

Cu、Zn 制剂对油橄榄容器苗生长和根系的影响

赵梦炯^{1,2}, 姜成英^{1,2*}, 吴文俊^{1,2}, 马超¹, 芦娟¹, 陈炜青^{1,2}

(1. 甘肃省林业科学研究院, 甘肃 兰州 730020; 2. 国家林业局油橄榄工程技术研究中心, 甘肃 兰州 730020)

摘要: [目的] 针对油橄榄容器苗存在主根较为粗大、须根极少、根系盘绕等现象开展化学制剂控根试验, 找出适宜油橄榄容器苗的化学控根试剂, 从而解决根系畸形导致的油橄榄苗木质量差等问题。[方法] 采用 4 种不同浓度的 CuSO_4 制剂及 ZnSO_4 制剂对油橄榄 2 年生容器苗进行控根试验, 测定苗高、地径及地上部、下部生物量, 通过根系扫描仪分析根系生长特点, 探讨各项生长指标以及生理指标对控根效果的影响。[结果] 显示: (1) $20 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 和 $60 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 Cu 制剂可提高容器苗的地上部分生长量; $60 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 和 $200 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 Cu 制剂可显著增加生物量的积累。(2) $200 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 Cu 制剂对苗木新根着生效果最为显著; $120 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 Cu 制剂对根系的直径、表面积和体积有良好的促进作用; 而不同 ZnSO_4 控根制剂处理对苗木侧根的各指标产生抑制作用。(3) 枝条生长量与侧根长度呈显著正相关性; 地径、枝条生长量与侧根表面积呈极显著正相关关系。(4) $120 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 Cu 制剂处理后叶片的可溶性蛋白质含量最高, Cu 制剂浓度为 $20 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 时, 叶片的叶绿素含量增加。[结论] 试验发现质量浓度为 $120 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 和 $200 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ Cu SO_4 制剂控根效果良好, 可运用于实际生产。

关键词: 油橄榄; 容器苗; 根系; 控根制剂

中图分类号: S722.3

文献标识码: A

文章编号: 1001-1498(2017)04-0693-07

Effect of Cupreous and Zincous Preparations Treatment on the Growth and the Root Control for Container Seedlings of Olive

ZHAO Meng-jiong^{1,2}, JIANG Cheng-ying^{1,2}, WU Wen-jun^{1,2}, MA Chao^{1,2}, LU Juan^{1,2}, CHEN Wei-qing^{1,2}

(1. Gansu Academy of Forestry Sciences, Lanzhou 730020, Gansu, China;

2. Center for Olive Research and Technology, State Forestry Administration, Lanzhou 730020, Gansu, China)

Abstract: [Objective] To conduct chemical agent root-controlling experiments aiming at controlling bulky taproots, rare fibrous roots and root system twining of olive container seedlings, and to find the chemical root-controlling agents suitable for the olive container seedlings, so as to solve problems such as poor quality of olive seedlings caused by root system malformation. [Method] CuSO_4 agents and ZnSO_4 agents under 4 different concentrations were used in root-controlling experiments of 2-year-old olive container seedlings. The seedling height, ground diameter, aboveground biomass and underground biomass were measured. The growth characteristics of the root system were analyzed by a root system scanner, so that the effects of different growth indexes and physiological indexes on root-controlling effects were discussed. [Result] 1. The growth increment of aboveground parts of the container seedlings could be boosted by Cu agents under the concentrations of $20 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ and $60 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$; the biomass accumulation could increase obviously by Cu agents under the concentrations of $60 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ and $200 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$. 2. The Cu agent under $200 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ had the most significant impact on the growth of new seedling roots; the Cu agent under $120 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ promoted the increase of diameter, superficial area and volume of the root system effectively; various indexes of

收稿日期: 2016-08-30

基金项目: 省级科技计划重大专项项目资助(项目编号:143NKDK025)。

作者简介: 赵梦炯(1985—),女,汉族,工程师,研究方向:经济林。E-mail:zmj.413@163.com

* 通讯作者:姜成英(1973—),女,研究员,E-mail:jcytxb@126.com

seedling lateral roots were inhibited by treatments under different $ZnSO_4$ root-controlling agents. 3. Significant positive correlation existed between branch growth increment and lateral root length; Extremely significant positive correlation existed between the ground diameter increment, branch growth and the superficial area of lateral root. 4. Soluble protein content in leaves reached the maximum after treatment under the Cu agent of $120g \cdot L^{-1}$; the chlorophyll content in leaves increased under treatment of Cu agent of $20g \cdot L^{-1}$. [Conclusion] It was verified in the experiments that the $CuSO_4$ agents under mass concentrations of $120g \cdot L^{-1}$ and $200g \cdot L^{-1}$ have good root control effects and can be applied in practice.

