

3S 技术在南宁市荔枝优化布局中的应用*

苏永秀¹ 李政^{1**} 秦亮曦² 钟仕全¹

(¹ 广西气象减灾研究所/国家卫星气象中心遥感应用试验基地, 南宁 530022 ;² 广西大学计算机与电子信息学院, 南宁 530004)

摘要 根据荔枝生长发育对生态气候条件的要求,分析确定了荔枝适宜性生态气候区划指标。采用统计学方法建立了区划指标的空间分析模型,利用 1:250000 南宁市地形数据,按 500 m×500 m 细网格,对区划指标进行了小网格推算,根据离散点的空间插值技术原理,对其残差部分进行了空间插值,将插值结果与推算结果进行叠加,实现了区划指标空间分布的细化。结合 ETM 卫星资料提取的土地利用信息,采用 3S 技术,进行荔枝优化布局的生态气候区划。该区划按种植荔枝的气候适宜性及土地利用现状,将南宁市划分为荔枝的最适宜、适宜、次适宜和不适宜种植区,绘制了荔枝优化布局的三维立体区划图,并分区进行评述。研究结果可为南宁市农业结构调整及荔枝优化布局提供科学依据。

关键词 3S 技术;荔枝;种植布局;气候区划;土地利用信息

中图分类号 X16 文献标识码 A 文章编号 1000-4890(2010)1-0187-06

Application of 3S-technique in optimal distribution of lichee planting. SU Yong-xiu¹, LI Zheng¹, QIN Liang-xi², ZHONG Shi-quan¹(¹ Guangxi Institute of Meteorological Disaster Mitigation / Remote Sensing Application Test Base of National Satellite Meteorological Center, Nanning 530022, China ;² School of Computer, Electronics and Information, Guangxi University, Nanning 530004, China). *Chinese Journal of Ecology* 2010 29(1):187-192.

Abstract : According to the growth requirements of lichee to ecological and climatic conditions, the adaptability indices of climatic regionalization for lichee planting were analyzed and determined. A spatial analytical model of the regionalization indices was established by statistical methods, and the regionalization indices were reckoned on refined grids of 500 m×500 m by using 1:250000 landform data. Based on the principles of spatial interpolation technique for discrete points, the remnant differences were interpolated to each spatial point. Through superposing the interpolation and reckon results, the refinement of regionalization indices on spatial distribution was realized. The land use information was picked up from ETM satellite data, and, joining with 3S-technique, the ecological climate regionalization was done for lichee optimal distribution. According to the climatic adaptability for lichee planting and the land use status, Nanning City of Guangxi was divided into optimal, suitable, sub-suitable, and unsuitable climatic regions, and the 3-dimensional stereo thematic map on refined grids was drawn. Each kind of the regions was remarked, and planting suggestions were proposed. This study could provide scientific basis to the adjustment of agricultural structure and the optimal distribution of lichee planting in Nanning City.

Key words : 3S-technique ;lichee ;planting distribution ;climatic regionalization ;land use information.

荔枝是中国南方特产水果,其果实香甜可口,营养丰富,享有“岭南果王”和“果中珍品”之美誉。荔

枝生产分布受自然条件影响很大,在中亚热带地区,受冬季寒潮和霜冻影响,荔枝果树难以安全越冬,在热带地区,多数年份由于冬季温暖,妨碍花芽分化,导致荔枝树不开花或座果率不高,产量低而不稳。因此中国乃至世界适宜荔枝栽培的范围很小(陶忠

* 国家农转资金项目(2007GB2E100249)和公益性行业(气象)科研专项资助项目(GYHY(QX)2007-6-7)。

** 通讯作者 E-mail: lzwjh0771@163.com

收稿日期:2009-05-13 接受日期:2009-08-05

良等 2001),中国大面积种植主要在广东、广西、福建等省区。

南宁市地处广西南部,光热充足,雨量充沛,具有发展荔枝生产的适宜气候条件(苏永秀等, 2007)。但受北方南下冷空气影响,南宁市冬季常有寒(冻)害、春季有低温阴雨等自然灾害,而近年来,由于荔枝区域布局不尽合理,气象灾害对荔枝生产造成的损失越来越大,典型例证如1999年12月的严重霜冻、2008年初罕见的低温雨雪冰冻天气等,都给荔枝生产造成了重大损失。因此,如何优化荔枝区域布局已受到生产和决策部门的重视。

