

不同药剂对青冈容器苗生长的影响

殷芳芳, 林夏珍, 宁梦雅, 胡丽鹏

(浙江农林大学 风景园林与建筑学院, 浙江 临安 311300)

摘要: 采用硫酸铜(CuSO_4), 硫酸锌(ZnSO_4), 硫酸铝 $[\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3]$ 和氟乐灵等 4 种药剂分别配制成不同质量浓度 $[\text{CuSO}_4, \text{ZnSO}_4, \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3, 40, 80, 140, 220 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$, 氟乐灵 0.04, 0.08, 0.14, 0.22 $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}]$, 与乳胶漆充分混合后涂在无纺布袋内壁和底部, 以只涂乳胶漆为对照。分析了 4 种药剂对 4 年生青冈 *Cyclobalanopsis glauca* 容器苗的根系形态参数、根系活力、苗高、地径、生物量积累、苗木品质指数等的影响。结果表明: ①铜(Cu), 铝(Al), 锌(Zn)在 0~140 $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 质量浓度范围内和氟乐灵在 0~0.22 $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 质量浓度范围内对青冈容器苗具有控根作用, 但 220 $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 硫酸锌会对青冈苗木产生严重的负面影响。②各药剂处理中, 140 $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 硫酸锌是最适宜的控根试剂, 显著增加了青冈苗木根系的根尖数、根系体积、根系表面积、根系分枝数、根系活力、苗高、地径、地上干质量和根部干质量等 ($P < 0.05$), 且显著减小了根系平均直径和主根长 ($P < 0.05$)。图 4 表 2 参 15

关键词: 森林培育学; 青冈; 容器苗; 药剂控根; 生物量积累指标; 根系活力; 根系构型; 苗木品质指数

中图分类号: S723.1

文献标志码: A

文章编号: 2095-0756(2015)02-0244-07

Chemical reagents with *Cyclobalanopsis glauca* container seedlings

YIN Fangfang, LIN Xiazhen, NING Mengya, HU Lipeng

(School of Landscape Architecture, Zhejiang A & F University, Lin'an 311300, Zhejiang, China)

Abstract: In order to understand the effects of different chemical reagents on the growth of *Cyclobalanopsis glauca* container seedlings, the chemical root control concentrations of CuSO_4 40, 80, 140, 220 $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$, ZnSO_4 40, 80, 140, 220 $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$, $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 40, 80, 140, 220 $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$, and 2,6-Dinitro-N,N-dipropyl-4-(trifluoromethyl)aniline 0.04, 0.08, 0.14, 0.22 $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ were mixed with emulsion varnish and then coated on the inner wall of root control bags. These were compared to a treatment where the inner wall was coated on only with emulsion varnish. Then the effect of the chemical reagents on root configuration indexes, root activity, height, base diameter, biomass accumulation, and quality index of four-year-old *Cyclobalanopsis glauca* container seedlings were analyzed. Results showed that: (1) reagents of CuSO_4 , ZnSO_4 and $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ in the range of 0–140 $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ as well as 2,6-dinitro-N,N-dipropyl-4-(trifluoromethyl) aniline in the range of 0–0.22 $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ regulated root growth and development of *C. glauca*, but reagent of 220 $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ ZnSO_4 had a negative effect on seedlings. (2) Root tips, volume, surface area, projected area, forks, and activity, as well as plant height, basal diameter, shoot dry weight, root dry weight and quality index treated with 140 $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ CuSO_4 reagent significantly increased ($P < 0.05$), whereas root average diameter and length of taproot significantly decreased ($P < 0.05$). Seedlings treated with different chemical reagents showed improved root controlling with the best treatment being 140 $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ ZnSO_4 . [Ch, 4 fig. 2 tab. 15 ref.]

Key words: silviculture; *Cyclobalanopsis glauca*; container seedlings; chemical root control preparation; biomass accumulation; root activity; root configuration indexes; quality index

收稿日期: 2014-03-12; 修回日期: 2014-04-23

基金项目: 浙江省科学技术优先主题重点农业项目(2009C12090)

作者简介: 殷芳芳, 从事园林植物栽培与管理研究。E-mail: yinfangfanggogo@163.com。通信作者: 林夏珍, 教授, 博士, 从事园林植物栽培等研究。E-mail: linxz100@sohu.com

