

## 水杨酸对油菜幼苗侧根形成的影响

李柯莹, 李家儒\*

(武汉大学植物发育生物学教育部重点实验室, 武汉 430072)

**摘要:** 将品质均一的油菜(*Brassica napus* L.)种子播在加入0、0.08、0.40、2.00和10.00  $\mu\text{mol/L}$ 等不同浓度水杨酸的MS培养基中进行培养,结果表明,在MS培养基中添加水杨酸对油菜幼苗的侧根发生及内源生长素和脱落酸的含量有明显影响,其中添加0.40  $\mu\text{mol/L}$ 水杨酸,油菜幼苗的侧根发生量比对照明显增多,侧根发生量比对照增加47.8%,油菜幼苗的茎叶和根部生长素含量都高于对照和其它处理,而脱落酸含量则低于对照和其它处理。由此表明,水杨酸可能通过调节内源生长素和脱落酸含量变化,进而影响油菜幼苗侧根发生。

**关键词:** 油菜; 水杨酸; 侧根发生; 生长素; 脱落酸

中图分类号: Q945

文献标识码: A

文章编号: 1000-470X(2004)04-0345-04

## The Effects of Salicylic Acid on Lateral Roots Formation in Rape Seedlings

LI Ke-Ying, LI Jia-Ru\*

(Key Laboratory of MOE for Plant Developmental Biology, Wuhan University, Wuhan 430072, China)

**Abstract:** Seeds of rape (*Brassica napus* L.) were cultured in the presence of exogenous salicylic acid ranging from 0.08 to 10.00  $\mu\text{mol/L}$  (0、0.08、0.40、2.00 and 10.00  $\mu\text{mol/L}$ ) to see the effect of salicylic acid on the formation of lateral roots in rape. The results show that 0.40  $\mu\text{mol/L}$  salicylic acid treatment enhanced the formation of lateral roots significantly, in which the number of lateral roots was increased by 47.8% compared with the control. More auxin and lower abscisic acid were detected both in leafs and roots of the treatment of 0.40  $\mu\text{mol/L}$  salicylic acid. It showed that salicylic acid might be involved in the regulation of lateral root formation through influencing the content of endogenous auxin and abscisic acid in rape.

**Key words:** Rape (*Brassica napus* L.); Salicylic acid; Lateral root formation; Auxin; Abscisic acid

植物的侧根形成于主根,其位置和数量是构成成熟根系的基础。植物主根的发生早在胚胎发育过程中就已经决定了,而侧根的发生与生长环境密切相关<sup>[1,2]</sup>。植物的根系越发达越有利于其生长,其抗旱性越强。

水杨酸在植物中广泛存在,对植物生长发育具有多种调节作用,可参与植物的抗性反应,对病虫害、高温、干旱、盐胁迫都有一定的抵抗作用<sup>[3~6]</sup>。Raskin认为水杨酸是一种新的激素<sup>[7]</sup>。多数情况

下,水杨酸被认为是一种植物生长物质。有关水杨酸对植物的影响研究较多,但有关它与植物侧根发生的关系研究报道较少。油菜是我国重要的经济作物,笔者探讨了水杨酸对油菜幼苗侧根发生的影响。

### 1 材料和方法

#### 1.1 试验材料

中双七号油菜(*Brassica napus* L.)种子购自中国农业科学院油料研究所。水杨酸(salicylic acid,

收稿日期: 2003-10-21, 修回日期: 2004-01-05。

作者简介: 李柯莹(1978—), 女, 硕士, 研究方向为植物生理生化。

\* 通讯作者(E-mail: jrli@whu.edu.cn)。

SA) 为国产分析纯。

取适量品质均一的油菜种子经 75% 酒精浸泡 2 min, 无菌水冲洗 3 次, 再用 0.1% 氯化高汞溶液浸泡 8~10 min, 无菌水冲洗 4~6 次。将种子分别播到含有 0、0.08、0.40、2.00 和 10.00  $\mu\text{mol/L}$  水杨酸的 MS 培养基上培养, 每直径 12 cm 的玻璃培养皿中分装 45 mL 培养基, 每皿 10 粒, 排成直线, 保鲜膜封口。每处理重复 3 次。种子发芽后, 培养皿竖立, 定期观测主根长度、主根上侧根数、侧根长度。培养条件: 25°C ± 2°C, 每天光照 12 h。

