

物候模式识别在生态动力预报中的应用*

裴铁** 金昌杰

(中国科学院沈阳应用生态研究所, 沈阳 110016)

摘要 以物候资料和数值天气预报模式输出图为基础, 应用模式识别和数理逻辑判断的自动化技术, 阐述制作生态动力预报的原理、方法和步骤. 生态动力预报技术使传统的物候学在气象学和自动化技术支持下, 扩展应用到生态预报业务领域, 使物候预报从单站预报阶段发展到区域预报阶段, 同时促进了农业气象预报方法从定性、统计阶段向动力预报阶段发展. 该方法在农作物播种、长势、灌溉与施肥、病虫害防治等方面具有广阔的应用前景.

关键词 生态动力预报 物候学 数值天气预报 数理逻辑 模式识别
文章编号 1001- 9332(2005) 09- 1661- 06 **中图分类号** S165 **文献标识码** A

Application of phenological pattern recognition in ecological dynamic forecasting. PEI Tiefan, JIN Changjie (Institute of Applied Ecology, Chinese Academy of Sciences, Shenyang 110016, China). Chin. J. Appl. Ecol., 2005, 16(9): 1661~ 1666.

This paper described the principles, methods, and procedures of ecological dynamic forecasting by the automation techniques of pattern recognition and mathematical logic judgment on the basis of phenological data and model output maps from T42L9 numerical weather prediction model. This new forecasting method proposed on the basis of modern meteorology and automation techniques enables the classic phenology to apply to a new field ecological forecasting. It enables phenological forecasting to develop from single station forecasting stage to regional forecasting stage, which is greatly corresponded to the development stage from single station forecasting stage to synoptic stage in weather forecasting, and enables agro-meteorological forecasting to develop from qualitative and statistical forecasting stage to ecological dynamic forecasting stage. With this new qualitative forecasting method, both the predicted objective and predictors are of considerable biophysical interests. The ecological dynamic forecasting method could be applied to crop sowing, crop growth, irrigation and fertilization, and diseases and pests control.

Key words Ecological dynamic forecasting, Phenology, Numerical weather prediction, Mathematical logic, Pattern recognition.

1 引言

农业气象预报方法依赖天气预报技术和有关作物的生物学特性. 目前, 天气预报的先进技术是数值天气预报方法, 而农业气象预报仍停留在概率统计预报阶段. 因预报因子、预报量及二者之间关系缺乏明确的生物物理意义, 使预报质量难以进一步提高, 寻求新的预报方法势在必行. 本文提出一个以数值天气预报产品和有关生物学特征为基础, 应用自动化技术的预报新方法))) 生态动力预报.

20 多年来, 数值天气预报领域有重大进展. 早在 20 世纪 70~ 80 年代, 丑纪范等^[6,7]、曾庆存^[20]从数学物理基础上研究了数值预报理论, 取得了举世瞩目的成果. 中国 T42L9 谱模式, 改进了欧洲中期天气中心预报模式, 并应用于动力气象预报研究及其输出产品, 为生态动力预报提供了物理基础. 同时, 中国有长期物候观测数据与研究成

果^[1~ 3,5,8~ 10,12~ 15,17~ 18,21], 又为生态动力预报提供了生物学依据. 因此, 二者相结合有力地促进生态动力预报迅速发展.

生态动力预报依赖于数值天气预报和作物生物学特征. 前者的基础是大气动力学和数值计算方法^[11,16]; 而后者通常依靠物候观测, 其结果系在生态动力源驱动下作物生态过程几个主要时段的生物学特征, 隶属生态动力学研究范畴^[16].

近年发展起来的生态动力模式识别技术^[16]可用于物候图、天气图和模式输出图的自动化识别, 是生态动力预报的技术支撑. 生态模式识别技术将以往定性观察无法实现的预报业务得以实现, 通过计算机应用自动模式识别技术在短时间内即可完成大量物候图的识别任务. 基于此, 作者提出生态动力预

* 中国科学院知识创新工程重要方向项目(YCXZY0203) 和国家重点基础研究发展规划资助项目(2002CB111503).