容器育苗是一种先进的苗木生产技术，具有育苗周期短、苗木规格和质量易于控制、苗木出圃率高、节约种子、起苗运苗过程中根系不易损伤、苗木失水少、造林成活率高、造林季节长、无缓苗期、便于育苗造林机械化等优点^[1]。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、根系畸形^[2]。目前，容器育苗的主要问题是常发生根系畸形现象，影响到造林后期成林效果和景观绿化大苗的培育效果。对容器苗进行控根是解决容器育苗根系畸形的有效途径，容器育苗控根技术按控根原理分为物理控根、药剂控根和空气控根等 3 种类型^[3]。其中，药剂控根技术是将试剂涂于容器的内壁和底部，实现根的顶端修剪，达到控制根系过长生长、促进侧根增加、形成发达根系的目的。目前，世界上使用较多的控根试剂为铜试剂和锌试剂，如氢氧化铜 $[\text{Cu}(\text{OH})_2]$ ，碳酸铜 (CuCO_3) ，硫化铜 (CuS) ，硫酸铜 (CuSO_4) ，碳酸锌 (ZnCO_3) ，醋酸锌 $[\text{Zn}(\text{AC})_2]$ ，硫酸锌 (ZnSO_4) 等，其中 $\text{Cu}(\text{OH})_2$ 已广泛应用于商业生产中。除了铜(Cu)和锌(Zn)试剂用于控根外，还有一些常用的控根试剂，如吲哚乙酸(IBA)，氟乐灵除草剂和乙烯磷等。药剂控根在 3 种控根技术中操作相对简单，对小环境要求较低，成本相对低廉，控根后苗木根系中上层的新根数量和表面积增加，苗木的根生长潜力得到提高，可有效提高苗木品质^[4]。本试验在选用集物理控根^[5]和空气控根原理为一体的无纺布袋的基础上，开展了药剂控根研究。青冈 *Cyclobalanopsis glauca* 为壳斗科 Fagaceae 青冈属 *Cyclobalanopsis* 常绿乔木，亚热带常绿阔叶林的重要建群种，主要分布于中国亚热带地区、日本、朝鲜、缅甸、印度等地^[6]。该树种树冠雄伟，枝叶茂密，终年常绿，可与其他树种混交成林，或作境界树、背景树，也是良好的园林观赏树种。目前，陈秋夏等^[7-8]对不同施氮水平和光照强度对青冈容器苗的生长影响开展了相关的研究，但关于青冈容器苗控根技术方面的研究尚未见报道。本研究通过研究不同药剂对 4 年生青冈容器苗的影响，筛选出最适宜青冈容器苗控根的药剂种类及质量浓度，以为培育景观绿化大苗提供理论基础和技术支持。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

试验在浙江农林大学平山苗圃温室大棚内进行，材料采用无病虫害，生长大小及规格基本一致的 4 年生青冈实生苗，苗高为 (170.01 ± 1.14) cm，地径为 (8.52 ± 0.08) mm。容器采用规格为直径 20 cm × 高 35 cm 的黑色无纺布袋。供试验的基质为 $m(\text{泥炭}):m(\text{珍珠岩}):m(\text{枯枝落叶})=3:4:3$ ^[9]，其理化性质为 pH 7.32，电导率 $1.02 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ ，有机质 $46.73 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ，碱解氮 $84.00 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ，速效磷 $75.70 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ，速效钾 $310.00 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。2013 年 4 月中旬上盆，加入由临沂沃夫特复合肥料有限公司生产的缓释肥 $60 \text{ g}\cdot\text{盆}^{-1}$ ，上盆后进行常规养护管理。

1.2 试验设计

试验采用 4 类药剂：硫酸铜 (CuSO_4) ，硫酸锌 (ZnSO_4) ，硫酸铝 $[\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3]$ 和氟乐灵，分别配制成 4 种不同质量浓度：硫酸铜(A)为 40(A₁), 80(A₂), 140(A₃), 220(A₄) $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ ；硫酸锌(B)为 40(B₁), 80(B₂), 140(B₃), 220(B₄) $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ ；硫酸铝(C)为 40(C₁), 80(C₂), 140(C₃), 220(C₄) $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ ；氟乐灵(D)为 0.04(D₁), 0.08(D₂), 0.14(D₃), 0.22(D₄) $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 。将配制好的药剂混于乳胶漆中，均匀涂抹在无纺布袋内壁和底部，对照组(ck)只涂抹乳胶漆。试验共 17 个处理，10 盆·处理⁻¹(1 株·盆⁻¹)，测定随机抽取 3 株·指标⁻¹，3 次重复。

1.3 测定和计算方法

1.3.1 苗高、地径、根系活力以及生物量积累指标的测定 2013 年 11 月中旬，用卷尺和游标卡尺分别测量植株的苗高和地径。测定地上部和根部干质量时先将地上部和根部置于烘箱内经 105 ℃杀青 15 min，再在 80 ℃烘至恒量，待冷却后用电子天平测量地上部和根部的干质量，并计算根冠比。根系活力的测定采用 2,3,5-氯化三苯基四氮唑(TTC)染色法^[10]。

