

# 5-氨基乙酰丙酸 (5-ALA) 在农业上的应用



南宁汉和生物科技股份有限公司（简称汉和生物）成立于2013年10月，是一家以研发和制造为核心驱动力，利用微生物工程、酶工程、合成生物学、分子生物学、基因编辑等新技术，研究和开发系列微生物产品、酶制剂、微生物代谢物、新型绿色制造的高新技术企业。

汉和生物与中科院天津工生所(国家合成生物创新中心)、江南大学、中科院菌种保藏中心等科研机构达成长期深度战略合作！拥有10000平米的生物工程技术研发中心和细胞工厂。引进美国铂金埃尔默液相色谱串联质谱仪、电感耦合等离子体发射光谱仪、安捷伦色谱仪等100多台精密科研设备。

汉和生物是国家高新技术企业，荣获农业部重点实验室，广西壮族自治区工业和信息化厅认定的“专精特新”企业，国家知识产权优势企业、广西瞪羚企业、广西壮族自治区新型研发机构、广西壮族自治区产学研用一体化企业、广西数字化车间、2021年广西最具潜力民营企业、2021年广西最具竞争力民营企业、2021年广西瞪羚企业活力十强，同时获评《证券时报》2022年中国创业企业新苗榜-年度新锐企业等荣誉。公司于2022年8月24日在中小企业股份转系统成功挂牌，证券代码873757。



# 公司研究中心与产业化基地

## 汉和合成生物研究中心

2017-至今，汉和科研投入累计超过1.5亿元，实验室面积4000m<sup>2</sup>，拥有强大的研发能力！



研发中心3名博士、带领70多名研发人员。持续不断的开发高价值化合物，比如：5-ALA、GABA、羟基酪醇、褐藻寡糖、 $\alpha$ -酮戊二酸及多种微生物发酵滤液等。



## 全国唯一的农业农村部微生物肥料重点实验室

2021年获批“南宁市合成生物工程研究中心”

农业农村部微生物肥料重点实验室

(南宁汉和生物科技股份有限公司)

Key Laboratory of Microbial Fertilizer, Ministry of Agriculture and Rural Affairs

中华人民共和国农业农村部

二〇二三年

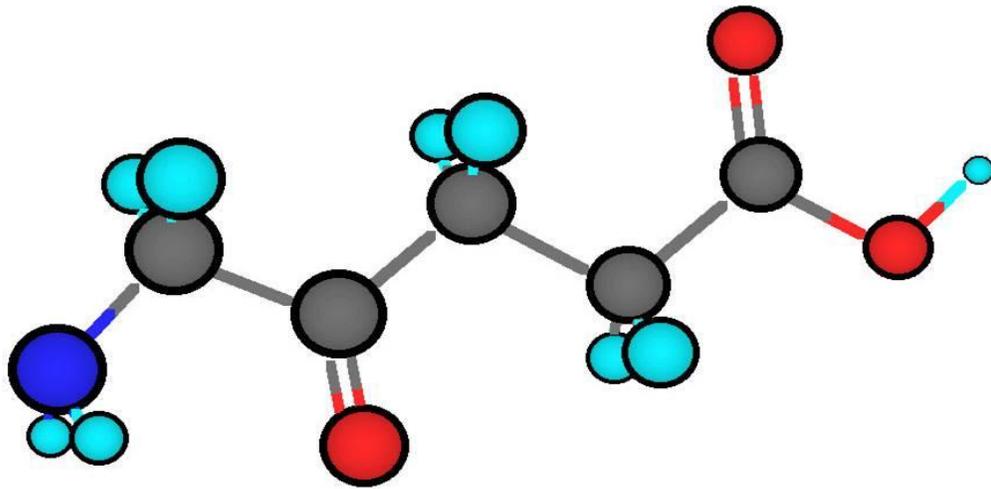
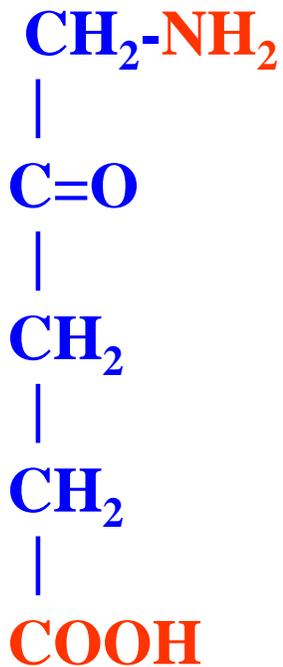
南宁市合成生物

工程研究中心

南宁市发展和改革委员会

二〇二一年

## 5-氨基乙酰丙酸 ALA (5-aminolevulinic acid)



CAS # : 106-60-5 (net)

5451-09-2

Mw : 167.59

Mp : 156°C (dec)

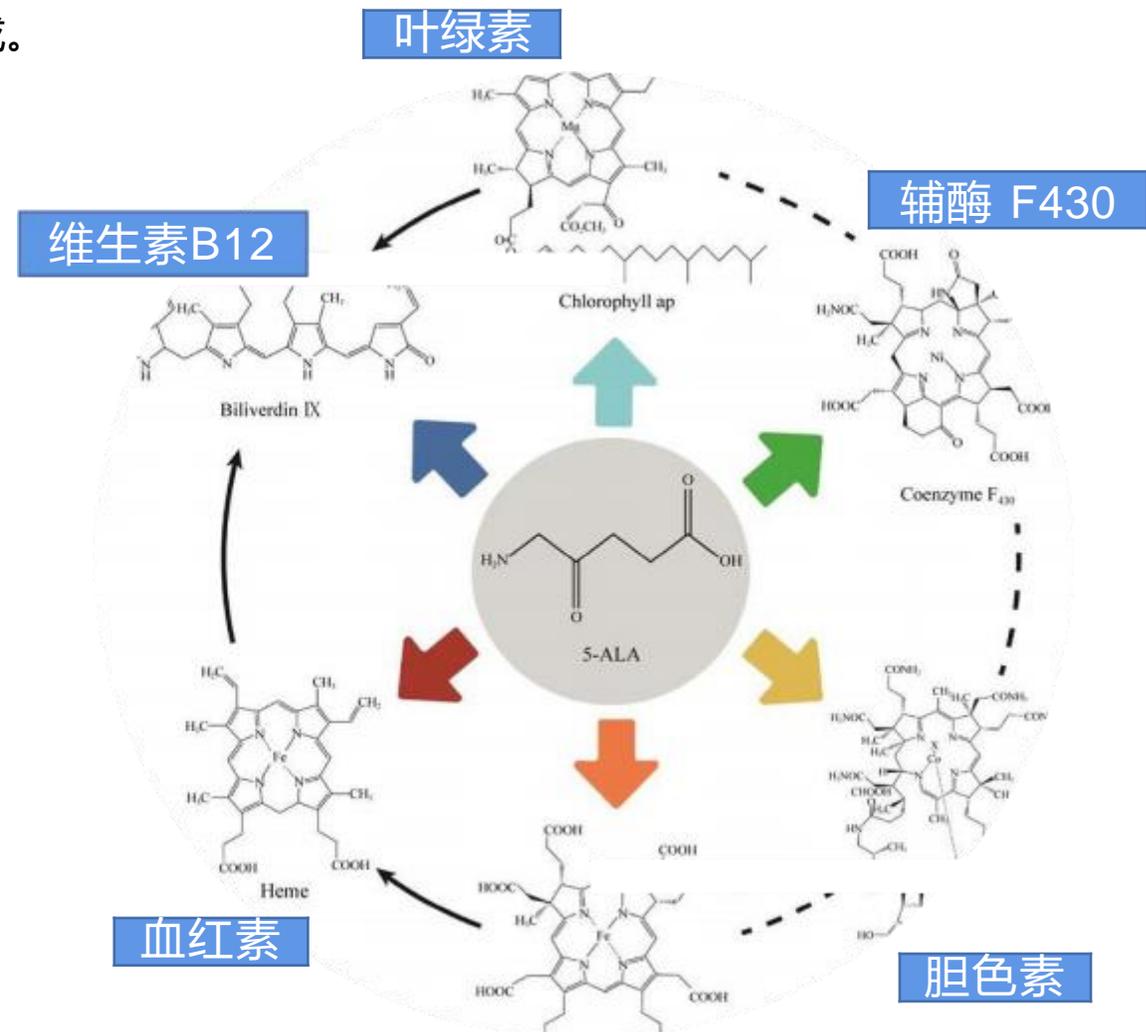
White solid

Stabilize from HCl salt

5-氨基乙酰丙酸(ALA)是一种含氧和氮的碳氢化合物，它是所有卟啉化合物的共同前体，是叶绿素、亚铁血红素、细胞色素等具环状四吡咯基的化合物群共同的生物合成中间体，牵涉到光合作用、呼吸作用，是一种广泛存在于细菌、真菌、动物及植物等生物机体活细胞中的非蛋白氨基酸。

# 5-氨基乙酰丙酸 (5-ALA)

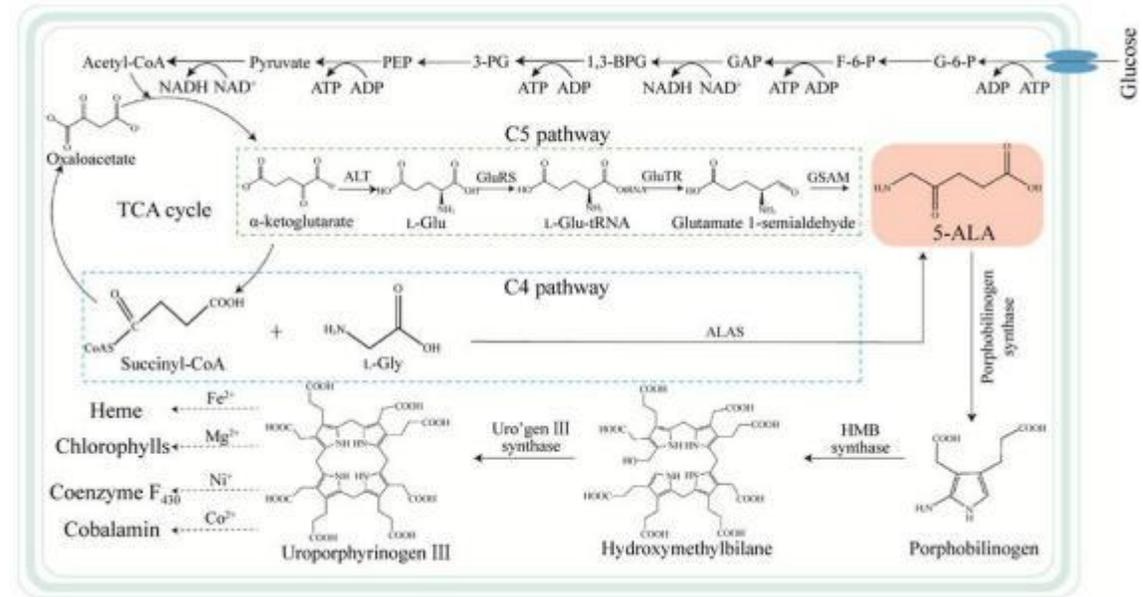
- ◆ 5-ALA是血红素、叶绿素等四吡咯化合物生物合成前体，**捕捉光和固定CO<sub>2</sub>**，促进植物体内可溶性糖和碳水化合物的合成。
- ◆ **促进着色增甜。**



