

薛丽芳, 王春林, 申双和. 广东省龙眼种植农业气候区划研究[J]. 热带气象学报, 2011, 27(3): 403-409.

文章编号: 1004-4965(2011)03-0403-07

广东省龙眼种植农业气候区划研究

薛丽芳^{1,3}, 王春昌², 王春林³, 申双和¹

(1. 南京信息工程大学应用气象学院, 江苏 南京 210044; 2. 鹤山市气象局, 广东 鹤山 529700;

3. 广东省气候中心, 广东 广州 510080)

摘 要: 在全球气候变暖的气候背景下, 利用地理信息系统技术和计算机技术进行龙眼效益的农业区划, 为广东省的龙眼种植进行规划和服务。根据广东省 1971—2000 年气候资料, 结合龙眼生长的气候条件, 选取年平均气温、极端最低气温、4月中旬—5月上旬的日照时数, 以及日平均气温 ≥ 10 °C的年积温作为区划因子, 并进行等权相加得到总的区划因子指标。根据区划因子与地理要素间的相关系数, 采用梯度距离反比法推算得到分辨率 1 km \times 1 km 的气象要素栅格图, 并利用 GIS 的空间分析功能得到定量化和精细化的广东省龙眼种植区划图。其中最适宜区占全省面积的 25.6%, 适宜区占全省面积的 26.3%, 次适宜区占全省面积的 27.1%。研究结果可为农业种植规划部门及政府部门提供参考依据。

关 键 词: 应用气象学; 农业气候区划; GIS; 龙眼

中图分类号: P49

文献标识码: A

Doi: 10.3969/j.issn.1004-4965.2011.03.014

1 引 言

农业气候区划是充分合理利用自然资源、优化农业结构的重要依据, 对农业、农村及区域经济的发展有重要作用, 因此进行农业气候区划是十分必要的。传统的农业气候区划主要依据气象台站的观测资料, 以县气象站所在地的观测值代表整个县的面值来进行分区划分。洪小冬等^[1]和刘锦奎^[2]采用模糊数学理论方法分别进行海南岛农业气候区划和广东省芒果种植适宜性区划, 但该方法未考虑经纬度以及海拔高度等地理因素对气象因子的影响。

近年来, 随着地理信息系统(GIS)的发展, 被广泛运用于农业气候区划中。GIS作为主要技术支持, 其具有强大的图形创造和可视化的表达手段, 尤其在空间分析和和管理上具有的强大优势, 可以产生常规方法难以获得的重要信息^[3]。正是这种先进的地理信息系统软件和精度极高的基础

地理信息资料, 使国内外利用GIS进行农业区划以求得更好的经济发展。Geerts等^[4]依托GIS技术进行气候指标的克里格插值, 并利用GIS查询绘图得到玻利维亚高原的藜麦适宜性区划。刘欣等^[5]、苏永秀等^[6]利用GIS进行区划因子的小网格推算, 考虑了经纬度及海拔高度的影响, 得到相应作物的适宜性区划。高阳华等^[7]利用GIS进行气候因子的推算, 同时考虑了土壤因素, 得到综合性更强的区划结果。王加义等^[8]利用GIS的空间网格数据, 通过模型推算极端最低温度, 对果树避冻进行农业气候区划。刘伟等^[9]选取区划指标并配以相应权重进行小网格推算, 依据气候相似原理和区间差异达到最大、区内差异尽量达到最小的原则进行宁城县区划分析。孙俊等^[10]运用天气分析法, 采用等高线以及积温作为一级指标, 采用雨量线作为二级指标, 进行西吉县马铃薯种植适宜性区划研究。运用GIS进行作物适宜性区划的研究较多^[11-13], 但是对于适宜性区划的定量研究