1.3.2 根系形态参数的测定 2013 年 11 月底对试验植株进行根系形态参数的测定。小心地将植株从容器中取出。取出后将植株在根颈处剪断的根系在轻缓的流水下冲洗干净，测定主根长度，将各侧根从主根上剪下，便于扫描仪能够取得清晰的根系图像。再将剪好的根放入分析浅皿，加入少量水，使根系均匀分展开，使用专业根系形态学和结构分析系统(型号 WinRHIZO，加拿大 RZGENT)进行扫描处理，获取形态结构图像，分析根系表面积、根系体积、根尖数、根系平均直径、根系分枝数等指标。

1.3.3 苗木品质指数的计算 苗木品质指数(I_Q)=苗木总干质量 g/[(苗高 cm/地径 mm)+(茎干质量 g/根干质量 g)]

1.4 数据处理

运用软件 Excel 和 SPSS 17.0 分析数据。

2 结果与分析

2.1 药剂对青冈苗根系形态参数的影响

2.1.1 药剂对根尖的影响 从表 1 可知:铜试剂、锌试剂、铝试剂和氟乐灵等 4 种药剂处理的根尖数均高于对照且存在显著性差异,其中铜试剂、铝试剂和氟乐灵等药剂对青冈容器苗的根尖数的影响表现为质量浓度越高则根尖数越多,而锌试剂只在 0~140 $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 的范围内呈现出随质量浓度增加而增大的趋势,当质量浓度为 220 $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 时根尖数反而变少,说明此质量浓度对苗木的根系造成了毒害作用。在不同试剂处理中 B_3 (140 $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 锌试剂)的根尖数最多,达 48 418 根,其次为 A_4 (220 $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 铜试剂)。

2.1.2 药剂对根系平均直径的影响 根系平均直径在一定程度上反映了苗木根系须根化程度,根系直径越小,说明须根化程度越高。从表 1 可以看出:铜试剂、锌试剂、铝试剂和氟乐灵等 4 种药剂处理的根系平均直径均低于对照且差异显著,并表现出随质量浓度增加而减小的趋势,这说明 4 种药剂在一定范围内可促进青冈苗木须根化,且须根化程度与药剂质量浓度成反比。各药剂处理中, B_4 (220 $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 锌试剂)的根系平均直径最小,仅为 0.95 mm,其次为处理 B_3 (140 $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 锌试剂)。

表 1 不同药剂对青冈容器苗根系构型的影响

Table 1 Effects of four kinds of chemical reagent on root configuration indexes of *Cyclobalanopsis glauca* container seedlings

处理	根尖数	根系平均直径/mm	根系体积/ cm^3	根系表面积/ $\text{SA}0.07/\text{cm}^2$	主根长/m	根系分枝数
A_1	24 958.33 ± 41.18 i	1.69 ± 0.10 b	49.36 ± 3.60 gh	2 322.04 ± 130.70 bc	18.00 ± 0.58 b	66 405.67 ± 3.38 i
A_2	32 566.67 ± 14.67 f	1.57 ± 0.10 bc	72.34 ± 3.30 d	2 348.70 ± 79.17 bc	16.67 ± 0.33 bcd	78 292.33 ± 41.57 g
A_3	36 395.00 ± 104.86 d	1.52 ± 0.04 bc	68.25 ± 4.42 de	2 340.86 ± 33.90 b	16.33 ± 0.88 bcde	84 777.67 ± 17.77 f
A_4	43 708.67 ± 38.11 b	1.38 ± 0.08 cd	77.97 ± 2.67 bed	2 464.62 ± 20.31 b	15.00 ± 0.58 cde	116 867.00 ± 35.57 c
B_1	30 301.67 ± 31.01 h	1.34 ± 0.10 cde	61.43 ± 3.09 ef	2 055.39 ± 32.62 de	17.00 ± 0.58 bc	84 856.67 ± 36.04 f
B_2	36 416.33 ± 234.97 d	1.33 ± 0.07 cde	84.07 ± 3.41 bc	2 057.39 ± 55.40 de	15.33 ± 0.33 cde	116 784.33 ± 43.11 c
B_3	48 418.33 ± 48.07 a	1.04 ± 0.02 fg	87.85 ± 6.17 b	2 814.40 ± 110.65 a	15.10 ± 0.06 cde	142 015.33 ± 6.69 a
B_4	32 414.00 ± 195.32 f	0.95 ± 0.09 g	113.69 ± 7.13 a	2 771.03 ± 29.33 a	14.67 ± 0.33 de	103 460.33 ± 32.12 d
C_1	24 730.00 ± 45.97 i	1.43 ± 0.06 cd	59.34 ± 1.86 efg	1 457.41 ± 26.42 h	18.00 ± 0.58 b	78 291.00 ± 45.39 g
C_2	30 189.33 ± 57.17 h	1.22 ± 0.11 def	55.48 ± 1.14 fg	1 635.47 ± 24.53 fg	16.00 ± 0.58 bcde	77 690.00 ± 11.27 h
C_3	36 348.67 ± 47.58 d	1.09 ± 0.03 efg	75.03 ± 2.49 cd	1 718.77 ± 23.27 f	15.20 ± 0.58 cde	91 703.33 ± 43.88 e
C_4	42 672.33 ± 77.41 c	1.04 ± 0.08 fg	43.83 ± 1.03 hi	1 991.22 ± 23.08 e	14.33 ± 0.67 e	66 422.33 ± 123.60 i
D_1	31 631.00 ± 177.20 g	1.10 ± 0.03 efg	33.87 ± 2.44 i	1 271.56 ± 31.99 i	20.31 ± 1.20 a	58 234.33 ± 32.33 j
D_2	31 482.67 ± 179.67 g	1.04 ± 0.03 fg	39.28 ± 1.77 hi	1 532.49 ± 17.82 gh	18.00 ± 0.58 b	66 548.33 ± 320.72 i
D_3	34 288.67 ± 69.34 e	1.00 ± 0.11 fg	40.53 ± 2.44 hi	1 642.59 ± 28.50 fg	15.67 ± 0.33 cde	84 903.67 ± 42.18 f
D_4	36 660.00 ± 229.94 d	0.98 ± 0.07 fg	67.80 ± 1.98 de	2 202.58 ± 57.89 cd	15.33 ± 0.33 cde	117 269.00 ± 67.35 b
ck	20 734.33 ± 45.11 j	2.25 ± 0.09 a	36.00 ± 2.53 i	1 389.91 ± 16.53 hi	20.33 ± 0.88 a	49 882.33 ± 16.25 k