** 通讯联系人.

2005- 04- 06 收稿, 2005- 05- 05 接受.

报新途径,旨在提高预报质量,服务于农业可持续发展.

2 材料与方法

211 资料来源

用于本研究的旱柳 (*Salix matsudana*) 和冬小麦 (*Triticum aestivum*) 物候资料取自 1958~2003 年全国有关气象站的实测记录 1 这些数据经由县、市、省三级气象局按中国气象局^[4]发布的标准进行审核,数据可靠,而且具有代表性和比较性. 同期地面天气图、500 hPa 等压面图取自中央气象台编绘的历史天气图. 所用数值预报产品系国家气象中心 T42L9 谱模式的模式输出图.

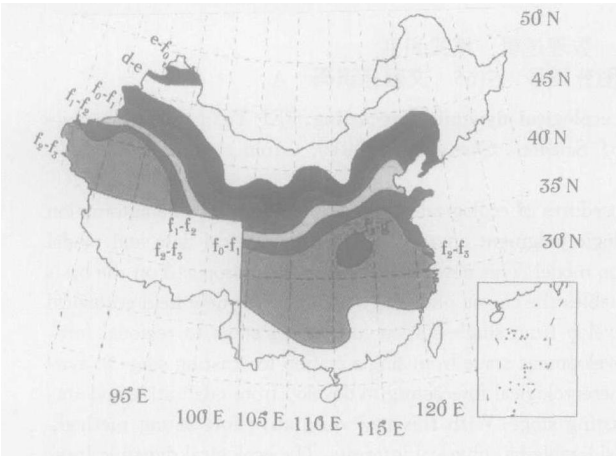


图 1 2002 年 3 月 31 日中国旱柳物候状况
Fig. 1 Phenological situation map of Hankow willow in China on 31 Mar 2002.

d) 花芽膨大 Bud inflation; e) 花芽开放 Bud open; f₀) 现蕾 Budding; f₁) 开花始期 Beginning stage of flowering; f₂) 开花盛期 Full bloom stage; f₃) 开花末期 Final stage of flowering; g) 种子成熟 Seed maturity.

212 数据整理

任一具体日期识别的物候图均是在处理大量数据基础上绘制的. 以 2002 年 3 月 31 日旱柳物候状态图的制作过程为例: 1) 从 2002 年的 5 农气表 236^[4] 查出全国各站记录的旱柳 3 月 31 日所处的物候期. 约定 d 表示花芽膨大期, e 表示花芽开放期, f₀ 表示现蕾期, f₁ 表示开花始期, f₂ 表示开花盛期, f₃ 表示开花末期, g 表示种子成熟期. 2) 由原始物候数据计算出 3 月 31 日的物候状况(如新疆和田) 1 其结果是 3 月 19 日为花芽开放日. 3 月 19 日到 3 月 31 日的日数为: 31-19=12 d; 即在和田, 2002 年 3 月 31 日为旱柳花芽开放后的第 12 天, 用 e₁₂ 表示. 3) 填图, 将从第 2 步计算出来的结果填在空白的中国地图上. 4) 绘等值线. 根据第 3 步给出的同一张地图上的物候状况, 画出等值线, 得出图 1. 对于其他站点和其他物候期, 作类似计算并给出类似的地图.

对于农作物的物候状况, 以冬小麦中熟品种为例, 用与图 1 绘制过程类似的程序绘出 2002 年 3 月 31 日冬小麦物候状况图. 其中, f 表示分蘖, b 表示拔节, y 表示孕穗, z 表示抽穗, k 表示开花. 由此可以得出不同年份、不同日期的一整套物候图(图略), 以便用于相应的物候模式识别中.

