

气候变暖对青海高原地区植物物候期的影响

李红梅¹⁾ 马玉寿²⁾ 王彦龙²⁾

¹⁾(青海省气候中心, 西宁 810001) ²⁾(青海大学畜牧兽医科学院, 西宁 810001)

摘 要

将青海高原划分为东部农业区、环青海湖区、三江源区和柴达木盆地 4 个地区, 根据 1983—2007 年各个地区气象站所观测的气象资料, 利用统计学方法, 分析了不同地区植物物候期对气候变化的响应。结果表明: 东部农业区、环青海湖区、三江源区和柴达木盆地年平均气温均呈上升趋势。在气候变暖背景下, 东部农业区、环青海湖区、三江源区植物返青普遍期呈提前趋势, 柴达木盆地返青普遍期呈推迟趋势, 4 个地区黄枯普遍期均呈延迟趋势, 植物生长季延长。年降水量各地变化趋势不同, 年降水量和阶段降水对植物生长关键期的变化有一定影响, 但与气温相比其影响相对较小。

关键词: 气候变暖; 青海高原; 物候

引 言

物候是指示气候与自然环境变化的重要指标, 是季节节奏的宏观、综合体现, 其变化特征反映了过去一段时间气候条件的积累对植物生长、发育的综合影响^[1-4]。植物物候节律与气候等环境因子密切相关^[5-6], 全球气候变暖势必对植物物候产生深刻影响, 因此关于物候对气候变化响应的研究正成为一个新的热点领域^[7]。最新研究表明^[8]: 由于气候变暖, 20 世纪 80 年代以后, 欧洲的许多物候现象发生了明显变化, 春季物候期提前, 秋季物候期推迟, 植物生长季节延长。目前由于全球变暖带来的气温、降水、光照等气候要素变化, 对植物物候期已造成显著影响^[9-12]。目前植物物候对气候的响应研究主要集中在春、秋季物候和生长季对气候变化的响应方面^[13-18], 考虑的气象要素有温度、水分和日照等, 其中以温度讨论居多, 研究结果不尽相同。

青海省位于青藏高原东北部, 对全球气候变暖的响应比较敏感, 是气候变化敏感区, 也是全球气候变化的放大器。政府间气候变化专门委员会 (IPCC) 第 4 次评估报告预测, 从现在开始到 2100 年, 全球平均气温将升高 1.8~4.0 °C。目前全球气候变化已经成为不容置疑的事实。本文将青海省划分为东部农业区、环青海湖地区、三江源地区和柴达木盆地 4 个地区, 在这 4 个地区分别选取有代表性的站点湟源县、门源县、曲麻莱县、德令哈市进行植物物候期对气候变化的相应研究。

1 资料来源

选取青海省湟源县、门源县、曲麻莱县和德令哈市气象站所观测的植物返青普遍期、开花普遍期和黄枯普遍期资料, 以及这 4 个气象站所观测的相同时段的月平均气温和月降水量资料。各站点的地理位置及气候特征如表 1 所示。

表 1 不同站点的地理位置及气候特征

Table 1 Geographical position and climate characteristics in different station

站点	纬度	经度	海拔/m	年平均气温/°C	年降水量/mm	序列长度	代表性植物
湟源	36.68°N	101.23°E	2634.3	3.1	407.7	1983—2007 年	车前
门源	37.38°N	101.62°E	2850.0	0.8	522.4	1987—2007 年	车前
曲麻莱	34.13°N	95.78°E	4175.0	-2.2	407.0	1997—2007 年	车前
德令哈	37.37°N	97.37°E	2981.5	4.0	182.3	1987—2007 年	野生冰草

2 结果分析

2.1 气候变化特征

利用一次线性方程来定量描述各个物理量的变化趋势:

$$y = a_0 + a_1x, \quad (1)$$

则趋势变率方程为 $dy/dx = a_1$, 将 a_1 称作倾向率, 式(1)中的系数可用最小二乘法或经验正交多项式来确定。

2.1.1 年平均气温变化特征

利用式(1)分析湟源县 1983—2007 年、门源县

1987—2007 年、曲麻莱县 1997—2007 年、德令哈市 1987—2007 年的年平均气温变化规律, 结果表明: 这 4 个地区年平均气温均呈上升趋势, 气温变化倾向率分别为 $0.61^\circ\text{C}/10\text{ a}$, $0.59^\circ\text{C}/10\text{ a}$, $1.52^\circ\text{C}/10\text{ a}$, $0.62^\circ\text{C}/10\text{ a}$, 可以看出在分析时段内, 位于三江源区的曲麻莱县升温幅度最大, 其次为柴达木盆地的德令哈市和东部农业区的湟源县, 环青海湖区的门源县升温幅度最小。4 个地区四季平均气温变化趋势不尽相同(如表 2 所示), 东部农业区和环青海湖地区夏季升温率最大, 而三江源区和柴达木盆地冬季升温率最明显。

