

喷施外源 GABA 对高温条件下茶树叶片部分生理指标的影响

曹 语, 任太钰, 马媛春, 李 芳, 房婉萍, 朱旭君^①

(南京农业大学园艺学院, 江苏 南京 210095)

Effects of spraying exogenous GABA on some physiological indexes of *Camellia sinensis* leaves under high temperature condition CAO Yu, REN Taiyu, MA Yuanchun, LI Fang, FANG Wanping, ZHU Xujun^① (College of Horticulture, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China), *J. Plant Resour. & Environ.*, 2021, 30(5): 69-71

Abstract: Taking one-year-old seedling of cultivar ‘Zhongcha 108’ of *Camellia sinensis* (Linn.) Kuntze as research object, variations of some physiological indexes of leaves under high temperature condition for 0, 4, 8, 24 and 48 h after spraying GABA were assayed. The results show that compared with seedlings without GABA treatment, the contents of GABA, free proline and chlorophyll in leaves of seedlings sprayed with 5 mmol · L⁻¹ GABA increase to different degrees under high temperature condition, malondialdehyde content, relative electrical conductivity and soluble sugar content decrease to different degrees, and antioxidant enzyme (SOD, POD and APX) activities increase at different times in general. It is suggested that spraying GABA can relief high temperature stress on physiological damages of *C. sinensis* leaves to some extent and enhance heat tolerance of *C. sinensis*.

关键词: γ -氨基丁酸(GABA); 茶树; 高温胁迫; 生理指标

Key words: γ -aminobutyric acid (GABA); *Camellia sinensis* (Linn.) Kuntze; high temperature stress; physiological index

中图分类号: Q945.78; S571.1 文献标志码: A 文章编号: 1674-7895(2021)05-0069-03

DOI: 10.3969/j.issn.1674-7895.2021.05.08

茶树[*Camellia sinensis* (Linn.) Kuntze]生长发育的适宜年均温为 15 ℃~20 ℃, 极端的高温或低温会对茶树造成热害和冻害等伤害。高温会导致茶树的光合系统损伤、叶绿素含量降低、活性氧积累以及酶活性破坏; 连续的高温天气还会造成茶树叶片的灼伤烧焦, 并使茶树根系活力降低, 进而影响茶树的正常生长发育, 降低茶叶的品质和产量^[1-4]。

γ -氨基丁酸(GABA)的合成途径涉及氮素贮藏、pH 值调节、生长发育和免疫过程等^[5]; 植物抵抗缺氧、干旱和高温等逆境胁迫时, GABA 代谢支路起着重要作用^{[6],[7]}。黄娟^[8]认为, 在高温胁迫下外源 GABA 可降低植物叶片的相对电导率和丙二醛含量, 减缓叶绿素的分解, 提高脯氨酸和可溶性糖含量, 并能有效增强抗氧化酶活性及光合作用强度。在茶树应对高温胁迫的过程中, 外源 GABA 是否也能起到类似的效应? 其作用机制如何? 这些问题尚缺乏深入的研究和探讨。为此, 作者以茶树品种‘中茶 108’(‘Zhongcha 108’)的 1 年生扦插

育苗为研究材料, 在模拟高温条件下, 研究喷施外源 GABA 对茶树叶片部分生理指标的影响, 以期明确外源 GABA 对提升茶树耐高温性能的作用, 为研究茶树对高温胁迫环境的耐性机制提供基础资料。

1 材料和方法

1.1 材料

供试茶树品种‘中茶 108’的 1 年生扦插苗购自南京雅润茶业有限公司, 幼苗生长状态较为一致, 株高约 15 cm。将幼苗种植于 108 孔穴盘中, 每孔穴 1 株, 种植 3 盘, 栽培基质为 V(营养土): V(蛭石): V(珍珠岩)=9:3:1 的复合基质(pH 5.5), 底部放置接水托盘。

