

基质对长瓣瑞香出苗及幼苗生长的影响

张树人 周敬祥 夏慧 解纯岩 赖杰 幸福梅*

(西藏农牧大学 林草学院 西藏林芝 860000)

摘要 为筛选出适合长瓣瑞香幼苗生长的基质及其配比, 以期为长瓣瑞香优质壮苗培育提供依据, 本试验以长瓣瑞香为研究对象, 以腐殖质、园土、椰糠、珍珠岩为基质, 研究了不同基质及其配比对长瓣瑞香幼苗的生长、生根和苗木质量的影响。结果表明: (1) 在出苗及生长中, T1 (腐殖质) 株高、地径、叶片含水率、地上生物量最大, 分别为13.28 cm、4.77 mm、70.77%、0.621 g; T2 (园土) 出苗率、茎干含水率最大, 为83%、74.43%; T4 (珍珠岩: 腐殖质: 园土=1: 1: 1) 比叶重最大, 为25.93 g/m²。(2) 在生根指标中, T1 (腐殖质) 总根长、根系表面积、根系体积、地下生物量最大, 分别为516.7 cm、123.6 cm²、2.54 cm³、0.606 g; T3 (椰糠) 比根长最大, 为2 030 cm/g。(3) 通过对比不同处理长瓣瑞香幼苗的苗木质量指数, T1 苗木质量指数最大, 为0.502, T2 苗木质量指数次之, 为0.377, 其余4种基质培育的长瓣瑞香幼苗苗木质量指数均小于0.25。综上所述, 使用腐殖质作为长瓣瑞香育苗基质对其生长较为有利, 腐殖质作为基质时长瓣瑞香地上部分和根系发育均最好, 苗木质量指数远大于其他基质处理, 可见长瓣瑞香是一种较为喜肥的植物, 生产中为获得质量较高的苗木, 建议选用腐殖质作为长瓣瑞香育苗基质。

关键词 长瓣瑞香; 基质; 生长; 生根; 苗木质量

中图分类号: S793.9

文献标志码: A

文章编号: 2096-4781 (2026) 04-0493-09

DOI: 10.19707/j.cnki.jpa.2026.04.009

Effects of Seedling Substrates on the Growth and Rooting of *Daphne longilobata* Seedlings

ZHANG Shuren, ZHOU Jingxiang, XIA Hui, XIE Chunyan, LAI Jie, XIN Fumei*

(College of Forestry and Grassland, Xizang Agricultural and Animal Husbandry University, Linzhi, Xizang 860000, China)

Abstract: This study aimed to identify the optimal substrate and its mixing ratio for the growth of *Daphne longilobata* seedlings, thereby providing a basis for cultivating high-quality, robust seedlings. Using *Daphne longilobata* as the test material and humus, garden soil, coconut coir, and perlite as cultivation substrates, the experiment investigated the effects of different substrates and their ratios on seedling growth, root development, and seedling quality. The results showed: (1) Regarding emergence and growth, T1 (humus) achieved the highest values in plant height, ground diameter, leaf water content, and above-ground biomass, measuring 13.28 cm, 4.77 mm, 70.77%, and 0.621 g, respectively; T2 (garden soil) showed the highest emergence rate and stem water content, at 83% and 74.43%, respectively; T4 (perlite: humus: garden soil = 1: 1: 1) had the greatest specific leaf weight at 25.93 g/m². (2) For rooting

收稿日期: 2025-11-06

作者简介: 张树人 (2002-), 男, 汉族, 山东泰安人, 硕士。研究方向: 主要从事森林培育方面的研究。

通信作者: 幸福梅 (1981-), 女, 汉族, 甘肃武威人, 博士, 教授。研究方向: 主要从事森林培育方面的研究。

基金项目: 西藏自治区科技计划项目 (XZ202401YD0026); 西藏农牧学院林学博士点一期 (533325001) 林芝市林下科技园项目; 林芝市林草局林木良种培育。

parameters, T1 (humus) showed the maximum total root length, root surface area, root volume, and below-ground biomass, reaching 516.7 cm, 123.6 cm², 2.54 cm³, and 0.606 g, respectively; T3 (coconut coir) recorded the highest specific root length at 2,030 cm/g. (3) Based on the calculated seedling quality indices, T1 had the highest index (0.502), followed by T2 (0.377), while the indices for seedlings grown in the other four substrates were all below 0.25. In conclusion, humus as a sole substrate significantly enhanced the morphological growth, physiological performance, and seedling quality of *Daphne longilobata*. These findings indicate that *Daphne longilobata* responds favorably to nutrient-rich growing media and suggest that humus is a highly effective substrate for cultivating robust seedlings of this species.

