

DOI: 10.16626/j.cnki.issn1000-8047.2025.02.011

# 不同生长调节剂对芒果果实膨大和品质的影响\*

吴朋浩<sup>1,3</sup>, 黄慧俐<sup>2</sup>, 陈千付<sup>2</sup>, 王烨熔<sup>1</sup>, 韦兰洁<sup>1</sup>, 谢晓娜<sup>1</sup>, 朱正杰<sup>1</sup>, 李曦<sup>1</sup>

(1 百色学院农业与食品工程学院, 广西芒果生物学重点实验室, 亚热带特色农业产业学院, 533000)

(2 百色市现代农业技术研究推广中心) (3 华中农业大学)

**摘要** 以台农芒果为试验材料, 设置喷施 GA<sub>7</sub> (1、2、5、10 mg/L)、GA<sub>3</sub> (25、50、75 mg/L)、200 mg/L CPPU + TDZ (50、100 mg/L) 和清水对照共 10 个处理, 通过监测台农芒果有胚果和无胚果生育期果实横径、纵径、厚径的动态变化, 以及成熟果实单果重、可食率、果实色泽、可溶性固形物含量、总酸含量、固酸比、维生素 C 含量和果形指数等指标的对比分析, 研究不同种类以及不同浓度生长调节剂对台农芒果有胚果和无胚果全生育期果实膨大和果实品质的影响, 探究促进果实膨大的适宜生长调节剂的种类和浓度。结果表明, 喷施 10 mg/L GA<sub>7</sub>、25 mg/L GA<sub>3</sub> 处理后第 2 周和第 5 周均促进了有胚果果实横径、纵径和厚径的增加, 喷施 50 mg/L GA<sub>3</sub> 处理对无胚果果实膨大有明显的促进作用。不同浓度生长调节剂处理对成熟有胚果平均单果重、可食率、总酸含量、维生素 C 含量和果形指数均无显著促进作用; 但喷施 5 mg/L GA<sub>7</sub>、50 mg/L GA<sub>3</sub> 处理均显著增加了有胚果果实可溶性固形物含量; 喷施 1、2 mg/L GA<sub>7</sub>、25、75 mg/L GA<sub>3</sub> 和 200 mg/L CPPU + 50 mg/L TDZ 处理均显著增加了果实固酸比。不同浓度生长调节剂处理对成熟无胚果可食率、可溶性固形物含量、维生素 C 含量基本无显著增加效果, 对果实 a\*、b\* 值影响均不显著, 喷施 75 mg/L GA<sub>3</sub> 和 200 mg/L CPPU + 100 mg/L TDZ 处理均显著促进了单果重的增加, 喷施 25 mg/L GA<sub>3</sub> 处理显著增加了果实总酸含量, 喷施 1、2 mg/L GA<sub>7</sub> 处理均显著促进了果实固酸比, 喷施 75 mg/L GA<sub>3</sub> 处理显著增加了果形指数。因此, 谢花末期喷施 50 mg/L GA<sub>3</sub> 处理第 2 周至第 5 周能显著促进无胚果果实膨大且提高单果重, 建议生产上可在谢花末期喷施 50 mg/L GA<sub>3</sub> 以提高单果重来提高产量, 同时对果实内在品质的影响较小。

**关键词** 芒果; 台农; 生长调节剂; 果实膨大; 果实品质

中图分类号: S667.7

文献标志码: A

文章编号: 1000-8047(2025)02-0076-09

## Effects of several growth regulation substances on fruit expansion and quality in mango

Wu Penghao<sup>1,3</sup>, Huang Huili<sup>2</sup>, Chen Qianfu<sup>2</sup>, Wang Yerong<sup>1</sup>, Wei Lanjie<sup>1</sup>, Xie Xiaona<sup>1</sup>, Zhu Zhengjie<sup>1</sup>, Li Xi<sup>1</sup>

(1 College of Agriculture and Food Engineering, Baise University; Guangxi Key Laboratory of Biology for Mango; Industrial College of Subtropical Characteristic Agriculture, 533000) (2 Baise Modern Agricultural Technology Research and Extension Center) (3 Huazhong Agricultural University)

**Abstract** To study the optimal concentrations in three kinds of growth regulatory substances on fruit expansion and fruit quality during the whole growth period of embryonic and non-embryonic mango fruits. 10 treatments including GA<sub>7</sub> (1 mg/L, 2 mg/L, 5 mg/L, 10 mg/L), GA<sub>3</sub> (25 mg/L, 50 mg/L, 75 mg/L), 200 mg/L CPPU+TDZ (50 mg/L, 100 mg/L) and water (CK) were sprayed. 'Tainong' mango trees were used as experimental material. We monitored the dynamic changes of transverse diameter, longitudinal diameter and thickness diameter in embryonic and non-embryonic fruits during fruit development period, and analyzed the single fruit weight, edible rate, fruit color, soluble solid content, total acid content, solid-acid ratio, vitamin C content and fruit shape index in embryonic and non-embryonic ripe fruits. The results showed that 10 mg/L GA<sub>7</sub> and 25 mg/L GA<sub>3</sub> increased transverse diameter,

本文于 2024-07-11 收到, 2024-10-19 收到修改稿。

\*广西青年科学基金 (2022GXNSFBA035558); 广西一流学科农业资源与环境建设项目 (桂教科研 [2022] 1 号)。

吴朋浩 E-mail: wupeghao@163.com; 李曦为通信作者, E-mail: 3513245488@qq.com。

longitudinal diameter and thickness diameter of embryonic fruit at the second week and the fifth week. 50 mg/L GA<sub>3</sub> significantly increased fruit weight in ripe non-embryonic fruit. There was no significant effect on average fruit weight, edible rate, total acid content, vitamin C content and fruit shape index in ripe embryonic fruit. However, 5 mg/L GA<sub>7</sub> and 50 mg/L GA<sub>3</sub> significantly increased the soluble solid content of embryonic fruits. GA<sub>7</sub> (1 mg/L and 2 mg/L), GA<sub>3</sub> (25 mg/L and 75 mg/L), 200 mg/L CPPU+50 mg/L TDZ significantly increased the solid-to-acid ratio of embryonic fruit. The edible rate, soluble solids and vitamin C content of non-embryonic fruits were not significantly increased in different concentrations growth regulatory substances treatment. The effect on a\* and b\* is not significant. 75 mg/L GA<sub>3</sub> and 200 mg/L CPPU+100 mg/L TDZ significantly increased the single fruit weight in non-embryonic fruit. 25 mg/L GA<sub>3</sub> significantly increased the total acid content; GA<sub>7</sub> (1 mg/L and 2 mg/L) significantly increased the solid-acid ratio in non-embryonic fruits. 75 mg/L GA<sub>3</sub> significantly increased the fruit shape index in non-embryonic fruit. Therefore, 50 mg/L GA<sub>3</sub> treatment at the anthesis can promote the fruit expansion and single fruit weight in non-embryonic fruits at 2 to 5 weeks after treatment. All these results suggested that 50 mg/L GA<sub>3</sub> can increase the single fruit weight and decrease the negative effect on fruit quality.

