

气候变化对新疆天山山区 自然植被净第一性生产力的影响

普宗朝¹, 张山清^{1,2}

(1. 新疆乌鲁木齐市气象局, 新疆 乌鲁木齐 830001; 2. 兰州大学大气科学学院, 甘肃 兰州 730002)

摘要:在利用天山山区 10 个有代表性的气象台站 1961—2006 年的历史气候资料对年平均气温和年降水量变化规律进行统计分析的基础上, 采用周广胜、张新时的自然植被净第一性生产力模型, 计算了近 46 年天山山区自然植被净第一性生产力的变化特征, 并据此建立了自然植被净第一性生产力与年平均气温和年降水量的统计关系, 在此基础上, 估算了未来气候变化对自然植被净第一性生产力的可能影响。结果表明, 46 年来, 年平均气温以 $0.029\text{ }^{\circ}\text{C/a}$ 的速率升高, 年降水量以 1.38 mm/a 的速率增多, 受其影响, 自然植被净第一性生产力平均以 $0.013\text{ t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ 的速率增长。20 世纪 70 年代初是天山山区气候暖湿化变化和自然植被净第一性生产力开始明显增长的“突变点”。未来气候的“暖湿化”变化对提高天山山区自然植被净第一性生产力将产生积极影响, 平均而言, 在其他条件不变的前提下, 年平均气温每升高 $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 或年降水量每增多 10% , 自然植被净第一性生产力将增加 $4\%\sim 5\%$ 。

关键词:天山山区; 气候变化; 自然植被; 净第一性生产力

中图分类号: S812.1

文献标识码: A

文章编号: 1001-0629(2009)02-0011-08

* 1 自然植被净第一性生产力 (net primary productivity) 是指植物群落在自然环境条件下, 通过光合作用, 在单位时间、单位面积上所积累的有机干物质的数量。它是研究生态系统物质、能量运转及其变化的基础, 同时也是估算地球支持能力和评估陆地生态系统可持续发展的一个重要指标。因此, 近年来, 在全球变化和环境生态研究领域, 植被净第一性生产力的研究受到世界各国越来越多的重视^[1-9]。

天山山区是新疆最主要的天然草场和畜牧业生产基地, 同时也是影响新疆天气气候和生态环境的重要天然屏障^[10-13]。许多研究表明, 过去的 40 多年里, 在以气候变暖为主要特征的全球变化背景之下, 新疆的气候也发生了较明显的变化^[14-20]。因此, 研究分析天山山区气候变化及其对自然植被净第一性生产力的影响, 对合理利用自然资源, 保护和改善新疆脆弱的生态环境, 促进社会经济的持续稳定发展具有重要意义。研究利用天山山区 10 个有代表性的气象台站 1961—2006 年的逐月历史气候资料, 在分析年平均气温和年降水量等影响自然植被净第一性生产力的主要气候因素近 46 年的变化趋势和变化特征的基

础上, 采用周广胜、张新时建立的自然植被净第一性生产力模型, 初步估算了 46 年来天山山区自然植被净第一性生产力的变化特征, 并据此进一步预估了未来气候变化对自然植被净第一性生产力的可能影响, 为采取趋利避害的天山山区生态环境保护措施提供参考依据。

1 研究方法

1.1 站点和资料的选取 选取昭苏、新源 (代表天山西段)、大西沟、小渠子、巴音布鲁克、巴仑台、天池 (代表天山中段)、巴里坤 (代表天山东段)、吐尔尕特和阿合奇 (代表南天山) 10 个对天山山区各类气候、自然植被类型具有较好代表性, 且资料序列完整的气象台站 1961—2006 年逐月平均气温、降水量资料进行天山山区气候变化趋势及其对自然植被净第一性生产力影响的研究, 所选站点的地理坐标、主要气候要素值及其所在地的植被类型见表 1。

收稿日期: 2008-03-07

基金项目: 新疆气象局科研项目 (200708)

