

# 近55年来民勤绿洲胡杨林物候对气候变化的响应

武红<sup>1</sup>, 张松林<sup>1</sup>, 季云<sup>2</sup>

(1. 西北师范大学 地理与环境科学学院, 兰州 730070;

2. 南京大学 地理与海洋科学学院 海岸与海岛开发教育部重点实验室, 南京 210046)

**摘要:**利用民勤绿洲气象站1955—2009年日平均气温资料,采用气候倾向率、Mann-Kendall等方法,分析了胡杨年生长期开始日、终止日、生长期天数、展叶始日和叶黄始日的变化特征及其对气候的响应。结果表明:近55 a来,民勤绿洲胡杨年生长期开始日有明显提早趋势,终止日有明显推后趋势,生长期天数有显著延长趋势,展叶始日有明显提早趋势,叶黄始日有显著推迟趋势。胡杨年生长期终止日、天数、叶黄始日与其对应月平均气温呈显著正相关关系,相关系数分别为0.580 5、0.610 7和0.489 9。而开始日、展叶始日与其对应月平均气温呈负相关关系,相关系数分别高达0.728 7和0.660 3。突变分析表明:年生长期开始日在1957年、2005年和2007年发生突变;年生长期终止日在1961年、1997年和1998年;生长期天数在1960年和2002年;展叶始日在1958年、1997年和2003年;叶黄始日在1962年、1987年和1988年。可见,胡杨对气候变化的响应敏感。

**关键词:**民勤绿洲; 胡杨; 年生长期; 气候变化

**中图分类号:**P467;S792.119

**文献标识码:**A

**文章编号:**1005-3409(2015)01-0123-05

## Response of *Populus euphratica* Oliv to Climate Change in Minqin Oasis from 1955 to 2009

WU Hong<sup>1</sup>, ZHANG Songlin<sup>1</sup>, JI Yun<sup>2</sup>

(1. College of Geography and Environmental Sciences, Northwest Normal University,

Lanzhou 730070, China; 2. Key Laboratory for Coastal and Island Development,

Ministry of Education, School of Geographic and Oceanographic Sciences, Nanjing University, Nanjing 210046, China)

**Abstract:** Based on the daily average temperature data of the weather station of Minqin Oasis during the period from 1955 to 2009, this paper analyzed the beginning dates, ending dates, length, beginning dates of leaf expansion and coloration during *Populus euphratica* growth period and the response to climate change with the methods of climate trending rate, Mann-Kendall abrupt change test. The results showed that: in last 55 years, the trend of the beginning dates of annual growth period of *Populus euphratica* was becoming earlier obviously, while the ending dates were opposite with the beginning dates, and the trend of the beginning dates and ending dates was obvious. What's more, the beginning dates of leaf expansion were apparently earlier and the beginning dates of leaf coloration were clearly later. The relationship between average temperature of month and ending dates was positively related during *Populus euphratica* growth period, the same with length and beginning dates of leaf coloration, the correlation coefficient was 0.580 5, 0.610 7 and 0.489 9, respectively. While the beginning dates and beginning dates of leaf expansion were negative correlation, the correlation coefficient was 0.728 7 and 0.660 3, respectively. The abrupt change analysis results indicated that the beginning dates of the annual growth period abruptly changed in 1957, 2005 and 2007, while the ending dates in 1961, 1997, 1998 and length of the annual growth period abruptly changed in 1960 and 2002. At the same time, the beginning dates of leaf expansion in 1958, 1997 and 2003, the beginning dates of leaf expansion was in 1962, 1987 and 1988. There was an obvious response to the climate change of the seasons, and thus the *Populus euphratica* was an indicator of the climate change in Minqin Oasis.

