

# 桂北地区蟋蟀物候对气候变暖的响应

李世忠<sup>1,2</sup>, 唐欣 (1. 广西壮族自治区桂林市气象局, 广西桂林 541001; 2. 中山大学大气科学系, 广东广州 510275)

**摘要** 对桂北地区蟋蟀始鸣和终鸣以及气候变化多年同步观测资料进行对比分析, 结果表明: 近10年来桂北地区蟋蟀始鸣期呈提前趋势, 终鸣期稳定, 始终鸣间隔日及生长繁殖季显著延长; 桂林雁山近34年来平均气温呈显著上升趋势, 特别是近10年来增温特别明显, 在增温过程中又以春季增温为主, 冬季和秋季增温次之, 夏季呈弱降温趋势; 2~4月平均气温( $T_{2-4}$ )是影响蟋蟀始鸣期和始终鸣间隔日的主要气候生态因子; 蟋蟀物候期变化是对气候变暖响应的结果。

**关键词** 昆虫物候; 气候变化; 生态响应

中图分类号 S718.6 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2009)17-08017-03

## Response of the Phenology of Cricket in North Guangxi to Climate Warming

LI Shi-zhong et al (Guilin Meteorological Bureau, Guilin, Guangxi 541001)

**Abstract** Based on the contrastive analysis of the phenological phase of cricket and meteorological data in north Guangxi, the result indicated cricket's phenology was mainly reflected in generally advance in the start variable date, stable in the halt variable date and notably prolonged in interval dates. The mean annual temperature had presented a notably increasing trend in the last 34 years in Yan Mountain, especially more raising tendency in 10 years, and dominated by spring warming. It was the mean temperature from Feb. to Apr. ( $T_{2-4}$ ), the dominated climatic ecological factors which impacted the cricket start variable dates and interval dates. The conclusion showed that the changes of cricket phenology were the response of insect to climate warming.

**Key words** Insect phenology; Climate changes; Ecological response

IPCC第一工作组的报告认为, 全球平均温度在20世纪期间增加了0.4~0.8<sup>[1]</sup>。全球变暖给生态系统、农业生产和动植物带来严重影响。研究表明, 气候变化影响了动物的地理分布、物候(如繁殖、鸟类迁徙等)、动物行为以及种群大小等, 物候变化是动物对气候变化最简单的反应<sup>[2]</sup>。

动物物候是自然环境中动物生命活动的季节现象, 它包括昆虫、候鸟及其他动物初鸣、初见、终鸣、绝见等<sup>[3-8]</sup>。物候的时间与气温、降水、光照、土壤温湿度等气象因子有关, 物候现象不仅反映了当时的天气条件, 而且反映了过去一段时间气象条件影响的积累情况。但不同的物种对气象因子的敏感程度不同, 气象因子的长期改变也常引起其物候的变化, 最终影响到物种的繁殖、竞争力以及物种间的相互作用。我国科技工作者在这方面有不少的研究, 但多限于北方自然物候对气候变化的响应<sup>[9-17]</sup>。由于自然物候存在地域差异, 因此有必要探讨南方自然物候尤其是野生动物对气候变暖的响应关系。

笔者利用雁山农业气象试验站动物物候观测资料, 研究蟋蟀物候期的变化及其对气候变暖的响应关系, 以期为昆虫生态研究、生态环境保护、病虫害防治、可持续发展和当地农业生产等方面的应用研究提供科学参考。

## 1 资料处理与分析

广西壮族自治区桂林市雁山1989~2007年蟋蟀始鸣和终鸣物候资料和1975~2007年逐月平均气温、雨量等资料以及台站档案(内部资料)来源于桂林市气象局档案室。

对物候资料, 先计算出蟋蟀物候期距平和始终鸣期间隔日距平; 为了能反映出气候变化的情况, 在逐月资料基础上, 按季度统计了春季(3~5月)、夏季(6~8月)、秋季(9~11月)和冬季(12~2月)平均气温、雨量资料等。为了突出较长期的变化趋势, 分别对季节和年的气候要素作5年滑动平均, 序列两端的5年滑动平均则通过添加两个序列的平均值得

