

河南林州植物物候变化特征及其原因分析

陈彬彬¹, 郑有飞¹, 赵国强², 陈怀亮²

(1. 南京信息工程大学环境科学与工程学院, 江苏 南京 210044; 2. 河南省气象局, 河南 郑州 450061)

摘要: 根据河南省林州市 1987 年至 2004 年的物候和气象资料, 运用一元线性回归法和相关分析法分析了林州市近 20 年来植物物候的变化特征及其对气候变化的响应。结果表明, 近 20 年来, 林州地区的毛白杨 (*Populus tomentosa* Carr.)、刺槐 (*Robinia hispida* Linn.)、梧桐 (*Firmiana simplex* W. F. Wight) 和白梨 (*Pyrus bretschneideri* Rehd.) 等木本植物的春季物候期提前, 秋季物候期变化不一致, 生长期延长; 车前 (*Plantago asiatica* Linn.)、藜 (*Chenopodium album* Linn.) 和苍耳 (*Xanthium sibiricum* Patr.) 等草本植物的春季物候期变化不一致, 秋季物候期均提前, 生长期缩短。木本植物春季物候变化受冬末春初气温变化的影响最大、日照次之、降水最小, 秋季物候期对气候变化基本没有响应; 草本植物的物候期主要受气温影响, 降水能促进草本植物开花。木本植物的春季物候变化可作为反映气候变化的代用指标。

关键词: 物候; 气温; 降水; 日照时数; 相关系数

中图分类号: Q142.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-0978(2007)01-0012-06

Analysis of plant phenological variation characters and its potential reasons in Linzhou of He'nan Province CHEN Bin-bin¹, ZHENG You-fei¹, ZHAO Guo-qiang², CHEN Huai-liang² (1. College of Environmental Sciences & Engineering, Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing 210044, China; 2. He'nan Meteorological Bureau, Zhengzhou 450061, China), *J. Plant Resour. & Environ.* 2007, 16(1): 12-17

Abstract: Based on phenological and meteorological data in Linzhou City of He'nan Province from 1987 to 2004, phenological variation characters of some plants and their response to climate change were analyzed by using linear regression and correlation analysis methods. The results showed that in the last 20 years, spring phenological phases of some wood plants, e. g. *Populus tomentosa* Carr., *Robinia hispida* Linn., *Firmiana simplex* W. F. Wight and *Pyrus bretschneideri* Rehd., became earlier and their autumn phases represented inconsistent, and thus their growing period prolonged. Meanwhile, spring phenological phases of herbaceous plants, e. g. *Plantago asiatica* Linn.; *Chenopodium album* Linn. and *Xanthium sibiricum* Patr. represented inconsistent, and their autumn phases advanced, so their growing period shortened. The spring phenological variation of wood plants was influenced most strongly by temperature change in late winter and early spring, and following by sunshine, then by precipitation, but their autumn phases primarily showed no response to climate variation. Phenological phases of herbaceous plants were mainly affected by temperature, and precipitation would promote them blooming. The spring phenological phase of wood plants can be considered as an alternate indicator to reflect the climate change.

Key words: phenology; air temperature; precipitation; sunshine hours; correlation coefficient

当前, 气候变化已成为国际社会关注的重大问题之一。IPCC 第 3 次气候变化科学评估报告指出^[1], 自 1861 年以来, 全球地表平均气温持续上升, 20 世纪上升了 $(0.6 \pm 0.2)^\circ\text{C}$, 增幅最大的 2 个时期为 1910 至 1945 年和 1976 至 2000 年。北半球数据分析表明, 20 世纪可能是过去 1 000 年来增温幅度最大的 100 年。

自然物候变化是气候与自然环境变化的综合指

标^[2]。物候是生物受生物和非生物因子(气候、水文和土壤条件)影响而出现的以年为周期的自然现象, 物候记录不仅反映了当时当地的气候和环境

收稿日期: 2006-09-05

基金项目: 国家气象局预测减灾应用技术开发推广项目 (CMATC2004M21)

作者简介: 陈彬彬(1982-), 女, 福建福州人, 硕士研究生, 主要从事气候变化与生态变化研究。

状态,而且还反映了过去一段时间内气候条件积累对生物的综合影响^[3]。通过对物候资料和现象的分析研究,可以掌握植物物候的变化规律,不仅能清楚地了解气候的变化情况及其对植物物候的影响,而且在监测与保护生态环境,预测和鉴定天气及气候变化特征等方面都具有重要的理论和现实意义。探讨物候与气候变化之间的关系已成为当今物候研究热点之一^[4]。

