

周琳,申加枝,段玉,等. 外源脱落酸对茶树生理指标的影响[J]. 江苏农业科学,2020,48(12):102-108.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.12.022

外源脱落酸对茶树生理指标的影响

周琳^{1,2}, 申加枝¹, 段玉¹, 马媛春¹, 朱旭君¹, 王玉花¹, 房婉萍¹

(1. 南京农业大学茶叶科学研究所,江苏南京 210095; 2. 上海市农业科学院林木果树研究所,上海 201106)

摘要:以二年生龙井 43 茶苗为材料,研究不同浓度外源脱落酸(ABA)对茶树生理指标的影响。结果表明,不同浓度外源 ABA 均可显著提高茶苗叶片中可溶性蛋白、可溶性糖、游离脯氨酸含量,显著增强超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化氢酶(CAT)和过氧化物酶(POD)的活性;但也提高了叶片中丙二醛(MDA)和 ABA 的含量。对照组在 48 h 内,可溶性物质含量、抗氧化酶活性、MDA 和 ABA 含量略有波动;在不同浓度外源 ABA 处理下,低浓度(10、20、50 mg/L) ABA 处理可在 48 h 内提高可溶性物质含量及抗氧化酶,高浓度(100、200 mg/L)的 ABA 可导致叶片中 MDA 的大量积累,并导致内源 ABA 含量的显著增加,可能是由于高浓度 ABA 对茶苗造成胁迫伤害,进而引发可溶性物质的大量积累和抗氧化酶活性的增强。结合各项指标,施加低浓度的 ABA 可提高渗透调节物质含量以及抗氧化酶活力,从而提高植物抗逆性;而高浓度的 ABA,则可能会对茶苗造成一定的胁迫伤害。因此,在冬季或初春时,适当施用低浓度的 ABA 可在一定程度上提高茶苗的抗逆性,增加新植茶园茶苗的成活率。

关键词:茶树;脱落酸;叶片;生理生化指标;可溶性物质;抗氧化酶;抗逆性

中图分类号: S571.101 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2020)12-0102-06

脱落酸(ABA)是广泛存在于植物体不同组织中且具有多种功能的激素^[1],在种子休眠、生长发育、生物和非生物胁迫响应等方面均起着重要作用^[2-3]。近几十年来,ABA 在低温、干旱、盐碱、重金属等非生物胁迫中的作用备受关注,其作用机制和信号转导途径现已有深入的研究^[4-6]。逆境胁迫下,植物内源 ABA 积累以缓解逆境胁迫对植物的伤害,并提高植物的抗逆性^[7]。施加外源 ABA 可提高植物抗寒性、抗旱性、耐盐性等非生物胁迫抗性,近年来,已在多种植物中先后被证实。例如,外源 ABA 处理可提高玉米^[8]、辣椒^[9]、小麦^[10]、番茄^[11]等植物的抗寒性;可提高大豆^[12]、玉米^[13]、美国红枫^[14]等的抗旱性;此外,还可提高菜豆^[15]、灰毡毛忍冬^[16]、玉米^[17]等的耐盐性。党秋玲等的研究表明,0.01%~0.06%的 ABA 浸种可提高番茄幼

苗内容物含量,增强幼苗抗寒性^[11];杜鹃花和山茶花的最适 ABA 处理浓度均为 10 mg/L^[18-19];番木瓜的最佳 ABA 处理浓度则为 5 mg/L^[20],可见不同物种的最适 ABA 处理浓度存在一定差异。不同品种间最适 ABA 处理浓度也不同,孙庆玲等对狗牙根的研究发现,抗寒性强品种的最适 ABA 处理浓度为 15 mg/L,而寒敏感品种则为 5 mg/L^[21]。

茶树[*Camellia Sinensis* (L.) O. Kuntze.]为山茶科山茶属多年生常绿木本植物,是我国的重要经济作物,喜温暖湿润气候。全球气候的变化导致极端气候(低温、干旱、高温等)频发,春季的“倒春寒”、夏季的高温以及秋季的干旱严重影响了茶树生长,并降低了茶叶的产量和品质,最终严重影响茶农和企业的效益,制约茶叶产业的稳步发展^[22-23]。因此,通过施加外源 ABA 来预防低温、高温和干旱胁迫对茶园茶苗成活率、茶树发芽和茶叶产量、品质的危害,对茶产业发展具有极其重要的意义。前期研究已证实,外源 ABA 可提高茶树的抗寒性^[24]和抗旱性^[25],例如张丽等以舒茶早 1 年生离体的枝条为材料,比较了 5 组不同浓度的 ABA 对低温胁迫下茶树叶片可溶性物质含量的影响^[26]。但尚未见不同浓度 ABA 对茶树完整植株的生理生化尤其是内源激素含量变化影响的报道。龙井 43 为江浙地区优质茶树品种,近年来其无性系被大量

收稿日期:2019-06-21

基金项目:国家茶叶产业技术体系(编号:CARS-19);中国博士后科学基金面上资助项目(编号:2019M651550);江苏省茶叶产业技术体系[编号:JATS(2018)280];江苏省南京市科学计划(编号:201805064)。

