

论文

三江源地区生长季气候变化趋势及草地植被响应

钱拴^{①*}, 伏洋^②, PAN F F^③

① 国家气象中心, 北京 100081;

② 青海省气象科学研究所, 西宁 810001;

③ Department of Geography, University of North Texas, Denton, TX 76203, USA

* E-mail: qians@cma.gov.cn

收稿日期: 2009-11-26; 接受日期: 2010-05-21

2009 中国气象局气候变化专项(编号: CCSF-09-17)资助

摘要 三江源地区草地植被生长状况不仅关系着当地的生态环境和牧畜业生产, 而且对中国和亚洲的生态环境都有重要的影响. 但以往的研究集中于年、季尺度降水和气温的变化趋势分析上, 很少研究草地植被生长季的气候变化以及草地植被的响应. 为此, 本文利用三江源地区 1961~2007 年气温、降水、日照时数和 1982 年以来 NOAA/AVHRR 植被指数以及牧业气象站 1994 年有完整观测以来围封草地的牧草高度、生物量和草层覆盖度等资料, 构建气候变化评价模型和草地植被生长气候适宜度模型, 综合分析了三江源地区生长季气候变化趋势、草地植被生长气候适宜度变化趋势以及草地植被对气候变化的响应. 结果表明, 1961 年以来三江源地区生长季 4~8 月平均气温、降水量和日照时数均呈增加趋势, 增加幅度分别为每 10 年 0.24℃, 2.32 mm 和 2.81 h; 4~5 和 6~8 月平均气温分别增高 0.17 和 0.30℃, 降水量增幅分别为 2.80 和 -0.38 mm, 日照时数分别增加 2.15 和 1.2 h. 三江源地区草地植被生长气候适宜度呈上升趋势, 其中 4~5 月上升的速度快于 6~8 月, 整体气候朝着有利于草地植被生长的方向变化. 三江源地区 1982 年以来植被指数整体呈弱的增加趋势, 2004 年以来草地植被变好趋势明显, 草地植被的生长对气候已呈现出正响应的变化. 为此, 建议三江源地区应充分利用气温升高、降水增加, 有利于草地植被生长的暖湿化趋势, 加大草地保护力度, 促进草地生态环境尽快恢复.

关键词

气候变化
气候适宜度变化
草地植被
三江源地区

三江源地区位于青藏高原腹地, 是长江、黄河和澜沧江的发源地, 现有草地面积 $28.58 \times 10^4 \text{ km}^2$, 占国土面积的 81.4%. 草地植被生长的好坏不仅决定着三江源地区生态环境的优劣, 还影响着当地畜牧业的发展. 但是, 在过去的几十年里, 三江源地区生态环境发生了显著的变化, 多年冻土和冰川融化、湖泊

水位下降、草地退化、鼠害增多以及土地荒漠化加剧, 威胁着当地、中国乃至东南亚一些国家的生态安全和经济发展. 天气气候为引起上述变化最活跃和最直接的驱动因子, 其年际变化以及季节分配的异常, 往往给草地植被生长和生态环境造成一系列影响. 因此, 研究三江源地区气候变化趋势及其对草地植被

的影响与响应问题, 具有十分重要的意义.

1999 年以来, 许多学者研究了三江源地区气候变化及其对植被和生态环境的影响问题^[1-8]. 张国胜等^[5]研究了气候变化对三江源地区牧草生长的影响; 王江山等^[6]利用 1981~1999 年 NOAA/AVHRR 植被指数研究了三江源地区植被的变化情况; 唐红玉等^[7]利用 1982~2000 年 NOAA/AVHRR 植被指数研究了三江源地区植被变化对气候变化的响应; 郭连云等^[8]研究了气候变化对三江源地区兴海县草地气候生产潜力的影响. 但这些研究集中于降水和温度等要素的季、年气候变化及其对植被生长的影响上, 并且所用的资料多为 2004 年以前的时段, 至今还没有学者从草地植被生长季的时间尺度, 结合最长序列的卫星遥感资料和牧草地地面观测资料, 综合研究三江源地区草地植被生长季的气候如何变化、如何影响草地植被生长以及草地植被响应的问题. 为此, 本研究利用三江源地区 1961~2007 年的光温水资料、1982 年以来 NOAA/AVHRR 植被指数和 1994 年以来有完整观测并且可比的围封草地的牧草高度、生物量和覆盖度等资料, 构建气候变化趋势评价模型和草地植被生长气候适宜度模型, 综合研究草地植被生长期 4~8 月的气候变化、草地植被生长气候适宜度变化以及草地植被对气候变化的响应问题, 以便为掌握三江源地区草地气候变化与草地植被的演变趋势和制定相应的政策提供科学依据.

