

# 青海车前草物候对气候变化的响应研究

祁如英<sup>1</sup>, 赵隆香<sup>2</sup> (1. 青海省气象信息中心, 青海西宁 810001; 2. 青海省西宁市气象局, 青海西宁 810001)

**摘要** 利用青海 10 个站区的 1990~2010 年的车前草物候期和同期的气象资料, 通过 SPSS 的相关分析、偏相关分析和回归方法, 对青海车前草物候及其对气候变化的响应进行研究, 结果表明, 青海复杂地形地貌下形成的小气候变化是影响青海车前草物候现象迟早和生育期长短的主要环境因子, 近 30 年青海气候变化尤其是气温显著升高、日照时数微弱减少是使得车前草物候萌动期提前、黄枯期推迟、生育期延长的主要气候影响因子。

**关键词** 车前草; 物候期; 气候变化; 响应; 青海

**中图分类号** S161 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2013)07-03025-02

## Response of Plantain Phenology to Climate Change in Qinghai

QI Ru-ying et al (Qinghai Province Climate Center, Xining, Qinghai 810001)

**Abstract** Using meteorological data in plantain phenology period and the same period in ten stations of Qinghai during 1990-2010, through SPSS relevant analysis, partial correlation analysis and regression method, the response of plantain phenology to climate change in Qinghai was studied. The results showed that small climate change formed by Qinghai complex terrain landforms is the main environment factor for influencing Qinghai plantain phenology phenomenon sooner or later and reproductive period length. In recent 30 years, Qinghai climate change especially temperature significantly rise, and sunshine duration weakly reduced are main influencing factors for plantain phenology germinating period advance, withering delay and growth period extension.

**Key words** Plantain; Phenology; Climate change; Response; Qinghai

物候变化是植物对全球气候变暖最敏感的响应, 是一个可以直接观察到的重要指标, 植物物候作为一种综合性响应指标, 能敏感地指示气候变化<sup>[1-2]</sup>。物候现象具有非常明显的季节性和地方性, 车前草 (*Plantago asiatica* L.) 是车前草科车前属多年生草本植物, 分布在青海高原各地, 随气候变暖青海不同地区的车前草物候现象也不同程度的发生着变化。由于自然物候常具有一定的时间性和地方性, 在研究气候变化时, 物候资料就成了气候变化研究所需的一个典型时空数据<sup>[3-5]</sup>。因物候在地理空间上的变化规律及其对气候变化响应还缺乏深入探讨<sup>[6-9]</sup>, 故开展青海高原纬度地区车前草物候现象对气候变化响应的研究, 了解青海高原复杂地形地势下形成的区域性小气候变化对草本物候影响的特征, 可为区域或更大空间尺度上气候变化及其保护生态影响评估等提供科学的参考依据。笔者利用青海 10 个站区的车前草物候期和同期的气象资料, 采用 SPSS 相关分析、偏相关分析和回归分析方法, 对青海车前草物候及其对气候变化的响应进行了研究。

### 1 资料与方法

**1.1 资料选取** 选取代表站 1981~2010 年的气象资料与同站点车前草物候资料, 且选青海省 10 个站(表 1)为表青海车前草生长分布区点。车前草物候期因青海复杂地形地势、海拔高度的高差悬殊(表 1), 又各站开展物候观测的开始年份差异较大, 物候观测资料最早的甘德站(1990 年开始观测), 资料最晚的兴海站(2000 年开始观测)。

**1.2 分析方法** 为更好地得出气候变化对车前草物候期影响的研究结果, 选车前草萌动、黄枯末期及生育期(萌动-黄

枯末的间隔日数)作为研究对象。将选用的 10 站车前草物候站点气候与物候观测资料利用 SPSS 的相关分析、偏相关分析和回归分析方法, 首先选出相关信度达 0.05 以上的气象要素, 将其进行偏相关分析, 最后筛选出相关性显著的气象要素进行研究。

