

川渝地区气候与物候的变化特征分析

王炳赞, 范广洲, 董一平, 华 维, 周定文, 朱丽华, 张 琪

(成都信息工程学院 高原大气与环境四川省重点实验室 大气科学学院, 四川 成都 610225)

摘要:利用川渝地区44个气象台站的气象资料和2个物候观测站的物候资料分析了该地区的气候与物候变化特征:最近10 a年均温度比前30 a高0.68℃,年均降水量基本无变化。低温主要分布在川西高原,低温天数、低温积温绝对值都在减少。日均最高温度在高原南部、西南山地减少,其它地区都增加;日均最低温度都在增暖。降水在四川盆地下降,在重庆西部、川西高原增加。降水日数在高原西部增加,其它地区都下降。春始期仁寿略微推迟,北碚微弱提前;秋始期都推迟。展叶期的杏树、刺槐、水杉、紫荆、梧桐推迟,紫藤、毛桃提前。落叶期仁寿刺槐提前,北碚的植物全部推迟。

关 键 词:积温;物候;季节起始期;川渝地区

中图分类号: P467 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0690(2011)06-0674-08

近百年来全球气温呈增暖趋势^[1,2],中国的气候和物候随之发生了相应的变化和响应:中国温度与全球温度变化基本一致,呈上升趋势,但存在区域和季节的差异^[3]。北方地区日最高气温和日最低气温增温态势明显,并且日均最低气温比日均最高气温增温显著^[4,5]。中国降水的变化趋势也具有明显的季节和区域特征,并且全国降水量整体呈上升趋势^[6,7]。温度是影响植物春季物候的主要因素^[8],近40 a来中国木本植物伴随着20世纪80年代后大部分地区的春季增温,在东北、华北、长江下游等地大部分植物春季物候期提前,而在秦岭以南地区呈现降温趋势,导致西南地区东部、长江中游地带春季物候期推迟为主^[9,10]。秋季温度的高低,影响着秋季物候期的推迟或提前^[11]。同一物候期的不同植物物候对气候变化的响应变化趋势不一,同一物种相同物候期的变化趋势也存在明显的地区特征^[12,13]。

川渝地区地貌复杂,气候多变,是洪涝、冰雹、干旱、泥石流、山体滑坡等自然灾害的多发区^[14]。作为中国西部人口重要聚居地之一,其气候和物候的变化对西部经济建设和社会发展有着较大影响,因此研究该地区气候和物候在全球变暖背景下的响应和变化,对生态平衡、科学研究和农牧业生产等方面有着重要的意义。

1 研究区域和资料来源

川 渝 地 区 位 于 97°22′~110°12′E、26°02′~34°18′N,地跨青藏高原、横断山脉、云贵高原、四川盆地、秦巴山地等几大地貌单元,地势西高东低,平均海拔在300~4 500 m。受地貌和季风环流的影响,该地区气候大致分为3种类型:川西高原属高原大陆性气候、四川盆地及其以东的亚热带湿润季风气候和川西南山地的过渡性气候。主要灾害有暴雨、洪涝、干旱、低温冻害、连阴雨、寒潮、大雾、山体滑坡、泥石流等^[14]。

北碚区位于重庆市区西北部,背靠缙云山、内有嘉陵江骨干水系;属四川盆地东南边缘拗褶带,境内由低山槽、山麓裸丘、浅丘和沿江河谷构成,多山地丘陵,平坝较少;属中亚热带季风湿润气候区,热量丰富,雨量充沛,有春早、夏热、秋短、冬迟等特征。仁寿县位于四川盆地西南边缘,眉山市东南部35 km,乐山北部98 km;属川中丘陵向成都平原西南部过渡地带,境内地势西北高东部低,地貌为低丘平坝、平台,低山,丘陵3大类型,丘陵为主,岷江和青衣江贯穿境内,水资源丰富;属亚热带季风湿润气候区,气候温和、雨量丰沛、四季分明、雨热同季,冬无严寒,夏无酷暑(图1a)。

气象资料选取该地区44个测站1961~2007

收稿日期:2010-08-10; 修订日期:2010-10-10

基金项目:国家自然科学基金项目(40875053)、局校合作项目“西藏近40年植被物候资料恢复重建研究”共同资助。

作者简介:王炳赞(1979-)男,山东平度人,讲师,主要从事气候变化及其数值模拟研究。E-mail: bywang@cuit.edu.cn

通讯作者:范广洲,教授。E-mail: fgz@cuit.edu.cn

年逐日温度和降水资料。对于原始资料中缺测数据,采取两种方法进行插补: 单个缺测值运用中央差分方法进行插值,连续多个缺测值则用其他年份该日的多年平均值代替。

物候资料选取北碚(106°27'E,29°51'N,242.9 m) 和仁寿(104°09'E,30°01'N,437.1 m) 2 个物候观测站点(图 1a), 1963 ~ 1988 年比较完整的木本植物资料(表 1)。其中缺测值采用该植物相同物候期的多年平均值代替。