说明: 标有小写字母为 $\alpha=0.05$ 水平差异显著。

2.1.3 药剂对根系体积的影响 根系体积与苗木田间存活率有正相关性^[11]。从表 1 可知:除 C_4 (220 $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 铝试剂), D_1 (0.04 $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 氟乐灵试剂), D_2 (0.08 $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 氟乐灵试剂), D_3 (0.14 $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 氟乐灵试剂)处理外,其余处理的根系体积均高于对照且差异显著。各药剂处理中, B_4 (220 $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 锌试剂)的根系体积最大, B_3 (140 $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 锌试剂)次之,其余根系体积大小依次为 $B_2 > A_4 > C_3 > A_2 > A_3 > D_4 > B_1 > C_1 > C_2 > A_1 > C_4 > D_3 > D_2 > D_1$ 。

2.1.4 药剂对根系表面积的影响 从表 1 可以看出:不同药剂对青冈容器苗根系表面积的影响明显。铜试剂、铝试剂和氟乐灵等药剂处理的根系表面积均随质量浓度的增加而增加,而锌试剂只在 0~140 $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 的范围内呈现出随质量浓度增加而增大的趋势,当质量浓度为 220 $\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 时根系表面积反而变少。各处

理中除 D₁(0.04 g·L⁻¹ 氟乐灵试剂)外, 其他处理均高于对照且差异显著。4 种药剂中铜试剂和锌试剂的总体表现优于铝试剂和氟乐灵试剂, 其中, B₃(140 g·L⁻¹ 锌试剂)的根系表面积最大, 为 2 814 cm², 其次为 B₄(220 g·L⁻¹ 锌试剂)。

2.1.5 药剂对主根长的影响 主根长可以反映苗木根系的生长状况, 如过长会造成根系盘绕缠结, 从而影响苗木的整体生长。从表 1 可知: 各试验处理的主根长均短于对照, 其中 D₁(40 g·L⁻¹ 氟乐灵试剂)的主根长与对照相差不大, 其他处理与对照存在显著性差异。不同药剂处理中 C₄(220 g·L⁻¹ 铝试剂)的主根长最短, B₄(220 g·L⁻¹ 锌试剂)试剂次之, 其余主根长短依次为 A₄<B₃<C₃<B₂=D₄<D₃<C₂<A₃<A₂<B₁<A₁=C₁=D₂<D₁。

2.1.6 药剂对根系分枝数的影响 根系分枝数一定程度上能反映出根系生长的旺盛程度。由表 1 可知: 铜试剂、锌试剂、铝试剂和氟乐灵试剂等处理的根系分枝数高于对照且存在显著性差异, 说明 4 种药剂对青冈容器苗的根系起到修根作用, 能促进青冈苗木萌发更多的侧根。在不同药剂处理中 B₃ (140 g·L⁻¹ 锌试剂)的根系分枝数最多, 为 142 015 根, 其次为 B₂(40 g·L⁻¹ 锌试剂)。

