

Response of Growing Period and Phenology Duration of Herbaceous Plants to Climate Change in Southwestern Shandong Province

Chongyong Ren, Ting Zhang, Ruiying Li

Meteorological Bureau of Heze City, Heze
Email: liryng@163.com

Received: Jan. 2nd, 2015; accepted: Jan. 18th, 2015; published: Jan. 27th, 2015

Copyright © 2015 by authors and Hans Publishers Inc.
This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

The response pattern of climate change on growing period and phenology duration of 5 herbaceous plants was analyzed by using the statistical analysis methods in Southwestern Shandong Province. The results showed that the temperature had very significantly increasing tendency ($p < 0.01$), the precipitation had a little increase, the sunshine had very significantly decreased trend. Under the background of climate change, the spring phenology duration, autumn phenology duration and the whole growing period of herbaceous plant were all showed prolonged, especially the trend of growing period was more significant ($p < 0.05$). The phenology duration was no obvious correlation with temperature and accumulated temperature, the precipitation and sunshines had significant effect on some phenology ($p < 0.05$), the temperature was the important factor which impacted the growing period, the plant growing periods prolonged 1.0 - 13.0 d, 4.0 - 10.0 d and 2.0 - 11.0 d with mean temperature, mean maximum temperature, mean minimum temperature 1°C increase, respectively. The *Plantago asiatica* and *Phragmites communis* were the being sensitive plants in 5 herbaceous plants, *Xanthium sibiricum* secondly, *Nelumbo nucifera* was most insensitive, the research results could reference for farming season prediction and agro-meteorological services.

Keywords

Growing Period, Climate Change, Herbaceous Plant, Southwestern Shandong Province

鲁西南草本植物生长季及物候期持续日数对气候变化的响应

任崇勇, 张 婷, 李瑞英

菏泽市气象局, 菏泽

Email: lirygcg@163.com

收稿日期: 2015年1月2日; 录用日期: 2015年1月18日; 发布日期: 2015年1月27日

摘 要

以鲁西南地区为研究对象, 采用统计分析法研究5种草本植物生长季与物候期持续日数对气候变化的响应规律。结果表明: 研究区的气温呈极显著上升($p < 0.01$), 降水量呈微弱增加趋势, 日照时数明显下降。在此气候变化背景下, 草本植物的春季物候持续期、秋季物候持续期和全生长季均相应延长, 其中全生长季延长的趋势比较显著($p < 0.05$)。物候持续期与气温和积温的相关性不明显, 降水量和日照时数则对植物的某些物候持续期的影响显著($p < 0.05$), 而在植物全生长季的变化中, 气温是主要的影响因子, 随着年平均气温每升高 1°C , 植物生长季延长 $1.0\sim 13.0$ d, 年平均最高气温每升高 1°C , 生长季延长 $4.0\sim 10.0$ d, 年平均最低气温每升高 1°C , 生长季延长 $2.0\sim 11.0$ d。5种草本植物中, 车前和芦苇对气候变化的响应最明显, 其次是苍耳, 莲对气候变化的响应则较迟钝, 研究结果可为当地农时预报、农业气象服务提供参考。

关键词

生长季, 气候变化, 草本植物, 鲁西南

1. 引言

植物物候是指植物受气候和其他环境因子的影响而出现的以年为周期的自然现象, 是生物节律与环境条件的综合反映。物候期在很大程度上受气候因素的制约, 从气象条件来说, 不仅反映了当时的天气条件, 而且反映了过去一段时间内气象条件影响的积累情况[1]。在影响植物物候的众多环境因子中, 气温、光照、水分等是主要影响因子[2], 有研究表明, 在中纬度地区, 植物的春季物候, 如发芽、展叶、开花的时期也主要取决于气温的高低[3], Menzel [4]等还用卫星数据论证了温度是影响物候变化的限制性因子。植物不但需要在一定温度环境中才能生长发育, 而且需要一定的积温才能完成其生活周期。日照也是影响物候的一个重要因素, 有时它的影响比温度还重要, 一般情况下, 缩短光照时间能促进短日照植物开花, 使花期提前, 而延长光照时间则延迟花期。郑景云[5]等人认为, 冬季和早春植物开花的主要影响因素是温度, 晚春和早夏植物开花受温度和日照共同影响。水分也是影响物候的一个重要气候因子, 有调查分析表明, 在丘陵地区, 谷物在花序出现期遭受干旱会使花期推迟[6], 但有时利用干旱处理能使某些植物花期提前[7]。