作者简介:周琳(1989—),女,江苏无锡人,博士,主要从事茶树生理生化和种质资源方面的研究。E-mail:zhoulin6816@126.com。

通信作者:房婉萍,博士,教授,主要从事茶树生理生化与种质资源方面的研究。E-mail:fangwp@njau.edu.cn。

用于替换老茶树;然而,江浙地区的“倒春寒”使新植茶园幼龄茶树长势欠佳,严重时甚至导致新植茶苗大量死亡。研究不同浓度的外源 ABA 对茶树生理生化指标的影响,可筛选出适宜的外源 ABA 施用浓度,有利于预防春季冻害对新建茶园的影响,避免过量施用导致生产成本增加,甚至影响茶树生长。因此,本试验以龙井 43 为材料,研究不同浓度外源 ABA 对茶树可溶性物质含量、抗氧化酶活性和激素含量的影响,为筛选最适外源 ABA 施用浓度奠定基础。

1 材料与方法

1.1 材料

试验于 2014 年 4 月在南京农业大学园艺学院茶叶研究所进行。以南京雅润茶业有限公司扦插繁育的二年生龙井 43 茶苗为试验材料,栽培方法参照李磊等的茶苗水培方法^[24]。茶苗培养于南京农业大学茶叶研究所人工气候箱中,光照度为 $120 \mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 、光照时间为 12 h/d,昼/夜温度为 $(25 \pm 2)^\circ\text{C}/(20 \pm 2)^\circ\text{C}$,相对湿度为 75%。

1.2 处理方法

试验设 6 组处理,分别为蒸馏水处理(对照)和 5 种不同浓度(10、20、50、100、200 mg/L)外源 ABA 处理,每组处理均设 6 个重复。对茶苗整株喷施蒸馏水和外源 ABA,直至叶片完全湿润。在处理的 0、4、8、12、24、48 h 时,采集茶苗顶部从上往下数第 2~4 张叶片,称质量后用液氮进行速冻,然后在 -80°C 下冻存,用于后续生理生化指标测定。

1.3 测定指标及测定方法

可溶性蛋白含量的测定参考 Bradford 的考马斯亮蓝法^[27];可溶性糖含量的测定参考 Yemm 等的蒽酮比色法^[28];丙二醛(MDA)含量的测定参考李合

生的硫代巴比妥酸法^[29];游离脯氨酸(Pro)含量的测定参考李合生的酸性茚三酮显色法^[29];超氧化物歧化酶(SOD)活性的测定参考 Giannopolitis 等的氮蓝四唑(NBT)法^[30];过氧化氢酶(CAT)活性的测定参考 Aebi 的紫外吸收法^[31];参考 Bergmeyer 的愈创木酚法^[32]测定过氧化物酶(POD)活性;采用酶联免疫吸附分析法(ELISA)^[33]测定叶片中脱落酸含量。

1.4 数据统计分析

试验数据采用 Excel 2010 与 SPSS 22.0 统计软件进行分析和分析,差异显著性分析采用 Duncan's 新复极差法。

2 结果与分析

2.1 不同浓度 ABA 对茶树叶片可溶性物质含量的影响

2.1.1 可溶性蛋白含量变化 由表 1 可知,对照处理中茶树可溶性蛋白含量在 $15.60 \sim 16.17 \mu\text{g/g}$ 之间波动,不同时间点差异并不显著。施加外源 ABA 后,叶片中可溶性蛋白含量明显增加,且其含量始终高于同时期的对照。10、20 mg/L ABA 处理下的可溶性蛋白含量在处理 12 h 时分别增加至 20.50、23.14 $\mu\text{g/g}$,为初始浓度的 1.25、1.42 倍,48 h 时含量分别达到初始浓度的 1.41、1.51 倍;50 mg/L ABA 处理下,可溶性蛋白含量在处理 4~24 h 期间与 20 mg/L ABA 处理较为接近,但在处理 48 h 时浓度增加并显著高于 20 mg/L ABA 处理,达到初始浓度的 1.62 倍;100、200 mg/L ABA 处理下,处理 12 h 时可溶性蛋白含量分别达到 25.40、26.72 $\mu\text{g/g}$,为初始浓度的 1.57、1.65 倍,处理 48 h 时分别为初始浓度的 1.66、1.96 倍。

2.1.2 可溶性糖含量变化 由表 2 可知,对照组可溶性糖含量在处理 0~48 h 内变化不显著,范围为

表 1 不同浓度 ABA 处理对茶树叶片可溶性蛋白含量的影响

外源 ABA 浓度 (mg/L)	可溶性蛋白含量($\mu\text{g/g}$)					
	0 h	4 h	8 h	12 h	24 h	48 h
0	$15.60 \pm 0.12\text{Ab}$	$16.03 \pm 0.03\text{Ad}$	$16.02 \pm 0.12\text{Ae}$	$15.98 \pm 0.16\text{Ae}$	$16.17 \pm 0.10\text{Ad}$	$16.02 \pm 0.12\text{Ae}$
10	$16.43 \pm 0.29\text{Ca}$	$18.20 \pm 0.56\text{Ce}$	$19.81 \pm 0.43\text{Bd}$	$20.50 \pm 0.40\text{Bd}$	$22.46 \pm 0.65\text{Ac}$	$23.11 \pm 0.35\text{Ad}$
20	$16.26 \pm 0.19\text{Eab}$	$19.42 \pm 0.79\text{Db}$	$21.35 \pm 0.56\text{Cc}$	$23.14 \pm 0.16\text{Bc}$	$24.44 \pm 0.49\text{Ab}$	$24.53 \pm 0.50\text{Ac}$
50	$16.27 \pm 0.10\text{Eab}$	$19.66 \pm 0.33\text{Db}$	$22.63 \pm 0.88\text{Cb}$	$23.22 \pm 0.34\text{Cc}$	$24.67 \pm 0.52\text{Bb}$	$26.34 \pm 0.73\text{Ab}$
100	$16.13 \pm 0.07\text{Dab}$	$23.19 \pm 0.42\text{Ca}$	$24.00 \pm 0.73\text{BCa}$	$25.40 \pm 0.35\text{ABb}$	$25.58 \pm 1.45\text{ABb}$	$26.73 \pm 0.48\text{Ab}$
200	$16.15 \pm 0.11\text{Eab}$	$23.37 \pm 0.14\text{Da}$	$24.62 \pm 0.84\text{Da}$	$26.72 \pm 0.28\text{Ca}$	$29.22 \pm 1.16\text{Ba}$	$31.58 \pm 0.61\text{Aa}$