到。经过以上数据的处理, 分别得到该站各季节和年的5年滑动平均气候要素序列。

物候和气候变化总趋势采用倾向率法, 各物候和气候要素的倾向率采用一元线性回归拟合求得, 气候变化阶段性分析采用5年滑动平均法, 各物候期与气候因子的相关性采用Pearson相关系数描述, 在此基础上建立物候期与主要气候因子的一元线性回归方程。

## 2 结果与分析

**2.1 蟋蟀物候变化趋势** 对1989~2007年观测记载的蟋蟀物候期进行统计分析, 结果发现: 蟋蟀始鸣期最早出现在2月11日, 最晚出现在5月14日, 相差92d, 平均出现在3月26日; 终鸣期最早出现在10月26日, 最晚出现在12月12日, 相差47d, 平均出现在11月15日; 始、终鸣期间隔日数最短为179d, 最长为280d, 相差101d, 平均为234d。由图1可见, 蟋蟀始鸣期以约34.5d/10a的速率提早, 终鸣期以约6.1d/10a的速率推迟, 而间隔日数以31.1d/10a的速率延长。

从图1还可以看出, 1998年之前蟋蟀始鸣期距平基本呈增大趋势, 之后呈减少趋势。在2000年以前, 蟋蟀始鸣期基本处于正距平, 2000年后处于负距平, 而且距平绝对值呈扩大趋势。始终鸣间隔期在2000年以前基本处于负距平, 2000年后处于正距平, 而且距平绝对值也呈扩大趋势。1989~2007年终鸣期变化都不明显。

物候变化总趋势倾向率表明, 蟋蟀始鸣期以约34.5d/10a的速率提早, 间隔期以31.1d/10a的速率延长, 终鸣期变化都不明显, 以约6.1d/10a的速率推迟。

## 2.2 气候变化特征

**2.2.1 平均气温变化。**从图2的变化曲线可以看出, 桂林雁山近34年来年平均气温呈峰谷波动逐渐上升趋势, 1997年之后, 年平均气温呈持续增高趋势, 因此可把近34年分为2个时期。第1个时期(1975~1996年)为偏冷期, 平均值19.0, 低于历年平均值0.2, 增温线性趋势为0.099/10a; 第2个时期(1997~2007年)为偏暖期, 平均值19.4, 高于历年平均值0.2, 增温线性趋势为0.255/10a ( $R^2=0.5521$ ),

