

叶骏菲,林奕桐,玉建成. 基于投影寻踪模型的邕宁红心火龙果气候品质评定方法研究[J]. 气象研究与应用,2022,43(4):32-39.  
Ye Junfei, Lin Yitong, Yu Jiancheng. Study on the method of climate quality certification of Yongning red dragon fruit based on projection pursuit model[J]. Journal of Meteorological Research and Application, 2022, 43(4): 32-39.

# 基于投影寻踪模型的邕宁红心火龙果气候品质评定方法研究

叶骏菲<sup>1</sup>, 林奕桐<sup>2</sup>, 玉建成<sup>3</sup>

(1.南宁市邕宁区气象局, 南宁 530022; 2.南宁市气象局, 南宁 530022;

3.广西海佩智能科技有限公司, 南宁 530022)

**摘要:** 为提升邕宁红心火龙果气候品质评定模型的精度和稳定性,基于立地条件、生长气象条件、生产管理条件、火龙果品质等数据,构建了一种基于投影寻踪模型的气候品质评定模型,并对邕宁区蒲庙镇联团村的红心火龙果进行了气候品质评定。结果表明,与传统经验公式对比,基于投影寻踪模型的邕宁红心火龙果气候品质评定模型的绝对误差缩小了11.9倍和20.0倍,有效减小了主观经验带来的评定误差,显著提高了气候品质评定精度。

**关键词:** 红心火龙果;气候品质评定;投影寻踪模型

**中图分类号:** P49

**文献标识码:** A

**doi:** 10.19849/j.cnki.CN45-1356/P.2022.4.06

## 引言

气候品质评定是指为天气气候条件对初级农产品品质影响的优劣等级做出评定。在我国农产品出口结构中,长期以来占比重最大的一直是初级农产品,随着国内市场上农产品加工业总体呈快速发展趋势,市场对初级农产品品质有了更高要求。优越的自然气候条件是形成优质特色初级农产品的根本保障,也是赋予某一区域的“特色招牌”<sup>[1]</sup>。因此,为特色农产品开展气候品质评定,对促进优势特色产业健康稳定发展具有重要意义<sup>[2]</sup>。

农产品气候品质评定模型反映了农产品品质与气候的密切关系,娄伟平等<sup>[3]</sup>使用BP神经网络拟合评定方程,确定了春季龙井茶叶气候品质评定指标和模型。龙余良等<sup>[4]</sup>运用线性回归得出单项成分评定方程,使用逻辑与结合各成分确定赣南脐橙气候品质评定模型和评定等级。其他学者还对汉中柑橘果品气候评定技术、汉中仙毫茶叶气候品质评定技术方法、猕猴桃果品气候品质评定技术和葡萄气候

品质评定指标体系进行了研究<sup>[5-8]</sup>。以上研究仅使用气候适宜度指标进行气候品质等级评定,或仅是单成分回归分析,对多成分品质分析没有统一的方法,评定准确度欠佳<sup>[9]</sup>。

为提升评定准确度,有学者考虑将农产品物候观测数据、气象资料和生产管理数据进行结合研究。杨明凤等<sup>[10]</sup>采用专家评判法确定蟠桃品质评定模型由区域气候适宜性、生长期的气象条件、气象灾害及生产管理措施4个因子构成。丁圣等<sup>[11]</sup>利用基于归一化思想确定火龙果成分数据与气象数据的多元线性回归方程权重,得到火龙果气候品质评定指标公式。杨栋等<sup>[12]</sup>利用Monte Carlo法缩减综合品质模型的不确定性,通过多时间尺度模型构建气候品质集合评定模型,挑选出水蜜桃品质调节的关键阶段和关键气象因子。金志凤等<sup>[13]</sup>采用加权指数求和法,将同期气象数据资料和茶叶品质数据资料进行分析,结合浙江省当地生产实际情况,建立茶叶气候品质评定模型。气候品质评定模型需要考虑影响农产品品质的各项因子,因此对模型的稳健性、准确度和高

收稿日期: 2022-09-05

作者简介: 叶骏菲(1992—),女,工程师,主要从事农业气象研究。E-mail: 247174044@qq.com

\* 通讯作者: 林奕桐(1990—),男,工程师,主要从事遥感气象研究。E-mail: drift\_in@163.com

维数据分析能力要求较高。但目前特色作物品质观测数据较少,气候品质评定模型较单一,导致品质评定的精度和稳定度较差,并且各品质评价因子的权重系数主观性较强,不确定性较大,故目前气候品质评价方法仍有待进一步完善。