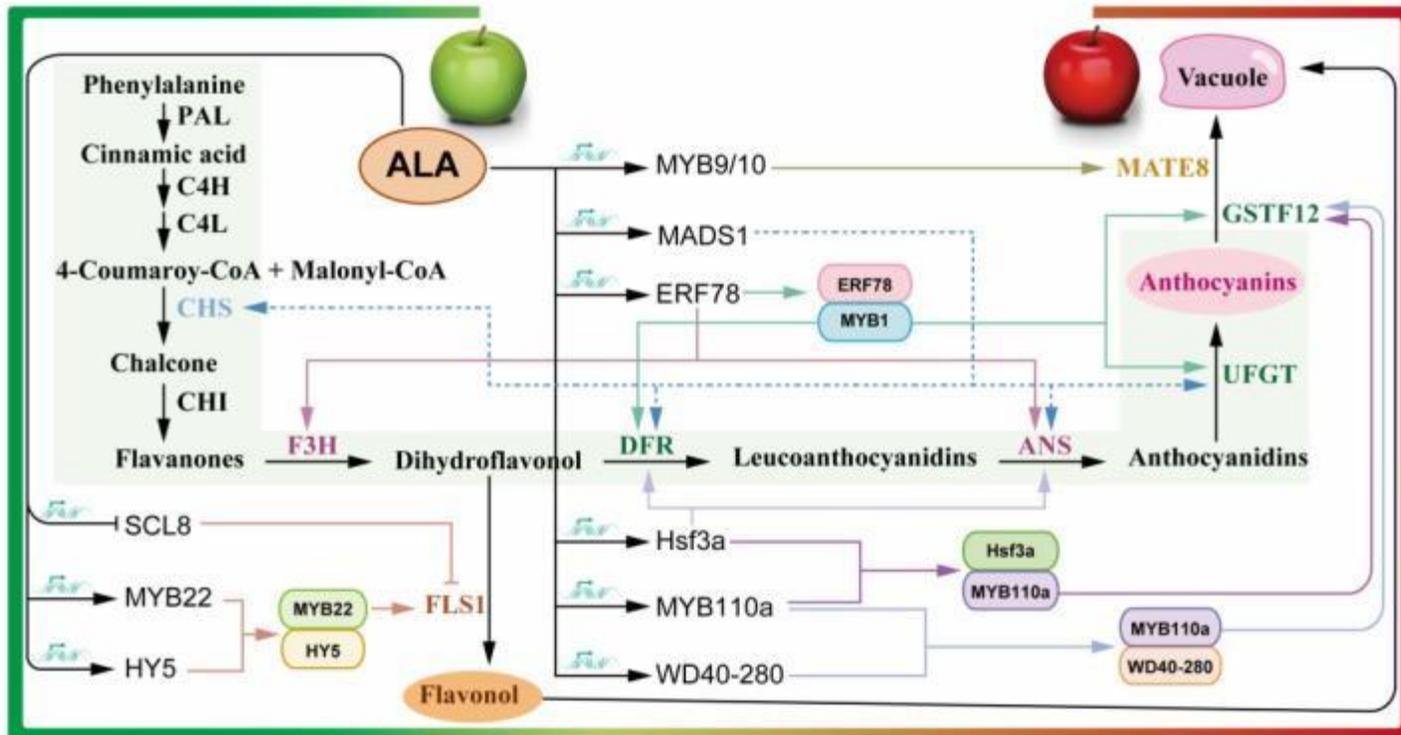
## 5-ALA是四吡咯化合物的合成前体

5-ALA是血红素、叶绿素等四吡咯化合物生物合成前体，捕捉光和固定CO<sub>2</sub>，促进植物体内可溶性糖和碳水化合物的合成，**增甜转色，增产。**

5-ALA促进植物初级代谢、次生代谢、养分吸收、同化、运输、抗逆、增产、提质基本原理



## 5-ALA促进果实着色和类黄酮生物合成

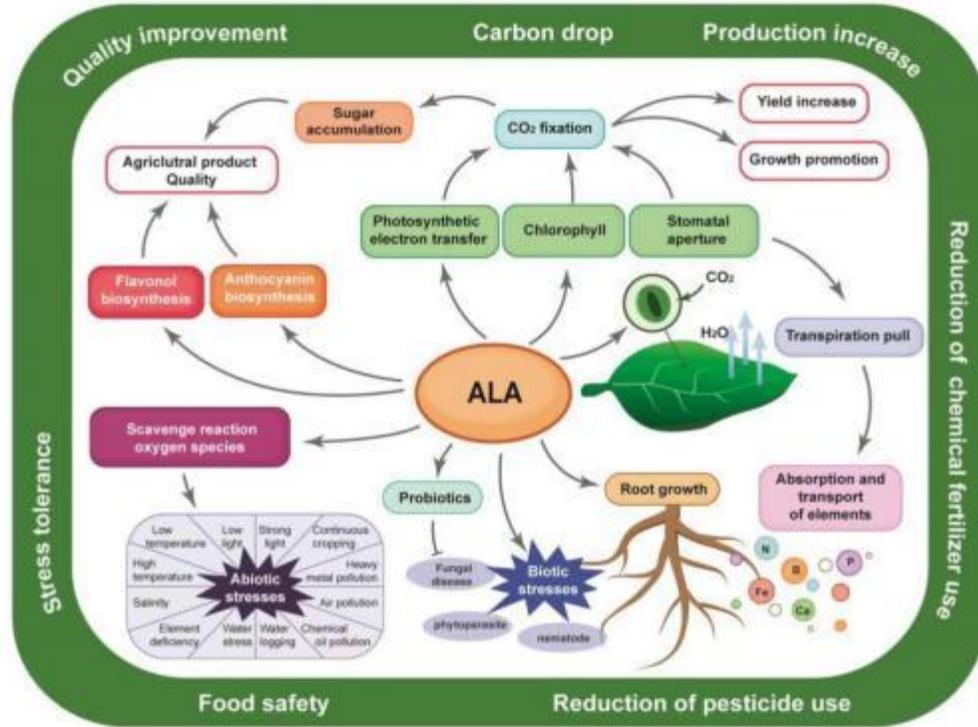


在次生代谢中，5-ALA 调节多种编码转录因子或功能蛋白的基因表达，以促进花青素和黄酮醇的生物合成。

ALA诱导苹果果实花青素和黄酮醇积累的网络模型

## 应用领域-农业

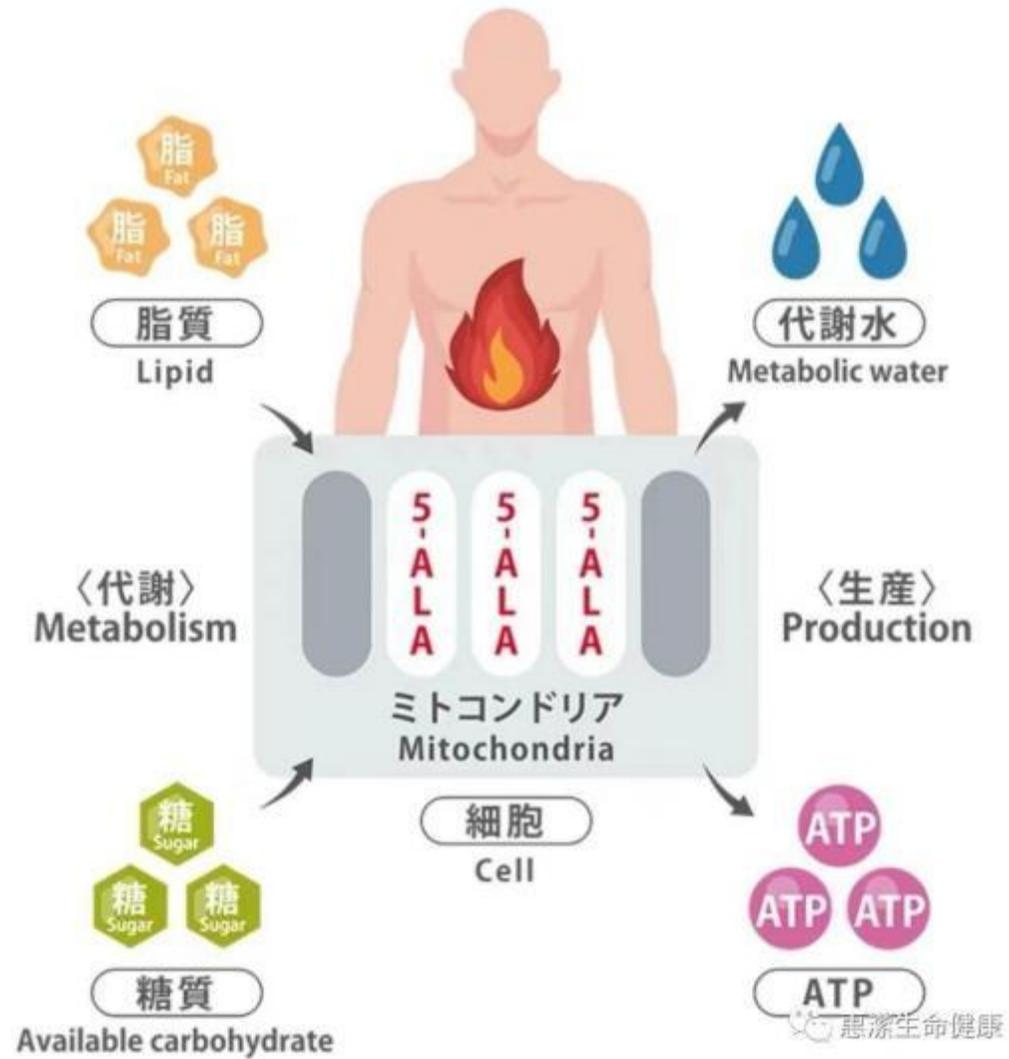
目前ALA已在全国20多个省市80多种植(作)物试用，减肥增产增效方面效果十分明显。主要应用于：



## ALA 试验数据

试验作物	试验内容	试验结果
黄瓜	低光, 低日照下提高叶绿素和捕光系统 II 的稳定性	叶绿素a积累量提高2.4倍, 叶绿素b积累量提高3.3倍。
水稻幼苗	提高植物抗冷性, 在5℃条件下试验。	幼苗存活率提高 30%, 干物质提高 72%, 老叶寿命延长
萝卜植株	调节叶绿素合成以及提高光合效率	光合速率提高80%, 叶绿素含量提高40%。
大麦植株	促进生长提高产量	产量提高 41%
马铃薯		增加单株块茎数量, 促进块茎生长, 产量提高 63%
大蒜植株		鳞茎产量增加 40%
辣椒		产量提高100%
蚕豆		一叶期处理产量提高30%
菠菜		生长期茎叶处理, 植株鲜重增加 35%
水稻		产量, 结实率, 千粒率提高15%。
大麦	提高种子产量, 促进种子成熟进程	在出穗后开花前 进行茎叶处理, 籽粒产量提高 41%
小麦		处理生长期的小麦籽粒, 增产 15%左右
草坪	促进结缕草的纤维茎枝叶及根部的生长, 并使整株重提高。剪股颖, 可使其根量明显增大	结缕草在冬季依然 保持绿色, 春季提早发绿; 使剪股颖在高湿季节不衰败
苹果	提高着色度, 提高品质	提高花青素含量, 改善外观品质, 提高果实可溶性固性物含量和固酸化, 降低酸度。
棉花	提高植物耐盐性	质量分数为 0. 015 NaCl处理对照组全部死亡, ALA组受害率仅20%-30%。
玫瑰	提高品质, 增加产量	一级品率提高20%, 产量提高30%。
星辰花		产量提高50%

应用范围: 花卉类 水果类 果菜类 叶菜类 草地类 烟茶桑类 粮食

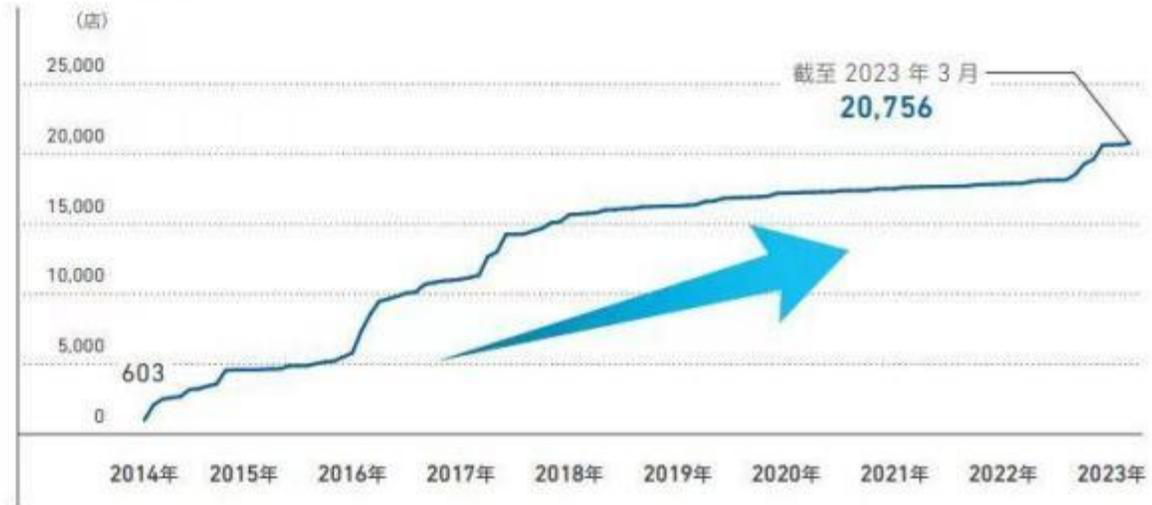


**唯一被FDA批准用于荧光引导肿瘤切除的荧光剂，有超45个国家使用  
5-ALA作为癌症手术中的诊断药。**

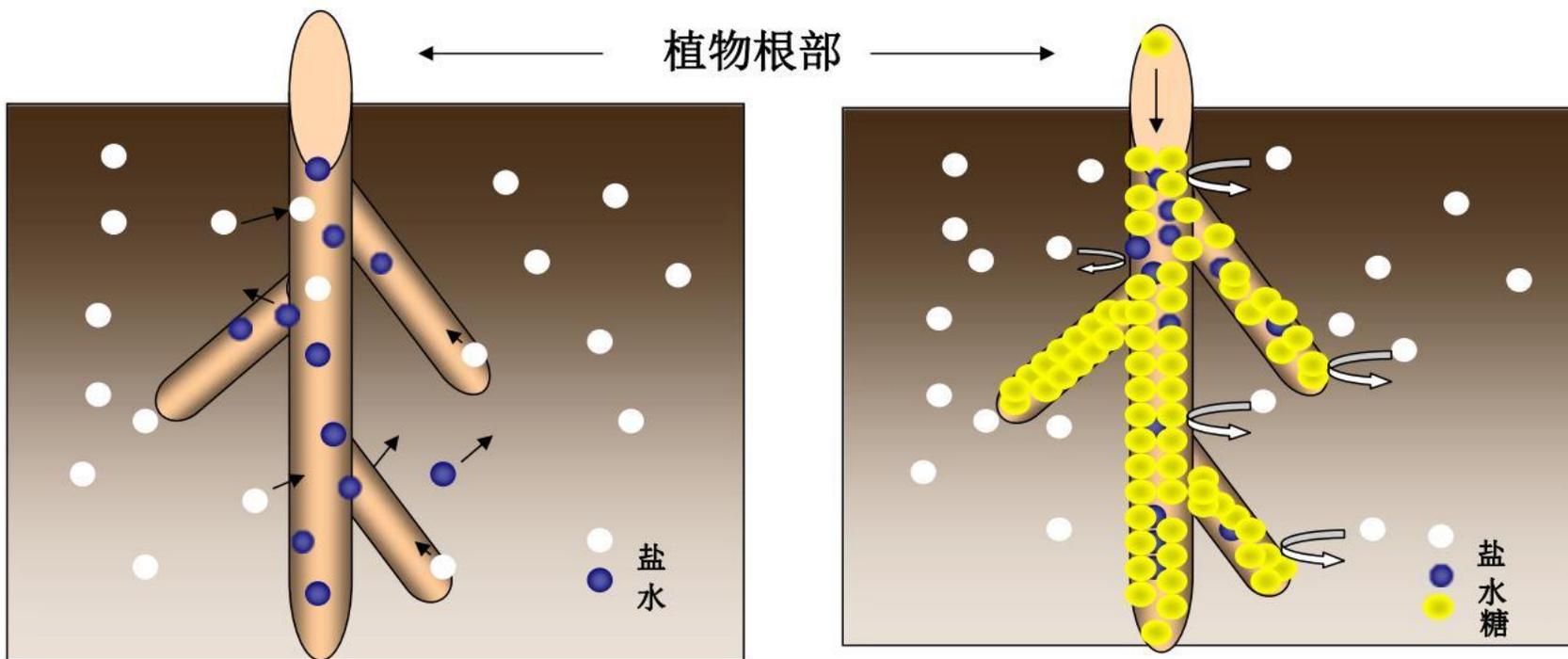
使用 5-ALA 成分的癌症术中  
诊断剂的国家数量



销售含 5-ALA 健康食品的店铺数的变化



## 植物耐盐性能的提高



施肥过多，或土壤是盐碱地，土壤溶液浓度高于根细胞内细胞液浓度时，会发生失水现象

由于ALA的处理，呼吸速率及抗氧化酶的极显著提高，产生的糖类含量明显提高，有效的抑制了盐碱环境的侵害。

## 5-ALA 增强抗低温能力

表 1 不同浓度 ALA 对低温胁迫下幼苗株高、叶面积及鲜(干)重的影响

Table 1 Effects of ALA in different concentrations on seedling height, leaf area, fresh weight and dry weight under low temperature stress

ALA 浓度 (mg · L <sup>-1</sup> )	株高 (cm)	叶面积 (cm <sup>2</sup> )	鲜重 (g)	干重 (g)
0	14.87±0.76 c	54.46±4.43 e	1.076±0.13 d	0.106±0.01 c
10	18.93±1.40 ab	61.76±4.53 cd	1.184±0.06 cd	0.116±0.01 bc
20	19.67±0.29 ab	70.98±0.57 ab	1.458±0.06 ab	0.139±0.01 ab
30	17.10±1.39 b	66.75±1.97 bc	1.328±0.11 bc	0.119±0.01 bc
40	17.33±1.61 b	60.12±1.62 d	1.129±0.05 d	0.105±0.01 c

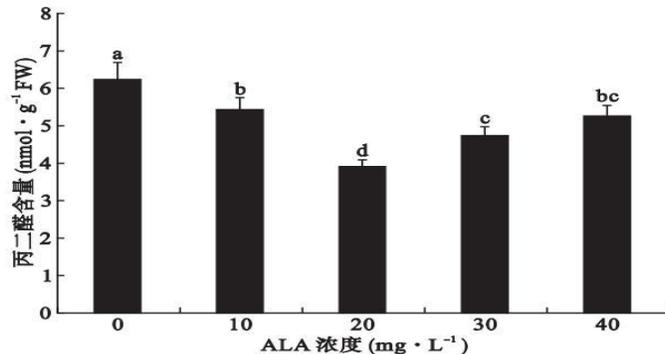


图 1 不同浓度 ALA 对低温胁迫下玉米幼苗丙二醛含量 (MDA) 的影响

Fig.1 Effects of ALA in different concentrations on MDA content under low temperature stress

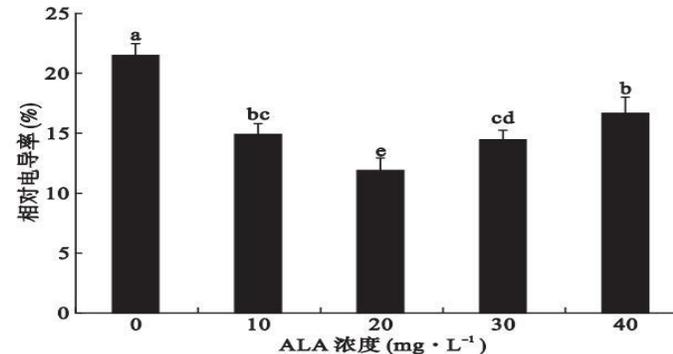


图 2 不同浓度 ALA 对低温胁迫下玉米幼苗相对电导率的影响

Fig.2 Effects of ALA in different concentrations on the relative electrical conductivity under low temperature stress

