

文章编号: 1008-2786-(2009)6-648-07

# 西藏纳木错植物物候及其对气候的响应

吕新苗<sup>1</sup>, 康世昌<sup>1, 2</sup>, 朱立平<sup>1</sup>, 张拥军<sup>1</sup>, 韩文武<sup>1</sup>

(1. 青藏高原环境变化与地表过程实验室, 中国科学院青藏高原研究所, 北京 100085

2. 中国科学院冰冻圈与环境联合重点实验室, 甘肃 兰州 730000)

**摘要:** 利用纳木错流域 10 种代表性植物 2007 年和 2008 年的物候观测资料, 分析了植物生殖物候的基本特征及气候条件对其的影响。植物最早 5 月中旬进入开花期, 大部分植物的盛花期在 6 月中旬至 7 月下旬, 开花的最适温度范围为 8.5~8.9℃, 花期延续到 9 月下旬。从 6 月上旬开始, 大部分植物进入果期, 多数植物果期与花期重叠。纳木错具有高寒地带植物物候的普遍特征: 生长期较短(5 个月左右)、早花现象、晚花现象。同 2007 年相比, 2008 年雨季提前, 虽然气温偏低, 大部分植物花期和果期普遍缩短 5 d 左右, 但物候期提前约 20 d。植物物候的年际变化对气候变化, 特别是对降水量的季节分配更敏感。

**关键词:** 物候; 气候; 高寒草甸; 纳木错; 青藏高原

**中图分类号:** P461, Q948.11

**文献标识码:** A

植物物候是植物内、外因(如气候、土壤、地形、人类干扰等)相互作用产生的周期性现象<sup>[1, 2]</sup>。植物物候变化是一种植物对气候与环境变化最敏感且易观测的综合标志<sup>[1, 3, 4]</sup>, 在全球变暖的背景下, 气候变化对植物物候的影响及其响应研究成为全球变化研究的热点问题之一<sup>[5, 6]</sup>。20 世纪的气温升高已经导致植物生长期延长, 植物物候的改变不仅对生态系统, 而且对农业和公共环境产生了巨大的影响<sup>[7]</sup>。特别是高海拔地区的植被变化对全球变暖更为敏感<sup>[8, 9]</sup>。受冰川和湖泊局部气候效应影响的纳木错流域<sup>[10]</sup>, 植物物种对气候变化有着极其敏感响应, 但是目前为止, 长期、系统地研究纳木错流域植被物候效应仍处于空白。2005 年中国科学院青藏高原研究所在纳木错湖东南岸建立纳木错多圈层综合观测研究站(简称纳木错站, 30.78°N, 90.99°E, 4 730 m), 系统开展物候监测成为可能。纳木错站是目前我国海拔最高的物候观测场, 本文对 2007 年和 2008 年物候观测记录进行了初步总

结, 首次报道了纳木错流域主要多年生草本植物开花期和果熟期的物候特征及对气候的响应。这一工作将为认识和预测青藏高原植被和生态系统对气候变化的响应机制, 以及草地放牧管理应用提供基础资料。

## 1 观测区概况

纳木错位于青藏高原中部念青唐古拉山北坡, 流域面积约 10 610 km<sup>2</sup>, 平均海拔约 5 000 m, 处于高原亚寒带季风半干旱和半湿润气候地区的过渡带<sup>[11]</sup>。据纳木错站 2006~2008 年自动气象站资料统计<sup>[12]</sup>, 年平均气温为 -0.6℃, 7 月最高气温 14.6℃, 1 月最低气温 -16.7℃, ≥0℃积温为 1 136.5℃, ≥5℃积温为 999℃, 年降水量 384.1 mm, 多集中在 6~10 月, 平均风速 3.6 m/s。夏半年受南亚季风带来的印度洋暖湿气流的影响, 温暖湿润, 冬半年主要受西风环流的控制, 寒冷干燥。

收稿日期(Received date): 2009-02-17; 改回日期(Accepted): 2009-07-11。

基金项目(Foundation item): 国家自然科学基金项目(40601109); 国家重点基础研究发展规划项目(2005CB422004); 中国博士后科学基金资助项目(20060390517)。[National Natural Science Foundation of China (40601109), National Key Project for Basic Research on Tibetan Plateau (2005CB422004), China Postdoctoral Science Foundation (20060390517).]

