

# 三江源草地气候生产力对气候变化的响应

李惠梅<sup>1,2</sup> 张安录<sup>2</sup>

(1. 青海民族大学 公共管理学院,青海 西宁 810007; 2. 华中农业大学 公共管理学院,湖北 武汉 430070)

**摘要** 基于三江源地区河南站、甘德站、同德站、玉树站、曲麻莱站、伍道梁站和玛多站等7个气象站点的气温和降水数据,利用 Thornthwaite Memorial 模型分析了三江源地区2002-2010年以来草地净生产力(NPP)对气候变化的响应情况及其时空差异变化,并分别建立了气温、降水量与气候生产力之间的线性回归模型,探讨了三江源区域的生产力变化方向及其生态经济发展策略。结果表明:近9年来,研究区年平均气温和年平均降水量均呈现出一定的上升趋势,气候总体趋于暖湿化;在该气候变化背景下,研究区草地生产力呈现出一定的线性增加趋势,并且三江源草地的生产力主要受气温的影响,但降水是影响生产力增加的关键因素;三江源地区实施生态保护与生态补偿以及丰富牧户的收入来源是促进该区域生态经济可持续发展和维护生态安全的重要措施。

**关键词** 草地气候生产力; 气候变化; 生态保护; 三江源; Thornthwaite Memorial 模型

中图分类号: F 301.0 文献标识码: A 文章编号: 1008-3456(2014)01-0124-07

在全球气候变暖的背景下,近百年来中国年地表平均气温明显增加,平均升温幅度为0.5~0.8℃。近50年变暖尤其明显,极端气候事件频率和强度出现了明显变化,极端气候事件频现。蔡运龙研究指出全球变暖对不同气候地区作物产量有着差异性的影响<sup>[1]</sup>; IPCC 报告进一步指出全球气候变化将对生态系统初级生产力产生巨大的不利影响,尤其是那些生态环境脆弱的地区由于其适应和自我恢复能力差,不利影响则更为加剧<sup>[2]</sup>。三江源自然保护区是全球气候变化的敏感区和生态环境极为脆弱区,区域农牧业生产和经济发展对该区域的气候条件有着极高的依赖性。因此,分析三江源区域气候变化规律及趋势,揭示气候变化对三江源草地气候生产力的影响,不仅可为合理保护三江源保护区的生态环境和促进农牧业的可持续发展提供科学依据和支撑,也对保持全国的生态安全有着重要的现实意义。

## 一、文献综述

草地生产力变化,不仅反映出草地生态系统的功能状况,更进一步影响到区域的农牧业生产和生态经济发展水平。影响天然草场植被生产力的因素

是多方面的,就某一地区而言,气候因子无疑是影响植被生产力的重要因素。因此,研究全球气候变化敏感地区和生态环境脆弱地区的植被气候生产力,对于分析该区域的气候资源状况、合理评估全球气候变化响应下植被生物生产力状况、合理地开发利用草地资源和保护生态环境并促进畜牧业可持续发展具有重要意义。

国内学界对于不同区域气候变化及对草地气候生产力的影响研究关注度也逐渐提高,如曹立国等利用1958-2008年逐月气温和降水资料,研究了锡林郭勒盟天然草场植物气候生产潜力及对气候变化的响应情况,并指出水分是重要限制因子<sup>[3]</sup>,该研究为了解内蒙古天然草场生产力的变化趋势提供了一定的基础;而针对全球气候变化较为敏感的青藏高原地区,学者们也进行了积极的研究,姚玉璧等综合运用光合潜力、温度、水分、覆盖度等因子建立了综合气候生产力模型,并评估了甘南天然草场植物气候生产力和青藏高原东北部天然草场植物气候生产力的变化情况<sup>[4]</sup>,得出气候生产力由西北向东南递减的演变趋势,但对于气候生产力的时间变化趋势及其预测则未研究;郭连云等采用Miami对三江源兴海县草地气候生产力进行了评估<sup>[5]</sup>,孙建光等

