

王建兵,汪治桂. 玛曲草地垂穗披碱草物候变化及影响因子. 应用气象学报, 2011, 22(4): 493-497.

# 玛曲草地垂穗披碱草物候变化及影响因子

王建兵<sup>1)2)</sup>\* 汪治桂<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>(中国气象局兰州干旱气象研究所,甘肃省干旱气候变化与减灾重点实验室,兰州 730020)

<sup>2)</sup>(甘肃省甘南州气象局,合作 747000)

## 摘 要

通过对 1985—2005 年玛曲草地垂穗披碱草(*Elymus nutans*)物候变化及其影响因子分析,发现玛曲草地垂穗披碱草返青期略有推迟的趋势,推迟趋势为 1.6 d/10 a,而抽穗、开花、种子成熟、黄枯等物候期均呈提前趋势,特别是抽穗、开花、种子成熟期明显提前,提前趋势分别为 4.9 d/10 a, 8.0 d/10 a, 13.9 d/10 a。影响玛曲草地垂穗披碱草返青期推迟的主要因子是秋季降水量减少,夏季气温升高是导致玛曲草地垂穗披碱草抽穗、开花、种子成熟期提前的主要原因,秋季暖干化趋势是导致黄枯期提前的主要原因。

**关键词:** 玛曲草地; 垂穗披碱草; 物候变化; 影响因子

## 引 言

玛曲县位于甘肃省西南部,地处青藏高原东北部,是黄河径流的主要汇集区和黄河源头至上游的重要水源涵养和补给区,黄河在玛曲县境内干流长约 433 km,境内流域面积达  $1.019 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。黄河吉迈(径流量为  $38.91 \times 10^8 \text{ m}^3$ )至玛曲(径流量为  $147 \times 10^8 \text{ m}^3$ )段径流量增加  $108.1 \times 10^8 \text{ m}^3$ ,占黄河源区总径流量( $184.91 \times 10^8 \text{ m}^3$ )的 58.7%,玛曲草原在维护黄河流域水资源和生态安全方面具有不可替代的作用<sup>[1]</sup>。近年来,在自然和人为因素的共同作用下,玛曲县境内许多湿地和湖泊干涸,草原的生产性能和生态功能大幅下降,草地退化、沙漠化发展速度明显加快,发展程度亦在提高,成为沙漠化正在发展区域<sup>[2-5]</sup>,许多专家从气候变化的角度对玛曲草地退化进行了分析<sup>[6-8]</sup>,但关于玛曲草地牧草物候变化的研究报道较少。为此,本研究根据玛曲农气观测站所观测的垂穗披碱草(*Elymus nutans*)的观测资料和玛曲的降水、气温、日照时数等地面观测气象资料,分析了 1985—2005 年玛曲草地垂穗披碱草物候变化及其影响因子,以期对玛曲生态环境变化的研究提供依据。

## 1 资料与方法

### 1.1 研究地点和资料

玛曲草地属川西藏东高原灌丛草甸区,草地类型多样,共有高山草甸草地、亚高山草甸草地、灌丛草甸草地、草原化草甸草地、沼泽化草甸草地、沼泽类草甸草地 6 大类。其中亚高山草甸草地分布广,面积大,是该县天然草地的主体和精华,禾本科和莎草科牧草是该县各类草地的主要建群种和优势种<sup>[9]</sup>。玛曲农气观测站( $34^{\circ}00' \text{ N}$ ,  $102^{\circ}05' \text{ E}$ , 海拔高度 3471.4 m)所观测的草地类型属于亚高山草甸草地,本文根据牧草代表性好、观测时间长、观测连续性好的原则,用玛曲农气观测站 1985—2005 年所观测的垂穗披碱草的观测资料和同期玛曲的降水、气温、日照时数等地面观测气象资料,对玛曲草地垂穗披碱草的返青、抽穗、开花、种子成熟、黄枯等物候变化特征及其影响因子进行分析。

由于玛曲草地垂穗披碱草返青期集中在 4 月上旬—5 月上旬,因此以 4 月 1 日为起点,如 4 月 10 日记为 10, 4 月 20 日记为 20,依次类推,建立了玛曲草地垂穗披碱草返青期的数据资料。同样,抽穗期以 7 月 1 日为起点,开花期以 7 月 20 日为起点,种

