

不同栽培措施对凤丹容器苗生长及生理的影响

祝有为¹, 言燕华², 韦武青³, 杜嘉¹, 郭源¹, 徐迎春^{1,①}

(1. 南京农业大学园艺学院, 江苏南京 210095; 2. 镇江市润州区林业茶果指导站, 江苏镇江 212000;

3. 镇江市福农园艺有限公司, 江苏镇江 212021)

摘要: 分别采用不同基质配比(即泥炭和珍珠岩体积比分别为 1:0、2:1 和 3:1)、不同促侧根措施(包括主根截短和 200 mg · L⁻¹ IBA 溶液灌根单一措施以及上述 2 种单一措施的复合措施)和不同栽培容器(包括穴盘、营养钵和无纺育苗袋)对凤丹(*Paeonia ostii* T. Hong et J. X. Zhang)容器苗进行培育,分析了容器苗的形态指标、单株质量、根冠比及部分生理指标的差异,并在此基础上筛选出适宜凤丹容器苗培育的栽培措施。分析结果表明:在泥炭-珍珠岩(体积比 3:1)混合基质中,凤丹容器苗的单株侧根数、单株地下部鲜质量和干质量、根冠比以及叶片的总叶绿素含量、可溶性糖含量和含水量均显著高于其他基质。采取主根截短单一措施或复合措施后,容器苗的单株叶面积、单株侧根数、单株地下部鲜质量和干质量、根冠比及叶片含水量均显著高于对照(不做任何处理)和采取 200 mg · L⁻¹ IBA 溶液灌根单一措施的容器苗,其中,采取复合措施的容器苗大部分指标最高。在无纺育苗袋和营养钵中栽培的容器苗的株高、根颈直径、单株侧根数以及叶片的总叶绿素含量、可溶性糖含量和含水量显著高于在穴盘中栽培的容器苗;其中,在无纺育苗袋中栽培的容器苗的单株侧根数以及叶片的总叶绿素含量和含水量均最高,且这 3 个指标显著高于在营养钵中栽培的容器苗。研究结果显示:不同栽培措施对凤丹容器苗的生长及生理均有一定影响,总体上看,对根系的单株侧根数、主根长、地下部质量和根冠比以及叶片的叶面积、总叶绿素含量、可溶性糖含量和含水量的影响均较大。根据实验结果,初步筛选出适宜凤丹容器苗培育的栽培措施,即用无纺布育苗袋,以泥炭-珍珠岩(体积比 3:1)混合基质为栽培基质,实施主根截短和 200 mg · L⁻¹ IBA 溶液灌根复合措施。

关键词: 凤丹; 基质配比; 促侧根措施; 栽培容器; 生长和生理; 根系发育

中图分类号: S723.1⁺33; S685.11; TK63 文献标志码: A 文章编号: 1674-7895(2016)04-0068-08

DOI: 10.3969/j.issn.1674-7895.2016.04.09

Effects of different cultivation measures on growth and physiology of container seedling of *Paeonia ostii*

ZHU Youwei¹, YAN Yanhua², WEI Wuqing³, DU Jia¹, GUO Yuan¹, XU Yingchun^{1,①}
(1. College of Horticulture, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China; 2. Runzhou District Guidance Centre of Forestry, Fruit and Tea, Zhenjiang 212000, China; 3. Zhenjiang Funong Horticulture Co., Ltd., Zhenjiang 212021, China), *J. Plant Resour. & Environ.*, 2016, 25(4): 68-75

Abstract: Container seedlings of *Paeonia ostii* T. Hong et J. X. Zhang were cultivated in different substrate ratios (i. e. volume ratio of peat and perlite of 1:0, 2:1 and 3:1, respectively), treated by different measures for lateral root promoting (including single measures of main root shortened by cutting and irrigating root by 200 mg · L⁻¹ IBA solution and combined measure of above two single measures) and cultivated in different culture containers (including tray, nutrition pot and non-woven bag), respectively. Differences in morphological indexes, weight per plant, root/shoot ratio and some physiological indexes of container seedling were analyzed, and on this basis, cultivation measures suitable for cultivation of container seedling of *P. ostii* were screened. The analysis results show that in peat-perlite mixed substrate with volume ratio of 3:1, lateral root number per plant, fresh and dry weights of under-ground part per plant, root/shoot ratio and contents of total chlorophyll, soluble sugar and water in leaf of container seedling of *P. ostii* all are significantly higher than those in other substrates. Either