收稿日期: 2013-05-27

基金项目: 教育部人文社科青年项目“青海藏区草地生态保护中牧户的福利变化及补偿研究”(12YJCZH105); 教育部春晖计划“青海藏区草地退化中牧户的认知及保护行为响应研究”(Z2012039); 国家社会科学基金项目“青海民族聚居牧户的草地生态保护行为和生计能力研究”(13CJY 016)。

作者简介: 李惠梅(1980-),女,副教授,博士;研究方向:土地资源经济、生态经济。E-mail: huimeili1980@163.com

基于 DEM 构建了气候生产力模型并对青海共和盆地的气候生产力进行了评价<sup>[6]</sup>,但均未涉及对三江源区域之间气候生产力的比较及其演变规律的探讨,也未对三江源地区实施生态保护工程前后的草地气候生产力进行评估及其时间和空间差异的分析,也缺少对三江源草地气候生产力变化趋势的原因分析,难以形成有效的恢复和保护三江源草地生态环境的政策建议。可见,针对某一特定时间范围内的区域气候生产力进行评估,并探讨其演变规律及其原因是必要的。气候生产力的诸多研究表明,影响草地气候生产力的重要因子是温度和降水,本文在上述研究的基础上,采用以温度和水分影响为基础的 Thornthwaite Memorial 模型,分析三江源地区天然草场植物气候生产力的时空分布特征,以期对三江源地区充分利用气候资源,合理保护天然草场和改善三江源地区的生态提出针对性的建议。

## 二、研究区域与数据

### 1. 研究区域概况

三江源地处青藏高原腹地,青海省南部,是我国长江、黄河和国际河流澜沧江——湄公河发源地(简称“三江源”),素有“中华水塔”之美誉。地理位置介于 31°39′~36°16′N, 89°24′~102°23′E 之间,海拔 3 450~6 621 m, 行政区域辖行政区域辖玉树州(曲麻莱县、治多县、称多县、杂多县、玉树县、囊谦县)、果洛州(玛多县、玛沁县、甘德县、达日县、久治县、班玛县)两个西藏自治区全境以及海南藏

族自治州的兴海和同德两县;黄南藏族自治州的泽库县、河南县和被称为“生命禁区”的格尔木市唐古拉乡,总面积达  $36.3 \times 10^4 \text{ km}^2$ ,占青海省总面积的 50.3%。三江源保护区内主要生态系统类型为占 65.4% 的高寒草甸草原和 20.2% 的湿地,属高寒气候,地表风化强烈、土层薄、质地粗,气候寒冷、植物生长期短,自身的调节能力很弱,恢复能力极差,生态系统极为脆弱和敏感。随全球气候变化和暖干化趋势的影响以及受放牧的压力及鼠害的影响和经济发展等综合作用影响,该区域草地覆盖度退化明显,“黑土滩”现象随处可见;大多数冰川呈退缩状态,湿地萎缩明显,荒漠化和沙漠化趋势明显,严重影响了三江源区域的生态平衡和当地生态经济可持续发展,进而危及到我国长江中下游乃至全国的生态安全。

### 2. 数据来源

本文选用三江源流域的河南站、甘德站、同德站、玉树站、曲麻莱站、伍道梁站(治多县)和玛多站等 7 个气象站点(如图 1 所示)的近 9 年的气象资料,选择各气象站点 2002 年、2005 年、2008 年和 2010 年的平均温度、降水量和太阳总辐射,分析了三江源主要站点的降水和温度的变化,并在此基础上探讨了三江源区的天然草场植物气候生产力的时空变化及其差异。考虑到三江源地区的植被生长季为 4-10 月,故本研究选用 4-10 月的气候数据平均值进行计算。同时以 7 个站点数据的平均值代表三江源的气象数据及其气候生产力。



图 1 三江源区气象站点分布图

### 3. Thornthwaite Memorial 模型

以气候变暖为主要特征的气候变化会进一步加重暖干化趋势,并引起草地生产力的下降<sup>[7]</sup>;徐兴奎等研究表明气温的升高一方面使植被生长增加,

但如同时降水不足,则可能导致植被覆盖退化<sup>[8]</sup>。因此,文本选取了气温和降水 2 个因子来表达气候环境,采用计算简便且可以明确表达气候变化对气候生产力(net primary productivity, NPP)影响的

