1999—2012 年三江源区植被净初级生产力及固碳释氧量测评

张 岩[1], 韦振锋[2], 黄 毅[2]

(1. 兰州大学 草地农业科技学院 草地农业生态系统国家重点实验室, 甘肃 兰州 730020; 2. 广西财经学院, 广西 南宁 710100)

摘 要: [目的] 估算近 14 a 三江源地区植被净初级生产力(net primary productivity, NPP)以及固碳释氧量,为河源区的生态环境建设以及制定碳减排与碳增汇政策提供科学依据。[方法] 基于遥感、气象、土地等数据,通过 CASA 模型、碳排放模型、Sen+Mann-Kendall 模型,分析三江源地区植被 NPP 及其固碳释氧量的时空变化特征。[结果] (1) 三江源区植被 NPP 单位面积多年均值主要集中在 0～750 g/(m^2 · a)之间,约占研究区81.72%;空间分布特征呈东南—西北递减规律,高值分布在海拔较低、河流密集以及林地地区,而高寒地区 NPP 值相对较低。(2) 1999—2012 年研究区 NPP 物质量年际变化呈增加趋势,增速约为 7.26 g/(m^2 · a),没有通过 0.05 显著水平检验;年际变化空间特征中,约 23.64%呈下降趋势,其中通过 0.05置信水平者约占 2.3%,主要分布在人类活动较频繁的地区;在受人类活动影响较少且水资源丰富地区呈增加趋势,约占研究区的 76.36%,其中 30.58%通过 0.05 置信水平检验。(3) 固碳释氧物质量变化中,耕地变化幅度较大,其次是林地和其他用地,牧草地变化波动性较小。与人类活动因素有关,人为因素作用越明显,其变化幅度就越大,反之亦然。[结论] 三江源高寒牧草地生态总体改善较好,受人类影响较少,而在海拔较低、河流密集以及人类活动频繁地区生态变化相对较复杂,局部地区存在退化现象,需要进一步加强该地区的生态环境保护建设。

关键词: 三江源; 植被; 净初级生产力; CASA 模型; 固碳释氧

文献标识码: A **文章编号**: 1000-288X(2016)01-0100-06 **中图分类号**: K903

文献参数: 张岩, 韦振锋, 黄毅. 1999—2012 年三江源区植被净初级生产力及固碳释氧量测评[J]. 水土保持通报,2016,36(1):100-105. DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2016.01.018

Evaluation of Vegetation Net Primary Productivity and Its Carbon Sequestration Value in Three-river Headwaters Region During 1999—2012

ZHANG Yan[1], WEI Zhenfeng[2], HUANG Yi[2]

(1. *State Key Laboratory of Grassland Agro-ecosystems, College of Pastoral Agriculture Science and Technology, Lanzhou University, Lanzhou, Gansu* 730020, *China*; 2. *Guangxi University of Finance and Economics, Nanning, Guangxi* 530003, *China*)

Abstract: [Objective] The objective of this study is to analyze the spatial and temporal changes of vegetation NPP(net primary productivity) and carbon fixation and oxygen release in the three-river headwater region during the past 14 years in order to provide scientific basis for the ecological sustainable development in this area. [Methods] NDVI, meteorological data, the land-use data and the remote sensing data were collected. The spatial and temporal variations in NPP and amounts of carbon fixation and oxygen release were analyzed based on CASA model, carbon emissions model and Sen+Mann-Kendall model. [Results] (1) The mean value of NPP was ranged from 0 to 750 g/(m^2 · a), which accounted for 81.72% of the entire study area. The spatial distribution of average NPP presented a decreasing trend from southeast to northwest. And NPP in the lower altitude, rivers and dense woodland areas was higher than that in the alpine regions, which indicated that NPP was affected by altitude, rivers and land types. (2) The NPP showed an increasing trend in recent 14 years, with a growth rate of 7.26 g/(m^2 · a)($p>0.05$). As to the inter-annual variation of NPP, about 23.64% of the study area showed a decreasing trend (2.3% of them $p<0.05$) while 76.36% showed an increasing

