

不同营养液配方及栽培基质对兰屿肉桂幼苗生长的影响*

黄稚清 胡思玲 柯碧英 吴 刚

(广东生态工程职业学院, 广东 广州 510520)

摘要 兰屿肉桂 *Cinnamomum kotoense*, 属于樟科樟属常绿乔木, 原产于我国, 是良好的盆栽观叶树种和园景树种。为了更好发挥兰屿肉桂的价值, 提高栽培方法多样性, 研究设置 2 个营养液配方, 并使用不同的浓度和不同栽培基质, 探究其对肉桂幼苗水培生长的影响。结果发现配方 2 ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 945 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 K_2SO_4 440 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 KH_2PO_4 350 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 MgSO_4 400 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 7.000 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 、EDTA-2Na 9.300 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 H_3BO_3 0.075 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$) 稀释 500 倍处理下水培兰屿肉桂幼苗根系生长效果最好, 配方 2 稀释 700 倍处理下茎干叶生长效果总体最佳、生长量最佳, 配方 2 稀释 900 倍处理下新芽萌发数目最多。总体而言使用配方 2 进行水培表现更好。各组营养液 pH 和电导率规律性不明显。使用不同栽培基质时, 使用陶粒的水培兰屿肉桂生长明显优于使用石块和彩陶。

关键词 兰屿肉桂; 营养液; 栽培基质; 水培植物

中图分类号: S723.1 文献标志码: A 文章编号: 2096-2053 (2022) 05-0158-08

Effects of Different Formulations of Nutrient Solutions and Cultivating Matrices in Cultivating *Cinnamomum kotoense* Seedlings

HUANG Zhiqing HU Siling KE Biying WU Gang

(Guangdong Eco-Engineering Polytechnic, Guangzhou, Guangdong 510520, China)

Abstract *Cinnamomum kotoense* is a kind of evergreen tree species from *Cinnamomum* genus, Lauraceae family. *C. kotoense* is originated from China and can be used as a kind of ornamental foliage plant and landscape tree. Meanwhile, it is also widely used in medical fields and perfume industry. In order to take advantage of the potential of *C. kotoense* and improve the the diversity of cultivation, this paper focuses on effects of different formulations of nutrient solutions and different cultivating matrices in cultivating seedlings. The optimal formulation and concentration of nutrient solution for root growing is Formulation 2 ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 945 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 K_2SO_4 440 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 KH_2PO_4 350 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 MgSO_4 400 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 7.000 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 、EDTA-2Na 9.300 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 、 H_3BO_3 0.075 $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$) diluting with 500 dilution ratio. As for stem and foliage growth and biomass of the seedlings, the optimal one is Formulation 2 diluting with 700 dilution ratio. Meanwhile, the optimal one for improving sprouting of seedlings is Formulation 2 diluting with 900 dilution ratio. Generally, Formulation 2 behaves better in cultivating seedlings of *C. kotoense*. pH and electric conductivity of each experimental groups show less differences in tendency. Compared with using stones and colorful ceramisites, using ceramisite as matrices is good for the growth of hydroponic seedlings. These results have a certain reference value in high quality cultivating and improving product quality of *C. kotoense*.

Key words *Cinnamomum kotoense*; nutrient solutions; cultivating matrices; hydroponic plant

* 基金项目: 广东省林业局、广东省中医药局项目 (2100601)。

第一作者: 黄稚清 (1995—), 女, 助理实验师, 主要从事野生植物园林栽培与应用, E-mail: starlight0715@foxmail.com。

通信作者: 柯碧英 (1976—), 女, 副教授, 主要从事森林营造技术和园林植物栽培与养护, E-mail: 22919020@qq.com。

兰屿肉桂 *Cinnamomum kotoense* 属于樟科樟属常绿乔木，原产于我国台湾省。其叶片亮绿、树型美观、耐阴、适应能力强，是良好的盆栽观叶树种和园景树种^[1]。植株能散发淡淡幽香，具有净化空气的作用。此外兰屿肉桂还具有极佳的药用价值^[2]。积极摸索兰屿肉桂优质苗的快繁技术对提升兰屿肉桂产业发展质量尤其是园林应用有重要作用。当前研究兰屿肉桂栽培主要集中在播种繁殖，也有应用组织培养技术繁殖兰屿肉桂的初步研究^[3-4]。还未涉及兰屿肉桂水培方面的研究，因此本文旨在研究营养液不同浓度和不同栽培基质类型对肉桂水培生长的影响，以便筛选出较好的水培营养液配方，以期为兰屿肉桂优质苗快繁技术规程、优质栽培和提升兰屿肉桂品质提供技术参考。