作者简介(Biography): 吕新苗(1976-), 女, 副研究员, 主要从事山地植被生态和孢粉学研究。[Lü Xinmiao (1976-), associate professor engaged in alpine plant ecology and palynology.] E-mail: lxm@ipc.ac.cn

由于地处高寒灌丛草原与高寒草甸过渡带, 植被分布上具有草原与草甸交错镶嵌的特点, 垂直分异也比较明显<sup>[13]</sup>。广泛发育的土壤类型是高山草原土和高山草甸土。一般在海拔 4 800~4 900 m 以下的山坡、盆地、丘陵和湖滨平原上, 广泛发育着紫花针茅 (*Stipa purpurea*) 和羊茅属 (*Festuca*)、蒿属 (*Artemisia*) 植物组成的群落; 在该海拔以上, 由小嵩草 (*Kobresia pygmaea*)、羊茅等组成的高寒草甸植被占有绝对优势, 二者的界限呈犬牙交错状; 在海拔 5 250 m 左右, 高寒草甸开始向高寒冰缘稀疏植被过渡; 在湖滨湿地及河流两岸, 由藏嵩草 (*Kobresia schoenoides*) 组成的沼泽草甸或红线草属 (*Antennaron*) 等组成的水生植被也有广泛分布; 在山地阴坡、冲沟、河流两侧, 生长有金露梅 (*Potentilla fruticosa*)

或香柏 (*Sabina Pingii*) 组成的高寒灌丛群落。

## 2 研究对象和方法

物候观测场 (4 730 m) 位于纳木错站内, 用围栏将其封闭, 内部划分为 20 个 9 m × 6 m 的小区, 每个小区之间为 1 m 的隔离带。确定 10 种常见的多年生草本植物为观测对象 (表 1), 在 20 个小区内每种植物随机选择 30 株, 插上标签定株观测, 记录每一株植物从花蕾—开花—结果—枯萎的物候过程, 生长季 5~10 月每 5 d 观测一次, 一般用肉眼观测, 用放大镜做辅助。

本文所用气候资料来自纳木错站自动气象站 (位于物候观测场外 10 m) 记录, 包括气温、降水量等。

表 1 纳木错站物候观测主要草本植物种类  
Table 1 Dominant plants for phenology monitoring at Nam Co Station

编号	植物种名	科名	生活型
1	垫状点地梅 ( <i>Androsace tapele</i> )	报春花科 (Primulaceae)	多年生垫状草本
2	二裂委陵菜 ( <i>Potentilla bifurca</i> )	蔷薇科 (Rosaceae)	多年生草本
3	密花黄芪 ( <i>Astragalus densiflorus</i> )	豆科 (Leguminosae)	多年生草本
4	钉柱委陵菜 ( <i>Potentilla saundersiana</i> )	蔷薇科 (Rosaceae)	多年生草本
5	藏沙蒿 ( <i>Artemisia wellyi</i> )	菊科 (Compositae)	多年生丛生草本
6	弱小火绒草 ( <i>Leontopodium pusillum</i> )	菊科 (Compositae)	多年生矮小草本
7	高山嵩草 ( <i>Kobresia pygmaea</i> )	莎草科 (Cyperaceae)	多年生草本
8	紫花针茅 ( <i>Stipa purpurea</i> )	禾本科 (Gramineae)	多年生密丛草本
9	藏西风毛菊 ( <i>Saussurea stoliczkae</i> )	菊科 (Compositae)	多年生草本
10	异叶青兰 ( <i>Dracophaelum heterophyllum</i> )	唇形科 (Labiatae)	多年生草本