Keywords: olive; container seedling; root system; root-controlling agent

油橄榄 (*Olea europaea* L.), 也称齐墩果, 属木樨科 (*Oleaceae*) 木樨榄属 (*Olea*) 的常绿阔叶乔木, 果实形似橄榄, 果肉内富含油脂^[1]。甘肃省陇南地区自1975年开始对油橄榄进行规模引种, 经过数十年的艰苦探索和研究试验, 油橄榄已在该地区能正常生长且获得些许产量^[2]; 但由于缺乏对良种壮苗优选的认识, 现培育出的幼苗存在移栽成活率较低、缓苗期长、树势较弱等问题。本研究针对油橄榄扦插容器苗的主根徒长又较为粗大、须根极少、根系盘绕、畸形等现象开展化学制剂控根试验, 使其形成健康又发达的根团, 从而解决根系畸形导致油橄榄苗木质量差且缓苗期长等问题^[3-5]。

化学制剂控根技术是将 Cu 制剂或 Zn 制剂涂于育苗容器的内壁和底面上, 通过 Cu^{2+} 或 Zn^{2+} 离子与根尖的接触, 杀死根尖, 从而达到根的顶端修剪目的, 抑制其生长, 刺激并诱发更多的侧根向四周伸展, 也可以防止根系缠绕导致的畸形, 生成舒展又发达的根团^[6-7]。Vitor 等研究发现 Cu 制剂能促进葡萄 (*Vitis vinifera* L.) 幼苗根系直径增长, 降低根冠比, 并有利于葡萄幼苗根系结构生长^[8]; 而吕昕等的研究表明幼苗的根系构型对其后期的生长, 养分的吸收, 以及移栽后的成活率都有直接影响^[9], James 等发现 Cu 制剂可有效改变长叶松 (*Pinus palustris*) 幼苗的根系形态, 显著增加根系生物量^[10], Tsakaldimi 等经试验证明: 人为的改变冬青栎 (*Quercus ilex* L.) 苗株生长的环境因素或施以不同的培育措施都会改变苗株根系的构型^[11]。Faye 研究发现 Cu 制剂可以有效的缩短火炬松 (*Pinus taeda* L.) 侧根长度, 改变新根生长点的分布, 增加根系中上部的新根着生点, 使根系生长更接近于自然状态^[12]。Lequeux 等表明当 Cu^{2+} 浓度高达 $50\mu mol \cdot L^{-1}$ 时可抑制拟南芥 (*Arabidopsis thaliana*) 主根生长并能增加短侧根的密度^[13]。将 Cu 制剂配成一定浓度, 选用乳胶漆作为附着剂, Cu 制剂处理剂量与侧根增加数

目是成正比的^[14-15]。可见, 科学的控根措施可改善根系生长发育环境^[16], 促进苗木根系对养分吸收, 并提高苗木质量。

目前, 国内尚无关于采用化学控根制剂干扰油橄榄扦插苗主根的发展及促进侧根生长的相关研究; 国外也未见关于化学控根制剂对油橄榄根系等方面的相关报道。鉴于此, 本试验针对油橄榄容器苗根系发育不良等问题, 采用 4 种不同浓度的 $CuSO_4$ 制剂及 $ZnSO_4$ 制剂对油橄榄 2 年生容器苗进行控根试验, 试图阻止苗木根系在容器内的畸形生长, 以期为实现油橄榄育苗工厂化、规模化生产提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验在甘肃省陇南市武都区两水镇油橄榄育苗地进行, 该圃地土层肥沃, 立地条件较好, 日照充足, 年平均气温 $14.7^\circ C$, 绝对最高气温 $40^\circ C$, 最低气温 $-8.6^\circ C$, 年日照时数 $1911.7h$, 全年无霜期为 $150 \sim 270d$, 年降水量 $474 \sim 900mm$, 年平均湿度 $61\% \sim 71\%$ 。

