

# 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

徐 铭<sup>1</sup>,徐福利<sup>2</sup>

(1 西北农林科技大学 资源环境学院,陕西 杨凌 712100; 2 中国科学院 水利部 水土保持研究所,陕西 杨凌 712100)

**【摘 要】**【目的】为外源 5-氨基乙酰丙酸(ALA)在日光温室蔬菜上的应用提供科学依据。【方法】研究了不同浓度 ALA 处理对日光温室番茄生产的影响。【结果】ALA 以及 ALA + N 叶面施用均明显提高了番茄植株株高、叶绿素相对含量和果实产量,并改善了番茄果实品质;与对照相比,外源 ALA 各处理植株株高、叶绿素相对含量和单株生物产量均有明显提高,其中 D 处理(ALA1 号肥料第 1 次 2 kg/hm<sup>2</sup>,第 2~4 次 1 kg/hm<sup>2</sup>)效果最佳,植株株高、叶绿素相对含量及单株生物产量分别提高 27.18%,17.75%和 13.93%;外源 ALA 对番茄果实产量和品质也有明显的提高和改善作用,其中处理 B(ALA1 号肥料第 1 次 0.5 kg/hm<sup>2</sup>,第 2~4 次 0.3 kg/hm<sup>2</sup>)对果实产量效果最明显,处理 E(ALA3 号肥料第 1 次 2.5 kg/hm<sup>2</sup>,第 2~4 次 1.5 kg/hm<sup>2</sup>)对果实品质效果最佳。【结论】处理 E(ALA3 号肥料第 1 次 2.5 kg/hm<sup>2</sup>,第 2~4 次 1.5 kg/hm<sup>2</sup>)既有利于番茄生长发育,又能增加产量并改善品质,为最佳的 ALA 施用量及方法。

**【关键词】** 5-氨基乙酰丙酸;番茄生长发育;产量品质;日光温室

**【中图分类号】** S626.5;S641.2

**【文献标识码】** A

**【文章编号】** 1671-9387(2008)09-0128-05

## Effects of exogenous 5-aminolevulinic acid on the growth and the yield of the tomato in sunlight greenhouse

XU Ming<sup>1</sup>, XU Fu-li<sup>2</sup>

(1 College of Resources and Environment, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China; 2 Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Science and Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi 712100, China)

**Abstract:**【Objective】Scientific foundation was provided for the application of exogenous ALA (5-aminolevulinic acid) in the greenhouse vegetables.【Method】Effects of ALA application on the growth, yield and quality of the tomato in the greenhouse were studied.【Result】The results showed that ALA and ALA + N enhanced the plant height, chlorophyll, yield of the tomato and improved the quality of the fruit. ALA and ALA + N of all the treatments were significantly better than the control in plant height, chlorophyll, biologic yield of the tomato. The D treatment was the best of all the treatments. The plant height, chlorophyll, biologic yield of the tomato were increased by 27.18%, 17.75% and 13.93%. ALA and ALA + N improved the mean yield and quality of the tomato. There was the most significant increase in the mean yield and quality of the tomato compared with the control. The B treatment was the best one for the mean yield and the E treatment was the best one for the quality of the tomato.【Conclusion】Comprehensive analysis of the effects of ALA application on the growth, the yield, and the quality indicated that the E treat-

【收稿日期】 2007-10-12

【基金项目】 国家科技支撑计划项目(2006BAD09B07);中国科学院知识创新项目(KZCX2-XB2-05-01)

【作者简介】 徐 铭(1980-),女,河南长垣人,在读硕士,主要从事土壤化学与施肥技术研究。E-mail: xuming\_xm@126.com

【通讯作者】 徐福利(1958-),男,陕西富平人,研究员,主要从事土壤肥力和植物营养研究。E-mail: xfl@nwsuaf.edu.cn

ment (ALA + N) should be 2.5 kg/hm<sup>2</sup> for the first time, 1.5 kg/hm<sup>2</sup> for the second to the fourth time.

