

文章编号:1000-582X(2007)11-00072-03

# 不同频率的声波刺激对猕猴桃组培苗根系发育的影响

阳小成<sup>1</sup>, 丁剑平<sup>2</sup>, 王伯初<sup>3</sup>

(1. 成都理工大学 材料与化学化工学院, 成都 610059; 2. 重庆科技学院 建工学院, 重庆 400042;

3. 重庆大学 生物工程学院 生物力学与组织工程教育部重点实验室, 重庆 400030)

**摘要:**用不同频率的声波刺激中华猕猴桃(*Actinidia chinensis*)的组培苗,研究模拟声场的环境应力刺激对植物根系发育的生物学效应。结果表明,猕猴桃试管苗的根系发育过程对外界声波刺激有较显著的双向效应。适度频率的声波(1 000 Hz左右)可促进幼苗根系的生长发育;但当声波频率超过一定范围(2 000 Hz)后,对根系发育的促进效应就明显减弱,到5 000 Hz时甚至开始抑制组培苗的根系发育。文中同时探讨了声波影响根系发育的可能机理。

**关键词:**声波刺激;中华猕猴桃;试管苗;根系活力

**中图分类号:**Q689;Q943.1

**文献标志码:**A

环境因子与植物生长的关系已成为当代植物学和生态学研究的主要热点之一。植物固着生活的本性决定了它们大多无法避开环境或人为施加的各种作用力的影响。这些环境因子(或称环境应力)的范围很广,主要包括声波、振动、电(磁)场、微重力等<sup>[1]</sup>。Lichterthaler教授(1998年)总结了消除应力源后的植物再生状况,提出了“积极应力”和“消极应力”的概念,表明环境应力对植物的生长发育等生理过程有正负两方面的影响<sup>[2]</sup>。声波作为一种弹性机械波,在环境中几乎是无处不在,也是环境应力的一种作用形式<sup>[3]</sup>。实验研究表明,声波刺激对植物组织细胞的不少生理过程的活性有较明显的影响<sup>[4,5]</sup>。

根是植物的重要器官,具有支持、吸收和合成等功能。自20世纪后期以来,国内外开始将根系研究作为进一步提高农作物生产力的一个极具潜力的基础性课题,开展了一系列研究并取得了一些进展,但与植物的地上部分(茎叶系统)的研究成果相比,关于环境应力对根系生长发育的影响的研究尚处于起步阶段。刘海龙等(2002年)发现,干旱胁迫下玉米叶片及根系的细胞质膜的透性上升,造成根系活力下降<sup>[6]</sup>;王克安等(2000)研究了低温对黄瓜幼苗根系发育的影响,发现当昼夜温度低于24~10℃时,黄瓜根系活力受到抑制,温度低于16~6℃时,根活力下降达30%~

60%<sup>[7]</sup>;另外,朱冬雪等(1997年)发现用高压静电场处理水稻幼苗,能明显提高根系活力,并推测其原因可能与静电场能提高植株的呼吸活性有关<sup>[8]</sup>。笔者通过对照实验研究不同频率的声波刺激对植物根系发育过程的影响或效应。

## 1 材料和方法

### 1.1 猕猴桃试管苗的培养

文中选用中华猕猴桃(*Actinidia chinensis*)茎段的愈伤组织所分化产生的试管苗为实验材料,研究声波刺激对其根系生长发育的影响。选定的猕猴桃组织培养的培养基配方为:MS培养基附加3%蔗糖、0.75%琼脂、1 mg/L ZT<sup>[9]</sup>。将灭菌后的猕猴桃茎段作为外植体插入此培养基中,于温度为25℃,光照时间为12 h/d,光照强度约2 500 lx的培养箱中进行培养。约10 d左右产生黄绿色致密的愈伤组织,15 d左右就诱导分化出猕猴桃的幼芽,当试管苗长至3~5 cm即可切下生根。

### 1.2 研究方法

把经过目选的生长较为一致的无根组培苗分为6组,每组5株,将试管苗新梢基部浸入已灭菌的100 mg·L<sup>-1</sup>的IBA溶液中40~60 min,再转入30个装有无激素的1/2 MS固体培养基的三角瓶中。然后将培

收稿日期:2007-06-17

基金项目:国家自然科学基金资助项目(39770206)