**Key words** mango; ‘Tainong’; growth regulation substances; fruit expansion; fruit quality

芒果 (*Mangifera indica* L.) 属漆树科芒果属, 又名杧果, 是世界第二大热带水果。其风味独特, 并有较好的营养价值、保健功效及药用功效, 有“热带果王”的美誉<sup>[1-3]</sup>。我国芒果产区主要分布在广西、海南、云南、贵州等省区, 其中广西百色市已建成全国最大的芒果生产基地, 百色市芒果主要集中在右江河谷地区, 该地区主栽品种有台农、贵妃、桂七、金煌, 其中台农芒果种植面积最大。由于气候因素, 右江河谷地区种植的台农芒果有胚果量减少, 出现了只能依靠无胚果来形成产量的现象。一般, 无胚果是受精不良的果实, 果实难以膨大, 并造成严重的生理落果, 影响芒果产量和当地经济效益<sup>[4-5]</sup>。因此, 为了保障台农芒果持续稳定的产业, 需要依靠大量生长调节剂才能满足台农芒果无胚果果实坐果和果实膨大的需求。

赤霉素(GA)、苯基脲类细胞分裂素(CPPU)、噻苯隆(TDZ)常被用于芒果栽培中。目前已发现的赤霉素中, GA<sub>1</sub>、GA<sub>3</sub>、GA<sub>4</sub>和GA<sub>7</sub>的生物活性最高<sup>[6-7]</sup>, 生长调节剂在生产中广泛使用。Talon等<sup>[8]</sup>通过使用外源赤霉素减少无核柑橘果实的落果, 并促进果实膨大, 提高无核柑橘果实的单性结实性。钟勇<sup>[9]</sup>使用赤霉素喷施后, 可以起到促进芒果果实细胞生长和伸长、加速果实生长、促进坐果、增加产量的作用。高兆银等<sup>[10]</sup>在海南省东方市采前喷施 50 mg/L GA<sub>3</sub>后, 提高了贵妃芒果的产量, 可拉长果实、提高果实色泽。赵德庆等<sup>[11]</sup>对贵妃芒果幼果喷施 TDZ 和 GA<sub>3</sub>, 可以显著增加

产量和单果重, 但果实品质略有下降。朱敏等<sup>[12]</sup>使用 5 mg/L CPPU 和 10 mg/L CPPU 喷施贵妃芒果后, 果实膨大效果明显, 可食率和果实硬度增加, 且具有疏果作用。在百色地区芒果栽培中, 不同类型生长调节剂被广泛用于促进台农芒果无胚果实膨大, 提高产量。然而, 生长调节剂的使用类型、浓度以及使用后果实生育过程中的膨大特征、对果实品质的影响均没有深入研究。

本试验以台农芒果为研究材料, 在谢花末期喷施不同浓度 GA<sub>3</sub>、GA<sub>7</sub>、CPPU + TDZ 后, 研究其对台农芒果有胚果和无胚果生育过程中果实膨大以及品质的影响, 以确定适宜百色地区芒果膨果的生长调节剂类型和浓度, 为芒果种植中科学合理地施用生长调节剂、改善芒果果实品质、提高果实产量提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

田间试验于 2021 年在广西百色市国家农业科技园区内(北纬 23°40′44.36″, 东经 106°59′12.92″)开展, 选择长势较一致的 5~8 年生嫁接台农芒果作为供试材料。行株距 5 m × 4 m, 果园土质为黏性土, 采用常规栽培管理。供试试剂: GA<sub>3</sub>(含量 ≥ 90%, 国药集团化学试剂有限公司), GA<sub>7</sub>(含量 ≥ 90%, 源叶生物科技有限公司), CPPU(含量 ≥ 90%, 源叶生物科技有限公司), TDZ(含量 ≥ 90%, 源叶生物科技有限公司)。

## 1.2 试验方法

2021年3月7—14日为台农芒果谢花末期。2021年3月14日果实生长至绿豆大小时喷施不同浓度 $GA_3$ 、 $GA_7$ 与CPPU+TDZ混合溶液于各处理植株的树梢。试验共分为10个小区,所有小区土壤和环境状况一致,处理后所有小区的园艺管理一致,每个小区选取长势一致的植株进行处理,每个处理进行3次重复,每次重复1株树,共3株树。试验共设置10个处理:1 mg/L  $GA_7$  (S1)、2 mg/L  $GA_7$  (S2)、5 mg/L  $GA_7$  (S3)、10 mg/L  $GA_7$  (S4)、25 mg/L  $GA_3$  (T1)、50 mg/L  $GA_3$  (T2)、75 mg/L  $GA_3$  (T3)、200 mg/L CPPU+50 mg/L TDZ (C1)、200 mg/L CPPU+100 mg/L TDZ (C2),以喷施清水作为对照(CK)。2021年6月6日果实青熟期采收,随机选出大小较一致、外观无损的台农芒果有胚果和无胚果各5个,带回实验室置于密闭纸箱中进行后熟,待后熟完成后进行各指标的测定。

## 1.3 测量指标

### 1.3.1 果实生长发育的测定

于喷施生长调节剂后第2周,在各处理的每株树随机标记3个新梢,使用游标卡尺测量有胚果和无胚果的横、纵、厚径,各5个果。在喷施生长调节剂后第2周、第5周、第8周、第11周,分别测量各处理标记果实的有胚果和无胚果的横、纵、厚径,各5个果。

### 1.3.2 果实品质的测定

青熟期采收果实后熟后,使用误差为0.01的电子天平称量单果重。使用数显游标卡尺测量果实的横、纵、厚径。以果实的可食部分重量和单果重之比作为可食率。采用糖度计(日本Atago公司)测定果实可溶性固形物含量。参照《食品安全国家标准 食品中总酸的测定》(GB 12456—2021)来测定果实总酸含量,取5个果实进行测定。以可溶性固形物含量与总酸含量的比值作为固酸比。参照《食品安全国家标准 食品中抗坏血酸的测定》(GB 5009.86—2016)来测定果实维生素C含量,取5个果实进行测定。