3 物候模式识别的原理和程序

311 最适识别方法的选定

现有模式识别方法很多^[19], 根据研究数据和方法特征, 选择了抗干扰能力强的语言结构方法))) 句法方法. 它既能反映模式结构特征, 又能描述其性质, 同时对图形(图像) 畸变的抗干扰能力强. 如果两个模块的结构相似, 应进一步考虑其所处发育期是否相近. 为此, 在句法方法基础上引进属性. 物候属性可以用物候状况图中相邻两个发育期在相邻两模块中所占面积的比例来衡量. 如在图 2 中, 左模块中 / 花芽开放期及以后其他物候期 0 在矩形区域中所占面积是区域总面积的 50% 以上; 而右模块相应面积比率也在 50% 以上. 这样, 左(a)、右(b) 两模块之间的关系用属性 \$ 表示, 即 CAT (a, b) = \$. 一般地说, 左、右模块中、前、后物候期的面积比例作为属性研究的标准(表 1).

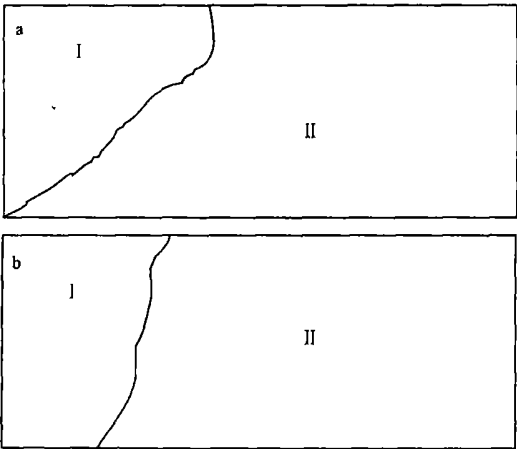


图 2 物候属性判定的示意图
Fig. 2 Judgement of phenological attributes.
a) 左模块 Left module; b) 右模块 Right module. ñ 1 芽膨大期 Bud in2 flate; ò 1 花开放期及其他物候期 Bud open and following penological stages.

表 1 模块、物候期与属性的关系
Table 1 Relationships between modules, phenological phase and a2 tr ibutes

模块 Module		物候期所占面积比例 Phenological phase(%)		属 性 CAT (a, b) At tr ibutes
		前 Former	后 Latter	
模块 Module	a	< 50	> 50	v
	b	< 50	> 50	
模块 Module	a	< 50	> 50	ý
	b	> 50	< 50	
模块 Module	a	> 50	< 50	v
	b	> 50	< 50	
模块 Module	a	> 50	< 50	ý
	b	< 50	> 50	

312 中国物候图的区域分割

中国物候状况图是一个复杂的模式. 为了识别, 将它分割为 6 个区域(图 3).

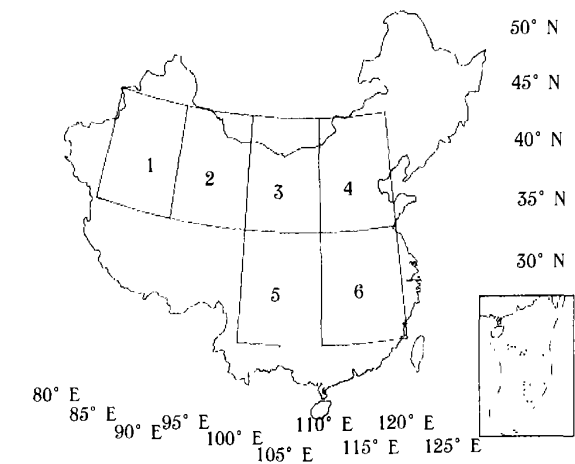


图 3 物候状况分区示意图
Fig. 3 Demarcation of phenological states.

313 几种主要子模块特征

为了对分割出来的模块进行分类, 以图 1 的物候期为例, 将子模块分为以下 6 种类型: 1) 西南高东北低斜线型(用 A 表示); 2) 低槽型(用 C 表示); 3) 两脊一槽型(用 B 表示); 4) 高脊型(用 D 表示); 5) 稀疏平直线型(用 K 表示); 6) 有闭合高值区型(用 N 表示).

