

# 水杨酸对油松苗木根系活力及根系发育的影响

李东川, 孙长忠

(中国林业科学研究院 华北林业实验中心, 北京 102300)

**摘要:**用不同浓度的水杨酸(0、2、5、10 mg · L<sup>-1</sup>), 浸根处理 1 a 生油松苗木。结果表明, 随着处理后时间的推移, 根系活力有先增大后减小的变化趋势, 其中 5 mg · L<sup>-1</sup> 的水杨酸提高活力效果最明显, 比对照根系活力可提高 1~4 倍; 根长度、根表面积、根数量均是各处理间差异明显, 达极显著水平, 其中 5 mg · L<sup>-1</sup> 的水杨酸作用最为明显, 3 项指标分别较对照提高了 10.8%~32.9%、23.3%~31.8% 和 18.3%~39.9%。

**关键词:**油松; 水杨酸; 根系活力

中图分类号: S791.254.01

文献标志码: A

文章编号: 1001-7461(2010)05-0082-04

## Effect of Salicylic Acid on the Root Vigor and Root Morphology in Chinese Pine Seedlings

LI Dong-chuan, SUN Chang-zhong

(Forestry Experiment Center of North China, Chinese Academy of Forestry, Beijing 102300)

**Abstract:** Different concentrations (2 mg · L<sup>-1</sup>, 5 mg · L<sup>-1</sup>, and 10 mg · L<sup>-1</sup>) of salicylic acid (SA) were used to investigate the effects of SA on the root vigor and morphology of Chinese pine seedlings. The results showed that root vigor increased first, and then decreased. Significant differences were found among the different treatments in indices of root length, root surface area, and root number, in which SA with the concentration of 5 mg · L<sup>-1</sup> exhibited the most significant effect in promoting the root vigor, 1~4 times more than that of the control, the indices above mentioned increased by 10.8%~32.9%, 23.3%~31.8%, and 18.3%~39.9%, respectively, compared to the control.

**Key words:** Chinese pine; salicylic acid; root vigor

水杨酸(salicylic acid, SA)是植物体内普遍存在的一种小分子酚类物质, 化学名为邻羟基苯甲酸<sup>[1]</sup>。首次发现是由 Johann Buchner(1828)从柳树皮中分离出的水杨乙醇糖苷<sup>[2]</sup>。后由 Raffaele Piria(1838)将这种活跃的有效成分称为水杨酸。水杨酸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>[3-7]</sup>。Raskin(1992)提出可以把它看成是一种新的植物激素<sup>[8]</sup>。多数情况下, 水杨酸被认为是一种植物生长物质。有关水杨酸对根系生长发育的影响已经有少量的报道。蔡传杰等通过水杨酸、烯效唑、BR-120 三种试剂对香茅兰根系活力影响的比较研究发现, 100 mg · L<sup>-1</sup> 的水杨酸对香茅兰的

根系活力提高最快, 效果最显著<sup>[9]</sup>。李珂莹等把 0.4 mg · L<sup>-1</sup> 水杨酸添加到 MS 培养基中进行培养, 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%<sup>[10]</sup>。江玲<sup>[11]</sup>等的试验表明, 10~6 mg · L<sup>-1</sup> 的 SA 可以明显促进莴苣幼苗侧根形成。同其他植物生长调节物质一样, 水杨酸也有其适宜的作用浓度。不同浓度的 SA 对不同植物种类、同一种类的不同品种和同一品种的不同器官作用存在差异。随着对 SA 生理效应和作用机制的深入研究, SA 在植物上的应用亦将更加广泛。本文试图通过就不同浓度水杨酸对油松苗木根系活力及根系发育的影响探讨, 为水杨酸在油松苗木生产中的应用, 提供必要的参考。

收稿日期: 2009-12-01 修回日期: 2009-12-30

基金项目: 国家林业局“948”项目“观赏针叶树苗木高效培育技术引进”(2008-4-19)。

作者简介: 李东川, 男, 在读硕士研究生, 油松侧柏生根促进试剂的研发。

\* 通讯作者: 孙长忠, 男, 研究员, 主要从事森林培育、森林生态等方面的研究。

# 1 材料与方法

## 1.1 材料与试剂

油松 (Chinese Pine) 1 a 生实生容器苗,种源地辽宁省建昌县,试验在位于北京市门头沟区的华北林业试验中心温室进行。试剂选用国药集团生产的水杨酸,分析纯。

