/srtm/);此外还有 1999 年 1∶25 万居民地、行政区划等基础地理信息;2004—2015 年的中国气象科学数据库中的全国气象资料(http://cdc.nmic.cn/home.do)。

MOD17A3H NPP 是基于 MODIS/TERRA 卫星遥感参数,通过 BIOME-BGC 模型计算出全球陆地植被净初级生产力年际变化数据集,目前已在不同区域的植被生长状况、生物量估算、环境监测和全球变化等研究中得到验证和广泛应用[24]。

2 结果分析

2.1 植被 NPP 分类提取

针对获取的 NPP 数据,进行 MRT 转换、研究区裁剪、掩膜、密度分割等操作,获得该区域时间跨度为 12 a(2004—2015 年)NPP 图像 12 期(图 1)。依据罗山自然保护区主要植被类型[23],对数据进行密度分割,森林、灌丛或耕地、荒漠草原、荒漠,分别对应 NPP g/(m² · a)阈值(350,500],(250,350],(150,250],[50,150]。

2.2 NPP 时间变化特征

2004—2015 年宁夏自治区罗山自然保护区植被净初级生产力(NPP)统计值(表 1)。研究区设置了以封山育林边界围栏为界限的核心区和非核心区。由表 1 可知,NPP 值呈波动增加趋势,非核心区面积是核心区面积的 2.6 倍,非核心区 NPP 之和约是核心区的 2 倍。

研究区内 NPP 在[50,150)内的荒漠面积占比呈现波动性减少趋势,由 2004 年面积占比 78.94% 减少到 2015 年的 58.65%,在 12 a 间最大变幅达 61.72%;荒漠草原由 17.95%增加至 36.25%,12 a 最大变幅为 45.24%;耕地或灌丛面积增加 1.99%,而森林面积除 2012 年以外,所占面积不足 1%。可见,罗山典型森林生态系统的保护与改善仍任重道远。

表 1 罗山自然保护区植被净初级生产力(NPP)统计

年份	核心区像素数				核心区 NPP 总和/($Pg \cdot a^{-1}$)	非核心区像素数				非核心区 NPP 总和/($Pg \cdot a^{-1}$)	研究区 NPP 总和/($Pg \cdot a^{-1}$)
	荒漠 [50,150)	荒漠草原 [150,250)	灌丛或耕地 [250,350)	森林 [350,500]		荒漠 [50,150)	荒漠草原 [150,250)	灌丛或耕地 [250,350)	森林 [350,500]		
2004	896	282	91	10	4.8×10^{7}	2 789	556	44	0	1.02×10^{8}	1.5×10^{8}
2005	1 136	124	19	0	3.4×10^{7}	3 083	303	1	0	7.2×10^{7}	1.06×10^{8}
2006	1 097	146	35	0	3.9×10^{7}	2 936	438	14	0	8.1×10^{7}	1.2×10^{8}
2007	789	454	37	0	4.6×10^{7}	2 824	548	14	0	9.6×10^{7}	1.42×10^{8}
2008	897	344	39	0	4.5×10^{7}	2 893	482	11	0	9×10^{7}	1.35×10^{8}
2009	701	515	62	1	4.9×10^{7}	2 918	462	7	0	9.1×10^{7}	1.4×10^{8}
2010	298	821	148	9	6.0×10^{7}	2 403	877	112	0	1.14×10^{8}	1.74×10^{8}
2011	587	596	96	1	5.2×10^{7}	2 613	720	53	0	1.04×10^{8}	1.56×10^{8}
2012	62	770	367	65	7.3×10^{7}	1 276	1 769	362	0	1.42×10^{8}	2.15×10^{8}
2013	95	1020	119	42	6.5×10^{7}	1 742	1 421	235	0	1.29×10^{8}	1.94×10^{8}
2014	36	894	282	63	7.1×10^{7}	1 547	1 344	486	14	1.42×10^{8}	2.13×10^{8}
2015	446	700	125	9	5.6×10^{7}	2 292	992	103	0	1.15×10^{8}	1.71×10^{8}