## 3 结果与分析

纳木错 2007 年和 2008 年的植物物候观测资料统计结果见表 2。

### 3.1 开花期

开花期包括花蕾或花序出现期、开花始期、开花盛期、开花末期<sup>[14]</sup>。从图 1 可以看出, 6 月中旬至 7 月下旬是大部分植物开花期, 开花的最适温度范围为 8.5~8.9℃ (旬平均气温)。开花最早的是垫状点地梅, 台站开始物候观测时间是 5 月中旬, 实际上 5 月初或上旬垫状点地梅已经开花 (据台站观测人员), 可以认为点地梅 5 月上旬或中旬进入开花始期, 对应的 ≥5℃ 活动积温范围 5.5℃ (5 月上旬)

至 11.4℃ (5 月中旬) 可拟定为开花始期的温度起点范围。随后是委陵菜属 (二裂委陵菜、钉柱委陵菜)、黄芪属 (密花黄芪), 5 月底、6 月初先后进入花期。6 月中、下旬开始藏沙蒿、异叶青兰、藏西风毛菊进入花期, 高山嵩草 6 月中下旬或 7 月中旬进入开花期, 开花最晚的是火绒草和紫花针茅, 7 月中旬以后开花, 开花期延续到 9 月下旬。

根据开花期的特征将观测场的植物分为 3 类:

1. 早花植物: 5 月底到 6 月初开花, 6 月中旬结束开花, 如垫状点地梅。

2. 介于早花植物与晚花植物之间: 6 月进入盛花期, 花期延续到 7 月底 8 月初, 如委陵菜属 (二裂委陵菜、钉柱委陵菜)、黄芪属 (密花黄芪)、藏沙蒿、高山嵩草。

表 2 2007 和 2008 年纳木错站物候观测统计表  
Table 2 Phenology monitoring records at Nam Co Station during 2007 and 2008

编号	植物名	最早 开花时间	多数 开花时间	最迟 开花时间	花期	最晚与最早 开花相差日数	最早 结果时间	多数 结果时间	最迟 结果时间	果期	最晚与最早 结果相差日数	开花 率(%)	结果 率(%)
2007 年													
1	垫状点地梅	5月14日	5月14日-6月5日	6月15日	25	33	6月5日	6月5日-7月4日	6月30日	31	26	97	97
2	二裂委陵菜	5月24日	5月27日-6月6日	8月3日	14	72	6月5日	6月10日-6月25日	7月19日	28	45	43	40
3	密花黄芩	5月29日	6月5日-6月15日	7月4日	20	37	6月20日	6月25日-7月10日	7月19日	27	30	27	10
4	钉柱委陵菜	5月25日	6月5日-6月20日	7月24日	16	61	6月5日	6月15日-6月30日	8月8日	37	65	97	97
5	藏沙蒿	6月15日	6月30日-7月9日	7月29日	25	45	7月9日	7月24日-8月8日	8月8日	36	31	93	93
6	弱小火绒草	8月19日	8月19日-8月29日	8月29日	12	11	9月9日	9月10日-9月18日	9月19日	17	11	13	13
7	高山嵩草	7月19日	7月24日-7月29日	7月29日	23	11	8月3日	8月19日	8月29日	12	27	27	27
8	紫花针茅	8月29日	8月29日-9月19日	9月29日	18	32	9月9日	9月19日	10月9日	24	31	20	20
9	藏西风毛菊	7月9日	7月9日	7月19日	11	11	7月24日	7月24日	8月29日	48	37	3	3
10	异叶青兰	6月25日	7月9日-7月14日	8月13日	25	50	7月29日	8月8日-8月13日	8月19日	16	22	20	20
2008 年													
1	垫状点地梅	5月29日	5月29日-6月8日	6月18日	12	21	6月3日	6月3日-6月23日	7月3日	21	31	97	97
2	二裂委陵菜	5月29日	6月3日-6月13日	7月13日	15	46	6月3日	6月8日-6月23日	8月6日	31	65	93	93
3	密花黄芩	5月29日	6月8日-6月18日	7月13日	17	46	6月8日	6月28日-7月8日	8月10日	45	64	83	80
4	钉柱委陵菜	5月29日	6月13日-6月28日	7月18日	22	51	6月18日	6月28日-7月28日	7月28日	33	41	100	100
5	藏沙蒿	6月13日	6月18日-6月28日	7月3日	14	21	6月28日	7月8日-7月28日	7月28日	25	31	100	100
6	弱小火绒草	7月13日	7月13日-7月28日	8月2日	12	21	7月28日	8月2日-8月10日	8月15日	7	19	80	80
7	高山嵩草	6月13日	6月23日-6月28日	7月8日	7	26	6月23日	7月3日-7月18日	7月23日	17	31	90	90
8	紫花针茅	7月8日	7月23日-8月2日	8月15日	9	39	7月23日	8月6日-8月19日	8月24日	12	33	100	100
9	藏西风毛菊	6月18日	6月28日-7月8日	7月3日	8	16	7月3日	7月13日-7月28日	8月6日	18	35	23	20
10	异叶青兰	6月18日	7月13日-7月28日	8月6日	20	50	7月18日	7月28日-8月10日	8月9日	11	23	87	87