Thamthwaite Memorial 模型来计算三江源地区的气候生产力。

净第一生产力  $NPP(E)$  由下述(1)~(3)模型计算得到:

$$NPP(E) = 3000 [1 - e^{-0.0009695(E-20)}] \quad (1)$$

式(1)中  $NPP(E)$  是实际蒸发散量计算得到的植物净第一性生产力 [ $g/(m^2 \cdot a)$ ];  $e$  为自然对数; 3 000 是地球自然植物在每年每平方米上的最高干物质产量 ( $g$ );  $E$  是年平均实际蒸发散量 ( $mm$ ), 可用 Ture 公式计算, 即:

$$E = 1.05R / (1 + 1.05R/L)^2 \quad (2)$$

式(2)中  $R$  为平均降水量 ( $mm$ );  $L$  为平均最大蒸散量, 它是均温度 ( $T, ^\circ C$ ) 的函数, 用下式计算:

$$L = 300 + 25T + 0.05T^2 \quad (3)$$

当  $R/L > 0.316$  时, (3) 式适用;  $R/L < 0.316$  时取  $E=R$ 。通过(1)~(3)式计算的植物生产力均为植物所有的干物质重量, 包括植物地上和地下部分的总和。本研究中通过计算  $R/L < 0.316$ , 用降水量代表了平均实际蒸发散量。李惠梅对三江源气候生产力的研究表明, 三江源地区的气候生产力与海拔高度呈反比关系, 海拔每上升 100 m 时气候生产力约降低 120.0~142.5  $g/m^2$ , 水分是三江源地区天然牧草气候生产力的重要制约因素之一<sup>[9]</sup>。可见, 本研究以降水量和气温来估算三江源地区的  $NPP$  是科学合理的。

### 三、结果与分析

#### 1. 三江源区气候变化趋势

李惠梅对三江源地区的研究结果表明, 在 1972-2003 年的 30 年内, 三江源区的气候呈现出上升趋势, 并且 20 世纪 70、80、90 年代的上升幅度明显递增; 降水主要集中在 5~9 月, 降水分布极度不均衡, 三江源地区降水呈现出减少的趋势<sup>[9]</sup>。本研究发现, 三江源地区在 2002-2010 年内, 年平均气温为 4.18  $^\circ C$ , 其中 2004 年的年平均温度最低, 只有 3.94  $^\circ C$ , 2010 年的年平均气温最高, 达到了 4.56  $^\circ C$ , 如图 2 所示。

图 2 表明, 三江源气温在时间上的变化趋势存在着一定的差异, 2002-2004 年气温呈现出略微下降的趋势, 自 2004 年后气温逐年增加, 2010 年比 2002 年上升了 0.529  $^\circ C$ , 总体上呈现出略微增加的趋势。图 2 的气候变化趋势模拟可以看出, 在未来的几年内, 三江源区域的气温将会呈现出直线升高

的趋势, 斜率为 0.065, 说明三江源区域年平均气温以 0.065  $^\circ C/年$  的速度上升, 远远大于全国的增温速度 (0.004  $^\circ C/年$ )。也揭示出, 在未来的一段时间内, 三江源草地的生态环境受全球气候变暖趋势的影响仍将在较长一段时间内存在, 采取响应的应对措施以减少损失和保护生态环境是必要的。