收稿日期:2014-09-10 **修回日期**:2015-03-22

资助项目:广西财经学院管理科学与工程学院开放性课题"喀斯特地区土地利用变化生态效应测评与生态安全研究"(GK2015010); 广西财经学院校级课题"广西土地综合整治与社会主义和谐新农村建设研究"(201204LX309)

第一作者:张岩(1986—),男(汉族),甘肃省兰州市人,在读博士生,主要研究草地—家畜互作。E-mail:y_zhang_10@lzu.edu.cn。

通讯作者:韦振锋(1983—),男(汉族),广西省南宁市人,博士,讲师,主要从事 GIS 与国土资源评价研究。E-mail:weizhenfeng112@163.com。

trend (30.58% of them $p<0.05$). (3) As to the variation of carbon fixation and oxygen release, the cultivated land was larger than the forest land and other land use types. Variation of carbon fixation and oxygen release in forage land was small. [Conclusion] The alpine grassland ecosystem in the three-river headwater region was good, as it was less influenced by human beings. However, ecosystem in the low altitude, river and human activities intensive areas was complex and the locally degraded, and ecological environment in those regions need to be protected.

Keywords: the three-river headwater region; CASA model; vegetation; NPP; carbon content quality

植被净第一性生产力(net primary productivity)是单位面积和单位时间内累积的有机干物质总量,简称 NPP[1]。植被净第一性生产力是生态系统生态平衡和自身健康的主要因子,以及调节生态过程和判定碳汇量的重要指标[2-3]。目前,研究全球/区域碳源汇、碳平衡成为全球变化科学研究的热点问题之一[4-6]。动态监测 NPP 在调节全球碳平衡、维护全球气候稳定和减缓温室效应等全球变化问题中具有重要的研究意义。

全面地测量植被生态系统的生产力相对较困难,很多研究都利用 CASA(carnegie ames stanford approach)等遥感模型对全球或区域估算植被净生产力。遥感估算已经广泛应用于全球植被 NPP 模拟和碳循环研究中[7-8],模拟结果与实测样点相接近,能较好的模拟区域植被净初级生产力时空特征[9]。鉴于此,本文拟通过遥感估算近 14 a 三江源地区植被净初级生产力以及固然释氧,以期为河源区的生态环境建设以及制定碳减排与碳增汇政策提供科学依据。

1　研究概况

三江源地处青藏高原腹地,是中国黄河、长江和澜沧江三大河流的发源地,以山地为主,峡谷冰川,峰岭绵连,河流遍地,沼泽众多,湖泊密布,海拔东低西高在 2 585～6 718 m 之间,是国家级的自然保护区。行政区包括果洛藏族自治州、玉树藏族自治州、海南藏族自治州和黄南藏族自治州等 16 个县和格尔木市的唐古拉乡,总面积约为 3.50×10^5 km^2。主要山脉有唐古拉山、昆仑山、巴颜喀拉山及其支脉阿尼玛卿山等。主要土地类型有牧草地,林地、耕地以及其他用地。气候属于典型的青藏高原大陆性气候,冷热两季交替,干湿两季分明,辐射强烈,年温差小,日照时间长,年平均气温在－5.38～4.14 ℃之间,年降水量 262.2～772.8 mm。

2　数据与方法

2.1　数据来源与处理

数据主要包括来源于寒区旱区科学数据中心 2000 年的土地利用数据,1∶1 000 000 的植被类型数据和 Spot Vegetation 植被指数数据集,以及来源中国气象科学数据共享服务网的气象数据。

植被指数数据集为 1999—2012 年 Spot Vegetation 10 d 最大合成数据,已经过校正处理,数据质量较好,误差较小,精度较高,分辨率为 1 km^2,是研究植被和生态最广泛的主要数据源。

气象数据为研究区以及周边 32 个气象站逐日数据,时间为 1999—2012 年,主要包括平均气温、最高气温、最低气温、相对湿度、日照时数、风速及降水量。由于气象数据是气象站点实测数据,通过 ArcGIS 进行插值生成 1 km^2 的栅格数据。

