

谷氨酸和TDZ对荔枝果皮着色及果实品质的影响

曾令达¹, 廖建良¹, 陈厚彬^{2*}

(1. 惠州学院生命科学系, 广东 惠州 516007; 2. 华南农业大学园艺学院, 广州 510642)

摘要: 为提前或延迟果实的成熟, 改善果实品质, 以荔枝(*Litchi chinensis* Sonn.)早熟品种‘三月红’和‘水东’为试验材料, 在盛花后 50 d 用谷氨酸(Glu)和 TDZ (Thidiazuron)进行处理, 研究 Glu 和 TDZ 对果皮着色和果实品质的影响。结果表明, Glu 能促进果皮转红, 500~1500 mg L⁻¹ 范围内随浓度增加果皮红色面积加大, 果皮的花青苷含量增加。1500 mg L⁻¹ Glu 处理的‘三月红’、‘水东’果皮花青苷含量分别达到 8.62 U g⁻¹、11.53 U g⁻¹, 分别比对照高出 1.33、1.25 倍。同时, Glu 处理能促进‘三月红’总糖的积累, 但对两品种果实大小和质量的影响不大。TDZ 显著迟滞果实着色, 果实转红延后, 果皮花青苷含量降低。5.0 mg L⁻¹ TDZ 处理的‘三月红’、‘水东’果皮花青苷仅为 1.23 和 3.4 U g⁻¹, 显著低于对照。TDZ 处理两品种果实的可溶性固形物、总糖含量均下降, 但果实大小和质量均增加。因此, Glu 能促进荔枝果实转色成熟, TDZ 则抑制果实转色。

关键词: 谷氨酸; TDZ; 荔枝; 果实着色; 果实品质

doi: 10.3969/j.issn.1005-3395.2012.04.010

Effects of Glutamic Acid and TDZ (Thidiazuron) on the Fruit Coloration and Quality of *Litchi chinensis* Sonn.

ZENG Ling-da¹, LIAO Jian-liang¹, CHEN Hou-bin^{2*}

(1. Department of Life Science, Huizhou University, Huizhou 516007, China; 2. College of Horticulture, South China Agriculture University, Guangzhou 510642, China)

Abstract: In order to accelerate or delay fruit ripening and improve fruit quality, two early mature litchi cultivars, *Litchi chinensis* Sonn. ‘Sanyuehong’ and ‘Shuidong’, were treated with L-glutamic acid (Glu) and Thidiazuron (TDZ) at 50 days after blossom, the coloration and quality of fruits were determined. The results showed that Glu could promote fruits turning red. As the concentration of Glu (500–1500 mg L⁻¹) increased, the red area and anthocyanin content in fruit pericarp increased. Treated with 1500 mg L⁻¹ Glu, the anthocyanin contents in ‘Sanyuehong’ and ‘Shuidong’ pericarp were 8.62 U g⁻¹ and 11.53 U g⁻¹, respectively, which were 1.33 and 1.25 folds to control. Glu promoted total sugar accumulation in ‘Sanyuehong’ fruits, but had little effects on fruit size and weight of two cultivars. Fruit coloration was retarded with TDZ treatment, and anthocyan content was decreased at harvest stage. After treated with 5.0 mg L⁻¹ TDZ, anthocyanin contents in the ‘Sanyuehong’ and ‘Shuidong’ pericarp were 1.23 and 3.4 U g⁻¹, respectively, which significantly lower than those in control. After treated with TDZ, the total soluble solid and sugar contents in fruits decreased, but the fruit size and weight increased. Therefore, litchi fruits sprayed with L-glutamic acid on the 50th day after blossom could accelerate maturation, but TDZ delayed.