1.2 试验材料

于 2015 年 3 月底挑选 2 年生长势基本一致的油橄榄硬枝扦插苗移栽, 品种为‘鄂植 8 号’, 选择普通营养钵 $20cm \times 20cm$ (底 \times 高) 为试验容器, 供试基质为耕作层表土。

1.3 试验设计

采用随机区组设计, 共设 9 个处理, 每处理 30 盆苗 (表 1); 分别将硫酸铜 ($CuSO_4$)、硫酸锌 ($ZnSO_4$) 2 种制剂配制成不同浓度与乳胶漆充分混合后, 涂刷在营养钵的内壁与底部, 只涂乳胶漆作为对照 (CK), 晾干后填装耕作层表土备用。于 2015 年 3 月底将油橄榄苗木移栽后, 对试验苗株仅进行日常灌溉管理, 不采取整形修剪及施肥等田间管理措施。

表 1 不同浓度控根制剂处理

Table 1 Different kinds and concentration of root

control agents

控根制剂 Root control agent	浓度 Concentration/(g · L ⁻¹)				
	0	20	60	120	200
CuSO ₄	CK	A1	A2	A3	A4
ZnSO ₄		B1	B2	B3	B4

1.4 调查内容及方法

1.4.1 生态指标测定 生产量:自 2015 年 7 月至 11 月于每月 15 日固定选择 15 株苗株,定期测量苗高、地径、枝条生长量;生物量:每处理随机抽取 3 株,将植株完整取出,清理干净,将地上部分和地下部分进行分离,置于 105℃ 下烘干至恒质量,分别称得干质量;

1.4.2 根系形态参数的测定 2015 年 11 月底对植株进行根系形态参数的测定,使用专业根系形态学和结构分析系统 Delta-T Scan 根系分析系统采用高分辨率的平板扫描仪进行扫描分析。将植株在根颈处剪断,并置根系在轻缓的流水下冲洗干净,再将根放入分析浅皿,加入少量水,使根系均匀分展开,用扫描仪获取清晰的根系图像。分析侧根(1.0 mm ≤ D ≤ 2.5 mm)的长度、根系表面积、根系体积、根尖数、根系直径等指标。

1.4.3 叶片生理指标的测定 可溶性蛋白质含量测定采用考马斯亮蓝 G250 (Bradford 法)测定;可溶性糖测定采用蒽酮比色法;叶绿素含量测定采用乙醇丙酮混合液法。

1.5 数据分析

试验数据采用 Excle 2007 做基础整理分析,运用软件 Spss Statistics17.0 针对数据进行方差分析以及相关分析。

2 结果与分析

2.1 Cu、Zn 制剂处理对油橄榄容器苗生长表现的影响

苗高与地径的年生长量是油橄榄苗株生长势的重要指标,经不同浓度的控根制剂处理后的苗高、地径具有明显差别。Cu 制剂 A1 处理的苗高年生长量均高于其他处理以及对照,比处理 A4 高出 26.18 cm,比对照高大约 20.60%;方差分析结果显示,Cu 制剂 A1 和 A2 处理间无显著差异性,但同其它处理及 CK 之间差异显著;而 Zn 制剂的各处理间并无显著差异。由图 1 可知,A1 和 A2 处理的苗高年生长量相比 Zn 制剂各处理有明显优势,说明施用 Zn 制剂对 2 年生的油橄榄容器苗的苗高并无显著效果,而质量浓度为 60 和 200 g · L⁻¹ 的 Cu 制剂即 A1 与 A4 处理可有效促进油橄榄苗高年生长量。在相同质量浓度下,Cu 制剂的各处理的地径年生长量均高于 Zn 制剂,如处理 A4 比 B4 粗 2.27 cm;而 Zn 制剂的各处理均低于 CK。方差分析显示,CK 仅与 A1、A4 处理之间有显著差异性,Cu、Zn 制剂各处理的地径年生长量排列依次为:A4 > A1 > A2 > CK > B2 > A3 > B1 > B4 > B3。可见,质量浓度为 200 g · L⁻¹ 的 Cu 制剂可以有效的促进油橄榄容器苗地径的年生长量。

