

外源 5-氨基乙酰丙酸(ALA) 对菘蓝苗期生长及有效成分含量的影响

汪牧耘, 李雨晴, 朱毅斌, 肖云华, 唐晓清^①, 王康才

(南京农业大学中药材研究所, 江苏 南京 210095)

摘要: 采用盆栽法研究了质量浓度 0.0(对照)、50.0、25.0、13.3 和 12.5 mg · L⁻¹ 5-氨基乙酰丙酸(ALA) 处理 1 至 3 次(每次间隔 10 d)对菘蓝(*Isatis indigotica* Linn.)苗期生长的影响;并采用高效液相色谱法分析了叶片内靛蓝和靛玉红含量的变化。结果表明:处理 1 至 3 次后各处理组菘蓝根的干质量均高于对照且总体上差异极显著,其中以 12.5 mg · L⁻¹ ALA 处理组根干质量最高;多数处理组根鲜质量也高于对照,其中用 12.5 mg · L⁻¹ ALA 处理 3 次根的鲜质量最高。处理 1 次或 2 次后各处理组叶片干质量和鲜质量或高于对照或低于对照,其中 12.5 mg · L⁻¹ ALA 处理组叶片的干质量和鲜质量均极显著高于对照;但处理 3 次后各处理组的叶片干质量和鲜质量也均极显著高于对照。处理 1 次或 2 次后各处理组的根冠比总体上高于对照,而处理 3 次后各处理组的根冠比均低于对照。处理 1 次或 2 次后各处理组叶片中靛蓝和靛玉红含量均高于对照,且多数处理组靛蓝和靛玉红含量与对照有显著或极显著差异;而处理 3 次后各处理组的靛蓝含量均显著高于对照,但仅 13.3 和 12.5 mg · L⁻¹ ALA 处理组靛玉红含量极显著高于对照;总体上看,用 13.3 和 12.5 mg · L⁻¹ ALA 处理 2 次或 3 次,叶片中靛蓝和靛玉红含量均显著或极显著高于对照,其中,用 12.5 mg · L⁻¹ ALA 处理 3 次靛蓝含量最高(22.51 μg · g⁻¹),用 13.3 mg · L⁻¹ ALA 处理 3 次靛玉红含量最高(99.48 μg · g⁻¹)。研究结果表明:采取适宜的 ALA 处理对菘蓝生长及叶片中有效成分积累均有一定的促进作用,其中,用低浓度 ALA 喷施 2 或 3 次较为适宜。

关键词: 菘蓝; 生长; 5-氨基乙酰丙酸(ALA); 靛蓝; 靛玉红

中图分类号: Q946.8; S567.2.048 文献标志码: A 文章编号: 1674-7895(2013)02-0047-05

DOI: 10.3969/j.issn.1674-7895.2013.02.06

Effect of exogenous 5-aminolevulinic acid (ALA) on seedling growth and active component content of *Isatis indigotica* WANG Muyun, LI Yuqing, ZHU Yibin, XIAO Yunhua, TANG Xiaoqing^①, WANG Kangcai (Institute of Chinese Medicinal Materials, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China), *J. Plant Resour. & Environ.* 2013, 22(2): 47-51

Abstract: Effect of 0.0 (CK), 50.0, 25.0, 13.3 and 12.5 mg · L⁻¹ 5-aminolevulinic acid (ALA) treating for one to three times at intervals of 10 d on seedling growth of *Isatis indigotica* Linn. was studied by pot method, and content change of indigo and indirubin in leaf was analyzed by HPLC. The results show that after treating for one to three times, root dry weight of all ALA treatment groups is higher than that of the control with the extremely significant difference generally, in which, that of 12.5 mg · L⁻¹ ALA treatment group is the highest; root fresh weight in most of treatment groups is also higher than that of the control, in which, that of the group treated by 12.5 mg · L⁻¹ ALA for three times is the highest. After treating for one or two times, dry weight and fresh weight of leaf in all ALA treatment groups are higher or lower than those of the control, in which, those of 12.5 mg · L⁻¹ ALA treatment group are very significantly higher than those of the control; but after treating for three times, dry weight and fresh weight of leaf in all ALA treatment groups are all very significantly higher than those of the control. After treating for one or two times, root-shoot ratio in all ALA treatment groups is generally higher than that of

