

‘圣心芒’果实在百色的生长发育规律

王皆胜¹ 汪志涛¹ 吴然¹ 吴斌娥¹ 黄琦¹ 王木林¹ 杨振荣¹ 聂根荣² 陆惠琼¹ 陆英^{1*}
(¹百色市芒果研究中心 广西百色 533000
²百色市玉米研究所 广西百色 533000)

摘要: 为了探索‘圣心芒’果实在百色的生长发育规律,测定其生长周期果实体积的变化,并结合果实生长节点的生长情况和营养需求,做到科学用药、用肥,通过构建果实体积线性回归估算公式,利用估算公式进行果实非离体体积矫正,以Logistic生长模型为基础,应用数学方法建立‘圣心芒’果实生长发育回归方程。结果表明,构建的体积估算公式线性回归关系极显著,能够估算出‘圣心芒’的体积;‘圣心芒’果实纵径、横径和果实体积的回归方程均为Logistic的单“S”曲线,其中横径、纵径和果实体积分别在第30天、第26天和第47天取得最大生长速率,整体上纵径的生长发育周期比横径短6d,果实体积到达最大生长速率比横径和纵径晚20d,对应的速生期起始点 t_1 和终止点 t_2 都延后,表现为生长速率函数图象收缩后移。相关结果适用于对‘圣心芒’果实生长发育动态变化规律的描述,为‘圣心芒’在百色芒果产区高产优质栽培技术体系研究提供数据依据。

关键词: ‘圣心芒’; 生长发育; Logistic模型

Growth and Development Pattern of 'Sensation' Mango in Baise Area

WANG Jiesheng¹, WANG Zhitao¹, WU Ran¹, WU Bin'e¹, HUANG Qi¹, WANG Mulin¹, YANG Zhenrong¹,
NIE Genrong², LU Huiqiong¹, LU Ying^{1*}
(¹Mango Research Center of Baise, Baise 533000, Guangxi;
²Baise Maize Research Institute, Baise 533000, Guangxi)

基金项目: 国家现代农业产业技术体系广西芒果创新团队(nycytxgxcxtd-2021-06-05); 百色市科学研究与技术开发计划项目(百科20222942)。

作者简介: 王皆胜(1993—),男,学士,农艺师,主要从事果树栽培技术与推广工作。
E-mail: xiyunwjs@163.com

***通信作者:** 陆英(1976—),女,高级农艺师,主要从事果树栽培技术与推广工作。E-mail: bsmgyjy@163.com

Abstract: In order to explore the fruit growth and development pattern of 'Sensation' mango in Baise, the changes of fruit volume during its growth cycle were determined, which was to achieve the goals of proper use of fertilizers and pesticides combining with the growth status and nutritional requirements of fruit growth nodes. By constructing a linear regression estimation formula for fruit volume and using the estimation formula to correct non-in-vitro fruit volume, a regression equation for the growth and development of the 'Sensation' mango fruit was established using mathematical methods based on the Logistic growth model. The results showed that the constructed volume estimation formula had a significant linear regression relationship and could estimate the volume of 'Sensation' mango. The regression equations for the longitudinal diameter, transverse diameter and fruit volume of 'Sensation' mango were all logistic single "S" curves. The maximum growth rates for transverse diameter, longitudinal diameter, and fruit volume were obtained on the 30th, 26th and 47th days, respectively. Overall, the growth and development cycle of longitudinal diameter was 6 days shorter than that of transverse diameter, and the maximum growth rate of fruit volume was 20 days later than that of transverse diameter and longitudinal diameter. The corresponding starting point t_1 and ending point t_2 of the rapid growth period were delayed with a contraction and backward shift in the production rate function graph. The relevant results were applicable to the description of the dynamic changes in the growth of 'Sensation' mango, and provided data basis for the research on high-yield and high-quality cultivation technology system of 'Sensation' mango in Baise.