2.2 药剂对青冈苗根系活力的影响

根系活力是指根的吸收功能、合成代谢等, 与吸收作用的强弱有直接关系, 是衡量容器苗质量高低的一个重要指标^[12]。从图 1 可知: 各药剂处理的根系活力均高于对照, 铜试剂、铝试剂和氟乐灵试剂等处理的根系活力在 0~220 g·L⁻¹ 的范围内呈现随质量浓度增加而变大的趋势, 而锌试剂处理的根系活力在 0~140 g·L⁻¹ 的范围内随质量浓度增加而增加, B₄ (220 g·L⁻¹ 锌试剂)处理反而减小。各药剂处理中 B₃ (140 g·L⁻¹ 锌试剂)的根系活力最大, B₄(220 g·L⁻¹ 锌试剂)次之, 其余根系活力大小依次为 A₄>C₄>C₃>A₃>B₂>A₂>C₂>A₁>C₁>D₄>D₃>D₂>B₁>D₁。

2.3 药剂对青冈苗高、地径的影响

2.3.1 药剂对苗高的影响 就单株苗木而言, 苗高能反映叶量多少, 体现光合能力和蒸腾面积大小, 能较好地反映苗木生长量^[13]。由图 2 可以看出: 铜试剂、锌试剂、铝试剂和氟乐灵等药剂处理的苗高均高于对照, 其中铜试剂、铝试剂和锌试剂只在 0~140 g·L⁻¹ 的范围内呈现出随质量浓度增加而增大的趋势, 当质量浓度为 220 g·L⁻¹ 时苗高反而变小。控根药剂的种类和质量浓度均对青冈苗高有明显的影响, 在各处理中, A₃(220 g·L⁻¹ 铜试剂), B₃(140 g·L⁻¹ 锌试剂), C₃(140 g·L⁻¹ 铝试剂), D₃(0.14 g·L⁻¹ 氟乐灵试剂)和 D₄(0.22 g·L⁻¹ 氟乐灵试剂)的苗高表现最好。

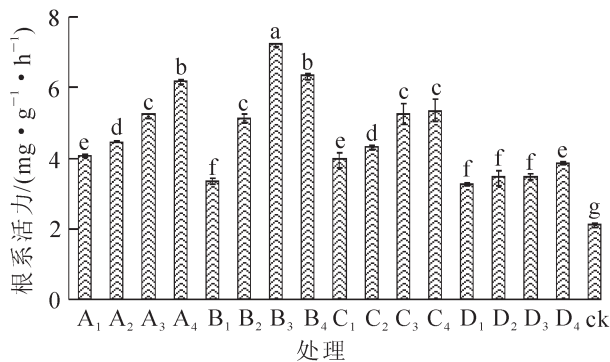


图 1 不同药剂对青冈容器苗根系活力的影响

Figure 1 Effects of four kinds of chemical reagent on root activity of *Cyclobalanopsis glauca* container seedlings

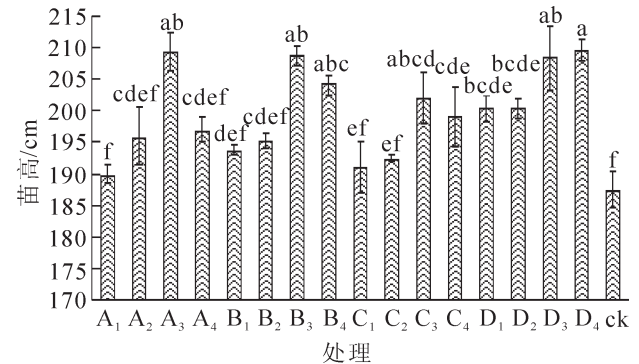


图 2 不同药剂对青冈容器苗苗高的影响

Figure 2 Effects of four kinds of chemical reagent on height of *Cyclobalanopsis glauca* container seedlings

2.3.2 药剂对地径的影响 地径的粗壮程度和根系紧密相关。苗根系生长越好, 地径就越粗壮。从图 3 可知: 各药剂处理之间的地径大小差异没有苗高显著。各药剂处理中 B₂, B₃, B₄, C₃, C₄, D₃ 的地径高于对照, 其中 B₃(140 g·L⁻¹ 锌试剂)的地径最大, 为 12.72 mm, 其次为 B₂(80 g·L⁻¹ 锌试剂)。

2.4 药剂对青冈生物量积累指标的影响

2.4.1 药剂对地上干质量的影响 从表 2 可以看出: 各药剂处理中除 A₁, A₂, B₁ 和 C₁ 处理青冈苗木的地上干质量与对照无显著性差异外, 其余处理均高于对照且差异显著。各药剂处理中 B₃(140 g·L⁻¹ 锌试

