

DOI: 10.3969/j.issn.1000-3142.2013.02.024

莫建飞, 李耀先, 李莉等. 基于GIS的广西木棉物候三维空间演变分析[J]. 广西植物 2013, 33(2): 263–268

Mo JF, Li YX, Li L *et al.* GIS-based three-dimensional space evolution of analysis from *Gossampinus malabarica* phenological phase in Guangxi [J]. *Guihaia* 2013, 33(2): 263–268

基于GIS的广西木棉物候三维空间演变分析

莫建飞^{1,2}, 李耀先^{1,2}, 李莉^{1,2}, 李永健³

(1. 广西气象减灾研究所, 南宁 530022; 2. 国家卫星气象中心遥感应用试验基地, 南宁 530022; 3. 广西大学农学院, 南宁 530005)

摘要: 以自然物候学理论为指导, GIS为技术支持, 气象站物候资料、地理信息资料为基础数据, 采用多元线性回归分析法, 对广西木棉主要物候期的日序与其对应观测站的经度、纬度和海拔高度进行多元回归分析, 建立广西木棉物候期三维空间演变模型, 制作广西木棉主要物候期三维空间演变专题图, 分析广西木棉主要物候随三维空间的变化规律。结果表明: 广西木棉主要物候期从低纬度的沿海南部地区向高纬度的北部地区逐渐演变; 同一纬度, 从低海拔的平地和丘陵地区向高海拔的山区逐渐演变。

关键词: 木棉; 物候期; 回归分析法; 地理信息系统; 广西

中图分类号: P464 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3142(2013)02-0263-06

GIS-based three-dimensional space evolution of analysis from *Gossampinus malabarica* phenological phase in Guangxi

MO Jian-Fei^{1,2}, LI Yao-Xian^{1,2}, LI Li^{1,2}, LI Yong-Jian³

(1. *Guangxi Meteorological Disaster Mitigation Institute*, Nanning 530022, China; 2. *Remote Sensing Application and Validation Base of National Satellite Meteorological Center*, Nanning 530022, China; 3. *Agricultural College, Guangxi University*, Nanning 530005, China)

Abstract: The main phenophase of kapok in Guangxi were analysed from kapok sequence and its corresponding observatory latitude, longitude and altitude, with natural phenological theory as the guide. GIS for technical support, weather station phenology material and geographic information material for basic data, using the linear multivariate regression analysis method. Then kapok of main period that the three dimensional space evolution model were established in Guangxi, where 3D spatial evolution special charts of main phenophase of kapok were made. It could analyze the change rule of three dimensional space from main phenology kapok in Guangxi. The results showed that the main phenology kapok were evolved gradually in Guangxi from low latitude of the southern coast to high latitude of the north, and it was evolved gradually from low elevation of the plain and hilly area to high altitude mountainous area as the same latitude.

Key words: *Gossampinus malabarica*; phenological period; regression analysis; GIS; Guangxi

植物物候是指植物在一年的生长中, 随着气候的季节性变化而发生萌芽、抽枝、展叶、开花、结果及

落叶、休眠等规律性变化的现象, 是指示气候与自然变化的重要指标(竺可桢, 1973)。木棉(*Gossa-*

* 收稿日期: 2012-10-27 修回日期: 2012-12-09

基金项目: 广西自然科学基金(桂科自0991023Z)

作者简介: 莫建飞(1978-) 男(壮族) 广西象州县人, 硕士, 工程师, 主要从事气象GIS应用等方面的研究 (E-mail) mojfei@163.com。

mpinus malabarica) 又称红棉、攀枝花,是典型的热带、南亚热带指示性植物,其物候季节性变化十分明显,研究其物候的气候标示,对预告农事活动、作物引种、布局及区域气候研究有重要意义(韦京华, 1998)。目前,我国对木棉物候农业指示意义的研究已经取得了一些很好的成果。李耀先等(1998)采用指示温度计算方法计算了广西木棉开花始期、开花盛期、叶芽开放期、展叶始期、展叶盛期的指示温度,并指出其代表的农业气候意义。黄珍珠等(2006)指出了木棉开花始期可作为棉花适宜播种期的指标,开花盛期可作为早稻适宜播种期指标,叶芽开放期可作为甘蔗适宜下种期的指标,展叶始期可作为早稻安全移栽期、花生适宜播种期指标,展叶盛期可作为甘薯苗适宜栽插期的温度指标。黄中雄(2004)在确定木棉物候期对农作物适宜播种期有较好的指示意义后,用相关模式来预测后期的农作物适宜播种种植期。但是上述研究尚未指出木棉物候期对农业适宜播种区的空间分布及其空间分布特征。