收稿日期: 2016-02-25

基金项目: 镇江市科学技术局农业科技支撑项目(NY2014017)

作者简介: 祝有为(1990—),男,山东济宁人,硕士研究生,主要从事观赏植物栽培生理方面的研究。

①通信作者 E-mail: xyc@njau.edu.cn

treated by single measure of main root shortened by cutting or by combined measure, leaf area per plant, lateral root number per plant, fresh and dry weights of under-ground part per plant, root/shoot ratio and water content in leaf of container seedling all are significantly higher than those of container seedling of the control (no treating) and treated by single measure of irrigating root by $200 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ IBA solution, in which, most indexes of container seedling treated by combined measure are the highest. Plant height, collar diameter, lateral root number per plant, and contents of total chlorophyll, soluble sugar and water in leaf of container seedling cultivated in non-woven bag and nutrition pot all are significantly higher than those of container seedling cultivated in tray, in which, lateral root number per plant, contents of total chlorophyll and water in leaf of container seedling cultivated in non-woven bag are the highest, and these three indexes are significantly higher than those of container seedling cultivated in nutrition pot. It is suggested that there is a certain effect of different cultivation measures on growth and physiology of container seedling of *P. ostii*, on the whole, effects on lateral root number per plant, main root length, weight of under-ground part, root/shoot ratio, leaf area, contents of total chlorophyll, soluble sugar and water in leaf all are greater. According to the experimental results, cultivation measure suitable for cultivation of container seedling of *P. ostii* is selected preliminarily, that is, using non-woven bag, taking peat-perlite mixed substrate with volume ratio of 3:1 as cultivation substrate, and practicing combined measure of main root shortened by cutting with irrigating root by $200 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ IBA solution.

Key words: *Paeonia ostii* T. Hong et J. X. Zhang; substrate ratio; measure for lateral root promoting; culture container; growth and physiology; root development

牡丹籽油为新型食用油,由芍药属(*Paeonia* Linn.)牡丹组(Sect. *Moutan* DC.)中结籽量大的一些种类的种子榨取获得,其不饱和脂肪酸含量较高(83.05%~90.00%),尤其是亚麻酸含量高达31.56%~66.85%^[1-2],远高于目前市场上销售的主要食用油,因此,研究者们普遍认为牡丹籽油是一种营养价值很高的食用油,市场前景广阔。适于榨取籽油的牡丹被称为“油用牡丹”,凤丹(*Paeonia ostii* T. Hong et J. X. Zhang)是目前栽培面积最广的油用牡丹种类之一,已经在国内多个地区进行大面积推广种植,具有结实率高、产油率高、生长适应性强等特点。目前,凤丹种苗的市场需求量很大,但由于其育苗效率低、育苗周期长,种苗数量无法满足生产所需,严重制约了油用牡丹产业的发展。

在传统大田育苗条件下,凤丹种子出苗率低、种苗长势弱、出圃时间较迟(自播种到出圃需2~3 a)。采用不同浓度 GA_3 、IBA和6-BA处理以及不同时间低温(4℃)处理均可解除凤丹种子上胚轴休眠^[3],将生根种子播种到容器内并加以适当的设施保护,可使出苗时间提前4~6个月,且出苗率大大提高。然而,在容器育苗条件下,凤丹幼苗的主根生长缓慢、侧根较少,短时间内不能形成根团,对容器苗的移栽成活率及长势的影响较大,因此,采取适当栽培措施促进凤丹容器苗的侧根发生以提高其移栽成活率,是凤丹育苗过程中亟需解决的关键技术环节。

研究表明:使用合适的基质^[4-5]和容器^[6]以及采取适当的控根措施[人工剪除主根的生长点(主根截短)以及使用一定浓度的IBA溶液灌根]^[7]均可促进植物幼苗生长,尤其能够促进幼苗侧根的发育,获得根系发达的优质苗。目前,生产上常用无纺布育苗袋进行容器育苗,但幼苗的主根能够通过育苗袋的空隙伸到容器外,且极易造成根顶端死亡。采取切根措施能明显抑制幼苗主根生长、加速侧根和须根生长,促进根系平衡发展^[6],利于培育侧根发达的种苗。