### 1.3.3 果实色泽的测定

成熟期采收的有胚果和无胚果的色泽,使用

日本柯尼卡美能达的小型色差计(CR-10Plus)进行测定。取5个果实,在果实的同一水平上绕果实1周任选3个位置进行测定,记录色度值 $a^*$ 值和 $b^*$ 值。

## 1.4 数据处理与分析

试验数据采用Excel 2019软件进行统计分析,采用SPSS 22.0软件对各指标进行单因素方差分析,并采用Duncan's法对平均值进行多重比较,采用Excel 2019软件和Origin 2024软件进行相关性分析并制图。

## 2 结果与分析

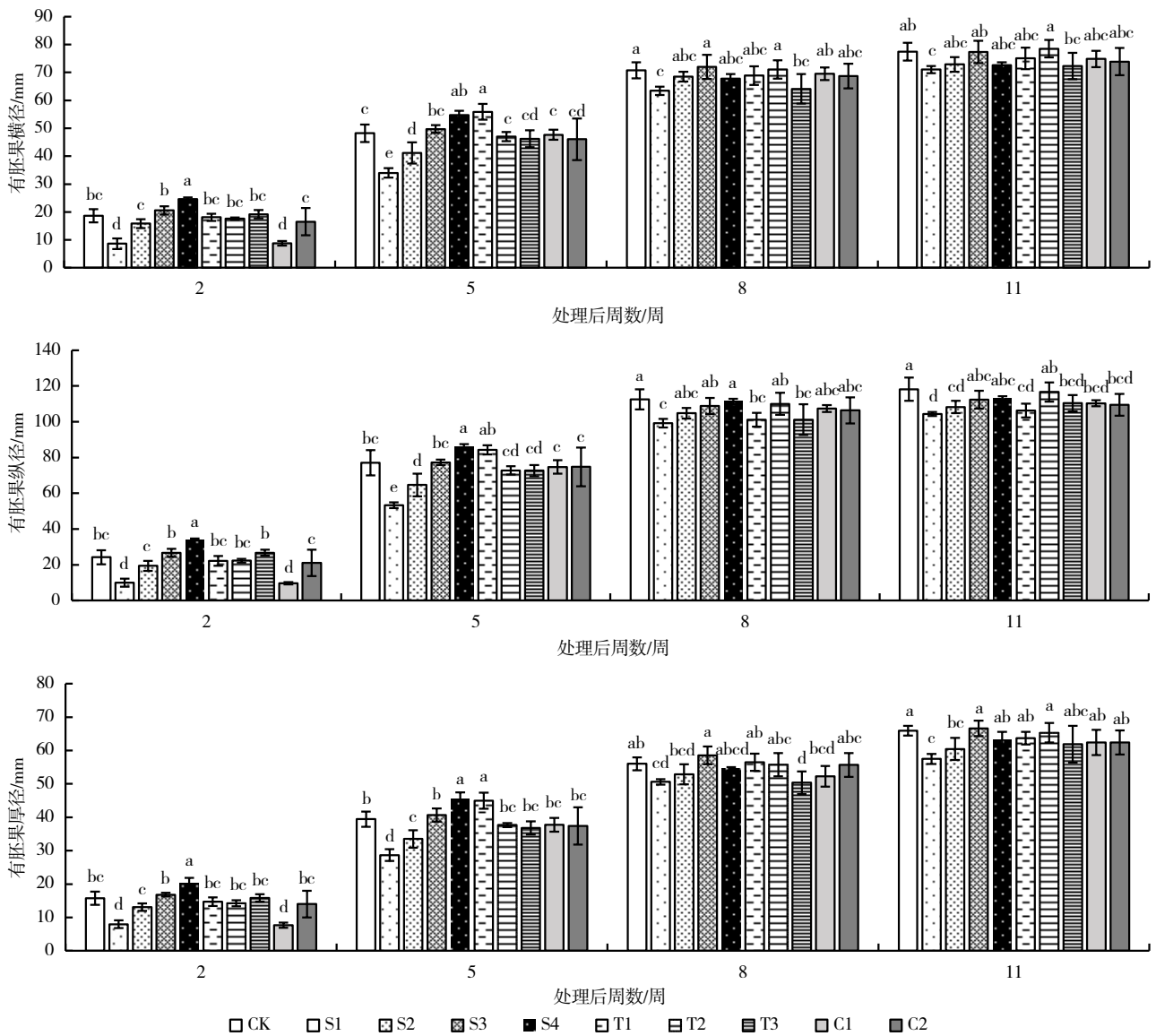
### 2.1 不同浓度生长调节剂对台农芒果生长发育的影响

#### 2.1.1 不同浓度生长调节剂对台农芒果有胚果果实膨大的影响

由图1可知,不同浓度生长调节剂处理后第2周至第8周,有胚果横径、纵径和厚径均呈增加的趋势,第8周至第11周果实横径、纵径和厚径的增加幅度均减小。在有胚果横径方面,与CK相比,不同浓度生长调节剂处理后第2周S4处理显著增加,为24.58 mm;第5周T1处理显著增加,为55.89 mm。在有胚果纵径方面,与CK相比,不同浓度生长调节剂处理后第2周、第5周S4处理均显著增加,分别为34.09、86.17 mm。在有胚果厚径方面,与CK相比,不同浓度生长调节剂处理后第2周S4处理显著增加,为20.37 mm;第5周S4、T1处理均显著增加,分别为45.38、44.96 mm。

#### 2.1.2 不同浓度生长调节剂对台农芒果无胚果果实膨大的影响

由图2可知,不同浓度生长调节剂处理后第2周至第8周,无胚果横径、纵径和厚径均呈明显增加的趋势,第8周至第11周果实横径、纵径和厚径的增加幅度减小。在无胚果横径方面,与CK相比,不同浓度生长调节剂处理后第2周T2处理增加,为9.21 mm,差异不显著;第5周T2、T3处理均增加,分别为25.03、24.10 mm,差异均不显著;第11周C1处理增加,为55.06 mm,差异不显著。在无胚果纵径方面,与CK相比,



