

## 水杨酸对休眠期茶树光合作用和抗冻性的影响

杨恕玲<sup>1</sup>,单守明<sup>1</sup>,巩传银<sup>2</sup>,李朝阳<sup>2</sup>,平吉成<sup>1</sup>,张亚红<sup>1</sup>,王振平<sup>1</sup>  
(<sup>1</sup>宁夏大学农学院,银川 750021;<sup>2</sup>山东省费县果业管理局,山东费县 273400)

**摘要:**为了探讨水杨酸对冬季茶树抗寒性的调控机制,以“龙井43号”茶树为试材,研究休眠期叶面喷施水杨酸对茶树叶片光合作用、叶片中碳水化合物含量和活性氧代谢的影响,结果表明,叶面喷施水杨酸30天后即能明显提高茶树叶片净光合速率,处理60天后,2 mmol/L的水杨酸处理显著提高了叶片中可溶性总糖和淀粉含量、使丙二醛、活性氧含量显著下降,同时,叶片中脯氨酸含量、超氧化物歧化酶、过氧化氢酶和过氧化物酶活性显著升高,其它水杨酸处理虽然也能提高这些酶活性,但是效果不如2 mmol/L的水杨酸处理显著。因此,在休眠期,叶面喷施适当浓度的水杨酸可显著提高茶树叶片的Pn和保护酶活性,从而提高茶树的抗寒性,这也有利于提高次年茶叶的产量与品质。

**关键词:**水杨酸;茶树;光合作用;抗寒性;保护酶

中图分类号:S571.1 文献标识码:A 论文编号:2009-0600

### Effect of Salicylic Acid on Photosynthesis and Cold Resistant in Tea Tree During Dormancy

Yang Shuling<sup>1</sup>, Shan Shouming<sup>1</sup>, Gong Chuanyin<sup>2</sup>, Li Chaoyang<sup>2</sup>, Ping Jicheng<sup>1</sup>,  
Zhang Yahong<sup>1</sup>, Wang Zhenping<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>College of Agronomy, Ningxia University, Yinchuan 750021;

<sup>2</sup>Fruit Bureau of Feixian, Shandong, Feixian Shandong 273400)

**Abstract:** This paper aims to find out the regulator metabolism of salicylic acid on cold resistance in dormancy of tea tree. Effects of difference concentration of salicylic acid on photosynthesis, carbohydrate content and metabolism of reactive oxygen species in Longjing43 were studied. Results showed that net photosynthesis rates were obviously increased in 30th day after sprayed salicylic acid to tea foliar in dormancy. 2 mmol/L salicylic acid significantly increased total soluble sugar, starch contents, and significantly decreased foliar reactive oxygen species and MDA contents in 60th day after treatment. At the same time, the proline content, SOD, CAT and POD activities were significantly increased. Others concentration of salicylic acid also improved photosynthesis and protective enzymes activities, but the results were not as better as 2 mmol/L salicylic acid. It is concluded that foliar sprayed of suitable concentration of salicylic acid in tea tree's dormancy can improve photosynthesis and protective enzymes activities, and increase the cold resistant, in the end, the tea yield and quality in the next year could improve.

**Key words:** salicylic acid (SA), tea tree, photosynthesis, cold resistant, protective enzymes

### 0 引言

水杨酸(salicylic acid, SA)在各种植物体内广泛存在,对植物具有多种生理调控作用,如诱导植物开花,增加植物的抗性等<sup>[1-3]</sup>。许多研究表明,一定浓度的水杨酸还能调控苹果、葡萄、小麦、茉莉等植物叶片的

光合作用<sup>[4-7]</sup>,增强茉莉、香蕉、水稻、茄子<sup>[4, 8-10]</sup>等植物的抗冻性。江北绿茶具有特殊的品质,近几年来,随着市场需求的扩大,茶树栽培面积迅速扩增,但是江北茶区冬季气温较低,茶树抵抗低温的能力较差<sup>[11]</sup>,常常发生冬季冻害,严重降低了次年茶叶的产量与品质<sup>[12]</sup>;因

**基金项目:**国家科技支撑计划资助项目“设施果树花卉节水高效生产关键技术与示范”(2007BAD57B05)。

**第一作者简介:**杨恕玲,女,1979年出生,山东烟台人,硕士研究生,研究方向:生物技术,通信地址:750021 宁夏银川市贺兰山西路489号宁夏大学农学院, Tel: 0951-2061874, E-mail: yangshuling1234@126.com。

**收稿日期:**2009-03-23, **修回日期:**2009-05-08。

此,这些茶区预防或减轻冬季冻害成了茶叶生产的主要问题。目前关于水杨酸对休眠期茶树抗冻性影响的研究尚少,此试验对此进行了研究,以期为理论研究和实际生产提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