1.2 方法

1.2.1 实验设计和处理方法 设置 CK1、CK2 和 TG 共 3 个

收稿日期: 2021-01-28

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(31870680); 国家现代农业产业技术体系项目(CARS-19); 江苏省林业科技创新与推广项目(LYKJ-常州[2020]03); 常州市科技支撑计划项目(农业 CE20202003); 滁州市科技计划项目(2020ZLN009)

作者简介: 曹 语(1997—), 男, 湖北十堰人, 硕士研究生, 主要从事茶树生理学方面的研究。

^①通信作者 E-mail: zhuxujun@njau.edu.cn

引用格式: 曹 语, 任太钰, 马媛春, 等. 喷施外源 GABA 对高温条件下茶树叶片部分生理指标的影响[J]. 植物资源与环境学报, 2021, 30(5): 69-71.

组。CK1组:常温(25℃)对照,喷施去离子水2L;CK2组:高温(42℃)对照,喷施去离子水2L;TG组:高温(42℃)处理,喷施5 mmol·L⁻¹GABA 2L。每组32株幼苗,从幼苗叶片正上方向下一次性喷施,3组重复。喷施完成后,将幼苗置于温度25℃或42℃、光照时间16 h·d⁻¹、光照度3 600 lx、空气相对湿度50%的人工气候光培箱中培养,分别于0、4、8、24和48 h以一叶或二叶为标准采摘鲜叶,每次随机采集约7 g鲜叶,各组混合后置于-80℃冰箱中保存、备用。

1.2.2 生理指标测定 将鲜叶用液氮研磨成粉,采用超高效液相色谱法^[9]测定GABA含量;采用茚三酮比色法^[10]测定游离脯氨酸含量,采用硫代巴比妥酸法^{[11]201}测定丙二醛含量,采用比色法^{[11]72}测定叶绿素含量,采用浸泡法^[12]测定相对电导率,采用蒽酮法^{[11]113}测定可溶性糖含量,采用硝基四氮唑蓝(NBT)还原法^{[11]210}测定SOD活性,采用愈创木酚法^{[11]128}测定POD活性,采用抗坏血酸法^{[11]213}测定APX活性。上述指标均重复测量3次,结果取平均值。

1.3 数据处理和分析

采用EXCEL 2010软件进行数据整理,采用SPSS 22.0软件进行单因素方差分析(one-way ANOVA)。

2 结果和分析

喷施外源GABA对高温条件下茶树品种‘中茶108’叶片部分生理指标的影响见表1。由表1可以看出:喷施处理后4~48 h,在高温(42℃)条件下,喷施5 mmol·L⁻¹GABA的TG组叶片的GABA含量均显著($P<0.05$)高于喷施去离子水的CK2组和常温(25℃)下喷施去离子水的CK1组,且CK2组的叶片GABA含量在多数时间显著高于CK1组;CK2组和TG组叶片的游离脯氨酸含量显著高于CK1组,且TG组叶片的游离脯氨酸含量在喷施处理后8和48 h显著高于CK2组;CK2组和TG组叶片的SOD活性总体较CK1组不同程度下降。喷施处理后4~24 h,TG组叶片的POD活性显著高于CK2组和CK1组,而CK2组叶片的POD活性则与CK1组无显著差异。喷施处理后8~48 h,CK2组和TG组叶片的相对电导率和可溶性糖含量显著高于CK1组,且CK2组叶片这两项指标也显著高于TG组。喷施处理后24~48 h,CK2组和TG组叶片丙二醛和叶绿素含量显著低于CK1组;且在喷施处理后部分时间,TG组的叶片丙二醛含量显著低于CK2组,叶绿素含量显

表1 喷施外源GABA后高温条件下茶树品种‘中茶108’叶片部分生理指标的影响($\bar{X}\pm SD$)¹⁾
Table 1 Effect of spraying exogenous GABA on some physiological indexes of leaves of cultivar ‘Zhongcha 108’ of *Camellia sinensis* (Linn.) Kuntze under high temperature condition ($\bar{X}\pm SD$)¹⁾