表 1 物候观测站和观测要素

Table 1 Phenological observation station location and details

观测站	植物名称	展叶期	落叶期
仁寿	刺槐	✓	✓
	杏树	✓	
北碚	刺槐	✓	✓
	毛桃	✓	✓
	水杉	✓	✓
	梧桐	✓	✓
	紫荆	✓	✓
	紫藤	✓	✓

2 温度分析

川渝地区 47 a 年均温度在 11.4 ~ 13.1℃ 之间。根据 Mann - Kendall 检验(图略) 知 1998 年为

突变年,在 1998 年之前年均温度的上升趋势为 0.03℃ / 10 a,1998 年以后年均温度上升的趋势为 0.7℃ / 10 a,上升趋势后者是前者的 20 多倍,可见川渝地区近 10 a 左右年均温度上升迅速。

0℃ 是水相发生变化的临界温度,是植物生理活动活跃与休眠的临界温度,因而将不超过 0℃ 的日均温度称为低温。从植物的生理学得知,低温冷激有利于将植物从深度休眠期唤醒,但低温天数较长、低温积温绝对值较大、年最低温度较低都可能对植物的萌芽期、始花期产生比较严重的影响,而年最高温度则更容易烤熟秧苗、引发森林火险。

2.1 年低温分布变化

由年均低温积温分布(图 1a) 可知,低温积温大值区主要分布在川西高原和川西南山地部分地区,积温值在 -300 ~ -1 800℃ 之间; 而位于川渝地区中东部的四川盆地,由于秦岭、大巴山的地形阻挡作用,使得冷空气很难入侵,因而低温积温较少,各季节都适合耕种收获,成就了其“天府之国”的美誉。图 1b 低温积温趋势分布则显示低温积温的变化趋势。低温积温绝对值在川西高原和西南山地以(10 ~ 100)℃ / 10 a 的速度减少,这意味着这些地区低温气象条件在减少,从而低温冷冻灾害发生的可能性减小。

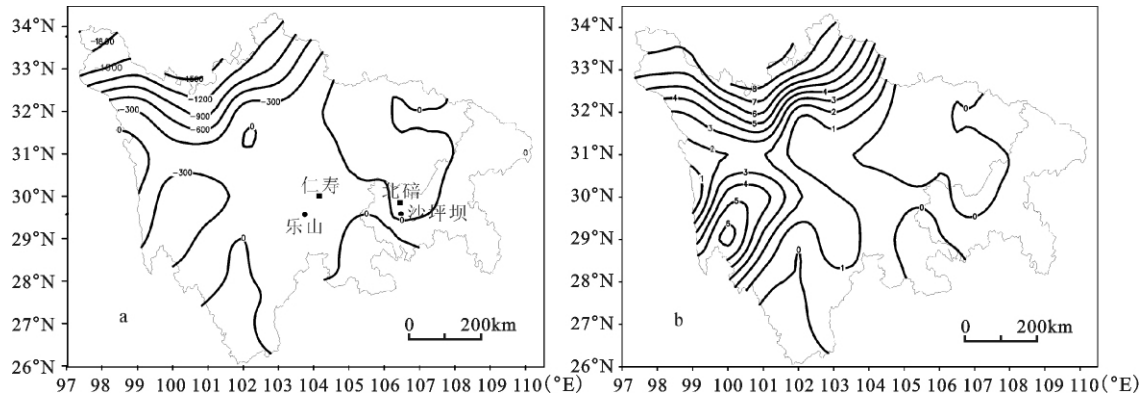


图 1 年均低温积温分布(a) 和趋势分布(b)

Fig. 1 Mean annual accumulated low temperature distribution (a) and trends (b)

2.2 低温的年平均日数分布变化

图 2a 为 47 a 年均低温日数分布。由图可知,低温日数由四川盆地西部向川西高原逐渐增多。川西高原低温日数平均在 100 d 以上,局地达到 150 d 以上,与低温天数分布图(图 1a) 具有较好的一致性,这种长时间的低温天气容易影响当地的

农牧业生产。由年均低温日数趋势分布图 2b 知,出现低温的地区低温日数都呈减少趋势,其中川西高原减少值为(-3 ~ -7 d) / 10 a,高原南部局地减少值达 -7.4 d / 10 a。说明川渝地区低温日数在减少,即冬季日均气温在升高,与马柱国等^[3] 的结论相一致。