Key words: Glutamic acid; TDZ; *Litchi chinensis*; Fruit coloration; Fruit quality

荔枝(*Litchi chinensis* Sonn.)原产中国, 为无患子科(Sapindaceae)荔枝属常绿乔木, 是我国南方亚

热带广泛栽培的著名特产^[1]。荔枝果皮显红色主要是由于花青苷积累形成的^[2]。荔枝成熟时除少

收稿日期: 2012-04-23

接受日期: 2012-05-26

基金项目: 现代农业产业技术体系建设基金项目(CARS-33); 惠州市科技计划项目(2009B010001024)资助

作者简介: 曾令达(1974~), 男, 硕士, 讲师, 从事果树栽培生理研究。E-mail: hzlingda@139.com

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: hbchen@scau.edu.cn

数品种如‘三月红’和‘妃子笑’果实偏绿外,多数品种可以通过观察果实的着色(红色)情况来判断成熟度^[3]。通过运用化学药剂调控荔枝果皮花青苷含量,促进果实着色或抑制果实着色,调节荔枝的成熟期^[4-6],是延长市场供应,减少销售加工压力,增加果农收益的重要措施。L-谷氨酸(Glu)能促进苹果(*Malus pumila*)果实成熟转色^[7],而TDZ(Thidiazuron)能增加葡萄(*Vitis vinifera*)单果重及提高果实品质^[8-9]。本研究以早熟荔枝品种‘三月红’和‘水东’为试材,在盛花后50 d分别用Glu和TDZ处理,探讨Glu和TDZ对荔枝果实着色面积、花青苷、叶绿素、可溶性固形物、总糖、有机酸、果实大小和重量等的影响,为生产上调控荔枝着色,提前或延迟荔枝的成熟,改善荔枝果实品质提供借鉴。

1 材料和方法

1.1 材料

试验于2009年在惠州市惠阳区镇隆镇大光村荔枝园进行。试验树为15年生荔枝(*Litchi chinensis* Sonn.)早熟品种‘三月红’和‘水东’,株行距3 m×4 m,树势中等。L-谷氨酸为上海剑城化工有限公司生产,TDZ为Sigma公司产品,两种药剂均购自鼎国生物技术有限公司。

1.2 方法

盛花后50 d用Glu(500 mg L⁻¹、1000 mg L⁻¹、1500 mg L⁻¹)、TDZ(1.0 mg L⁻¹、2.5 mg L⁻¹、5.0 mg L⁻¹)和清水(对照)处理,其中Glu处理均用喷雾器从各个方向喷洒树冠,使得叶面和果面上药液呈滴水状,TDZ处理用溶液浸蘸果实,每处理浸果60个以上(果穗数在10个以上)。完全随机试验设计,单株小区,重复3次。每株树按东南西北中5个方向挂牌统计20个果穗。同时参照全月澳等^[10]的方法测量果实着色面积;参照Pirie等^[11]的方法测定果皮花青苷含量及用热醇法^[12]测定果皮叶绿素含量。每个处理随机取30个果进行品质分析,可溶性固形物用手持测糖仪测定,总糖用蒽酮法^[13],有机酸含量用NaOH中和法^[13]测定,果实大小用游标卡尺测定,果重用电子天平测量。

1.3 数据处理

实验数据的统计分析使用EXCEL和

SPSS 18.0软件。

2 结果和分析

2.1 Glu和TDZ对果实着色及成熟期的影响

荔枝盛花后50 d(‘三月红’4月22日,‘水东’5月3日)用药剂处理,‘三月红’在盛花后66 d(5月8日),‘水东’在盛花后73 d(5月26日),即商业采收前10 d,对果实着色面积进行测定。从表1可见,Glu对果实着色有促进作用,其中1500 mg L⁻¹ Glu处理‘三月红’果实在盛花后66 d的着色面积为61.7%,‘水东’在盛花后73 d的为77.4%,都未达‘三月红’盛花后76 d(5月18日)‘水东’盛花后83 d(6月6日)商业采收时的着色面积,但同商业采收期对照的果实着色面积相近,显示高浓度的Glu可以促进荔枝果皮着色,利于提早采收。两个品种果实的着色面积在商业采收期都比对照高,且着色较浓,果色更为鲜艳。而TDZ抑制了两个品种荔枝的着色,且浓度越高,果实着色面积越小。‘三月红’商业采收期(5月18日)用TDZ(1.0、2.5、5.0 mg L⁻¹)处理的着色面积分别为19.5%、17.4%和16.2%,未及对照着色面积的1/3;而‘水东’(6月6日)着色面积也仅为对照的1/2左右。

