

西双版纳热带植物园热量变化趋势

赵俊斌^{1,2,5}, 张一平^{1,2,3*}, 宋富强^{1,4}, 许再富¹, 肖来云¹

(1. 中国科学院西双版纳热带植物园, 云南 昆明, 650223; 2. 中国科学院热带森林生态学重点实验室
(西双版纳热带植物园), 云南 勐仑 666303; 3. 西双版纳热带雨林生态系统研究站, 云南 勐仑 666303;
4. 云南省环境科学院, 云南 昆明 650034; 5. 中国科学院研究生院, 北京 100049)

摘要: 全球气候变暖已成不争的事实, 区域气候条件的变化必然对该区域的植物生长与繁殖等多方面产生很大的影响。通过分析西双版纳热带植物园内热量条件(包括气温与地表温)1959—2008年间变化特征, 讨论其对植物园中热带植物的影响。研究表明: 西双版纳年平均气温与地温分别以0.013和0.007℃/a的速率上升, 相对全国较缓; 同时, 热量因子年间变异程度及极端温度出现的程度均呈下降趋势。西双版纳热带北缘的特殊地理位置决定其热量相对于典型的热带地区不足, 因此变暖的气候条件将有利于这里热带植物的生长与繁殖。但由热量变化可能导致的其他环境因子的变化(如降雨量减少等)则可能对植物生长与繁殖产生不良影响。

关键词: 气温; 地温; 地气温差; 年间变异; 变化趋势; 西双版纳热带植物园

中图分类号: S718

文献标志码: A

文章编号: 1000-2006(2012)01-0048-05

Long-term trends of heat factors in Xishuangbanna Tropical Botanical Garden

ZHAO Junbin^{1,2,5}, ZHANG Yiping^{1,2,3*}, SONG Fuqiang^{1,4}, XU Zaifu¹, XIAO Laiyun¹

(1. Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, CAS, Kunming 650223, China; 2. Key Laboratory of Tropical Forest Ecology, Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, CAS, Menglun 666303, China; 3. Xishuangbanna Station for Tropical Rainforest Ecosystem Studies, Menglun 666303, China; 4. Yunnan Institute of Environmental Science, Kunming 650034, China; 5. Graduate School of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: In this study, we used the long-term data (1959–2008) of air temperature and soil surface temperature in Xishuangbanna Tropical Botanical Garden to investigate the inter-annual trends of the heat condition and discuss the influences on the tropical plants. The results showed that air temperature and soil temperature both exhibit an annual increasing rate of 0.013 and 0.007℃/a, respectively. The rates are lower than the average level in China. The inter-annual variation and extreme extent for air temperature and soil temperature both showed trends of decrease. As the temperature in Xishuangbanna is lower than other tropical regions near equator, the heat condition can definitely favor the tropical plants in the botanical garden. However, due to heat factor change, decreasing precipitation and other aspects might negatively affect the plants on growth and reproduction.

Key words: air temperature; soil temperature; difference between soil and air temperature; inter-annual variation; variation trend; Xishuangbanna Tropical Botanical Garden

IPCC第4次报告指出, 1906—2005年全球地表气温上升了0.56~0.92℃, 并预测到21世纪末可能再升高1.1~6.4℃, 而太阳辐射的变化并非

气候变暖的主要影响因子, 人类活动才是导致全球变暖的主要原因^[1]。另外, IPCC第3次报告还指出, 全球范围内的极端气候有增加的趋势^[2]。

收稿日期: 2010-12-14

修回日期: 2011-04-16

基金项目: 国家自然科学基金项目(30670395); 中国科学院植物园与生物分类研究项目(KSCX2-YW-Z-004); 云南省自然科学基金项目(2004C0053M)

第一作者: 赵俊斌, 博士生。*通信作者: 张一平, 研究员, 博士。E-mail: yipingzh@xtbg.ac.cn。

引文格式: 赵俊斌, 张一平, 宋富强, 等. 西双版纳热带植物园热量变化趋势[J]. 南京林业大学学报: 自然科学版, 2012, 36(1): 48-52.