植被 NPP 随时间变化趋势(图 2)。2004—2015 年受“天保”工程Ⅰ,Ⅱ期、封山育林、人工造林等措施的影响,研究区年植被 NPP 呈明显的波动性增长趋势。核心区、非核心区以及研究区内的 NPP 之和的波动趋势一致,2004,2007,2010,2012 年以及 2014 年 NPP 值较高,2005,2009 年以及 2015 年 NPP 值较低,最高值出现在 2012 年,最低值出现在 2005 年。2004 年 9 月—2005 年 11 月,宁夏发生了历史罕见的旱灾,温度持续升高,大部分区域降水只有 199.9 mm,成为历史上仅次于 1982 年(192.4 mm)的第二低值年,此次旱灾可能是导致 2005 年的 NPP 成为研究期内最小值的原因之一。而 2012 年宁夏地区中部降雨量创气象记录新高,各地温度平均偏高,温度和降水的双重作用使得 2012 年 NPP 值最高[25-27]。

3 个区域 NPP 增加速率有较大差别,即,研究区>非核心区>核心区(图 2),易见研究区的增长率有 64.7%是非核心区的贡献,而非核心区的增长率主要来源于红寺堡移民区开垦的耕地。

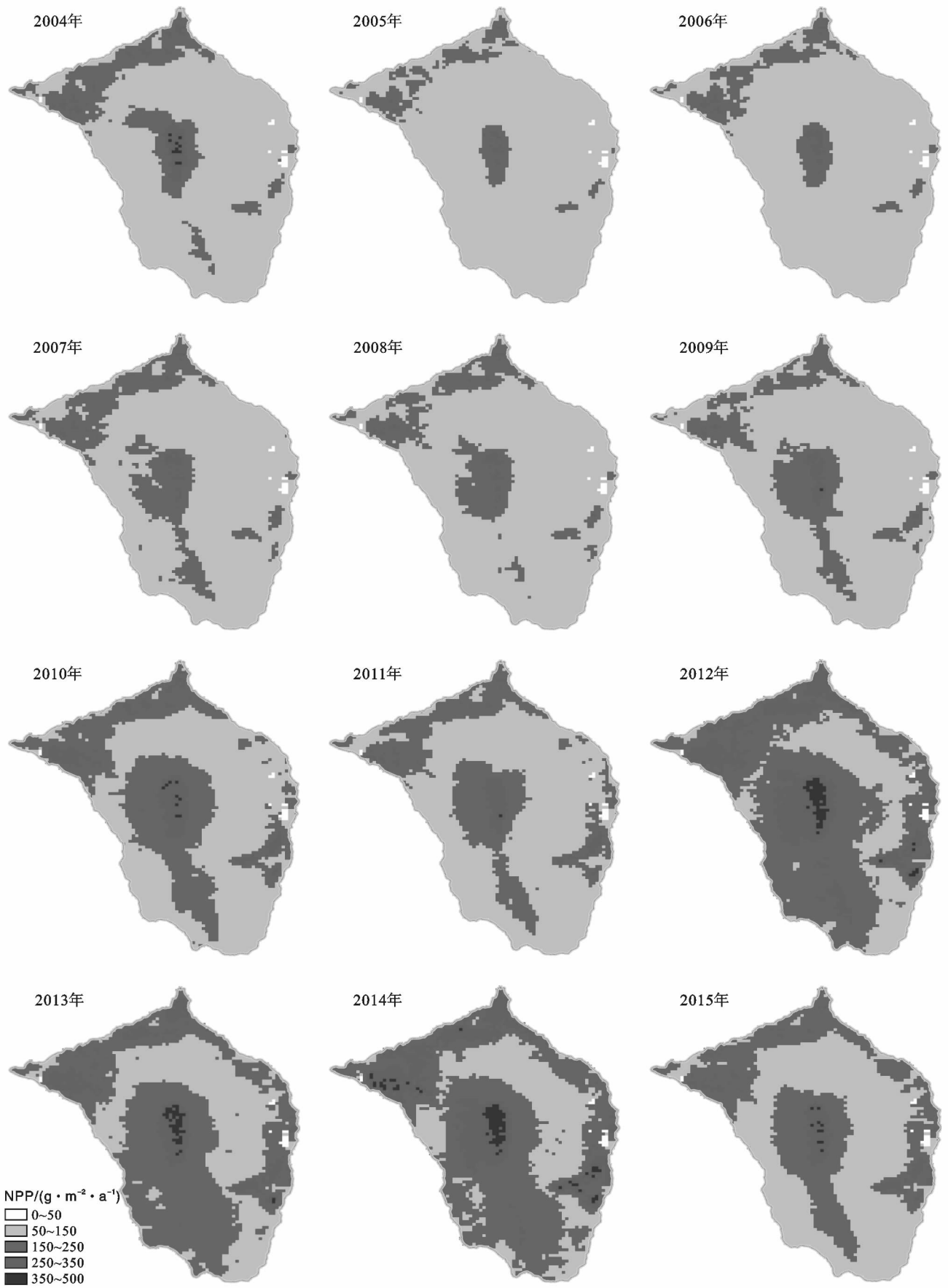
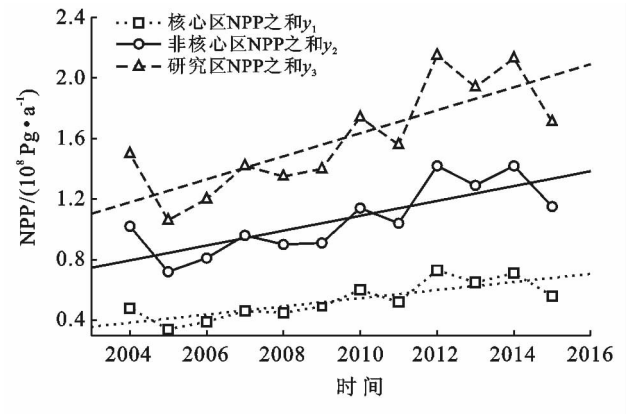