目前,对凤丹容器苗生长和根系发育的研究缺乏系统性,不利于凤丹高产栽培技术的研究。为此,作者以凤丹实生苗为研究对象,采用不同的基质配比、促侧根措施以及栽培容器进行育苗,对凤丹幼苗的生长及根系发育状况进行比较分析,以期探索出能够促进凤丹容器苗形成发达根系的技术措施,为快速培育优质的凤丹容器苗奠定研究基础。

1 材料和方法

1.1 材料

供试的凤丹种子于2014年8月初采自安徽铜陵凤凰山。选取饱满种子,用质量体积分数5% KMnO_4 溶液浸泡消毒2 h,清水冲洗干净后置于湿沙中在室温下层积约4个月;选取根长超过4 cm的种子,用 $300 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ GA_3 溶液浸泡24 h以打破上胚轴休眠;

选取根系健壮、主根长度基本一致的幼苗(此时植株只有根没有芽)进行移栽,实验在南京农业大学园艺学院塑料大棚内完成。

1.2 方法

1.2.1 栽培措施设计及栽培方法 于2014年12月初,按照研究内容及研究目的分别设计不同的基质配比、促侧根措施和栽培容器3组实验。

不同基质配比实验设置S1、S2和S3组,泥炭和珍珠岩的体积比分别为1:0、2:1和3:1。将各组混合基质分别装入内径10 cm、高15 cm的黑色塑料营养钵内,将幼苗移栽至营养钵中,每盆1株;每处理3个重复,每10盆视为1个重复,即每处理共30盆。

不同促侧根措施实验设置M1、M2和M3组及CK(对照)组。M1组采取主根截短单一措施,具体处理方法是去除幼苗主根的生长点,并保留长度2~3 cm的主根;M2组采取200 mg·L⁻¹ IBA溶液灌根单一措施,具体处理方法是先用200 mg·L⁻¹ IBA溶液浇灌幼苗根部的基质,每2天浇灌1次,连续浇灌3次,以浇透基质为准;M3组采取主根截短和200 mg·L⁻¹ IBA溶液灌根复合措施,具体处理方法是先按照M1组的方法去除幼苗主根的生长点,然后按照M2组的方法用200 mg·L⁻¹ IBA溶液灌根;CK(对照)组幼苗不做任何处理。将幼苗移栽至装有泥炭和珍珠岩(体积比2:1)混合基质的黑色塑料营养钵(内径10 cm、高15 cm)内,每盆1株;每处理3个重复,每10盆视为1个重复,即每处理共30盆。

不同栽培容器实验设置C1、C2和C3组。C1组栽培容器为50孔深穴孔穴盘(穴孔上口径4.8 cm、下口径2.0 cm、深8.5 cm);C2组栽培容器为黑色塑料营养钵(内径10 cm、高15 cm);C3组栽培容器为可降解无纺布育苗袋(装入基质前长20 cm、宽16 cm,装入基质后长约12 cm、高约15 cm)。将泥炭和珍珠岩(体积比2:1)混合基质装入上述栽培容器中,将幼苗移栽至各容器中,每容器1株;每处理5个重复,每10钵(或袋、穴)视为1个重复,即每处理共50钵(或袋、穴)。

实验期间,根据植株的实际需水情况进行浇水。当棚内温度低于0℃时,搭建小拱棚进行保温。

1.2.2 指标测定方法 种植60 d后,对各处理组所有幼苗的株高、单株叶面积、单株叶片数、根颈直径、主根长和单株侧根数6项生长指标进行测量和统计。随后,将各处理组幼苗样品分成2部分,一部分用于

幼苗单株地上部和地下部鲜质量和干质量以及叶片含水量的测定;另一部分用于总叶绿素、可溶性蛋白质和可溶性糖含量的测定。每个指标3个重复,每个单株各指标的测定结果视为1个重复。

株高为幼苗叶片到地面的最大高度,采用精度1 mm的直尺测量;采用坐标纸法^[8]测量单株叶面积;单株叶片数为单株所有叶片的数量;根颈直径为幼苗茎在紧贴地面处的直径,采用精度0.1 mm的游标卡尺测量;主根长为根颈至主根根尖的最大长度,采用精度1 mm的直尺测量;单株侧根数是指主根分出的一级和二级侧根数量的总和。

将幼苗从根颈处剪断,分成地上部和地下部,分别称量鲜质量;然后先用115℃杀青15 min,再置于80℃条件下烘干至恒质量,分别称量干质量,计算根冠比。同时,测定叶片含水量,准确称量单株所有叶片的鲜质量,在115℃杀青15 min后,于80℃条件下烘干至恒质量,准确称量干质量;根据测定数据计算根冠比和叶片含水量。