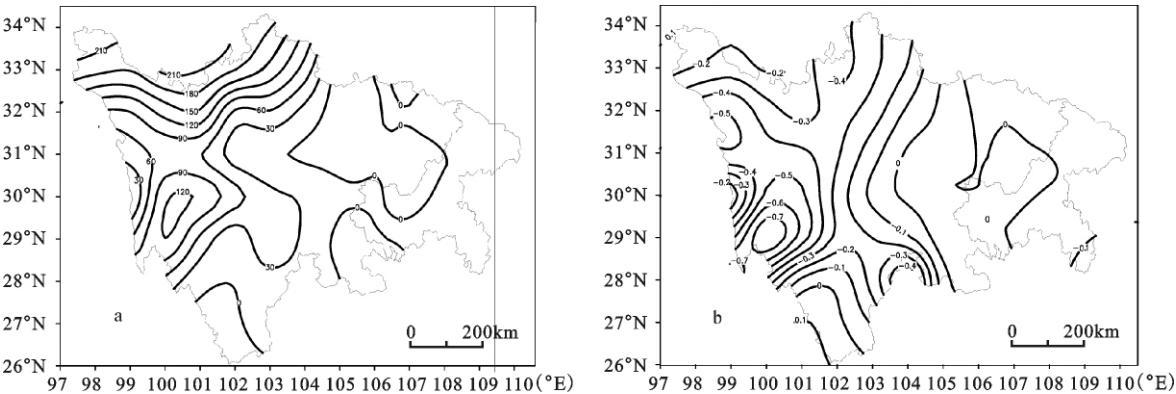


图2 年均低温天数分布(a) 和趋势分布(b)

Fig. 2 Mean annual number of days at low temperature (a) and trends (b)

2.3 最高和最低温度变化趋势

最低温度引起的冻害对植物的生长发育影响较大,而超过植物承受临界值的最高温度则会破坏植物光合作用和呼吸作用的平衡,并引起蒸腾作用增强,破坏水分平衡,使植物萎蔫干枯。

图3a 是年最高温度变化趋势图。从图中可以看出,大部分地区年最高温度以(1~4) °C/10 a 上升,局地(木里地区) 达到 6.1 °C/10 a,而高原南部

和川西南山地则以(-1~-3.8) °C/10 a 下降。图3b 是最低温度的变化趋势,由图可知,除盆地东北部基本无变化外,其他地区以(1~9) °C/10 a 上升,并且存在高原北部、西南山地、盆地南部和重庆东北部四个上升中心,中心升速为(6~9) °C/10 a。从最高和最低温度的变化趋势可知,川渝地区气温呈上升趋势,该地区的低温冷冻灾害发生频率减少,高温天气增多,水分蒸发加大。

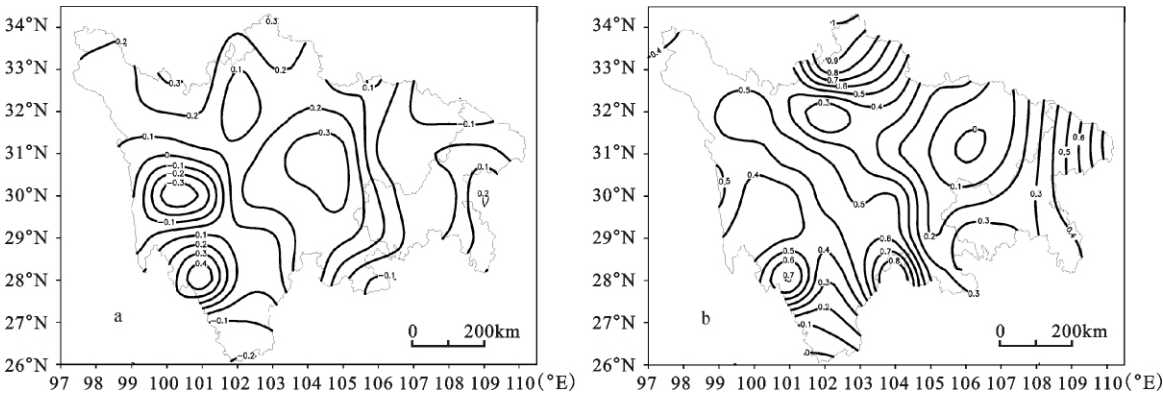


图3 年最高温度趋势分布(a) 和年最低温度趋势分布(b)

Fig. 3 Trends of annual maximum daily temperature (a) and minimum daily temperature (b)