全球变化是不同区域气候变化的一个总体表现,因此区域气候变化是一个值得关注的问题^[3]。Malhi 等^[4]的研究表明热带森林地区气温平均升高 $0.021 \sim 0.031 \text{ }^{\circ}\text{C/a}$;近 40 年,我国的年均气温则以 $0.025 \text{ }^{\circ}\text{C/a}$ 的速率上升^[5]。据预测,2020 年我国气温将比 20 世纪 50 年代高出 $1.68 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ^[6]。这些热量的变化对各个地区植物的生长与繁殖等多方面产生了很大的影响^[7-9]。

西双版纳热带植物园位于滇南西双版纳州勐腊县勐仑镇,地处马来热带雨林区(简称远东热带雨林)北缘($101^{\circ}25'\text{E}$, $20^{\circ}4'\text{N}$),海拔 570 m,属热带季风气候。根据降雨量可分为旱季(11 月至次年 4 月)和雨季(5 至 10 月)^[10]。该植物园自 20 世纪 50 年代建立以来,从世界各个热带地区引种来进行保护的植物已有上万种,其中中国仅有 12 个种的龙脑香科植物(Dipterocarpaceae)引种数更达到 34 种之多^[11]。李红梅^[12]研究表明西双版纳 40 余年来(1959—2000 年)年均气温上升速率为 $0.02 \text{ }^{\circ}\text{C/a}$ 。这样的气候变化势必对植物园中植物产生不可忽视的影响,从而影响到引种植物的保护工作。地温与气温是重要的地区热量指标,笔者通过对西双版纳热带植物园中地温与气温的长期变化研究,分析年际间热量因子变异的趋势、极端气候的程度是否随之变化、地气温差的变化,并讨论这些变化对植物可能产生的影响,从而对西双版纳地区今后的植物保护和研究工作提供理论参考。

1 材料与方法

1.1 数据来源

主要选取气温与地温作为西双版纳植物园的热量指标,研究其长期变化规律和趋势(1959—2008 年)。数据来源于位于西双版纳热带植物园

中设立的气象观测站,观测严格按照中国气象局(CMA)的规定进行。

1.2 指标测定

通过对年平均气温与地温(地表温)的长期变化进行直线拟合,揭示其变化趋势与速率(拟合斜率);同时对年极端最高气温与地温的年间变化进行直线拟合,以说明极端温度的变化趋势,从而反映该地区总体热量变化特征。在研究期间,按顺序以每 3 年为一组,计算其年平均、最高、最低气温与地温的 3 年标准差作为年间变异系数,通过对长期的变异系数进行直线拟合,得到该地区各个热量因子变异的变化趋势。

地气温差(同期地温与气温之差)是反映环境中地表感热通量的重要指标之一。该研究对年平均、最高、最低地温与气温温差的年际间变化分别进行直线拟合,得到其长期变化的趋势与速率。同时,通过直线拟合相应的地温与气温得到它们之间关系,从而可以进一步说明地气温之间热量传导的过程。

2 结果与分析

2.1 热量因子的季节变化

研究区热量因子的平均季节变化见图 1。由图 1A 可知,月最高气温峰值出现在旱季末的 4 月($40.5 \text{ }^{\circ}\text{C}$),月最低气温最低值出现在 1 月与 12 月($2 \text{ }^{\circ}\text{C}$),月平均气温在雨季均保持较高水平(平均 $25.2 \text{ }^{\circ}\text{C}$),旱季相对较低(最低为 1 月的 $16.1 \text{ }^{\circ}\text{C}$)。从地温来看(图 1B),月最高地温数值明显高于相应气温,且峰值出现在雨季初期的 5 月($71.4 \text{ }^{\circ}\text{C}$),月最低地温与月均地温的季节动态均与相应的气温因子相似;从标准差看,月最高地温的年际间变化最大。