处理时间/h Treatment time	各组GABA含量/(mg·g ⁻¹) GABA content in each group			各组游离脯氨酸含量/(μg·g ⁻¹) Free proline content in each group			各组丙二醛含量/(μg·g ⁻¹) Malondialdehyde content in each group		
	CK1	CK2	TG	CK1	CK2	TG	CK1	CK2	TG
0	0.16±0.02Ba	0.16±0.02ABa	0.16±0.02Ca	8.75±2.87Aa	8.75±2.87Ca	8.75±2.87Ea	27.05±3.53Aa	27.05±3.53ABa	27.05±3.53Aa
4	0.04±0.01Cb	0.04±0.00Bb	3.96±0.16Aa	5.35±0.32Ab	17.24±3.25Ca	14.91±0.07Da	18.29±1.30Bc	28.07±0.37Aa	22.64±0.87ABb
8	0.16±0.02Bc	0.22±0.02ABb	1.68±0.05Ba	11.24±1.07Ac	21.81±4.01Cb	25.73±0.54Ca	20.67±0.78ABb	24.81±0.18ABa	20.75±2.57ABCb
24	0.27±0.03Ac	0.47±0.05ABb	3.01±0.26ABa	12.63±10.70Ab	45.03±15.71Ba	43.26±15.71Ba	24.27±5.02ABa	22.69±0.16Bb	15.09±2.06Cc
48	0.14±0.05Bc	1.35±1.07Ab	1.63±1.28BCa	7.12±0.20Ac	68.29±8.75Ab	91.44±8.75Aa	27.97±0.90Aa	11.80±3.18Cc	16.59±2.74BCb
处理时间/h Treatment time	各组叶绿素含量/(mg·g ⁻¹) Chlorophyll content in each group			各组相对电导率/% Relative electrical conductivity in each group			各组可溶性糖含量/% Soluble sugar content in each group		
	CK1	CK2	TG	CK1	CK2	TG	CK1	CK2	TG
0	2.25±0.10Ca	2.25±0.10Aa	2.25±0.10ABa	32.19±1.85Aa	32.19±1.85Da	32.19±1.85CDa	3.14±0.21Ba	3.14±0.21Da	3.14±0.21Ca
4	2.39±0.05BCa	2.23±0.08Ac	2.36±0.06Ab	30.79±1.16Aa	32.92±0.90Da	32.06±1.38Da	3.41±0.12ABc	3.75±0.12Ca	3.50±0.13Bb
8	2.45±0.13ABa	2.16±0.05Aa	2.28±0.09ABa	30.17±1.04Ac	36.96±1.69Ca	34.52±0.53Cb	3.52±0.14Ac	3.87±0.11Ca	3.66±0.07Bb
24	2.53±0.09ABa	2.00±0.07Bc	2.17±0.03Bb	31.94±1.01Ac	43.15±1.11Ba	37.12±0.49Bb	3.29±0.12ABc	4.14±0.08Ba	3.92±0.07Ab
48	2.59±0.03Aa	1.76±0.08Cc	1.93±0.36Cb	32.44±1.29Ac	50.73±1.38Aa	43.16±1.06Ab	3.24±0.11ABc	4.61±0.10Aa	4.16±0.06Ab
处理时间/h Treatment time	各组SOD活性/(U·g ⁻¹) SOD activity in each group			各组POD活性/(U·g ⁻¹ ·min ⁻¹) POD activity in each group			各组APX活性/(U·g ⁻¹) APX activity in each group		
	CK1	CK2	TG	CK1	CK2	TG	CK1	CK2	TG
0	570.02±19.04Aa	570.02±19.04Aa	570.02±19.04Aa	1.68±0.22Aa	1.68±0.22ABa	1.68±0.22BCa	29.96±4.38Ba	29.96±4.38BCa	29.96±4.38Ba
4	466.38±7.58Ba	431.23±6.61Cb	431.56±11.79Bb	1.11±0.19Bb	1.12±0.88ABb	2.65±0.34ABa	28.10±3.69BCb	47.45±15.56Aa	20.98±4.89Bb
8	455.65±14.43Bb	411.09±4.54Cc	472.53±38.17Ba	0.40±0.17Cb	0.77±0.17ABb	3.28±0.36ABa	21.24±1.43Cb	40.43±5.62ABa	43.77±0.80Aa
24	553.40±11.92Aa	535.97±8.64Bb	365.11±0.00Cc	2.10±0.00Ab	1.95±0.00Ab	4.08±1.50Aa	59.16±0.48Aa	15.32±0.21Cc	40.43±0.48Ab
48	572.81±1.20Aa	427.38±10.42Cb	558.74±17.80Aa	0.92±0.43BCa	0.59±0.00Ba	0.77±0.17Ca	21.76±3.42BCb	19.11±1.02Cb	39.71±4.11Aa

