

DOI: 10.12101/j.issn.1004-390X(n).202003012

5-氨基乙酰丙酸对猕猴桃生长及其果实品质的影响*

黄姣云¹, 李 慧², 杨荣萍¹, 顾菁菁¹, 唐艺榕¹, 赵 宇¹, 吴红芝^{1**}

(1. 云南农业大学 园林园艺学院, 云南 昆明 650201;

2. 中国科学院 昆明植物研究所, 中国西南野生种质资源库, 云南 昆明 650201)

摘要:【目的】研究外源 5-氨基乙酰丙酸 (ALA) 对猕猴桃植株生长及其果实品质的影响, 以为猕猴桃生产及其品质改善提供理论支持。【方法】以翠玉猕猴桃为材料, 从开花前期至膨果期每隔 20 d 叶面喷施质量浓度 10~50 mg/L 的外源 ALA, 共喷施 3 次, 测定其叶绿素含量 (SPAD)、净光合速率、叶面积、叶厚、茎粗、维生素 C 含量、单果质量、可溶性固形物含量和可滴定酸含量等指标。【结果】10~40 mg/L 外源 ALA 能不同程度地提高猕猴桃的生长和品质指标, 除叶长以外, 均以 30 mg/L ALA 处理的效果最好; 与对照相比, 30 mg/L 外源 ALA 处理猕猴桃植株叶片的叶绿素含量增加 6.59% (膨果期), 净光合速率增加 40.52%, 维生素 C 含量增加 25.00%, 单果质量增加 13.66%, 可溶性固形物含量增加 13.03%, 固酸比增加 5.15%。【结论】开花前期至膨果期喷施适宜质量浓度的 ALA, 能改善猕猴桃的生长发育并提高其果实品质。

关键词: 5-氨基乙酰丙酸; 猕猴桃; 生长发育; 果实品质

中图分类号: S 663.401

文献标志码: A

文章编号: 1004-390X (2021) 06-1017-05

Effects of Exogenous 5-aminolevulinic Acid on the Growth and Fruit Quality of Kiwi

HUANG Jiaoyun¹, LI Hui², YANG Rongping¹, GU Jingjing¹,
TANG Yirong¹, ZHAO Yu¹, WU Hongzhi¹

(1. College of Horticulture and Landscape, Yunnan Agricultural University, Kunming 650201, China;

2. Southwest China Germplasm Bank of Wildlife, Kunming Institute of Botany,
Chinese Academy of Sciences, Kunming 650201, China)

Abstract: [Purpose] To study the effects of exogenous 5-aminolevulinic acid (ALA) on the vegetative growth and fruit quality of kiwi, and to provide a support for kiwi fruit production and quality improvement. [Methods] Using kiwi cultivar Cuiyu material, foliar spraying of exogenous ALA at the mass concentration of 10-50 mg/L every 20 days from the beginning of flowering to the fruit expansion period, three times in total, chlorophyll content (SPAD), net photosynthetic rate, leaf area, leaf thickness, stem thickness, vitamin C content, single fruit weight, soluble solid content, and titratable acid content were measured. [Results] ALA with the mass concentration of 10-40 mg/L could improve the indexes value of the growth and quality tested in kiwi at different degrees.

收稿日期: 2020-03-06

修回日期: 2021-10-19

网络首发时间: 2021-11-15 10:51:05

*基金项目: 云南省院士专家工作站项目 (2018IC098); 云南省高水平大学创新人才培养基地——园艺学创新创业训练计划 (2017CX003); 云南农业大学第二十届学生科技创新创业基金 (2019ZKY221)。

作者简介: 黄姣云 (1993—), 女, 河南驻马店人, 硕士, 主要从事软枣猕猴桃种质资源评价及其利用研究。E-mail: 1501600524@qq.com

**通信作者 Corresponding author: 吴红芝 (1971—), 女, 云南元江人, 博士, 教授, 主要从事园艺植物教学科研工作。E-mail: hwu1128@163.com

网络首发地址: <https://kns.cnki.net/kcms/detail/53.1044.S.20211111.1515.001.html>



Except leaf length, kiwi treated by 30 mg/L ALA obtained the best results for all other indexes. Compared with the control, chlorophyll content increased by 6.59% (fruit expansion period), net photosynthetic rate increased by 40.52%, vitamin C content increased by 25.00%, single fruit weight increased by 13.66%, soluble solid increased by 13.03%, and solid-acid ratio increased by 5.15%.