试验在山东省费县进行,选用10年生龙井43号茶树(*Camellia sinensis* cv. Longjing43)为试材,南北行栽植,茶树的生长势基本一致,采用正常的生产管理措施。每个小区的面积为20 m<sup>2</sup>,采用随机区组,重复3次的实验设计方案。于12月1日分别用1 mmol/L、2 mmol/L和3 mmol/L的水杨酸(SA)处理茶树的叶片,以喷洒等量的清水为对照,在处理后的第20天再进行一次相同的处理。于第1次处理后第30、60、90天的上午11:00分别测定各处理叶片的光合速率,在处理后的第60天采样测定叶片的其它生理指标。

### 1.2 光合速率的测定

采用英国产CIRAS-II型便携式光合仪测定各处理1年生枝条第3~4片叶(自枝条基部)的净光合作用速率(*P<sub>n</sub>*),采用开放式气路,自然光照条件,每个处理测定10个枝条,每枝条测2片叶,每片叶重复测3次。

### 1.3 其他生理指标的测定

每个处理采100片叶测定叶绿素、可溶性总糖、淀粉、脯氨酸、丙二醛(MDA)含量,过氧化氢酶(CAT)、过氧化物酶(POD)和超氧化物歧化酶(SOD)活性<sup>[13]</sup>。

表1 不同浓度的水杨酸对茶树叶片叶绿素和碳水化合物含量的影响

处理	叶绿素 a/(mg/g)	叶绿素 b/(mg/g)	可溶性总糖/(mg/g)	淀粉/(mg/g)
CK	1.61 b	0.71 b	30.5 bB	37.2 bB
1 mmol/L	1.72 ab	0.79 a	35.6 aAB	45.8 aAB
2 mmol/L	1.85 a	0.82 a	37.3 aA	48.6 aA
3 mmol/L	1.69 ab	0.75 ab	32.6 abAB	42.7 abAB

注:采用新复极差法检验。小写字母表示差异达到0.05显著水平,大写字母表示差异达到0.01显著水平,下同。

### 2.2 水杨酸处理对茶树叶片叶绿素和碳水化合物含量的影响

不同浓度的水杨酸处理茶树叶片60天后都不同程度的提高了茶树叶片叶绿素、可溶性总糖和淀粉含量(表1)。2 mmol/L的水杨酸处理对于叶绿素的含量影响最大,使叶绿素a的含量提高了14.9%,使叶绿素b的含量提高了15.5%,与对照间的差异达显著水平;其它浓度的水杨酸处理虽然也提高了叶绿素含量,但与对照间的差异不显著。水杨酸处理均显著提高了茶树叶片中可溶性总糖和淀粉含量,效果最显著的是2 mmol/L处理的,其次是1 mmol/L处理的。

参照王爱国<sup>[14]</sup>的方法测定超氧阴离子自由基(O<sub>2</sub>·)含量,参照林植芳<sup>[15]</sup>的方法测定过氧化氢(H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)含量。

## 2 结果与分析

### 2.1 水杨酸处理对茶树叶片光合特性的影响

在12月1日之后,各处理茶树叶片的*P<sub>n</sub>*都开始下降(图1),处理60天后,所有处理茶树叶片的*P<sub>n</sub>*下降到最低值,之后逐渐升高。处理初期,叶面喷施水杨酸没有明显的影响茶树叶片*P<sub>n</sub>*,处理30天后,所有水杨酸处理均提高了叶片的*P<sub>n</sub>*;和对照相比,2 mmol/L水杨酸显著提高了茶树叶片*P<sub>n</sub>*。在整个处理过程中,1 mmol/L和3 mmol/L的水杨酸处理也能提高茶树叶片的*P<sub>n</sub>*,但与对照间的差异均不显著,且1 mmol/L水杨酸处理茶树叶片的*P<sub>n</sub>*比3 mmol/L水杨酸处理的高。