剂)的地上干质量最大, $C_3(140 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 铝试剂)次之, 其余地上干质量大小依次为 $A_4 > C_2 > D_4 > A_3 > C_4 > B_2 > D_3 > B_4 > D_2 > D_1 > A_2 > C_1 > A_1 > \text{ck} > B_1$ 。

2.4.2 药剂对根部干质量的影响 由表2可知: 铜试剂、锌试剂、铝试剂、氟乐灵等药剂处理的地上干质量为 $0\sim 220 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 的范围内呈现随质量浓度增加而变大的趋势。除 A_1, B_1, D_1, D_2 处理外, 其余处理的地上干质量均高于对照且存在显著性差异, 其中 $B_4(220 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 锌试剂)的地上干质量最大, 为 78.42 g , 其次为 $B_3(140 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 锌试剂)。

2.4.3 药剂对根冠比的影响 根冠比反映了地上部分和地下部分的关系。表2显示: 各药剂处理中 $A_2(80 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 铜试剂)和 $B_4(220 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 铜试剂)的根冠比高于对照且差异显著, 其余各组的根冠比差异不大。

表2 不同药剂对青冈容器苗生物量积累指标的影响

Figure 2 Effects of four kinds of chemical reagent on biomass accumulation of *Cyclobalanopsis glauca* container seedlings

处理	地上干质量/g	根部干质量/g	根冠比
A_1	$108.35 \pm 3.74 \text{ gh}$	$32.51 \pm 2.90 \text{ gh}$	$0.30 \pm 0.03 \text{ cde}$
A_2	$122.63 \pm 2.33 \text{ efg}$	$62.52 \pm 2.11 \text{ bcd}$	$0.51 \pm 0.01 \text{ ab}$
A_3	$152.42 \pm 2.94 \text{ bcd}$	$64.45 \pm 5.83 \text{ abcd}$	$0.42 \pm 0.03 \text{ abcde}$
A_4	$165.17 \pm 7.65 \text{ bc}$	$70.79 \pm 2.13 \text{ ab}$	$0.43 \pm 0.03 \text{ abcde}$
B_1	$96.66 \pm 5.79 \text{ h}$	$26.89 \pm 1.88 \text{ h}$	$0.26 \pm 0.02 \text{ e}$
B_2	$146.87 \pm 5.69 \text{ cde}$	$63.90 \pm 4.23 \text{ abcd}$	$0.46 \pm 0.03 \text{ abc}$
B_3	$180.12 \pm 4.40 \text{ a}$	$72.07 \pm 5.31 \text{ ab}$	$0.41 \pm 0.01 \text{ abcde}$
B_4	$136.04 \pm 2.70 \text{ def}$	$78.42 \pm 1.55 \text{ a}$	$0.58 \pm 0.01 \text{ a}$
C_1	$119.62 \pm 5.88 \text{ fgh}$	$44.19 \pm 4.40 \text{ efg}$	$0.38 \pm 0.01 \text{ bcde}$
C_2	$159.10 \pm 5.17 \text{ bcd}$	$51.84 \pm 1.02 \text{ def}$	$0.33 \pm 0.02 \text{ cde}$
C_3	$173.10 \pm 17.22 \text{ b}$	$52.85 \pm 5.15 \text{ cde}$	$0.30 \pm 0.02 \text{ cde}$
C_4	$150.15 \pm 1.67 \text{ bcd}$	$67.01 \pm 7.92 \text{ abcd}$	$0.45 \pm 0.04 \text{ abcd}$
D_1	$135.75 \pm 10.80 \text{ def}$	$37.71 \pm 3.44 \text{ fgh}$	$0.29 \pm 0.01 \text{ de}$
D_2	$135.81 \pm 8.84 \text{ def}$	$40.76 \pm 2.68 \text{ efg}$	$0.31 \pm 0.02 \text{ cde}$
D_3	$142.12 \pm 9.93 \text{ cdef}$	$53.09 \pm 6.03 \text{ cde}$	$0.38 \pm 0.01 \text{ bcde}$
D_4	$159.03 \pm 14.09 \text{ bcd}$	$62.61 \pm 10.31 \text{ bcd}$	$0.39 \pm 0.03 \text{ bcde}$
ck	$107.48 \pm 2.99 \text{ gh}$	$31.77 \pm 1.15 \text{ gh}$	$0.30 \pm 0.02 \text{ cde}$