表 1 青海省车前草观测站点基本信息及其萌动、黄枯末、生育期

| 站名  | 纬度<br>N | 经度<br>E | 海拔高度<br>m | 萌动期   | 黄枯<br>末期 | 生育期<br>d |
|-----|---------|---------|-----------|-------|----------|----------|
| 互助  | 36°49'  | 101°57' | 2 480.0   | 03-29 | 10-10    | 198      |
| 湟源  | 36°41'  | 101°15' | 2 675.0   | 04-01 | 10-25    | 207      |
| 共和  | 36°16'  | 100°37' | 2 835.0   | 04-03 | 10-30    | 211      |
| 门源  | 37°23'  | 101°37' | 2 850.0   | 04-07 | 10-20    | 196      |
| 海晏  | 36°54'  | 100°59' | 3 010.0   | 04-20 | 10-17    | 180      |
| 贵南  | 35°35'  | 100°44' | 3 120.0   | 04-03 | 10-23    | 204      |
| 兴海  | 35°35'  | 99°59'  | 3 323.2   | 04-16 | 10-14    | 181      |
| 河南  | 34°44'  | 101°36' | 3 500.0   | 04-21 | 10-02    | 165      |
| 甘德  | 33°58'  | 99°54'  | 4 050.0   | 04-25 | 09-25    | 153      |
| 曲麻莱 | 34°07'  | 95°48'  | 4 175.0   | 04-28 | 10-06    | 162      |

表 2 车前草物候期分区

| 区域(站名)              | 平均<br>萌动期   | 生育<br>期//d |
|---------------------|-------------|------------|
| I(互助、湟源、共和、门源、贵南)   | 03-25~04-10 | 198~215    |
| II(兴海、海晏、河南、甘德、曲麻莱) | 04-11~30    | 150~185    |

### 2 结果与分析

**2.1 车前草物候现象出现期的分布** 从表 1、2 可知, 车前草萌动期物候现象 I 区比 II 区的出现早、生育期长, 其中除贵南和海晏外, 其余萌动期海拔在 2 480~2 850 m 出现在 4 月 10 日前、海拔在 3 323~4 175 m 出现在 4 月 11~30 日; 黄枯末期出现顺序 35°N 以下在 9 月 25 日~10 月 10 日, 35°N 以上在 10 月 11~30 日。说明因青海地形地貌复杂形成的小气候条件是车前物候期出现迟早顺序较特殊且生育期长短相差大近 2 个月的主要原因。

**基金项目** 青海省气象局 2012 年度气象科研项目立项“青海农气物候观测数据控制及应用研究”。

**作者简介** 祁如英(1963-), 女, 青海湟中人, 高级工程师, 从事农业、生态气象应用研究, E-mail: qrying@sina.com。

**收稿日期** 2013-03-11

**2.2 近 30 年青海省气候变化特点** 分析近 30 年青海省 10 个站点 1~3、1~9 月光热水变化趋势(图 1)发现,近 30 年青海省日照时数呈线性微弱的变化,1~3、1~9 月的线性方程分别是  $Y_{1-3} = 0.047 2X + 217.54 (r = 0.01)$ 、 $Y_{1-9} = -0.135 9X + 200.61 (r = 0.16)$ ,均未通过信度检验。平均温度呈线性极显

著的升高趋势,1~3、1~9 月的线性方程分别是  $Y_{1-3} = 0.071 3X + 8.47 (r = 0.57)$ 、 $Y_{1-9} = 5.971 1X + 250.78 (r = 0.75)$ ,分别通过 0.01、0.001 信度检验。降水变化趋势不明显,1~3、1~9 月的线性方程分别是  $Y_{1-3} = -0.022 5X + 16.58 (r = 0.01)$ 、 $Y_{1-9} = 0.166 2X + 417.99 (r = 0.01)$ ,均未通过信度检验。