Keywords: 'Sensation' mango; growth and development; Logistic model

芒果 (*Mangifera indica* L.) 是著名的热带水果, 素有“热带水果之王”的称号, 深受消费者喜爱。到2022年百色市芒果种植总面积为136.89万亩 (1亩 \approx 0.067hm²), 近年来百色芒果由于主栽品种退化、病虫害发生严重而导致果实品质下降、无胚果比例上升, 急需优良新品种进行品种储备。‘圣心芒’果实单胚, 具松香味、甜味, 果肉橙黄色, 纤维短而少, 果实大小适中, 单果重200~400g, 适合鲜食或加工, 在中国热带农业科学院热带作物品种资源研究所 (以下简称“热科院品资所”) 和云南省农业科学院热带亚热带经济作物研究所的芒果基地表现出丰产稳产、抗逆性强的特点。因此, 百色市芒果研究中心从热科院品资所引进‘圣心芒’, 作为重点观测品种, 收集‘圣心芒’在百色的生长数据。

果实体积常用排水法进行测定, 该方法虽准确度高, 但操作繁琐, 必须在果实离体的条件下测定。本研究在非离体条件下, 使用线性回归估算公式进行实际体积的估算, 确保果实正常生长发育。为了找出一种测定非离体下芒果果实体积的方法, 以掌握果实生长周期内果实体积的变化情况, 本研究参照李世军等^[1]对‘台农1号’芒果果实体积的非

离体测定方法, 采用了周开兵等^[2]使用的矫正法和线性回归法构建了人心果果实体积离体测定方法, 参考了高安辉等^[3]通过建立模型进行数学推导柑橘果实体积测算公式的合理性选用问题, 考虑到试验材料‘圣心芒’的果型指数约为1.29, 接近于1, 宜采用椭圆旋转体体积公式法测定‘圣心芒’的体积。

Logistic生长发育模型在生物学上广泛应用, 其较好地描述了温室油桃^[4]、杏^[5]、苹果^[6]等果实的生长规律。芒果规模种植发展较晚, 对其果实发育动态研究比较少, 对大果型的‘凯特芒’^[7]有过数据观测, 却未给出数据拟合的生长发育方程。张涛等^[8]对苹果的果实生长发育方程求导, 得出不同时期的生长速率方程。本研究对‘圣心芒’果实的Logistic生长发育模型方程进行参数求解, 通过方程求出相应的果实生长节点, 结合果实生长节点的生长情况和营养需求, 在细胞分裂旺盛期使用细胞分裂素, 在果实膨大期加强水肥补充, 达到科学施肥、合理使用生长调节剂的目的, 为‘圣心芒’在百色芒果产区高产优质栽培技术体系研究提供数据依据。同时可根据‘圣心芒’果实生长发育动态规律, 掌握百色芒果各种植品种果实生长发育速生期至缓慢发育期的分界点, 为科学确定百色芒果采摘

上市日期提供数据支撑。

1 材料与方法

1.1 试验地点

试验于2023年4—9月在广西壮族自治区百色市右江区永乐镇西北乐村百色市芒果研究中心永乐科研基地进行。

1.2 试验材料

试验树为高接换种3年‘圣心芒’，砧木树龄18年，试验树15株，树形圆头型，树冠3m，树体长势相近，管理水平一致。

1.3 试验方法

1.3.1 果实体积线性回归估算公式的构建 在‘圣心芒’整个124d的生长周期中，按照每5~8天采摘1次，分10次每次随机采取10个正常生长发育的果实，共100个果实，用排水法对这100个样本进行测量，记录每个果实体积。因结果准确性较高，将其记为果实的实际体积（ $V_{\text{实际}}$ ），用游标卡尺测量果实的纵径（ a ）和相互垂直方向上的最大横径（ b ）、侧径（ c ）。随机从100个果实中选出80个果实构建果实估算体积 V 和 abc 乘积的线性回归公式，其余20个果实用于验证估算公式的准确性。