收稿日期: 2012-07-21

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(31171486); 南京农业大学大学生创新项目(SRT1114A17)

作者简介: 汪牧耘(1991—),女,贵州贵阳人,在读本科生,主要从事药用植物栽培生理及中药质量控制的研究。

^①通信作者 E-mail: xqtang@njau.edu.cn

the control, but that after treating for three times is lower than that of the control. After treating for one or two times, contents of indigo and indirubin in all ALA treatment groups are higher than those of the control and there are significant or extremely significant differences in their contents between the control and most of ALA treatment groups. While after treating for three times, indigo content in all ALA treatment groups is significantly higher than that of the control, but indirubin content only in 13.3 and 12.5 mg · L⁻¹ ALA treatment groups is extremely significantly higher than that of the control. Generally, contents of indigo and indirubin after treating by 13.3 and 12.5 mg · L⁻¹ ALA for two or three times are significantly or extremely significantly higher than those of the control, in which, indigo content in the group treated by 12.5 mg · L⁻¹ ALA for three times is the highest (22.51 μg · g⁻¹), and indirubin content in the group treated by 13.3 mg · L⁻¹ ALA for three times is the highest (99.48 μg · g⁻¹). It is suggested that suitable ALA treatment has a promoting role to growth and accumulation of active components of *I. indigotica*, in which, spraying for two or three times with low concentration of ALA is appropriate.

Key words: *Isatis indigotica* Linn.; growth; 5-aminolevulinic acid (ALA); indigo; indirubin

菘蓝 (*Isatis indigotica* Linn.) 为十字花科 (Brassicaceae) 药用植物, 其干燥根为中药板蓝根, 具有清热解毒、凉血消肿和利咽的功效; 其干燥叶为中药大青叶, 具有清热解毒、抗菌消炎和凉血消斑等功效^[1], 均为临床上常用的大宗中药材。菘蓝体内所含的靛蓝和靛玉红等吲哚类生物碱是主要活性成分, 其含量能在一定程度上反映菘蓝的品质。在生产实践中, 为获得高产优质的板蓝根与大青叶药材, 必须采取适当的栽培调控措施。目前研究者多采用逆境处理的方法控制菘蓝体内有效成分的含量。段飞等^[2]认为: 20 mmol · L⁻¹ ABA 和 250 mmol · L⁻¹ NaCl 胁迫处理可提高菘蓝组培苗中靛玉红含量; 唐晓清等^[3-4]的研究结果表明: 适度淹水处理能提高菘蓝根部活性成分含量, 经杀青处理后大青叶中靛蓝和靛玉红含量总体上呈上升趋势。目前尚未见采用植物激素调控菘蓝中靛蓝和靛玉红含量的研究报道。

5-氨基乙酰丙酸 (5-aminolevulinic acid, ALA) 是一种广泛存在于各类生物机体活细胞中的非蛋白氨基酸, 是所有卟啉类叶绿素和血红素生物合成的关键前体^[5]; 是植物体内天然存在的、生命活动必需的、代谢活跃的生理活性物质, 可通过生物途径合成, 也可由人工化学合成; 具有无毒副作用且易降解、无残留的特点, 可作为植物的壮苗剂、杀虫剂、增色剂、绿化剂和落叶剂等使用。施用人工合成的 ALA 可提高作物的生理活性^[6-7] 和产量^[8-9]。

鉴于此, 作者研究了喷施不同浓度 5-氨基乙酰丙酸 (ALA) 对菘蓝苗期生长及其体内靛蓝和靛玉红含量的影响, 探讨适宜的外源 ALA 施用浓度和方法, 以期对菘蓝的优质高产栽培提供基础资料。