1 研究资料

1.1 气象资料

光、温和水等气象要素为影响草地生态系统的主要环境因子, 决定着草地植被的生长发育状况^[9,10]. 本研究所用的气象资料为三江源地区兴海、杂多、玉树、达日、清水河、玛多、河南、囊谦、伍道梁、久治、曲麻莱、沱沱河、班玛和同德 14 个气象站 1961~2007 年的旬降水量、旬平均气温和旬日照时数. 通过时段累加和平均, 计算每一个站历年牧草生长期 4~8 月以及春季 4~5 月和夏季 6~8 月的平均气温、降水量和日照时数, 然后将 14 个站每年相应时段的同类气象要素进行平均, 分别得到三江源地区历年相应时段的平均气温、降水量和日照时数, 以反映三江源地区光、温和水的整体状况.

1.2 NOAA/AVHRR 植被指数

NDVI 资料与植被信息如生物量、高度和覆盖度等密切相关, 能较好地反映地表植被的变化^[6,7]. 本研究利用能够反映植被长时间变化的 NOAA/AVHRR 植被指数资料, 该资料来自美国地球资源观测系统数据中心的探路者数据库, 空间分辨率为 8 km×8 km, 时间分辨率为月, 资料为 1982~2006 年 7~8 月三江源地区草地植被生物量高峰时期的月最大 NDVI. 本研究以两月最大的 NDVI 的平均值反映该地区草地植被的年最好生长状况, 用以研究三江源地区草地植被对生长季气候变化的响应.

1.3 牧草地地面观测资料

三江源地区开展牧草地地面长期定点定时观测的有曲麻莱、甘德、河南、兴海和同德 5 个牧业气象站, 其中同德牧草观测于 1998 年停止, 可靠完整的仅为前 4 个站 1994 年以来围封草地的牧草观测资料, 其草地观测按照农业气象观测规范进行^[11]. 本研究对 4 个站历年 6~8 月每月月末观测的牧草高度(cm)、产草量(kg/hm²)和草层盖度(%), 分别以年最高值代表牧草生长季最好长势, 以研究牧草对气候变化的响应.

2 研究方法

2.1 气候变化趋势评价模型

利用气候要素的时间序列, 以时间为自变量, 要素为因变量, 建立一元回归方程. 设 y 为某一气候要素变量, t 为时间(年份或序号), 建立 y 与 t 之间一元线性回归方程:

$$y(t) = b_0 + b_1 t, \quad (1)$$

b_1 反映气候要素的趋势变化率, 单位以 10 年为基础反映要素的变化量. b_1 符号反映上升或下降的变化趋势, $b_1 < 0$ 表示在计算时段内气候要素呈下降趋势, $b_1 > 0$ 表示气候要素呈上升趋势. b_1 绝对值的大小可以度量其演变趋势上升和下降的程度.

2.2 草地植被生长气候适宜度评价模型

草地植被生长需要一定的温度、水分和光照条件, 适宜的气温、降水和日照利于草地植被的生长发育. 本研究根据作者构建的草地植被生长气象条件指数^[9], 以旬平均气温、降水量和日照时数为基础, 分

别计算了三江源地区 14 个县 1961~2007 年草地植被生长气候条件指数, 以反映气候条件对草地植被生长的适宜程度. 其中, 旬草地植被生长气候条件指数:

$$I_{mt} = I_{pt} \wedge I_{tt} \wedge I_{st}, \quad (2)$$

任意时段草地植被生长气候条件指数:

$$w_m = \frac{1}{n} \int_{t=1}^n I_{mt} dt = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n I_{mt}. \quad (3)$$

式(2)和(3)中, I_{mt} 为第 t 旬草地植被生长气候条件指数, I_{pt} , I_{tt} 和 I_{st} 分别为第 t 旬草地植被生长水分、热量和日照条件指数^[9]. t 为旬序, n 为旬数; w_m 为第 1 到第 n 旬草地植被生长气候条件指数, 反映该时段气候对草地植被生长的适宜程度.