近年来, 关于气候变化与物候之间的关系研究较多, 所得结论基本一致, 即随着气候变暖, 植物的春季物候期提前, 秋季物候期提前或推迟, 植物的全生长季延长[8]-[10], 物候期的缩短和延长的幅度受

物种、地理位置、气候条件等的影响有所差异。鲁西南地处山东省西南部，暖温带大陆性气候，属于黄河冲积平原，地势平坦，土层深厚，是培植优质农副产品的理想区域，也是我省未来的农业重点发展区。主要气候特点是光照充足，热量丰富，四季分明，雨热同季，适宜多种植物的生长，典型草本植物有莲、车前、苍耳、芦苇等。随着全球气候变暖，鲁西南地区的气候也发生不同程度的变化，物候作为指示气候变化的“感应器”，研究物候期随气候变化的趋势很有必要，因此本研究拟选取 5 种植物，开展物候期持续日数及生长季对气候变化的响应，为当地的农业气象预报，农业气候专题分析等提供科学依据。

2. 资料与方法

2.1. 资料来源

气候资料和物候期资料来源于鲁西南地区 1991~2010 年菏泽国家级农业气象观测站的观测数据，所选取的 5 种草本植物分别为莲、车前、苍耳、芦苇和蒲公英。物候持续期的定义分别为，展叶持续期为展叶始期到展叶盛期，开花持续期为开花始期到开花末期、黄枯持续期为叶黄枯始期到黄枯末期。

关于植物生长季的定义划分多样，有基于温度的植物生长季的定义[6] [11]，也有基于物候的植物生长季的定义，而本文定义草本植物的生长季为展叶始期到黄枯末期。

2.2. 资料处理

根据各物候持续期的定义得到其时间序列，采用线性倾向法分析植物全生长季及各物候期持续日数的变化趋势，采用 spss21.0 软件进行相关分析。

3. 结果与分析

3.1. 研究区气候变化特征

由表 1 可以看出，1991~2010 年鲁西南地区年际气温上升明显，其中年平均气温和平均最低气温的升温趋势达极显著水平($p < 0.01$)，平均最高气温的升温趋势达显著水平($p < 0.05$)，而且春季气温的变化较秋季和冬季气温的变化显著。从变化速率上看，年平均最低气温的变化幅度高于年平均气温，年平均最高气温的变化不明显，各季节间的气温变化存在差异，其中春季的平均气温，最高和最低气温的变化幅度均较秋冬季的变化显著，春季和秋季的平均最低气温的升高达到了极显著水平，而冬季最低气温的升高则不显著，由此可知，年平均气温的升高是春季气温升高的直接体现，年平均最低气温的升高是春秋季节最低气温升高的主要结果。

春、秋、冬季及年际水平的降水量均呈增多趋势，但未达显著水平，年际变化速率为 84.6 mm/10a，日照时数在秋季和年际水平上均呈极显著下降趋势，春季的日照则有所增加，可见，秋季日照时数的急剧减少是导致年日数时数减少的主要因素。可见鲁西南地区总体的气候变化以气候显著变暖，日照明显

Table 1. Change trends of the climate in Southwestern Shandong Province (10a)

表 1. 鲁西南地区的气候变化倾向率(10a)

	平均气温 (°C/10a)	平均最高气温 (°C/10a)	平均最低气温 (°C/10a)	降水量 (mm/10a)	日照时数 (h/10a)
春季	1.0**	1.04*	1.06**	-3.23	21.86
秋季	0.66	0.47	1.13**	10.16	-73.88**
冬季	0.13	0.15	0.50	0.19	-40.67
年际水平	0.53**	0.43	0.82**	84.6	-143.4**

注：*和**分别表示 $p < 0.05$ 和 $p < 0.01$ 。

减少、降水量微弱增加为主要趋势，这一趋势构成了草本植物生长季节多年变化的气候条件背景。

3.2. 植物物候期持续日数的变化特征

研究区内 5 种典型植物的物候持续日数及生长季的变化各有特点，芦苇和蒲公英的展叶持续期、车前的黄枯期均呈显著延长趋势($p < 0.05$)，蒲公英的开花持续期呈极显著延长趋势($p < 0.01$)，车前、苍耳和芦苇的全生长季的变化呈显著或极显著的延长($p < 0.05$)。

