

中国内陆热带地区近 40 年气候变化特征

何云玲^{1, 2}, 张一平¹, 杨小波³

(1 中国科学院西双版纳热带植物园, 云南 昆明 650223; 2 中国科学院
研究生院, 北京 100049; 3 云南大学资源环境与地球科学学院, 云南 昆明 650091)

摘要: 用西双版纳 6 个气象站 40 余年观测资料, 探讨中国内陆热带地区气候变化特征及趋势。结果表明: 西双版纳地区的平均气温、平均最低气温、平均最高气温总体上呈逐年增暖的趋势, 其中平均气温上升率 $0.0165 \sim 0.0334^{\circ}\text{C}/\text{a}$ 平均最低气温上升率 $0.0086 \sim 0.0387^{\circ}\text{C}/\text{a}$ 平均最高气温上升率 $-0.0014 \sim 0.0186^{\circ}\text{C}/\text{a}$ 降水长期变化特征则较复杂, 规律不如气温明显, 但总体趋势减少, 年降水量变化主要决定于雨季降水量变化; 相对湿度呈现逐年降低趋势。说明该地区气候向干热型转变。

关键词: 气候变化; 变化趋势; 区域气候; 内陆热带地区; 西双版纳

中图分类号: P467 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0690(2007)04-0499-07

区域气候特征及变化趋势研究对全球以及区域经济发展具有十分重要的影响^[1]。在大气环流控制下, 受地形、自然条件变更、人为活动影响, 区域气候将发生变化^[2-4]。有许多学者在全球、全国范围内做过气候变化研究, 结果表明: 全球平均气温在 20 世纪期间增加 $0.6 \pm 0.2^{\circ}\text{C}$, 近 40 年中变暖 $0.2 \sim 0.3^{\circ}\text{C}$ ^[5]。中国气候 20 世纪以来升温速率达 $0.44^{\circ}\text{C}/100\text{ a}$ 而且近 20~30 年上升明显, 1998 年是有观测记录以来最暖的 1 年, 20 世纪 90 年代是最暖的 10 年^[6]。近年来特殊生态系统、特殊地域对全球变化, 特别是对气候变化的响应问题成为科学界热点, 区域气候变化的研究成为全球气候研究的优先领域^[7]。

西双版纳属于热带季风气候, 终年温暖, 阳光充足, 湿润多雨, 是地球北回归线沙漠带上唯一的一块绿洲^[8]; 是中国热带雨林生态系统保存最完整、最典型、面积最大的地区, 被誉为地球的一大自然奇观^[8]。

近年来, 随地方经济高速发展, 西双版纳地区人口急剧增加, 一定程度上对自然环境造成破坏, 影响到区域气候环境和地方经济发展。分析区域气候变化及对环境的影响非常必要。

本文利用西双版纳地区 6 个气象站点 40 余年的气象观测资料, 统计分析其气候变化规律, 以期

把握该区域对全球气候变化的响应程度。

1 研究概况

1.1 研究区域

西双版纳位于中国云南省南端, 与老挝、缅甸山水相连, 与泰国、越南近邻, 国境线长 966 km, 是面向东南亚、南亚的重要通道。土地总面积为 $1.92 \times 10^4\text{ km}^2$, 总人口为 85.4×10^4 人^[9], 聚居着傣、哈尼、拉祜、布朗、基诺等 13 个少数民族, 占全州人口的 74%。地处热带北缘, 年平均气温 $18 \sim 22^{\circ}\text{C}$ 左右, 年降水量 $1100 \sim 1900\text{ mm}$ 以上, 气候温暖、湿润, 夏热多雨, 冬暖有雾, 静风少寒。本文选取西双版纳地区 6 个代表性气象站景洪、景洪-热作、勐仑、勐海、大勐龙、勐腊为研究对象。