用体积分数95%乙醇提取叶绿素并采用分光光度法^[9]测定叶片的总叶绿素含量,根据测定结果计算叶绿素a含量与叶绿素b含量的比值(Chla/Chlb);采用考马斯亮蓝G250比色法^[10]测定叶片中的可溶性蛋白质含量;采用蒽酮比色法^[11]测定叶片中的可溶性糖含量。

1.3 数据处理和分析

根据公式“根冠比=单株地下部干质量/单株地上部干质量”计算根冠比;根据公式“叶片含水量=[(单株叶片鲜质量-单株叶片干质量)/单株叶片鲜质量]×100%”计算叶片含水量。采用EXCEL 2007和SPSS 18.0统计分析软件对实验数据进行计算和统计分析。因实验材料保存不当,导致不同栽培容器实验的部分指标无法测定,缺少幼苗部分形态指标和单株质量相关指标的测定数据。

2 结果和分析

2.1 不同基质配比对凤丹容器苗生长和部分生理指标的影响

2.1.1 对容器苗形态指标的影响 采用不同配比的泥炭与珍珠岩混合基质栽培60 d后,凤丹容器苗的部分形态指标测定结果见表1。结果表明:各处理组间凤丹容器苗的株高、单株叶片数和根颈直径均无显著

差异($P>0.05$)。S1组[V(泥炭):V(珍珠岩)=1:0]容器苗的单株叶面积显著($P<0.05$)高于S2组[V(泥炭):V(珍珠岩)=2:1],略高于S3组[V(泥炭):V(珍珠岩)=3:1],且S2和S3组间无显著差异。S1组容器苗的主根长显著($P<0.05$)高于S2和S3组,但在S2和S3组间无显著差异。容器苗的单株侧根数为S1组最少、S3组最多,且3组间差异显著。

总体来看,不同基质配比对凤丹容器苗主根长、单株侧根数和单株叶面积的影响均较大,且主要影响单株侧根数和主根长,而对株高、单株叶片数和根颈直径的影响却较小。

表1 不同基质配比对凤丹容器苗形态指标的影响($\bar{X}\pm SD$)¹⁾

Table 1 Effect of different substrate ratios on morphological indexes of container seedling of *Paeonia ostii* T. Hong et J. X. Zhang ($\bar{X}\pm SD$)¹⁾

处理 ²⁾ Treatment ²⁾	株高/cm Plant height	单株叶面积/cm ² Leaf area per plant	单株叶片数 Leaf number per plant	根颈直径/mm Collar diameter	主根长/cm Main root length	单株侧根数 Lateral root number per plant
S1	8.96±2.56a	24.99±6.53a	1.6±0.5a	1.99±0.41a	11.90±3.59a	5.2±3.4c
S2	7.75±2.32a	13.04±2.33b	1.3±0.5a	1.94±0.20a	7.42±1.81b	15.6±9.8b
S3	8.17±2.35a	21.02±4.23ab	1.4±0.6a	2.00±0.82a	7.88±0.81b	22.0±10.8a

¹⁾ 同列中不同的小写字母表示差异显著($P<0.05$) Different small letters in the same column indicate the significant difference ($P<0.05$).

²⁾ S1: V(泥炭):V(珍珠岩)=1:0 V(peat):V(perlite)=1:0; S2: V(泥炭):V(珍珠岩)=2:1 V(peat):V(perlite)=2:1; S3: V(泥炭):V(珍珠岩)=3:1 V(peat):V(perlite)=3:1.

表2 不同基质配比对凤丹容器苗单株质量和根冠比的影响($\bar{X}\pm SD$)¹⁾

Table 2 Effect of different substrate ratios on weight per plant and root/shoot ratio of container seedling of *Paeonia ostii* T. Hong et J. X. Zhang ($\bar{X}\pm SD$)¹⁾

处理 ²⁾ Treatment ²⁾	单株地上部质量/mg Weight of above-ground part per plant		单株地下部质量/mg Weight of under-ground part per plant		根冠比 Root/shoot ratio
	鲜质量 Fresh weight	干质量 Dry weight	鲜质量 Fresh weight	干质量 Dry weight	
S1	122.3±33.2a	58.0±42.2a	121.7±55.6b	74.4±49.3b	1.283c
S2	57.0±36.0a	38.6±37.8a	127.3±50.6b	71.8±48.9b	1.860b
S3	95.7±8.5a	43.5±11.9a	202.7±7.5a	105.9±10.7a	2.434a

¹⁾ 同列中不同的小写字母表示差异显著($P<0.05$) Different small letters in the same column indicate the significant difference ($P<0.05$).

