

# “禾荔”荔枝果实发育进程 与温度条件的关系

谭宗琨<sup>1</sup> 何 燕<sup>1</sup> 欧钊荣<sup>1</sup> 丘泗杰<sup>2</sup> 韦饶诒<sup>2</sup>

(1. 广西气象减灾研究所, 南宁 530022; 2. 广西科技厅)

**提 要:** 通过对同一果园荔枝连续三年的果实发育期物候资料及同期温度等气象资料的对比分析, 结果发现不同年份荔枝果实发育期出现早晚及其持续时间的长短差异明显, 其差异与发育期间所经历的温度条件有关。花序前积寒量绝对值偏大的年份有利于促进荔枝花芽分化; 荔枝进入花序至果肉出现期间, 日生长温度偏高的年份果实发育进程加快, 发育期间隔天数缩短, 反之, 日生长温度偏低年份, 果实发育进程延缓, 发育期间隔天数延长; 果肉出现至可采成熟期的间隔天数相对稳定。统计结果还表明荔枝果实发育期间的日生长温度累积值比有效日生长温度累积值更能反映温度条件对荔枝果实发育的影响。

**关键词:** 荔枝 果实发育 日生长温度

## Relationship Between Litchi Fruit Growth and Temperature Conditions

Tan Zongkun<sup>1</sup> He Yan<sup>1</sup> Ou Zhaorong<sup>1</sup> Qiu Sijie<sup>2</sup> Wei Raoyi<sup>2</sup>

(1. Guangxi Meteorological Institute, Nanning 530022; 2. Guangxi Science and Technology Department)

**Abstract:** The relationship between Litchi fruit growth process and the meteorological data such as temperature of the same period in continuous 3 years for an orchard is analyzed. The result shows that the time and length of the fruit growth period vary with various years, and its difference is related with the temperature conditions in the fruit growth duration. The big absolute value of the coldness-accumulated before the bloom will be helpful to promote the

flower bud differentiation. The fruit growth process will be accelerated and the bearing fruit stage will be shorter with higher daily growth temperature in the duration from the bud to pulp arise, otherwise, the fruit growth process would be delayed and the stage will be longer. But the days from pulp appearance to the fruit maturity are more stable. The statistic result shows that the accumulated growth temperature could more reflect the temperature influence on litchi fruit growth than effective accumulated growth temperature.

**Key Words:** Litchi fruit growth daily growth temperature

## 引 言

“禾荔”荔枝 (Litchi chinensis Sonn. cv. Sanyuehong) 是广西迟熟荔枝品种中的一个著名品种, 由于其果大、肉厚、风味佳等优良性状而深受消费者的喜爱和广大种植户的青睞, 长期以来一直是广西荔枝产区的主栽品种, 在出口中占有十分重要的地位。“禾荔”等荔枝品种不同种植区域果实成熟期存在差异已是公认的客观事实。但据近年广西各地农气站荔枝物候观测资料, 发现同一果园的荔枝不同年份荔枝果实成熟期也同样存在明显的差异。有关文献认为, 荔枝花芽分化、果实发育进程与温度高低有关, 如文献 [1-7] 均认为适度低温有利于促进荔枝花芽分化; 季作梁等<sup>[8]</sup>开展的气温对荔枝开花坐果影响研究, 认为荔枝花的乙烯释放与温度成正比; 李建国等<sup>[9]</sup>对同年份的早中熟荔枝品种妃子笑早花果和晚花果大小与温度条件关系的研究也表明, 温度高低对荔枝果实大小和加快果实发育进程有密切关系等; 但文献对荔枝果实各发育期出现日期的迟早及其发育期持续时间的长短与环境因素关系的研究报道甚少。为此, 拟以苍梧县气象局的荔枝物候观测和气象观测资料为例, 探讨“禾荔”荔枝果实发育进程与温度条件关系, 以便为开展荔枝果实成熟期预测及产量预报服务提供参考。