地理信息系统(Geographic Information System, GIS)是在计算机软硬件支持下对整个或部分地球表层(包括大气层)空间中的有关地理分布数据进行采集、存储、管理、运算、分析、显示和描述的技术系统(吕新, 2004)。GIS以其强大的数据处理能力和空间分析功能,在国土、测绘、农业、气象、物种分布格局(周灿芳等, 2003; Ward, 2007; 张蓝月等, 2012)等领域已有了广泛的应用,但是目前在物候相关方面研究报道比较少见。本文在GIS技术支持下,以广西木棉主要物候期为研究对象,其物候资料、地理信息资料为基础数据,尝试探索通过多元线性回归分析,建立广西木棉物候期三维空间演变模型,推算广西木棉主要物候期的空间分布,找出广西木棉主要物候随三维空间(经度、纬度、海拔高度)的变化规律,为人们利用木棉物候期空间分布特征、空间变化规律进行选择农作物适宜播种区域或农业区划提供科学依据。

1 研究概况与资料处理

1.1 研究区概况

广西地处我国南部沿海,位于 $20^{\circ}54' \sim 26^{\circ}24' N$, $104^{\circ}28' \sim 112^{\circ}04' E$ 之间,北回归线横贯全区中部。共设14个地级市,109个县(市、区),其中7个县级市,57个县,12个民族自治县,33个市辖区,全

区土地总面积23.67万 km^2 。地势由西北向东南倾斜,四周山地环绕,呈盆地状,盆地边缘多决口,中部和南部多为平地。在陆地总面积中,山地(海拔400 m以上)占39.8%,石山(海拔400 m)占19.7%,丘陵(海拔200~400 m)占10.3%,台地(海拔200 m以下)占6.3%,平原占20.6%,水面占3.3%。属亚热带季风气候区,年平均气温 $21.1^{\circ}C$,年日照时数1396 h, $\geq 10^{\circ}C$ 年积温达5000~8300 $^{\circ}C$,持续日数270~340 d,年均降雨量在1835 mm。特有树种多,在分布上存在南北之间和东西之间的差异。

1.2 物候资料处理

广西木棉物候资料为1980~2008年,由广西气象信息中心提供。物候资料以气象站附近的木棉为观测对象,观测员根据《农业气象观测规范》标准,每年对木棉的各物候期进行观测记录。本文经过筛选,选取了6个主要物候期,依次为芽膨大期(花芽)、开花期(始期)、开花期(盛期)、芽开放期(叶芽)、展叶期(始期)、展叶期(盛期),其中,芽膨大期(花芽)的样本数均为11个,芽开放期(叶芽)、开花期(始期)、开花期(盛期)、展叶期(始期)、展叶期(盛期)的样本数均为13个。为计算方便,首先将各物候日期转换为日序,即距离同年1月1日的日数(d),然后计算各个物候期的平均日序。

1.3 基础地理信息资料处理

地理信息资料为国家基础地理信息中心提供的1:25万广西基础地理背景数据,数据格式为ARC/INFO的E00格式。采用GIS技术,对E00资料进行格式转换、拼接、重采样、分层、裁剪等一系列处理。①资料格式的转换:将广西范围的每幅图的E00格式数据都转换成shp文件格式,并对广西的每幅图进行整体拼接。②海拔高度数据的重采样:按照 $300 m \times 300 m$ 网格距对数字高程模型(DEM)数据进行重采样,取得 $300 m \times 300 m$ 分辨率的海拔高度数据。③行政边界的获取:将行政边界矢量数据分成3层,分别为省、地市和县3级。④广西木棉分布范围的确定:根据广西气象站点木棉的物候资料,确定木棉在广西的分布范围。⑤经度、纬度数据的提取:利用广西的海拔高度数据计算网格距为 $300 m \times 300 m$ 分辨率的广西经度、纬度数据。