图 1　研究区时间序列 NPP 密度分割结果



注：$y_1=0.026\ 9x+0.356\ 7$，$R^2=0.633\ 6$；$y_1=0.049\ 1x+0.745\ 9$，$R^2=0.609\ 9$；$y_3=0.076\ 0x+1.102\ 6$，$R^2=0.622\ 5$。

图 2 研究区、核心区、非核心区 NPP 之和变化趋势

2.3 NPP 空间变化特征

为清晰地显示植被的位置及其林线变化情况，以研究区内大罗山山顶一点（东经 106°14′48.81″，北纬 37°18′25.47″）为原点，进行剖面分析（即 W-E 剖面、N-S 剖面）（附图 9）。①在 2004—2009 年 W-E 剖面上基带植被为荒漠，面积为 276.32 km^2，占研究区总面积的 81.97%，2010—2015 年荒漠逐渐减少，出现荒漠草原与荒漠并重的局面，两者分别占总面积的 42.57%和 47.83%，且研究区东部耕地徒然增加，西部由于人工造林的原因植被 NPP 值增加明显，其中 2012 年反差最为强烈；2015 年由于气候原因，图 2 中 2015 年 NPP 分布状况再次出现与 2011 年相似的情形；森林的 NPP 值在 2004—2011 年持续低迷，2012—2015 年迅速增加，2012—2015 年森林总面积是 2004—2011 年的 9.3 倍，大罗山区域的森林生产力有所改善，但 2015 年大罗山区域荒漠草原的面积再度出现退缩趋势。②2004—2015 年 N-S 剖面上的基带植被由以荒漠为主逐步演替为荒漠草原、耕地、荒漠三者并重的局面。2009—2015 年剖面线上大罗山南部（小罗山方向）几乎由荒漠草原所覆盖，荒漠草原的边际线相较于 2004—2009 年扩张了近 40 个像素（约 20 km），在剖面线以外，2009—2011 年小罗山方向荒漠草原的扩张并不明显，2011—2014 年大罗山南部（W-E 剖面以南）区域几乎由荒漠草原所覆盖，2015 年其面积急剧缩减。结合表 1 可知，2012—2015 年红寺堡方向（大罗山北部）由于人口的迁入，耕地增加明显，其中 2012 年耕地面积是 2011 年的近 4.9 倍；荒漠草原所占面积有所减少；大罗山山顶森林的林线〔NPP＞350 g/(m^2 · a)〕继 2004 年开始显现之后，在 2012—2015 年逐渐扩大，森林的面积和质量相较于 2004—2012 年均有所改善。