**Keywords:** Minqin Oasis; *Populus euphratica*; annual growth period; climate change

收稿日期:2014-02-16

修回日期:2014-04-17

资助项目:西北干旱区污泥堆肥过程中的微型生物相互作用机理研究,国家自然科学基金(51068025)

第一作者:武红(1988—),女,甘肃省庆阳市宁县人,硕士生,研究方向为环境化学。E-mail:wh928988@163.com

通信作者:张松林(1965—),男,山东青岛人,教授,研究方向为环境化学。E-mail:13893314212@163.com

植被是陆地生态系统中最重要组分<sup>[1]</sup>,同时植被物候是地球与大气科学应用中研究植被生命周期及其与气候关系的一个重要参量<sup>[2]</sup>,因而物候变化在确定植物如何响应区域气候和气候变化方面,被公认为是最敏感、最理想的重要感应器<sup>[3-8]</sup>。有关植被与气候变化响应的研究,国内外已有较多成果。在国外,Sparks 等<sup>[9]</sup>研究了英国 11 个植物物种 58 a 的平均开花时间,发现由于气候变暖,春季和夏季物种的开花时间将会进一步提前。Zhou 等<sup>[10]</sup>用 NDVI 资料分析发现,在 40°N 以北欧亚地区植被生长季已经延长了近 18 d,春天提早了 7 d,秋季滞后了 10 d;北美地区生长季也延长了 12 d,生长季的这种变化与气温的变化有很强的对应关系。Fitter 等<sup>[11]</sup>以及 Sparks and Carey<sup>[12]</sup>对英国物候趋势的研究认为,全球温度升高 3.15℃,春季开花将提前 2 周左右。在国内,陈效述等<sup>[13]</sup>对近 50 a 来,北京春季物候的变化分析发现,近 50 a 来北京春季物候经历了 3 个周期的早晚振荡,近 10 多年来北京的物候异常偏早,这与北京连续 10 多年的暖冬和春季偏早一致,且未来 10 a 春季物候仍将偏早。崔海亭等<sup>[14]</sup>利用 NOAA 的 NDVI 分析了植被物候节律,探讨了在气候年、季波动情形下植被的时空变化特征。赵茂盛等<sup>[15]</sup>针对我国不同类型植被与气候的关系进行了研究。结果表明:在多年平均状态下,植被 NDVI 变化主要受降水的影响;在年内变化上,气温对植被季相变化的影响大于降水<sup>[16]</sup>。

随着全球气候变化、自然条件的恶化和人为干扰,胡杨的生存正受到日益严重的威胁。为改变这一状况,更好地保护胡杨这一抗风沙、耐盐碱、抗热、抗旱的优良种质资源<sup>[17]</sup>,认识胡杨林对气候变化的响应成为亟待解决的科学问题。本文通过胡杨对气候变化的响应研究,将为当地提出应对气候变化的有效措施,为保护胡杨林,恢复生态环境,促进区域可持续发展提供参考和依据。

## 1 研究区概况

民勤绿洲位于甘肃河西走廊东端北侧石羊河下游,西、北、东三面被巴丹吉林沙漠和腾格里沙漠包围,南靠武威盆地,地处于 38°05′—39°06′N,102°02′—103°02′E,面积约 1.6 万 km<sup>2</sup>,包括坝区、泉山区、湖区 3 个灌溉农业区<sup>[18]</sup>,是我国风沙危害最严重和水资源最缺乏的地区之一。该区为典型的温带大陆性荒漠气候,气候干燥,多年平均气温 8.3℃,多年平均降水量 115.9 mm,平均蒸发量为 2 637.7 mm,

年平均风速 2.8 m/s,全年平均扬沙 59 d,全年沙尘暴日数 27 d。地貌类型为平原、沙漠和低山丘陵,地带性土壤以风沙土、灰棕漠土、草甸土、草甸沼泽土为主,非地带性土壤为灌漠土。境内胡杨林等天然植被退化严重、沙尘暴频发,已严重危害到人民生命财产的安全和社会经济的发展。