收稿日期: 2009-12-02; 修订日期: 2010-04-28

基金项目: “十一五”国家科技支撑计划项目“农业重大气象灾害监测预警与调控技术研究”; 课题“华南寒害监测预警技术研究”共同资助

通讯作者: 薛丽芳, 女, 江苏省人, 在读硕士研究生, 研究方向: 农业气候区划。E-mail: lovelyxf19861020@163.com

比较少。

在全国,广东省的龙眼产量最多,单产最高,由于龙眼具有较高经济价值,所以对龙眼进行区划研究具有现实意义。本文采用广东省86个气象站1971—2000年的气象观测资料,结合龙眼的生长条件,选取相应的气候区划因子并进行空间插值,最后利用地理信息系统得到更为精细化、量化的龙眼种植适宜性区划图,使区划结果对农业生产、农业结构调整等更具有指导意义。

2 研究区域及数据资料

2.1 研究区域

广东地处中国大陆最南部,全境位于 20.22 ~ 25.52 °N, 109.65 ~ 117.32 °E 之间,陆地总面积为 17.85 万 km²。处于东亚季风区,从北向南分别为中亚热带、南亚热带和热带气候,是全国光、热和水资源最丰富的地区之一。从北向南,年平均日照时数由不足 1 500 小时增加到 2 300 小时以上,年太阳总辐射量为 4 200 ~ 5 400 MJ/m²,年平均气温为 19 ~ 24 °C。全省平均日照时数为 1 745.8 小时,1 月平均气温为 16 ~ 19 °C,7 月平均气温为 28 ~ 29 °C。广东降水充沛,年平均降水量为 1 300 ~ 2 500 mm,全省平均为 1 777 mm。由于广东省的光、温、热等气候条件优越,是我国目前龙眼产量最多、单产最高的省份,栽培面积达 12.41 万 hm²、占全国栽培总面积 31%,产量为 47.56 万吨、占全国总产量 43%。

2.2 地理信息数据库

地理信息资料采用国家基础地理信息中心提供的 1:25 万广东省基础地理背景数据,运用 GIS 软件进行数据资料的处理。如数据格式的转换、拼接,栅格数据重采样,矢量数据分层和筛选等,得到包括矢量和栅格数据的基础地理信息数据库。主要包括广东省数字高程模型(DEM)以及经纬度、海拔高度等栅格数据,同时包括行政边界、水系、道路、居民点分布等矢量数据。

2.3 气象资料数据库

采用广东省 86 个气象站点 1971—2000 年的气象数据,包括年平均气温、年极端最低气温、日平均气温≥10 °C 年积温以及 4 月中旬—5 月上

旬的日照时数。资料来源于广东省气象局,可以通过业务网络实时采集。

3 农业气候区划方法

本文采用基于 Super Map Object 5.0 GIS 组件平台开发的精细化农业气候区划产品制作系统,依托地理信息系统空间分析技术进行区划因子的空间插值推算,并根据等权加法得到总的区划因子指标进行广东省龙眼种植适宜性区划研究。精细化农业气候区划产品制作技术流程如图 1。

3.1 龙眼生长的气候及区划指标

龙眼对温度特别敏感,也是限制龙眼地理分布不广的主要因素。龙眼喜温忌冻,一般年平均气温在 18 ~ 24 °C 地区可以栽培,最适宜的年平均气温在 20 ~ 22 °C^[14]。在年平均气温 18 °C 以下或极端最低气温 -5.0 °C 以下地区的龙眼分布很少。一般来看,0 °C 时幼苗易受冻害,-2.0 °C 时大树中等程度受害,-3.0 °C 时大树老叶受冻枯萎,<-4 °C 时大树主干受冻死亡。因此在最低气温低于 -4.0 °C 的地区不适宜种植龙眼^[15]。同时龙眼属热区水果的中、迟熟品种,花芽分化前需要一段时间的低温诱导,以抑制营养生长,提高细胞液浓度,才能正常进入花芽分化,冬季温度高会导致成花诱导失败^[16]。因此温度是决定龙眼地理分布的主要因子,也是影响产量的重要因素。