注:不同大写字母表示相同处理不同时间之间的差异达极显著水平($P < 0.01$);不同小写字母表示相同时间不同处理之间差异达显著水平($P < 0.05$)。下表同。

10.23% ~ 11.07%。施加外源 ABA 后,可溶性糖含量变化与可溶性蛋白相似,即随着施加浓度的增加总体增加。不同浓度 ABA 处理下,在处理 4 ~ 48 h 内可溶性糖含量极显著增加,处理 12 h 时分别是初始浓度的 1.33、1.32、1.33、2.00、2.24 倍,处理 48 h

时分别为初始浓度的 1.52、1.52、1.58、2.23、2.62 倍。10、20、50 mg/L ABA 处理下,同期可溶性糖含量较接近;而 100、200 mg/L ABA 处理下,4 ~ 48 h 内可溶性糖含量显著高于同时期对照组及 10、20、50 mg/L ABA 处理。

表 2 不同浓度 ABA 处理对茶叶叶片可溶性糖含量的影响

外源 ABA 浓度 (mg/L)	可溶性糖含量(%)					
	0 h	4 h	8 h	12 h	24 h	48 h
0	10.72 ± 0.15Aa	10.23 ± 0.54Ad	11.07 ± 0.30Ae	10.64 ± 0.24Ad	10.83 ± 0.27Ad	10.71 ± 0.49Ae
10	10.60 ± 0.16Ea	11.50 ± 0.45Dc	13.35 ± 0.39Ccd	14.05 ± 0.31Cc	15.19 ± 0.18Bc	16.12 ± 0.29Acd
20	10.43 ± 0.25Da	12.14 ± 0.30Cc	13.69 ± 0.27Bc	13.74 ± 0.15Bc	15.33 ± 0.14Ac	15.81 ± 0.59Ad
50	10.69 ± 0.20Fa	12.07 ± 0.18Ec	12.70 ± 0.32Dd	14.25 ± 0.18Cc	15.34 ± 0.18Bc	16.94 ± 0.20Ac
100	10.75 ± 0.20Fa	18.20 ± 0.31Eb	19.62 ± 0.56Db	21.53 ± 0.36Cb	22.76 ± 0.58Bb	23.93 ± 0.52Ab
200	10.69 ± 0.22Da	21.34 ± 0.35Ca	23.09 ± 0.59Ba	23.91 ± 0.55Ba	27.69 ± 0.46Aa	27.96 ± 0.78Aa

2.1.3 游离脯氨酸含量变化 由表 3 可知,对照处理的游离脯氨酸含量为 9.58 ~ 11.11 μg/g,在处理 0 ~ 48 h 期间变化不显著,且在处理 4 ~ 48 h 内显著低于施加外源 ABA 处理。施加不同浓度外源 ABA 后,各处理的游离脯氨酸含量在处理 0 ~ 48 h 均极显著增加。10、20、50 mg/L ABA 处理下,处理 12 h

时的游离脯氨酸含量分别为初始浓度的 1.40、1.67、1.74 倍,处理 48 h 时分别为初始浓度的 1.72、2.26、2.34 倍;100、200 mg/L ABA 处理下,处理 12 h 时游离脯氨酸含量分别为初始浓度的 1.74、1.99 倍,处理 48 h 时则为初始浓度的 2.92、3.89 倍。

表 3 不同浓度 ABA 处理对茶叶叶片游离脯氨酸含量的影响

外源 ABA 浓度 (mg/L)	游离脯氨酸含量(μg/g)					
	0 h	4 h	8 h	12 h	24 h	48 h
0	9.58 ± 0.50Aa	10.41 ± 0.46Ae	10.04 ± 0.32Af	10.48 ± 0.90Ae	10.41 ± 0.50Ae	11.11 ± 0.82Af
10	10.01 ± 0.46Da	11.41 ± 0.27CDd	12.21 ± 0.27Ce	14.05 ± 0.42Bd	15.12 ± 0.60Bd	17.22 ± 0.76Ae
20	9.68 ± 0.47Ea	12.28 ± 0.38Dcd	14.79 ± 0.81Cc	16.12 ± 0.66BCc	17.59 ± 0.95Bc	21.87 ± 1.20Ad
50	10.44 ± 0.50Da	13.02 ± 0.66Cc	13.62 ± 0.36Cd	18.13 ± 0.72Bb	18.79 ± 0.32Bc	24.44 ± 0.96Ac
100	10.34 ± 0.42Ea	14.25 ± 0.70Db	16.19 ± 0.55Cb	17.99 ± 1.33Cb	21.10 ± 0.74Bb	30.22 ± 0.25Ab
200	10.54 ± 0.75Da	18.76 ± 0.41Ca	20.06 ± 0.81Ca	20.93 ± 1.25Ca	24.54 ± 1.06Ba	40.97 ± 0.56Aa