油橄榄苗木的高径比值越大,说明该苗株越细越高,直接影响苗木成活率,移栽后长势也较弱^[4]。经不同质量浓度 Cu 制剂处理后的苗株高径比值最小的为 A4 处理,并与其他处理间差异性显著,最大的为 A1 处理;Zn 制剂的高径比最大的为 B3 处理,但与 CK 差异不显著。

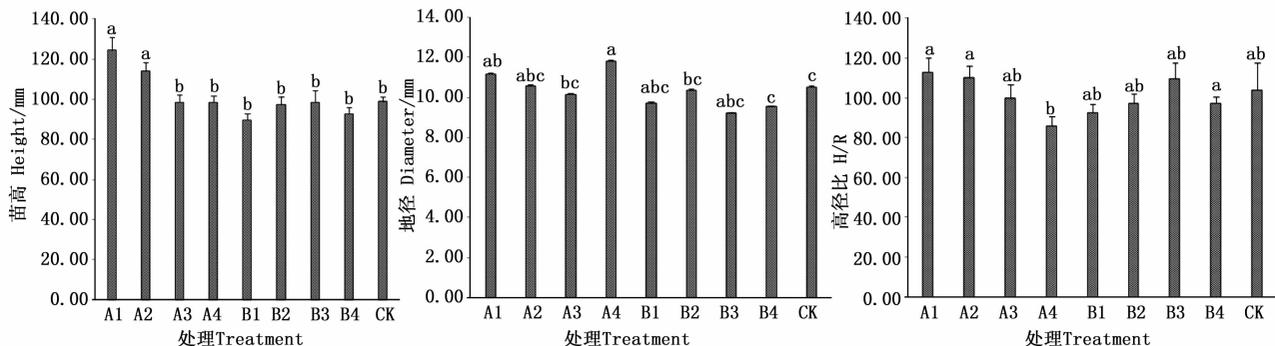


图 1 Cu、Zn 制剂对油橄榄容器苗生长的影响

Fig. 1 Effect of Cu, Zn preparation on growth in container seedlings of olive

2.2 Cu、Zn 制剂处理对油橄榄容器苗生物量积累的影响

不同的控根制剂对2年生的油橄榄容器苗生物量影响差异较大。Cu 制剂处理的苗株地上部分干质量生物量最大为 A2 处理,达到 34.82 g, A4 处理次之,均高于 CK;而 Zn 制剂的 B1 处理和 B4 处理的生物量都低于 CK,生物量最小的是 B1 处理,仅为 8.33 g,比 CK 小 52.61%。经方差分析,对于地上部分生物量,处理 A1、A2 和 A4 与 CK 间存在显著差异性,但这3个处理间并无显著差异。对地下部分生物量结果分析可得:处理 A4 的地下部干质量生物量