[**Conclusion**] Foliar spraying exogenous ALA with appropriate mass concentration at the beginning of flowering to the fruit expansion period can improve plant growth and fruit quality of kiwi.

Keywords: 5-aminolevulinic acid; kiwi; growth and development; fruit quality

5-氨基乙酰丙酸 (5-aminolevulinic acid, ALA) 作为叶绿素生物合成的关键前体, 在植物生长发育过程中具有重要的调控作用^[1-2]。因其为天然氨基酸, 且具有用量低、易降解和无残留等特性, 被认为是一种新型环境友好型的植物生长调节剂, 在农业生产中具有巨大的应用潜力^[2]。适宜质量浓度的外源 ALA 能够调节植物的生长发育, 尤其在促进植株叶绿素合成和光合作用、提高农产品质量和植株抗逆性等方面效果显著^[3]。孙萍等^[4]指出: 外源 ALA 可以提高草莓的株高、茎粗、叶片和花径粗; 赵宝龙等^[5]研究表明: 叶面喷施 ALA 可以提高葡萄的株高和茎粗; 何娟等^[6]研究表明: 外源 ALA 能显著提高香蕉叶面积、地上部鲜质量、地下部鲜质量及根冠比。此外, 外源 ALA 可显著促进小白菜^[7]、甜瓜^[8]、草莓^[9]和梨^[10]等作物叶片的净光合速率; 促进玉米^[11]、番茄^[12]、月季^[13]和蓝莓^[14]等作物的产量并改善产品品质; 提高葡萄果皮的花青素、叶绿素、类胡萝卜素和可溶性糖含量以及固酸比等^[15]; 提高苹果果实的可溶性糖、可溶性蛋白和维生素 C 含量^[16]; 提高桃的单果质量、纵径、横径和侧径^[17]; 增强植株对低温弱光^[18]、高温强光^[19]、盐渍^[5]和干旱^[20]等环境胁迫的抵抗能力。目前关于 ALA 促进作物生长的作用机理尚未明确, 推测可能是由于促进光合作用后使作物的同化产物增多, 而使作物在黑暗条件下呼吸量下降, 抑制同化产物的消耗^[21]; ALA 能够提高果实品质可能是由于 ALA 具有疏花疏果的作用^[22-23]。

猕猴桃是猕猴桃科 (Actinidiaceae) 猕猴桃属 (*Actinidia*) 多年生落叶藤本水果^[24], 不但含有丰富的氨基酸、矿物质、多糖和维生素 C 等营养成分, 具有“维生素 C 之王”的美誉, 而且肉质柔嫩, 味道鲜美, 深受广大消费者的喜爱^[25]。目前, 关于 ALA 对水果光合及品质的作用研究主要集中在苹果^[16]、桃^[17]和葡萄^[15]等果树上, 在猕

猴桃上的应用还未见报道。因此, 本研究拟从猕猴桃开花前期至膨果期 (开花前期、盛花期和膨果期) 对其叶面喷施不同质量浓度的 ALA 水溶液, 探讨 ALA 对猕猴桃品质的影响, 以期为利用 ALA 促进猕猴桃的生产提供理论支持。

1 材料与方法

1.1 试验材料

本试验于 2019 年 4 月 2 日—9 月 15 日在云南省昆明市寻甸县杨家湾镇昆明晟瑞果蔬有限公司进行 (N25°43', E102°56'), 平均海拔 2 070 m, 年平均气温 14.5 ℃, 年降雨量 1 132 mm。选择地形一致的猕猴桃种植地块, 面积约 0.67 hm², 品种为翠玉, 树龄 3 年生, 株行距 2.5 m×4.0 m, 常规管理 (架形采用棚架, 树形采用 1 干 2 蔓 24 侧蔓, 土壤为红壤土)。ALA 试剂 (含量 10%) 由中国农业科学院蔬菜花卉研究所穆鼎提供。

1.2 试验设计

采用单因子完全随机区组设计, ALA 质量浓度分别为 10、20、30、40 和 50 mg/L, 以清水为对照, 每处理重复 3 次, 每重复选择 5 株猕猴桃, 共计 90 株, 每处理间隔 1 行作为保护区, 每个重复四周间隔至少 3 株不处理的植株。分别于开花前期 (4 月 2 日)、盛花期 (4 月 22 日) 和膨果期 (5 月 12 日) 进行叶面喷施, 每株重复喷施 3 次, 共喷施 ALA 溶液约 1 300 mL。