1.3.2 果实生长发育曲线测定 从谢花后的第10天开始，记为果实发育期的第1天（因此时果实有黄豆大小，果实纵径10mm左右、横径7mm左右，用游标卡尺可明显测出纵径、横径的差异，且此时因生理落果造成落果的概率会降低），前期测量间隔2~3d，后期间隔5~10d（50d后果实生长缓慢）。随机选取5株长势一致的样本树，在每株东、南、西、北、中5个方位各随机选2个正常发育的果实，对这50个果实进行挂牌观测，测量其纵径、横径及侧径，直到各指标变化极小（果实停止生长）时停止观测，期间挂牌的果实掉落后停止观测。从50个果实中随机选取大小接近、有完整发育周期数据的10个果实，求各指标的平均值。

1.3.3 Logistic非线性回归模型转化为线性回归模型 Logistic非线性回归模型在对数变换后可转化为线性回归模型，即可使用线性回归模型相关系数检验表来验证Logistic非线性回归模型在置信区间内线性回归关系的差异性，其变换如下。

$$\text{Logistic方程一般式 } y = \frac{S}{1+e^{-bx+a}}; \quad (1)$$

经过化简，两边求对数得到：

$$\ln \frac{y}{S-y} = bx-a \quad (2)$$

可把 $\ln \frac{y}{S-y}$ 看做一个整体，得到关于 $F(x) = \ln \frac{y}{S-y} = bx-a$ 的线性函数，其中 S 、 a 和 b 为常数。

1.3.4 Logistic曲线方程基本特性 Logistic方程单“S”曲线存在3个重要特征点：生长速率最大的时间点 t_0 ；生长开始期至速生期的分界点，即进入速生期的起始点 t_1 ；速生期至缓慢生长期的分界点，即速生期的终止点 t_2 。根据Logistic一般方程式（1），结合Lagrange中值定理， $A = \frac{(a+1) + (a-1)e^a}{e^{a-1}}$ 生长过程中的速生点 t_0 、速生期起始点 t_1 和终止点 t_2 的横坐标表示为：

$$t_0 = \left| \frac{a}{b} \right| \quad (3)$$

$$t_1 = \frac{a - \ln(A + \sqrt{A^2 - 1})}{b} \quad (4)$$

$$t_2 = \frac{a - \ln(A - \sqrt{A^2 - 1})}{b} \quad (5)$$

1.4 数据处理

利用WPS 2019软件对试验所得数据进行整理，剔除异常值，用Origin 2019进行绘图分析。纵径、横径和果实估算体积随时间变化的关系采用Logistic生长发育单“S”方程进行拟合分析。

2 结果与分析

2.1 果实体积线性回归估算公式的构建

根据数据分析，以 abc 乘积为自变量（果实的纵径 a 、相互垂直方向上的最大横径 b 和侧径 c ），排水体积 $V_{\text{实际}}$ 为因变量，作线性回归分析如图1，得到构建的体积估算公式：