注:2007 年物候观测从 5 月 14 日开始,2008 年从 5 月 29 日开始;每种植物均观测 30 株。

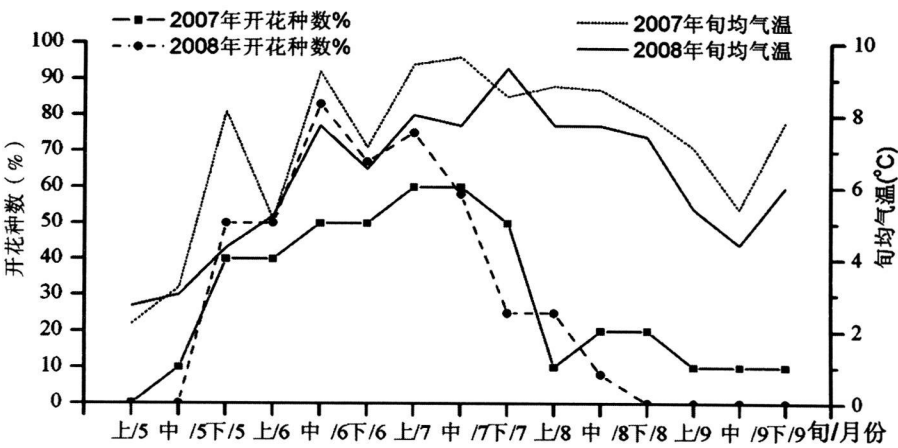


图 1 纳木错植物开花曲线

Fig 1 Flowering phenology at Nam Co Station

3. 晚花植物: 7 月以后进入开花期或盛花期, 花期延续到 8 月下旬或 9 月下旬, 如异叶青兰、藏西风毛菊、弱小火绒草、紫花针茅。

不同科属的植物, 开花物候表现不同, 即便是同属植物差别也很明显, 有些属内开花节律趋于一致(如二裂委陵菜和钉柱委陵菜)。开花习性的差别取决于植物固有的遗传属性<sup>[1]</sup>。即使是同一种植物在不同地点开花物候差别很大。高山嵩草在中国科学院海北高寒草甸生态系统定位研究站(简称海北站)和甘南亚高寒草甸均属于早花植物<sup>[15 16]</sup>, 5 月进入开花期, 6 月以后便进入果后营养期, 比纳木错站开花提前 1 个多月。与之类似的是火绒草属, 在海北站和甘南也是早花植物, 5 月进入花期, 纳木错站的弱小火绒草则是推迟 1 个月左右开花。而纳木错站的委陵菜属和黄芪属植物盛花期比海北站和甘南提早近 1 个月。开花习性比较一致的有点地梅属、针茅属和风毛菊属, 点地梅属是(亚)高寒草甸的早花植物, 一般是在 5 月底、6 月初进入盛花期; 针茅属、风毛菊属是晚花植物, 在(亚)高寒草甸均是 7 月以后进入盛花期。海北站和甘南位于青藏高原东北部, 其中海北站与本站具有类似的自然景观和植被类型, 尽管海拔比纳木错站低 1 000 m 以上(表 3), 但海北站受地形雨影响降水较多、气温略低, 各项温度指标相当, 甚至  $\geq 5^{\circ}\text{C}$  积温及其日数纳木错站略高。总的来看, 这三地的主要植物最早都是 5 月开花, 开花期持续到 9 月下旬, 大部分植物 6 月、7 月进入盛花期。