根据相关的实地考察和调查分析,结合龙眼生长与广东省气候资源的相关程度,区划需要考虑的因子有:(1) 热量条件:年平均气温和日平均气温≥10 °C 的年积温可以反映龙眼生长的热量状况;(2) 越冬气候条件:年极端最低气温是反映龙眼能否安全越冬的重要气候因子;(3) 影响龙眼生长和产量生成的关键期气候因子:开花座果期^[17]是龙眼产量形成的最关键时期之一,该时期要求适宜的温度、充足的光照和湿润、微风的环境,而4月中旬—5月上旬即为龙眼生殖生长关键时期,期间的日照时数影响龙眼产量,是其关键的气候区划因子。因此将以上4个因子作为划分龙眼不适宜区、次适宜区、适宜区和最适宜区分布的气候指标因子(表1)。

3.2 龙眼区划因子模型及推算

为了客观反映广东省农业气候资源的立体分布特征，必须根据区划指标因子与经纬度和海拔高度等条件的关系，通过多元线性回归建立年平

均气温、年极端最低气温、日平均气温 $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 年积温和4月中旬—5月上旬日照时数的回归方程，即气象要素与地理信息之间的模型（表2）。

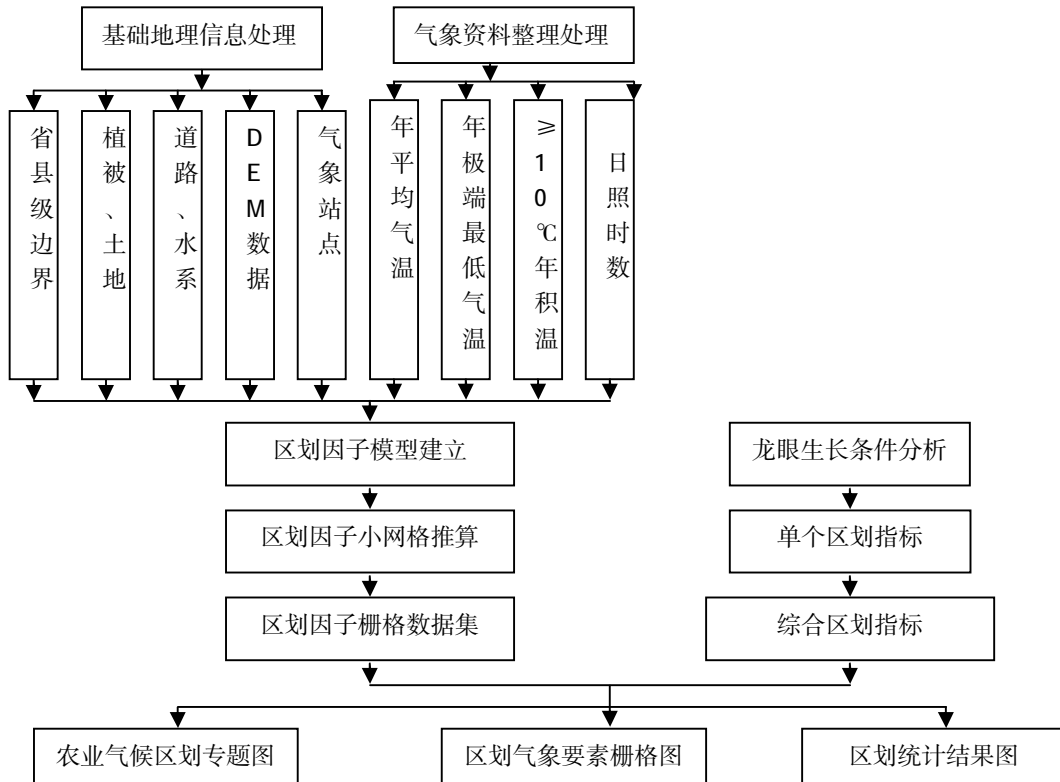


图1 精细化农业气候区划技术流程

表1 龙眼种植的农业区划指标

种植适宜性	年平均气温/ $^{\circ}\text{C}$	年极端最低气温/ $^{\circ}\text{C}$	$\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 年积温/ $^{\circ}\text{C}$	4月中旬—5月上旬日照时数/h
不适宜区	< 18	< -4	$< 6\ 500$	< 120
次适宜区	$[18, 20)$	$[-4, -2]$	$[6\ 500, 6\ 800)$	$[120, 130)$
适宜区	$[20, 21)$	$[-2, 0]$	$[6\ 800, 7\ 200), \geq 8\ 200$	$[130, 140]$
最适宜区	≥ 21	≥ 0	$[7\ 200, 8\ 200)$	≥ 140

