

外源 γ -氨基丁酸对干旱胁迫下黄瓜幼苗生理特性的影响

郑佳怡¹ 覃叶欣² 莫惠情¹ 卓越¹ 廖建杰^{1,*}

1 广西民族师范学院 2 广西农业科学院

DOI:10.12238/as.v8i3.2843

[摘要] [目的]探明外源喷施 γ -氨基丁酸(GABA)对干旱胁迫下黄瓜幼苗生理特性的影响,为提高黄瓜抗旱性,保障黄瓜的安全生产提供参考。[方法]以津研4号为试验材料,研究不同浓度GABA处理(CK,0 mmol/L; T1,100 mmol/L; T2,20 mmol/L; T3,10mmol/L; T4,5mmol/L)对黄瓜幼苗叶片的抗氧化酶活性、光合特性和渗透调节物质含量的影响。[结果]干旱胁迫下,随着叶片喷施GABA浓度增加,能显著提高黄瓜幼苗叶片的相对叶绿素含量、光合速率、蒸腾速率和气孔导度。叶片抗氧化酶活性表现为超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)、过氧化氢酶(CAT)活性增加,并降低超氧阴离子产生速率($O_2^{\cdot-}$)和丙二醛(MDA)的积累,同时增加游离脯氨酸含量的积累,减少活性氧对植物组织和细胞的伤害。[结论]外源 γ -氨基丁酸(GABA)能较大程度上缓解干旱胁迫对黄瓜幼苗生长的伤害,提高抗氧化酶活性,促进光合作用。

[关键词] 黄瓜; γ -氨基丁酸; 光合参数; 抗氧化酶; 干旱胁迫

中图分类号: S642.2 文献标识码: A

Effect of exogenous γ -aminobutyric acid on the physiological characteristics of cucumber seedlings under drought stress

Jiayi Zheng¹ Yexin Qin² Huiqing Mo¹ Yue Zhuo¹ Jianjie Liao^{1,*}

1 Guangxi Minzu Normal University 2 Guangxi Academy of Agricultural Sciences

[Abstract] [Objective] proved the influence of exogenous spraying γ -amino-butyric acid (GABA) on the physiological characteristics of cucumber seedlings under drought stress, and provided reference for improving the drought resistance of cucumber and ensuring the safe production of cucumber.[Method] The effects of GABA treatment, photosynthetic properties and the content of CK, 0 mmol/L, T1,100 mmol/L, T2,20 mmol/L, T3,10 mmol/L, T4,5 mmol / L) of cucumber seedlings.[Results] Under drought stress, with the increase of GABA concentration in leaf spraying, the relative chlorophyll content, photosynthesis rate, transpiration rate and stomatal conductivity of cucumber seedlings were significantly increased. Leaf antioxidant enzyme activity shows superoxide dismutase (SOD), peroxidase (POD), catalase (CAT), reduces the rate of superoxide anion production ($O_2^{\cdot-}$) and malondialdehyde (MDA), increases the accumulation of free proline content, and reduces the damage of reactive oxygen species to plant tissues and cells.[Conclusion] Exogenous γ -aminobutyric acid (GABA) can alleviate the damage of drought stress to cucumber seedling growth to a large extent, improve the activity of antioxidant enzymes, and promote photosynthesis.

[Key words] cucumber; γ -aminobutyric acid; photosynthetic parameters; antioxidant enzymes; drought stress

黄瓜作为一种重要的经济作物,具有种植周期短和产量高的特点,在农业生产中具有举足轻重的地位。干旱胁迫是影响植物生长的主要非生物因素之一,能够改变植物的形态、生理和生化特性。植物通过调节光合作用、呼吸、蒸腾以及激素和酶的活性等多种方式来应对逆境。 γ -氨基丁酸(GABA)是一种存在于多种生物中的非蛋白质氨基酸,能够提高植物的酶活性,减轻活性氧的损伤,并调节细胞内渗透压和光合作用,从而增强植物的

耐受性。研究表明,GABA在植物中可作为信号分子,在干旱胁迫下通过降低气孔导度来提高水分利用率,增强抗旱能力。有研究发现,施用GABA能提高甜瓜幼苗的耐旱性。此外,GABA含量的降低在Cd胁迫下可能会影响植物的钙信号,从而影响抗氧化能力和生长^[1-3]。本研究将探讨不同浓度GABA对干旱胁迫下黄瓜幼苗的生理特性影响,以寻找提高黄瓜抗旱能力的有效方法。

