

韩芳,李兴华,苗百岭,等. 气候变化对内蒙古小叶杨叶芽开放期的影响[J]. 气象,2010,36(1):91-96.

气候变化对内蒙古小叶杨叶芽开放期的影响^{* 1}

韩 芳¹ 李兴华¹ 苗百岭² 乌兰巴特尔¹ 郭瑞清¹

1 内蒙古生态与农业气象中心, 呼和浩特 010051

2 内蒙古气象科学研究所, 呼和浩特 010051

提 要: 利用趋势倾向率等统计分析方法,对内蒙古气候(1961—2006年)和小叶杨叶芽开放期(1981—2006年)的变化趋势进行了分析,并探讨小叶杨叶芽开放期与不同时段的气温、降水、日照的相关性以及气候因子的综合作用。分析发现:内蒙古地区小叶杨叶芽开放期变化趋势表现出强烈的地域差异。小叶杨平均叶芽开放期李井滩最早,鄂温克最晚,两地相差 39 d;各地区小叶杨叶芽开放期的变化趋势基本一致,除额尔古纳呈提前趋势外,其他地区表现出延迟趋势;小叶杨叶芽开放期与春季气温均呈显著负相关,即春季气温升高,小叶杨叶芽开放期提前,与降水和日照的相关性不显著;在日照充足的内蒙古地区气温和降水共同影响着小叶杨叶芽开放期的变化。

关键词: 气候变化,小叶杨,叶芽开放期,影响

Effects of Climate Change on Bud Opening of *Populus Simonii Carr.* in Inner Mongolia

HAN Fang¹ LI Xinhua¹ MIAO Bailing² Ulan Bater¹ GUO Ruiqing¹

1 Inner Mongolia Ecology and Agrometeorology Center, Hohhot 010051

2 Meteorological Institute of Inner Mongolia, Hohhot 010051

Abstract: With the help of statistical analysis, the changing trends between climate data from 1961 to 2006 and bud opening of *Populus simonii carr.* (1981—2006) were analyzed in the Inner Mongolia. Moreover, the relationships among bud opening and air temperature, precipitation and solar radiation as well as the comprehensive effects of climate factors were discussed. The results showed that there are significant regional differences. The difference of bud opening between the earliest (Luanjingtan) and the latest (Ewenki) region could be 39 days. There is a similar changing pattern in different regions with prolonged trend except Ergun, which shows an advanced trend. There is a significant negative relationship between bud opening and spring temperature. However, there are no obvious relationships between the opening and precipitation and sunlight. The air temperature and precipitation are interactive factors influencing the bud opening in the Inner Mongolia with abundant sunshine duration.

Key words: climate change, *Populus simonii carr.*, bud opening, impact

引 言

植物物候对全球增暖的响应研究是当前全球变化研究中的热点领域之一。1906—2005年,全球平均气温上升 $(0.74 \pm 0.18) ^\circ\text{C}$ ^[1],增温现象明显。近年来,国内外关于植物物候对气候变化的响应研究

结果表明,春季物候期提前、秋季物候期延迟生长季相对延长^[2-8]。一般情况下,植物物候的早晚波动主要受气温影响^[9-10],而且利用植物物候资料可以诊断并且预测温度异常^[11]。Sparks等^[12]指出,全球升温 $3.5 ^\circ\text{C}$,春季开花期约提前2周。张福春等^[7-8]认为,北京地区年均温上升 $1 ^\circ\text{C}$,春季物候期提前 3.7 d 。祁如英等^[13]发现,青海省上年11月至当年

* 中国气象局气候变化专项(CCSF2007-16)\内蒙古气象局科技创新项目(nmqxkjcx200706)资助
2008年8月18日收稿; 2009年8月3日收修定稿
第一作者:韩芳,主要从事气候变化与生态环境研究. Email:hanfang0520@126.com

4 月的平均气温偏高 1 °C, 小叶杨叶芽平均开放期提早 2~6 d。植物物候期对气候变化的响应因植物种类、季节、地理位置的不同差别很大^[14-15]。本文利用多年内蒙古地区小叶杨叶芽开放期的物候资料及气候资料, 重点探讨不同时段的气温、降水、日照时数对小叶杨叶芽开放期的影响, 同时探讨气候因子对小叶杨叶芽开放期的综合影响, 分析物候期对气候变化的响应程度, 以弥补此类研究的不足。