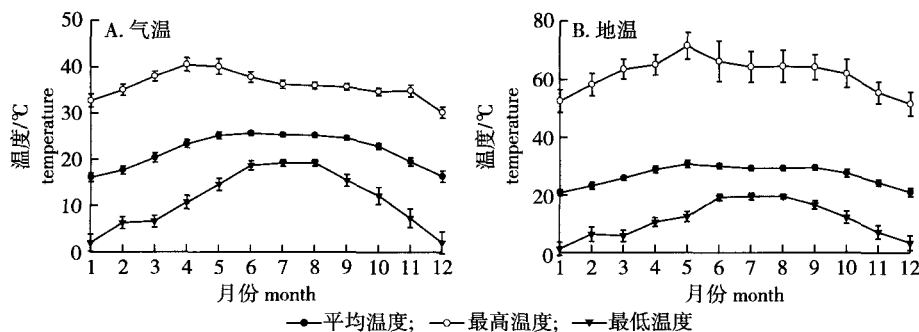


图1 热量因子的平均季节变化

Fig.1 Seasonal variations of the studied heat factors

2.2 热量因子的年间变化

6 个热量因子长期的年间变化趋势见图 2。年

最高地温与气温均表现出了下降的趋势(分别为 -0.017 和 $-0.051 \text{ }^{\circ}\text{C/a}$),而其他 4 个因子则表现

为上升趋势,其中年平均气温与年最低气温所表现的上升速率(分别为0.013和0.010℃/a)均高于

相应的地温因子(分别为0.007和0.001℃/a)。

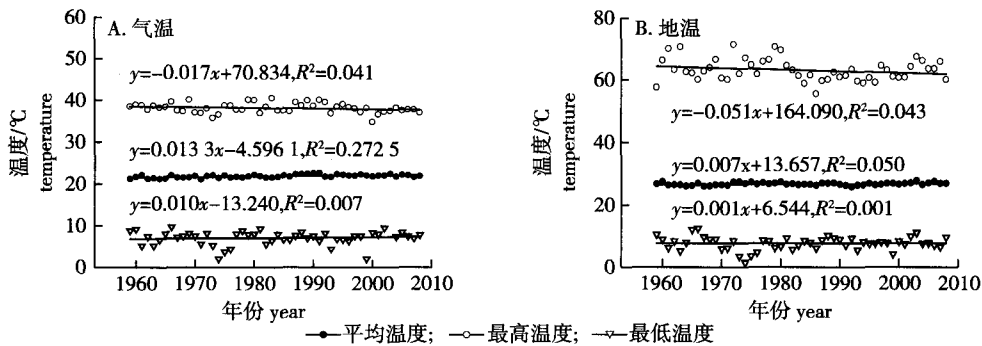


图2 热量因子年际间变化(1959—2008年)及其拟合直线与方程

Fig.2 Inter-annual variation of the studied heat factors, including the linear regression lines and equations (1959—2008)

从变异系数看(图3),6个因子的年间波动都有不同程度的下降。从年间变异程度来看,无论是

地温还是气温,年平均温度波动最小,而年最高地温的波动最大,相应的年最高气温波动则较小。

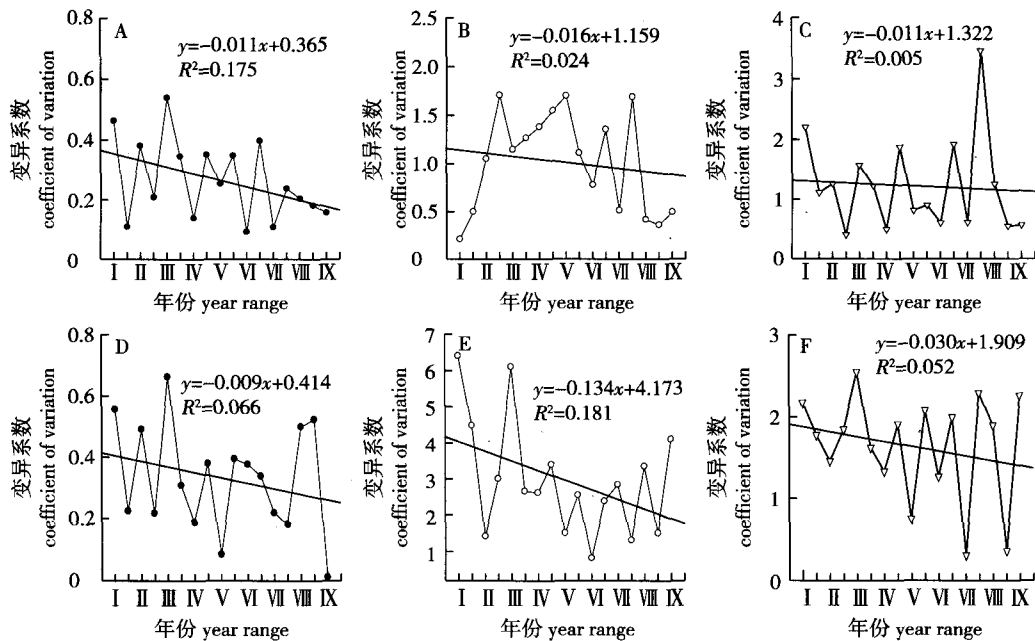


图3 热量因子变异系数长期变化趋势(1959—2008年)

Fig.3 Trends of the variation coefficients for the studied heat factors (1959—2008)