2.1.4 丙二醛含量变化 由表 4 可知,对照组的丙二醛含量为 0.44 ~ 0.59 nmol/g。施加 10 mg/L ABA 时,处理 48 h 后丙二醛含量由初始的 0.44 nmol/g 增加至 0.88 nmol/g,为初始浓度的 2 倍;施加 20、50、100、200 mg/L ABA 时,丙二醛含量在处理 0 ~ 24 h 期间,随着时间延长而增加,均在处理 24 h 时达到最高值,随后在处理 48 h 时有所下降。10、20、50 mg/L ABA 处理下,丙二醛含量在处理 48 h 时均下降至 1.00 nmol/g 左右;然而,高浓度(100、200 mg/L)的 ABA 处理下,处理 24 h 时丙二醛含量分别是初始值的 4.81、7.50 倍,即使在处理 48 h 时有所下降,但含量分别为 1.90、3.12 nmol/g,仍是初始值的 3.96、6.78 倍。虽然高浓度 ABA 可显著提高叶片中可溶性糖、可溶性蛋白和游离脯氨

酸的含量,但同时也会导致丙二醛含量较高,可能导致过量施用后对茶树造成胁迫伤害。

2.2 不同浓度 ABA 对茶叶叶片抗氧化酶活性的影响

表 5、表 6、表 7 分别为不同浓度 ABA 对茶树 SOD、CAT、POD 活性的影响。对照组的 SOD、CAT、POD 活性在处理 48 h 内变化不显著。经外源 ABA 处理后,茶叶叶片中 SOD 活性在处理 0 ~ 12 h 内极显著增强,12 ~ 48 h 内极显著下降。10 mg/L ABA 处理下,SOD 活性在处理 12 h 时达到 111.36 U/g,48 h 时下降至 84.91 U/g。20、50、100、200 mg/L ABA 处理下,在处理 12 h 时 SOD 活力分别为 125.02、157.17、158.66、167.98 U/g,48 h 时分别下降至 100.33、107.00、113.64、125.46 U/g,但仍极显

表 4 不同浓度 ABA 处理对茶树叶片丙二醛含量的影响

外源 ABA 浓度 (mg/L)	丙二醛含量(nmol/g)					
	0 h	4 h	8 h	12 h	24 h	48 h
0	0.47 ± 0.08Aa	0.44 ± 0.12Ad	0.58 ± 0.04Ae	0.55 ± 0.11Ad	0.53 ± 0.11Ae	0.59 ± 0.07Ae
10	0.44 ± 0.13Ba	0.63 ± 0.07ABc	0.69 ± 0.07ABde	0.72 ± 0.13ABd	0.73 ± 0.13ABe	0.88 ± 0.09Ad
20	0.51 ± 0.18Da	0.66 ± 0.14CDc	0.89 ± 0.11BCc	1.00 ± 0.03ABc	1.27 ± 0.14ABd	1.11 ± 0.03Ac
50	0.47 ± 0.10Ea	0.65 ± 0.05DEc	0.86 ± 0.10CDed	1.47 ± 0.15Bb	1.87 ± 0.13Ac	1.01 ± 0.12Ced
100	0.48 ± 0.10Ea	1.08 ± 0.07Db	1.33 ± 0.17CDb	1.52 ± 0.10Cb	2.31 ± 0.17Ab	1.90 ± 0.16Bb
200	0.46 ± 0.10Ea	1.61 ± 0.08Da	1.98 ± 0.06Ca	2.88 ± 0.06Ba	3.45 ± 0.19Aa	3.12 ± 0.16ABa

著高于初始活力。茶树叶片中 CAT 活力变化趋势与 SOD 类似,除了对照外,其他处理的 CAT 活力均在 0~12 h 内增强,12~48 h 内下降,且处理 48 h 时 CAT 活力仍高于初始活力。高浓度(100、200 mg/L) ABA 处理下,茶树叶片 CAT 活力显著增强,但随着时间延长(24~48 h),200 mg/L ABA 处理下的 CAT 活力略高于 100 mg/L ABA 处理。除了对照与 200 mg/L ABA 处理外,经外源 ABA 处理后,茶树叶

片中 POD 活性总体在处理 0~24 h 内增强,24~48 h 内下降,处理 48 h 时仍保持较高活力。200 mg/L ABA 处理下,茶树叶片 POD 活性在处理 0~12 h 内增强,12~48 h 内先下降再增强。由表 5、表 6 和表 7 可知,外源 ABA 基本在处理 12 h 内显著提高了茶树叶片中抗氧化酶活力,虽然在处理 12~48 h 内有所波动,但在处理 48 h 时仍能保持较高活力,对于提高茶树抗逆性具有重要意义。