1 材料和方法

1.1 材料

供试菘蓝种子来源于安徽亳州, 由南京农业大学园艺学院王康才教授鉴定。于 2011 年 5 月 26 日选择籽粒饱满、健壮、无损伤且大小均匀的种子播种于塑料盆 (直径 340 mm、高度 280 mm) 内, 播种基质为按照质量比 2:1 配制的园土 (含质量分数 8% 左右的有机质) 和蛭石混合基质; 出苗后每盆留 5 株生长一致的幼苗, 常规管理; 待幼苗长至 6~8 叶期进行 ALA 处理, 种植期间严禁使用农药。

LC-20AT 型高效液相色谱仪、UV-VIS 检测器 SPD-20A 和 N2000 型色谱工作站 (日本岛津公司)。靛蓝对照品 (批号 110716-201111) 和靛玉红对照品 (批号 110717-200606) 均购自中国药品生物制品检定所; ALA 由苏州益安生物科技有限公司提供; 甲醇为色谱纯; 水为超纯水; 三氯甲烷为分析纯。

1.2 方法

1.2.1 ALA 处理 分别吸取质量浓度 10 g · L⁻¹ ALA 原液 5.00、2.50、1.33 和 1.25 mL, 用蒸馏水分别配制成终浓度为 50.0、25.0、13.3 和 12.5 mg · L⁻¹ 的 ALA 处理液, 以蒸馏水为对照 (CK, 0.0 mg · L⁻¹ ALA)。

于 2011 年 7 月底至 8 月中旬进行 ALA 处理。每处理 9 盆, 分为 3 组, 分别用相应质量浓度的 ALA 处理液处理 1 次、2 次和 3 次, 每次处理间隔 10 d, 每一浓度重复 3 次。于处理的当天傍晚喷施 ALA 处理液, 每株均匀喷施 10 mL, 喷施前均加入体积分数 0.01% 吐温-20 作展着剂。于第 1 次处理的 10 d 后采样进

行相关指标分析,采样后同时进行第2次ALA处理,以此类推;每次均从各处理中采集15株单株供分析用,其中随机取10株用于单株鲜质量和干质量的测定。

1.2.2 单株质量测定 将菘蓝单株根与叶分开,采用AR1140型电子天平(上海奥豪斯仪器有限公司,精度0.0001g)分别称取鲜质量后置于60℃烘箱中干燥至恒质量,冷却后称取干质量,计算平均鲜质量和干质量。

1.2.3 靛蓝和靛玉红含量测定 精密称取靛玉红和靛蓝对照品4.40和1.90mg,分别用三氯甲烷溶解并定容至25mL,即为靛玉红和靛蓝对照品溶液。分别精密吸取二者对照品溶液各1、2、4、6、8、10和12μL,参照文献[1]的方法进行HPLC分析。以色谱峰面积(X)为横坐标、对照品浓度(Y)为纵坐标对标准曲线进行拟合,得到二者的回归方程分别为 $Y_{\text{靛蓝}} = (2\ 000 \times 10^{-4})X_{\text{靛蓝}} + (3 \times 10^{-4})$, $r = 0.999\ 6$ ($n = 3$),线性范围为5.0~15.0 μg; $Y_{\text{靛玉红}} = (2\ 000 \times 10^{-4})X_{\text{靛玉红}} - (10 \times 10^{-4})$, $r = 0.999\ 9$ ($n = 3$),线性范围为0.4~20.0 μg。

菘蓝地上部分烘干至恒质量,粉碎并过60目筛;精密称取地上部分粉末0.5g,加入100mL三氯甲烷浸泡15h,然后于80℃水浴中索氏回流提取10h,提取液减压浓缩至近干;用三氯甲烷溶解并定容至50mL,经0.45 μm微孔滤膜过滤,即为供试样液。分别吸取各供试样液5 μL,参照对照品的色谱条件进行HPLC分析;以色谱峰面积并参照标准曲线计算样品中靛蓝和靛玉红含量。