高寒草甸植物开花晚、开花期短是高寒草甸植物开花习性的共同特点, 这也是对高寒环境长期适

应的结果。点地梅属、角蒿属植物发育较早, 在青藏高原气温回升的 4 月底、5 月初开始返青、开花、结实, 6 月中旬以后进入果后营养期, 而另一类植物, 像青兰属、风毛菊属、针茅属则是在 5~6 月充分地进行营养生长, 7 月以后才开花结果, 利用青藏高原 7~8 月的有利气候条件完成各自的生活周期, 特别是风毛菊属植物是典型的以营养繁殖为主的种类, 80% 以上的植株没有进入生殖物候(表 2), 主要是依靠其地下部分贮藏营养物质, 以供地上的茎、叶生长, 从而保持一定的种群大小。

表 3 纳木错站与海北站、甘南州夏河县物候观测样地的气候特征对比

Table 3 Climate parameters of three phenology sites at Nam Co Station, Haibei Station and Xiahe County in Southern Gansu			
特征值	纳木错站	海北站	甘南州夏河县
草甸类型	高寒高山嵩草	高寒矮嵩草	亚高山草甸
东经 $^{\circ}\text{E}$	90.99	101.3	102.88
北纬 $^{\circ}\text{N}$	30.78	37.6	34.92
海拔(m)	4 730	3 200	3 100
年均气温( $^{\circ}\text{C}$ )	-0.6	-1.7	2
最冷月平均气温( $^{\circ}\text{C}$ )	-16.7	-15.2	-
最热月平均气温( $^{\circ}\text{C}$ )	14.6	9.8	-
年降水量(mm)	384.1	582.1	557.8
$\geq 0^{\circ}\text{C}$ 积温( $^{\circ}\text{C}$ )	1 136.5	1 140	1 730
$\geq 0^{\circ}\text{C}$ 日数(日)	174	178	-
$\geq 5^{\circ}\text{C}$ 积温( $^{\circ}\text{C}$ )	999	921	-
$\geq 5^{\circ}\text{C}$ 日数(日)	125	115	-
平均风速	3.6	1.7	-

注: 纳木错站气候资料采用 2006~2008 年均值, 海北站资料来自文献[15], 甘南州夏河县资料来自文献[16]。

### 3.2 果期

果熟期包括果实成熟期、果实开始脱落期、果实脱落末期<sup>[14]</sup>。根据果期的差异,可将观测植物分成3类,基本与开花期划分的结果相似,多数植物果期与花期重叠:

1. 早期进入果期的植物:从6月初开始,纳木错站的植物先后进入果熟期,果熟期最早的是垫状点地梅,平均6月4日开始结果,果期持续1个月左右。生殖生长过程迅速而短暂。

2. 6月上、中旬进入果期,持续到7月底、8月上旬,如二裂委陵菜、钉柱委陵菜、密花黄芪、高山嵩草。

3. 晚期进入果期的植物:在气温较高的7月以后进入果期,持续到9月下旬,如藏沙蒿、弱小火绒草、紫花针茅、藏西风毛菊、异叶青兰。

### 3.3 气候条件对植物物候的影响

植物物候的出现是气候、土壤、地形、人类活动等综合条件影响的结果,在所有的环境因素中,对物候现象影响最大的是气候<sup>[1,2]</sup>。太阳辐射是植物物质形成和发育的能量源泉,不同观测地点物候期开始日期的差异,首先取决于不同的太阳辐射和温度条件,海拔高度、海陆位置和土壤条件对物候条件也有决定性意义。