表 5 不同浓度 ABA 处理对茶树叶片超氧化物歧化酶活力的影响

外源 ABA 浓度 (mg/L)	超氧化物歧化酶活力(U/g)					
	0 h	4 h	8 h	12 h	24 h	48 h
0	85.51 ± 7.15Aa	89.71 ± 6.21Ac	88.51 ± 9.68Ad	84.76 ± 3.73Ad	88.00 ± 5.94Ac	85.24 ± 4.89Ad
10	86.80 ± 1.85Ca	92.20 ± 6.02BCc	105.37 ± 5.75ABc	111.36 ± 5.90Ac	92.26 ± 6.95BCc	84.91 ± 4.71Cd
20	86.31 ± 8.46Da	106.80 ± 4.14BCb	119.55 ± 3.75ABc	125.02 ± 6.57Ab	112.93 ± 5.58ABCb	100.33 ± 2.82Cc
50	88.82 ± 5.96Da	113.87 ± 6.75Cb	137.37 ± 5.36Bb	157.17 ± 7.80Aa	131.66 ± 5.83Ba	107.00 ± 5.68Cbc
100	88.31 ± 8.23Da	128.47 ± 11.53BCa	142.97 ± 5.71ABab	158.66 ± 9.33Aa	140.61 ± 9.39ABa	113.64 ± 10.51Cb
200	88.01 ± 7.58Da	139.32 ± 8.17BCa	154.94 ± 14.61ABa	167.98 ± 7.62Aa	143.67 ± 8.90BCa	125.46 ± 6.33Ca

表 6 不同浓度 ABA 处理对茶树叶片过氧化氢酶活力的影响

外源 ABA 浓度 (mg/L)	过氧化氢酶活力(U/g)					
	0 h	4 h	8 h	12 h	24 h	48 h
0	77.50 ± 13.05Aa	72.08 ± 9.46Ad	75.83 ± 7.53Ac	76.25 ± 10.00Ab	77.50 ± 5.73Ab	75.42 ± 11.61Aab
10	67.50 ± 6.61Ba	76.25 ± 5.00ABd	81.67 ± 8.87ABc	89.17 ± 5.64Aa	75.83 ± 5.20ABb	70.42 ± 3.82ABb
20	72.92 ± 5.05Ba	81.25 ± 2.50ABcd	82.50 ± 5.00ABbc	91.25 ± 4.51Aa	84.17 ± 5.64ABab	72.92 ± 3.82Bab
50	75.00 ± 7.50Ba	88.33 ± 5.05ABbc	93.33 ± 4.02Aab	97.92 ± 3.82Aa	85.42 ± 4.39ABab	77.50 ± 4.51Bab
100	71.67 ± 5.64Ca	90.00 ± 5.00ABab	94.17 ± 6.29Aa	100.00 ± 5.00Aa	88.75 ± 4.51ABa	77.92 ± 4.73BCab
200	76.25 ± 5.73Da	92.50 ± 5.00ABCa	101.67 ± 2.60Aa	100.83 ± 5.20ABa	88.75 ± 5.73BCa	84.17 ± 3.15CDa

2.3 不同浓度外源 ABA 对茶树叶片 ABA 含量的影响

由表 8 可知,未施加外源 ABA 时,茶树叶片中 ABA 含量为 55.72~62.71 ng/g,其中,在处理 4 h 时最高,为 62.71 ng/g;在处理 12 h 时最低,为 55.72 ng/g。喷施不同浓度 ABA 后,叶片中 ABA 含量在 0~48 h 内均显著增加,并在 48 h 时达到最大值;在处理 12 h 时,各处理(对照除外)ABA 浓度分别为初始浓度的 1.25、1.27、1.63、1.75、1.98 倍,而 48 h 时则为初始浓度的 1.35、1.42、1.73、1.81、

2.17 倍。由此可见,施加外源 ABA 可在 12 h 内显著增加茶树叶片中 ABA 含量,并且可使其在 48 h 时仍保持在较高浓度,从而提高茶树的抗逆性。

3 讨论

3.1 外源 ABA 对茶树可溶性物质含量和抗氧化酶活力的影响

以往的研究结果表明,施加外源 ABA 可提高植物中可溶性糖、可溶性蛋白、游离脯氨酸等渗透调

表 7 不同浓度 ABA 处理对茶树叶片过氧化物酶活力的影响

外源 ABA 浓度 (mg/L)	过氧化物酶活力(U/g)					
	0 h	4 h	8 h	12 h	24 h	48 h
0	794.67 ± 72.59Aa	800.00 ± 16.00Ac	866.67 ± 44.06Ac	850.67 ± 58.97Ac	794.47 ± 9.24Ac	784.00 ± 42.33Ac
10	776.00 ± 24.00Ba	853.33 ± 93.75ABbc	914.67 ± 76.04ABc	952.00 ± 49.96Ab	989.33 ± 45.49Ab	928.00 ± 69.74ABb
20	832.00 ± 104.00Ca	941.33 ± 71.70BCab	938.67 ± 16.65BCbc	1 096.00 ± 36.67ABa	1 128.00 ± 92.26Aa	992.00 ± 48.66ABCb
50	850.67 ± 57.87Da	1 002.67 ± 33.31Ca	1 032.00 ± 65.48BCab	1 160.00 ± 13.86Aa	1 136.00 ± 60.39ABa	1 096.00 ± 24.00ABCa
100	802.67 ± 28.09Da	1 018.67 ± 60.57Ca	1 058.67 ± 56.76BCa	1 178.67 ± 18.48ABa	1 197.33 ± 62.14Aa	1 082.67 ± 40.27ABCa
200	821.33 ± 25.72Ba	872.00 ± 52.46ABbc	872.00 ± 71.11ABc	954.67 ± 73.90ABb	850.67 ± 32.33ABc	976.44 ± 34.87Ab