已有的荔枝种植气候区划研究,大都利用站点气候资料直接进行分区(钟思强等,1994;甘一忠等,2001;刘锦奎等,2002),存在资料以点带面的局限,不能准确反映地形对气候的影响。涂方旭等(2002)在广西荔枝龙眼冻害区划研究中虽然采用了小网格分析方法,但由于受当时技术条件的限制,网格距较大,区划的结果较为粗略。近年来,GIS和遥感技术等农作物种植气候区划(魏丽等,2002;高阳华等,2005;魏瑞江等,2008)、气象灾害风险评估(陈香,2007)及生态安全评价(谢花林,2008)等方面得到了较广泛的应用,使区划和评估分析的精度大大提高,取得了可喜的成果,但农作物种植气候区划指标的选择大多仅考虑了气候因素。有些区划研究考虑了土地利用类型(李文等,2005;李迎春等,2007;陆魁东等,2008),并且绘制了二维的作物区划专题图,使区划的结果对农业生产的指导性更强。本研究以台站气候资料为基础,充分利用1:250000地形数据、DEM数据、ETM卫星影像及GPS定位调查数据等,采用3S技术及小网格分析方法,进行南宁市荔枝优化布局的生态气候区划,制作500 m×500 m细网格荔枝优化布局的立体区划专题图,为农业种植结构调整和荔枝的合理布局提供科学依据。

1 研究地区与研究方法

1.1 研究区概况

南宁市位于广西南部,地处亚热带,地理坐标22°12'N—24°2'N,107°19'E—109°38'E,现辖武鸣县、横县、宾阳县、上林县、马山县、隆安县6个县和青秀区、兴宁区、西乡塘区、江南区、良庆区、邕宁区6个城区,全市土地面积22293 km²。南宁市地理位置优越,处于中国华南、西南和东南亚经济圈的结合

部,是环北部湾沿岸重要的经济中心,也是广西水稻、甘蔗、蔬菜、荔枝、龙眼、香蕉等粮食作物、经济作物及热带亚热带水果的主要产区之一。

1.2 资料来源与处理

研究使用的气象资料为南宁市及其近邻崇左市各气象台站的观测资料,包括平均气温、极端最低气温、积温、降雨量等,资料序列极端最低气温为1961—2004年,其他要素为1971—2000年。台站信息资料包括经度、纬度和海拔高度等参数,从气象台站的观测报表中读取。

地理信息资料采用国家基础地理信息中心提供的1:250000广西地理背景数据。该数据为分块存放的标准ARC/INFO分幅E00格式数据,覆盖南宁市共9个图幅,每一个图幅又包含14个数据图层资料。利用ArcGIS软件对资料进行处理:1)将涉及南宁市范围各图幅的E00数据转换成ArcGIS可编辑的数据格式,即将矢量数据转换成shp格式、栅格数据转换成grid格式,并将各图层数据逐一拼接成一个完整图幅;2)采用立方卷积法,对包含海拔高度的栅格数据进行重采样处理,得到南宁市500 m×500 m分辨率的DEM数据;3)按照GB码,将行政边界和行政点等矢量数据进行分层,行政边界分为市、县两层,行政点分成县级以上、乡镇级、乡镇级以下三层;4)利用市级行政边界进行裁剪,得到南宁市地理信息数据;5)利用南宁市DEM数据,计算得到网格距500 m×500 m的南宁市经度、纬度、坡度、坡向数据。经过以上的处理,得到区划所需的南宁市各县行政边界,市、县、乡政府所在地位置和名称,主要河流、铁路和公路,南宁市DEM及经纬度、坡度、坡向等数据。