作者简介: 普宗朝 (1965-), 男, 河南沈丘人, 高级工程师, 主要从事生态与气候变化研究。

E-mail: puzongchao@163.com

表 1 天山山区各气象台站地理坐标、主要气候要素多年平均值及其植被类型

气象台站	纬度	经度	海拔(m)	年均温(℃)	年降水量(mm)	植被类型
昭苏	43°09′	81°08′	1 854.6	3.3	503.7	山地草原
新源	43°27′	83°18′	929.7	8.9	493.3	草甸草原
大西沟	43°06′	86°50′	3 539.0	−5.1	456.7	高寒草甸
小渠子	43°29′	87°06′	1 871.8	2.3	547.1	山地草甸
巴音布鲁克	43°02′	84°09′	2 459.9	−4.4	271.4	高寒草原
巴仑台	42°44′	86°18′	1 739.7	6.5	210.8	荒漠草原
天池	43°53′	88°07′	1 942.1	2.1	537.6	山地草甸
巴里坤	43°36′	93°03′	1 674.5	1.9	213.8	荒漠草原
吐尔尕特	40°31′	75°24′	3 507.4	−3.3	243.0	高寒草原
阿合奇	40°56′	78°27′	1 986.0	6.5	211.4	荒漠草原

1.2 自然植被净第一性生产力的计算方法

在自然环境条件下,植物群落的生产力除受植物本身的生物学特性、土壤特性等限制外,主要受气候因子的影响,利用自然植被干物质产量与气候因子间的生物学关系或相关关系建立数学模型,能够估算某一地域自然植被的生产能力^[1-8]。目前,估算自然植被净第一性生产力的技术方法较多,但简便易行且应用较广泛的仍属经验回归模型估算法,有代表性的模型主要有 Miami 模型、Thorntthwaite Memorial 模型和 Chikugo 模型^[1-8]。1995 年,我国学者周广胜、张新时根据植物生理生态学特点,基于能量平衡方程和水量平衡方程的区域蒸散模式,建立了联系植物生理生态学特点和水热平衡关系的自然植被净第一性生产力模型^[5-6]。经验证,其估算效果,尤其在干旱、半干旱地区应用效果明显优于其他模型^[4-9]。据乌鲁木齐市牧业气象试验站于 1987—2002 年和

2003—2007 年分别对地处天山山区中山带的后峡和白杨沟两地天然草地上生物量的实测值与利用周广胜、张新时模型计算出的两地同期净第一性生产力值进行比较可以看出,二者具有较好的同步变化趋势(见图 1),这说明利用该模型计算天山山区自然植被净第一性生产力是可行的。因此,研究也采用该模型计算分析天山山区各地自然植被净第一性生产力的变化特征,其模型为^[6]:

$$N_{PP}=R_{DI}^2 \cdot \frac{P \cdot (1+R_{DI}+R_{DI}^2)}{(1+R_{DI}) \cdot (1+R_{DI}^2)} \cdot e^{-\frac{\sqrt{9.87+6.25 \cdot R_{DI}}}{R_{DI}}}$$

(1)

式中: N_{PP} 为自然植被净第一性生产力[干物质 t/($\text{hm}^2 \cdot \text{a}$)]; P 为年降水量(mm); R_{DI} 为辐射干燥度, $R_{DI}=(0.629+0.237P_{\text{ER}}-0.00313P_{\text{ER}}^2)^2$;

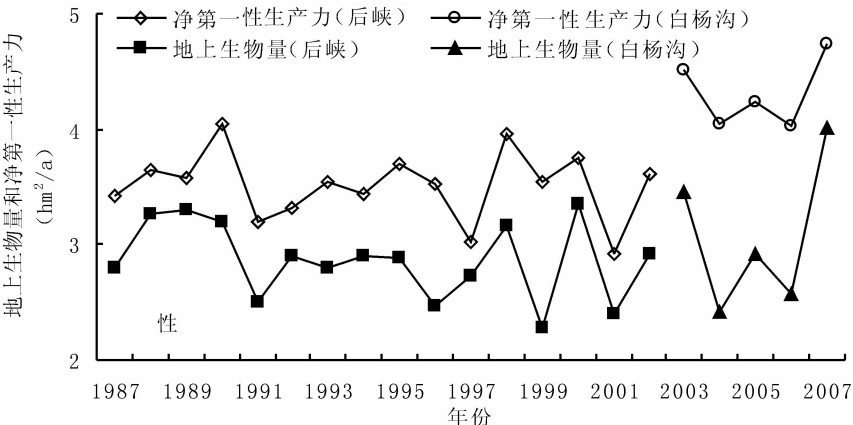


图 1 1987—2007 年后峡和白杨沟天然草地上生物量实测值与利用式(1)计算的 自然植被净第一性生产力值的比较

P_{EK} 为可能蒸散率, $P_{EK} = P_{ET}/P = 58.931B_T/r$; P_{ET} 为可能蒸散量(mm); B_T 为年平均生物温度($^{\circ}\text{C}$), $B_T = \sum t/12$; t 为 $<30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 与 $>0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的月均温。