2.4 NPP 与气候变化的关系

分析和研究植被与气候因子间的相互关系，是植被生态学的主要任务之一。国内外学者大量研究了不同空间尺度上植被覆盖季节变化与气候因子的特征，研究表明，气温和降雨量是影响植被覆盖的最根本的因素[28]。通过对研究区周边中宁县、同心县 2 个站点 12 a（2004—2015 年）的气象信息进行分析、提取，获得以大、小罗山为中心的年均气温和降水的气候数据及其变化趋势。有研究表明，2000—2010 年宁夏整体温度呈波动上升趋势，增温速率为 0.2 ℃/10 a，相比于 20 世纪以前，增温速率有所下降；降水量呈波动下降趋势，且波动较大，下降速率为 34.0 mm/10 a，空间分布呈现“南多北少”的格局，雨量带明显向南移动[27]。

2.4.1 核心区 NPP 与气候变化之间的关系

①如图 3 所示，核心区 NPP 之和与年均温度在研究期间保持波动上升趋势，利用 SPSS 相关性分析得到两者之间的相关性系数 $R=0.275$，置信度 $p=0.396$。核心区 NPP 之和在 2004，2010，2012 年以及2014 年较高，2005，2011，2015 年较低，这与研究区NPP 之和的整体趋势相符；最高值出现在 2012 年，是7.3×10^7 Pg/a；最低值出现在 2005 年，是3.4×10^7 Pg/a。在 2004—2015 年期间，2006，2009，2010 年以及 2013 年年均温度较高，最高值出现在 2013 年，是 11.25 ℃；2008，2012 年温度较低，最低值出现在 2008 年，是 9.4 ℃。

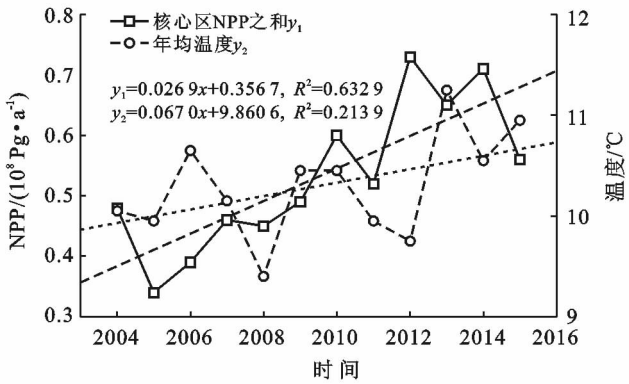
②如图 3 所示，核心区 NPP 之和与年均降水在 2004—2015 年保持波动上升趋势，两者之间保持高度的相关性（$R=0.609$，$p=0.036$）。在 2004—2015 年期间，2007，2012，2014 年降水量较高，最高值出现在 2014 年，是 347.55 mm；2005，2008，2009，2013 年以及 2015 年降水量相对较低，最低值出现在 2005 年，是 98.95 mm。