注: 同一时期不同小写字母表示差异显著 ( $P < 0.05$ )。图 2 同。

图 1 不同浓度生长调节剂对台农芒果有胚果果实膨大的影响

不同浓度生长调节剂处理后第 2 周 T2 处理显著增加, 为 10.68 mm; T3 处理增加到 9.38 mm, 差异不显著。第 5 周、第 8 周、第 11 周 T2 处理和 T3 处理分别增加到 41.86、75.61、85.34 mm 和 41.01、73.91、84.30 mm, 差异均不显著。在无胚果厚径方面, 与 CK 相比, 不同浓度生长调节剂处理后第 2 周 T2 处理显著增加, 为 8.67 mm; 第 5 周、第 8 周、第 11 周 T2 处理分别增加到 21.13、35.61、44.26 mm, 差异均不显著。T2 处理对台农芒果无胚果的果实膨大有明显的促进作用。

## 2.2 不同浓度生长调节剂对台农芒果果实品质的影响

### 2.2.1 不同浓度生长调节剂对台农芒果有胚果果实品质的影响

由表 1 可知, 不同浓度生长调节剂处理对成熟台农芒果有胚果平均单果重、可食率、总酸含量、维生素 C 含量和果形指数均无显著促进效果。与 CK 相比, S3、T2 处理均显著增加了有胚果果实可溶性固形物含量, 分别为 17.96%、17.12%; S1、S2、S4、T1、T3、C1 处理均显著降低了有胚果果实总酸含量; S1、S2、T1、T3、C1 处理均显著增加了有胚果果实固酸比, 分别为 74.31、67.02、57.15、73.60、56.56; S3、S4、T1、T3 处理均显著降低了有胚果果实维生素 C 含量。