$$\text{估算体积 } V = 0.511abc - 6.163 \quad (R^2 = 0.994) \quad (6)$$

结合线性回归模型相关系数检验表数据，因（6）式中 $R^2 = 0.994 > r_{0.01}(80 - 2) = 0.286$ ，其线性回归关系极显著。

2.2 评价估算公式回归模型建立的有效性

均方根误差（ E_{RMS} ）是预测值与真实值之间的偏差和试验次数比值的平方根，是用来衡量预测值

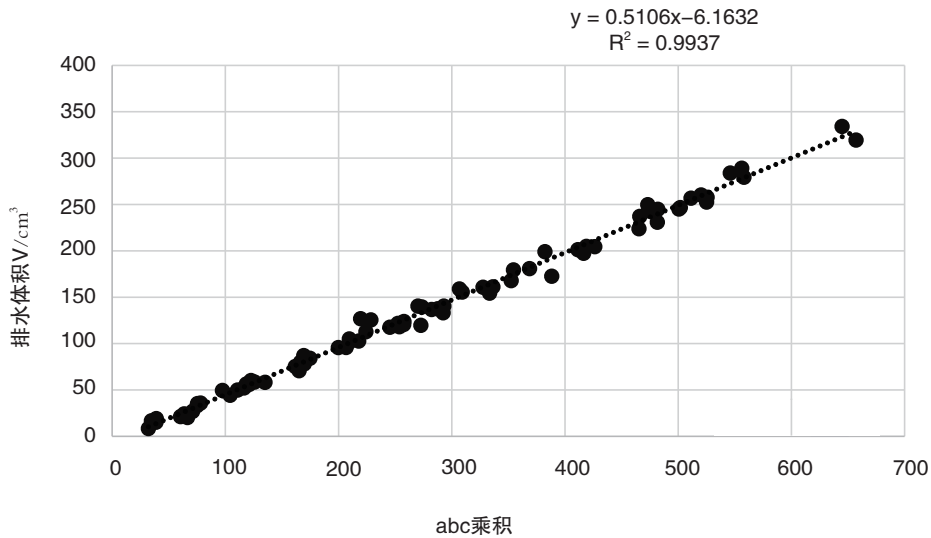


图1 ‘圣心芒’果实体积与纵径、横径和侧径乘积的线性回归分析

和真实测量值之间的偏差的量；平均百分比误差 (E_{MAP}) 是一种准确度和误差测量的预测指标，常用于评价模型建立的有效性，两者计算公式如下：

$$E_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_{ci} - x_{mi})^2} \quad (7)$$

$$E_{MAP} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|x_{ci} - x_{mi}|}{x_{mi}} \times 100\% \quad (8)$$

式中 n 为样本数， x_{ci} 为估算值， x_{mi} 为实际测量的值；

从表1中得出估算公式回归模型的 E_{RMS} 和 E_{MAP} 分别为 9.24 和 4.85%。均方根误差值 $E_{RMS} = 9.24$ 较小，平均百分比误差 $E_{MAP} = 4.85\%$ 小于 5%，说明使用本方法来估算‘圣心芒’体积具有可行性。

2.3 果实的纵径、横径生长发育规律

‘圣心芒’果型指数约为 1.29，果实椭圆形近似圆球形，果实的横径 b 和侧径 c 相差不大，且生长速率基本一致，只需拟合出纵径 a 和横径 b 的生长发育方程，采用 Logistic 生长发育单“S”方程进行拟合，结果如图 2，得到纵径 a 、横径 b 随观测时间间隔 t 变化的非线性回归方程：

$$a = \frac{9.519}{1 + e^{-0.0781(t-26.722)}} \quad (\text{Reduced Chi-Sqr}=0.0554, R^2=0.994) \quad (9)$$

因 (9) 式中曲线拟合优度为 0.0554，接近于 0，曲线拟合效果好，同时结合线性回归模型相关系数检验表数据，式中 $R^2 = 0.994 > r_{0.01}(10 - 2) = 0.765$ ，其线性回归关系极显著；

$$b = \frac{7.039}{1 + e^{-0.0693(t-29.837)}} \quad (\text{Reduced Chi - Sqr} = 0.0213, R^2 = 0.996) \quad (10)$$

因 (10) 式中曲线拟合优度为 0.0213，接近于 0，曲线拟合效果好，同时结合线性回归模型相关系数检验表数据，因 (10) 式 $R^2 = 0.996 > r_{0.01}(10 - 2) = 0.765$ ，其线性回归关系极显著。

根据 Logistic 方程 3 个分界点的求解，将 (3)、(4) 和 (5) 式代入果实纵径 a 和横径 b 的生长发育方程 (9) 式和 (10) 式，求出相应的速生点 t_0 、速生期起始点 t_1 和终止点 t_2 ，得到纵径 a 生长发育方程的 $t_0 = 26$ ， $t_1 = 11$ ， $t_2 = 64$ ；横径 b 生长发育方程的 $t_0 = 30$ ， $t_1 = 8$ ， $t_2 = 70$ ；‘圣心芒’果实纵径的生长发育起始点比横径晚，但到达 t_0 的时间比横径早，终止点也提前，总体上看，果实纵径的生长发育周期比横径短 6d。