## 2 资料与方法

选取民勤气象站 1955 年 1 月 1 日到 2009 年 12 月 31 日的日平均气温资料,资料源于国家气象信息中心。胡杨年生长期开始于日平均气温稳定 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 左右,终止于气温 $< 5^{\circ}\text{C}$ ;所谓“稳定”,就是指生长期后期不再出现连续平均气温低于 $5^{\circ}\text{C}$ 或高于 $5^{\circ}\text{C}$ 的天数。胡杨自叶芽膨胀开始,到冬初黄叶脱落;其中,春季胡杨展叶始于日平均温度 $14^{\circ}\text{C}$ ,称为展叶始日;秋天胡杨部分叶子开始变黄,称为叶黄始日,始于日平均温度 $18.5^{\circ}\text{C}$ <sup>[19-20]</sup>。但一般叶黄期不包括因为干旱、炎热、病虫害或其他原因引起的叶子变黄现象<sup>[21]</sup>。将开始日转化为日序数(即用站点中各时期开始日开始最早的那一天记为 1,第二天记为 2,⋯,依此类推),并计算出各期天数。利用 Mann-Kendall 非参数统计检验法对民勤绿洲胡杨年生长期开始日、终止日及其生长天数进行突变分析,以确定较可靠的突变年份<sup>[22]</sup>。Mann-Kendall 非参数检验法是进行气候变化客观性检测中一种很好的方法,其优点是不需要样本遵从一定的分布,也不受少数异常值的干扰,是检验时间序列的理想方法。

## 3 结果与分析

### 3.1 胡杨年生长期变化趋势

近 55 a 来,民勤绿洲胡杨年生长期开始日有提早趋势,终止日有明显推迟趋势(图 1,表 1)。其变化倾向率分别为 $-0.99\text{ d}/10\text{ a}$ , $1.48\text{ d}/10\text{ a}$ ( $\alpha=0.01$ ),55 a 共计提早了 5.4 d,推迟了 8.1 d。胡杨平均年生长期开始日为 3 月 22 日,最早为 2006 年 3 月 5 日,最晚为 1996 年 4 月 7 日。胡杨平均年生长期终止日为 10 月 26 日,最早为 1957 年 10 月 14 日,最晚为 1998 年 11 月 14 日。胡杨年生长期天数有显著延长趋势,其变化倾向率为 $2.48\text{ d}/10\text{ a}$ ( $\alpha=0.01$ ),55 a 共计延长了 13.6 d。胡杨平均生长期为 218 d,最短在 1987 年,为 198 d;最长在 2006 年,长达 251 d。从年代际变化看,1955—1970s,胡杨开始日由 3 月 20 日推迟到 3 月 28 日;之后开始日逐渐提早,到

2001—2009 年,提早到 3 月 17 日,比 1970s 和 1980s 分别提早了 11 d,8 d。1960s—1970s,胡杨年生长期终止日逐渐提早,1980s 比 1960s 提早了 3 d,而 1980s 之后,年生长期终止日又逐渐推迟,到 2001—2009 年,推迟到 11 月 2 日,比 1960s 和 1970s 分别推迟了 5 d 和 8 d。1955—1960s,胡杨年生长期由 215 d

延长到 218 d;1960s—1970s 逐渐缩短到 211 d;1970s 之后,又开始延长,到 2001—2009 年,延长至 230 d,比 1970s 延长了 19 d。胡杨年生长期在 2001—2009 年延长最为显著,这与 1980s 以来西北地区木本植物春季物候期提前,特别是 21 世纪初我国北方地区显著增温、致使生长季延长的结论相一致<sup>[23-24]</sup>。