## 1.2 处理方法

以清水为对照,水杨酸的各质量浓度为 2、5、10  $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ,处理号分别为 0、1、2、3。栽培基质为珍珠岩和蛭石,比例 1:1。先将油松苗木的根系用清水冲洗干净,再用不同浓度的水杨酸溶液浸根 12 h,然后栽植于 17 cm×21 cm 的黑色塑料育苗钵中,每钵 15 株,每个处理 8 钵。栽植后第 20、30、40、50 天各测定 1 次根系活力及其他根系指标,各处理每次测定 2 钵,即 30 株苗木。

## 1.3 测量方法

采用 TTC(2,3,5-氯化三苯基四氮唑)法测量根系活力,TTC 是标准氧化还原电位为 80 mV 的氧化还原物质,其水溶液无色,但被  $\text{H}^{+}$  还原后即生成红色而不溶于水的三苯基甲臌(TTCH),TTCH 比较稳定,不会被空气中的氧所氧化。所以 TTC 被广泛的用作酶的氢受体,以测定植物根系中脱氢酶的活性,并作为根系活力的指标<sup>[12]</sup>。

$\text{TTC 还原强度}(\text{g} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}) = \text{TTC 还原量}(\text{g}) / [\text{根重量}(\text{g}) \cdot \text{时间}(\text{h})]$

用 WINRHIZO 根系扫描分析仪,扫描根系图像并分析,得到单株苗木根的总长度,根的总表面积,根尖总数量。

# 2 结果与分析

## 2.1 根系活力的变化

由表 1、图 1 可知,各处理间根系活力的差异,随着栽植后时间的推移表现出先增大后减小,并逐渐趋于一致的趋势。其中处理 2 和处理 3 的作用明显,均以第 30 天根系活力测定值为最高,随后活力逐渐减小。方差分析及多重比较结果表明,栽植后第 20 天、第 30 天,各处理之间的根系活力均有极显著差异;第 40 天处理 3 和处理 1、处理 2 之间的苗木根系活力差异不显著,其他各处理之间的差异均极显著;第 50 天各处理之间差异均极显著。由此可见,以 5、10  $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$  的水杨酸溶液浸泡油松苗木根系,能够显著地提高苗木根系活力,在处理 30 d 时,可达对照的 5 倍左右。

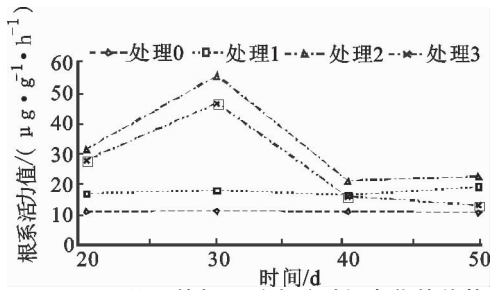


图 1 不同处理的根系活力随时间变化的趋势

Fig. 1 Changes of root vigor of different treatments

## 2.2 苗木根系的发育

2.2.1 根尖数量 由图 2 可见,随时间推移,各处理间侧根尖数量的差异在逐渐增大。经方差分析,栽植后第 20 天、第 30 天各处理之间的根尖数量差异不显著;栽植后第 40 天各处理之间的侧根数量差异显著。多重比较分析结果表明,处理 2 和对照之间差异极显著,处理 2 与处理 3 之间的差异显著;栽植后第 50 天各处理之间的侧根尖数量差异极显著,其中处理 2 的侧根数量较对照增加了 46.4%。由此可见,以 5  $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$  的水杨酸溶液浸泡油松苗木根系,可显著地提高侧根的数量,促进苗木根系的发育。

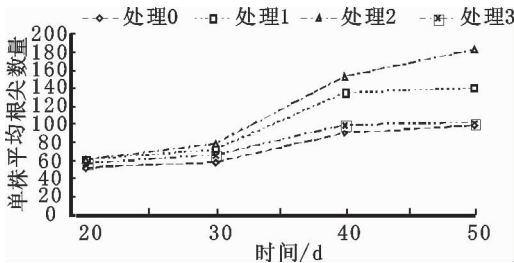


图 2 不同处理苗木根尖数量随时间的变化

Fig. 2 Changes of root number of different treatments

2.2.2 根长度 由图 3 得知,随时间的增加,苗木根长度的总体趋势是各处理之间的差异逐渐增大。方差分析结果表明,栽植后第 30 天、第 50 天各处理间的根长度分别有显著、极显著差异。多重比较表明,第 50 天处理 1 和处理 2 较对照都有极显著差异,分别比对照根长度增长 31.5%和 32.9%。即以 2.5  $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$  的水杨酸溶液浸泡油松苗木根系,可显著地提高侧根的总长度。

