

盘锦湿地芦苇物候特征及其对气候变化的响应

李荣平¹ 刘晓梅² 周广胜¹

(1. 中国气象局沈阳大气环境研究所, 沈阳 110016; 2. 辽宁省气象台, 沈阳 110016)

摘要:基于 1987~1993 年盘锦湿地芦苇(*Phragmites communis*)物候数据,分析了芦苇的萌动期、展叶期、开花期和枯黄期的物候特征,探讨了芦苇物候期与气候因子的关系,并利用 2 种积温模型模拟了芦苇的展叶期和开花期。结果表明:芦苇的展叶期和开花期具有相同的变化趋势,芦苇的枯黄期变化较小;3 月和 4 月平均气温与芦苇展叶呈显著相关,年平均气温与芦苇展叶盛期和开花盛期呈显著相关,芦苇枯黄盛期与年降水量显著相关;积温模型可有效地预测芦苇的展叶期。

关键词:湿地;芦苇;物候;模拟;气候变化;响应

全球变化已经成为各国政府、科学家及公众关注的焦点。20 世纪全球气候发生了显著变化,全球平均气温上升了 $(0.6 \pm 0.2)^\circ\text{C}$ ^[1]。随着全球气候变暖,植物物候也发生变化以适应气候变暖;而物候变化将导致植物生长季延长,由此引起植被生产力、结构组成及土壤—植被—大气系统水热碳交换的变化,进而影响气候系统,加剧气候变化。植物物候是陆面过程模型以及植被生产力与植被类型动态模型的重要参数^[2]。对植物物候的研究不仅有助于增进植被对气候变化响应的理解,而且对于提高气候—植被之间物质与能量交换的模拟精度、准确地评估植被生产力与全球碳收支具有重要意义。

湿地,被喻为地球之肾,是一种重要的生态系统。湿地生态系统生产力和碳收支在整个陆地生态系统中占据重要地位,湿地植物物候能够为预测湿地生产力和碳收支提供关键参数。但是,迄今为止,有关芦苇的物候研究还很少见。因此,盘锦芦苇物候研究既可为辽河三角洲的生产力评估奠定基础,同时也可当地的芦苇生产提供科学指导。

1 材料与方法

1.1 研究资料来源

芦苇物候观测资料来自盘锦湿地气象观测站(41°08'N, 121°54'E),观测资料时间为 1987~1993 年。每次观测设置 5 个 $2 \times 2 \text{ m}^2$ 样方记录芦苇的展叶,在每个样方 50% 芦苇叶子展开时间作为展叶盛期,芦苇展叶盛期取 5 个样方观测的平均值。出苗期、开花盛期和枯黄盛期记录方法与展叶盛期相同。

观测站的同期日平均气温记录和物候记录来自辽宁省气象档案馆。

1.2 物候模型

研究表明,积温模型对一些植物的物候模拟好于含有低温阈值的温度模型^[3-4]。植物物候变化受植物基因和环境因子影响,芦苇物候模型未曾有人研究。因此,本研究选用 2 个国际流行的植物物候模型—ForcTT^[5]和 ForcSar^[4](表 1)来模拟芦苇物候。

表 1 模型的定义和方程

符号	定义
y	展叶期
x_t	日平均气温
$R_f(x_t)$	促进率方程
S_f	促进状态
F^*	积温阈值或促进单位阈值
t_0	积温开始日或促进单位累计开始日
T_b	基础温度
ForcTT model(F^*, T_b, t_0)	
$S_f = \sum_{t_0}^y R_f(x_t) = F^*$	
$R_f(x_t) = \begin{cases} 0 & x_t \leq T_b \\ x_t - T_b & x_t > T_b \end{cases}$	
ForcSar model(F^*, t_0)	
$S_f = \sum_{t_0}^y R_f(x_t) = F^*$	
$R_f(x_t) = \begin{cases} 0 & x_t \leq 0 \\ \frac{28.4}{1 + e^{-0.185(x_t - 18.4)}} & x_t > 0 \end{cases}$	