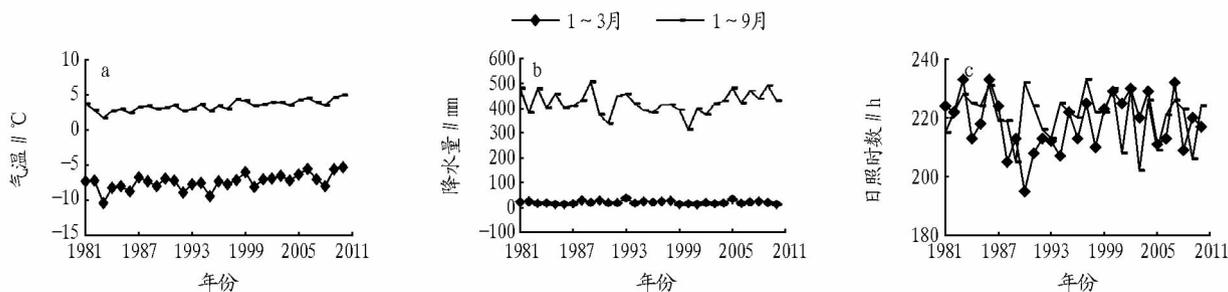


图 1 1981~2010 年青海省平均气温(a)、降水量(b)和平均日照时数(c)变化

### 2.3 车前草物候现象对气候变化的响应

**2.3.1 萌动期。**萌动期与 1~3 月平均气温除湟源呈弱的正相关外,其余 9 站均呈负相关,且曲麻莱、海北、互助 3 站呈显著负相关,即冬春季车前草萌动期绝大部分地区随气温升高 1℃ 而提早 1~11 d,湟源推迟 6 d,其原因是湟源的降水量、日照时数变化不明显,气温升高显著,造成土壤干旱,导致萌动期推迟。萌动期对 1~3 月降水响应不明显,其中门源、甘德、互助偏多 10 mm,推迟 1~2 d,其原因是这 3 站降水量变化不明显,日照时数均微弱增加,气温升高显著,造成冬季土壤失墒导致萌动期推迟;其余站偏多 10 mm,提早 1~5 d。萌动期对 1~3 月日照时数变化的响应不明显。

**2.3.2 黄枯期。**黄枯期与 1~9 月平均气温除互助呈负相关显著外,其余 9 站均呈正相关,即 1~9 月车前草黄枯期绝大部分地区随气温升高 1℃ 而推迟 2~10 d,互助提早 2 d,其原因是互助站降水量、日照时数变化不明显,气温升高显著,造成土壤干旱,导致黄枯期提前;黄枯期对 1~9 月降水响应不明显,各站区偏多 10 mm,推迟 1~3 d,其原因是各站降水量变化偏多,日照时数微弱减少,气温升高显著,增加土壤墒情导致黄枯期推迟;黄枯期对 1~9 月日照时数变化的响应,除互助、海南外,其余均随日照时数的减少而减少,日照时数减少 10 h,黄枯期推迟 2~14 d,这是日照时数呈弱的下降变化趋势所致。

**2.3.3 生育期。**生育期对 1~9 月平均气温的响应除湟源、互助随气温升高 1℃ 而缩短 1~3 d(气温升高,加大了土壤水分蒸发,致使土壤墒情差,导致黄枯期提前)外,其余当气温升高 1℃ 其生育期延长 2~4 d;1~9 月降水量偏多 10 mm 使生育期延长 1~5 d;1~9 月日照时数减少 10 h,生育期延长 1~2 d。

**2.4 物候现象的应用** 依据各地车前草萌动、展叶期、黄枯期物候现象的预测值模型(表略),得出萌动、展叶期、黄枯期预测值,再结合木本植物物候经过修整可定出旅游开始、结束大致时期。以 2010 年门源预测模型为例,①萌动期。  $Y = -16.894 + 0.169X_1 - 0.181X_2 - 3.254X_3 (F = 6.47, R =$

$0.53)$ ,式中, $X_1$ 、 $X_2$ 、 $X_3$  分别为 1~3 月降水量、日照时数和平均气温。2010 年萌动期预测值为 32 d,与实测值吻合,即 2010 年门源萌动期为 4 月 1 日。用车前草萌动期与小叶杨芽开放期的关系式  $Y = 0.57X + 10 (R = 0.59)$  得出 2010 年小叶杨开放期 4 月 28 日,比实际值晚 2 d,预测值修订后在 4 月 25~30 日可开始外出旅游。②黄枯期。  $Y = 110.416 - 0.316X_1 + 0.755X_2 + 5.685 - 0.707X_4 (F = 14.60, R = 0.61)$ ,式中, $X_1$ 、 $X_2$ 、 $X_3$  分别为 1~9 月降水量、日照时数和平均气温, $X_4$  为萌动期。2010 年黄枯期预测值为 91 d,实测值 92 d,即 2010 年门源黄枯期为 11 月 1 日。③展叶普期。  $Y = -10.100 - 0.183X_1 - 5.400X_2 (F = 7.86, R = 0.61)$ ,式中, $X_1$  为 1~3 月降水量, $X_2$  为 1~3 月平均气温。2010 年展叶普期预测值为 19 d,实测值 22 d,即 2010 年门源展叶普期为 4 月 19 日。利用车前草展叶普期与小叶杨叶全变期的关系式  $Y = -0.54X + 60 (R = 0.67)$ ,得出 2010 年小叶杨全变期 10 月 19 日,比实际值早 1 d,预测值修订后在 10 月 15~20 日可结束外出旅游。