表 8 不同浓度外源 ABA 对茶树叶片中 ABA 含量的影响

外源 ABA 浓度 (mg/L)	叶片中 ABA 含量(ng/g)					
	0 h	4 h	8 h	12 h	24 h	48 h
0	58.84 ± 1.34ABa	62.71 ± 2.07Ae	60.96 ± 3.89ABe	55.72 ± 1.02Be	58.39 ± 1.85ABe	57.90 ± 2.48ABe
10	61.19 ± 2.95Da	66.86 ± 0.92Cde	69.10 ± 1.33Cd	76.43 ± 2.33Bd	81.31 ± 0.89ABd	82.46 ± 3.00Ad
20	60.95 ± 3.47Da	71.20 ± 1.42Cd	75.70 ± 3.27BCc	77.46 ± 1.53Bd	81.31 ± 0.89ABd	86.30 ± 2.31Ad
50	60.85 ± 3.22Da	89.56 ± 2.31Cc	94.05 ± 3.56BCb	98.96 ± 4.55ABc	102.94 ± 2.00Ac	105.01 ± 1.19Ac
100	62.21 ± 1.47Da	97.15 ± 4.83Cb	102.74 ± 3.19BCa	109.00 ± 2.46ABb	109.24 ± 3.00ABb	112.41 ± 3.12Ab
200	60.67 ± 0.98Da	101.91 ± 1.43Ca	106.78 ± 2.98Ca	119.88 ± 3.08Ba	123.82 ± 4.67Ba	131.72 ± 2.28Aa

节物质的含量,从而增强植物的抗寒性,并逐渐适应低温环境^[9,18-20]。本试验中,常温下,施加不同浓度的外源 ABA 均能使茶树叶片中可溶性蛋白、可溶性糖和游离脯氨酸的含量明显增加;基本在处理 4 h 时含量显著增加,且随着施用时间和浓度的增加而增加,可见外源 ABA 可在短时间内提高茶苗中渗透调节物质含量,且使其在处理 48 h 后仍维持较高浓度,进而提高茶树的抗性。

丙二醛作为膜脂过氧化作用的最终分解产物,在植物衰老和逆境胁迫下会大量积累,其含量的高低可反映植物受伤害的程度。在冬小麦、山茶花、玉米等的研究^[10,19,34]中,外源 ABA 可降低植物中 MDA 的积累量,从而减轻低温胁迫对细胞膜的破坏作用。本试验中,不同浓度的 ABA 处理 0 ~ 24 h 内,茶树叶片中 MDA 含量均有所升高。10、20、50 mg/L ABA 处理下,MDA 含量虽然明显增加,但其最终含量保持在 1.0 nmol/g 左右;然而,高浓度(100、200 mg/L)的 ABA 处理下,MDA 含量在处理期间极显著增加,且在处理 48 h 时含量为初始值的 3 倍左右。不同浓度外源 ABA 处理下,茶树叶片 MDA 含量可显著增加,可能由于试验使用了 2 年生的茶苗,对外源 ABA 处理较为敏感。

以往研究表明,外源施加 ABA 后,抗氧化酶活力呈先上升后下降的趋势^[20,25]。经外源 ABA 处理后,茶苗叶片中 SOD、CAT 活力基本表现为 0 ~ 12 h

内增强,12 ~ 48 h 内下降;POD 活力为 0 ~ 24 h 内增强,24 ~ 48 h 内下降;但 SOD、CAT、POD 的活力在 48 h 时总体仍高于初始活力。可见外源 ABA 可提高茶苗抗氧化酶活性并使其在一定时期内保持较高活性,进而引起相应的抗性反应,从而增强茶苗抗逆性。

结合以上数据,可见低浓度(10、20、50 mg/L) ABA 处理有利于渗透物质的积累和抗氧化酶活力的提高,从而可提高茶苗抗逆性;而高浓度(100、200 mg/L)ABA 处理下渗透物质虽然大量积累,但其 MDA 含量和抗氧化酶活力均较高,可能大量施加外源 ABA 已对茶苗造成一定胁迫。

3.2 外源 ABA 对茶树 ABA 含量的影响

除了关注外源 ABA 对渗透调节物质含量和抗氧化酶活力的影响外,相较于其他研究,本试验检测了不同浓度的外源 ABA 施用对茶苗叶片中内源 ABA 浓度的影响。结果表明,施加外源 ABA 促进了内源 ABA 的积累,这也可能是可溶性糖、可溶性蛋白和游离脯氨酸积累以及抗氧化酶活力提高的原因。同时,研究发现,施用高浓度(100、200 mg/L)的 ABA 导致叶片中 ABA 含量极显著增加,甚至增长近 1 倍。黄丹娟等研究发现,叶片成熟度越高,其 ABA 含量越低,老叶中积累水杨酸(SA),嫩叶中积累脱落酸,叶片通过合成代谢平衡控制 ABA 含量和 SA 含量,以响应逆境胁迫^[35]。在本试验中,采样部

位为嫩叶,外源 ABA 促进了其内源 ABA 的积累,并伴随着可溶性物质含量增加和抗氧化酶活力的增强,可见外源 ABA 可通过增加内源 ABA 含量增强茶树的抗逆性。值得关注的是,黄丹娟等在茶树抗逆性评价研究中发现,ABA 含量与大多数生理指标变化趋势相反^[35],而本试验中外源 ABA 施用导致内源 ABA 的增加,并伴随着可溶性物质含量增加和抗氧化酶活力的增强,有可能是由于过高浓度的 ABA 对于茶苗嫩叶造成一定胁迫,最终引起游离脯氨酸、MDA 等的大量积累以及抗氧化酶活力的显著增强。