内蒙古自治区位于我国北部边陲, 呈狭长形, 横贯东北、华北和西北地区, 南北直线距离约 1700 km, 东西相隔约 2500 km, 平均海拔 1000 m^[16]。内蒙古属温带大陆性季风气候, 东西跨度大, 水、热的空间分布不均衡, 水热条件呈东北—西南走向的弧形带状分布, 其中, 水分表现为递减, 热量递增^[17], 气候变化已引起了一系列生态环境问题^[18]。小叶杨是内蒙古木本植物具有代表性的物种, 叶芽开放

期是春季物候的开始, 叶芽开放期的研究不仅有助于增进不同水热条件下植被对气候变化响应的理解, 而且对生态环境保护及林业部门优化组合等提供科学的参考价值。

1 资料与研究方法

1.1 资料来源

选用内蒙古 8 个牧业气象观测站(表 1)代表性物种小叶杨(*Populus simonii carr.*)进行物候期观测, 本文选择春季物候的叶芽开放期进行分析。

气候数据采用 1961—2006 年的逐旬地面观测数据, 数据内容包括平均气温(T)、降水(R)、日照时数(S)。季节划分按照 12、1、2 月份为冬季, 3、4、5 月份为春季, 6、7、8 月份为夏季, 9、10、11 月份为秋季; 其中 3—4 月为早春, 4—5 月为晚春。

表 1 物候观测站基本情况及气候类型

Table 1 The phenological station locations and climate data in the Inner Mongolia

站名	资料年代	经度	纬度	海拔高度/m	年均气温/°C	年均降水量/mm	年均日照时数/h	气候类型
额尔古纳	1983—2006	120°11′	50°15′	581.4	-2.50	356.16	2645.16	寒湿湿润
鄂温克	1984—2006	119°45′	49°09′	620.8	-1.52	324.29	2899.65	温凉半干旱
巴雅尔吐胡硕	1982—2006	120°20′	45°04′	628.3	3.16	417.56	2995.01	温湿半干旱
锡林浩特	1986—2006	116°07′	43°57′	1003	2.57	272.86	2945.04	温暖干旱
镶黄旗	1983—2006	113°50′	42°14′	1322.1	3.52	263.27	3027.18	温暖干旱
察右后旗	1981—2006	113°11′	41°27′	1423.5	3.99	327.18	2941.73	温凉半干旱
乌审召	1994—2003, 2006	109°02′	39°06′	1312.2	6.64	327.18	3005.26	温暖干旱
李井滩	1982—2006	105°24′	37°53′	1380.7	8.79	148.52	3196.98	温热极干旱

1.2 方法

将物候观测数据以当年 1 月 1 日为起点进行标准化, 得出年顺序累积天数 Julian 日^[19], 即距离 1 月 1 日的天数。对各植物物候期的 Julian 日与年份进行一元线性回归, 回归方程为: $y = a_0 + a_1x$; 则趋势变率方程为 $dy/dx = a_1$, 把 a_1 称作倾向率, 用经验正交多项式确定系数, 分析植物的物候变化趋势, 并检验回归方程的显著性。叶芽开放期与气温、降水量及日照时数进行相关分析, 研究小叶杨叶芽开放期变化对气候变化的响应规律。

数据分析采用 EXCEL 和 SPSS 统计分析软件。

2 结果与分析

2.1 小叶杨叶芽开放期的变化趋势及地域差异

小叶杨叶芽开放期是指小叶杨叶芽的鳞片裂

开, 叶芽上部现出新鲜颜色的尖端。叶芽是木本植物的幼体发育而成, 叶芽开放是冬季过去到春季开始的一个明显象征, 叶芽开放迟、早与叶芽开放前期的养分运输、储藏及气候有密切联系^[13]。

内蒙古地区小叶杨叶芽开放期差异很大(表 2), 叶芽开放期从西部到东部蔓延整个春季, 全区平均开放期为 4 月 24 日。位于内蒙古西部的阿拉善盟李井滩叶芽开放期最早, 平均出现在 4 月 1 日; 位于内蒙古东部呼伦贝尔市的鄂温克叶芽开放期最晚, 平均出现在 5 月 9 日, 两地相差 39 d。历年中镶黄旗叶芽最早开放(1990 年 3 月 28 日), 鄂温克最晚(2004 年 5 月 23 日)。同一地区叶芽开放期的年际变化也很大, 近 30 年内蒙古地区小叶杨叶芽开放期最早最晚年的振幅 15~34 d 不等。