## 1.2 内源生长素的提取和测定

参照张能刚和周燮的方法<sup>[8-10]</sup>进行。取培养 15 d 的油菜幼苗, 洗净根部, 分别称取适量根部和茎叶, 80% 甲醇冰浴研磨, 10 000 g 离心 15 min, 上清液经 C<sub>18</sub> 胶柱 (Sep-Pak cartridge, Waters 公司生产) 纯化, 用于 IAA 和 ABA 含量测定。酶联免疫试剂盒购自南京农业大学植物激素研究室。

## 2 结果和分析

### 2.1 水杨酸对油菜幼苗主根伸长的影响

在 MS 培养基中添加 0.08、0.40、2.00、10.00  $\mu\text{mol/L}$  水杨酸培养 11 d 的油菜幼苗主根长度分别为对照的 89.3%、71.9%、59.9% 和 49.8%, 培养 13 d 时分别为对照的 93.0%、85.8%、66.0% 和 54.8%, 15 d 时分别为对照的 97.6%、95.7%、68.7% 和 61.8% (见表 1)。这表明在种子萌发及幼苗生长初期, 水杨酸处理抑制油菜幼苗主根伸长, 在一定浓度范围内, 这种抑制作用随着浓度的增加而增强, 达到极显著水平。但随着生长时间的延长, 这种抑制作用逐步减弱。

表 1 水杨酸对油菜幼苗主根伸长的影响

Table 1 Effect of SA treatment on the elongation of main root of rape seedlings

处理浓度 ( $\mu\text{mol/L}$ )	主根长度(cm)			Length of main root
	11 d	13 d	15 d	
0	12.72 ± 0.78	13.65 ± 0.83	13.94 ± 0.85	
0.08	11.36 ± 0.57	12.69 ± 0.74*	13.61 ± 0.79	
0.40	9.15 ± 0.52**	11.71 ± 0.65**	12.37 ± 0.61**	
2.00	7.62 ± 0.50**	9.01 ± 0.45**	9.58 ± 0.81**	
10.00	6.33 ± 0.43**	7.48 ± 0.27**	8.61 ± 0.76**	

注: \*, \*\* 分别表示 5% 和 1% 差异显著水平(下表同)。

Notes: Each data represents the mean (with SD) of three replicates. \*, \*\* Respectively show prominent different level at 5%, 1% (The same as in table below).

### 2.2 水杨酸对油菜幼苗侧根发生的影响

#### 2.2.1 水杨酸对油菜幼苗侧根发生量的影响

MS 培养基中添加水杨酸对油菜幼苗侧根发生具有双重作用(见表 2)。0.08、0.40 和 2.00  $\mu\text{mol/L}$  水杨酸处理促进侧根发生, 其中, 添加 0.40  $\mu\text{mol/L}$  水杨酸的处理, 3 次测定中分别比对照增加 34.2%、35.7% 和 47.8%。达到极显著水平; 在 MS 培养基中添加 10.00  $\mu\text{mol/L}$  水杨酸则抑制油菜幼苗侧根发生, 也达到极显著水平。这些结果表明, 低浓度水杨酸促进油菜幼苗侧根发生, 高浓度时则抑制侧根发生。

表 2 水杨酸对油菜幼苗侧根发生量的影响

Table 2 Effect of SA treatment on the formation of lateral roots of rape seedlings

处理浓度 ( $\mu\text{mol/L}$ )	侧根数			The number of lateral roots
	Treatments	11 d	13 d	15 d
0	12.00 ± 0.89	15.70 ± 1.42	18.10 ± 1.30	
0.08	11.50 ± 0.73	16.70 ± 1.25	19.27 ± 1.42*	
0.40	16.10 ± 1.02**	21.30 ± 1.80**	26.75 ± 2.13**	
2.00	11.90 ± 1.23	16.62 ± 1.61	19.58 ± 1.90*	
10.00	8.10 ± 0.51**	10.33 ± 1.27**	11.93 ± 0.92**	

2.2.2 水杨酸对油菜幼苗侧根伸长的影响 以最长侧根作为评价指标<sup>[11]</sup>, 比较不同处理效应, 结果如表 3。MS 培养基中添加 0.08、0.40、2.00、10.00  $\mu\text{mol/L}$  水杨酸, 不同处理条件下油菜幼苗最长侧根长度差异不明显, 没有一种处理达到显著水平。这与水杨酸对油菜幼苗主根长度的影响不同。出现这种现象的原因可能是油菜幼苗主根和侧根形成时期不同, 侧根数量多, 侧根形成时培养基中的水杨酸浓度大大降低所致, 或者是水杨酸对油菜幼苗主根和侧根伸长的影响机制不同。虽然一定浓度的水杨酸对油菜幼苗主根伸长有一定的抑制作用, 但对侧根伸长却影响不大。

