

## 附件 2

### 海南省地方标准

#### 《芒果高温热害等级》（征求意见稿）编制说明

#### 一、项目简况

（一）标准名称：《芒果高温热害等级》

（二）任务来源（项目计划号）：2021-Z051。

（三）起草单位：海南省气候中心负责起草，由海南省气象局归口。

（四）单位地址：海南省海口市美兰区海府路 60 号

（五）参与起草单位：无

（六）标准起草人：

表 1 标准起草人

序号	姓名	单位	职务	职称	任务分工	联系方式
1	张明洁	海南省气候中心	副科长	高工	负责项目全面工作方法研究改进、标准查新及编写标准	18789806792
2	张京红	海南省气候中心	主任	研究员	标准查新及技术指导	13876172368
3	张亚杰	海南省气候中心	科长	高工	标准等材料报批	18289552700
4	林绍伍	海南省气候中心	科员	助工	标准等材料报批	13807607662
5	杨静	海南省气候中心	科员	助工	相关数据收集整理	17803691396
6	陈璇	海南省气候中心	科员	助工	相关数据收集整理	17889988250
7	车秀芬	海南省气候中心	副主任	高工	标准等材料报批	13518075331

#### 二、编制情况

##### （一）编制标准的必要性和意义及背景

芒果素有“热带果王”之美称，原产印度，是漆树科常绿大乔木，喜高温、不耐寒，在高温条件下生长结果良好。芒果早结丰产，种植效益高，经过多年的引种、试种、扩种，已发展成为我国主要的特色热带水果。是我国华南主产区乡村振兴的重要抓手。2021 年海南芒果种植面积 99.3 万亩，仅次于云南和广西，

占我国大陆地区种植面积的 17.67%，是我国著名的早熟芒果产区。芒果在海南具有悠久的种植历史和良好的资源条件，是海南省的一个重要优势农产品，也是海南主产区经济的重要组成部分和农民收入的主要来源之一，主要分布在三亚、东方、乐东、陵水、昌江和白沙等市县。但受季风气候影响，时常遭受高温热害、台风、干旱等气象灾害的影响，其中高温热害是影响芒果生产最主要的气象灾害之一。

高温热害主要是指日最高气温达到 35℃ 以上，生物体不能适应这种环境而引发各种灾害现象。芒果开花、结果对温度及光照要求较高，气温适宜、光照充足、湿度偏小的气象条件对开花、授粉、提高座果率较为有利。芒果树需要一定的低温作用才有利于花芽分化，若花芽分化期长期连续高温会造成难于抽穗。花期最适宜的气温是 22~28℃，32℃ 以上不适宜，当气温高于 35℃ 时，会造成花期短，小花开放集中，柱头液易于干枯，两性花比例下降，受精困难，产生很多无胚果。若遇高温干旱天气，小花和果实会遭受日灼，被灼伤部分一般会出现组织褪绿，果皮颜色变浅，叶片表皮晒伤，严重时病部出现水烫伤状病斑，后干枯且干裂，果实发病重伴有流胶，导致幼果败育、畸形甚至脱落，影响芒果产量和品质。若遇高温高湿天气，易产生混合花序，对授粉不利，影响挂果能力，结果期则易发生各种病虫害，特别是黑斑病，造成 30%~50% 甚至高达 80% 的减产。在气候变暖背景下，高温等极端天气气候事件发生的频率增加，芒果更容易遭受高温的影响。例如，三亚市 2000 年 11 月至 2001 年 3 月长期连续高温，使全市 40% 左右的成龄芒果树不能开花，造成减产。目前，各地进行芒果高温热害监测、评估时选择的致灾因子、采用的计算方法、确定的等级指标差异很大，无法进行时空比较。因此，为客观、定量地评估不同产区的芒果高温热害等级及其对产量的影响，急需制定规范区域的、具有空间和时间可比性的芒果高温热害等级标准，使芒果高温热害监测、评估业务规范化、标准化，为防灾减灾、制定救灾政策措施、调整农业布局 and 结构等提供科学依据。

## （二）编制过程简介

2021 年 11 月 5 日，收到《海南省市场监督管理局关于下达海南省 2021 年第三批地方标准制定项目计划的通知》后，成立《芒果高温热害等级》标准编制小组，成员有张明洁、张京红、张亚杰、林绍伍、杨静、陈璇、车秀芬，编制小组