整个川渝地区平均来看,最高温度的变化值为 0.93 °C/10 a,而最低温度的变化值为 3.85 °C/10 a,可见,川渝地区最低温度比最高温度的变化趋势要强烈得多,即冬季的升温大于夏季的升温,从而可以看出在全球变暖的情况下,冬季最低气温的响应比夏季最高气温的响应要敏感的多,并且中国北方地区 50 a 来最高和最低温度的变化也呈现相同的趋势^[4]。低温积温绝对值和低温日数都在减少、最高(最低) 温度都在升温,类似变化在美国和加拿大等地也存在^[7]。

3 降水分析

降水的多寡影响着植物的生长发育,过多则造成洪涝,偏少则容易引发干旱,因此对年降水量、年降水日数进行统计分析,可以了解其对植物生长期可能产生的影响。

3.1 年降水量分布变化

川渝地区地形复杂,降水分布区域不均。从 47 a 降水量曲线(图略) 可以看出,年均降水量在 487.5 ~1 766.7 mm,整个地区平均降水呈减少趋

势,其值为 $-9.1 \text{ mm}/10 \text{ a}$ 。

由图 4a 知,四川盆地及以东地区年降水量都在 $1\,000 \text{ mm}$ 以上,局地年降水量达 $1\,700 \text{ mm}$ 左右,降水较丰沛;川西高原及川西南山地局地年降水量在 $1\,000 \text{ mm}$ 以下,降水较少,与该地区属高原大陆性或过渡性气候相符。由图 4b 可得,川渝中东部降水量以 $(-10 \sim -70) \text{ mm}/10 \text{ a}$ 减少,局地为 $-80 \text{ mm}/10 \text{ a}$;而川西高原、西南山地和重庆西部以 $(10 \sim 20) \text{ mm}/10 \text{ a}$ 上升。

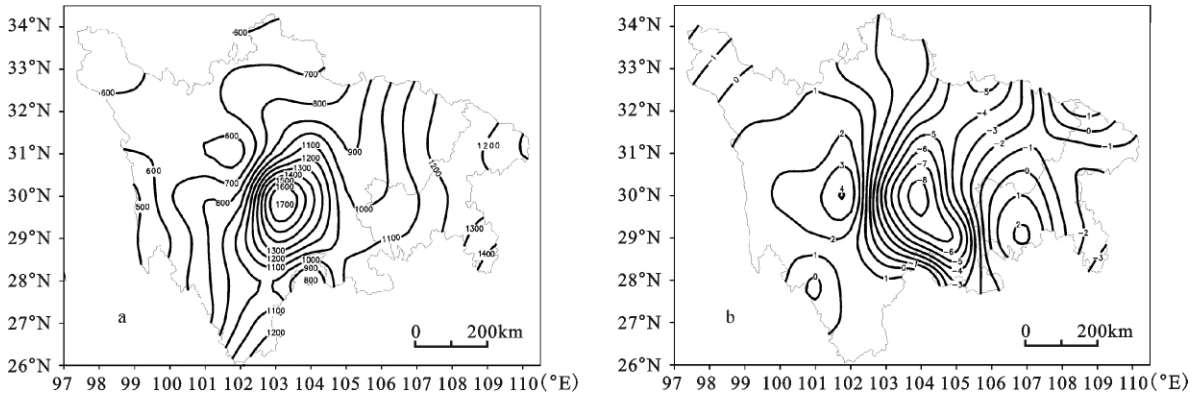


图 4 年均降水量分布 (a) 和年降水趋势分布 (b)

Fig. 4 Mean annual precipitation (a) and trends (b)

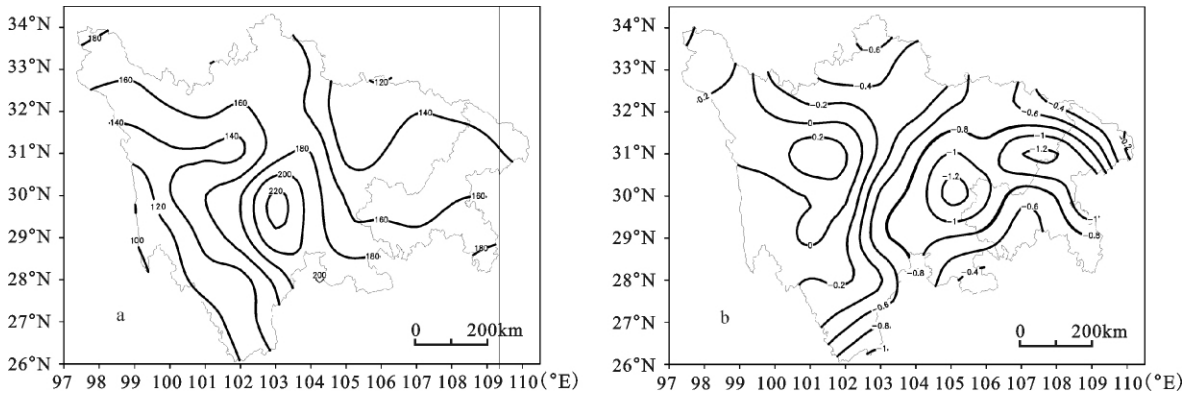


图 5 年降水日数分布 (a) 及其趋势分布 (b)