3 结果分析

3.1 三江源地区草地植被生长季气候变化趋势

三江源地区草地植被每年 4 月陆续返青生长, 5 月返青基本结束; 夏季处于旺盛生长阶段; 8 月中下旬陆续成熟, 9 月份黄枯. 4~8 月为草地植被主要生长期, 7~8 月为草地生物量、牧草高度和草层盖度最高时期. 对三江源地区 1961~2007 年草地植被生长季气温、降水和日照变化的分析结果表明, 生长季气温呈增高、降水量呈增多、日照时数呈增加趋势. 4~8 月平均气温增高的幅度为 $0.24^{\circ}\text{C}/10 \text{ a}$, 其中 4~5 和 6~8 月分别增高 0.17 和 $0.30^{\circ}\text{C}/10 \text{ a}$ (图 1(a)). 4~8 月降水量增加 $2.32 \text{ mm}/10 \text{ a}$, 其中 4~5 月增加 $2.80 \text{ mm}/10 \text{ a}$,

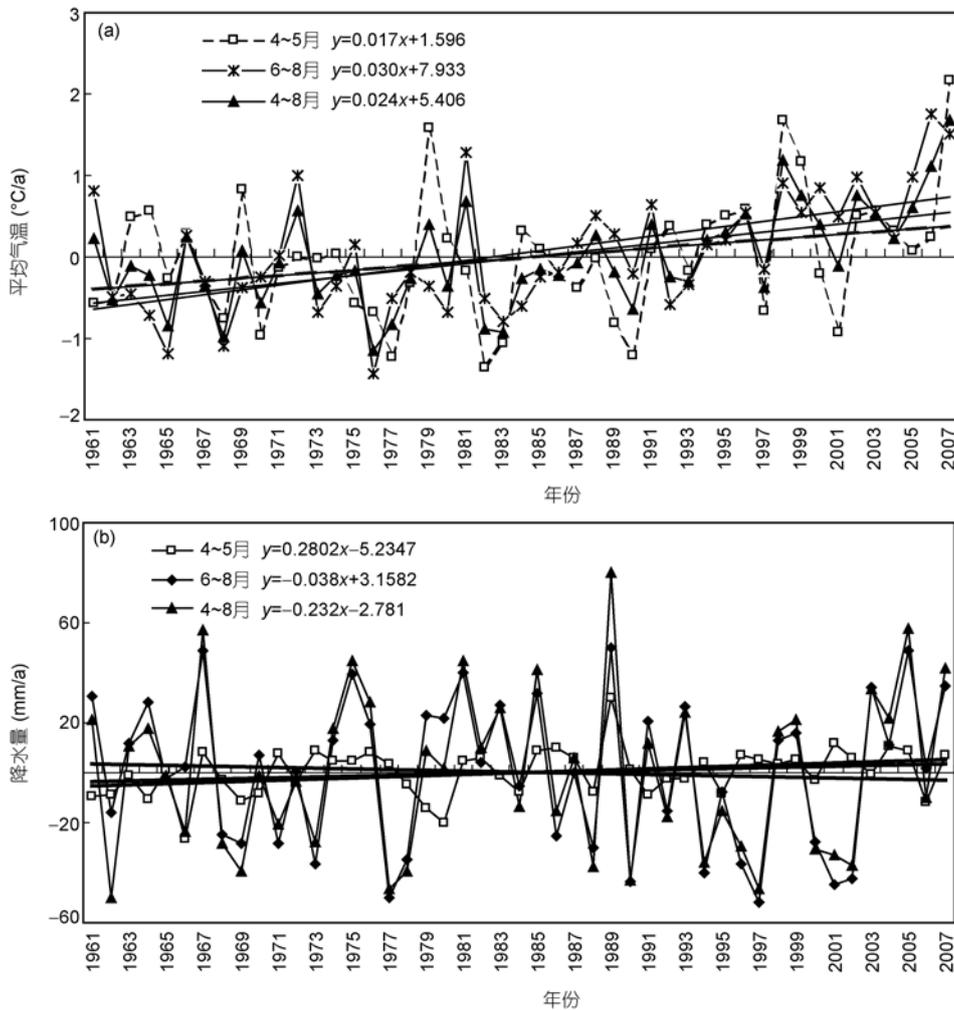


图 1 1961~2007 年三江源地区草地植被生长季气温和降水量变化趋势

夏季减少 0.38 mm/10 a(图 1(b)). 4~8 月日照时数增加 2.81 h/10 a, 其中 4~5 月增加 2.15 h/10 a, 夏季增加 1.2 h/10 a.

从三江源地区 14 个气象站 1961~2007 年草地植被生长季降水量变化趋势的空间分布(图 2)来看, 三江源大部分地区降水量呈增加趋势, 增加幅度为 2.1~9.2 mm/10 a; 部分地区呈减少趋势, 减少幅度为 1.1~16.4 mm/10 a, 减少区域主要位于玉树州东南部、果洛州东南部、海南州东南部和黄南州南部.

3.2 草地植被生长气候适宜度变化趋势

利用式(2)~(3)对三江源地区 14 个气象站 1961~2007 年 4~5, 6~8 和 4~8 月草地植被生长气候适宜度进行了逐一计算, 14 个气象站平均草地植被生长

气候适宜度见图 3. 可见, 三江源地区 1961~2007 年草地植被生长季气候适宜程度呈弱的上升趋势, 4~5 月气候适宜度上升的速度快于夏季 6~8 月. 说明近几十年来三江源地区生长季整体气候朝着有利于草地植被生长的方向变化, 并且这种变化表现为 4~5 月大于 6~8 月.

3.3 草地植被生长对气候变化的响应

气候与地表植被存在影响与响应、变化与适应的动态关系. 三江源地区草地植被如何响应气候变化, 以目前能够获得的可以反映三江源地区草地植被整体变化的 1982 年以来 NOAA/AVHRR 植被指数资料和仅有的 4 个牧业气象站 1994 年以来围封草地观测资料, 点面结合地分析三江源地区草地植被生长对