1.2 要素及处理方法

西双版纳地区属西南季风控制区, 终年温暖, 无明显四季之分, 一年中降水变化显著, 干湿分明, 因此统计中分干季 (11~4 月)、雨季 (5~10 月) 和年进行。因建站历史不同, 各气象站现存数据资料年代有所不同, 本文对 6 个气象站 20 世纪 50~90 年代的气温、最低气温、最高气温、降水和相对湿度资料, 分别做逐年动态变化图以及 5 年滑动平均处理, 分析其变化趋势; 从资料完整的 1960 年代开始, 求出年和季节平均值, 统计各气象站的各要素

收稿日期: 2006-01-28 修订日期: 2006-06-04
基金项目: 南省自然科学基金重点项目 (2003CB415101) 资助。
作者简介: 何云玲 (1978-), 女, 云南大理人, 博士研究生, 主要从事生态气候研究。E-mail: hy@xtbg.ac.cn
通讯联系人: 张一平, 研究员。E-mail: yipingd@xtbg.ac.cn

70~90年代平均值分别与60年代差值,分析其不同年代变化情况。

2 结果与分析

2.1 气温变化趋势

图1看出,西双版纳地区各气象站年平均气温变率在0.0165~0.0334℃/a之间,其中景洪-热作站变率最小,景洪站变率最大。各气象站虽然增温幅度有所不同,但变化趋势均为上升,且较显著(上升率均通过 $\alpha < 0.01$ 的显著性检验)。从各年

代平均气温看(表1),总的来说西双版纳地区各气象站气候变化总趋势以变暖为主,干季表现较显著。增温幅度较大的景洪站1990年代年和干季平均气温分别比60年代增加0.9℃和1.1℃;其次是勐腊站,增温幅度较小的是景洪-热作站。从全区说,70年代全区年和干季平均气温与60年代相比略有下降;到80年代,平均气温显著升高,年、干季和雨季平均气温分别比60年代上升0.4℃,0.4℃和0.5℃;进入90年代增温趋势减缓,年、干季和雨季平均气温分别比60年代上升0.5℃,0.6℃和0.4℃。

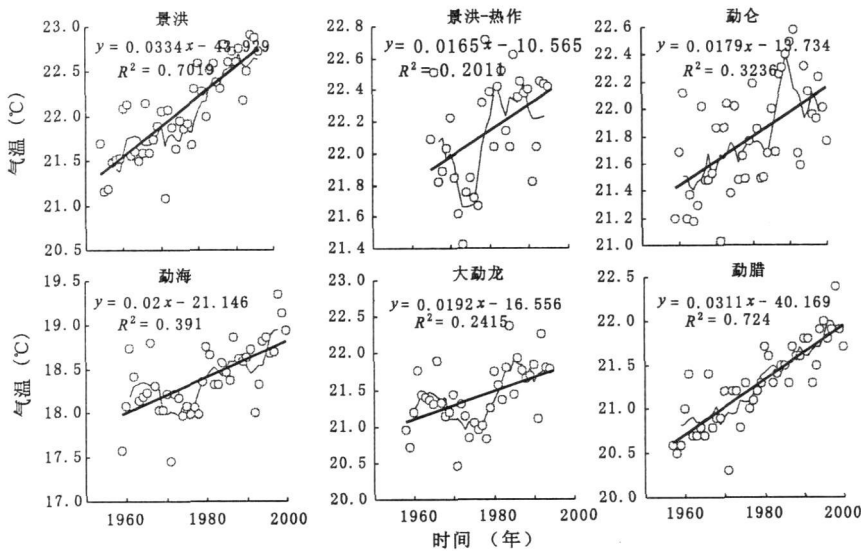


图1 各气象站年平均气温逐年变化

Fig 1 Average annual temperature (circles) and 5-year running average (thin line)

各站的年平均最低气温的变率在0.0086~0.0387℃/a之间(图2),增幅虽有所不同,但总变化趋势均为上升,且比年平均气温的增温显著(除勐仑站外,上升率均通过 $\alpha < 0.001$ 的显著性检验)。以各年代来看,干季最低气温的增温现象最为显著。增温幅度较大的景洪站,1990年代年、干季和雨季的平均最低温度分别比60年代增加了1.0℃以上;增温幅度较小的是勐仑站。另外,以全区来说,70年代年干季和雨季平均最低温度均比60年代略有上升;进入80年代,平均最低气温的上升变得明显,年、干季和雨季平均最低气温分别比60年代增加0.6℃,0.6℃和0.5℃;90年代,年、干季和雨季平均最低气温分别比60年代增加0.6℃,0.7℃和0.6℃。