1 材料与方法

1.1 实验材料及预处理

本实验所用的兰屿肉桂幼苗为1 a生幼苗，2021年9月14日购买于广州市陈村花卉世界，健康状况良好，叶片浓绿，无病虫害，主干通直，平均株高约为30 cm。

幼苗购置后统一栽种于广东生态工程职业学院森林培育实训大棚中使其充分适应栽培地的环境。2021年10月14日先将实验用的兰屿肉桂幼苗从土培改为水培，10月14日至11月28日期间全部幼苗均用清水水培，待植株充分适应水培条件。自2021年11月29日开始，根据分组添加营养液和设置栽培基质。预处理到实验期间温度7.9~28.7℃，相对湿度48.8%~92.3%。

1.2 实验方法

通过查阅前人文献，以霍格兰和阿农通用营养液^[5]为基本配方并不断进行调整，于2019—2020年陆续开展一系列预实验，运用了不同配方成分组合的营养液进行处理并观察植株的生长状况。最后根据植株表现筛选出了2个效果较好的配方，具体成分信息参照表1，营养液分组名称、浓度、水培基质类型参照表2。根据配方提前配置好母液，每次更换营养液时按比例稀释并添加除藻剂，使用剂量为每10 L水添加1 mL除藻剂。

营养液水培实验从2021年11月29日开始。共设置8组实验组，1组对照组则用等量的清水进行水培。每组设置了9株幼苗作为重复。依照确

定好的配方分别装入各组的水培容器中，对照组添加清水水培。参考陈永华等人^[6]的水培处理方式，本实验采用定植篮进行水培栽种，并在定植篮中加入栽培基质固定植株。定植篮放置在盛有营养液的玻璃杯中，营养液的装入量为淹没定植篮中兰屿肉桂原有根部的1/2处，其余部分暴露于空气中（图1）。将兰屿肉桂幼苗移植入自然光照条件下的温室大棚内栽植。至2022年1月15日，取出所有水培植株并记录各组的鲜质量和干质量、根系和叶片生长等数据。

1.2.1 根系和叶片生长测定方法 水培0 d时，定植前先记录每株幼苗当前的根系生长情况和叶片生长情况，用小钢尺测量植株高度。水培48 d后从定植篮中取出幼苗，擦干幼苗表面水分，放置在空白纸上，清点幼苗新生根系条数、成熟叶片数目、新芽数，并用游标卡尺测量最长的根系长度，用小钢尺测量植株高度。

1.2.2 生长量测定方法 于水培48 d采集兰屿肉桂幼苗植株后，分别称取地上部分、地下部分的鲜质量。再将植株放入烘箱中，先105℃杀青30 min，再在80℃烘干至恒重，分别称取地上部分、地下部分的干质量。

1.2.3 水培营养液的pH和电导率测定方法 自2021年11月29日开始每隔4 d测定营养液pH、电导率，后更换营养液。更换后调整营养液pH和电导率与原始值一致。营养液pH使用Ohaus Starter 3100仪器进行测定，电导率使用DDS-12D仪器进行测定。

1.3 数据处理

获得的数据使用Microsoft Excel 2010 进行整理分析，绘图使用Origin 2018 绘制。



图1 水培定植示意

Fig.1 Diagram of water planting

表 1 不同营养液配方的元素成分配方
Table 1 Elemental formulation of different nutrient solutions

成分 Content	组别 / (mg · L ⁻¹) Group		
	配方 1 Formula 1	配方 2 Formula 2	对照组 Control group
Ca(NO ₃) ₂	945	945	清水处理
K ₂ SO ₄	370	440	
KH ₂ PO ₄	350	350	
CH ₄ N ₂ O (尿素)	20	0	
MgSO ₄	493	400	
FeSO ₄ · 7H ₂ O	7.000	7.000	
EDTA-2Na (乙二胺四乙酸二钠)	9.300	9.300	
H ₃ BO ₃	0.075	0.075	
MnSO ₄ · 4H ₂ O	0.063	0.063	
CuSO ₄ · 5H ₂ O	0.425	0.425	
ZnSO ₄	0.620	0.620	
(NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂₄ (钼酸铵)	0.050	0.050	