²⁾ S1: V(泥炭):V(珍珠岩)=1:0 V(peat):V(perlite)=1:0; S2: V(泥炭):V(珍珠岩)=2:1 V(peat):V(perlite)=2:1; S3: V(泥炭):V(珍珠岩)=3:1 V(peat):V(perlite)=3:1.

2.1.3 对容器苗叶片部分生理指标的影响 采用不同配比的泥炭与珍珠岩混合基质栽培60 d后,凤丹容器苗叶片部分生理指标的测定结果见表3。结果表明:凤丹容器苗叶片的叶绿素a含量与叶绿素b含量的比值(Chla/Chlb)和可溶性蛋白质含量在3组间均无显著差异;叶片的总叶绿素含量和含水量在3组间差异显著,其中,S3组容器苗叶片的总叶绿素含量和含水量均最高、S2组居中、S1组最低;从叶片的可溶性糖含量看,S3组显著高于S1和S2组,但后2组间无显著差异。

2.1.2 对容器苗质量和根冠比的影响 采用不同配比的泥炭与珍珠岩混合基质栽培60 d后,凤丹容器苗单株地上部和地下部的鲜质量和干质量及根冠比见表2。结果表明:凤丹容器苗单株地上部的鲜质量和干质量在3组间均无显著差异;但从单株地下部鲜质量和干质量看,S3组显著高于S1和S2组,且后2组间无显著差异;从根冠比看,S3组最高、S2组居中、S1组最低,且3组间差异显著。

总体来看,不同基质配比对凤丹容器苗地下部鲜质量和干质量及根冠比的影响均较大,而对地上部鲜质量和干质量的影响却较小。

总体上看,不同基质配比对凤丹容器苗叶片的总叶绿素含量、可溶性糖含量和含水量的影响均较大,而对Chla/Chlb值和可溶性蛋白质含量的影响却较小。

2.2 不同促侧根措施对凤丹容器苗生长和部分生理指标的影响

2.2.1 对容器苗形态指标的影响 在移栽前采用不同促侧根措施对凤丹容器苗进行处理,栽培60 d后容器苗的形态指标测定结果见表4。结果表明:与CK组(对照,不做任何处理)相比,3组凤丹容器苗的株

高均显著 ($P < 0.05$) 提高, 但3组间无显著差异 ($P > 0.05$); 从单株叶面积看, M1 (主根截短单一措施) 组和 M3 组 (主根截短和 $200 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ IBA 溶液灌根复合措施) 无显著差异, 但均显著高于 CK 组和 M2 组 ($200 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ IBA 溶液灌根单一措施), 而 M2 和 CK 组间无显著差异; 从单株叶片数和根颈直径看, 3组均高于 CK 组但各组间均无显著差异; 从主根长看, 3组

间均无显著差异, 其中, M1 和 M3 组均显著低于 CK 组, 而 M2 组低于 CK 组但差异不显著; 从单株侧根数看, 3组均显著高于 CK 组, 其中, M2 组显著低于 M1 和 M3 组, 但后2组间无显著差异。

总体上看, 不同促侧根措施对风丹容器苗的主根长、单株侧根数和单株叶面积的影响均较大, 而对株高、单株叶片数和根颈直径的影响却较小。

表3 不同基质配比对风丹容器苗叶片部分生理指标的影响 ($\bar{X} \pm SD$)¹⁾

Table 3 Effect of different substrate ratios on some physiological indexes in leaf of container seedling of *Paeonia ostii* T. Hong et J. X. Zhang ($\bar{X} \pm SD$)¹⁾

处理 ²⁾ Treatment ²⁾	总叶绿素含量/ $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ Content of total chlorophyll	Chla/Chlb ³⁾	可溶性蛋白质含量/ $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ Soluble protein content	可溶性糖含量/ $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ Soluble sugar content	含水量/% Water content
S1	5.10±0.82c	7.19±0.33a	20.45±2.03a	40.21±1.83b	55.51±3.84c
S2	8.47±0.71b	6.29±0.19a	19.44±1.21a	43.91±2.11b	62.25±2.18b
S3	10.64±0.73a	6.22±0.24a	21.13±1.40a	53.68±2.81a	68.19±3.27a

¹⁾ 同列中不同的小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$) Different small letters in the same column indicate the significant difference ($P < 0.05$).