红心火龙果气候品质评定涉及立地条件、生长气象条件和生产管理等众多因子<sup>[14]</sup>,是求解各项因子权重关系的非线性拟合问题,而投影寻踪模型的优势在于对非正态非线性高维数据的统计,理论上可以较好地用于红心火龙果气候品质评定模型的构建。因此,拟用邕宁红心火龙果立地条件、生长气象条件、生产管理条件、火龙果品质等数据,结合投影寻踪模型,对邕宁区蒲庙镇联团村的红心火龙果进行气候品质评定,减小主观经验带来的评定误差,提高气候品质评定精度。

## 1 数据与方法

### 1.1 数据来源

研究数据包括气象观测数据及红心火龙果生产管理数据。

气象观测数据由南宁市邕宁区气象局提供,观测时段为 1980—2018 年,观测要素包括日平均气温、日最高气温、日最低气温、日降雨量、日日照时数、日最大风速。红心火龙果生产管理数据由南宁振企农业科技开发有限公司提供,包括种植信息、管理文件、农事活动记录以及 2014 年、2017 年及 2018 年红心火龙果三品认证证书、果品检定报告等。

### 1.2 数据处理

#### 1.2.1 立地条件分析

由于红心火龙果对土壤的适应性很广,一般的土壤均可种植<sup>[15]</sup>,本文侧重于研究评定模型权重的构建方法,因此选择立地条件包括:大于 10℃活动积温、1 月平均温度、年平均温度、80%保证率极端低温。取作物所在地 30a 气象观测数据作为立地条件评价数据,其评分细则如下:

大于 10℃活动积温( $T_{\geq 10^{\circ}\text{C}}$ )计算方法为:

$$T_{\geq 10^{\circ}\text{C}} = \sum_{i=1}^j T'_{\geq 10^{\circ}\text{C}} \quad (1)$$

$T'_{\geq 10^{\circ}\text{C}}$ 为大于 10℃的日平均温度,该天日平均温度大于 10℃时, $T'_{\geq 10^{\circ}\text{C}}$ 为当天日平均温度,当该天日平均温度小于 10℃时, $T'_{\geq 10^{\circ}\text{C}}=0$ 。 $i$ 为一年的天数,若研究年份为非闰年时, $i=365$ ,若研究年份为闰年时, $i=366$ 。

1 月平均温度( $\bar{T}_{\text{jan}}$ )的计算方法为:

$$\bar{T}_{\text{jan}} = \sum_{i=1}^{31} T'_{\text{jan}} \quad (2)$$

$T'_{\text{jan}}$ 为 1 月逐日的日平均气温。

年平均温度( $\bar{T}_y$ )的计算方法为:

$$\bar{T}_y = \sum_{i=1}^j T'_y \quad (3)$$

$T'_y$ 为研究年份逐日的日平均气温, $i$ 为一年的天数。

80%保证率极端低温( $T_{80\%}$ )表示的是某一天的气温值,并要求统计时段 80%的日平均气温均高于该值。其计算方法为:将研究年份的日平均气温由低到高排序,则有:

$$T_{80\%} = T_{2191\text{th}} \quad (4)$$

$T_{2191\text{th}}$ 为将 30a 的日平均气温由低到高排序后,第 2191d 的气温。

#### 1.2.2 火龙果物候期及其气象影响因子

红心火龙果是多批次开花结果作物,每年自然开花结果期是在 5—12 月。其中,在春夏季,每批红心火龙果的现蕾期至成熟期约为 50d,在秋冬季,约为 70d,这段时期是红心火龙果关键的生育期,也是果品品质生成的关键时期。首批红心火龙果约在 5 月初现蕾,在 5 月中旬开花结果,在 6 月中旬成熟,末批红心火龙果约在 10 月下旬现蕾,11 月中旬开花结果,12 月底至次年 1 月上旬果实成熟,物候期如表 1 所示。

表 1 邕宁区红心火龙果物候表

作物种类	季节	物候期	时间(d)
南宁市邕宁区 红心火龙果	春夏季	现蕾期	15
		开花结果期	30
		成熟期	5
	秋冬季	现蕾期	20
		开花结果期	40
		成熟期	10