纳木错站是青藏高原海拔最高的物候观测场,气温低,植物生长期较短,4月底植物返青,到9月下旬或10月上旬枯黄,生长期仅5个月左右。而平原地区如北京<sup>[17]</sup>,3月初植物返青,11月初枯黄,生长期长达8个月。一般认为日平均气温达到3℃时,牧草开始萌发生长,但生长速率缓慢,3℃被认为是高寒草甸生长发育的低温临界值,日平均气温达到5℃时牧草生长发育进程和干物质积累加快<sup>[15]</sup>。根据纳木错站近3a的气候资料,日平均气温达到3℃的初期和终期分别是4月20日和10月15日,日平均气温达到5℃的初期和终期分别是5月17日和10月6日,日平均气温达到10℃的初期和终期分别是6月3日和8月10日,3℃、5℃、10℃的初始日分别与植物返青、开花、结果的开始日期相一致。若按照日平均气温达到3℃的初期和日平均气温达到5℃的终期计算生长季<sup>[18]</sup>,纳木错站的生长季平均为159 d比海北站略长(134 d)。

从2a的物候观测看,年度间的物候波动较大。除了垫状点地梅、委陵菜属、黄芪属在观测开始时已经进入开花期而无法对比最早开花时间和花期外,

2008年藏沙蒿、弱小火绒草、紫花针茅、高山嵩草、藏西风毛菊和异叶青兰这6种植物的最早开花时间,比2007年提前平均约25 d。除垫状点地梅和密花黄芪外,其他8种植物最迟开花时间也比2007年提前约20 d。最早结果时间均比2007年提前约19 d,最迟结果时间也有7种植物平均提前20 d左右。2008年大部分植物的花期和果期比2007年缩短约5~6 d。对比这2a的气候资料发现,2008年生长季月平均气温、旬平均气温均比2007年低(图1、图2),降水量的季节分配也不一致,2008-06的降水量约为2007-06的8倍,预示雨季提前约1个月。雨季提前、造成了气温偏低,花期和果期缩短,但仍可导致物候期提前。由此可见,高海拔地区植物物候对气候变化非常敏感,在气温差异不大的情况下,植物物候对降水量的季节分配更敏感。

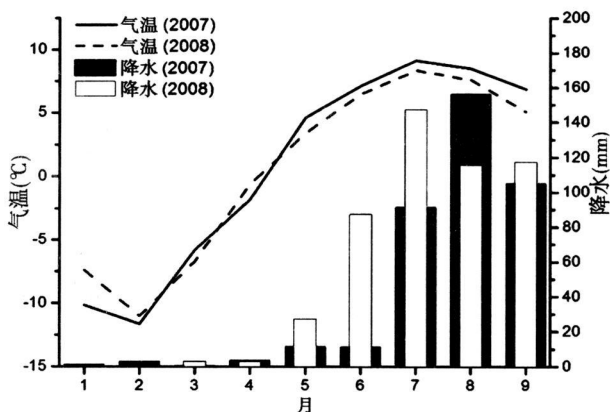


图2 纳木错站2007年和2008年月平均气温、降水对比

Fig. 2 Comparisons of monthly air temperature and precipitation between 2007 and 2008 at Nam Co Station

## 4 结论

本文首次报道了西藏高海拔地区(4700 m)植物物候的观测结果,初步得出以下结论:

1. 纳木错主要植物最早5月中旬进入开花期,大部分植物的盛花期是在6月中旬至7月下旬,开花的最适温度范围为8.5~8.9℃,花期延续到9月下旬。观测植物按花期特征划分为三类:早花植物(如垫状点地梅)、晚花植物(异叶青兰、藏西风毛菊、弱小火绒草和紫花针茅)和介于两者之间的植物(二裂委陵菜、钉柱委陵菜、密花黄芪、藏沙蒿、高山嵩草)。