2.2 Glu和TDZ对果实果皮色素含量的影响

从表2可见,Glu浓度越高,‘三月红’、‘水东’在商业采收期的果皮花青苷含量越高,叶绿素含量越低。1500 mg L⁻¹ Glu处理‘三月红’和‘水东’的果皮花青苷含量分别为8.62 U g⁻¹、11.53 U g⁻¹,是对照(6.49 U g⁻¹、9.25 U g⁻¹)的1.33倍和1.25倍,差异显著;‘三月红’、‘水东’的叶绿素含量最低,分别为0.042 mg g⁻¹和0.035 mg g⁻¹,而对照的分别为0.064 mg g⁻¹和0.048 mg g⁻¹,差异显著。这说明Glu能促进‘三月红’和‘水东’叶绿素降解,降低果皮中的叶绿素含量;但相同浓度的Glu处理,‘三月红’的叶绿素含量高于‘水东’,这可能和品种有关。TDZ处理使‘三月红’和‘水东’果皮花青苷含量明显下降,浓度越高,花青苷含量越低。5.0 mg L⁻¹ TDZ处理‘三月红’和‘水东’的花青苷含量分别为1.23 U g⁻¹和3.4 U g⁻¹,而对照为6.49 U g⁻¹和9.25 U g⁻¹,差异显著。TDZ处理的果皮叶绿素含量与对照均差异显著,其中5.0 mg L⁻¹ TDZ处理‘三月红’和‘水东’的果皮叶绿素含量最高,分别为0.143 mg g⁻¹和0.127 mg g⁻¹。TDZ处理‘三月红’和‘水东’,均表

表1 Glu 和 TDZ 对果实着色面积的影响

Table 1 Effects of Glu and TDZ on fruit coloring area (%)

浓度 Concentration (mg L ⁻¹)	‘三月红’ (盛花后66 d) ‘Sanyuehong’ (66 d after anthesis)	‘水东’ (盛花后73 d) ‘Shuidong’ (73 d after anthesis)	‘三月红’ (盛花后76 d) ‘Sanyuehong’ (76 d after anthesis)	‘水东’ (盛花后83 d) ‘Shuidong’ (83 d after anthesis)
Glu 1500	61.7 ± 3.1a	77.4 ± 5.3a	83.1 ± 6.2a	96.4 ± 5.4a
Glu 1000	52.5 ± 2.2b	75.2 ± 4.5b	77.5 ± 4.7b	93.5 ± 5.2b
Glu 500	45.6 ± 1.5c	68.5 ± 4.2c	68.6 ± 5.3c	88.3 ± 4.8c
TDZ 5.0	10.5 ± 0.6h	26.3 ± 1.2f	16.2 ± 0.8f	45.5 ± 1.2g
TDZ 2.5	10.6 ± 0.6h	28.5 ± 1.3e	17.4 ± 0.6f	48.4 ± 1.2f
TDZ 1.0	14.4 ± 1.0e	21.4 ± 1.4g	19.5 ± 0.6e	58.8 ± 1.6e
对照 Control	42.5 ± 1.5d	63.3 ± 3.2d	64.5 ± 4.2d	87.2 ± 5.7d

同列数据后不同小写英文字母表示差异显著($P < 0.05$)。下表同。

Data followed different small letters within column indicate significant difference at 0.05 level. The same is following Tables.

