

## 2,4-D 和环割对苹果根系活力及多胺含量的影响<sup>①</sup>

杨洪强  
(园系系)

夏国海  
(河南农业大学园艺系)

接玉玲 黄天栋 束怀瑞  
(山东农业大学园艺系)

**摘要** 以盆栽二年生新红星苹果/湖北海棠为试材,10月份根部施用 2,4-D  $30 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  水溶液和主干环割,处理后第一周和第四周测定过渡根、延长根和吸收根内源多胺(精胺、亚精胺和腐胺)含量及根系活力。结果表明:2,4-D 处理后第一周,根系活力和内源多胺含量升高;第四周除吸收根变化不明显外,其他两类根活力和内源多胺含量上升。统计分析表明,根系活力与内源多胺含量显著相关,相关系数由大到小依次是多胺总量>精胺>亚精胺>腐胺。

**关键词** 苹果; 根系活力; 多胺

**中图分类号** S661.1;S143.8

### The Effect of 2,4-D and Ringing on Root Activity and Polyamines Content in Apple Roots

Yang Hongqiang  
(Dept. of Horticulture)

Xia Guohai  
(Henan Agricultural University)

Jie Yuling Huang Tiandong Shu Huairui  
(Shandong Agricultural University)

**Abstract** The ringing on trunk and the treatment of 2,4-D solution to roots were conducted in a two-year old pot-cultured apple tree (*Malus pumila* Mill/*Malus hupehensis* Rehd) on Oct. At the first week after 2,4-D treatment, the root activity and the content of polyamines (include spermine, spermidine and putrescine) increased, and decreased after trunk ringing in all roots. At the 4th week, the root activity and polyamines content did not change significantly in absorbing roots after both treatments but activity and polyamines of extensive/transitiona roots were increased. The order of polyamines correlating coefficient to root activity is polyamines > spermine > spermidine > putrescine.

**Key words** apple; root activity; polyamines

多胺参与植物的生长发育,从 70 年代以来已有不少报道<sup>[1]</sup>,近年利用分子生物学技术进一步证实了这一点<sup>[2]</sup>,如 Masgrau C. 等在转基因烟草中诱导精氨酸脱羧酶过表达,使腐胺大量增加,引起根、茎生长的抑制及衰老的加快<sup>[3]</sup>,这与过量的腐胺不利于植物生长发育相一致<sup>[1]</sup>。不仅如此,多胺与真菌的生长和人类肿瘤的形成也有密切关系,Walters D. R 等报道,抑制多胺的生物合成可抑制病原真菌的生长,并能控制其对植物的侵染<sup>[4]</sup>,Tiburcio AF 等则指出人类肿瘤的生长与其食物中的多胺含量有联系<sup>[2]</sup>。

收稿日期: 1997-04-27

①杨洪强,北京圆明园西路 2 号中国农业大学(西校区),100094

多胺同样能调控果树的生长发育。现已查明,多胺与果树花芽分化、新根形成、果实发育及胁迫反应密切相关<sup>[5,6]</sup>,通常在细胞代谢活跃分裂旺盛的地方富集<sup>[1]</sup>。根系活力常被用作反应根系代谢状况的指标,而且外施多胺能提高苹果实生苗根系活力<sup>[7]</sup>。2,4-D 是一种人工合成的生长物质,能增强细胞代谢促进苹果生根<sup>[8]</sup>;主干环割可切伤韧皮部,减少有机物自冠向根运输,使根系因营养匮乏而代谢减弱。本试验利用这两种对根系代谢活性作用相反的处理,探讨它们对苹果根系活力和内生多胺含量的影响,及多胺含量与根系活力的相关性。

## 1 材料和方法

试验于 1997-10 进行。试材为盆栽二年生新红星苹果(*Malus pumila* Mill),砧木为平邑甜茶,取自山东省临沂,属湖北海棠(*M. hupehensis* Rehd)的一个变种,具无融合生殖能力;培养基质为沙质壤土。处理 1 设根部施用  $30 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  2,4-D 水溶液 1 L;处理 2 为主干环割两道,浇水 1 L,对照仅浇水 1 L。单株小区,重复 3 次,分两组,第一组于处理后第一周采根,第二组于处理后第四周采根,在冰水中将延长根、吸收根和过渡根分别拣出。延长根和吸收根均为白色新根,前者指长度大于 0.5 cm 者,呈“豆芽状”,能延长生长,后者指长度小于 0.5 cm 者,群体呈网状,2~3 周更新一次;过渡根指连接延长根、着生吸收根、直径 1 mm 左右的黄褐色次生根。

多胺测定采用薄层-荧光法<sup>[9]</sup>。根系活力用 TTC 法测定<sup>[10]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 2,4-D 和主干环割对苹果根系活力的影响

