

柚木幼苗期叶面肥筛选试验*

喻志¹ 黄桂华¹ 周再知¹ 王先棒¹
周树平² 梁坤南¹ 于彬¹

(1. 中国林业科学研究院热带林业研究所 / 热带林业研究国家林业局重点实验室, 广东 广州 510520;

2. 云浮市国有林场和森林公园管理总站, 广东 云浮 527300)

摘要 针对柚木 *Tectona grandis* 无根组培苗移栽初期没有根系, 导致生长缓慢、叶片发黄, 降低生根成活率的现象, 研究开展了柚木幼苗期叶面肥筛选试验, 分析了不同叶面肥对柚木组培苗移栽后生长的影响。结果显示, 施用不同叶面肥对移栽后的柚木组培苗促生效应差异显著 ($P < 0.05$), 参试的叶面肥中, 绿兴液肥对柚木幼苗的叶片和生物量的促生效果最好, 美果露对柚木移栽苗的移栽成活率及对根系的促生效果最好。利用模糊隶属函数综合评价法对不同叶面肥施用后的各指标进行综合评定, 绿兴液肥得分最高, 生产上可选择叶面肥绿兴液肥进行喷施, 可提高生根成活率和生长效果。

关键词 柚木; 无根移栽; 叶面施肥; 壮苗培育

中图分类号: S792 文献标志码: A 文章编号: 2096-2053 (2021) 03-0081-05

Screening Experiment of Foliar Fertilizer in Seedling Stage of Teak

YU Zhi¹ HUANG Guihua¹ ZHOU Zaizhi¹ WANG Xianbang¹
ZHOU Shuping² LIANG Kunnan¹ YU Bin¹

(1. Key Laboratory of State Forestry Administration on Tropical Forestry Research/Research Institute of Tropical Forestry, Chinese Academy of Forestry, Guangzhou, Guangdong 510520, China; 2. Yunfu State Forest Farm and Forest Park Management Station, Yunfu, Guangdong 527300, China)

Abstract In view of the phenomenon that teak rootless tissue culture seedlings had no roots at the initial stage of transplanting, which led to slow growth, yellowing leaves and reduced rooting survival rate, the screening experiment of foliar fertilizer was carried out in teak seedling stage, the effects of different foliar fertilizers on the growth of teak tissue culture seedlings after transplanting were analyzed. The results showed that there was a significant difference in the effect of different foliar fertilizers on the growth of tissue culture seedlings of teak after transplanting ($P < 0.05$). Among the foliar fertilizers tested, Lvxingyefei had the best effect on the growth of leaves and biomass of teak seedlings. Meiguo had the best effect on transplanting survival rate and root growth of transplanting seedlings of teak. The comprehensive evaluation method of fuzzy membership function is used to comprehensively evaluate the indexes after the application of different foliar fertilizers, and lvxingyefei has the highest score. In production, lvxingyefei could be selected for spraying, which improve the survival rate of roots and the growth effect.

Key words teak; seedling culture; foliar fertilization; tissue culture

* 基金项目: 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金项目 (CAFYBB2017ZA001-7)。

第一作者: 喻志 (1995—), 男, 硕士研究生, 研究方向为森林培育, E-mail: yuzhi6000@163.com。

通信作者: 于彬 (1978—), 女, 工程师, 主要从事土壤肥力与植物营养学研究, E-mail: ritfyubin@163.com。

柚木 *Tectona grandis* 是世界著名的珍贵用材树种, 具有速生、耐腐抗虫、纹理美观及易加工等优良特性^[1-2], 是用于制造军舰、海轮、家具、地板的高级用材^[3]。目前, 国内柚木大径级原木平均售价 15 000 元/m³, 木地板售价 1 200 元/m², 因此, 推广发展柚木商品林, 具有良好的经济效益和社会效益。柚木天然林主要分布于 9°~26°N、73°~104°E 的印度南部与中部、缅甸、泰国北部和老挝^[4]。我国引进柚木栽培已有 190 多年历史, 种植范围遍及全国 10 个省或自治区, 总面积约 3.5 万 hm²^[5]。近年来, 柚木已被我国云南省、海南省列为主要造林树种, 在福建省、云南省、贵州省、广东省、广西壮族自治区等地采用柚木造林的私人企业也越来越多。