2. 从6月上旬开始,大部分植物进入果期,观

测植物按果期划分类型与花期划分的结果基本相似, 多数植物果期与花期重叠。

3. 纳木错植物生长期短、早花植物、晚花植物都是对高寒气候条件长期适应的结果。

4. 高海拔植物物候的年间波动较大, 对气候变化、特别是降水的季节变化非常敏感。2008年植物物候期普遍提前、花期和果期缩短, 与该年雨季提前密切相关。

## 参考文献 (References)

- [1] Zhu kezhen, Wang Minwei Phenology [M]. Beijing Science Press 1980: 89 [竺可桢, 宛敏渭. 物候学 [M]. 北京: 科学出版社, 1980: 89]
- [2] Zhang Fuchun Phenology [M]. Beijing Meteorology Press 1985: 20~21 [张福春. 物候 [M]. 北京: 气象出版社, 1985: 20~21]
- [3] Zheng Jingyun, Ge Quansheng, Hao Zhixin. Effects of global warming on plant phenological changes for the last 40 years in China [J]. *Chinese Science Bulletin*, 2002, 47(20): 1584~1587 [郑景云, 葛全胜, 郝志新. 气候变暖对我国近 40 年植物物候变化的影响 [J]. 科学通报, 2002, 47(20): 1584~1587]
- [4] Fang Xiuqi, Yu Wanhong Progress in the studies on the phenological responding to global warming [J]. *Advance in Earth Sciences*, 2002, 17(5): 714~719 [方修琦, 余卫红. 物候对全球变暖响应的研究综述 [J]. 地球科学进展, 2002, 17(5): 714~719]
- [5] Henry G H R, Moku U. Tundra plants and climate change: the International Tundra Experiment (ITEX) [J]. *Global Change Biology*, 1997, 3(Suppl 1): 1~9
- [6] Borer A P, Kielland K, Walker M D. Effects of Simulated Climate Change on Plant Phenology and Nitrogen Mineralization in Alaskan Arctic Tundra [J]. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*, 2008, 40(1): 27~38
- [7] Petrucci J, Filella I Phenology responses to a warming world [J]. *Science*, 2001, 294: 793~795
- [8] Price M, Nikolas V, Waser M. Effects of experimental warming on plant reproductive phenology in a subalpine meadow [J]. *Ecology*, 1998, 79(4): 1261~1271
- [9] Sanz-Elorza M, Dana E D, Gonzalez A, et al. Changes in the high-mountain vegetation of the central Iberian Peninsula as a probable sign of global warming [J]. *Annals of Botany*, 2003, 92: 273~280
- [10] Wu Yanhong, Zhu Liping, Ye Qinghua, et al. The response of lake-glacier area change to climate variations in Nam Co Basin, Central Tibetan Plateau during the last three decades *Acta Geographica Sinica*, 2007, 62(3): 301~311 [吴艳红, 朱立平, 叶庆华, 等. 纳木错流域近 30 年来湖泊-冰川变化对气候的响应. 地理学报, 2007, 62(3): 301~311]
- [11] Chinese Academic of Sciences Tibetan Plateau Expedition Group Climate of Xizang (Tibet) [M]. Beijing Science Press 1984: 165~166 [中国科学院青藏高原综合科学考察队. 西藏气候 [M]. 北京: 科学出版社, 1984: 165~166]
- [12] You Qinghong, Kang Shidang, Li Chaoli, et al. Variation features of meteorological elements at Namco Station Tibetan Plateau [J]. *Meteorological Monthly*, 2007, 33(3): 54~60 [游庆红, 康世昌, 李潮流, 等. 青藏高原纳木错气象要素变化特征 [J]. 气象, 2007, 33(3): 54~60]
- [13] Chinese Academic of Sciences Tibetan Plateau Expedition Group Vegetation of Xizang (Tibet) [M]. Beijing Science Press 1988: 296~298 [中国科学院青藏高原综合科学考察队. 西藏植被 [M]. 北京: 科学出版社, 1988: 296~298]
- [14] Wan Minwei, Liu Xuzhen. Phenology Monitoring Methods in China [M]. Beijing Science Press 1987: 56~58 [宛敏渭, 刘秀珍. 中国物候观测方法 [M]. 北京: 科学出版社, 1987: 56~58]
- [15] Zhou Xingmin Kobresia Meadow in China [M]. Beijing Science Press 2001: 136~139 [周兴民. 中国高草草甸 [M]. 北京: 科学出版社, 2001: 136~139]
- [16] Du Guozhen, Zhao Songling Study of phenology in subalpine meadow community in Ganar Considering the mechanism of maintaining species diversity in herbaceous communities [J]. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 1995, 15(5): 126~133 [杜国祯, 赵松岭. 甘南亚高山草甸群落的物候谱研究-兼论群落多样性维持的机制 [J]. 西北植物学报, 1995, 15(5): 126~133]
- [17] Xu Yuqing, Lu Peiling, Yu qiang Response of tree phenology to climate change for recent 50 years in Beijing [J]. *Geographical Research*, 2005, 24(3): 411~420 [徐雨晴, 陆佩玲, 于强. 近 50 年北京树木物候对气候变化的响应 [J]. 地理研究, 2005, 24(3): 411~420]
- [18] Li Yingnian, Zhao Xinquan, Cao Guangn, et al. Analyses on climates and vegetation productivity background at Haibei Alpine Meadow Ecosystem Research Station [J]. *Plateau Meteorology*, 2004, 23(4): 558~567 [李英年, 赵新全, 曹广民, 等. 海北高寒草甸生态系统定位站气候、植被生产力背景的分析 [J]. 高原气象, 2004, 23(4): 558~567]