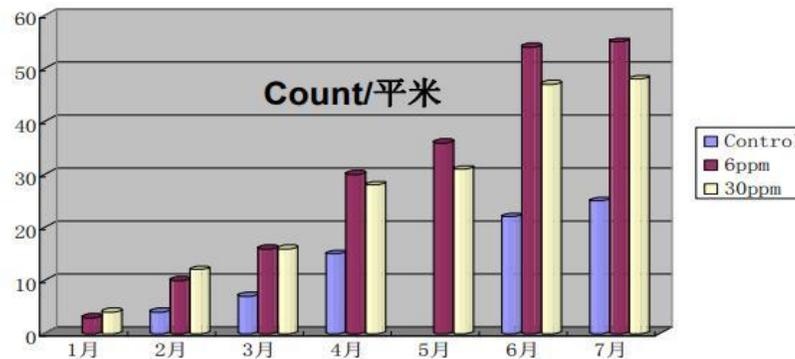
不同浓度 ALA 处理后 浓度为 20mg/L 时效果最显著, 其株高、叶面积及鲜 (干) 重较对照增加 24%、23%、26% 和 24%。MDA 含量均显著低于对照, 与 对照相比, 减少 13%-38% 相对电导率均明显下降, 分别减少了 30%、45%、32% 和 22%, 均达到显著水平, **表明 ALA 可以减少 电解质外渗, 有效缓解低温胁迫对膜质的损害。**

## 促进生长 提高产量(实例5)

一亩玫瑰采摘支数

左图为连续3年继续施用ALA, 其中红色标记部分为停止施用ALA阶段, 此阶段的产量有明显的下降。

又图为喷施ALA的处理区, 比对照组有着明显的产量提高



2008年12月份山东潍坊温室黄瓜对比试验, 左图为对照组, 右图为喷施阿拉丁



## 5-ALA 增强抗干旱胁迫



图 2-5 外源喷施  $10 \text{ mg L}^{-1}$  5-ALA 对干旱胁迫下草地早熟禾幼苗生长的缓解效果

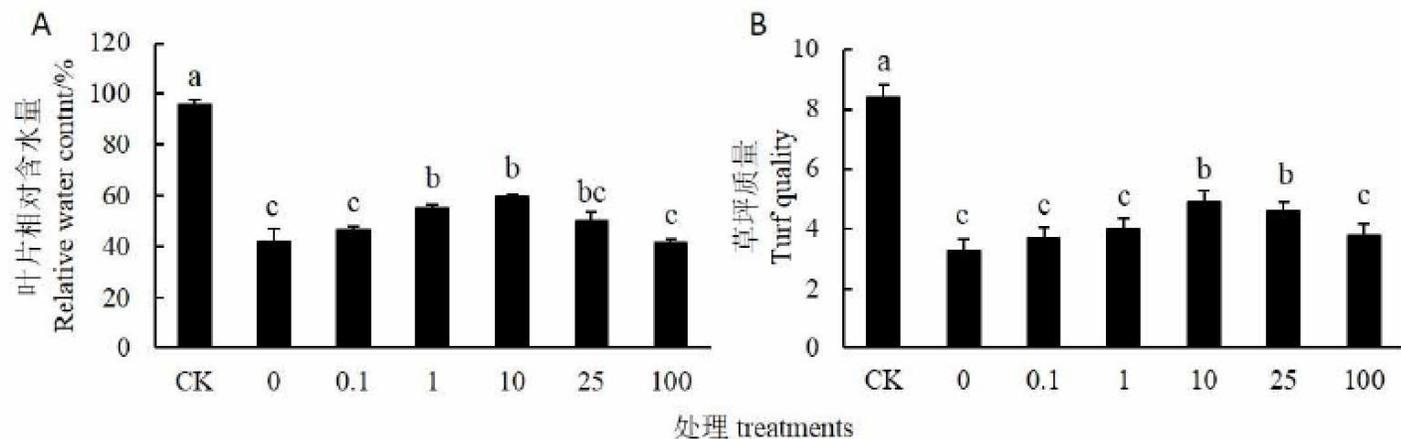


图 2-2 外源喷施 5-ALA 对干旱胁迫下草地早熟禾叶片相对含水量 (A) 和草坪质量 (B) 的影响

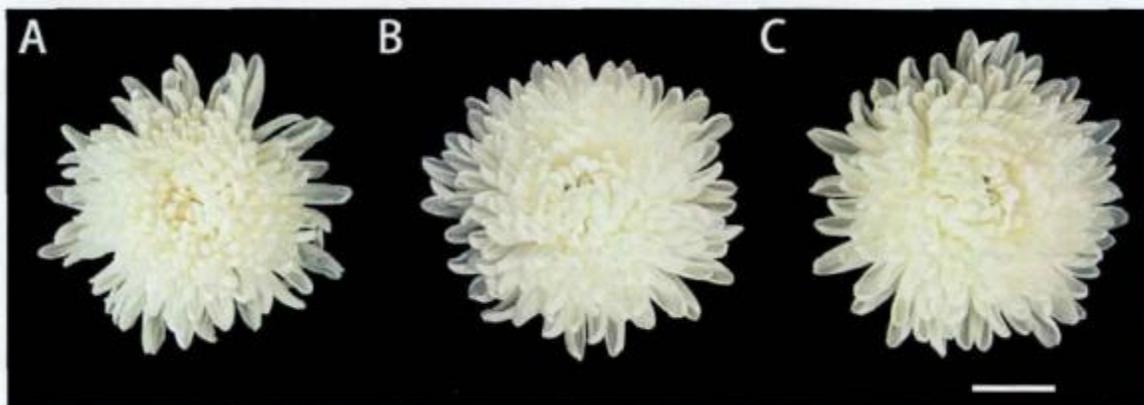
干旱胁迫下草地早熟禾叶片水分状况(RWC)指标的分析表明, 叶面喷施1-25 mg/L 5-ALA处理可提高草地早熟禾的叶片相对含水量, 对干旱胁迫引起的生长和叶片水分状况的损伤均有一定的缓解效应, 以10 mg/L 5-ALA的作用效果最为显著。

## 5-ALA 延缓衰老能力



CK (A), 0.1mg/LALA (B), 0.5mg/LALA(C)下切花‘神马’ (12d)形态 (注:红箭头示萎蔫叶片)

在12d时，对照叶片几乎一半萎蔫，0.1mg/L处理组有2-3片萎蔫，0.5 mg/L处理每花枝条只有1-2片萎蔫。



CK (A), 0.1mg/LALA (B), 0.5mg/LALA(C) 的最大花径

表 2-1 ALA 处理下切花菊‘神马’的最大花径与瓶插寿命  
Table. 2-1 Maximum flower diameter and vase life of cut chrysanthemum ‘Jinba’ under ALA treatment

ALA 处理 ALA treatment (mg/L)	最大花径 Max. flower diameter (cm)	花平均寿命 Mean vase-life of corolla (days)	叶平均寿命 Mean vase-life of leaves (days)
0	9.96 ± 0.11b	12.80 ± 0.48a	12.30 ± 0.33a
0.1	11.06 ± 0.14a	14.00 ± 0.58a	13.30 ± 0.56a
0.5	11.23 ± 0.12a	14.80 ± 0.87a	13.80 ± 0.60a

0.1 mg/L和0.5 mg/LALA处理的切花菊最大花径与对照组相比，分别增加了1.10和1.27cm，差异在0.05%的水平上达到显著，说明ALA处理可较好的增大切花菊的开放度。

# 南京农业大学：5-氨基乙酰丙酸控制草莓枯萎病：促进益生菌与抑制病原菌的双向调节

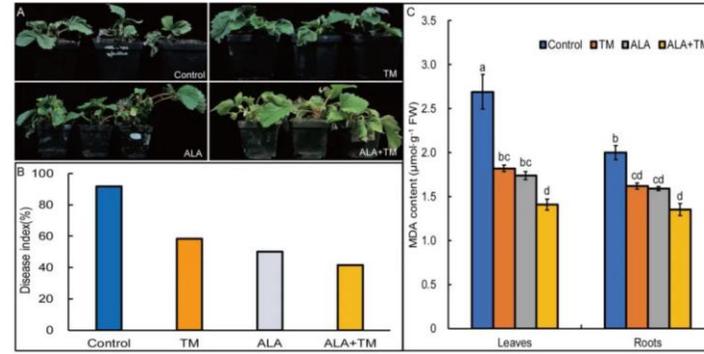


Fig. 2 The alleviative effects of TM and/or ALA treatments on SFW

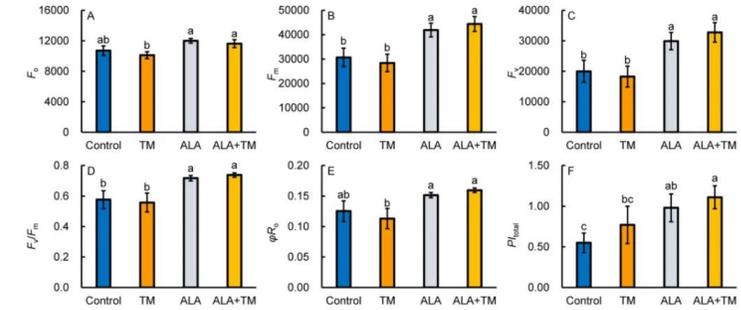


Fig. 3 Effects of TM and/or ALA treatments on the chlorophyll fluorescence parameters of the sick strawberry leaves

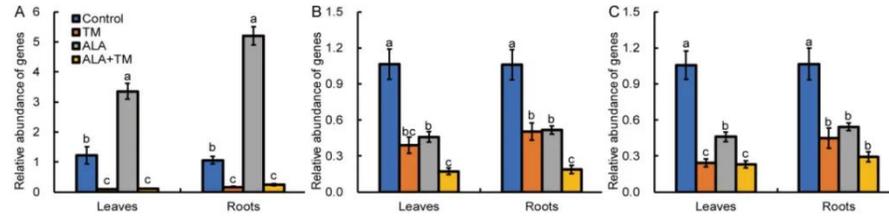


Fig. 4 Effect of TM and/or ALA treatment on the relative gene abundance of *T. harzianum*, *Fof* and *A. fumigatus* in SFW

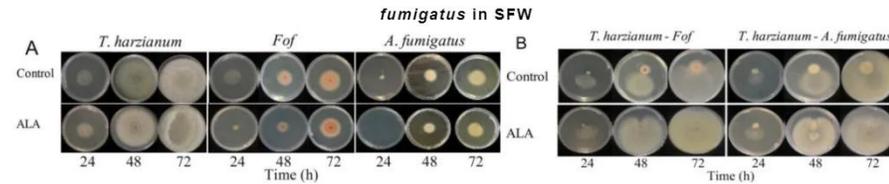


Fig. 5 Effect of 20 mg · L<sup>-1</sup> ALA on the growth of *T. harzianum*, *Fof*, and *A. fumigatus* (A) and confrontation growth (B) for 24 h, 48 h and 72 h, respectively

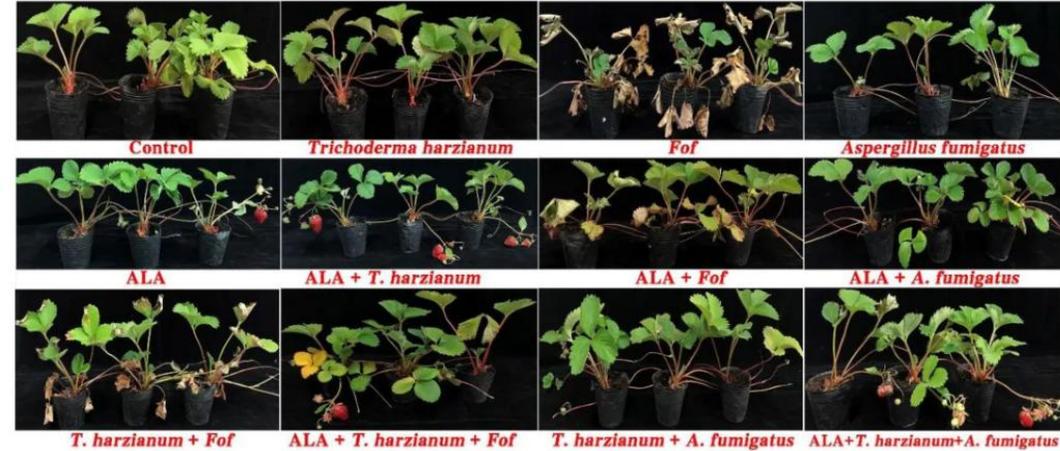
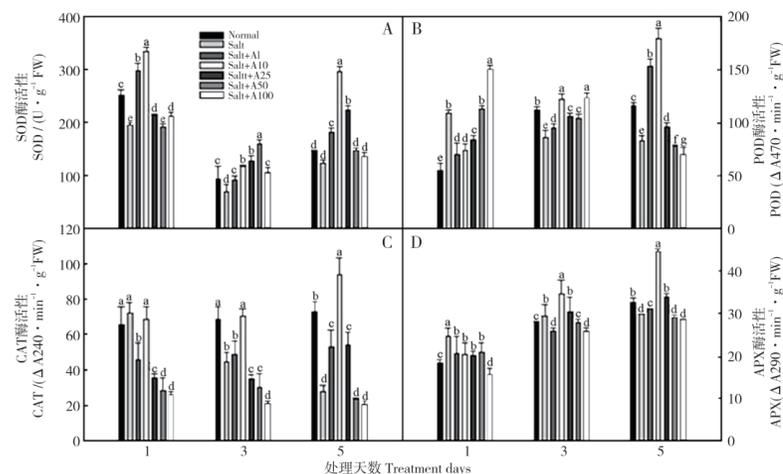


Fig. 6 Pathogenicity analysis and ALA effect on *T. harzianum*, *Fof*, and *A. fumigatus* in strawberry

高浓度5-ALA可以作为杀虫剂、杀菌剂或除草剂；中浓度5-ALA可以促进苹果花青苷积累，去除果园过剩花朵；低浓度5-ALA可以调节植物生长发育调节。南农汪教授团队发现：低浓度5-ALA可以促进益生菌哈茨木霉生长，同时抑制病原真菌Fof和烟曲霉生长。进一步地，5-ALA通过增强益生菌来拮抗病原菌。这一发现为草莓枯萎病生物防治和果品安全生产提供了新思路，同时也为5-ALA在现代农林生产上应用提供了新的理论依据。

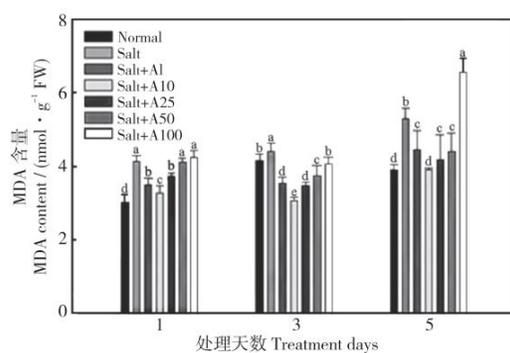
# 山东省农业科学院生物技术研究中心李新国 研究员在《中国油料作物学报》发表论 文，阐述5-氨基乙酰丙酸调控花生耐盐性的生理机制。



注：字母代表不同处理间有显著差异 ( $P < 0.05$ )

Note: Different letters indicate significant differences ( $P < 0.05$ ) between treatments

图1 盐胁迫条件下外源喷施不同浓度ALA (0, 1, 10, 25, 50和100  $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ) 预处理的花生幼苗叶片抗氧化酶活性(SOD, POD, CAT, APX) 随时间的变化

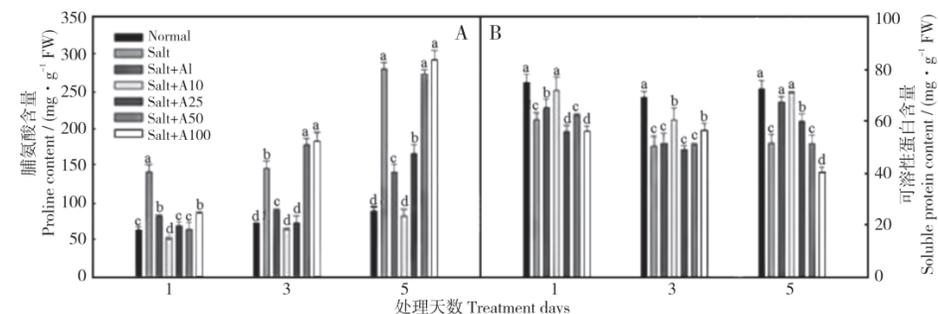


注：字母代表不同处理间有显著差异 ( $P < 0.05$ )