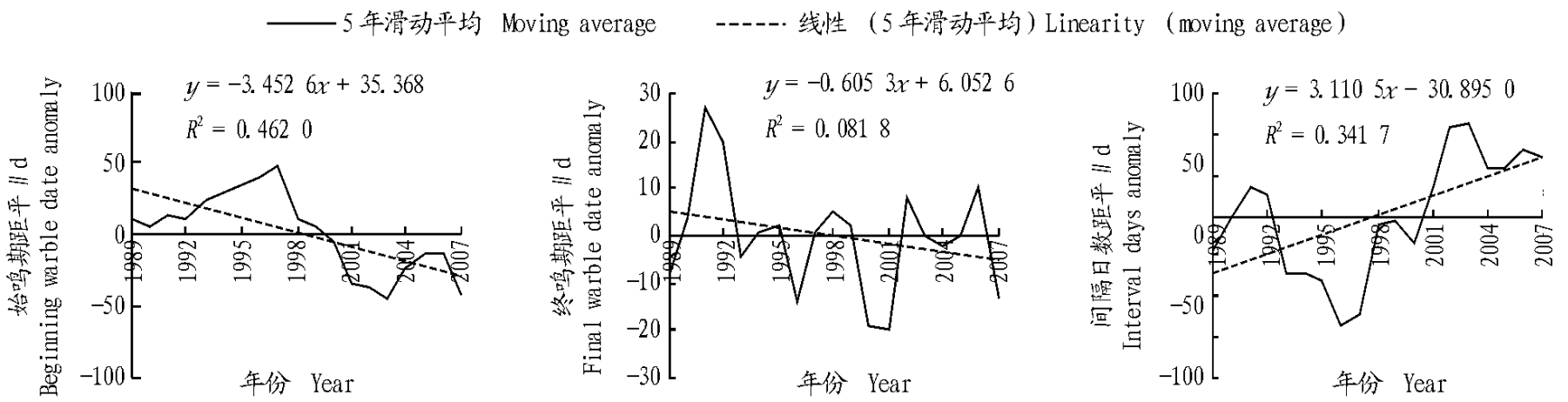


图1 蟋蟀物候期及间隔日数变化趋势

Fig.1 The change trend of the phenophase and the interval days of cicada

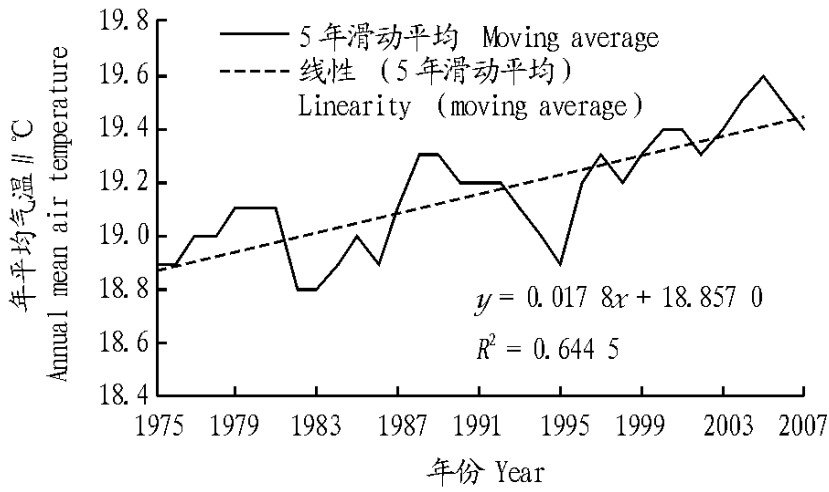


图2 雁山年平均气温变化曲线

Fig.2 The change curve of annual mean air temperature in Yan Mountain

增温更显著。

从近34年来温度季节变化分析可以看出(图3),春季增温最明显,增温幅度达0.314 / 10 a。从春季气温变化曲线看,雁山近34年春季气温遵循年平均气温变化规律,1975~1996年为偏冷期,平均值为18.5,比常年偏低0.3,气候倾向率为-0.046 / 10 a,1997年之后为偏暖期,平均值为19.4,比常年偏高0.6,增温线性趋势率达0.517 / 10 a ( $R^2=0.5744$ ),增温特别明显。冬季气温的变化同春季基本一样,也有类似的规律,近34年的增温率也达到0.179 / 10 a。秋季气温也呈增温趋势,近34年来的气候倾向率为0.212 / 10 a。夏季气温较稳定,近34年呈现弱下降趋势,下降速率0.047 / 10 a。