1.3 指标测定

1.3.1 叶绿素含量及光合速率的测定

(1) 叶绿素含量的测定

分别于盛花期和膨果期对猕猴桃植株叶面喷施 ALA 30 d 后测定植株叶片的叶绿素含量。每株从第 8~10 片叶中选取 6 片叶, 每片叶靠近主脉的 1/3 处为夹取部位, 利用 SPAD-502Plus 叶绿素仪测定其叶绿素含量。每个重复选 5 株, 每片叶重复测 6 次。

(2) 净光合速率的测定

膨果期喷施 ALA 30 d 后, 于上午 8:30—11:00 使用 Yaxin-1101 光合仪测定叶片的净光合速率, 环境温度为 15~17 ℃, 胞间 CO₂ 浓度为 200~370 μmol/mol。

1.3.2 植株营养生长相关指标的测定

(1) 叶长、叶宽及叶片厚度的测定

膨果期喷施 ALA 30 d 后, 每株从第 8~10 片叶中选取 6 片叶, 每个重复选取 5 株, 用游标卡尺测定其叶长和叶宽, 用千分尺测量叶片厚度。

(2) 茎粗的测定

盛花期叶面喷施 ALA 30 d 后, 每个重复选 5 株, 每株选 6 个新生枝条, 用游标卡尺测量枝条基部的 1/3 处为其茎粗。

1.3.3 果实品质的测定

果实于 9 月 14 日采收, 每个处理在树堂内部采摘 40 个果实, 当日运回实验室, 待果实后熟软化后, 随机抽取 20 个果实进行果实品质的测定。其中, 用电子天平测定单果质量, 用游标卡尺测量果实纵径及横径, 用果实纵径与横径的比值计算其果形指数, 用 PAL-手持型折光仪测定可溶性固形物含量, 用 NaOH 滴定法^[26]测定可滴定酸含量, 用 2,6-二氯酚酚滴定法^[27]测定维生素 C 含量。

1.4 数据统计与分析

采用 Excel 2010 整理数据, 数据采用“平均值±标准差”表示; 用 DPS 9.05 进行方差分析。

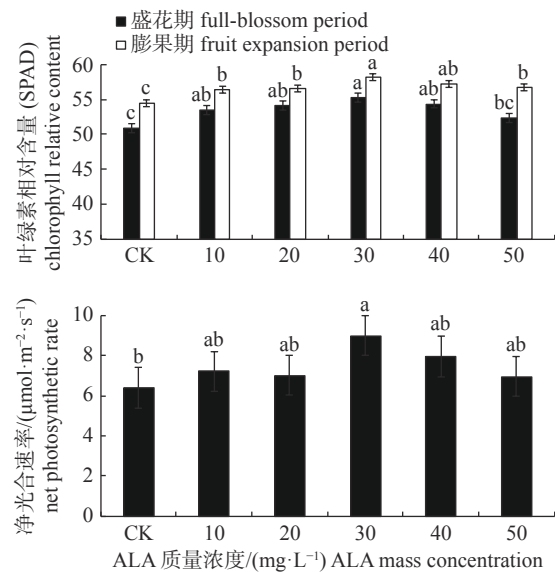
2 结果与分析

2.1 叶面喷施 ALA 对猕猴桃光合作用的影响

2.1.1 对叶绿素含量的影响

由图 1 可知: 在盛花期和膨果期喷施 10~50 mg/L ALA 溶液均可提高猕猴桃叶片的叶绿素

含量, 其中以 30 mg/L ALA 溶液处理最佳, 且与对照相比达到显著水平 ($P<0.05$)。



注: 不同小写字母表示差异显著 ($P<0.05$)。
Note: The different lowercase letters indicate the significant difference ($P<0.05$).

图 1 叶面喷施 ALA 对猕猴桃叶片光合作用的影响
Fig. 1 Effects of foliar spraying ALA on the photosynthesis of kiwi leaves

2.1.2 对净光合速率的影响

由图 1 还可知: 随着 ALA 质量浓度的增加, 猕猴桃的净光合速率总体呈现先增加后降低的趋势, 在质量浓度 30 mg/L 时达到最佳处理效果, 且与对照相比增加 40.52%。

2.2 叶面喷施 ALA 对猕猴桃营养生长的影响

由表 1 可知: 随着 ALA 质量浓度的增加, 猕猴桃的叶长、叶宽、叶面积、茎粗以及叶片厚度均呈先增加后降低的趋势, 其中叶宽、叶面积、叶片厚度和茎粗均在 30 mg/L 时达到最大值。