2.2　研究方法

2.2.1　CASA 模型　遥感测算模型由植被所吸收的光合有效辐射(APAR)与光能转化率(ε)两个指标的乘积来确定。计算公式如下:

$$NPP(x,t)=APAR(x,t)\times\varepsilon(x,t) \quad (1)$$

式中:$APAR(x,t)$——像元 x 在 t 月份吸收的光和有效辐射(MJ/m^2);$\varepsilon(x,t)$——像元 x 在 t 月份的实际光能利用率(gC/MJ)。

(1) 光合有效辐射(APAR)的确定。公式如下:

$$APAR(x,t)=SOL(x,t)\times FPAR(x,t)\times0.5 \quad (2)$$

式中:$SOL(x,t)$——t 月份像元 x 处的太阳总辐射量(MJ/m^2);$FPAR(x,t)$——植被层对入射光合有效辐射(PAR)的吸收比例;常数 0.5 为植被所能利用的太阳有效辐射占太阳总辐射的比例。

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

式中:$FPAR(x,t)_{NDVI}$,$FPAR(x,t)_{SR}$——植被层对入射光合有效辐射的吸收比例,分别由归一化植被指数(NDVI)和比值植被指数(SR)计算而得的。

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

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

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

式中:$FPAR_{max}$,$FPAR_{min}$——常数,分别取值为 0.95,0.001;SR_{max},SR_{min}——第 i 种植被类型的 SR 最大值和最小值;$NDVI_{max}$,$NDVI_{min}$——第 i 种植被类型的 NDVI 最大值和最小值,采用朱文泉等[10]的模拟结果。

(2) 光能转化率(ε)的确定。光能转化率是指植被把所吸收的光合有效辐射(PAR)转化为有机碳的效率。在现实条件下光能转化率主要受温度和水分的共同影响[10]。计算公式如下:

$$\varepsilon(x,t)=f_1(x,t)\times f_2(x,t)\times w(x,t)\times \varepsilon_{max} \quad (7)$$

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

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

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

式中:$\varepsilon(x,t)$——像元 x 在 t 月份的实际光能利用率; $f_1(x,t)$——低温胁迫指数; $f_2(x,t)$——高温胁迫指数,均反映温度条件的影响; $w(x,t)$——水分胁迫系数,反映水分条件的影响; ε_{max}——理想条件下的最大光能转化率(g C/MJ),取值根据朱文泉模拟值; $T(x,t)$——t 月的平均气温; $T_{opt}(x)$——研究区域内一年之中 NDVI 值达到最高时当月的平均气温; EP(x,t)——研究区的潜在蒸散量(mm/月); $E(x,t)$——研究区的实际蒸散量(mm/月),潜在蒸散量采用 FAO 推荐,实际蒸散量采用朱文泉等[10]的研究方法获得。

2.2.2 *固碳释氧物质量估算方法* 生态系统中的各类植被通过吸收空气中的二氧化碳(CO_2),经过光合作用,产生葡萄糖等碳水化合物并放出氧气(O_2)。其化学反应方程式为:

$$6CO_2+6H_2O \xrightarrow{\text{光合作用}} C_6H_{12}O_6+6O_2 \quad (11)$$

本文以净初级生产力为基础,每生产 1.00 kg 干物质能固定 1.63 kg CO_2 和释放 1.2 kg 的 O_2。

由于 NPP,CO_2 和 O_2 物质量都呈一定比例相关,因此他们时空变化特征都会一样,所以在文中结果分析中都从不同的角度去分析各个物质量变化特征。

3 结果分析

3.1 估算模拟值验证

由于区域全面实测植被净初级生产力数据有一定难度,大多研究学者采用遥感数据模拟估算 NPP,并将模拟值与部分实测数据和已有研究成果进行效验。本文估算模拟值与国内其他研究成果以及实测数据进行比较验证(表 1)。林地模拟平均值为 680.39 g/(m^2 · a),介于实测值 179~1 699 g/(m^2 · a)之间[11-16],比宋福强[8]、朱文泉[10]等研究结果略大,小于刘明亮等[17]模拟结果,与 CEVSA[18]结果相近。草地平均值为 438.49 g/(m^2 · a),略高于实测值和国内其他学者研究模拟值;耕地平均值为 423.52 g/(m^2 · a),在实测值 239~760 g/(m^2 · a)范围之内,与朱文泉等结果相近。从对比结果来看,模拟值和实测值以及其他研究成果存在一定差异,主要原因是研究区域、时段、数据结构和模型参数等因素不同,导致数值上有所偏差,有待进一步验证。综合得出,三江源净初级生产力模拟值和实测值以及其他研究成果相近,证明本研究模拟值具有可靠性。