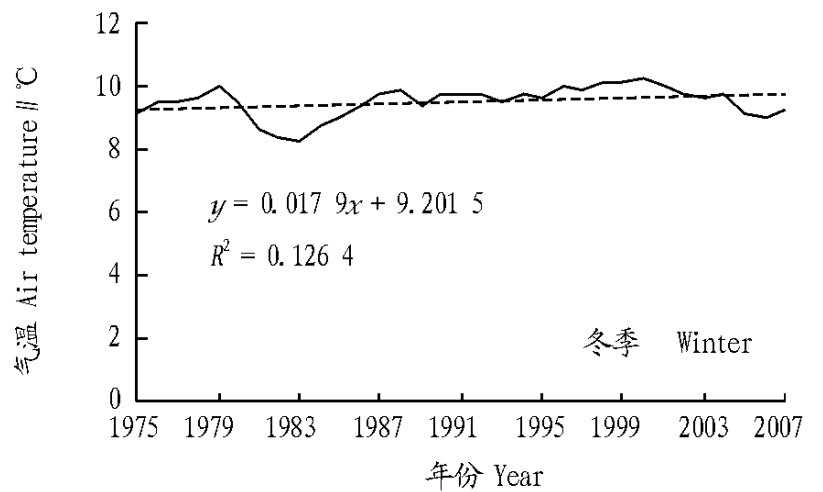
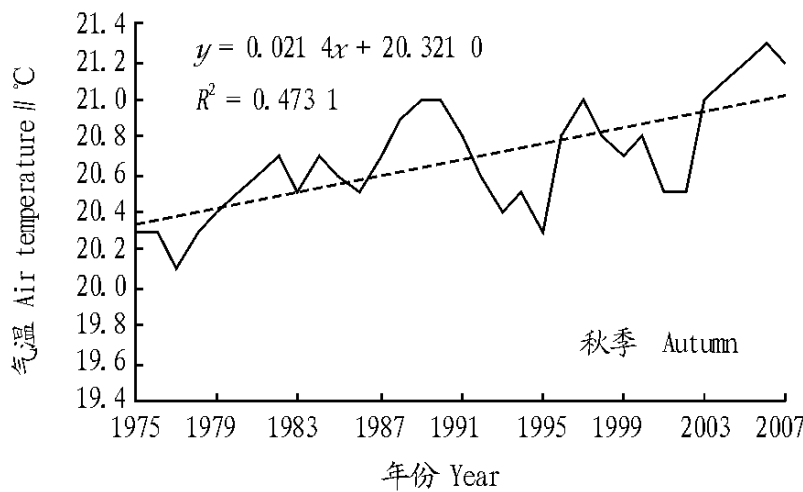
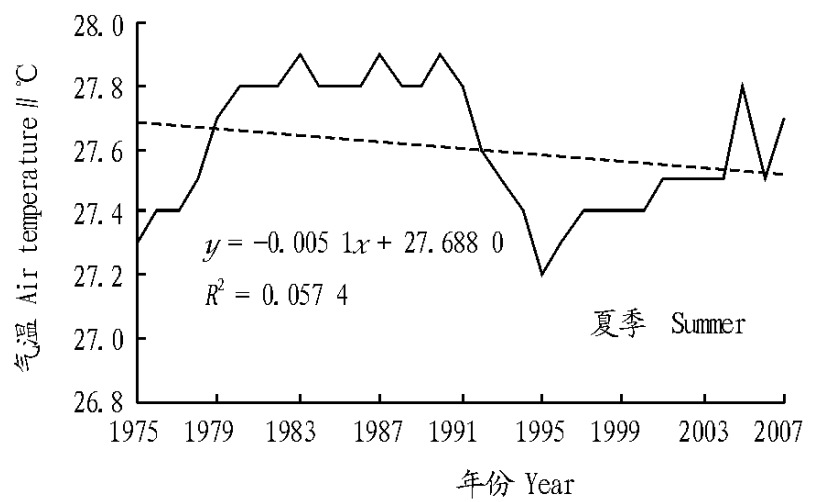
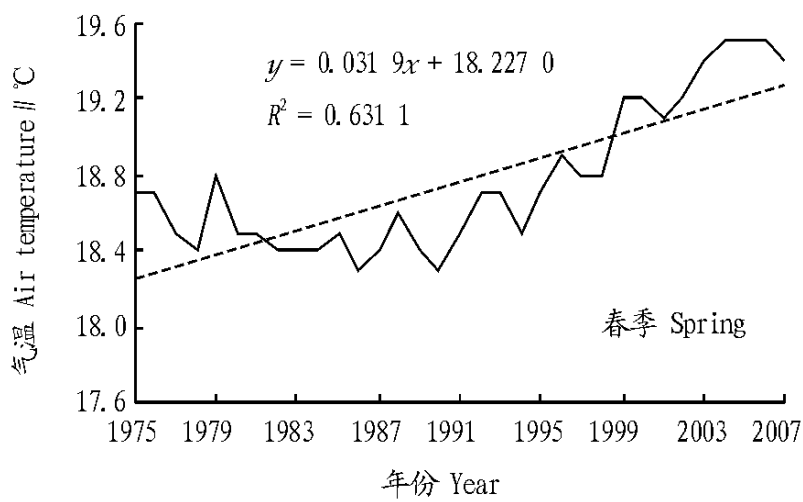