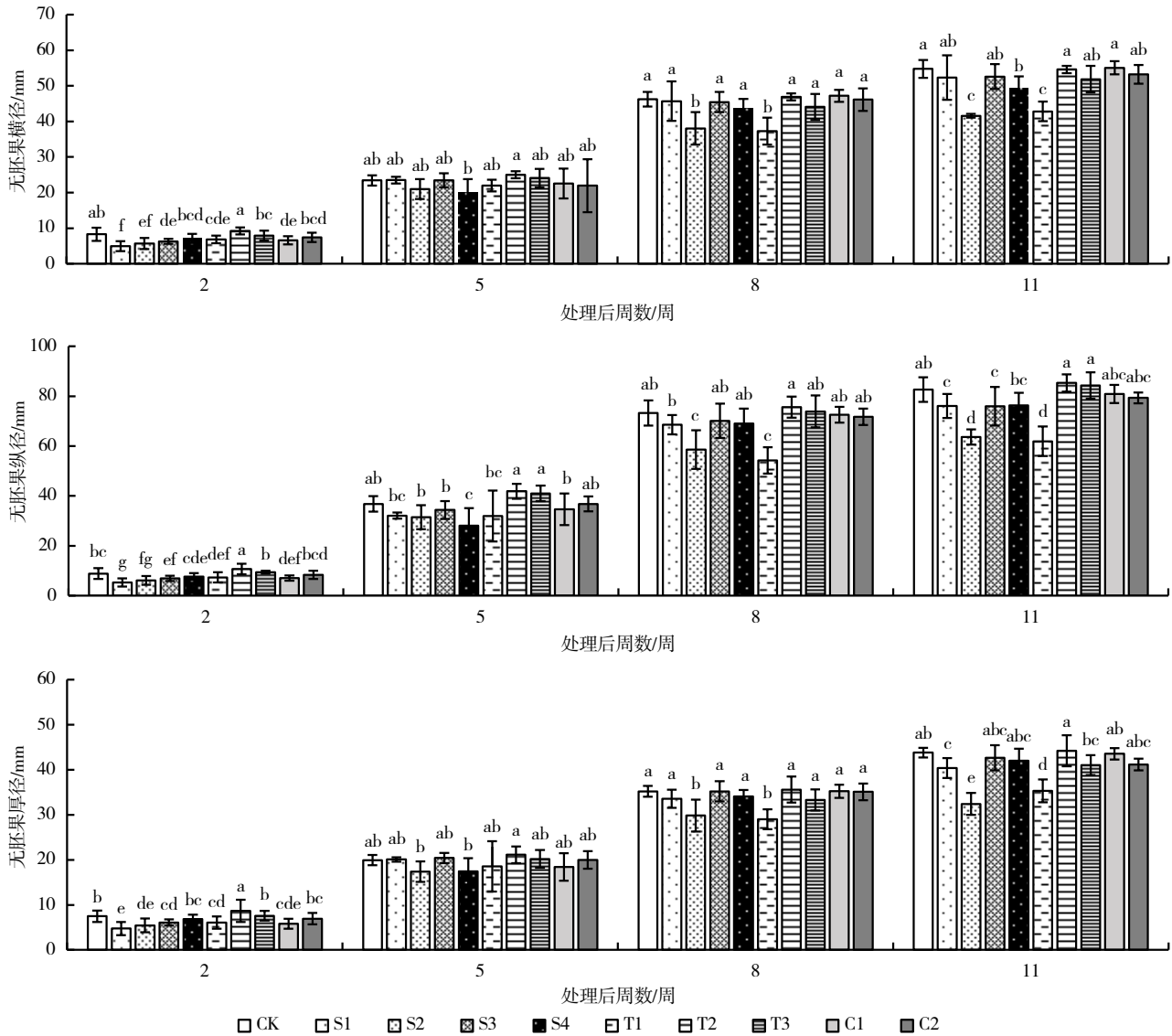


图 2 不同浓度生长调节剂对台农芒果无胚果果实膨大的影响

表 1 不同浓度生长调节剂对台农芒果有胚果果实品质的影响

处理	平均单果重 /g	可食率 /%	可溶性固形物含量 /%	总酸含量 /%	固酸比	维生素 C 含量 / (mg/kg)	果形指数
CK	302.87 ± 26.19 a	72.36 ± 6.03 a	14.14 ± 2.02 c	0.46 ± 0.11 a	31.43 ± 7.15 c	305.6 ± 29.4 a	1.53 ± 0.08 abc
S1	205.75 ± 3.50 d	67.93 ± 1.08 abc	15.57 ± 0.58 abc	0.21 ± 0.01 c	74.31 ± 6.01 a	295.1 ± 48.9 ab	1.57 ± 0.13 ab
S2	215.54 ± 37.52 d	71.72 ± 2.74 a	13.40 ± 2.12 c	0.22 ± 0.08 c	67.02 ± 20.40 ab	242.3 ± 38.7 abc	1.45 ± 0.04 c
S3	213.66 ± 29.42 d	70.52 ± 4.01 ab	17.96 ± 3.11 a	0.49 ± 0.26 a	44.57 ± 20.08 bc	226.7 ± 39.9 bc	1.47 ± 0.03 bc
S4	236.10 ± 20.03 ed	70.82 ± 1.66 a	13.18 ± 1.21 c	0.28 ± 0.11 bc	51.75 ± 16.01 abc	214.8 ± 62.1 c	1.59 ± 0.07 a
T1	229.67 ± 33.48 ed	66.18 ± 2.45 bc	15.53 ± 0.73 abc	0.29 ± 0.08 bc	57.15 ± 14.99 ab	235.6 ± 15.6 bc	1.45 ± 0.04 c
T2	289.62 ± 53.33 a	71.76 ± 1.61 a	17.12 ± 1.30 ab	0.38 ± 0.12 abc	48.94 ± 15.93 bc	271.5 ± 54.9 abc	1.52 ± 0.16 abc
T3	260.42 ± 9.10 bc	70.48 ± 2.19 ab	15.98 ± 1.52 abc	0.24 ± 0.09 c	73.60 ± 23.56 a	218.3 ± 40.0 c	1.52 ± 0.05 abc
C1	259.51 ± 13.22 bc	69.88 ± 2.33 abc	15.15 ± 1.79 bc	0.28 ± 0.05 bc	56.56 ± 13.82 ab	245.7 ± 49.1 abc	1.56 ± 0.05 abc
C2	220.13 ± 16.10 ed	65.68 ± 1.19 c	14.26 ± 2.10 c	0.44 ± 0.09 ab	33.16 ± 4.19 c	252.8 ± 60.9 abc	1.54 ± 0.05 abc

注: 同列数据后不同小写字母表示差异显著 ( $P < 0.05$ )。下同。

由表 2 可知, T3 处理有胚果果实 a\*值最大, 为 9.13, 与 CK 差异不显著; S3 处理最小, 为 0.17,

显著低于 CK。C2 处理有胚果果实 b\*值最大, 为 60.14, 与 CK 差异不显著; S2 处理最小, 为 49.59, 显著低于 CK。

表 2 不同浓度生长调节剂对台农芒果有胚果果实色泽的影响

处理	a*值	b*值	处理	a*值	b*值
CK	5.65 ± 4.01 abc	56.94 ± 1.44 ab	T1	4.75 ± 1.82 bc	56.32 ± 1.22 ab
S1	7.66 ± 1.90 ab	57.01 ± 0.93 ab	T2	7.66 ± 3.23 ab	53.65 ± 2.82 bc
S2	3.40 ± 2.23 cd	49.59 ± 3.40 c	T3	9.13 ± 1.02 a	56.17 ± 1.62 ab
S3	0.17 ± 4.38 d	53.15 ± 5.52 bc	C1	6.94 ± 1.90 abc	58.58 ± 2.65 ab
S4	6.43 ± 1.78 abc	55.13 ± 5.30 ab	C2	6.55 ± 2.31 abc	60.14 ± 3.36 a

### 2.2.2 不同浓度生长调节剂对台农芒果无胚果果实品质的影响

由表 3 可知, 不同浓度生长调节剂处理对成熟台农芒果无胚果果实可食率、可溶性固形物含量、维生素 C 含量均无显著促进效果。与 CK 相比, T3、C2 处理均显著增加了无胚果平均单果重, S2、S4、T1 处理均显著降低了无胚果平均单果重; T1 处理显著降低了无胚果果实可食率; S4、T3 处理均显著降低了无胚果果实可溶性固形物含量; T1 处理显著增加了无胚果果实总酸含量, S2、S4、C2 处理均显著降低了无胚果果实总酸含量; S1、S2 处理均显著增加了无胚果果实固酸比, 分别为 65.65、63.88; T3 处理显著增加了无胚果果形指数。

表 3 不同浓度生长调节剂对台农芒果无胚果果实品质的影响

处理	平均单果重 /g	可食率 /%	可溶性固形物含量 /%	总酸含量 /%	固酸比	维生素 C 含量 / (mg/kg)	果形指数
CK	97.28 ± 4.65 bc	72.94 ± 6.08 ab	15.58 ± 2.38 abc	0.36 ± 0.08 bcd	43.93 ± 7.88 bcd	324.0 ± 31.0 a	1.50 ± 0.09 bc
S1	88.29 ± 16.93 cd	69.80 ± 1.87 abc	14.83 ± 2.55 abcd	0.25 ± 0.10 def	65.65 ± 18.31 a	239.8 ± 38.8 b	1.48 ± 0.10 c
S2	79.01 ± 7.36 de	67.34 ± 3.10 bc	14.04 ± 3.17 abcde	0.23 ± 0.06 ef	63.88 ± 22.50 a	214.9 ± 51.9 bcd	1.48 ± 0.06 c
S3	94.84 ± 17.81 cd	69.62 ± 3.34 abc	16.06 ± 3.79 ab	0.40 ± 0.17 abc	43.02 ± 11.29 bcd	143.3 ± 36.6 f	1.46 ± 0.07 c
S4	71.20 ± 11.30 e	68.90 ± 5.50 abc	10.68 ± 2.11 e	0.18 ± 0.04 f	60.54 ± 13.57 ab	244.0 ± 74.8 b	1.61 ± 0.11 ab
T1	45.06 ± 10.35 f	64.65 ± 5.87 c	15.93 ± 1.68 ab	0.50 ± 0.04 a	31.88 ± 2.88 d	184.1 ± 8.9 cdef	1.50 ± 0.04 bc
T2	112.25 ± 14.48 ab	68.18 ± 0.83 abc	16.86 ± 1.84 a	0.43 ± 0.11 ab	41.55 ± 10.42 cd	226.2 ± 28.7 bc	1.51 ± 0.08 bc
T3	115.02 ± 19.54 a	67.04 ± 3.50 bc	11.58 ± 2.97 de	0.29 ± 0.06 cdef	40.95 ± 10.14 cd	199.3 ± 11.7 bcde	1.62 ± 0.08 a
C1	104.13 ± 2.37 abc	70.83 ± 7.38 abc	12.72 ± 0.72 bcde	0.31 ± 0.11 bcde	44.03 ± 12.77 bcd	157.1 ± 23.9 ef	1.45 ± 0.06 c
C2	119.33 ± 5.92 a	74.29 ± 6.07 a	12.16 ± 3.38 cde	0.23 ± 0.04 ef	51.83 ± 7.84 abc	167.7 ± 9.2 def	1.51 ± 0.05 bc