表 2 不同营养液配方的浓度与分组
Table 2 Concentrations of different nutrient solution formulations and groups

序号 Number	配方名称 Name of formula	稀释浓度 Diluted concentration	代号 Group number	水培方式 Method of hydroponic cultivation
1	配方 1	500 倍	1-A	陶粒
2	配方 1	700 倍	1-B	陶粒
3	配方 1	900 倍	1-C	陶粒
4	配方 2	500 倍	2-A	陶粒
5	配方 2	700 倍	2-B	陶粒
6	配方 2	900 倍	2-C	陶粒
7	配方 2	700 倍	2-S-B	小石块
8	配方 2	700 倍	2-T-B	小彩陶
9	对照组	-	CK	陶粒

2 结果与分析

2.1 不同配方营养液及营养液浓度对水培兰屿肉桂生长的影响

2.1.1 根系生长 2 个配方稀释 700 倍时进行水培对促进根系萌发的能力较差, 900 倍浓度更有利于兰屿肉桂根系生长。如表 3 所示, 经过营养液水培 48 d 后, 除了 1-B 和 2-B 处理组, 其余各处理组的新根萌发数都超过了对照组。其中新根数

最多的是 2-A, 新根条数均值为 17.000 ± 18.056 。CK 的最长根系长度均值为 3.967 ± 2.388 cm, 1-C、1-A、2-C 处理组的最长根系长度超过了 CK。1-B 和 2-B 处理组的最长根长度都较 CK 的小。

2.1.2 茎干叶生长 如表 4 所示, 对比开始营养液水培 0 d 和水培 48 d 后的植株高度, 各处理组的株高都有不同程度的增高, 其中株高增幅最快的 2-B, 增幅最慢的是 2-A, 说明配方 2 稀释 700 倍时对植株增高较好。总体而言各处理组的成熟

表 3 水培 48 d 后不同配方营养液及营养液浓度对水培兰屿肉桂根系生长的影响

Table 3 Root growth of *C. kotoense* seedlings with different nutrient solutions and different concentrations of formulations after water planting 48 days

组号 Group number	新根数 / 条 Number of new roots	最长根系长度 /cm Length of the longest roots
1-A	10.889 ± 10.914	3.456 ± 3.030
1-B	4.778 ± 12.863	1.444 ± 3.056
1-C	12.667 ± 11.203	4.589 ± 4.353
2-A	17.000 ± 18.056	4.444 ± 5.157
2-B	4.778 ± 5.094	3.300 ± 4.060
2-C	13.222 ± 10.779	4.333 ± 3.562
CK	10.667 ± 8.471	3.967 ± 2.388

表 4 水培 0 d 和 48 d 后不同配方营养液及营养液浓度对水培兰屿肉桂茎干叶生长的影响

Table 4 Stem and leaves growth of *C. kotoense* seedlings with different nutrient solutions and different concentrations of formulations at the beginning and after 48 days of water planting

组号 Group number	株高 /cm Plant height		成熟叶片数 / 片 Number of mature leaves		新芽数 / 个 Number of new sprouts
	2021-11-29	2022-01-15	2021-11-29	2022-01-15	2022-01-15
1-A	30.756 ± 4.771	37.256 ± 3.880	5.000 ± 1.500	4.889 ± 1.833	0.778 ± 0.833
1-B	29.122 ± 2.657	37.067 ± 5.291	5.778 ± 1.787	5.444 ± 3.087	0.000 ± 0.000
1-C	27.867 ± 4.310	33.111 ± 4.766	5.333 ± 1.732	4.556 ± 1.878	1.222 ± 1.093
2-A	32.122 ± 3.812	32.978 ± 3.426	5.556 ± 2.128	5.333 ± 1.118	1.333 ± 2.236
2-B	29.267 ± 2.086	38.811 ± 5.231	5.444 ± 1.130	5.778 ± 2.167	1.778 ± 1.642
2-C	29.344 ± 4.918	32.756 ± 5.613	5.333 ± 1.500	5.222 ± 2.279	2.556 ± 3.167
CK	31.433 ± 4.258	34.767 ± 4.475	5.556 ± 1.740	5.556 ± 1.509	1.222 ± 1.394