根据郑景云等^[20]提出的植物物候期地理分布规律, 即自 2 月底至 5 月初, 纬度每差 1 度, 物候期平均相差 2.8 d; 经度每差 1 度, 物候期平均相差 0.49 d; 海拔高度每差 100 m, 物候期相差 1.1 d。额尔古纳

与巴雅尔吐胡硕基本处在同一经度上,海拔高度差别也不大,纬度相差 5.1 度,故叶芽开放期平均相差 14.28 d,实际相差 7 d(表 3);额尔古纳与李井滩,按

分布规律计算叶芽开放期平均相差 49 d,实际相差 35 d。所以,内蒙古地区小叶杨叶芽开放期,遵循植物物候期的地理分布规律,但具有地区特殊性。

表 2 内蒙古小叶杨叶芽平均开放期及线性倾向率
Table 2 The average bud opening date and the tendency ratio

台站名称	最早日期(mm-dd)	出现年份	最晚日期(mm-dd)	出现年份	最大振幅	平均	倾向率(d/a)
额尔古纳	4-22	1993	5-20	1987	28	5-6	-0.2352
鄂温克	4-24	1988	5-23	2004	29	5-9	0.1327
巴雅尔吐胡硕	4-13	1989	5-14	1995	31	4-29	0.3492*
锡林浩特	4-10	1989	5-5	2006	25	4-25	0.4459*
镶黄旗	3-28	1990	5-2	2001,2005	34	4-17	0.9791**
察右后旗	4-17	1998	5-3	1988,2000	16	4-24	0.1038
乌审召	4-11	1994	4-26	1999	15	4-20	0.4473*
李井滩	3-19	2004	4-14	2000	25	4-1	0.0892
平均	4-11		5-6		25	4-24	

注:* $P < 0.05$; ** $P < 0.01$,正值表示该物候有推迟现象,负值表示该物候有提前现象。4-22:表示日期是 4 月 22 日。

表 3 内蒙古物候观测站基本情况及各站小叶杨叶芽平均开放期相隔天数

Table 3 The bud opening differences between Ergun and other stations

台站名称	经度	纬度	海拔高度/m	平均叶芽开放期(mm-dd)	与额尔古纳相差天数/d
额尔古纳	120°11'	50°15'	581.4	5-6	
鄂温克	119°45'	49°09'	620.8	5-9	3
巴雅尔吐胡硕	120°20'	45°04'	628.3	4-29	7
锡林浩特	116°07'	43°57'	1003	4-25	11
镶黄旗	113°50'	42°14'	1322.1	4-17	19
察右后旗	113°11'	41°27'	1423.5	4-24	12
乌审召	109°02'	39°06'	1312.2	4-20	16
李井滩	105°24'	37°53'	1380.7	4-1	35

分析内蒙古各地小叶杨叶芽开放期的变化趋势(图 1、表 2),可以看出,虽然不同地区历年叶芽开放期迟早不同,但其变化趋势除额尔古纳以外,其他地区较为一致,即叶芽开放期呈延迟的趋势。额尔古纳叶芽开放期提前,趋势倾向率为 0.2352 d/a;镶黄旗延迟趋势明显,倾向率达 0.9791 d/a,而李井滩趋势不明显,趋势倾向率为 0.0892 d/a。内蒙古地区均表现出 1989—1992 年小叶杨叶芽开放期出现最早,1999 左右最晚,随后 2002 年以后又表现为强烈的延迟趋势。近 30 年虽然额尔古纳整体呈提前趋势,但 2002 年以后,推迟现象明显,与其他地区一致。所以,目前内蒙古地区小叶杨叶芽开放期处于延迟趋势中。

2.2 气象因子对内蒙古小叶杨叶芽开放期的影响

大量研究表明,植物物候期变化与一定时间内气象条件密切相关^[21]。基于内蒙古地区小叶杨叶芽开放时间为 3—5 月,故探讨了 1982—2006 年期间内蒙古 8 个物候站小叶杨叶芽开放期与上年冬季到

春季的平均温度、降水量、日照时数的相关关系(表 4)。通过表 4 可以看出,内蒙古地区东西跨度大,水、热的空间分布不均衡,各地各时段的气温、降水、日照等不同的气象条件对内蒙古小叶杨叶芽开放期的影响不同。