表 2 4 个地区全年和四季平均气温变化趋势(单位: $^\circ\text{C}/10\text{ a}$)

Table 2 Change tendency of annual and seasonal mean temperature in four regions (unit: $^\circ\text{C}/10\text{ a}$)

地区	春季	夏季	秋季	冬季	全年	复相关系数
东部农业区	0.63	0.77	0.46	0.61	0.61	0.566**
环青海湖区	0.73	0.75	0.50	0.36	0.59	0.442**
三江源区	0.62	1.67	1.58	2.21	1.52	0.510*
柴达木盆地	0.71	0.51	0.50	0.77	0.62	0.514**

注:复相关系数是指年平均气温变化趋势的复相关系数; **表示达到 0.01 的显著性水平, *表示达到 0.05 的显著性水平。

2.1.2 年降水量变化特征

利用式(1)来分析湟源县 1983—2007 年、门源县 1987—2007 年、曲麻莱县 1997—2007 年、德令哈市 1987—2007 年的年降水量变化规律, 结果表明: 各地降水量变化趋势和变化幅度不尽相同, 其中环青海湖区的门源县年降水量呈下降趋势, 倾向率为 $-11.58\text{ mm}/10\text{ a}$, 三江源区的曲麻莱县、柴达木盆

地的德令哈市和东部农业区的湟源县年降水量呈增加趋势, 倾向率分别为 $107.37\text{ mm}/10\text{ a}$, $12.95\text{ mm}/10\text{ a}$ 和 $0.86\text{ mm}/10\text{ a}$, 但上述 4 个地区年降水量变化趋势均未通过显著性检验。4 个地区四季节降水量变化趋势除夏季外其余三个季节基本相同, 4 个地区春季降水量呈下降趋势, 而秋季和冬季降水量呈增加趋势, 其中秋季增长率较大(表 3)。

表 3 4 个地区全年和四季降水量变化趋势(单位: $\text{mm}/10\text{ a}$)

Table 3 Change tendency of annual and seasonal precipitation in four regions (unit: $\text{mm}/10\text{ a}$)

地区	春季	夏季	秋季	冬季	全年	复相关系数
东部农业区	-6.63	-8.56	15.64	0.41	0.86	0.0007
环青海湖区	-9.93	-19.21	15.82	1.74	-11.58	0.0073
三江源区	-3.55	99.46	11.18	0.28	107.37	0.3470
柴达木盆地	-6.66	8.39	9.31	1.91	12.95	0.0159

2.2 植物物候期对气候变化的响应

2.2.1 植物物候期变化特征

在当前气候变化背景下, 青海省不同地区的植物各个物候期都发生了不同变化, 对东部农业区、环青海湖地区、三江源地区和柴达木盆地 4 个地区的返青普遍期、开花普遍期、黄枯普遍期进行了趋势倾向率分析(表 4)。从表 4 可以看出, 气候变暖后, 除柴达木盆地返青普遍期有所推迟外, 其余地区物候期的变化趋势大致相同, 都是返青普遍期和开花普

遍期提前, 黄枯普遍期推迟, 受返青期和黄枯期变化的影响, 东部农业区、环青海湖区和三江源地区的生

表 4 4 个地区植物物候期变化趋势(单位: $\text{d}/10\text{ a}$)

Table 4 Change tendency of plant phenology in four regions (unit: $\text{d}/10\text{ a}$)

地区	返青普遍期	开花普遍期	黄枯普遍期
东部农业区	-8.6	-3.2	6.5
环青海湖区	-10.5	-7.8	16.2
三江源区	-9.8	-1.7	6.6
柴达木盆地	8.2	-10.9	6.2