**Key words:** 5-aminolevulinic acid; tomato growth; yield quality; sunlight greenhouse

5-氨基乙酰丙酸(ALA)是一种含氧和氮的碳氢化合物,其是所有卟啉化合物的共同前体,与光合作用和呼吸作用有关,是植物体内天然存在的、植物生命活动必需的、代谢活跃的生理活性物质<sup>[1]</sup>。ALA可以通过生物途径合成<sup>[2-5]</sup>,也可以人工化学合成<sup>[5-6]</sup>。其无毒副作用,易降解、无残留,在农业生产中可以作为壮苗剂、增产剂、除草剂、杀虫剂、增色剂、落叶剂等使用。由于ALA参与植物生长发育的调节过程,被认为是一种新的具有多种生理功能的生长调节物质<sup>[7-8]</sup>,因而在农业生产上有着重要的潜在应用价值<sup>[9]</sup>,具有广阔的应用前景和市场开发潜力<sup>[10-11]</sup>。研究证实,ALA可以促进盐胁迫下小白菜种子萌发与幼苗生长,提高其叶片净光合速率,促进叶片同化产物向根系分配<sup>[12]</sup>。Nishihara等<sup>[13]</sup>提出,ALA提高菠菜净光合速率与其促进抗氧化酶活性有关。但有关外源ALA对日光温室蔬菜作物生长发育、产量和品质的影响效果,国内外尚未见报道。本试验研究了不同ALA施用量及施用方法对番茄生长发育与产量品质的影响,探讨ALA应用的有效条件与方法,以期外源ALA在现代设施蔬菜推广中的应用提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材 料

番茄(*L. esculentum* Mill)品种“天福501”种子,由安徽福斯特种苗有限公司提供。ALA液体肥料由日本Cosmo石油株式会社提供。

### 1.2 试验设置

试验于2006-10~2007-05在陕西省延安市宝塔区河庄坪日光温室中进行,该区属于黄土高原,土壤为黄绵土。试验地土壤基础肥力:有机质6.525 g/kg,全氮0.484 g/kg,速效氮168.6 mg/kg,速效磷30.43 mg/kg,速效钾77.65 mg/kg。

各处理小区整地时施牛粪134 t/hm<sup>2</sup>,尿素1340 kg/hm<sup>2</sup>,磷酸二胺900 kg/hm<sup>2</sup>。牛粪含有机质145 g/kg,全氮4.216 g/kg,速效氮154.8 mg/kg,速效磷325.1 mg/kg,速效钾3299 mg/kg;尿素中纯N含量为46%;磷酸二铵中P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>含量为46%,纯N含量为17%。试验于2006-10-08育苗,2006-12-01将有7~9片叶的番茄苗移栽到日光温室中定植。

表 1 试验设置的ALA在番茄上的施用方法  
Table 1 Treatment of ALA application on the tomato

处理 Treatment	施肥量/(kg·hm <sup>-2</sup> ) Fertilization			
	2007-01-05	2007-02-03	2007-03-10	2007-04-03
A(对照)	0	0	0	0
B(ALA1)	0.5	0.3	0.3	0.3
C(ALA1)	1.0	0.6	0.6	0.6
D(ALA1)	2.0	1.0	1.0	1.0
E(ALA3)	2.5	1.5	1.5	1.5
F(ALA3)	5.0	3.0	3.0	3.0

注:ALA1为ALA原材料,ALA3为ALA1+N(高氮液肥中加入5-氨基乙酰丙酸)。

ALA使用方法:叶面施用,施液体量3000 L/hm<sup>2</sup>,从番茄(茄果类)第一批花开开始喷施肥料,30 d左右喷施1次,共施用4次。对照A喷施井水,具体用量见表1。