1.3 气候要素和自然植被净第一性生产力变化趋势的计算方法 采用一次直线方程来模拟气温、降水和植被净第一性生产力随时间的变化趋势,即:

$$y(t)=at+b \tag{2}$$

式中, $y(t)$ 为气候要素或自然植被净第一性生产力的趋势模拟值; t 为年序, $t=1961-2006$; a 为线性方程的斜率,也就是所模拟要素的线性变化趋势和速率, b 为常数。 a 、 b 值可通过最小二乘法求取。回归方程的相关系数(r)可作为方程模拟效果显著性程度的判定依据。

1.4 气候要素和自然植被净第一性生产力突变检测方法 检测突变的方法有多种,研究采用多数人认为理论基础和应用效果均较好的 Mann-Kendall 方法检测分析近 46 年新疆天山山区的气温、降水和自然植被净第一性生产力的阶段性趋势变化和突变状况^[21]。具体方法是,在 Mann-Kendall 检测图中 $C1$ 值的正负和增减趋势反映了要素的变化趋势。同时,如果 $C1$ 和 $C2$ 曲线在给定信度($\alpha=0.05$ 或 $\alpha=0.01$)的正负置信线之间有一个显著的交点,并且该交点出现后 $C1$ 上升(下降)超过正(负)置信线时,可以认为要素序列产生了由低(高)值向高(低)值的显著突

变, $C1$ 和 $C2$ 曲线的这个交点就是要素突变的开端。反之则认为该要素没有突变产生^[11-16]。

2 结果分析

2.1 气候变化分析 自然植被净第一性生产力受若干环境气候因子的制约,但其中影响最大的是温度和降水^[1-13],研究也主要对天山山区的年平均气温、年降水量的变化趋势和变化特征进行分析。

2.1.1 年平均气温变化 分别对各站 1961-2006 年年平均气温序列进行线性变化趋势分析可以看出,46 年来各站年平均气温均为变暖趋势,变暖速率为 $0.015\sim0.062\text{ }^{\circ}\text{C/a}$,均达到了 $\alpha=0.1$ 以上的显著水平,其中昭苏、新源、大西沟、巴仑台、巴里坤、吐尔尕特和阿合奇 7 站变暖趋势还达到了 $\alpha=0.001$ 的极显著水平(见表 2)。10 站的年平均气温序列也呈极显著的变暖趋势,变暖速率达 $0.029\text{ }^{\circ}\text{C/a}$,见图 2。

对近 46 年天山山区年平均气温进行年代际变化分析可以看出(见表 3),20 世纪 60 年代(1961-1970 年)平均气温最低,只有 $1.5\text{ }^{\circ}\text{C}$,70 年代(1971-1980 年)上升了 $0.2\text{ }^{\circ}\text{C}$,80 年代(1981-1990 年)仍稳定在 $1.7\text{ }^{\circ}\text{C}$,但进入 90 年代后气温呈现快速上升趋势,90 年代(1991-2000 年)较 80 年代上升了 $0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$,2001-2006 年又较 90 年代上升了 $0.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。46 年里天山山区的年平均气温上升了约 $1.3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

表 2 1961-2006 年各站年平均气温、降水量随年份变化的趋势和相关系数

气象站点	气温		降水		自然植被净第一性生产力	
	$a(^{\circ}\text{C/a})$	r	$a(\text{mm/a})$	r	$a[\text{t}/(\text{hm}^2\cdot\text{a})]$	r
昭苏	0.031	0.583 5	0.348	0.055 3	0.007 0	0.281 0
新源	0.035	0.568 0	2.505	0.301 4	0.019 2	0.484 1
大西沟	0.024	0.520 0	2.339	0.435 7	0.013 3	0.512 9
小渠子	0.019	0.377 4	2.140	0.286 1	0.012 7	0.445 1
巴音布鲁克	0.019	0.242 0	0.370	0.107 1	0.005 6	0.334 3
巴仑台	0.037	0.657 1	1.600	0.345 0	0.018 6	0.325 3
天池	0.015	0.307 4	1.431	0.155 7	0.008 8	0.251 4
巴里坤	0.062	0.719 9	0.603	0.185 0	0.012 3	0.412 6
吐尔尕特	0.030	0.633 2	0.958	0.216 6	0.007 7	0.438 7
阿合奇	0.025	0.554 4	2.226	0.407 7	0.028 8	0.456 6

注: $r_{0.1}=0.242\ 8$, $r_{0.05}=0.287\ 5$, $r_{0.01}=0.372\ 1$, $r_{0.001}=0.464\ 8$ 。下同。