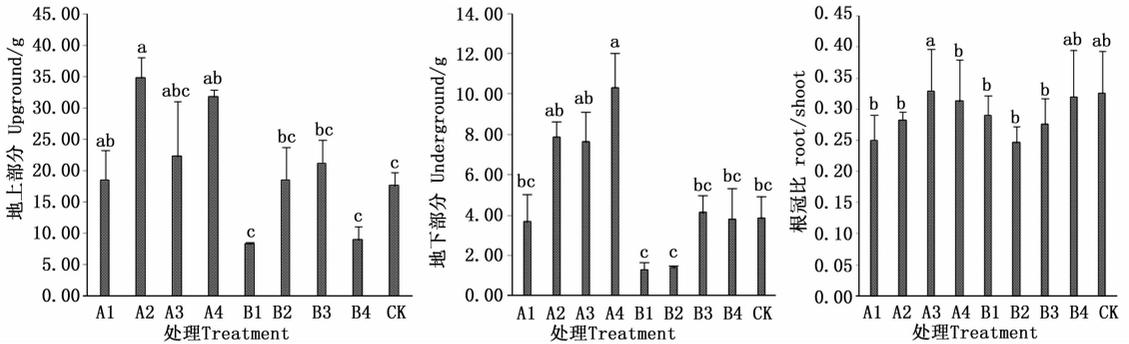


图2 Cu、Zn 制剂对油橄榄容器苗生物量的影响

Fig.2 Effect of Cu、Zn preparation on biomass in container seedlings of olive

2.3 Cu、Zn 制剂对油橄榄容器苗根系形态参数的影响

2.3.1 Cu、Zn 制剂对油橄榄容器苗的根尖数的影响 Cu 制剂可刺激油橄榄容器苗的新根着生,各处理的根尖数相比 CK 均有所增加。根尖数最多的是处理 A4,达到 553 个,与 CK 相比增加了 3 倍之多;而 CK 的根尖数仅有 126 个,最少的处理 A2 也比 CK 增加了 23.02%。Zn 制剂对根尖数的作用不明显,仅处理 B1 和处理 B4 高于 CK 的根尖数;根尖数最少的是 B2 处理,仅 73 个。由方差分析可知,Cu 制剂各处理均与 CK 间差异性显著;而 A1 和 A2 处理间无显著差异,但与其他各处理差异性显著。Zn 制剂 B3 处理与 CK 之间无显著差异,而其余各处理之间差异性均为显著。据此说明 Cu 制剂的各处理均对油橄榄容器苗新根着生起到促进作用;而 Zn 制剂的 B2 及 B3 处理对苗株新根着生起到抑制作用。

2.3.2 Cu、Zn 制剂对油橄榄容器苗根系发育的影响 由表 2 可知,Cu 制剂处理对油橄榄苗的侧根直径影响较 Zn 制剂大, A3 处理的侧根直径最大,是 CK 的 1.74 倍,而直径最小的处理 B4,比 CK 增加了 9.85%,CK 与 Cu 制剂各处理间差异显著。Cu 制剂

为最大,达到 10.33 g, A2 处理次之, B1 处理最小,仅为 1.32 g。Cu 制剂处理 A2、A3 和 A4 之间差异不显著,Zn 制剂的地下部分生物量各处理间无显著差异。

由图 2 可知,根冠比最大的为处理 A3,方差分析表明:A3、B4 处理和 CK 之间不存在显著差异性;但同其它处理之间差异性显著。由 2 种控根制剂对油橄榄 2 年生容器苗生物量积累的影响可以发现:Cu 制剂质量浓度为 60 和 200 g · L⁻¹ 的 A1 和 A4 处理显著提高了油橄榄苗的地上及地下生物量的积累。

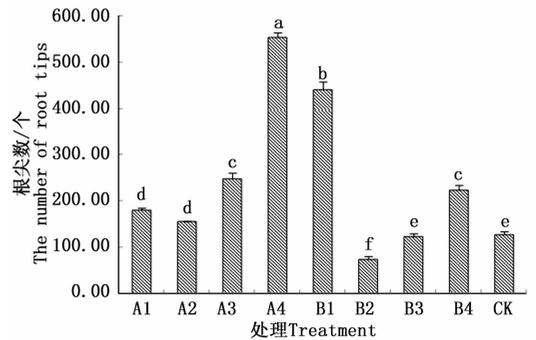


图3 Cu、Zn 制剂对油橄榄容器苗的根尖数的影响

Fig.3 Effect of Cu、Zn preparation on the number of root tips in container seedlings of olive

对侧根长度作用也明显优于 Zn 制剂,而 Zn 制剂对油橄榄侧根长度有明显的抑制作用,各处理均小于 CK。A2 处理和 A4 处理的侧根长度大于 CK,其中 A4 处理的侧根长度比 CK 高出 21.63%。

Zn 制剂各处理的侧根表面积均小于 CK,其中处理 B1 处理的侧根表面积值最大,仅达到 134.40 mm²,比 CK 小 33.23%。Cu 制剂的侧根表面积最大是处理 A3 为 296.78 mm²,处理 A2 次之。数据显示,Cu 制剂各处理的侧根系体积均高于 CK;除处理

A1 外,其余各处理与 CK 均存在显著性差异;A2 与 A4 间无差异,但与 A3 存在显著差异性。在 Zn 制剂的所有处理中,根系体积最大为 B1 处理,仅达到 469.35 mm^3 ,处理 B1 和 B3 的根系体积均大于 CK,试验结果表明:质量浓度为 $120 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 Cu 制剂能

明显的抑制侧根系长度,对根系的直径、表面积和体积有明显的促进作用;而不同 Zn 制剂处理对苗木侧根各指标有一定的抑制作用,其中质量浓度为 $60 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 Zn 制剂对侧根长度、表面积的抑制作用最为显著。