试验设6个处理,各处理重复3次,随机排列。小区面积为1.2 m×5.5 m=6.6 m<sup>2</sup>,30株/小区。2007-05-28拉秧。

### 1.3 测定项目及方法

1.3.1 植株生长状况调查 在番茄整个生长发育过程中,从开始定植到收获测定了番茄株高增长的生长发育动态,以及叶片叶绿素相对含量。于2007-

01-19,02-03,03-10和04-20测定植株株高,植株高度用卷尺测定;于2007-01-19,02-04,03-10和04-20测定叶绿素相对含量,叶绿素相对含量(CCI=Chlorophyll Content Index)采用CCM-200型叶绿素仪测定。

1.3.2 果实品质测定 于盛果期测定果实中维生素C、可溶性糖、有机酸和水分含量。其中维生素C含量采用2,6-二氯靛酚滴定法<sup>[14]</sup>测定;可溶性糖含量采用蒽酮比色法<sup>[14]</sup>测定;有机酸含量采用滴定法<sup>[14]</sup>测定,用苹果酸表示;水分含量采用烘干法测定。

1.3.3 果实产量测定 于番茄果实成熟期(2007-03-25至05-25)在田间进行测定,每次采摘果实产量都做记录,直至小区果实采摘完全结束,计算单株产量并换算成总产量。单株生物产量是指单株果实产量与单株植株地上部分鲜重之和;鲜重和产量用电子秤测定。

#### 1.4 数据处理与统计分析

试验结果以测定的平均值表示;试验数据的统计分析采用 EXCEL 和 SAS 软件处理(邓肯氏新复极差法)。

## 2 结果与分析

### 2.1 ALA 对番茄植株株高的影响

从表 2 可以看出,2007-01-05 喷施 5-氨基乙酰丙酸后,除处理 B 外,其他各施肥处理与对照相比差异均达显著水平。随着时间的延长,喷施次数的

增多,外源 ALA 各施肥处理番茄植株株高与对照相比差异均达显著水平,到 2007-04-20,各施肥处理间差异均达显著水平。其中处理 D 对番茄株高增加效果最明显,2007-04-20 株高较对照增加 27.18%,其次是处理 C,较对照增加 19.75%。

### 2.2 ALA 对番茄叶片叶绿素相对含量的影响

表 3 表明,日光温室番茄喷施 5-氨基乙酰丙酸后,随着生长期的延长,番茄叶片叶绿素相对含量增加,表明喷施 5-氨基乙酰丙酸能增加番茄叶片叶绿素相对含量。喷施 5-氨基乙酰丙酸各处理,番茄叶片叶绿素相对含量平均值与对照相比差异显著,其中以处理 D 提高最明显,较对照增加 17.75%,其次是处理 F。说明在一定范围内,随着 ALA 喷施量的增加,番茄叶片叶绿素相对含量提高的效果越明显,同时也表明,ALA + N 同样能增加番茄叶片叶绿素相对含量。

表 2 不同处理 ALA 对番茄植株高度的影响

Table 2 Effect of ALA application on plant height of the tomato

处理 Treatment	株高 Plant height of the tomato cm				
	2006-12-01	2007-01-19	2007-02-03	2007-03-10	2007-04-20
A(CK)	25.0 a	37.5 d	55.8 d	75.6 e	82.4 e
B	25.0 a	38.2 d	62.0 bc	83.7 c	92.9 d
C	25.0 a	40.0 b	63.2 b	86.9 b	98.7 b
D	25.0 a	40.8 a	64.7 a	90.2 a	104.8 a
E	25.0 a	39.1 c	60.9 c	80.5 d	93.4 d
F	25.0 a	39.5 bc	61.7 c	82.7 c	97.4 c

注:同列数据后标不同小写字母者表示差异显著( $P < 0.05$ )。下表同。

Note: Different letters indicate that the values are significantly different ( $P < 0.05$ ). The following table is the same.