作者简介:阳小成(1965-),男,成都理工大学副教授,博士,主要从事生物工程与生态学研究,(E-mail) yxc39@163.com。

养于三角瓶中的猕猴桃试管苗置于如图1的装置中的无菌小箱中进行声波加载处理和生根培养。约2周左右在梢的基部切口附近即可出现不定根,4周左右时逐渐在培养基中形成网状的须根系。实验研究所用材料均取自同一茎段的愈伤组织所培养出的试管苗,以

保证材料的同源性和实验结果的可比性。

该声波加载装置为本实验室自制,采用正弦波的作用方式,通过声形发生器来调节声波的频率,这样可达到调节交变应力作用的大小的目的。扬声器与试管苗的距离为20 cm。

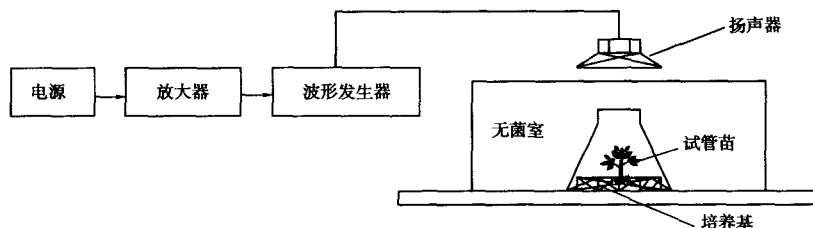


图1 声波对植物的刺激处理装置示意图

由于声波的物理参数是由频率和强度两个指标共同决定的,采用单因子实验设计,将声波强度固定在100 dB,再选取频率分别为100,500,1 000,2 000和5 000 Hz共5组进行声波加载处理,并附加一个不做任何应力处理的对照组(CK)。每天刺激1次,每次60 min,连续刺激30 d,然后分析测定与试管苗的根系发育有关生理指标的变化情况。

### 1.3 根系活力的测定

#### 1.3.1 根系总长度及须根数目——生根和分根能力的测定

猕猴桃是一种须根系的植物,通过测定其试管苗的根系总长和须根的数量,可直观反映植物根系的生长发育情况,是2个简单而相对准确的根系发育的生理指标。将试管苗从瓶中取出,洗去培养基后直接测定根的数量和各根的长度并总和。

#### 1.3.2 TTC含量——根尖活力的测定

根系的活力泛指根的吸收、合成等生理性能。在

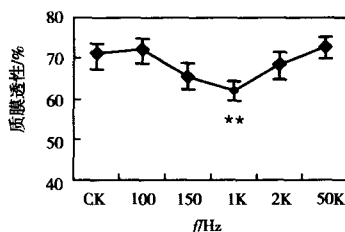
幼根中,脱氢酶的活性强弱与根尖的活力成正相关,可用红四氮唑(TTC)作为去氢酶的氢受体,其含量被应用在对许多植物幼苗根系活力的测定上。根据比色法,用每克根中TTC的含量来表示根系活力的大小<sup>[10]</sup>。

#### 1.4 根系质膜透性的测定

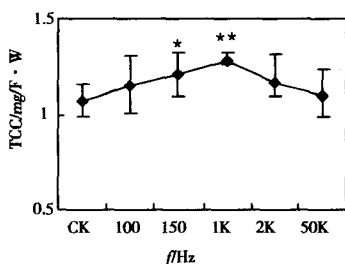
植物细胞质膜透性的测定常作为植物抗逆性研究的重要生理指标,它可以间接反映根系的活力。文中采用测定植物根系组织外渗液电导率变化的方法来表示质膜通透性的变化<sup>[11]</sup>。

## 2 研究结果

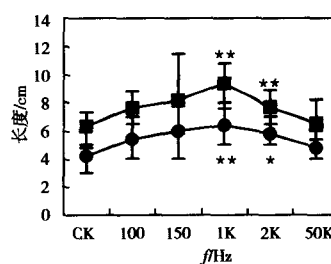
声波刺激对猕猴桃试管苗根系质膜透性、根系活力以及生根、分根能力的影响的实验结果分别见图2a、图2b和图2c。



(a)对试管苗质膜透性的影响



(b)对试管苗根系活力的影响



(c)对试管苗分根数(下)根长(上)的影响

图2 不同频率的声波刺激对猕猴桃试管苗根系发育的影响

由实验结果可知,对于根系发育的重要生理指标——根尖活力(TTC 的含量),大多数频率的声波刺激均较对照组有不同程度的促进效应,其中以 1 000 Hz 左右的频率效果最显著,超过 2 000 Hz 效果就不明显了(参图 2b)。而试管苗的根尖活力在不同频率声波刺激下的增减,表明根尖细胞中与呼吸有关的脱氢酶活性因声波的刺激而增强或受到抑制。