2 关键技术及方法

2.1 多元线性回归分析法

回归分析是一种传统的应用性较强的科学方

法,它不仅能够把隐藏在大规模原始数据群体中的重要信息提炼出来,把握住数据群体的主要特征,从而得到变量间相关关系的数学表达式,利用概率统计知识对此关系进行分析,以判别其有效性,还可以利用关系式,由一个或多个变量值去预测和控制另一个因变量的取值,从而知道这种预测和控制达到的程度,并进行因素分析。设某一要素 y , 受 k 个要素 $x_1, x_2, \dots, x_k$ 的影响,其联系形态是线性关系,通过 N 组观测,得到一组地理数据为 $(y_a; x_{a1}, x_{a2}, \dots, x_{ak})$ ($a=1, 2, \dots, n$)。多元线性回归数学模型为(王洪芬 2001):

$$\hat{y} = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_kx_k \dots\dots\dots (1)$$

式中, b_0 为常数项, $b_1, b_2, \dots, b_k$ 为偏回归系数。

多元线性回归数学模型建立后,是否与实际数据有较好的拟合度,其模型线性关系的显著性如何等,还需通过数理统计进行检验。常用的统计检验有 R 检验和 F 检验。

2.2 格网 GIS 技术

格网 GIS 是将研究区域数据按平面坐标或按地球经纬线划分格网,以格网为单位,描述或表达其中的属性分类、统计分级以及变化参数和虚拟现实的较低精度的固定模式,表达其在空间上动态时空变化的规律。

3 分析思路

影响木棉物候期地域分布的主要因素有经度、海拔高度等,将这类地理信息和气象台站数近 30 a 的物候资料输入计算机,建立木棉物候期与地理信

息的回归分析模型,用 GIS 格网技术及强大的空间分析功能加以推算,生成广西二维的木棉物候期空间演变分布图;再利用 GIS 处理软件,结合广西行政边界等地理信息数据,叠加 300 m $\times$ 300 m 分辨率的 DEM 数据,生成 3D 形态的木棉物候期空间演变分布图,继而对木棉物候期的空间变化进行分析。

3.1 模型的建立

广西地形地貌复杂,海拔差异显著,气候资源的立体多样性特征明显,使得植物的物候期在空间分布也有明显的差异。全区只有 90 个气象站,主要分布在海拔较低的平原、河谷,山区的台站很少,海拔在 200 m 以上气象站有 24 个,海拔 400 m 以上的只有 12 个,海拔 800 m 以上的仅有 1 个(丁美花等, 2004)。台站稀少且呈点状分布,显然不能全面真实地反映气象站点以外的气候资源分布状况,因而也不能反映气象站点以外的植物的物候期分布状况。为了比较客观地反映广西不同地域木棉物候期的空间分布状况,需要建立物候期随地理因子变化的空间分析模型,其表达式为 $Y = f(\varphi, \lambda, h) \dots\dots\dots (2)$

式中, Y 为木棉物候期的日序, φ, λ, h 分别代表纬度、经度、海拔高度等地理因子。

将广西木棉各物候期平均日序与样本站点所在地的经度、纬度、海拔高度等地理因子,用多元线性回归分析法建立木棉各物候期的空间分析模型(表 1)。

表 1 中各模型的复相关系数均在 0.6 以上, F 检验结果为,芽膨大期(花芽)、展叶期(始期)、展叶期(盛期)模型通过了信度为 0.05 ~ 0.1 的显著性检验,开花期(始期)、开花期(盛期)、芽开放期(叶芽)模型通过了信度为 0.001 ~ 0.1 的显著性检验,模型

表 1 广西木棉主要物候期与地理参数的关系模型

Table 1 Relation model of main phenological phase and geographical parameters of kapok in Guangxi

物候期 Phenological period	模型表达式 Model expression	相关系数 Correlation coefficient	信度 Reliability			
			0.1	0.05	0.01	0.001
芽膨大期(花芽) Bud expanding period(flower bud)	$Y = -23.148 - 0.498\varphi + 3.929\lambda + 0.048h$	0.636	*	**	0	0
开花期(始期) Blossom period (initial)	$Y = -560.509 + 2.286\varphi + 16.247\lambda + 0.023h$	0.647	*	**	***	****
开花期(盛期) Blossom period (bloom)	$Y = -506.404 + 2.54\varphi + 13.265\lambda + 0.022h$	0.632	*	**	***	****
芽开放期(叶芽) Bud open period (leaf bud)	$Y = -792.692 + 5.932\varphi + 9.878\lambda + 0.033h$	0.639	*	**	***	****
展叶期(始期) Leaf expansion period (initial)	$Y = -896.014 + 6.992\varphi + 9.81\lambda + 0.041h$	0.695	*	**	0	0
展叶期(盛期) Leaf expansion period (bloom)	$Y = -815.386 + 7.153\varphi + 5.946\lambda + 0.045h$	0.616	*	**	0	0

