

基于重现期计算的宁海县白沙枇杷避冻区划研究

申子彬¹ 郁懋楠¹ 岳梦琦¹ 周溥佳¹ 水旭琼¹ 冯健君²

(1、宁海县气象局, 浙江宁海, 315600 2、宁海县农林局, 浙江宁海, 315600)

摘要: 本文利用宁海县国家气象站近 30 年(1989-2018 年)及 21 个区域自动气象站近 10 年(2009-2018 年)日最低气温资料, 计算每年日最低气温 $\leq -3^{\circ}\text{C}$ 积温; 通过极值 I 型耿贝尔分布求解十年一遇的 $\leq -3^{\circ}\text{C}$ 日最低气温积温重现值。利用此重现值作为白沙枇杷冻害指标; 再通过 SPSS 与 GIS 综合考虑经纬度、海拔高度及距海岸线距离等对冻害指标进行细网格插值空间分析; 根据冻害指标的空间分布及白沙枇杷冻害生理指标将全县划分为适宜、次适宜、不适宜三种区域, 区划结果将为县内白沙枇杷种植提供科学的避冻依据。

关键词: 白沙枇杷; GIS; 耿贝尔分布; 多元回归; 细网格插值

引言

宁海县地处浙江省东部沿海, 象山港和三门湾之间, 天台山、四明山山脉交汇之处。枇杷是宁海县特色水果之一, 具有悠久的种植历史, 上世纪八十年代初就有引进白沙枇杷栽培, 九十年代中期至本世纪初, 宁海县农林技术部门和种植大户在一市镇成功育成优秀白沙枇杷新品种—“宁海白”。该品种晚秋现蕾, 冬至开花, 早春结果, 初夏成熟, 其果实品质高, 鲜嫩多汁, 味爽清甜; 荣获宁波市十大名果、中华名果等荣誉。目前, “宁海白”枇杷全县种植面积近 2 万亩, 年产值超过 1 亿元, 是宁海县农业支柱产业, 经济效益明显。由于“宁海白”枇杷生育期以花果越冬, 且其果实抗冻性较差, 因此冬季低温对枇杷产量影响很大, 16 年初受罕见雨雪冰冻影响, “宁海白”枇杷几乎全军覆没, 直接经济损失 8000 万, 冬季冻害已经成为“宁海白”枇杷产业发展的限制因子。以往对枇杷避冻区划的研究多针对枇杷种植大省福建, 且由于早些年区域自动气象站数据积累较少, 大部分研究即使结合了 GIS 技术, 但由于国家气象站数量少, 网格点粗, 复杂地形下国家站气温数据代表性差, 其研究未能对白沙枇杷避冻区域进行细致划分。本文作者利用宁海县国家气象站近 30 年(1989-2018 年)及 21 个区域自动气象站近 10 年(2009-2018 年)日最低气温资料, 将每年日最低气温 $\leq -3^{\circ}\text{C}$ 积温作为冻害指标, 通过数理统计分析及地理空间信息技术, 对宁海县域内白沙枇杷避冻区域进行细致划分, 以期为县内白沙枇杷产业发展提供科学依据。

1、资料来源和处理

(1) 本研究采用了宁海县国家气象站近 30 年(1989-2018 年)及 21 个区域自动气象站近 10 年(2009-2018 年)日最低气温资料; 分析宁海国家气象站自 1956 年建站以来低温数据发现, 在全球变暖的大趋势下, 宁海县年最低气温有了明显升高, 为了本研究工作的实用性及科学性, 国家站最低气温数据选取近 30 年数据, 区域站从建站开始至 2018 年为 10 年。

(2) 地理信息资料为国家地理信息中心提供的浙江省基础地理背景数据，首先利用 ArcGIS 对全省地理背景数据进行格式转换、拼接、裁剪及对栅格数据进行重采样，提取 20m × 20m 分辨率的宁海县数字高程模型 DEM 及经纬度、海拔高度数据。利用 DEM 数据、海岸线矢量图计算各网格点距离海岸线距离，公式如下：

$$D = \sqrt{(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2} \quad (1)$$

式 (1) 中 x 、 y 为各网格点的坐标值， x_0 、 y_0 为海岸线矢量点的坐标值，通过 ArcGIS 距离分析计算，得到各网格点距离海岸线距离最小值形成栅格数据，再按点提取离海岸线距离。

(3) 白沙枇杷冻害指标的建立，通过计算各气象站已有数据的每年日最低气温 $\leq -3^\circ\text{C}$ 的积温值，刘权、叶明儿^[1]等在《枇杷杨梅优质高产技术问答》一书中详细阐明了在白沙枇杷种植北缘地区，日最低气温 $\leq -3^\circ\text{C}$ 的积温在 0 至 -15°C 之间为适宜、积温在 -15 至 -50°C 之间为次适宜、积温在 -50°C 以下为不适宜。