表 1 模拟值 NPP 与国内其他研究以及实测数据的比较 g/(m^2 · a)

土地利用类型	模拟平均值	实测值	部分研究模拟 NPP 值					
			宋富强[7]	朱文泉[10]	陈雅敏[15]	孙睿[16]	刘明亮[17]	CEVSA[18]
森 林	680.39	179~1 669*	493.5	447	484.5	443.5	928	624
草 地	438.49	294.6**	343.1	103.4~226.6	323.6	221.1	271	348
耕 地	423.52	239~760***	481.5	426.5	573.1	405.2	752	606
其 他	124.93							

注:* 1989—1993 年中国林业部 690 个观测点数据[12-13]; ** 中国温带草原的 NPP 平均值[14]; *** 1982—1996 年美国中西部地区 1195 个农业植被测量值[18]。

3.2 研究区植被净初级生产力时空变化特征

3.2.1 *NPP 均值空间分布特征* 三江源植被 NPP 平均值空间变化特征(附图 2)呈东南—西北递减规律,高寒牧草地 NPP 值较低,河流密集、海拔较低的林地 NPP 值相对较高。其中研究区西部地区 NPP 值小于 250 g/m^2 的约占 40.17%,如治多县和格尔木市等地区;值在 250~750 g/m^2 之间占 41.61%,分布在研究区中部;值在 750~1 250 g/m^2 之间区域约占整个区域的 14.91%,主要分布在东南部的囊谦县、玉树县,以及东部的达日县、甘德县、河南蒙古自治县等地区;NPP 值大于 1 250 g/m^2 的区域仅占 3.33%,零星分布在东部的班玛县和久治县等地区。从空间分布特征得出,NPP 分布与地形、海拔、河流及植被类型等自然因素相一致。

3.2.2 *研究区植被 NPP 年际变化*

(1) 时间序列变化。14 a 三江源地区年平均值 NPP 在 368.69~465.3 g/m^2 之间变化,总体呈增加趋势,增速约为 0.73 g/(m^2 · a),没有通过 0.05 置信水平(图 1)。1999—2006 年出现明显的下降趋势,增速约为 -31 g/(m^2 · a);2002—2006 年变化波动性较

大,走向呈缓慢增速,增速约为 3.4 g/(m² · a);2006—2012 年稳步增加,增速约 13 g/(m² · a)。整个研究时段的变化走向表明三江源生态逐渐改善,其中 1999—2000 年研究区生态存在明显的破坏现象,到 2000—2006 年生态建设等工程的实施,使得该地生态开始有所好转,2006—2012 年是生态建设卓有成效的阶段,生态改善显著。