图3 雁山各季节平均气温变化曲线

Fig.3 The change curve of seasonal mean air temperature in Yan Mountain

**2.2.2 降水变化。**从图4可以看出,桂林雁山1975~2007年近34年来总体降水趋势平稳,变化不明显,气候倾向率为24.623 mm/10 a,大致分为2个时期:第1个时期(1980~1991年)为少雨期,第2个时期1992年至今为相对多雨期。从降水季节来看,春季和秋季降水有弱减少趋势,夏季和冬季呈

弱增加趋势。

**2.3 气候变化的生态响应** 导致蟋蟀物候期发生变化的原因是生态因子的变化。生态因子是指环境中对生物生长、发育、生殖、行为和分布有直接或间接作用的环境要素,可分为非生物因素如气候、土壤、地形,生物因素如植物、动物、人类

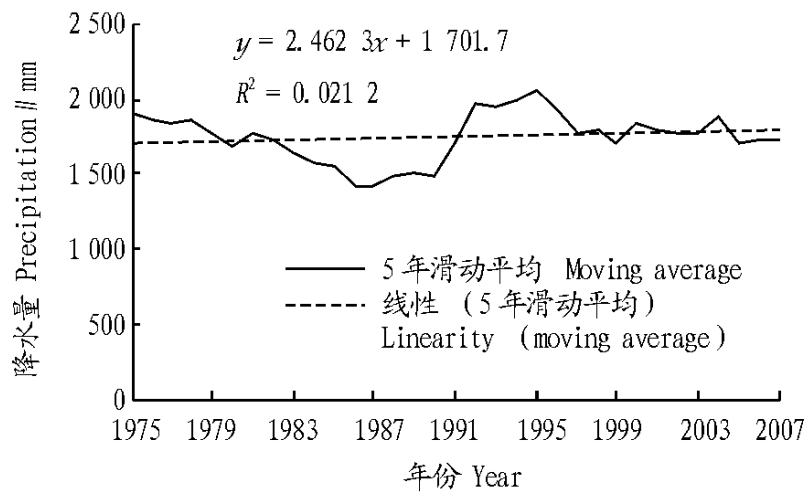


图4 雁山年降水量变化曲线

Fig.4 The change curve of annual precipitation in Yan Mountain

活动。由于广西桂林雁山镇位于桂林市区南端,距市中心24 km,总面积96 km<sup>2</sup>,总人口2.6 万人。雁山农业气象试验站位于110°19' E,25°05' N,海拔高度为170.2 m,位于雁山镇旷野,是广西区内为数不多、持续保持建站时原有的大气观测环境的气象台站之一。因此,人类活动、土壤、地形等因素对桂北地区蟋蟀等物候期影响不大,桂北地区蟋蟀物候期的变化应是动物对气候变暖响应的结果。

事实上,比较分析蟋蟀物候期变化与同期气候变化特征可以看出,1989~1996年处于偏冷期,春季和冬季也偏冷,使蟋蟀始鸣期比常年平均偏迟24 d,始终鸣间隔期比常年平均缩短21 d;1997年以来处于偏暖期,春季和冬季也偏暖,使蟋蟀始鸣期比常年平均提早22 d,始终鸣间隔期比常年平均延长19 d。蟋蟀物候期变化是对气候变暖的反映。气候变暖,蟋蟀若虫在土穴中越冬时间缩短,始鸣期提前,始终鸣间隔期延长,因此生长繁殖季延长。

对桂北地区蟋蟀的始鸣终鸣日期距平与温度、降水相关分析(表1)表明:蟋蟀始鸣期与3月均温( $T_3$ )、2~3月( $T_{2-3}$ )、2~4月( $T_{2-4}$ )均温及3月平均最高气温( $T_M$ )的负相关关系显著;终鸣期与温度、降水相关关系都不显著;蟋蟀始终鸣间隔期与2~4月( $T_{2-4}$ )均温、3月平均最高气温( $T_M$ )的正相关关系显著。这说明桂北地区蟋蟀始鸣期和始终鸣间隔期的变化主要受当年春季气温的影响。另外,蟋蟀始鸣期与年均气温负相关关系显著,蟋蟀始终鸣间隔期与年均气温正相关关系显著,相关系数达0.70,说明蟋蟀始鸣期的变化对年平均气温也有指示作用。