由表 4 可知, 与 CK 相比, 不同浓度生长调节剂处理对成熟台农芒果无胚果果实 a\*、b\*值影响均不显著。

表 4 不同浓度生长调节剂对台农芒果无胚果果实色泽的影响

处理	a*值	b*值	处理	a*值	b*值
CK	8.05 ± 1.57 a	53.51 ± 5.87 ab	T1	9.29 ± 1.08 a	51.80 ± 0.41 ab
S1	9.65 ± 3.26 a	51.79 ± 1.85 ab	T2	7.37 ± 2.50 a	51.85 ± 3.18 ab
S2	8.68 ± 1.63 a	56.58 ± 1.69 a	T3	7.72 ± 1.83 a	54.44 ± 2.74 ab
S3	9.17 ± 3.62 a	52.18 ± 8.17 ab	C1	7.00 ± 1.30 a	55.73 ± 1.78 ab
S4	7.27 ± 0.85 a	49.87 ± 2.25 b	C2	9.33 ± 3.00 a	50.55 ± 5.01 ab

## 2.3 台农芒果果实各性状间相关性分析

### 2.3.1 台农芒果有胚果各性状间相关性分析

由图 3 可知, 在台农芒果有胚果中, 单果重与横径、纵径、厚径均呈显著正相关, 横径、纵径、厚径相互间均呈显著正相关。纵径与固酸比、a\*值均呈显著正相关。b\*值与 a\*值呈显著正相关。

总酸含量与可溶性固形物含量呈显著正相关, 与果形指数呈显著负相关。固酸比与 a\*值呈显著正相关。

### 2.3.2 台农芒果无胚果各性状间相关性分析

由图 4 可知, 在台农芒果无胚果中, 单果重与横径、纵径、厚径均呈显著正相关, 横径、纵径、厚径相互间均呈显著正相关。可食率与单果重、横径、厚径均呈显著正相关。总酸含量与纵径呈显著负相关, 与可溶性固形物含量呈显著正相关。果形指数与横径、b\*值、可溶性固形物含量均呈显著负相关。固酸比与总酸含量呈显著负相关。

## 3 讨论和结论

现阶段广西百色地区台农芒果生产以无胚果为主, 相较于有胚果, 高品质的无胚果同样受到

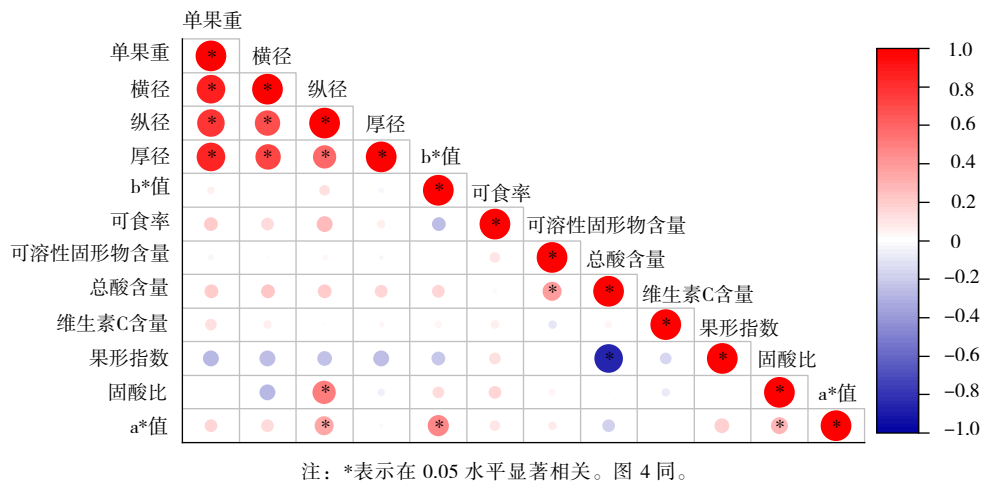


图 3 台农芒果有胚果各指标间相关性

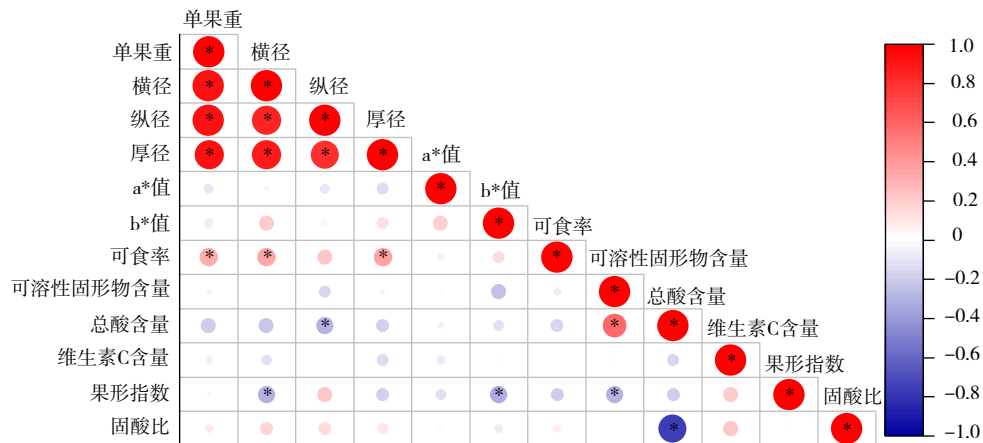


图 4 台农芒果无胚果各指标间相关性

市场青睐。生长调节剂对促进果实膨大有非常重要的作用, 台农芒果无胚果的生产需要依赖生长调节剂促进果实的膨大, 提高产量。前人研究表明, 贵妃芒果幼果期喷施 TDZ 和  $GA_3$  单剂有显著的膨果作用, 产量显著增加<sup>[11]</sup>。但喷施  $GA_3$  处理后, 果实可溶性固形物含量、固酸比均下降<sup>[10]</sup>。此外, 不同浓度的赤霉素应用在不同作物上都有一定的效果<sup>[13-16]</sup>, 使用 30 mg/L  $GA_3$  显著提高了蓝莓果实的单果重、横径、纵径、厚径, 并提高了果形指数<sup>[17]</sup>; 花期间隔 10 d 后喷施 40 mg/L  $GA_3$  能显著降低枣的单果重, 但显著增高了枣的果形指数<sup>[18]</sup>。

本研究中, 谢花末期喷施 50 mg/L  $GA_3$  显著促进了台农芒果有胚果和无胚果的果实膨大和单果重的增加。喷施 50 mg/L  $GA_3$  处理后第 2 周无胚果纵径、厚径均显著增加。相较于对照, 喷施生长调节剂处理后第 2 周至第 5 周有膨果效果。因此,