²⁾ S1: $V(\text{泥炭}):V(\text{珍珠岩})=1:0$ $V(\text{peat}):V(\text{perlite})=1:0$; S2: $V(\text{泥炭}):V(\text{珍珠岩})=2:1$ $V(\text{peat}):V(\text{perlite})=2:1$; S3: $V(\text{泥炭}):V(\text{珍珠岩})=3:1$ $V(\text{peat}):V(\text{perlite})=3:1$.

³⁾ Chla/Chlb; 叶绿素 a 含量与叶绿素 b 含量的比值 Ratio of chlorophyll a content to chlorophyll b content.

表4 不同促侧根措施对风丹容器苗形态指标的影响 ($\bar{X} \pm SD$)¹⁾

Table 4 Effect of different measures for lateral root promoting on morphological indexes of container seedling of *Paeonia ostii* T. Hong et J. X. Zhang ($\bar{X} \pm SD$)¹⁾

处理 ²⁾ Treatment ²⁾	株高/cm Plant height	单株叶面积/ cm^2 Leaf area per plant	单株叶片数 Leaf number per plant	根颈直径/mm Collar diameter	主根长/cm Main root length	单株侧根数 Lateral root number per plant
M1	11.04±2.99a	28.50±4.79a	1.8±0.5a	2.39±0.58a	6.22±2.46b	30.2±11.5a
M2	11.42±2.78a	10.58±2.93b	1.9±0.6a	1.82±0.21a	9.42±3.69ab	21.9±10.3b
M3	12.07±2.83a	27.93±3.99a	1.9±0.7a	2.41±0.62a	5.98±2.95b	31.4±10.9a
CK	7.82±2.39b	7.03±3.52b	1.6±0.6a	1.77±0.49a	12.04±0.74a	15.9±9.0c

¹⁾ 同列中不同的小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$) Different small letters in the same column indicate the significant difference ($P < 0.05$).

²⁾ M1: 主根截短单一措施 Single measure of main root shortened by cutting; M2: $200 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ IBA 溶液灌根单一措施 Single measure of irrigating root by $200 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ IBA solution; M3: 主根截短和 $200 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ IBA 溶液灌根复合措施 Combined measure of main root shortened by cutting with irrigating root by $200 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ IBA solution; CK: 对照 (不做任何处理) The control (no treating).

2.2.2 对容器苗质量和根冠比的影响 在移栽前采用不同促侧根措施对风丹容器苗进行处理, 栽培 60 d 后容器苗单株地上部和地下部的鲜质量和干质量及根冠比见表 5。结果表明: M1 和 M3 组风丹容器苗的单株地上部鲜质量和干质量均高于 CK 组, 而 M2 组则低于 CK 组, 但 4 组间均无显著差异; M1、M2 和 M3 组的单株地下部鲜质量和干质量及根冠比均高于 CK 组, 并且, 仅 M1 和 M3 组与 CK 组和 M2 组间有显著差异。

总体上看, 不同促侧根措施对风丹容器苗的地下部鲜质量和干质量及根冠比的影响均较大, 而对地上部鲜质量和干质量的影响却较小。

2.2.3 对容器苗叶片部分生理指标的影响 在移栽

前采用不同促侧根措施对风丹容器苗进行处理, 栽培 60 d 后容器苗叶片的部分生理指标测定结果见表 6。结果表明: 3 组的总叶绿素含量和可溶性糖含量均显著高于 CK 组, 但 3 组间无显著差异; 3 组的叶绿素 a 含量与叶绿素 b 含量的比值 (Chla/Chlb) 和可溶性蛋白质含量均高于 CK 组但差异不显著, 且 3 组间也无显著差异; 3 组的叶片含水量均显著高于 CK 组, 其中, M1 和 M3 组间叶片含水量无显著差异但均显著高于 M2 组。

总体上看, 不同促侧根措施对风丹容器苗叶片的总叶绿素含量、可溶性糖含量和含水量的影响均较大, 且对叶片含水量的影响最明显, 而对 Chla/Chlb 值和可溶性蛋白质含量的影响却较小。