Note: Different letters indicate significant differences ( $P < 0.05$ ) between treatments

图2 盐胁迫条件下外源喷施ALA (0, 1, 10, 25, 50和100  $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ) 预处理的花生幼苗叶片丙二醛含量

Fig. 2 Changes of MDA content in leaves of peanut seedlings pretreated with different ALA concentrations (0, 1, 10, 25, 50 and 100  $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ) under salt stress



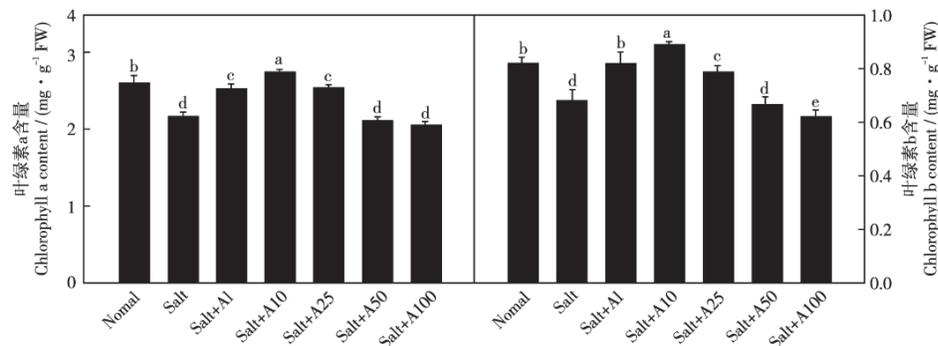
注：字母代表不同处理间有显著差异 ( $P < 0.05$ )

Note: Different letters indicate significant differences ( $P < 0.05$ ) between treatments

图3 盐胁迫条件下, 外源喷施ALA (0, 1, 10, 25, 50和100  $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ) 预处理的花生幼苗叶片脯氨酸(A)和可溶性蛋白(B)含量变化  
Fig. 3 Contents of proline (A) and soluble protein (B) in peanut leaves pretreated with different concentrations of ALA (0, 1, 10, 25, 50 and 100  $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ) under salt stress

外源喷施 10  $\text{mg/L}$  5-ALA 预处理后能够缓解盐胁迫引起的 SOD、POD、CAT和 APX 酶活下降。

盐处理过程中, 外源喷施 ALA 预处理能缓解盐胁迫带来的脯氨酸积累、提高花生叶片中可溶性蛋白的含量, 降低盐胁迫对花生叶片的损伤。

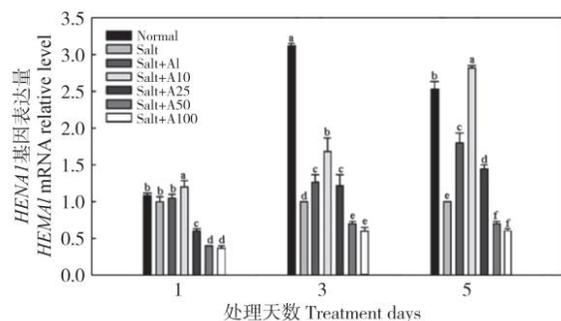


注：字母代表不同处理间有显著差异 ( $P < 0.05$ )

Note: Different letters indicate significant differences ( $P < 0.05$ ) between treatments

图4 不同ALA浓度(0,1,10,25,50和100 mg·L<sup>-1</sup>)预处理对盐胁迫下植物幼苗叶片叶绿素含量的影响

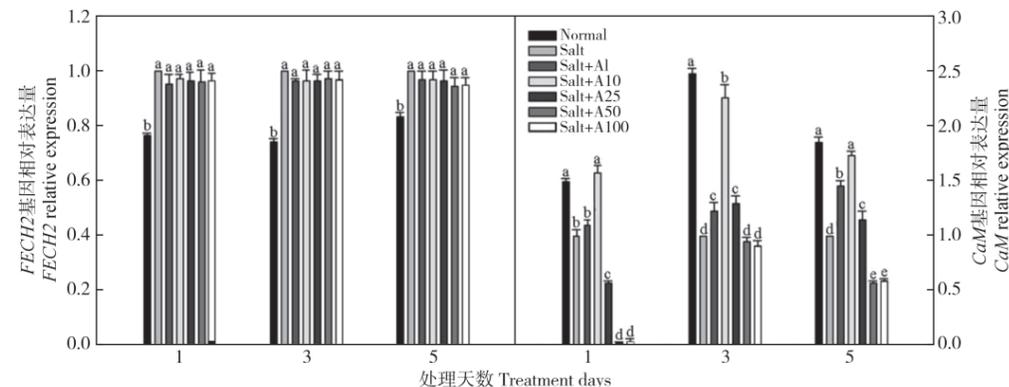
Fig. 4 Chlorophyll content in peanut leaves pretreated with different concentrations of ALA (0, 1, 10, 25, 50 and 100 mg·L<sup>-1</sup>) under salt stress



注：字母代表不同处理间有显著差异 ( $P < 0.05$ )

Note: Different letters indicate significant differences ( $P < 0.05$ ) between treatments

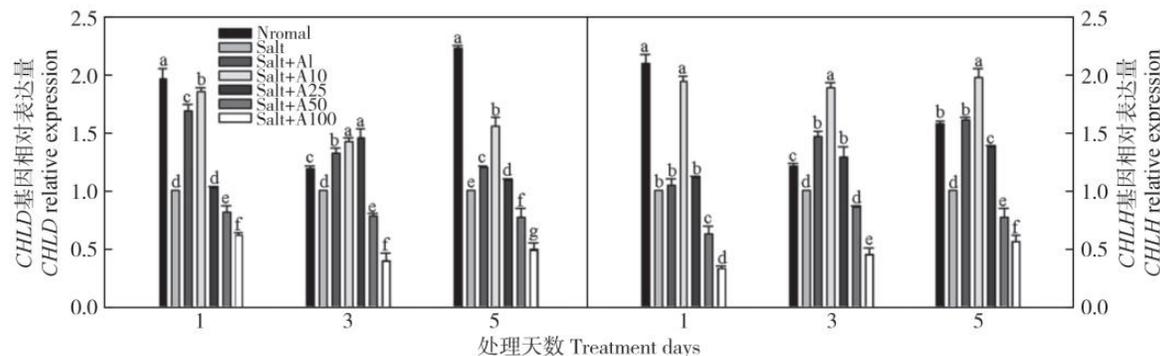
图5 不同ALA浓度(0,1,10,25,50和100 mg·L<sup>-1</sup>)预处理对盐胁迫下植物幼苗HEMA1基因表达的影响



注：字母代表不同处理间有显著差异 ( $P < 0.05$ )

Note: Different letters indicate significant differences ( $P < 0.05$ ) between treatments

图7 不同ALA浓度(0,1,10,25,50和100 mg·L<sup>-1</sup>)预处理对盐胁迫下植物幼苗FECH2和CaM基因表达的影响



注：字母代表不同处理间有显著差异 ( $P < 0.05$ )

Note: Different letters indicate significant differences ( $P < 0.05$ ) between treatments

图6 不同ALA浓度(0,1,10,25,50和100 mg·L<sup>-1</sup>)预处理对盐胁迫下植物幼苗CHLD和CHLH基因表达的影响

外源喷施 10 mg/L 5-ALA 预处理后 10 mg·L<sup>-1</sup> ALA 预处理叶绿素 a 含量 (2.75 mg/g FW) 和叶绿素 b 含量 (0.90 mg/g FW) 分别增加了 26.8%、32.9%，甚至比对照组的叶绿素含量高。

5-ALA 预处理能够缓解盐处理对 HEMA1 基因、FECH2 基因、CaM 基因、CHLD 和 CHLH 基因表达的抑制，对盐胁迫下造成的 ALA 合成和叶绿素生物合成的抑制有缓解作用。

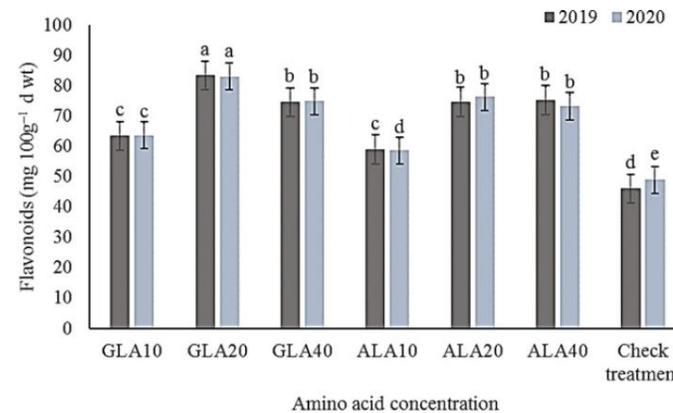
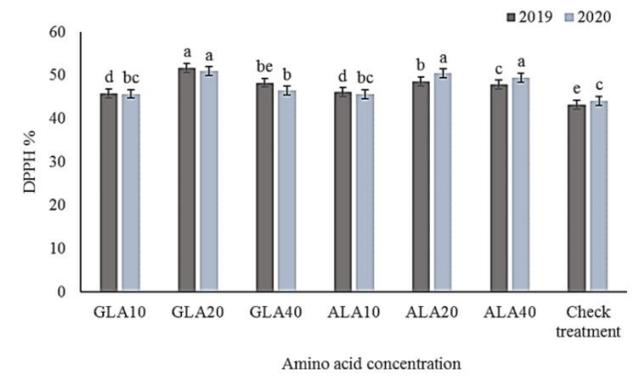
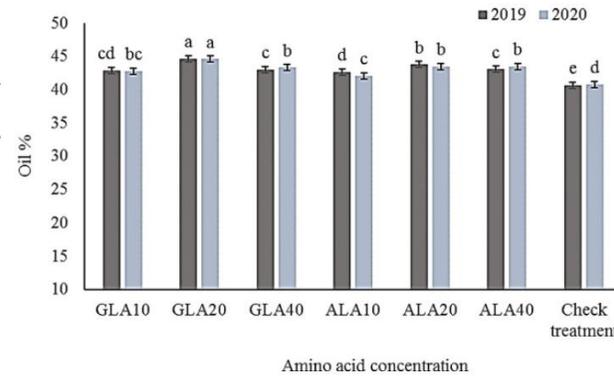
# 5-氨基乙酰丙酸对花生光合色素、生理生化成分、抗氧化活性和产量的促进作用

**Table 2** Photosynthesis pigments of peanut response to glutamic and 5-aminolevulinic acids application in 2019 and 2020 seasons

Variable	Chlorophyll (mg 100g <sup>-1</sup> f wt.)			Carotenoids (mg 100g <sup>-1</sup> f wt.)	Total pigments (mg 100g <sup>-1</sup> f wt.)
	Chlorophyll a	Chlorophyll b	a/b		
Season of 2019					
ALA10	904.5 ± 4.6e	656.5 ± 1.1 cd	1.37 ± 0.01c	307.1 ± 3.1f	1868.1 ± 8.9f
ALA20	1096.0 ± 1.3b	727.1 ± 3.2ab	1.50 ± 0.01b	359.8 ± 0.8b	2182.9 ± 3.7b
ALA40	981.4 ± 2.3c	717.1 ± 2.5b	1.36 ± 0.01 cd	339.1 ± 3.7d	2037.6 ± 8.6d
Check treatment	857.9 ± 2.5f	627.4 ± 2.3d	1.36 ± 9.39 cd	284.3 ± 2.2g	1769.6 ± 2.6g
Season of 2020					
ALA10	879.0 ± 11.4de	648.0 ± 5.8d	1.35 ± 0.01c	312.3 ± 1.7d	1839.4 ± 16.4e
ALA20	1196.9 ± 7.1a	727.0 ± 12.1b	1.64 ± 0.03a	355.2 ± 2.8b	2279.2 ± 7.4b
ALA40	1110.4 ± 20.9c	692.9 ± 4.3c	1.60 ± 0.02ab	332.8 ± 1.7c	2136.1 ± 25.2c
Check treatment	863.8 ± 18.5e	635.8 ± 7.4d	1.35 ± 0.04c	282.2 ± 5.9e	1781.9 ± 15.6f

**Table 3** Indole acetic acid, phenolics and free amino acids of peanut response to glutamic and 5-aminolevulinic acids application in 2019 and 2020 seasons

Variable	Indole acetic acid (µg 100g <sup>-1</sup> f wt.)	Phenolics (mg 100g <sup>-1</sup> f wt.)	Free amino acids (mg 100g <sup>-1</sup> d wt.)
Season of 2019			
ALA10	51.1 ± 3.1bc	100.4 ± 1.1c	258.2 ± 0.1b
ALA20	62.9 ± 0.3a	104.9 ± 0.9b	278.7 ± 8.9a
ALA40	54.5 ± 1.2b	99.2 ± 0.3c	256.9 ± 1.9b
Check treatment	37.2 ± 0.8d	72.0 ± 0.9e	238.1 ± 1.4c
Season of 2020			
ALA10	49.9 ± 1.5b	89.6 ± 1.1c	253.9 ± 1.0d
ALA20	63.7 ± 0.7a	113.9 ± 1.6a	279.1 ± 0.9a
ALA40	51.8 ± 1.8b	105.2 ± 1.1b	270.7 ± 1.5b
Check treatment	39.8 ± 1.2c	72.7 ± 1.5d	235.9 ± 2.7e



在 2019 和 2020 两季，5-ALA 的施用对花生种子出油率的类黄酮和抗氧化活性有明显提升。

5-ALA 的施用提高了花生中吲哚乙酸、酚类和游离氨基酸的含量。

5-氨基乙酰丙酸具有诱导光合色素、吲哚乙酸、酚类和游离氨基酸合成的潜力，其分枝率、荚果产量和种子质量均有所提高，进而对花生的品质有极大的贡献。

# 5-氨基乙酰丙酸促进烤烟幼苗的生物活性

外源 5-氨基乙酰丙酸能够提高植物体根干重、光合色素含量，浓度为 **20 mg/L** 的 5-ALA 喷施下效果最佳

叶绿素含量上升

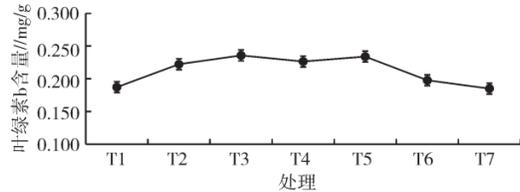
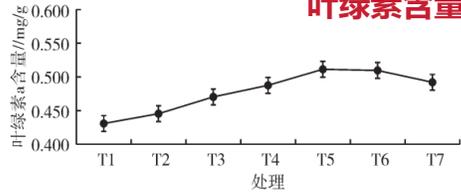