制定了《芒果高温热害等级》制订工作实施方案，方案明确标准制修订工作负责人、人员任务分工、主要时间节点工作计划与进度等相关内容。

**标准起草过程：**海南省气候中心通过近几年开展的芒果科研项目，已经积累了大量的芒果基础数据。2020年12月-2021年3月，通过前往省内主要芒果种植基地开展调研，如昌江农发芒果园、昌江天和芒果园、陵水英州镇、光坡镇，白沙县金波乡，五指山市毛阳镇，三亚市海棠区、崖州区等地的芒果园等对缺乏的相关数据进行必要的补充测定和整理，详细了解掌握海南芒果种植对气候条件的要求、芒果花期高温热害历史灾情等。在实地调查的同时，通过查阅大量资料，包括气象灾害统计年鉴、地方志、海南省统计年鉴及文献等，对我省气候特点及芒果生长对气候条件的要求及芒果花期高温历史灾情等相关资料进行了广泛的收集整理，着手标准起草工作。

自项目开始，起草人认真查阅标准制定的有关文件，严格遵循 GB/T 1.1-2020《标准化工作导则第1部分：标准化文件的结构和起草规则》所规定的标准编写要求和格式，对标准的格式、内容、术语表达方式等进行了深入学习，在调查研究及大量试验工作的基础上将所有资料归类分析，结合海南省气候特点和芒果生长对气候条件的要求、芒果花期高温热害历史灾情，于2022年8月形成海南省地方标准《芒果高温热害等级》初稿。初稿形成后，项目组于2021年9月20日在海南省气象局召开了标准内部讨论会，编制人员根据讨论意见进行修改，形成了该标准的征求意见稿、征求意见稿编制说明。

下一步拟公开征求意见，采用在海南省市场监督管理局网站公开征求意见和召开专家征求意见会的形式征求已经，并根据意见对征求意见稿进行修改完善，形式标准的送审稿。

### **（三）制定标准的原则和依据，与现行法律法规、标准的关系**

#### **1.标准制定的原则**

（1）总体原则：保证标准的科学性、实用性、操作性、规范性，注意标准的统一性和协调性、注意标准的经济性和社会效益。

在充分调查研究的基础上，认真分析国内外同类技术标准的技术水平，结合我国国情及省内实际情况积极采用国际标准和国外先进标准编制，在预期可达到的条件下，积极地把先进技术纳入标准，加快和国际接轨的步伐，提高产品的竞

争能力。

符合法律法规的规定以及与相关标准协调，避免与法律法规、相关标准之间出现矛盾，给标准的实施造成困难。制定标准时以满足实际需要出发，不一味地追求高性能、高指标，避免造成经济浪费。

(2) 规范性要素的选择原则：遵循标准化对象、文件使用者、目的导向原则。本文件的使用对象为芒果种植者、农业气象服务人员、行业主管部门和科研单位。

(3) 文件的表述原则：文件的表述遵循了“一致性、协调性、易用性”的原则。依据国家有关法律、法规和国家标准管理办法，严格按照《标准化工作导则第1部分：标准化文件的结构和起草规则》(GB/T 1.1-2020)、《地方标准制修订工作规范》(DB 46/T 74-2021)规定进行编写，同时在结合查阅资料及相关研究的基础上，编制本文件。

## **2.与现行法律法规、标准的关系**

在标准的制定过程中严格贯彻国家有关方针、政策、法律和规章，与相关的各种基础标准相衔接，遵循了政策性和协调同一性的原则。

### **(四) 主要条款的说明，主要技术指标、参数、试验验证的论述**

#### **1.主要条款**

本文件的章节由前言、范围、规范性引用文件、术语与定义、高温热害指数和高温热害等级、高温热害指数的计算方法、参考文献组成。其中“高温热害指数和高温热害等级”和“高温热害指数的计算方法”是本文件的主要技术内容。

#### **2.主要技术指标、参数**

(1) 标准名称：芒果花期高温热害等级是针对海南产区芒果花期高温热害的调查、统计和评估进行规范，旨在为芒果花期高温热害监测、评估业务规范化、标准化，为防灾减灾、制定救灾政策措施、调整农业布局和结构等提供科学依据。综合相关单位的建议，以及行业专家的意见，将“芒果高温热害等级”作为本文件的名称。

(2) **适用范围**：本文件主要规定了海南产区芒果花期高温热害的致灾因子、采用的计算方法、花期高温热害等级的划分。适用于海南产区芒果花期高温热害的监测、调查和评估。