## 1 资料来源及处理方法

### 1.1 资料来源

2003—2005 年“禾荔”荔枝物候观测资料及逐日平均气温、日最高(低)气温、雨量等气象资料均来源于苍梧县气象局。

### 1.2 资料处理方法

应用苍梧县气象局实测资料, 分别统计 2003—2005 年荔枝花序出现前至花序出现、花序出现至果实各发育阶段的生长温度累积值, 以揭示荔枝发育期出现日期及荔枝果实发育进程与温度关系。其中日生长温度计算根据 Zalom 等提供的简单正弦计算方法<sup>[9]</sup>, 公式为:

$$D = (T_{\max} + T_{\min})/2 - T_L \quad (1)$$

式中  $T_{\max}$ 、 $T_{\min}$ 、 $T_L$  分别表示为日最高气温、日最低气温和果实生长的最低临界温度 ( $T_L = 15^\circ\text{C}$ )。

当  $D \geq 0^\circ\text{C}$  时, 说明该天的温度对荔枝果实的生长发育是有利的, 为有效日生长温度; 当  $D < 0^\circ\text{C}$  时, 荔枝果实则停止生长或荔枝果实生长发育受抑制, 为无效日生长温度或果实生长障碍温度。

定义荔枝果实生长发育期内有效日生长温度的累积为有效生长积温。其表达式为:

$$D_{\text{GA}} = \sum_{i=1}^n D_i \quad (D_i \geq 0^\circ\text{C}) \quad (2)$$

$i$  表示某发育期日序,  $i=1$  为该发育期开始日日序,  $n$  表示该发育期结束(下一发育期出现)日日序。 $D_i$  为该发育期内的日生长温度。

定义荔枝果实生长发育期内无效日生长温度的累积为积寒量。其表达式为:

$$D_G = \sum_{i=1}^n D_i \quad (D_i < 0^\circ\text{C}) \quad (3)$$

定义荔枝果实生长发育期内日生长温度的累积为生长积温。其表达式为:

$$D_G = \sum_{i=1}^n D_i \quad (4)$$

## 2 结果与分析

### 2.1 不同年份荔枝果实发育进程差异的比较

2003—2005 年广西苍梧县“禾荔”荔枝各发育期出现日期的实际观测值(详见表 1)表明:不同年份荔枝果实发育期出现日期的早晚以及该发育期持续的时间不尽相同。其中 2005 年荔枝花序出现期为 2 月 18 日,可采成熟期为 7 月 12 日,果实全生育期 145d;而 2003 年荔枝花序出现期为 2 月 24 日,可采成熟期为 6 月 30 日,果实全生育期仅 127d;2004 年则处于 2003 年和 2005 年之间。

#### 2.1.1 荔枝花序出现早晚与花序出现前温度条件的关系

分别统计 2003—2005 年荔枝花序出现前 80d、70d、…、10d 的有效生长积温、积寒量和生长积温,结果发现“禾荔”荔枝花序出现前 80d 和前 40d、30d、20d 及 10d 的有效生长积温、积寒量和生长积温均不能很好地反映花序出现早晚关系(详见表 2),而花序前 70~50d 的有效生长积温、积寒量和生长积温的大小与花序出现早晚的变化趋势是一致的,即花序前 70~50d 的有效生长积温、积寒量和生长积温越大,花序出现日期偏晚,反之花序出现日期偏早。进一步统计前 70d、69d、…、50d 的有效生长积温、积寒量和生长积温(详细结果,略),结果发现用花序前 55d 积寒量更能准确地反映出“禾荔”荔枝花序出现早晚的关系:积寒量绝对值每偏大约  $16^\circ\text{C} \cdot \text{d}$ ,花序出现日期则偏早 1d,反之花序出现日期偏迟 1d。

表 1 2003—2005 年荔枝果实各发育期出现日期的差异

发育期	年份		
	2003	2004	2005
花序出现期/(日/月)	24/2	20/2	18/2
开花始期/(日/月)	25/3	6/4	14/4
开花盛期/(日/月)	30/3	12/4	20/4
开花末期/(日/月)	1/4	14/4	22/4
幼果分大小期/(日/月)	6/5	10/5	16/5
果肉出现期/(日/月)	25/5	3/6	7/6
可采成熟期/(日/月)	30/6	8/7	12/7
花序~可成熟期天数/日	127	140	145