注:A.年平均气温;B.年最高气温;C.年最低气温;D.年平均地温;E.年最高地温;F.年最低地温。年份表示中,I.1959—1961;II.1965—1967;III.1971—1973;IV.1977—1979;V.1983—1985;VI.1989—1991;VII.1995—1997;VIII.2001—2003;IX.2007—2008。

地气温差在年间的变化均表现出不同程度的下降趋势(图4A),其中以年最高温下降趋势最为明显(-0.034 ℃/a),且其温差(平均24.99℃)明显大于其他2个因子(平均分别为4.75和0.54℃)。从地气温差的季节变化来看(图4B),月平均温与月最低温的地气温差季节波动较小,最大值分别出现在2月(5.48℃)和8月(1.15℃),最小值出现在7月

(3.89℃)和3月(0.23℃);相对来说,月最高温的地气温差季节波动较大,5月出现最大值(24.77℃),12月出现最小值(14.95℃)。平均温差最大的是最高温(平均19.05℃),其次是月平均温(平均4.75℃),月最低温的地气温差最小(平均0.88℃)。从图4B的标准差来看,月最高温年间波动最大,图4A的年间变化趋势同样。

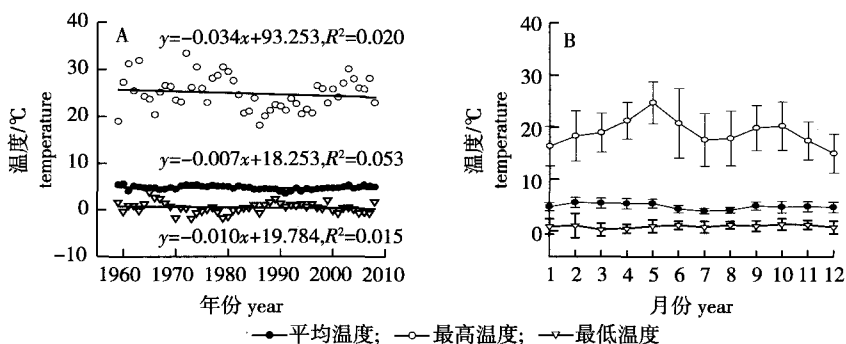


图4 地气温差年际间变化

Fig. 4 Inter-annual (A) and seasonal variations (B) of the deviation between soil temperature and air temperature

2.3 地温与气温的关系

地温与气温的直线关系见图5。可见,月平均气温、月最高气温与月最低气温均和相应的地温因子有显著的相关关系($p < 0.001$)。但从关系式的 R^2 来看,月平均气温和月最低气温与相应的地温因

子之间解释程度均在90%以上,而月均最高气温与相应地温之间的解释程度仅为0.55,可见气温与地温高温出现的同步性相对较弱。从关系式本身看,月均温的斜率仅为0.95,而其他2个因子的均大于1,月最高气温的甚至达到1.64。

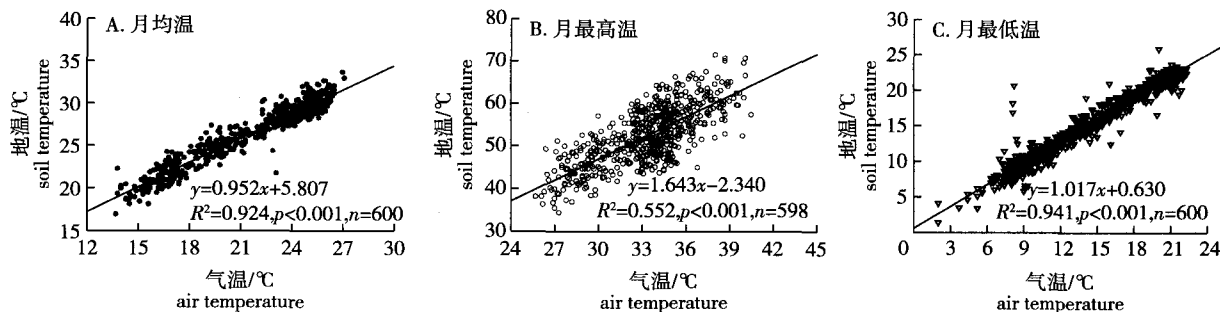


图5 气温与地温的直线拟合关系。

Fig. 5 Linear correlation between air temperature and soil temperature

3 讨论

气温上升必然对生物的各种活动与行为产生影响,如在很多地区发现植物春季物候提前、秋季物候期推迟、生长季延长^[13-17];一些动物迁徙的时间也随之提前,且分布范围有北移的趋势^[8-9]。该研究表明,在全球变暖的大背景下,西双版纳地区也出现了温度升高的趋势(年均气温 $0.013\text{ }^{\circ}\text{C/a}$;年均地温 $0.007\text{ }^{\circ}\text{C/a}$)。相对全球热带地区($0.021\sim0.031\text{ }^{\circ}\text{C/a}$)以及全国($0.025\text{ }^{\circ}\text{C/a}$)的气温升高速率而言^[4, 18],西双版纳地区气温的上升速率则较缓,这也是我国南方地区增温率不如北方地区强的表现^[19]。