2.5 药剂对青冈苗木品质指数的影响

苗木品质指数是综合评价苗木的一个指标。它受到苗木总干质量、苗木高径比和根径比的影响, 与苗木等级大小呈正相关^[13]。苗木的总干质量越大, 高径比与根径比之和越小, 苗木品质指数就越高, 苗木就越好。从图4可以看出: 铜试剂、铝试剂和氟乐灵等药剂处理的青冈苗木品质指数表现出随质量浓度增加而变大的趋势, 锌试剂处理的苗木品质指数在 $0\sim 140 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 的范围内随质量浓度增加而增加, $B_4(220 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1})$ 处理反而减小, 这说明 B_4 质量浓度太高对青冈苗木品质产生了负面影响。因此, $B_3(140 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1})$ 处理

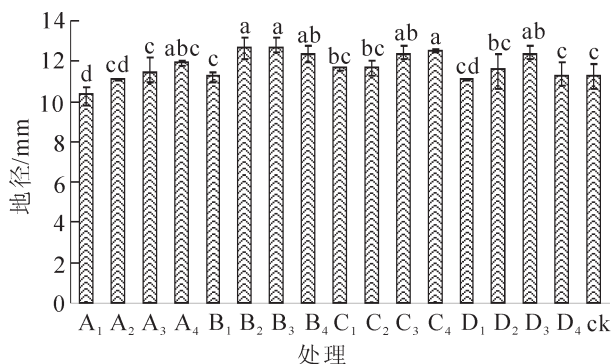


图3 不同药剂对青冈容器苗地径的影响

Figure 3 Effects of four kinds of chemical reagent on base diameter of *Cyclobalanopsis glauca* container seedlings

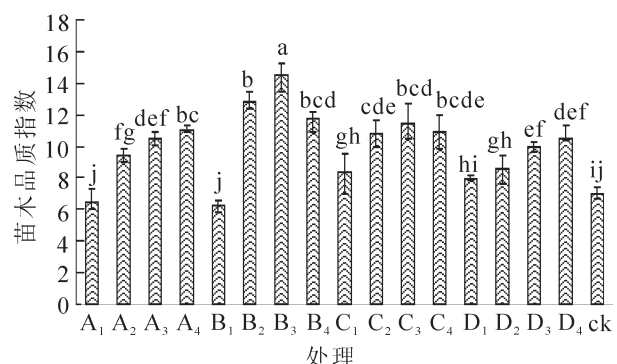


图4 不同药剂对青冈容器苗品质指数的影响

Figure 4 Effects of four kinds of chemical reagent on quality index of *Cyclobalanopsis glauca* container seedlings

L¹ 锌试剂)处理的苗木品质指数最高, 其次为 A₄(220 g·L⁻¹ 铜试剂)处理。

3 结论与讨论

本试验采用硫酸铜、硫酸锌、硫酸铝和氟乐灵等 4 种药剂分别配制成不同质量浓度, 与乳胶漆充分混合后涂在无纺布袋内壁和底部, 以只涂乳胶漆为对照。综合比较不同药剂对青冈容器苗的根系形态参数、根系活力、苗高、地径、生物量积累的影响, 得出针对 4 年生青冈苗木 B₃(140 g·L⁻¹ 硫酸铜试剂)是最适宜的控根药剂。试验结果与周华^[14]和王旭艳^[15]结论基本一致, 但由于树种树龄不同, 具体适宜的锌试剂质量浓度不同。

本试验中 220 g·L⁻¹ 铜试剂对青冈苗木的苗高, 220 g·L⁻¹ 锌试剂除对根系体积和根部干质量外对其他指标, 220 g·L⁻¹ 铝试剂对根系体积、根系分枝数、苗高、地上干质量, 0.22 g·L⁻¹ 氟乐灵试剂除对地径外其他指标均产生负面效应。推测这可能是由于试剂质量浓度过高, 影响了苗木地上部分与地下部分的协调生长, 至于药剂高质量浓度时成为青冈苗木生长发育的限制因子有待将来进一步试验论证。药剂控根的优点是工艺简单, 价格相对低廉, 缺点是铜离子在土壤中不能代谢而积累, 造成环境污染, 破坏土壤微生物, 应用不当易对苗木根系造成毒害^[11]。试验发现, 质量浓度为 220 g·L⁻¹ 锌试剂处理青冈容器苗的根系呈黑褐色, 说明高质量浓度的药剂对苗木根系毒害明显, 严重影响着苗木的品质。本试验仅研究了 0~220 g·L⁻¹ 铜试剂、锌试剂、铝试剂和 0~0.22 g·L⁻¹ 氟乐灵试剂对 4 年生青冈苗木控根效果的影响。如何降低药剂对植物和环境影响, 如何处理好试剂残留和控根效果之间的矛盾以及探索新的药剂, 是青冈苗木药剂控根技术的下一步研究重点。