表 2 Cu、Zn 制剂对油橄榄容器苗侧根发育等指标的影响

Table 2 Effect of Cu、Zn preparation on lateral root indicators in container seedlings of olive

处理 Treatment	直径 Diameter /mm	长度 Length/cm	表面积 Superficial area /mm ²	体积 Volume /mm ³
A1	2.03 ± 0.04b	7.07 ± 0.55c	143.99 ± 11.93cd	510.15 ± 13.64c
A2	1.76 ± 0.04c	11.84 ± 0.63ab	263.14 ± 32.94ab	712.98 ± 46.22b
A3	2.30 ± 0.05a	8.27 ± 0.25c	296.78 ± 34.57a	1 261.34 ± 137.97a
A4	1.66 ± 0.12cd	13.10 ± 0.42a	280.80 ± 53.65ab	801.04 ± 43.79b
B1	1.73 ± 0.05d	4.79 ± 0.28d	134.40 ± 8.20cd	469.35 ± 25.14c
B2	1.55 ± 0.03cd	1.48 ± 0.04e	42.62 ± 0.43e	156.18 ± 3.89e
B3	1.60 ± 0.09cd	4.32 ± 0.31d	112.51 ± 13.67de	432.19 ± 20.79c
B4	1.45 ± 0.03de	4.97 ± 0.74d	111.03 ± 16.19de	258.52 ± 18.47de
CK	1.32 ± 0.07e	10.77 ± 0.29b	201.28 ± 10.60bc	361.01 ± 5.57cd

注:数据为平均值 ± 标准误;不同字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。

The figures in the table are mean ± standard error, the different small letter indicates significance at 0.05 level.

2.4 苗木生长量与根系指标的相关性分析

表 3 是苗高、地径、枝条生长量与侧根各指标的相关性分析结果。经相关性分析可知,苗高与根尖数、根直径、根体积都呈负相关性;地径和枝条生长量与侧根长度呈显著极正相关 ($P < 0.01$),与苗高相比,枝条生长量与侧根长度的相关性更大,而枝条生长量与苗高呈极显著正相关关系。地径与根尖数、长度以及根系表面积均呈现极显著正相关性,其

中,地径与侧根表面积显著正相关 ($P < 0.05$),枝条生长量与侧根表面积也呈显著正相关 ($P < 0.01$)。根尖数与根系长度、根系表面积呈极显著正相关,根系直径与根体积也呈现正相关性,相关系数 $r = 0.707$,即根系直径随根系体积的增加而增加。根系长度与表面积的相关系数 $r = 0.810$,呈显著正相关,即根系长度随根系表面积的增大而增长。

表 3 苗木生长量与根系指标的相关性分析

Table 3 Correlation analysis of root indicators with on the ground increment

项目 Items	苗高 Height	地径 Base diameter	枝条生长量 Branch growth	根尖数 Tips	直径 Diameter	长度 Length	表面积 SA	体积 Volume
苗高 Height	1	0.449 **	0.563 **	-0.100	-0.191	0.243	0.115	-0.088
地径 Base diameter		1	0.579 **	0.382 **	-0.066	0.587 **	0.540 **	0.210
枝条生长量 Branch growth			1	0.174	-0.200	0.543 **	0.355 *	0.009
根尖数 Tips				1	-0.116	0.563 **	0.493 **	0.232
直径 Diameter					1	-0.228	0.148	0.707 **
长度 Length						1	0.810 **	0.271
表面积 SA							1	0.672 **
体积 Volume								1

* . 在 0.01 水平 (双侧) 上极显著相关, * . 在 0.05 水平 (双侧) 上显著相关。

** Significant correlation at the 0.01 level (bilateral), * significant correlation at the 0.05 level

2.5 Cu、Zn 制剂对油橄榄容器苗叶片生理指标的影响

可溶性蛋白含量是植物体总代谢的重要指标,是筛选抗性的重要营养物质之一。由图 4 可知,Cu 制剂的 A3 处理的可溶性蛋白质含量最高,与 CK 间差异性显著,而 A4 处理则比 CK 小 1.37%,与 CK