有关河南省气候变化对植物物候影响方面的研究较少。作者分析了近20年河南省林州市木本植物和草本植物的物候变化趋势,同时结合气象资料研究了不同植物物候期对气候变化的响应,为掌握气候和物候变化规律,指导农业生产和监测生态环境变化等提供理论依据。

1 研究方法

1.1 数据来源及选取

河南省林州市位于河南省西北角,地处山西、河北和河南三省交汇处,隶属于安阳市,西依太行山,东临华北平原,地理坐标为北纬 $35^{\circ}40'$ ~ $36^{\circ}21'$ 、东经 $113^{\circ}37'$ ~ $114^{\circ}51'$,与日本的东京和横滨及美国洛杉矶基本处于同一纬度。

作者采用的林州市物候及气象资料均由河南省气象局提供。物候观测从1987年至2004年,所观测的木本植物有毛白杨(*Populus tomentosa* Carr.)、刺槐(*Robinia hispida* Linn.)、梧桐(*Firmiana simplex* W. F. Wight)、白梨(*Pyrus bretschneideri* Rehd.)、榆树(*Ulmus pumila* Linn.)和苹果(*Malus pumila* Mill.)等种类,草本植物有藜(*Chenopodium album* Linn.)、车前(*Plantago asiatica* Linn.)、苍耳(*Xanthium sibiricum* Patr.)和野菊花(*Chrysanthemum indicum* Linn.)等种类;所观测的物候期有芽开放期、展叶期、开花期、果实或种子成熟期、脱落期、叶变色期和落叶期(草本植物对应为黄枯期)等。

根据时间序列长且连续性好的原则选取木本植物毛白杨、刺槐、梧桐和白梨,草本植物藜、车前和苍耳进行分析研究。选取展叶始期、展叶盛期、始花期、盛花期、末花期作为春季物候期;叶变色全变期和落叶末期(草本植物为黄枯始期和黄枯末期)作为秋季物候期。气象资料包括同期气温、降水及日

照时数等气象要素的逐旬数据。

1.2 数据处理

将物候观测数据以1月1日为起点进行标准化,得出年顺序累积天数——julian日^[5]。对各植物物候期的julian日与年份进行一元线性回归,分析植物的物候变化趋势,并检验回归方程的显著性。对各种物候现象平均开始日期与其前各旬气温、降水量及日照时数进行相关分析,研究植物物候变化对气候变化的响应规律,得到的相关系数求取平均值,并对相关系数进行显著性检验。

2 结果和分析

2.1 植物物候的变化趋势

2.1.1 春季物候的变化趋势 近20年来,林州市部分植物春季物候期回归系数见表1。由表1可见,从1987年以来,4种木本植物的春季物候均表现为逐年提前的趋势。毛白杨的展叶始期和展叶盛期分别逐年提前0.63和0.40 d,始花期、盛花期和末花期分别逐年提前0.34、0.48和0.54 d;刺槐的展叶始期和展叶盛期分别逐年提前1.37和1.05 d,始花期、盛花期和末花期分别逐年提前1.04、1.05和1.03 d;梧桐的展叶始期和展叶盛期分别逐年提前0.78和0.50 d,始花期、盛花期和末花期分别逐年提前1.13、1.06和1.12 d;白梨的展叶始期和展叶盛期分别逐年提前0.54和0.32 d,始花期、盛花期和末花期分别逐年提前0.53、0.62和0.52 d。

草本植物的春季物候变化趋势因种类的不同而有很大差异。车前的展叶始期和展叶盛期分别逐年延迟0.50和0.60 d,始花期和盛花期分别逐年提前0.07和0.09 d,可以说基本不变,而末花期则逐年延迟0.52 d;藜的春季物候期随时间变化均呈提前趋势,展叶始期和展叶盛期分别逐年提前1.11和0.25 d,始花期、盛花期和末花期分别逐年提前1.32、1.16和0.11 d;苍耳的春季物候期随时间变化均呈推迟趋势,展叶始期和展叶盛期分别逐年延迟1.67和1.87 d,始花期、盛花期和末花期分别逐年延迟1.79、2.01和2.14 d。

2.1.2 秋季物候的变化趋势 近20年来,林州市部分植物秋季物候期回归系数见表2。由表2可见,不同植物种类的秋季物候变化趋势不一致。毛白杨叶变色全变期和落叶末期分别逐年延迟1.97