314 模式基元抽取

通过抽取物候状况图中的模式基元可以说明轮廓线逐段线性近似方法. 以高值闭合线的模式基元为例, 说明有关程序.

该闭合线(图 4)取自图 1. 在图 4 中, x 轴表示纬线, y 轴表示经线, 并将轮廓线绘于该图.

图中轮廓线的点构成一个有序点集:

$$Q = \{(x_j, y_j) / j = 1, 2, \dots, n\} \tag{1}$$

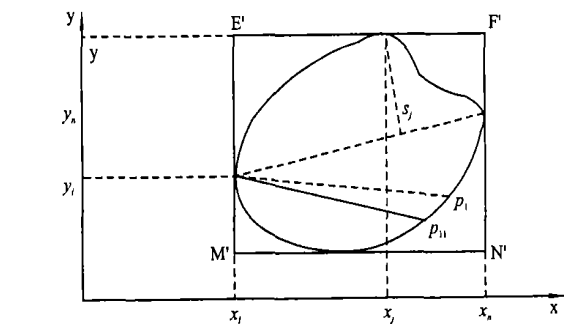


图 4 高值闭合区示意图
Fig. 4 Closed area with the highest numerical value.

在一维模式 $f(x)$ 的情形下, $x_j = j \times x$ 和 $y_j =$

$f(x_j)$

在二维模式的情形下, x_j, y_j 是轮廓线上的点的坐标, 其序则给出轮廓线的一次围绕遍历中的前后串接关系, 即模式基元的前后串接关系. 逐段线性近似方法的目的是寻找一组理论上完备的直线段作为外形元素. 其基本点是要求经过预先给定的点作出合适的直线.

对于通过 (x_j, y_j) 和 (x_k, y_k) 的一条直线, 用二点式可将其直线方程表示为:

$$(x - x_j) / (x_k - x_j) = (y - y_j) / (y_k - y_j)$$

该式可改写为:

$$(y_j - y_k)x + (x_k - x_j)y = (x_k - x_j)y_j - (y_k - y_j)x_j$$

或用点斜式表示:

$$Ax + By + C = 0 \tag{2}$$

则曲线上某点 $P_i(x_i, y_i)$ 到上述直线的垂直距离 S_i 为:

$$S_i = |Ax_i + By_i + C| / \sqrt{A^2 + B^2} \tag{3}$$

因而, 某段曲线上的点集

$$Q_i = \{(x_j, y_j) / j = 1, 2, \dots, n\} \tag{4}$$

的近似误差可选择为最大距离

$$E(S) = \max_j \{S_j\} \tag{5}$$

或均方距离

$$E_m(S) = \frac{1}{n_i} \sum_{j=1}^{n_i} S_j^2 \tag{6}$$

对一个模式的边界轮廓线, 通过逐步近似, 可以得到一系列线段元素 $V_i(i = 1, 2, \dots, m)$. 这些元素可用长度为 L_i 的线段及其与 x 轴的夹角 K_i 表征, 即 L_i 与 K_i 成为表征基元 V_i 的参数对.

为表征一条曲线 $y = f(x)$, 也可用局部曲线法. 设 A 为曲线的正切线与 x 轴的夹角, L 为弧长, 则曲线局部曲率 K 被定义为:

$$K = \frac{d^2A}{dL} = \frac{d^2f(x)/dx^2}{\{1 + [df(x)/dx]^2\}^{3/2}}$$

在量化的曲线中, 用差分代替微分, 可近似地确定各段的曲率.

315 用属性文法识别的实例

观察图 1, 并经过必要计算, 确定属性后, 可以用属性文法 G_A 按如下步骤作模式识别.

由 Chensky 四元式

$$G_A = (V_N, V_T, P, S)$$

式中, V_N 是非终止符的有穷集, V_T 是终止符的有穷集, P 是生成规则集, S 是开始符.