1.3 数据处理

采用Excel和SPSS 12.0统计分析软件对实验数据进行计算和统计分析。

2 结果和分析

2.1 ALA处理对菘蓝生长的影响

2.1.1 对单株质量的影响 用不同质量浓度ALA喷施1至3次后菘蓝根和叶片的鲜质量和干质量见表1。由表1可见:喷施ALA对菘蓝根的生长具有一定的促进作用。用不同质量浓度ALA处理1次后菘蓝单株根干质量均高于对照,除25.0 mg·L⁻¹ALA处理组外,其他处理组与对照有极显著差异($P < 0.01$);而用不同质量浓度ALA处理2次或3次,菘蓝单株根干质量均极显著高于对照。用不同质量浓度ALA处

理1次后菘蓝单株根鲜质量也均高于对照,差异达极显著水平;而用不同质量浓度ALA处理2次或3次,单株根鲜质量或低于对照或高于对照,其中用25.0 mg·L⁻¹ALA处理2次,单株根鲜质量极显著高于对照;用13.3和12.5 mg·L⁻¹ALA处理3次,单株根鲜质量极显著高于对照。

表1 用5-氨基乙酰丙酸(ALA)处理不同次数对菘蓝根和叶片鲜质量和干质量的影响($n = 10$)¹⁾

Table 1 Effect of 5-aminolevulinic acid (ALA) treating for different times on fresh and dry weights of root and leaf of *Isatis indigotica* Linn. ($n = 10$)¹⁾

ALA 质量浓度/mg·L ⁻¹ Mass ratio of ALA	不同器官的干质量/g Dry weight of different organs		不同器官的鲜质量/g Fresh weight of different organs	
	根 Root	叶 Leaf	根 Root	叶 Leaf
处理1次 Treating for one time				
50.0	0.160bB	0.718bB	0.701bB	5.060cC
25.0	0.095dD	0.563cC	0.545cC	5.648bB
13.3	0.130cC	0.583cC	0.543cC	5.660bB
12.5	0.185aA	0.830aA	0.853aA	7.298aA
0.0(CK)	0.090dD	0.710bB	0.485dD	5.765bB
处理2次 Treating for two times				
50.0	0.342bB	0.783cdC	1.003cdD	6.080dD
25.0	0.393aA	1.103aA	1.583aA	7.980aA
13.3	0.333bB	1.053aA	1.213cC	6.607cC
12.5	0.390aA	1.002abB	1.170cC	7.390bB
0.0(CK)	0.271cC	0.803cC	1.503bB	5.980dD
处理3次 Treating for three times				
50.0	0.605bB	1.808cbB	1.135cC	5.858cC
25.0	0.573cC	1.920aA	0.998dcC	4.585eE
13.3	0.578cC	1.810bB	1.578bB	6.358bB
12.5	0.693aA	1.835bB	1.693aA	6.835aA
0.0(CK)	0.493dD	1.063cC	1.105cC	5.313dD

¹⁾ 同列中不同的小写字母和大写字母分别表示差异显著($P = 0.05$)和极显著($P = 0.01$)。Different small letters and capitals in the same column indicate the significant difference ($P = 0.05$) and the extremely significant difference ($P = 0.01$), respectively.

喷施不同质量浓度ALA溶液对菘蓝叶的生长有不同作用。用不同质量浓度ALA处理3次,菘蓝单株叶片干质量和鲜质量均高于对照,差异达极显著水平($P < 0.01$);而用不同质量浓度ALA处理1次或2次,叶片干质量和鲜质量或高于对照或低于对照,其中用12.5 mg·L⁻¹ALA处理1次或2次,叶片干质量和鲜质量极显著高于对照($P < 0.01$)。

由此可见,多次喷施低浓度ALA对菘蓝营养期生长尤其是叶片生长有促进作用。

2.1.2 对根冠比的影响 用不同质量浓度ALA喷施1至3次后菘蓝根冠比的变化见表2。结果表明:

采用不同质量浓度 ALA 处理 1 次, 菘蓝的根冠比均高于对照。除 13.3 mg · L⁻¹ ALA 处理组外, 用不同质量浓度 ALA 处理 2 次后菘蓝的根冠比均高于对照, 说明在菘蓝营养期的早、中期喷施 ALA 可以促进其地上部分的生长。用不同质量浓度 ALA 处理 3 次, 菘蓝的根冠比均明显低于对照, 说明随着喷施次数的增加菘蓝地上部分的生长快于地下部分。