¹⁾ CK1: 常温(25℃)对照,喷施去离子水 Normal temperature (25℃) control, spraying deionized water; CK2: 高温(42℃)对照,喷施去离子水 High temperature (42℃) control, spraying deionized water; TG: 高温(42℃)处理,喷施5 mmol·L⁻¹GABA High temperature (42℃) treatment, spraying 5 mmol·L⁻¹GABA. 同行中不同的小写字母表示同一时间不同组间差异显著($P<0.05$) Different lowercases in the same row indicate the significant ($P<0.05$) difference among different groups at the same time; 同列中不同的大写字母表示同一组不同时间间差异显著($P<0.05$) Different uppercases in the same column indicate the significant ($P<0.05$) difference among different times in the same group.

著高于CK2组。喷施处理后4 h, TG组叶片的APX活性显著低于CK2组;而喷施处理后24~48 h, TG组叶片的APX活性显著高于CK2组。

随处理时间的延长, CK2组和TG组叶片的GABA含量波动变化, 分别在喷施处理后48和4 h达到最高; CK2组和TG组叶片的游离脯氨酸含量、相对电导率和可溶性糖含量总体升高, 并在喷施处理后48 h达到最高; CK2组和TG组叶片的丙二醛和叶绿素含量以及POD活性总体下降, 并在喷施处理后48 h降至最低; CK2组和TG组叶片的SOD活性波动变化, 并分别在喷施处理后8和24 h降至最低; CK2组叶片的APX活性先升高后波动下降, TG组叶片的APX活性先下降后波动升高, 并分别在喷施处理后4和8 h达到最高。总体上看, 与CK2组比, TG组叶片的GABA、游离脯氨酸和叶绿素含量升高, 抗氧化酶(SOD、POD和APX)活性增加, 而丙二醛含量、相对电导率和可溶性糖含量降低。

3 讨论和结论

上述研究结果表明: 喷施处理后4~48 h, 高温条件下2个组的叶片游离脯氨酸含量显著高于常温组, 其中, 喷施GABA后叶片的游离脯氨酸含量在喷施处理后8和48 h显著提高, 而叶片丙二醛含量则有所降低, 表明喷施GABA可在一定程度上提高茶树抵抗高温胁迫的能力。总体上看, 随高温处理时间延长, 叶片APX酶活性先升高后降低, SOD和POD酶活性波动降低, 表明短期高温处理可诱导抗氧化酶活性的提高, 但较长时间的高温处理可导致酶活性降低, 可能与温度处理导致细胞膜受损、酶变性失活有关^[12]。而喷施GABA可使处理中后期叶片SOD、POD和APX的活性提高, 丙二醛含量降低, 表明喷施GABA可以提高抗氧化酶的活性并减少活性氧的积累^{[7]28-36, [13]}。