由表 1 可见,2,4-D 和环割处理均明显影响根系活力。处理后第一周,2,4-D 使三类根活力均提高,以吸收根增幅最大。2,4-D 是一种生理活性比较强的生长物质,能够杀死细弱根并刺激根原基诱导新根产生<sup>[4]</sup>;吸收根本身是一种细小且更新快的根类,所测吸收根主要是 2,4-D 诱导产生的新生根,因而代谢尤为旺盛。

10 月份正是果树地上有机物向根系回流贮藏的时期,环割之后,限制了根系的能量供应,因而活力下降。三者以延长根降幅最大,这也说明延长根对地上营养的依赖性更强。吸收根依附于延长根和过渡根,营养匮乏时,可暂时从它们中摄取,因而环割后吸收根活力降幅最小。

由表 1 还可见,2,4-D 处理后第四周延长根和过渡根根活力下降,吸收根活力与对照接近。环割后第四周延长根和过渡根活力升高。吸收根活力变化不大。

### 2.2 2,4-D 和环割对根系多胺含量的影响

**2.2.1 处理后第一周多胺含量的变化** 由表 2 可见,2,4-D 处理后第一周三类根中精胺、亚精胺、腐胺和多胺总量均明显提高,且吸收根增幅最大;主干环割后,多胺水平明显下降,以延长根降幅最大。比较表 1 和表 2 可见,多胺水平的变化与根系活力的升降规律完全一致。

**2.2.2 处理后第四周多胺含量的变化** 由表 3 可见,2,4-D 处理后第四周,过渡根和延长根中精胺、亚精胺、腐胺和多胺总量均下降,亚精胺变化最小;环割后第四周,延长根和过渡根的多胺水平上升,亚精胺变化也最小。吸收根在 2,4-D 处理和主干环割后第四周多胺含量没有明显变化。这些结果与根系活力的变化也基本一致。

表1 2,4-D和主干环割对苹果根系活力的影响<sup>a</sup> TTC,  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}(\text{FW})$ 

处 理	处理后第一周			处理后第四周		
	2,4-D	环 割	对 照	2,4-D	环 割	对 照
过渡根	62.2±3.7	33.5±2.1	46.2±2.8	34.6±2.4	45.8±2.7	38.7±2.2
延长根	87.3±4.6	35.1±2.3	68.8±4.1	47.6±2.7	67.9±3.4	55.8±3.0
吸收根	97.9±8.2	45.3±3.0	60.1±3.3	56.8±3.1	57.7±3.0	56.9±3.4

表内数据为三次重复的平均值±SE。下同。

表2 处理后第一周苹果根系内源多胺含量<sup>a</sup>  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}(\text{FW})$ 

根 类	处 理	精 胺	亚精胺	腐 胺	多胺总量
过渡根	2,4-D	59.32±3.0	14.68±1.2	21.30±2.6	95.3±6.8
	环 割	20.35±2.1	8.40±1.1	5.62±1.0	34.37±4.2
	对 照	48.75±2.9	13.20±1.3	20.25±2.4	82.2±6.6
延长根	2,4-D	138.55±7.1	28.30±1.8	13.55±1.3	180.40±10.2
	环 割	43.95±2.7	8.50±1.2	6.50±1.1	58.95±5.0
	对 照	117.10±6.0	21.20±2.4	9.75±1.2	148.05±9.6
吸收根	2,4-D	102.50±5.8	19.82±2.2	42.75±2.6	165.07±10.6
	环 割	52.50±2.8	12.25±1.4	19.75±2.0	84.50±6.2
	对 照	81.50±5.0	12.00±1.3	27.25±2.3	125.70±8.6

表3 处理后第四周苹果根系内源多胺含量  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}(\text{FW})$ 

根 类	处 理	精 胺	亚精胺	腐 胺	多胺总量
过渡根	2,4-D	35.75±2.2	9.82±1.0	12.25±1.2	57.82±4.4
	环 割	48.87±3.0	10.95±1.2	18.73±1.4	78.55±5.6
	对 照	40.20±2.4	10.35±1.1	15.33±1.3	65.88±4.8
延长根	2,4-D	88.00±5.4	17.76±1.7	7.34±1.0	103.10±8.1
	环 割	125.45±6.7	20.37±1.9	10.63±1.1	156.45±9.7
	对 照	100.32±6.1	19.54±2.0	8.68±1.1	128.54±9.2
吸收根	2,4-D	72.03±4.0	10.00±1.1	23.15±1.6	102.18±6.7
	环 割	68.95±3.8	9.88±1.0	24.12±1.5	102.95±6.3
	对 照	70.32±4.1	10.01±1.2	24.57±1.7	104.90±7.0