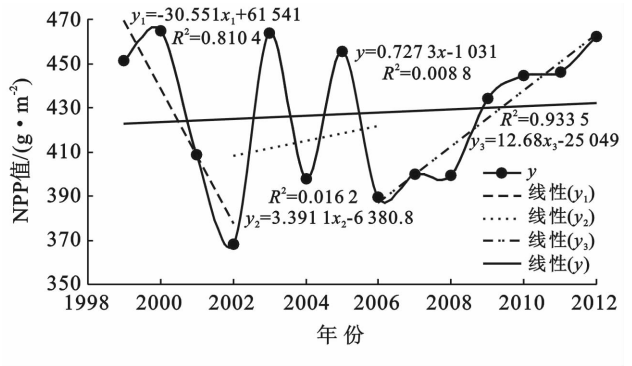


图 1　三江源区平均值 NPP 年际变化及分段拟合

(2) NPP 年际变化空间特征。三江源区植被净初级生产力年变化率空间分布(附图 3a),大部分地区呈增加趋势(绿色部分),少数部分地区呈下降趋势(黄色部分)。其中约 23.64%的呈下降趋势,分布在研究区东南部的囊谦县、玉树县、班玛县、达日县、久治县、甘德县等地,其中变化率在−5～0 g/(m² · a)之间,约占 11.83%面积,表明下降地区无明显的减少趋势。增加趋势的地区约占 76.36%,其中值 0～5 g/(m² · a)之间,约占为 49.59%,空间分布在研究区西部高寒地区;而变化率大于 5 g/(m² · a)的主要分布在研究区北部海拔较低的,河流网相对密集的地区,如中部长江流域和东部的黄河流域,说明海拔越低和水资源越丰富地区,植被 NPP 增速就越大。从年际变化率空间分布特征来看,其分布特征还与人类活动存在一定相关,如在人类相对密集的地方呈明显下降趋势,西部高寒地区人类活动较少其变化率呈增加趋势,而且在海拔低、河流密布及人类聚集较少地区 NPP 变化率呈正变化趋势更明显。

对 NPP 年际变化率进行显著性分析(附图 3b),整个研究区变化率呈下降趋势的地区约为 23.64%,其中通过 0.05 置信水平约占 2.3%,而呈增加趋势的地区约占整个研究区的 76.36%,其中通过 0.05 置信水平约占 30.58%,显著增加趋势明显大于显著下降趋势,其中显著增加趋势地区约占整个研究区的三分之一,分布在人类聚集较少以及河流密集地。综上分析得出,1999—2012 年三江源大部分地区植被 NPP 年际变化成增加趋势,但仍有局部地区出现下降趋势,而且呈下降趋势地区主要集中在人类活动频繁地区,也说明人类活动对该地区生态产生一定负面影响,从而导致 NPP 呈下降,同时不能排除自然灾害也会对 NPP 产生缩减影响。

3.3　CO_2 物质量评价

3.3.1　CO_2 物质量年际时间变化特征　固碳物质量年际变化幅度中,耕地(图 2a)的物质量年际变化幅度波动性较明显,其中 1999—2000,2004—2005,2011—2012 年出现比较明显的波动,其他年份出现波动幅度较小,整个研究时段呈增加趋势,但没有通过显著水平检验。

林地固碳物质量变化特征(图 2b),其中 2006 年之前变化幅度较大,在 2000 年出现最大峰值为 2.84×10⁷ t,其次是 2003 年出现一次较高,值为 2.641×10⁷ t,而在 2002,2004,2006,2008 年出现波谷,对应值是 1.83×10⁷,1.83×10⁷,1.76×10⁷,1.75×10⁷ t。根据分段线性回归分析得:2000—2002 年林地固碳物质量缩减将近 35.34%,2003—2006 年林地固碳物质量缩减 33.34%;从 2006 年开始林地固碳物质量逐步回升。整个研究时段,林地固碳物质量年际变化呈先升后将走向,2006 年前林地固碳物质量呈明显减少,2006—2012 年有所好转呈增加趋势。

牧草地固碳物质量年际变化(图 2c),总体呈增加趋势,变化波动性与林地有点相似。在 2002,2004,2006 年出现低值,对应值分别为 1.89×10⁸,2.01×10⁸,2.02×10⁸ t。从 2000—2002 年牧草地固碳物质量缩减了 19.48%,2003—2006 年其固碳物质量缩减 14.42%。2006 年之后牧草地固碳物质量逐步回升,增幅为 18.22%。与林地固碳物质量变化图比较,牧草地固碳物质呈增加趋势,无明显波动性。

耕地固碳物质量变化幅度(图 2a)与林地和牧草地比较,其变化波动更明显。其中 1999—2000,2004—2005,2011—2012 年出现比较明显的波动,其他年份出现波动幅度较小,整个研究时段耕地固碳物质量呈弱的增加趋势。