表 1 叶面喷施 ALA 对猕猴桃茎、叶的影响
Tab. 1 Effects of foliar spraying ALA on the stem and leaf of kiwi

ALA质量浓度/(mg·L ⁻¹) ALA mass concentration	叶长/cm leaf length	叶宽/cm leaf width	叶面积/cm ² leaf area	叶片厚度/mm leaf thickness	茎粗/cm stem thickness
CK	7.81±0.53 bc	9.98±0.89 bc	64.73±30.08 a	0.52±0.04 c	0.49±0.06 d
10	7.90±0.95 abc	10.06±0.68 bc	65.74±30.39 a	0.52±0.04 c	0.52±0.07 cd
20	8.53±1.08 a	10.08±0.58 bc	73.18±34.65 a	0.52±0.04 c	0.59±0.11 ab
30	8.25±0.70 ab	10.91±0.92 a	73.98±35.04 a	0.58±0.05 a	0.63±0.06 a
40	7.89±0.95 abc	10.43±0.97 ab	70.62±34.66 a	0.55±0.05 b	0.55±0.03 bc
50	7.28±0.51 c	9.68±0.62 c	58.39±26.29 a	0.51±0.03 c	0.51±0.02 cd

注: 不同小写字母表示差异显著 ($P<0.05$); 下同。
Note: The different lowercase letters indicate the significant difference ($P<0.05$); the same as below.

2.3 叶面喷施 ALA 对猕猴桃果实品质的影响

2.3.1 对果实外在品质的影响

由表 2 可知：10~50 mg/L ALA 处理对猕猴桃果实的单果质量分别比对照增加 4.43%、7.32%、

13.66%、6.05% 和 3.89%，以 30 mg/L ALA 处理效果最佳；此外，猕猴桃果实的纵径和果形指数均在 30 mg/L ALA 处理时达到最大值。

表 2 叶面喷施 ALA 对猕猴桃果实外在品质的影响

Tab. 2 Effects of foliar spraying ALA on the external quality of kiwi

ALA质量浓度/(mg·L ⁻¹) ALA mass concentration	单果质量/g single fruit weight	纵径/cm longitudinal diameter	横径/cm transverse diameter	果形指数 fruit shape index
CK	56.89±12.73 b	5.04±0.58 b	4.51±0.36 a	1.12±0.08 ab
10	59.41±12.04 ab	5.13±0.53 ab	4.57±0.35 a	1.12±0.09 ab
20	61.05±11.09 ab	5.10±0.55 ab	4.62±0.30 a	1.10±0.09 bc
30	64.66±9.17 a	5.33±0.47 a	4.58±0.26 a	1.16±0.09 a
40	60.33±7.48 ab	4.88±0.33 b	4.62±0.29 a	1.06±0.09 c
50	59.10±11.23 ab	5.02±0.57 b	4.49±0.28 a	1.10±0.10 ab

2.3.2 对果实内在品质的影响

由表 3 可知：30 和 40 mg/L ALA 处理后，猕猴桃果实的固形物含量分别比对照显著增加 13.03% 和 10.68% ($P<0.05$)，维生素 C 含量分别比对照显

著增加 25.00% 和 18.23% ($P<0.05$)；50 mg/L ALA 处理后，猕猴桃果实的维生素 C 含量比对照显著降低 31.82% ($P<0.05$)，说明高质量浓度的外源 ALA 对维生素 C 的抑制作用较为明显。

表 3 叶面喷施 ALA 对猕猴桃果实内在品质的影响

Tab. 3 Effects of foliar spraying ALA on the fruit intrinsic quality of kiwi

ALA质量浓度/(mg·L ⁻¹) ALA mass concentration	可溶性固形物含量/% soluble solids content	可滴定酸含量/(g·100 g ⁻¹) titratable acids content	固酸比 solid-acid ratio	维生素C含量/(mg·100g ⁻¹) vitamin C content
CK	13.64±0.89 bc	1.00±0.01 c	13.59±0.40 ab	150.99±21.27 c
10	14.51±0.92 abc	1.04±0.03 abc	14.02±0.39 a	152.04±16.64 c
20	14.79±0.35 ab	1.05±0.01 abc	14.03±0.18 a	155.83±6.15 bc
30	15.42±1.14 a	1.08±0.01 a	14.29±0.08 a	188.74±6.53 a
40	15.10±2.36 a	1.06±0.05 ab	14.28±0.65 a	178.51±12.39 ab
50	13.42±0.67 c	1.01±0.03 bc	13.25±0.12 b	102.95±12.70 d