表 3 不同处理 ALA 对番茄叶片叶绿素相对含量的影响

Table 3 Effect of application of ALA on the chlorophyll of the leaf of the tomato

处理 Treatment	叶绿素相对含量 Chlorophyll content index %				平均值 Average
	2007-01-19	2007-02-04	2007-03-10	2007-04-20	
A(CK)	15.15	17.06	28.62	40.38	25.30 e
B	16.69	19.06	30.23	45.94	28.20 d
C	18.66	19.66	30.89	47.98	29.35 bc
D	17.38	20.72	32.43	48.65	29.79 a
E	16.18	19.97	29.94	48.84	28.73 cd
F	16.97	20.46	31.85	49.41	29.63 ab

### 2.3 ALA 对番茄果实品质的影响

从表 4 可以看出,与对照相比,处理 B、C、D、E、F 均能显著提高番茄  $V_c$ 、可溶性糖及有机酸含量( $P < 0.05$ )。在 ALA 处理中,处理 E 的  $V_c$ 、可溶性糖及有机酸含量均最高,与处理 B、C、D、F 差异显著。由表 4 还可以看出,各 ALA 处理番茄果实水分含量没有明显变化,与对照差异未达到显著水平。由于喷施 ALA 增加了番茄果实有机酸含量,导致糖酸比降低,与对照相比差异显著。

### 2.4 ALA 对番茄产量的影响

表 5 显示,与对照相比,喷施 ALA 能提高番茄单株产量、总产量及单株生物产量,其中处理 B 的单株产量和总产量最高,分别较对照增加 14.4%和 14.4%,其次是处理 E。5 个 ALA 处理的单株产量和总产量与对照相比差异显著,但各 ALA 处理间差异不显著。

表 5 还表明,ALA 各处理的单株生物产量均高于对照,且均达到显著水平,其中处理 D 单株生物产量增加效果最佳,较对照增加 13.93%,但各施肥

处理间差异不显著。

表 4 不同 ALA 处理对番茄果实品质的影响

Table 4 Effect of tomato fruit quality with application of ALA

处理 Treatment	Vc/(mg·kg <sup>-1</sup> ) Vitamin C	可溶性糖/(g·kg <sup>-1</sup> ) Soluble sugar	有机酸/(g·kg <sup>-1</sup> ) Organic acid	水分/(g·kg <sup>-1</sup> ) Water	糖酸比 Sugar-acid ratio
A (CK)	16.24 d	26.15 e	1.333 d	929.5 a	19.62 a
B	27.01 c	27.62 d	2.128 b	914.2 a	12.98 d
C	29.47 b	28.45 b	1.733 c	920.4 a	16.42 b
D	28.91 b	28.35 b	1.730 c	915.1 a	16.39 b
E	32.08 a	29.50 a	2.278 a	929.6 a	12.95 e
F	29.87 b	28.05 c	2.121 b	922.1 a	13.22 c

表 5 不同 ALA 处理对番茄产量的影响

Table 5 Effect of ALA application on the yield of tomato

处理 Treatment	单株产量/g Mean plant yield	总产量/(kg·hm <sup>-2</sup> ) Total yield	单株生物产量/g Mean plant biologic yield
A (CK)	797.39 b	36 263.1 b	1 359.47 b
B	912.22 a	41 485.4 a	1 545.32 a
C	887.78 a	40 373.7 a	1 504.48 a
D	882.22 a	40 121.1 a	1 548.82 a
E	899.44 a	40 904.3 a	1 516.14 a
F	882.78 a	40 146.3 a	1 516.08 a

