

# 容器育苗控根技术研究进展

韩建秋

(上海应用技术学院 生态技术与工程学院, 上海 200235)

**摘要:**根系畸形是容器苗生产中存在的主要问题,解决容器苗根系畸形的根本方法是进行根系控制。现综述容器育苗控根技术研究进展,重点探讨国内外有关化学控根技术研究的最新动态及其发展趋势,指出化学控根技术的缺陷及对苗木和环境的影响,并对控根技术的研究方向进行展望。

**关键词:**容器育苗;根系畸形;控根技术;浓度;环境

**中图分类号:**S 604<sup>+</sup>.3 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2010)12-0222-03

容器育苗由来已久。据文献记载,自 19 世纪 50 年代,便有人开始在容器内培育森林种苗。我国的容器育苗也开展得较早,但发展缓慢<sup>[1]</sup>。20 世纪 70 年代后期开始在全国普遍开展育苗容器类型、基质配置及培育容器苗技术的研究,取得了较好的成效<sup>[2]</sup>。由于容器苗的根系生长在有限的空间内,根尖会沿着器壁不断生长,导致侧根减少,形成根系畸形<sup>[3]</sup>。目前容器育苗存在的主要问题是常发生根系畸形现象,影响到造林后期成林的效果,根的盘绕是已经被证实的幼苗不稳固的潜在因素,特别是松树和桉树,可能导致秧苗倾倒和形成基部的弯曲<sup>[4]</sup>。根的盘绕在主根和环绕的侧根融合之前也抑制主根的辐射生长<sup>[5]</sup>。

植株在容器中的时间越长就越容易出现根系盘绕的问题,比如在干旱地区的容器育苗中,由于降水的变化无常,所以秧苗要一直到地温到达适当的温度后才能移栽,这些秧苗的根就更易出现根系盘绕及一些相关问题。这是因为在容器中,植物的根系生长都是成辐射状离心生长,当根端碰到盆壁之后,它不会折回,在盆土中作均匀分布,而是沿盆壁盘旋生长,其结果是在盆内壁根群大量密结,盆土内根群则很少,当侧根缠绕到主根周围时,秧苗的茎就会受到伤害<sup>[6]</sup>,从而降低秧苗的抗风性,而且高度密集的根群因水肥供不应求及夏日盆壁的高温,而大量死亡,导致植株生长不良。所以容器育苗多采用露根生产,因为这样可以减少在移栽过程中对根的伤害,但长期的容器育苗也能导致根系盘绕并引发移栽后的生长不良,有良好生长和结构的侧根根系是高质量树苗的潜在品质,而且,根系的良好发展可以提高树苗的抗风性。

## 1 对控根技术及控根剂种类的研究

对容器苗进行控根是解决容器育苗根系畸形生长的有效途径,容器育苗控根技术按照控根原理可分为空气控根、物理控根、化学控根 3 种类型。其中化学控根是在育苗容器内壁涂沫一层含铜离子的碳酸铜,当容器苗根尖触到碳酸铜后生长被抑制,引发更多侧根,一旦脱离容器壁根尖又恢复向下生长,是一种对苗木既无害又促进容器苗形成发达而又自然舒展根系的好方法<sup>[9]</sup>。早在 1968 年, Saul 就建议用铜来限制根系生长,此后国内外一些学者又相继做了大量工作,取得有效成果,其中大部分是使用溶解性较差的铜盐和锌盐来抑制主根的生长,促发更多侧根<sup>[7,11]</sup>。大量试验表明,在育苗盘的内壁涂抹含铜物质可以有效的剪除松树的侧根<sup>[4,11-14]</sup>。当延长的侧根碰到涂在盆壁内侧的含铜物质时就会停止生长,这样的根系是由一个主根以及大量的一级侧根组成,当秧苗被移栽时,这些根能够很快再生,这种技术现在被商业上用于防止松树和桉树的不稳固。