由于火龙果现蕾开花结果物候期与日照、日均温、降雨量等气象因子关系密切<sup>[16]</sup>,因此选择需要研究的生长气象条件数据主要包括:现蕾期至结果期大于 10℃活动积温( $\alpha_1$ )、开花结果期的总日照时数( $\alpha_2$ )、日平均气温( $\alpha_3$ )、总雨量( $\alpha_4$ )和现蕾期至结果期气温日较差( $\alpha_5$ )。

现蕾期至结果期大于 10℃活动积温( $\alpha_1$ )计算方法与 1.2.1 中大于 10℃活动积温计算方法类似,选

取的评价时段根据各果园实际生长发育期进行统计。  
开花结果期的总日照时数( $\alpha_2$ )和总雨量( $\alpha_4$ )计算方法分别为:

$$\alpha_2=\sum_1^j S_f \tag{5}$$

$$\alpha_4=\sum_1^j P_f \tag{6}$$

$S_f$  和  $P_f$  分别为开花结果期每天的日照时数及降雨量,  $i$  为开花结果期持续的总天数。

现蕾期至结果期气温日较差( $\alpha_5$ )的计算方法为:

$$\alpha_5=\frac{\sum_1^j T_{bmax}-\sum_1^j T_{bmin}}{j} \tag{7}$$

$T_{bmax}$  和  $T_{bmin}$  分别为现蕾期至结果期每日最高气温和最低气温,  $j$  为现蕾期和开花结果期持续的总天数。

1.2.3 气象灾害及数据

红心火龙果高温日灼灾害一般发生在 7—8 月, 最高气温大于 38℃将抑制红心火龙果花芽的形成, 导致不会开花结果<sup>[17]</sup>;红心火龙果耐寒性差, 4~8℃就会出现冻伤, 最低温度在 5℃以下将造成幼芽、嫩枝停止生长;暴雨及强风灾害影响更为直接, 易造成

根系被淹、果枝折断等;干旱伴随着高温及土壤湿度低, 造成植株凋萎或枯死;阴雨寡照易使果树滋生病菌, 影响果实产量和品质。

影响红心火龙果品质的气象灾害主要有<sup>[18]</sup>:高温日灼( $\beta_1$ )、低温冻害( $\beta_2$ )、强降水( $\beta_3$ )、强风( $\beta_4$ )、干旱( $\beta_5$ )、阴雨寡照( $\beta_6$ ), 影响时段均为红心火龙果的现蕾期至成熟期。气象灾害数据无需特殊处理, 直接根据评分细则统计灾害发生次数。

1.2.4 农场数据

农场数据由果园生产管理条件得分和火龙果品质实测数据得分组成, 其中, 果园生产管理条件包括:气象灾害干预记录、生产管理措施记录、安全生产规范、三品认证证书、现场检测红心火龙果外观数据;火龙果品质实测数据包括可食率、可溶性固形物、可滴定酸三个指标。

1.3 评分细则

1.3.1 立地条件得分计算

通过前人对火龙果精细化农业气候区划研究、专家咨询、文献查阅、实地调研论证等方法<sup>[19]</sup>, 确定立地条件得分( $X_1$ )评分细则如表 2 所示。

表 2 火龙果生产立地条件评分细则

区划因子	最适宜区 (21~25 分)	适宜区 (16~20 分)	一般适宜区 (11~15 分)	不适宜区 (0~10 分)
$\geq 10^\circ\text{C}$ 活动积温/ $^\circ\text{C}$	7000 ~ 8000	6500 ~ 7000	6000 ~ 6500	4000 ~ 6000
一月平均气温 $8^\circ\text{C}$	13 ~ 15	11 ~ 13	10 ~ 11	0 ~ 10
年平均温/ $^\circ\text{C}$	22 ~ 25	21 ~ 22	20 ~ 21	15 ~ 20
80%保证率极端低温 $^\circ\text{C}$	2.5 ~ 3.5	1.0 ~ 2.5	-0.4 ~ 1.0	-1.0 ~ 0.4

打分步骤如下:

(1)根据阈值判断火龙果所属适宜区

根据阈值逐项判断各因子所属适宜区, 处于最适宜区获得 21~25 分, 处于适宜区获得 16~20 分, 处于一般适宜区获得 11~15 分, 处于不适宜区得 0~10 分。区划因子数值高于最适宜区最高值, 得分按照 25 分计, 低于不适宜区最低值, 得分按照 0 分计。