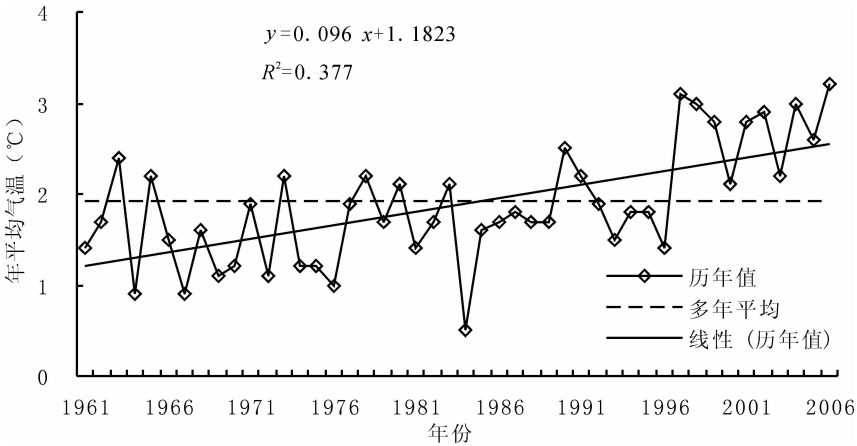


图2 天山山区年平均气温变化

表3 年平均气温、降水量和净第一性生产力的年代际变化

年代	年均温 (°C)	年降水量 (mm)	自然植被净第一性 生产力[t/(hm ² ·a)]
1961—1970	1.5	352.7	3.303 8
1971—1980	1.7	346.8	3.331 9
1981—1990	1.7	362.8	3.391 1
1991—2000	2.2	395.0	3.689 6
2001—2006	2.8	393.1	3.758 2
46 年均值	1.9	368.1	3.472 0

对近 46 年天山山区年平均气温序列进行 Mann—Kendall 检测可以看出(见图 3),20 世纪

60 年代 C1<0 并呈下降趋势,表明该时期为气温下降阶段。进入 70 年代后 C1 呈持续上升趋势,并于 80 年代末 C1 值由负值转为正值,2003 年 C1 曲线突破 $\alpha=0.01$ 的信度线上限+2.58,表明 70 年代以来天山山区年平均气温呈持续升高趋势,尤其进入 90 年代后气温升高速率明显加快。C1 和 C2 曲线在 $\alpha=0.01$ 的信度线±2.58 之间有 2 个交点,分别是 1967/1968 年和 1969/1970 年,其中 1967/1968 年显然不是突变点,而 1969/1970 年可以认定是天山山区年平均气温由下降转为上升的突变点。

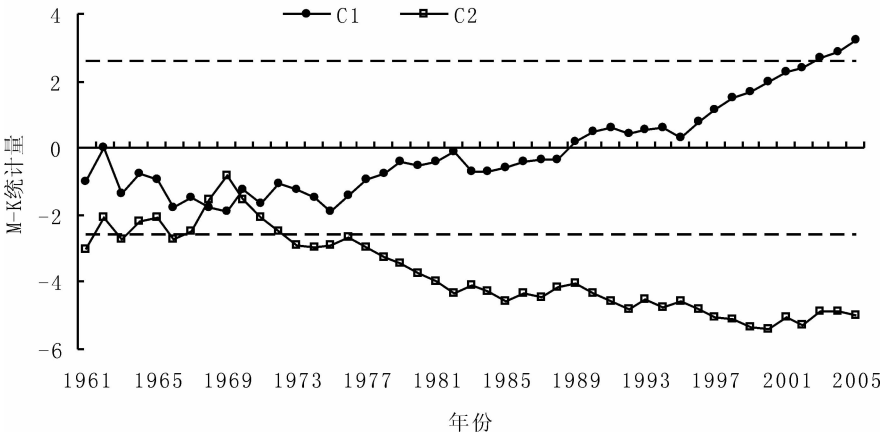


图3 天山山区年平均气温 Mann—Kendall 检测

2.1.2 年降水量变化 分别对各站 1961—2006 年年降水量序列进行线性变化趋势分析可以看出,46 年来各站年降水量均为增多趋势,递增速率为 0.348~2.505 mm/a,其中除昭苏、巴音布鲁克、天池、巴里坤和吐尔尕特 5 站降水增多趋势

未达到显著水平外,其他各站的增多趋势均达到了 $P=0.1$ 以上的显著水平(见表 2)。10 站平均的年降水量序列以 1.38 mm/a 的速率增多,其变化趋势也达到了 $\alpha=0.05$ 的显著水平(见图 4)。