(3) **术语和定义：**本文件术语和定义 3.1 芒果花期高温热害内容，参考了 QX/T 168-2012，术语和定义 3.2；芒果花期高温热害临界温度内容，参考了 QX/T 168-2012，术语和定义 3.3；芒果花期高温热害过程，参考了 QX/T 168-2012，术语和定义 3.5；日最高气温内容，参考了 GB/T 35226-2017，术语和定义 3.7；有害积温内容，参考了 QX/T 168-2012，术语和定义 3.6；相对湿度内容，参考了 GB/T 35226-2017，术语和定义 3.5。

(4) **基本要求：**规定了芒果花期高温热害的致灾因子、高温热害指数的计算方法和高温热害等级划分标准等主要内容。

(5) **芒果花期高温热害致灾因子：**规定了芒果花期高温热害致灾因子为极端最高气温、日最高气温 $\geq 30^{\circ}\text{C}$ 的持续日数、有害积温、日最高气温 $\geq 30^{\circ}\text{C}$ 期间日平均相对湿度 $\leq 70\%$ 的持续日数。

(6) **芒果花期高温热害指数：**规定了芒果花期高温热害指数的计算方法。

(7) **芒果花期高温热害等级：**规定了芒果花期高温热害等级的划分标准。

### 3、试验验证的论述

芒果是世界五大水果之一，我国芒果种植面积占世界芒果种植面积的 17%，居世界第二位。2021 年海南芒果种植面积 99.3 万亩，仅次于云南和广西，占我国大陆地区种植面积的 17.67%，是我国著名的早熟芒果产区。芒果花期是决定产量的关键期，也是芒果对气象条件要求最为严格的时期。花期若遇到高温，会加剧芒果花蒸腾、短时间内失水干枯，引起花粉发育不良或花粉萌发受阻，不能顺利完成授粉受精，造成开花多、结果少，无胚果增多，严重影响产量和果实品质。在气候变暖背景下，芒果花期更容易遭受高温危害。果树高温热害指标研究针对苹果、梨、猕猴桃、柑橘等水果比较多。已有研究表明，高温或高温为主的综合气象灾害对不同果树均有影响，但高温热害指标研究相对薄弱，特定发育期高温热害的指标较少，关于芒果花期高温热害指标的研究也鲜见报道。

#### 3.1 资料和方法

气象数据包括海南本岛 18 个国家气象观测站 1961（或建站年）-2019 年的逐日观测数据；灾情资料包括芒果花期高温热害发生的时间、地点和受害程度等。

以海南芒果种植区主栽品种花期高温热害为研究对象，构建芒果花期高温热害综合指数，确定热害致灾临界值，进行热害等级划分。

### 3.2.1 芒果花期高温热害指数构建

海南芒果栽培有 10 多个品种，不同品种芒果开花期时间不同，从当年 11 月至第二年 5 月均有开花。由于气候条件的影响和主栽品种的限制，海南芒果种植区主栽品种为早熟品种，花期主要集中于 1-2 月。海南芒果花期高温热害的主要时段为 1-2 月。

研究表明，芒果花期最适气温是 22~28℃，当日最高气温≥30℃时，会抑制雌花发育，小花会遭受日灼，本文件取芒果花期高温热害的临界气温 30℃。气象资料分析发现，芒果发生花期高温热害时，不仅日最高气温≥30℃，日平均相对湿度也≤70%，且气温越高、持续时间越长、相对湿度越小，灾情越重。因此，选择极端最高气温、日最高气温≥30℃的持续日数、有害积温、日最高气温≥30℃期间日平均相对湿度≤70%的持续日数 4 个因子作为芒果花期高温热害的致灾因子。其中，有害积温定义为

$$T_S = \sum_{i=1}^n (T_{maxi} - 30)$$

式中， $T_S$ 为有害积温（℃）、 $T_{max}$ 为日最高气温（℃）、 $n$ 为热害过程持续天数（d）。当日最高气温≥30℃时，热害过程开始，当日最高气温<30℃时，热害过程结束，即当日最高气温<30℃时，有害积温记为 0。期间出现的极端最高气温、日最高气温≥30℃持续日数、有害积温、日平均相对湿度≤70%的持续日数，作为过程极端最高气温、过程持续日数、过程有害积温、过程日平均相对湿度≤70%持续日数。将每年芒果花期全部热害过程的极端最高气温、日最高气温≥30℃持续日数之和，有害积温之和、日最高气温≥30℃期间日平均相对湿度≤70%的持续日数之和作为该年的极端最高气温、日最高气温≥30℃持续日数、有害积温、日最高气温≥30℃期间日平均相对湿度≤70%的持续日数。