长季得到了延长。

2.2.2 植物物候期对气候变化的响应

分析4个地区不同植物物候期与年平均气温和年降水量的相关关系(表5),从表5中可以看出,年平均气温与青海各地植物的返青普遍期和黄枯普遍期存在着较好的相关性,由于影响植物开花期的因素众多,植物开花除受气温和降水影响外,还受日照时数、风速等条件的影响,因此除环青海湖地区外,其余地区开花普遍期与年平均气温的相关性不大。

各地年降水量变化对植物物候期的影响虽没有气温影响明显,但经分析发现在植物生长关键期,年降水量和阶段降水对植物物候期变化也产生了一定影响。三江源地区年降水量与植物返青期、东部农业区年降水量与开花普遍期的相关系数分别为-0.64和-0.41,达到0.05的显著性水平;柴达木盆地年降水量与开花普遍期的相关系数为0.57,达到0.01的显著性水平;三江源地区上年度降水量的多少对当年植物返青期的早晚影响很大,二者的相关系数为-0.77,达到0.01的显著性水平。植物不同物候期与阶段降水也存在一定的关系,环青海湖地区4—9月降水量与当地植物黄枯期的相关系数为0.45,达到0.05的显著性水平;柴达木盆地秋季降水量与当地植物黄枯期存在很好的正相关关系,相关系数为0.45,达到0.05的显著性水平。通过上述分析发现,气候变暖背景下,降水量的增加有利于植物提前返青,黄枯普遍期推后,降水量的增多有利于植物生长季的延长。

东部农业区、环青海湖区和三江源区的返青普遍期随着气温的升高而提前,在各个地区所分析的

时段内分别提前了22 d,23 d和11 d,这些地区植物物候期的提前主要由于冬季和春季气温升高,加之上年度土壤封冻前的秋季降水量增加,土壤封冻后所蒸发的水分减少,使土壤能够保持较好的墒情,有利于来年土壤解冻后植物的返青。柴达木盆地气候干燥,年平均气温较高,年降水量较少,近年来随着气温的不断上升,降水量虽略有增加,但不能弥补由于气温升高造成的蒸发加剧,而植物在返青期除对温度有一定要求外,在很大程度上还受限于土壤的墒情,因此柴达木盆地气温增高对植物的返青造成了一定得负面影响,使返青期推迟。上述4个地区返青普遍期与年平均气温变化如图1所示。

东部农业区、环湖区、三江源区和柴达木盆地的黄枯普遍期对气候变暖的响应均呈推迟趋势,在分析时段内分别推迟了17,35,8 d和13 d。这4个

表5 不同地区植物物候期与气象因子的相关关系

Table 5 The correlation between plant phenology and meteorological factors

物候期	地区	年平均气温/°C	年降水量/mm
返青普遍期	东部农业区	-0.53**	0.047
	环青海湖区	-0.56**	-0.068
	三江源区	-0.65*	-0.64*
	柴达木盆地	0.44*	0.18
开花普遍期	东部农业区	-0.214	-0.404*
	环青海湖区	-0.549**	-0.085
	三江源区	-0.016	-0.217
	柴达木盆地	-0.040	-0.567**
黄枯普遍期	东部农业区	0.51**	-0.076
	环青海湖区	0.62**	0.192
	三江源区	0.75**	0.310
	柴达木盆地	0.49*	0.187