从整个物候期的变化趋势来看(见表 2)，5 种草本植物的春季物候持续期和秋季物候持续期及全生长季的变化均呈延长趋势，而且全生长季的变化趋势较各物候持续期的变化趋势明显。植物物候期延长时间的长短在不同物种间存在一定差异，其中车前和芦苇的物候期变化较为明显，生长季平均以 11 d/10a 以上的速率延长，其次是苍耳，以 6 d/10a 的速率延长，莲的物候期变化最不明显，变化速率仅为 1 d/10a 左右，由此可知，车前和芦苇的敏感度较高，对气候变化的响应明显，其次是苍耳，莲的敏感度最低，对气候变化的响应最为迟钝。

3.3. 植物物候与气象要素的相关分析

3.3.1. 物候期持续日数与气象要素的关系

选取展叶、开花和黄枯这 3 个物候持续期内的平均气温、降水量、日照时数和积温这 4 个气象要素与物候期持续日数进行相关分析(见表 3)，由表 3 可以看出，不同的物种，物候持续期对于气候变化的响应是不尽相同的，由于物种多样性的因素，各物种在各时段对环境条件的响应不同，有的以水分为主要影响因素，有的以日照时数为主要影响因素。

物候持续期与气温和积温的相关性均不显著，植物的展叶和开花持续期与气温呈弱正相关，即随着气温升高，物候持续期表现为延长，黄枯持续期与气温呈弱负相关，说明随着气温降低物候持续期延长。莲和车前的展叶持续期与其持续阶段的日照时数呈显著负相关，说明日照时数的减少将利于展叶持续期的延长。蒲公英的开花持续期与日照时数呈显著正相关，可知此阶段日照时数的增加是促使开花持续期延长的主要因素。车前的黄枯持续期与降水量呈负相关，与日照时数呈正相关，说明在其黄枯时期，一定程度的降水能缩短车前的黄枯持续期，增加日照能延长黄枯持续期，而 1991~2010 年车前黄枯期阶段的降水量和日照时数均呈减少趋势，由表 2 可知，车前的黄枯持续期表现出显著延长的趋势，说明降水对车前的黄枯期影响程度大于日照时数的影响程度。苍耳的黄枯持续期与降水呈正相关，1991~2010 年苍耳黄枯期阶段降水减少，加快其黄枯期的结束，这正与表 2 中苍耳的黄枯持续期缩短相吻合，说明降水量是影响苍耳黄枯期的主要因素。芦苇的黄枯持续期与日照时数呈极显著的负相关关系，由此可知，10 月下旬日照时数的减少是导致芦苇黄枯持续期延长的主要因素。

Table 2. Change trends of the phenology duration and growing period of herbaceous plants in 1991-2010 (d/10a)

表 2. 1991~2010 年草本植物物候期持续日数及生长季的趋势系数(d/10a)

物种	展叶持续期	开花持续期	黄枯持续期	全生长季
莲	1.27	-0.42	0.59	0.96
车前	0.27	1.05	3.75*	12.89**
苍耳	0.56	1.08	-1.06	6.26*
芦苇	1.11*	0.65	2.62	10.62**
蒲公英	4.84*	5.45	9.57	-7.09

注：*和**分别表示 $p < 0.05$ 和 $p < 0.01$ 。

3.3.2. 植物生长季与气象要素的关系

本研究选取了植物生长季与年平均气温、最高气温、最低气温、降水量和日照时数做相关分析,分析结果见表4。由表可知,除蒲公英外,草本植物的生长季与气温的相关性达显著或极显著水平($p < 0.05$),与降水量和日照时数的相关性不明显,由此可知,气温是影响草本植物全生长季的主要气候因子,这与大量研究表明[3] [10] [12]-[15]的气温是影响植物生长季的主要因子一致。

车前、苍耳和芦苇的生长季与气温的相关程度较高,对气候变暖的敏感程度强,而莲和蒲公英的生长季与气温的相关程度相对较弱,对气候变暖的敏感程度低,从而导致了车前、苍耳和芦苇的生长季变化趋势较莲和蒲公英的生长季变化趋势显著。

3.3.3. 植物生长季与气温的线性回归分析

在生长季与气温的关系呈显著相关的基础上,采用线性回归法分析生长季与气温之间的线性程度,回归系数的大小代表了植物生长季随气候变暖的程度。由生长季与年平均气温的线性回归统计分析结果