Key words: *Daphne longilobata*; Seedling substrate; Growth; Rooting; Seedling quality

育苗基质作为植物生长过程中不可或缺的一部分,同时,基质作为植物养分、水分的载体,是培育优质苗木的重要决定因素之一。育苗基质的不同将导致植物外部生长形态、生理活动特性显著不同,并直接影响植物的形态发育、生长质量^[1,2]。此外,由于不同的育苗基质的理化性状不同,不但会对幼苗成活率、生长情况有一定影响,而且对地下部分生长的根系也有一定的影响^[3]。同时,基质作为苗木水、肥、气、热的主要载体,在苗木生长过程中发挥重要作用,其组成成分是苗木成活率和苗木质量的重要影响因素之一,因此选择适合苗木生长的基质配比非常重要^[4,5]。

长瓣瑞香(*Daphne longilobata*)为瑞香科(Thymelaeaceae)瑞香属(*Daphne*)常绿灌木,俗名山地瑞香,通常生长于海拔1 600~3 500 m的林下灌木丛中,主要分布于四川北部及西南部、云南北部、西藏东部,其中在西藏林芝、波密、察隅等藏东南地区尤为常见^[6]。长瓣瑞香树皮韧皮部纤维纤细均匀、匀滑纤长,且富含胶质,从而成为制作波密藏纸最适合原材料,具有非常可观的经济价值。波密藏纸,又称“波校”,是中国传统手工纸张的一种,同时承载了多年藏传佛教文化^[7]。近年来,随着波密藏纸传统技艺被索朗旺久师傅成功复刻,对于长瓣瑞香树皮的需求与日俱增,但由于野生环境下长瓣瑞香植株生长极为缓慢,植株成材需要5 a以上,且出材率极低,长瓣瑞香虽为灌木树种,但在取材后树种生长极慢,加之近年来当地加强了对林业资源的保护,采集原材料以野生长瓣瑞香群体为目标已经行不通,只能进口尼泊尔等地高价原材料进行勉强支撑造纸事业。基于此种情况,如何培育长瓣瑞香优质壮苗渐渐引起我们的高度重视。目前关于长瓣瑞香的研究以造纸原材料为主,关于其苗木培育方面的文章少之又少,对于不同基质培育长瓣瑞香幼苗的研究未见报道。本试验利用腐殖质、椰糠、珍珠岩、园土4种基质作为基础,进行长瓣瑞香不同基质配比育苗试验,分析对比不同基质培育长瓣瑞香幼苗生长、生根指标及苗木质量指数异质性,进而筛选出长瓣瑞香幼苗生长的最适基质配比,以期长为瓣瑞香容器育苗提供理论和技术支持。

1 材料与方法

1.1 试验地点

本试验在西藏农牧大学苗圃开展,海拔约3 000 m;试验所在地年平均气温8.7℃,平均年降水量约650 mm,平均年日照约2 022 h。该试验温室大棚设施齐全,光照充足。

1.2 试验材料

林芝地区长瓣瑞香果实6月中旬开始成熟,供试长瓣瑞香种子于2024年6月底采种,采自林芝市易贡乡,种子调制后置于4℃种子储存柜中冷藏,2025年3月初进行浸种处理。浸种处理方法为:1%浓度的高锰酸钾溶液浸种消毒30 min后用自来水冲洗干净,于初始水温30℃下浸泡1天。浸种后播种于育苗容器为24×30×24 cm(地径×上口径×高)的硬质花盆。