图3可见,其变率在-0.0014~0.0186℃/a之间。以景洪站变率最大,大勐龙站变率最小。但

平均最高气温的变化趋势已经没有平均气温和平均最低气温显著,个别站如大勐龙的变化趋势已经不显著,变率几乎趋近于零;但其余各气象站平均最高气温的上升率仍均通过 $\alpha < 0.05$ 的显著性检验,说明平均最高气温还是以增暖为主。以各年代来说,平均最高气温的增温幅度在干季与雨季间差别也减小,其中以景洪站各年代增温幅度较大。对于全区来说,1970年代平均最高气温略低于60年代;进入80年代,与平均气温、平均最低气温一样,平均最高气温增温幅度较大,年、干季和雨季分别比60年代增加了0.2℃,0.1℃和0.3℃;90年代,年、干季和雨季平均最高气温分别比60年代增加了0.3℃,0.2℃和0.3℃。

综上所述,西双版纳地区的气候变化趋势是以变暖为主,其中年平均最低气温的变化率最大,年平均气温次之,变化率最小的是年平均最高气温。

表 1 20 世纪各年代平均气温、平均最低气温和平均最高气温分别与 60 年代的差值 (℃)

		70 年代			80 年代			90 年代		
		平均 气温	平均最 低气温	平均最 高气温	平均 气温	平均最 低气温	平均最 高气温	平均 气温	平均最 低气温	平均最 高气温
景洪	年	0.1	0.5	-0.2	0.7	1.1	0.3	0.9	1.2	0.4
	干季	0.1	0.7	-0.3	0.8	1.3	0.2	1.1	1.4	0.5
	雨季	0.1	0.4	-0.1	0.6	0.9	0.3	0.6	1.0	0.3
勐海	年	-0.2	0.1	0.0	0.2	0.4	0.3	0.4	0.6	0.4
	干季	-0.4	0.1	-0.1	0.1	0.3	0.2	0.6	0.8	0.4
	雨季	-0.1	0.2	0.0	0.3	0.4	0.4	0.3	0.4	0.4
勐腊	年	0.2	-0.1	0.0	0.6	0.3	0.1	0.9	0.5	0.2
	干季	0.1	-0.1	-0.1	0.6	0.3	0.0	1.0	0.5	0.3
	雨季	0.2	-0.1	0.1	0.6	0.4	0.1	0.7	0.4	0.1
大勐龙	年	-0.4	0.0	-0.4	0.3	0.7	-0.1	0.3	0.6	0.1
	干季	-0.5	0.0	-0.8	0.4	1.0	-0.4	0.4	0.7	-0.2
	雨季	-0.2	0.0	-0.1	0.2	0.5	0.2	0.2	0.5	0.4
景洪- 热作	年	-0.2	0.3	-0.2	0.2	0.6	0.0	0.2	0.6	0.2
	干季	-0.4	0.2	-0.4	0.1	0.6	-0.2	0.1	0.6	0.1
	雨季	0.0	0.4	0.1	0.4	0.6	0.3	0.3	0.6	0.3
勐仑	年	0.1	0.1	0.0	0.4	0.1	0.6	0.5	0.2	0.3
	干季	0.0	0.0	-0.2	0.3	-0.1	0.6	0.6	0.1	0.5
	雨季	0.2	0.2	0.1	0.5	0.4	0.6	0.3	0.3	0.2
全区	年	-0.1	0.2	-0.2	0.4	0.6	0.2	0.5	0.6	0.3
	干季	-0.2	0.1	-0.3	0.4	0.6	0.1	0.6	0.7	0.2
	雨季	0.0	0.2	0.0	0.5	0.5	0.3	0.4	0.6	0.3