注:**表示达到0.01的显著性水平,*表示达到0.05的显著性水平。

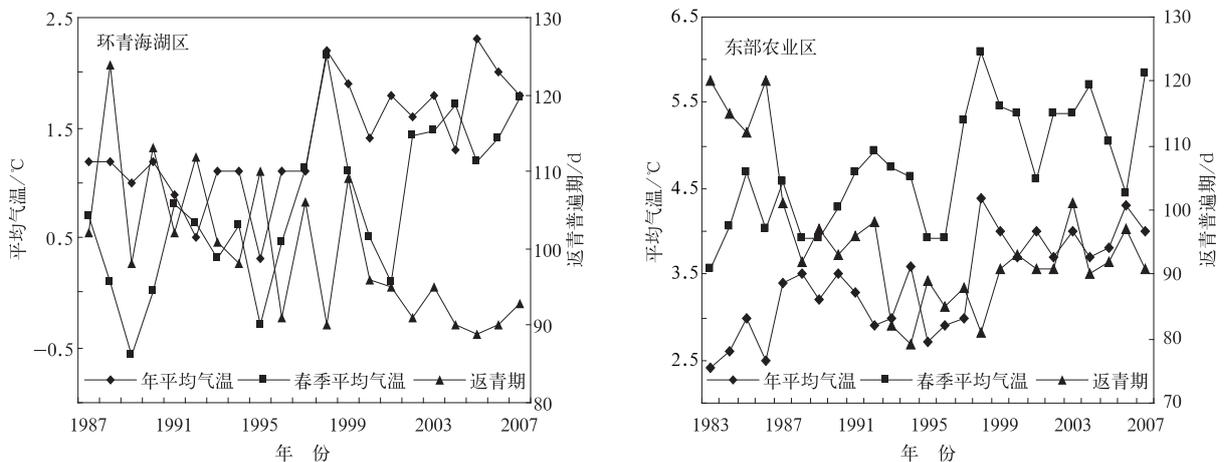
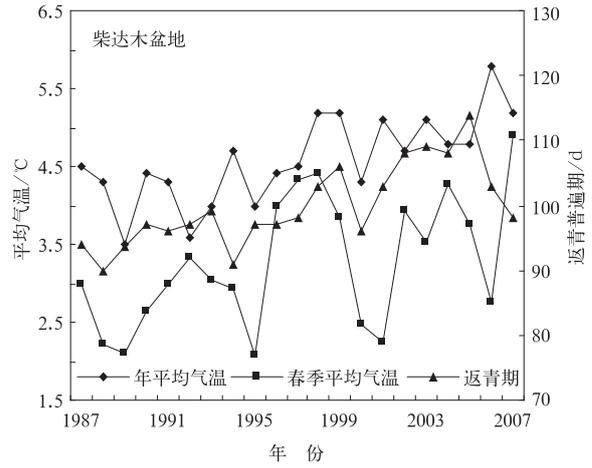
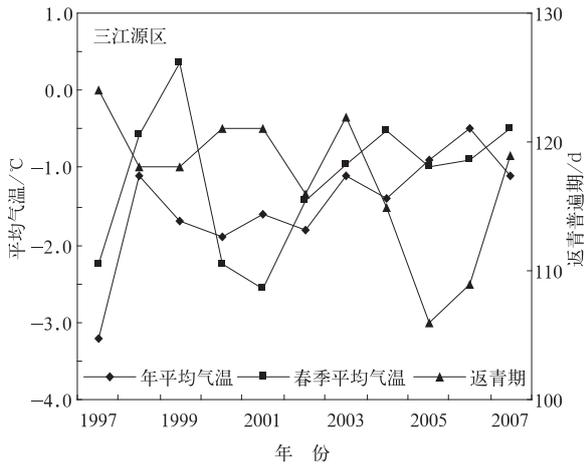


图1 4个地区返青普遍期、年平均气温和春季平均气温变化图

Fig. 1 The change of turning green with annual and spring mean temperature in four regions



续图 1

地区植物黄枯普遍期推迟的原因众多,但从对气候变化的响应方面来说,主要是由于在青海地区降水主要集中在夏、秋两季,而在这 4 个地区秋季降水量都呈增多趋势,另一方面夏、秋季节正是植物生长茂