表2 区划因子空间模型

气象要素	地理模型	复相关系数	F 值
年平均气温(T_{ave})/ $^{\circ}\text{C}$	$T_{ave}=0.677\ \lambda-0.820\ 4\ \phi-0.004\ 9\ h+33.192\ 4$	0.925 1	337.575 1 *
年极端最低气温(T_{min})/ $^{\circ}\text{C}$	$T_{min}=0.360\ 7\ \lambda-2.085\ 8\ \phi-0.010\ 8\ h+5.798\ 4$	0.772 5	92.813 0 *
积温(T_a)/ $^{\circ}\text{C}$	$T_a=57.647\ 1\ \lambda-393.647\ 1\ \phi-2.214\ 4\ h+10\ 460.333\ 1$	0.930 6	366.498 4 *
日照时数(S_{tot})/h	$S_{tot}=6.236\ 9\ \lambda-19.570\ 9\ \phi+0.065\ 5\ h-149.453\ 4$	0.565 7	35.600 1 *

注：其中 h 为海拔高度 (m)； λ 为经度； ϕ 为纬度。 T_a 为 $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的年积温 ($^{\circ}\text{C}$)； S_{tot} 为4月中旬—5月上旬的日照时数 (h)。

表2中各模型方程通过了 $\alpha=0.05$ 的显著性检验，其气象要素与经纬度和海拔高度等地理要素相关性较强。文中采用精细化农业气候区划产品

制作系统软件，选用梯度距离反比法^[18]进行要素插值，需输入各气象要素与地理要素间的回归系数来完成要素的插值推算，其插值公式为，

$$p_k = \frac{\sum_{i=1}^n w_{ik} [p_i + C_x(x_i - x_k) + C_y(y_i - y_k) + C_z(z_i - z_k)]}{\sum_{i=1}^n w_{ik}}$$

式中 p_i 为气象站气象要素值； x_i 、 x_k 为站点 i 和格点 k 的经度，同样 y_i 、 y_k 为纬度； z_i 、 z_k 为海拔高度； C_x 、 C_y 、 C_z 为气象要素值与经度、纬度和高度的回归系数； d_i 为站点 i 相对于格点 k 的距离； w_{ik} 为站点 i 相对于格点 k 的距离 d_i 的权重，取值为 $1/d_i^2$ 。这种利用梯度距离反比法进行空间插值

计算时，是在距离平方反比法的基础上，不仅考虑了经纬度的分布，更进一步考虑了气象要素随海拔高度的变化，结合海拔高度影响进行插值订正，最终形成具有经度、纬度和海拔高度的气候要素数据集（图 2~5）。