用  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  或  $\text{CuCO}_3$  处理容器—土壤界面可以减少根的盘绕<sup>[7,15,17]</sup>使容器育苗成为可能。容器壁释放的  $\text{Cu}^{2+}$  进入土壤中,局部铜的毒性可以有效地“修剪”容器—土壤界面处的根系,从而起到化学控根的作用,这样阻止根尖生长还能促使长出新的侧根<sup>[18]</sup>,增加根的密度,使根细胞更好的分配<sup>[7,19]</sup>,增强根尖生长点的活性<sup>[18]</sup>和根的再生能力。涂抹含铜物质的另一个优点是可以改变育苗盘内的温度,使秧苗的根尖很好的被隔热<sup>[19]</sup>,使根系不至于被高温灼伤。20 世纪 90 年代,荷兰的 Dong H 和刘勇<sup>[13,22]</sup>使用  $\text{CuS}$  浸渍牛皮纸放置在容器底部以达到控制容器苗主根生长的目的。Furuta 等则是将  $\text{CuS}$  放置在苗木底部或是容器器壁进行控根。2001 年 Walley James V 发明了以锌制剂为主要成分的控根剂,它以一定浓度的氯化锌溶于乳胶后喷雾涂于育苗容器的表面来进行控根。周华也使用过锌制剂对 1 a 生核桃实生苗进行控根试验。孙盛等研究发现,  $\text{Zn}$  制剂

作者简介:韩建秋(1968-),男,博士,研究员,现主要从事园林植物与观赏园艺方面的研究工作。E-mail: jianqiuhan@yahoo.com.cn。

收稿日期:2010-04-12

对银杏苗木质量(吸收根体积、根尖数、苗高、地径、叶面积及叶片数)的影响优于 Cu 制剂<sup>[29]</sup>。美国的 Mc Donal (1981)等人还用吲哚乙酸(IBA)、氟乐灵除草剂等做了试验,但效果都不如碳酸铜。乙烯磷可以不使用容器就能进行控根,但目前还没有进入产品化阶段。它是一种水溶性的乙烯释放物,被植物根系吸收后分解释放出乙烯,能够抑制根系的生长,促使其萌发侧根。

## 2 对控根剂浓度的研究

Dunn G M 和 Huth J R 对澳大利亚本土 5 种树种的研究表明,在育苗容器中涂抹浓度为 50 g/L 的 Cu-CO<sub>3</sub> 的树苗与正常情况下的树苗,同时移栽到比较干旱的地区,短期内虽然在高度和根茎方面没有太大差别,但没有经过处理的树苗的根系却远不如经过处理的发达,而这种不发达的根系对树苗长期的生长和抗风性形成潜在的影响。这就说明育苗期根的化学修剪对干旱地区造林和对树苗栽植在缺水环境中的生长有很好的帮助<sup>[21]</sup>。美国爱达荷大学林学院的研究表明,花旗松、西部黄松和西部白松各自的最佳碳酸铜浓度分别为 180、190 和 130 g/L。刘勇<sup>[23]</sup>发现碳酸铜对兴安落叶松容器苗的化学修剪作用非常明显,在统计学上达极显著差异,对兴安落叶松苗高、地径、鲜重、干重有一定影响,浓度为 100 ~ 150 g/L 时对以上指标有促进作用,浓度超过 200 g/L 对以上指标有抑制作用,而且碳酸铜改变了苗木根的分布状态,浓度为 100 ~ 150 g/L 时使苗木根系中上层的新根生长点数量和新根表面积指数均有所增加,而浓度大于 200 g/L 时,起到相反的效果。周华等也发现,低浓度(小于 120 g/L)的控根剂对核桃容器苗的控根效果不显著,而使用高浓度(大于 200 g/L)的化学控根剂对容器苗并没有起到控根的作用,反而抑制了苗木的生长,高浓度的含锌试剂还对容器苗产生毒害作用,以致植株生长不良,甚至死亡,浓度在 120 ~ 200 g/L 之间对容器苗的上层侧根数有显著增加作用,可以起到控根作用<sup>[23]</sup>。Livingston 在试验中发现对不同的树种而言,乙烯磷的有效浓度不一样,如对黑云杉的有效控根浓度为 80 ~ 120 mg/kg;对赤松的有效浓度较低为 50 ~ 75 mg/kg;对短叶松无效,但表示也许浓度为 75 ~ 150 mg/kg 时能有效控根。