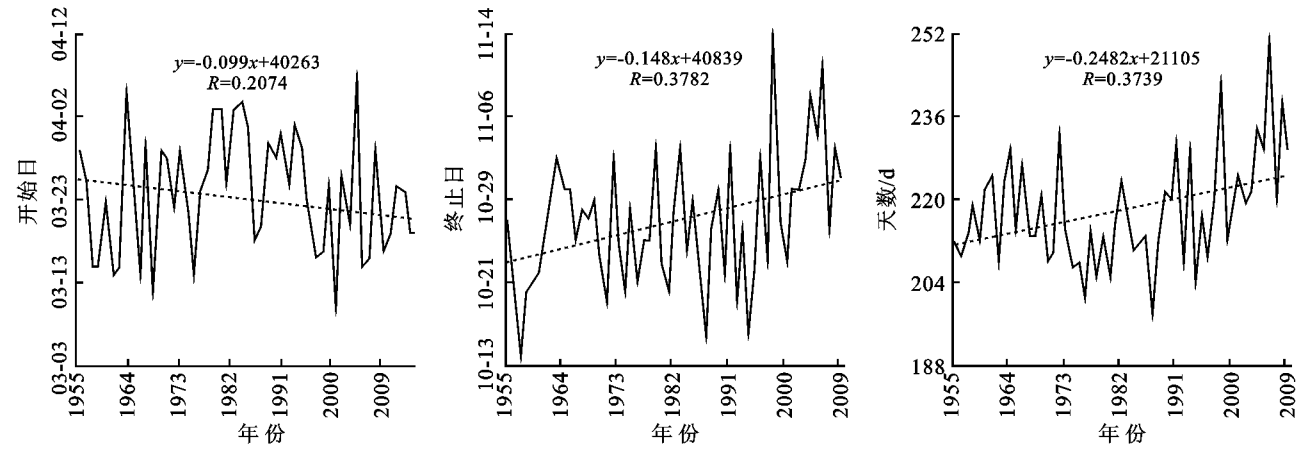


图 1 民勤绿洲胡杨年生长期变化趋势

表 1 民勤绿洲胡杨年生长期年代际变化趋势

项目	1955—1960 年	1960s	1970s	1980s	1990s	2001—2009 年
开始日(月-日)	03-20	03-23	03-28	03-25	03-21	03-17
终止日(月-日)	10-20	10-28	10-25	10-25	10-26	11-02
天数/d	215	218	211	214	220	230

3.2 胡杨展叶始日和叶黄始日变化趋势

民勤绿洲胡杨展叶始日有明显提早趋势,其变化倾向率为-1.14 d/10 a( $\alpha=0.05$ ),近 55 a 共提早了 6.3 d(图 2)。胡杨平均展叶始日为 4 月 22 日,最早为 2009 年 4 月 8 日,最晚为 1976 年 5 月 7 日。胡杨叶黄始日有明显推迟趋势,其变化倾向率为 1.27 d/10 a( $\alpha=0.05$ ),近 55 a 共推迟了 7 d(图 2)。胡杨平均叶黄始日为 9 月 5 日,最早为 1978 年和 1979 年 8 月 24 日,最晚为 1987 年 9 月 22 日。从表 2 可以看出,1955—1960s,胡杨展叶始日由 4 月 24 日提早到 4 月 22 日;1970s 为 4 月 25 日;从 1980s 开始逐渐提早,到 2001—2009 年,提早到 4 月 18 日,比 1970s, 1980s 和 1990s 分别提早了 7 d,6 d 和 2 d。从 1955—1960s,胡杨叶黄始日由 9 月 2 日推迟到 9 月 5 日;从 1980s 开始逐渐推迟,到 2001—2009 年,推迟到 9 月 9 日,比 1970s,1980s 和 1990s 分别推迟了

7 d,3 d 和 2 d(表 2)。  
可见,胡杨展叶始日与叶黄始日的年际变化趋势,与 1970s 全球气温尤其是北半球偏冷、1980s 以后全球气候开始变暖,民勤绿洲秋季气温增幅明显、天数延长的结论相一致<sup>[25-27]</sup>。

3.3 胡杨年生长期与其月平均气温相关性分析

相关分析表明,近 55 a 来,民勤绿洲胡杨年生长期终止日、天数、叶黄始日与其对应的 10 月、3—11 月、9 月平均气温呈显著正相关关系(图 3),相关系数分别为 0.580 5,0.610 7,0.489 9, ( $\alpha=0.01$ );而胡杨年生长期开始日、展叶始日与其对应的 3 月和 4 月平均气温呈显著的负相关,相关系数分别高达 0.728 7, 0.660 3( $\alpha=0.01$ )。可见,月平均气温是影响民勤绿洲胡杨生长的主要因素。这与已有研究<sup>[26]</sup>表明的“民勤绿洲春、夏、秋季开始日提早和冬季开始日推迟,且以 21 世纪初最为显著”的结论相一致。