以往的研究结果表明,抗性越强的品种对外源 ABA 敏感性越差,例如孙庆玲等发现,抗寒性强的狗牙根最适 ABA 处理浓度高于寒敏感品种^[21]。然而,梁新华等以抗旱耐瘠品种——红芒麦为研究材料时发现,该品种在试验中并未表现出对外源 ABA 不敏感性最大^[36]。因此,施加外源 ABA 后,不同抗性茶树品种中生理生化指标的变化、抗性强弱与 ABA 敏感性的相关性均有待进一步的深入研究。

4 结论

综上,施加外源 ABA 在 48 h 内可提高茶苗叶片中可溶性糖、可溶性蛋白和游离脯氨酸的含量,并且提高 SOD、CAT、POD 的活性。低浓度(10、20、50 mg/L)的 ABA 在促进可溶性物质积累和提高抗氧化酶活力时,可增强茶苗抗逆性,但也会导致 MDA 的少量积累;而高浓度的 ABA 则会引起 MDA 的大量积累,可能会对茶苗造成胁迫伤害,继而引发可溶性物质的大量积累和抗氧化酶活力的显著增强。本试验比较了不同浓度外源 ABA 对常温下龙井 43 茶苗的影响,筛选出的 ABA 施用浓度,可以避免低浓度 ABA 不能显著提高抗逆性,同时避免过高浓度 ABA 抑制生长的情况,对新植茶园利用外源 ABA 提高茶苗抗寒性以及安全越冬具有重要意义。

参考文献:

- [1]曹婧,兰海燕.植物激素脱落酸受体及其信号转导途径研究进展[J].生物技术通报,2014(6):22-28.
- [2]郭栋梁,李玲.ABA对植物侧根发生的调节(综述)[J].亚热带植物科学,2008,37(1):67-69.
- [3]朱晓琛,张汉马,南文斌.脱落酸调控植物根系生长发育的研究进展[J].植物生理学报,2017,53(7):1123-1130.
- [4]Yoshida T, Mogami J, Yamaguchi - Shinozaki K. ABA - dependent and ABA - independent signaling in response to osmotic stress in plants[J]. Current Opinion in Plant Biology, 2014, 21:133-139.
- [5]刘娟娟,汪惠丽.植物中脱落酸对非生物胁迫的耐受性研究进展[J].安徽农业科学,2017,45(16):11-12,15.
- [6]Zhang J, Jia W, Yang J, et al. Role of ABA in integrating plant responses to drought and salt stresses[J]. Field Crops Research, 2006, 97(1):111-119.
- [7]陈康,李杰,唐静,等.一氧化氮参与调节盐胁迫诱导的玉米幼苗脱落酸积累[J].植物生理与分子生物学学报,2006,32(5):577-582.
- [8]Anderson M D, Prasad T K, Martin B A, et al. Differential gene expression in chilling acclimated maize seedlings and evidence for the involvement of abscisic acid in chilling tolerance [J]. Plant Physiology, 1994, 105(1):331-339.
- [9]徐珊珊,史星云,李强.外源 ABA 对辣椒幼苗抗冷性的影响[J].长江蔬菜,2015(24):55-58.
- [10]王军虹,徐琛,苍晶,等.外源 ABA 对低温胁迫下冬小麦细胞膜脂组分及膜透性的影响[J].东北农业大学学报,2014,45(10):21-28.
- [11]党秋玲,于超,王祯丽.ABA处理种子对加工番茄幼苗抗寒力及相关生理指标的影响[J].石河子大学学报,2005,23(3):349-351.
- [12]魏鑫,倪虹,张会慧,等.外源脱落酸和油菜素内酯对干旱胁迫下大豆幼苗抗旱性的影响[J].中国油料作物学报,2016,38(5):605-610.
- [13]徐乐,汪媛媛,叶开温,等.ABA和NO在印度梨形孢提高玉米苗期抗旱性的作用[J].分子植物育种,2018,16(9):2939-2947.
- [14]产祝龙,刘占国,施冰,等.外源脱落酸对干旱胁迫下美国红枫抗旱性的影响[J].林业科技,2019,44(3):18-21.
- [15]Khadri M, Tejera N A, Lluch C. Alleviation of salt stress in common bean (*Phaseolus vulgaris*) by exogenous abscisic acid supply[J]. Journal of Plant Growth Regulation, 2006, 25(2):110-119.
- [16]朱菲菲.外源脱落酸提高灰毡毛忍冬耐盐性的生理机制的研究[D].重庆:西南大学,2013.
- [17]高山,孙伟峰,李莹,等.水杨酸(SA)和脱落酸(ABA)对盐胁迫玉米幼苗生长的影响[J].分子植物育种,2017,15(10):4195-4164.
- [18]刘旭梅.杜鹃花品种的抗寒性评价及外源 ABA 对其抗寒性的影响[D].杨凌:西北农林科技大学,2017.
- [19]章锦涛,王华,王松,等.外施脱落酸对低温胁迫下山茶花生理生化指标的影响[J].安徽农业大学学报,2017,44(1):142-145.
- [20]陈燕,潘祖建,甘卫堂,等.外源 ABA 对低温胁迫下番木瓜幼苗抗寒性的影响[J].农业研究与应用,2019,32(2):5-8.
- [21]孙庆玲,李培英,孙宗玖,等.外施脱落酸对不同抗寒性狗牙根品种的渗透调节物质响应研究[J].新疆农业大学学报,2012,35(2):87-92.
- [22]Zhou L, Xu H, Mischke S, et al. Exogenous abscisic acid significantly affects proteome in tea plant (*Camellia sinensis*) exposed to drought stress [J]. Horticulture Research, 2014, 1:14029.
- [23]Zhu X J, Liao J R, Xia X L, et al. Physiological and iTRAQ - based proteomic analyses reveal the function of exogenous γ - aminobutyric