1.3 试验设计

试验采用“单因素完全随机设计”和“单因素随机区组设计”,选择腐殖质(莘县鲁源育苗基质有限公司)、椰糠(山东漫德莱农业科技有限公司)、园土(苗圃大田)、珍珠岩(信阳市丰隆矿业有限公司)为试验基质,按照体积比共设置6个基质配方,即T1(腐殖质)、T2(园土)、T3(椰糠)、T4(珍珠岩:腐殖质:园土=1:1:1)、T5(椰糠:园土=1:1)、T6(腐殖质:园土=1:1)。配置好的基质用浓度为0.2%的多菌灵进行消毒,消毒完成后装盆,将浸种处理好的种子播种到花盆中,每盆播种1粒种子,每处理设置30盆重复。播种30 d后统计各处理出苗株数,并计算出苗率。试验期间,根据天气情况及苗圃内环境情况浇水、除草、松土。2025年10月进行破坏性试验取样测定相关指标。

1.4 测定内容及方法

在每个处理中,选取10株以上长势基本一致的长瓣瑞香幼苗。取样前,分别测定苗木的苗高和地径,随后将样品植株按根、茎、叶3部分分离,分别装入自封袋中,带回实验室进行相应指标的测定。

1.4.1 生长指标

样品的苗高、地径在取样前分别用直尺和游标卡尺测定;将不同处理叶片及茎干分别清洗干净,用电子天平测鲜重 m_1 ,放入烘箱,在105℃杀青30 min,80℃烘干至恒重测干重 m_2 , $(m_1-m_2)/m_1$ 即为叶片含水率和茎干含水率;将同一株长瓣瑞香叶片和茎干质量相加即为地上生物量;选取成熟叶片,叶面积采用根系分析系统测定,采用烘干测定法则测定叶干重,比叶重=叶干重/叶面积。

1.4.2 生根指标

将不同处理根系清洗后测定生根指标,使用Epsonper fection V70 Photo根系扫描系统和WinRhizo根系图像分析系统测定总根长、根系表面积、根系体积、比根长、根系组织密度;再将完成根系扫描的样品放入烘箱中,105℃杀青30 min,烘箱调整到80℃将样品烘至恒重,测定地下生物量。

1.4.3 苗木质量指数

苗木质量指数 QI =苗木总生物量g/[(苗高cm/地径mm) + (地上生物量g/地下生物量g)]

1.5 数据处理与分析

使用Excel 2019软件处理数据并制图,SPSS 20.0软件进行单因素多重比较。

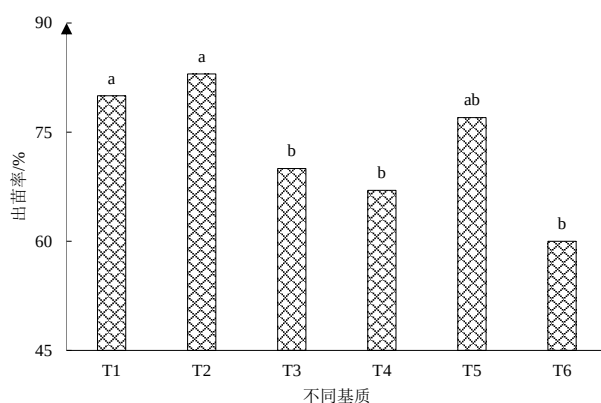
2 结果与分析

2.1 不同基质对长瓣瑞香出苗率和幼苗生长的影响

2.1.1 出苗率

由图1可知,不同基质幼苗出苗率自大到小为T2(83%)、T1(80%)、T5(77%)、T3(70%)、T4(67%)、T6(60%)。不同基质配方对长瓣瑞香出苗率的影响存在差异,其中T2出苗率最高达83%,T6出

苗率最低仅有60%，其余基质出苗率均在70%以上。



注：图中字母为单因素分析多重比较结果，每栏中处理间相同字母表示差异不显著，不同字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。下同

图1 不同基质对长瓣瑞香幼苗平均出苗率的影响

Fig.1 Effects of different substrates on the seedling average emergence rate of *Daphne longilobata* seedlings

2.1.2 苗高和地径

由图2可知，就苗高而言，不同基质自大到小依次为T1、T2、T4、T6、T5、T3；其中T1处理培育的长瓣瑞香幼苗苗高最大，为13.28 cm，T2处理苗高其次，为11.60 cm，T1基质苗高是T2的1.14倍、T3基质的2.17倍、是T4基质的1.83倍、T5基质的2.02倍、T6基质的1.68倍，且T1、T2显著高于其他基质 ($P < 0.05$)。