和 0.31 d; 梧桐叶变色全变期和落叶末期分别逐年延迟 1.71 和 0.92 d; 而刺槐叶变色全变期和落叶末期分别逐年提前 0.25 和 0.40 d; 白梨叶变色全变期和落叶末期分别逐年提前 0.08 和 0.39 d。刺槐和白梨秋季物候期的提前幅度明显小于毛白杨和梧桐秋季物候期的推迟幅度。对相关系数进行显著性检验发现, 4 种木本植物秋季物候期推迟幅度达到极

显著水平, 而提前幅度均未达到显著水平(表 2)。除苍耳的黄枯末期逐年推迟 0.42 d 外, 其余草本植物的秋季物候期均提前, 而且车前和藜的提前幅度很大, 秋季黄枯期逐年提前 6.78 ~ 8.56 d, 变化幅度达到极显著水平($\alpha = 0.01$)。苍耳的黄枯始期提前幅度较小, 没有达到显著水平(表 2)。

表 1 近 20 年河南省林州市部分植物春季物候期逐年变化的回归系数¹⁾
Table 1 Regression coefficients of spring phenological changes of some species in Linzhou City of He'nan Province in the last 20 years¹⁾

种类 Species	回归系数 Regression coefficient				
	展叶始期 First leaf spreading period	展叶盛期 Full leaf spreading period	始花期 First blooming period	盛花期 Full blooming period	末花期 Terminal blooming period
毛白杨 <i>Populus tomentosa</i>	-0.633 6 **	-0.395 3 *	-0.344 7	-0.484 0	-0.539 7
刺槐 <i>Robinia hispida</i>	-1.373 6 *	-1.048 4 *	-1.037 4 **	-1.046 2 **	-1.030 8 **
梧桐 <i>Firmiana simplex</i>	-0.783 3 *	-0.503 6	-1.126 5 **	-1.059 3 **	-1.122 9 **
白梨 <i>Pyrus bretschneideri</i>	-0.537 1 *	-0.317 9	-0.534 8 *	-0.620 6 *	-0.516 2 *
车前 <i>Plantago asiatica</i>	0.495 4	0.602 7	-0.073 3	-0.093 9	0.523 2
藜 <i>Chenopodium album</i>	-1.110 7	-0.246 4	-1.317 9 *	-1.160 7 *	-0.107 1
苍耳 <i>Xanthium sibiricum</i>	1.668 2 *	1.874 1 *	1.785 1	2.009 5	2.139 3

¹⁾ ** : $\alpha = 0.01$; * : $\alpha = 0.05$

表 2 近 20 年河南省林州市部分植物秋季物候期逐年变化的回归系数¹⁾
Table 2 Regression coefficients of autumn phenological changes of some species in Linzhou City of He'nan Province in the last 20 years¹⁾

种类 Species	回归系数 Regression coefficient		种类 Species	回归系数 Regression coefficient	
	叶变色全变期 Full leaf coloring period	落叶末期 Terminal abscission period		黄枯始期 First scorching period	黄枯末期 Terminal scorching period
毛白杨 <i>Populus tomentosa</i>	1.974 2 **	0.306 5	车前 <i>Plantago asiatica</i>	-6.779 2 **	-7.624 4 **
刺槐 <i>Robinia hispida</i>	-0.254 9	-0.397 8	藜 <i>Chenopodium album</i>	-6.832 1 **	-8.560 7 **
梧桐 <i>Firmiana simplex</i>	1.714 3 **	0.916 5 **	苍耳 <i>Xanthium sibiricum</i>	-0.177 1	0.416 4
白梨 <i>Pyrus bretschneideri</i>	-0.080 5	-0.386 9			

¹⁾ ** : $\alpha = 0.01$; * : $\alpha = 0.05$

2.1.3 生长季的变化趋势 植物的展叶始期至落叶末期(草本植物为黄枯末期)为植物的生长季, 因而生长季长度为开始展叶到叶落尽之间的间隔天数。近 20 年来, 林州市木本植物和草本植物的生长季长度随时间的变化表现出相反的趋势(表 3)。

木本植物的生长季延长。毛白杨、刺槐、梧桐和白梨的生长季分别逐年延长 0.94、0.98、1.79 和 0.17 d, 其中白梨的变化趋势最小且没有达到显著水平, 其余 3 种木本植物的逐年变化趋势均达到显著或极显著水平。

草本植物的生长季表现出缩短的趋势。苍耳的生长季逐年缩短 1.25 d, 但没有达到显著水平; 车

前和藜的生长季长度明显缩短, 回归系数分别为 -8.12 和 -7.45, 差异极显著。从展叶始期和黄枯末期的回归系数(表 1 和表 2)来看, 这 2 种植物生长季的缩短主要取决于黄枯末期的变化。