南宁市土地利用信息从2002年10月11日和2001年11月16日成像的LANDSAT-7 ETM影像数据中提取。ETM数据共有8个波段,研究区域涉及125-44、126-44两景。ETM影像经配准、镶嵌、几何校正、假彩合成、融合等预处理,之后采用监督分类、多次掩膜、决策树分类等方法进行解译,得到森林、农用地、水体、道路、城镇等土地利用分类信息,再利用GPS进行野外调查验证,进一步修正解译结果,得到南宁市土地利用综合分类图。

1.3 气候区划指标的确定

荔枝是典型的南亚热带果树,对土壤条件要求不严格,但对生态气候条件要求较严格。荔枝经济栽培要求年平均气温18℃以上,又以年平均气温

21 ℃ ~ 25 ℃、年降水量 1300 mm 和年日照时数 1600 h 以上栽培品质较好(陈尚谟等,1988)。当温度降至 0 ℃ 或有霜冻时,果树的嫩叶嫩梢明显遭受冻害,降到 -4 ℃ ~ -2 ℃ 时严重受冻,甚至死亡(植石群等,2002)。但荔枝在花芽分化期又要求适当低温干燥的生态环境,在不受冻害的情况下,气温越低越利于花芽分化。因此,确定荔枝气候区划指标主要考虑以下因素:1)荔枝生长发育总的热量条件和水份条件;2)决定果树能否安全越冬的冬季温度条件;3)影响荔枝产量形成关键期的关键气候因子。

根据以上分析,结合荔枝在南宁市的栽培实际情况,经专家评判,选择年平均气温、≥10 ℃ 活动积温、极端最低气温多年平均值、年降雨量、12 月—翌年 3 月日平均气温 ≤10 ℃ 低温寒积量、3—5 月日平均气温 ≤15 ℃ 连续天数等 6 个因子,作为荔枝优化布局的生态气候区划指标因子。由于南宁市各地日照时数为 1470 ~ 1710 h,能基本满足荔枝生长需要,它不是荔枝生产的限制性气候要素,因此不作为荔枝优化布局的生态气候区划指标因子。

1.4 区划指标空间分析模型的构建

因南宁市每个县只有一个气象站,站点稀少且呈点状分布,仅用站点资料进行分析区划,其结果较为粗略,对农业生产的指导性不强。因此,为了解决区划中资料以点代面的问题,研究建立了荔枝气候区划指标随地理参数变化的空间分析模型,以此来推算无测站地区的区划指标空间分布。模型表达式为:

$$Y = f(\varphi, \lambda, h, \beta, \theta) + \varepsilon \quad (1)$$

式中:Y 为区划指标因子,φ、λ、h、β、θ 分别为纬度、经度、海拔高度、坡向、坡度;ε 为余差项,其计算公式为:

$$\varepsilon = Y(\text{实测值}) - f(\varphi, \lambda, h, \beta, \theta) \quad (2)$$

以站点纬度、经度、海拔高度、坡向、坡度等作为自变量因子,采用统计学方法,依据误差最小原则构建区划指标的空间分析模型。

1.5 区划指标的小网格推算及区划图制作

模型建立后,将研究提取的 500 m × 500 m 分辨率的地理参数代入模型,得到每一个区划指标在 500 m × 500 m 网格单元上的分布值,再进行残差订正,方法如下:

1) 将各站点的 φ、λ、h、β、θ 等参数代入模型,得到模拟值。

$$\hat{y} = f(\varphi, \lambda, h, \beta, \theta) \quad (3)$$

2) 利用式(2)求出各站点的残差值 ε,之后运用反距离权重插值法(冯锦明,2004),将 ε 内插到 500 m × 500 m 网格单元上,生成残差栅格图。内插公式为:

$$\hat{Z}(X_0) = \sum_{i=1}^n Z(X_i) \cdot d_{i0}^{-r} / \sum_{i=1}^n d_{i0}^{-r} \quad (4)$$