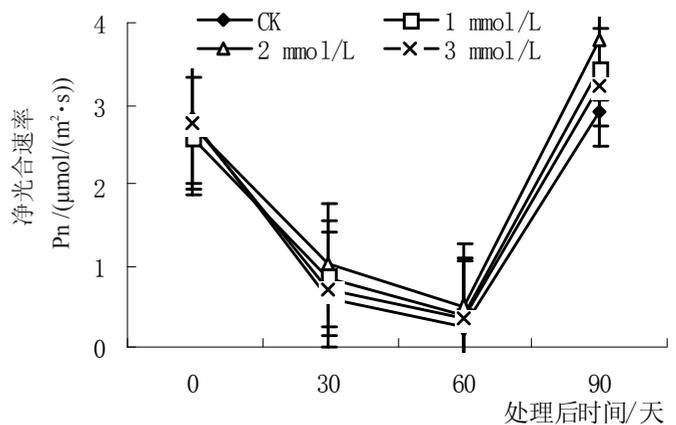


图1 不同浓度的水杨酸对茶树叶片光合作用的影响

### 2.3 水杨酸处理对茶树叶片中丙二醛、活性氧含量和相对电导率的影响

在休眠期使用水杨酸处理还可降低茶树叶片中丙二醛和活性氧等有毒物质的含量(表2)。3种浓度的水杨酸处理均显著的降低了叶片中MDA含量,其中2 mmol/LSA极显著的降低了叶片中MDA含量。1 mmol/L和2 mmol/L的水杨酸显著降低了叶片中H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>含量和相对电导率。对于叶片中O<sub>2</sub>·来说,2 mmol/L的SA处理也使其含量显著的降低,其它浓度的水杨酸虽然也降低了叶片中O<sub>2</sub>·含量,但与对照间的差异不显著。由此可以看出,2 mmol/L的水杨酸可显著降低休

表2 不同浓度的水杨酸对茶树叶片丙二醛、活性氧含量和相对电导率的影响

处理	丙二醛MDA/(mmol/g)	过氧化氢H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> /( $\mu$ mol/g)	超氧阴离子自由基O <sub>2</sub> <sup>·-</sup> /(nmol/(mg·min))	相对电导率/%
CK	18.2 aA	54 aA	337 a	84.2 aA
1 mmol/L	12.4 cB	43 bcAB	286 ab	65.3 bcAB
2 mmol/L	13.1 cB	38 cB	261 b	52.9 cB
3 mmol/L	15.7 bAB	47 abAB	315 ab	71.6 abAB

表3 不同浓度的水杨酸对茶树叶片脯氨酸和保护酶活性的影响

处理	脯氨酸Proline/( $\mu$ g/g)	超氧化物歧化酶SOD/(U/(g·min))	过氧化氢酶CAT(u/(g·min))	过氧化物酶POD(u/(g·min))
CK	16.8 cB	1608 b	733 b	254 c
1 mmol/L	19.3 abAB	1823 ab	875 a	289 ab
2 mmol/L	21.7 aA	1871 a	892 a	305 a
3 mmol/L	18.1 bcAB	1702 ab	864 a	277 bc

眠期茶树叶片中有毒物质的含量,降低膜的氧化水平和相对电导率,从而提高了冬季茶树叶片的抗冻性。

#### 2.4 水杨酸处理对茶树叶片中脯氨酸和保护酶活性的影响

由表3可以看出,在冬季不同浓度的水杨酸处理对茶树叶片中脯氨酸含量和保护酶活性也有明显的提高作用。与对照相比,水杨酸处理均明显提高了叶片中脯氨酸含量,2 mmol/L的水杨酸处理极显著的提高了叶片中脯氨酸含量。2 mmol/L的SA处理显著提高了SOD活性,其他处理虽然也提高了叶片中SOD活性,但与对照间的差异不显著。3种浓度的水杨酸处理均显著提高茶树叶片中CAT活性和POD活性,其中3 mmol/L的水杨酸使茶树叶片中的POD活性提高了9.1%。

### 3 讨论

#### 3.1 光合作用与水杨酸

低温引起光合作用的下降,主要原因是叶绿素含量降低,叶绿体结构破坏、电子传递下降<sup>[4,8-11]</sup>。在葡萄等植物上的研究表明,一定浓度的水杨酸可通过调节叶绿素含量和气孔等因素来提高植物叶片的净光合速率<sup>[4-7]</sup>,研究结果也表明,在冬季使用一定浓度的水杨酸处理茶树叶片后,叶片的叶绿素含量均显著升高,叶片Pn也升高(图1,表2);叶面喷施的水杨酸可通过木质部在葡萄植物体内运输<sup>[6]</sup>,因此,茶树叶面的水杨酸也可能进入茶树内部,通过提高叶绿素含量等因素来提高休眠期茶树叶片的光合作用。在低温或冷冻胁迫下,植物体内可溶性碳水化合物含量的升高有利于提高抗胁迫的能力<sup>[4,8-11]</sup>,水杨酸处理茶树叶片后,使茶树叶片的Pn升高,同时也显著的提高了叶片中可溶性总糖和淀粉含量,这不仅降低了叶片水势以适应低温胁迫,而且还为提高叶片的呼吸作用和胁迫损伤的修复

