

DOI:10.11937/bfyy.201703010

# 根施不同酚酸类物质对东北山樱桃 叶绿素荧光特性的影响

高 鹤

(辽宁省林业技术推广站, 辽宁 沈阳 110036)

**摘 要:**以东北山樱桃(*Cerasus sachalinensis* Kom.)实生幼苗为试材,在其根际土壤中分别施入不同浓度的对羟基苯甲酸(0.1、1.0、10.0 mmol·L<sup>-1</sup>)、香豆素(0.1、1.0、10.0 mmol·L<sup>-1</sup>)和对羟基苯甲酸+香豆素二者混合溶液(0.1、1.0、10.0 mmol·L<sup>-1</sup>),利用植物效率仪 Hansatch PEA,采用叶绿素荧光诱导动力学理论和 JIP-test 数据分析方法,研究了根施不同酚酸类物质对东北山樱桃幼苗叶绿素荧光特性的影响。结果表明:不同种类、不同浓度酚酸物质对东北山樱桃幼苗的叶绿素荧光特性产生影响,但作用效果存在差异。其中,不同浓度香豆素(B)和对羟基苯甲酸+香豆素(AB)处理所得结果相似,呈“低促高抑”趋势,即 0.1B(AB) > 1.0B(AB) > CK > 10.0B(AB);而对羟基苯甲酸处理结果则呈现出抑制的趋势,且随浓度增加抑制程度减弱,即 CK > 1.0A > 10.0A > 0.1A。PSII有活性反应中心数目在根施酚酸处理后的变化差异极显著。可见,酚酸类物质可能通过改变东北山樱桃幼苗叶片中 PSII有活性反应中心数目进而对其光合作用产生影响。

**关键词:**酚酸;东北山樱桃;叶绿素荧光参数

**中图分类号:**S 662.501 **文献标识码:**B **文章编号:**1001-0009(2017)03-0046-04

化感作用(allopathy)即植物或微生物的代谢分泌物对环境其它植物或微生物产生的有益或有害的作用。化感物质主要包括酚酸类、萜类、生物碱等植物次生代谢物质,在外界环境中可引起植物的生理、生态及行为反应。大量研究表明,连作障碍的发生与化感物质之间存在相关性,化感物质抑制后茬作物生长<sup>[1-3]</sup>。因此,研究化感物质对植物生理的影响,对解决连作障碍具有重要意义。

东北山樱桃(*Cerasus sachalinensis* Kom.)是辽宁省辽东山区常见树种,也是辽宁省寒凉地区栽植甜樱桃的常用砧木。经长期观察研究发现,东北山樱桃连作或重茬后极易出现根部病害<sup>[4]</sup>,这可能与其根系分泌物中大量存在的酚酸类物质有关,但其作用机理尚未明确。为此,该试验利用植物效率仪(hansatch PEA),研究不同酚酸类物质对东北山樱桃幼苗叶绿素荧光特性的影响,以期揭示其根系分泌

物的化感作用机理,并为辽宁省甜樱桃砧木研究提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试材料为东北山樱桃一年生实生营养钵幼苗。

### 1.2 试验方法

试验于2011年在沈阳农业大学进行。待幼苗长至15片叶且根系布满营养钵时,选择长势一致幼苗进行酚酸类溶液灌根处理,设置0.1、1.0、10.0 mmol·L<sup>-1</sup>3个浓度梯度,选择东北山樱根系分泌物中广泛存在的酚酸类型,包括对羟基苯甲酸(0.1A、1.0A和10.0A)、香豆素(0.1B、1.0B和10.0B)及对羟基苯甲酸+香豆素二者混合溶液(0.1AB、1.0AB、10.0AB)。先将酚酸用少量乙醇溶解(乙醇体积分数不超过0.2%),再用蒸馏水稀释至所需浓度。二者混合溶液为2种酚酸稀释溶液的等比例混合物。对照(CK)为体积分数0.2%乙醇溶液。每7d处理1次,每处理50mL,11次(株)重复。

**作者简介:**高鹤(1982-),女,硕士,工程师,现主要从事林业技术等研究工作。E-mail:hebe\_0908@qq.com.

**收稿日期:**2016-10-08

## 1.3 项目测定

1.3.1 快速叶绿素荧光诱导动力学的测定 处理后 20 d,选择植株中部叶片进行测定,即从根部向上依次至第 4~6 片叶。测定前,需将叶片暗适应 20 min,然后利用植物效率仪 Hansatch PEA 进行测定。