使用  $GA_3$  处理无胚果可在上一次施药后 21 d 再进行施药, 以提高生长调节剂使用效率, 避免过量施用。喷施 50 mg/L  $GA_3$  处理后有胚果也有一定的膨果效果, 喷施 10 mg/L  $GA_7$ 、25 mg/L  $GA_3$  处理后第 2 周和第 5 周促进果实横径、纵径和厚径的增加, 此结果与前人研究结果一致<sup>[10]</sup>。无核果实在生长发育过程中由于缺少种子, 内源赤霉素供应不足, 导致落果, 通过外源施用生长调节剂, 减少落果并帮助果实膨大<sup>[19-21]</sup>。芒果有胚果有发育完整的种子, 果实发育过程中种子能够提供充足的赤霉素促进果实生长发育。

使用赤霉素在一定程度上对果实颜色有影响, 如张化阁等<sup>[19]</sup>研究表明,  $GA_3$  处理可以使阳光玫瑰葡萄果皮颜色呈现出更加优良的黄绿色; 朱敏等<sup>[12]</sup>在使用 50 ~ 500 mg/L  $GA_3$  处理贵妃芒果后没有发现果皮无法正常转色, 而高兆银等<sup>[10]</sup>研究表明, 采前喷施较高浓度 (100 ~ 250 mg/L)  $GA_3$

抑制了贮藏期间果实中叶绿素的降解, 因而导致芒果采后出现滞绿, 说明果实转色受多种条件影响。本研究中, 各赤霉素处理浓度较低, 对台农芒果有胚果、无胚果的外观品质无太大影响, 并未发现果实后熟后无法正常转色的现象, 这与前人的研究结果较一致。

喷施不同浓度赤霉素对果实内在品质影响不同。60 mg/L GA<sub>3</sub>处理可以显著提高蓝莓可溶性固形物含量, 降低总酸含量, 提高固酸比, 改善其果实风味<sup>[17]</sup>。但是, 50、100、250 mg/L GA<sub>3</sub>处理均降低了贵妃芒果果实可溶性固形物含量、固酸比、维生素 C 含量<sup>[10]</sup>。本研究中, 不同浓度生长调节剂处理台农芒果有胚果后, 与对照相比, 喷施 5 mg/L GA<sub>7</sub>处理显著增加了果实可溶性固形物含量; 喷施 1、2、10 mg/L GA<sub>7</sub>, 25、75 mg/L GA<sub>3</sub>和 200 mg/L CPPU + 50 mg/L TDZ 处理均显著降低了果实总酸含量; 喷施 1、2 mg/L GA<sub>7</sub>, 25、75 mg/L GA<sub>3</sub>和 200 mg/L CPPU + 50 mg/L TDZ 处理均显著增加了果实固酸比, 改善了口感。不同浓度生长调节剂处理台农芒果无胚果后, 与对照相比, 喷施 75 mg/L GA<sub>3</sub>和 200 mg/L CPPU + 100 mg/L TDZ 处理均没有显著促进果实伸长, 但均显著促进了单果重的增加, 这也许是由于当年的降雨影响了单果重; 喷施 50 mg/L GA<sub>3</sub>处理促进了果实伸长, 同时也增加了单果重; 喷施 GA<sub>3</sub>处理均增加了果实总酸含量; 喷施 1、2 mg/L GA<sub>7</sub>处理均显著促进了果实固酸比, 改善了口感。其他研究表明, 通过赤霉素的使用有利于延缓芒果果实采后生理的变化, 保持贮藏品质<sup>[22-23]</sup>。综合分析, 不同生长调节剂处理后, 对台农芒果有胚果果实口感风味的影响大于无胚果。

综上所述, 谢花末期喷施 50 mg/L GA<sub>3</sub>处理第 2 周至第 5 周能显著促进无胚果生长, 且膨果效果显著, 但第 5 周后无胚果的膨果效果不显著。因此, 建议喷施 GA<sub>3</sub>时可在上一次施药后 21 d 再进行喷施, 以提高生长调节剂使用效率, 减少用工量。此外, 喷施 50 mg/L GA<sub>3</sub>可提高无胚果单果重, 且对内在品质无不良影响。台农芒果是右江河谷地区的主要栽培品种, 由于气候因素, 有胚果坐果数量少, 产量的形成以无胚果为主。因此

建议生产上可在谢花末期喷施 50 mg/L GA<sub>3</sub>, 以提高单果重来提高产量, 同时对果实内在品质的影响较小。

### 参考文献

- [1] 陈业渊, 党志国, 林 电, 等. 中国柑果科学研究 70 年. 热带作物学报, 2020, 41 (10): 2034-2044.
- [2] 高爱平, 陈业渊, 朱 敏, 等. 中国芒果科研进展综述. 中国热带农业, 2006 (6): 21-23.
- [3] 孙晓东, 谭书明, 刘芳宏, 等. 新鲜芒果采后贮藏保鲜综述. 食品与发酵科技, 2017, 53 (1): 78-82.
- [4] 钟 维. 右江河谷流域“台农 1 号”无胚芒果栽培技术简介. 南方农业, 2022, 16 (11): 55-58.
- [5] 凌小环, 李秋慧, 卢欣微, 等. 右江河谷地区台农一号芒果生产现状及发展对策. 安徽农学通报, 2021, 27 (7): 58-60.
- [6] 李保珠, 赵 翔, 安国勇. 赤霉素的研究进展. 中国农学通报, 2011, 27 (1): 1-5.
- [7] 黎 家, 李传友. 新中国成立 70 年来植物激素研究进展. 中国科学: 生命科学, 2019, 49 (10): 1227-1281.
- [8] Talon M, Zacarias L, Primo-Millo E. Gibberellins and parthenocarpic ability in developing ovaries of seedless mandarins. *Plant Physiology*, 1992, 99(4): 1575-1581.
- [9] 钟 勇. 植物生长调节剂在柑果生产中的应用. 广西农学报, 2019, 34 (3): 24-28.
- [10] 高兆银, 胡美姣, 朱 敏, 等. 采前喷施赤霉素 (GA<sub>3</sub>) 对柑果果实产量、品质和采后贮藏特性的影响. 果树学报, 2017, 34 (6): 744-751.
- [11] 赵德庆, 高兆银, 胡美姣, 等. 幼果期喷施噻苯隆和赤霉素对柑果果实产量和品质的影响. 中国南方果树, 2019, 48 (3): 63-66.
- [12] 朱 敏, 邓穗生, 麦贤家, 等. GA<sub>3</sub>和 CPPU 对海南贵妃柑产量和果实品质的影响. 热带作物学报, 2014, 35 (9): 1784-1790.
- [13] 王 雄, 施婷婷, 曾 荣, 等. GA<sub>3</sub>处理对纽荷兰脐橙留树保鲜果实内源激素变化的影响. 江西农业大学学报, 2010, 32 (1): 57-60.
- [14] 沙建川, 于天武, 冯敬涛, 等. 外源 GA<sub>3</sub>对‘富士’苹果幼果期 <sup>13</sup>C 光合产物向果实运输及糖代谢的影响. 植物生理学报, 2019, 55 (11): 1729-1736.
- [15] 马培恰, 吴 文, 唐小浪, 等. 采前喷施水杨酸 (SA) 和赤霉素 (GA<sub>3</sub>) 对采后贡柑果实生理及贮藏效果的影响. 果树学报, 2009, 26 (6): 891-894.
- [16] 莫永坤, 曹怀亮, 何春蒙, 等. 赤霉素对琯溪蜜柚产量及经济效益的影响. 贵州农业科学, 2010, 38 (12): 189-191.
- [17] 杨海燕, 严志祥, 樊苏帆, 等. 不同浓度赤霉素处理对基质栽培蓝莓‘安娜’果实品质的影响. 北方园艺, 2020 (23): 39-43.
- [18] 张 曼. 赤霉素对枣皱胴病及枣果实品质的影响. 阿拉尔: 塔里木大学, 2022.