子成熟期以8月20日为起点,黄枯期是以9月20日为起点,建立了玛曲草地垂穗披碱草物候的数据资料。

## 1.2 研究方法

用趋势分析、Mann-Kendall法、相关分析、主成分分析<sup>[10-11]</sup>等方法对玛曲草地垂穗披碱草物候变化及其与气象因子的关系进行了分析。

文中用一次线性方程来定量描述气候倾向率,即  $y(t) = a_0 + a_1 t$ , 则趋势变化率方程为  $dy(t)/dt = a_1$ , 将  $a_1 \times 10$  称为气候倾向率,其单位为  $d/10 a$ ,  $^{\circ}C/10 a$  或  $mm/10 a$ , 方程中的系数用最小二乘法确定。

气候突变是普遍存在于气候变化中的一个重要现象,是气候预测与模拟要考虑的重要因素。Mann-Kendall法是一种非参数统计检验方法,该方法的优点是计算简便,而且可以明确突变开始的时间,并指出突变区域。

## 2 结果与分析

### 2.1 玛曲草地垂穗披碱草物候变化的主要特征

#### 2.1.1 玛曲草地垂穗披碱草物候的变化趋势

李红梅等<sup>[12]</sup>发现气候变暖后,青海高原大部分地区物候期的变化趋势是返青期和开花期提前,黄枯期推迟。通过对玛曲草地垂穗披碱草物候变化分析,发现返青期略有推迟趋势,而抽穗、开花、种子成熟、黄枯等物候期均呈提前趋势,特别是抽穗、开花、种子成熟期明显提前,均通过99%信度检验(表1),玛曲虽然与青南高原相连,但其物候期变化还是有一定差异。

表1 玛曲草地垂穗披碱草物候期

Table 1 The phenological of *Elymus nutans* in Maqu meadow

物候期	平均日期	最早日期	最迟日期	年际变化趋势/(d/10 a)
返青	04-08	03-27	05-29	1.6
抽穗	07-10	07-02	08-16	-4.9**
开花	07-24	07-15	08-22	-8.0**
种子成熟	08-23	08-11	09-06	-13.9**
黄枯	09-27	09-18	10-07	-1.3

注: \* 表示通过95%信度检验, \*\* 表示通过99%信度检验。

#### 2.1.2 玛曲草地垂穗披碱草生育期的变化

通过对玛曲草地垂穗披碱草从返青到黄枯期间日数的年际变化分析,发现玛曲草地垂穗披碱草的生育期呈缩短的趋势,缩短趋势为  $3.4 d/10 a$ , 与青

南高原牧草生育期缩短的变化趋势一致<sup>[13]</sup>。玛曲草地垂穗披碱草生育期的变化(图1)呈波动缩短的趋势,在20世纪80年代末到90年代初表现为延长的趋势,从90年代初期到90年代末呈明显的缩短

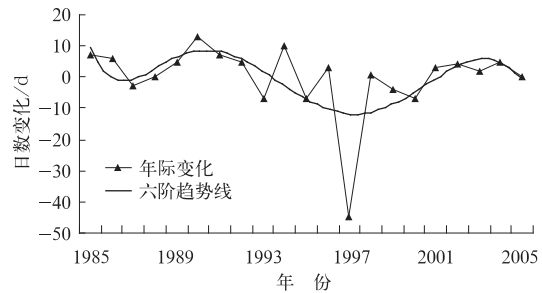


图1 玛曲草地垂穗披碱草生育期  
年际变化趋势

Fig. 1 The inter-annual variation of the growing season of *Elymus nutans* in Maqu meadow

趋势,特别是1997年垂穗披碱草生育期比历年平均值缩短了45 d,分析发现其主要原因是当年的返青期是5月29日,比平均日期偏迟了51 d,因此导致当年垂穗披碱草生育期缩短。而20世纪90年代末到21世纪初垂穗披碱草生育期呈延长趋势,之后又开始缩短。

玛曲草地垂穗披碱草各物候期的间隔日数也有明显的变化,返青到抽穗、抽穗到开花、开花到种子成熟期的间隔日数都呈缩短的趋势,缩短趋势分别为  $6.0 d/10 a$ (通过99%信度检验),  $3.3 d/10 a$ ,  $5.3 d/10 a$ (通过95%信度检验),但种子成熟到黄枯期间隔日数变化呈明显增加的趋势,增加趋势为  $11.1 d/10 a$ (通过99%信度检验)。