图2 外源5-氨基乙酰丙酸对烤烟幼苗叶绿素a含量的影响

图3 外源5-氨基乙酰丙酸对烤烟幼苗叶绿素b含量的影响

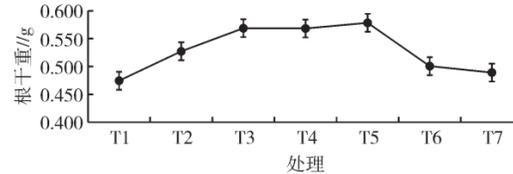


图1 外源5-氨基乙酰丙酸对烤烟幼苗根干重的影响

提高抗氧化能力

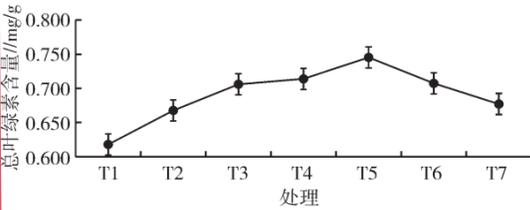


图5 外源5-氨基乙酰丙酸对烤烟幼苗总叶绿素含量的影响

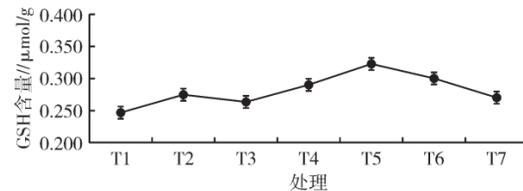


图6 外源5-氨基乙酰丙酸对烤烟幼苗GSH含量的影响

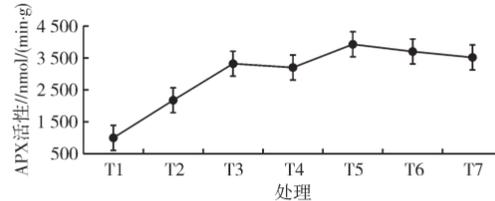


图8 外源5-氨基乙酰丙酸对烤烟幼苗APX活性的影响

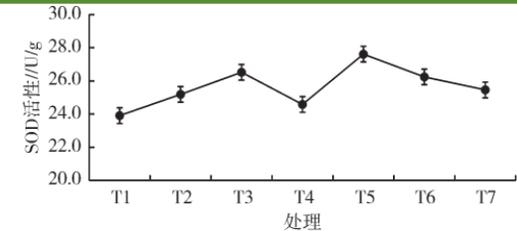


图10 外源5-氨基乙酰丙酸对烤烟幼苗SOD活性的影响

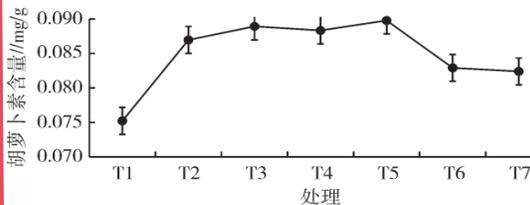


图4 外源5-氨基乙酰丙酸对烤烟幼苗胡萝卜素含量的影响

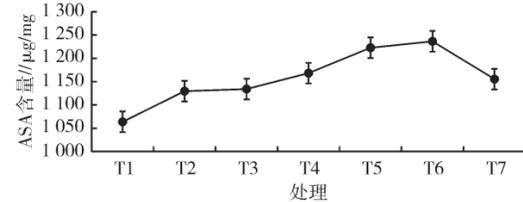


图7 外源5-氨基乙酰丙酸对烤烟幼苗ASA含量的影响

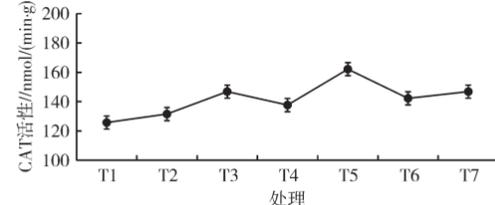


图9 外源5-氨基乙酰丙酸对烤烟幼苗CAT活性的影响

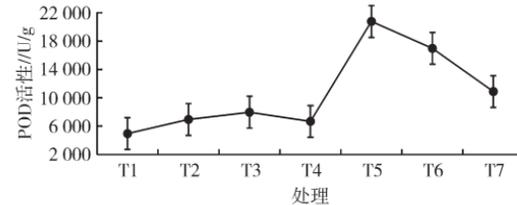


图11 外源5-氨基乙酰丙酸对烤烟幼苗POD活性的影响

外源施加浓度为 **20 mg/L** 的 5-ALA 喷施下效果最佳，可提高抗氧化酶活性，降低烟草植物体内活性氧水平，从而保护植物体的组织和器官，促进植物生长发育。

研究表明，在烟草育苗过程中，施加合适浓度的外源 5-氨基乙酰丙酸可以提高**叶片光合色素含量、抗氧化酶含量，有效增强植物的抗氧化能力，维护细胞膜等各种系统的稳定性**，进而提高植物的吸水性和运输能力。

# 干旱胁迫下外源5-ALA对烤烟幼苗光合特性和抗氧化能力的影响

许自成等在《中国烟草科学》中发表文章，阐述外源性5-ALA对于烟草干旱胁迫下的应用

表1 外源ALA对干旱胁迫下烤烟幼苗生长的影响

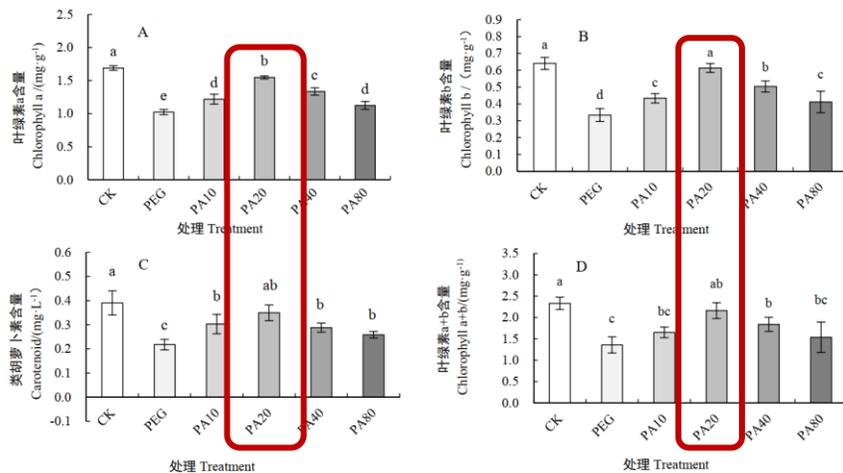
Table 1 Effects of exogenous ALA on growth of flue-cured tobacco seedlings under drought stress

处理	地上部鲜质量	根部鲜质量	总根长	总根表面积	根平均直径
Treatment	Shoot fresh mass/g	Root fresh mass/g	Total root length/cm	Total root surface area/cm <sup>2</sup>	Average root diameter/cm
CK	10.35±0.16a	0.97±0.12a	83.78±3.19a	351.65±10.21a	1.18±0.05a
PEG	5.50±0.19e	0.53±0.02d	49.31±3.82d	193.22±7.22e	0.53±0.01d
PA10	6.42±0.35d	0.72±0.03c	63.12±2.30c	220.53±5.11d	0.62±0.02c
PA20	9.96±0.11b	0.94±0.14a	74.57±1.95b	306.21±8.34b	0.96±0.05b
PA40	8.83±0.21c	0.83±0.11b	60.01±2.12c	265.98±10.23c	0.89±0.08b
PA80	6.36±0.22d	0.79±0.21bc	56.57±2.45c	216.65±3.44d	0.65±0.03c

注：每列不同小写字母表示不同处理间差异显著(p<0.05)，下同。

Note: The different lowercase letters in the same column indicate significant differences among treatments at p<0.05 levels, the same below.

外源ALA能够缓解干旱胁迫对烟草幼苗生长的抑制，增加烤烟生物量积累，促进根系生长发育，以20 mg/L ALA效果最佳。



注：不同小写字母表示不同处理间差异显著(p<0.05)，下同。

Note: The different lowercase letters indicate significant differences among treatments at p<0.05 levels, the same below.

图1 外源ALA对干旱胁迫下烟草幼苗叶片叶绿素含量的影响

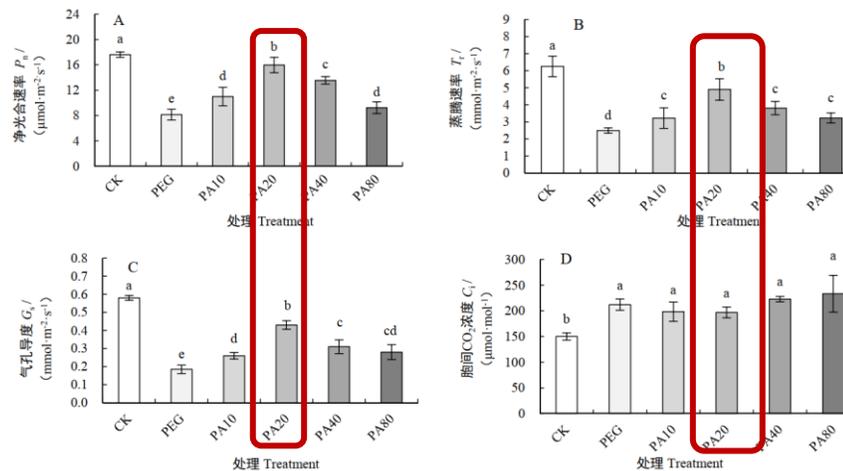


图2 外源ALA对干旱胁迫下烟草幼苗叶片光合特性的影响

Fig. 2 Effects of exogenous ALA on photosynthetic characteristics of flue-cured tobacco seedlings under drought stress

喷施ALA浓度为20 mg/L时叶绿素含量最高，光合作用效果最好。

# 干旱胁迫下外源 5-ALA 有效提高烟草的抗氧化能力

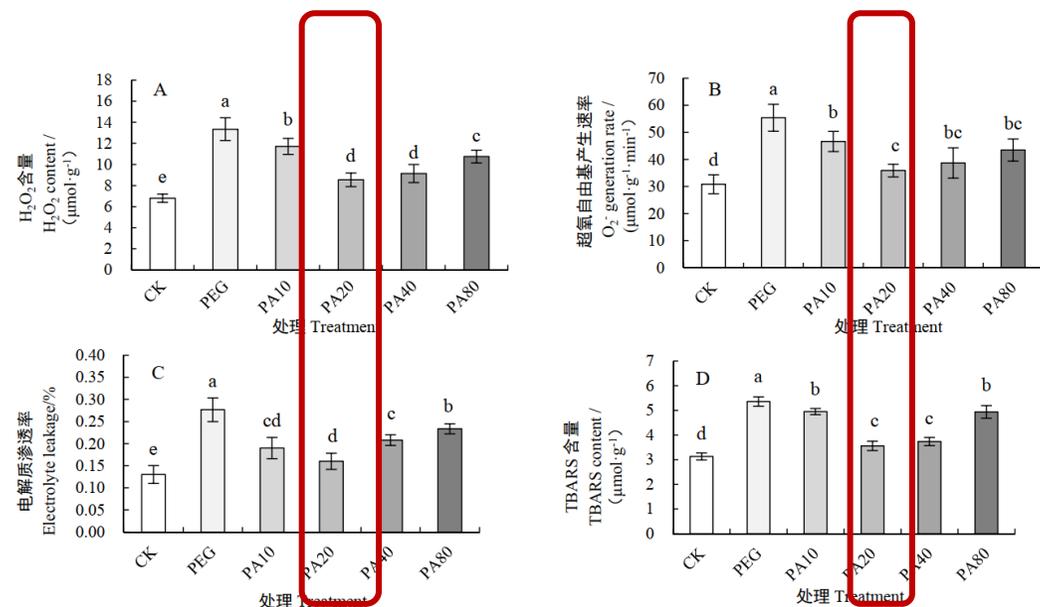


图 3 外源 ALA 对干旱胁迫下烟草幼苗叶片烤烟幼苗 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 含量、O<sub>2</sub><sup>-</sup> 含量、电解质渗透率和 TBARS 含量的影响

Fig. 3 Effects of exogenous ALA on H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, O<sub>2</sub><sup>-</sup>, electrolyte leakage and TBARS contents in tobacco seedling leaves under drought stress

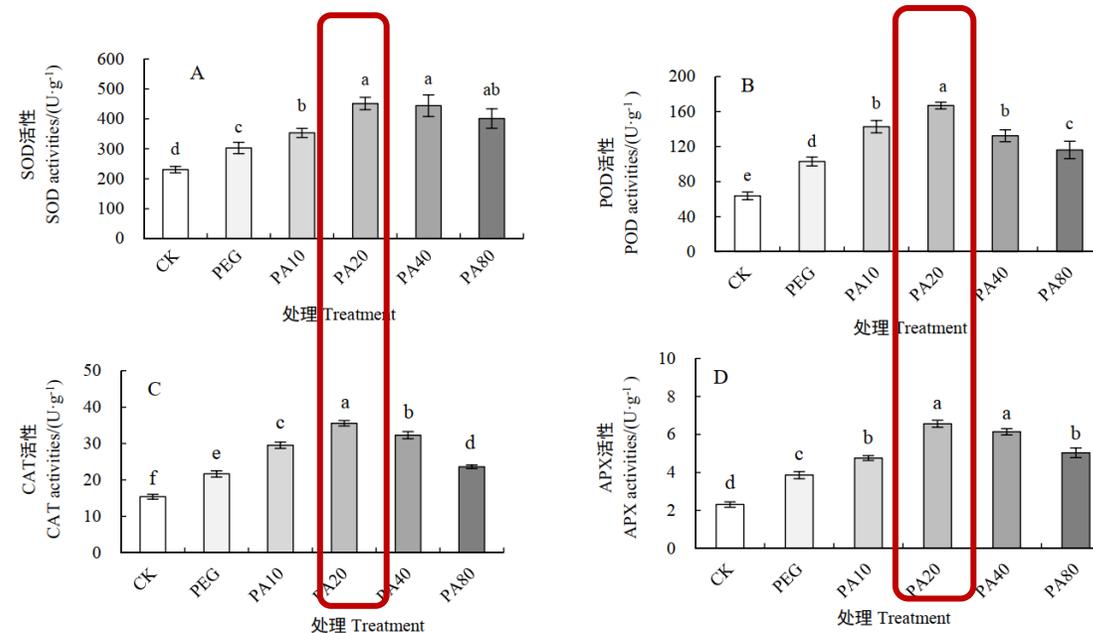


图 5 外源 ALA 对干旱胁迫下烟草幼苗叶片抗氧化酶活性的影响

Fig. 5 Effect of exogenous ALA on antioxidant enzyme activities of flue-cured tobacco seedlings under drought stress

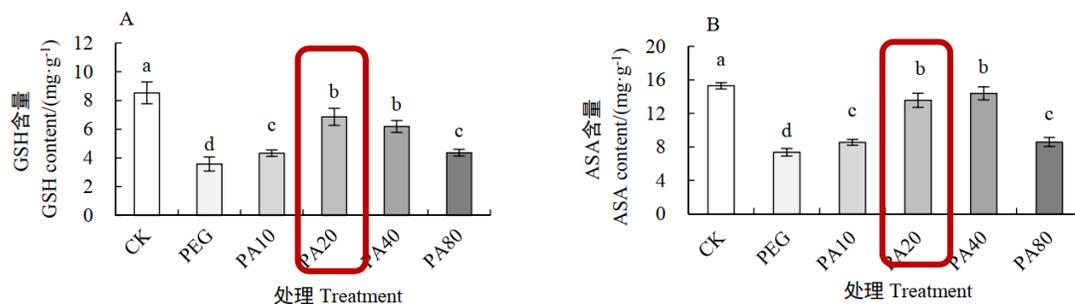


图 4 外源 ALA 对干旱胁迫下烤烟幼苗 GSH 和 ASA 含量的影响

Fig. 4 Effects of exogenous ALA on GSH and ASA contents of flue-cured tobacco seedlings under drought stress

喷施ALA 浓度为 20 mg/L 时抗氧化活性最高，防御活性氧能力最强。

## 5- 氨基乙酰丙酸水溶肥促进烟苗生长，提高烟叶生化指标

施用含 5-ALA 的水溶肥可以明显促进烟苗植株、茎及根系生长，**提高叶片叶绿素和可溶性糖含量以及硝酸还原酶活性**，使叶片淀粉酶活性增强，以稀释 1 500~2 000 倍液对烟叶的各项生化指标的影响最明显。

表 1 施用 1 次含 5-ALA 水溶肥对烟苗生长的影响

处 理	株 高 (cm)	茎 高 (cm)	茎 围 (cm)	叶 片 数 (片)	根 长 (cm)
1 000 倍液	9.50 ab	2.75 a	0.48 a	5.5 a	8.00 a
1 500 倍液	9.75 a	3.13 a	0.50 a	5.8 a	8.00 a
2 000 倍液	10.13 a	3.50 a	0.50 a	6.0 a	8.25 a
清水对照	8.75 b	2.63 a	0.43 a	5.5 a	7.63 a

注：表中同列不同小写字母表示处理间差异显著 ( $P < 0.05$ )，下同。

表 2 施用 2 次含 5-ALA 水溶肥对烟苗生长的影响

处 理	茎 高 (cm)	茎 围 (cm)	叶 片 数 (片)	鲜 根 重 (g)
1 000 倍液	6.27 b	1.75 b	7.9 a	1.04 b
1 500 倍液	7.63 a	1.89 ab	7.9 a	1.08 b
2 000 倍液	7.71 a	1.94 a	8.4 a	1.49 a
清水对照	5.15 c	1.86 ab	8.4 a	1.11 b