2.4 果实估算体积的生长发育规律

由图 3 可看出，‘圣心芒’体积生长发育变化与观测时间间隔的关系符合 Logistic 单“S”生长曲

表1 估算公式回归模型有效性评价

序号	abc乘积	排水体积 $V(x_{mi}) / \text{cm}^3$	估算体积 $(x_{ci}) / \text{cm}^3$	$(x_{ci} - x_{mi})^2$	$\frac{ x_{ci} - x_{mi} }{x_{mi}} \times 100\%$
1	146.83	67.7	68.81	1.23	1.64
2	116.73	52.9	53.44	0.29	1.02
3	257.51	120.6	125.32	22.31	3.92
4	154.99	71.3	72.97	2.80	2.35
5	110.73	49.9	50.37	0.23	0.95
6	67.27	25.3	28.18	8.32	11.40
7	75.07	33.1	32.17	0.87	2.81
8	29.93	10.1	9.12	0.96	9.72
9	38.73	15.2	13.61	2.53	10.46
10	38.85	15.4	13.67	2.99	11.22
11	473.08	249.8	235.39	207.66	5.77
12	474.20	243.1	235.96	50.94	2.94
13	360.54	185.4	177.93	55.80	4.03
14	454.48	233.6	225.89	59.37	3.30
15	366.59	164.7	181.02	266.27	9.91
16	271.34	135.4	132.38	9.10	2.23
17	286.82	140.3	140.29	0.00	0.01
18	331.07	168.7	162.88	33.88	3.45
19	250.19	127.4	121.58	33.83	4.57
20	386.82	181.6	191.35	95.04	5.37