表 3 水杨酸对油菜幼苗侧根伸长的影响

Table 3 Effect of SA treatment on the elongation of the longest lateral root of rape seedlings

处理浓度 ( $\mu\text{mol/L}$ )	侧根长度(cm)			Length of lateral roots
	Treatments	11 d	13 d	15 d
0	2.22 ± 0.10	3.23 ± 0.05	3.8 ± 0.10	
0.08	2.23 ± 0.13	3.34 ± 0.12	3.86 ± 0.11	
0.40	2.29 ± 0.09	3.36 ± 0.14	3.94 ± 0.15	
2.00	2.19 ± 0.11	3.19 ± 0.08	3.86 ± 0.09	
10.00	2.30 ± 0.07	3.38 ± 0.16	3.80 ± 0.17	

### 2.3 水杨酸对油菜幼苗生长素含量的影响

在 MS 培养基中添加水杨酸对油菜幼苗内源生长素 (indole-3-acetic acid, IAA) 含量具有明显影响

(见图1)。15 d 时, 0.40  $\mu\text{mol/L}$  水杨酸处理的油菜幼苗茎叶部和根部的生长素含量都比对照明显增加, 茎叶部分生长素含量比对照高 21.7%, 根部比对照高 52.8%。这表明, 适宜浓度的水杨酸处理可提高油菜幼苗生长素的水平, 有助于生长素在油菜幼苗根部积累。

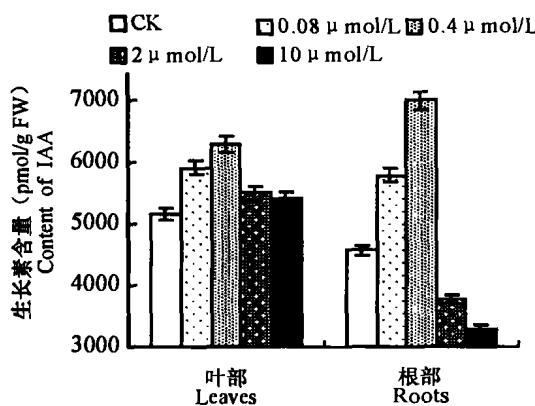


图1 水杨酸对油菜幼苗内源生长素含量的影响  
Fig. 1 Effect of SA treatment on the content of IAA in rape seedlings

## 2.4 水杨酸对油菜幼苗脱落酸含量的影响

MS 培养基中添加不同浓度水杨酸, 各种处理的油菜幼苗茎叶与根部的脱落酸(abscisic acid, ABA) ABA 含量均较对照低(图2), 其中 0.40  $\mu\text{mol/L}$  水杨酸处理, 油菜幼苗 ABA 含量最低, 叶片部分 ABA 含量降低 55.8%, 根部降低 47.2%。这表明一定浓度的水杨酸处理, 在正常生长条件下, 可能通过影响 ABA 代谢从而影响油菜幼苗中 ABA 的含量。

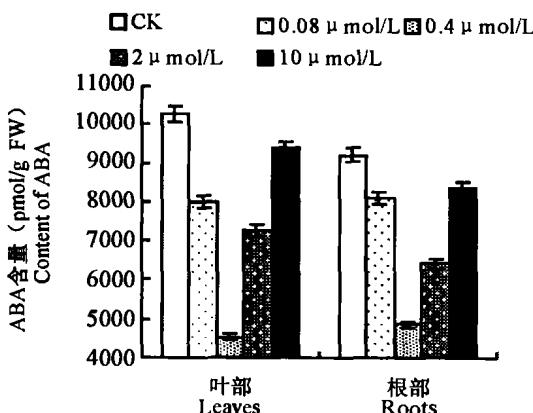


图2 水杨酸对油菜幼苗ABA含量的影响  
Fig. 2 Effect of SA treatment on contents of ABA in rape seedlings