2、冻害指标重现期的计算

从经济栽培角度考虑^[2]，采用十年一遇的 $\leq -3^\circ\text{C}$ 年积温极端最低值，也就是 90% 的保证率的界限值，作为白沙枇杷避冻区划分析的临界值。

气象要素极值作为气候随机变量在数学意义上不稳定，但其随时间变化过程在概率上却是稳定的。气象要素极值一般可以用分布函数去模拟，目前国内外普遍采用耿贝尔极值 I 型分布函数进行多种气象要素极值的计算^{[3][4]}。本文尝试用耿贝尔极值 I 型分布函数来拟合每年日最低气温 $\leq -3^\circ\text{C}$ 的积温极端值，耿贝尔极值 I 型分布函数具体如下：

$$P(x) = \exp\{-\exp[-(x-a)/b]\} \quad (2)$$

式中 x 是分布变量，即气象要素的极端值， $P(x)$ 为分布变量不被超过的概率， a 、 b 为参数，通过查表得到。

根据 (2) 式， N 年一遇的变量就可以由下式求出：

$$X = a - b \times \ln(-\ln P_n) \quad (3)$$

考虑到区域自动气象站建站时间仅 10 年，样本长度短，做如下处理：

(1) 先挑选近 30 年 (1989 至 2018 年) 以来国家气象站每年 $\leq -3^\circ\text{C}$ 年积温值，计算国家站十年一遇 $\leq -3^\circ\text{C}$ 年积温极端最低重现值。

(2) 按照重现期计算原则，挑选近十年 (2009 至 2018 年) 国家气象站及区域自动站年积温值，分别计算十年一遇 $\leq -3^\circ\text{C}$ 年积温极端最低重现值。针对不同区域自动气象站，将区域自动气象站与国家气象站之间的重现值的比值，作为订正系数。

(3) 利用国家气象站 30 年数据计算的十年一遇重现值与各区域自动气象站十年一遇重现期的订正系数，计算各区域气象站十年一遇 $\leq -3^\circ\text{C}$ 年积温极端最低重现值。

经过以上步骤，可以得到下表 1 中的列出的几个典型站点十年一遇 $\leq -3^\circ\text{C}$ 年积温极端最

低值（站点较多，故未列全 22 个站点）。

表 1 几个典型站点十年一遇的 $\leq -3^{\circ}\text{C}$ 年积温极端最低值

站点	宁海站	西店	峡山	深叻	茶山	许家山	枇杷山	蛇蟠涂	鸡垄山
极值	-35.59	-24.89	-12.92	-62.74	-173.86	-31.27	-25.90	-14.03	-13.10

由上表可以看出，峡山、蛇蟠涂、鸡垄山区域为避冻适宜种植区，城区、西店、许家山、枇杷山区域是避冻次适宜种植区，深叻、茶山为不适宜种植区。

3、冻害指标空间分布模型的建立及细网格插值分析

通过以上处理与计算，已经得到 22 个站点十年一遇的 $\leq -3^{\circ}\text{C}$ 年积温极端最低值，接下来是建立该十年一遇的最低值的全县空间分布模型。本文所选取的 22 个气象站地形各异，各层海拔高度均有代表站点，空间分布均匀，对宁海全县有较好的代表性。为客观地反应宁海全县范围的冻害指标分布情况，需要建立一个空间分布模型，以往的研究^{[5][6]}证明气候要素的空间分布可表示为：

$$y=y^x+y_g=f(\delta, \lambda, h, d)+y_g \quad (4)$$

式中 y 为气候要素（如降水、气温、积温）； δ 、 λ 、 h 、 d 分别代表经度、纬度、海拔高度、距海岸线距离等地理因子， y_g 为拟合气候要素方程的残差部分， f 为拟合函数。

以往针对海洋对大陆气温影响的研究^[7]表明，陆地气温受海洋影响变化值 ΔT 与距海岸线距离 d 的幂函数成线性关系，即：

$$\Delta T=k \times (d+1)^{-1} \quad (5)$$

其中 k 为常数。

使用 SPSS 软件对 22 个站点十年一遇的 $\leq -3^{\circ}\text{C}$ 年积温极端最低值与经纬度、海拔高度、距海岸线距离做多元线性回归，为保证线性关系，距离海岸线距离 d 因子变换为 $(d+1)^{-1}$ ，十年一遇的 $\leq -3^{\circ}\text{C}$ 年积温极端最低值作为因变量，其余因子做自变量，进行多元线性回归^[8]计算，得到以下方程：

$$y=-43.819 \times \lambda -0.223 \times h+5.79 \times (d+1)^{-1}+1262.755 \quad (6)$$

