

5-氨基乙酰丙酸对日光温室油麦菜 产量及品质的影响

徐 铭,徐福利

(西北农林科技大学 中国科学院水利部水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100)

摘 要: 为了解 5-氨基乙酰丙酸(ALA)在蔬菜上的应用效果,日光温室田间试验 ALA 叶面喷施和土壤表面喷施以及 ALA+N 叶面施用对油麦菜生长发育、产量和品质的影响。结果表明:ALA 以及 ALA+N 叶面施用和土壤表面喷施均明显提高了油麦菜的光合速率、叶绿素含量和产量,并改善了油麦菜品质;与对照相比,外源 ALA 各处理光合速率和产量均达到极显著水平($P<0.01$),其中 ALA+N 叶面施用效果最佳,光合速率和产量分别提高 34.7%和 41.6%;外源 ALA 对油麦菜叶绿素含量和品质也有明显地提高和改善,并且 ALA+N 效果最为明显,叶面喷施和土壤喷施 ALA 次之,但它们三者之间差异不显著。

关键词: 5-氨基乙酰丙酸;油麦菜;光合特性;叶绿素;产量
中图分类号: S636 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2008)03-0133-05

5-氨基乙酰丙酸(5-amino levu linic acid), 又名 δ -氨基乙酰丙酸、 δ -氨基戊酮酸,称 ALA,熔点 149~151℃,分子量 131.2,分子式为 $H_2CNH_2-CO-CH_2CH_2-COOH$ 。它是一种含氧和氮的碳氢化合物,作为生物体内卟啉化合物生物合成的关键前体,牵涉到植物的光合作用和呼吸作用,它的合成与代谢过程已经得到了广泛研究^[1,2]。已有研究表明,ALA 不单纯是一种植物体内代谢中的产物,而且可能参与植物生长发育的调节过程。在高浓度时,外源 ALA 可以作为无污染、无残留的光敏除草剂^[3];低浓度时,它可调节植物生长发育,促进作物生长,增加植物的产量^[4,5],增强植物的抗逆性^[6]。因而,ALA 在农业生产上有重要的潜在应用价值^[7]。国外研究主要集中在日本、美国等少数几个国家,仍处于研究试验阶段。由于其具有“神奇”的作用效果,且天然无污染,备受国内外学者及产业界的重视,具有广阔的应用前景和市场开发前景^[2,6,11~13]。本试验研究外源 5-氨基乙酰丙酸和 5-氨基乙酰丙酸+N 对设施种植蔬菜作物生理特性、产量和品质的影响,探讨该物质应用的有效条件与方法,为外源 5-氨基乙酰丙酸在现代设施蔬菜生产应用打下科学基础。

1 材料与方法

1.1 试验设置

试验于 2006 年 11 月~2007 年 2 月在陕西省

延安市宝塔区河庄坪的日光温室蔬菜中进行,此区属于黄土高原丘陵沟壑区,土壤为黄绵土。试验地的土壤基础肥力:有机质 6.332 g/kg,全氮 0.401 g/kg,速效氮 135.6 mg/kg,全磷 0.611 g/kg,速效磷 39.4 mg/kg,速效钾 76.11 mg/kg。

各处理小区整地时施有机肥(牛粪)134 t/hm²,尿素 1 340 kg/hm²,磷酸二胺 900 kg/hm²。牛粪(全氮 4.216 g/kg、速效氮 154.8 mg/kg、全磷 2.11 g/kg、速效磷 325.1 mg/kg、速效钾 3 299 mg/kg),尿素(N 46%),磷酸二铵(P₂O₅ 46%,N 17%)。试验作物为油麦菜(*L aet uca S atiu*al),品种为“球星”良种。2006 年 11 月 10 日播种,2007 年 2 月 4 日收获结束。

试验设 4 个处理:① 对照;② 5-氨基乙酰丙酸(叶面施用);③ 5-氨基乙酰丙酸+N(在高氮液肥中加入 5-氨基乙酰丙酸,叶面施用);④ 5-氨基乙酰丙酸(土壤施用)。叶面施用:5-氨基乙酰丙酸第 1 次 1 kg/hm²,第 2~4 次 800 g/hm²,喷施比例为 1:800;5-氨基乙酰丙酸+N 第 1 次 5 kg/hm²,第 2~4 次 3 kg/hm²,喷施比例为 1:800;土壤施用:5-氨基乙酰丙酸第 1 次 2 kg/hm²,第 2~4 次 1.2 kg/hm²。施洒液体量 3 000 L/hm²,每 15 d 左右处理一次,使用 4 次左右,持续到试验结束。田间随机排列,重复 4 次。小区面积为 1.2 m×5.5 m=6.6 m²。