可以写出:

$$V_N = \{S, N_1, N_2, N_3, N_4, N_5, N_6\}$$

$$V_T = \{A, C, B, D, K, N\}$$

P:

$$S \rightarrow AN_1$$

$$N_1 \rightarrow CN_2$$

$$CAT(A, C) = v$$

$$N_2 \rightarrow BN_3$$

$$CAT(C, B) = v$$

$$N_3 \rightarrow DN_4$$

$$CAT(B, D) = v$$

$$N_4 \rightarrow KN_5$$

$$CAT(D, K) = v$$

$$N_5 \rightarrow NN_6$$

$$CAT(K, N) = \dot{y}$$

4 物候模式识别在低温灾害生态动力预报中的应用

4.1.1 冬小麦春季低温灾害的物候生态动力预报原理

一年中,生物物候推移的驱动力来自自然生态动力源^[16].植物物候期到来的根本原因在植物内部.生态动力是通过植物生理和生物化学这个内因而起作用的.

在春季,冬小麦抗低温灾害的内因在于冬小麦抗低温能力,如果处于分蘖、返青或起身这几个发育期之一,它抗低温的生态动力比较强;而若处于拔节期及以后其他发育期,抗低温生态动力则较弱.冬小麦春季物候期的中期预报实质上是关于抗低温能力的生态动力内因的预报.另一方面,小麦受低温灾害的外因是中期天气形势.未来4 d内是否会出现导致低温灾害的天气形势,是冬小麦是否会受低温灾害的外因.灾害预报是内因和外因相结合的预报.内因的预报可用物候模式识别技术完成,外因的预报则借助于数值天气预报模式.

在本研究中,物候预报的原理是:小麦拔节等物候期到来,从内因上说依赖于其前(指示植物0)))旱柳的物候期.如在旱柳花芽膨胀始期之后的第n天,冬小麦可能拔节.这是依其内因所作出的推测.在利用模式识别技术作预报时,依据多年春季旱柳物候状况图(图1),用属性文法识别其相似性,进而把相似图出现后未来冬小麦物候期的状况图加以比较,给出冬小麦未来物候期状况的预报图.从该预报图可预报冬小麦未来5 d内可能处在的发育期,并按预报图,依据冬小麦生物学特性,把处于返青或起身期的区域视为/不能受低温害区0,把处在拔节开

始之后第5天的区域视为/可能轻度受害区0,而把拔节开始之后第6天以后的区域视为/可能重度受害区0.这样预报出来的冬小麦可能受害程度,是其可能受害程度的生物学依据.但还不能据此给出/冬小麦是否受低温之害0的最终预报结果.

对于大气动力因素,经模式识别给出几种导致降温的天气形势的模式类型.例如图5和图6分别表示的地面天气形势和500 hPa等压面上等高线形势,是其中最典型的形势.

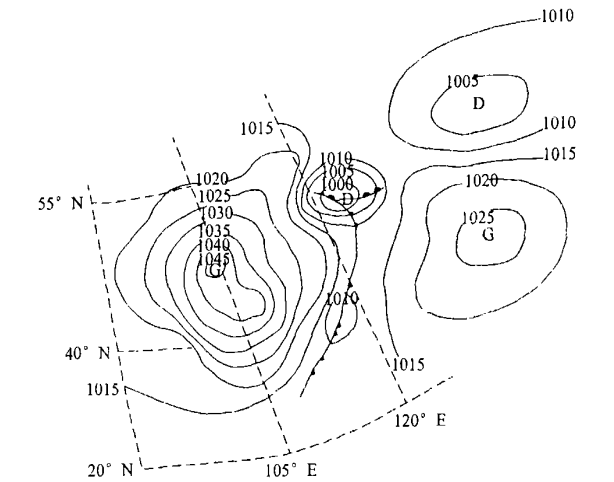


图5 春季典型降温天气形势中期数值预报图:地面图
Fig 5 Typical temperature-decreasing synoptic topography in spring on a surface synoptic map: The topography from a middle-range numerical weather prediction map

本研究用T42L9谱模式^[11]输出图与降温形势的标准模式图对照.如相似,则预报冬小麦可能受低温灾害.