芦苇物候模型的参数利用 1987~1993 年盘锦

收稿日期:2006-06-08;修订日期:2006-07-10。

基金项目:中国气象局科技项目“我国中高纬地区典型下垫面陆—气通量观测系统建设”、“东北地区干旱化和生态系统相互作用观测与模拟”和中国气象局沈阳大气环境研究所启动基金项目共同资助。

作者简介:李荣平,男,1975 年生,硕士,主要从事气候变化与碳循环方面的研究。

通信作者:周广胜, E-mail: gszhou@ibcas.ac.cn。

市气象观测站的芦苇物候数据和相对应的日平均气温数据对模型参数进行估计。模型参数的选取根据

最小偏差的方法,即: $RMSE = \sqrt{\frac{\sum_i (x_{ip} - x_{i0})^2}{n}}$,

x_{ip} 为预测值, x_{i0} 为观测值, i 为年, n 为年数。对于 T_b 基础温度取值范围为: $-5 \sim 10 \text{ }^\circ\text{C}$, 步长为 $1 \text{ }^\circ\text{C}$, 当 $RMSE$ 最小时获取芦苇物候模型的参数值。

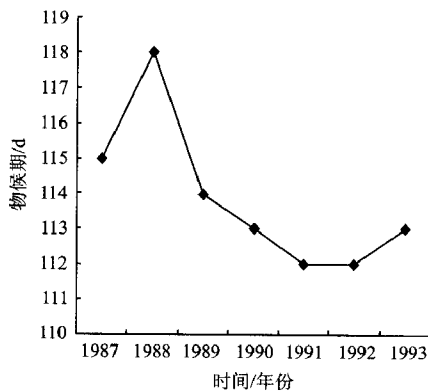
2 结果与分析

2.1 芦苇物候期特征

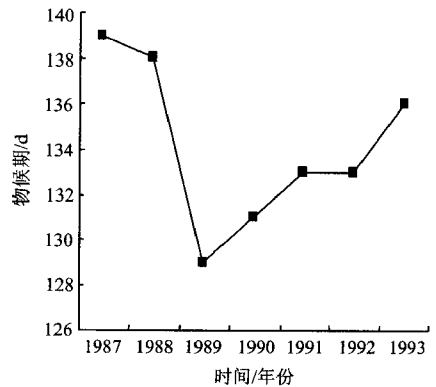
芦苇的萌动总体趋势是提前的。1987~1993年盘锦芦苇萌动最晚出现年份为1988年,4月27日萌

动;最早年份出现为1992年,4月21日萌动,最大时间差为6 d。芦苇的展叶盛期趋势呈“V”型,展叶最晚年份为1987年,平均展叶盛期为5月19日;展叶最早年份为1989年,平均展叶盛期为5月9日。1988年和1989年有较大的落差。1989~1993年,芦苇展叶呈推后趋势。芦苇开花盛期变化趋势与芦苇展叶盛期趋势相同,呈“V”型发展,这说明芦苇的开花盛期受到展叶的影响。芦苇的枯黄期呈较小幅度的变化,枯黄盛期以1991年为最早,前5 a均呈提前趋势(图1)。同时,芦苇展叶与开花呈显著相关性,而芦苇的枯黄期却与芦苇的萌芽、展叶和开花相关性不显著。