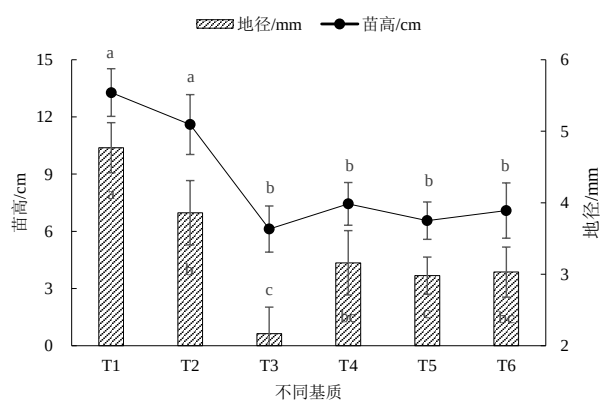


图2 不同基质对长瓣瑞香幼苗苗高和地径的影响

Fig.2 Effects of different substrates on seedling height and ground diameter of *Daphne longilobata* seedlings

地径生长量是反映苗木生长的重要指标之一^[8]。由图2可知，就地径而言，不同基质培育的苗木地径大小，自大到小依次为T1、T2、T4、T6、T5、T3；其中T1基质所培育长瓣瑞香幼苗地径最大，为4.77 mm，T3基质培育长瓣瑞香幼苗地径最小，仅为2.17 mm，T1基质地径是T2基质地径的1.23倍、T3基质的2.16倍、T4基质的1.51倍、T5基质的1.6倍、T6基质的1.57倍，使用腐殖质作为育苗基质对幼苗地径提升效果显著，且T1基质与其他五种基质均达显著差异；T2基质与T5、T3基质达显著差异 ($P < 0.05$)；使用T1腐殖质培育长瓣瑞香幼苗，不论是幼苗地径，还是幼苗苗高都为最大值。综合分析，就苗高、地径水

平而言, T1基质为最适合长瓣瑞香的基质。

2.1.3 叶片和茎干含水率

由图3可知, 在叶片含水率水平上, 6种基质自大到小依次为T1、T2、T3、T5、T6、T4; 其中T1基质叶片含水率最大, 为70.77%, 使用T2、T3、T4、T5、T6基质培育的幼苗叶片含水率相较于T1基质分别降低了3.45%、10.86%、16.21%、11.34%、13.92%; T1、T2基质叶片含水率显著高于其他4种基质; T3、T6基质叶片含水率显著大于T4基质 ($P < 0.05$)。

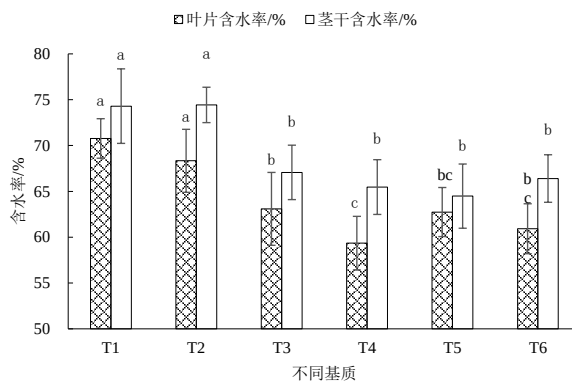


图3 不同基质对长瓣瑞香幼苗叶片含水率和茎干含水率的影响

Figure 3 Effects of different substrates on leaf water content and stem water content of *Daphne longilobata* Seedlings

就茎干含水率而言, 不同基质自大到小依次为T2、T1、T3、T6、T4、T5; 其中T2基质培育的幼苗茎干含水率最大, 为77.43%, 使用T1、T3、T4、T5、T6基质培育的幼苗茎干含水率相较于T2基质分别降低了0.17%、9.89%、12.04%、13.37%、10.79%; T1、T2基质茎干含水率显著高于其他4种基质 ($P < 0.05$)。

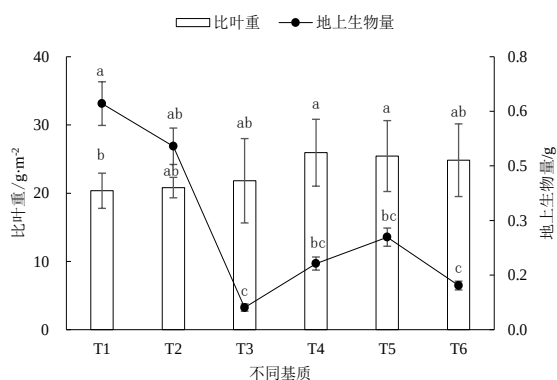


图4 不同基质对长瓣瑞香幼苗地上生物量和比叶重的影响

Fig.4 Effects of different substrates on aboveground biomass and specific leaf weight of *Daphne longilobata* Seedlings