$E_{\text{RMS}} = 9.24$ $E_{\text{MAP}} = 4.85\%$

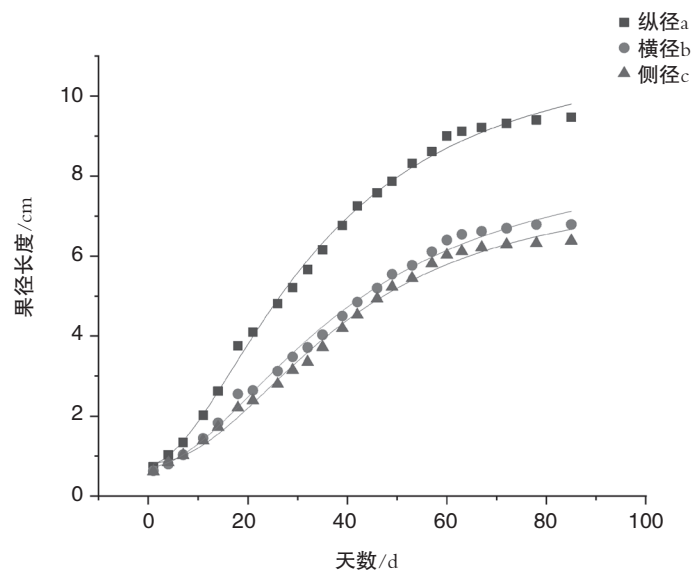


图2 果实的纵径、横径和侧径生长变化规律

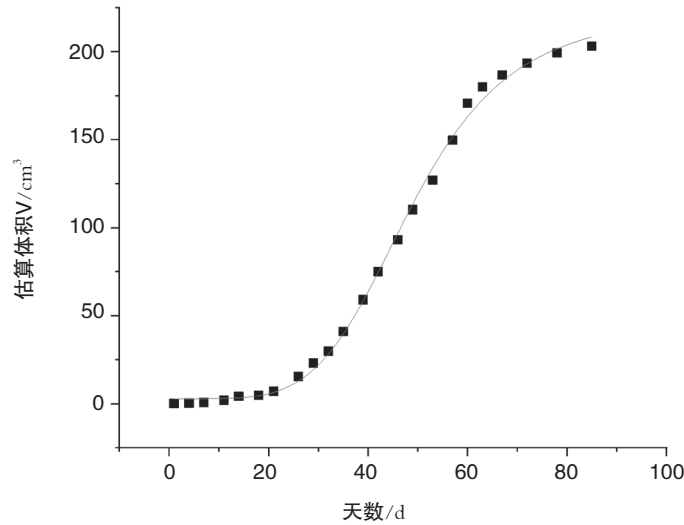


图3 ‘圣心芒’估算体积V与观测时间间隔的函数曲线

线，其回归方程为：

$$V = -0.0186 + \frac{204.791}{[1 + (\frac{59.319}{t})^{9.347 \cdot 0.323}]} \quad (\text{Reduced Chi-Sqr}=5.703, R^2 = 0.999) \quad (11)$$

结合线性回归模型相关系数检验表数据，因(11)式中 $R^2 = 0.999 > r_{0.01}(10-2) = 0.765$ ，其线性回归关系极显著。

2.5 果实abc乘积随观测时间间隔的变化速率

由图4可看出，对abc乘积与观测时间间隔t的原函数进行求导，得到符合“Gauss”正态分布曲线，其回归方程为(12)式。随着生长发育时间的增加，‘圣心芒’abc乘积变化速率逐渐变大，当 $t = 46.70$ 时，在峰值取得 $\frac{d(abc)}{dt} = 10.51 \text{ (cm}^3/\text{d)}$ ，但是因观测时间间隔为正整数，则在 $t = 47$ d时， $\frac{d(abc)}{dt} = 10.51 \text{ (cm}^3/\text{d)}$ 为‘圣心芒’abc乘积变化的最大速率，之后随生长发育时间的增加，abc乘积变化速率逐渐减小，最后趋近于零。

$$\frac{d(abc)}{dt} = 0.477 + 10.033 \times \exp[-0.5(\frac{t-46.703}{14.317})^2] \quad (\text{Reduced Chi-Sqr}=0.623, R^2=0.961) \quad (12)$$

3 讨论

3.1 体积估算回归模型评价与分析

芒果果实有很多形状，有肾形、长椭圆形、椭圆形和圆球形等^[9]，‘圣心芒’属于椭圆形，果形指数1.29，趋近于1，本研究采用椭圆旋转体体积公式法的线性回归进行‘圣心芒’体积测定，其回归模型评价中平均百分比误差 $E_{MAP} = 4.85\%$ ，小于5%，说明使用本方法来估算‘圣心芒’体积具有可行性。此方法只需使用游标卡尺测量其果实的纵径、横径及侧径即可估算出‘圣心芒’的体积，不但简便且可以对芒果果实体积进行非离体测定，是研究芒果果实发育动态曲线的有效方法^[10]。

3.2 果实生长发育曲线Logistic模型评价与分析

Logistic非线性回归模型在对数变换后可转化为线性回归模型，即可使用线性回归模型相关系数检验表来验证Logistic非线性回归模型在置信区间内线性回归关系的差异性。其中果实纵径a和横径b的生长发育方程(9)式和(10)式中的 R^2 分别为0.994和0.996，均大于 $r_{0.01}(10-2) = 0.765$ ，其线性回归关系极显著；估算体积V的生长发育回归方程(11)式中的 $R^2 = 0.999 > r_{0.01}(10-2) = 0.765$ ，其线性回归关系极显著。说明Logistic生长模型来拟合