1 试验方法

1.1 试验材料

试验所用黄瓜品种为津研4号。试验所用试剂 γ -氨基丁酸由南宁汉和生物科技股份有限公司生产。

1.2 试验设计

该试验于2024年7-8月份在广西壮族自治区崇左市广西民族师范学院开展。试验共设5个处理: CK(蒸馏水); T1(100 mmol/LGABA); T2(20 mmol/L GABA); T3(10mmol/LGABA)、T4(5 mmol/LGABA), 每处理三次重复。待黄瓜幼苗两叶一心时, 叶面分别喷施不同浓度GABA, 采用20% PEG6000进行模拟干旱处理, 对照喷施蒸馏水。

1.3 指标测定

1.3.1 光合特性

光合参数: 在干旱处理后1 d、3 d、5 d和7 d时, 选择黄瓜幼苗完全展开的倒二叶进行测定, 采用Yaxin-1102光合仪(中国)在9:00-12:00测定叶片净光合速率(Pn)、蒸腾速率(Tr)、气孔导度(Gs)、胞间CO₂浓度(Ci)。测定条件: 光照强度500 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$, 温度25℃, CO₂浓度300 $\mu\text{mol}/\text{L}$ 。叶绿素含量采用SPAD仪测定。

1.3.2 生理指标

抗氧化酶活性: 超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)、过氧化氢酶(CAT)活性、游离脯氨酸含量测定参考李合生^[4]等方法; 超氧阴离子自由基速率测定参考李光忠等^[5]方法; 丙二醛(MDA)测定参考PEI等^[6]方法。

1.4 数据统计与分析

采用Excel 2019和Origin 2021对试验数据进行统计分析与绘图。

2 结果分析

2.1 干旱胁迫下不同处理黄瓜幼苗叶片光合特性的影响

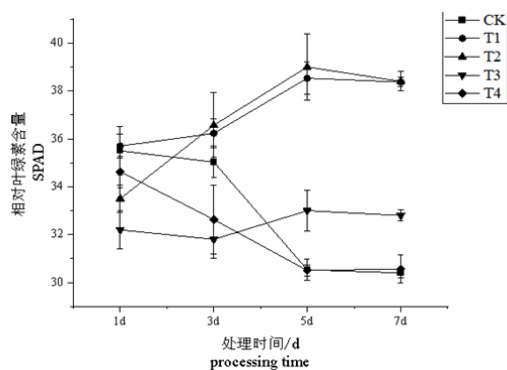


图1 干旱胁迫下不同处理黄瓜幼苗的叶片叶绿素含量的变化

图1显示, 随着干旱胁迫时间的增加, T1和T2的相对叶绿素含量显著高于CK和其他处理。图2显示, 干旱胁迫下不同处理的黄瓜幼苗叶片在Pn、Tr、Gs和Ci方面存在明显差异。CK和T4的变化趋势相似, 均呈下降趋势, 表明干旱胁迫影响了黄瓜幼苗的光合特性。而T1至T3处理则能维持较高且稳定的光合生理活性, 且Ci随着GABA浓度的增加而减少, 其中T1的Ci保持相对稳定。这