式中:Z(X₀) 为待求插值点的残差值,Z(X_i) 为第 i 个站点的残差值,d_{i0}^{-r} 为第 i 站点与第 X₀ 格点的距离的 -r 次方,r 为权重指数,取值 2。

3) 将残差栅格图与区划指标栅格图进行叠加运算,得到区划指标实际分布图。

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mn} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & \dots & b_{1n} \\ b_{21} & b_{22} & \dots & b_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ b_{m1} & b_{m2} & \dots & b_{mn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & \dots & c_{1n} \\ c_{21} & c_{22} & \dots & c_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ c_{m1} & c_{m2} & \dots & c_{mn} \end{bmatrix} \quad (5)$$

式中:a 矩阵为区划指标栅格图,b 矩阵为残差栅格图,c 矩阵为订正后的区划指标栅格图。

利用残差订正后的区划指标栅格图,在 ArcGIS 和 ERDAS 等软件平台上,制作荔枝优化布立体区划图,作图顺序为:气候区划图—ETM 卫星数据解译的土地利用类型图—气候+土地利用综合区划二维图—气候+土地利用综合区划三维立体图。

2 结果与分析

2.1 南宁市荔枝优化布局气候区划指标及小网格推算模型

南宁市荔枝优化布局的生态气候区划指标如表 1 所示,区划指标依据其数值大小,分别按最适宜、适宜、次适宜和不适宜的标准分成了 4 个区,分区结果比以往只划分 3 个区的结果(钟思强,1994;甘一忠等,2001)更精细。

采用逐步回归方法建立了南宁市荔枝气候区划指标空间分析模型(表 2)。各模型复相关系数为 0.733 ~ 0.8914,F 值为 3.192 ~ 15.772,除年降雨量模型通过了信度为 0.1 的显著性检验外,其余都通过了信度 0.01 的显著性检验,表明模型具有良好的回归效果。从表 2 可见,6 个区划指标因子均与地理纬度、经度、海拔高度关系密切,其中年降雨量还

表 1 南宁市荔枝优化布局气候区划指标

Tab.1 Climatic regionalization indices for lichee optimum distribution in Nanning

区划指标因子	最适宜区	适宜区	次适宜区	不适宜区
年平均气温(℃)	21.0~24.0	20.0~21.0	18.0~20.0	<18.0
≥10℃活动积温(℃·d)	>7500	7500~7000	7000~6500	<6500
极端最低气温平均值(℃)	>2.0	2.0~1.0	1.0~0	<0
年降雨量(mm)	≥1300	1300~1200	1200~1000	<1000
日均温≤10℃低温寒积量(℃·d)	25.0~45.0	25.0~45.0	45.0~66.4	<25.0 或 >66.4
3—5月日均温≤15℃连续天数(d)	<6	6~7	7~8	>8

表 2 南宁市荔枝优化布局气候区划指标空间分析模型

Tab.2 Spatial analytical model of regionalization indices for lichee planting in Nanning

区划指标因子	模型表达式	复相关系数	F 值
年平均气温(℃)	$Y = 71.8 - 0.0046h - 0.3897\lambda - 0.3239\varphi$	0.878	13.49
≥10℃活动积温(℃·d)	$Y = 49354.23 - 2.6987h - 337.0076\lambda - 222.1865\varphi$	0.891	15.47
极端最低气温多年平均值(℃)	$Y = 34.6259 - 0.00236h - 0.2019\lambda - 0.4418\varphi$	0.795	6.88
年降雨量(mm)	$Y = -8636.95 + 0.4972h + 66.2982\lambda + 120.5662\varphi + 0.6044992\beta$	0.733	3.19
日均温≤10℃低温寒积量(℃·d)	$Y = -2257.3 + 0.0999h + 19.6267\lambda + 6.8618\varphi$	0.893	15.77
3—5月日均温≤15℃连续天数(d)	$Y = -33.04 + 0.6972h + 0.0048\lambda + 1.1342\varphi$	0.879	13.59