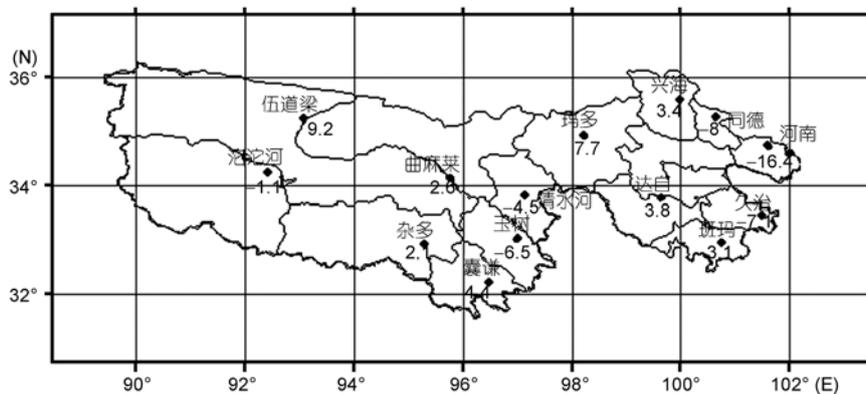


图 2 1961~2007 年三江源地区草地植被生长季降水量变化趋势的空间分布
降水量单位: mm/10 a

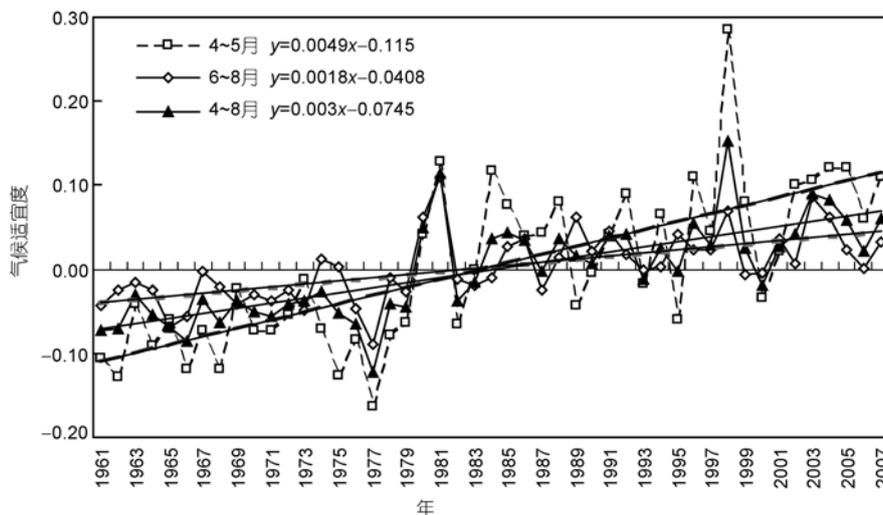


图 3 1961~2007 年三江源地区草地植被生长气候适宜度变化趋势

气候变化的响应.

3.3.1 草地植被整体对气候变化的响应

从图4可见1982~2006年三江源地区植被指数呈弱的增加趋势, 增加幅度为0.014/10 a; 20世纪80年代中期以前、90年代中期以及进入21世纪的前几年植被指数处于低值区, 2004年以来植被指数增高明显, 相对处于高值区. 说明三江源地区1982年以来草地植被总体至少维持原状, 至2006年呈弱的好转趋势, 对气候变化基本为正响应. 与王江山等^[6]、徐兴奎等^[12]和唐红玉等^[7]利用1982~2000年江河源区年NOAA/AVHRR植被指数分析得出的三江源地区植被覆盖总体保持原状的结论基本一致.

3.3.2 牧草生长对气候变化的响应

图5为三江源地区4个牧业气象站1994年以来观测的围封草地年最高牧草高度、干重和草层盖度变化图. 从图中可看出天然草地牧草年生长状况对气候变化的响应.

图5(a)显示, 4个牧业气象站1994年以来牧草高度呈增加趋势. 其中, 兴海与甘德牧草高度在2001年以后表现出明显的升高趋势, 河南和曲麻莱分别于2003和2004年以来出现明显增高的现象, 说明1994年以来牧草高度对气候变化呈正响应趋势, 新世纪以来气候变化明显朝着有利于牧草增高的方向发展. 图5(b)显示, 4个牧业气象站中曲麻莱、甘德和兴海1994年以来牧草干重呈增加趋势, 河南呈减小