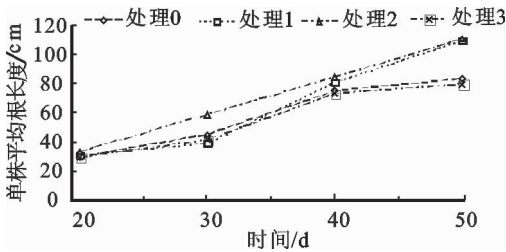


图 3 不同处理的根长度随时间变化的趋势

Fig. 3 Changes of root length of different treatments

2.2.3 根表面积 随着试验时间的增加,各处理之间根表面积的差异逐渐增大。方差分析结果表明,栽植后 40 d 内油松苗木各处理之间的根表面积差异不显著,到第 50 d 测量时各处理苗木根表面积的差异极显著,其中处理 2 的油松苗木根表面积较对照增加了 31.8%(图 4)。

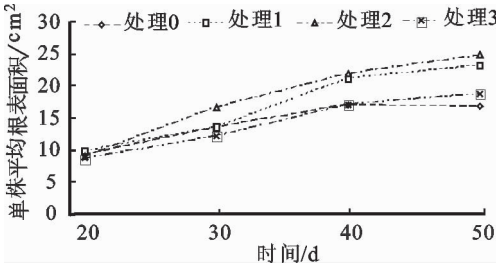


图 4 不同处理的根表面积随时间变化的趋势

Fig. 4 Changes of root surface of different treatmens

2.3 苗木根系活力与根系发育的关系分析

由表 1、表 2 数据可以得出,根系活力随着处理

时间的推移,在 20~30 d 高峰出现,随后下降,并在 40 d 左右时趋于稳定,且保持在相对较低水平,活力高峰的维持时间较短,一般在 10~20 d 左右。而侧根数量、(总)根长和(总)根表面积则在 30~40 d 间出现加速增长现象,并在 40 d 左右增速达到较高水平,随后减缓。由此可见,药剂处理后根系活力的高峰较侧根的发生和根系生长的高峰早 10 d 左右,且苗木栽植后根系活力的高低对其根系发育有着重要的影响。如处理 2,在 4 次测量中始终保持最高的根系活力值,其侧根数量、根长度和根表面积数值均明显大于其他处理。

同时,维持较高的活力水平对促进根系的发育作用更大。如处理 3,在第 20、第 30 天的测定中,均表现为较高的活力水平,但在第 40、第 50 天的测定中,均保持在较低水平。其根系发育指标亦较低,与对照无异。

表 1 油松苗木根系活力和根尖数量值

Table 1 Values of root number of Chinese pine seedlings

时间/d	根系活力值/( $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ )				根尖数量			
	20	30	40	50	20	30	40	50
0	10.523 8±0.25 *	10.642 9±0.36	10.404 8±0.43	10.166 7±0.55	50.4	57.0	88.4	96.8
1	16.357 1±0.24	17.607 1±0.26	15.761 9±0.50	18.738 1±0.24	59.4	70.4	133.0	138.8
2	31.000 0±0.18	55.166 7±0.30	20.642 9±0.24	21.952 4±0.43	59.6	76.4	151.8	180.6
3	27.428 6±0.18	46.000 0±0.19	15.285 7±0.54	12.559 5±0.24	55.2	64.6	98.4	99.8

\* Mean±S. E.

表 2 油松苗木根长度和根表面积值

Table 2 Values of root length and root surface area of Chinese pine seedlings

时间/d	根长度值/cm				根表面积值/ $\text{cm}^2$			
	20	30	40	50	20	30	40	50
0	29.501 7	45.155 8	74.778 6	83.249 1	9.321 8	13.639 5	17.270 6	16.964 4
1	30.880 8	38.783 9	80.539 0	109.501 5	10.017 6	13.645 0	21.343 3	23.284 0
2	32.894 4	58.704 9	84.482 3	110.663 4	9.136 5	16.819 9	21.980 6	24.881 5
3	29.283 9	40.971 9	73.117 1	79.373 5	8.804 2	12.194 1	17.244 5	18.868 2

3 结论与讨论

水杨酸对油松根系活力的影响在处理 50 d 内有先增大后又快速降低,然后维持较稳定状态的趋势。以浓度  $5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  的水杨酸对油松根系活力的提高作用最明显,处理后 30 d 时为对照根系活力的 5 倍以上。

水杨酸有利于油松苗木侧根的产生。以浓度  $5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  的水杨酸溶液作用最为明显,比对照根数量增加了 18.3%~46.4%。