叶片数相较于水培 0 d 时都有不同程度的减少, 对照组在水培 0 d 和水培 48 d 成熟叶片数目几乎没有变化。配方 2 稀释 700 倍时最有利于植株, 总体而言配方 2 的成分相较于配方 1 更有利于兰屿肉桂幼苗的新芽萌发。配方 2 的不同浓度处理组的新芽数均多于 CK 组, 而配方 1 不同浓度处理组的新芽数均低于 CK 组, 1-B 没有新芽萌发。说明可能配方 2 相较于配方 1 更有利于促进兰屿肉桂幼苗萌发新芽。

2.1.3 生长量 总体来看, 2 个配方稀释 700 倍条件下更有利于兰屿肉桂地上部分有机物质积累。如表 5 所示, 鲜质量中, 仅有 2-B 的地上部分的鲜质量高于对照组的质量, 地下部分中 1-B、1-C、2-C 的鲜质量低于对照组。总鲜质量中也仅有 2-B 的质量高于对照组质量。在干质量中, 地上部分中仅有 1-B 和 2-B 的质量高于对照组。干质量地

下部分中, 配方 1 的 3 个浓度和配方 2 的 2-C 质量均没有超过对照组。总干质量, 除了 1-B 和 2-B 外, 其余均为超过对照组。

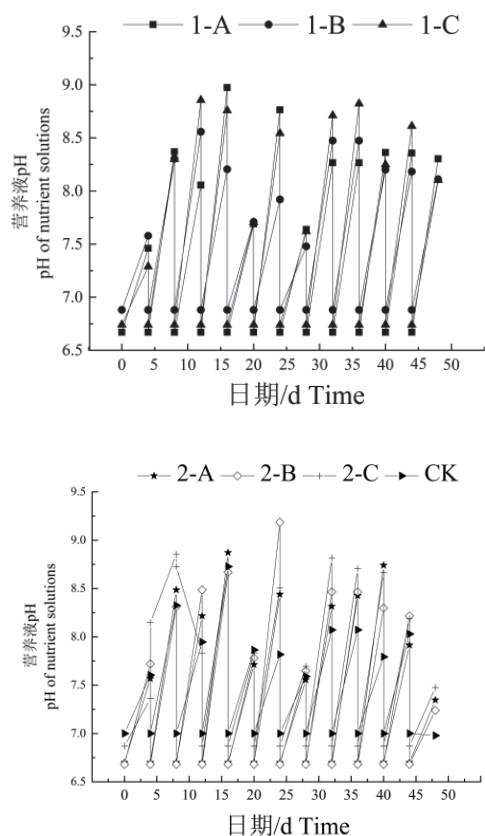
2.1.4 营养液 pH 和电导率 各组的营养液 pH 在水培 48 d 期间无明显的规律性, 但每次测定时营养液 pH 都比调整 pH 有所增大, 呈碱性; 各处理组的营养液电导率变化总体趋势大致都呈现先下降后上升的趋势, 且每次测定营养液电导率时可见电导率比调整时有所下降。

如图 2 所示, 水培过程中, 1-A 的营养液 pH 波动较大的时间段在 0~24 d, 后趋于变化较为平稳的状态, 在 16 d 时达到峰值。1-B 和 1-C 均在 12 d 时达到峰值, 1-B 也在 40~48 d 时变化趋于稳定。2-A 先呈波动状上升后又下降, 2-B 总体变化趋势为先增, 在 24 d 达到峰值又呈下降的趋势。2-C 的总体变化趋势为先增后降再增最后下降。

表 5 水培 48 d 后不同配方营养液及营养液浓度对水培兰屿肉桂生长量的影响

Table 5 Biomass of *C. kotoense* seedlings with different nutrient solutions and different concentrations of formulations after 48 days of water planting