## 3 化学控根剂对环境的影响

虽然铜是植物生长发育所必需的微量元素,但过量时会对植物的生长发育产生不良影响,而且含铜试剂的使用不仅造成了铜的大量浪费,也增加了环境问题,用含铜物质处理无纺布埋进地里,能够将铜释放进土壤、植物和地下水,使土壤 pH 降低,湿度增大,提高铜混合物的溶解度。在用 Cu(OH)<sub>2</sub> 处理的无纺布试验中发现,在地下埋藏 90 d 后,有 75% 的铜已经从无纺布上流失,而且在第 1 个月铜流失就高达 70%<sup>[24]</sup>。

有研究发现,对容器苗控根 2 个季度后,铜在有机土壤中的含量大约是育苗盘周围土壤的 2 倍,而且泥炭

块能够形成稳定的含铜化合物<sup>[25]</sup>,含大量有机物质的容器周围土壤保留铜的能力比沙质土更强,虽然土壤中铜的平均浓度并没有超过公共用地土壤中铜的含量 100 mg/kg,但是 2 个季度后个别样品中铜的含量已经接近甚至超过这个水平。在容器外面 20 cm 深处铜的含量与容器内 40 cm 垂直深处的含量相近,这说明 Cu<sup>2+</sup> 或含铜化合物在土壤中是垂直移动的,尽管灌溉水的高 pH (7.0 ~ 7.5)不利于铜的溶解,但是由于灌溉水的流动作用,使得容器外面 Cu<sup>2+</sup> 的移动更容易<sup>[24]</sup>。

Karel 等人认为,氟乐灵对土壤中菌根的形成无影响,Waston 发现,乙烯磷可以促进实生苗上外生菌根菌短枝的比例。因而,乙烯磷与外生菌根菌接种结合使用更能促进控根效果。

化学控根剂的成本和离子残留较高,如何降低成本、减少其在植物及土壤中的残留,做到既能有效控根又对环境安全、对植物无害,是今后化学控根剂发展的方向。如果以上问题能够得到有效解决,对于我国林业育苗事业将是一项重大的突破。

## 4 控根对容器苗生理特性及形态的影响

根域控制引起植物许多生理及形态方面的变化,植物根冠生长、干物质累积及分配、光合与呼吸作用、营养物质吸收、开花和产量等都受到根域控制的影响<sup>[26]</sup>。植物根系生长空间受到过度的限制会阻碍其生长发育<sup>[27]</sup>,原因可能是根系与地上部间的物质交换的变化影响植物形态及生理特性。根域控制对植物形态和生长发育的影响在黄瓜、甜椒、棉花、桃树等植物上已有研究<sup>[28]</sup>,而根域控制对不同植物种类在光合生理、根冠比和体内养分等方面影响不同。植物地上部生长受到抑制与根系合成生长物质能力有紧密的关系,根域控制引起植物根系生长物质及体内激素代谢失衡,从而导致植物形态上的变化<sup>[29]</sup>。许多研究表明养分或水分胁迫可能是根域控制抑制植物生长的原因<sup>[30]</sup>,Will 等研究表明 CO<sub>2</sub> 浓度升高及根域控制条件下火炬松光合速率降低的影响因素是水分胁迫,而不是受到 CO<sub>2</sub> 浓度升高或碳水化合物累积的影响,根域体积控制对植物光合生理特征影响的原因可能是水分和养分资源亏缺<sup>[7]</sup>。而 Menzel 等研究认为,养分和水分资源亏缺并不是根域控制条件下植物地上部生长受抑制的主要因素<sup>[31-32]</sup>。所以,根域控制减弱根系吸收水分和养分的能力,根系即使在水分和养分资源供应充足条件也不能提供满足植物生长需要的养分和水分,有关的机理亟待进一步的研究。