2.2.1 气温对内蒙古小叶杨叶芽开放期的影响

额尔古纳、巴雅尔吐胡硕、察右后旗的小叶杨叶芽开放期与早春、晚春及春季气温均呈显著负相关,察右后旗还与冬季气温(上年 12 月至当年 2 月)呈显著负相关,即气温升高,小叶杨叶芽开放期提前。鄂温克、锡林浩特、乌审召地区的小叶杨叶芽开放期与春季气温虽相关性不显著,但也表现出负相关的趋势,而镶黄旗和李井滩却表现出正相关的趋势。

总体上,内蒙古小叶杨叶芽开放期与不同时段的气温都具有显著的相关性,春季气温升高,小叶杨叶芽开放期提前,春季气温下降,小叶杨叶芽开放期推迟。

2.2.2 降水及日照时数对内蒙古小叶杨叶芽开放期的影响

降水方面,内蒙古 8 个物候站仅乌审召的小叶

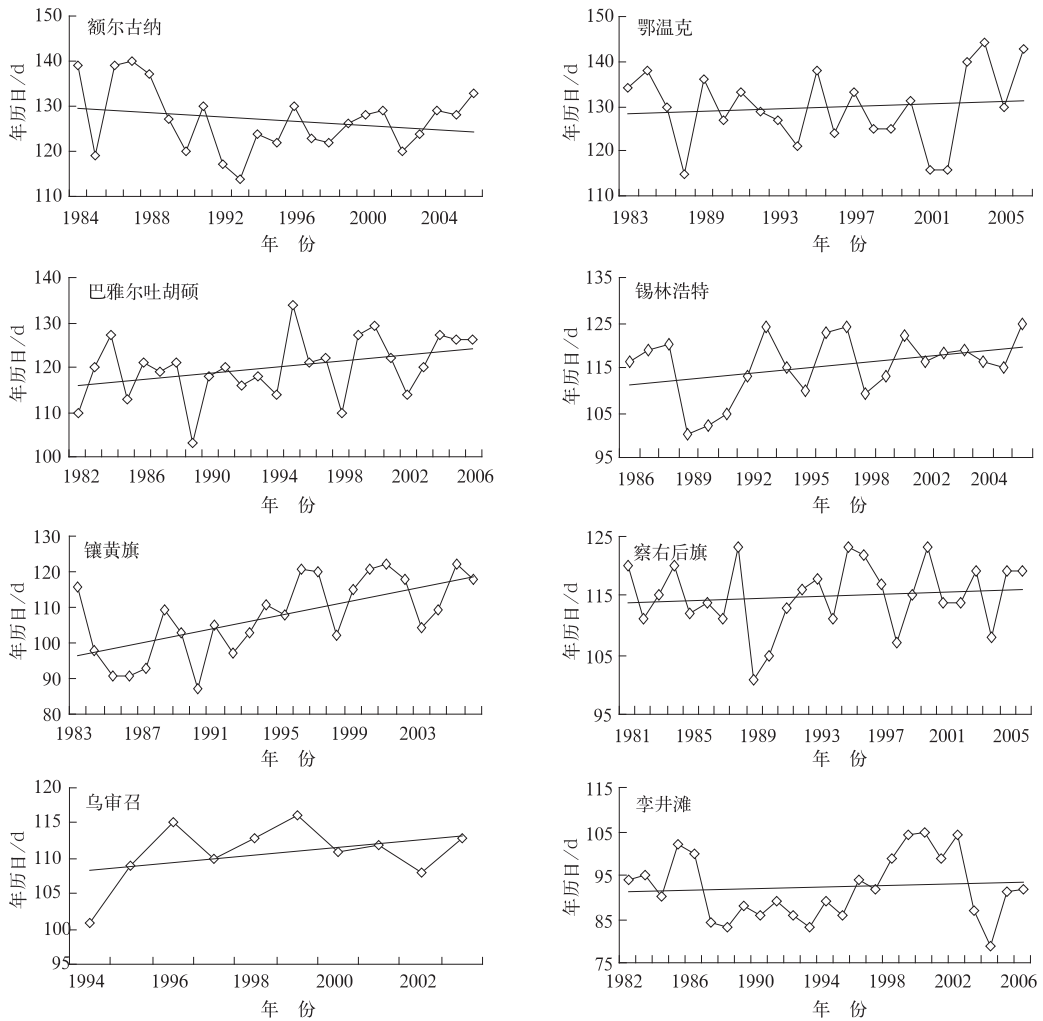


图 1 内蒙古小叶杨叶芽开放期年际变化

Fig. 1 The interannual variability of bud opening in the Inner Mongolia

表 4 内蒙古小叶杨叶芽开放期与气象要素的相关系数

Table 4 The correlation coefficients between bud opening and climate factors in the Inner Mongolia