(2)根据计算公式确定各项因子具体分值

立地条件各项因子分值的计算公式为:

$$X'=\frac{A-A_{min}}{A_{max}-A_{min}}\times[X_{max}-(X_{min})]+X_{min} \tag{8}$$

其中,  $X'$  为立地条件各项因子的得分。  $A$  为 1.3.1 中通过气象数据处理获得的实际值,  $A_{max}$  和

$A_{min}$  分别为研究因子区划阈值的最大值及最小值,  $X_{max}$  和  $X_{min}$  分别为研究因子区划分值的最大值及最小值。

(3)立地条件总得分

将四项因子得分求和, 即可得到立地条件总分。

1.3.2 生长气象条件得分计算

年度果品生长气象条件得分( $X_2$ )包括该年度果品生长气象资源评分( $\alpha$ )及年度气象灾害<sup>[20]</sup>扣分( $\beta$ )两部分。评分公式为: $X_2=\alpha-\beta$ 。其中,  $X_2$  最低分为 0 分, 当  $\alpha-\beta<0$  时,  $X_2$  为 0 分。

生长气象资源评分( $\alpha$ )细则见表 3, 年度气象灾害扣分( $\beta$ )细则见表 4。如同类灾害重复出现, 则累积计分。

表 3 邕宁区红心火龙果生长气象资源评分标准

评价因子	评价时段	一级 (16~20 分)	二级 (11~15 分)	三级 (0~10 分)
$\alpha_1$ : $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温/ $^{\circ}\text{C}$	现蕾期至结果期	1250 ~ 1500	1000 ~ 1250	750 ~ 1000
$\alpha_2$ : 日照时数/h	开花结果期	180 ~ 220	150 ~ 180	80 ~ 150
$\alpha_3$ : 日平均气温/ $^{\circ}\text{C}$	开花结果期	25 ~ 35	15 ~ 25	10 ~ 15 或 35 ~ 40
$\alpha_4$ : 降雨量/mm	开花结果期	150 ~ 250	50 ~ 150	0 ~ 50 或 250 ~ 350
$\alpha_5$ : 气温日较差/ $^{\circ}\text{C}$	开花结果期	7 ~ 10	4 ~ 7	0 ~ 4

表 4 气象灾害扣分标准

等级	无灾害	轻度	中度	重度
灾害扣分	0	0.1~0.5	0.6~1.0	1.1~1.5

1.3.3 果园生产管理条件得分计算

火龙果果园生产管理条件得分( $X_3$ )主要包括火

龙果生产技术标准与安全生产规范制定的执行情况( $u_1$ )、企业通过“三品”认证情况( $u_2$ )以及火龙果品质指标抽检情况( $u_3$ ), 三项指标均由被评定果园提供。根据这些主要环节的重要程度赋予相应权重, 权重确定方法参考了相关文献<sup>[21]</sup>:

$$X_3=0.6u_1+0.2u_2+0.2u_3 \tag{9}$$

其中,  $u_1$ 、 $u_2$ 、 $u_3$  的评分细则见下表 5。

表 5 红心火龙果经营主体生产管理条件评分标准

内容	一级 (91~100 分)	二级 (71~90 分)	三级 (0~70 分)
$\mu_1$ : 红心火龙果生产技术标准与安全生产规范制定执行情况	红心火龙果生产企业制定有生产技术标准规范文本并能够遵守, 能够对当年生产管理措施进行详细的记录, 制定有安全生产规范并由具体负责人操作实施	红心火龙果生产企业制定有生产技术规范, 能够基本执行, 对当年果品的生产管理措施有一定记录, 基本能够落实企业事先规定的安全生产规范	红心火龙果生产企业并未制定有生产技术规范, 或制定后生产管理不能执行, 或对当年果品生产措施无记录, 没有制定落实果品规定的安全生产规范
$\mu_2$ : 红心火龙果“三品”认证情况	红心火龙果企业当年能够通过三品认证中的一个或多个, 并提供相关检验报告和认证证书	红心火龙果企业一个或多个“三品”认证证书仍在有效期内, 或提供相关检验报告和认证证书	红心火龙果企业不能提供通过“三品”认证的有效证明, 或本年度果品送检结果未通过“三品”认证
$\mu_3$ : 红心火龙果品质指标现场抽检情况	500g 以上的大果率达 65% 以上, 红心火龙果的成熟度、新鲜度、完整度、均匀度均达到《火龙果流通规范》(SB/T 10884-2012)中的一级指标。	500g 以上的大果率达 45% 以上, 65% 以下, 红心火龙果的成熟度、新鲜度、完整度、均匀度均达到《火龙果流通规范》(SB/T 10884-2012)中的二级指标。	500g 以上的大果率达 45% 以下, 红心火龙果的成熟度、新鲜度、完整度、均匀度达到《火龙果流通规范》(SB/T 10884-2012)中的三级指标的, 评 61~70 分, 未达到三级指标的, 评 0~60 分。