近 20 年来, 林州市木本植物与草本植物的物候期逐年变化趋势存在明显差异, 表现为木本植物春季物候期均提前, 秋季物候期延迟或提前, 变化不一致, 延迟幅度变化明显, 生长季均延长。这个结果与近年来其他研究者的结果类似^[6-10]。草本植物春季物候变化趋势因植物种类的不同而表现为提前、推迟或基本不变, 秋季物候期基本呈提前趋势, 生长季均缩短。此外, 草本植物秋季物候期年际波动幅度

较木本植物大,最早年与最晚年的最大振幅达 111 ~ 164 d,前后跨度超过半年,这可能与草本植物的物候期易受环境影响有关^[5]。

表3 近20年河南省林州市部分植物生长季变化的统计分析¹⁾
Table 3 Statistic analysis of growing season changes of some species in Linzhou City of He'nan Province in the last 20 years¹⁾

种类 Species	回归系数 Regression coefficient	相关系数 Correlation coefficient
毛白杨 <i>Populus tomentosa</i>	0.940 1	0.569 8 * *
刺槐 <i>Robinia hispida</i>	0.975 8	0.473 8 *
梧桐 <i>Firmiana simplex</i>	1.794 5	0.798 1 * *
白梨 <i>Pyrus bretschneideri</i>	0.170 1	0.131 1
车前 <i>Plantago asiatica</i>	-8.119 7	-0.805 8 * *
藜 <i>Chenopodium album</i>	-7.450 0	-0.710 8 * *
苍耳 <i>Xanthium sibiricum</i>	-1.251 7	-0.315 3

¹⁾ * *: $\alpha=0.01$; *: $\alpha=0.05$

相关分析结果表明,木本植物各物候期,特别是春季物候期的线性回归系数大部分达到显著或极显著水平,而草本植物各物候期的一元回归拟合相关系数大多未达到显著水平,主要是春季物候期变化不显著。结果表明,木本植物的物候变化较草本植物敏感且稳定,变化趋势更为显著。

2.2 不同气象要素对植物物候期的影响

气温对林州市部分木本植物物候期的影响见表4。由表4可以看出,木本植物的展叶期和始花期与其前各旬平均气温呈显著的负相关性。前5旬和前第9旬的平均气温对始花期的影响最大,其相关系数均达到显著和极显著水平;气温对始花期的影响时段较短,前3旬和前第6旬对始花期有显著影响,其中前3旬平均气温对始花期的影响达极显著水平。因此,木本植物春季物候期对其前期气温变化的反应非常敏感,其中前6旬是反应最敏感的时段。这与陈效逖和张福春研究发现的“愈接近春季物候出现期的温度对其影响愈大^[11]”的结论一致。气温增加,能促进芽的发育,从而使展叶始期和始花期提前。而气温对木本植物叶变色全变期的影响除前第10旬的平均气温与其有显著正相关外,基本没有其他影响。

气温对林州市一些草本植物物候期的影响见表5。由表5可以看出,气温对草本植物的展叶始期没有显著影响,但前4旬平均气温与展叶始期的相关系数值最大且均为负相关,表明展叶前平均气温的提高可能会使其展叶始期提前,但这种影响不显

表4 河南省林州市部分木本植物各物候期与其前各旬平均气温之间的平均相关系数¹⁾
Table 4 The average correlation coefficients between phenological phases of some wood plants and mean air temperatures before every ten-day periods in Linzhou City of He'nan Province¹⁾