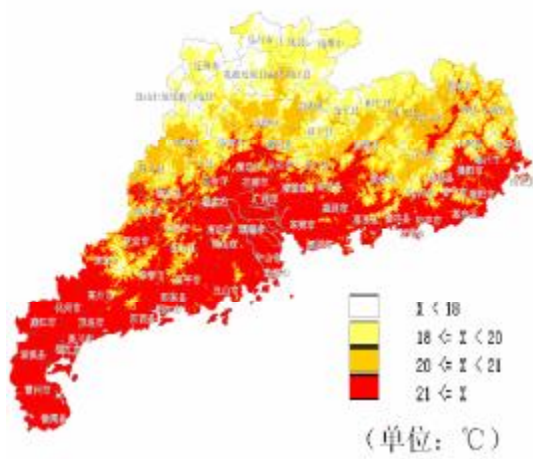


图 2 广东省年平均气温分布

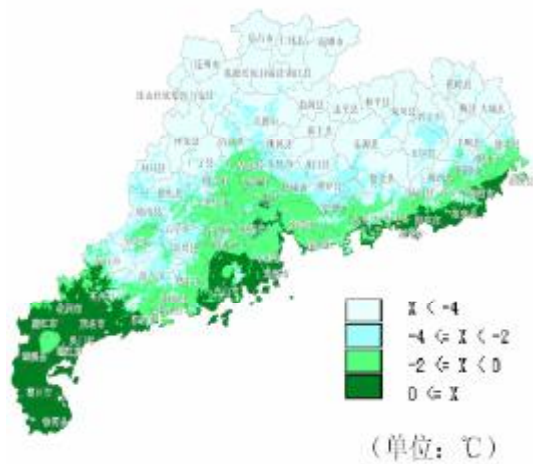


图 3 广东省年极端最低气温分布

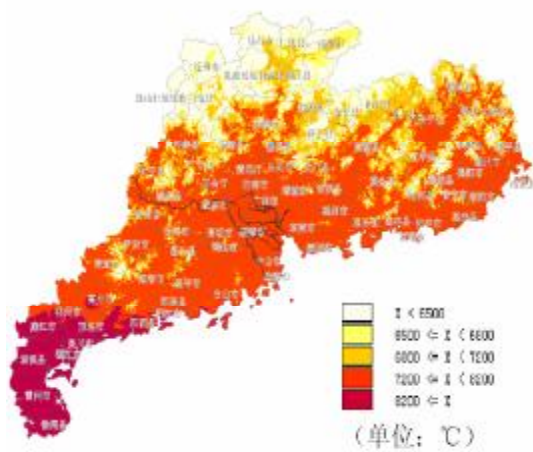


图 4 广东省≥10℃年积温分布

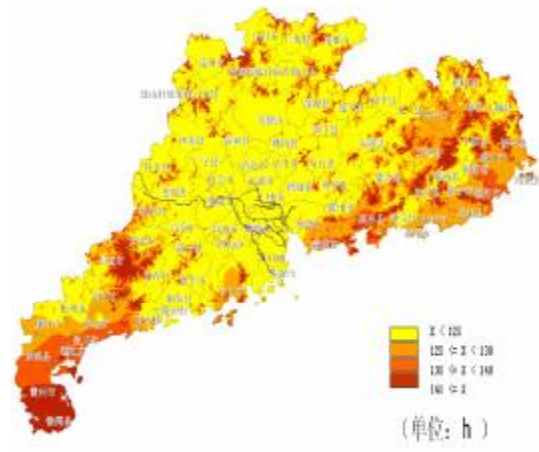


图 5 广东省 4 月中旬—5 月上旬日照时数分布

4 龙眼气候区划专题图及适宜性讨论

本文选取的农业气候区划方法是打分法，该

方法是由相关领域经验丰富的专家通过自己的经验分析得到各评价指标之间的相互关系，然后相应给出各指标的相关项赋值，所以这种方法有一定的适用性^[19]。假定表 1 中 4 个区划因子权重一

样, 运用数据同化的原理, 将每个区划因子指标的栅格图像数据, 按照最适宜、适宜、次适宜和不适宜范围内的标准同化成一定范围的数值, 如最适宜区范围内的数值统一同化为18~25, 适宜区为12~18, 次适宜区为6~12, 不适宜区为0~6, 最后将4个同化后的区划指标栅格图进行加法运算, 获得总体分值的综合区划指标。总分值大于

80的区域认为是最适宜区; 68~80之间为适宜区; 48~68之间为次适宜区; 总分值小于48的区域认为是不适宜区, 据此进行龙眼种植的农业气候区划, 得到广东省龙眼最适宜、适宜、次适宜和不适宜种植区。给不同区域赋予不同颜色并叠加县、省行政边界、制作图例等, 即可完成广东省龙眼种植适宜性区划专题图(图6)。