比较表1,2,3可发现第四周多胺的整体水平低于第一周,三类根的根系活力也是第四周低于第一周,两者变化是一致的。

### 3 根系活力与内源多胺含量的相关性

以内源多胺含量为自变量( $x$ ),以根系活力为因变量( $y$ ),对表1,2,3中的数据进行分析得:

$$\text{精胺含量对根系活力的回归方程: } y=0.43x+23.80 \quad r=0.83^{**}$$

$$\text{亚精胺含量对根系活力的回归方程: } y=2.37x+21.62 \quad r=0.76^{**}$$

$$\text{腐胺含量对根系活力的回归方程: } y=1.02x+37.88 \quad r=0.54^*$$

多胺总量对根系活力的回归方程:  $y=0.402x+13.58 \quad r=0.92^{**}$

据上述分析,根系活力与多胺含量显著正相关,相关系数依次是多胺总量>精胺>亚精胺>腐胺的含量,而多胺的生理效应通常认为精胺>亚精胺>腐胺<sup>[2]</sup>,可见根系活力同多胺含量的相关程度,与多胺生理活性的强弱,在次序上恰好一致。

## 4 讨论

植物代谢活动伴有大量以脱氢方式进行的氧化还原反应,用脱氢酶活性作为根系活力指标,反映的是根系细胞代谢强度<sup>[6]</sup>。处于旺盛代谢的组织,其脱氢酶活性高。植物的代谢状况除与自身的生长发育有关外,也受外界因素的影响,如激素的刺激、营养物质丰缺等。本试验证实,2,4-D 可短时提高根系活力,但当刺激过后,根系活力下降,主干环割切断韧皮部运输,限制有机物向根系供应,使根系因营养匮乏而代谢减弱,割伤愈合后,根系活力呈现补偿性提高。多胺是一种生理活性物质,游离多胺可能直接参与植物体内核酸和蛋白质的代谢调节<sup>[2]</sup>,进而影响植物的代谢活性;本试验证实内源多胺含量与根系活力显著相关,而且外用多胺能够提高根系脱氢酶活性<sup>[3]</sup>,因此,游离多胺含量变化与根系活力的关系,应是内源多胺诱发植物体内的一系列代谢变化而改变了根系活力,根系活力可能是内源多胺变化的一个表征。IBA(吲哚丁酸)通过提高内源多胺水平而诱导生根<sup>[7]</sup>,2,4-D 是比 IBA 活性强的一种生长素,它提高根系活力,也可能是通过内源多胺介导的。2,4-D 处理后4周,多胺水平与根系活力下降,可能与代谢旺盛而营养不足有关。正常情况下代谢强度与营养供给是匹配的,2,4-D 诱发旺盛代谢,营养难以持续保证,导致后期根系代谢活动衰弱。

细胞代谢需要有机营养物质提供能量和代谢底物,有机营养物质的丰缺直接影响到代谢活性,因而主干环割明显改变了根系活力。但主干环割又如何影响了内源多胺的变化?多胺生物合成,需激活以精氨酸为直接底物的精氨酸脱羧酶(ADC)<sup>[2]</sup>。精氨酸是果树主要贮藏性氨基酸,依赖于地上部的回流<sup>[8]</sup>,环割韧皮部必然减少了精氨酸的回流,使多胺生物合成前体量减少,即使 ADC 活性高也难以合成足量的多胺。因此,在主干环割的情况下,底物水平是多胺合成的限制因子;环割伤口愈合后,地上部积聚的精氨酸大量运抵根系,多胺生物合成的前体总量提高,因而后期多胺水平提高。在主干环割的情况下,根系活力和多胺含量的变化可能是并行的,因为此时两者的限制因子都是有机物质的含量。

## 参 考 文 献

- 1 Smith T A. Polyamines. *Annu Rev Plant Physiol*, 1985, 36: 117~143
- 2 Tiburcio A F, Altabella T, Borrell A, et al. Polyamine metabolism and its regulation. *Physiologia Plantarum*, 1997, 100(3):664~674
- 3 Masgrau C, Altabella T, Farras R, et al. Inducible over expression of arginine decarboxylase in transgenic tobacco plants. *Plant J*, 1997, 11:465~473
- 4 Walters D R, Mackintosh C A. Control of plant disease by perturbation of fungal polyamine metabolism. *Physiol Plant*, 1997, 100(3):689~695
- 5 Faust M, Wang S Y. Polyamines in horticulturally important plants. *Hort Rev*, 1992, 14:333~450
- 6 杨洪强,黄天栋,束怀瑞,接玉玲. 外源 IBA 和 PAs 对苹果幼树生根、多胺和核酸含量的影响. *园艺学报*, 1995, 22(2):145~149
- 7 杨洪强,黄天栋. 多胺和精氨酸对苹果实生苗根系的影响. *植物学通报*, 1996, 13(2):37~39
- 8 杨洪强,黄天栋,束怀瑞. 2,4-D 对苹果幼树发根和超微结构的影响. *园艺学报*, 1994, 21(2):193~195
- 9 杨浚,贺平清,余炳泉. 植物多胺薄层—荧光测定法. *植物生理学通讯*, 1988, (6)63~65
- 10 山东农业大学. *植物生理学实验指导*. 济南:山东科技出版社, 1985