Fig. 5 Mean annual precipitation day (a) and trends (b)

$-10) \text{ d}/10 \text{ a}$ 减少,局地减少达 $-14 \text{ d}/10 \text{ a}$,川西高原南部和北部以 $(-2 \sim -6) \text{ d}/10 \text{ a}$ 减少,而高原中部以 $2 \text{ d}/10 \text{ a}$ 左右增加。

由图 4b 和图 5b 可得,四川盆地降水量和降水日数同步减少,导致该地区可能出现干旱、缺水等问题;重庆西部和川西南山地降水趋势增加,但相应的降水次数减少,所以该地区降水强度、短时降水量会有所增加,可能会引发洪水、泥石流和山体滑坡等次生灾害。

3.2 年降水日数分布变化

由川渝地区年降水日数曲线(图略)和 Mann-Kendall 检验(图略)可知,年降水日数以 $4.4 \text{ d}/10 \text{ a}$ 明显下降,在 1985 ~ 1990 年间出现突变。

川渝地区年均降水日数(图 5a)在 103 ~ 257 d 之间,盆地中南部等地在 180 d 以上,局地达到了 210 d 以上;其他地区在 120 ~ 160 d 左右。由图 5b 年均降水日数的趋势分布可知,该地区是以下降的趋势为主,四川盆地及其以东大部分地区以 $(-6 \sim$

4 植物物候变化

采用川渝地区北碚和仁寿两物候站缺测较少的木本物候资料,重点分析与植物生长期密切相关的展叶期和落叶期,探讨气候变化对川渝地区植物的可能影响。

4.1 植物展叶期变化

从图 6 知:仁寿站的杏树、刺槐推迟显著,速率为 $3.6 \text{ d}/10 \text{ a}$ (通过 $\alpha = 0.1$ 的显著性检验,下同)

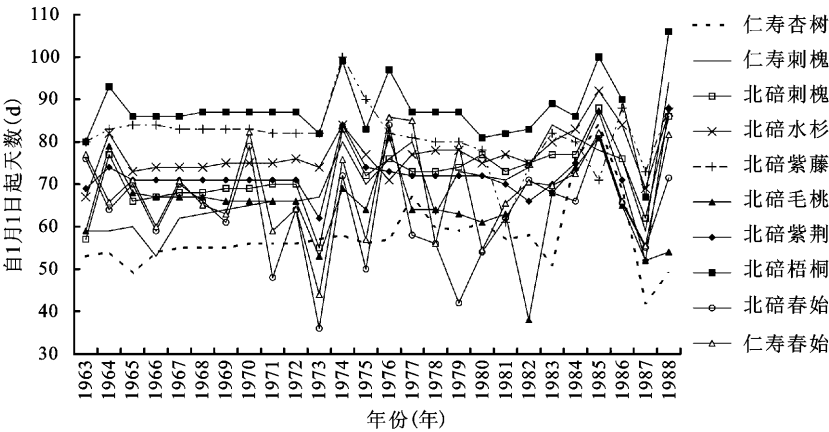


图 6 北碚和仁寿木本植物展叶期年际变化

Fig. 6 Annual variations of some woody plants in leaf expansion in Beibei and Renshou

和 8.9 d/10 a ($\alpha=0.001$) ; 北碚站的刺槐、水杉、紫荆、梧桐展叶期分别推迟 5.3 d/10 a ($\alpha=0.005$) 、 3.6 d/10 a ($\alpha=0.01$) 、 1 d/10 a 和 0.9 d/10 a ; 北碚站的紫藤、毛桃展叶期分别提前 2.5 d/10 a 和 2.8 d/10 a 。其中刺槐的展叶期推迟,紫藤、毛桃的展叶期提前与王传海等^[14]研究相一致。

4.2 植物落叶期变化

图 7 可知: 仁寿站刺槐落叶期提前显著,速率为 -8.7d/10 a ($\alpha=0.001$) ; 北碚站刺槐、水杉、紫藤、毛桃、紫荆、梧桐落叶期全部显著推迟,相应速率分别为 9.4 d/10 a ($\alpha=0.05$) 、 12.8 d/10 a ($\alpha=0.001$) 、 10.7 d/10 a ($\alpha=0.001$) 、 4.0 d/10 a ($\alpha=0.01$) 、 10.8 d/10 a ($\alpha=0.001$) 和 18.2 d/10 a ($\alpha=0.001$) 。