表2 Glu 和 TDZ 对果实果皮色素含量的影响

Table 2 Effects of Glu and TDZ on pericarp pigment content of ‘Sanyuehong’ and ‘Shuidong’

浓度 Concentration (mg L ⁻¹)	花青苷 Anthocyanidin (U g ⁻¹ FW)		叶绿素 Chlorophyll (mg g ⁻¹ FW)	
	‘三月红’ ‘Sanyuehong’	‘水东’ ‘Shuidong’	‘三月红’ ‘Sanyuehong’	‘水东’ ‘Shuidong’
Glu 1500	8.62 ± 0.34a	11.53 ± 0.96a	0.042 ± 0.002e	0.035 ± 0.006c
Glu 1000	8.14 ± 1.02b	11.44 ± 0.18a	0.048 ± 0.005d	0.033 ± 0.001c
Glu 500	7.67 ± 0.81c	10.38 ± 0.55b	0.056 ± 0.003cd	0.028 ± 0.003c
TDZ 5.0	1.23 ± 0.04e	3.41 ± 0.10d	0.143 ± 0.008a	0.127 ± 0.002a
TDZ 2.5	1.45 ± 0.27e	3.56 ± 0.32d	0.138 ± 0.008a	0.118 ± 0.012a
TDZ 1.0	1.44 ± 0.15e	3.84 ± 0.42d	0.127 ± 0.007b	0.110 ± 0.008a
对照 Control	6.49 ± 0.53d	9.25 ± 0.73c	0.064 ± 0.004c	0.048 ± 0.003b

现为随浓度升高,叶绿素含量升高的现象。在盛花后 76 d (‘三月红’)、83 d (‘水东’) 的商业采收期, TDZ 处理的果实现红的数量极少,基本为全果通绿的现象,没有商业价值。

2.3 Glu和TDZ对果实品质的影响

从表 3 可见, Glu 处理能提高‘三月红’和‘水东’果实的可溶性固形物含量,但差异不显著。Glu 处理提高了‘三月红’果实的总糖含量,与对照差异显著,但对‘水东’的总糖含量提高效果不明显。Glu 使‘三月红’、‘水东’果实的有机酸含量下降,而且浓度越高其下降越多。1500 mg L⁻¹ Glu 处理的‘三月红’有机酸含量为 0.37%,对照为 0.48%,差异显著。‘水东’有机酸虽有下降,但与对照差异不明显。TDZ 处理的‘三月红’可溶性固形物含量分别为 14.22%、14.35%、14.58%,而对照为 16.42%;

‘水东’的分别为 16.06%、16.14%、16.18%,而对照为 17.34%, TDZ 处理均与对照差异显著。TDZ 处理的‘三月红’和‘水东’总糖含量比对照低,其中又以 5.0 mg L⁻¹ TDZ 处理的果实总糖含量最低,为 13.55% 和 12.76%,与对照差异显著。TDZ 处理能提高‘三月红’的有机酸含量,处理浓度越高,有机酸含量越高,且与对照差异显著。TDZ 对‘水东’有机酸含量的影响不明显。因此, Glu 能提高‘三月红’的总糖含量,降低有机酸含量,但对‘水东’总糖和有机酸含量的影响不明显。TDZ 能降低‘三月红’和‘水东’的可溶性固形物含量,高浓度 TDZ 处理降低‘三月红’和‘水东’的总糖含量, TDZ 能提高‘三月红’有机酸含量,但对‘水东’的影响不明显。

2.4 Glu和TDZ对果实大小、单果重的影响

Glu 处理‘三月红’和‘水东’的果实大小与单

表3 Glu 和 TDZ 对果实品质的影响

Table 3 Effects of Glu and TDZ on fruit quality of 'Sanyuehong' and 'Shuidong'