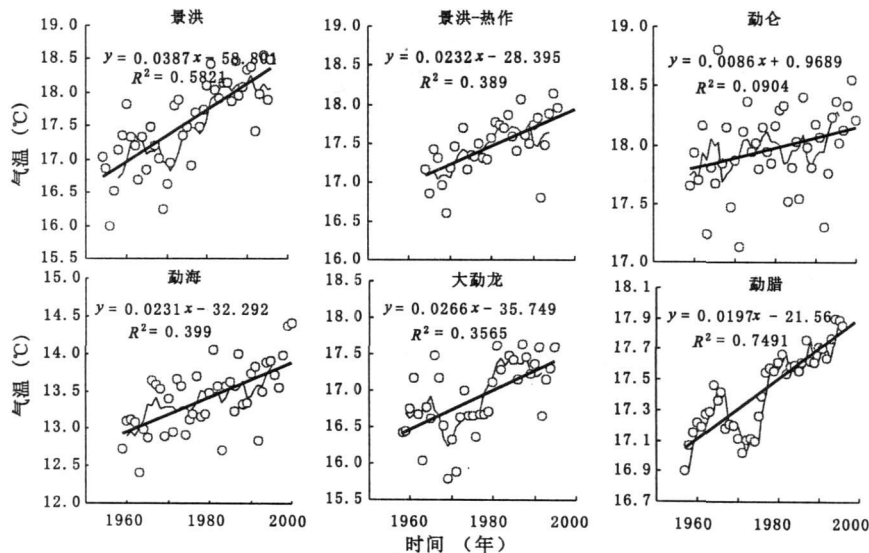


图 2 各气象站年平均最低气温逐年变化

Fig 2 Average annual minimum temperature (circles) and 5-year running average (thin line)

2.2 降水变化趋势

图 4 可见西双版纳年降水量的变化趋势不如气温变化趋势明显, 总体上来看呈现减少趋势, 仅

有景洪站和大勐龙站通过 $\alpha < 0.05$ 的显著性检验。从各年代来看 (表 2), 西双版纳地区各气象站总体上降水量减少, 且雨季表现较为显著。全区 20

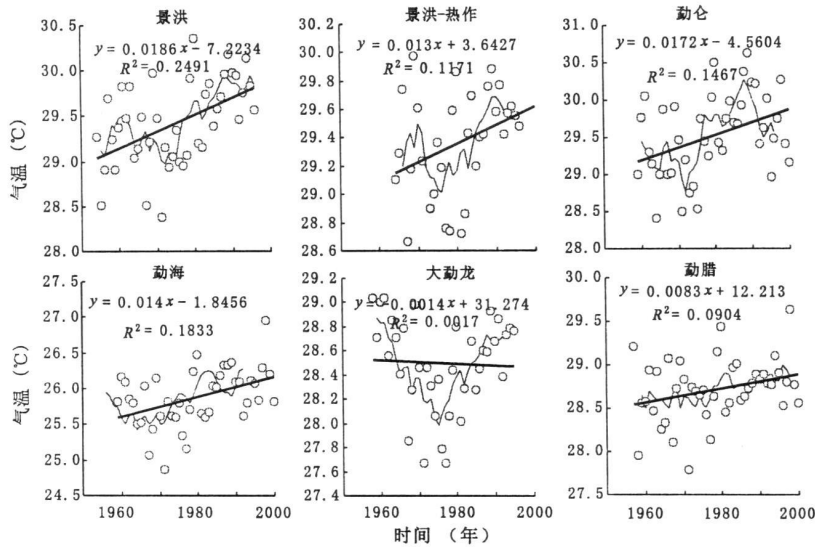


图 3 各气象站年平均最高气温逐年变化

Fig 3 A verage annual maximum temperature (circles) and 5-year running average (thin line)