趋势. 但4个站均表现为2000~2003年牧草干重处于低值区、2004年以来均呈明显的增加趋势. 说明三江源地区未受人类放牧影响的大部分草地牧草干重1994年以来呈增加趋势, 特别是2003年发生了明显的由低向高的转折, 2004年以后产量明显提高, 使牧草产量对气候变化整体呈现出正响应. 图5(c)显示, 4个牧业气象站1994年以来年覆盖度基本在50%以上, 总体呈增加趋势. 其中, 曲麻莱和甘德两站1994年以来草地植被最高覆盖度呈增加趋势, 河南呈减小趋势, 兴海变化不大; 而河南草地植被覆盖度虽减小, 但多在70%以上. 说明三江源地区未受人类干扰的草地植被覆盖度基本在50%以上, 草地生态环境较好, 且总体呈增加趋势.

4 结果与讨论

通过对三江源地区1961~2007年草地植被生长期4~8月光温水气候要素的变化趋势、草地植被生长气候适宜度变化趋势以及草地植被对气候变化响应的综合分析, 得出:

(1) 三江源地区草地植被生长季平均气温、降水量和日照时数均呈增加趋势, 增加幅度分别为0.24°C/10 a, 2.32 mm/10 a和2.81 h/10 a. 其中4~5和6~8月平均气温分别增高0.17°C/10 a和0.30°C/10 a, 气温增高幅度表现为6~8月高于4~5月; 4~5月降水增加明显, 增幅为2.80 mm/10 a, 而夏季降水呈弱的减少趋势, 减幅为-0.38 mm/10 a; 4~5月日照时数增加2.15 h/10a, 6~8月增加1.2 h/10 a.