表 2 2003—2005 年花序出现前不同天数不同类型温度累积量的比较

花序出现 前天数	$D_{GA}/(^\circ\text{C} \cdot \text{d})$			$D_G/(^\circ\text{C} \cdot \text{d})$			$D_G/(^\circ\text{C} \cdot \text{d})$		
	2003 年	2004 年	2005 年	2003 年	2004 年	2005 年	2003 年	2004 年	2005 年
10	47.7	23.7	11.4	0	-2.6	-29.2	47.7	21.1	-17.8
20	59.9	27.2	22.2	-21.6	-59.6	-60.8	38.3	-32.4	-38.7
30	67.4	28.6	32.8	-50.0	-120.7	-79.5	17.5	-92.1	-46.8
40	83.9	31.0	32.8	-50.7	-169.1	-131.1	33.2	-138.1	-98.4
50	83.9	60.4	33.2	-103.5	-172.3	-177.1	-19.7	-111.9	-143.9
60	83.9	70.3	43.7	-169.2	-184.3	-229.7	-85.3	-114.0	-186.1
70	94.9	70.3	67.8	-193.6	-228.2	-233.0	-98.7	-157.9	-165.2
80	104.1	80.7	80.2	-217.2	-244.3	-243.5	-131.1	-163.6	-163.3

### 2.1.2 荔枝盛花期出现早晚及花序出现至盛花期的持续时间与温度条件的关系

从表 1 可以看出 2003—2005 年荔枝花序出现时间分别为 24/2、20/2、18/2，盛花期出现时间分别为 30/3、12/4、20/4，其中 2003 年花序出现至盛花期仅经历了 29 天，而 2005 年花序出现至盛花期长达 56 天，2004 年则处于两者之间。比较 2003—2005 年荔枝花序出现至盛花期的逐日生长温度（见图 1）可以看出：荔枝花序出现后，日生长温度偏高的年份，可促进花穗形成，缩短花序至开花时间；而温度持续偏低的年份，花穗的形成受抑制，花序至开花时间则明显比正常年份延长。可见，荔枝花序出现至盛花期日生长温度的高低对该发育期持续时间的长短起决定性的作用。

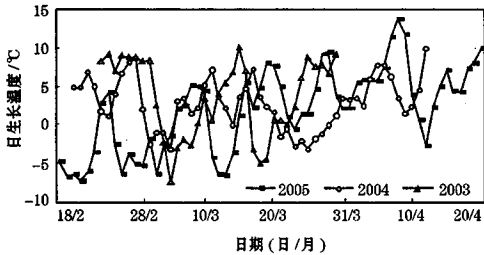


图 1 2003—2005 年荔枝花序出现至盛花期日生长温度变化曲线比较

### 2.1.3 荔枝果实分大小期的早晚及开花末期至果实分大小持续时间与温度条件的关系

2003—2005 年荔枝开花末期至果实分大小期的日生长温度变化曲线（图 2）表明，2005 年荔枝开花末期至果实分大小期的日生长温度总体高于 2003 和 2004 年，该年发育期持续时间为 24 天；而日生长温度显著偏低的 2003 年，该发育期持续时间则持续了 35 天；2004 年该发育期的日生长温度介于 2003 和 2005 年之间，发育期持续时间也介于两者之间。由此可见，荔枝开花末期至果实分大小期日生长温度的高低与该发

育期持续时间的长短相关，即荔枝开花末期至果实分大小期日生长温度偏高的年份，有利于促进果实生长发育，果实分大小期出现日期则会相应提前。反之，温度偏低的年份，不利荔枝果实生长发育，果实分大小期出现日期则会相应延迟。

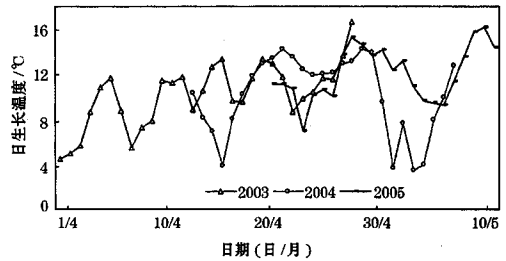


图 2 2003—2005 年荔枝开花末期至果实分大小日生长温度变化曲线比较

### 2.1.4 荔枝果肉出现早晚及果实分大小至果肉出现的持续时间与温度条件的关系

比较 2003、2004、2005 年荔枝果实分大小至果肉出现期持续天数及其逐日生长温度变化曲线不难发现，2004 年果实分大小至果肉出现期的日生长温度总体比 2003、2005 年偏低，其所经历的天数则大于 2003、2005 年，2003 年和 2005 年日生长温度变化趋势接近，发育期持续天数差异不大。因此，荔枝果实分大小至果肉出现期间日生长温度的高低，直接影响到下一个发育期出现的早晚及持续时间的长短。