收稿日期:2007-07-13
基金项目:中国科学院知识创新项目(KZCX2-XB2-05-01);国家科技支撑项目(2006BAD09B07)
作者简介:徐 铭(1980-),女,硕士研究生。E-mail:xuming_xm@126.com.
(C)1994-2022,中国知网,版权所有。侵权必究。地址:陕西省西安市,研究员,博士,主要从事土壤肥力和植物营养方面的研究。E-mail:xm@nwsuaf.edu.cn

1.2 测定项目与方法

在油麦菜整个生长发育过程中,从开始定植到收获,测定了油麦菜的生长发育动态,叶片的叶绿素相对含量、光合作用特性。光合作用测定采用 LC pro+ 便携式光合系仪,单位是净光合速率 $[Pn, \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})]$ 。叶绿素含量用 CCM-200 型叶绿素仪测定,单位是 CCI ($\text{CCI} = \text{Chlorophyll Content Index}$ 叶绿素相对含量指标)。

油麦菜收获后每小区单收计产,并选取不同处理的油麦菜新鲜样品,测定植株中的维生素 C、可溶糖、叶片粗纤维、硝酸盐等含量。维生素 C 含量采用 2,6-二氯靛酚滴定法^[8],可溶糖、叶片粗纤维含量采用蒽酮比色法^[8],硝酸盐含量采用紫外分光光度法^[8]。

1.3 数据处理与统计分析

试验结果以测定的平均值表示;数据的统计分析采用 EXCEL 和 SAS 软件处理。

2 结果与分析

2.1 5-氨基乙酰丙酸对油麦菜光合速率的影响

光合速率是一个重要的光合效率指标,光合速率的变化是反映植物同化产物生产的最直观的参数^[9]。使用 5-氨基乙酰丙酸对油麦菜叶片光合作用的影响结果见图 1,从图中可见,5-氨基乙酰丙酸不同施用量及施用方法均提高了油麦菜叶片的光合速率,其中以 5-氨基乙酰丙酸+N 叶面施用处理光合作用效率最高,其次是 5-氨基乙酰丙酸(土壤施用),与对照相比,B、C、D 处理光合速率分别比对照提高了 23.9%、34.7%和 25.8%,差异性达极显著水平($P<0.01$)。B、C、D 处理间之间差异不显著。5-氨基乙酰丙酸叶面施用与土壤施用对设施油麦菜的光合作用差异不大。图 1 说明,5-氨基乙酰丙酸可以改善植物的光合特性,增加有机物的积累,为植物的营养生长和生殖生长提供基础物质。

2.2 5-氨基乙酰丙酸对油麦菜叶绿素含量的影响

5-氨基乙酰丙酸的不同施用量及方法对油麦菜叶片叶绿素相对含量试验结果见表 1。表 1 表明,日光温室种植的油麦菜喷施 5-氨基乙酰丙酸后,3 次测定菜叶叶绿素相对含量,数值逐次增加,结果表明每喷施一次外源 5-氨基乙酰丙酸都能增加油麦菜叶绿素相对含量,叶绿素的提高,为油麦菜的光合作用提供了充足的场所,从各处理叶绿素相对含量平均值分析,处理 B、C、D 都明显高于处理

A。其中以 C 处理提高最明显,说明在 5-氨基乙酰丙酸溶液中加入氮素可以提高叶绿素含量,在研究外源 5-氨基乙酰丙酸的效果时可以加入氮素,这样可以提高调节植物生长的效果。

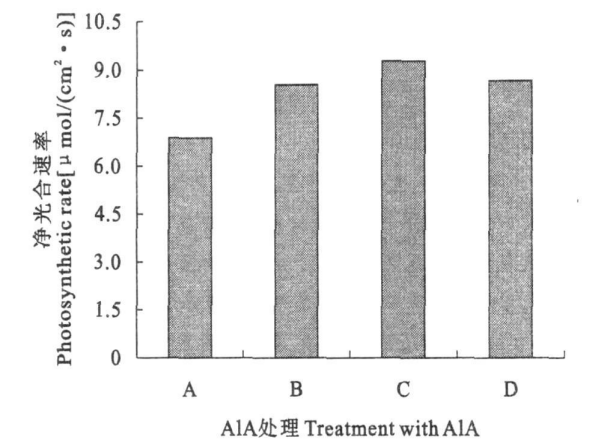


图 1 ALA 不同处理对油麦菜光合速率的影响

Fig. 1 The effect of ALA application on photosynthetic rate of leaf-letted lettuce