组织培养指利用植物细胞的全能性, 将离体的植物器官在无菌环境中诱导产生愈伤组织、不定芽、不定根, 直至最后形成完整植株的一种技术^[6], 其不仅能保持母本的优良性状、复壮^[7-8], 而且不受环境、季节等影响, 能在短时间内培育出大量优良性状的无菌苗^[9]。柚木自交不亲和率高, 结实率低, 故普遍存在柚木种子产量低的问题^[10], 故我国柚木商品林的发展以优良无性系组培苗为主。柚木组培苗无需经过生根培养, 基部为愈伤组织, 没有根系, 移栽时从瓶中取出, 剪去基部愈伤组织, 进行移栽培育。作者发现, 在移栽后 0~1 个月的初期, 因为柚木组培幼苗移栽时无根或移栽后初期没有形成健全的根系, 幼苗离开瓶中培养基后, 容易出现营养缺乏的现象, 生长缓慢甚至停止生长, 叶片发黄, 严重时叶片干枯, 较大程度地降低了生根成活率。柚木种子萌发后的实生芽苗或幼苗移栽后初期也有轻微的上述现象。在植物没有完整根系的时候, 可以喷施叶面肥, 通过叶片吸收营养元素满足生长的要求。为了克服现有柚木无性系育苗技术的缺点和不足, 本研究选择了市面上广泛使用的 6 种叶面肥, 对移栽 1 周后的柚木组培幼苗进行叶片喷肥试验, 以期筛选出适合柚木生长的最佳叶面肥, 为生产提供指导。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于广州市中国林业科学研究院热带林业研究所苗圃 (23°06'N, 113°18'E) 内开展, 试验点

地处广东省中南部, 属海洋性亚热带季风气候, 温暖多雨, 年均温 20~22℃, 年降雨量 1 720 mm^[11]。

1.2 试验材料

试验于 2018 年 3 月至 5 月在中国林业科学研究院热带林业研究所温室内进行, 采用 50 孔 PVC 林木育苗穴盘, 育苗基质为泥炭土、蛭石、珍珠岩、椰糠和黄心土按体积比 1:1:1:2:2 混合均匀而成, 将炼好的柚木组培苗移栽于上述基质育苗盘上。

1.3 试验设计及施用方法

叶面肥试验共设 7 个处理, 设置处理 1 为 300 倍液的绿兴液肥、处理 2 为 300 倍液的磷酸二氢钾、处理 3 为 1 000 倍液的植宝素、处理 4 为 300 倍液的美果露、处理 5 为 800 倍液的爱多收、处理 6 为 300 倍液的稀土氨基酸以及对照 (CK, 日常浇水), 上述叶面肥均购于广州市萝岗区乐丽化肥经营部。试验采用完全随机设计, 每重复每处理喷施 4 个育苗盘的柚木苗 (200 株), 3 次重复, 共 600 株苗木。移栽 1 周后, 每 6 天喷施苗期叶面肥 1 次, 均匀喷湿各柚木叶片表面。

1.4 试验测定

移栽 75 d 后, 每个处理随机测量 20 株, 利用卷尺测定其苗高、冠幅, 用游标卡尺测定其地径; 每个处理随机统计了 3 个育苗盘的生根成活率; 并利用天平随机称取每个处理 5 株苗的鲜重、干重, 并分别统计了根长与主根条数。

1.5 数据分析

试验数据采用 Microsoft Excel 2016 和 SPSS 26.0 进行统计学分析。

采用模糊隶属函数对 6 种叶面肥及对照进行综合评价, 其公式如下:

$$X(\mu) = \frac{X - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}}$$

如果某一指标与叶面肥评价为负相关, 可用反隶属函数进行计算, 公式如下:

$$X(\mu) = 1 - \frac{X - X_{\min}}{X_{\max} - X_{\min}}$$

其中, X 为指标的某一测定值, X_{\max} 为该指标中的最大值, X_{\min} 为最小值。具体做法为求出喷施不同叶面肥的柚木移栽苗的各项指标的隶属值, 将同一叶面肥下的各指标隶属值累加, 以最终得分作为依据进行排序^[12-13]。