说明外源GABA处理能够保护黄瓜幼苗的光合作用不受干旱胁迫影响, 为植株的生长和其他生理代谢活动提供能量, 以T1效果最佳。

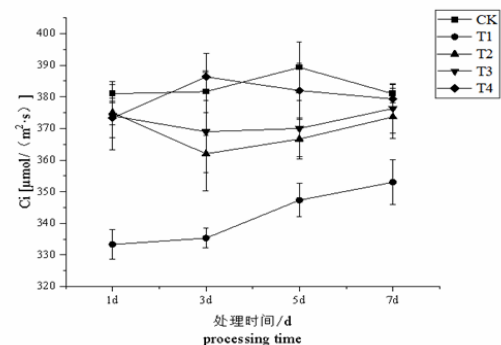
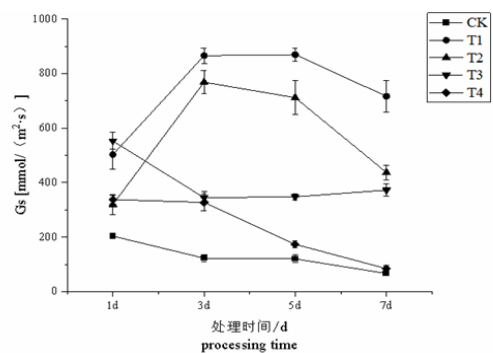
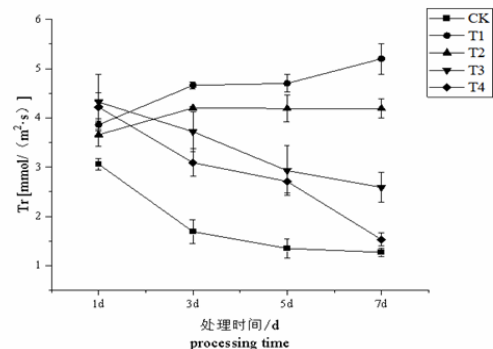
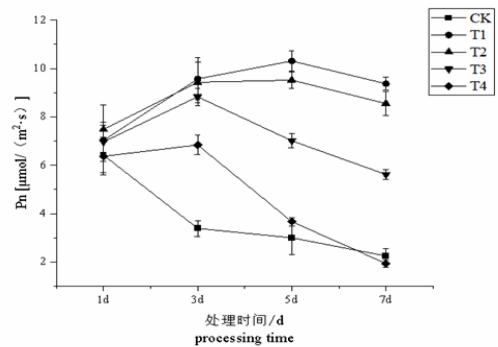


图2 干旱胁迫下不同处理黄瓜幼苗的叶片光合特性的变化

2. 2干旱胁迫下不同处理黄瓜幼苗超氧阴离子自由基 (O_2^-) 产生速率的影响

图3显示, T1至T4的超氧阴离子自由基产生速率在第1~3d间增长, 在第3~7d后下降, 而CK表现为持续上升。不同GABA处理下, T1在第3~7d的增长速率最低且相对平稳。这表明干旱胁迫下, 超氧阴离子自由基的代谢平衡被打破, 导致植物氧化损伤。而T1的超氧阴离子自由基产生速率较低, 说明高浓度GABA处理有助于保护植物细胞免受损伤。

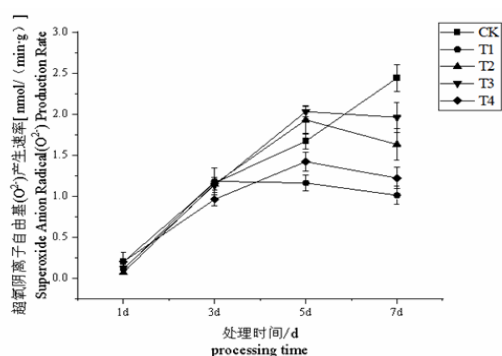


图3 干旱胁迫下不同处理黄瓜幼苗叶片的超氧阴离子产生速率的变化

2. 3干旱胁迫下不同处理黄瓜幼苗叶片渗透调节物质含量的影响

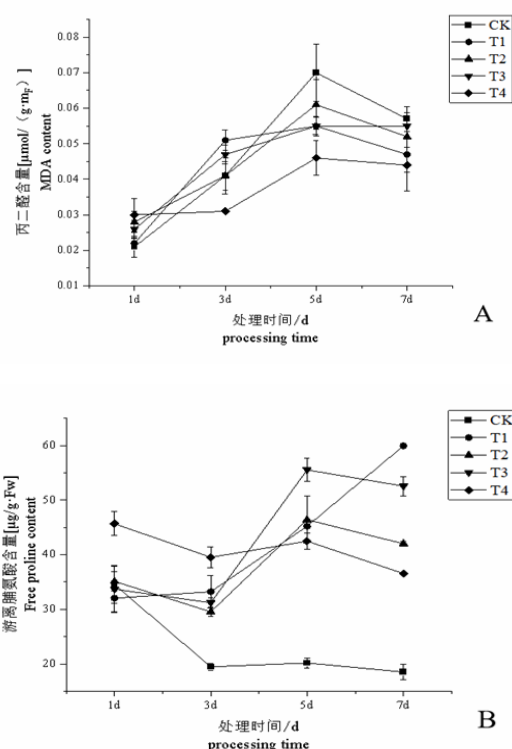


图4 干旱胁迫下不同处理黄瓜幼苗叶片丙二醛含量的变化

图4A显示, 随着干旱胁迫时间的增加, 黄瓜幼苗叶片中的丙二醛积累量呈现先增后降的趋势, CK及T1至T4在第5d达到峰值, 其中CK的积累量最高 ($0.070 \mu\text{mol}/(\text{g} \cdot \text{mF})$), 显著高于GABA处