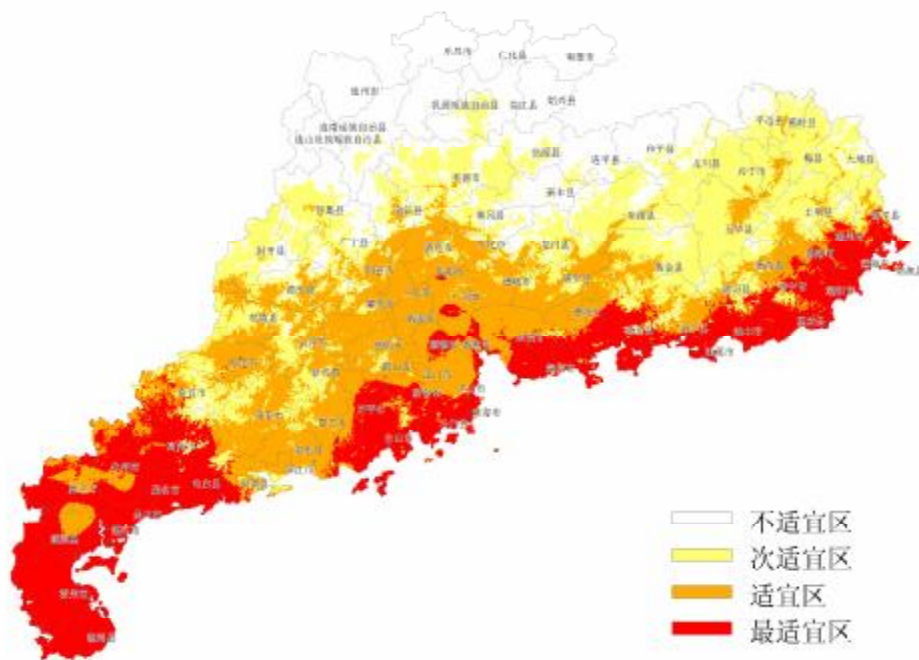


图6 广东龙眼种植气候区划专题图

4.1 最适宜区

由图6可见, 广东龙眼最适宜种植区主要分布在惠东县、茂名市、揭阳市、化州市、廉江市、湛江市、遂溪县、徐闻县以及雷州市等地区。根据区划统计结果, 该区域占全省面积的25.6%。该区年平均气温大于 21°C , 极端最低气温大于 0°C , 同时日平均气温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 年积温基本在 8200°C 左右, 热量资源丰富, 适宜龙眼整个生长期对于温度的要求, 其中4月中旬—5月上旬的日照时数大都在140h左右, 日照条件充足, 利于龙眼在生殖生长期间的生长发育。该区域是广东龙眼种植的重点发展对象, 适宜在此大范围进行种植, 以此提高广东省龙眼的经济效益。

4.2 适宜区

由图6可见, 广东龙眼适宜种植区主要分布

在广州市、阳江市、惠州市、罗定市、惠阳市、增城市及高州市部分区域。根据区划统计结果, 该区域占全省面积的26.3%。该区年平均气温基本在 $20\sim 21^{\circ}\text{C}$, 极端最低气温处于 $-2\sim 0^{\circ}\text{C}$, 日平均气温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 年积温基本都在 7200°C 左右, 整体的热量条件基本能满足龙眼需求, 只是偶尔出现年极端最低气温低于 0°C 时才会对龙眼幼苗产生冻害。因此应该选择耐寒的优良品种, 趋利避害, 以提高该区龙眼的产量和质量。

4.3 次适宜区

由图6可见, 广东龙眼次适宜种植区主要分布在英德市、封开县、怀集县、龙川县、五华县、兴宁县等地区。根据区划统计结果, 该区域占全省面积的27.1%。该区年平均气温基本在 18°C 左右, 年极端最低气温在 -4°C 左右, 光照条件

一般, 4 月中旬—5 月上旬的日照时数基本小于 120 h。该区由于年极端最低气温较低, 对于幼苗期和大树期都会产生冻害影响。因此在进行龙眼品种选取时, 除选择耐寒品种外, 还应在冬季对幼苗采取保暖措施。该区的龙眼种植应因地制宜, 选取合适的区域分区种植, 不适宜大面积种植, 以免发生冻害, 影响龙眼产量和质量。