	额尔古纳	鄂温克	巴雅尔吐胡硕	锡林浩特	镶黄旗	察右后旗	乌审召	李井滩
T_{3-4}	-0.675**	-0.215	-0.461*	-0.275	0.240	-0.390*	-0.056	-0.049
T_{4-5}	-0.536**	-0.404	-0.443*	-0.177	0.097	-0.428*	-0.0177	0.131
T_{3-5}	-0.676**	-0.255	-0.447*	0.118	0.199	-0.415*	-0.109	0.082
$T_{上12-当2}$	-0.273	-0.051	-0.220	-0.361	0.148	-0.408*	-0.154	0.221
R_{3-4}	0.040	-0.018	-0.084	-0.028	-0.108	-0.263	0.095	0.210
R_{4-5}	0.138	-0.204	-0.138	-0.302	-0.064	-0.127	0.187	0.163
R_{3-5}	0.165	-0.177	-0.157	0.160	-0.088	-0.098	0.188	0.165
$R_{上12-当2}$	-0.149	0.193	0.019	-0.172	-0.183	-0.127	-0.583**	-0.175
S_{3-4}	-0.163	-0.092	-0.003	-0.027	0.320	0.083	-0.396	0.093
S_{4-5}	-0.221	-0.074	-0.127	-0.484*	0.201	-0.060	-0.198	0.029
S_{3-5}	-0.239	-0.110	-0.106	-0.212	0.280	-0.004	-0.371	0.113
$S_{上12-当2}$	0.379	-0.094	0.091	0.127	0.202	0.149	0.205	0.131

注: * $P \leq 0.05$, ** $P \leq 0.01$

杨叶芽开放期与冬季降水(上年 12 月至当年 2 月)呈显著负相关,即降水增多,小叶杨叶芽开放期提前。其他各地与不同时期降水的关系都没有通过

0.05 的显著性检验,可见,降水对叶芽开放期的影响不显著。日照方面,只有锡林浩特的叶芽开放期与晚春(4—5 月)的日照时数呈显著负相关,所以,

日照时数对叶芽开放期的影响也不显著。

2.3 气候变化对内蒙古小叶杨叶芽开放期的综合影响

植物生长发育不能只依靠单一的气象因子,而是多个环境要素的综合效应,在以上气象要素的相关性分析中,气温与小叶杨叶芽开放期呈显著相关性,而降水和日照次之,但是在干旱半干旱的内蒙古地区,降水是影响植物生长发育的主导生态因子,因

此内蒙古地区不能忽略降水的作用。

多年来内蒙古地区春季气温逐年升高,降水变化趋势不明显(图 2)。内蒙古地区春季气温与小叶杨叶芽开放期年际间的波动响应较好,且与小叶杨叶芽开放期呈负相关,然而,并不是所有的春季高温都对应对着小叶杨叶芽开放期的提前。进一步分析发现,春季气温高,而小叶杨叶芽开放期变化小或推后的年份,春季降水相对较少。春季气温低,降水少的年份,叶芽开放期都较晚。例如:1987年额尔古纳