以上分析可知: 川渝地区大部分植物春季、秋季物候期均出现推迟,且秋季物候期推迟显著; 同一物候期不同植物物候期变化不一致,不同地区同一物种的植物物候期变化也存在区域差异。

4.3 植物物候与候温法确定的季节的相关分析

温度是影响植物发育生长的首要显著因子^[8-13],采用张宝堃^[15]提出的以连续 5 d (候) 平均气温值为指标的物候学划分季节方法,将候温出现在 10℃ 和 22℃ 两个温度值的末次日期定为春季和秋季的开始日期 (以下简称春始期和秋始期) 。

因为缺少仁寿和北碚气温资料,考虑到距离较近、海拔高度基本相同、地理环境相似的站点温度较相似的可能性,因此仁寿 (104°09'E, 30°01'N, 437.1 m) 的气温资料采用乐山 (103°45'E, 29°34'

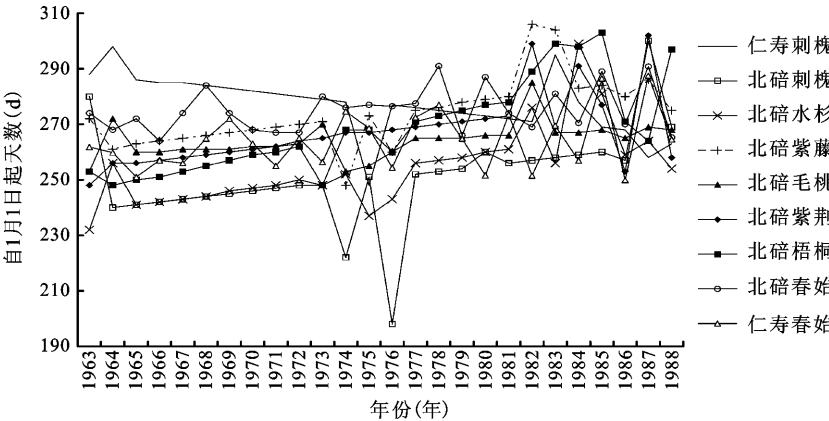


图 7 北碚和仁寿部分木本植物落叶期和秋始期年际变化

Fig. 7 Annual variations of some woody plants in leaf defoliation and autumn starting time in Beibei and Renshou

N, 422.1 m) 代替,北碚 (106°27'E, 29°51'N, 242.9 m) 的气温资料采用重庆沙坪坝 (106°28'E, 29°35'

N, 260.4 m) 代替 (见图 1a) 。

由图 6 中两站春始期年变化曲线可知,北碚春

始期呈微弱提前趋势,速率为 $-0.3\text{ d}/10\text{ a}$,而仁寿春始期呈现略微的延迟趋势,速率为 $1.3\text{ d}/10\text{ a}$,两站的春始期曲线整体相关性为 $0.59(\alpha=0.001)$ 。从图7中两站秋始期年变化曲线可以看出,两站秋始期都呈不显著推迟,北碚推迟 $3\text{ d}/10\text{ a}$,仁寿推迟 $4.2\text{ d}/10\text{ a}$,两站秋始期相关值为 $0.55(\alpha=0.005)$ 。

植物展叶期和所在站点春始期相关性较好,仁寿的刺槐,北碚的刺槐、毛桃、紫荆、梧桐与所在站点的春始期相关显著达到 $\alpha=0.1$ 的显著水平检验。植物落叶期与秋始期相关性差,只有北碚站的紫荆达到 $\alpha=0.1$ 的信度检验。春季物候与春始期相关性比秋季物候与秋始期相关显著,是因为温度是春季植物物候的主导因子^[8,11],而秋季植物落叶期并非由温度主导,也与植物本身内部机理、地温和光照等其他因子有关^[13]。

5 讨 论

随着全球变暖,温度升高,大多数植物出现了春季物候期提前,秋季物候推迟的主要趋势^[7~11,17],但川渝地区的北碚和仁寿站春始期大部分植物(占选取植物的75%)出现了推迟,并且春始期出现了北碚微弱提前、仁寿略微推迟的差别。

通过对两个观测站1963~1988年的气温和降水进行分析发现:该期间内两站日均降水和温度均呈下降趋势,北碚年日均降水速率为 $-0.02\text{ mm}/10\text{ a}$,年日均温度的线性速率为 $-1.8^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$,春季日平均温度的线性速率为 $-0.47^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$,仁寿年日均降水速率为 $-0.04\text{ mm}/10\text{ a}$,年日均温度线性速率为 $-1.3^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$,春季日均温度的线性速率为 $-0.46^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ 。降水与展叶期的相关性都未超过 $\alpha=0.1$ 的显著水平,因此可以认为降水对植物物候影响较小,可以不予考虑,这与葛全胜等研究发现在较长时间尺度上,物候与降水变化基本没有关系相一致^[17]。