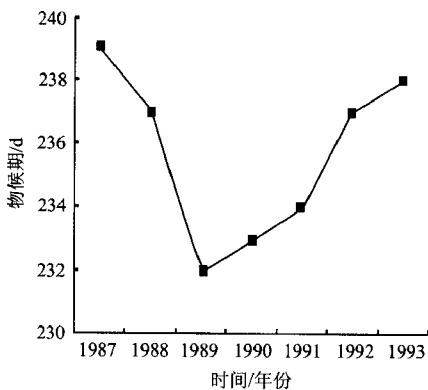
2.2 芦苇物候期与气候因子的关系



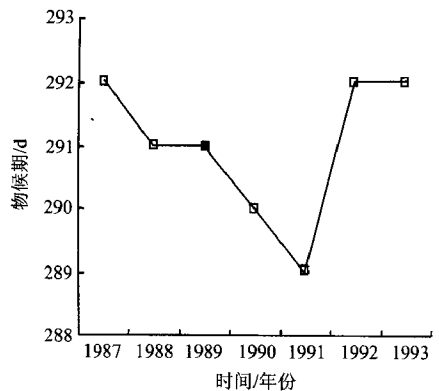
(a) 萌动



(b) 展叶盛期



(c) 开花盛期



(d) 枯黄盛期

图1 1987~1993年盘锦芦苇物候期的变化曲线

芦苇展叶盛期与4月平均气温和3~4月平均气温呈极显著相关($P < 0.01$),随着平均气温的升高,芦苇展叶期提前;同时,芦苇展叶盛期也与4月降水量显著相关(表2),这表明4月平均气温对芦苇展叶起决定作用,这与Sparks^[6]研究英国21种植物的开花期与当地春季单月气温呈极显著关系是一致的。4月的降水对芦苇展叶具有一定的影响;植物物候与气候和环境因子有关^[7],降水多,展叶早;降水

少,展叶晚。4月的降水有利于土壤化冻,提高地温,改善土壤环境,增强芦苇根系的活性。因此,4月的降水与芦苇展叶相关。4月的气温升高,促进露出地面的叶芽的酶活性增强,加速叶子的展开;同时,气温升高促进地温的升高。年平均气温与芦苇展叶盛期和开花盛期呈显著相关,这说明芦苇的开花主要受展叶后的气温影响,年平均气温可以反映整个生长季的气温水平,而且花芽的形成主要受植物的本

身特性决定,芦苇的枯黄盛期与年降水量呈显著相关($P < 0.05$),生长季的降水增加造成芦苇群落内部环境潮湿,在高温条件下,增加与其他物种竞争;同

时,病虫害也增加。气温影响着芦苇的展叶和开花。芦苇的开花期与年平均气温具有一定的关系,年平均气温越高,则芦苇开花期相应提前(表2)。

表2 芦苇物候期与气候因子的相关关系矩阵

	Ger	L	F	Y	PA	P	TM	TA	TMA	T
Ger	1	0.56	0.28	0.21	0.31	-0.24	-0.56	-0.52	-0.62	-0.29
L		1	0.90**	0.43	0.83*	-0.04	-0.71	-0.89**	-0.89**	-0.86*
F			1	0.70	0.67	-0.28	-0.48	-0.74	-0.66	0.76*
Y				1	0.13	0.85*	-0.03	-0.25	-0.09	-0.25
PA					1	0.33	-0.78*	-0.75	-0.88**	-0.99**
P						1	-0.28	-0.15	-0.26	-0.22
TM							1	0.52	0.93**	0.75
TA								1	0.80*	0.75
TMA									1	0.86*
T										1

注: Ger 为萌芽, L 为展叶盛期, F 为开花盛期, Y 为枯黄盛期, PA 为4月降水量, P 为年降水量, TM 为3月平均气温, TA 为4月平均气温, TMA 为3~4月平均气温, T 为年平均气温; * 为 $P < 0.05$, ** 为 $P < 0.01$ 。