浓度 Concentration (mg L ⁻¹)	TSS (%)		总糖含量 Total sugar content (%)		有机酸含量 Organic acid content (%)	
	'三月红' 'Sanyuehong'	'水东' 'Shuidong'	'三月红' 'Sanyuehong'	'水东' 'Shuidong'	'三月红' 'Sanyuehong'	'水东' 'Shuidong'
Glu 1500	16.53 ± 1.26a	17.68 ± 1.91a	14.42 ± 0.50a	13.74 ± 0.33a	0.37 ± 0.07c	0.46 ± 0.01bc
Glu 1000	16.46 ± 2.39a	17.52 ± 2.48a	14.23 ± 0.88a	13.70 ± 0.40a	0.42 ± 0.02bc	0.49 ± 0.01ab
Glu 500	16.74 ± 1.12a	17.44 ± 0.68a	14.28 ± 0.08a	13.52 ± 0.97a	0.45 ± 0.03bc	0.52 ± 0.02a
TDZ 5.0	14.22 ± 0.83b	16.06 ± 1.32b	13.55 ± 0.31c	12.76 ± 1.02c	0.67 ± 0.03a	0.55 ± 0.08a
TDZ 2.5	14.35 ± 0.65b	16.14 ± 1.77b	13.58 ± 0.27c	12.83 ± 0.11c	0.66 ± 0.04a	0.54 ± 0.06a
TDZ 1.0	14.58 ± 0.66b	16.18 ± 2.01b	13.63 ± 0.46bc	12.93 ± 0.38bc	0.62 ± 0.04a	0.54 ± 0.04a
对照 Control	16.42 ± 0.75a	17.34 ± 1.47a	13.73 ± 0.53b	13.36 ± 0.37a	0.48 ± 0.06bc	0.51 ± 0.07ab

TSS: 可溶性固形物含量。

TSS: Soluble solids content.

表4 Glu 和 TDZ 对果实大小、单果重的影响

Table 4 Effects of Glu and TDZ on fruit size and weight of 'Sanyuehong' and 'Shuidong'

浓度 Concentration (mg L ⁻¹)	果实直径 Fruit diameter (cm)				单果重 Weight per fruit (g)	
	'三月红' 'Sanyuehong'		'水东' 'Shuidong'		'三月红' 'Sanyuehong'	'水东' 'Shuidong'
	纵径 Longitudinal	横径 Tansversal	纵径 Longitudinal	横径 Tansversal		
Glu 1500	3.83 ± 0.03b	3.94 ± 0.05b	3.38 ± 0.02b	3.63 ± 0.01b	23.4 ± 1.2b	24.6 ± 1.2d
Glu 1000	3.86 ± 0.05b	3.92 ± 0.02b	3.42 ± 0.03b	3.68 ± 0.03b	23.8 ± 1.6b	24.7 ± 1.3d
Glu 500	3.85 ± 0.03b	3.95 ± 0.04b	3.44 ± 0.01b	3.68 ± 0.02b	22.8 ± 1.3b	24.5 ± 1.5d
TDZ 5.0	4.23 ± 0.06a	4.44 ± 0.06a	4.13 ± 0.06a	4.24 ± 0.06a	28.9 ± 2.3a	30.1 ± 2.1a
TDZ 2.5	4.23 ± 0.08a	4.45 ± 0.09a	4.05 ± 0.05a	4.24 ± 0.04a	28.6 ± 2.5a	29.3 ± 2.3b
TDZ 1.0	4.22 ± 0.05a	4.42 ± 0.08a	4.05 ± 0.06a	4.20 ± 0.07a	28.5 ± 2.6a	28.2 ± 2.2c
对照 Control	3.83 ± 0.03b	3.95 ± 0.05b	3.38 ± 0.02b	3.65 ± 0.05b	22.7 ± 1.3b	24.5 ± 1.4d

果重与对照差异不明显(表4)。TDZ 处理能使果实纵、横径增加,其中高浓度的 TDZ 促使'三月红'和'水东'果实纵径和横径加大,与对照差异显著。这说明 TDZ 能促进果实膨大。TDZ 能增加'三月红'、'水东'果实的单果重,且'水东'果实的单果重在处理间差异显著。

3 讨论和结论

Glu 是植物生长的营养剂。阎青云^[14]在荔枝叶片上使用 Glu 处理发现不同浓度的 Glu 都能增强叶片的光合作用,增加荔枝叶片干物质和可溶性总糖含量;而超过一定浓度范围(1.0 g L⁻¹)后,叶片