2 结果与分析

2.1 不同叶面肥处理对柚木苗高、地径、冠幅及成活率的影响

方差分析表明,不同叶面肥处理间显著影响柚木幼苗苗高、地径、冠幅及成活率 ($P<0.05$)。由表1可知,施用绿兴液肥对柚木幼苗苗高、地径及冠幅的效果最好,美果露次之,美果露则对柚木幼苗生根成活率效果最好,而叶面肥磷酸二氢钾对柚木幼苗的促生效果最差,甚至低于对照组。与对照组相比,施用绿兴液肥的柚木幼苗苗高、地径及冠幅分别增加了49.13%、70.87%、49.80%,喷施美果露的柚木幼苗生根成活率则增加了15.57%,而喷施叶面肥磷酸二氢钾的柚

木幼苗的苗高、冠幅及生根成活率则分别下降了17.36%、8.6%、4.6%。综上,施用不同叶面肥对柚木幼苗的苗高、地径、冠幅及生根成活率间效应差异很大,有的对柚木苗木生长表现为正效应,有的则为负效应,因此,不是所有叶面肥都适用于柚木幼苗的培育,进行叶面肥的筛选试验是必要的。

2.2 不同叶面肥处理对柚木幼苗鲜重、干重、根长及根条数的影响

由方差分析可知,不同叶面肥处理对柚木幼苗生物量(干重和鲜重)、根长及主根条数有显著影响 ($P<0.05$),不同叶面肥处理间对柚木幼苗的生物量及根形态的促进作用差异很大。其中,绿兴液肥对柚木幼苗生物量的促生作用效果最好

表1 不同处理间柚木苗高、地径、冠幅及成活率的邓肯多重比较

Table 1 Duncan's multiple comparison of *Tectona grandis* seedling height, ground diameter, leaf width and survival rate of different treatments

处理 Treatment	苗高/cm Height	地径/mm Ground diameter	冠幅/cm Leaf width	成活率/% Survival rate
1	13.66 ± 0.11a	2.17 ± 0.05a	18.77 ± 0.49a	90.44 ± 2.78b
2	7.57 ± 0.20f	1.18 ± 0.09e	11.67 ± 0.45e	78.89 ± 0.77e
3	10.23 ± 0.41cd	1.56 ± 0.07cd	13.19 ± 0.14d	84.89 ± 0.38cd
4	12.58 ± 0.61b	1.92 ± 0.06b	16.22 ± 0.73b	95.54 ± 1.68a
5	9.53 ± 0.41de	1.68 ± 0.049c	12.88 ± 0.09d	88.00 ± 0.67bc
6	10.76 ± 0.39c	1.53 ± 0.03d	14.58 ± 0.72c	85.22 ± 2.71cd
CK	9.16 ± 0.36e	1.27 ± 0.16e	12.53 ± 0.32d	82.67 ± 2.00d

注:苗高、地径及冠幅数值为均值 ± 标准差 ($n=20$),成活率数值为均值 ± 标准差 ($n=3$),不同小写字母表示不同处理间差异显著 ($P<0.05$)。

Note: the value is the mean ± standard deviation ($n=20$), different lowercase letters indicate significant differences between different treatments ($P<0.05$).

表2 不同处理间苗鲜重、干重、根长和主根条数的邓肯多重比较

Table 2 Duncan's multiple comparison of *Tectona grandis* seedling fresh weight, dry weight, root length and number of main roots in different treatments

处理 Treatment	鲜重/g Fresh weight	干重/g Dry weight	根长/cm Root length	根条数/条 Number of main root
1	4.49 ± 0.09a	1.13 ± 0.06a	13.80 ± 0.11b	3.60 ± 0.40b
2	1.83 ± 0.26f	0.44 ± 0.02e	9.39 ± 0.08f	3.07 ± 0.12bcd
3	2.70 ± 0.08de	0.60 ± 0.05d	12.53 ± 0.34c	3.33 ± 0.31bc
4	3.91 ± 0.19b	0.81 ± 0.09b	14.71 ± 0.39a	4.80 ± 0.40a
5	2.89 ± 0.08d	0.72 ± 0.03bc	11.72 ± 0.12d	2.60 ± 0.72d
6	3.23 ± 0.11c	0.77 ± 0.05b	12.28 ± 0.72cd	2.93 ± 0.31cd
CK	2.53 ± 0.09e	0.63 ± 0.04cd	10.93 ± 0.36e	2.67 ± 0.12d
显著性 $P_{\text{叶面肥}}$	***	***	***	***

注:数值为均值 ± 标准差 ($n=5$)。

Note: the value is the mean ± standard deviation ($n=5$), different lowercase letters indicate significant differences between different treatments ($P<0.05$).