均具有良好的回归分析。

3.2 物候期日序的 GIS 网络推算

将各样本气象站点的 300 m $\times$ 300 m 网格点上

的 φ, λ, h 等地理数据分别代入表 1 中的推算方程,采用 GIS 中的格网计算技术,推算木棉各物候期的日序在 300 m $\times$ 300 m 网格点的分布值。

3.3 物候期三维空间演变专题图制作

采用 GIS 处理软件,将木棉各物候期的日序数据,结合广西行政边界、气象站点等地理信息数据,叠加 300 m $\times$ 300 m 分辨率的 DEM 数据,生成广西木棉物候期三维空间演变分布图(图 1-6)。

4 结果与分析

4.1 木棉主要物候期日序分析

广西木棉的芽膨大期(花芽)的平均物候期日序在 5~114 之间(1 月上旬至 4 月下旬),其中大部通过以上对比可以发现:基于 GIS 的木棉物候期空间演变分布模拟大致符合广西木棉物候期的实际情况,由于考虑了地理位置和海拔高度的影响,其结果更精细化、更直观反映了木棉物候期的空间分布特点和规律。

4.2 木棉主要物候期空间演变分析

从上述空间演变分布图可知,广西木棉主要物候期主要出现在 1~4 月之间,从 21°00′~25°30′N 逐渐演变。1 月(0~30),位于 21°00′~25°30′N 先到达芽膨大期(花芽),主要出现在南部与东部的北海、合浦、防城港、博白、浦北、灵山、钦州、上思、扶绥、宁明、凭祥、龙州、北流、陆川、玉林、容县、兴业、横县、南宁、隆安、梧州、苍梧、岑溪、藤县、蒙山、平南、桂平、贵港、宾阳、武鸣、上林、来宾、象州、柳州、柳江、柳城、鹿寨、八步、钟山、昭平、平乐、荔浦、右江河谷的平果、田东、田阳、百色等地区。

2 月上旬(30~40),位于 21°00′~21°40′N 先达到开花期(始期),主要出现在南部的北海、防城港、东兴等地区。2 月中旬(40~50),位于 21°40′~22°15′N 也达到开花期(始期),主要出现在南部合浦、钦州、防城港、上思、宁明、凭祥等地区。2 月下旬(50~60),位于 22°15′~22°55′N 达到开花期(始期),主要出现在南部的北海、陆川、玉林、博白、浦北、灵山、南宁、扶绥、崇左、龙州、上思的十万大山等地区;在南部沿海的北海、合浦、防城港、东兴等地区已达到开花期(盛期);而位于 22°55′~25°30′N 才达到芽膨大期(花芽),主要出现在北部与西北部的环江、罗城、宜州、河池、东兰、巴马、大化、都安、田林、百色、田阳、田东、平果、天等、德保、靖西等地区。3 月上旬(60~70),位于 21°00′~21°40′N 先达到芽开放期(叶芽),主要出现在北海、合浦、钦州、防城港、东兴等地区;位于 21°40′~22°55′N 达到开花期(盛期),主要出现在陆川、博白、浦北、灵山、钦

州、上思、南宁、扶绥、崇左、宁明、凭祥、龙州等地区;而位于 22°55′~23°30′N 才达到开花期(始期),主要出现在岑溪、容县、北流、兴业、贵港、横县、宾阳、武鸣、隆安、大新等地区。3 月中旬(70~80),位于 21°00′~21°40′N 先达到展叶期(始期);位于 21°40′~22°40′N 达到芽开放期(叶芽),主要出现在博白、浦北、合浦、灵山、钦州、南宁、扶绥、上思、崇左、大新、龙州、宁明、隆安、右江河谷的田阳、田东、平果等地区;位于 22°40′~23°20′N 达到开花期(盛期),主要出现在北流、陆川、玉林、兴业、横县、贵港、横县、南宁北部、武鸣南部、隆安、崇左北部、扶绥北部、大新等地区;位于 23°20′~23°50′N 才达到开花期(始期),主要出现在梧州、苍梧、岑溪、藤县、平南、桂平、武宣、来宾、上林、马山、平果、田东、田阳、百色、德保、天等、靖西。3 月下旬(80~90),位于 21°00′~21°40′N 小部分地区先达展叶期(盛期);位于 21°40′~22°40′N 达到展叶期(始期);位于 22°40′~23°20′N 达到芽开放期(叶芽);位于 23°20′~23°50′N 达到开花期(盛期);位于 23°50′~24°30′N 才达到开花期(始期)。