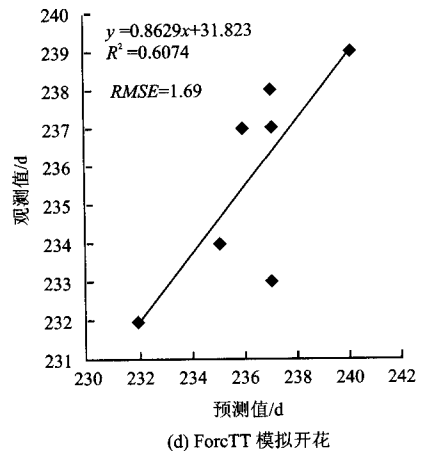
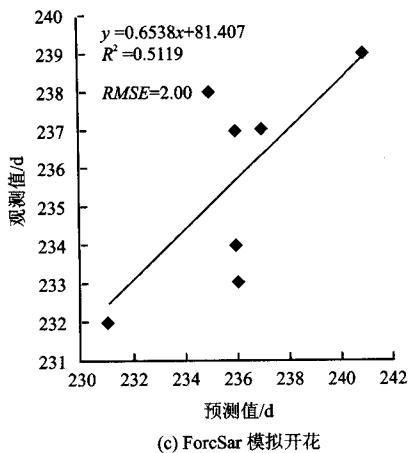
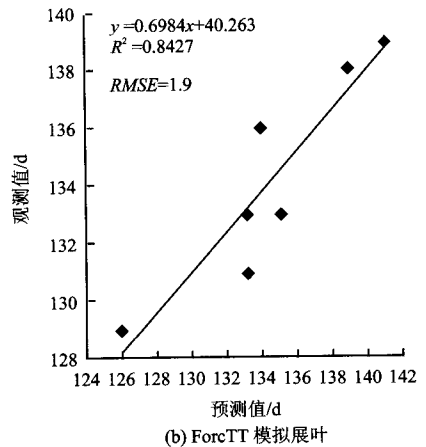
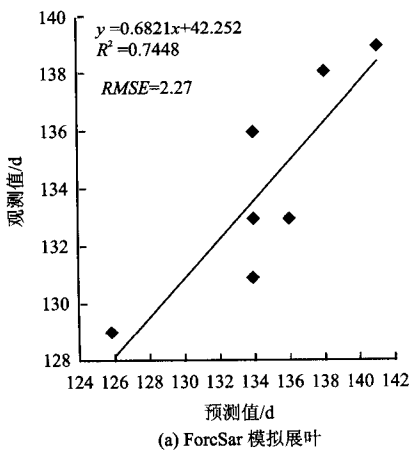


图2 ForcTT 和 ForcSar 模型对芦苇展叶和开花模拟

2.3 芦苇物候期的模拟

许多物候研究表明,不同的物候模型,预测不同的物候期,模型参数也不同。本研究发现,当 ForcTT 模型预测芦苇的展叶盛期和开花盛期时,最佳的开始日期分别为 1 月 1 日和 4 月 1 日,最佳的基础温度分别为 $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。ForcSar 模型有时加入了低温刺激的方程^[8-10],Hannerz^[11]研究欧洲冷杉萌芽时,发现在模型中加入低温处理的方程并不能提高模型精度,而且芦苇是一种分布广泛的物种,可能不存在休眠的情况。所以,本文选用未加入低温处理方程的 ForcSar 模型。研究表明,开始日期为 1 月 1 日时,模型模拟芦苇展叶精度达到最大,估计误差为 2.3 d;开始日期为 3 月 1 日时,模型模拟芦苇开花精度达到最大,估计误差为 2.0 d。这说明每年初前 3 个月的气温对芦苇的展叶具有一定的影响,对开花影响较小,而开花主要受展叶后的气温影响。

表 3 ForcTT 模型和 ForcSar 模型的参数估计

	ForcTT 模型		ForcSar 模型	
	展叶盛期	开花盛期	展叶盛期	开花盛期
t_0	1 月 1 日	4 月 1 日	1 月 1 日	3 月 1 日
$T_b/{}^{\circ}\text{C}$	1	-1	-	-
$F^*/({}^{\circ}\text{C}\cdot\text{d})$	514	2 917	340	2 261
RMSE	1.92	1.67	2.27	2.00

分别利用 ForcTT 模型和 ForcSar 模型对芦苇展叶和开花进行了预测,得出无论是对展叶期还是对开花期模拟,ForcTT 模型模拟精度明显高于 ForcSar 模型的模拟精度。模拟芦苇展叶盛期,ForcTT 模型变量解释为 84.27%,效果达到极显著,而 ForcSar 模型为 74.48%,效果达到显著;模拟芦苇开花盛期,ForcTT 模型变量解释为 60.75%,效果达到显著,而 ForcSar 模型为 51.19%,效果不显著。