#### 2.1.3 玛曲气候变化的主要特征

相关研究表明<sup>[6-8,14-15]</sup>,青藏高原东北部从20世纪80年代末开始有明显的暖干化趋势,主要表现在区域内年平均气温从80年代末开始明显上升,年平均降水量从90年代后开始明显减少,而秋季降水量从80年代初就开始减少。玛曲年降水量呈减少趋势,减少趋势为  $2.0 mm/10 a$ 。玛曲春、夏、冬季降水量呈增加趋势,增加趋势为  $0.7 \sim 7.2 mm/10 a$ ,秋季降水量呈减少趋势,减少趋势为  $10.0 mm/10 a$ ,但都没有通过信度检验。通过Mann-Kendall法分析发现,玛曲县各季节中只有秋季降水量在1984年发生减少突变。

玛曲年平均气温呈明显升高趋势,气温变化倾向率为  $0.34 ^{\circ}C/10 a$ ,通过用Mann-Kendall法计算,

玛曲年平均气温在1996年有暖突变,1996—2005年的年平均气温比1968—1995年的年平均气温上升了0.9℃,杨明等<sup>[16]</sup>认为青藏高原从20世纪70年代开始出现气温呈上升趋势,根据牛涛等<sup>[17]</sup>研究,青藏高原全区气温在1984年发生暖突变,玛曲年平均气温出现突变的时间晚于青藏高原发生暖突变的时间,但其升温幅度却十分明显。

玛曲年日照时数也呈明显增加的趋势,年日照时数的变化倾向率为39.3 h/10 a,同时玛曲年日照时数在1993年有增大突变,年日照时数发生突变的时间略早于年平均气温发生暖突变的时间,1993—2005年的年日照时数比1968—1992年的年日照时数增加了165.2 h。

## 2.2 玛曲草地垂穗披碱草物候变化的影响因子

由于天然牧草生长主要受水、热条件的制约,在诸多气象要素中,光、热、水显得尤为重要,牧草生长必须具备一定的热量和水分条件,因此下面主要就热量和水分条件变化对垂穗披碱草物候的影响进行分析。

### 2.2.1 垂穗披碱草返青的影响因子

牧草返青必须要有适宜的温度和适量的水分供应<sup>[18]</sup>,选取日平均气温稳定通过0℃、3℃的初日<sup>[19]</sup>、3月到4月上旬(初春)降水量、秋季降水量进行了分析,通过相关分析发现,玛曲草地垂穗披碱草返青期与日平均气温稳定通过0℃日期呈正相关,相关系数为0.154(未通过信度检验),与初春降水量呈正相关,相关系数为0.384(通过90%信度检验),与日平均气温稳定通过3℃日期、秋季降水量呈反相关,相关系数分别为-0.029和-0.205(均未通过信度检验),即日平均气温稳定通过0℃日期早、初春降水量多则返青期推迟,而日平均气温稳定通过3℃日期早、秋季降水量多则返青期提前。

在分析中发现玛曲初春降水量偏多的年份垂穗披碱草返青偏迟的现象比较明显,如玛曲初春降水量有6年偏多,6年偏少,在6个初春降水量偏多的年份中,有2年垂穗披碱草返青偏迟,特别是1997年初春降水量偏多56.7%,牧草返青日期偏迟了50 d,通过计算发现玛曲初春降水量每偏多10 mm,垂穗披碱草返青期将推迟6.4 d(通过99%信度检验),其原因可能是玛曲海拔高度高,初春降水量偏多,导致积雪时间长,土壤解冻迟,从而导致垂穗披碱草返青偏迟;在6个初春降水量偏少的年份中,有5年正常或略有提前,只有1年迟于平均返青日期。

### 2.2.2 垂穗披碱草抽穗、开花、种子成熟的影响因子

玛曲草地垂穗披碱草抽穗、开花、种子成熟的时间主要在7月中旬到8月下旬,通过对玛曲草地垂穗披碱草抽穗、开花期与7月的气温、降水量、日照,种子成熟期与8月的气温、降水量、日照时数的关系进行分析,发现有一个共同点,即玛曲草地垂穗披碱草抽穗、开花期、种子成熟期都与温度成反相关,因此气温升高是导致玛曲草地垂穗披碱草抽穗、开花、种子成熟期提前的主要原因,同时在分析中发现影响玛曲草地垂穗披碱草开花期提前的原因还有7月日照时数的增加。