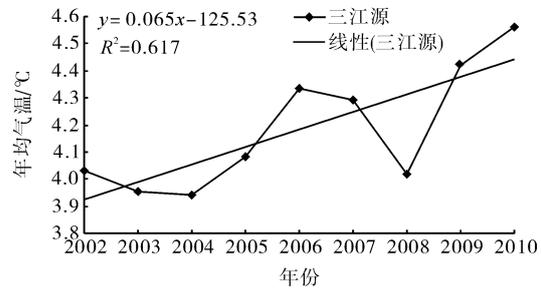


图 2 三江源地区年平均温度变化趋势

2002-2010 年三江源地区的平均降水量为 421.26 mm, 其中 2006 年的年平均降水量最低, 为 361.93 mm, 2009 年平均降水量最高, 高达 487.96 mm, 三江源地区降水量在时间变化上极不稳定, 如图 3 所示。其中, 2002-2005 年, 年均降水量呈现出下降的趋势, 2006-2009 年呈现出快速增加的趋势, 但 2010 年又急速下降; 2002-2010 年, 三江源年平均降水量总体上增加了 75.00 mm; 三江源区域的降水量呈现出直线增加的趋势, 斜率为正, 与三江源 90 年代之前的降水量逐年下降和干旱化的研究结果并不完全相同, 但与秦大河等预测的未来 50 年我国北方可能呈“暖湿型”变化的结果吻合<sup>[10]</sup>, 与郭连云等<sup>[5]</sup>对三江源兴海的研究结果基本一致。初步可以得出, 三江源地区的气候在 2000 年后表现出变暖、变湿的趋势, 但本文选取的时间段较短, 还需长期的数据进行验证。

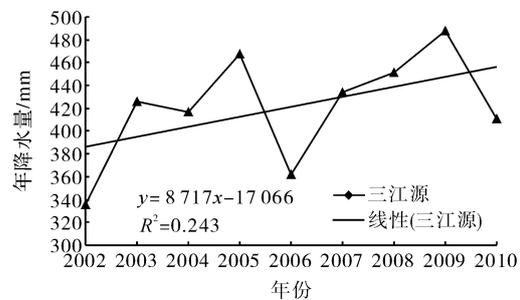


图 3 三江源地区年平均降水量变化

#### 2. 三江源草地 NPP 时空变化分析

由于受气候暖干化趋势的全球变化影响, 三江源地区草地生态退化已成不争的事实。植被净生产力是衡量植被的覆盖度及生物量对气候变化响应的

主要指标,而三江源高寒草地生产力受气候的制约更为明显,如李英年等对高寒草地生物量对气候变化的响应研究表明<sup>[11]</sup>,在降水量无明显增加时气温升高往往使草地生物量减少,而气温和降水量同时增加利于牧草的生长使生物量增加。即气候变暖时降水是高寒草地生物量的限制因素。在生态保护过程中,如果草地的环境变好,即覆盖度增加和生物量增加,则往往会起到对局部气候的调节作用。因此,本研究以气温和降水因子来模拟了三江源地区的净生产力状况,以检验气候变化中的草地生态环境状况。

用 Thamthwaite Memorial 模型对三江源区域 7 个气象站点进行了净生产力的计算。结果表明,三江源地区 2002-2010 年的平均 NPP 为 481.435 g/m<sup>2</sup>,比李惠梅对河南站、甘德站、同德站、玉树站、曲麻莱站、伍道梁站和玛多站等 7 个气象台站的 1971-2003 年的气象资料拟合的 NPP 平均值 225 g/m<sup>2</sup>要高<sup>[9]</sup>。

本文选用模型与李惠梅<sup>[9]</sup>计算 NPP 的模型不同,故无法直接进行绝对数值的对比,只能从变化趋势等方面加以对比。虽然用 Thamthwaite Memorial 模型计算的 NPP 为理想值,对高海拔的三江源区域的高寒草甸、草原而言,模拟值明显偏高;另一方面三江源区域常年平均气温低(累计平均值为-1.12℃左右,牧草生长计算是按照 0℃以上的植物光合作用积温总和来计算)、植物生产期短(约 100 天左右)、植株高度小、土层薄等原因使三江源草地生产能力不高,且本文通过 Thamthwaite Memorial 模型计算过程并未考虑植物生长的 Logistic 趋势,可能使该模型计算的 NPP 偏高。但数据整体上比较接近,比较符合三江源草地近几年的生态环境质量及其生产力状况,说明本文计算数据及其分析的结果是有效的,仍然能够通过近 9 年的 NPP 变化反映出三江源区草地的生产力情况,也可以从一定层面反映出三江源生态保护战略实施以来草地的恢复效果。

