

# 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2,6-二氯酚酚滴定法<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

cm

处理 Treatment	株高 Plant height of the tomato				
	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 Vc、可溶性糖及有机酸含量( $P<0.05$ )。在 ALA 处理中,处理 E 的 Vc、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  $\delta$ -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  $\delta$ -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  $\delta$ -ALA 的全化学合成 [J]. 农药, 2002, 41(7): 43-46.
- Zhang S T, Zhou Q. Synthesis of growth regulators  $\delta$ -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 Biachem, 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. 神奇的新除草剂  $\delta$ -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  $\delta$ -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.