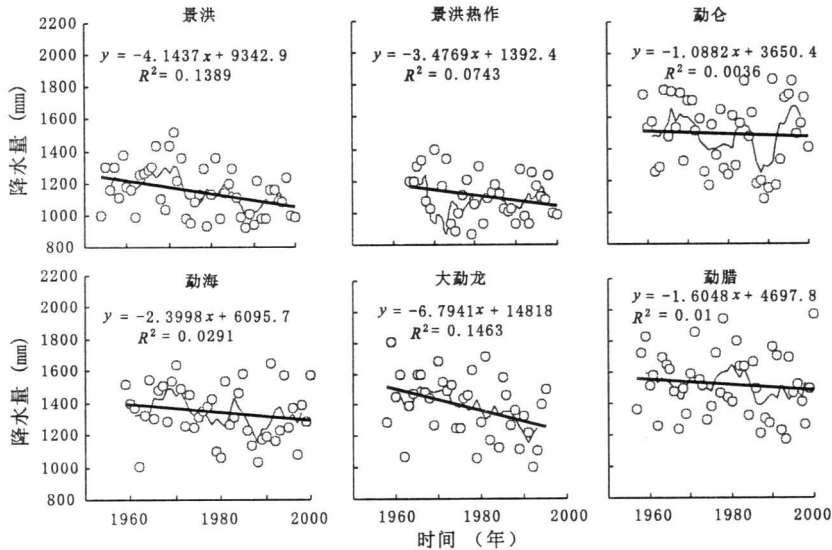


图 4 各气象站年降水量逐年变化

Fig 4 Annual precipitation (circles) and 5-year running average (thin line)

世纪 70 年代年、干季和雨季的降水量分别比 60 年代偏少 70 0.3 5 和 66.5 mm; 80 年代降水减少较显著, 年和雨季降水量分别比 60 年代减少了 102.1 和 102.5 mm, 干季与 60 年代接近; 进入 90 年代, 降水量有所回升, 基本与 70 年代降水量相持平, 年、干季和雨季降水量分别比 60 年代减少 74.2、19.0 和 55.1 mm。另外, 年降水量变化很大程度上决定于雨季降水量的变化。

2.3 相对湿度变化趋势

西双版纳地区各个气象站相对的湿度变率在 -0.1645% ~ -0.0177% 之间 (图 5), 其中景洪

站变率最显著, 大勐龙站变率较小。各气象站相对湿度虽然降低程度有所不同, 但总变化趋势均为减小, 且较显著 (除大勐龙站外, 下降率均通过 $\alpha < 0.001$ 的显著性检验)。各年代来看, 6 个气象站相对湿度都明显降低, 且干季下降幅度较大, 雨季由于降水较多, 相对湿度变化幅度小于干季。从全区来看, 20 世纪 70 年代相对湿度比 60 年代略有下降; 进入 80 年代, 相对湿度开始急剧减少, 年、干季和雨季相对湿度与 60 年代相比分别下降了 1.9%, 2.1%, 1.6%; 90 年代相对湿度基本与 80 年代持平。

表 2 20 世纪各年代降水量和相对湿度与 60 年代的差值

		70 年代		80 年代		90 年代	
		降水量 (mm)	相对湿度 (%)	降水量 (mm)	相对湿度 (%)	降水量 (mm)	相对湿度 (%)
景洪	年	- 68.1	- 0.8	- 131.1	- 4.2	- 135.6	- 3.4
	干季	- 1.7	- 0.8	22.0	- 4.8	- 23.2	- 4.5
	雨季	- 66.4	- 0.8	- 153.1	- 3.5	- 112.5	- 2.3
勐海	年	- 92.7	- 0.7	- 108.1	- 1.3	- 43.6	- 2.3
	干季	- 17.4	- 1.3	- 15.3	- 1.7	- 37.9	- 3.6
	雨季	- 75.3	0.0	- 92.8	- 0.8	- 5.7	- 1.1
勐腊	年	66.6	0.4	20.1	- 1.5	2.3	- 1.8
	干季	6.9	0.7	- 3.1	- 1.6	- 2.4	- 2.0
	雨季	59.6	0.1	23.2	- 1.3	4.8	- 1.6
大勐龙	年	- 62.5	0.2	- 110.9	- 0.2	- 209.7	- 0.1
	干季	28.6	0.5	- 6.8	0.1	- 16.5	- 0.3
	雨季	- 91.2	0.0	- 104.1	- 0.5	- 193.2	0.1
景洪-热作	年	- 152.3	- 1.3	- 140.0	- 3.5	- 96.6	- 2.7
	干季	- 6.1	- 1.6	6.3	- 3.7	- 22.1	- 3.5
	雨季	- 146.2	- 1.1	- 146.3	- 3.3	- 74.5	- 1.9
勐仑	年	- 111.0	- 0.8	- 142.5	- 0.8	38.2	- 1.1
	干季	- 31.7	- 0.9	- 0.3	- 1.0	- 12.1	- 1.9
	雨季	- 79.4	- 0.7	- 142.2	- 0.5	50.2	- 0.2
全区	年	- 70.0	- 0.5	- 102.1	- 1.9	- 74.2	- 1.9
	干季	- 3.5	- 0.6	0.5	- 2.1	- 19.0	- 2.6
	雨季	- 66.5	- 0.4	- 102.5	- 1.6	- 55.1	- 1.2