声波刺激对试管苗的分根、生根能力的影响与其对根系活力的生物学效应相似,但并不完全同步:前二者的最适频率在 1 000 ~ 2 000 Hz 之间,比后者(500 ~ 1 000 Hz)更能适应高频率的声波刺激。而同一频率的声波刺激对苗木的生根能力(即根系总长)的影响较分根力(即须根数目)÷更显著些,这从前者的曲线较后者弯曲度略大可以反映出来(见图 2c)。实验结果还发现,多数频率的声波刺激将降低根系质膜的通透性,其最适频率也在约 1 000 Hz(见图 2a)。这表明,声波刺激对根系活力与质膜透性的影响具有明显的负相关性,即质膜透性降低时将促进根系的发育,包括根系活力和生根、分根能力的增强。

### 3 讨论

实验表明:声波刺激对猕猴桃试管苗的根系生长和根尖活力均能产生较明显的双向效应,且多数频率几乎均较对照组能程度不同地促进根系的生长发育,而总体上以 1 000 Hz 左右的声波频率效果最佳;超过 2 000 Hz 的声波其促进作用就开始下降;高于 5 000 Hz 时抑制苗木根系的发育,不利于根尖细胞的分化和成长,甚至造成植物因不能及时生根固着和吸水。

根系健壮是苗木健壮的基础,根系的生长发育状况直接影响植物个体的生长发育、营养水平和作物产量、品质。根系活力的提高,有助于提高植物组培育苗的成功率。声波作为一种环境应力,可能提高了植物细胞内线粒体的跨膜电位,对内膜  $H^+ - ATPase$  合成酶有激活作用,从而使细胞内合成更多的 ATP<sup>[12]</sup>。而 ATP 的增加可提高膜主动吸收、运转营养物质的能力,提高植物体的代谢水平,从而有利于植物体各器官包括根系的生长发育。关于声波刺激对幼苗根系质膜透性变化的同步测定,可以研究其在声场刺激下与根系活力变化之间的相关性,进而在某种程度上揭示环境应力影响植物根系发育的内在生理机制。分析认为,一定频率的声波刺激有助于减小质膜在不利条件下对有害物质的通透性,更好地行使膜的选择透过性功能,这为幼苗具备旺盛的生命力和对不利环境条件的耐受性奠定了必要的基础。但当声波刺激超过一定的限度

后,可能质膜的完整性由于遭到声波破坏而使其透性增大,不利于阻挡有害物质进入细胞,损害了质膜功能的正常发挥,从而间接抑制了根系的发育。

关于声波等环境因子影响植物根系发育的分子生物学机理,可能是与根系内感受外界信息的  $Ca^{2+}$  的浓度的变化联系在一起。  $Ca^{2+}$  不仅是植物必需的一种大量元素,而且作为细胞内信号传导的第二信使,已被证实与植物生长发育的许多过程包括根系发育过程有关<sup>[13-15]</sup>。但关于声波刺激是如何影响  $Ca^{2+}$  变化并进一步影响根系发育的详细机理尚待今后的深入研究。