理。这表明叶面喷施GABA在一定程度上降低了细胞膜的过氧化程度, 减少了细胞膜的损伤。图4B显示, 在干旱胁迫下, GABA处理的黄瓜幼苗叶片游离脯氨酸含量显著高于对照, 其中T1呈增长趋势, 第7d游离脯氨酸含量达到最高 ($59.92 \mu\text{g}/\text{g} \cdot \text{FW}$), 与CK相比分别增加了3.23倍、2.26倍、2.13倍和1.97倍。这表明外源GABA处理有助于维持植物细胞的渗透压, 提高黄瓜对干旱环境的适应性和抗旱能力。

2. 4干旱胁迫下不同处理黄瓜幼苗叶片抗氧化酶活性的影响

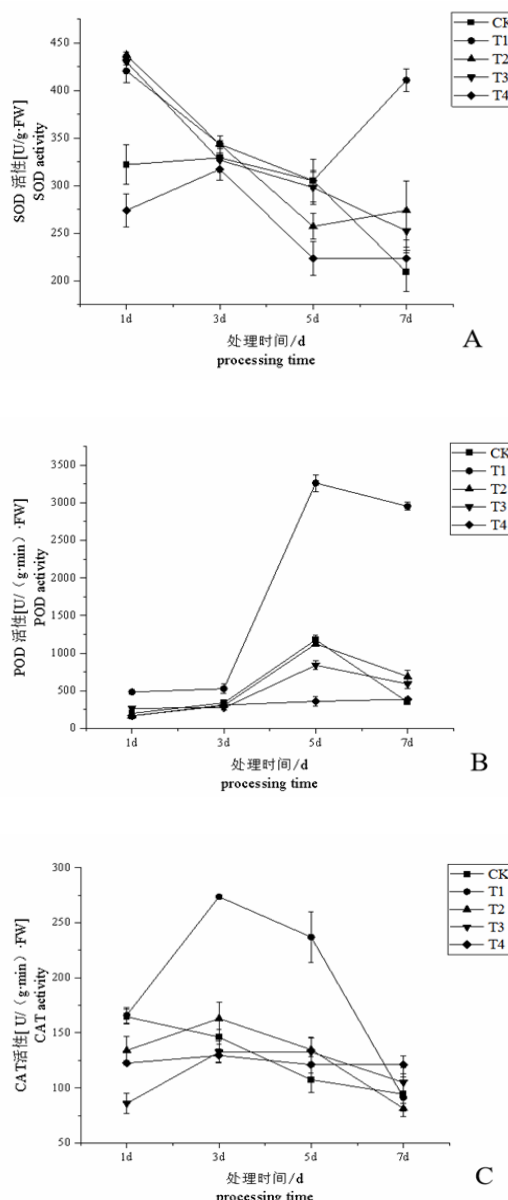


图5 干旱胁迫下不同处理黄瓜幼苗叶片抗氧化酶活性的变化

图5A显示, T1和T2处理的黄瓜幼苗叶片SOD活性先降低后增加, 而T3和T4呈现先增后降的趋势。在胁迫第7d时, T1的SOD活性显著高于其他处理 ($410.81 \text{U}/\text{g}$), 是CK的1.96倍, 表明T1更有效地清除超氧自由基, 维持细胞稳定性。图5B显示, POD活性总体呈现先增后降的趋势, 第5d达到最大值, T1的POD活性最高 (3263.49U

/(g·min)),显著高于其他处理,表明POD活性提升有助于增强幼苗的抗旱性。图5C显示,T1至T3的CAT活性呈现先增后降的趋势,T1的活性最高(273.52U/(g·min)),而T4维持较低稳定活性,CK则持续下降。综上,干旱胁迫下GABA处理的黄瓜幼苗显示出优良的抗旱性,特别是T1的抗氧化酶活性最高,能够有效清除活性氧,减少对细胞膜的损伤。