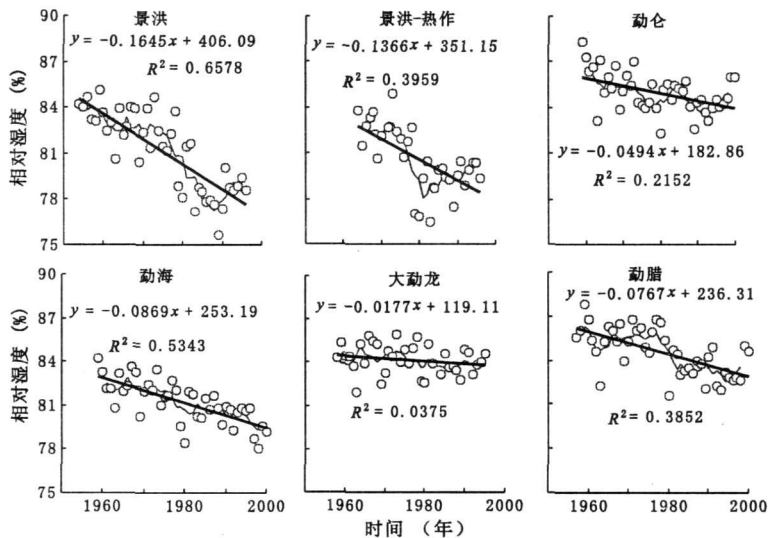


图 5 各气象站年相对湿度逐年变化

Fig 5 Annual relative humidity (circles) and 5-year running average (thin line)

3 小结与讨论

气候变化在不同地域、不同气候要素、不同季节间存在明显差异, 全球气候变化区域响应各

异^[10~12]。西双版纳地区近 40 年气候变化与大区域气候变化相一致, 以变暖为总趋势; 其年平均气温增温率在 0.016 5~0.033 4℃/a 之间, 均大于中国年平均气温增温率 (0.44℃/100 a)^[6]。年均最

低气温增温率在 $0.0086 \sim 0.0387^{\circ}\text{C}/\text{a}$ 之间, 年均最高气温增温率在 $-0.0014 \sim 0.0186^{\circ}\text{C}/\text{a}$ 之间; 可以看出, 平均最低气温上升率最快, 平均最高气温的变化最小。降水量变化总体上呈现减少趋势, 但其变化趋势性明显小于气温。可以认为, 近 40 多年来, 西双版纳区域气候变化不容忽视。

西双版纳地区气温、降水和相对湿度变化趋势的季节差异显著。干季, 除个别站点外大部分地区呈显著的增温趋势, 人口较多、受人类活动影响较大的地点(景洪站)增温效应明显高于人口较少, 森林覆盖率高的地点(勐仑站)。雨季, 相对于干季增温趋势有所减弱, 但降水量和相对湿度的减少趋势表现较显著。