4 月各物候期在 3 月基础上继续往北逐渐演变。上(90~100)、中(100~110)、下(110~120)旬分别从 21°00′~21°40′N、21°40′~22°40′N、22°40′~23°20′N、23°20′~23°50′N、23°50′~24°30′N 由展叶期(盛期)、展叶期(始期)、芽开放期(叶芽)、开花期(盛期)、开花期(始期)逐渐演变,同一纬度,由海拔较低的平原、河谷、丘陵地区向海拔较高的山区演变。

5 结论

(1) 根据气象站物候资料、1:25 万地形数据,通过建立木棉主要物候期日序与地理信息关系模型的方法,对广西木棉主要物候期日序进行推算,得到广西 300 m $\times$ 300 m 木棉主要物候期日序的三维空间分布,其结果与实际较吻合。

(2) 由结果分析可知,广西木棉物候桂南地区较早,桂北地区较晚,平原、河谷、丘陵地区较早,高山地区较晚;物候期由最早日期在南部沿海的北海、合浦、防城港、钦州等地区,其次为南部的南宁、灵山、扶绥、崇左、武鸣、宾阳、隆安,东部的玉林、博白、北流、容县、贵港、桂平,西部右江河谷的田阳、田东、平果等地区,再次为东部的梧州、藤县、平南,中部的武宣、象州、来宾、柳州、柳江、忻城,西部的都安、大化、

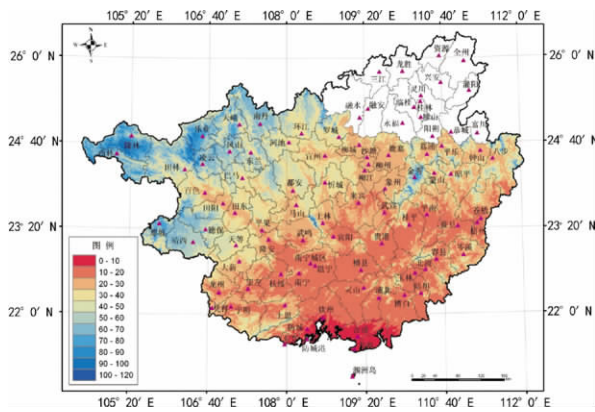


图 1 木棉芽膨大期(花芽)空间演变分布图

Fig.1 Spatial evolution pattern of kapok bud expanding period (flower bud)

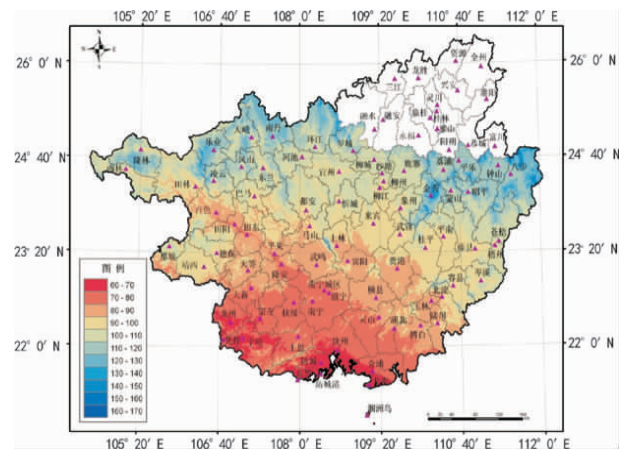


图 4 木棉芽开放期(叶芽)空间演变分布图

Fig.4 Spatial evolution pattern of kapok blossom period (bloom)