间并无显著差异。Zn 制剂的 B1 处理的可溶性蛋白含量仅次于 A3 处理,与 CK 间差异显著。可见,针对可溶性蛋白含量的最优处理为 A3,即浓度为 $120 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 Cu 制剂。

可溶性糖作为反映苗木质量的重要指标,也反映出不同控根制剂处理对苗株营养的增益情况。质

量浓度为 $120 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 Zn 制剂 B3 处理叶片的可溶性糖含量最高,其次为 $60 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 Cu 制剂 A2 处理;但 B3 处理与 CK 间并无显著差异性,而与 A2 处理同 CK 间存在显著差异性。因此质量浓度为 $60 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 Cu 制剂更利于植株的生长。

2 种不同的控根制剂均可提高油橄榄的叶绿素

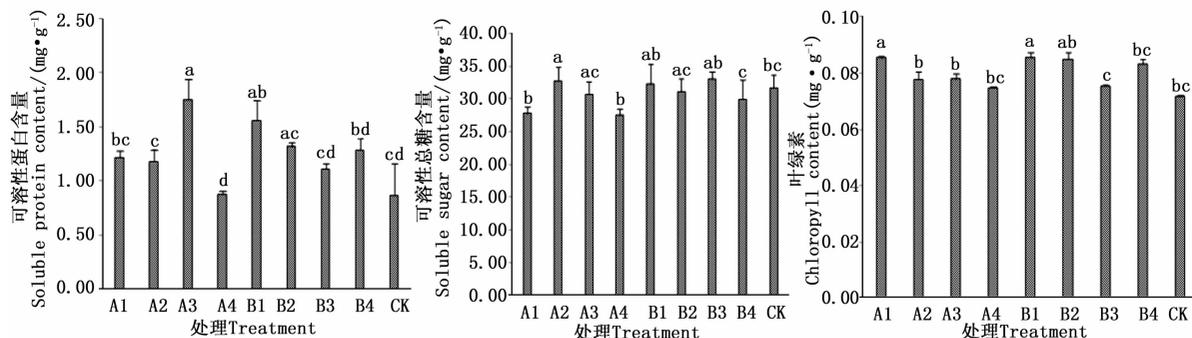


图4 Cu、Zn 制剂对油橄榄容器苗叶片生理指标的影响

Fig. 4 Effect of Cu, Zn preparation on physiological indicators of olive leaves in container seedlings

3 讨论

化学控根技术在实际生产中操作简单,成本低廉,对育苗环境要求相对较低。通过试验可发现,油橄榄 2 年生容器苗生长及其根系发育对化学控根制剂表现出明显的响应差异。Cu 制剂质量浓度分别为 20 和 $60 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 A1 和 A2 处理对油橄榄容器苗高有明显的促进作用;A4 处理可有效的促进油橄榄容器苗地径的生长。Zn 制剂浓度为 $120 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 时高径比优于同处理的其它各浓度,但 Cu 制剂的 A4 处理苗株高径比为最佳。Zn 制剂对地径生长量作用不显著,而 Cu 制剂 A4 处理可有效的促进油橄榄容器苗地径的生长。质量浓度为 60 和 $200 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 Cu 制剂 A1 和 A4 处理可显著提升油橄榄苗的地上及地下鲜质量, $120 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 Cu 制剂 A3 处理根冠比最佳;但是 Zn 制剂处理的苗株地上和地下部分生物量积累并不明显,针对 Zn 制剂对苗木造成胁迫的原因有待进一步研究。

苗木根系对化学控根制剂的反应也不相同, Cu 制剂的各处理均可增加油橄榄容器苗根尖数,而根尖数最多的是 Cu 制剂的 A4 处理浓度为 $200 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$;但 Zn 制剂的 B2 处理和 B3 处理对油橄榄容器苗的新根着生起到抑制作用。Cu 制剂对侧根长度作用明显优于 Zn 制剂; Zn 制剂各处理均小于 CK。Cu 制剂质量浓度为 $120 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 A3 处理能明显的抑制侧根系长度,对根系的直径、表面积和体积有明