4.4 不适宜区

由图 6 可见, 广东龙眼不适宜种植区主要分布在连南瑶族自治县、连州市、乐昌市、仁化县、南雄市、始兴县等广东最北部地区。该区年平均气温基本低于 18 °C, 极端气温低于 -4 °C, 越冬气候条件不适宜龙眼生长, 同时由于日平均气温 ≥ 10 °C 年积温小于 6 500 °C, 热量条件基本不能满足龙眼生长需求, 所以该区是龙眼的不适宜种植区域, 应避免种植龙眼。

5 结论和讨论

(1) 利用 GIS 空间分析功能进行区划因子的小网格推算得到区划因子栅格分布图, 该方法弥补了由于站点分布不均匀而出现的误差, 同时考虑了经纬度和海拔高度的地理信息, 不仅可以描述气候因子在水平方向上的变化, 还能直观反映区划因子随地理位置和海拔高度的立体变化特征, 从而得到对区划因子更为精细化的模拟, 为高新技术在应用气象为农业服务领域开辟了一条新的途径。

(2) 在气候变化背景下, 农村产业结构调整, 经济作物新品种日益丰富, 种植风险越来越大。本文采用最新相关研究成果中的各单项区划指标, 将其等权相加得到龙眼区划综

合指标, 进而得到更加客观、直观的龙眼种植适宜性区划图, 将该成果运用到实际龙眼种植区划中, 更有利于广东龙眼的高产、稳产和优化布局。

(3) 本文采用 GIS 技术得到的广东省龙眼种植区划分布图, 比传统气候区划结果更为精细, 其空间分辨率达到 1 km \times 1 km, 并得到广东省各县、市区龙眼种植定量化结果, 其中最适宜区占全省面积的 25.6%, 适宜区占 26.3%, 次适宜区占 27.1%, 其余为不适宜区。该区划结果与之前运用模糊聚类方法得到的广东省龙眼区划图总体分布范围^[17]基本一致, 而文献[20]分析考虑到雷州半岛南部高温干旱, 台风影响严重, 故将该范围划分为龙眼种植不适宜区域。本文将雷州半岛区域划分为龙眼种植的最适宜区, 根据 1992—2006 年《广东农村统计年鉴》, 该区域龙眼种植实有面积和总产量逐年提高, 单产也有所提高, 所以该区域应划为龙眼种植的最适宜区, 这更符合广东的客观实际, 充分体现了 GIS 应用于作物区划的优点。

(4) 本文进行广东省龙眼种植农业气候区划研究, 主要考虑的是气候因子, 为了得到完善、综合的结果, 今后的工作可以考虑加入水系的分布、土壤的类型以及道路等地理信息来分析作物种植的适宜性, 才能更完善广东省龙眼种植区划。对于在农业气候资源小网格推算模型中引入的因子主要为经度、纬度和海拔高度, 没有引入坡度、坡向及遮蔽度等其他地理因子, 也是本文以后有待扩展、补充、完善之处。

参 考 文 献:

- [1] 洪小冬, 黄增明. 海南岛农业气候区划[J]. 热带气象学报, 1987, 3(2): 120-128.
- [2] 刘锦奎. 广东芒果生产的农业气候区划及合理布局[J]. 广东农业科学, 1996(5): 20-22.
- [3] 郭伦, 刘瑜, 张晶. 地理信息系统原理、方法和应用[M]. 北京: 科学出版社, 2001.
- [4] GREETS S, RAES D, GARCIA M, et al. Agro-climatic suitability mapping for crop production in the Bolivian Altiplano: A case study for quinoa[J]. Agricultural and forest meteorology, 2006, 139: 399-412.
- [5] 刘欣. 浅谈 GIS 在农业气候区划中的应用[J]. 山东气象, 2005, 9(3): 26-27.