其他用地固碳物质量变化特征(图 2d),最小值出现在 2006 年,约为 4.33×10⁶ t,到 2011 年出现最大值,约为 5.54×10⁶ t。整体变化走向呈先降后升,1999—2006 年固碳物质量波动性相对较弱,2006—2009 年出现一次明显的增加趋势。

综上所述,不同的土地类型固碳物质量变化不一样,耕地变化幅度较明显,主要是人为因素占主导作用,导致其变化波动性较大;牧草地在高寒地区,受人类活动影响较少,变化相对平缓;林地分布在海拔低河流密布地区,也是靠近人类聚集地,因此也受到人类活动的影响,年际变化波动性较大。

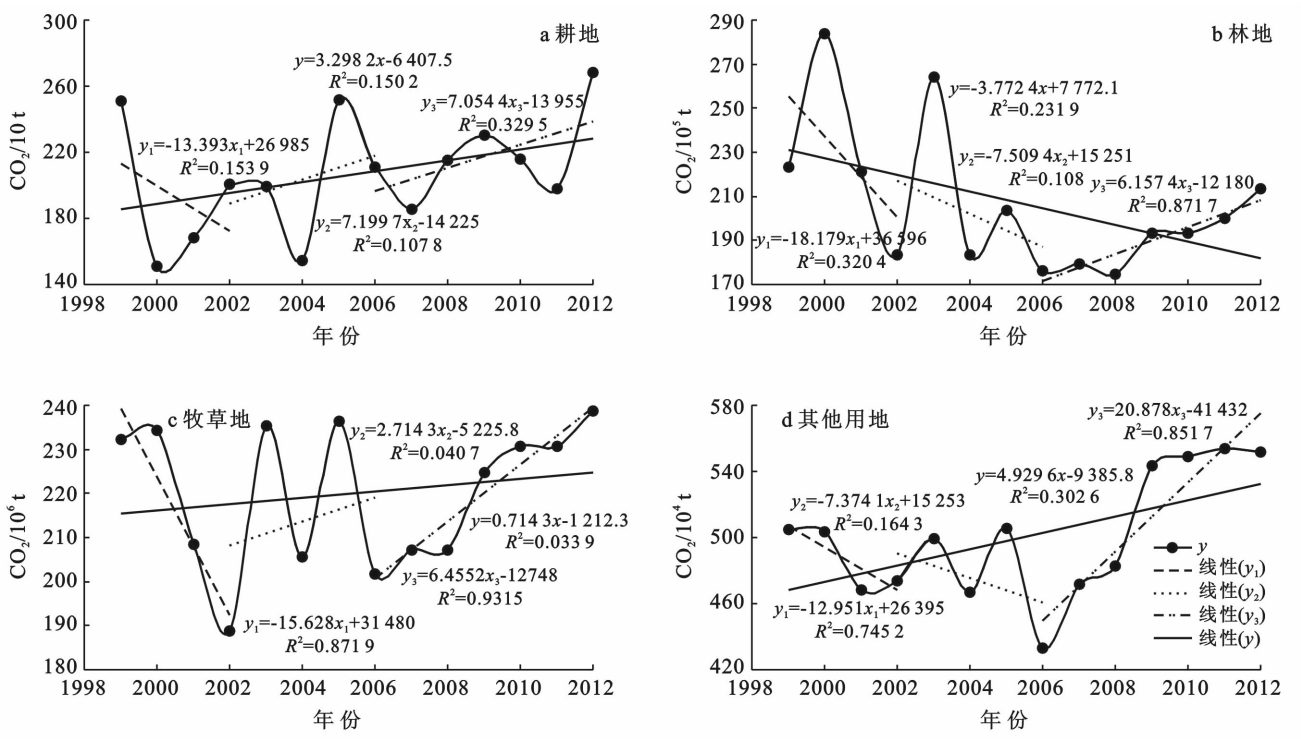


图 2 不同土地类型固碳物质量年际变化及分段拟合

3.3.2 固碳物质量空间变化特征 2000,2002,2006,2012 年研究区固碳物质量空间特征(附图 4),4 期的空间分布特征相似,高海拔地区其值相对较低,低海拔地区值相对较高,同时还与河流流向相应,表明研究区固碳物质量受海拔和河流分布的影响。2000 年三江源固碳物质量空间分布(附图 4a),大于 2 000 t/hm² 集中分布在研究区东南地区囊谦县、玉树县、达日县、久治县、班玛县、甘德县和河南蒙古自治县等地区,约占整个区域的 6.85%;到 2002 年大于 2 000 t/hm² 的地区面积有所缩减(附图 4b),约占 1.2%,尤其在玉树县和囊谦县缩减明显;到 2006 年大于 2 000 t/hm² 的地区有所扩散(附图 4c),在班玛县、达日县、久治县、甘德县和河南蒙古自治县等地固碳物质量增加较为明显,约占整个区域的 3.36%;到 2012 年大于 2 000 t/hm² 的地区得到改善(附图 4d),其固碳物质量逐渐增加扩散到东部以及东南的玉树县和囊谦县等地区,约占 4.05%。这说明人类活动集中地区固碳物质量变化波动较明显,呈先减少后逐步回升的变化过程。而在海拔较高的地区,固碳物质量无明显变化,说明人类影响较少的地区固碳物质量无明显变化。

3.4 O_2 物质量测评

不同用地类型 O_2 物质量变化存在差异,由于不同用地类型面积不同,释氧物质量总和也不同,因此只分析每种用地释氧物质量不同年份的变化(表 2)。

表 2 三江源地区不同年份 O_2 物质量变化

土地类型	2000 年	2002 年	2006 年	2012 年
林地/10^5 t	208.85	135.04	129.56	157.30
牧草地/10^6 t	172.54	138.92	148.57	175.64