4.1.2 具体应用的逻辑判断

在实际预报中,用模式识别中逻辑判断程序,使生态动力预报实现自动化.为说明逻辑判断程序,把待识别的问题分为7个类别,所需要的产生式规则就比较少.在产生式中,有4条用于确定冬小麦在未来4 d内的物候状态.如果在未来4 d内,冬小麦处于拔节期或拔节后的其他物候期,用BA表示;如果未来4 d内尚未达到拔节期,则用FA表示.

P₁ 就被观察的冬小麦地块来说,如果麦苗高度\ 115 cm,则冬小麦物候期状况是BA;

P₂ 若麦苗有茎节,则其物候期状况是BA;

P₃ 若麦苗高度< 115 cm,则其物候期状况是FA;

P₄ 若麦苗无茎节,则其物候期状况是FA.

P₁~ P₄这一组规则,可用于分辨冬小麦是否处在拔节期或拔节以后其他物候期.

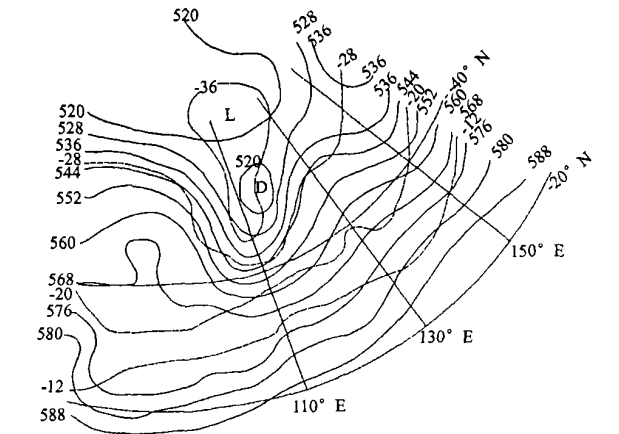


图 6 春季典型降温天气形势中期数值预报图(500 hPa)
Fig. 6 Typical temperature decreasing synoptic topography in spring on a 500 hPa isobar surface map.

如果某地块冬小麦未达到拔节期, 即识别结果为FA, 那么, 暂时终止识别; 反之, 识别结果是BA, 就必须识别未来4 d内的自然物候状况和数值预报给出的天气形势。

P₅ 若某地块在未来4 d内, 旱柳将进入发芽期, 则有必要考虑生态控制的决策问题。

P₅⁰ 若某地块在未来4 d内, 旱柳不会进入发芽期, 则不必考虑控制决策问题。

P₆ 若某地块在未来4 d内可能会出现导致低温的冷锋类天气过程(能使气温降至-11.5℃或以下的过程), 则准备采用防御低温的水文生态动力源^[16]方面的生态控制措施))) 灌溉。

P₆⁰ 无冷锋天气过程

P₇ 有可能导致低温的低压和槽天气形势(河套低压、华北低压、东北低压、横槽及东亚大槽), 准备灌溉。

P₇⁰ 无低压和槽天气过程

为用集合论和概率论原理表示实施水文生态动力优化控制的概率, 首先设定: G_u表示灌水, W_{ea}表示天气, T_r表示低压和槽天气系统, 其中T_{r1}为河套低压, T_{r2}为华北低压, T_{r3}为东北低压, T_{r4}为横槽, T_{r5}为东亚大槽, F_r为冷锋, P_{he}表示自然物候, Y_f表示旱柳发芽, E_n表示环境, BA表示冬小麦拔节或拔节后, D_q表示作物物候期。然后, 写出用于逻辑判断的有关概率表达式:

$$\begin{aligned} P[G_u/(E_n HD_q)] &= P(BAHE_n) & (7) \\ P(E_n) &= P(W_{ea}HP_{he}) & (8) \\ P(W_{ea}) &= P(T_rGF_r) & (9) \\ P(P_{he}) &= P(Y_f) & (10) \\ P[G_u/(E_n HD_q)] & \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= P\{BAHE_n\} \\ &= P\{BAH[W_{ea}HP_{he}]\} \\ &= P\{BAH[T_rGF_r]HY_f\} \\ &= P\{BAH[((T_{r1}GT_{r2}GT_{r3}GT_{r4}GT_{r5})GF_r)HY_f]\} \end{aligned}$$

以上识别工作均用FORTRAN语言在POW2ERTAION410上完成。

5 结 论

以物候资料和数值天气预报模式输出图为基础, 在模式识别和数理逻辑自动化判别技术支持下制作生态动力预报。生态动力预报使用肉眼无法识别的物候图, 能自动化识别, 物候学借助气象学和自动化技术可扩展应用到生态预报领域, 使物候预报技术由单站预报阶段进展到区域预报阶段, 同时也促进农业气象预报从定性和统计预报阶段推向动力预报阶段。

该预报方法尚处于研制的最初阶段, 有许多问题尚待进一步探索。对物候资料, 可进一步订正, 使其具有更好的代表性和比较性。本研究只对农业生产中有直接意义的中期预报进行了试验, 实际上也可考虑相应的短期或短时生态动力预报方法的研制。在运用新方法的同时, 要结合具体地点的实际情况作出订正, 使预报结果更接近实际。

参考文献

- 1 Beaubien EG, Freeland HJ. 2000. Spring phenology trends in Alberta Canada: Links to ocean temperature. *Int J Biometeorol*, 44(1): 53~ 59
- 2 Bradley NL, Leopold AC, Ross J, et al. 1999. Phenological changes reflect climate change in Wisconsin. *Proc Nat Acad Sci United States America*, 96: 9701~ 9704
- 3 Chmielewski FM, R  tzer T. 2002. Annual and spatial variability of the beginning growing season in Europe in relation to air temperature changes. *Clim Res*, 19(1): 257~ 264
- 4 China Meteorological Bureau (中国气象局). 1993. *Agrometeorological Observation Standard*. Beijing: Meteorological Press. 1~ 4 (in Chinese)
- 5 Chmielewski FM, M  ller A, Bruns E. 2004. Climate changes and trends in phenology of fruit trees and field crops in Germany, 1961~ 2000. *Agric For Meteorol*, 121(1): 69~ 78
- 6 Chou JF(丑纪范), Du XY(杜行远), Guo BR(郭秉荣). 1980. *Numerical Weather Prediction*. Beijing: Meteorological Press. 1~ 10 (in Chinese)
- 7 Chou JF(丑纪范). 1986. *Long-Range Numerical Weather Prediction*. Beijing: Meteorological Press. 1~ 3 (in Chinese)
- 8 Chuine I, Bour P, Rousseau DD. 1999. Selecting models to predict the timing of flowering of temperate trees: Implication for tree phenology modeling. *Plant Cell Environ*, 22(1): 1~ 13
- 9 Fornaciari MF, Orland CA, Bomano B. 2003. Techniques for reconstructing data on flowering. *Ekologiya*, 13(1): 63~ 65 (in Russian)
- 10 Hense A, Glowienka Hense R, Muller M, et al. 2002. Spatial model

elling of phenological observations to analyse their interannual variations in Germany. *Agric For Meteorol*, 112(2): 161~ 178

11 Hu GL(胡广隆). 2002. Practical MediumRange and LongRange Weather Forecasting. Beijing: Nation Defence Industry Press. 1~ 21(in Chinese)

12 Kramer K, Leinonen I, Loustau D. 2000. The importance of phenology for the evaluation of impact of climate change on growth of boreal temperate and Mediterranean forest ecosystems: An overview. *Int J Biometeorol*, 44(1): 67~ 75