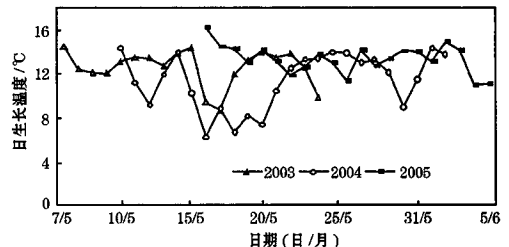


图 3 2003—2005 年荔枝果实分大小至果肉出现期日生长温度变化曲线比较

2.1.5 荔枝可采成熟期出现早晚及果肉出现至可采成熟期持续时间与温度条件的关系

连续 3 年观测结果表明, 尽管不同年份迟熟荔枝品种“禾荔”成熟期存在十多天的差异, 但荔枝果肉出现至可采成熟期的间隔天数却近似常数, 约为 35 天。经过分析, 这与广西荔枝迟熟品种果实进入生长后期后, 广西正处于盛夏炎热多雨季节, 不同年份的日生长温度波动不明显有关。从图 4 也可以看出, 2003、2004、2005 年荔枝果肉出现至可采成熟期日生长温度变化趋势基本一致。可见, 荔枝可采成熟期出现的早晚主

要取决于果实前一个发育期的早晚。

2.2 荔枝果实各发育期与日生长温度累积的关系

比较近 3 年的荔枝物候观测资料, 发现荔枝进入生殖生长阶段后, 不同年份各发育期进程差异明显, 除果实分大小至可采成熟期的时间间隔近似常数外, 其余各发育期的持续时间均呈现跳跃性变化。计算不同年份荔枝花序出现至果实各发育期  $\geq 0^{\circ}\text{C}$  的日平均气温累积量  $T_A$  ( $^{\circ}\text{C}$ )、有效日生长温度累积量  $D_{GA}$ 、日生长温度累积量  $D_G$  以及它们的极差 (详见表 3) 可以看出, 荔枝花序出现至果实各发育期间, 不同年份日平均气温累积量的变幅最大, 变化幅度为  $264.4 \sim 451.2^{\circ}\text{C}$ , 其次是有效日生长温度累积量变幅, 变化幅度为  $56.8 \sim 90.3^{\circ}\text{C} \cdot \text{d}$ , 而不同年份的日生长温度累积量变幅最小, 仅为  $16.6 \sim 44.5^{\circ}\text{C} \cdot \text{d}$ 。这一结果说明了荔枝果实生长发育期的日生长温度累积量比有效日生长温度累积量和日平均气温累积量更具有稳定性。

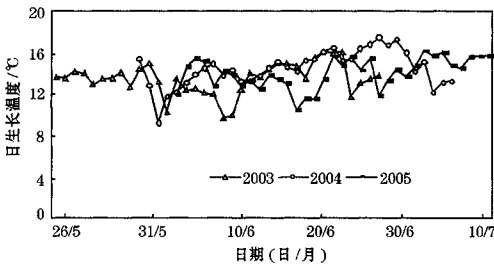


图 4 2003—2005 年荔枝果肉出现至可采成熟期日生长温度变化曲线比较

表 3 2003—2005 年荔枝果实各生长发育期日生长温度累积的变化比较

	发育期持续天数/d				$T_A/^{\circ}\text{C}$				$D_{GA}/(^{\circ}\text{C} \cdot \text{d})$				$D_G/ (^{\circ}\text{C} \cdot \text{d})$			
	2003	2004	2005	差	2003	2004	2005	差	2003	2004	2005	差	2003	2004	2005	差
花序-开花始期	29	47	56	27	528.8	823.5	913.0	384.2	116.4	145.1	173.2	56.8	86.1	123.5	79.0	44.5
花序-开花盛期	35	53	62	27	603.6	944.3	1041.7	438.1	156.0	166.8	213.9	57.9	125.9	145.2	119.8	25.4
花序-开花末期	37	55	68	31	641.6	992.6	1092.8	451.2	179.4	197.7	236.3	56.9	149.3	176.1	142.1	34.0
花序-幼果分大小期	72	81	82	10	1470.8	1640.7	1735.2	264.4	513.6	462.6	534.4	71.8	483.4	444.1	440.2	43.2
花序-果肉出现期	91	105	109	18	1931.9	2251.7	2339.7	407.8	752.8	735.9	826.2	90.3	722.7	714.3	732.0	17.3
花序-可采成熟期	127	140	145	18	2940.0	3246.1	3319.6	379.6	1231.5	1236.7	1312.1	80.6	1201.3	1215.1	1217.9	16.6