其他/10^4 t	370.46	348.62	319.10	406.07
耕地/10 t	111.26	147.92	155.20	197.55

2000,2002,2006,2012 年各土地类型的变化特征:林地 O_2 物质量 2000—2002 年下降 35.34%,2002—2006 年下降 4.22%,到 2006—2012 年上升 17.62%;牧草地 O_2 物质量 2000—2002 年下降 19.48%,2002—2006 年上升 6.49%,2006—2012 年上升 15.41%;其他用地 O_2 物质量 2000—2002 年下降 5.89%,2002—2006 年下降 9.23%,2006—2012 年上升 21.41%;耕地 O_2 物质量 2000—2002 年上升 32.96%,2002—2006 年上升 4.69%,2006—2012 年上升 21.44%。整体比较,林地、牧草地以及其他用地的 O_2 物质量都呈先降后升的变化过程,只有耕地变化相对复杂,原因是人为因素对耕地干扰占主导作用,使得其变化无明显规律性。

4 结论

(1) 1999—2012 年三江源植被 NPP 空间分布特征呈东南—西北递减规律,高值出现在低海拔、河流密集以及林地地区,高寒地区 NPP 值相对较低,表明三江源植被 NPP 受海拔、河流及植被类型等自然因

素的影响。而整个研究区单位面积多年均值在 0～750 g/m² 之间约占整个研究区 81.72%,说明研究区 NPP 值大部分值都在小于 750 g/m²。

(2) 近 14 a 三江源区 NPP 年际时间变化呈增加趋势,增速为 7.26 g/(m²·a),没有通过 0.05 置信水平检验,值在 368.69～465.3 g/m² 之间幅度变化;空间分布特征中,大部分地区呈增加趋势,而呈下降趋势的地区约占 23.64%,其中通过 0.05 置信水平检验的下降地区约占 2.3%,主要分布在人类活动频繁地区,说明 NPP 变化受人类活动影响;呈增加趋势地区约占 76.36%,其中通过 0.05 置信水平占 30.58%呈显著变化,分布在海拔较低水资源丰富的地区。

(3) 固碳物质量年际变化中,耕地变化幅度较大,其次是林地和其他用地,牧草地固碳物质量年际变化波动性较小。主要原因是受人类因素的干扰作用,耕地是人为因素作用占主导作用,以至于耕地固碳物质量年际变化波动最明显,林地也靠近人类活动频繁地区,也受人为因素影响,其他用地也在不断的被人类开发利用,只有高寒地区是远离人类活动地区,受人为因素影响较少,所以牧草地固碳物质量年际变化波动性较小。