1.3.2 JIP-test 分析 暗适应后,测定  $F_0$ (20  $\mu$ S 时荧光)、 $F_j$ (2 mS 时荧光)、 $F_m$ (最大荧光)、 $RC$ (反应中心)、 $ABS$ (天线色素吸收的光能)、 $V_j$ (J 点的相对可变荧光)、 $Mo$ (O-J-I-P 荧光诱导曲线的初始斜率)和  $CS$ (单位面积)。JIP-test 参数<sup>[5]</sup>:  $\phi Po = F_v/F_m = (F_m - F_0)/F_m$ ;  $\Psi_0 = 1 - V_j$ ;  $PI_{ABS} = (RC/ABS) \times [\phi Po / (1 - \phi Po)] \times [\Psi_0 / (1 - \Psi_0)]$ ;  $\phi Eo = ET_0/ABS = 1 - (F_0/F_m) \times \Psi_0$ ;  $RC/CS_0 = \phi Po \times (V_j/Mo) \times (ABS/CS_0)$ ;  $RC/CS_m = \phi Po \times (V_j/Mo) \times (ABS/CS_m)$ 。

## 1.4 数据分析

试验数据采用 SPSS 软件,利用 Duncan 新复极差法进行统计分析。

## 2 结果与分析

## 2.1 东北山樱桃幼苗光合性能对不同酚酸物质的响应

$\phi Po$  反映了 PSII 最大光化学效率;  $\Psi_0$  反映了在反应中心捕获的激子中用来推动电子传递到电子传递链中超过  $Q_A$  的其它电子受体的激子占用来推动  $Q_A$  还原激子的比率;  $\phi Eo$  反映了反应中心吸收的光能用于电子传递的量子产额;  $PI_{ABS}$  反映了以吸收光能为基础的性能指数。

由表 1 可知,在不同浓度、不同种类酚酸处理下,东北山樱桃幼苗叶片中  $\phi Po$ 、 $\Psi_0$  和  $\phi Eo$  与对照之间的差异不显著,但  $PI_{ABS}$  与对照之间的差异显著。10.0A 处理的  $PI_{ABS}$  高于对照 5.6%,0.1A 处理的  $PI_{ABS}$  低于对照 16.3%,二者差异显著,1.0A 处理与对照无显著性差异。0.1B 和 1.0B 处理均显著高于对照,较对照分别高 11.8%和 6.7%,1.0B 与 10.0B 处理较对照无差异。0.1AB 处理高于对照 5.6%,1.0AB 处理与对照无差异,10.0AB 处理低于对照 17.4%,二者差异显著。综上可知,低浓度对羟基苯甲酸抑制效应,但随浓度的增加,抑制效应减弱,并呈现出促进光能吸收效应;而不同浓度香豆素及对羟基苯甲酸+香豆素处理的作用趋势相似,即低浓度呈促进效应,随着浓度的增加促进作用减弱,逐渐呈现出抑制作用,表现为“低促高抑”的趋势。可见,土壤中不同种类、不同浓度的酚酸会对东北山樱桃的光合性能产生影响,但影响效果存在差异。

表 1 不同酚酸物质对东北山樱幼苗光合性能的影响

处理	$\phi Po$	$\Psi_0$	$\phi Eo$	$PI_{ABS}$
CK	0.80±0.013	0.52±0.051	0.42±0.042	1.78±0.52b
0.1A	0.80±0.022	0.49±0.080	0.39±0.066	1.49±0.63c
1.0A	0.81±0.020	0.49±0.074	0.39±0.066	1.72±0.73b
10.0A	0.81±0.004	0.50±0.036	0.41±0.030	1.88±0.36ab
0.1B	0.84±0.047	0.56±0.070	0.49±0.016	1.99±0.12a
1.0B	0.82±0.009	0.53±0.089	0.46±0.035	1.90±0.36ab
10.0B	0.77±0.033	0.45±0.013	0.35±0.036	1.72±0.26b
0.1AB	0.85±0.039	0.58±0.027	0.48±0.024	1.88±0.36ab
1.0AB	0.80±0.016	0.54±0.062	0.44±0.023	1.76±0.71b
10.0AB	0.75±0.042	0.43±0.047	0.33±0.010	1.47±0.55c