与坡向关系密切,这与南宁市各主要山体迎风坡降雨量普遍多于背风坡的实际情况较为吻合。

2.2 南宁市荔枝优化布局生态气候区划

应用表 2 区划指标空间分析模型,在 ArcGIS 平台上,进行区划指标的小网格推算和残差订正计算,生成 500 m × 500 m 分辨率区划指标栅格图,再依据表 1 分区标准进行分级打分(如年平均气温 $T_{\text{年}}$,当 $21.0 \leq T_{\text{年}} \leq 25.0$ 时 20 分, $20.0 \leq T_{\text{年}} < 21.0$ 时 15 分, $18.0 \leq T_{\text{年}} < 20.0$ 时 10 分, $T_{\text{年}} < 18.0$ 时 5 分),生成区划指标因子的分值图,6 个指标因子共有 6 幅图。将 6 幅图相加得到总分值图,最后根据总分值的大小制作生成了南宁市荔枝种植气候区划图(图 1)。

由于在实际生产中,并非气候条件适宜的区域

均可发展荔枝生产,荔枝只适宜种植在可开发利用的土地上,因此,利用 GIS 的空间分析技术,根据表 3 中的叠加分析规则,在荔枝种植气候区划图上进一步叠加土地利用信息,将城镇、道路、水体等已利用土地剔除,得到了荔枝种植气候综合区划图(图 2)。从图 2 可见,南宁市荔枝最适宜种植区主要在武鸣、隆安两县的中部,邕宁区南部和西部等地,区划结果与当前南宁市荔枝种植实际情况基本吻合,但二维的区划图用于指导实际生产仍不够直观。

为了使区划结果更直观、更具有指导性和可操作性,在二维区划图的基础上,进一步利用南宁市 DEM 数据,并借助 ERDAS 图像处理软件,制作生成了南宁市荔枝优化布局的三维区划立体图(图 3)。该图立体效果好,直观性强,与南宁市地形特征更为吻合,对于当地荔枝产业发展更具有指导意义。

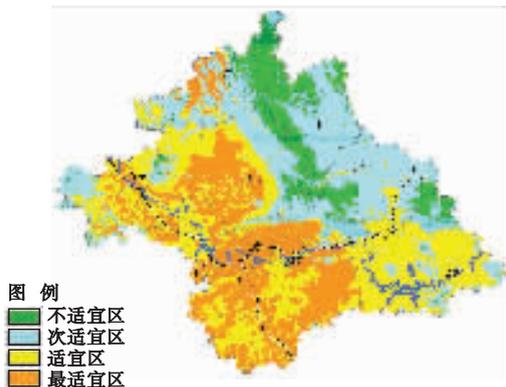


图 1 南宁市荔枝优化布局气候区划示意图
Fig.1 Climatic regionalization thematic map for lichee optimum distribution in Nanning

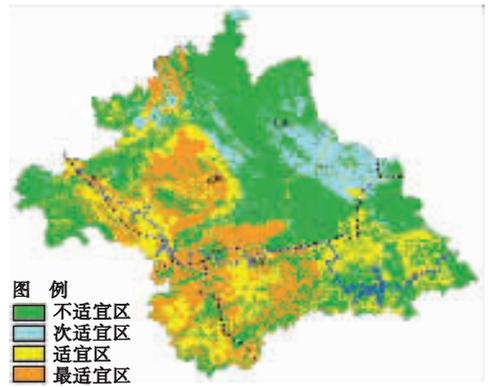


图 2 南宁市荔枝优化布局气候综合区划示意图
Fig.2 Climatic integrated regionalization thematic map for lichee optimum distribution in Nanning

表 3 荔枝优化布局气候区划图与土地利用图叠加分析规则
 Tab.3 Rules for overlaying and analyzing the climatic regionalization thematic map of lichee optimum distribution and the land use classification map