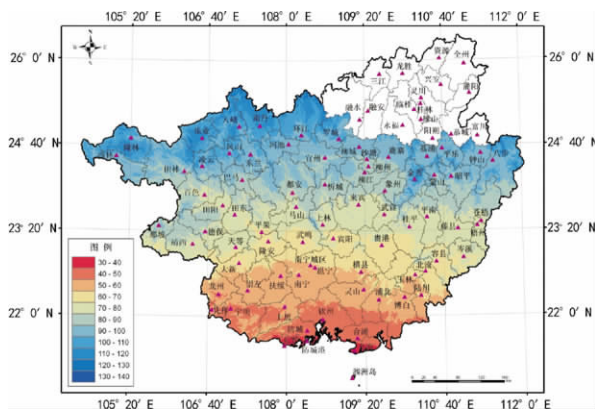


图 2 木棉开花期(始期)空间演变分布图

Fig.2 Spatial evolution pattern of kapok blossom period (initial)

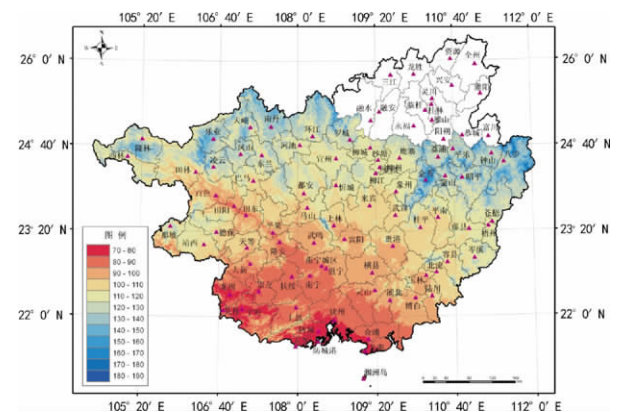


图 5 木棉展叶期(始期)空间演变分布图

Fig.5 Spatial evolution pattern of kapok leaf expansion period (initial)

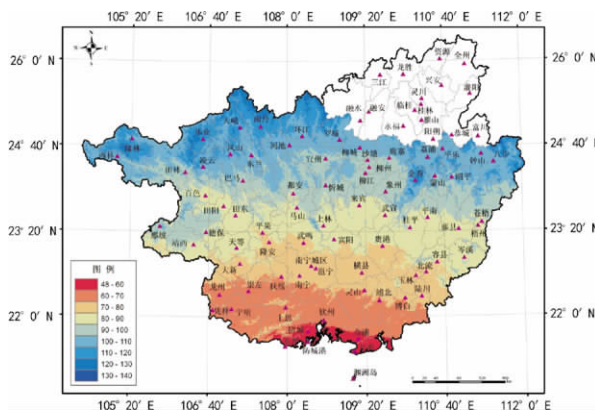


图 3 木棉开花期(盛期)空间演变分布图

Fig.3 Spatial evolution pattern of kapok bud open period (leaf bud)

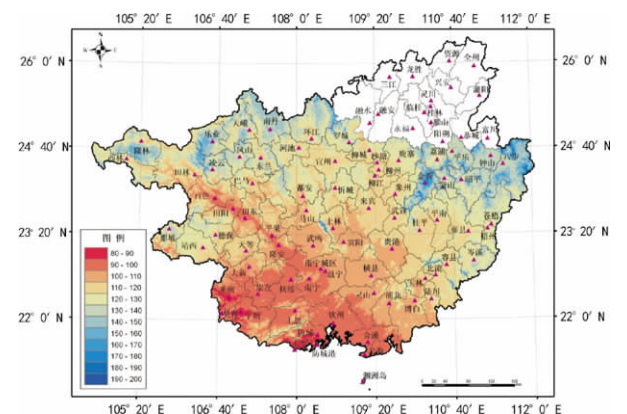


图 6 木棉展叶期(盛期)空间演变分布图

Fig.6 Spatial evolution pattern of kapok leaf expansion period (bloom)

巴马、凌云等地区, 到最迟日期在东北部的八步区、钟山、平乐、荔浦、金秀, 北部的罗城、环江、南丹、天峨、乐

业、凤山, 西北部的田林、隆林、西林等地区逐渐演变。

表 2 基于 GIS 的广西木棉主要物候期日序模拟值与台站观测值的对比
Table 2 Comparison and analysis of observed climatic elements and space simulation of kapok in Guangxi