(1) 三江源草地 NPP 时间变化趋势。三江源草地 NPP 在时间上有着一定的变化趋势及发展规律,如图 4 所示。

从图 4 可以看出 2002-2010 年,三江源区域的草地 NPP 总体上呈现出略微增加的趋势,2010 年草地 NPP 平均值为 497.923 g/m<sup>2</sup>,与 2002 年的草地 NPP 平均值 477.539 g/m<sup>2</sup> 相比较,增加

了 4.29%。但在 2002-2010 年期间,三江源草地 NPP 分别极度不均衡,在 2005 年和 2008 年分别有两次明显的下降,下降幅度分别达 0.837% 和 3.14%;而在 2006 年有一次明显的升高,与 2005 年相比较增加幅度为 3.279%;2008-2010 年,三江源草地的 NPP 呈现出逐渐增加的趋势,增加幅度达 4.89%。

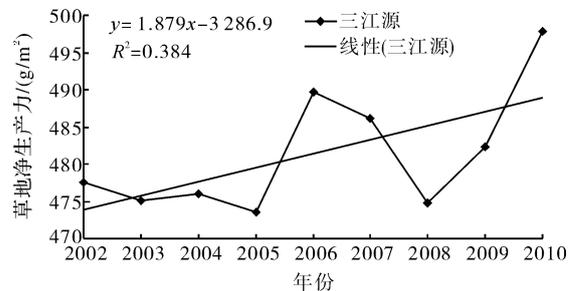


图 4 三江源草地平均 NPP 的时间变化趋势

以三江源草地 NPP 的平均值进行了线性模型模拟,虽然显著性程度不高,但仍然能看出三江源草地的 NPP 呈现出直线增加的趋势。一般情况下,在水分不受限制的情况下当气温升高时有利于牧草的生长,而气温升高时水分亏缺将对植物生长不利,即三江源草地 NPP 表现出微弱的增加趋势,是“暖湿”气候变化的结果;郭连云等研究指出暖湿型气候对草地生产有利,并将使草地 NPP 平均增产 2%~4%<sup>[5]</sup>,并与本文计算的三江源草地在 2010-2002 年内的平均增加幅度 4.29% 相吻合。

研究结果在一定程度上揭示出,三江源草地的气候变化越来越适宜于牧草的生长。自 2005 年始,三江源区实施的生态保护工程收到了一定的效果,但草地 NPP 增加不显著,仍然需要长期的保护和恢复工作。同时,加强草地生态恢复情况的监测,并继续实施生态恢复和保护战略,对三江源草地生态可持续保护是必不可少的。

(2) 三江源草地 NPP 空间分布差异。三江源草地的 NPP 由于海拔高度而导致降水和气温的分布不均衡,故导致区域间 NPP 的差异较明显;同时三江源区年份间的 NPP 也存在一定的差异,三江源草地的 NPP 变化在空间和时间上的变化差异性均比较明显,如图 5 所示。

从空间上看,位于三江源西北部的伍道梁站点(治多县)、北部的曲玛莱站点和玛多站点区域的草地净生产力明显最低,2002-2010 年 NPP 的均值分别为 455.308 g/m<sup>2</sup>、456.148 g/m<sup>2</sup> 和 459.033 g/m<sup>2</sup>;同德

站点区域的草地 NPP 最高 2002-2010 年的均值为 516.840 g/m<sup>2</sup>。

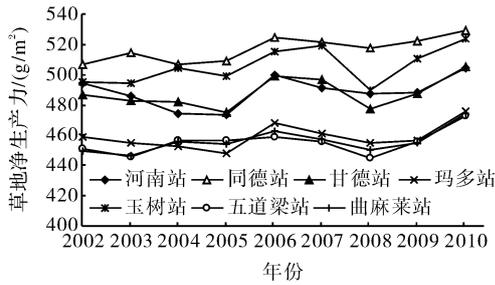


图 5 三江源草地 NPP 时空变化

三江源区域草地的 NPP (以三江源各站点 2002-2010 年的 NPP 平均值) 空间差异与其海拔高度表现出一定的反相关关系,如图 6 所示(为了比较将海拔高度除以 10,即 NPP 和海拔的单位分别为: g/m<sup>2</sup> 和 10 m)。