Table 3. Correlation coefficients between the phenology duration of herbaceous plants and meteorological element (R)
表 3. 草本植物物候期持续日数与气象要素的相关系数(R)

	物种	开始日期	结束日期	平均气温	降水量	日照时数	活动积温
展叶 持续期	莲	2-27	3-3	-0.21	0.26	-0.70**	-0.24
	车前	2-28	3-5	-0.35	-0.01	-0.49*	-0.41
	苍耳	4-3	4-7	0.10	-0.36	0.45	0.10
	芦苇	3-23	3-27	0.33	-0.05	0.32	0.33
	蒲公英	2-27	3-3	0.18	0.53	0.13	0.18
开花 持续期	莲	7-3	8-5	0.17	-0.39	0.14	0.17
	车前	4-14	4-21	-0.02	0.14	-0.06	-0.02
	苍耳	6-30	7-8	-0.33	0.28	-0.38	-0.32
	芦苇	9-10	9-23	0.3	0.14	-0.13	0.29
	蒲公英	3-25	4-28	0.36	-0.40	0.63*	0.37
黄枯 持续期	莲	9-28	10-18	-0.03	0.35	-0.30	-0.03
	车前	11-1	11-18	0.22	-0.54*	0.46*	0.22
	苍耳	10-4	10-18	-0.27	0.46*	-0.24	-0.27
	芦苇	10-19	11-2	-0.25	0.12	-0.64**	-0.26
	蒲公英	10-14	11-19	-0.06	-0.25	0.17	-0.07

注: *和**分别表示 $p < 0.05$ 和 $p < 0.01$ 。

Table 4. Correlation coefficients between the growing period of herbaceous plants and meteorological element (R)
表 4. 草本植物生长季与气象要素的相关系数(R)

物种	平均气温	平均最高气温	平均最低气温	降水量	日照时数
莲	0.45*	0.50*	0.31	0.25	0.04
车前	0.56**	0.48*	0.53*	0.07	-0.21
苍耳	0.49*	0.44*	0.46*	-0.15	-0.4
芦苇	0.57**	0.49*	0.56**	-0.09	-0.25
蒲公英	0.70*	0.49	0.50	-0.85**	0.04

注: *和**分别表示 $p < 0.05$ 和 $p < 0.01$ 。

Table 5. The linear analysis between growing period of herbaceous plants and the temperature
表 5. 草本植物生长季与气温的回归系数

物种	年平均气温	平均最高气温	平均最低气温
莲	6.9	7.4	5.6
车前	6.6	3.4	9.8
苍耳	0.59	3.2	1.2
芦苇	12.6	9.1	10.1
蒲公英	9.8	4.5	6.7

可知(表 5), 年平均气温每升高 1℃, 草本植物的生长季延长 1~13 d, 其中芦苇的生长季延长最明显, 达 12.6 d, 车前的生长季则变化最小, 只有 0.56 d, 年平均最高气温升高 1℃, 植物的生长季延长 4~10 d, 年平均最低气温升高 1℃, 植物的生长季延长 2~11 d。

4. 结论与讨论

1) 在研究时段内, 鲁西南地区的气候变化表现为气温呈极显著升高, 降水量微弱增多, 日照时数明显下降。从植物全生长季与气温、降水和日照时数的相关分析中可以看出, 温度是一个重要的影响因子, 而且在影响的程度上, 温度的影响程度远比降水和日照的影响程度大。这也验证了张学霞[16]认为的植物生长与温度之间的关系远比降水之间的关系密切是一致的观点。

随着气温的升高, 草本植物春季物候期的间隔和秋季物候期的间隔均有所延长, 全生长季的延长趋势比较明显, 而且生长季的变化程度较各物候持续期的变化显著, 可见草本植物的生长季对气候变暖的响应比较敏感, 由生长季与气温的线性回归统计分析结果可知, 年平均气温每升高 1℃, 研究区 5 种植物的生长季延长范围在 1~13 d 之内, 此结论与很多研究结果相通, 只是延长的时间长短有所不同, 说明植物对气候变化的响应程度存在区域性和物种差异性。