式 (6) 中 y 为十年一遇的 $\leq -3^{\circ}\text{C}$ 年积温极端最低值； λ 、 h 、 d 分别为纬度、海拔高度、距离海岸线距离； λ 、 h 、 d 单位分别为：度、米、千米。由于经度对 y 值影响较小，在 SPSS 计算中已自动剔除掉。

该模型复相关系数为 0.928，F 检验值 36.225，模型通过了 0.01 的信度检验。模型中各项因子的系数表达了十年一遇的 $\leq -3^{\circ}\text{C}$ 年积温极端最低值的分布特征，纬度系数为 -43.819，表明了南暖北冷；海拔高度的系数分别为 -0.223，表明了随海拔高度增大，气温有降低趋势；经过变换后的距海岸线距离系数为 5.79，表明离海岸线越近，积温极端最低值有增加效果。从模型的系数大致可以看出全县十年一遇的 $\leq -3^{\circ}\text{C}$ 年积温极端最低值的分布特征。

将回归模型式 (6)，结合宁海县 20m×20m 网格点上的 δ 、 λ 、 h 、 d 等地理信息数据，利用 ArcGIS 推算^{[9][10][11]}出每个网格点上的冻害指标值。将残差栅格图与细网格推算值叠加，得到订正后的冻害指标细网格推算分布图。

按照日最低气温 $\leq -3^{\circ}\text{C}$ 的积温在 0 至 -15°C 之间为适宜、在 -15 至 -50°C 之间为次适宜、在 -50°C 以下时为不适宜做图例，得到如下图 1。