(4) 三江源区牧草地、林地和其他用地的释氧物质量均呈先下降后上升的变化规律,不同的用地类型的释氧物质量变化不同,主要原因受人类活动的影响,人为干扰越明显释氧物质量变化幅度越明显,反之亦然。因此,海拔较低、河流密集以及人类活动频繁地区生态变相对较复杂多变,需要加强生态环境建设。

本文采用CASA 模型估算 1999—2012 年三江源区植被 NPP 和固碳释氧量,但模拟值与比较值仍存在一定的偏差。原因是不同的学者研究时段、数据、模型参数等因素不同所导致。在模型上也没有统一的标准和方法,导致不同的地区其研究结果都存在一定的差异。

因此,在后续的研究中,需要通过实测验证模型参数在研究区是否合理,加强对模型拟合和校验的研究,进一步分析不同模型模拟值的适用范围和差异。同时在三江源地区水热条件较好的地区,其植被生长变化对 NPP 有着积极作用,但对于高寒地区的作用,是否存在一定的制约因子,这些都有待今后进一步实地考察论证。

[参 考 文 献]

[1] 王军邦,黄玫,林小惠. 青藏高原草地生态系统碳收支研究进展[J]. 地理科学进展,2012,31(1):123-128.

[2] 韦振锋,任志远,张翀,等. 1999—2010 年陕甘宁黄土高原区荒漠化空间特征[J]. 中国沙漠,2014,34(05):1230-1236.

[3] 张永领,郝成元. 基于遥感和 CASA 模型的西江流域 NPP 时空分布特征研究[J]. 水土保持研究,2010,17(5):101-104.

[4] 方精云,郭兆迪,朴世龙,等. 1981—2000 年中国陆地植被碳汇的估算[J]. 中国科学:D 辑,2007,37(6):804-812.

[5] Lobell D B, Hicke J A, Asner G P, et al. Satellite estimates of productivity and light use efficiency in United States agriculture, 1982—1998[J]. Glob Change Boil, 2002(8):722-735.

[6] 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.

[7] 宋富强,康慕谊,陈雅如,等. 陕北黄土高原植被净初级生产力的估算[J]. 生态学杂志,2009,28(11):2311-2318.

[8] 赵新全,周华坤. 三江源区生态环境退化、恢复治理及其可持续发展[J]. 科技与社会,2005,20(6):471-476.

[9] 王海. 青海省三江源地区湿地退化现状与保护初议[J]. 安徽农业科学,2010,38(5):2491-2492.

[10] 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,2007,31(3):413-424.

[11] 吴绍洪,尹云鹤,郑度,等. 近 30 a 中国陆地表层干湿状况研究[J]. 中国科学(D 辑):地球科学,2005,35(3):276-283.

[12] Jian N. Net primary productivity in forests of China national inventory data and comparison with model Scaling up of predictions[J]. Forest Ecology and Management, 2003(176):485-495.

[13] 罗天祥. 中国主要森林类型生物生产力格局及其数学模型[D]. 北京:中国科学院自然资源综合考察委员会,1996.

[14] 樊江文,钟华平,梁飚,等. 草地生态系统碳储量及其影响因素[J]. 中国草地,2003,25(6):51-58.

[15] 陈雅敏,张韦倩,杨天翔,等. 中国不同植被类型净初级生产力变化特征[J]. 复旦学报:自然科学版,2012,51(3):377-381.

[16] 孙睿,朱启疆. 中国陆地植被净第一性生产力及季节变化研究[J]. 地理学报,2000,55(1):36-45.

[17] 刘明亮. 中国土地利用/土地覆被变化与陆地生态系统植被碳库和生产力研究[D]. 北京:中国科学院遥感应用研究所,2001.

[18] 陶波,李克让,邵雪梅,等. 中国陆地净初级生产力时空特征模拟[J]. 地理学报,2003,58(3):372-380.