2) 草本植物物候期持续日数与气温的相关性不大, 降水量和日照时数则对植物的某一物候持续期的影响显著, 但规律不明显, 有的与降水量显著相关, 有的与日照时数显著相关, 而且相关的正负性也不完全一致。物候期持续日数与气温的相关性不明显, 这与常兆丰[17]认为的物候持续日数变化趋势与气温的关系不很明显一致, 与张新波[18]的研究结果物候期持续日数与活动积温有显著的相关性不一致, 原因可能是所选草本植物的物候持续期持续时间短, 期间积温的变化较小, 致使积温对物候期持续日数的影响未能明显的体现出来。

3) 不同的物种, 植物物候期对于气候变化的响应是不尽相同的, 有的是同向的, 有的是逆向的, 植物物候的变化, 并不是单一因子作用的结果, 而是多因子共同作用的结果。许多专家学者的研究都表明温度是影响物候变化的主要因子, 但是当水分成为胁迫因子时其对物候的影响将显得十分重要, 尤其是目前气候变暖所导致的降水变率增大, 干旱性质的极端气候事件增多, 因此下一步要深入研究降水对物候的影响机制及因子间交互作用的影响。

基金项目

山东省气象局课题“鲁西南典型植物物候期对气候变化的响应”(2013sdqx11)。

参考文献 (References)

- [1] 国家气象局 (1993) 农业气象观测规范(上卷). 气象出版社, 北京, 133-158.

- [2] 王连喜, 陈怀亮, 李琪等 (2010) 植物物候与气候研究进展. *生态学报*, **30**, 447-454.
- [3] Chmielewski, F.M. and Rotzer, T. (2001) Response of tree phenology to climate change across Europe. *Agricultural and Forest Meteorology*, **108**, 101-112.
- [4] Menzel, A. (2000) Progress in phenology monitoring, data analysis, and global change impacts. Freising, Germany.
- [5] 郑景云, 葛全胜 (2002) 气候增暖对我国近 40 年植物物候变化的影响. *科学通报*, **47**, 1582-1587.
- [6] 陈效逵, 张福春 (2001) 近 50 年北京春季物候的变化及其对气候变化的响应. *中国农业气象*, **22**, 1-5.
- [7] 邹效孟 (1983) 农业物候学. 北京农业出版社, 北京.
- [8] Myneni, R.B., Keeling, C.D., Tucker, C.J., et al. (1997) Increased plant growth in the northern high latitudes from 1981 to 1991. *Nature*, **386**, 698-702.
- [9] Menzel, A. (2000) Trends in phenological phase in Europe between 1951 and 1996. *International Journal of Biometeorology*, **44**, 76-81.
- [10] Menzel, A. and Fabian, P. (1999) Growing season extended in Europe. *Nature*, **397**, 659.
- [11] 于淑秋 (2005) 近 50 年我国日平均气温的气候变化. *应用气象学报*, **16**, 787-793.
- [12] 刘普幸, 杨泉 (2012) 敦煌绿洲 1955 年至 2010 年胡杨年生长季对气候变化的响应. *Resources Science*, **34**, 566-571.
- [13] 张福春 (1995) 气候变化对中国木本植物物候的可能影响. *地理学报*, **50**, 402-409.
- [14] 李燕, 王志伟, 张建玲 (2012) 气候变暖对山西南部典型植物物候的影响. *中国农业气象*, **33**, 178-184.
- [15] 陈效裘 (2000) 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. *气象学报*, **58**, 726-737.
- [16] 张学霞, 葛全胜, 郑景云等 (2005) 近 150 年北京春季物候对气候变化的响应. *中国农业气象*, **26**, 263-267.
- [17] 常兆丰, 韩福贵, 仲生年 (2010) 民勤荒漠区 16 种植物物候持续日数及其积温变化. *生态学杂志*, **29**, 193-200.
- [18] 张新波, 任建茹, 张旦儿 (2001) 华北落叶松初级种子园物候观测的研究. *Journal of Forestry Research*, **12**, 201-204.

汉斯出版社为全球科研工作者搭建开放的网络学术中文交流平台。自2011年创办以来，汉斯一直保持着稳健快速发展。随着国内外知名高校学者的陆续加入，汉斯电子期刊已被450多所大中华地区高校图书馆的电子资源采用，并被中国知网全文收录，被学术界广为认同。

汉斯出版社是国内开源（Open Access）电子期刊模式的先行者，其创办的所有期刊全部开放阅读，即读者可以通过互联网免费获取期刊内容，在非商业性使用的前提下，读者不支付任何费用就可引用、复制、传播期刊的部分或全部内容。