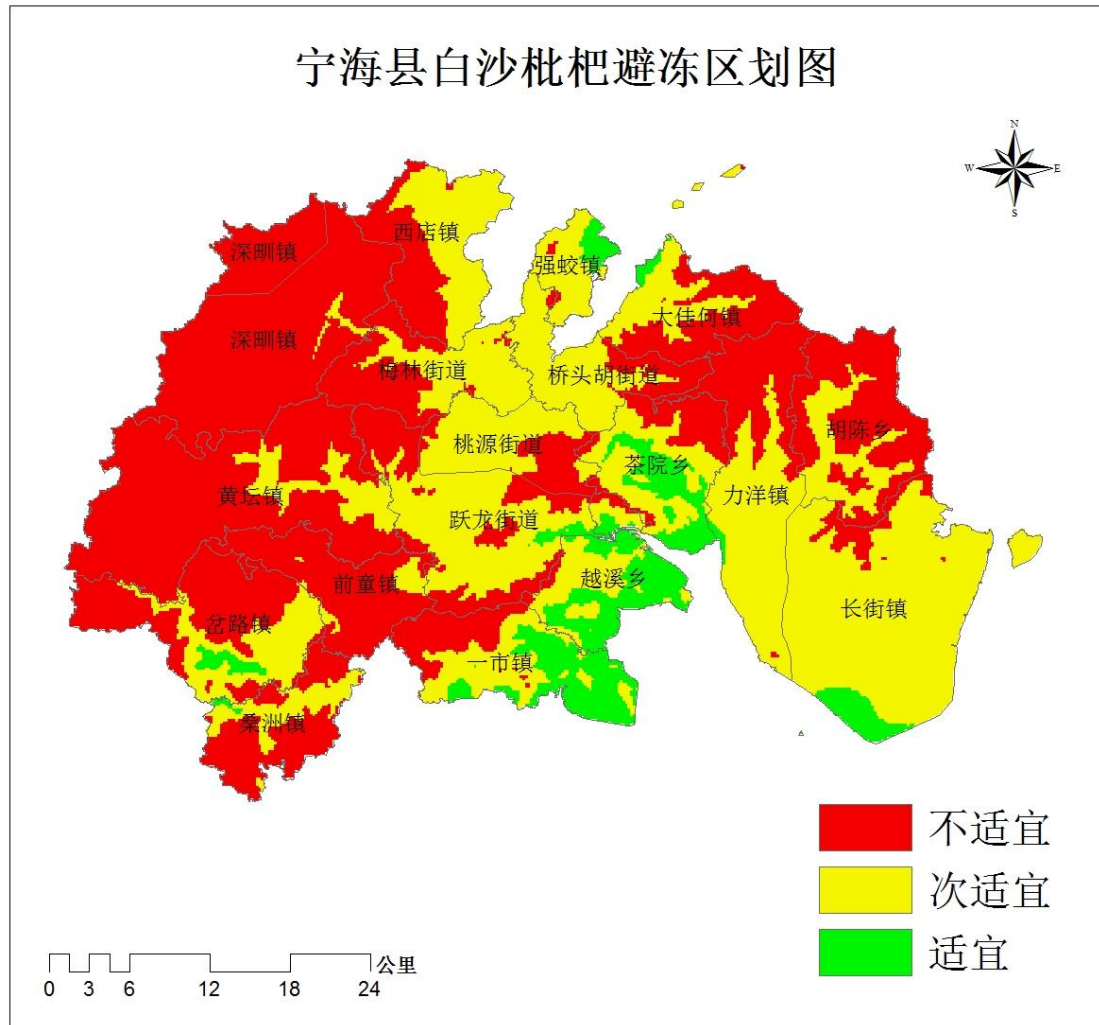


图 1 宁海县白沙枇杷避冻区划图

4、避冻区划评述

根据图 1 显示的避冻区划，可以发现，宁海县域内白沙枇杷避冻适宜种植区主要分布在一市镇、越溪乡、茶院乡等三门湾沿岸缓坡地带，这些地带在遇到十年一遇的极端低温时，白沙枇杷将受到轻微冻害，总体说来有 90% 的保证率不被冻害，适宜种植白沙枇杷；长街镇、力洋镇、城区以及宁海湾一带为次适宜种植区，在遇到十年一遇的极端低温时，将会受到中度冻害，影响果实产量，在次适宜地带种植白沙枇杷将受到更大的气象冻害风险，如要种植，最好采用设施农业技术，比如双膜保温等；全县其余区域为不适宜种植区，在遇到十年一遇

冻害时，果树将会受到严重冻害，种植白沙枇杷无经济效益。

5、结论

本文利用全县 22 个气象站日最低气温资料建立白沙枇杷冻害指标；使用耿贝尔极值 I 型分布函数求解十年一遇冻害指标极值；再利用 SPSS 及 ArcGIS 引入经纬度、海拔、距海岸线距离等地理因素，建立十年一遇冻害指标极值的多元回归模型以及细网格推算研究，得到如下结论：

(1) 本文对冻害指标进行了十年一遇的极值求解，并引进了 21 个不同地理环境的区域自动气象站，使得避冻区划分析更加精细化、精准化。

(2) 本文的研究成果显示宁海县域内白沙枇杷避冻适宜种植区主要分布在一市镇、越溪乡、茶院乡等三门湾沿岸缓坡地带，岔路镇河谷地带亦可种植；长街、力洋、城区多数地区属于次适宜种植区，冬季应注意做好防冻措施；其余地带为不适宜种植区，这一结论与作者实地考察调研结果一致，本文的研究使得区划分析有了科学性依据。

(3) 本研究仅考虑了低温因子对白沙枇杷影响，更精细的白沙枇杷种植区划分析还应包括其他有关气象影响因子及土壤状况、养分等分析，还需今后进一步探讨研究。

参考文献：

- [1]刘权, 叶明儿等. 枇杷杨梅优质高产技术问答[M]. 北京: 中国农业出版社, 1998: 4-10.
- [2]Kai Yang, Bin Bin Chen, Hui Chen, Jing Lin, Jia Yi Wang, Xi Qiong Yang. Study on Integrated Climatic Index for Low Temperature Injury of Loquat in Putian[J]. Advanced Materials Research, 2013, 2480(726) :.
- [3]邓伟. 孟津地区气象要素的耿贝尔分布及参数估计[A]. 中国气象学会气候学委员会、国家气候中心. 第 26 届中国气象学会年会预测与公共服务分会场论文集[C]. 中国气象学会气候学委员会、国家气候中心.: 2009:7.
- [4]王晓光. 气象要素重现期的计算方法与比较[J/OL]. 内蒙古气象, 2015, (05):29-32. (2015-10-19)
- [5]程远. 气候变化背景下基于 GIS 的黑龙江省农业气候资源分析[D]. 东北农业大学, 2012.
- [6]杨荣光. 基于 GIS 技术的泰安市农业气候资源精细化区划研究[D]. 山东农业大学, 2010.
- [7]蔡文华. 海洋对台湾海峡西岸沿海最低气温的影响[A]. 中国气象学会. 新世纪气象科技创新与大气科学发展——中国气象学会 2003 年年会“农业气象与生态环境”分会论文集[C]. 中国气象学会.: 2003:4.
- [8]常盛, 朱亚玲. 基于 spss 的多元线性回归算法建模的实例研究[J]. 数字技术与应用, 2011, (10):120.
- [9]苏占胜, 陈晓光, 黄峰, 杨淑萍. 基于 GIS 的宁夏气候要素推算及农业气候资源分析[J]. 干旱地区农业研究, 2008, (04):242-249.
- [10]余小东, 武莹, 何腊梅. 反距离加权网格化插值算法的改进及比较[J]. 工程地球物理学报, 2013, (06):900-904.
- [11]王加义, 陈家金, 李丽纯, 徐宗焕. GIS 在福建枇杷低温冻害分析中的应用[J]. 中国农业气

象, 2011, 32 (S1) : 153-156. [2017-08-17].