(表2),美果露次之,而美果露最有利于柚木幼苗根的生长发育,绿兴液肥次之,而磷酸二氢钾对柚木幼苗生物量及根形态的促生作用最差。与对照组相比,喷施绿兴液肥的柚木幼苗的鲜重和干重分别增加了77.47%和79.37%,喷施美果露的柚木幼苗的根长及根条数则分别增加了34.58%、79.78%,而喷施磷酸二氢钾的柚木幼苗的鲜重、干重、根长则分别下降了27.67%、30.16%、14.09%。

2.3 不同叶面肥处理对柚木幼苗生长生根效应综合评价

采用模糊数学的隶属函数法综合评价喷施6种叶面肥对柚木幼苗的促生效应大小,按照隶属函数计算规则求值,并将各项指标值求和即为得分,得分越高,表明该叶面肥对柚木幼苗的促生效果最好。由表3可知,6种叶面肥对柚木幼苗的促生效应大小依次为:绿兴液肥>美果露>稀土氨基酸>植宝素>爱多收>对照>磷酸二氢钾。

3 结论与讨论

近年来,随着植物离体组织培养技术的不断完善和研究的深入,植物组织培养技术已成为商业化育苗的重要手段,有相当一部分树种容易组培扩繁而生根困难,另外,为了缩短组培继代时间、提高效率、降低成本,一些容易组培扩繁的树种不经生根培养,这时,无根组培苗的初期营养供给和移栽后的诱导生根成了必须配套解决的关键技术^[14]。叶面施肥指将植物所需营养成分直

接喷施于叶面上,通过叶片的吸收并发挥其功能的一种施肥类型^[15]。传统的施肥方式土壤肥由于易被固定,植物对其利用率低,而叶面肥因其操作简单、环保及成本低的优势引起了研究人员的广泛关注^[16]。试验发现,不同叶面肥对柚木组培苗的根系形态及生物量影响不同,为节省时间,会存在不经过试验就套用其他树种施用的最佳的叶面肥种类,例如,对落叶松 *Larix gmelinii* 施用磷酸二氢钾叶面肥大大提高了落叶松苗木的产量和质量^[17],在本试验前期柚木苗木培育上也一直采用磷酸二氢钾溶液喷施移栽的柚木幼苗,但经过试验得知,磷酸二氢钾对柚木幼苗的促生效应最差,甚至低于对照组(日常浇水)(表1和2),这可能与不同树种的生物学特性不同有关。究其原因深层次的原因,磷酸二氢钾富含磷酸根和钾离子,但水溶液呈弱酸性^[18],故喷施磷酸二氢钾会提高基质的酸性,而柚木适宜在中性和轻微偏碱性的土壤生长^[19],因此,喷施磷酸二氢钾致柚木幼苗生长受抑制可能与此有关。由表1和2可知,叶面肥绿兴液肥对柚木移栽苗的叶片和生物量的促生效果最好。这可能与绿兴液肥富含植物必需的氨基酸及多种微量元素有关。而美果露则对柚木幼苗生根成活率及根形态的促生效应最好,且与绿兴液肥间差异显著($P<0.05$),不同处理间各个指标的最适叶面肥种类不同。利用模糊隶属函数综合评价法对不同叶面肥处理下的各指标进行综合评定,由表3可知,绿兴液肥对柚木组培移栽苗的促生效应最好。由于试验并没有给出最佳的

表3 不同叶面肥处理下柚木幼苗各指标的隶属函数值

Table 3 Membership function values of various indexes of *Tectona grandis* seedlings under different foliar fertilizer treatments