组号 Group number	鲜质量 /g Fresh weight			干质量 /g Dry weight		
	地上部分 Aerial portion	地下部分 Underground portion	总计 Total	地上部分 Aerial portion	地下部分 Underground portion	总计 Total
1-A	6.894 ± 2.506	4.727 ± 2.182	11.621 ± 4.528	2.671 ± 1.165	1.330 ± 0.707	4.001 ± 1.847
1-B	6.682 ± 2.410	4.257 ± 2.309	10.939 ± 4.204	3.232 ± 2.441	1.319 ± 0.735	4.551 ± 2.604
1-C	5.449 ± 1.884	3.852 ± 1.501	9.301 ± 3.327	2.190 ± 0.804	1.197 ± 0.601	3.387 ± 1.370
2-A	6.578 ± 1.537	5.298 ± 2.300	11.876 ± 3.649	2.531 ± 0.612	1.496 ± 0.544	4.027 ± 1.093
2-B	8.222 ± 3.579	5.273 ± 2.775	13.496 ± 6.249	3.213 ± 1.714	1.592 ± 0.897	4.806 ± 2.591
2-C	6.039 ± 2.946	3.451 ± 2.265	9.490 ± 5.082	2.303 ± 1.518	1.144 ± 0.891	3.448 ± 2.377
CK	7.073 ± 2.948	4.601 ± 1.415	11.674 ± 4.221	3.056 ± 1.276	1.359 ± 0.490	4.414 ± 1.716



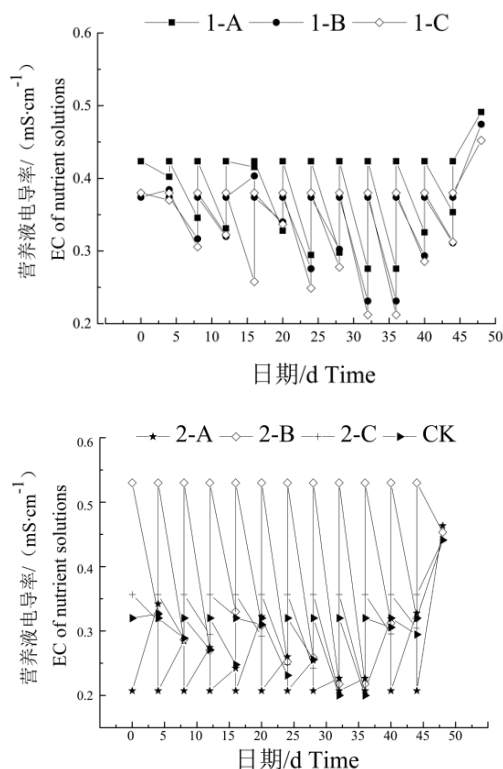
注：每次测定后调整营养液 pH 和电导率与原始值一致。
Note: Each time pH of the nutrient solutions and EC would be adjusted to the original value after testing.

图 2 水培 48 d 后不同配方营养液及营养液浓度处理下营养液 pH 的变化

Fig.2 pH of nutrient solutions with different nutrient solutions and different concentrations of formulations after 48 days of water planting

如图 3 所示，水培 0 d 时刚添加营养液时 2-B 浓度在几个处理组里最高，为 0.53 mS/cm。配方 1 中，1-B 和 1-C 的电导率变化波动较 1-A 的大；配

方 2 中的 3 个处理组在 0~16 d 变化趋势保持一致，测定的数值均值也较为接近。在 48 d，各处理组的营养液电导率都有了较为明显的增高。除 1-C 外，各处理组均在 32~36 d 时电导率达到最小值。



注：每次测定后调整营养液 pH 和电导率与原始值一致。
Note: Each time pH of the nutrient solutions and EC would be adjusted to the original value after testing.

图 3 水培 48 d 后不同配方营养液及营养液浓度处理下营养液电导率的变化

Fig.3 EC of nutrient solutions with different nutrient solutions and different concentrations of formulations after 48 days of water planting

2.2 不同栽培基质对水培兰屿肉桂生长的影响

2.2.1 根系生长 使用陶粒作为栽培基质对兰屿肉桂幼苗根系生长效果最好。如表 6 所示, 处理组均使用配方 2 的 700 倍浓度处理并使用不同的栽培基质, 可以看到 2-S-B 和 2-T-B 处理组新根数目和最长根系长度不如 2-B 的数目多, 且明显低于对照组 CK ($P < 0.01$)。2-T-B 的新根数目要多于 2-S-B, 2-S-B 的最长根系长度要长于 2-T-B。这表明使用石块和彩陶作为栽培基质时, 水培根系的生长效果不如使用陶粒。