4 参考文献

- [1] 秦国峰, 吴天林, 金国庆, 等. 马尾松舒根型容器苗培育技术研究[J]. 浙江林业科技, 2000, **20**(1): 68 - 73.
QIN Guofeng, WU Tianlin, JIN Guoqing, et al. Studies on techniques for breeding seedlings of *Pinus massoniana* with root-thinning container [J]. *J Zhejiang For Sci Technol*, 2000, **20**(1): 68 - 73.
- [2] 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.
YUE Long, DONG Fengxiang, Advances in the research on rootpruning container seedling's root system architecture [J]. *World For Res*, 2008, **21**(6): 31 - 35.
- [3] 韩建秋. 容器育苗控根技术研究进展[J]. 北方园艺, 2010(12): 222 - 224.
HAN Jianqiu. The research of the root-controlling technology of container seedling [J]. *Northern Hortic*, 2010(12): 222 - 224.
- [4] 王静. 元宝枫容器育苗基质配制及化学控根技术研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2011.
WANG Jing. *Studies on Substrate Preparation and Chemical Root Control for Container Seedlings of Acer truncatum Bunge* [D]. Beijing: Beijing Forestry University, 2011.
- [5] 岳龙, 徐迎春, 张炜, 等. 美植袋物理控根容器培育对玉兰苗根系构型的影响[J]. 林业科学研究, 2010, **23**(6): 883 - 888.
YUE Long, XU Yingchun, ZHANG Wei, et al. Effect of root-pruning bags on *Magnolia denudata* Desrp's root architecture [J]. *For Res*, 2010, **23**(6): 883 - 888.
- [6] 倪健, 宋永昌. 中国青冈的地理分布与气候的关系[J]. 植物学报, 1997, **39**(5): 451 - 460.
NI Jian, SONG Yongchang. Relationships between geographical distribution of *Cyclobalanopsis glauca* and climate in China [J]. *Acta Bot Sin*, 1997, **39**(5): 451 - 460.
- [7] 陈秋夏, 王金旺. 不同施氮水平对青冈栎容器苗的形态和生理特性影响[J]. 中国农学通报, 2011, **27**(28): 28 - 35.
CHEN Qiuxia, WANG Jinwang. Effects of nitrogen on morphological and physiological characteristics of *Cyclobalanopsis glauca* container seedlings [J]. *Chin Agric Sci Bull*, 2011, **27**(28): 28 - 35.
- [8] 陈秋夏, 廖亮. 光照强度对青冈栎容器苗生长和生理特征的影响[J]. 林业科学, 2011, **47**(12): 53 - 58.
CHEN Qiuxia, LIAO Liang. Effects of light intensities on growth and physiological characteristics of potted *Cyclobalanopsis glauca* seedlings [J]. *Sci Silv Sin*, 2011, **47**(12): 53 - 58.
- [9] 王素娟. 基质、施肥对青冈栎和赤皮青冈容器苗生长的影响[D]. 临安: 浙江农林大学, 2012.

- WANG Sujuan. *The Effect of Substrate and Fertilization on the growth of Cyclobalanopsis glauca and Cyclobalanopsis gliva Container Seedling* [D]. Lin'an: Zhejiang A & F University, 2012.
- [10] 郝建军, 康宗利. 植物生理学实验技术[M]. 北京: 化学工业出版社, 2007.
- [11] 孙盛, 彭祚登, 董凤祥, 等. Cu, Zn 等制剂对银杏容器苗的控根效果[J]. 林业科学, 2009, **45**(7): 156 – 160.
SUN Sheng, PENG Zuodeng, DONG Fengxiang, *et al.* Effect of cupreous and zincous preparations treatment on the root control for container seedlings of *Ginkgo biloba* [J]. *Sci Silv Sin*, 2009, **45**(7): 156 – 160.
- [12] 鲁敏, 姜凤岐, 宋轩. 容器苗质量评定指标的研究[J]. 应用生态学报, 2002, **13**(6): 763 – 765.
LU Min, JIANG Fengqi, SONG Xuan. Study on the assessing indices of container seedlings quality [J]. *Chin J Appl Ecol*, 2002, **13**(6): 763 – 765.
- [13] 刘勇. 苗木质量调控理论与技术[M]. 北京: 中国林业出版社, 1999.
- [14] 周华. 紫叶核桃子苗砧嫁接及容器育苗根控技术研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2005.
ZHOU Hua. *Study on Techniques of Seedling Grafting and Container Seedling with Root Control of Juglans regia 'Violet'* [D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2005.
- [15] 王旭艳. 不同基质、肥料及控根技术对浙江楠容器苗快速成型的影响[D]. 临安: 浙江农林大学, 2013.
WANG Xuyan. *Influence of Matrix, Fertilization and Techniques of Root Control on Rapid Prototyping of Phoebe chekiangensis* [D]. Lin'an: Zhejiang A & F University, 2013.