表 2 用 5-氨基乙酰丙酸 (ALA) 处理不同次数对菘蓝根冠比的影响 ($n=10$)

Table 2 Effect of 5-aminolevulinic acid (ALA) treating for different times on root-shoot ratio of *Isatis indigotica* Linn. ($n=10$)

ALA 质量浓度/ mg · L ⁻¹ Mass ratio of ALA	处理不同次数后的根冠比 Root-shoot ratio after treating for different times		
	1 次 One time	2 次 Two times	3 次 Three times
	50.0	0.223	0.356
25.0	0.169	0.342	0.298
13.3	0.223	0.316	0.319
12.5	0.223	0.389	0.377
0.0 (CK)	0.127	0.336	0.463

2.2 ALA 处理对菘蓝中靛蓝和靛玉红含量的影响

2.2.1 对靛蓝含量的影响 用不同质量浓度 ALA 喷施 1 至 3 次后菘蓝叶片中靛蓝含量的变化见表 3。由表 3 可见: 用不同质量浓度 ALA 处理不同次数后, 叶片中靛蓝含量均高于对照。用不同质量浓度 ALA 处理 1 次后, 靛蓝含量均显著高于对照 ($P<0.05$); 其中, 12.5 mg · L⁻¹ ALA 处理组的靛蓝含量最高, 与其他处理组和对照间均有极显著差异 ($P<0.01$)。用不同质量浓度 ALA 处理 2 次后, 叶片中靛蓝含量也均高于对照, 差异达极显著水平 ($P<0.01$); 其中, 50.0 和

表 3 用 5-氨基乙酰丙酸 (ALA) 处理不同次数后菘蓝叶片中靛蓝含量的变化 ($\bar{X}\pm SD, n=3$)¹⁾

Table 3 Change of indigo content in leaf of *Isatis indigotica* Linn. treated by 5-aminolevulinic acid (ALA) for different times ($\bar{X}\pm SD, n=3$)¹⁾

ALA 质量浓度/ mg · L ⁻¹ Mass ratio of ALA	处理不同次数后叶片中的靛蓝含量/ $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ Indigo content in leaf after treating for different times		
	1 次 One time	2 次 Two times	3 次 Three times
	50.0	16.31±0.20bB	19.93±0.51aA
25.0	15.71±0.14bcB	17.18±0.04cB	18.04±0.49cA
13.3	15.63±0.48cBC	17.32±0.31cB	21.26±2.99abA
12.5	17.59±0.07aA	18.03±0.14bB	22.51±2.25aA
0.0 (CK)	14.83±0.50dC	15.57±0.33dC	17.83±0.57cA

¹⁾ 同列中不同的小写字母和大写字母分别表示差异显著 ($P=0.05$) 和极显著 ($P=0.01$) Different small letters and capitals in the same column indicate the significant difference ($P=0.05$) and the extremely significant difference ($P=0.01$), respectively.

12.5 mg · L⁻¹ ALA 处理组靛蓝含量较高。用不同质量浓度 ALA 处理 3 次后, 叶片中靛蓝含量也均高于对照, 差异达显著水平 ($P<0.05$); 其中, 12.5 mg · L⁻¹ ALA 处理组靛蓝含量最高, 达到 22.51 $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ 。

由表 3 还可见: 随处理次数的增多, 菘蓝叶片中的靛蓝含量呈现逐渐增加的趋势, 其中对照组靛蓝含量由 14.83 $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ 增加至 17.83 $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$; 随处理次数的增多, 各处理组靛蓝含量的变化趋势与对照组基本一致。总体上看, 用 12.5 和 13.3 mg · L⁻¹ ALA 处理后靛蓝含量较高, 说明用较低浓度 ALA 处理 2 次或 3 次有利于菘蓝叶片中靛蓝的积累。