注:数据表示平均值±标准差,小写字母表示差异显著( $P<0.05$ )。下同。

## 2.2 东北山樱桃幼苗 PSII 有活性反应中心对不同酚酸物质的响应

$RC/CS_0$ ,当  $t=0$  时,即叶片经充分暗适应后的单位面积有活性的反应中心数目。此时,PSII 的电子受体  $Q_A$ 、 $Q_B$  和 PQ 完全失去电子而被氧化,导致 PSII 反应中心处于“完全开放”状态,全部用于电子传递; $RC/CS_m$  为  $t=t_{Fm}$  时有活性的反应中心数目,此时 PSII 反应中心处在“完全关闭”的状态下。

由表 2 可知,与 CK 相比,不同浓度、不同种类酚酸处理下, $RC/CS_0$  变化差异不显著,而  $RC/CS_m$  变化差异水平显著或极显著。对羟基苯甲酸处理后, $RC/CS_m$  变化差异水平极显著,0.1A、1.0A 和 10.0A 处理较对照分别降低 11.6%、2.8%和 6.2%,即  $CK>1.0A>10.0A>0.1A$ ;香豆素处理后,表现出的“低促高抑”趋势,即  $0.1B>1.0B>CK>10.0B$ ,除 1.0B 处理外,其余处理均较对照呈差异极显著水平,其中 0.1B、1.0B 和 10.0B 处理较对照分别升高 5.6%、1.5%,降低 12.3%。对羟基苯甲酸+香豆素处理后也表现出的“低促高抑”趋势,即  $0.1AB>1.0AB>CK>10.0AB$ ,除 1.0AB 处理外,其余处理

表 2 不同酚酸物质对东北山樱幼苗 PSII 反应中心数量的影响

处理	$RC/CS_0$	$RC/CS_m$
CK	90.90±5.44	581.09±9.36aA
0.1A	91.64±8.72	513.55±8.25dD
1.0A	91.91±11.64	565.09±13.63bB
10.0A	91.18±9.91	545.18±7.11cC
CK	90.90±5.44	581.09±9.36bB
0.1B	92.90±7.61	613.42±10.32aA
1.0B	91.83±2.78	589.52±12.28bB
10.0B	89.91±16.22	509.59±14.85cC
CK	90.90±5.44	581.09±9.36bB
0.1AB	94.90±3.59	615.12±2.88aA
1.0AB	92.64±5.74	593.55±6.92bB
10.0AB	87.79±9.53	533.79±19.65cC

注:大写字母表示差异极显著( $P<0.01$ )。

均较对照差异极显著,其中 0.1AB、1.0AB 和 10.0AB 处理较对照分别升高 5.9%、2.1% 和降低 8.1%。可见,东北山樱桃的 PSII 有活性反应中心数目在酚酸处理下发生显著变化,说明其对土壤中的酚酸物质的存在极敏感。

### 3 讨论与结论

叶绿素荧光动力学具有快速和非破坏性的优点,能更好的反映被测样品和材料的关系,在植物遭受胁迫的研究过程中被广泛应用<sup>[3-7]</sup>。参照 STRAUSS 等<sup>[6]</sup>的能量流动模型,天线色素吸收的能量(ABS)其中小部分以热能和荧光的形式耗散掉,大部分被反应中心(RC)所捕获(TR),在反应中心激发能被转化为还原能,将  $Q_A$  还原为  $Q_A^-$ ,后者又可以被重新氧化,从而产生电子传递(ET),把传递的电子用于固定  $CO_2$  或其它途径<sup>[3,5]</sup>。该试验结果显示,经酚酸处理过的东北山樱桃幼苗叶片的叶绿素荧光参数  $\phi Po$ 、 $\Psi_o$ 、 $\phi Eo$  和 RC/CS<sub>o</sub> 与对照存在差异,但差异不显著,而  $PI_{Abs}$  和 RC/CS<sub>m</sub> 在处理中的差异可达显著和极显著水平,说明酚酸类物质可改变光合结构,通过激活和抑制反应中心,改变能量流传递,进而改变光合性能,影响光合作用。