### 2.2.3 垂穗披碱草黄枯的影响因子

用主成分分析方法(PCA)对9月的日照时数、气温、日平均气温不小于5℃终日和降水量(表2)等5个气象因子进行了分析。根据主成分对应的特征值大于1且主成分累计贡献率不小于85%的原则,提取了前两个主成分。主成分的载荷矩阵(正交旋转后的因子载荷矩阵)见表2,载荷系数代表各主成分解释指标变量方差的程度。

表2 玛曲草地垂穗披碱草黄枯  
主成分分析的主成分矩阵

Table 2 The matrix of principal components of the *Elymus nutans* withering period in Maqu meadow

气象因子	主成分1	主成分2
日平均气温		
不小于5℃终日	0.916	0.0727
9月气温	0.857	0.180
9月日照时数	0.068	0.997
9月降水量	0.372	0.921
夏季降水量	0.596	0.231

由于第3主成分的特征值小于1,故只对前两个主成分进行分析,第1主成分的方差贡献率最大,为41.429%,是最重要的影响因子。第1主成分主要在日平均气温不小于5℃终日、9月气温两个因子上载荷较大,该主成分反映了影响玛曲垂穗披碱草黄枯的热量因子,说明气温升高是影响玛曲垂穗披碱草黄枯期提前的主要因子。

第2主成分方差贡献率为38.647%,重要性与第1主成分基本相当。该主成分在9月降水量和9月日照时数两个因子上载荷较大,可以认为是影响玛曲牧草黄枯的水热耦合因子。

通过相关分析发现,玛曲9月的日照时数、气温、日平均气温不小于5℃终日均与黄枯期呈反相关,9月的降水量与黄枯期呈正相关,由于玛曲秋季

降水量明显减少,日照时数增加,气温升高,日平均气温不小于 $5^{\circ}\text{C}$ 终日呈明显推迟的趋势,出现了明显的暖干化趋势,玛曲秋季暖干化趋势是导致黄枯期提前的主要原因。

### 3 结 论

通过对玛曲草地垂穗披碱草的返青、抽穗、开花、种子成熟、黄枯等物候期变化的分析,发现玛曲草地垂穗披碱草返青期略有推迟的趋势,推迟趋势为 $1.6\text{ d}/10\text{ a}$ ,而抽穗、开花、种子成熟、黄枯等物候期均呈提前趋势,提前趋势分别为 $4.9\text{ d}/10\text{ a}$ , $8.0\text{ d}/10\text{ a}$ , $13.9\text{ d}/10\text{ a}$ , $1.3\text{ d}/10\text{ a}$ ,特别是抽穗、开花、种子成熟期明显提前。

玛曲草地垂穗披碱草返青期推迟与秋季降水量的减少有关,夏季气温升高是导致玛曲草地垂穗披碱草抽穗、开花、种子成熟期提前的主要原因,同时秋季的暖干化趋势是导致黄枯期提前的主要原因。

受气候变化影响,玛曲草地垂穗披碱草的物候期在1985—2005年的20年发生了明显变化,这些变化对玛曲草地垂穗披碱草的品质、产量、种子质量的影响需要进一步研究。同时由于其他牧草的观测资料年代较短,连续性不好等原因,所以对其他牧草的物候期没有进行分析,关于其他牧草的物候期的变化及其对畜牧业、生态环境的影响尚需要结合遥感及其他资料进一步研究<sup>[20]</sup>。