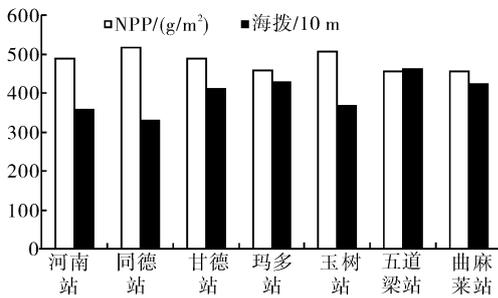


图 6 三江源草地 NPP 与海拔高度的关系

从图 6 可以看出,同德县的海拔最低,而其 NPP 相对最高;唐古拉乡和玛多县的海拔相对较高,其 NPP 则比较低。揭示出,海拔越高的地区,气候寒

冷、无霜期短、自然灾害多和土壤贫瘠等原因使该地区的草地 NPP 越低,而海拔较低地区更为适合植物生长因而具有较高的生产力。即三江源区域草地的 NPP 与区域的海拔高度密切相关,海拔越高,气候越恶劣,草地的 NPP 越低。但河南县和玉树县的海拔高度虽然较接近,但玉树县的 NPP 要比河南县高,说明三江源草地的 NPP 虽然与海拔相关度高,但也可能与该区域的生态保护力度、人为干扰强度和地形导致的降水等因素有关。

### 3. 三江源草地 NPP 对气候变化的响应

一个地区的植物生产力与植物生长的气温和降水的关系密不可分,本文用 Stata 12.0 对三江源地区的年均 NPP 与年均气温  $T$  和降水量  $R$  进行了回归分析,得到如表 1 所示的回归结果。

回归结果表明,三江源草地的净生产力(NPP)与当地的气温和年降水量存在着显著的相关性, $P$  为 0.000 8,说明回归结果是可靠的,模型是科学的。回归方程如下:

$$NPP = 34.083T - 0.056R + 362.398 \quad (4)$$

从式(4)可以看出,三江源草地气温对气候生产力具有正效益,而降水量对气候生产潜力呈现出负效应;三江源草地的 NPP 主要受到气温的影响,水分则表现出微弱的限制作用;模型的弹性系数表明,年平均温度每升高或降低 1 °C,将使三江源草地的 NPP 增加或减少 34.083 g/m<sup>2</sup>;该模型的结论与徐兴奎等<sup>[8]</sup>和李英年等<sup>[11]</sup>对三江源地区的气候生产力研究结果基本一致。

表 1 三江源草地生产力与气温和降水量的相关性回归结果

草地生产力	相关系数	标准误	$t$	$P >  t $
温度	34.083	4.577	7.45	0.000
降水量	-0.056	0.021	-2.62	0.040
常数项	362.398	20.438	17.73	0.000

Prob >F = 0.000 8; 均方误差 = 2.906; Adj R<sup>2</sup> = 0.878; R<sup>2</sup> = 0.908

徐兴奎等的研究表明,在气温升高的同时降水不足将不利于植被的生长和恢复,即对植被而言,水分的影响是在一定温度条件下产生作用,全球气候变暖无疑是有利于植物生长的,但如果降水不足时则会引起干旱而使植物生产力下降,在不考虑承载力的情况下过度放牧将使该地区草地生产力进一步下降并导致草地退化、沙化等严重后果<sup>[8]</sup>;李英年等的相关研究则指出气候变暖同时水分增加将有利于植被恢复,三江源地区海拔高、年均温低,但如果在温度升高不显著的情况下连续降水,则往往导致

气温下降、霜冻和雨雪等异常天气,使植被的生长明显受限制<sup>[11]</sup>。因此,在三江源地区,气候变暖时降水往往成为草地 NPP 的重要限制因素,气候暖湿化的演变趋势在一定程度上使草地植被得以恢复和保护。由于本研究采用的数据年限较短,且在个别年份,降水出现下降趋势,但由于气温增加而水分限制作用不明显,使草地生产力并未降低,该结果与实际是相符的。而水分的影响机理往往比较复杂,与温度有着密切的相互影响关系,水分和气温及其与 NPP 的耦合关系尚需更长期的气候数据和植被监