不同基质培育长瓣瑞香幼苗的叶片含水率和茎干含水率, T1、T2基质的幼苗都显著大于其他4种基质。综合分析下来, 就含水率指标而言, 腐殖质和园土都是适合长瓣瑞香幼苗培育的基质。

2.1.4 比叶重和地上生物量

由图4可知，在比叶重中，不同基质培育长瓣瑞香幼苗的比叶重，自大到小依次为T4、T5、T6、T3、T2、T1；其中T1处理最小，为20.35 g/m²，相较于T2、T3、T4、T5、T6基质分别降低了2.26%、6.74%、21.52%、20.01%、18.04%；T1基质比叶重显著小于T4、T5基质（*P* < 0.05）；综合分析下来，使用T4基质（珍珠岩：腐殖质：园土=1:1:1）和T5（椰糠：园土=1:1）作为育苗基质能提高长瓣瑞香比叶重；就地上生物量而言，不同基质自大到小依次为T1、T2、T5、T4、T6、T3；其中T1基质地上生物量最大，为0.621 g，分别是T2、T3、T4、T5、T6基质的1.23倍、10.21倍、3.43倍、2.44倍、5.12倍，且T1基质地上生物量显著高于T3、T4、T5、T6基质；T2基质地上生物量显著高于T3、T6基质（*P* < 0.05）；综合分析下来，就地上生物量而言，腐殖质是最适合长瓣瑞香幼苗培育的基质

2.2 不同基质对长瓣瑞香幼苗生根的影响

2.2.1 总根长

由表1可知，长瓣瑞香总根长在不同基质中表现出不同程度差异，总根长自大到小依次为T1、T2、T6、T3、T5、T4；其中T1基质长瓣瑞香总根长最长，为516.7 cm，其次是T2基质总根长，为417.8 cm，T3、T4、T5、T6总根长相较于T1、T2较小；其中T1基质总根长显著长于T3、T4、T5、T6基质，T2基质总根长显著高于T4、T5基质（*P* < 0.05）。

表1 不同基质对长瓣瑞香幼苗生根指标的影响

Tab .1 Effects of different seedling substrates on rooting parameters of *Daphne longilobata* seedlings

不同基质	总根长/cm	根系表面积/cm ²	根系体积/cm ³	比根长/cm·g ⁻¹	地下生物量/g
T1	516.7±54.5 a	123.6±22.8 a	2.54±0.736 a	1 077±125 b	0.606±0.065 a
T2	417.8±36.7 ab	88.1±14.4 b	1.49±0.231 b	909±119 b	0.519±0.041 a
T3	221.4±26.9 bc	36.0±7.1 c	0.46±0.074 bc	2 030±195 a	0.122±0.015 b
T4	175.1±22.9 c	33.2±5.5 c	0.51±0.096 bc	1 404±168 ab	0.195±0.023 b
T5	176.8±24.0 c	33.0±6.7 c	0.49±0.083 c	887±98 b	0.249±0.027 b
T6	251.5±26.6 bc	43.3±6.6 c	0.59±0.091 c	1 431±175 ab	0.180±0.019 b

注：表中字母为单因素分析多重比较结果，每栏中处理间相同字母表示差异不显著，不同字母表示差异显著（*P* < 0.05）。

2.2.2 根系表面积

由表1可知，在不同基质影响下，长瓣瑞香幼苗根系表面积出现不同程度差异，根系表面积自大到小依次为T1、T2、T6、T3、T4、T5；其中T1基质根系表面积最大，分别为T2、T3、T4、T5、T6基质的1.4倍、3.43倍、3.72倍、3.74倍、2.85倍，且T1基质根系表面积显著高于其余五种基质；T2基质根系表面积显著高于T3、T4、T5、T6基质（*P* < 0.05）。