1.4 投影寻踪模型

投影寻踪算法<sup>[22]</sup>的基本思想是把高维数据通过某种组合投影到低维子空间上, 对于投影到的构形, 采用投影指标函数来衡量投影暴露某种结构的可能性大小, 寻找出使投影指标函数达到最优(即能反映高维数据结构或特征)的投影值, 然后根据该投影值来分析高维数据的结构特征。将投影寻踪与回归分析相结合, 则形成投影寻踪回归(projection pursuit

regression, PPR)分析技术, 其实现方法如下:

设  $x$  是  $p$  维随机变量,  $y=f(x)$  是一维随机变量, 为了避免线性回归不能反映实际非线性情况的矛盾, PPR 用一系列岭函数  $G_m(Z_m)$  的“和”去逼近回归函数  $f(x)$ :

$$\sum_{m=1}^M \beta_m G_m(Z_m) = \sum_{m=1}^M \beta_m G_m(\alpha_m \cdot x) \tag{10}$$

式中:  $Z_m = \alpha_m \cdot x = \alpha_{m1} \cdot x_1 + \alpha_{m2} \cdot x_2 + \cdots + \alpha_{mp} \cdot x_p$  为岭函



数的自变量; $G_m(Z_m)$ 为第  $m$  个岭函数,它表示  $p$  维向量  $x$  在方向上的投影;也是某方向的  $p$  维向量,并满足  $\sum_{j=1}^p \alpha_{mj}^2=1$ ;  $M$  为岭函数的个数; $\beta_m$  为第  $m$  个岭函数对  $f(x)$  贡献的权重系数。

基于投影寻踪模型的气候好产品评定公式权重确定方法为:将实验年份的立地条件得分、当年气象条件得分和果园生产管理条件得分作为自变量,品质实测数据得分作为因变量代入投影寻踪模型,训练得到品质评定模型、指标权重和该权重的误差。

2 结果与分析

2.1 基于投影寻踪模型的邕宁红心火龙果气候品质评定模型构建

模型构建实验选取 2014 年 7 月 24 日、2017 年 12 月 5 日和 2018 年 9 月 16 日采收的邕宁红心火龙果批次,根据立地条件、生长气象条件、果园生产管理条件的计算方法及打分方法,分别计算出各年的  $X_1$ 、 $X_2$  和  $X_3$ 。火龙果品质实测数据从检定报告中获取(表 6)。

根据《绿色食品 热带、亚热带水果》(NY/T 750—2011)以及从化市联盟技术规范《火龙果质量等级》(DBL440184/T 5—2014),红心火龙果的可食率(E)、可溶性固形物(S)、可滴定酸(T)三个指标打分计算方法为:

表 6 火龙果品质实测数据

年份	可食率/%	可溶性固形物/%	可滴定酸/%
2014	80.5	13.5	0.16
2017	74.5	10.2	0.19
2018	80	13.6	0.13

$$\left\{\begin{aligned} X_E &= \frac{E-58}{85-58} \times [100-60] + 60 & (E \geq 58) \\ X_E &= \frac{E}{58} & (E < 58) \end{aligned}\right. \quad (11)$$

$$\left\{\begin{aligned} X_S &= \frac{S-11}{15-11} \times [100-60] + 60 & (S \geq 11) \\ X_S &= \frac{S}{11} \times 60 & (S < 11) \end{aligned}\right. \quad (12)$$

$$\left\{\begin{aligned} X_T &= \frac{0.6-T}{0.6-0.01} \times [100-60] + 60 & (T \leq 0.6) \\ X_T &= \frac{1.0-T}{1.0-0.6} \times 60 & (0.6 < T < 1.0) \\ X_T &= 0 & (T \geq 1.0) \end{aligned}\right. \quad (13)$$