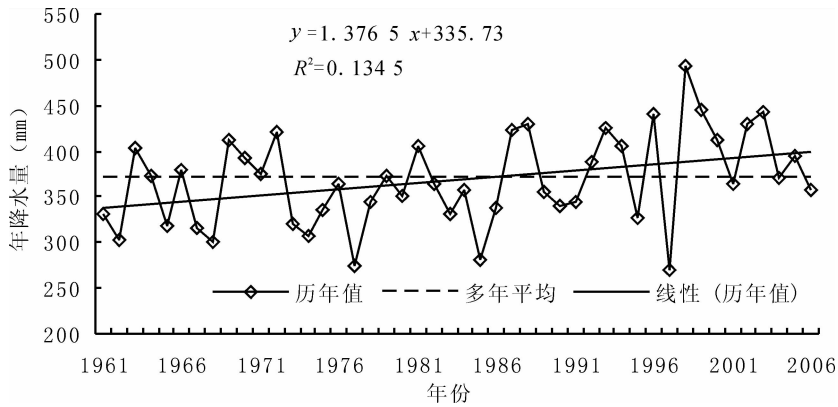


图 4 天山山区年降水量变化

对近 46 年天山山区年降水量进行年代际变化分析可以看出,60—80 年代降水量基本保持在 355 mm 左右,但进入 90 年代后降水量呈现快速增多趋势,90 年代和 2001—2006 年的年平均降水量均达 390 mm 以上(见表 3)。46 年里天山山区的年平均降水量约增多了 60 mm。

对近 46 年天山山区年降水量序列进行 Mann—Kendall 检测可以看出(见图 5),20 世纪 60—80 年代 C1 均为负值,说明该阶段总体为降水量偏少时期。60 年代 C1 略有上升表明降水有所增加。但 70 年代前期 C1 转为下降,降水减

少,70 年代中期 C1 再次转为上升态势并持续至今。90 年代初 C1 值由负值转为正值,2002 年 C1 曲线突破 $\alpha=0.05$ 的信度线 +1.96,表明 70 年代中期以来天山山区年降水量呈持续增多趋势,尤其进入 90 年代以来降水量明显偏多。C1 和 C2 曲线在 $\alpha=0.05$ 的信度线 ± 1.96 之间有 5 个交点,分别是 1962 年、1965 年、1970/1971 年、1972/1973 年和 1974 年,其中前 4 个交点显然不符合突变点的判定标准,而 1974 年可以认定是天山山区年降水量由下降转为上升的突变点。

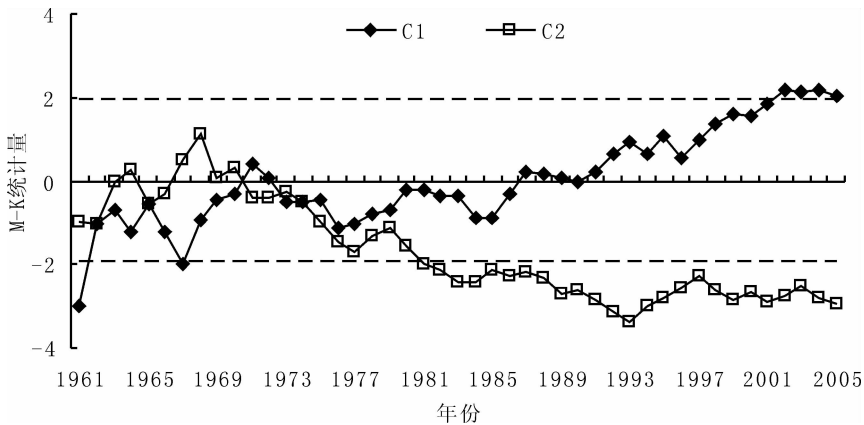


图 5 天山山区年降水量 Mann—Kendall 检测

由上述分析可以看出,1961—2006 年天山山区的气候总体呈暖湿化变化趋势,其中 20 世纪 70 年代初是气候从“冷干型”向“暖湿型”变化的突变点。

2.2 自然植被净第一性生产力年际变化分析 对利用式(1)计算出的各站 1961—2006 年

自然植被净第一性生产力序列进行线性变化趋势分析可以看出,46 年来各站植被净第一性生产力均为增多趋势,递增速率为 0.005 6~0.028 8 t/(hm²·a),都达到了 $\alpha=0.1$ 以上的显著水平,其中新源、大西沟、小渠子、巴里坤、吐尔尕特和阿合奇 6 站的植被净第一性生产力增多趋势还达到