处理 Treatments	苗高 Seedling height	地径 Ground diameter	冠幅 Leaf width	成活率 Survival rate	鲜重 Fresh weight	干重 Dry weight	根长 Root length	根条数 Number of mainroot	得分 Value	排序 order
1	1.00	1.00	1.00	0.69	1.00	1.00	0.83	0.45	6.98	1
2	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.21	0.21	7
3	0.44	0.38	0.21	0.36	0.33	0.23	0.59	0.33	2.87	4
4	0.82	0.75	0.65	1.00	0.78	0.54	1.00	1.00	6.53	2
5	0.33	0.51	0.17	0.55	0.40	0.41	0.44	0.00	2.79	5
6	0.52	0.35	0.41	0.38	0.53	0.48	0.53	0.15	3.35	3
CK	0.26	0.09	0.13	0.23	0.26	0.28	0.28	0.03	1.56	6

绿兴液肥施用浓度, 后期应对柚木组培苗设置不同浓度梯度的绿兴液肥, 筛选出最佳的施用浓度, 提高柚木组培苗的移栽成活率和壮苗程度。

参考文献

- [1] 马华明, 梁坤南, 周再知. 我国柚木的研究与发展[J]. 林业科学研究, 2003(6): 768-773.
- [2] 王西洋, 黄桂华, 杨光, 等. 柚木的植物化学与药理学研究进展[J]. 林业与环境科学, 2020, 36(2): 122-132.
- [3] 黄桂华, 梁坤南, 周再知, 等. 不同基质配方对柚木组培苗移植效果的影响[J]. 中南林业科技大学学报, 2014, 34(1): 32-36.
- [4] 梁坤南, 白嘉雨, 周再知, 等. 珍贵树种柚木良种繁育发展概况[J]. 广东林业科技, 2006, 22(3): 85-90.
- [5] 黄桂华, 梁坤南, 周再知, 等. 柚木无性系生长性状的遗传变异与选择效应[J]. 华南农业大学学报, 2019, 40(1): 101-106.
- [6] 罗小燕, 申志力, 李娟, 等. 油梨组织培养研究进展[J]. 热带作物学报, 2016, 37(8): 1644-1650.
- [7] 文书生, 何绒绒, 郑佳康, 等. 牡丹组织培养技术研究进展[J]. 林业科学, 2018, 54(10): 143-155.
- [8] 付为国, 韦晨, 王醒. 苹果属植物组织培养的研究进展[J]. 分子植物育种, 2019, 17(4): 1320-1325.
- [9] 李雪, 李国泽, 杨玲, 等. 越桔属植物组织培养研究进展[J]. 植物生理学报, 2020, 56(5): 921-930.
- [10] 黄桂华, 梁坤南, 周再知, 等. 柚木种子园无性系开花特性与结实差异分析[J]. 种子, 2011, 30(8): 5-8.
- [11] 刘炳好, 梁坤南, 黄桂华, 等. 柚木(*Tectona grandis*)无性系对低温胁迫的生理响应及耐寒性评价[J]. 分子植物育种, 2019, 17(24): 8245-8254.
- [12] 张文娥, 王飞, 潘学军. 应用隶属函数法综合评价葡萄种间抗寒性[J]. 果树学报, 2007(6): 849-853.
- [13] 邱兴, 樊军锋, 李晓东, 等. 6个杨树新无性系叶片旱生结构研究[J]. 西北林学院学报, 2015, 30(1): 96-101.
- [14] 何振革, 陈琴, 黄开勇, 等. 杉木无根组培苗移栽技术研究[J]. 安徽农业科学, 2017, 45(11): 127-128.
- [15] 孙绍颖. 海棠(*Malus spp.*)营养复壮与组培苗移栽技术研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2017.
- [16] 袁玉莹, 闫得朋, 尹航, 等. 叶面施肥对紫花苜蓿产草量和营养品质的影响及效益分析[J]. 中国草地学报, 2020, 42(4): 124-131.
- [17] 庞秀谦, 崔显军, 孙振芳, 等. 磷酸二氢钾叶面肥在落叶松育苗中的应用[J]. 林业实用技术, 2010(3): 22.
- [18] 谭瑞坤, 王承南, 李凡松, 等. 施用不同浓度的磷酸二氢钾对香椿生长及养分的影响[J]. 经济林研究, 2017, 35(2): 161-165.
- [19] 周再知, 梁坤南, 徐大平, 等. 钙与硼、氮配施对酸性土壤上柚木无性系苗期生长的影响[J]. 林业科学, 2010, 46(5): 102-108.