2.2.2 对靛玉红含量的影响 用不同质量浓度 ALA 喷施 1 至 3 次后菘蓝叶片中靛玉红含量的变化见表 4。由表 4 可见: 用不同质量浓度 ALA 处理 1 次, 叶片中靛玉红含量均高于对照, 其中, 50.0、13.3 和 12.5 mg · L⁻¹ ALA 处理组靛玉红含量极显著高于对照 ($P<0.01$), 以 12.5 mg · L⁻¹ ALA 处理组靛玉红含量最高, 达 17.29 $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ 。用不同质量浓度 ALA 处理 2 次, 叶片中靛玉红含量均高于对照, 且各处理组与对照有极显著 ($P<0.01$) 或显著 ($P<0.05$) 差异; 其中, 12.5 mg · L⁻¹ ALA 处理组菘蓝叶片中的靛玉红含量最高, 达 84.14 $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ 。用不同质量浓度 ALA 处理 3 次, 25 和 50 mg · L⁻¹ ALA 处理组靛玉红含量均低于对照, 而 13.3 和 12.5 mg · L⁻¹ ALA 处理组靛玉红含量均极显著高于对照 ($P<0.01$); 其中, 13.3 mg · L⁻¹ ALA 处理组靛玉红含量最高, 达 99.48 $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ 。

由表 4 还可见: 随菘蓝的生长 (或处理次数的增加), 各处理组及对照组叶片中靛玉红含量的变化趋

表 4 用 5-氨基乙酰丙酸 (ALA) 处理不同次数后菘蓝叶片中靛玉红含量的变化 ($\bar{X}\pm SD, n=3$)¹⁾

Table 4 Change of indirubin content in leaf of *Isatis indigotica* Linn. treated by 5-aminolevulinic acid (ALA) for different times ($\bar{X}\pm SD, n=3$)¹⁾

ALA 质量浓度/ mg · L ⁻¹ Mass ratio of ALA	处理不同次数后叶片中的靛玉红含量/ $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ Indirubin content in leaf after treating for different times		
	1 次 One time	2 次 Two times	3 次 Three times
	50.0	16.53±0.31bB	81.34±0.38aA
25.0	12.48±0.07dD	72.67±0.08bcB	41.23±2.64dD
13.3	13.83±0.31cC	75.92±2.28bB	99.48±0.49aA
12.5	17.29±0.10aA	84.14±0.97aA	80.43±2.72bB
0.0 (CK)	12.24±0.16dD	70.85±0.29cB	50.42±0.48cC

¹⁾ 同列中不同的小写字母和大写字母分别表示差异显著 ($P=0.05$) 和极显著 ($P=0.01$) Different small letters and capitals in the same column indicate the significant difference ($P=0.05$) and the extremely significant difference ($P=0.01$), respectively.

势有一定差异。其中,50.0、25.0和12.5 mg·L⁻¹处理组以及对照组的靛玉红含量均呈现低—高—低的变化趋势,仅变化幅度有所不同;而13.3 mg·L⁻¹ ALA处理组的靛玉红含量随处理次数的增加呈逐渐增加的趋势。另外,处理2次后各处理组和对照组的靛玉红含量均大幅度高于处理1次,差异甚至达到约5倍。说明用低浓度ALA多次处理有利于菘蓝叶片内靛玉红的积累。

3 讨论和结论

作为一种促生长剂,ALA在农作物栽培生产中的应用备受关注。ALA能提高椰枣(*Phoenix dactylifera* Linn.)品种的产量,改善其果实的品质^[10];低浓度ALA能提高辣椒(*Capsicum annuum* Linn.)幼苗对冷胁迫的耐受力,促进其生长^[11];ALA能通过提高血红素蛋白质的活力有效保护大豆[*Glycine max* (Linn.) Merr.]植株因冷应激造成的破坏性影响^[12];而将ALA用于药用植物的研究目前主要集中于种子萌发及其幼苗生理特性方面^[13-14]。菘蓝作为中药材板蓝根和大青叶的基原植物,通过适宜的栽培措施对其生长及活性成分含量进行调控,是获得高产优质药材原料的前提;采取适当的栽培调控措施提高靛蓝与靛玉红的含量也有助于其药材质量的提高。在本研究中,喷施不同质量浓度ALA均能促进菘蓝根干物质的积累,其中较低质量浓度(12.5和13.3 mg·L⁻¹)ALA不但对其生长有明显促进作用,还能促进菘蓝地上部分干物质的积累,且随ALA处理次数增加,干物质积累量也逐渐增加。说明ALA可能是通过增强叶片光合作用促进光合产物积累,从而促使根部生长。Al-Qurashia等^[10]也得出了类似的研究结果。