了 $\alpha=0.05$ 的显著水平(见表 2)。10 站平均的植被净第一性生产力序列也以 $0.01 \text{ t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ 的

速率递增,递增趋势达到了 $\alpha=0.001$ 的极显著水平,见图 6。

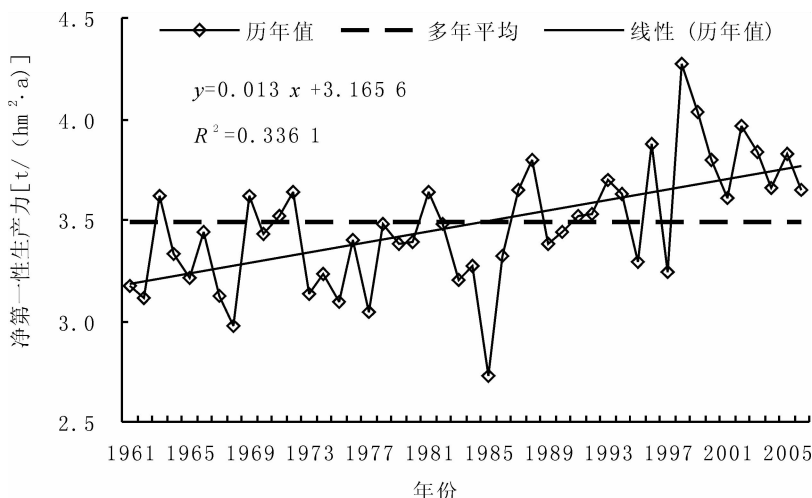


图 6 天山山区自然植被净第一性生产力变化

近 46 年天山山区自然植被净第一性生产力的年代际变化为(见表 3),60 年代最低,平均只有 $3.3038 \text{ t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$,70 年代上升了 $0.0281 \text{ t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$,上升 0.85% ,80 年代又上升了 $0.0592 \text{ t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$,上升 1.78% ,进入 90 年代后自然植被净第一生产力呈现快速上升趋势,90 年代较 80 年代上升了 $0.2985 \text{ t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$,上升率为 8.8% ,2001—2006 年再次较 90 年代上升了 $0.0686 \text{ t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$,上升率 1.86% 。46 年里天山山区的自然植被净第一生产力上升了约 $0.598 \text{ t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$,上升率达 18.2% 。

对近 46 年天山山区自然植被净第一性生产力序列进行 Mann-Kendall 检测可以看出(见图 7),20 世纪 60—80 年代中期 $C1$ 均为负值,说明该时期的自然植被净第一生产力相对于 46 年平均值总体为偏低阶段。60 年代 $C1$ 略有上升,表明自然植被净第一生产力有所增加。但 70 年代前期 $C1$ 又转为下降,自然植被净第一生产力减少。70 年代中期 $C1$ 再次转为上升态势并持续至今,80 年代中期 $C1$ 值由负值转为正值,1999 年 $C1$ 曲线突破 $\alpha=0.01$ 的信度线 $+2.58$,表明 70 年代中期以来天山山区自然植被净第一生产力呈较明显的持续增长趋势,尤其进入 80 年代中期以来自然植被净第一生产力值增大更为显著。 $C1$ 和 $C2$ 曲线在 $\alpha=0.01$ 的信度线 ± 2.58 之间有 4

个交点,分别是 1962 年、1964/1965 年、1965/1966 年和 1970/1971 年,其中前 3 个交点显然不符合突变点的判定标准,1970/1971 年可以认定是自然植被净第一生产力由下降转为上升的突变点。

由上述分析可见,近 46 年天山山区自然植被净第一性生产力的变化趋势和变化特征与气温、降水的变化规律基本相似。统计自然植被净第一生产力与年平均气温(T)和年降水量(P)的线性关系,可得以下一元或二元线性回归方程:

$$N_{PP} = 0.1957T + 3.1054 \quad r = 0.4156 \quad (3)$$

$$N_{PP} = 0.0054P + 1.4681 \quad r = 0.9085 \quad (4)$$

$$N_{PP} = 0.1527T + 0.0052P + 1.2567 \quad r = 0.964 \quad f = 282.6653 \quad (5)$$

方程(3)通过了信度 $\alpha=0.01$ 的检验,方程(4)、(5)均通过了信度 $\alpha=0.001$ 的检验。在实际工作中可利用式(3)–(5)开展天山山区自然植被净第一性生产力的预测和生态环境的评估。