3 结论

基于连续 7 a 盘锦湿地芦苇的物候观测数据,分析了芦苇的萌动期、展叶期、开花期和枯黄期的物候特征及其与气候因子的关系,主要得到如下结论。

(1) 芦苇的萌发特征呈提前趋势,芦苇展叶期与开花期变化趋势较为一致,芦苇开花期受其展叶期

的影响,芦苇枯黄期变化较小。

(2) 芦苇展叶期主要受 4 月平均气温和降水量的影响,开花期也受到气温的影响,年降水量影响着芦苇的枯黄。

(3) 应用 ForcTT 模型能够较好地模拟芦苇的展叶期,同时对芦苇开花期的模拟具有一定的效果;ForcSar 模型对芦苇展叶期的模拟精度不如 ForcTT 模型,且对开花期预测精度亦较差。

(致谢:感谢在实验过程中提供帮助的辽宁盘锦鼎翔集团副总经理关恩凯,盘锦监狱第五大队副大队长范锦军,盘锦市气象局原局长赵芳文和刘景涛、张野、姜大鹏、张昆等科技人员)

参考文献

- [1] IPCC. Summary for policymakers: A report of Working Group I of the Intergovernmental Panel on Climate Change[M]. Shanghai:2001:18.
- [2] Myking T. Spring index models: dormancy, budburst and impacts of climatic warming in coastal - inland and altitudinal *Betula pendula* and *B. pubescens* ecotypes. In: Lieth H, Schwartz MZ(eds) Phology of seasonal climates [M]. I. Backhuys, The Netherlands; 1997:51~66.
- [3] Chuine I, Cour, P, Rousseau D D. Fitting models predicting dates of flowering of temperature - zone trees using simulated annealing [J]. Plant, Cell and Environment, 1998, 21:455~466.
- [4] Chuine I, Cour P, Rousseau D D. Selecting models to predict the timing of flowering of temperature trees: implications for tree phenology modeling [J]. Plant, Cell and Environment, 1999, 22:1~13.
- [5] Cannell M G R, Smith R I. Thermal time, chill days and prediction of budburst in *Picea sitchensis* [J]. Journal of Applied Ecology, 1983, 20:951~963.
- [6] Sparks T H, Jeffree E P, Jeffree C E. An examination of the relationship between flowering times and temperature at the national scale using long - term phenological 1. records from the UK [J]. International Journal of Biometeorology, 2000(44):82~87.
- [7] Roberntz P. Effects of long - term CO_2 enrichment and nutrient availability in Norway spruce. I. Phenology and morphology of branches [J]. Trees, 1999, 13:188~198.
- [8] Saravas R. Investigations on the annual cycle of development of forest trees: autumn dormancy and winter dormancy [J]. Communications Instituti Forestalis Fenniae,

- 1974,84:1-101.
- [9] Hanninen H. Modelling bud dormancy release in trees from cool and temperature regions[J]. Acta Forestalia Fennica,1990,213:1-47.
- [10] Kramer K. Selecting a model to predict the onset of growth of *Fagus sylvatica*[J]. Journal of Applied Ecology, 1994,31:172-181.
- [11] Hannerz A. Evaluation of temperature models for predicting bud burst in Norway spruce[J]. Canadian Journal of Forest Research,1999,29:9-19.

The characteristics of *Phragmites* phenology in Panjin wetland and its responses to climatic change

LI Rongping¹ LIU Xiaomei² ZHOU Guangsheng¹

(1. Institute of Atmospheric Environment, China Meteorological Administration, Shenyang 110016;

2. Liaoning Region Meteorological Center, Shenyang 110016)

Abstract: Based on *Phragmites* phenological data from 1987 to 1993 in Panjin wetland, the characteristics of the germination stage, leafing stage, flowering stage and fade stage of *Phragmites* were analyzed in this paper. The relationships between climatic factors and *Phragmites* phenologies were discussed. Two temperature-based phenological models were used to simulate the leafing and flowering stages of *Phragmites*. The results showed that the trend of leafing stage was same with that of flowering stage, and the variety of the fade stage was slight. The average temperature in March and April had significant correlation with *Phragmites* leafing, the annual average temperature was significant correlation with leafing and flowering of *Phragmites*, and the annual precipitation was significant correlation with fade of *Phragmites*. The temperature-based phenological model can simulate the leafing of *Phragmites* very well.

Key words: Wetland; *Phragmites*; Phenology; Simulation; Climatic change; Response