化感作用是多种物质共同作用的结果<sup>[1-12]</sup>。也兰春等<sup>[8]</sup>研究发现,对羟基苯甲酸可以降低西瓜幼苗的种子萌发率,使西瓜种芽的胚轴、胚根生长受到抑制,根系活力、株高、茎粗、叶面积和地上部和根系干质量均显著降低。JONES<sup>[9]</sup>认为,植物根系分泌物中有机酸种类很多,浓度一般为 5~50 mmol·L<sup>-1</sup>。陈龙池等<sup>[10]</sup>研究发现,1.0、10.0 mmol·L<sup>-1</sup> 的对羟基苯甲酸显著抑制叶绿素含量、光合作用和根系活力等指标,是产生化感作用的重要因素。齐永志等<sup>[11]</sup>的研究发现,对羟基苯甲酸对草莓枯萎病的发生具有助长的作用,处理后,根系 SOD、POD、PPO 和 PAL 的活性均显著降低,根系质膜和液泡膜的活性也显著降低,基质中的尖孢镰刀菌的数量显著增加,病情指数分别提高了 60.6% 和 36.5%。另外,酚酸类物质还在改变土壤理化性质和土壤酶活性<sup>[12]</sup>,降低植物抗性,降低膜的活性,促进病原菌繁殖以及提高病情指数方面发挥显著作用。高浓度酚酸类物质

可干扰叶绿素的代谢过程,使光合作用受阻,该研究结果表明,不同酚酸处理对东北山樱桃的光合性能的影响存在差异。其中对羟基苯甲酸可抑制光能的吸收,并且表现低浓度处理抑制作用更为突出,这可能是高浓度处理使东北山樱桃的光系统产生了应激反应导致的。香豆素和对羟基苯甲酸+香豆素处理则呈现出相同的“低促高抑”趋势。这说明,对羟基苯甲酸和香豆素均在东北山樱桃的自毒作用中扮演着重要角色,且香豆素可能在化感作用中起到更为主导的作用。

另外,该试验通过研究不同酚酸类物质对东北山樱桃叶片叶绿素荧光特性的影响发现,叶绿素荧光参数可更直观、更有效、更准确的表现出其化感作用,可将其作为今后研究化感作用的参考指标。

### 参考文献

- [1] 张江红. 酚类物质对苹果的化感作用及重茬障碍影响机理的研究[D]. 泰安: 山东农业大学, 2005.
- [2] 王闯, 徐公义, 葛长城, 等. 酚酸类物质和植物连作障碍的研究进展[J]. 北方园艺, 2009(3): 134-137.
- [3] 王春丽, 王喜枝, 姚丽娟, 等. 不同连作年限对大蒜生长及生理活性的影响[J]. 北方园艺, 2016(5): 5-8.
- [4] 秦嗣军, 吕德国, 赵德英, 等. 本溪山樱桃根系酚酸类分泌物及其化感效应研究[J]. 沈阳农业大学学报, 2008, 39(2): 156-160.
- [5] 李鹏民, 高辉远, RETO J S. 快速叶绿素荧光诱导动力学分析在光合作用研究中的应用[J]. 植物生理与分子生物学报, 2005, 31(6): 559-566.
- [6] STRAUSS A J, KRUGER G H J, STRASSER R J, et al. Ranking of dark chilling tolerance in soybean genotypes probed by the chlorophyll fluorescence transient O-J-I-P[J]. Environmental and Experimental Botany, 2006(56): 147-157.
- [7] BUENO M, FILLAT M F, STRASSER R J, et al. Effects of lindane on the photosynthetic apparatus of the *Cyanobacterium anabaena* [J]. Environ Sci Pollut Res, 2004(11): 98-106.
- [8] 也兰春, 冯振中, 周镇. 苯甲酸和对-羟基苯甲酸对西瓜种子发芽及幼苗生长的影响[J]. 中国农学通报, 2007, 23(1): 237-239.
- [9] JONES D L. Organic acids in the rhizosphere: a critical review[J]. Plant Soil, 1998, 205: 25-44.
- [10] 陈龙池, 廖利平, 汪思龙, 等. 香草醛和对羟基苯甲酸对杉树幼苗生理特性的影响[J]. 应用生态学报, 2002, 13(10): 1291-1294.
- [11] 齐永志, 金京京, 常娜, 等. 对羟基苯甲酸对草莓枯萎病发生的助长作用[J]. 中国植保导刊, 2016, 36(9): 5-10.
- [12] 伊文慧, 王延平, 王华田, 等. 酚酸类化感物质对杨树人工林土壤硝化作用的影响[J]. 山东大学学报, 2016, 51(1): 27-33.