物候现象发生前的旬数 Number of ten-day period before phenological event	相关系数 Correlation coefficient		
	展叶始期 First leaf spreading period	始花期 First blooming period	叶变色全变期 Full leaf coloring period
前第1旬 1st ten-day period before	-0.649 7 * *	-0.660 4 * *	0.175 7
前第2旬 2nd ten-day period before	-0.690 0 * *	-0.694 2 * *	0.041 3
前第3旬 3rd ten-day period before	-0.480 4 *	-0.675 9 * *	0.000 04
前第4旬 4th ten-day period before	-0.538 4 *	-0.430 0	0.147 3
前第5旬 5th ten-day period before	-0.580 8 *	-0.343 1	0.025 4
前第6旬 6th ten-day period before	-0.221 2	-0.604 5 *	0.320 3
前第7旬 7th ten-day period before	-0.046 7	-0.386 6	0.042 2
前第8旬 8th ten-day period before	-0.237 9	-0.142 4	0.062 9
前第9旬 9th ten-day period before	-0.483 5 *	0.027 4	0.359 1
前第10旬 10th ten-day period before	-0.312 8	-0.294 3	0.463 6 *
前第11旬 11th ten-day period before	0.132 5	-0.185 4	-0.083 0
前第12旬 12th ten-day period before	0.028 6	0.049 7	-0.215 0
前第13旬 13th ten-day period before	-0.001 3	-0.042 0	0.379 1
前第14旬 14th ten-day period before	0.256 0	0.058 7	-0.256 0
前第15旬 15th ten-day period before	0.211 2	0.118 9	-0.223 0
前第16旬 16th ten-day period before	-0.104 0	0.237 4	0.160 1
前第17旬 17th ten-day period before	-0.010 3	0.045 7	0.062 2
前第18旬 18th ten-day period before	0.042 8	0.016 9	0.409 7

¹⁾ * *: $\alpha=0.01$; *: $\alpha=0.05$

表5 河南省林州市草本植物各物候期与其前各旬平均气温之间的平均相关系数¹⁾Table 5 The average correlation coefficients between phenological phases of some herbaceous plants and mean air temperatures of before every ten-day periods in Linzhou City of He'nan Province¹⁾

物候现象发生前的旬数 Number of ten-day period before phenological event	相关系数 Correlation coefficient		
	展叶始期 First leaf spreading period	始花期 First blooming period	黄枯始期 First scorching period
前第1旬 1st ten-day period before	-0.336 7	-0.577 2 *	-0.391 4
前第2旬 2nd ten-day period before	-0.222 5	-0.524 0 *	-0.205 5
前第3旬 3rd ten-day period before	-0.404 0	-0.368 0~	-0.186 6
前第4旬 4th ten-day period before	-0.389 8	-0.382 9	-0.197 9
前第5旬 5th ten-day period before	-0.006 5	-0.613 4 * *	-0.134 8
前第6旬 6th ten-day period before	0.117 4	-0.461 5 *	-0.341 5
前第7旬 7th ten-day period before	0.000 4	-0.523 5 *	-0.455 6 *
前第8旬 8th ten-day period before	-0.214 9	-0.272 0	-0.523 7 *
前第9旬 9th ten-day period before	0.169 1	-0.032 6	-0.510 2 *
前第10旬 10th ten-day period before	0.229 8	0.020 4	-0.240 1
前第11旬 11th ten-day period before	-0.106 5	-0.305 0	-0.267 8
前第12旬 12th ten-day period before	0.227 7	-0.411 9	-0.472 4 *
前第13旬 13th ten-day period before	0.081 4	-0.561 9 *	-0.561 4 *
前第14旬 14th ten-day period before	0.106 9	0.266 9	-0.487 7 *
前第15旬 15th ten-day period before	0.056 0	-0.063 9	-0.343 4
前第16旬 16th ten-day period before	0.166 6	-0.054 6	-0.511 1 *
前第17旬 17th ten-day period before	0.059 6	-0.096 1	-0.368 2
前第18旬 18th ten-day period before	0.163 0	-0.345 7	-0.125 7

1) * *: $\alpha=0.01$; *: $\alpha=0.05$

著。气温对草本植物的始花期有较大影响,前18旬平均气温与始花期的相关系数基本为负值;前第13旬、前第7旬至第5旬及前第1旬和第2旬的相关系数均达到显著水平,说明不仅近期气温对草本植物始花期有一定的影响(气温升高,始花期提前),而且前期较长时间内的平均气温也可能对始花期产生累积效应。气温对草本植物黄枯始期的影响与气温对木本植物叶变色全变期的影响有明显差异,气温对草本植物黄枯始期的影响均为负相关,呈显著影响的时段主要集中在前第16旬至前第7旬,说明前期较长时间内的平均气温对黄枯始期的影响占主导作用。秋季气温逐年偏高,使土壤表层的水分含量降低,耐旱能力差的草本植物由于缺水而提早结束生长,耐旱能力强的草本植物的物候期则延长。

另外,各时期降水量和日照时数对植物物候期影响的统计分析结果显示,降水量高低对木本植物各物候期的早晚均没有显著影响。由于木本植物树大根深,以吸收深层土壤水分为主,因而,一般的干旱环境不会对木本植物物候期产生影响^[12]。