## 3 讨论

水杨酸对植物生长发育具有多种调节作用, 但有关其与植物侧根发生的关系研究报道较少。据江玲等报道  $10^{-6}$  mol/L 的水杨酸处理莴苣幼苗初生根 36 h, 可促进侧根原基形成, 与生长素配合处理, 具有加合效应<sup>[12]</sup>。本文结果也表明, MS 培养基中添加 0.40  $\mu\text{mol/L}$  水杨酸能明显促进油菜幼苗侧根发生(表2)。已有大量实验证明生长素类物质能促进植物侧根发生, 是引发植物侧根发生的最直接因素<sup>[13-16]</sup>, 而 ABA 则抑制植物侧根发生<sup>[11, 17, 18]</sup>。本研究结果表明, MS 培养基中添加了 0.40  $\mu\text{mol/L}$  水杨酸的油菜幼苗 IAA 含量比对照明显增加, 而 ABA 含量却比对照有所减少。可能正是在这两类激素共同作用下, 促使油菜幼苗形成更多的侧根。有关水杨酸促进油菜幼苗侧根发生及其与侧根生长的关系, 仍有待进一步深入研究。

本试验表明, 水杨酸处理抑制油菜幼苗主根伸长, 这种抑制作用随着浓度的增加越显著, 迄今这方面相关报道较少, 有待进一步研究。

## 参考文献:

- [1] Fitter A H, Stickland T R, Harvey M L, Wilson G W. Architectural analysis of plant root systems. 1. Architectural correlates of exploitation efficiency [J]. *New Phisiol*, 1991, **118**(3): 375-382.
- [2] Fitter A H, Stickland T R. Fractal characterization of root system architecture [J]. *Functional Ecology*, 1992, **6**(6): 632-635.
- [3] Delaney T P, Uknnes S, Vernooi J B, Friedrich L, Weymann K, Negrotto D, Gaffney T, Gut-Rella M, Kessmann H, Ward E, Ryals J. A central role of salicylic acid in plant disease resistance [J]. *Science*, 1994, **266**(5188): 1247-1250.
- [4] 马德华, 庞金安, 李淑菊. 温度逆境锻炼对高温下黄瓜幼苗生理的影响 [J]. 园艺学报, 1998, **25**(4): 350-355.
- [5] 许明丽, 孙晓艳, 文江祁. 水杨酸对水份胁迫下小麦幼苗叶片膜损伤的保护作用 [J]. 植物生理学通讯, 2000, **36**(1): 35-36.
- [6] 张士功, 宋景芝. 水杨酸和阿司匹林对小麦盐害的缓解作用 [J]. 植物生理学报, 1999, **25**(2): 159-164.
- [7] Raskin I. Salicylate, a new plant hormone [J]. *Plant physiol*, 1992, **99**(3): 799-803.
- [8] 张能刚, 周燮. IAA 间接酶联免疫检测法的建立, 南京农业大学学报 [J]. 1990, **13**(1): 116-119.

- [9] Zhang N G, Yong J W H, Hew C S. The production of cytokinins, abscisic acid and auxin by CAM orchid aerial roots[J]. *J Plant Physiol*, 1995, **147**(2): 371 – 377.
- [10] Zhou X, Zheng Z F, Chen P Y. Preparation and application of monoclonal antibodies specific for abscisic acid ethylester[J]. *Acta Physiologica Sinica*, 1996, **22**(3): 284 – 290.
- [11] Hooker T S, Thorpe T A. Effects of fouridone and abscisic acid on lateral root initiation and root elongation of excised tomato roots cultured *in vitro* [J]. *Plant Cell Tiss and Organ Culture*, 1998, **52**(1): 199 – 203.
- [12] 江铃, 周燮. 水杨酸对莴苣侧根原基形成和根内激素含量的影响[J]. 植物生理学通讯, 2000, **36**(5): 401 – 403.
- [13] Thimann K V. Auxin and the growth of roots[J]. *Am J Bot*, 1936, **23**(3): 561 – 569.
- [14] Torrey J G. The induction of lateral roots by indoleacetic acid and root decapitation[J]. *Am J Bot*, 1950, **37**(2): 257 – 263.
- [15] Wightman F, Thimann K V. Hormonal factors controlling the initiation and development of lateral roots [J]. *Physiol Plant*, 1980, **49**(1): 13 – 20.
- [16] Munday G A, Haworth P. Tomato root growth, gravitropism and lateral development correlation with auxin transport[J]. *Plant Physiol and Biochemistry*, 1994, **32**(2): 193 – 203.
- [17] Signora L, Smet I D, Foyer C H, Zhang H. ABA plays a central role in mediating the regulatory effects of nitrate on root branching in *Arabidopsis*[J], *Plant J*, 2001, **28**(6): 655 – 662.
- [18] Smet I D, Signora L, Beeckman T, Inze D, Foyer C H, Zhang H. An abscisic acid sensitive checkpoint in lateral root development of *Arabidopsis*[J]. *Plant J*, 2003, **33**(5): 543 – 555.