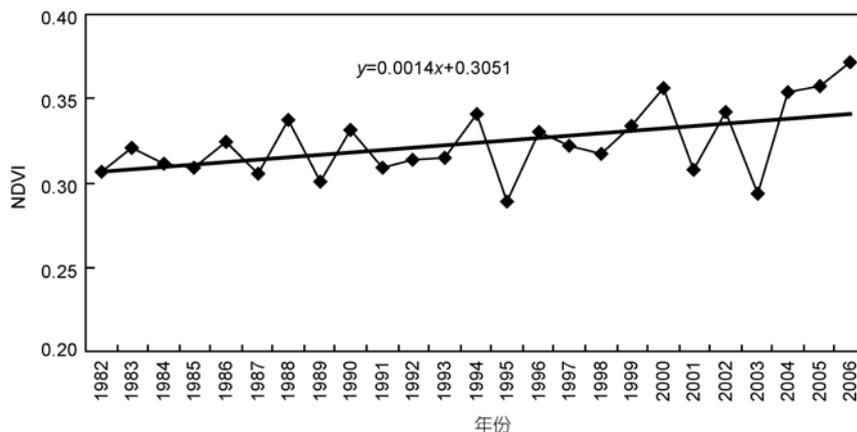


图4 1982~2006年三江源地区植被指数变化

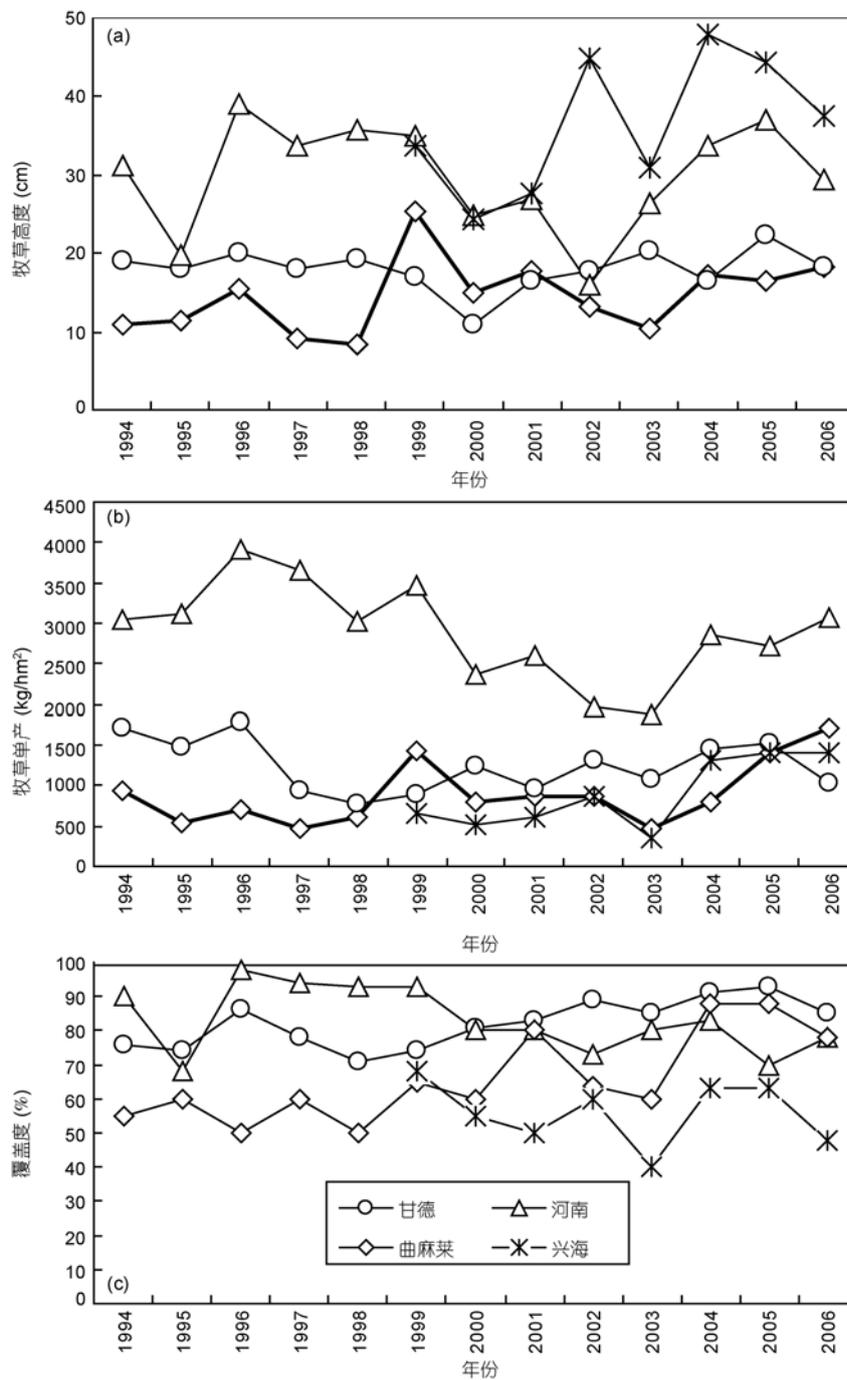


图5 1994~2006年三江源地区牧草高度(a)、产量(b)和草层覆盖度(c)变化

(2) 三江源大部分地区生长季降水量增加, 源区整体气候适宜程度呈上升趋势, 其中4~5月气候适宜度上升的速度快于夏季6~8月, 表明三江源地区1961~2007年气候整体朝着暖湿化方向发展, 有利于草地植被生长. 这一结论与毛飞等^[13]2008年得出的

青藏高原大部分地区1961~2006年湿润度呈增加的趋势相一致.

(3) 1982年以来三江源地区植被指数呈弱的增加趋势, 表明源区草地植被整体至少变化不大且略有好转. 4个围封草地的牧草生长高度、干草重和覆盖

度 1994 年以来虽有低值阶段, 但总体呈增加趋势, 特别是 2004 年以来上升明显, 至 2006 年牧草长势已对气候变化呈现出正响应变化. 这一结论与已有研究“三江源草地植被整体至少保持原状、仅部分草地恶化”的结论基本一致^[6,7,12].

(4) 本文对 1961~2007 年的各种资料分析发现,

三江源大部分地区 1961~2007 年气候在向着暖湿方向发展, 草地植被生长状况在向好的方向变化, 三江源整体气候朝着有利于草地植被生长的方向发展, 因此建议该地应充分利用有利的气候变化趋势, 采取积极的草原保护措施, 尽快使恶化部分的草地恢复到良好状态.

致谢 感谢审稿专家提出的宝贵意见.

参考文献

- 1 李林, 李凤霞, 郭安红, 等. 近 43 年来“三江源”地区气候变化趋势及其突变研究. 自然资源学报, 2006, 21: 79—85