差: 最大与最小之差

3 讨论

观测结果表明, 不同年份“禾荔”荔枝果实发育期出现的日期及其持续时间的长短差异明显, 各发育期出现的迟、早及其持续

时间的长短与当年的温度条件有关: 花序前 55d 的日生长温度积寒量绝对值偏大的年份有利于荔枝花芽分化, 花序至开花始、盛花期、开花末期、果实分大小期、果肉出现期之间, 温度偏高的年份可加快果实发育进程, 发育期间隔天数缩短, 反之, 果实发育

进程延缓,发育期间隔天数延长;果肉出现至可采成熟期间,由于温度变化比较平稳,因此,发育期间隔天数也相对稳定。

分析并比较不同年份荔枝花序出现至果实各发育期 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 的日平均气温累积量 $T_A$ ( $^{\circ}\text{C}$ )、有效日生长温度累积量 $D_{GA}$ ( $^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$ )、日生长温度累积量 $G_D$ ( $^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$ )以及它们的极差,结果表明,日生长温度与荔枝花序出现后至可采成熟期所需的时间有较大的相关性。但统计结果也表明,应用有效日生长温度累积值可更好地反映荔枝花序出现至果实各发育阶段所需的时间,这在一定程度上也说明了荔枝果实发育期间的无效日生长温度对果实发育起到抑制或阻碍作用,而且这种阻碍还需要后期日生长温度的完全补偿后才能完成发育期进程,而荔枝果实发育期进程的快慢在一定程度上取决于果实发育期间日生长温度积寒量的大小以及温度回升后的有效日生长温度的补偿速率,这一结果对果实成熟期预测有积极的参考作用。但是低温天气是如何影响荔枝果实发育进程的问题还有待进一步观察、研究。

## 参考文献

- [1] 刘荣光,彭宏祥,刘安阜等. 气象因子对荔枝中迟熟品种花芽分化的影响[J]. 广西农业科学, 1994, 20(2): 60-62.
- [2] 邓万刚,张黎明,唐树梅. 环境因子对荔枝花芽分化的影响研究进展[J]. 华南热带农业大学学报, 2004, 10(1): 17-22.
- [3] Menzel C M, Simpson DR. 温度对荔枝开花的影响[J]. 张平,何燕译. 广西热作科技, 1998, 67(2): 47-53.
- [4] Menzel C M, Simpson DR. Temperature above  $20^{\circ}\text{C}$  reduce flowering in lychee (*Litchi chinensis* Sonn.) [J]. *Sci. hort*, 1995, 70(2): 245-255.
- [5] 李绍鹏,蔡胜忠,傅湘辉等. 影响荔枝花芽分化与形成的叶温及其调节[J]. 热带作物学报, 1999, 20(4): 38-43.
- [6] 高素华,黄增明. 荔枝花芽分化期的冷暖气候指标及对产量的影响[J]. 气象, 2004, 30(3): 17-21.
- [7] 陈珍莉. 海南“妃子笑”荔枝花芽分化期气象条件及栽培对策[J]. 广西热带农业, 2005, 97(2): 23-24.
- [8] 季作梁,叶自行. 气温对荔枝开花坐果的影响[J]. 果树科学, 1995, 12(4): 250-252.
- [9] 李建国,黄辉白,黄旭明. 妃子笑荔枝早花果和晚花果大小不同与温度的关系[J]. 果树学报, 2004, 21(1): 37-41.
- [10] 陶忠良,高爱平,周兆德. 气象条件对荔枝产量的影响研究综述[J]. 中国南方果树, 2001, 30(4): 29-31.
- [1] 刘荣光,彭宏祥,刘安阜等. 气象因子对荔枝中迟