### 参 考 文 献

- [1] 洛桑,灵智多杰. 青藏高原甘南生态经济示范区研究. 甘肃科学技术出版社,2005:5-29.
- [2] 李森,董玉祥,董光荣,等. 青藏高原土地沙漠化区划. 中国沙漠,2001,21(4):418-427.
- [3] 董高生,李芹圃. 玛曲县草地退化现状调查及防治措施. 青海草业,2003,12(4):43-45.
- [4] 张龙生,马立鹏. 黄河上游玛曲县土地沙漠化研究. 中国沙漠,2001,21(1):84-87.
- [5] 邹学勇,王贵勇. 黄河上游地区玛曲晚全新世沙漠化. 中国沙漠,1995,15(1):65-70.
- [6] 王小平,郭锐,杨嘉. 黄河上游玛曲县气候变化对植被的影响研究. 西北植物学报,2007,27(4):776-783.
- [7] 姚玉璧,邓振镛,尹东,等. 黄河重要水源补给区甘南高原气候变化及其对生态环境的影响. 地理研究,2007,26(4):844-852.
- [8] 王建兵,王振国,吕虹. 黄河重要水源补给区草地退化的气候背景分析——以玛曲县为例. 草业科学,2008,25(4):23-27.
- [9] 刘振恒,杨俊明,杨志才,等. 甘南玛曲高寒草原生态环境退化现状与治理对策. 青海草业,2002,11(4):35-38.
- [10] 符淙斌,王强. 气候突变的定义和检测方法. 大气科学,1992,16(4):482-493.
- [11] 魏凤英. 现代气候统计诊断预测技术. 北京:气象出版社,1993:69-72.
- [12] 李红梅,马玉寿,王彦龙. 气候变暖对青海高原地区植物物候期的影响. 应用气象学报,2010,21(4):500-504.
- [13] 张国胜,李林,汪青春,等. 青南高原气候变化及其对高寒草甸牧草生长影响的研究. 草业学报,1999,8(3):1-10.
- [14] 王建兵,汪治桂. 青藏高原东北部边坡地带气温变化特征研究. 干旱地区农业研究,2007,25(1):176-180.
- [15] 王建兵,李晓媛,王振国. 青藏高原东北部农牧交错区气候变化及其对草场植被的影响. 干旱地区农业研究,2007,25(6):216-219.
- [16] 杨明,李维亮,刘煜,等. 近50年我国西部地区气象要素的变化特征. 应用气象学报,2010,21(2):198-205.
- [17] 牛涛,刘洪利,宋燕,等. 青藏高原气候由暖干到暖湿时期的年代际变化特征研究. 应用气象学报,2005,16(6):763-771.
- [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.
- [19] 颜东亮. 青海省环湖地区天然牧草返青与气象条件的关系及其预报. 中国农业气象,1998,19(2):42-45.
- [20] 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.

## The Impact Factors and the Phenological Variation of *Elymus nutans* in Maqu Meadow

Wang Jianbing<sup>1)2)</sup> Wang Zhigui<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> (Institute of Arid Meteorology, Key Laboratory of Arid Climatic Change and Reducing Disaster of Gansu Province, CMA, Lanzhou 730020)

<sup>2)</sup> (Gaman Meteorological Bureau of Gansu Province, Hezuo 747000)

### Abstract

Maqu county is located in the southwest of Gansu Province, on the northeast of the Qinghai-Xizang Plateau. Maqu meadow is the core region of the important water source supply area of the Huanghe River, having unique significance in the water and eco-environmental security of the Huanghe River basin. A lot of remarkable results in the variation of Maqu meadow are achieved from the perspective of climate and eco-environment, but phenological variation of the pasture grass in Maqu meadow isn't paid enough attention. Based on the growing data of *Elymus nutans* (1985—2005) at the agricultural meteorological station of Maqu (102°05'E, 34°00'N, sea-level elevation 3471.4 m) and the simultaneous observation meteorological factors (such as temperature, precipitation, sunshine duration, etc) at the same place, the relationship between the *Elymus nutans* phenological variation and the meteorological factors is studied, providing reference for the research on eco-environment variation of Maqu meadow.

In recent 20 years, the *Elymus nutans* recovery date of Maqu meadow shows a delaying trend with the tendency ratio of 1.6 d/10 a, but the date of ear, bloom, mature and withered show obvious advancing trends with the tendency ratios of 4.9 d/10 a, 8.0 d/10 a, 13.9 d/10 a and 1.3 d/10 a. The reducing of autumnal precipitation is main impact factor to delaying tendency of recovery date. The rising of summer temperature results in the advancing trend of *Elymus nutans* ear, bloom and mature date in Maqu meadow, and the warming and drying trend of autumn is the main impact factor of the advancing *Elymus nutans*. The impact of these phenological changes on the *Elymus nutans* quality, yield and the quality of seeds need further research.

Compared with *Elymus nutans*, the observation duration of other grass is less in Maqu meadow, so their phenological variation is not analyzed, which requires further research. Besides, the impact of the grass phenological variation on animal husbandry and eco-environment in Maqu meadow need further study too.

**Key words:** Maqu meadow; *Elymus nutans*; phenological variety; impact factors