表 6 水培 48 d 后不同栽培基质对水培兰屿肉桂根系生长的影响

Table 6 Root growth of *C. kotoense* seedlings with cultivating matrices after water planting 48 days

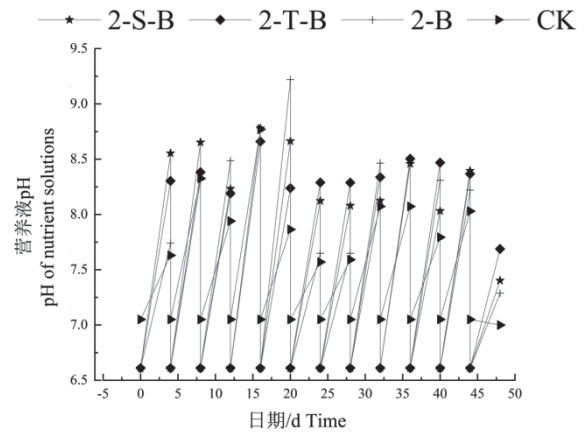
组号 Group number	新根数 / 条 Number of new roots	最长根系长度 / cm Length of the longest roots
2-S-B	1.000 ± 1.581	0.656 ± 1.334
2-T-B	1.889 ± 3.019	0.200 ± 0.350
2-B	4.778 ± 5.094	3.300 ± 4.060
CK	10.667 ± 8.471	3.967 ± 2.388

2.2.2 茎干和叶 总体而言, 使用陶粒作为栽培基质比石块和彩陶更有利于水培兰屿肉桂幼苗茎干叶生长。如表 7 所示, 处理组均使用配方 2 的 700 倍浓度处理并使用不同的栽培基质, 可以看到相比于 0 d, 48 d 时 2-S-B 和 2-T-B 处理组株高增幅都要大于 CK, 但低于 2-B 的增幅。相比于石块和彩陶, 使用陶粒作为栽培基质更有利于水培兰屿肉桂株高伸长。使用彩陶作为栽培基质的 2-T-B 成熟叶片在水培 48 d 时略少于其他 2 个处理组。2-S-B 和 2-T-B 处理组新芽数都要低于 CK 和 2-B。

2.2.3 生物量 使用陶粒作为栽培基质对水培兰屿肉桂幼苗积累干物质更有利, 利于幼苗生长, 效果要优于使用石块和彩陶。如表 8 所示, 鲜质量和干质量中 2-T-B 和 2-S-B 的质量均不如 2-B, 但 2-S-B 地上部分质量和总质量要比 2-T-B 的大, 2-T-B 地下部分质量则比 2-S-B 的要大。在石块和彩陶两种基质中, 使用石块作为栽培基质对提高鲜质量和干质量的地上部分质量和总质量效果更好, 使用彩陶作为栽培基质对提高鲜质量和干质量的地下部分质量效果更好。

2.2.4 营养液 pH 和电导率 不同栽培基质处理下

营养液 pH 随着时间推移处于不断波动的状态, 没有明显规律性。如图 4 所示, 2-S-B 在 16 d 时 pH 达到峰值, 2-T-B 的峰值在 36 d 时, 2-B 峰值在 24 d 时且总体变化波动较剧烈。



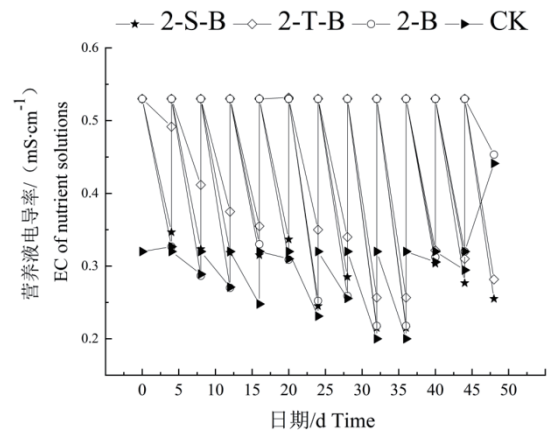
注: 每次测定后调整营养液 pH 和电导率与原始值一致。

Note: Each time pH of the nutrient solutions and EC would be adjusted to the original value after testing.