提供了充足的底物,从而相应的提高冬季茶树叶片的抗冻性。

#### 3.2 活性氧与水杨酸

在低温胁迫下,植物体内产生活性氧和丙二醛等有害物质,它们会破坏生物膜,使膜透性发生变化,造成植物生理功能的紊乱,使抗性下降<sup>[8-11,14-15]</sup>。试验结果表明,水杨酸处理显著的降低了丙二醛和活性氧含量,降低了相对电导率(表2),这说明水杨酸处理降低茶树叶片细胞膜的损伤,降低膜的透性,因此也就提高了膜的功能和对低温的适应能力。

#### 3.3 保护酶与水杨酸

水杨酸是植物体内广泛存在的一种内源植物生长物质,可诱导植物体内抗逆基因的表达,提高植物体内保护酶的活性<sup>[2,8-11]</sup>。试验中,SA处理提高了叶片中SOD、CAT和POD的酶活性(表3),这些酶活性的提高也是叶片中活性氧含量降低的原因,减少了对生物膜的破坏,再加上叶片中脯氨酸含量的升高,因此也就减轻低温对膜的破坏,从而在总体水平上提高了茶树对低温的抵御能力,这与在水稻、茄子等植物上的研究结果相一致<sup>[8-10]</sup>。许多植物上的研究表明,提高保护酶的活性,降低活性氧的含量,也会提高叶片的光合速率<sup>[8-10,16]</sup>,试验中,SA处理提高了叶片中SOD、CAT和POD酶的活性,这也可能是Pn升高的另一个重要原因。

Pn、保护物质和保护酶活性的升高,综合提高了茶树的抗冻能力,减轻冻害发生率,这有利于次年茶叶产量与品质的提高。

### 参考文献

- [1] Manoj K, Srivastava U, Dwive N. Delayed ripening of banana fruit by salicylic acid [J]. Plant Science, 2000, 158: 87-96.
- [2] Raskin I. Role of salicylic acid in plant. Annual Review Plant Physi-

- ology [J]. *Plant Molecule Biology*, 1992, 43: 439-463.
- [3] 林忠平,胡鸾雷. 植物抗逆性与水杨酸介导的信号传导途径的关系[J]. *植物学报*, 1997, 39(2): 185-188.
- [4] 蔡汉,李卫东,陈颖,等. 水杨酸预处理对低温胁迫下茉莉幼苗光合作用及相关生理特性的影响[J]. *中国农业大学学报*, 2007, 12(5): 29-33.
- [5] 王利军,李家永,战吉成,等. 水杨酸对受高温胁迫的葡萄幼苗光合作用和同化物分配的影响[J]. *植物生理学通讯*, 2003, 39(3): 215-216.
- [6] 王利军,张吉军,黄卫东,等. <sup>14</sup>C-水杨酸在葡萄植株中的运输和分配[J]. *园艺学报*, 2000, 27(6): 439-440.
- [7] 赵会杰,薛延丰. 外源水杨酸对光抑制条件下小麦叶片光合作用的影响[J]. *植物生理学通讯*, 2005, 41(5): 613-615.
- [8] 康国章,欧志英,王正询,等. 水杨酸诱导提高香蕉幼苗耐寒性的机制研究[J]. *园艺学报*, 2003, 30(2): 141-146.
- [9] 张蕊,吕俊,米青山,等. 低温下外源水杨酸对水稻幼苗抗氧化酶系的影响[J]. *西南农业大学学报*, 2006, 28(1): 29-36.
- [10] 张素琴,耿广东,程智慧. 外源水杨酸对茄子抗寒性的影响[J]. *湖南农业大学学报*, 2007, 33(6): 687-689.
- [11] 骆耀平,吴姗,康孟利. 二年生嫁接茶树的冬季光合特性与抗寒性[J]. *浙江大学学报*, 2002, 28(4): 397-400.
- [12] 房用,李秀芬,慕宗昭,等. 茶树抗寒性研究进展[J]. *经济林研究*, 2004, 22(2): 69-72.
- [13] 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.
- [14] 王爱国,罗广华. 植物的超氧化物自由基与羟胺反应的定量关系[J]. *植物生理学通讯*, 1990, 6: 55-57.
- [15] 林植芳. 衰老叶片 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 积累与膜脂过氧化的关系[J]. *植物生理学报*, 1998, 14(1): 16-22.
- [16] 单守明,刘国杰,李绍华,等. 秋季叶面喷施 IAA、6-BA 和 GA<sub>3</sub> 对草莓植株的影响[J]. *果树学报*, 2007, 24(4): 545-548.