有研究认为中国西南地区年平均气温呈下降趋势^[1], 但就整个西双版纳地区气候总体变化趋势来看, 近 40 年其气温总趋势是增暖, 无论平均气温、平均最低气温、平均最高气温, 虽然 20 世纪 70 年代比 60 年代略有偏低, 进入 80 年代均呈显著上升趋势, 90 年代持续增暖, 但增温势头减弱。降水与相对湿度变化较相似, 80 年代以前数值变化不大, 略有减少, 进入 80 年代后显著下降, 90 年代又出现一定回升。总体说, 近 40 年来变化趋势均以减少为主。而同样处于热带山地的秘鲁南部、玻利维亚西部都表现为气温、相对湿度增加, 而降水量减少的趋势^[13]。

Sahai(1998)总结了近几十年来气候变化的主要原因: ① 由于火山喷发等自然原因和人类活动等因素造成的大气组成成分的变化(大气二氧化碳、臭氧、气溶胶等混合比例的变化); ② 由于土地利用(森林砍伐, 荒漠化)等引起的地表性质改变; ③ 城市热岛效应^[14]。研究表明: 勐仑地区气候变化主要与整个西双版纳州森林覆盖率、森林结构变化有关^[15]: 西双版纳森林覆盖率从 1951 年的 55% 一直持续下降到 1980 年的 29.62%, 引起降水减少、大气增暖现象显著; 90 年代虽然森林覆盖率达到 60%, 但都是由于人工经济林主要橡胶林增多造成, 群落结构简单, 使当地气候干季更干、降水集中。森林的破坏, 势必对区域气候产生影响, 一般表现为气温和地温升高, 空气湿度、降水和蒸发减少^[16~27]。此外, 近年来热带地区人口剧增可能也是导致气候变化的一个重要原因。由于气候变化原因多样, 加之气候因子与其他环境要素存在相互作用, 对于一个特定地区气候变化的形成机

制还有待深入探讨。

参考文献:

- [1] Li X W, Zhou X J, Li W L. The cooling of Sichuan province in recent 40 years and its probable mechanisms[J]. *Acta Meteor Sinica*, 1995, **9**: 57–68.
- [2] 路云阁, 李双成, 蔡运龙. 近 40 年气候变化及其空间分异的多尺度研究——以内蒙古自治区为例[J]. *地理科学*, 2004, **24**(4): 432–438.
- [3] 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.
- [4] 王翠花, 李 雄, 缪启龙. 中国近 50 年来日最低气温变化特征研究[J]. *地理科学*, 2003, **23**(4): 441–447.
- [5] IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). *Climate Change 2001: The Scientific Basis Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*[M]. Cambridge UK: Cambridge University Press, 2001.
- [6] 王绍武, 蔡静宁, 朱锦红, 等. 中国气候变化的研究[J]. *气候与环境研究*, 2002, **7**(2): 137–145.
- [7] 叶笃正, 符棕斌, 董文杰, 等. 全球变化科学领域的若干研究进展[J]. *大气科学*, 2003, **27**(4): 435–450.
- [8] 西双版纳傣族自治州地方志编纂委员会. 西双版纳傣族自治州志(上册)[M]. 北京: 新华出版社, 2001.
- [9] 中共云南省委政策研究室(编). 新编云南地州市县情[M]. 北京: 光明日报出版社, 2001.
- [10] 唐 蕴, 王 浩, 严登华. 近 50 年来东北地区降水的时空分异研究[J]. *地理科学*, 2005, **25**(2): 172–176.
- [11] 郭志梅, 缪启龙, 李 雄. 中国北方地区近 50 年来气温变化特征的研究[J]. *地理科学*, 2005, **25**(4): 448–454.
- [12] 靳立亚, 符娇兰, 陈发虎. 近 44 年来中国西北降水量变化的区域差异以及对全球变暖的响应[J]. *地理科学*, 2005, **25**(5): 567–572.
- [13] Vuille M, Bradley R S, Wemer M, et al. 20th century climate change in the tropical Andes: observations and model results[J]. *Climate Change*, 2003, **59**: 75–99.
- [14] Sahai A K. Climate change: a case study over India. *Theoretical and Applied Climatology*, 1998, **61**: 9–18.
- [15] 李红梅. 西双版纳勐仑地区 40 余年气候变化[J]. *气象*, 2001, **27**(10): 20–24.
- [16] Diaz H F, Graham N E. Recent changes in tropical freezing heights and the role of sea surface temperature[J]. *Nature*, 1996, **383**: 152–155.
- [17] 张克映, 张一平. 西双版纳森林开伐对地方气候的影响[A]. 见: 中国农学会农业气象研究会. 林业气象论文集[C]. 北京: 气象出版社, 1984: 14–23.
- [18] 陈万隆. 热带森林砍伐对气候的可能影响——国外研究综述[J]. *南京气象学院学报*, 1996, **19**(3): 379–385.
- [19] 杨 东, 方小敏, 彭子成, 等. 陇西六盘山黄土及最近 1.8 Ma B. P. 以来的构造运动与气候变化[J]. *地理科学*, 2006, **26**