③核心区 NPP 之和与降水保持较高的相关性；与温度不相关，在研究区内降水对植被 NPP 的影响占据主导地位。

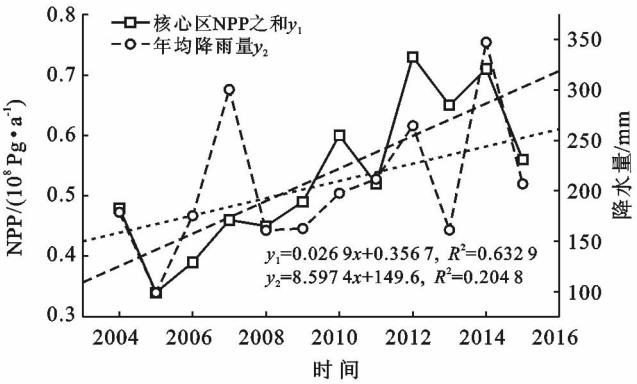
2.4.2 非核心区 NPP 与气候变化之间的关系

如图 4 所示，非核心区 NPP 之和与年均温度、降水在 2004—2015 年保持波动上升趋势，其与年均温度的相关性系数及置信度与核心区相同，与年均降水的相关性系数 $R=0.647$，置信度 $p=0.023$。

非核心区 NPP 之和的高值区和低值区的变化趋势与核心区基本相同，但总体值域高于核心区，最高值出现在 2014 年，其值为 1.42×10^8 Pg/a，最低值出现在 2005 年，其值为 7.20×10^7 Pg/a，略低于核心区最高值。

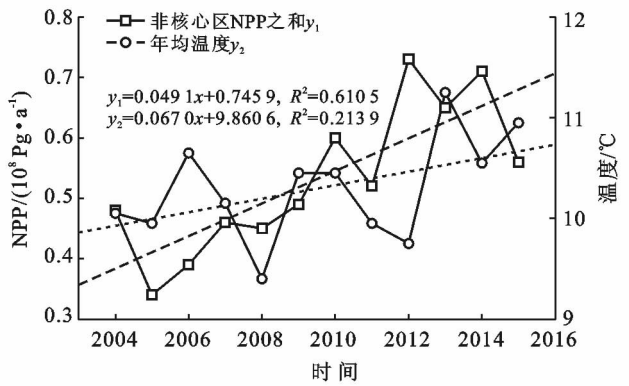


核心区 NPP—气温变化趋势

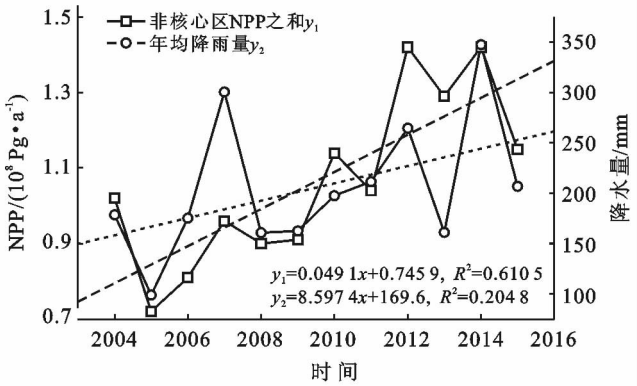


核心区 NPP—降水变化趋势

图 3　核心区气温、降水(2004—2015 年)变化趋势



非核心区 NPP—气温变化趋势



非核心区 NPP—降水变化趋势

图 4　非核心区气温、降水(2000—2015 年)变化趋势

3　结 论

(1) 气候变化与研究区植被 NPP 具有高度相关性。相对于温度而言,降水对研究区内 NPP 的影响占据主导地位;核心区内 NPP 值与降水的相关系数、置信度分别为 $R=0.609$, $p=0.036$;非核心区为 $R=0.647$, $p=0.023$。