研究过程中，采用 Pearson 相关系数分析每个站各致灾因子的相关关系。对致灾因子进行标准化处理，利用主成分分析方法构建各站的芒果花期高温热害综合指数。

### 3.2.2 高温热害致灾临界值及热害等级划分

#### 3.2.2.1 致灾临界值的确定

采用累积概率密度表征 1961-2019 年芒果花期高温热害指数的总体分布。利用海南岛 18 个站点致灾因子历史序列计算得到各站点 1961-2019 年逐年的芒果

花期高温热害指数。

以 1961-2019 年热害指数序列的 5% 累积概率为步长，逐步计算不同累积概率下的灾害样本覆盖率  $R$ ，以  $R > 0$  的起始值所对应的总体样本累积概率反函数值，作为芒果花期高温热害致灾判识的临界值。

### 3.2.2.2 高温热害分级临界值的划分

对所有历史灾害样本的热害指数进行累积概率拟合，达到累积概率 25%、50%、75% 的反函数值作为热害轻、中、较重、重等级的分界值。

### 3.3 芒果花期高温热害综合指数

以位于海南芒果典型种植区的昌江站为例，统计昌江站历年芒果花期（1-2 月）的 4 个致灾因子：极端最高气温、日最高气温  $\geq 30^\circ\text{C}$  持续日数、有害积温、日最高气温  $\geq 30^\circ\text{C}$  期间日平均相对湿度  $\leq 70\%$  的持续日数的历史序列，并计算两两因子间的相关系数（表 2），发现致灾因子间的相关系数均达到了 0.05 的显著性水平，表明致灾因子间并不独立，是互相影响的。

表 2 各因子间的相关系数

因子	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$
$X_1$	1	0.504	0.695	0.601
$X_2$	0.504	1	0.866	0.818
$X_3$	0.695	0.866	1	0.825
$X_4$	0.601	0.818	0.825	1

注： $X_1$ ：极端最高气温， $X_2$ ：日最高气温  $\geq 30^\circ\text{C}$  持续日数， $X_3$ ：有害积温， $X_4$ ：日最高气温  $\geq 30^\circ\text{C}$  期间日平均相对湿度  $\leq 70\%$  的持续日数。

因此，在对致灾因子的历史序列进行标准化后，采用主成分分析方法对 4 个致灾因子进行简化，构建综合指标，使构建的综合指数既能有效地反映原来指数的主要信息量，又相对独立。

$$\text{高温热害综合指数 } H = 0.4329 \times X'_1 + 0.5087 \times X'_2 + 0.5373 \times X'_3 + 0.5154 \times X'_4 \quad (3)$$

其中， $X'_1$ 、 $X'_2$ 、 $X'_3$ 、 $X'_4$  分别为极端最高气温  $X_1$ 、日最高气温  $\geq 30^\circ\text{C}$  持续日数  $X_2$ 、有害积温  $X_3$ 、日最高气温  $\geq 30^\circ\text{C}$  期间日平均相对湿度  $\leq 70\%$  的持续日数  $X_4$  的归一化值。

可以看出，极端最高气温  $X'_1$  越高，日最高气温  $\geq 30^\circ\text{C}$  的持续时间  $X'_2$  越长，有害积温  $X'_3$  越大，日平均相对湿度  $\leq 70\%$  的持续时间  $X'_4$  越长，对综合指标  $H$  的贡

献均越大，它们对综合指标的贡献分别为 0.4329、0.5087、0.5373 和 0.5154。日最高气温 $\geq 30^{\circ}\text{C}$ 的持续时间、有害积温、日最高气温 $\geq 30^{\circ}\text{C}$ 期间日平均相对湿度 $\leq 70\%$ 的持续时间对综合指标的贡献相当，都高于极端最高气温的贡献，这与部分历史灾情记录相吻合，即极端最高气温并未达到  $35^{\circ}\text{C}$ 或更高，但持续时间长、相对湿度小，同样会致灾。利用式（3）及历年的致灾因子值即可计算出昌江站芒果花期历年高温热害综合指数值。

### 3.4 高温热害致灾临界值的确定及高温热害等级

#### 3.4.1 高温热害致灾临界值

以 1961—2019 年高温热害综合指数序列的 5%累积概率为步长，逐步计算不同累积概率下的灾害样本覆盖率  $R$ （图 1）。花期高温热害的历史灾害样本高温热害指数均分布于 1961—2019 年高温热害指数序列的 70%累积概率以上，高温热害指数 80%、85%和 90%累积概率下的  $R$  值分别为 20%、25%和 100%，即当芒果高温热害综合指数达到 1961—2019 年高温热害综合指数序列的 80%反函数值时，20%的历史灾害样本高温热害指数值小于该临界值，不能被判识；当芒果高温热害综合指数达到 1961—2019 年热害综合指数序列的 85%反函数值时，25%的历史灾害样本热害指数值小于该临界值，不能被判识；当达到 90%反函数值时，全部历史灾害样本的高温热害综合指数值在该判识临界值以下，均无法通过该临界值得到判识。