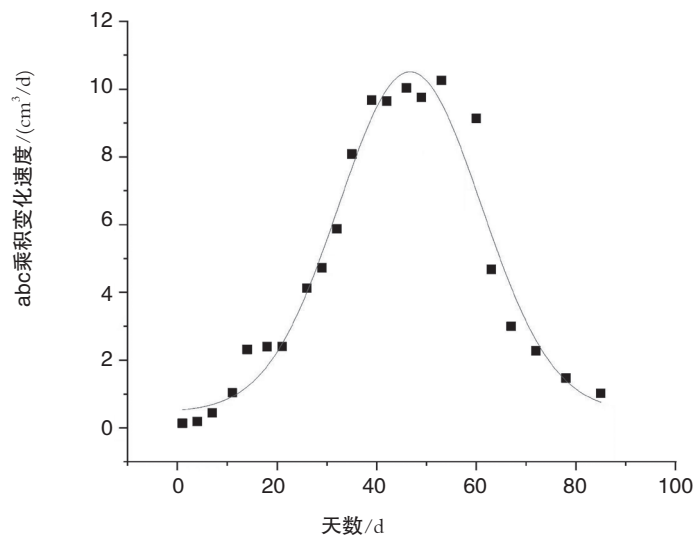


图4 ‘圣心芒’果实abc乘积变化速率与观测时间间隔的函数曲线

‘圣心芒’果果实生长发育曲线是科学合理的。

3.3 果实生长发育曲线不同生长节点管理措施

结合估算体积 V 的生长发育回归方程(11)式和 abc 乘积的导数方程(12)式,当 $t_0=47\text{d}$ 时,在峰值取得 $\frac{d(abc)}{dt} = 10.51 (\text{cm}^3/\text{d})$,为发育过程的最大生长速率点,比纵径 $t_0 = 26\text{d}$ 和横径 $t_0 = 30\text{d}$,相应延后20d左右取得,在生长发育周期一致下, $\frac{d(abc)}{dt}$ 函数图像波峰后移,且对应的速生期起始点($t_1 = 16.28\text{d}$)和终止点($t_2 = 73.32\text{d}$)都推后,整体函数图像收缩后移。

‘圣心芒’果实生长发育呈单“S”曲线,即完成受精后进入细胞分裂期,谢花后至 t_1 时间段,此时期果实虽生长缓慢,但细胞分裂旺盛期,是使用细胞分裂素的最佳时期^[11,12];果实细胞分裂结束后进入膨大期,果实细胞快速膨大,此时期喷施细胞分裂素效果不佳,膨大期结束后果实大小基本固定,果实进入品质形成期,此时期如果使用细胞分裂素,会对品质和果实表面造成负面影响^[13,14];芒果果实从谢花后26~69d为果实膨大期,此时期的果实迅速膨大,是构成增产的重要时期^[15],应加强

水肥补充,可有效提升果实的产量和品质,而果实中的矿质元素随着果实生长呈规律性下降,对肥料的吸收率也呈现下降趋势^[16];谢花后应及时加强果园土壤肥料管理,在果实膨大期之前施用速效性肥料,为果实速生期提供所需的养分,速生期终止后应减少肥料、生长调节剂的使用,达到节本增效的目的。

3.4 以果实生长发育曲线参数预测芒果采摘时间

根据‘圣心芒’果实生长发育动态曲线,结合试验观测记录,‘圣心芒’在2023年8月8日达到树上成熟(不用后期催熟即可食用),果实发育周期124d,记为 $t_{\text{总}} = 124\text{d}$,求出速生期至缓慢发育期的分界点($t_2 = 73.32\text{d}$,对应时间为2023年6月18日)到果实在树上自然成熟的时间间隔为51d($\Delta t = t_{\text{总}} - t_2$)。试验观测发现,‘圣心芒’果实从可采收到树上成熟的时间间隔为15~20d,即可得出‘圣心芒’的果实生熟采收最早时间为2023年7月20日($t_{\text{总}} - 20 = 104\text{d}$)。‘圣心芒’果实的生长发育动态曲线方程中的 $t_{\text{总}}$ 决定曲线的末端点, $t_{\text{总}}$ 是试验收集观测数据,不能直接用拟合得到的Logistic方程参数来表达; t_2 是Logistic模型的速生期至缓慢生长期

的分界点，与方程的参数有关。因每年气候不同， $t_{总}$ 会发生变化， $\Delta t/t_{总}$ 是否为定值需进一步研究不同年份、不同芒果品种的生长发育动态曲线。