在适当的浓度范围内,水杨酸对油松苗木根系

生长有积极地促进作用。处理后 50 d 测量时,浓度  $5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  的水杨酸溶液与对照相比,根长增长了 32.9%,根表面积增加了 31.8%。

油松苗木移植后其根系活力的大小,特别是能否保持较高的水平,对其根系的发展有着重要的作用。以适宜浓度水杨酸浸泡根系,可以有效地提高活力,促进根系的快速形成。

虽然如此,水杨酸提高根系活力的机理,如何使苗木根系活力维持在较高状态并且持续较长的时间,还有哪些植物生长物质就提高根系活力方面与水杨酸有加合作用,以及水杨酸促进生根的机理与

途径等问题,还有待进一步的深入研究。

参考文献:

[1] 齐秀东. 水杨酸对植物的生理作用(综述)[J]. 河北科技师范学院学报, 2007, 21(1): 74-79.  
QI X D. Progress of the physiological action of salicylic acid in plants (summary) [J]. Journal of Hebei Normal University of Science & Technolog, 2007, 21(1): 74-79. (in Chinese)

[2] 李德红, 潘瑞炽. 水杨酸在植物体内的作用[J]. 植物生理学通讯, 1995, 31(2): 144-149.

[3] 徐富贤, 郑家奎, 张乃周, 等. 杂交中稻发根力及根系活力与地上部性状的关系[J]. 西南农业学报, 2002, 15(2): 34-37.  
XU F X, ZHENG J K, ZHANG N Z, *et al.* Relationships between root growth ability and root flux activity and aerial part characteristics of hybrid mid-season rice [J]. Southwest China Journal of Agricultural Science, 2002, 15(2): 34-37. (in Chinese)

[4] DELANEY T, UKNES S, VERNOOIJ B, *et al.* A central role of salicylic acid in plant disease resistance[J]. Science, 1994, 266(5188): 1247-1250.

[5] 马德华, 庞金安, 李淑菊, 等. 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.  
MA D H, PANG J A, LI S J, *et al.* Effects of temperature stress acclimation on some physiological characters in leaves of cucumber seedlings [J]. Acta Horticulturae Sinica, 1998, 25(4): 350-355. (in Chinese)

[6] 许明丽, 孙晓艳. 水杨酸对水分胁迫下小麦幼苗叶片膜损伤的保护作用(简报)[J]. 植物生理学通讯, 2000, 36(1): 35-36.  
XU M L, SUN X Y. Protection of salicylic acid on membrane damage by water stress [J]. Plant Physiology Communica-

tions, 2000, 36(1): 35-36. (in Chinese)

[7] 左仲武, 刘彦超, 刘志龙. 水分胁迫下水杨酸对油松幼苗叶片膜脂过氧化作用的影响[J]. 西北林学院学报, 2003, 18(4): 24-25.  
ZUO Z W, LIU Y C, LIU Z L. Effect of salicylic acid on membrane lipid peroxidation in Chinese pine under water stresses [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2003, 18(4): 24-25. (in Chinese)

[8] RASKIN I. Role of salicylic acid in plants[J]. Annual Review of Plant Biology, 1992, 43(1): 439-463.

[9] 蔡传杰, 陈善娜, 王乔, 等. 水杨酸, 烯效唑, BR-120 对香莢兰根系活力的影响[J]. 云南大学学报:自然科学版, 2003, 25(增刊): 135-136.  
CAI C J, CHEN S N, WANG Q, *et al.* Effect of salicylic acid, uniconazole, BR-120 on the rooting activities in *V. plantifolia* Ames. [J]. Journal of Yunnan University, Naturat Science Edition, 2003, 25: 135-136. (in Chinese)

[10] 李柯莹, 李家儒. 水杨酸对油菜幼苗侧根形成的影响[J]. 武汉植物学研究, 2004, 22(4): 345-348.  
LI K Y, LI J R. The effects of salicylic acid on lateral roots formation in rape seedlings [J]. Journal of Wuhan Botanical Research, 2004, 22(4): 345-348. (in Chinese)

[11] 江玲, 管晓春. 水杨酸对莴苣初生根侧根原基的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.  
JIANG L, GUAN X C. The effects of SA on lateral root primordia formation and contents of endogenous plant hormones in *Lactuca sativa* [J]. Plant Physiology Communications, 2000, 36(005): 401-403. (in Chinese)

[12] 郑炳松. 现代植物生理生化研究技术[M]. 北京:气象出版社, 2006:10-11.