盛期,有利于土壤水分保持,加之气温也呈升高趋势,因此有利的气象条件使植物的生长季得到了延长。上述 4 个地区返黄枯普遍期与年平均气温变化如图 2 所示。

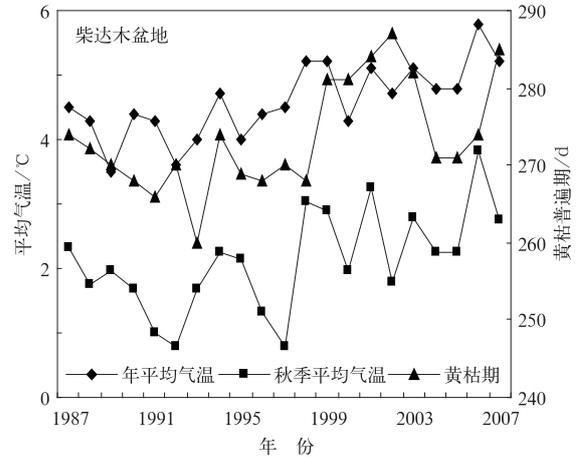
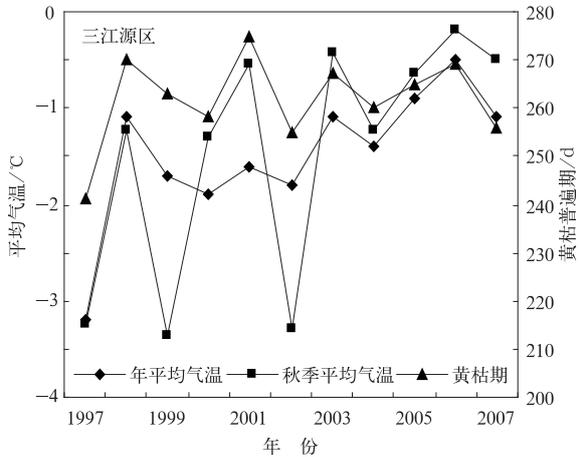
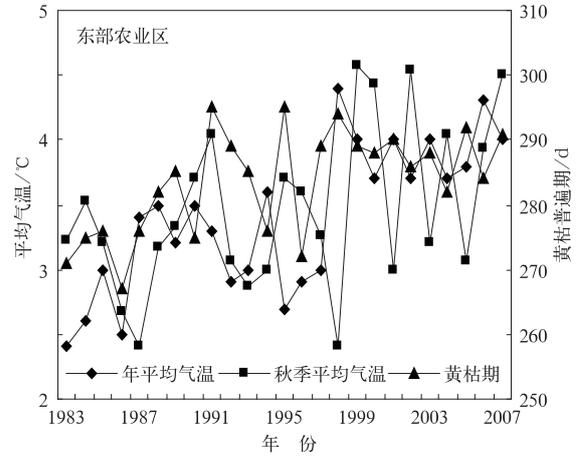
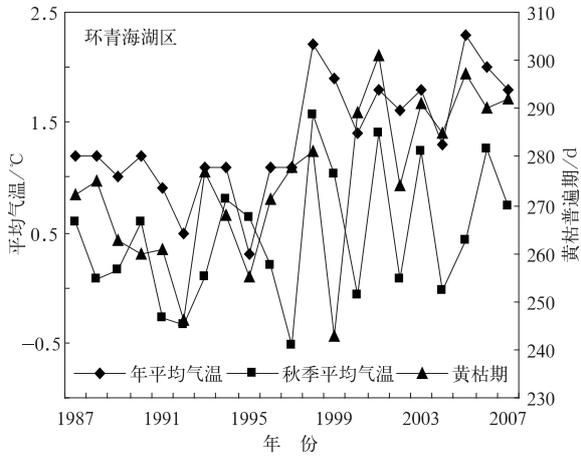


图 2 4 个地区黄枯普遍期、年平均气温和秋季平均气温变化图

Fig. 2 The change of yellow stage with annual and autumn mean temperature in four regions

3 结论与讨论

1) 青海高原的东部农业区、环青海湖区、三江源区和柴达木盆地 4 个地区年平均气温均呈显著上升趋势。环青海湖区的门源县年降水量呈下降趋势,三江源区的曲麻莱县、柴达木盆地的德令哈市和东部农业区的湟源县年降水量呈增加趋势,但变化趋势并不显著。

2) 除柴达木盆地返青普遍期有所推迟外,其余地区物候期的变化趋势大致相同,都是返青普遍期和开花普遍期提前,黄枯普遍期推迟。

3) 4 个地区植物返青普遍期和黄枯普遍期的变化趋势与年平均气温的变化趋势存在很好的相关性,年降水量与阶段性降水对植物生长关键期的变化有一定影响,但没有气温影响明显。