图 4 水培 48 d 后不同栽培基质处理下营养液 pH 的变化

Fig.4 pH of nutrient solutions with cultivating matrices after 48 days of water planting

不同栽培基质的处理组均在 32~36 d 时电导率有比较明显下降, 其余时间段变化没有明显规律性。如图 5 所示, 2-S-B 在 0~16d 总体变化趋较为平稳, 后期有缓慢下降后再有所上升, 而 2-T-B 则先下降后小幅度上升最后再缓慢下降。



注: 每次测定后调整营养液 pH 和电导率与原始值一致。

Note: Each time pH of the nutrient solutions and EC would be adjusted to the original value after testing.

图 5 水培 48 d 后不同栽培基质处理下营养液电导率的变化

Fig.5 EC of nutrient solutions with cultivating matrices after 48 days of water planting

表 7 水培 48 d 后不同栽培基质对水培兰屿肉桂茎干叶生长的变化

Table 7 Stem and leaves growth of *C. kotoense* seedlings with cultivating matrices at the beginning and after 48 days of water planting

组号 Group number	株高 /cm Plant height		成熟叶片数 / 片 Number of mature leaves		新芽数 / 个 Number of new sprouts
	2021-11-29	2022-01-15	2021-11-29	2022-01-15	2022-01-15
2-S-B	29.889 ± 1.842	36.100 ± 2.359	6.222 ± 2.279	5.778 ± 2.587	0.444 ± 0.727
2-T-B	29.178 ± 3.144	35.722 ± 2.676	4.222 ± 1.394	4.667 ± 2.550	0.222 ± 0.441
2-B	29.267 ± 2.086	38.811 ± 5.231	5.444 ± 1.130	5.778 ± 2.167	1.778 ± 1.642
CK	31.433 ± 4.258	34.767 ± 4.475	5.556 ± 1.740	5.556 ± 1.509	1.222 ± 1.394

表 8 水培 48 d 后不同栽培基质对水培兰屿肉桂生物量的影响

Table 8 Biomass of *C. kotoense* seedlings with cultivating matrices after 48 days of water planting

组号 Group number	鲜质量 /g Fresh weight			干质量 /g Dry weight		
	地上部分 Aerial portion	地下部分 Underground portion	总计 Total	地上部分 Aerial portion	地下部分 Underground portion	总计 Total
2-S-B	5.060 ± 0.889	2.700 ± 1.421	7.760 ± 2.044	1.856 ± 0.339	0.703 ± 0.402	2.559 ± 0.692
2-T-B	4.600 ± 1.184	2.732 ± 0.569	7.332 ± 1.662	1.756 ± 0.438	0.862 ± 0.208	2.618 ± 0.598
2-B	8.222 ± 3.579	5.273 ± 2.775	13.496 ± 6.249	3.213 ± 1.740	1.592 ± 0.896	4.806 ± 2.591
CK	7.073 ± 2.948	4.601 ± 1.415	11.674 ± 4.221	3.056 ± 1.276	1.359 ± 0.490	4.414 ± 1.716

3 结论与讨论

水培法在促进树种繁殖和栽培方面已有一定研究和应用^[7-9], 本文应用不同的营养液配方及营养液浓度, 不同的栽培基质探究上述因素对兰屿肉桂幼苗水培生长的影响。其中, 配方 2 稀释 500 倍处理下水培兰屿肉桂幼苗根系生长效果最好, 配方 2 稀释 700 倍处理下茎干叶生长效果总体最佳、生长量最佳, 配方 2 稀释 900 倍处理下新芽萌发数目最多。总体而言使用配方 2 进行水培表现更好。各组营养液 pH 和电导率规律性不明显。使用陶粒对促进水培兰屿肉桂生长明显优于石块和彩陶。

综合实验结果来看, 相对于对照组, 2 个配方稀释倍数 500 倍和 900 倍均能有效促进根系生长。配方 1 营养液稀释 900 倍时水培肉桂幼苗根系生长最佳, 配方 2 营养液稀释 500 倍时根系生长效果最好。水培应用配方 1 对促进植株增高更有效。各组的成熟叶片数在 48 d 后相较于 0 d 均有减少, 这可能是水培过程中兰屿肉桂幼苗为适应水培环境需要从外界获取能量, 但根系生长跟不上获取能量的速度, 因而消耗老叶能量维持生长。配方