测数据进一步的验证。

## 四、结论与政策建议

### 1. 结 论

气候生产力及其变化可以在一定程度上反映某一区域的生态环境变化状况,同时也与该区域的环境政策和经济发展战略密切相关。本文采用三江源区域的气候生产力状况进行了相关研究,主要结论如下。

(1) 通过对三江源地区 7 个站点 2002-2010 年的气象数据分析发现,近 9 年年平均气温呈现出显著的上升趋势,年降水量虽然也呈现出略微的增加趋势,但变化极不稳定。

(2) 通过 Thammthwaite Memorial 模型计算的三江源草地 NPP 均值约为  $481.435 \text{ g/m}^2$ ,三江源草地净生产力在时间和空间上变化不均衡。2002-2010 年三江源草地的 NPP 呈现出直线增加的趋势,尤其是自 2006 年后增加明显,是三江源“暖湿”气候与三江源生态保护战略的共同结果。

(3) 三江源区域间的净生产力变化与其海拔高度相关,海拔较高的沱沱河、曲玛莱和玛多等站点的 NPP 最低,而海拔最低的同德的 NPP 最高。即净生产力变化与分布是海拔及其耦合的降水量在空间变化趋势的反映,变化规律与全球气候变化的影响结果一致;三江源草地生产力在海拔相近地区存在着一定的差异,这可能是当地牧户对草地放牧生计的依赖程度影响的结果。

(4) 通过对三江源地区草地 NPP 与气温和降水量的相关性分析,可以看出三江源草地的 NPP 主要受气温的影响,但降水量是重要的限制因子。

### 2. 政策建议

(1) 制定三江源功能区发展规划,合理协调、配置和利用草地资源。可根据三江源草地的生产力状况制定不同的生态经济政策:比如对 NPP 较高的同德县、玉树县等地区可以适度发展畜牧经济以促进当地的经济;对 NPP 较低的唐古拉乡、玛多县和曲玛莱县等区域,考虑通过对草地实施生态保护并对牧户的损失进行补偿的政策实现该地区的生态经济;对其他区域可以考虑适度的产业结构调整和发展生态旅游等方式实现区域的可持续发展。通过对三江源区域的草地资源利用和保护重点的划分,分别实现各功能区的经济发展功能或生态保护

功能,以实现三江源区域的生态保护和经济发展以及社会稳定的多赢局面。

(2) 科学构建三江源区域生态保护补偿机制。在全球变暖的趋势下,降水量和植物水分充盈将使三江源草地植被覆盖度增加,一方面将使三江源草地生物生产能力增加,对维护当地和长江、黄河及澜沧江中下游的生态安全有着重要的意义;另一方面三江源草地生物生产力的增加将在一定程度上促进当地牧户的经济收入和畜牧业经济发展,有利于实现地区生态经济发展和社会稳定。因此,为了我国的生态安全和子孙后代的长远利益,在三江源地区实施生态恢复和保护工程是必要且刻不容缓的。生态脆弱区和敏感区域往往是贫困人群聚居地,其生存和发展在相当大的程度上依赖于生态系统服务初级生产功能,故基于公平原则和帕累托原则,对该区域的牧户必须实施有效地生态补偿以保障牧户的生存和发展的基本权利,进而促进该区域牧户积极响应生态保护计划,这是实现三江源区域的草地生态保护目标的基本保障;此外,自然资源产权不清等问题同样是生态保护制度失灵的重要原因<sup>[12]</sup>,深刻了解人类的干扰和气候变化等扰动下的生物生产力受损情况,精确评估生态系统服务,明晰产权,构建适应民族地区的科学有效生态补偿机制以调控、管理和实现区域生态保护,对促进该区域的生态经济和谐稳定发展意义重大而深远。

(3) 加强科学研究,设法提高植被生产力。在更深层次的意义上,三江源的生态环境极为脆弱和敏感,生态环境的退化和破坏不仅难以恢复,更对当地乃至全国的生态安全有着严重的威胁,因此,加强高寒地区草地生态的保育和养护及检测研究,探寻促进草地生物生长和恢复的有效生物措施,通过补草、种草、防风固沙、人工降雨和加盖保温层等措施提高当地的生物生产能力是保护当地的生态环境的重要举措。