3 讨论

光合色素是植物光合作用的关键物质,反映其光合能力^[7-9]。实验发现,干旱胁迫下黄瓜幼苗叶片SPAD值下降,而喷施100mmol/L和20mmol/LGABA后,SPAD值回升,说明GABA能保护叶绿体结构,维持光合作用并促进植物生长。干旱条件下,气孔导度下降导致光合速率降低,而GABA处理有助于改善光合特性。渗透调节物质如脯氨酸对植物抗逆性至关重要^[10]。结果显示,CK的丙二醛积累量显著高于喷施GABA的处理,同时脯氨酸含量提高,说明外源GABA在干旱条件下有调控作用,提高游离脯氨酸含量并降低MDA积累,减轻细胞损伤。干旱胁迫下,活性氧(ROS)增多会损害植物细胞,但植物可通过抗氧化酶系统清除ROS以增强抗逆性^[11]。研究表明,喷施GABA可提高黄瓜抗氧化酶活性,降低超氧阴离子自由基产生速率,提升SOD、POD和CAT活性,从而减少氧化损伤,增强抗旱性。

综上,适宜浓度的外源GABA能有效增强黄瓜幼苗的光合效率和抗氧化能力,但不同浓度的影响仍需进一步研究,以确定最适剂量保障黄瓜安全生产。

4 结论

在干旱胁迫下,适量喷施100mmol/LGABA显著提高黄瓜叶片的叶绿素含量、光合速率(Pn)、气孔导度(Gs)和蒸腾速率(Tr),同时降低内部二氧化碳浓度(Ci)。此外,GABA处理还增加了SOD、POD、CAT活性和游离脯氨酸含量,降低了超氧阴离子自由基的产生速率,从而有效保障了黄瓜幼苗的光合作用,增强了活性氧清除系统和抗氧化能力,提高了抗旱能力。

[基金项目]

广西民族师范学院科研项目(2024YB081);广西自然科学基金项目(2022GXNSFBA035524);崇左市科技计划项目(崇科20220618);大学生创新训练计划(S202410604113);广西民族师范学院服务地方专项(2022FW072)。

[参考文献]

[1]拉本,胡娟,张旭萍.干旱胁迫对植物生理的影响以及分

子机制的响应研究进展[J].青海草业,2022,31(04):31-35.

[2]Lijuan H,Leilei D,Wenjuan W, et al. Effects of simulated drought stress on the growth and physiological and biochemical parameters of *Paspalum wettsteinii*[J]. Acta Physiologiae Plantarum,2023,45(06):82-96.

[3]丁玲.干旱胁迫对黄瓜幼苗抗氧化系统及光合特性的影响[D].浙江农林大学,2013.

[4]李合生.植物生理生化实验原理和技术.北京:高等教育出版社,2000:267-268.

[5]李忠光,龚明.植物中超氧阴离子自由基测定方法的改进[J].云南植物研究,2005,27(2):211-216.

[6]Pei Z F, Ming D F, Liu D, et al. Silicon improves the tolerance to water-deficit stress induced by polyethylene glycol in wheat (*Triticum aestivum* L.) seedlings[J]. Journal of Plant Growth Regulation,2010,29(1):106-115.

[7]R BHARADWAI, H NAYAK, R MAHTO, et al. Impact of salt stress on growth,productivity and physicochemical properties of plants:A Review[J].International Journal Of Chemical Studies,2019,7(2):1793.

[8]罗洁.叶面喷施γ-氨基丁酸对黄瓜幼苗耐旱性的影响[J].农业技术与装备,2023(05):20-25.

[9]KAP00R D, SINGH S, KUMAR V, et al. Antioxidant enzymes regulation in plants in reference to reactive oxygen species (ROS) and reactive nitrogen species(RNS)[J]. Plant Gene, 2019, 19:100182.

[10]Hayat S, Hayat Q, Alyemeni MN, et al. Role of praline under changing environments: a review[J]. Plant Signal Behaw, 2012,7:1456-1466.

[11]赵宏伟,胡文成,沙汉景,等.脯氨酸和γ-氨基丁酸复配对盐胁迫下水稻抗氧化系统的调控效应[J].东北农业大学学报,2017,48(9):11.

作者简介:

郑佳怡(2002--),女,汉族,福建漳州人,大学本科,研究方向:植物栽培与生理。

*通讯作者:

廖建杰(1992--),男,汉族,广西南宁人,硕士研究生,助理研究员,研究方向:植物栽培与生理。