## 5 容器育苗根系控制研究展望

近年来国内外对控根技术研究的重点是控根材料的控根效果及对苗木质量的影响以及控根容器的改造等,并且取得了一定进展。但是关于控根技术的研究大多停留在初级阶段,一些方法还不能达到令人满意的控根效果,因而加强容器育苗控根技术的研究还任重道远,尽快研究出一套科学的、行之有效的控根方法,解决

容器育苗的缺陷迫在眉睫。需要从以下 3 个方面入手: 一是植物根系生长机理的研究。充分了解植物根系的发生发展机制, 找到控制植物根系生长的关键因素, 从而利用植物自身的生长调节机制来引导植物根系的生长。二是加强生物、化学控根剂的研究。打破现有的研究模式, 通过广泛收集、合成新型生物、化学控根剂, 解决现有控根材料应用繁琐、效果较差的状况。三是制定一套系统的控根方法, 尤其是有针对性的研究开发出系列的控根产品, 为科研和生产提供服务。

### 参考文献

- [1] 关百钧, 魏宝麟. 世界林业发展概论[M]. 北京: 中国林业出版社, 1994.
- [2] 陈凤英, 蓼美琴, 袁国胜. 我国容器育苗现状及其技术发展趋势[J]. 林业科技开发, 1998(2): 1-5.
- [3] 岳龙, 董凤祥. 控根容器苗根系构型研究进展[J]. 世界林业研究, 2008, 21(6): 31-35.
- [4] Burdett A N, Martin P A F. Chemical root-pruning of coniferous seedlings[J]. HortScience, 1982, 17: 622-624.
- [5] Bell T I W. The effect of seedling container restrictions on the development of *Pinus Caribaea* roots[J]. Ministry of Forests/Canadian Forestry Service Joint Report, 1978(8): 357.
- [6] 李二波, 奚福生. 林木工厂化育苗技术[M]. 北京: 中国林业出版社, 2003: 119-193.
- [7] Arnold M A, Struve D K. Root distribution and mineral nutrient uptake of coarse-rooted trees grown in  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  treated containers[J]. HortScience, 1993, 28: 988-992.
- [8] Caruso L V, Pearce R C, Bush L P. Root development of float system tobacco plants after transplanting[J]. Agricultura Mediterra, 2000, 30(2): 103-112.
- [9] Cooper S, Neiman K, Steete R. Forest habitat types of northern Idaho. USDA Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station, Ogden, UT. Review Draft, Denver CO, 1987: 458.
- [10] Wenny D L, Liu Y, Dumroese R K, et al. First year field growth of chemically root pruned containerized seedlings[J]. New For, 1988(2): 111-118.
- [11] Woollen R L. An evaluation of a chemical root pruning technique for improving root system morphology in containerized seedlings. Master of Science Thesis[M]. University of Idaho, Moscow, 1986.
- [12] Bamett J P, McGilvray J M. Copper screen controls root growth and increases survival of containerized southern pine seedlings[J]. Tree Planters Notes, 1974, 25: 11-12.
- [13] Dong H, Burdett A N. Chemical root-pruning of Chinese pine seedlings raised in cupric sulphide impregnated containers[M]. 1986: 67-73.
- [14] Ruehle J L. The effect of cupric carbonate on root morphology of containerized mycorrhizal pine seedlings[J]. Can J For Res, 1985, 15: 586-592, 57.