其中, $X_E$ 、 $X_S$  和  $X_T$  分别为可食率、可溶性固形物、可滴定酸三个指标的得分,当计算得分  $\geq 100$  时,按 100 分计。E、S、T 分别为可食率、可溶性固形物、可滴定酸的实测值,实测数据总分( $W$ )为:

$$W = \frac{1}{3} (X_E + X_S + X_T) \quad (14)$$

则 2014 年 7 月 24 日、2017 年 12 月 5 日和 2018 年 9 月 16 日批次红心火龙果的得分情况如表 7 所示。

表 7 验证实验数据

年份	立地条件得分 ( $X_1$ )	生长气象条件得分 ( $X_2$ )	果园生产管理条件得分 ( $X_3$ )	火龙果品质实测数据得分 ( $W'$ )
2014	93.1	74.7	92	89.4
2017	93.6	56.8	90	76.0
2018	93.3	72.7	97	90.2

将三年数据代入投影寻踪模型,计算得到的权重方程如下:

$$W=0.06X_1+0.73X_2+0.41X_3-8.1 \quad (15)$$

$$W=0.1X_1+0.7X_2+0.3X_3 \quad (16)$$

其中,式(15)是带偏移量的回归方程,式(16)是不带偏移量的回归方程,为了便于比较,引入气候品质评定常用的经验公式进行对比分析<sup>[23]</sup>。验证结果及误差如表 8 所示。

由表 8 可以看出传统的经验公式的平均绝对误差为 4.40 分,基于投影寻踪模型分析得出的带偏移

量的回归方程的绝对误差为 0.22 分,误差减小了 20.0 倍,基于投影寻踪模型分析得出的不带偏移量的回归方程的绝对误差为 0.37 分,误差减小了 11.9 倍。两种基于投影寻踪模型的邕宁红心火龙果气候品质评定模型误差均小于 1 分,由此可见,该模型可有效剔除主观经验带来的评价误差,显著提高气候品质评定精度。虽然带偏移量的回归方程精度略高于不带偏移量的回归方程,但为了实际评价使用方便,优先选取不带偏移量的回归方程作为邕宁红心火龙果气候品质评定模型。为了符合评分习惯,对

表 8 验证实验结果

模拟方程	年份	火龙果实测数据得分 ( $W'$ )	公式模拟结果 ( $W$ )	绝对误差 ( 分 )
$W=0.2X_1+0.5X_2+0.3X_3$ ( 经验公式 )	2014	89.40	83.77	5.63
	2017	76.00	74.32	1.68
	2018	90.20	84.31	5.89
$W=0.06X_1+0.73X_2+0.41X_3-8.1$	2014	89.40	89.80	0.40
	2017	76.00	75.94	0.06
	2018	90.20	90.40	0.20
$W=0.1X_1+0.7X_2+0.3X_3$	2014	89.40	89.30	0.10
	2017	76.00	76.22	0.22
	2018	90.20	89.42	0.78

式(16)进行百分制处理,则可得出最终评判公式:

$$W=0.1X_1+0.63X_2+0.27X_3 \tag{17}$$

其中, $W$  表示评定得分, $W\geq 90$  分,评定为“特优”, $80\leq W<90$  分,评定为“优”, $W<80$  分不评定。

2.2 邕宁红心火龙果气候品质评定

对南宁市邕宁区蒲庙镇联团村 2021 年 8 月 15 日—9 月 15 日批次的红心火龙果开展气候品质评定。

2.2.1 立地条件评分

综合考虑红心火龙果生产的立地条件,委托评定的邕宁区蒲庙镇联团村红心火龙果种植基地 1991—2020 年,年平均 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 活动积温为 8038.1 $^{\circ}\text{C}$ ,加权得分 25 分,一月平均气温为 13.3 $^{\circ}\text{C}$ ,加权得分 21.6 分,年平均气温为 22.3 $^{\circ}\text{C}$ ,加权得分 21.4 分,80%保证率极端低温为 15.8 $^{\circ}\text{C}$ ,加权得分 25 分,所有指标属于适宜区。综上, $X_1$  项得分为 93.0 分。