吉沐祥,王晓琳,黄洁雪,等. 江苏丘陵地区鲜食桃绿色标准化生产技术模式[J]. 江苏农业科学,2020,48(12):108-112.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.12.023

江苏丘陵地区鲜食桃绿色标准化生产技术模式

吉沐祥¹, 王晓琳¹, 黄洁雪¹, 闫永齐¹, 孙伟波², 李朝辉²

(1. 江苏丘陵地区镇江农业科学研究所, 江苏句容 212400; 2. 江苏省农业科学院植物保护研究所, 江苏南京 212000)

摘要:为促进鲜食桃绿色提质增效生产,促进桃产业健康稳定可持续发展,针对江苏丘陵地区桃园生产管理实际,结合有关新技术成果,重点对休眠期、发芽—开花结果期、幼果期及新梢伸长期、果实膨大与成熟期、果实采收后—落叶期(养分储藏期)等生育时期的生产管理技术要点进行分析研究,总结江苏丘陵地区鲜食桃绿色标准化生产的技术模式,包括确定技术目标、技术策略和技术模式。

关键词:江苏丘陵地区;鲜食桃;绿色标准化;技术模式;提质增效;生育时期

中图分类号: S662.104 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2020)12-0108-05

桃子作为一种美味多汁的水果,具有良好的营养保健价值,已成为人们最为喜爱的水果之一。江苏丘陵地区桃产业已发展成为主要水果产业,但以露地鲜食桃为主,且大多品种雷同、熟期相近、上市集中。受全国大市场、大环境的影响,江苏丘陵区域的部分早中熟品质较差的普通桃已出现过剩滞销现象,早熟精品、晚熟黄肉及优质高档桃仍供不应求,价格较高且稳定,出现两极分化。江苏丘陵

地区尚有一定规模的桃园仍采用传统的栽培模式,劳动强度大、生产成本低、果品质量差、产出效益低、有安全隐患等问题突出,结构性过剩现象日趋严重,必须加快由“高产增效”向“绿色提质增效”的转型升级^[1]。只有将果实品质放在首位,实行轻简省力化栽培、绿色标准化管理和安全优质精品桃生产^[2],才是桃产业健康可持续发展之路,为此,笔者根据江苏丘陵地区鲜食桃生产特点和桃树主要生育时期,总结鲜食桃绿色标准化生产技术模式。

1 设定目标

设定盛果期桃园一般产量为 22 500 ~ 26 250 kg/hm²,优质商品果率达到 80% 以上,色泽鲜艳,达到品种特有的颜色,可溶性固形物含量 ≥

acid (GABA) in improving tea plant (*Camellia sinensis* L.) tolerance at cold temperature [J]. BMC Plant Biology, 2019, 19 (1):43.

[24] 李 磊,周 琳,李庆会,等. 低温条件下 ABA 和钨酸钠对茶树叶片中渗透调节物质含量及抗氧化酶活力的影响[J]. 植物资源与环境学报,2016,25(4):18-24.

[25] 周 琳,徐 辉,朱旭君,等. 脱落酸对干旱胁迫下茶树生理特性的影响[J]. 茶叶科学,2014,34(5):473-480.

[26] 张 丽,周 欣,蒋家月,等. 外源 ABA 对茶树抗寒生理指标的影响[J]. 茶业通报,2012,34(2):72-74.

[27] Bradford M M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding[J]. Analytical Biochemistry, 1976, 72:248-254.

[28] Yemm E W, Willis A J. The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone [J]. Biochemical Journal, 1954, 57: 508-514.

[29] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京:高等教育

出版社,2000.

[30] Giannopolitis C N, Ries S K. Superoxide dismutase. I. Occurrence in higher plants[J]. Plant Physiology, 1977, 59:309-314.

[31] Aebi H. Catalase *in vitro* [J]. Methods in Enzymology, 1984, 105: 121-126.

[32] Bergmeyer H U. Methods of enzymatic analysis[M]. 2nd ed. New York: Academic Press, 1974.

[33] 姚永宏,徐 泽,侯渝嘉,等. 秋季茶树内源激素的 ELISA 分析及其在不同器官中的分布[J]. 渝西学院学报(自然科学版), 2005, 4(4): 26-27, 33.

[34] 石如意,王腾飞,李 军,等. 低温胁迫下外源 ABA 对玉米幼苗抗寒性的影响[J]. 华北农学报, 2018, 33(3): 136-143.

[35] 黄丹娟,毛迎新,陈 勋,等. 不同成熟度茶树叶片抗逆性生理指标差异[J]. 中国农学通报, 2018, 34(19): 44-49.

[36] 梁新华,许 兴,徐兆桢. 外源 ABA 对不同品种春小麦幼苗叶片叶绿素荧光动力学参数的影响[J]. 江苏农业科学, 2004 (4): 24-26.