2 处理更有利于兰屿肉桂幼苗生长量的积累。营养液 pH 和电导率在实验过程中波动较大, 各处理组表现均有所不同, 营养液 pH 在实验后期变化趋于平缓。营养液电导率反应植株通过根系吸收养分和水分时与营养液发生离子交换程度, 一定程度上代表营养液的营养水平。张二震等^[10]的研究表明营养液电导率过低严重影响了苦苣 *Sonchus* sp. 植株生长从而影响其产量, 部分较高浓度的处理组植株生长仍比较健壮。另有研究表明, 大量植物生长所需的元素离子在偏酸性条件更容易被吸收, 如含羞草 *Mimosa pudica* 在弱酸性的条件下生长状况最好^[11]。本实验中水培兰屿肉桂各处理组电导率随时间变化差异不大, 大多在实验 32~36 d 时达到电导率的最小值。可能由于营养液 pH 在此时间段减小, 促进植物吸收营养液中部分离子, 导致电导率减小。另外植物在新陈代谢中可能也会产生有机酸, 对营养液 pH 值和电导率产生影响, 需要进一步探讨。

比较不同栽培基质时, 使用陶粒对促进水培兰屿肉桂生长明显优于石块和彩陶, 可能因为陶粒表面有一些孔隙, 堆叠后也有很多缝隙, 加上质量相较于石块和彩陶轻, 有利于水培肉桂根系

生长和吸收营养液中的营养物质。相比之下,石块和彩陶质量较大,放置在定植篮堆叠后较为致密,没有足够的空间供兰屿肉桂幼苗生根和根系延伸。不同栽培基质栽培下的肉桂幼苗营养液 pH 波动较大且没有明显的规律性,而电导率的变化则总体呈现先下降后上升的趋势。

另外,本实验过程中也发现了水培基质和容器中容易滋生大量杂藻,即使定期添加杀藻剂和清洗水培容器仍会有杂藻生长。杂藻的存在可能会使植物代谢废物增多,堆积在营养液中并具有生理毒性,并可能诱发病菌大量繁衍,影响水培兰屿肉桂的生长。而且这些有害物质也可能会影响 pH 和电导率测定时的准确性。因此日后若投入实际生产,应要不断改进配方和水培工艺,减少杂藻产生和有害物质积累对水培兰屿肉桂的生长影响。

参考文献

- [1] 中国植物志编辑委员会. 中国植物志: 第七卷[M]. 北京: 科学出版社, 2008.
- [2] 许明录, 郑传凤, 苑月杰, 等. 兰屿肉桂的化学成分及其生物活性研究进展[J]. 河南科技学院学报(自然科学版), 2012, 40(4): 48-53.
- [3] 孙德劭, 冯家平. 兰屿肉桂的栽培及管理[J]. 热带林业, 2011, 39(4): 29-31.
- [4] 陈海霞. 兰屿肉桂组织培养技术初探[J]. 南方农业, 2020, 14(30): 148; 162.
- [5] 许雪, 季延海, 张广华, 等. 不同营养液配方对黄瓜营养液育苗效果的影响[J]. 北方园艺, 2015(11): 44-48.
- [6] 陈永华, 吴晓芙, 张冬林, 等. 不同营养液浓度与配比对水培观赏植物的影响[J]. 中南林业科技大学学报, 2007(6): 34-37.
- [7] 刘丹, 牛贺雨, 彭梦婕, 等. 不同配方营养液对水培紫薇扦插苗生长的影响[J]. 贵州农业科学, 2019, 47(3): 96-100.
- [8] 魏龙, 周毅, 张勇, 等. 短枝木麻黄不同种源及家系的水培生根能力差异分析[J]. 林业与环境科学, 2021, 37(6): 16-21.
- [9] 张孟锦, 袁必局, 羊金殿, 等. 不同激素对水培发财树根系生长的影响[J]. 热带农业科学, 2018, 38(1): 39-42.
- [10] 张二震, 刘慧英, 温泽林, 等. 不同电导率营养液对苦苣生长、产量与品质的影响[J]. 石河子大学学报(自然科学版), 2017(4): 438-443.
- [11] 张仲新, 方正, 华璐, 等. 水培条件下营养液 pH 值对含羞草生长发育的影响[J]. 首都师范大学学报(自然科学版), 2008, 29(6): 43-46.