表 1 5-氨基乙酰丙酸的不同施用量及方法对油麦菜叶绿素相对含量(CCI)影响

Table 1 The effect of application of ALA on the chlorophyll of leaf-letted lettuce

处理 Treatment	测定时间 Test time			平均值(CCI) Average
	2007-01-05	2007-01-19	2007-02-03	
A	6.94	7.34	7.26	7.18
B	7.31	8.30	8.73	8.11
C	7.19	8.64	9.03	8.29
D	7.36	8.62	8.80	8.26

2.3 5-氨基乙酰丙酸对油麦菜生长及产量的影响

油麦菜收获时的产量结果见表 2。从表中还可以看出,不论是采用叶面喷施 5-氨基乙酰丙酸,还是采用喷施在土壤表面,油麦菜叶宽和叶长都有明显的提高,处理 B 提高叶长效果最佳,增加率达 26.4%,处理 C 提高叶宽效果最佳,增加率达 31.8%。油麦菜属于叶菜类,喷施 5-氨基乙酰丙酸提高叶宽和叶长,因此油麦菜产量也相应得到提高。与对照相比,处理 B、C、D 产量分别提高 38.8%、41.6%、35.3%,差异都达到极显著水平($P<0.01$)。叶面喷施 5-氨基乙酰丙酸与喷施在土壤表面之间的差异不显著。这与喷施 5-氨基乙酰丙酸对油麦菜光合作用效果相一致(图 1)。

表 2 不同 5-氨基乙酰丙酸施肥处理对油麦菜生长及产量的影响

Table 2 The growth and the yield of leaf-used lettuce with the application of ALA

处理 Treatment	叶长(cm) Leaf lenght	叶宽(cm) Leaf width	平均产量(kg/m ²) Mean yield	增产(%) Add
A	23.5	3.55	4.33 b B	0
B	29.7	4.46	6.01 a A	38.8%
C	28.6	4.68	6.13 a A	41.6%
D	29.3	4.52	5.86 a A	35.3%

注:数据后不同大、小写字母分别表示差异达 1% 和 5% 显著水平。
Note: Different capital and small letters mean significant at 1% and 5% levels respectively.

2.4 5-氨基乙酰丙酸对油麦菜品质的影响

随着经济的发展,人民生活水平的不断提高,广大消费者对蔬菜的品质要求也越来越高,目前蔬菜生产过程中,不仅要提高产量,更重要的是改善品质。叶面喷施 5-氨基乙酰丙酸,以及喷施在土壤表面对油麦菜的品质的影响结果见表 3。从表 3 可以看出,处理 B、C、D 与对照 A 相比,喷施 5-氨基乙酰丙酸能提高油麦菜 Vc 含量和可溶糖含量,油麦菜 Vc 含量比对照提高 4.4%~17.0%;叶面喷施 5-氨基乙酰丙酸,与对照相比可溶糖提高 7.85%~10.6%,处理 C 效果最为明显。油麦菜植株的粗纤维含量 C 处理最低,比 A 处理相对降低 15.4%,

同时处理 B 和 D 也不同程度地降低粗纤维含量,粗纤维含量比对照降低 8.3%~15.4%,油麦菜粗纤维含量的降低使得蔬菜口感好,食用品质优良。

蔬菜中的硝酸盐是影响人体健康的重要因子,其含量的高低被视为蔬菜安全指标之一。由于片面追求蔬菜高产,忽视品质,使得大量甚至过量施用氮肥在蔬菜生产中十分普遍,不合理的氮肥施用已使一些蔬菜硝酸盐含量严重超标^[10]。表 3 表明喷施 5-氨基乙酰丙酸能有效降低油麦菜菜叶中 NO₃⁻含量,NO₃⁻含量比对照降低 11.0%~15.3%,提高蔬菜品质效果明显。

表 3 不同施肥处理的油麦菜品质测定结果

Table 3 Different comparison of component composition of leaf-used lettuce quality with application of ALA

处理 Treatment	Vc(mg/kg) Ascorbic acid	增加(%) Add	可溶性糖(%) Soluble sugar	增加(%) Add	粗纤维(%) Fiber	增加(%) Add	NO ₃ ⁻ (mg/kg)	增加(%) Add
A	20.38	—	0.857	—	1.56	—	209	—
B	21.27	4.4	0.915	6.8	1.36	-12.8	186	-11.0
C	23.84	17.0	0.948	10.6	1.32	-15.4	177	-15.3
D	23.40	14.8	0.849	-0.9	1.43	-8.3	182	-12.9