由于这 4 个地区开始观测植物物候期的时间不同,且所观测的代表性植物不同,因此在分析时 4 个地区之间没有可比性,只能反映各个地区植物物候期的年代际变化趋势。

参考文献

- [1] 竺可桢. 中国近 5000 年来气候变迁的初步研究. 中国科学, 1973(1):168-189.
- [2] 张福春. 物候. 北京:气象出版社,1985:47-80.
- [3] 张福春. 气候变化对中国木本植物物候的可能影响. 地理学报,1995,50(5):402-410.
- [4] 陈效述,张福春. 近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,2001,22(1):1-5.
- [5] Snyder L, Spano D, Duce P. Temperature data for phenological models. *Int J Biometeorol*, 2001, 45(4):178-183.
- [6] Ge Quansheng, Zheng Jingyun, Zhang Xuexia, et al. Study of Chinese climate and phenology change in past 40 years. *Progr Nat sci*, 2003,13(10):1048-1053.
- [7] Fang Xiuqi, Yu Weihong. Progress in the studies on the phenological responses to global warming. *Adv Earth Sci*, 2002,17(5):714-919.
- [8] 杨国栋, 陈效述. 论自然景观的季节节奏. 生态学报, 1998, 18(3):234-240.
- [9] 陆佩玲, 于强. 植物物候对气候变化的响应. 生态学报, 2006, 26(6):923-929.
- [10] Penuelas J, Filella I. Phenology responses to a warming world. *Science*, 2001, 294 (5543):793-794.
- [11] 王谋, 李勇, 黄润秋, 等. 气候变暖对青藏高原腹地高寒植被的影响. 生态学报, 2005, 25(6):1275-1281.
- [12] Menzel A, Favian P. Growing season extended in Europe. *Nature*, 1999, 397:659.
- [13] Kramer K, Leinonen I, Loustau D. The importance of phenology for the evaluation of impact of climate change on growth of boreal, temperate and Mediterranean forests ecosystems: An overview. *International Journal of Biometeorology*, 2000, 44 (2): 67-75.
- [14] Neil K, Wu J G. Effects of urbanization on plant flowering phenology: A review. *Urban Ecosyst*, 2006, 9(3): 243-257.
- [15] 温刚, 符淙斌. 中国东部季风区植被物候季节变化对气候响应的大尺度特征. 气候与环境研究, 2001, 6(1):1-10.
- [16] 除多, 德吉央宗, 普布次仁, 等. 西藏藏北高原典型植被生长对气候要素变化的响应. 应用气象学报, 2007, 18(6):832-839.
- [17] 高永刚, 顾红, 姬菊枝, 等. 近 43 年来黑龙江气候变化对农作物产量影响的模拟研究. 应用气象学报, 2007, 18(4):532-538.
- [18] 杜军. 藏北牧草青草期的气候变化特征分析. 应用气象学报, 2006, 17(1):29-36.

Influences of Climate Warming on Plant Phenology in Qinghai Plateau

Li Hongmei¹⁾ Ma Yushou²⁾ Wang Yanlong²⁾

¹⁾ (*Qinghai Climate Center, Xining 810001*)

²⁾ (*Academy of Animal and Veterinary Science, Qinghai University, Xining 810001*)

Abstract

Long period data observed at selected meteorological stations are analyzed to investigate the response of plant phenology to climate warming in Qinghai Plateau. The Plateau is divided into eastern agriculture region, around Qinghai Lake region, source of three rivers and Qaidam Basin, with their representative areas of Huangyuan, Menyuan, Qumalai and Delingha, and the analysis period is 1983—2007, 1987—2007, 1997—2007 and 1987—2007 respectively. Monthly and annual mean temperature, precipitation, plant development period and other related data are analyzed statistically, showing that annual temperature increases in all of the 4 regions with the ratio of 0.61°C/10 a, 0.59°C/10 a, 1.52°C/10 a, 0.62°C/10 a respectively. Annual precipitation of around Qinghai Lake region shows a decreasing trend, and the value is -11.58 mm/10 a. Annual precipitation of eastern agriculture region, source of three rivers and Qaidam Basin increases by 0.86 mm/10 a, 107.37 mm/10 a and 12.95 mm/10 a respectively. The date of turning green in Qaidam Basin region has delayed by 8.2 d, but in eastern agriculture region, around Qinghai Lake region and source of three rivers it is 8.6 d, 10.5 d and 9.8 d earlier than before. In these 4 regions the flowing stage are respectively 3.2 d, 7.8 d, 1.7 d and 10.9 d earlier. The yellow stage is respectively 6.5 d, 16.2 d, 6.6 d and 6.2 d later, so the plant growth stage is extended in the eastern agriculture region, around Qinghai Lake region and the source of three rivers, but the plant growth stage is shortened a little in Qaidam Basin. The changing tendency of turning green data and yellow stage is found well correlated with annual mean temperature. There are many factors affecting the flowing of plant, so the correlation between plant flowing and mean annual temperature is less significant. The annual precipitation and stage precipitation have some influences on key periods of plant growing, but the influences are less important compared with the temperature.

Key words: climate warming; Qinghai Plateau; phenology