显的促进作用。综上所述, Cu 制剂在 120 和 $200 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 浓度时可达达到控制主根过长生长、促进侧根增加、形成发达根团的目的,效果最佳。油橄榄容器苗地上部分的生长与根系的发育存在密切的关系,通过对苗株各项指标的相关性分析得出以下结论:地径和枝条生长量与侧根长度呈极显著正相关 ($P < 0.01$),与苗高相比,枝条生长量与侧根长度的相关性更大。地径与侧根表面积显著正相关 ($P < 0.05$),而枝条生长量与侧根表面积也呈显著正相关 ($P < 0.01$)。研究显示,苗木叶片养分储存量随着控根制剂以及浓度的不同也发生变化,质量浓度为 $120 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 Cu 制剂的可溶性蛋白质含量最高,质量浓度为 $20 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 Cu 制剂可有效提高叶片的叶绿素含量。

4 结论

合理的控根技术可使油橄榄幼苗形成健康又发达的根团,避免幼苗质量差且缓苗期过长等问题,是解决容器育苗侧根稀少,主根陡长的有效途径。试验证明: Cu 制剂在 120 和 $200 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 浓度时可达达到控制主根过长生长、促进侧根增加、形成发达根团的目的,且效果显著。本试验仅研究了质量浓度为 $20 \sim 200 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ Cu 制剂和 $20 \sim 200 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ Zn 制剂对 2 年生油橄榄容器苗控根效果的影响。针对 Zn 制剂的最佳质量浓度以及如何降低药剂对苗木的影响,且更好地控制化学制剂残留与控根效果之间的

矛盾是探索的新方向,是油橄榄育苗化学制剂控根技术下一步的研究重点。

参考文献:

- [1] 邓明全,俞 宁. 油橄榄引种栽培技术[M]. 北京:中国农业出版社,2000.
- [2] 姜成英,朱振家,史艳虎,等. 枝梢环剥对油橄榄莱星品种果实产量及叶片光合作用的影响[J]. 林业科学研究,2016,29(2):289-293.
- [3] 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.
- [4] GB6000-1999 中华人民共和国国家标准主要造林树种质量分级[S]. 北京:中国标准出版社出版,2000.
- [5] LY/T1973-2011 中华人民共和国林业行业标准油橄榄苗木质量等级规程[S]. 北京:中国标准出版社出版,2011.
- [6] 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.
- [7] Timmer V R, Miler B D. Effects of container fertilization and moisture regimes on biomass, nutrients and water relation of container grown red Pine seedlings [J]. *New Forests*, 1991, 5(4): 335-348.
- [8] Ambrosini V G, Rosa D J, Prado J P C, *et al.* Reduction of copper phytotoxicity by liming: A study of the root anatomy of young vines (*Vitis labrusca* L.) [J]. *Original Research Article Plant Physiology and Biochemistry*, 2015, 96: 270-280.
- [9] James P B, John M, Gilvray M. Copper treatment of containers influences root development of longleaf pine seedlings [J]. *Department of Agriculture Forest Service Southern Research Station*,2001, 6:16-18.
- [10] 吕 昕. 美国山核桃富根容器育苗技术的研究[D]. 南京:南京林业大学,2015.
- [11] Tsakalidimi M, Zagas T, Sitsoni, *et al.* Root morphology stem growth and field performance of seedlings of two Mediterranean evergreen oak specie raised in different container types [J]. *Developments in Plant and Soil Sciences*,2007,103(2):135-142.
- [12] Faye J. The use of chemicals to control root growth in container stock: A literature review [J]. *NEST Technical Report TR-026*, 1996(5):1-20.
- [13] Lequeux H, Hermans C, Lutts C, *et al.* Response to copper excess in *Arabidopsis thaliana*: Impact on the root system architecture, hormone distribution, lignin accumulation and mineral profile [J]. *Plant Physiology and Biochemistry*,2010,48:673-682.
- [14] 刘 勇,龚怀勋. 硫化铜对容器苗的修根作用 [J]. *北京林业大学学报*,1992. 14(增刊2):74-80.
- [15] Ruter P, Douglass F. Quantifying root system quality of nursery seedlings and relationship to out planting performance [J]. *New Forests*,2005,30(29):5-11.
- [16] 奚 旺,刘 勇,马履一,等. 底部渗灌条件下水肥对华北落叶松容器苗生长及基质 pH 值、电导率的影响 [J]. *林业科学*. 2015,51(6):36-43.

(责任编辑:彭南轩)