3 讨 论

日光温室种植是现代农业发展的重要形式,已经成为黄土高原丘陵区农民增加经济收入的主导产业之一,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^[1~6]。已有研究证明,5-氨基乙酰丙酸是一种植物体内代谢中的产物,而且可以参与调节植物生长发育的全过程。在高浓度时,外源 5-氨基乙酰丙酸可以作为无污染、无残留的光敏除草剂^[3];低浓度时,它可调节植物生长发育,促进作物生长,增加植物的产量^[4,5],增强植物的抗逆性^[6]。外源 5-氨基乙酰丙酸在本试验条件下使用的结果表明,油麦菜喷施一定浓度的外源 5-氨基乙酰丙酸及 5-氨基乙酰丙酸改进

品均可以促进油麦菜叶片光合效率,与对照相比,使用 5-氨基乙酰丙酸的叶片光合作用相对提高提高 23.9%、34.7% 和 25.8% (图 1);这与对绿萝 (*Epipremnum aureus*) 和萝卜的研究结果相似^[11]。5-氨基乙酰丙酸是叶绿素和亚铁血红素等卟啉化合物生物合成的关键前体,高等植物的白色体或者完全成熟叶绿体合成 5-氨基乙酰丙酸的活性都很弱,只有正在变绿的叶绿体才大量合成 5-氨基乙酰丙酸^[12]。例如,在花叶日本卫矛 (*Euonymus japonicus*) 叶片变绿过程中,如同一叶片的最早变色部分完全变绿而另一部分仍为白,绿色部分的 5-氨基乙酰丙酸合成活性比白色部分高 2 倍,且 GSA-AM 活性也很高^[11]。在本试验中,叶面喷施一定浓度的外源 5-氨基乙酰丙酸及 5-氨基乙酰

丙酸改进品可以有效提高油麦菜叶绿素相对含量值(表 1),这与 Tanaka 等^[13]研究结果相似,作者观察到,黄瓜白化苗子叶在几个光—暗循环中只能积累很少量的叶绿素,并且在随后的黑暗中几乎完全被降解;而 4 mg/L 5-氨基乙酰丙酸可使叶绿素 a 和 b 的积累量分别提高 2.4 和 3.3 倍,并且有 70% 的叶绿素 b 在暗期中保持稳定。大量试验表明,光合作用与作物产量有密切关系^[11~13]。本试验中,外源 5-氨基乙酰丙酸及 5-氨基乙酰丙酸+N 提高了油麦菜光合速率,同时油麦菜产量也明显比对照高,差异性达极显著水平(表 2)。有关 5-氨基乙酰丙酸中加入氮素的数量还需进一步研究。作物的光合作用和产量密切相关^[14],采用 5-氨基乙酰丙酸可以明显提高油麦菜的光合作用,提高叶片的叶绿素含量,这些对油麦菜的光合产物的累积具有十分重要的作用,这与 Hotta 等^[13]系统报道的低浓度 5-氨基乙酰丙酸对多种作物生长及产量的效应的结果相似。

外源 5-氨基乙酰丙酸及 5-氨基乙酰丙酸+N 不仅提高了油麦菜光合速率、叶绿素相对含量和产量,同时改善了油麦菜的品质(表 3),喷施 5-氨基乙酰丙酸能提高油麦菜 Vc 含量和可溶糖含量,油麦菜 Vc 含量比对照提高 4.4%~17.0%;叶面喷施 5-氨基乙酰丙酸,可溶糖比对照提高 7.85%~10.6%。油麦菜植株的粗纤维含量 C 处理最低,粗纤维含量比对照降低 8.3%~15.4%。喷施 5-氨基乙酰丙酸能有效降低油麦菜菜叶中 NO_3-N 含量, NO_3-N 含量比对照降低 11.0%~15.3%,提高了蔬菜品质。

外源 5-氨基乙酰丙酸的叶面施用:5-氨基乙酰丙酸第 1 次 1 kg/hm²,第 2~4 次 800 g/hm²,喷施比例为 1:800;5-氨基乙酰丙酸+N 第 1 次 5 kg/hm²,第 2~4 次 3 kg/hm²,喷施比例为 1:800;土壤施用:5-氨基乙酰丙酸第 1 次 2 kg/hm²,第 2~4 次 1.2 kg/hm²。