由表1得出,蟋蟀始鸣期与2~4月均温负相关系数最大,说明是影响蟋蟀始鸣期的主导气候生态因子。蟋蟀物候始终鸣间隔期与2~4月均温正相关系数最大,说明它是影响蟋蟀始终鸣间隔期的关键气候生态因子。

分析蟋蟀物候期及其主导气候生态因子的关系,建立起线性相关关系。蟋蟀始鸣期距平与2~4月平均气温( $T_{2-4}$ ):  $B = -15.4107T_{2-4} + 226.3253$ 。蟋蟀始终鸣间隔日数距平与2~4月平均气温( $T_{2-4}$ ):  $J = 11.2983T_{2-4} - 248.5532$ 。这表明在全球气候变暖的大背景下,桂北地区蟋蟀的物候期为适应春季气温的升高会作出生态响应。2~4月平均气温( $T_{2-4}$ )上升1,蟋蟀的始鸣期提前约15.4 d,始终鸣间隔期延长约11.3 d。这表明随着全球气候变暖,春季气温升高,蟋蟀若虫在土穴中越冬时间缩短,生长繁殖季延长。因此,气候变暖是导致蟋蟀始鸣期提前,始终鸣间隔期延长和生

长繁殖季延长的主要原因。

表1 蟋蟀始终鸣期与气候要素的 Pearson 相关系数

Table 1 Pearson correlation coefficient between the beginning, final warble stage of cricket and climate factors

因子	始鸣期	终鸣期	间隔天数
Factors	Beginning warble stage	Final warble stage	Interval days
T <sub>1</sub>	-0.01	0.05	0.06
T <sub>2</sub>	-0.42	0.02	0.36
T <sub>3</sub>	-0.42	0.01	0.26
T <sub>4</sub>	-0.16	0.07	0.38
T <sub>5</sub>	0.01	0.03	0.04
T <sub>6</sub>	0.01	0.04	0.04
T <sub>7</sub>	0.01	0.05	0.06
T <sub>8</sub>	0.01	0.19	0.05
T <sub>9</sub>	0.01	0.13	0.05
T <sub>10</sub>	0.001	-0.19	0.05
T <sub>11</sub>	0.01	0.30	0.05
T <sub>12</sub>	0.04	0.06	0.02
T <sub>2-3</sub>	-0.49*	0.03	0.29
T <sub>2-4</sub>	-0.54*	0.05	0.55*
T <sub>M</sub>	-0.53*	0.01	0.39
T <sub>M</sub>	-0.34	0.02	0.24
T <sub>M</sub>	-0.16	0.04	0.06
T <sub>年</sub>	-0.59*	0.04	0.70*
R <sub>年</sub>	0.24	0.05	-0.50*
S <sub>年</sub>	-0.03	0.03	0.38
R <sub>1</sub>	0.30	0	-0.32
R <sub>2</sub>	0.07	0.34	0.07
R <sub>3</sub>	0.44	-0.24	-0.43
R <sub>4</sub>	0.33	-0.45	-0.53*
R <sub>5</sub>	-0.15	0.13	0.26
R <sub>6</sub>	-0.04	-0.02	0.04
R <sub>7</sub>	0.06	0.18	0.01
R <sub>8</sub>	0.33	-0.02	-0.41
R <sub>9</sub>	0.30	-0.21	0.02
R <sub>10</sub>	0.01	-0.04	-0.06
R <sub>11</sub>	-0.07	0.42	0.29
R <sub>12</sub>	-0.04	0.27	0.13

注: \* 表示通过 Pearson 0.05 水平检验; \*\* 表示通过 Pearson 0.01 水平检验; T 表示平均气温; T<sub>M</sub> 表示平均最高气温; R 表示降雨量; S 表示日照时数; 下标数字表示月份。

Note: \* indicated passing Pearson test at 0.05 level; \*\* indicated that passing Pearson test at 0.01 level; T stands for average temperature; T<sub>M</sub> stands for average maximum temperature; R stands for rainfall; S stands for sunshine hours; The subscript number stands for month.