### 3 结论与讨论

日光温室产业作为我国设施农业的主体,近 20 年来已成为农业种植业中效益最高的产业,也是现代农业发展的重要形式,因此,采用各种措施改进设施种植条件与环境,已经成为现代设施农业研究的一个重点。茄果类蔬菜在低温条件下虽然开花,但多不能受精结实。研究表明,正确选择和施用外源性植物生长调节物质,能有效防止茄果类、豆类蔬菜的落花落果,促进果实膨大,加速成熟,提高产量<sup>[15]</sup>。所以近几年来,无毒副作用、易降解的植物生长调节剂 ALA 在蔬菜上的应用研究受到重视。已有研究证明,ALA 是一种植物体内代谢产物,可以参与调节植物生长发育过程。在高浓度时,外源 ALA 可以作为无污染、无残留的光敏除草剂;低浓度时,可调节植物生长发育,促进作物生长,增加植物产量<sup>[7]</sup>,增强植物的抗逆性<sup>[16]</sup>。

本试验结果表明,番茄叶面喷施不同用量 ALA,均可以增加番茄植株株高,与对照相比,使用 ALA 的番茄植株株高分别增加 12.74%,19.75%,27.18%,13.35%和 18.20%;番茄叶面喷施一定用量的外源 ALA,可以有效提高番茄叶绿素相对含量,并且每喷施一次都能有效提高叶绿素相对含量,这与 Tanaka 等<sup>[17]</sup>对绿萝(*Epipremnum aureus*)和萝卜的研究结果相似。

全光照条件下,低浓度 ALA 处理可以明显提

高萝卜、菜豆、大麦、马铃薯和大蒜等作物产量并改善其品质<sup>[18]</sup>。本试验表明,外源 ALA 对番茄果实品质也有明显改善,喷施 ALA 能提高番茄果实 Vc 含量、可溶性糖及有机酸含量,由于可溶性糖与有机酸含量增加比例不同,导致番茄果实糖酸比明显降低;但喷施外源 ALA 对番茄果实水分含量没有明显影响。这与 Hotta 等<sup>[8]</sup>的研究结果相似。

通过本试验可知,叶面喷施 ALA 可以明显提高番茄植株株高、叶片叶绿素相对含量,增加产量及改善番茄果实品质。与对照相比,喷施 ALA 各处理番茄果实单株产量均显著增加,但各喷肥处理间差异不显著。产量与品质综合分析认为,喷施 ALA + N(第 1 次 2.5 kg/hm<sup>2</sup>,第 2~4 次 1.5 kg/hm<sup>2</sup>)效果最佳。

#### [参考文献]

[1] von Wettstein D, Gough S, Kananagara C G. Chlorophyll biosynthesis [J]. *Plant Cell*, 1995, 7: 1039-1057.  
 [2] 刘秀艳,叶敏,徐向阳. 产生 5-氨基乙酰丙酸(ALA)光合细菌生物学研究进展 [J]. *生物工程进展*, 2000, 20(5): 67-71.  
 Liu X Y, Ye M, Xu X Y. Advancement of research on photosynthetic bacteria biological formation of 5-aminolevulinic acid [J]. *Progress in Biotechnology*, 2000, 20(5): 67-71. (in Chinese)  
 [3] 刘秀艳,徐向阳,陈蔚青. 光合细菌产生 5-氨基乙酰丙酸(ALA)的研究 [J]. *浙江大学学报:理学版*, 2002, 29(3): 336-340.  
 Liu X Y, Xu X Y, Chen W Q. Research on photosynthetic bac-