2.2.3 根系体积

由表1可知，在不同基质影响下，长瓣瑞香根系体积表现出不同差异。根系体积自大到小依次为T1、T2、T6、T4、T5、T3；其中T1基质的根系体积最大，分别为T2、T3、T4、T5、T6基质的1.7倍、5.52倍、4.98倍、5.18倍、4.31倍，且T1基质根系体积显著高于其他5种基质；T2基质根系体积显著高于T5、T6基质（*P* < 0.05）。

2.2.4 比根长

由表1可知，不同基质对长瓣瑞香幼苗比根长具有不同程度的影响，根系体积自大到小依次为T3、

T6、T4、T1、T2、T5；其中T3基质比根长最大，分别是T1、T2、T4、T5、T6基质的1.88倍、2.23倍、1.45倍、2.29倍、1.42倍，且T3基质比根长显著高于T1、T2、T5基质（ $P < 0.05$ ）。

2.2.5 地下生物量

由表1可知，在地下生物量中，不同基质自大到小依次为T1、T2、T5、T4、T6、T3，其中T1基质地下生物量最大，分别为T2、T3、T4、T5、T6基质的1.18倍、4.97倍、3.11倍、2.43倍、3.37倍，T2其次，且T1、T2地下生物量显著高于其他四种基质（ $P < 0.05$ ）。

综合分析下来，T1腐殖质基质对于长瓣瑞香生根影响效果最好，就生根而言，腐殖质是培育长瓣瑞香幼苗的最佳基质。

2.3 苗木质量综合评价

由图5可知，使用不同基质培育长瓣瑞香幼苗，其培育的幼苗的苗木质量具有明显差异，苗木质量指数自大到小依次为：T1 > T2 > T4 > T5 > T6 > T3；其中T1基质苗木质量指数最大，为0.502，T1分别是T2、T3、T4、T5、T6的1.33倍、6.82倍、2.11倍、2.34倍、4.11倍；通过苗木质量指数可看出，不同基质对培育幼苗的差异非常显著，T1基质苗木质量指数显著高于T3、T5、T6基质；T2基质苗木质量指数显著高于T3（ $P < 0.05$ ）；就苗木质量指数而言，使用腐殖质作为长瓣瑞香育苗基质最佳，使用园土培育效果其次。

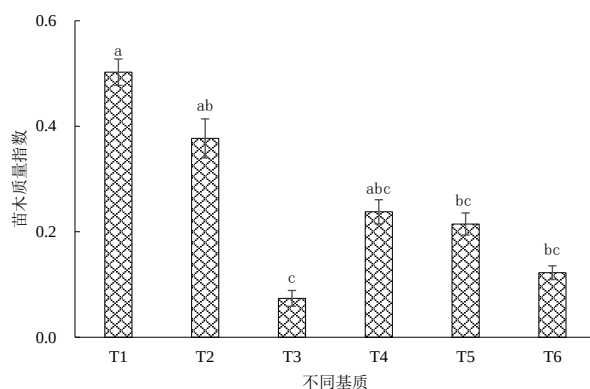


图5 不同基质对长瓣瑞香幼苗苗木质量指数的影响

Fig.5 Effects of different substrates on seedling quality index of *Daphne longilobata* seedlings

3 讨论

3.1 不同基质长瓣瑞香出苗及幼苗生长差异的原因

育苗基质是幼苗生长发育的载体和基础，由于不同基质理化性质（如土壤密度、土壤含水量及土壤孔隙度）不同，对苗木生长促进效果亦不同。适宜的基质应当满足目的树种对养分、水分及透气性的需求，既能为种子发芽生根提供良好的物理条件，又能为苗木后期生长提供充足养分和生长环境，从而达到提高苗木质量的目的^[9,10]。

长瓣瑞香幼苗对于栽培基质的配比变化较为敏感，不同育苗基质的配比对于长瓣瑞香幼苗的影响极为显著，且生长和生根指标在使用T1（腐殖质）作为基质时均表现最好，特别是苗木总生物量是T3的6.97倍，1年生物量可达到1.227 g，苗木质量指数为0.502，远大于其他基质处理。其原因是腐殖质基质