4 结论

本研究给出的‘圣心芒’体积估算公式，其线性回归关系极显著，可用于‘圣心芒’非离体体积的计算；得到的纵径、横径和估算体积的生长发育回归方程，其线性回归关系极显著，适用于对‘圣心芒’果实生长发育动态变化规律的描述。根据‘圣心芒’果实在百色生长发育曲线的生长节点，在芒果谢花后10~26d的果实生长期使用2~3次细胞分裂素和谢花后26~69d的果实膨大期加强水肥补充，是实现提质增效的有效措施。☺

参考文献

[1] 李世军,王茗,袁孟玲,等.台农一号芒果果实体积的非离体测定及果实体积与风味品质的关系[J].热带生物学报,2016,7(4):444-449.

[2] 周开兵,陈志霞,莫泰培,等.人心果果实体积测定方法的探讨[J].实验科学与技术,2009,7(3):51-53.

[3] 高安辉.柑桔果实体积测算新方法[J].山地农业生物学报,1998(1):34-36.

[4] 刘慧,张国楨,张宏辉,等.温室油桃叶片与果实生长模型及其分析[J].西北林学院学报,2010,25(1):86-89.

[5] 杨恒,魏安智,杨途熙,等.日光温室杏果实发育规律研究[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2007,35(1):175-178,183.

[6] 孙擎,赵艳霞,程晋昕,等.基于多种算法的果树果实生长模型研究——以云南昭通苹果为例[J].中国农业科学,2021,54(17):3737-3751.

[7] 潘宏兵,杜邦,罗玲,等.凯特芒果果实生长发育规律研究[J].四川农业科技,2020(5):20-23.

[8] 张涛,任德元,张国楨.“秦冠”苹果果实和叶生长规律的研究[J].北方园艺,2012(21):15-18.

[9] 武红霞,马小卫,詹儒林,等.芒果种质资源图谱[M].北京:中国农业出版社,2015:5.

[10] 李世军,王茗,袁孟玲,等.台农一号芒果果实体积的非离体测定及果实体积与风味品质的关系[J].热带生物学报,2016,7(4):444-449.

[11] 高兆银,王家保,李敏,等.氯吡苯脲对“贵妃”杧果果实产量、品质和采后贮运特性的影响[J].热带作物学报,2024,45(1):162-168.

[12] 付尧,高兆银,李敏,等.石蜡切片法探究杧果果肉细胞的发育规律[J].中国南方果树,2019,48(4):29-33,36.

[13] 郭利军,范鸿雁,邓会栋,等.氯吡苯脲和吲熟酯对台农1号芒果果实发育及品质的影响[J].江苏农业科学,2016,44(6):266-268.

[14] 田庆恒,李钊阳,唐良德,等.0.2%噻苯隆可溶液剂对芒果产量和品质的影响[J].广东农业科学,2020,47(8):97-102.

[15] 张伟伟,盛侠,孙刚,等.宣木瓜果实生长发育规律及其矿质养分特征的研究[J].中国林副特产,2010(2):1-5.

[16] 李华东,白亭玉,郑研,等.杧果生育期叶片及果实矿质元素变化规律研究[J].云南农业大学学报(自然科学版),2015,30(1):76-83.

◀
(上接第19页)

[7] 张昂,李丽华,钟壹鸣,等.橡胶/香露兜间作对香露兜香气成分的影响[J].热带作物学报,2023,44(3):535-544.

[8] 车秀芬,张京红,黄海静,等.海南岛气候区划研究[J].热带农业科学,2014(6):60-65,70.

[9] 杨静,张亚杰,张明洁,等.海南岛近20年植被覆盖时空变化特征及其对气候的响应研究[J].气象与环境科学,2024,

47(2):46-53.

[10] 鱼欢,秦晓威,吉训志,等.香露兜资源与栽培利用[M].北京:中国农业出版社,2023.

[11] 贺书珍,宗迎,秦晓威,等.纵享斑兰叶[M].北京:中国农业出版社,2021.

[12] 郝朝运.神奇的东方香草[J].生命科学,2021(8):50-51.