- [15] Arnold M A, Struve D K. Cupric carbonate controls green ash root morphology and root growth[J]. HortScience, 1989, 24: 262-264.
- [16] Arnold M A, Struve D K. Growing green ash and red oak in  $\text{CuCO}_3$ -treated containers increases root regeneration and shoot growth following transplant Am[J]. Soc. Hortic. Sci, 1989, 114: 402-406.
- [17] Beeson R, Newton R. Shoot and root responses of eighteen southeastem woody landscape species grown in cupric hydroxide-treated containers[J]. Environ Hortic, 1992, 10: 214-217.
- [18] Arnold M, Young E.  $\text{CuCO}_3$ -painted containers and root pruning affect apple and green ash root growth and cytokinin levels[J]. HortScience, 1991, 25: 242-244.
- [19] Regan R P, Landis T D, Green J L. The potential for chemical root-pruning in container nurseries[J]. Combined Proceedings International Plant Propagators Society, 1993, 43: 208-212.
- [20] 孙盛, 彭祚登. Cu、Zn 等制剂对银杏容器苗的控根效果[J]. 林业科学, 2007, 45(7): 156-160.
- [21] G M dum, Huth J R, Lewty M J. Coating nursery containers with copper carbonate improves root morphology of five native Australian tree species used in agroforestry systems[J]. Agroforestry Systems, 1997, 37: 143-155.
- [22] 刘勇, 朱学存. 兴安落叶松容器苗化学剪根效果与根生长潜力测定的研究[J]. 北京林业大学学报, 1991, 13(2): 21-25.
- [23] 周华. 紫叶桃桃子苗超嫁接及容器育苗根控技术研究[D]. 北京: 中国林业科学研究院, 2005.
- [24] Kosuta S, Hamel C. The fate and mobility of copper from chemical root control barriers in soil and leachate[J]. Environ. Pollut, 2000, 110: 165-170.
- [25] Ennis M T. The chemical nature of copper complexes in peat[J]. Irish J. Agric, 1962(1): 147-155.
- [26] Nesmith D S, Duval J R. The effect of container size[J]. Hort Technology, 1998, 8(4): 495-498.
- [27] Hurley M B, Rowarth J S. Resistance to root growth and changes in the concentrations of ABA within the root and xylem sap during root restriction stress[J]. Journal of Experimental Botany, 1999, 50(335): 799-804.
- [28] Thomas R B, Strain B R. Root restriction as a factor in photosynthetic acclimation of cotton seedling grown in elevated carbon dioxide[J]. Plant Physiology, 1991, 96(2): 627-634.
- [29] Kharkina T G, Ottosen C O, Rosenqvist E. Effects of root restriction on the growth and physiology of cucumber plants[J]. Physiologia Plantarum, 1999, 105: 424-441.
- [30] Will R E, Teskey R O. Effect of elevated carbon dioxide concentration and root restriction on net photosynthesis, water relations and foliar carbohydrate status of loblolly pine seedlings[J]. Tree Physiology, 1997, 17: 655-661.
- [31] Menzel C M, Turner D W, Doogan V J et al. Root shoot interactions in passionfruit under the influence of changing root volumes and soil temperatures[J]. Journal of Horticultural Science, 1994, 69(3): 553-564.
- [32] Jones J B Jr, Mortvedt J J, Giordano P M, et al. Macronutrients in Agriculture[M]. Soil Science Society America Incorporated, 1972: 319-346.

## The Research of the Root-Controlling Technology of Container Seedling

HAN Jian-qiu

(School of Ecological Technology and Engineering, Shanghai Institute of Technology, Shanghai 200235)

**Abstract:** Root bound plugs is the main problem in the container seedling production, root control technology changes the root system configuration and solves root bound plugs. We focused on the latest technologies and development trends about chemical root-controlling technology at home and abroad; pointed out the deficiency of this technology and the study direction we should emphasize on. The research perspective was also presented.

**Key words:** container seedling; root bound plugs; root control; copper; concentration