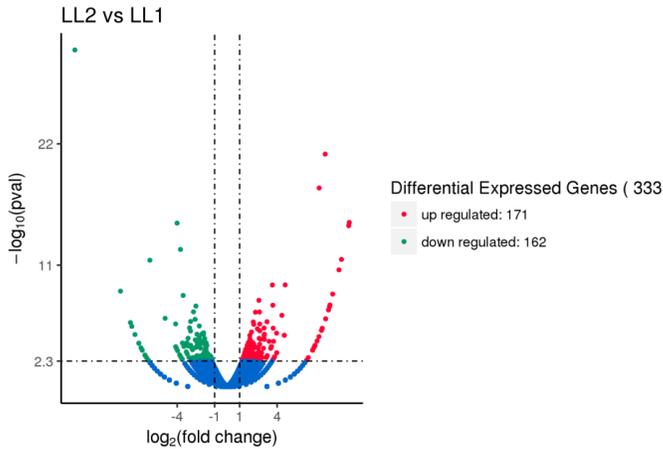
表 3 施用含 5-ALA 水溶肥 2 次对烟叶生化特性的影响

处 理	叶 绿 素 a (mg/g)	叶 绿 素 b (mg/g)	可 溶 性 蛋 白 (g/g)	可 溶 性 糖 (mg/g)	丙 二 醛 ( $\mu$ mol/g)	硝 酸 还 原 酶 [g/(g·h)]	淀 粉 酶 [mg/(g·h)]
1 000 倍液	0.408 b	0.281 A	31.320 B	3.717 B	17.000 AB	2.674 B	19.543 a
1 500 倍液	0.589 a	0.251 AB	33.700 B	2.517 C	15.567 B	4.761 A	18.007 a
2 000 倍液	0.494 ac	0.251 AB	30.077 B	7.063 A	13.367 AB	0.981 C	19.347 a
清水 CK	0.345 bc	0.196 B	52.603 A	3.373 BC	24.233 A	1.256 C	16.200 a

注：硝酸还原酶以  $\text{NO}_2^-$  计，表中同列不同大写字母表示处理间的差异极显著 ( $P < 0.01$ )。

# 西南大学李钠钾博士在王三根教授的指导下完成学位论文，详细阐述了低温弱光胁迫下5-ALA对于烟草幼苗生长特性优化的机制和大田实验结果。

转录组、表征实验和大田实验均证实施用外源 ALA 可有效缓解弱光胁迫对烟苗生长发育的不利影响，植株生长加快、物质积累增加，抗氧化能力与光合性状得到改善。模拟弱光条件下的 ALA 浓度以 20 mg/L 为佳。



基因植物蛋白磷酸酶 2C (protein phosphatase 2C) 与丝氨酸/苏氨酸蛋白激酶 *SnRK2* 的表达显著上调。转录组证实5-ALA会促进烟苗抗逆性。

表7-1 ALA对低温弱光大棚烟苗农艺性状的影响

Table 7-1 Effects of 5-aminolevulinic acid on agronomic traits of tobacco seedlings ingreenhouse under low temperature and low light stress

处理	株高	叶片数	茎粗	全株干重	根冠比
Treatments	Plant height (cm)	Number of leaves	Stem diameter (mm)	Dry weight (mg/plant)	Root/shoot ratio
T1(CK)	6.60±0.29a	6.22±0.15a	3.37±0.19a	278.39±18.08a	0.05±0.00c
T2	4.93±0.15c	5.44±0.15b	2.48±0.30b	175.52±11.77b	0.07±0.00b
T3	5.78±0.23b	6.17±0.09a	2.74±0.17b	238.30±5.42ab	0.08±0.00a

表7-3 ALA对低温弱光大棚烟苗叶绿素含量和根系活力的影响

Table 7-3 Effects of 5-aminolevulinic acid on chlorophyll and root activity of tobacco seedlings ingreenhouse under low temperature and low light stress

处理	叶绿素含量	根系活力
Treatments	Chlorophyll contents (SPAD)	Root activities (µgTTF·g <sup>-1</sup> ·h <sup>-1</sup> FW)
T1(CK)	30.71±0.62a	10.96±1.84c
T2	24.61±0.52b	19.75±2.72b
T3	29.58±0.34a	31.25±4.33a

表7-2 ALA对低温弱光大棚烟苗氮磷钾含量的影响

Table 7-2 Effects of 5-aminolevulinic acid on content of nitrogen, phosphorus and potassium of tobacco seedlings ingreenhouse under low temperature and low light stress

处理	氮含量	磷含量	钾含量
Treatments	Nitrogen content (mg·kg <sup>-1</sup> )	Phosphorus content (mg·kg <sup>-1</sup> )	Potassium content (mg·kg <sup>-1</sup> )
T1(CK)	55.33±1.05a	6.44±0.05a	35.1±0.42a
T2	47.54±0.74b	4.99±0.03c	32.5±0.51b
T3	46.91±0.67b	5.62±0.07b	34.8±0.22a

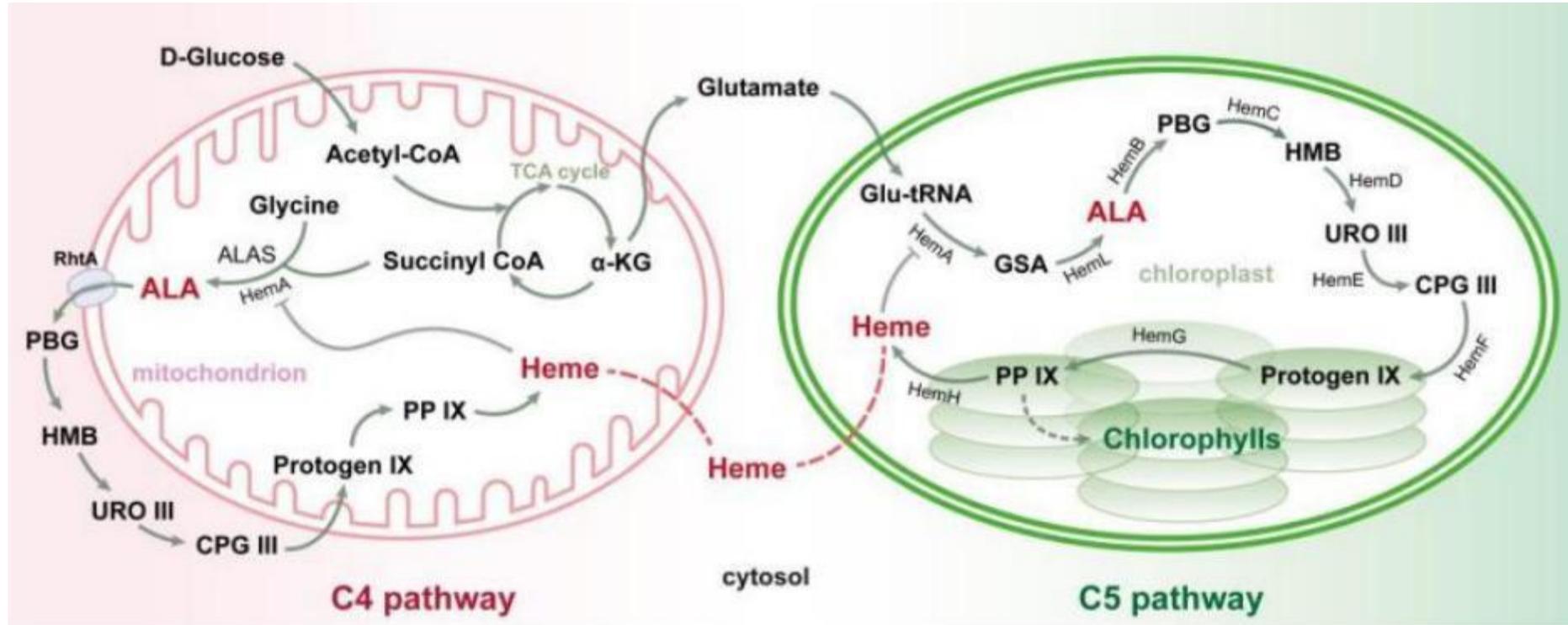
表7-4 ALA对低温弱光大棚烟苗根系发育的影响

Table 7-4 Effects of 5-aminolevulinic acid on root development of tobacco seedlings ingreenhouse under low temperature and low light stress

处理	根干重	根总长	根阴影面积	根表面积
Treatments	Root dry weight (mg)	Length (cm)	ProjArea (cm <sup>2</sup> )	SurfArea (cm <sup>2</sup> )
T1(CK)	28.95±1.20b	63.38±3.07b	10.98±0.22b	5.46±0.17c
T2	27.46±1.33b	61.19±1.88b	11.32±0.32ab	5.95±0.23b
T3	35.23±4.00a	72.46±2.08a	11.96±0.51a	6.44±0.25a

在低温弱光下施用 ALA 后，烟苗的叶片数、株高、全株干重和根冠比进一步提升，降低了叶片中的膜脂过氧化产物 MDA 含量，并进一步提高了脯氨酸、可溶性糖、可溶性蛋白等渗透调节物质的含量，ALA 处理还进一步显著提高了几种抗氧化酶的活性，显著提高了 IAA 的含量；ALA 还提高了植株叶绿素含量，改善了植株的光合性能，提高了叶片光合速率，且叶数和全株干重已达到与对照无显著差异。

## 5-氨基乙酰丙酸生物合成



ALA的生物合成和代谢途径，左边是C4途径，发生在线粒体中，右边是C5途径，发生在质体中。

5-氨基乙酰丙酸合成酶（5-aminolevulinic acid synthase, ALAS）催化甘氨酸和琥珀酰Co A生成5-ALA, 该反应的辅因子是磷酸吡哆醛

C5途径合成5-ALA中, Glu TR和GSA-AM (谷氨酰-1-半醛氨基转移酶) 是关键酶



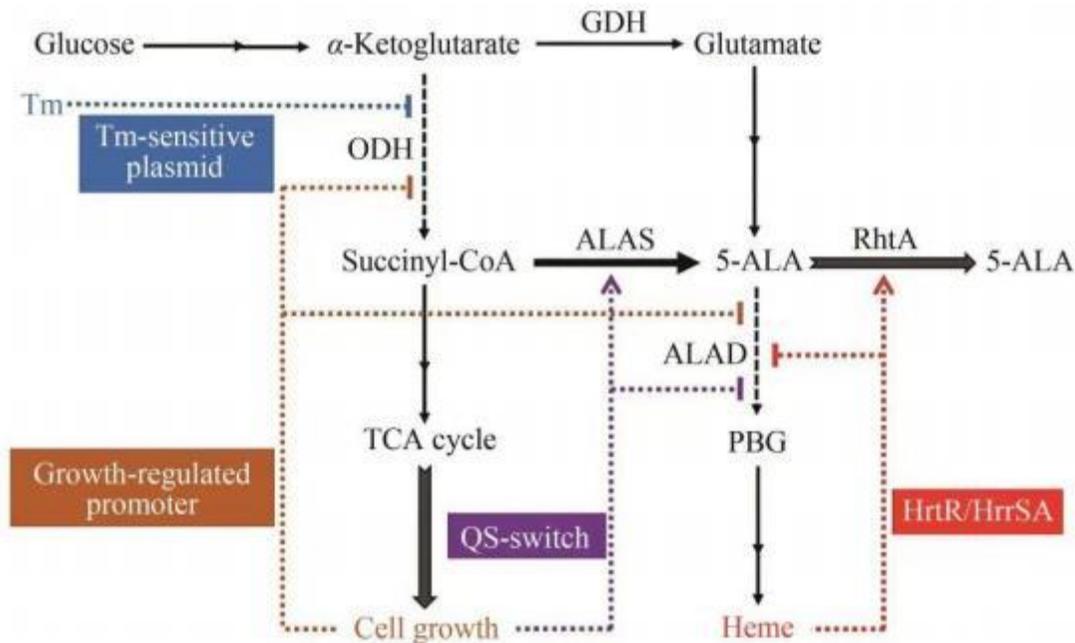
化学合成技术率先打通了 5-ALA 的制备路线，但工艺复杂、成本高并且污染严重，限制了生产规模和应用推广

韩国化学合成法成本800万元/吨

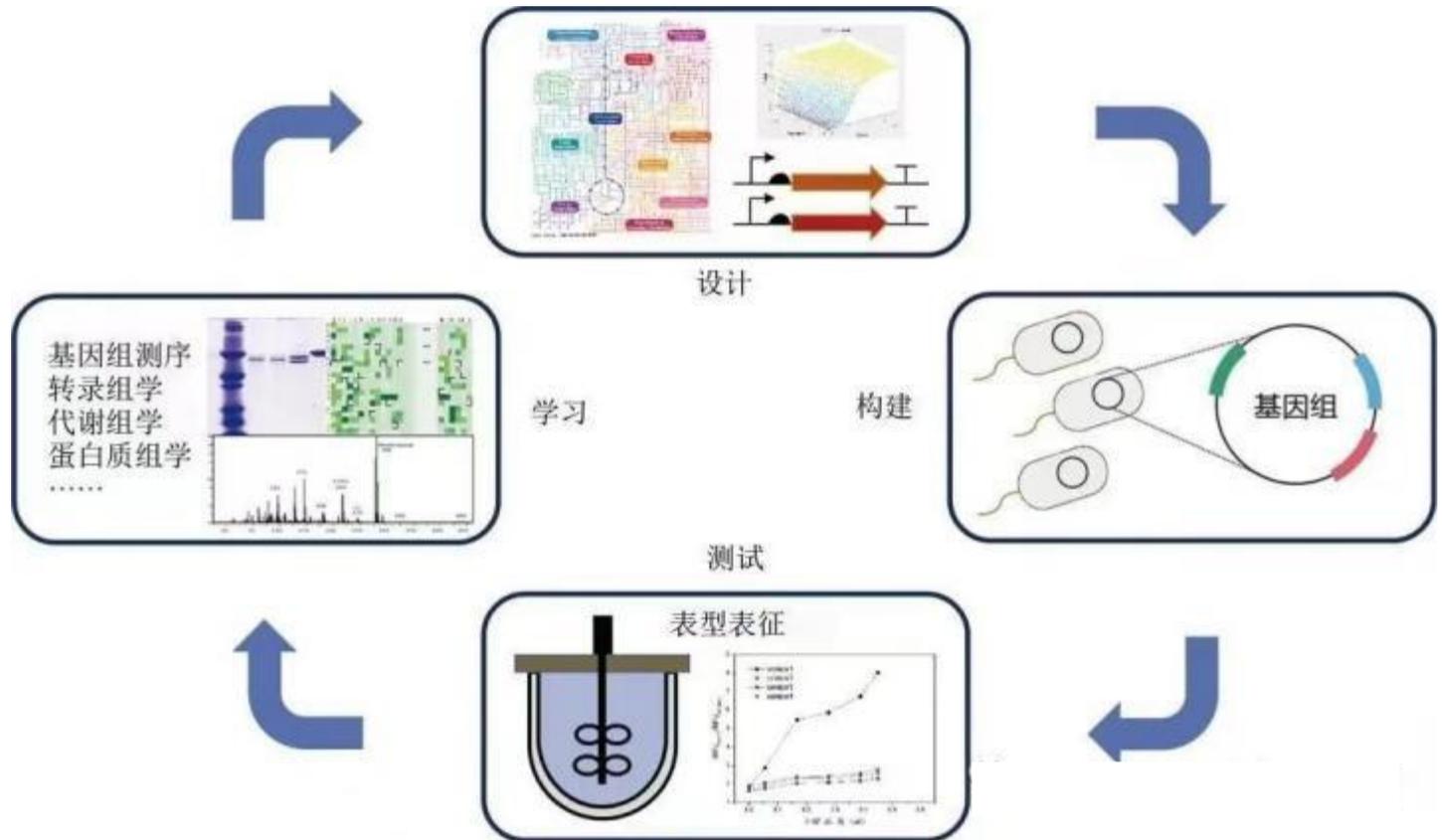
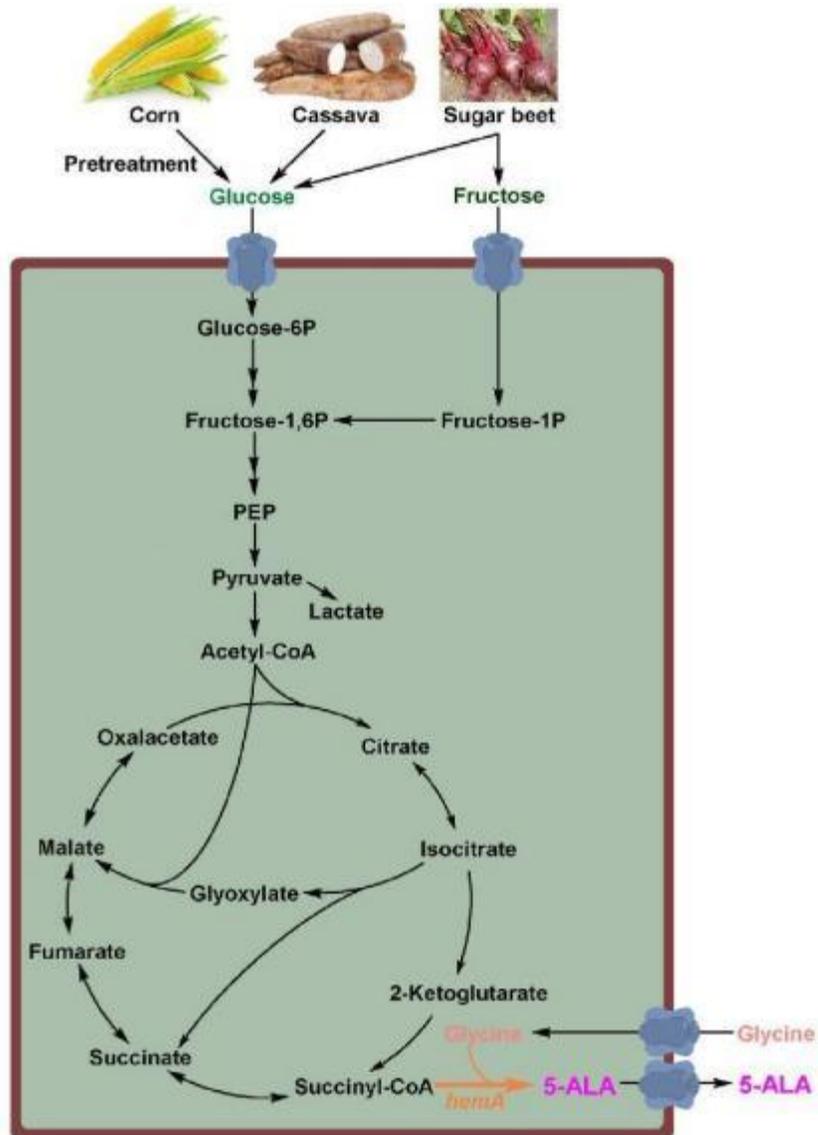
生物合成作为一种绿色替代技术成为解决上述问题的突破口