优化布局等级	作物种植区划图	遥感土地利用分类	综合区划判别规则
C ₁ 最适宜区	A ₁ 最适宜区	B ₁ 农业及其他用地	$C_1 = A_1 \cap B_1$
C ₂ 适宜区	A ₂ 适宜区		$C_2 = A_2 \cap B_1$
C ₃ 次适宜区	A ₃ 次适宜区		$C_3 = A_3 \cap B_1$
C ₄ 不宜种植区	A ₄ 不适宜区	B ₂ 非农业生产用地	$C_4 = A_1 \cap B_2 \cup A_2 \cap B_2 \cup A_3 \cap B_2$

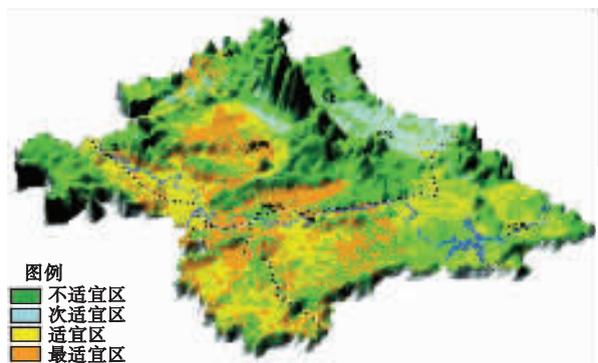


图 3 南宁市荔枝优化布局的气候综合区划立体示意图
 Fig.3 Climatic integrated regionalization stereo map for lichee optimum distribution of Nanning

2.3 区划结果分区评述

1)最适宜区。如图 3 所示,南宁市荔枝种植的最适宜区主要在武鸣、隆安两县的中部,邕宁区南部和西部,区域面积约 63.42 万 hm²。该区年平均气温 ≥21.0℃,日平均气温 ≥10℃ 活动积温在 7500℃·d 以上,极端最低气温多年平均值 ≥2.0℃,12—翌年 3 月日平均气温 ≤10℃ 低温寒积量 25.0~45.0℃·d 3—5 月日平均气温 ≤15℃ 连续天数 <6 d。该区热量充足,雨量充沛,冬季寒(冻)害少,利于果树安全越冬,春季低温阴雨日数少,利于果树开花授粉和坐果。该区不仅气候条件优越,土地资源也较丰富,是南宁市荔枝生产的优势区,生产上应尽可能将荔枝高产优质品种安排在该区域,以提高经济效益。

2)适宜区。南宁市荔枝适宜种植区面积约 25.59 万 hm²,主要分布在隆安县中部、武鸣县北部、邕宁区中部和南部、横县中部及马山县的局部地区。该区年平均气温 20.0℃~21.0℃,≥10℃ 活动积温在 7000~7500℃·d,极端最低气温多年平均值

≥1.0℃,12 月—翌年 3 月日平均气温 ≤10℃ 低温寒积量 25.0℃~45.0℃·d 3—5 月日平均气温 ≤15℃ 连续天数 6~7 d。该区热量条件能满足荔枝生长发育需要,但冬季偶尔有轻冻害,在 1999 年霜冻期间,一些荔枝树的枝叶受害,因此宜选择耐寒优良品种适度规模经营,果园选址应避免不利的地理环境,如冷空气通道、山麓、山地北坡、冷空气易聚集的小盆地等。

3)次适宜区。主要分布在宾阳县、武鸣县北部及上林县、马山县南部等地区,面积约 21.8 万 hm²。该区热量条件和越冬气象条件明显不如最适宜区和适宜区,不宜大面积发展荔枝生产,以选择温暖的小气候环境零星种植为主,不宜进行规模经营。