项目 Item	芽膨大期(花芽) Bud expanding period (flower bud)	开花期(始期) Blossom period (initial)	开花期(盛期) Blossom period (bloom)	芽开放期(叶芽) Bud open period (leaf bud)	展叶期(始期) Leaf expansion period (initial)	展叶期(盛期) Leaf expansion period (bloom)
模拟值 Simulation	5 ~ 60	30 ~ 120	60 ~ 120	60 ~ 130	70 ~ 140	80 ~ 160
观测值 Observation	1 ~ 2 月	2 ~ 4 月	3 ~ 4 月	3 月上旬 ~ 4 月中旬	3 月中旬 ~ 5 月上旬	3 月中旬 ~ 6 月上旬

(3) 常规物候分析主要依据台站的物候资料, 由于站点稀少, 代表性不够, 因而难以准确反映台站以外物候的特点和规律, 通过 GIS 制作的物候期三维空间分布图, 增加了地理位置(经度、纬度)和海拔高度的影响, 能更准确、更直观地反映物候期的空间分布, 更便于农业气候意义的应用和农业气候区划。

(4) 物候期与地理参数关系模型的建立是本研究的关键技术方法, 因此, 要获得准确、精细化的模拟结果, 一是确保气象台站物候资料记录的准确性、收集的完整性, 第二是选择恰当的回归分析方法, 三是具有准确的气象站点分布信息(经纬度、海拔高度), 四是具有高精度的 DEM 数据。本文收集整理了近 30 a 的木棉物候期资料, 筛选出较完整的各物候期的站点样本, 其中, 大部分主要物候期为 13 个, 只有芽膨大期(花芽)为 11 个, 加上有些样本不在同一站点, 因而有些木棉物候期日序的模拟值与实际观测值存在些偏差。进一步地, 在今后研究中将补充收集更完善的物候资料, 增加地理残差订正, 改进关系模型, 以达到更好的效果。

参考文献:

王洪芬. 2001. 计量地理学概论[M]. 济南: 山东教育出版社
吕新. 2004. 地理信息系统及其在农业上的应用[M]. 北京: 气象出版社
张福春. 1985. 物候[M]. 北京: 气象出版社: 58 - 106
Ding MH(丁美花), Su YX(苏永秀), Li Z(李政) et al. 2004.

Small grids reckoning models of climate resources in Guangxi mountains(广西山区气候资源小网格推算模型) [J]. *J Mount Res(山地学报)* **25**(1): 64 - 71
Huang ZX(黄中雄). 2004. Discussion of Kapok's phenophase forecast model for the optimum planting crops period(木棉树物候期预报农作物适播期模式探讨) [J]. *Guangxi Agric Sci(广西农业科学)* **35**(6): 454 - 455
Huang ZZ(黄珍珠), Li CM(李春梅). 2006. The main phenological phase of Kapok and Chinaberry's temperature index and its agricultural climate significance in Guangdong(广东木棉、苦楝主要物候期温度指标及其农业气候意义) [J]. *J Guangdong Meteorol(广东气象)* **4**: 49 - 51
Li YX(李耀先), Wei JH(韦京华). 1998. The phenological phase of Kapok for agricultural climate significance(木棉树物候期的农业气候意义) [J]. *Guangxi Agric Sci(广西农业科学)* **6**: 323
Ward DF. 2007. Modelling the potential geographic distribution of invasive ant species in New Zealand [J]. *Biol Inv* **9**(6): 723 - 73
Wei JH(韦京华), Li YX(李耀先). 1998. The phenological phase of Kapok for agricultural climate significance(木棉树物候期的农业气候意义) [J]. *J Guangxi Meteorol(广西气象)* **19**(3): 41 - 42
Zhang YL(张月蓝), Ye XB(叶向斌), Liu N(刘念) et al. 2012. Research on geographic distribution and potential distribution of *Mucuna birdwoodiana*(白花油麻藤的地理分布及适生区预测) [J]. *Guihaia(广西植物)* **32**(1): 27 - 32
Zhou CF(周灿芳), Yu SX(余世孝), Zheng YL(郑业鲁) et al. 2003. Scale effect of sampling quadrat on detection of population pattern(种群分布格局测定的样方尺度效应) [J]. *Guihaia(广西植物)* **23**(1): 19 - 22
Zhu KZ(竺可桢). 1973. Research on the climate change of China's nearly 5000 years for the preliminary(中国近 5000 年来气候变迁的初步研究) [J]. *Sci Chin(中国科学)* **2**: 168 - 189