(2) 植被 NPP 时间变化趋势。研究区内 NPP 以 0.076 Pg/a 的速率波动性增长,高于全国植被 NPP 增长率 0.008 Pg/a;研究区内荒漠区面积占比由 2004 年的 78.94%下降到 2015 年的 58.65%;荒漠草原由 17.95%上升至 36.25%;耕地或灌丛由 2.89%增加到 4.88%;除 2012 年以外,森林占比不超过 1%。罗山国家级自然保护区的主要保护对像是以青海云杉、油松为代表的荒漠区域典型森林生态系统,其森林生态状况不容乐观。

(3) 植被 NPP 空间变化趋势。非核心区面积是核心区面积的 2.6 倍,NPP 之和约是核心区的 2 倍;由于当地政府生态和环保政策的深入人心,大罗山整体植被 NPP 值呈增加趋势,小罗山由荒漠向荒漠草原过渡,2011—2015 年大罗山东部及北部耕地增加迅速,生态工程效果显著,人类活动因素对生态环境影响巨大。

[参 考 文 献]

[1] 侯小丽. 基于 MODIS 数据的全球干旱区植被变化及其与气候关系的研究(2002—2011 年)[D]. 山东 泰安:山东农业大学,2016.

[2] 刘小鹏,李同升. 西北干旱半干旱区沙产业建设综合绩效与农业可持续发展:以宁夏中北部为例[J]. 水土保持通报,2001,21(3):63-66.

[3] 陈亚宁,李稚,范煜婷,等. 西北干旱区气候变化对水文水资源影响研究进展[J]. 地理学报,2014,69(9):1295-1304.

[4] 田会刚,秦伟春,施兴慧. 罗山保护区森林资源保护及利用建议[J]. 安徽农学通报,2009,15(9):188,16.

[5] 吴玺,程旭学,马岳昆,等. 罗山自然保护区地下水化学特征研究[J]. 地下水,2012,34(1):23-26,79.

[6] 杨雪霞,张占强. 加快建设宁夏中部干旱带罗山天然生态屏障的对策与措施[J]. 安徽农学通报,2008,14(21):85,116.

[7] 杨贵军,秦伟春,田会刚,等. 宁夏罗山国家级自然保护区鸟类区系特征及群落结构[J]. 动物学杂志,2012,47(5):54-65.