#### 参考文献:

- [1] ALSCHER, R. G. CUMMING, EDS. Stress Responses in Plants: Adaptation and Acclimation as mechanism[M]. New York: J. Wiley-Liss, 1990.
- [2] LICHTENTHALER, H. K. Plant stress detection by reflectance and fluorescence[M]. Ann. N. Y. Acad. Sci, 1998.
- [3] 邱树毅, 姚汝华, 宗敏华. 超声波在生物工程中的应用[J]. 生物工程进展, 1999, 19(3): 45-48.
- [4] WANG B. C., AKIO YOSHIKOSHI, AKIO SAKANISHI. Carrot Cell Growth Response in A Stimulated Ultrasonic Environment[J]. Colloids and Surfaces B: Biointerface, 1998(20): 89-95.
- [5] 孙克利, 席葆树, 蔡国友, 等. 交变应力作用下烟草细胞热力学相行为的研究[J]. 生物物理学报, 1999, 15(3): 579-583.
- [6] 刘海龙, 郑桂珍, 关军锋, 等. 干旱胁迫下玉米根系活力和膜透性的变化[J]. 华北农学报, 2002, 17(2): 20-22.
- [7] 王克安, 何启伟, 陈运起, 等. 低温对黄瓜幼苗根系活力及生物学产量影响的研究[J]. 山东农业科学, 2000(4): 17-19.
- [8] 朱冬雪, 窦家本, 刘平. 不同静电场对水稻种子萌发吸水 and 幼苗根系活力的影响[J]. 贵州农业科学, 1997, 25(3): 38-40.
- [9] 曹孜义, 刘国民. 实用植物组织培养技术教程[M]. 兰州: 甘肃科学技术出版社, 1996.
- [10] 山东农学院, 西北农学院. 植物生理学实验指导[M]. 济南: 山东科技出版社, 1980.
- [11] 张志良. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 高等教育出版社, 1990.
- [12] 张心志, 栗淑媛. 细胞呼吸的场所及 ATP 的生成[J]. 生物学通报, 1996, 31(2): 21.
- [13] 孙大业, 郭艳林. 细胞信号系统[M]. 北京: 科学出版社, 1993.
- [14] 邢树平, 李兴国, 张宪省, 杨玉芳.  $Ca^{2+}$  对小麦种根及其根毛生长发育的影响[J]. 植物学通报, 1998, 15(2): 41-45.
- [15] 王立安, 赵俊霞. 钙对细胞骨架的调控及其在生命活动中的作用[J]. 生物学杂志, 1999(4): 196-197.

- [23] W K, R L, R S, et al. Composition factors from the group  $\text{Pring}$  and Artin's theorem on orders of simple groups[J]. Proc London Math Soc, 1990(60-3): 89-122.
- [24] N C, N I, H Y. Non-abelian Sylow subgroups of finite groups of

even Order[J]. Invent math, 2000(139): 525-539.

- [25] N I. A conjecture of Frobenius and simple groups of Lie type IV[J]. J Algebra, 1993(154): 188-214.

## A New Characterization of the Finite Orthogonal Simple Group $P\Omega_{2n}^+(q)$

XU Ming-chun<sup>1</sup>, ZHANG Lin-hua<sup>2</sup>

(1. Department of Mathematics, South-China Normal University, Guangzhou 510631, P R China;

2. Chongqing Normal University, Chongqing 400030, P R China)

**Abstract:** In this paper the authors have proved the following theorem. Let  $G$  be a finite group and  $S$  be one of finite orthogonal simple groups  $P\Omega_{2n}^+(q)$ , where  $n \neq 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16$ . Then  $G \cong S$  if and only if

- (i)  $\pi_e(G) = \pi_e(P\Omega_{2n}^+(q))$ , where  $\pi_e(G)$  is the set of orders of elements in  $G$ ;
- (ii)  $\text{ord}(S_{\text{nor}}(G)) = \text{ord}(S_{\text{nor}}(P\Omega_{2n}^+(q)))$ , where  $\text{ord}(S_{\text{nor}}(G))$  is the set of orders of normalizers of its Sylow subgroups in  $G$ .

**Key words:** finite orthogonal simple group; Sylow subgroup; normalizer; classification theorem of the finite simple Groups

(编辑 张小强)

(上接第 74 页)

## Effects of Different Sound Frequency on Roots Development of *Actinidia Chinensis* Plantlet

YANG Xiao-cheng<sup>1</sup>, DING Jian-ping<sup>2</sup>, WANG Bo-chu<sup>3</sup>

- (1. College of Materials and Chemistry & Chemical Engineering, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059 P R China; 2. School of Civil Engineering and Architecture, Chongqing University of Science and Technology, Chongqing 400042 P R China; 3. Key Lab for Biomechanics & Tissue Engineering Under The State Ministry of Education, college Bioengineering, Chongqing University, Chongqing 400030 P R China)

**Abstract:** Several primary plantphysiological indexes related to root development in sound field were measured. The results showed that sound field stimulation of different frequency had some dual effects on root development of *A. chinensis* plantlet that came from its callus. The sound wave stimulation of moderate frequency increased the root activity, total length and number of roots, whereas decreased the permeability of cell membrane. A conclusion was drawn from the experiment that the optimal stimulation of sound frequency to root development of *A. chinensis* plantlet was 1 000 Hz or so. Under the conditions, the sound field can exceed certain limit value (5 000 Hz); the increase of root activity would be restrained chiefly owing to the integrality of cell membrane being destroyed. The mechanisms of sound stimulation stress on plant roots development were also discussed.

**Key words:** sound stimulation; *Actinidia chinensis*; plantlet; root activity

(编辑 陈移峰)