- teria strain to biological formation of 5-aminolevulinic acid [J]. Journal of Zhejiang University: Science Edition, 2002, 29 (3): 336-340. (in Chinese)
- [4] 郭进魁,毕玉蓉,李红玉. 外源 Narciclasine 对黄化植物中 5-氨基乙酰丙酸生物合成的抑制作用及其与 6-BA 和 ABA 作用的关系 [J]. 植物生理学报, 2000, 26(5): 437-440.
- Guo J K, Bi Y R, Li H Y. Inhibitory effect of exogenous Narciclasine on biosynthesis of 5-aminolevulinic acid and relationship to the actions of 6-BA and ABA in etiolated plants [J]. Acta Phytophysiological Sinica, 2000, 26(5): 437-440. (in Chinese)
- [5] 付士凯,李伟华,时建刚. 5-氨基乙酰丙酸的应用及合成方法 [J]. 山东化工, 2003, 32(3): 24-27.
- Fu S K, Li W H, Shi J G. Application and synthesis of 5-aminolevulinic acid [J]. Shandong Chemical Industry, 2003, 32(3): 24-27. (in Chinese)
- [6] 张淑婷,周强. 植物生长调节剂 5-ALA 的全化学合成 [J]. 农药, 2002, 41(7): 43-46.
- Zhang S T, Zhou Q. Synthesis of growth regulators 5-aminolevulinic acid [J]. Pesticides, 2002, 41(7): 43-46. (in Chinese)
- [7] Bindu R C, Vivekanandan M. Hormonal activities of 5-aminolevulinic acid in callus induction and micropropagation [J]. Plant Growth Regul, 1998, 26: 15-18.
- [8] 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]. Biosci Biotech Biochem, 1997, 61: 2025-2028.
- [9] 汪良驹,姜卫兵,章镇,等. 5-氨基乙酰丙酸生物合成和生理活性及其在农业生产中的潜在应用 [J]. 植物生理学通讯, 2003, 39(3): 185-192.
- Wang L J, Jiang W B, Zhang Z, et al. Biosynthesis and physiological activities of 5-aminolevulinic acid (ALA) and its potential application in agriculture [J]. Plant Physiology Communications, 2003, 39(3): 185-192. (in Chinese)
- [10] 崛田康司. 5-氨基乙酰丙酸对两种草坪生长的影响 [J]. 青海草业, 2001, 10(4): 46-47.
- Qutian K S. Effects of 5-aminolevulinic acid on the growth of two lawns [J]. Qinghai Prataculture, 2001, 10(4): 46-47. (in Chinese)
- [11] 范镇基. 神奇的新除草杀虫剂-5-氨基乙酰丙酸 [J]. 氨基酸和生物资源, 2000, 11(1): 37.
- Fan Z J. New marvelous herbicide-5-aminolevulinic acid [J]. Amino Acids & Biotic Resources, 2000, 11(1): 37. (in Chinese)
- [12] 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): 34-38.
- Wang L J, Shi W, Liu H, et al. Effects of exogenous 5-aminolevulinic acid treatment on leaf photosynthesis of pak-choi [J]. Journal of Nanjing Agricultural University, 2004, 27(2): 34-38. (in Chinese)
- [13] Nishihara E, Kondo K, Parvezmm K, et al. Role of 5-aminolevulinic acid (ALA) on active oxygen-scavenging system in NaCl-treated spinach (*Spinacia oleracea*) [J]. J Plant Physiol, 2003, 160: 1085-1091.
- [14] 高俊凤. 植物生理学实验指导 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2006.
- Gao J F. Plant physiology experimental guidance [M]. Beijing: Higher Education Press, 2006. (in Chinese)
- [15] 潘伟,张爽. 植物生长调节剂在园艺植物上的应用 [J]. 现代化农业, 2005(8): 43.
- Pan W, Zhang S. Application of plant growth regulators on horticultural crops [J]. Modernizing Agriculture, 2005(8): 43. (in Chinese)
- [16] Watanabe K, Tanaka T, Hotta Y, et al. Improving salt tolerance of cotton seedlings with 5-aminolevulinic acid [J]. Plant Growth Regul, 2000, 32: 99-103.
- [17] Tanaka R, Yeshida K, Nakayashiki T, et al. Differential expression of two hemA mRNAs encoding glutamyl-tRNA reductase proteins in greening cucumber seedlings [J]. Plant Physiol, 1996, 110: 1223-1230.
- [18] Hotta Y, Tanaka H, Takaoka Y, et al. Promotive effects of 5-aminolevulinic acid on the yield of several crops [J]. Plant Growth Regul, 1997, 22: 109-114.