[8] 李涛.罗山保护区天然林资源保护工程建设现状及对策[J].宁夏农林科技,2012,53(12):50-51.
[9] 李奇虎,陈亚宁.1981—2006年西北干旱区NDVI时空分布变化对水热条件的响应[J].冰川冻土,2014,36(2):327-334.
[10] 贾艳红,赵传燕,南忠仁.西北干旱区黑河下游植被覆盖变化研究综述[J].地理科学进展,2007,26(4):64-74.
[11] 王芳,汪左,张运.2000—2015年安徽省植被净初级生产力时空分布特征及其驱动因素[J].生态学报,2018,38(8):1-13.
[12] 周秉荣,朱生翠,李红梅.三江源区植被净初级生产力时空特征及对气候变化的响应[J].干旱气象,2016,34(6):958-965,988.
[13] 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.
[14] 王东清,李国旗.近30年宁夏森林资源的发展变化分析[J].林业调查规划,2010,35(5):98-102.
[15] 靳磊,刘师源,袁博,等.罗山细叶百合资源的初步调查[J].农业科学研究,2015,36(3):90-93.
[16] 张占强,杨雪霞,杨艳华.宁夏罗山自然保护区野生动物资源保护现状及对策[J].安徽农学通报,2009,15(3):49-51.
[17] 戴锋.宁夏罗山自然保护区要长大[N].中国环境报,2000-12-20(003).
[18] 胡学玲.罗山国家级自然保护区水资源可持续利用分析与对策[J].现代农业科技,2011(17):288-289.
[19] 张占强,杨雪霞.宁夏罗山国家级自然保护区生态建设与发展对策[J].安徽农学通报,2014,20(14):81-82,85.
[20] 徐秀梅,刘团结.宁夏大罗山自然保护区生态环境保护与建设[J].宁夏农学院学报,2000,21(4):11-15.
[21] 施兴文,刘超,秦伟春,等.宁夏罗山国家级自然保护区野生观赏植物资源调查与分析[J].黑龙江农业科学,2016(4):93-97.
[22] 辛明,杨贵军,王新谱,等.宁夏罗山膜翅目昆虫群落结构及区系研究[J].西北农业学报,2013,22(2):192-197.
[23] 徐秀梅,王汉杰.荒漠带退化山地森林植被的恢复机制[J].南京林业大学学报,2004,28(2):33-36.
[24] 王钊,李登科.2000—2015年陕西植被净初级生产力时空分布特征及其驱动因素[J].应用生态学报,2018,29(6):1-13.
[25] 杨淑萍,赵光平,孙银川,等.2004—2005年宁夏特大干旱事件的诊断分析[J].中国沙漠,2006,26(6):948-952.
[26] 李双双,延军平,杨蓉,等.气候变暖背景下1961—2010年宁夏旱涝灾害空间分布特征和变化规律[J].中国沙漠,2013,33(5):1552-1559.
[27] 中国广播网.宁夏6个县市气象站7月降水量创记录新高[OL].(20120807)[20170707].http://news.163.com/12/0807/12/88 A8 JC8 G00014 JB5. html.
[28] 王静,万红莲,张翀.2001—2013年宝鸡地区植被NDVI对气温和降水量的季节响应特征[J].水土保持通报,2017,37(5):235-240,349.
[29] 穆少杰,李建龙,周伟,等.2001—2010年内蒙古植被净初级生产力的时空格局及其与气候的关系[J].生态学报,2013,33(12):3752-3764.

《水土保持通报》2018年审稿专家名录

安韶山	白岗栓	白莉萍	蔡强国	曹生奎	查 轩	常小峰	陈传胜	陈奇伯
陈晓清	陈孝杨	陈效民	陈英智	程积民	程先富	崔俊辉	戴全厚	党维勤
杜 峰	杜 盛	段建南	樊恒辉	樊 军	方怒放	高国雄	高照良	顾 卫
郭忠升	黄华梨	黄荣珍	黄贤金	焦 峰	焦菊英	蒋新正	康顺祥	孔凡斌
李朝霞	李传荣	李福林	李洪远	李 晖	李 宁	李新国	李新平	李秧秧
李智广	李忠魁	李子君	梁东丽	梁流涛	梁银丽	林昌虎	刘茂松	刘咏梅
刘增文	鲁春霞	牛海鹏	牛文全	彭守璋	钱 会	秦富仓	饶清华	尚占环
佘 雕	史志刚	宋乃平	宋维峰	宋彦辉	孙 强	陶晓燕	同延安	王百群
王 滨	王 兵	王成新	王殿武	王 飞	王国梁	王 辉	王继军	王立春
王仕稳	王雪梅	王艳姣	王月海	韦 杰	魏 强	魏江生	温仲明	熊康宁
徐炳成	徐海量	徐学选	许有鹏	薛 立	薛占金	杨 洁	杨启良	杨勤科
杨明义	姚文艺	叶建军	尹 珂	于福科	翟禄新	张 超	张凤太	张富仓
张光灿	张光辉	张 红	张慧妍	张金屯	张克存	张丽萍	张落成	张 芮
张岁岐	张 微	张卫强	张文辉	张晓萍	张信宝	张兴义	赵光耀	赵景波
赵 军	张兴昌	赵世伟	赵允格	郑粉莉	郑华伟	郑纪勇	郑子成	周忠发
邹学勇	阿里木江·卡斯木	上官周平						