DOI: 10.16626/j.cnki.issn1000-8047.2025.02.012

# 环境因子对海南主栽榴莲品种幼树生长的影响\*

乔 阳<sup>1,2</sup>, 邓会栋<sup>2</sup>, 郭利军<sup>2</sup>, 华 敏<sup>2</sup>, 郑道君<sup>1</sup>, 谢圣华<sup>1</sup>, 李向宏<sup>1</sup>, 钟义旺<sup>1,2</sup>,  
孙阳阳<sup>1,2</sup>, 吴晓慧<sup>1</sup>, 王海波<sup>3</sup>, 冯学杰<sup>1,2</sup>

(1 海南省农业科学院三亚研究院, 572000) (2 海南省农业科学院热带果树研究所, 农业农村部热带果蔬遗传资源评价利用重点实验室(部省共建), 农业农村部海口热带果树科学观测实验站, 海南省热带果树生物学重点实验室, 海南省热带果树育种工程技术研究中心) (3 中国农业科学院果树研究所)

**摘 要** 通过对海南省4个榴莲种植区的4个主栽品种金枕、猫山王、黑刺和干尧幼树植株的生长指标进行为期12个月的生长量分析, 结果表明: 海南省9—10月榴莲生长较快, 12月至次年2月榴莲生长较慢; 海南省南部地区比较适宜种植黑刺和金枕榴莲, 中北部地区比较适宜种植猫山王榴莲, 南部地区榴莲总体年生长量高于中北部地区。进一步对生长指标和环境因子的相关性进行分析, 发现榴莲的生长量与海南省最高平均气温、最低平均气温、空气相对湿度和总降水量均呈正相关, 与平均风速呈负相关。

**关键词** 榴莲; 海南; 环境因子; 植株生长; 区域适应性

中图分类号: S667.9 文献标志码: A 文章编号: 1000-8047(2025)02-0084-08

## Effects of environmental factors on the growth of young trees of durian varieties mainly planted in Hainan

Qiao Yang<sup>1,2</sup>, Deng Huidong<sup>2</sup>, Guo Lijun<sup>2</sup>, Hua Min<sup>2</sup>, Zheng Daojun<sup>1</sup>, Xie Shenghua<sup>1</sup>, Li Xianghong<sup>1</sup>,  
Zhong Yiwang<sup>1,2</sup>, Sun Yangyang<sup>1,2</sup>, Wu Xiaohui<sup>1</sup>, Wang Haibo<sup>3</sup>, Feng Xuejie<sup>1,2</sup>

(1 Sanya Institute, Hainan Academy of Agricultural Sciences, 572000) (2 Institute of Tropical Fruit Trees, Hainan Academy of Agricultural Sciences; Key Laboratory of Genetic Resources Evaluation and Utilization of Tropical Fruits and Vegetables (Co-construction by Ministry and Province), Ministry of Agriculture and Rural Affairs; Haikou Scientific Observation and Experimental Station for Tropical Fruit Trees, Ministry of Agriculture and Rural Affairs; Key Laboratory of Tropical Fruit Tree Biology of Hainan Province; Hainan Province Tropical Fruit Tree Breeding Engineering and Technology Research Center)  
(3 Institute of Pomology of CAAS)

**Abstract** Based on a 12-month analysis of the growth indexes of four main durian planting varieties 'Monthong', 'Musang King', 'Black Thorn' and 'Kan Yao' durian seedlings in four durian planting areas on Hainan Province. The result showed that the growth of durian on Hainan Province was faster from September to October, and slower from December to February of the following year. It was clarified that the southern part of Hainan Province was more suitable for planting 'Black Thorn' and 'Monthong' durian, the central and northern parts were more suitable for

本文于2024-09-29收到, 2024-10-18收到修改稿。

\*海南省农业科学院揭榜挂帅项目(HAAS2022JBGS01); 海南省农业农村厅榴莲种植适宜性区划项目。

乔阳 E-mail: qiaoyang0701@163.com; 冯学杰、王海波为通信作者, E-mail: 13807680898@163.com、haibo8316@163.com。

- [19] 张化阁, 魏启航, 田林垚, 等. 不同处理对阳光玫瑰葡萄鲜食品质的影响. 现代农业科技, 2022 (21): 63-67, 71.
- [20] 蔡仲慧, 李秀杰, 王 悦, 等. 赤霉素处理对阳光玫瑰葡萄果实生长动态及品质的影响. 南方农业学报, 2024, 55 (2): 499-508.
- [21] 王 颖, 苟志丽, 黄丽萍, 等. 赤霉素处理对葡萄果实发育及品质的影响. 中国果树, 2023 (5): 43-49, 55.
- [22] 黄铭慧, 冯舒涵, 冯 颜, 等. 采前喷洒赤霉素对'红贵妃'枋果贮藏品质和采后生理的影响. 食品科学, 2015, 36 (10): 239-244.
- [23] 李斯宇. 外源赤霉素处理对采后芒果果皮色泽形成的影响. 海口: 海南大学, 2019.