13 Liu DL, Kingston G, Bull TA. 1998. A new technique for determining the thermal parameters of phenological development in sugarcane, including suboptimum and supraoptimum temperature regimes. *Agric For Meteorol*, 90(2): 119~ 139

14 Liu XZ(刘秀珍), Yu XM(于系民). 1999. Language of the Nature. Beijing: Meteorological Press. 1~ 25(in Chinese)

15 Olsen JK, McMahon CR, Hammet GL. 1993. Prediction of sweet corn phenology in subtropical environments. *Agron J*, 85(3): 410~ 415

16 Pei TF, Jin CJ, Guan DX. 2004. Ecological Dynamics and Cybernetics Principle. Beijing: Science Press; Monmouth Junction: Science Press USA Inc. 25, 199~ 204

17 Qi RZY(祁如英), Ning XJ(宁新江), Yan LR(严进瑞). 2004. Phenological season division and its application in Normuhong Region, Qinghai Province. *Chin Agrometeorol* (中国农业气象), 23(2): 33~ 35(in Chinese)

18 Schwartz MD. 1999. Advancing to full bloom: Planning phenological research for the 21st century. *Int J Biometeorol*, 42(1): 113~ 118

19 Theodoridis S, Koutroumbas K. 2003. Pattern Recognition. 2nd edition. New York: Elsevier Science Ltd. 1~ 5

20 Zeng QC(曾庆存). 1979. Mathematical physical Basis of Numerical Weather Prediction. Beijing: Science Press. 1~ 25(in Chinese)

21 Zhu KZ(竺可桢), Wan MW(宛敏渭). 1999. Phenology. Changsha: Hunan Education Press. 1~ 15(in Chinese)

作者简介 裴铁 , 男, 1942 年生, 研究员. 主要从事生态水文和生态气候研究, 发表研究论文近百篇, 出版专著 4 部, 参编专著 7 部. Tel: 02483970337; Email: TFPei @ iae. ac. cn

5 浙江林学院学报6 2006 年征订启事

5 浙江林学院学报6 是全国/ 林业类0 核心期刊和/ 综合性农业科学类0 核心期刊之一, 荣获第二届国家期刊奖百种重点期刊奖, 首届浙江省优秀科技期刊二等奖, 第二届浙江省优秀科技期刊一等奖, 首届和第二届全国优秀科技期刊三等奖, 全国高校优秀科技期刊一等奖. 5 浙江林学院学报6 主要刊登报道林学基础学科、森林培育学、森林经理学、经济林学、林业工程、森林保护学、林木遗传育种学、森林生物学、生态学、生物技术、园林学和园艺学等学科的学术论文、问题讨论和研究简报, 适当刊登与农林相关的其他学科的稿件, 供农林科技工作者、园林绿化和规划设计人员、大专院校师生、基层干部、农林科技专业户及科技信息人员参阅.

本刊为双月刊, A4 开本, 每期 112 页. 季末月出版. 国内外公开发行. 所刊文章被国内外多种文摘刊物和数据库收录. 附英文目次和英文摘要. 2006 年定价, 每期 10. 00 元, 全年 60. 00 元/ 份. 欢迎订阅, 欢迎投稿.

国内订户请向全国非邮发报刊联合发行部订阅. 地址: 300381 天津市大寺泉集北里别墅 17 号. 电话: (022) 23973378, E2mail: LHZD@ public. tpt. tj. cn . 也可直接向浙江林学院学报编辑部汇款订购. 邮汇: 311300 浙江临安 浙江林学院学报编辑部, 电话: (0571) 63732749, E2mail: zlxzb@ zjfc. edu. cn. 银行汇款: 建行临安市支行营业部. 账号: 330617335010022304266. 户名: 浙江林学院.

国外读者请向中国出版对外贸易总公司办理, 地址: 100011 北京 782 信箱.