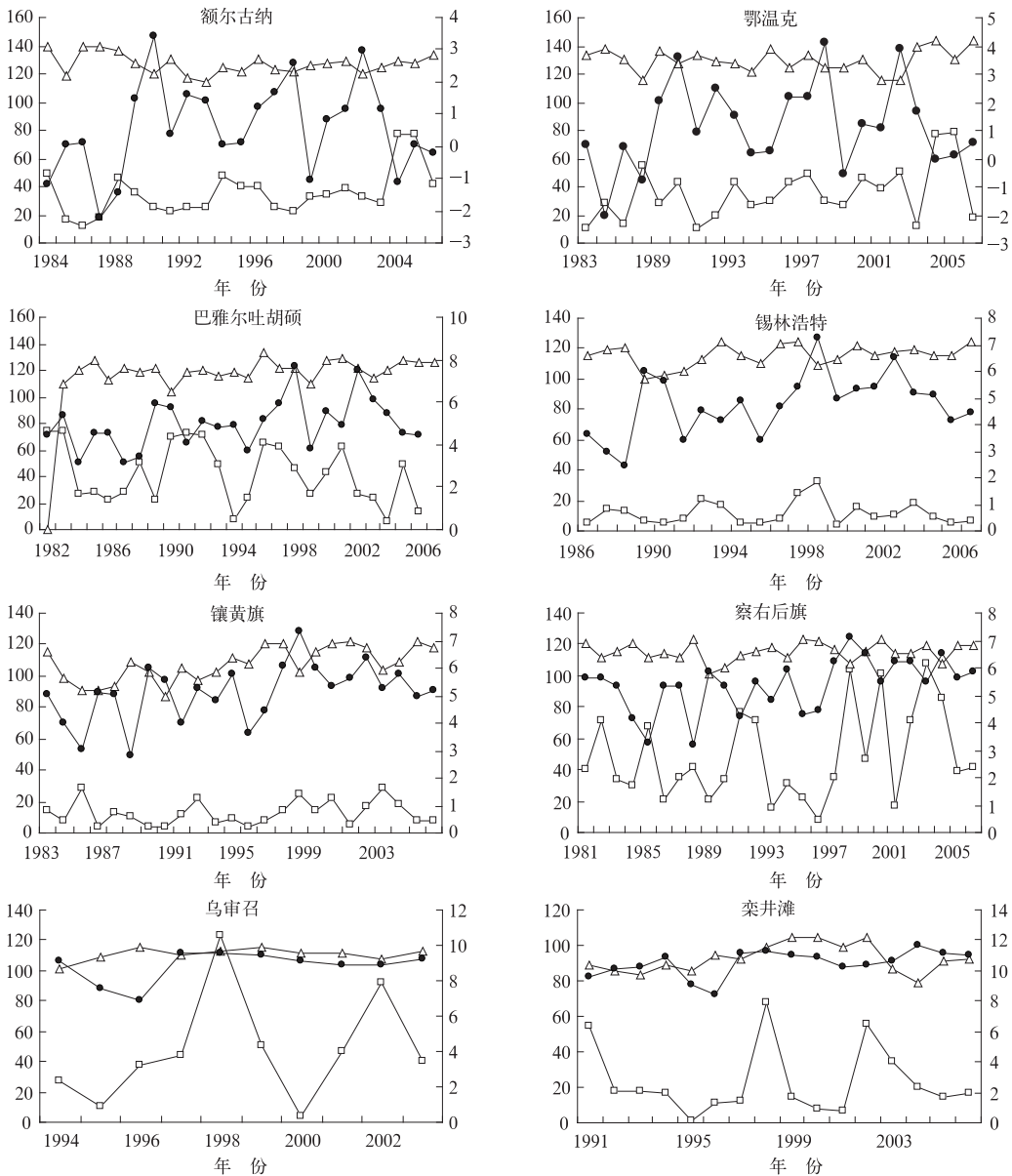


图 2 内蒙古小叶杨叶芽开放期、春季气温、春季降水量的变化趋势
(左侧坐标轴为叶芽开放期(d)与降水量(cm),右侧坐标轴为气温(℃);
图例分别为:—△—:叶芽开放日期;—□—:春季降水量;—●—:春季平均气温)

Fig. 2 The changing trends in bud opening, spring air temperature and precipitation in the Inner Mongolia

叶芽开放期最迟,各气象要素与历年平均值相比,春季气温偏低 27.5 °C(1987 年春季气温 -22 °C),降水偏少 180 mm;1998 年鄂温克春季温度最高,与历年平均相比偏高 2.9 °C,然而降水比正常年份偏少 59 mm,叶芽开放期虽然很早,但仍不及气温与历年平均相比偏低 1 °C,而降水偏多 29 mm 的 2001 年早。综合分析,在日照丰富的内蒙古地区,气温与降水共同影响着小叶杨的叶芽开放。首先,温度达不到植物需求,降水虽多,植物仍无法生长发育,然而,当温度达到需求后,如果降水不能满足生长需要,特别是前期降水少,受到干旱的胁迫,势必会阻碍小叶杨的叶芽开放。所以内蒙古小叶杨叶芽开放期受温度、降水的综合影响,且区域间差异显著。但植物的生长发育是个复杂的过程,气候因子对其的影响机理有待进一步深入研究。