2.2.2 生长气象条件评分

根据气象观测数据,被评定批次红心火龙果种植基地气候资源评分( $\alpha$ )如表 9 所示,气象灾害扣分( $\beta$ )如表 10 所示。

本批次气候资源评分为: $\alpha=96.9$  分,气象灾害

表 9 被评定批次红心火龙果气候资源评分情况

评分项目	评分等级	加权得分
现蕾期至结果期 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 活动积温	一级	19.3
开花期至结果期日照时数	一级	20
开花期至结果期日平均气温	一级	19.5
开花期至结果期降雨量	一级	19.3
开花期至结果期气温日较差	一级	18.8
合计		96.9

表 10 被评定批次红心火龙果气象灾害扣分情况

气象灾害	灾害等级	扣分
阴雨寡照	1 次轻度	0.2
强降雨	2 次轻度、1 次中度	1
强风灾害	10 次轻度、1 次中度	2.9
合计		4.1

评分为: $\beta=4.1$  分,本批次果品生长气象条件得分: $X_2=\alpha-\beta=92.8$  分。

2.2.3 生产管理条件评分

根据农场提供的数据,被评定批次红心火龙果种植基地生产管理条件评分如表 11 所示。

表 11 被评定批次红心火龙果生产管理条件评分情况

内容	果品生产技术标准与安全生产规范制定执行情况	“三品认证情况”	果品品质抽验情况
执行情况	制定了生产操作规程,并能够严格遵守,当年的生产管理措施有详细地记录,制定有相关安全生产规范,并具体由负责人监管实施。	于2020年12月23日获“绿色食品”证书,有效期至2023年12月22日。于2020年5月6日获“南宁火龙果地理标志使用授权书”。	可食率为: 62%,可溶性固形物为12.8%,可滴定酸为0.175%。500g以上大果率为76%,抽检红心火龙果的各项指标达到《火龙果流通规范》一级指标。
加权得分	58	18	20

因此,  $X_3$  项最终得分为:  $58+18+20=96$  分。

## 2.2.4 综合评定

2021 年 8 月 15 日—9 月 15 日批次红心火龙果气候好产品评定得分:

$$W=0.1X_1+0.63X_2+0.27X_3=0.1\times 93.0+0.63\times 92.8+0.27\times 96=93.7$$

评定的最终得分为 93.7 分, 本批次评定区域内红心火龙果气候好产品评定等级为“特优”。

## 3 结论

本研究以邕宁红心火龙果的立地条件、生长气象条件、生产管理条件为输入, 以火龙果品质实测数据为输出代入投影寻踪模型, 构建了一种基于投影寻踪模型的邕宁红心火龙果气候品质评定模型。

(1) 与传统经验公式对比, 基于投影寻踪模型分析得出的带偏移量的回归方程的绝对误差减小了 20.0 倍, 不带偏移量的回归方程的绝对误差减小了 11.9 倍。两种基于投影寻踪模型的邕宁红心火龙果气候品质评定模型误差均小于 1 分。该模型可有效剔除主观经验带来的评价误差, 显著提高气候品质评定精度。

(2) 虽然带偏移量的回归方程精度略高于不带偏移量的回归方程, 但为了实际评价使用方便, 优先选取不带偏移量的回归方程作为邕宁红心火龙果气候品质评定模型, 为了符合评分习惯, 需进行百分制处理。

(3) 使用基于投影寻踪模型的邕宁红心火龙果气候品质评定模型对南宁市邕宁区蒲庙镇联团村 2021 年 8 月 15 日—9 月 15 日批次的红心火龙果开展气候品质评定, 评定的最终得分为 93.7 分, 本批次评定区域内红心火龙果气候好产品评定等级为“特优”与实际情况相符。

### 参考文献:

[1] 陈嫣. 农产品地理标志原理与实践探索[D]. 北京: 中国农业科学院, 2008.

[2] 简咏梅. 浅析新疆开展农产品气候品质认证的意义[J]. 沙漠与绿洲气象, 2014, 8(8): 91-93.

[3] 娄伟平, 吴利红, 孙科, 等. 春季龙井茶叶气候品质认证[J]. 气象科技, 2014, 42(5): 945-950.

[4] 龙余良, 金勇根, 邓德文, 等. 赣南脐橙气候品质标准研究[J]. 中国农学通报, 2018, 34(7): 116-123.

[5] 杨利霞, 朱敏武, 屈振江, 等. 汉中柑橘果品气候认证技术探索[J]. 安徽农业科学, 2014, 42(28): 9865-9866.