参 考 文 献:

- [1] Castelfranco P A, Beale S I. Chlorophyll biosynthesis: recent advances and areas of current interest [J]. *Ann Rev Plant Physiol*, 1983, 34: 241—278.
- [2] von Wettstein D, Gough S, Kananagara C G. Chlorophyll biosynthesis [J]. *Plant Cell*, 1995, 7: 1039—1057.
- [3] 阎宏涛, 李汉杰, 王邦法. 光活化除草 5-氨基乙酰丙酸作用机理初探 [J]. *植物保护*, 1994, 20(1): 44—45.
- [4] Bindu c R, Vivekanandan M. Role of aminolevulinic acid in improving biomass production in Vigna [J]. *Biol Plant*, 1998, 41: 211—215.
- [5] 汪良驹, 石伟, 刘晖. 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.
- [6] 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.
- [7] 汪良驹, 姜卫兵, 章镇, 等. 5-氨基乙酰丙酸的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.
- [8] 高俊凤. 植物生理学实验指导 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2006. 68—70, 144—148, 200—201.
- [9] 鲁巍, 崔洪秋, 郑洪亮, 等. 锰叶面喷施对大豆光合特性及叶绿体色素的影响 [J]. *黑龙江八一农垦大学学报*, 2006, (6): 12—15.
- [10] 诸海焘, 吕卫光, 余廷园. 不同氮肥用量对青花菜品质和产量的影响 [J]. *北方园艺*, 2006, (1): 6—7.
- [11] Hotta Y, Tanaka T, Takaoaka 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.
- [12] Masuda T, Takabe K. Enzymatic activities for the synthesis of chlorophyll in pigment-deficient variegated leaves of *Euonymus-japonicus* [J]. *Plant Cell Physiol*, 1996, 37: 481—487.
- [13] 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.
- [14] 侯有良, L O'Brien, 钟改荣. 小麦不同器官氮素累积分布动态规律的研究(英文) [J]. *作物学报*, 2001, (4): 345—348.

Effects of exogenous 5- amino levu linic acid on the yield and quality of
Leaf-used lettuce at sunlight greenhouse

XU Ming, XU Fu-li

(Northwest A & F University, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources,
Institute of Soil and Water Conservation, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: The field experiment was carried out at sunlight greenhouse to study the effect of 5- amino levu linic acid (ALA) and 5- amino levu linic acid+N (ALA+N) on the growth, yield and quality of leaf-used lettuce. The results showed that ALA and ALA+N enhanced the photosynthesis, chlorophyll, yield of leaf-used lettuce and improved the quality of leaf-used lettuce. ALA and ALA+N of all the treatments were significantly better than the control ($P<0.01$) in the photosynthesis and yield of leaf-used lettuce, ALA+N treatment was the best in all the treatments, the photosynthesis and yield of leaf-used lettuce increased by 34.7% and 41.6%. ALA and ALA+N improved the content of chlorophyll and quality of leaf-used lettuce, there was the most significant increase the content of chlorophyll and quality of leaf-used lettuce compared to the control. The study indicated that the application of ALA and ALA+N increased the yield and quality of leaf-used lettuce and there was no significant difference among them.

Keywords: 5- amino levu linic acid; leaf-used lettuce; photosynthetic characteristics; chlorophyll; yield

(上接第 127 页)

Dynamic varieties of dry matter and nutrient accumulation in maize plants
under different water and N、P、K supply condition

HE Dong-mei¹, ZHANG Chong-yu²

(1. College of Agriculture of Guizhou University, Guiyang, Guizhou 550025, China;

2. College of Life Science of Guizhou University, Guiyang, Guizhou 550025, China)

Abstract: The effects of different water and N、P、K supply on the dynamics of N, P and K uptake and accumulation were studied by pot experiment with the design of orthogonal. The results showed that the dry matter and nutrient accumulation were continuously increased with plant growth, and their accumulation in different plant-growing periods were shaped in S curves that could be described by the exponential regression equations. The momentary rate of the dry matter and nutrient uptake was obtained by the regression equations for the first derivatives. At the same time, the time for the maximum absorptive rate was obtained by the regression equations for the second derivatives. The time for accumulation of maximum dry matter is 33.56~68.06 d after the maize emergence, the times for accumulation of N, P, K are 14.73~64.19, 45.23~80.64, 18.80~53.91 d respectively.

Keywords: coupling of water and N、P、K; dry matter accumulation; nutrient accumulation; dynamic variety