西双版纳地处亚洲热带北缘地区,这里的气温相对典型的热带地区较低,热带植物(尤其是来源于赤道附近热带地区的引种植物)的生长与繁殖受该地低温影响较大^[20-21]。该研究表明,西双版纳地区年极端最低气温与地温均呈现上升的趋势(分别为 0.010 和 $0.001\text{ }^{\circ}\text{C/a}$),这将对这一地区热量不足起到一定补偿作用。

任国玉等^[5]对中国近50年的研究表明,全国与气温有关的极端气候事件强度和频度呈降低或稳定趋势。该研究中,西双版纳地区的极端天气程度也均呈下降的趋势,即年极端最高气温与地温呈下降趋势(分别为 -0.017 和 $-0.051\text{ }^{\circ}\text{C/a}$),而年极端最低气温与地温则呈现上升的趋势。在西双版纳,极端天气(尤其是极端低温)往往对热带植物造成损害,如光合系统损伤、寒斑、停止开花,甚至死亡^[21-24]。而极端天气程度的下降将可能减少对热带植物的伤害。

从变异系数看,6个因子的年间变动都有不同程度的下降,加之极端天气程度的下降,这预示着该地区的年际间热量因子变化趋于缓和,波动变小。同时,热量因子的季节变化十分显著,但年间变化不大(标准差较小),这对植物的生活节律调节有积极的作用。理论上,这样的热量条件变化趋势将有利于热带植物在该植物园的生存,进而有利于引种植物的保护工作。

地气温差是反映地表感热通量(包括水汽和热量)的重要指标,是决定小气候和区域气候的重

要因子^[25-27]。在青藏高原,研究发现地气温差对夏季的降雨有显著的指示作用,即地气温差越大则降雨量越大^[28]。在西双版纳,平均温和最低温的地气温差在季节变化上不是很明显,而最高温地气温差季节变化则相对明显,且在刚进入雨季的5月份达到最大;从地温与气温的关系来看,二者的直线回归关系均在 $p < 0.001$ 水平达到显著,说明二者在月尺度上能量的传导较为同步,但其中最高温直线关系的 $R^2 = 0.552$ 则明显低于其他两个因子,这意味着最高气温的出现并非最高地温出现的直接原因,其同步性相对最低温与平均温来说稍差;从年际间变化看,3个因子的地气温差值在过去的半个世纪里都呈下降趋势,这也是西双版纳热量条件变化趋缓和波动变小的必然结果,从而致使地表感热通量减少,并导致西双版纳地区降雨量减少^[12, 29-30],干旱增加,进而可能威胁到植物的生长。

该研究主要通过热量因子的变化对植物生长繁殖可能产生的影响进行推测,具有一定的局限性。宋富强等^[31]的研究表明,西双版纳热带植物园中植物的株高生长在1974—2003年间并没有表现出显著的趋势,并且发现株高生长除与气温相关外,还受日照时数的影响。可见,仅从热量因子的变化趋势看,其可能有利于西双版纳热带植物园中热带植物的生长与繁殖,但由热量所可能导致的其他环境因子的变化(如降雨量减少等),则可能对这些生长的植物造成一定负面影响。另外,植物繁殖方面因缺乏数据,其响应则需进一步研究证实。致谢:研究中气候资料由西双版纳热带植物园生态站提供。

参考文献:

- [1] IPCC. Fourth Assessment Report [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2007.
- [2] IPCC. Climate Change 2001: Impacts Adaptation, and Vulnerability [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2001.
- [3] 张秀年,严华生,郭世昌. “全球变暖”背景下的全球温度时空变化特征[J]. 热带气象学报, 2004, 20(5): 561-570.
- [4] Malhi Y, Wright J. Spatial patterns and recent trends in the climate of tropical rainforest regions [J]. Philosophical Transactions: Biological Sciences, 2004, 359: 311-329.
- [5] 任国玉,郭军,徐铭志,等. 近50年中国地面气候变化基本特征[J]. 气象学报, 2005, 63(6): 942-956.
- [6] 李明志,袁嘉祖,李建军. 中国气候变化现状及前景分析[J]. 北京林业大学学报:社会科学版, 2003, 2(2): 16-20.
- [7] Braswell B H, Schimel D S, Linder E, et al. The response of global terrestrial ecosystems to interannual temperature variability [J]. Science, 1997, 278(5339): 870-873.
- [8] Root T L, Price J T, Hall K R, et al. Fingerprints of global warming on wild animals and plants [J]. Nature, 2003, 421(6918): 57-60.
- [9] Walther G R, Post E, Convey P, et al. Ecological responses to recent climate change [J]. Nature, 2002, 416(6879): 389-395.
- [10] 张克映. 滇南气候的特征及其形成因子的初步分析[J]. 气象学报, 1966, 33(2): 210-230.
- [11] 李锡文,李捷, Peter A. 中国龙脑香科植物纪要[J]. 云南植物研究, 2002, 24(4): 409-420.
- [12] 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.
- [13] Chen X Q, Hu B, Yu R. Spatial and temporal variation of phenological growing season and climate change impacts in temperate eastern China [J]. Global Change Biology, 2005, 11(7): 1118-1130.
- [14] Doi H, Katano I. Phenological timings of leaf budburst with climate change in Japan [J]. Agricultural and Forest Meteorology, 2008, 148(3): 512-516.
- [15] Gordo O, Sanz J J. Long-term temporal changes of plant phenology in the Western Mediterranean [J]. Global Change Biology, 2009, 15(8): 1930-1948.
- [16] Menzel A, Fabian P. Growing season extended in Europe [J]. Nature, 1999, 397(6721): 659.
- [17] Piao S L, Fang J Y, Zhou L M, et al. Variations in satellite-derived phenology in China's temperate vegetation [J]. Global Change Biology, 2006, 12(4): 672-685.
- [18] 林学椿,于淑秋. 近40年我国气候趋势[J]. 气象, 1990, 16(10): 16-22.
- [19] 于淑秋,林学椿,徐祥德. 中国气温的年代际振荡及其未来趋势[J]. 气象科技, 2003, 31(3): 136-139, 146.
- [20] 赵俊斌,张一平,宋富强,等. 西双版纳热带植物园引种植物物候特征比较[J]. 植物学报, 2009, 44(4): 464-472.
- [21] 赵俊斌,张一平,宋富强,等. 引种保护植物对西双版纳极端冷年的春季物候响应[J]. 植物学报, 2010, 45(4): 435-443.
- [22] 许再富. 热带植物引种的不同种源对低温的适应调查[J]. 热带植物研究, 1975, 7, 32-36.
- [23] 姜艳娟. 西双版纳雾凉季低温对3种热带植物光合作用和抗氧化酶活性的影响[J]. 西北植物学报, 2008, 28(8): 1675-1682.
- [24] 谭应中,高锡帅,黄文龙,等. 西双版纳州低温寒害基本特征及减灾对策[J]. 中国农业气象, 2002, 23(2): 44-48.
- [25] 晏红明,杞明辉,肖子牛,等. 冬季亚洲大陆的热力差异对亚洲季风活动的影响[J]. 大气科学, 2005, 29(4): 549-564.
- [26] 江灏,王可丽. 青藏高原地表热状况的卫星资料分析[J]. 高原气象, 2000, 19(3): 323-330.
- [27] 范丽军,韦志刚,董文杰. 西北干旱区地气温差的时空特征分析[J]. 高原气象, 2004, 23(3): 360-367.
- [28] 刘颖,徐祥德,施晓晖. 春季地气温差与长江中下游夏季旱涝异常的相关[J]. 气象科技, 2009, 37(3): 301-305.
- [29] 何云玲,张一平,杨小波. 中国内陆热带地区近40年气候变化特征[J]. 地理科学, 2007, 27(4): 499-505.
- [30] 喻彦,蒙桂云,张利才. 西双版纳地区近45年来气候变化特征[J]. 气象科技, 2008, 36(4): 410-413.
- [31] 宋富强,赵俊斌,张一平,等. 西双版纳区域气候变化对植物生长趋势的影响[J]. 云南植物研究, 2010, 32(6): 547-553.

(责任编辑 郑琰琰)