[6] 杨利霞, 李文巧, 胡江波, 等. 汉中仙毫茶叶气候品质认证技术方法[C]. 第 33 届中国气象学会年会 S14 提升气象科技创新能力, 保障农业丰产增效. 2016.

[7] 张向荣, 何可杰, 雷雯, 等. 猕猴桃果品气候品质认证技术研究[J]. 陕西农业科学, 2015, 61(10): 4.

[8] 徐腊梅, 杨举芳. 葡萄气候品质认证指标体系探讨[J]. 新疆农垦科技, 2015, 38(9): 2.

[9] 丁圣, 朱勇, 张茂松, 等. 一种火龙果气候品质认证方法[P]. 中国(云南): ZL201811296204.9, 2019-2-15.

[10] 杨明凤, 张玲, 吉春容. 石河子垦区蟠桃气候品质评价方法研究[J]. 中国农学通报, 2019, 35(19): 97-101.

[11] 丁圣, 张茂松, 朱勇, 等. 元江红心火龙果气候品质认证技术[J]. 中国农学通报, 2019, 35(30): 58-63.

[12] 杨栋, 金志凤, 丁烨毅, 等. 水蜜桃气候品质评价方法与应用[J]. 生态学杂志, 2018, 37(8): 2532-2540.

[13] 金志凤, 王治海, 姚益平, 等. 浙江省茶叶气候品质等级评价[J]. 生态学杂志, 2015, 34(5): 1456-1463.

[14] 张亚杰, 张明洁, 张京红, 等. 东方市火龙果气候品质认证技术[J]. 热带农业科学, 2021, 41(9): 104-110.

[15] 韦金霖, 林金红, 翟殷斌. 平果县石山区火龙果种植气候适应性分析[J]. 气象研究与应用, 2018, 39(1): 66-69.

[16] 金吉林, 张波, 于飞, 等. 主要气象因子对火龙果开花结果物候期的影响[J]. 贵州农业科学, 2020, 48(9): 132-137.

[17] 高龙. 基于 GIS 的广西火龙果种植气候区划研究[D]. 广西大学, 2014.

[18] 范万新, 陈丹, 黄颖, 等. 广西种植火龙果的气候条件分析[J]. 气象研究与应用, 2009(3): 54-56.

[19] 丁圣, 张茂松, 赵兴东. 元江县红心火龙果精细化农业气候区划[J]. 农学学报, 2019, 9(11): 27-33.

[20] 袁小康, 谷晓平, 杨再强, 等. 火龙果开花坐果期寒害指标研究[J]. 中国农业气象, 2014, 35(4): 463-469.

[21] 田东霞. 北京市昌平区苹果生育期气象条件分析与气候品质认证[J]. 现代农业科技, 2019(16): 95-97.

[22] 林奕桐, 叶骏菲, 王永前, 等. 基于 MODIS 热红外波段与投影寻踪模型的水汽反演方法[J]. 国土资源遥感, 2018, 30(3): 120-127.

[23] 张和稳, 韦金海, 李莉, 等. 百色芒果气候品质认证关键技术研究[J]. 气象研究与应用, 2019, 40(2): 76-79.

## Study on the method of climate quality certification of Yongning red dragon fruit based on projection pursuit model

Ye Junfei<sup>1</sup>, Lin Yitong<sup>2</sup>, Yu Jiancheng<sup>3</sup>

(1. Yongning Meteorological Bureau, Nanning 530022, China; 2. Nanning Meteorological Bureau, Nanning 530022, China; 3. Guangxi Haipei Intelligent Technology Limited Company, Nanning 530022, China)

**Abstract:** To improve the accuracy and stability of the climate quality assessment model of the Yongning red dragon fruit, a climate quality certification model of the Yongning red dragon fruit based on the projection pursuit model was built with data from the site conditions, growing meteorological conditions, production management conditions, and dragon fruit quality, which was used to certify the climate quality of red dragon fruit in Liantuan village, Pumiao town, Yongning district. The results showed that, compared with the traditional empirical formula, the absolute error of the Yongning red dragon fruit climate quality certification model based on the projection pursuit model could be reduced by 11.9 and 20.0 times, respectively, effectively reducing the assessment error brought by the subjective experience and significantly improving the accuracy of climate quality certification.

**Key words:** Red dragon fruit; climate quality certification; projection pursuit model