ALA处理对菘蓝叶片中靛蓝和靛玉红含量均有影响,其中,用较低质量浓度ALA进行处理能有效提高靛蓝和靛玉红的含量;但用较高质量浓度(25.0和50.0 mg·L⁻¹)ALA处理3次则不利于靛玉红积累。靛玉红作为药材大青叶的质量控制指标,其含量不得低于0.02%^[1],在菘蓝苗期用ALA处理1次后靛玉红含量均低于此标准,但处理2次或3次后靛玉红含量均高于此标准。结合菘蓝生长状况,建议在生产中选用较低浓度ALA进行处理,处理次数以2次或3次

为宜,可一定程度提高菘蓝的产量和质量。

目前ALA在药用植物栽培生产中的应用尚未见系统的研究报道。ALA处理对菘蓝叶片中靛蓝和靛玉红含量的影响有差异,其作用机制是否与靛蓝和靛玉红结构差异有关?尚需进一步研究探讨。

参考文献:

- [1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典: 2010年版(一部) [M]. 北京: 中国医药科技出版社, 2010: 20.
- [2] 段飞, 杨建雄, 周西坤, 等. 逆境胁迫对菘蓝幼苗靛玉红含量的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2006, 5(3): 112-114.
- [3] 唐晓清, 王康才, 温建云. 根部淹水对菘蓝活性成分的影响[J]. 天然产物研究与开发, 2009, 21(5): 832-836.
- [4] 唐晓清, 王康才, 张利霞. 不同加工工艺对大青叶中靛蓝、靛玉红含量的影响[J]. 中药材, 2008, 31(7): 968-969.
- [5] 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中的潜在应用[J]. 植物生理学通讯, 2003, 39(3): 185-192.
- [6] 姚素梅, 王维金. 应用灰色关联度分析影响两系杂交稻结实率的生理因素[J]. 生物数学学报, 2007, 22(1): 157-163.
- [7] LUO B S, HOTTA Y, QU Y L, et al. Effect of 5-aminolevulinic acid on the growth and ripening of wheat [J]. Journal Pesticide Science, 1998, 23(3): 300-303.
- [8] 姚素梅, 王维金, 陈国兴. 5-氨基酮戊酸对水稻植株中³²P吸收与分配的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2006, 12(1): 70-75.
- [9] 姚素梅, 王维金. ALA对两系杂交梗稻籽粒灌浆和产量的影响[J]. 华中农业大学学报, 2004, 23(5): 495-499.
- [10] AL-QURASHIA A D, AWAD M A. 5-aminolevulinic acid increases tree yield and improves fruit quality of 'Rabia' and 'Sukkariat-Yanbo' date palm cultivars under hot arid climate [J]. Scientia Horticulturae, 2011, 129(3): 441-448.
- [11] KORKMAZ A, KORKMAZ Y, DEMIRKIRAN A R. Enhancing chilling stress tolerance of pepper seedlings by exogenous application of 5-aminolevulinic acid [J]. Environmental and Experimental Botany, 2010, 67: 495-501.
- [12] BALESTRASSE K B, TOMARO M L, BATLLE A, et al. The role of 5-aminolevulinic acid in the response to cold stress in soybean plants [J]. Phytochemistry, 2010, 71(17/18): 2038-2045.
- [13] 杜丹丹, 何平, 张春平, 等. 外源ALA、SNP和Spd对NaCl胁迫下桔梗种子萌发特性的影响[J]. 广西植物, 2011, 31(6): 801-805.
- [14] 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): 1603-1610.

(责任编辑: 惠红)