### 3 小结与讨论

(1) 青海复杂的地形地貌下形成的小气候效应是车前草物候现象的分布出现顺序较特殊和生育长短各异的主要原因。

(2) 近 30 年青海气温呈显著的升高变化趋势,降水变化趋势不明显,日照时数呈微弱的减少变化趋势,是车前草萌动期提前、黄枯期推迟、生育期延长的主要原因。

(3) 车前草物候期对气候变化的响应,绝大部分地区的车前草萌动期当 1~3 月气温升高 1℃ 而提早 1~11 d,对降水量和日照时数响应微弱且各地各异;黄枯期当 1~9 月气温升高 1℃ 而推迟 2~10 d,当日照时数的减少 10 h,黄枯期推迟 1~2 d,对降水响应不明显;生育期当气温升高 1℃ 延长 2~4 d,1~9 月降水量偏多 10 mm 时延长 1~5 d,1~9 月日照时数减少 10 h 延长 1~2 d。

(4) 应用草本车前草物候结合木本小叶杨物候期可预测当地旅游期的方法模型有待于进一步的研究。

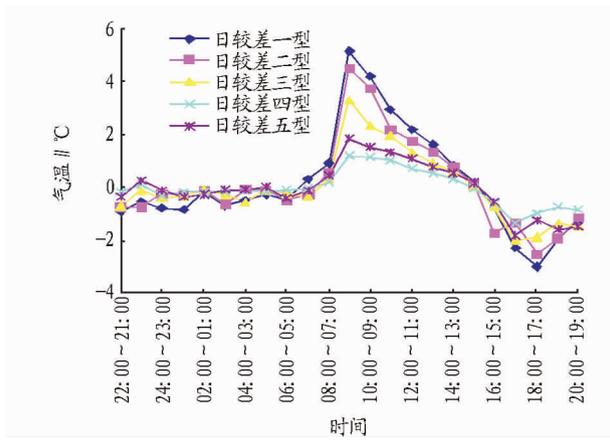


图1 2006~2012年1月不同气温日较差范围内逐时温度变化幅度

表1 最终聚类中心间的距离

| 聚类 | 1      | 2     | 3     | 4      | 5     |
|----|--------|-------|-------|--------|-------|
| 1  |        | 2.995 | 6.141 | 12.630 | 9.610 |
| 2  | 2.995  |       | 3.146 | 9.635  | 6.615 |
| 3  | 6.141  | 3.146 |       | 6.489  | 3.469 |
| 4  | 12.630 | 9.635 | 6.489 |        | 3.020 |
| 5  | 9.610  | 6.615 | 3.469 | 3.020  |       |

2.2.2 计算各级日较差对应的逐小时温度变化值。由2006~2012年1月份逐日逐时温度统计出各型日较差所对应的逐小时温度气候变化值(表2),根据数值预报做出的最高、最低温度值,可得到预报日所对应的日较差,将预报日的日较差与已经得到的5个日较差分型比较,可知道预报日的日较差分型,然后对照表2,得到相应日较差分型下的逐时温度变化值。

2.2.3 确定预报逐时气温的日界。地面观测规范以20:00~次日20:00为日界,逐时气温预报方法确定白天到夜间(08:00~次日08:00)、夜间到次日白天(20:00~次日20:00)2种时段的日界。当预报白天到夜间逐时气温时,选08:00气温观测值作为起报的初值因子;预报夜间到次日白天逐时气温时,选20:00气温观测值作为起报的初值因子。为了资料整理不繁琐,以21:00作为起报时刻来分析。

2.2.4 逐时气温预报值的计算。计算出逐时气温的1h气候变量后,由数值预报做出的次日日最高气温与最低气温确定日较差。预报时刻的气温值用起报时刻气温观测值与逐时气温变化值的序列累加,就可依次计算出逐时气温值,其计算公式为  $T_k = T_0 + \sum_{j=1}^k \Delta t_{ij}$  ( $j=1,2,3,\dots,23$ ), 式中,  $T_k$  为逐