3 讨论

叶绿素对植物叶片进行光合作用具有重要意义，通过外源喷施 ALA 促进植株叶片的叶绿素含量已在甜瓜^[8]、草莓^[28]、葡萄^[15]和苹果^[16]等作物上取得积极的效果。本研究表明：30 mg/L ALA 不仅提高了猕猴桃的叶绿素含量，还促进了叶片的净光合速率，如翠玉在盛花期喷施 ALA 30 d 后的叶绿素含量比对照增加 8.52%，净光合速率比对照增加 40.52%，说明通过外源喷施 ALA 对促进猕猴桃叶绿素合成及光合作用从而提高其产量及品质具有巨大潜力。

ALA 是植物叶绿素和动物血红素生物合成的共同关键前体，因此具有对人畜的安全性，常常

在高质量浓度下用作农田除草剂^[29]，低质量浓度下用作植物生长调节剂^[30]。生静雅等^[31]研究表明：低质量浓度的 ALA 可促进核桃植株的生长，而高质量浓度则抑制核桃植株的生长。本研究表明：当 ALA 在 10~50 mg/L 时，随着 ALA 质量浓度的增加，对翠玉猕猴桃叶面积、茎粗以及叶片厚度的影响均总体呈先增加后降低的趋势，说明猕猴桃生长对 ALA 质量浓度的变化响应敏感，高质量浓度 ALA 抑制猕猴桃植株的生长，而低质量浓度 ALA 则促进其生长。

果实风味品质主要由糖含量、酸度以及合适的糖酸比构成。汪良驹等^[32]对苹果的研究发现：ALA 处理可明显增加苹果果实可溶性固形物含量，降低酸度，提高固酸比；申明等^[22]研究发

现:外源ALA处理丰水梨后可以显著提高果实的可溶性固形物和可滴定酸含量;WATANABE等^[33]研究发现:葡萄经外源ALA处理后糖含量适中,酸含量降低。本研究表明:经适宜质量浓度的外源ALA处理后,翠玉猕猴桃果实的可溶性固形物(糖)含量增加,但可滴定酸含量基本保持不变,因此提高了猕猴桃果实的固(糖)酸比,使猕猴桃风味更佳。

4 结论

猕猴桃在开花前期至膨果期喷施适宜质量浓度的ALA溶液,能增加猕猴桃植株叶片的叶绿素含量,提高净光合速率,促进植株的营养生长,提高果实的单果质量、固酸比、可溶性固形物和维生素C含量,改善果实外观品质,提高鲜食风味;其中,以30 mg/L ALA处理效果最佳。

[参考文献]