日本克斯莫石油公司生物发酵法工业化量产 5-ALA 的产量为 10 g/L，将生产成本降至化学合成法的1/10

目前工业级5-ALA的出厂价格为500万元/吨左右



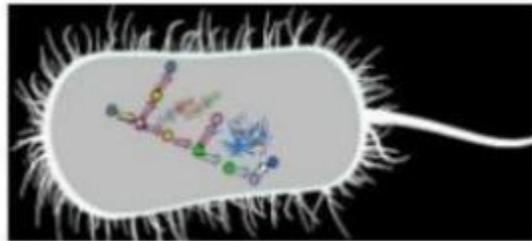
# 设计 构建 测试 学习



## 5 -ALA生物发酵工艺流程



基因编辑



微生物细胞工厂



原料



**5-ALA发酵原液：60 g/L**  
全球最高水平，性价比也是全球最高



生物发酵



产值2亿元的精制提纯生产线设备投入使用, 已经实现规模化量产高纯度5-ALA、褐藻寡糖、 $\alpha$ -酮戊二酸、甘油葡萄糖苷、VC葡萄糖苷。

# 生物合成5-ALA的研究情况

国家科技部西南信息中心查新报告显示：  
汉和生物5-氨基乙酰丙酸工业生产含量55克/升，为全球领先水平！

表1 利用代谢工程改造的大肠杆菌和谷氨酸棒杆菌合成5-ALA  
Tab. 1 Bioproduction of 5-ALA by metabolic engineered *E. coli* and *C. glutamicum*

Strategies	Strains	Main substrates	Titer (g/L)	References
<b>C4 pathway</b>				
Overexpression of ALAS from <i>R. sphaeroides</i> and <i>nosB</i> , anaerobic conditions	<i>E. coli</i>	Glucose	0.05	[39]
Overexpression of ALAS from <i>R. sphaeroides</i> in the succinate production strain QZ1111	<i>E. coli</i>	Glucose	0.44	[40]
Overexpression of ALAS from <i>R. sphaeroides</i> ATCC 17001, deletion of <i>sdhA</i> B	<i>E. coli</i>	Glucose, glycine	6.38	[41]
Moderate overexpression of ALAS from <i>R. sphaeroides</i> ATCC 17001 and native <i>ppc</i> , deletion of <i>pcd</i>	<i>E. coli</i>	Glucose, glycine	4.84	[42]
Overexpression of ALAS from <i>R. sphaeroides</i> ATCC 17001 and native <i>ppc</i> , <i>cvd4</i> , addition calcium parathionate	<i>E. coli</i>	Glucose, glycine	4.12	[43]
Overexpression of ALAS from <i>R. sphaeroides</i> ATCC 17001 and native <i>ppc</i> , deletion of <i>sdhA</i> B, weakening ALAD by site mutation	<i>E. coli</i>	Glucose, glycine	7.17	[44]
Overexpression of ALAS from <i>Saccharomyces cerevisiae</i> controlled via the auto-induced expression approach and the antibiotic-free stabilized plasmid, expressing synthesis pathways of PHB	<i>E. coli</i>	Glucose, succinic acid, glycine	3.60	[45]
Overexpression of ALAS from <i>R. sphaeroides</i> , pathway optimization for CoA and precursor biosynthesis, downregulation of <i>hemB</i> by substituting the start codon ATG to GTG	<i>E. coli</i>	Glucose	2.81	[46]
Overexpression of ALAS from <i>R. sphaeroides</i> , <i>agr7</i> from <i>Homo sapiens</i> and <i>acc4</i>	<i>E. coli</i>	Glucose	0.52	[47]
Moderate overexpression of ALAS from <i>R. sphaeroides</i> ATCC 17001 and native <i>ppc</i> and <i>nosB</i> , deletion of <i>acc4</i>	<i>E. coli</i>	Glucose, glycine	4.47	[48]
Overexpression of ALAS from <i>R. sphaeroides</i> , <i>acc4</i> and <i>agr7</i> from <i>Homo sapiens</i> , downregulation of <i>hemB</i> by synthetic glycine-OFF riboswitches	<i>E. coli</i>	Glucose	0.24	[49]
Overexpression of ALAS from <i>R. sphaeroides</i> ATCC 17001, reinforcing the antioxidant defense system by expression <i>KatE</i> and <i>SoxB</i>	<i>E. coli</i>	Glucose, glycine	11.5	[36]
Dynamic upregulation of ALAS from <i>R. sphaeroides</i> and dynamic downregulation of <i>hemB</i> by quorum sensing-based dual-function switch	<i>E. coli</i>	Glucose, succinic acid, glycine	2.50	[50]
Overexpression of ALAS from <i>R. sphaeroides</i> DSM1158, deletion of <i>sdhA</i> , <i>sdhB</i> and <i>sdhC</i> , downregulation of <i>hemB</i> by CRISPRi, aerobic condition	<i>E. coli</i>	glycerol	6.93	[51]
Overexpression of ALAS from <i>R. sphaeroides</i> DSM1158, deletion of <i>sdhA</i> and <i>sdhB</i> , downregulation of <i>hemB</i> by CRISPRi, microaerobic condition	<i>E. coli</i>	glycerol	5.95	[51]
Overexpression of ALAS from <i>R. sphaeroides</i> , native <i>ppc</i> and <i>rhdA</i> from <i>E. coli</i> , deletion of <i>sdhA</i> , <i>ppc</i> , <i>cat</i> , <i>psa</i> , <i>ackA</i> and <i>php1b</i>	<i>C. glutamicum</i>	Glucose, glycine	7.53	[52]
Overexpression of ALAS from <i>R. sphaeroides</i> SB11003, deletion of <i>accCD</i>	<i>C. glutamicum</i>	Glucose, glycine	7.60	[53]
Overexpression of ALAS from <i>R. sphaeroides</i> SB11003 and <i>rhdA</i> from <i>E. coli</i> , deletion of <i>accCD</i> , two-stage fermentation	<i>C. glutamicum</i>	Glucose, glycine	14.70	[53]
Overexpression of ALAS from <i>R. sphaeroides</i> , <i>serT</i> <sup>1007</sup> , <i>serB</i> , <i>serC</i> and <i>glyA</i>	<i>C. glutamicum</i>	Glucose, glycine	3.40	[54]

续表

Strategies	Strains	Main substrates	Titer (g/L)	References
Moderate overexpression of ALAS from <i>R. sphaeroides</i> ATCC 17001 and native <i>ppc</i> to balance 5-ALA biosynthetic and anaplerotic pathways	<i>C. glutamicum</i>	Glucose, glycine	16.30	[55]
Moderate overexpression of ALAS from <i>R. sphaeroides</i> ATCC 17001 and native <i>ppc</i> to balance 5-ALA biosynthetic and anaplerotic pathways	<i>C. glutamicum</i>	Cassava bagasse glutamicum hydrolyzate, glycine	18.50	[55]
<b>C5 pathway</b>				
Overexpression of mutated GluTR from <i>S. arizonae</i> , GSAM and RhdA	<i>E. coli</i>	Glucose	4.13	[56]
Overexpression of mutated GluTR from <i>S. arizonae</i> , GSAM, RhdA and RylbB	<i>E. coli</i>	Glucose	1.78	[57]
Overexpression of mutated GluTR from <i>S. arizonae</i> , GSAM, HemD and HemF	<i>E. coli</i>	Glucose	3.25	[58]
Overexpression of mutated GluTR from <i>S. arizonae</i> , GSAM, HemD and HemF, optimization of the in vitro iron concentration	<i>E. coli</i>	Glucose	4.05	[59]
Overexpression of mutated GluTR from <i>S. arizonae</i> and GSAM with different promoters, deletion of <i>nosC4</i>	<i>E. coli</i>	Glucose	3.40	[60]
Overexpression of mutated GluTR from <i>S. arizonae</i> , GSAM and RhdA in multiplexed PHB operon chromosomally integrated strain	<i>E. coli</i>	Glucose	3.60	[61]
High gene copy expression of mutated GluTR from <i>S. arizonae</i> and GSAM in the chromosome, deletion of <i>recA</i>	<i>E. coli</i>	Glucose	4.55	[62]
Overexpression of mutated GluTR and GBP from <i>Arabidopsis thaliana</i> in <i>E. coli</i> Transetta (DE3)	<i>E. coli</i>	Glucose, glutamate	7.64	[63]
Optimization of the C5 pathway with RBS engineering, downregulation of <i>hemB</i> by <i>flhC</i> promoter in the stationary phase, enhancement of the PLP biosynthesis, deletion of <i>recA</i> and <i>endA</i> improved the plasmid stability	<i>E. coli</i>	Glucose	5.25	[64]
Overexpression of mutated GluTR from <i>S. arizonae</i> and GSAM from <i>E. coli</i>	<i>C. glutamicum</i>	Glucose	1.79	[65]
Overexpression of mutated GluTR from <i>S. typhimurium</i> and GSAM from <i>E. coli</i>	<i>C. glutamicum</i>	Glucose	2.20	[66]
Overexpression of mutated GluTR from <i>S. typhimurium</i> , GSAM and RhdA from <i>E. coli</i> , deletion <i>ngc1221</i> , <i>prtP</i> and <i>lysE</i> , downregulation of <i>hemB</i> by a relatively weak RBS replacement	<i>C. glutamicum</i>	Glucose	0.90	[67]
Overexpression of mutated GluTR from <i>S. typhimurium</i> , GSAM and RhdA from <i>E. coli</i> , OshI (T14A/T15A), addition ethanol	<i>C. glutamicum</i>	Glucose	2.90	[63]
Overexpression of mutated GluTR from <i>S. arizonae</i> and GSAM from <i>E. coli</i> , PPC, GlA, PckA, GapA, Cg0788 and Cg0789, downregulation of <i>sdhA</i> by growth-regulated promoter <i>P<sub>CP-2100</sub></i>	<i>C. glutamicum</i>	Glucose	3.16	[68]

ACS Sustainable Chemistry & Engineering

Design of a Genetically Encoded Biosensor for High-Throughput Screening and Engineering 5-Aminolevulinic Acid Hyper-Producing *Escherichia coli*

Q Wang, Manjun Jia, Hongjie Li, Qinglin Li, Juan Zhang, Tianyuan Su, Zhifeng Cui, Qingheng Qi, and Qian Wang\*

近日，山东大学王倩/祁庆生团队在ACS Sustainable Chemistry & Engineering在线发表了题为“Design of a genetically encoded biosensor for high-throughput screening and engineering 5-aminolevulinic acid hyper-producing *Escherichia coli*”的研究论文。王倩教授、祁庆生教授为论文通讯作者，博士研究生王琦为论文第一作者。

5-氨基乙酰丙酸(5-ALA)是一种非蛋白质氨基酸，是生物体合成血红素、叶绿素和维生素B12等吡咯啉类化合物必不可少的前体物质。ALA调节叶绿素的合成，作为环境相容性及选择性很高的新型光活化农药，在农业领域应用非常广泛。同时5-ALA是第二代光敏剂——光动力治疗药物，可以用于皮肤病、膀胱癌、消化道癌、直肠癌、乳腺癌等疾病的治疗。微生物发酵生产ALA作为一种环保、简单、廉价和可持续的过程正受到越来越多的青睐。目前很多研究致力于通过传统的代谢工程策略对微生物进行修饰，以提高其ALA产量，如筛选ALA合酶、优化代谢途径和增强菌株的耐受性等。由于缺乏可用于ALA高通量筛选的方法限制了ALA在微生物中产量的进一步提高。

为了解决这一问题，本研究基于ALA诱导的ROS积累与细胞内cAMP水平变化之间的关系建立了一种ALA响应的生物传感器，并将其应用于ALA的高通量筛选以实现ALA产量的提高。首次5-ALA在5 L发酵罐上的浓度达到58.54 g/L，生产率为1.58 g/L/h。目前，是目前文献报道中产量和产率最高水平。