4)不适宜区。最适宜、适宜、次适宜区以外的其余地区,热量条件和越冬气象条件差或缺乏可利用土地,不宜盲目发展荔枝生产。

3 结论

采用 3S 技术和小网格分析方法,在气候的基础上,综合考虑了地形和土地利用分类信息,科学地划分出南宁市荔枝种植的最适宜、适宜、次适宜和不适宜区,空间分辨率达到了 500 m × 500 m,其结果比甘一忠等(2001)、钟思强等(1994)单纯用站点气候资料直接分区的结果更精细,更客观,更具有指导性。特别是研究制作的三维立体区划图直观性好,与南宁市地形特征更为吻合,在指导生产中更便于实际操作。

采用年平均气温、≥10℃ 活动积温、极端最低气温、年降雨量、12—翌年 3 月日平均气温 ≤10℃ 低温寒积量、3—5 月日平均气温 ≤15℃ 连续天数作为荔枝优化布局的生态气候区划指标,既考虑了荔枝生长全生育期,包括越冬期的气候条件,又考虑了影响荔枝产量形成关键期的关键气候因子,因子选择较全面,区划的结果与目前南宁市荔枝种植布局的实际情况基本吻合。

利用 ETM 卫星资料,结合 GPS 野外调查数据,解译出南宁市土地利用信息,并用于计算适宜荔枝种植的实际可利用土地面积,为荔枝生产的进一步发展提供了可靠依据。

参考文献

陈 香. 2007. 基于遥感和 GIS 的中国城镇用地扩展特征. 生态学杂志, 26(6): 961-96.

- 陈尚谟,黄寿波,温福光. 1988. 果树气象学. 北京:气象出版社.
- 冯锦明,赵天保,张英娟. 2004. 基于台站降水资料对不同空间内插方法的比较. 气候与环境研究, 9(2): 261-277.
- 甘一忠,潘学标,刘流. 2001. 广西荔枝果树商业性栽培区的气候生态适宜度灰色聚类评估. 广西科学院学报, 17(5):73-76.
- 高阳华,陈志军,林巧,等. 2005. 基于GIS的三峡库区龙眼和荔枝气候生态区划. 西南农业大学学报, 27(5):713-716.
- 李文,蔡文华,王加义. 2005. 利用宁德市沿海越冬热量条件发展晚熟龙眼荔枝. 中国农业气象, 26(4): 239-241.
- 李迎春,殷剑敏,辜晓青,等. 2007. 3S技术支持下南方早梨气候-地形-土壤精细化综合区划. 中国农业气象, 28(4):94-99.
- 刘锦奎,杜尧东,毛慧琴. 2003. 华南地区荔枝寒害风险分析与区划. 自然灾害学报, 12(3):126-130.
- 陆魁东,黄晚华,肖汉乾,等. 2008. 气候因子小网格化技术在湖南烟草种植区划中的应用. 生态学杂志, 27(2):290-294.
- 苏永秀,李政,孙涵. 2007. 基于GIS的南宁市细网格立体农业气候资源分析研究. 气象科学, 27(4): 381-386.
- 陶忠良,高爱平,周兆德. 2001. 气象条件对荔枝产量的影响研究综述. 中国南方果树, 30(4):29-31.
- 涂方旭,苏志,李艳兰. 2002. 广西荔枝龙眼的冻害区划研究. 广西科学, 9(3):225-230.
- 魏丽,殷剑敏,王怀清. 2002. GIS下的江西优质早稻种植气候区划. 中国农业气象, 23(2):27-31.
- 魏瑞江,张文宗,代立芹. 2008. 阜平山区草莓错季栽培的生物表现及适宜区域. 生态学杂志, 27(3):480-483.
- 谢花林. 2008. 基于GIS的典型农牧交错区土地利用生态安全评价. 生态学杂志, 27(1):135-139.
- 植石群,周世怀,张羽. 2002. 广东省荔枝生产的气象条件分析和区划. 中国农业气象, 23(1):20-24.
- 钟思强,李月兰,黄在猛. 1994. 龙眼荔枝的气候生态特性及其在广西的布局. 广西气象, 15(4):223-227.

作者简介 苏永秀,女,1963年生,正研级高工。主要从事生态与农业气象研究。E-mail:suyx03@126.com
责任编辑 李凤芹