以 5%累积概率为步长，判断  $R > 0$  的起始值为 1961—2019 年热害综合指数的 75%累积概率，全部历史灾害样本热害综合指数值均大于该临界值，均可得到判识。以 75%累积概率反函数值作为芒果花期高温热害的致灾判识临界值，判定 1961—2019 年高温热害综合指数序列的 70%累积概率反函数值 1.0 作为芒果花期高温热害的致灾判识临界值。只有高温热害综合指数达到 1.0 时，花期高温热害才可能发生。



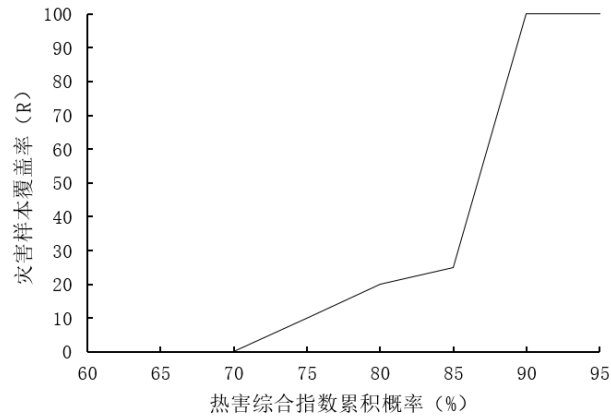


图 1 1961-2019 年芒果花期高温热害综合指数累积概率下历史灾害样本覆盖率变化

### 3.4.2 不同高温热害等级临界值

对历史灾害样本的高温热害综合指数值序列进行双曲正切变换后，K-S 检验双侧显著性值为 0.958，远大于 0.1，故认为历史灾害样本的高温热害综合指数值序列符合正态分布。由概率分布密度函数得出所有历史灾害记录样本的高温热害综合指数的累积概率，达到累积概率 25%、50%、75%的反函数值 1.5、1.8、2.6 作为高温热害等级的分界值（表 3）。

表 3 高温热害等级划分标准

等级	高温热害综合指数
轻	$1.0 \leq H < 1.5$
中	$1.5 \leq H < 1.8$
较重	$1.8 \leq H < 2.6$
重	$2.6 \leq H$

（五）标准中如果涉及专利，应有明确的知识产权说明

未涉及专利。

（六）采用国际标准或国外先进标准的，说明采标程度，以及国内外同类标准水平的对比情况

未采用国际标准或国外先进标准。

国内同类标准主要为国家标准《水稻热害气象等级》（GB/T 37744-2019）、国家标准《主要农作物高温危害温度指标》（GB/T 21985-2008）、河南省地方标准《夏玉米花期高温预警气象等级》（DB41/T 2094-2021）、江西省地方标准《棉

花花铃期热害温度指标》(DB36/T 1325-2020)、浙江省地方标准《茶树高温热害等级》(DB33/T 2034-2017)、甘肃省地方标准《马铃薯高温热害等级》(DB62/T 2630-2015)、陕西省地方标准《苹果气象灾害 第2部分:高温热害预警等级》(DB61/T 443.2-2008),

**(七) 重大分歧意见的处理依据和结果**

无。

**(八) 贯彻标准的要求和措施建议(包括组织措施、技术措施、过渡办法、实施日期等)**

标准发布后,海南省气候中心将开展该标准内容的解读和普及宣贯,举办线上和线下标准宣贯培训班,并联合技术专家讲解芒果花期高温热害致灾因子、计算方法和分级标准等内容以及芒果花期高温热害调查、监测、评估相关技术,引导种植户、农业部门、气象部门技术人员参考该标准开展芒果花期高温热害调查和监测评估。

**(九) 预期效果**

使广大芒果种植户、农业部门和气象部门技术人员在芒果花期高温热害调查和监测评估中参考、使用该标准,使芒果花期高温热害监测、评估业务规范化、标准化,客观、定量地评估不同产区的芒果花期高温热害等级及其对产量的影响,使评估结果具有空间和时间可比性,为防灾减灾、制定救灾政策措施、调整农业布局 and 结构等提供科学依据。

**(十) 其它应予说明的事项**

无。

海南省地方标准《芒果高温热害等级》编制组

2022年11月28日