### 3 结论和讨论

(1) 桂林雁山近10年来蟋蟀始鸣期提前,终鸣期稳定,始终鸣间隔期显著延长。蟋蟀鸣期提前速率为34.5 d/10 a,始终鸣间隔期延长速率为31.1 d/10 a。

(2) 近34年来桂林雁山气温呈显著上升趋势,年平均气温气候倾向率为0.207 /10 a,特别是近10年来增温特明显,增温线性趋势率达0.255 /10 a。在增温过程中又以春季为主、秋季和冬季增温次之,夏季呈弱降温趋势。春季增温对增暖贡献最大,近10年来春季增温明显,增温率为0.517 /10 a。冬季气温的变化同春季基本一样,也有类似的规律,近34年的增温率也达到0.179 /10 a。

(3) 蟋蟀始鸣期与2~3月均温( $T_{2-3}$ )、2~4月均温( $T_{2-4}$ )及3月平均最高气温( $T_M$ )的负相关关系显著;蟋蟀始终鸣间

(下转第8041页)

表3 回归方程适应性检验的 F 值的比较

Table 3 The comparison of F value of the regression equation in suitability test

名称	多对多回归	脉冲响应函数	线性差分方程	双重筛选逐步回归	人工神经网络
Name	Multivariate regression	Impulse response function	Linear difference equation	Dual-selective stepwise regression	Artificial neural network
F 值 F value	2.45	2.67	1.28	2.48	0.76
$F_{0.05}(2,14)$	3.74	3.74	3.74	3.74	3.74

### 3 结论与讨论

(1) 由于线性差分方程之带输入项的线性自回归模型既考虑了气象因子对不同危害程度危害面积的影响,又考虑了不同危害程度的前期危害面积对后期危害面积的影响,较好地反映了不同年份不同危害程度危害面积的变化,因而取得了比较满意的分类预报效果。

(2) 尽管笔者运用5种方法建立模型预测马尾松毛虫不同危害程度的危害面积,且取得比较满意的预测效果,但由于马尾松毛虫的发生及变化是一个极其复杂的系统,不同的预测模型选择相同的气象因子会得到不同的预测结果,同一预测模型选取不同的气象因子得到的预测结果也不一样,因而如何选取气象因子成为建立预测预报模型成功与否的关键。同时人们难以全面认识各种环境因子对马尾松毛虫的综合影响,因此希望用一种数学模型来准确预报马尾松毛虫的发生情况是不够科学的。

(3) 由于马尾松毛虫多发生在人工纯林中,人类活动对其种群变化影响较大,如20世纪80年代过度砍伐灌木引起松林内生态平衡的破坏;长期采取化学、生物等防治,改变了马尾松毛虫自然种群变动规律;近年来的封山育林使松林的生态环境有了很大改善。所有这些使得气候对马尾松毛虫发生的影响作用受到干扰,同时由于缺少系统的有关食料、天敌、林相、植被等因素对马尾松毛虫发生影响的资料,因此,马尾松毛虫不同危害程度危害面积的分类预报精度有待