## Effects of Different Phenolic Acids on Chlorophyll Fluorescence Characteristics of Northeast Hill Cherry

GAO He

(Liaoning Province Station of Forestry Technology Popularizing, Shenyang, Liaoning 110036)

DOI:10.11937/bfyy.201703011

# 高海拔冷凉地区露地蔬菜间作种植模式

蒯佳琳, 张玉鑫, 张俊峰

(甘肃省农业科学院 蔬菜研究所, 甘肃 兰州 730070)

**摘要:**以娃娃菜和西芹为试材,根据2种蔬菜生长周期,研究了娃娃菜与西芹间作、娃娃菜单作和西芹单作不同模式下的2种蔬菜个体生长及产量差异,对比分析了不同间作模式和单作模式下的经济效益及产值。结果表明:2垄娃娃菜间作1垄西芹种植模式的总产量,较娃娃菜单作或西芹单作增加了10.15%和1.90%,经济效益提高了3.83%和15.26%,经济效率提高了3.82%和15.30%。说明2垄娃娃菜间作1垄西芹种植模式为最佳,产值为10 704.77元,经济效率为16.05元·m<sup>-2</sup>。

**关键词:**间作;娃娃菜;西芹;种植模式

**中图分类号:**S 604<sup>+</sup>.6 **文献标识码:**B **文章编号:**1001-0009(2017)03-0049-04

间作是我国传统农业遗产的重要组成部分,是通过技术和劳力密集投入,在有限土地上获得更多农产品,并实现高产高效的种植模式。合理的间作不仅可以改善农田生态系统生产力,提高作物对养分的截获,提高农田水分含量或水分利用效率,而且

与传统的单一种植方式相比,间作有明显的产量优势<sup>[1-5]</sup>。解明明等<sup>[6]</sup>研究表明,白菜2行与甜菜2行间作,白菜、甜菜的实际产量比“预期”产量分别极显著增高59.3%和53.0%。张久东等<sup>[7]</sup>在河西灌区对小麦与不同豆科作物间作模式研究表明,以小麦间作大豆的经济效益为23 142元·hm<sup>-2</sup>,较单作小麦增值45.6%。赵雪娇等<sup>[8]</sup>研究表明,玉米甘蓝间作可以提高玉米相对产量,但不同程度地抑制了甘蓝生长,且这种抑制作用随着甘蓝行数的增加而减弱。说明合理适宜的作物间作才可以显著提高产量和效益。甘肃省永昌县地处河西走廊东部,由于受气候凉爽、光热资源限制,一般只能生产一茬蔬菜,这就

**第一作者简介:**蒯佳琳(1985-),男,甘肃兰州人,硕士,研究实习员,现主要从事蔬菜栽培及营养等研究工作。E-mail: kuaijialin\_1222@126.com.

**基金项目:**农业部西北地区蔬菜科学观测实验站资助项目(2015-A2621-620321-G1203-066);甘肃省农业科学院创新专项资助项目(2014GAAS02)。

**收稿日期:**2016-09-27

**Abstract:** The effects of phenolic acids on fast chlorophyll fluorescence transient and there parameters about the (*Cerasus sachalinensis* Kom.) were studied via plant efficiency analyzer from Hansatch PEA. In the rhizosphere soil of the northeast hill cherry seedlings, the different concentrations of the hydroxy benzoic acid (0.1, 1.0, 10.0 mmol · L<sup>-1</sup>), coumarin (0.1, 1.0, 10.0 mmol · L<sup>-1</sup>), hydroxy benzoic acid with coumarin (0.1, 1.0, 10.0 mmol · L<sup>-1</sup>) were applied into respectively. The results showed that there were different effects on chlorophyll fluorescence characteristics by different species and different concentrations of phenolic acid. Different concentration treatments of coumarin(B) had similar results as p-hydroxybenzoic acid+coumarin(AB), present tendency of promotion in low concentration and inhibition in high concentration that was 0.1B(AB) > 1.0B(AB) > CK > 10B(AB). But the results of effects of p-hydroxybenzoic was inhibition, and the inhibition weakened with the increase of concentration, CK > 1.0A > 10A > 0.1A. In addition, the experimental data showed that the number of active reaction centers of PSII changed significantly after treated by phenolic acids. So, phenolic acids might change the photosynthesis of northeast hill cherry by changing the number of active reaction centers of PSII.

**Keywords:** phenolic acids; northeast hill cherry; chlorophyll fluorescence parameter