中的养分含量高^[10],透气性、保水性与其他育苗基质相比较好,使得苗木生长较为旺盛^[12,13],可见长瓣瑞香是一种较为喜肥的植物,这一结果也与其野外生境一致,野外观察发现,野生长瓣瑞香多生长于林下腐殖质较为丰富的区域,波密县长瓣瑞香分布区域腐殖质层高普遍大于10 cm。T2(园土)基质在出苗率与茎干含水率指标中表现最佳。这主要是因为园土的结构紧密,浇水后对于储存水分具有优势,植株根系紧贴土壤,有利于种子萌发和根系水分吸收^[3]。T1基质在该两项指标中同样表现优异,其出苗率达80%,相较T2仅低3%;茎干含水率为74.43%,与T2(74.43%)差距不大。表明在出苗与茎干含水性能上,腐殖质基质可作为园土的平替。T3(椰糠)基质的比根长在所有基质中最高,根系比根长,即单位细根生物量上的细根长度,可以表征投入到细根的生物量中用于吸收的效率^[14]。椰糠,具有保湿、透气性强、可再生、无污染等特性,工艺成熟、价格低廉、质量轻、可压缩、运输成本较低,被广泛应用于大型连栋温室等生产中^[15,16]。因此,能够促进幼苗须根发育,形成更长的比根长。但其培育幼苗苗木质量指数最低,仅为0.073,说明椰糠不适合作为长瓣瑞香育苗基质。由于其提升比根长效果显著,今后可考虑将其作为基础基质,探索含不同比例椰糠的混合基质,以期培育比根长高且苗木质量高的壮苗。在6种基质中,T4(珍珠岩:腐殖质:园土=1:1:1)基质的比叶重指标最高。比叶重作为反映叶片的重要指标,它能够有效反映苗木是否徒长^[17]。本研究中T4、T5、T6混合基质比叶重相较于T1、T2、T3单一基质明显提升,T4比叶重能达到25.93 cm²,为混合基质中最高值,是单一基质T1的1.27倍。有研究发现,混合基质能够提高比叶重^[18],这与本研究结果基本一致。这可能由于混合基质在养分供应(有机碳、氮、磷、钾)、通气性与保水性方面综合表现更优,促进了叶片光合作用与有机物质积累^[19,20],从而有效提高了比叶重,有利于培育壮苗。

3.2 不同基质长瓣瑞香幼苗苗木质量指数差异的原因

苗木质量指数是衡量苗木生长健壮程度、抗逆性,以及移栽后成活潜力的重要指标^[21]。本研究发现,腐殖质培育的幼苗苗木质量指数最高,为0.502。腐殖质基质养分含量高,保水性与通气性良好,高度还原了长瓣瑞香自然生境土壤条件,能够充分满足幼苗生长对水、肥、气、热的需求,从而显著提高幼苗苗木质量指数,促进其幼苗的生长。

4 结论

不同基质培育长瓣瑞香苗木质量指数优劣排序为T1(腐殖质)、T2(园土)、T4(珍珠岩:腐殖质:园土=1:1:1)、T5(椰糠:园土=1:1)、T6(腐殖质:园土=1:1)、T3(椰糠),可见腐殖质更有利于长瓣瑞香壮苗培育。此外,在生长指标中,腐殖质培育苗木在苗高、地径、叶片含水率、地上生物量指标中均为最高值。在生根指标中,腐殖质表现同样优异,总根长、根系体积、根系表面积、地下生物量在6种基质中为最高值。综合对所有基质生长、生根、苗木质量指数数据,腐殖质基质表现最优,说明其在促进幼苗生长、根系发育、以及整体苗木质量方面具有显著优势,在不考虑生产成本的情况下,腐殖质基质是培育长瓣瑞香壮苗的最佳基质。

5 展望

本研究明确了不同基质对长瓣瑞香幼苗生长和生根的影响,初步结论得出腐殖质在促进幼苗生长、

根系生长及提升苗木质量方面的显著优势,为长瓣瑞香壮苗培育提供了理论依据。然而,本研究仍存在一定的局限性。本研究仅设置了6种基质配比,未系统探讨腐殖质与其他基质在不同体积比例下的综合效应,难以控制培育成本。缺少对各种基质的理化性质进行定量测定,难以从机理层面解释不同基质对苗木生长影响的差异。后续研究应结合基质理化性质与苗木生理响应,深入揭示其内在机制本研究仅关注幼苗阶段指标,未跟踪其移栽后的成活率及长期适应性。后续研究应围绕腐殖质混合基质的精细化配比、基质理化性质与苗木生理响应的关联机制,以及移栽后的田间表现等方面展开,以构建成本可控、机理明确、经生产验证的规模化育苗技术体系。