- 2 赵燕宁, 时兴合, 秦宁生, 等. 青海南部地区 40 多年来气候变化的特征分析. 中国沙漠, 2005, 25: 529—534
- 3 唐红玉, 杨小丹, 王希娟, 等. 三江源地区近 50 年降水变化分析. 高原气象, 2007, 26: 47—54
- 4 汪青春, 秦宁生, 张占峰, 等. 青海高原近 40 a 降水变化特征及其对生态环境的影响. 中国沙漠, 2007, 27: 153—158
- 5 张国胜, 李林, 汪青春, 等. 青南高原气候变化及其对高寒草甸牧草生长影响的研究. 草业学报, 1999, 8: 1—10
- 6 王江山, 殷青军, 杨英连. 利用 NOAA/AVHRR 监测青海省草地生产力变化的研究. 高原气象, 2005, 24: 117—122
- 7 唐红玉, 肖风劲, 张强, 等. 三江源植被变化及其对气候变化的响应. 气候变化研究进展, 2006, 2: 177—180
- 8 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. 中国草地学报, 2008, 30: 5—10
- 9 钱拴, 毛留喜, 张艳红. 中国天然草地植被生长气象条件评价模型. 生态学杂志, 2007, 26: 1499—1504
- 10 李向林. 牧草生态气候适宜度评价模型. 草业学报, 1993, 2: 47—51
- 11 中国气象局. 农业气象观测规范. 北京: 气象出版社, 1993. 166—212
- 12 徐兴奎, 陈红, Levy J K. 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. 科学通报, 2008, 53: 456—462
- 13 毛飞, 唐世浩, 孙涵. 近 46 年青藏高原干湿气候区动态变化研究. 大气科学, 2008, 32: 499—507