# Phenology Characters of Dominant Plants in the Nam Co Basin and Its Response to Climate Tibet

LÜ Ximiao<sup>1</sup>, KANG Shichang<sup>1,2</sup>, ZHU Liping<sup>1</sup>, ZHANG Yongjun<sup>1</sup>, HAN Wenwu<sup>1</sup>

(1. Institute of Tibetan Plateau Research, Laboratory of Tibetan Environment Changes and Land Surface Processes (TEL),

Institute of Tibetan Plateau Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085, China;

2 Key Laboratory of Cryosphere and Environment, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China)

**Abstract** Ten dominant plants of alpine meadow in the Nam Co basin were selected to observe their phenological features during 2007 and 2008. The earliest flowering occurred in the mid-May and the maximum flowering period happened from the mid-June to late July for the majority of plants, then the flowering ended in the late September. The suitable air temperature for plant flowering ranged from 8.5 °C to 8.9 °C. Plant fruiting began in the early June, and fruiting period was coherent with flowering period for most of plants. The general features of phenology in the high elevations with low air temperature were observed in the Nam Co basin, which are characterized by short growing seasons (around 5 months), early and late flowering. Rainy season onset was earlier in 2008 than that in 2007, which caused plant flowering onset was 20 days earlier, and flowering and fruiting periods were shortening around 5 days in 2008 than those in 2007. Annual changes in phenology are sensitive to climate variability, especially the seasonality of precipitation.

**Key words** phenology; climate; alpine meadow; Nam Co; Tibetan Plateau

## 封面照片说明: 马尔康

马尔康县位于川西北高原南缘高山峡谷地带, 山原约占面积 65%, 高山峡谷约占 35%; 气候特点夏凉冬冷, 四季分明; 为川西北交通、贸易中心; 面积 6 632.7 km<sup>2</sup>, 人口约 6 万, 为藏族聚居区。“马尔康”藏语意为火苗旺盛的地方, 曾为校磨、卓克基、松岗、党坝四土司辖地, 1958 年成为阿坝藏族羌族自治州人民政府所在地。马尔康县境内有国家重点文物保护单位卓克基土司官寨、直波碉群, 是以嘉绒藏族民俗风情为特色的旅游胜地。

(谢 婧)