表 2 民勤绿洲胡杨展叶始日与叶黄始日年代际变化趋势

	1955—1960 年	1960s	1970s	1980s	1990s	2001—2009 年
展叶始日	04-24	04-22	04-25	04-24	04-20	04-18
叶黄始日	09-02	09-05	09-02	09-06	09-07	09-09

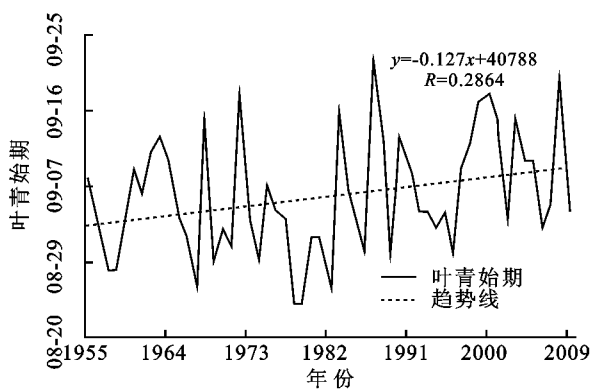
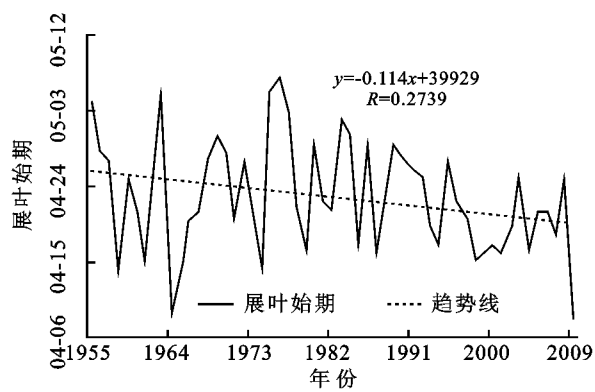