3 结论

根据多年的物候及气候资料,利用趋势倾向率法统计分析得出:在当地水热条件和气候变化的影响下,1981—2006 年内蒙古地区小叶杨叶芽开放期变化趋势表现为强烈的地域差异。主要结论有:

(1) 内蒙古地区小叶杨叶芽开放期从西部到东部蔓延整个春季,全区平均开放期为 4 月 24 日,小叶杨平均叶芽开放期李井滩最早,鄂温克最晚,具有明显的地域差异。从早到晚依次是,李井滩、镶黄旗、乌审召、察右后旗、锡林浩特、巴雅尔吐胡硕、额尔古纳、鄂温克。最早最晚地区小叶杨平均叶芽开放期相隔 39 d。

(2) 虽然不同地区历年叶芽开放期迟早不同,但其变化趋势除额尔古纳以外,其他地区较为一致,即叶芽开放期呈延迟的趋势,额尔古纳叶芽开放期提前,趋势倾向率为 0.2352 d/a;镶黄旗延迟趋势明显,倾向率达 0.9791 d/a。内蒙古地区均表现出 1989—1992 年小叶杨叶芽开放期出现最早,1999 年左右最晚,随后 2002 年以后又表现为强烈的推迟趋势,即目前内蒙古地区小叶杨叶芽开放期呈延迟趋势(栾井滩除外)。

(3) 内蒙古小叶杨叶芽开放期与春季气温呈显著的负相关性,而与春季降水和日照时数的相关性不显著。

(4) 内蒙古小叶杨叶芽开放期的变化是多气象因子的综合作用,其中气温占主导地位,降水是干旱

的内蒙古地区关键因子,它与气温共同影响物候的变化。

参考文献

- [1] Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate Change 2007: Synthesis Report[EB/OL]. (2007-08-28)[2008-04-01]. http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr.pdf.
- [2] 李荣平,周广胜,张慧玲. 植物物候研究进展[J]. 应用生态学报,2006,17(3): 541-544.
- [3] 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): 403-408.
- [4] Chmielewski FM, Rötzer T. Response of tree phenology to climate change across Europe[J]. Agricultural and Forest Meteorology,2001,108: 101-112.
- [5] 郑景云,葛全胜,郝志新. 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.
- [6] 郑景云,葛全胜. 2002 年:北京 150 年来自然物候最为异常的年份[J]. 气象,2005,31(1): 19-32.
- [7] 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): 403-408.
- [8] 陈效述,张福春. 近 50 年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.
- [9] 徐雨晴,陆佩玲,于强. 近 50 年北京树木物候对气候变化的响应[J]. 地理研究,2005,24(3): 412-420.
- [10] 荣云鹏,朱保美,韩贵香,等. 气温变化对鲁西北冬小麦最佳适播期的影响[J]. 气象,2008,34(6): 110-113.
- [11] 毕伯钧. 利用植物物候资料诊断预测温度异常[J]. 气象,1999,26(3): 56-57.
- [12] Sparks T H, Carey P D. The responses of species to climate over two centuries: An analysis of the Marsham phenological record[J]. 1736—1947. J Ecol, 1995(83): 321-329.
- [13] 祁如英,樊萍. 青海小叶杨叶芽开放期变化及其对气候变化的响应[J]. 气象,2005,31(9): 87-89.
- [14] 柳晶,郑有飞,赵国强,等. 郑州植物物候对气候变化的响应[J]. 生态学报,2007,27(4): 1471-1479.
- [15] 李荣平,周广胜,王玉辉,等. 羊草物候特征对气候因子的响应[J]. 生态学杂志,2006,25(3): 277-280.
- [16] 中国科学院内蒙古宁夏综合考察队. 内蒙古植被[M]. 北京: 科学出版社. 1985.
- [17] 石蕴琮,石应蕙,白征夫,等. 内蒙古自治区地理[M]. 呼和浩特: 内蒙古人民出版社. 1989.
- [18] 白美兰,郝润全,邸瑞琦,等. 内蒙古东部近 54 年气候变化对生态环境演变的影响[J]. 气象,2006,32(6): 31-36.
- [19] 竺可桢,宛敏渭. 物候学[M]. 长沙: 湖南教育出版社,1999.
- [20] 郑景云,葛全胜,赵会霞. 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.
- [21] Neil K, Wu J G. Effects of urbanization on plant flowering phenology: A review[J]. Urban Ecosyst, 2006, 9(3): 243-257.