(4) 积极改变牧民生计方式,促进生态经济可持续发展。通过发展地区经济以增加当地牧户的经济收入能力和来源,减少牧户对草地放牧生计的依赖,鼓励牧户放弃放牧生产和生活活动、增加人工养殖和打工等方式来减轻草地放牧压力,并给予牧户科学的生态保护补偿,在牧户的有保障的情形下实现三江源草地生态的保护,对促进三江源地区的生态经济可持续发展至关重要,也更具有现实意义。

## 参 考 文 献

- [1] 蔡运龙. 全球气候变化下中国农业的脆弱性与适应对策[J]. 地理学报, 1996, 51(3): 202-212.
- [2] IPCC. Scientific assessment of climate change [R]. Cambridge: IPCC Supplement, 1992: 58-125.
- [3] 曹立国, 刘普幸, 张克新, 等. 锡林郭勒盟草地对气候变化的响应及其空间差异分析[J]. 干旱区研究, 2010, 28(5): 699-794.
- [4] 姚玉璧, 张秀云, 朱国庆, 等. 青藏高原东北部天然草场植物气候生产力评估[J]. 中国农业气象, 2004, 25(1): 32-341.
- [5] 郭连云, 吴让, 汪青春, 等. 气候变化对三江源兴海县草地气候生产潜力的影响[J]. 中国草地学报, 2008, 30(2): 5-10.
- [6] 孙建光, 李保国. 青海共和盆地草地生产力模拟及其影响因素分析[J]. 资源科学, 2005, 27(4): 44-48.
- [7] 李镇清, 刘振国, 陈佐忠, 等. 中国典型草原区气候变化及其对生产力的影响[J]. 草业学报, 2003, 12(1): 4-10.
- [8] 徐兴奎, 陈红. 气候变暖背景下青藏高原植被覆盖特征的时空变化及其成因分析[J]. 科学通报, 2008, 53(4): 456-462.
- [9] 李惠梅. 三江源地区天然牧草气候生产力评估[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(12): 6414-6460.
- [10] 秦大河. 中国西部环境演变评估综合报告[M]. 北京: 科学出版社, 2002: 56-66.
- [11] 李英年, 王启基, 赵新全, 等. 气候变暖对高寒草甸气候生产潜力的影响[J]. 草地学报, 2000, 8(1): 23-29.
- [12] 张效军, 欧名豪, 李景刚, 等. 耕地保护区补偿机制的应用研究: 以黑龙江省和福建省为例[J]. 华中农业大学学报: 社会科学版, 2010, 85(1): 76-81.

## Response of Grassland Climate Productivity to Climate Change in Sanjiangyuan Regions

LI Hui-Mei<sup>1,2</sup> ZHANG An-Lu<sup>2</sup>

(1. School of Public Administration and Policy, Qinghai University for Nationality, Xining, Qinghai 810007;

2. College of Public Administration, Huazhong Agricultural University, Wuhan, Hubei 430070)

**Abstract** Changes of the temperature and precipitation in Henan county, Gande county, Tongde county, Yushu county, Qumailai county, Zhiduo county and Maduo county of Sanjiangyuan regions in the recent 9 years and the response of grassland climate productivity to these changes were analyzed based on the meteorological data observed during the period from 2002 to 2010, using the Thornthwaite Memorial model and mathematical statistics method, the direction of productivity change and ecological economic development strategy of Sanjiangyuan regions were explored. The results revealed that the temperature and precipitation both showed a certain upward trend, the climate trended to be a warming-wet pattern in Sanjiangyuan regions, and grassland climate productivity was inclined to linear increase. There was a significant correlation between the grassland climate productivity and the temperature and precipitation, grass productivity is mainly affected by the impact of temperature and precipitation, also was the Key factor. The government should implement ecological protection and ecological compensation, and enrich the income source of herdsman to promote the regional ecological-economic sustainable development and the maintenance the ecological safety of Sanjiangyuan regions.

**Key words** grassland climate productivity; climate change; conservatory ecology; Sanjiangyuan regions; Thornthwaite Memorial model

(责任编辑: 陈万红)