图 2 民勤绿洲胡杨展叶始日和叶黄始日变化趋势

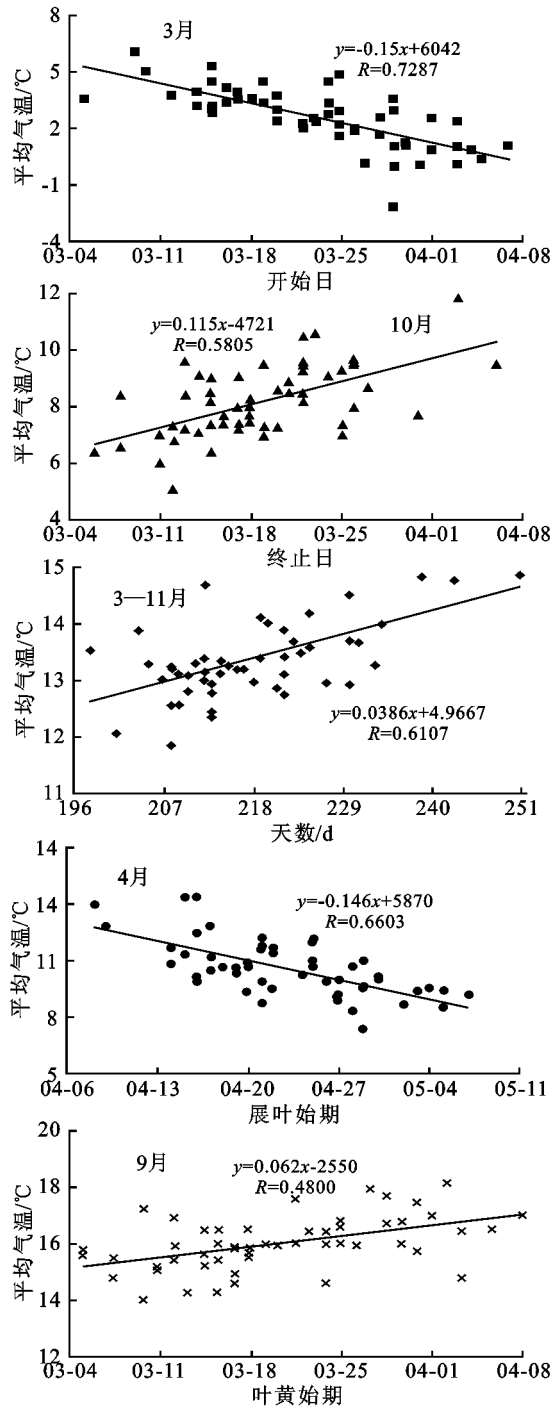


图 3 民勤绿洲月平均气温和胡杨生长期之间的相关性

3.4 胡杨年生长期开始日、终止日、天数、展叶始日及叶黄始日的突变分析

采用 Mann-Kendall 非参数统计检验方法对民勤绿洲胡杨年生长期开始日、终止日、天数、展叶始日和叶黄始日进行突变检验,来确定比较可靠的突变年份。胡杨年生长期开始日具有多个突变,分别发生在 1957 年、2005 年和 2007 年;年生长期终止日也具有多个突变,发生在 1961 年、1997 年和 1998 年,这主要与 1980s 以后全球开始变暖,尤其是北半球的年平均气温在 1988 年有一次突变,以及 21 世纪初我国北方地区增温显著有关<sup>[24-28]</sup>,这表明胡杨对气候变化的响应比较明显。当然,生长期天数也会相应发生突变,具体发生在 1960 年和 2002 年。展叶始日具有多个突变,发生在 1958 年、1997 年和 2003 年;叶黄始日也具有多个突变,发生在 1962 年、1987 年和 1988 年。据已有研究<sup>[29]</sup>显示,中国冬季增温明显,1985 年以来,中国已经连续出现了 16 个全国大范围的暖冬,1998 年冬季最暖,2002 年次之,这表明胡杨主要物候的突变发生年份与这一结论相一致。

4 结论

(1) 民勤绿洲胡杨年生长期开始日有提早趋势,终止日有明显推后趋势,胡杨生长期天数有显著延长趋势。胡杨年生长期开始日的提早和终止日的推迟,致使其生长期明显延长,这一现象有利于胡杨萌芽和良好的生长发育。

(2) 民勤绿洲胡杨展叶始日有提早趋势,叶黄始日有明显推迟趋势。胡杨展叶始日的提早和叶黄始日的推迟,与胡杨生长发育所需营养物质的积累过程有着密切联系。

(3) 民勤绿洲胡杨年生长期终止日、天数、叶黄始日与其对应的平均气温呈正相关关系,而开始日、展叶始日与其对应的平均气温呈显著的负相关关系。

表明研究区月平均气温的变化趋势密切影响着胡杨的生长发育。

(4) 民勤绿洲胡杨年生长期开始日、终止日及长期的突变分析表明,年生长期开始日、终止日、天数、展叶始日和叶黄始日发生多个突变,表明研究区胡杨林对气候变化的相应十分敏感。