2021年12月，江南大学发表文章，5-ALA产量达到25g/L；

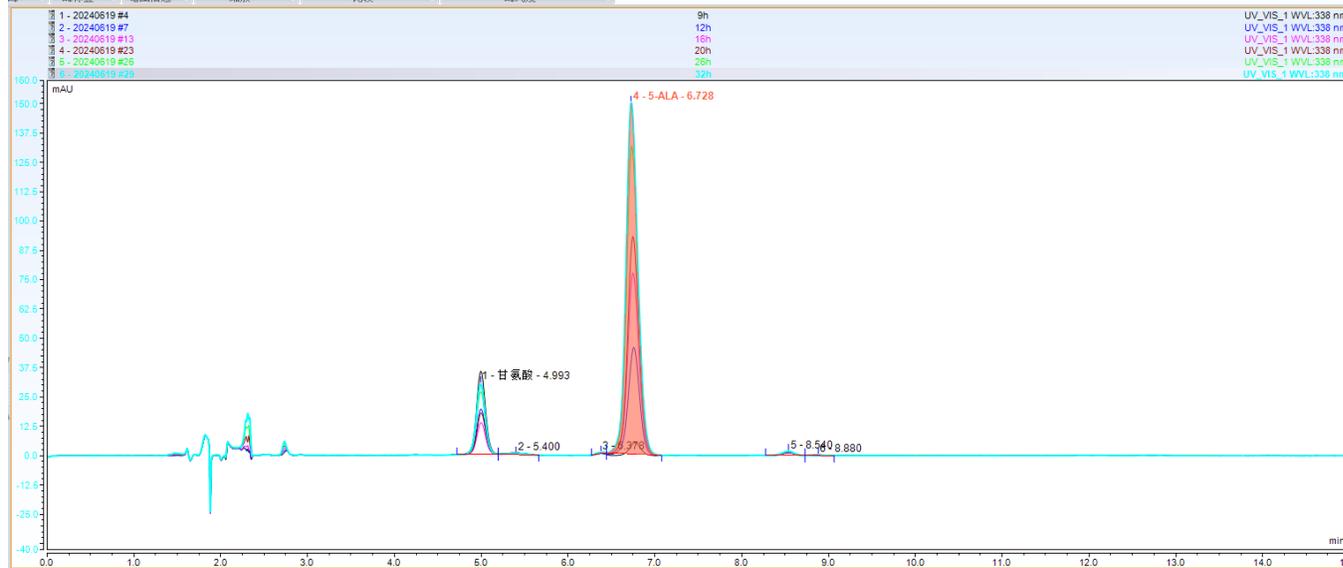
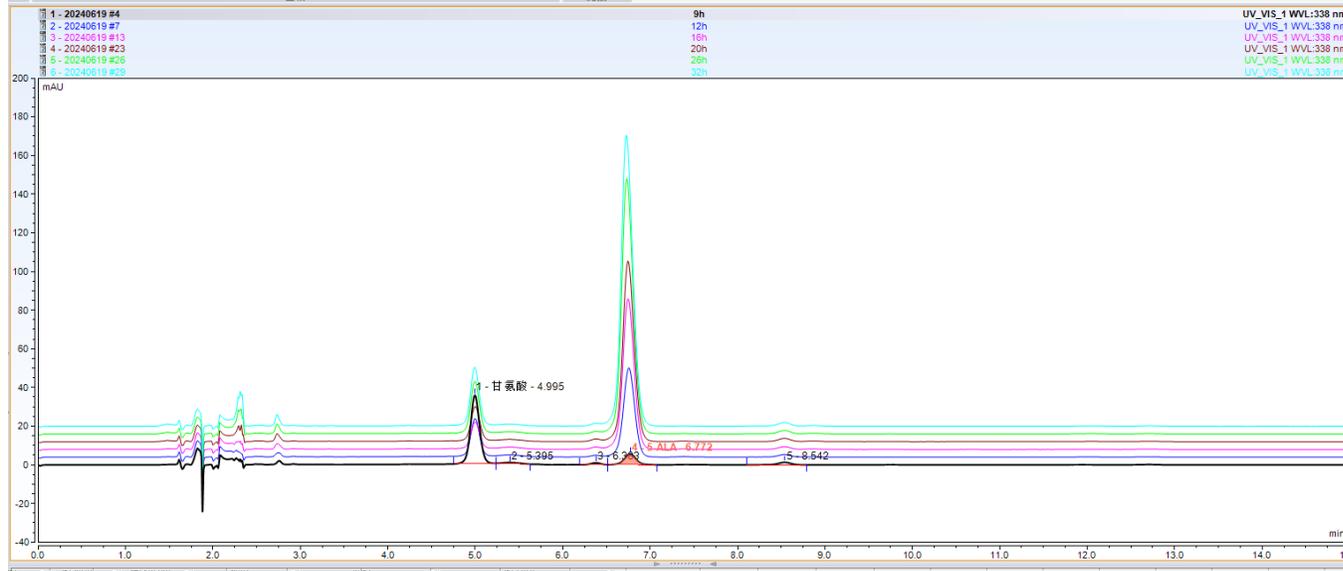
2022年6月，在网络直播会议中，江南大学报道在5L小型发酵罐中5-ALA产量达到30g/L。

2024年3月，山东大学5-ALA在5 L发酵罐中产量为58.54 g/L，生产率为1.58 g/L/h，为

目前文献报道的最高产量和产率。

南宁汉和10立方发酵罐生产5-ALA，发酵水平突破 60g/L

# 南宁汉和5-ALA生产过程实时监控



02

5-氨基乙酰丙酸  
5-aminolevulinic acid, 5-ALA

样品	m(g)	V	5-ALA A	ALA (g/L)	ALA平均值 (g/L)
9h	1	100	0.8687	1.83	
10h	1	100	2.9608	6.24	
11h	1	100	4.6819	9.87	
12h	1	100	7.0809	14.93	
14h	1	100	10.0524	21.15	
16h	1	100	12.0162	25.34	
18h	1	100	13.2465	27.93	
20h	1	100	14.4927	30.56	
22h	1	100	16.5460	34.89	
24h	1	100	18.8339	39.71	
26h	1	100	20.7179	43.68	
28h	1	100	23.0553	48.61	
30h	1	100	23.9359	50.47	
32h	1	100	23.7894	50.16	
20240618批次活样	0.5964	100	13.8802	49.07	
	0.6003	100	13.7031	48.13	48.60
20240618批次罐样	0.5866	100	14.1938	51.02	
	0.5717	100	13.8615	51.12	51.07

生产过程实时监控

样品	m(g)	V	5-ALA A	ALA (g/L)	ALA平均值 (g/L)
9h	1	91	0.7609	1.41	
10h	1	100	3.7701	7.68	
11h	1	100	7.1530	14.58	
12h	1	100	9.8113	19.99	
14h	1	100	13.9997	28.53	
16h	1	100	16.0856	32.78	
18h	1	100	16.4471	33.52	
20h	1	100	18.3823	37.46	
22h	1	100	20.2086	41.18	
24h	1	100	22.6320	46.12	
26h	1	100	23.7775	48.45	
28h	1	100	24.6653	50.26	
30h	1	100	25.1669	51.29	
31h	1	100	24.83	50.60	
20240623批次活样	0.5259	100	11.5679	44.82	
	0.5093	100	11.2124	44.86	44.84
20240623批次罐样	0.5512	100	12.6701	46.84	
	0.5106	100	11.5781	46.21	46.52

## 5-ALA实验分享（一）促进苹果转色增甜



- 1.示范地点：陕西省洛川县槐柏镇统将村
- 2.示范农户：雷禄喜
- 3.示范作物：苹果（嘎啦）
- 4.示范面积：6亩；对照面积：2亩
- 5.示范田用肥情况：苹果脱袋后第二天（8.15）稀释666倍喷施，汉和红某竞品转色叶面肥稀释400倍喷施。
- 7.效果表现：示范田苹果**转色快**而且均匀！**果亮果红不返青，内膛外围一样红！**

对照田苹果转色不均，内膛果有返青不着色迹象！

## 5-ALA实验分享（二）促进樱桃转色增甜



- 1.示范地点：陕西省西安市灞桥区狄寨街道
- 2.示范农户：惠利国
- 3.示范作物：樱桃
- 4.示范产品：汉和红
- 5.使用倍数：稀释500倍，喷施一次。
- 6.表现效果：**5天后，示范田区转色均匀**，樱桃色泽及亮度明显好于对照区。

## 5-ALA实验分享（三）促进柑橘转色增甜

### 柑橘（爱媛）应用试验



地点：四川省·眉山市·瓦窑滩

时间：2021.09.10—2021.10.12

用肥：使用以 **ALA** 为主要成分的叶面肥

表现：柑橘爱媛使用喷施 ALA 后，果实个大饱满，果皮着色明显、均匀，座果率高。

## 5-ALA实验分享（四）促进水蜜桃果实转色增甜



- 1.示范时间：2024.7.28
- 2.示范地点：甘肃省天水市秦安县兴国镇
- 3.示范作物：桃子
- 4.示范产品：汉和红
- 5.示范田用肥情况：200ml稀释1250倍喷施一次

## 5-ALA实验分享（五）促进克伦生葡萄转色增甜



- 1.示范时间：2024.7.28
- 2.示范地点：西昌市
- 3.示范作物：克伦生葡萄
- 4.示范产品：汉和红
- 5.示范田用肥情况：叶喷40-50ml，稀释300倍使用
- 6.效果表现：示范田葡萄**转色快而且均匀！**

## 5-ALA实验分享（六） 促进猕猴桃膨大转色



使用含5-ALA叶面肥5天后，猕猴桃果实膨大，表皮颜色变深成熟度增加。

## 5-ALA实验分享（七） 促进辣椒转色



对照



汉和生物ALA处理



**试验地点：**潍坊市

**试验方法：**使用汉和生物5-氨基乙酰丙酸(ALA)，15ml兑

15L水，喷施一遍，第四天后。

**试验效果：**菜椒果皮较硬，转色的同时增加果皮硬度！

## 5-ALA实验分享（一）促进苹果转色增甜



**试验时间：**2024.09.18-2024.9.26

**试验地点：**洛川县

**试验方法：**使用含5-氨基乙酰丙酸(ALA)产品水溶肥

**试验效果：**稀释500倍分别在处理后第三天和第7天表现效果，着色均匀，色泽光亮，安全，无斑点



- 1.示范地点：陕西省洛川县槐柏镇统将村
- 2.示范农户：雷禄喜
- 3.示范作物：苹果（嘎啦）
- 4.示范面积：6亩；对照面积：2亩
- 5.示范田用肥情况：苹果脱袋后第二天（8.15）稀释666倍喷施，汉和红某竞品转色叶面肥稀释400倍喷施。
- 7.效果表现：示范田苹果**转色快**而且均匀！**果亮果红不返青，内膛外围一样红！**

对照田苹果转色不均，内膛果有返青不着色迹象！

### 苹果应用试验①



地点：陕西省·延安市·洛川县

时间：2021.08.17

用肥：喷施以 ALA 为主要成分的叶面肥

表现：使用 ALA 后苹果果皮转色明显，增色快，色泽饱满均匀，座果率高，对照区颜色变化不明显。

### 苹果应用试验②



地点：甘肃省·庆阳市

时间：2021.08.16

用肥：喷施以 ALA 为主要成分的叶面肥

表现：使用 ALA 后苹果果皮转色明显，增色快，果实饱满，色泽均匀，座果率高，对照区颜色变化不明显。

## 5-ALA案例分享（二）促进葡萄转色增甜



1.示范时间：2024.6.21-2024.7.3

2.示范地点：大理 宾川县

3.示范作物：葡萄

4.示范产品：使用含5-ALA产品水溶肥

5.效果表现：示范田葡萄转色快而且均匀！



- 1.示范时间：2024.7.28
- 2.示范地点：西昌市
- 3.示范作物：克伦生葡萄
- 4.示范产品：使用含5-ALA产品水溶肥
- 5.示范田用肥情况：叶喷40-50ml，稀释300倍使用
- 6.效果表现：示范田葡萄**转色快而且均匀!**



**试验时间：**2024.07.31-  
2024.08.08

**试验地点：**西昌市

**试验方法：**使用含汉和生物5-氨基乙酰丙酸(ALA)产品-臻收红，30ml-40ml-50ml三个试验作对比

**试验效果：**葡萄转色快而且均匀！

### 葡萄应用试验①



地点: 安徽省·萧县·杜集区

时间: 2021.07.14

用肥: 喷施以 ALA 为主要成分的叶面肥

表现: 使用一周后, 葡萄开始有明显转色表现, 果实较对照区成熟快。20 天后, 转色效果非常明显, 预计可以提早上市半个月左右。

### 葡萄应用试验②



地点: 辽宁省·锦州市·北镇市

时间: 2021.09.17

用肥: 喷施以 ALA 为主要成分的叶面肥

表现: 使用区较对照区葡萄果皮着色效果好, 色泽深, 果粒更多。外观同等果粒单粒重也高于对照组。

## 5-ALA案例分享（三）促进猕猴桃转色增甜



**试验时间：**2024.08.12-  
2024.8-16

**试验地点：**眉县

**试验方法：**使用含5-ALA产品  
水溶肥

**试验效果：**使用4天后，猕猴桃表皮颜色变深，转色均匀

## 5-ALA案例分享（四）促进桃子转色增甜



- 1.示范时间：2024.7.28
- 2.示范地点：甘肃省天水市泰安县兴国镇
- 3.示范作物：桃子
- 4.示范产品：汉和红
- 5.示范田用肥情况：200ml稀释1250倍喷施一次

## 5-ALA案例分享（四） 促进樱桃转色增甜



- 1.示范地点：陕西省西安市灞桥区狄寨街道
- 2.示范农户：惠利国
- 3.示范作物：樱桃
- 4.示范产品：汉和红
- 5.使用倍数：稀释500倍，喷施一次。
- 6.表现效果：**5天后，示范田区转色均匀**，樱桃色泽及亮度明显好于对照区。

## 5-ALA案例分享（五）促进柑橘转色增甜



**试验时间：**2024.10.23

**试验地点：**邛崃市

**试验方法：**使用含5-氨基乙酰丙酸(ALA)产品水溶肥

**试验效果：**使用喷施 ALA后，果实个大饱满，果皮着色明显、均匀，座果率高。

## 5-ALA案例分享（六） 促进彩椒转色



对照



汉和生物ALA处理



**试验地点：**潍坊市

**试验方法：**使用汉和生物5-氨基乙酰丙酸(ALA)，15ml兑15L水，喷施一遍，第四天后。

**试验效果：**菜椒果皮较硬，转色的同时增加果皮硬度！

## 5-ALA案例分享（七）促进玫瑰花转色



**试验地点：**云南省·昆明市·王家坝

**用 肥：**喷施以 ALA 为主要成分的叶面肥

**试验效果：**使用区玫瑰花瓣着色明显，颜色更艳丽，色度更深，对照区花色偏白，着色不佳。

## 5-ALA对草甘膦和草铵膦协同增效试验

### 试验设计：

在杂草生长中后期，以 41%草甘膦 1000 倍为对照，在对照基础上添加 5 - A LA 100ppm 和 200ppm，间隔 7天一次，共 2 次；在处理 16 天后，用“20%草铵膦 150 倍”替换“41%草甘膦1000 倍”，其他处理不变，喷施 1 次

### 结论

施加5-ALA 100~200ppm 处理的空心莲子草鲜重防效为65.20%~69.22%，增效为117.68%~131.09%，差异都达到了极显著水平。

不同处理对空心莲子草鲜重防效（%）的影响

处理编号	重复1	重复2	重复3	重复4	重复5	均值	较CK±
空白对照	0	0	0	0	0	0	0
ALA - 100ppm	64.39	71.06	60.01	75.07	55.47	65.20 Aa	117.68%
ALA - 200ppm	77.77	86.41	53.91	66.55	61.45	69.22 Aa	131.09%

数据来源：汉和微生物肥料重点实验室

常用产品	每吨添加量		功能	添加方法
	液体(50g/L)	粉剂(8%)		
复合肥	1-2kg	0.5kg-1kg	提高作物耐盐碱能力、增加根系活力，促进幼苗生长，延缓植株衰老。	造粒后喷涂在颗粒表面
大量元素水溶肥	转色型：20-40kg 常规型：10-20kg	转色型：5-10kg 常规型：2-4kg	提升光合利用效率，增加光合产物糖分和淀粉的积累，减轻磷、钾的拮抗和固定，提升养分的吸收利用率。促进花青苷积累，实现果实快速转色。	搅拌3-5分钟，混匀即可
液体冲施肥	转色型：20-40kg 常规型：10-20kg	转色型：5-10kg 常规型：2-4kg	增强作物抗逆能力，促花壮花、保花保果、促早熟、提升果实品质。	搅拌3-5分钟，混匀即可
叶面肥	转色型：100-200kg 常规型：50-100kg	转色型：30-50kg 常规型：50-100kg	增强作物抗逆能力。促进花青苷积累，实现果实快速转色。促进可溶性固形物及可溶性糖的积累，降低有机酸成分，提升果实内在品质及口感。	搅拌3-5分钟，混匀即可

敬请期待科学与科学家的汉和生物  
持续开发更好更稳定的生物基增效剂!



细胞工厂与生物刺激素

南宁汉和生物科技股份有限公司

地址：广西南宁市高新区生物技术工程中心