- [1] CASTELFRANCO P A, BEALE S I. Chlorophyll biosynthesis: recent advances and areas of current interest[J]. Annual Review of Plant Physiology, 1983, 34(1): 241. DOI: 10.1146/annurev.pp.34.060183.001325.
- [2] BINDU C R, VIVEKANANDAN M. Role of aminolevulinic acid in improving biomass production in *Vigna catjang*, *V. mungo*, and *V. radiata*[J]. Biologia Plantarum, 1998, 41(2): 211. DOI: 10.1007/s100520200893.
- [3] HOTTA Y, TANAKA T, TAKAOKA H, et al. New physiological effects of 5-aminolevulinic acid in plants: the increase of photosynthesis chlorophyll content, and plant growth[J]. Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry, 1997, 61(12): 2025. DOI: 10.1271/bbb.61.2025.
- [4] 孙萍, 林贤锐, 沈建生. 5-氨基乙酰丙酸对冬季低温环境下架式草莓生长的影响[J]. 浙江农业科学, 2020, 61(2): 221. DOI: 10.16178/j.issn.0528-9017.20200205.
- [5] 赵宝龙, 刘鹏, 张祥, 等. 5-氨基乙酰丙酸对盐胁迫下葡萄叶片光合特性及生长特性的影响[J]. 北方园艺, 2016(14): 1. DOI: 10.11937/bfy.201614001.
- [6] 何娟, 李茂富, 吴凡, 等. 干旱胁迫下香蕉幼苗对外源ALA的生理响应[J]. 南方农业学报, 2013, 44(5): 745. DOI: 10.3969/j.issn.2095-1191.2013.5.745.
- [7] 汪良驹, 石伟, 刘晖, 等. 外源5-氨基乙酰丙酸处理对小白菜叶片的光合作用效应[J]. 南京农业大学学报, 2004, 27(2): 34. DOI: 10.3321/j.issn.1000-2030.2004.02.008.
- [8] 汪良驹, 姜卫兵, 黄保健. 5-氨基乙酰丙酸对弱光下甜瓜幼苗光合作用和抗冷性的促进效应[J]. 园艺学报, 2004, 31(3): 321. DOI: 10.16420/j.issn.0513-353x.2004.03.008.
- [9] 高年春, 孙永平, 张琼, 等. 外源5-氨基乙酰丙酸(ALA)对NaCl胁迫下草莓植株光合作用的影响[J]. 江苏农业学报, 2010, 26(6): 1329. DOI: 10.3969/j.issn.1000-4440.2010.06.038.
- [10] 申明. 5-氨基乙酰丙酸调节梨树叶片光合特性的研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2011.
- [11] 唐会会, 许艳丽, 王庆燕, 等. 叶面喷施5-氨基乙酰丙酸对不同密度春玉米生长特性和产量的影响[J]. 作物杂志, 2019, 189(2): 136. DOI: 10.16035/j.issn.1001-7283.2019.02.021.
- [12] 徐铭, 徐福利. 5-氨基乙酰丙酸对日光温室番茄生长发育和产量品质的影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2008, 36(9): 128. DOI: 10.13207/j.cnki.jnwf.2008.09.022.
- [13] 肖月, 周楚奇, 吴景芝, 等. ALA对月季切花生产的影响[J]. 南方农业学报, 2018, 49(9): 1816. DOI: 10.3969/j.issn.2095-1191.2018.09.19.
- [14] 韦继光, 於虹, 张晓娜, 等. 5-氨基乙酰丙酸对兔眼蓝莓光合性能及果实产量和品质的影响[J]. 北方园艺, 2014(16): 9.
- [15] 张梦燕, 孙军利, 赵宝龙. 外源ALA对克瑞森无核葡萄叶片光合特性及果实品质的影响[J]. 西北植物学报, 2018, 38(3): 493. DOI: 10.6048/j.issn.1001-4330.2019.05.004.
- [16] 高晶晶, 冯新新, 段春慧, 等. ALA提高苹果叶片光合性能与果实品质的效应[J]. 果树学报, 2013, 30(6): 944. DOI: 10.13925/j.cnki.gsx.2013.06.015.
- [17] 郭磊, 张斌斌, 马瑞娟, 等. 5-氨基乙酰丙酸处理对桃果实品质及营养生长的影响[J]. 江苏农业科学, 2015, 43(12): 194. DOI: 10.15889/j.issn.1002-1302.2015.12.060.
- [18] 张帆, 郁继华, 颜建明, 等. 外源ALA和Spd对低温弱光下辣椒幼苗光合作用及抗氧化系统的影响[J]. 中国农业科学, 2013, 46(11): 2298. DOI: 10.3864/j.issn.0578-1752.2013.11.014.
- [19] 孙永平. 5-氨基乙酰丙酸(ALA)提高逆境条件下西瓜幼苗叶片光合与光抑制保护机理研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2009.
- [20] 张春平, 何平, 袁凤刚, 等. 外源5-氨基乙酰丙酸对干旱胁迫下甘草种子萌发及幼苗生理特性的影响[J]. 西北植物学报, 2011, 31(8): 1603.
- [21] 杨蕊. 外源ALA处理对盐胁迫下黄瓜的缓解效应[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2008.
- [22] 申明, 段春慧, 张治平, 等. 外源ALA处理对‘丰水’梨疏花与果实品质的影响[J]. 园艺学报, 2011, 38(8): 1515. DOI: 10.16420/j.issn.0513-353x.2011.08.011.
- [23] AN Y Y, LIU L B, CHEN L H, et al. ALA inhibits ABA-induced stomatal closure via reducing H₂O₂ and Ca²⁺ levels in guard cells[J]. Frontiers in Plant Science, 2016, 7: 482. DOI: 10.3389/fpls.2016.00482.
- [24] WARRINGTON I J, WESTON G C. Kiwi fruits: science and management[M]. Auckland: Ray Richards Publisher, 1990.
- [25] 刘焕. 膨大剂处理对猕猴桃品质及贮藏性的影响[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2018.

(下转第 1043 页)