叶绿素的合成受到抑制,高浓度 Glu 对荔枝枝梢生长有一定抑制作用。碳水化合物被认为是花青苷合成多种酶基因表达的诱导信号分子^[15]。外源蔗糖、半乳糖和葡萄糖能促进苹果叶片花青苷合成^[16]。李平等^[4]和胡桂兵等^[5]分别用各种增糖剂(如蔗糖、半乳糖和葡萄糖)均可促进妃子笑荔枝果实的着色。Glu 促进荔枝果皮着色,有可能是在果实即将成熟期间向果实调配更多的光合产物等营养物质进而促进荔枝果实着色。但汪良驹用 13 年生富士苹果为材料,在果实着色初期用 Glu 溶液浸蘸果实,不同浓度 Glu 处理均能明显促进果皮花青素积累,增加果实着色面积^[7]。浸蘸果实并未影响到

叶片供糖, Glu 促进果实转红色究竟是糖调控, 或是有其它原因, 有待于进一步研究。

TDZ 是一种苯基脲的重氮噻唑取代衍生物, 化学名称为 N- 苯基 -N'-1,2,3- 噻二唑 -5- 脲 (N-pnenyl-N'-1,2,3-thiadiazol-5-ylurea)^[17]。TDZ 显著抑制荔枝果皮的着色, 刚好与 Glu 促进着色的效果相反。Mok 等参考激素调节植株再生机理, 认为其具有类细胞分裂素物质的活性^[18]。在一些生物实验中, 人们也得出了 TDZ 作用与细胞分裂素有关的传统效应^[19]。也有人指出 TDZ 诱导内源细胞分裂素合成或促进其体内积累^[20-21]。季作梁和王钢涛认为荔枝果实中的细胞分裂素在果实发育的第三阶段(花后 50 d 至成熟), 这期间果肉急剧增厚, 果皮由绿转为红色, 这阶段细胞分裂素含量低^[22]。细胞分裂素可抑制叶绿素降解, 抑制果皮衰老、褪色及变色^[23]。由于 TDZ 与细胞分裂素的密切关系, 在花后 50 d 用 TDZ 处理, 可能使内源 CTK (cyokinins, 细胞分裂素) 含量增加, 或者是 TDZ 的直接作用, 影响荔枝果皮叶绿素的降解和花青苷的合成, 进而影响荔枝转色。

红色系果实成熟时的色泽主要是由花色苷含量多少决定的。着色情况如何和叶绿素的降解有关。Saure 认为只有叶绿素开始降解或降解完成时花色苷形成才有可能, 叶绿素可吸收大量红光, 降低光敏色素的调控效应, 从而影响花色苷的形成^[24]。王惠聪^[25]报道‘糯米糍’和‘妃子笑’的果实成熟过程中果皮中的叶绿素和花青苷含量呈极显著负相关关系。本实验测定果皮中的花色苷和叶绿素含量, 发现高浓度 Glu (1500 mg L⁻¹) 处理的果皮花青苷显著高于对照, 叶绿素含量低于对照。这说明外源 Glu 有利于果皮花青苷积累和叶绿素降解。TDZ 处理的果皮叶绿素含量都高于对照, 而花青苷含量比对照低, 说明 TDZ 延缓果皮叶绿素的降解, 抑制花青苷的形成。

荔枝果实品质主要反映在可溶性固形物、糖含量、有机酸含量、果实大小和质量等方面, 它们是果实商品性的重要因素。Glu 和 TDZ 处理对果实品质的影响因品种而异, Glu 能提高‘三月红’的总糖含量, 降低有机酸含量, 但影响‘水东’总糖和有机酸含量的效果不明显。TDZ 降低‘三月红’和‘水东’的可溶性固形物含量。高浓度 TDZ 处理则降低‘三月红’和‘水东’的总糖含量。TDZ 能提高‘三月红’有机酸含量, 但对‘水东’的有机酸含量影响不明

显。Glu 各浓度对果实大小(纵、横径)、果实单粒重的影响不大。TDZ 在所设的几个处理中果实的大小和果重比对照都有明显的提高, 说明 TDZ 能增大果实的作用。TDZ 对荔枝果实果重的增大作用同苹果梨^[26]、富士苹果^[27]上的处理结果类似, 这可能是由于调节果实内源激素或直接促进细胞分裂的结果。