降水量对草本植物物候期的影响仅表现在始花期上,对展叶始期和黄枯始期没有显著影响。始花期前第2旬的降水量与始花期呈极显著的负相关

($r = -0.5974, \alpha = 0.01$),表明降水量增加,始花期提前。Guevara等^[13]在研究中发现,在委内瑞拉东北部,许多灌木会在大雨过后迅速开花;Fischer和Turner^[14]也指出,多年生草本植物对降水的响应是迅即的。

日照对木本植物春季物候期的影响小于气温的影响,且影响时段较短,主要集中在前3旬(相关系数为 -0.4722 至 $-0.5024, \alpha = 0.05$)。笔者认为,日照时数增多可促进升温,从而对木本植物的展叶始期和始花期的提前产生间接影响。日照对木本植物秋季物候期和草本植物各物候期基本没有显著影响。

根据上述分析可见,林州地区木本植物和草本植物物候对气候变化的响应有一定的差异,春季物候与秋季物候对气候变化的响应也存在明显差异。气温是对木本植物春季物候期产生影响的最主要因子,影响最显著且影响时段最长。从前6旬开始(即冬末春初)的平均气温对春季物候期产生显著影响;日照时数次之,产生影响的时段主要集中在前3旬,气温升高,日照时数增加,春季物候期提前;降水量对木本植物春季物候期没有影响。木本植物的秋季物候期对平均气温、降水量和日照时数的变化基本

没有响应。

草本植物春季物候期对气候变化的响应不如木本植物显著,各物候期主要受平均气温的影响,对日照时数和降水量的变化不敏感。气温升高,草本植物的春季和秋季物候期均提前。此外,草本植物的始花期还受花前极短时间内降水量的影响,降水量增加能促进草本植物开花。

3 结 论

综上所述,近20年河南省林州市一些木本植物和草本植物的物候变化有以下趋势:

1)木本植物春季物候期提前,秋季物候期延迟,生长季延长。草本植物春季物候变化趋势因植物种类不同而有一定的差异,秋季物候期提前,生长季缩短。木本植物的物候变化较草本植物敏感。

2)木本植物春季物候期对气候的变化较为敏感。冬末春初的平均气温是最主要的影响因子,日照时数次之。气温升高,日照增加,春季物候期提前。秋季物候期对气候变化基本不响应。

3)草本植物物候期主要受平均气温影响,温度升高,春季和秋季物候期均提前。此外,草本植物始花期前极短时间内降水量的增加能促进草本植物开花。

参考文献:

[1] IPCC. Climate Change 2001: Impact, Adaptation and Vulnerability

[R]. UK: Cambridge University Press, 2001.

- [2] 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.
- [3] 邹效孟. 农业物候学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1983.
- [4] 徐雨晴,陆佩玲,于强. 气候变化对植物物候影响的研究进展[J]. 资源科学, 2004, 26(1): 129-136.
- [5] 竺可桢,宛敏渭. 物候学[M]. 长沙: 湖南教育出版社, 1999.
- [6] 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): 402-409.
- [7] Menzel A. Trends in phenological phases in Europe between 1951 and 1996[J]. International Journal of Biometeorology, 2000, 44(2): 76-81.
- [8] Ahas R, Jaagus J, Aasa A. The phenological calendar of Estonia and its correlation with mean air temperature[J]. International Journal of Biometeorology, 2000, 44(4): 159-166.
- [9] Menzel A. Plant phenological anomalies in Germany and their relation to air temperature and NAO[J]. Climate Change, 2003, 57: 243-263.
- [10] 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.
- [11] 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.
- [12] 张福春. 北京春季的树木物候与气象因子的统计学分析[J]. 地理研究, 1983, 2(2): 55-64.
- [13] Petit S. The reproductive phenology of three sympatric species of columnar cacti on Curaçao[J]. Journal of Arid Environments, 2001, 49: 521-531.
- [14] Fischer R A, Turner N C. Plant productivity in the arid and semiarid zones[J]. Annual Review of Plant Physiology, 1978, 29: 277-317.

《植物资源与环境学报》启事

为了扩大科技期刊的信息交流,充分实现信息资源共享,《植物资源与环境学报》已先后加入“中国学术期刊(光盘版)”、“中文科技期刊数据库”和“万方数据——数字化期刊群”等数据库,因此,凡在本刊发表的论文将编入数据库供交流、查阅及检索,作者的著作权使用费与本刊稿酬一次性给付,不再另付。如作者不同意将文章编入数据库,请在来稿时声明,本刊将做适当处理。

《植物资源与环境学报》编辑部

2007-02-20