2.3 气候变化对自然植被净第一性生产力影响的预测 未来气候变化及其对自然生态环境的影响问题越来越受到关注。据全球气候模式模拟预测,21 世纪随着温室气体浓度的持续增

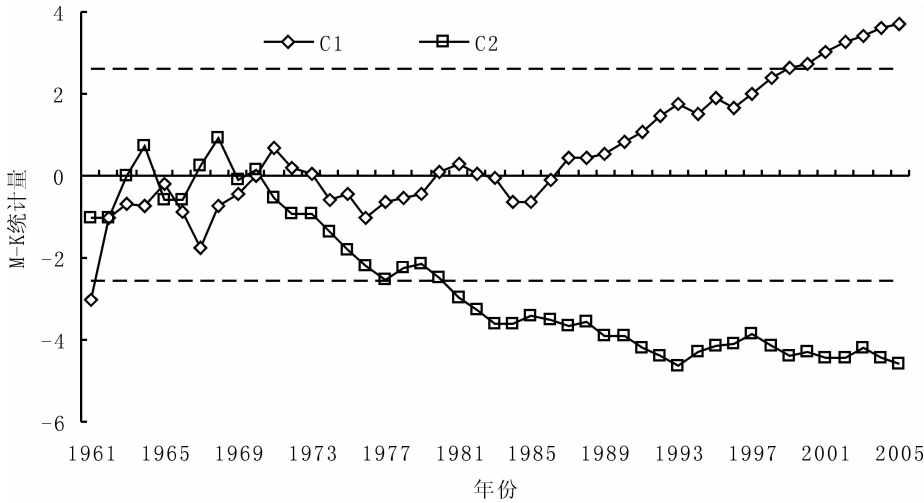


图 7 天山山区年自然植被净第一性生产力 Mann—Kendall 检测

加,全球气候将继续变暖,我国新疆地区的气候也将呈“暖湿化”变化趋势。至 2070 年前后全球温室气体浓度倍增之时,新疆的平均气温将较现今升高 2.6℃,降水量增多 24%,至 21 世纪末,平均气温将较现今升高 4℃左右,降水量增多 30%左右^[22]。

因此,假定未来天山山区的气候也以该“暖湿化”趋势变化,利用式(1)对年平均气温较 1961—2006 年平均值的变幅分别为 0、1、2、3、4℃和年降水量变幅分别为 0、10%、20%、30%的不同温、湿气候变化组合对天山山区自然植被净第一性生产力变化百分率的可能影响进行分析,见表 4。

表 4 未来气候变化对天山山区植被净第一性生产力的可能影响

气温变化 (℃)	年降水量变化(%)			
	0	10	20	30
0	0	4.41	8.77	13.09
1	5.48	9.99	14.40	18.76
2	10.82	15.47	19.97	24.39
3	16.01	20.84	25.46	29.96
4	21.00	26.06	30.84	35.45

由表 4 可知,在光照等其他气候条件保持不变的前提下,未来气候“暖湿化”变化,将使天山山区的自然植被净第一性生产力增加。平均而言,在同一降水增幅条件下年平均气温每升高 1℃,或在同一气温升幅下年降水量每增多 10%,自然植被净第一性生产力将提高 4%5%。

上述分析说明,作为冷凉、半干旱地区的天山山区,温度和降水对自然植被净第一性生产力的形成都是至关重要的,气候“暖湿化”变化将使天山山区自然植被净第一性生产力明显提高。

3 结论

1)1961—2006 年,新疆天山山区的气候总体呈较明显的“暖湿化”变化趋势,年平均气温升高速率为 0.029℃/a,年降水量增多速率为 1.38mm/a。20 世纪 70 年代初是该地区气候由“冷干”向“暖湿”变化的突变点。

2)受“暖湿化”气候变化的影响,1961—2006 年新疆天山山区的自然植被净第一性生产力呈较明显增长趋势,平均增长速率为 0.013t/(hm²·a)。1970/1971 年是近 46 年里自然植被净第一性生产力由下降转变为增长的突变点。

3)预测表明,未来的“暖湿化”气候变化对提高天山山区的自然植被净第一性生产力、改善生态环境较为有利,平均而言,在同一降水增幅条件下年平均气温每升高 1℃,或在同一气温升幅下年降水量每增多 10%,自然植被净第一性生产力增加 4%5%。

参考文献

[1] 张新时.研究全球变化的植被—气候分类系统[J].第四纪研究,1993(2):157-169.
[2] 方精云.全球生态学——气候变化与生态响应[M].北京:高等教育出版社,施普林格出版社,2000:191-