参与文献

- [1] Peng J B. The Reviews of Fruit Cultivation [M]. Beijing: Agriculture Press, 1999: 153-167.
彭镜波. 果树栽培学各论 [M]. 北京: 农业出版社, 1999: 153-167.
- [2] Kaiser C. Litchi pericarp colour retention [J]. J S Afr Hort Sci, 1994, 4(2): 6-12.
- [3] Wu Z X, Chen W X. Postharvest physiology of *Litchi chinensis* and fresh-keeping technique [M]// Li J G. Litchi Science. Beijing: China Agriculture Press, 2008: 542-587.
吴振先, 陈维信. 荔枝采后生理与保鲜贮运技术 [M]// 李建国. 荔枝学. 北京: 中国农业出版社, 2008: 542-587.
- [4] Li P, Chen D C, Ouyang R, et al. Effect of different chemical on colouration of fruit in Feizixiao litchi [J]. Fujian Fruits, 1999(1): 1-4.
李平, 陈大成, 欧阳若, 等. 妃子笑荔枝使用化学调控剂对着色的影响 [J]. 福建果树, 1999(1): 1-4.
- [5] Hu G B, Chen D C, Li P, et al. Effect of different growth regulators and nutrient on coloring and nutrition quality in Feizixiao *Litchi chinensis* [J]. Guangdong Agri Sci, 2000(3): 24-26.
胡桂兵, 陈大成, 李平, 等. 不同生长调节剂和营养剂对妃子笑荔枝果色及营养品质的影响 [J]. 广东农业科学, 2000(3): 24-26.
- [6] Yin J H, Gao F F, Hu G B, et al. Roles of abscisic acid and ethylene in the regulation of *Litchi* ripening and coloration [J]. Acta Hort Sin, 2001, 28(1): 65-67.
尹金华, 高飞飞, 胡桂兵, 等. ABA 和乙烯对荔枝果实成熟和着色的调控 [J]. 园艺学报, 2001, 28(1): 65-67.
- [7] Wang L J, Wang Z H, Li Z Q, et al. Promotion of L-glutamic acid on anthocyanin accumulation of Fuji apples [J]. J Fruit Sci, 2006, 23(2): 157-160.
汪良驹, 王中华, 李志强, 等. L-谷氨酸促进富士苹果花青素积累的效应 [J]. 果树学报, 2006, 23(2): 157-160.
- [8] Zhang C Q. Using TDZ in grape produce [J]. Zhejiang Orange, 2000, 17(3): 42-43.
章春泉. TDZ 在葡萄上的应用试验 [J]. 浙江柑橘, 2000, 17(3): 42-43.
- [9] Piao Y L, Wang H T, Zhang H M. Effects of TDZ on gapes quality in cold area [J]. J Agri Sci Yanbian Univ, 2006, 28(4): 279-282.