- [6] 苏永秀, 丁美花, 李政. GIS 在广西龙眼种植优化布局中的应用[J]. 农业工程学报, 2006, 22(12): 145-148.
- [7] 高阳华, 陈志军, 林巧, 等. 基于 GIS 的三峡库区龙眼和荔枝气候生态区划[J]. 西南农业大学学报, 2005, 27(5): 713-716.
- [8] 王加义, 蔡文华, 李文. GIS 在福建龙眼低温冻害分析中的应用[J]. 农业工程科学, 2008, 24(7): 500-503.
- [9] 刘伟, 李向梅, 李俊有. 宁城县农业综合气候区划[J]. 内蒙古农业科技, 2009, 21(2): 73-74.
- [10] 孙俊, 魏广洪, 王卫东. 西吉县马铃薯种植业农业气候区划[J]. 中国马铃薯, 2008, 32(2): 111-114.
- [11] 姚圣贤, 康桂红, 孙培良. 利用 GIS 技术对樱桃进行气候区划[J]. 山东农业大学学报, 2006, 37(3): 377-380.
- [12] 李迎春, 张建萍. GIS 支持下的井冈山毛竹种植气候区划[J]. 中国生态农业学报, 2002, 10(4): 94-96.
- [13] 郭文华, 王志华, 赵新平, 等. 北京地区优质板栗细网格农业气候区划[J]. 应用气象学报, 2004, 15(3): 382-384.
- [14] 陈寿谟, 黄寿波, 温福光. 果树气象学[M]. 北京: 气象出版社, 1988: 428-454.
- [15] 高克普. 柳州栽培龙眼的气候条件及生产对策[J]. 广西气象, 1995, 16(3): 37-40.
- [16] 杜尧东, 宋丽莉, 毛慧琴, 等. 广东地区的气候变暖及其对农业的影响与对策[J]. 热带气象学报, 2004, 20(3): 302-310.
- [17] 苏永秀, 丁美花, 李政. 气候条件对广西地区龙眼产量的影响及其丰歉气候指标研究[J]. 热带气象学报, 2006, 22(3): 308-312.
- [18] NALDER I A, WEIN R W. Influence of parameter estimation uncertainty in Kriging[J]. Journal of Hydrology, 1996, 157: 555-556.
- [19] 张星, 陈惠, 吴菊薪. 层次分析法在福建省农业气象灾害综合评价中的应用[J]. 热带气象学报, 2009, 25(4): 508-512.
- [20] 广东省气象局农业气象中心. 广东农业和气候[M]. 广州: 广东高等教育出版社, 1996, 12: 180-185.

AGRICULTURAL CLIMATIC REGIONALIZATION FOR LONGAN CULTIVATION IN GUANGDONG PROVINCE

XUE Li-fang^{1,3}, WANG Chun-chang², WANG Chun-lin³, SHEN Shuang-he¹

(1. Department of Applied Meteorology, Nanjing University of information science & technology, Nanjing 210044, China; 2. Heshan Meteorological Bureau, Jiangmen 529700, China; 3. Guangdong Climate Center, Guangzhou 510080, China)

Abstract: In the context of global warming, the use of GIS and computer technology in agricultural climatic regionalization for longan cultivation can benefit and serve the longan planning. According to the climate data from 1971 to 2000 of Guangdong Province and the climatic conditions of longan growth, the authors analyzed and identified indexes for climatic division, which contain annual average temperature, extreme minimum temperature, sunshine hours from mid-April to early May and the accumulated temperature which is greater than or equal to 10 C during a period of 30 years. Then an overall index of climatic division was obtained on the basis of the equal-weight principle. On the basis of the correlation coefficient among the four division factors and geographical factors, the gradient inverse distance method was used to get raster distribution maps for each meteorological element with a grid resolution of 1 km². By the function of spatial analysis of GIS, longan cultivation zoning maps of Guangdong Province were completed. The most suitable region accounts for 25.6%, the suitable region accounts for 26.3% and the sub-suitable region accounts for 27.1%. Finally, the zoning maps can be used by departments of agriculture planting and planning and the government in choosing zones of crop growth.

Key words: applied meteorology; agro-climatic zoning; GIS; longan