- 211.
- [3] 张宪州. 我国自然植被净第一性生产力的估算与分布[J]. 自然资源, 1993(1):15-21.
- [4] 周广胜, 王玉辉. 全球生态学[M]. 北京: 气象出版社, 2003:82-107.
- [5] 周广胜, 张新时. 自然植被的净第一性生产力模型初探[J]. 植物生态学报, 1995, 19(3):193-200.
- [6] 周广胜, 张新时. 全球气候变化的中国自然植被的净第一性生产力研究[J]. 植物生态学报, 1996, 20(1):11-19.
- [7] 林慧龙, 常生华, 李飞. 草地净初级生产力模型研究进展[J]. 草业科学, 2007, 24(12):26-29.
- [8] 林慧龙, 王军, 徐霞. 草地净初级生产力与 $>0^{\circ}\text{C}$ 年积温、湿润度指标间的关系[J]. 草业科学, 2005, 22(6):8-10.
- [9] 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.
- [10] 赵万羽. 新疆草地资源的劣化、原因及治理对策[J]. 草业科学, 2002, 19(2):19-22.
- [11] 满苏尔·沙比提, 阿布拉江·苏莱曼, 周俊菊. 新疆草地资源合理利用与草地畜牧业可持续发展[J]. 草业科学, 2002, 19(4):11-15.
- [12] 徐德源. 中国牧区畜牧气候[M]. 北京: 气象出版社, 1988:6-90.
- [13] 许鹏. 新疆草地资源及其利用[M]. 乌鲁木齐: 新疆科技卫生出版社, 1993:1-196.
- [14] 张家宝, 史玉光. 新疆气候变化及短期气候预测研究[M]. 北京: 气象出版社, 2002:21-85.
- [15] 袁玉江, 魏文寿, 穆桂金. 天山山区近 40 年秋季气候变化特征与南、北疆比较[J]. 地理科学, 2004, 24(6):674-679.
- [16] 袁玉江, 谢国辉, 魏文寿, 等. 天山山区与南、北疆夏季温度变化对比分析[J]. 气象科学, 2005, 33(2):152-155.
- [17] 袁玉江, 魏文寿, 何清. 天山山区近 40 年冬季温度变化特征[J]. 气象, 2005, 31(5):156-160.
- [18] 吴纯渊, 袁玉江. 天山山区近 40 年冬季降水变化特征与南、北疆的比较[J]. 干旱区资源与环境, 2005, 19(2):87-90.
- [19] 袁晴雪, 魏文寿. 中国天山山区近 40 年的年气候变化[J]. 干旱区研究, 2006, 29(1):115-118.
- [20] 普宗朝, 张山清, 李景林, 等. 近 36 年天山山区气候暖湿变化及其特征分析[J]. 干旱区地理, 2008, 31(3):409-415.
- [21] 符淙斌, 王强. 气候突变的定义和检测方法[J]. 大气科学, 1992, 16(6):482-493.
- [22] 秦大河, 陈宜瑜, 李学勇. 中国气候与环境演变(上卷)[M]. 北京: 科学出版社, 2005:515-525.

The effects of climate changes on the net primary productivity of natural vegetation in Tianshan Mountains

PU Zong-chao¹, ZHANG Shan-qing^{1,2}

(1. Urumqi Meteorological Bureau of Xinjiang, Urumqi 830001, China;

2. Atmospheric Science Institute, Lanzhou University, Lanzhou 730002, China)

Abstract: Based on the data obtained from 10 meteorological stations on Tianshan Mountains during 1961—2006, the fundamental change characteristic of annual average temperatures, annual precipitation were analyzed, and the natural vegetation net primary productivity (NPP) in nearly 46 years of Tianshan Mountains were calculated using the net primary productivity models for natural vegetation made by ZHOU Guang-sheng and ZHANG Xin-shi. Statistic relations between NPP and annual average temperatures, annual precipitation were constituted, and the effect of future climate on NPP was estimated. The main results showed that in 46 years, annual average temperature increased at 0.029°C/a ; annual precipitation variations increased at 1.38 mm/a ; natural vegetation net primary productivity increased at $0.013\text{ t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$. The climate turned to be warmer and humid at the beginning of 1970s and accordingly, natural vegetation net primary productivity had a sudden increase. This kind of climate change in the future will have a positive effect on natural vegetation net primary productivity in Tianshan Mountains. Averagely, if annual average temperature elevates every 1°C or annual precipitation increases every 10%, the NPP will increase 4%—5% if other conditions invariable.

Key words: Tianshan Mountains; climatic change; natural vegetation; net primary productivity