进一步的提高。

#### 参考文献

- [1] 梁军,张星耀.森林有害生物的生态控制技术与措施[J].中国森林病虫害,2004,23(6):1-8.
- [2] 陈昌洁.松毛虫综合管理[M].北京:中国林业出版社,1990:345.
- [3] 薛贤清.在马尾松毛虫测报中应用逐步回归电算方法的研究[J].林业科学,1984,20(1):42-49.
- [4] 薛贤清,冯晋臣,张石新,等.马尾松毛虫定量测报的判别分析模型[J].南京林业大学学报:自然科学版,1982(1):134-153.
- [5] 薛贤清,杨么明,史顺平,等.模糊聚类分析在林业害虫测报中应用的研究[J].广东林业科技,1986(5):1-5.
- [6] 江士玲,金崇华.微电脑在马尾松毛虫预测预报中的应用[J].森林病虫害通讯,1986(3):23-24.
- [7] 魏初奖,庄晨辉,谢大洋,等.福建省马尾松毛虫灾区区划及其应用[J].南京林业大学学报,2002,26(3):35-39.
- [8] 陈绘画,朱寿燕,崔相富.基于人工神经网络马尾松毛虫发生量预测模型的研究[J].林业科学研究,2003,16(2):159-165.
- [9] 董振辉,赵铁良,阎峻,等.森林病虫害监测预报软件的开发及应用[J].中国森林病虫害,2002,21(2):6-9.
- [10] 朱明德,余光辉.统计预测与控制[M].北京:中国林业出版社,1993.
- [11] 唐启义,冯明光.实用统计分析及其DPS数据处理系统[M].北京:科学出版社,2002.
- [12] 郎奎健,唐守正.IBM-PC系列程序集[M].北京:中国林业出版社,1989.
- [13] 袁志发,周静芋.多元统计分析[M].北京:科学出版社,2002.
- [14] 焦李成.神经网络系统理论[M].西安:西安电子科技大学出版社,1996:1-36.
- [15] 袁曾任.人工神经网络及其应用[M].北京:清华大学出版社,1999:118-130.
- [16] 吴简彤,王建华.神经网络技术及其应用[M].哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,1998.
- [6] 郑景云.近40年中国植物物候对气候变化的响应研究[J].中国农业气象,2003,24(1):28-32.
- [7] 竺可桢,宛敏渭.物候学[M].北京:科学出版社,1-131.
- [8] 韩超,郑景云,葛全胜.中国华北地区近年物候春季变化[J].中国农业气象,2007,28(2):113-117.
- [9] 郑景云,张福春.2002年:北京150年来自然物候最为异常的年份[J].气象,2005,31(1):19-32.
- [10] 丁一汇.气候变化对生态系统和农业的影响[J].气象,2005,15(4):3-8.
- [11] 张学霞,葛全胜.近150年北京春季物候对气候变化的响应[J].中国农业气象,2005,26(3):263-267.
- [12] 李荣平,周广胜,张慧玲.植物物候研究进展[J].应用生态学报,2006,17(3):541-544.
- [13] 陆佩玲,于强,贺庆棠.植物物候对气候变化的响应[J].生态学报,2006,26(3):923-929.
- [14] 郭海英,赵建萍,索安宁,等.陇东黄土高原农业物候对全球气候变化的响应[J].自然资源学报,2006,21(4):608-614.
- [15] 徐文铎,何兴元,陈玮,等.沈阳城市森林主要树种物候对气候变化的响应[J].应用生态学报,2006,21(4):608-614.
- [16] 石建斌,李迪强,肖文发.气候变化对鸟类影响:长期研究的意义[J].动物学研究,2006,27(6):637-646.
- [17] 柳晶,郑有飞,赵国强.郑州植物物候对气候变化的响应[J].生态学报,2007,27(4):1471-1479.
- [1] Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate change 2001: the Scientific Basis. Third Assessment Report of Working Group I [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2001: 881.
- [2] MCLAUGHIM J F, HELLMAN J J, BOGGS C L, et al. Climate change hastens population extinctions [J]. PNAS, Science, 2002, 99: 6070-6074.
- [3] SIMON JUAN L, PIMM STUART L. Extinction rates [J]. Science, 1996, 273: 293-297.
- [4] WALTHER G R, POST E, CONVEY P, et al. Ecological responses to recent climate change [J]. Nature, 2002, 416: 389-395.
- [5] 国家气象局. 农业气象观测规范[M]. 北京: 气象出版社, 1993: 133-200.

(上接第8019页)

隔期与2~4月均温( $T_{2-4}$ )的正相关关系显著,与4月份降水负相关关系显著。2~4月均温( $T_{2-4}$ )是蟋蟀始鸣期及始鸣间隔期的主导气候生态因子。

(4) 蟋蟀物候变化是对气候变暖响应的结果。因此,气候变暖对农作物病虫害的防治可能带来更大的挑战,有关部门应做好相应的管理对策,合理调整种植结构,加强病虫害防治,促进粮食等主要农作物持续稳定增产。

#### 参考文献