参考文献:

- [1] 冯莹,潘洪运,陈永山,等.不同栽培基质下青钱柳实生苗生长和生理响应特征分析[J/OL].热带亚热带植物学报,1-11[2025-09-09].
- [2] 吴俊宏,张文豹,荣晗琳,等.不同栽培基质对桔梗幼苗生长及生理指标的影响[J].中国野生植物资源,2023,42(4):56-61.
- [3] 柳文杰,李紫帅,辛福梅.不同基质对砂生槐幼苗生长及根系形态的影响[J].西南农业学报,2021,34(8):1668-1674.
- [4] 滕飞,刘勇,娄军山,等.蘑菇渣堆肥对华北落叶松移植容器苗生长和营养积累的影响[J].应用生态学报,2016,27(12):3889-3894.
- [5] 徐琳雅,冒宇翔,戴其燕,等.育苗基质对鲜食糯玉米幼苗生长的影响[J/OL].大麦与谷类科学,1-6[2025-08-25].
- [6] 中国科学院青藏高原综合科学考察队,吴征镒.西藏植物志[M].科学出版社,1983.
- [7] 陈益卓,姚娜,施继龙,等.西藏波密藏纸制造工艺调查研究[J].纸和造纸,2024,43(4):18-23.
- [8] 李少辉,德吉卓嘎,刘若怡,等.施肥对西藏红豆杉苗木生长的影响[J].高原农业,2025,9(4):440-444+481.
- [9] 郑良豹,李忠保,陈卫明,等.不同基质对比对艾纳香幼苗生长的影响[J].热带农业科学,2024,44(2):26-30.
- [10] 王蛟,刘汉漳,赵辉,等.不同育苗基质对蒙古栎容器苗生长发育的影响[J].辽宁林业科技,2025,(3):39-42.
- [11] 柳文杰,李紫帅,索朗,等.不同基质对班公柳和秀丽水柏枝扦插的影响[J].高原农业,2021,5(5):490-496.
- [12] 吕家,范春楠,郭忠玲,等.不同轻基质组合及容器规格对紫椴幼苗生长的影响[J].北华大学学报(自然科学版),2020,21(2):170-174.
- [13] 张颖.不同基质对比对容器大叶女贞苗生长与生理指标影响的研究[D].郑州:河南农业大学,2011.
- [14] 张喜年,李紫帅,德庆卓嘎,等.容器类型和规格对砂生槐幼苗生长的影响[J].高原农业,2023,7(2):169-177.
- [15] 舒夏竺,周建芬,钟小华,等.不同育苗基质对长叶竹柏容器苗生长的影响[J].林业科技通讯,2023,(6):106-108.
- [16] 冯倩,王柳,裴庆余,等.不同废旧椰糠配方基质对设施草莓生长及产量的影响[J].中国蔬菜,2025,(7):160-166.
- [17] Camalle M, Standing D, Jitan M, et al. Effect of Salinity and Nitrogen Sources on the Leaf Quality, Biomass and Metabolic Responses of Two Ecotypes of *Portulaca oleracea*[J]. *Agronomy*, 2020, 10 (5) :656.
- [18] 余萍,丁志彬,程龙霞,等.不同基质对欧洲鹅耳枥1年生播种苗生长及生理特性影响[J].中南林业科技大学学报,2016,36(09):44-50+56.
- [19] Cavalcanti N D B. Effect of Different Substrates on Emergence the Growth Seedlings of JAMBOLAO (*Syzygium jambolanum* Lam.)[J]. *Engenharia Ambiental Pesquisa E Tecnologia*, 2010, 7 (2):241-251.
- [20] Sahoo G R, Swamy S L, Mishra A, et al. Effect of Seed Source, Light, and Nitrogen Levels on Biomass and Nutrient Allocation Pattern in Seedlings of *Pongamia Pinnata*[J]. *Environmental Science and Pollution Research*, 2020: 1-16.
- [21] 陈锦芳.施肥方式对八角苗木生长的影响[J].农业技术与装备,2025,(7):109-111.