(2): 192~198

[20] 谢远云, 李长安, 王秋良, 等. 江汉平原 9.0 ka B.P. 以来的气候演化: 来自江陵剖面沉积物记录 [J]. 地理科学, 2006 26 (2): 199~204

[21] 郑朝贵, 朱 诚, 高华中, 等. 南京江北地区晚更新世末期以来泥炭层 $\delta^{13}\text{C}$ 记录的古气候变化 [J]. 地理科学, 2006 26 (3): 328~334

[22] 高建慧, 刘 健, 王苏民. 中国中世纪暖期气候研究综述 [J]. 地理科学, 2006 26(3): 376~384

[23] 曲金华, 江志红, 谭桂容, 等. 冬季北大西洋海温年际、年代际变化与中国气温的关系 [J]. 地理科学, 2006 26(5): 557~563

[24] 王建力, 王 丽, 何 潇, 等. 重庆地区末次冰期气候变化的石笋记录研究 [J]. 地理科学, 2006 26(5): 580~585.

[25] 李国平, 肖 杰. 青藏高原西部地面反射率的日变化以及若干气象因子的关系 [J]. 地理科学, 2007 27(1): 63~67

[26] 吴江滢, 邵晓华, 汪永进. 南京年纹层石笋 $\delta^{18}\text{O}$ 记录的冰期气候事件特征 [J]. 地理科学, 2007 27(1): 75~80

[27] 朱西德, 王振宇, 李 林, 等. 树木年轮指示的柴达木东北缘近千年夏季气温变化 [J]. 地理科学, 2007 27(2): 256~260.

Climate Change in Tropical Area of Southwestern China Since 1950s

HE Yun-Ling^{1 2}, ZHANG Yi-Ping¹, YANG Xiao-Bo³

(1. Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Kunming, Yunnan 650223;
2. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049; 3. School of Resource,
Environment & Earth Science, Yunnan University, Kunming, Yunnan 650091)

Abstract Up to now, studies on climate change are more and often concerned with global or national scale. It is noted that the climate change is not globally uniform. Regional variations can be much larger and considerable spatial and temporal variations may exist between climatically different regions. The climate of a specified location can not be considered a constant environmental factor. In addition, a climate change in a specific region or nation is of particular interest to that region and its economic activity. The aim of this paper is to present a responsibility of a region to global change by studying climate characteristics and change trends of a specific region, the tropical area of southwestern China. Based on long-term meteorological data of 6 meteorological stations in Xishuangbanna of Yunnan Province, the spatial and temporal distribution of change trend for temperature and precipitation are studied. The results show that the general trend of climate change in Xishuangbanna is basically the same with that in China and even in the world. The mean annual air temperature has been gradually increasing and with an average trend of 0.0165–0.0334 °C/a. Meanwhile, there are some differences on increasing rate between the mean maximum and mean minimum temperature. The annual precipitation changes complicatedly with an entire decreasing trend. The air relative humidity presents an obvious decreasing trend. In addition, the climate change trends show the differences that exist in the various regions and the notable seasonal variations, and the temporal and spatial distribution of climate characteristics and change amplitude is different in different regions.

Key words climate change; change trend; regional climate; tropical area of southwestern China; Xishuangbanna