该地区年日均温度比春季日均温度对植物春季物候影响显著。年日均气温与该地区展叶期的相关明显,87.5%的植物展叶期与年日均气温负相关超过 $\alpha=0.05$ 的显著水平,而春季日均气温与该地区只有37.5%的植物展叶期负相关超过 $\alpha=0.1$ 的显著水平,这说明该地区植物展叶期受年日均温度影响比春季日均温度影响大,同时从温度和降水

对植物的影响可知,该地区年日均温度和春季日均温度的降低,导致大部分植物春季物候期的延迟。

从北碚和仁寿两物候站的日均温度变化曲线图(图略)可以看出,同期日均温度北碚站要比仁寿站平均高 1.1°C ,并且春季日均温度北碚站比仁寿站平均高 0.58°C ,因此尽管两物候观测站在1963~1988年期间都处于降温的过程,但是由于同期北碚站的日均温度比仁寿站的高,从而可能造成了春始期出现了北碚微弱提前、仁寿略微推迟的差别。

6 结 论

通过以上分析和讨论,我们得到如下结论:

1) 川渝地区低温主要分布在川西高原,年均低温天数、积温绝对值整体呈减少趋势,最高(最低)温度变化趋势整体以上升为主。该地区年均温度将越来越高,一方面有利于减少低温雨雪冰冻灾害天气,另一方面可能会加大该地区水分蒸发。

2) 年降水量及降水日数整体呈下降趋势。川渝中东部最高温度和最低温度都在升高,但降水呈下降趋势,将在该地区形成高温、干旱等灾害。川西南山地和四川盆地南部降水量将增加但降水日数减少,可能会出现短时强降水增多,强度增强,易引发洪水、泥石流、山体滑坡等自然灾害。

3) 植物物候、以侯温法划分的春秋起始时间与所在地区的年温度、春季温度变化一致。大多数植物展叶期、落叶期都呈现推迟趋势,其中落叶期推迟显著。降水与植物物候的相关较差,影响可以忽略;气温与植物物候的相关明显,影响显著。该地区年日均温度比春秋季节日均温度对植物物候的相关性更显著。大多数植物的展叶期与所在站点的春始期相关显著,落叶期与秋始期相关较差。

总之,全球变暖背景下,川渝地区气候和物候发生了相应的响应和变化,并呈现以上主要特征。本文只对川渝地区在全球变暖背景下的气候和物候发生的响应和变化进行了特征分析,在气候和物候间的关系方面,因为既要分析植物生长发育的基本生理特性,又要对影响植物物候变化的不同时段温度、降水、光周期、所处地理位置等诸多因素进行分析^[8~12,19~27],而且不同物种对影响因素的响应也不尽相同,现有资料还不能完全支撑相关分析,所以对于气候影响物候的变化方面我们将在以后更详尽的资料和方法的基础上深入研究。

参考文献:

- [1] Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate Change 2007: The physical science basis [M] // Contribution of Working Group 1 to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, 2007.
- [2] Mann M E, Bradley R S, Hughes M K. Northern Hemisphere temperature during the past Millennium: Inferences, Uncertainties and Limitations [J]. Geophysical Research Letters, 1999, 26 (6): 759 ~ 762.
- [3] 丁一汇, 戴晓苏. 中国近百年(1860 ~ 1990 年) 来的温度变化 [J]. 气象, 1994, 20(12): 19 ~ 26.
- [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] 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.
- [6] 左洪超, 吕世华, 胡隐樵. 中国近 50 年气温及降水量的变化趋势分析 [J]. 高原气象, 2004, 23(2): 238 ~ 244.
- [7] 刘学华, 季致建, 吴洪宝, 等. 中国近 40 年极端气温和降水的分布特征及年代际差异 [J]. 热带气象学报, 2006, 22(6): 618 ~ 624.
- [8] 张福春. 气候变化对中国木本植物物候的可能影响 [J]. 地理学报, 1995, 50(5): 402 ~ 410.
- [9] 葛全胜, 郑景云, 张学霞, 等. 过去 40 年中国气候与物候的变化研究 [J]. 自然科学进展, 2003, 13(10): 1048 ~ 1053.
- [10] 徐文铎, 邹春静, 卜 军. 全球变暖对中国东北植被的影响及对策 [J]. 地理科学, 1996, 16(1): 26 ~ 36.
- [11] 陈效迷, 李 惊. 内蒙古草原羊草物候与气象因子的关系 [J]. 生态学报, 2009, 29(10): 5280 ~ 5290.
- [12] 陆佩玲, 于 强, 贺庆棠. 植物物候对气候变化的响应 [J]. 生态学报, 2006, 26(3): 923 ~ 929.
- [13] 王传海, 吴飞倩, 李淑娟, 等. 西安植物园木本植物近十余年物候变化的特征分析 [J]. 中国农业气象, 2006, 27(4): 261 ~ 264.
- [14] 中国气象局预测减灾司, 中国气象局国家气象中心. 中国气象地理区划手册 [M]. 北京: 气象出版社, 2006: 48 ~ 51.
- [15] 马柱国, 符涂斌, 任小波, 等. 中国北方年极端温度的变化趋势与区域增暖的联系 [J]. 地理学报, 2003, 58(Supplement): 11 ~ 20.
- [16] 王 菱, 谢贤群, 苏 文, 等. 中国北方地区 50 年来最高和最低气温变化及其影响 [J]. 自然资源学报, 2004, 19(3): 337 ~ 343.
- [17] Easterling D R, J L Evans, P Ya Groisuran, et al. Observed variability and trends in extreme climate events: a brief review Bull. of the Ameri. Mete [J]. Soci., 2000, 81(3): 417 ~ 425.
- [18] 张宝堃. 中国季节之分布 [J]. 地理学报, 1934, 1(1): 1 ~ 18.
- [19] 郑景云, 葛全胜, 郝志新, 等. 气候增暖对我国近 40 年植物物候变化的影响 [J]. 科学通报, 2002, 47(20): 1582 ~ 1587.
- [20] 张 杰, 李栋梁, 王 文. 夏季风期间青藏高原地形对降水的影响 [J]. 地理科学, 2008, 28(2): 236 ~ 240.
- [21] 郑景云, 葛全胜, 赵会霞, 等. 近 40 年中国植物物候对气候变化的响应研究 [J]. 中国农业气象, 2003, 24(1): 28 ~ 32.
- [22] 李洪权, 范广洲, 周定文, 等. 青藏高原春季植被变化特征及其对夏季气温的影响 [J]. 地理科学, 2008, 28(2): 259 ~ 265.
- [23] 徐雨晴, 陆佩玲, 于 强. 近 50 年北京数据物候对气候变化的响应 [J]. 地理研究, 2005, 24(3): 412 ~ 420.
- [24] 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.
- [25] 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.
- [26] 陈效迷. 论树木物候生长季节与气温生长季节的关系——以德国中部 Taunus 山区为例 [J]. 气象学报, 2000, 58(6): 726 ~ 737.
- [27] 房巧敏, 龚道溢, 毛 睿. 中国近 46 年来冬半年日降水变化特征分析 [J]. 地理科学, 2007, 27(5): 711 ~ 717.

Climate and Phenology Variations in Sichuan and Chongqing

WANG Bing-yun, FAN Guang-zhou, DONG Yi-ping, HUA Wei,
ZHOU Ding-wen, ZHU Li-hua, ZHANG Qi

(*Plateau Atmosphere and Environment Key Laboratory of Sichuan Province, College of Atmospheric Sciences,
Chengdu University of Information technology, Chengdu, Sichuan 610225, China*)

Abstract: According to the daily temperature and precipitation data of 44 stations in 1961–2007 and part of the woody plant data of Beibei observation stations and Renshou observation stations in 1963–1988, the Chinese Academy of phenological observation network in Sichuan-Chongqing, temperature, precipitation, season, woody plant phenology variation were analyzed. The results showed that mean annual temperature of the last 10 years were 0.68 °C higher than the previous 37 years, and mean annual precipitation basically unchanged. Low temperature is mainly distributed in the western Sichuan Plateau, and the number of low temperature days and accumulated low temperature decreased. Mean daily maximum temperature in the southern region of the western Sichuan Plateau tended to decrease, while that in other regions increased. Mean daily minimum temperature was confirmed to have warming trends, and that in the southwestern Sichuan and the northern Sichuan Plateau grew faster. Precipitation in the central and southern of Sichuan Basin declined, southwest of Chongqing and western Sichuan plateau tended to increase. Precipitation days in the western Sichuan Plateau demonstrated an increasing trend, that in other regions tended to decrease, especially, those decreased rapidly in the east of Sichuan and Chongqing. According to Zhang Baokun Designate Temperature Method to define seasons, spring starting time delayed in Renshou, advanced in Beibei, and autumn starting time delayed in those two stations. In the leaf expansion phase, apricot and black locust of Renshou, and black locust, *Metasequoia*, *Bauhinia*, *Indus* of Beibei delayed, wisteria, peaches of Beibei advanced. In the leaf defoliation stage, black locust of Renshou advanced, but all plants of Beibei delayed.

Key words: accumulated temperature; phenology; seasons starting date; Sichuan and Chongqing