#### 参考文献:

- [1] 张新时,周广胜,高琼,等. 中国全球变化与陆地生态系统关系研究[J]. 地理前缘,1997,4(1/2):137-144.
- [2] 裴顺祥,郭泉水,辛学兵,等. 国外植物物候对气候变化响应的研究进展[J]. 世界林业研究,2009,22(6):31-37.
- [3] Ahas R. Long-term phyto-, ornitho- and ichthyophenological time-series analyses in Estonia[J]. International Journal of Biometeorology, 1999, 42(3):119-123.
- [4] Myneni R B, Keeling C D, Tucker C J, et al. Increased plant in the northern high latitudes from 1981 to 1991[J]. Nature, 1997, 386(17):698-702.
- [5] Schwartz M D. Green-wave phenology[J]. Nature, 1998, 394(27):839-840.
- [6] Crick H P Q, Sparks T H. Climate change related to egg-laying trends[J]. Nature, 1999, 399(3):423-424.
- [7] Parmesan C, Ryrholm N, Stefanescu C, et al. Poleward shifts in geographical ranges of butterfly species associated with regional warming[J]. Nature, 1999, 399(10):579-583.
- [8] Thomas C D, Lennon J J. Birds extend their range northwards[J]. Nature, 1999, 399(6733):213.
- [9] Sparks T H, Jeffree E P, Jeffree C E. An examination of the relationship between flowering times and temperature at the national scale using long-term phenological records from the UK [J]. International Journal of Biometeorology, 2000, 44(2):82-87.
- [10] Zhou L, Tucker C J, Kaufmann R K, et al. Variations in northern vegetation activity inferred from satellite data of vegetation index during 1981 to 1999[J]. Journal of Geophysical Research, 2001, 106 (D17): 20069-20083.
- [11] Fitter A H, Fitter R S R, Harris I T B, et al. Relations between first flowering date and temperature in the flora of a locality in central England [J]. Function Ecology, 1995, 9(1):55-60.
- [12] Sparks T H, Carey P D. The responses of species to climate over two centuries; an analysis of the Marsham phenological record, 1736—1947[J]. Journal of Ecology, 1995, 83(2):321-329.
- [13] 陈效逯,张福春. 近50 a北京春季物候的变化及其对气候变化的响应[J]. 中国农业气象, 2001, 22(1):1-5.
- [14] 崔海亭,颜琼雪. 利用 NOAA/AVHRR 资料进行草场植被季节动态研究[C]//徐希孺. 环境监测与作物估产的遥感论文集. 北京:北京大学出版社, 1991.
- [15] 赵茂盛,符淙斌,延晓东,等. 应用遥感数据研究中国植被生态系统与气候的关系[J]. 地理学报, 2001, 56(3):287-296.
- [16] 新疆森林编辑委员会. 新疆森林[M]. 乌鲁木齐:新疆人民出版社, 1989:24-76.
- [17] 王世绩,陈炳浩,李护群. 胡杨林[M]. 北京:中国环境科学出版社, 1995:7-29.
- [18] 贺访印,纪永福,杨自辉,等. 荒漠绿洲边缘土地合理利用与沙产业发展技术体系研究:以民勤绿洲为例[J]. 中国生态农业学报, 2008, 16(2):528-1534.
- [19] 魏庆苕. 胡杨[M]. 北京:中国林业出版社, 1990:15-37.
- [20] 宛敏渭,刘秀珍. 中国物候观测方法[M]. 北京:科学出版社, 1979:50-56.
- [21] 夏林喜,牛永波,李爱萍,等. 浅谈木本植物物候观测要求及各物候期观测标准[J]. 山西气象, 2006, 75(2):47-48.
- [22] 符淙斌,王强. 气候突变的定义和检测方法[J]. 大气科学, 1992, 6(4):57-71.
- [23] 葛全胜,郑景云,张学霞,等. 过去40 a中国气候与物候的变化研究[J]. 自然科学进展, 2003, 13(10):1048-1053.
- [24] 任国玉,郭军,徐铭志,等. 近50 a中国地面气候变化基本特征[J]. 气象学报, 2005, 63(6):942-956.
- [25] 衣育红,王绍武. 80年代全球气候突然变暖[J]. 科学通报, 1992, 37(6):528-531.
- [26] 刘普幸,张克新. 近55 a来河西走廊荒漠绿洲区季节变化特征及其对胡杨年生长期的影响[J]. 生态学报, 2011, 31(3):882-888.
- [27] 王遵娅,丁一汇,何金海,等. 近50a来中国气候变化特征的再分析[J]. 气象学报, 2004, 62(2):228-236.
- [28] Jones P D, Raper S C B, Bradley R S, et al. Northern hemisphere surface air temperature variations: 1851—1984[J]. Clim. Appl. Meteor, 1986, 25(2):161-179.
- [29] 秦大河,陈宜瑜,李学勇,等. 中国气候与环境演变(上卷)[M]. 气候与环境的演变及预测, 北京:科学出版社, 2005:63-103.