- 朴一龙, 王海涛, 张鹤明. TDZ 对寒地葡萄品质的影响 [J]. 延边大学农学学报, 2006, 28(4): 279–282.
- [10] Tong Y A, Zhou H J. Nutritional Diagnosis for Fruit Trees [M]. Beijing: Agriculture Press, 1982: 112–113.
- 全月澳, 周厚基. 果树营养诊断法 [M]. 北京: 农业出版社, 1982: 112–113.
- [11] Pirie A, Mulins M G. Changes in anthocyanin and phenolic content of grapevine leaf and abscisic acid [J]. Plant Physiol, 1976, 58(3): 468–472.
- [12] Feng R Y. A rapid method for extraction of chlorophyll with hot alcohol [J]. J Jiangsu Agri Coll, 1985, 6(3): 53–54.
- 冯瑞云. 叶绿素的热醇快速提取法 [J]. 江苏农学院学报, 1985, 6(3): 53–54.
- [13] Bao S D. Soil Agricultural Chemistry Analysis [M]. 3rd Ed. Beijing: China Agriculture Press, 2000: 245–292.
- 鲍士旦. 土壤农化分析 [M]. 第3版. 北京: 中国农业出版社, 2000: 245–292.
- [14] Yan Q Y. Physiological effects of the new plant growth substance L-glutamic acid on Litchi [D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2006: 1–5.
- 阎青云. 新型植物生长调节剂 L-谷氨酸对荔枝的生理效应 [D]. 武汉: 华中农业大学, 2006: 1–5.
- [15] Murray J R, Smith A G, Hackett W P. Differential dihydroflavonol reductase transcription and anthocyanin pigmentation in the juvenile and mature phase of ivy (*Hedera helix*) [J]. Planta, 1994, 19(4): 102–109.
- [16] Vestreim S. Effects of chemical compounds on anthocyanin formation in McIntosh apple skin [J]. J Amer Soc Hort Sci, 1970, 95(6): 712–715.
- [17] Chen X Y, Ye Q S, Liu W. Advances in TDZ [J]. Subtrop Plant Sci, 2003, 32(3): 59–63.
- 陈肖英, 叶庆生, 刘伟. TDZ 研究进展 [J]. 亚热带植物科学, 2003, 32(3): 59–63.
- [18] Mok M C, Mok D W S, Armstrong D J. Cytokinin activity of N-phenyl-N-1,2,3-thiazol-5-ylurea (TDZ) [J]. Phytochemistry, 1982(21): 1509–1511.
- [19] Visser C, Eletcher R A, Saxena P K. TDZ stimulates expansion and greening in cucumber cotyledons [J]. Physic Mil Biol Plants, 1995(1): 21–26.
- [20] Murthy B N S, Murch S J, Saxena P K. TDZ induced somatic embryogenesis in intact seedlings of peanut (*Arachis hypogaea*): Endogenous growth regulator levels and significance of cotyledons [J]. Physiol Plant, 1995(94): 268–276.
- [21] Hutchinson M J, Saxena P K. Role of purine metabolism in TDZ induced somatic embryogenesis of geranium (*Pelargonium × hortorum*) hypocotyls cultures [J]. Physiol Plant, 1996, 98(3): 517–522.
- [22] Ji Z L, Wang G T. The changes of endogenous cytokinins during fruit development in litchi (*Litchi chinensis*) [J]. J Fruit Sci, 1996, 13(2): 92–95.
- 季作梁, 王钢涛. 荔枝果实发育过程中细胞分裂素的变化 [J]. 果树科学, 1996, 13(2): 92–95.
- [23] Huang W D, Yuan Y B, Peng Y B, et al. Fruiting Physiology of Temperate Fruit Tree [M]. Beijing: China Agriculture University Press, 1994: 57–65.
- 黄卫东, 原永兵, 彭宜本, 等. 温带果树结实生理 [M]. 北京: 中国农业大学出版社, 1994: 57–65.
- [24] Saure M C. External control of anthocyanin formation in apple [J]. Sci Hort, 1990, 42(3): 181–218.
- [25] Wang H C. Study on coloring, glucose metabolism and hormonal regulation in the ripening of *Litchi chinensis* fruit [D]. Guangzhou: South China Agricultural University, 2001: 1–12.
- 王惠聪. 荔枝果实成熟过程中色泽、糖代谢及激素调控研究 [D]. 广州: 华南农业大学, 2001: 1–12.
- [26] Huang Y, Piao Y L, Ran L P, et al. Effect of TDZ on Pingguoli fruit setting and growth development [J]. J Agri Sci Yanbian Univ, 2008, 30(3): 177–180.
- 黄岳, 朴一龙, 冉丽萍, 等. TDZ 处理对苹果梨坐果率和果实生长发育的影响 [J]. 延边大学农学学报, 2008, 30(3): 177–180.
- [27] Li B Z, Guo L, Wang L, et al. Effects of TDZ on leaf photosynthesis and blooming, fruit setting, fruit growth in apple [J]. J Beijing Agri Coll, 1999, 14(3): 11–14.
- 李丙智, 郭立, 王林忠, 等. TDZ 对苹果叶片光合功能、开花座果及果实发育的影响 [J]. 北京农学院学报, 1999, 14(3): 11–14.