表2 5类气温日较差分型对应的逐时温度变化值 °C

| 时间          | 第1类   | 第2类   | 第3类   | 第4类   | 第5类   |
|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 22:00~21:00 | -0.95 | -0.74 | -0.71 | -0.16 | -0.37 |
| 23:00~22:00 | -0.56 | -0.75 | -0.13 | 0.10  | 0.25  |
| 24:00~23:00 | -0.78 | -0.24 | -0.43 | -0.30 | -0.13 |
| 01:00~00:00 | -0.83 | -0.33 | -0.33 | -0.16 | -0.37 |
| 02:00~01:00 | -0.18 | -0.11 | -0.08 | -0.17 | -0.27 |
| 03:00~02:00 | -0.72 | -0.66 | -0.29 | -0.20 | -0.08 |
| 04:00~03:00 | -0.53 | -0.08 | -0.57 | -0.11 | -0.07 |
| 05:00~04:00 | -0.27 | -0.14 | -0.13 | -0.18 | 0.01  |
| 06:00~05:00 | -0.53 | -0.50 | -0.21 | -0.11 | -0.40 |
| 07:00~06:00 | 0.28  | -0.29 | -0.35 | -0.06 | -0.11 |
| 08:00~07:00 | 0.90  | 0.57  | 0.30  | 0.21  | 0.42  |
| 09:00~08:00 | 5.16  | 4.48  | 3.30  | 1.20  | 1.86  |
| 10:00~09:00 | 4.22  | 3.75  | 2.30  | 1.13  | 1.54  |
| 11:00~10:00 | 2.92  | 2.16  | 1.95  | 0.99  | 1.33  |
| 12:00~11:00 | 2.16  | 1.77  | 1.35  | 0.72  | 1.09  |
| 13:00~12:00 | 1.60  | 1.34  | 0.92  | 0.51  | 0.78  |
| 14:00~13:00 | 0.81  | 0.76  | 0.59  | 0.31  | 0.54  |
| 15:00~14:00 | 0.21  | 0.11  | 0.05  | -0.05 | 0.14  |
| 16:00~15:00 | -0.74 | -1.74 | -0.72 | -0.62 | -0.58 |
| 17:00~16:00 | -2.28 | -1.34 | -2.02 | -1.35 | -1.82 |
| 18:00~17:00 | -2.99 | -2.52 | -1.89 | -0.99 | -1.28 |
| 19:00~18:00 | -1.92 | -1.91 | -1.37 | -0.76 | -1.60 |
| 20:00~19:00 | -1.30 | -1.19 | -1.51 | -0.85 | -1.48 |

时气温预报值,  $T_0$  为起报时刻气温观测值。

2.3 预报结果检验 为了检验预报方法的可用性,以2013年1月份21:00的观测值为初始温度,根据预报的日较差的分类,预报前1天22:00到第2日20:00的温度,检验结果发现预报温度与实际温度偏差在0°C左右的占18.50%,偏差<1°C左右的累计占36.7%,偏差<2°C左右的累计占60.8%。由此可见,该方法对预报逐时温度具有一定的参考价值。

3 小结与讨论

应用日较差的分级客观地预报逐时温度,当连续出现比较稳定的天气时,地面逐时气温预报准确率较高,而在一日内遇有突发性天气出现时气温预报误差较大,反映出统计方法的固有缺陷。随着样本的增加及引入其他的影响因子,将进一步提高其稳定性与准确率。

参考文献

[1] 黄嘉佑. 气象统计分析与预报方法[M]. 3版. 北京:气象出版社,2004.  
 [2] 张强. 统计方法讲座——(三)显著性差异[J]. 气象,1977(7):26-29.

(上接第3026页)

参考文献

[1] 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.  
 [2] 蒋菊芳,王鹤龄,魏育国,等. 河西走廊东部不同类型植物物候对气候变化的响应[J]. 中国农业气象,2011,32(4):543-549.  
 [3] 李静,王秀珍. 浙江省自然物候空统计分析[J]. 杭州师范大学学报:自然科学版,2012,11(2):107-114.  
 [4] 陆壹. 车前草研究述论[J]. 南阳师范学院学报,2011,10(6):58-62.

[5] 宛敏渭. 中国自然历编[M]. 北京:科学出版社,1986-1987:1-125.  
 [6] 王植,刘世荣. 全球环境变化对植物物候的影响[J]. 沈阳农业大学学报:社会科学版,2007,9(3):350-353.  
 [7] 史彩霞,李耀先,李莉,等. WEB和GIS的“自然物候与气候变化关系的研究”系统平台的设计与开发[J]. 安徽农业科学,2012,40(1):1-4.  
 [8] 丁抗抗,高庆先,李辑. 我国植物物候变化及对气候变化的响应综述[J]. 安徽农业科学,2010,38(14):7414-7417.  
 [9] 祁如英,严进瑞,王启兰. 青海车前草物候变化及其对气候变化的响应[J]. 中国农业气象,2006,27(1):41-45.