高温条件下, 与未喷施GABA的幼苗相比, 喷施GABA后茶树幼苗的叶片相对电导率和可溶性糖含量总体上显著降低, 表明喷施GABA具有一定的抑制细胞膜变化以及维持植物体内的渗透平衡的作用^[8]; 而其叶绿素含量的降幅减小, 表明喷施GABA可降低高温胁迫对叶绿素的损害程度, 缓解高温胁迫对光合作用的影响^[14]。

综上所述, 喷施GABA后, 在高温条件下茶树品种‘中茶108’幼苗叶片中与抗逆性相关的游离脯氨酸含量升高, 丙二醛含量降低, 细胞膜透性的损害和叶绿素的降解程度有所减缓, 表明喷施GABA可一定程度缓解高温胁迫对茶树叶片的生理伤害, 增强茶树的耐热性。由于本研究对喷施GABA后

茶树叶片生理指标在常温下的变化规律缺少必要的研究, 加之取样量较少, 导致本文部分数据误差较大。因此, 后续将进一步完善实验设计, 扩大研究对象的范围, 在探究GABA对茶树抗逆性作用机制的基础上, 明晰GABA处理后茶树不同品种抗高温性的差异。

参考文献:

- [1] 黄寿波. 浙江茶区茶树旱热害的气候分析[J]. 茶叶, 1981(2): 8-11.
- [2] 田永辉, 梁远发, 令狐昌弟, 等. 贵州常见灾害性气候因子对茶树生理生化影响[J]. 贵州茶叶, 2005(3): 36-41.
- [3] 李治鑫, 李鑫, 范利超, 等. 高温胁迫对茶树叶片光合系统的影响[J]. 茶叶科学, 2015, 35(5): 415-422.
- [4] 刘东焕, 赵世伟, 高荣孚, 等. 植物光合作用对高温的响应[J]. 植物研究, 2002, 22(2): 205-212.
- [5] LEE J, NONAKA S, TAKAYAMA M, et al. Utilization of a genome-edited tomato (*Solanum lycopersicum*) with high gamma aminobutyric acid content in hybrid breeding [J]. Journal of Agricultural and Food chemistry, 2018, 66: 933-971.
- [6] KINNERSLEY A M, TURANO F J. Gamma aminobutyric acid (GABA) and plant responses to stress [J]. Critical Reviews in Plant Sciences, 2000, 19(6): 479-509.
- [7] 杨小青. GABA、绿藻粉、竹醋液对提高茶树抗冷性的作用研究[D]. 泰安: 山东农业大学园艺科学与工程学院, 2019.
- [8] 黄娟. 高温胁迫下外源GABA对黄瓜幼苗生长的影响[J]. 长江蔬菜, 2016(8): 73-78.
- [9] 夏兴莉, 廖界仁, 任太钰, 等. 低温处理对茶树叶片中 γ -氨基丁酸和其他活性成分含量的影响[J]. 植物资源与环境学报, 2020, 29(5): 75-77.
- [10] 朱广廉, 邓兴旺, 左卫能. 植物体内游离脯氨酸的测定[J]. 植物生理学通讯, 1983(1): 35-37.
- [11] 汤绍虎, 罗充. 植物生理学实验教程[M]. 重庆: 西南师范大学出版社, 2012.
- [12] 韩冬. 高温对龙井43叶片光合特性、抗氧化酶活性和内在品质的影响[D]. 南京: 南京信息工程大学应用气象学院, 2016: 61-64.
- [13] 王日明, 王志强, 向佐湘. 外源 γ -氨基丁酸对高温胁迫下黑麦草抗氧化防御系统及激素代谢的影响[J]. 草业科学, 2019, 36(1): 111-122.
- [14] 靳晓青. 外源 γ -氨基丁酸调控活性氧和叶绿素代谢增强甜瓜幼苗盐碱胁迫耐性[D]. 杨凌: 西北农林科技大学园艺学院, 2019: 36-38.

(责任编辑: 郭严冬)