表5 不同促侧根措施对凤丹容器苗单株质量和根冠比的影响($\bar{X}\pm SD$)¹⁾Table 5 Effect of different measures for lateral root promoting on weight per plant and root/shoot ratio of container seedling of *Paeonia ostii* T. Hong et J. X. Zhang ($\bar{X}\pm SD$)¹⁾

处理 ²⁾ Treatment ²⁾	单株地上部质量/mg Weight of above-ground part per plant		单株地下部质量/mg Weight of under-ground part per plant		根冠比 Root/shoot ratio
	鲜质量 Fresh weight	干质量 Dry weight	鲜质量 Fresh weight	干质量 Dry weight	
M1	103.7±7.4a	42.6±11.2a	225.7±16.4a	109.4±18.2a	2.568a
M2	78.7±5.8a	35.8±9.4a	99.3±55.4b	52.0±44.3b	1.453b
M3	111.6±4.8a	45.1±9.3a	237.3±21.4a	113.7±19.3a	2.521a
CK	85.7±20.6a	40.6±18.5a	89.0±50.4b	48.0±31.9b	1.182b

¹⁾ 同列中不同的小写字母表示差异显著($P<0.05$) Different small letters in the same column indicate the significant difference ($P<0.05$).

²⁾ M1; 主根截短单一措施 Single measure of main root shortened by cutting; M2; 200 mg · L⁻¹ IBA 溶液灌根单一措施 Single measure of irrigating root by 200 mg · L⁻¹ IBA solution; M3; 主根截短和 200 mg · L⁻¹ IBA 溶液灌根复合措施 Combined measure of main root shortened by cutting with irrigating root by 200 mg · L⁻¹ IBA solution; CK; 对照(不做任何处理) The control (no treating).

表6 不同促侧根措施对凤丹容器苗叶片部分生理生化指标的影响($\bar{X}\pm SD$)¹⁾Table 6 Effect of different measures for lateral root promoting on some physiological indexes in leaf of container seedling of *Paeonia ostii* T. Hong et J. X. Zhang ($\bar{X}\pm SD$)¹⁾

处理 ²⁾ Treatment ²⁾	总叶绿素含量/mg · g ⁻¹ Content of total chlorophyll	Chla/Chlb ³⁾	可溶性蛋白质含量/mg · g ⁻¹ Soluble protein content	可溶性糖含量/mg · g ⁻¹ Soluble sugar content	含水量/% Water content
M1	10.81±0.74a	6.71±0.13a	21.98±1.09a	56.17±2.52a	73.59±3.82a
M2	10.69±0.68a	5.86±0.27a	20.53±1.37a	54.91±1.98a	68.11±4.38b
M3	10.98±0.93a	6.82±0.18a	21.37±2.03a	56.32±2.23a	74.43±3.37a
CK	8.71±0.59b	5.67±0.30a	19.43±1.77a	51.72±1.88b	65.84±3.28c

¹⁾ 同列中不同的小写字母表示差异显著($P<0.05$) Different small letters in the same column indicate the significant difference ($P<0.05$).

²⁾ M1; 主根截短单一措施 Single measure of main root shortened by cutting; M2; 200 mg · L⁻¹ IBA 溶液灌根单一措施 Single measure of irrigating root by 200 mg · L⁻¹ IBA solution; M3; 主根截短和 200 mg · L⁻¹ IBA 溶液灌根复合措施 Combined measure of main root shortened by cutting with irrigating root by 200 mg · L⁻¹ IBA solution; CK; 对照(不做任何处理) The control (no treating).

³⁾ Chla/Chlb: 叶绿素 a 含量与叶绿素 b 含量的比值 Ratio of chlorophyll a content to chlorophyll b content.

2.3 不同栽培容器对凤丹容器苗生长和部分生理指标的影响

2.3.1 对容器苗形态指标的影响 采用不同栽培容器栽培 60 d 后,凤丹容器苗的部分形态指标测定结果见表 7。结果表明:栽培在营养钵和无纺育苗袋中的容器苗的株高和根颈直径无显著差异($P>0.05$),但均显著($P<0.05$)高于栽培在穴盘中的容器苗;在 3 种栽培容器中,容器苗的主根长均无显著差异;从容器苗单株侧根数看,在无纺育苗袋中最多、在穴盘中最少,且 3 种容器间单株侧根数差异显著。

总体上看,不同栽培容器对凤丹容器苗的株高、

根颈直径和单株侧根数的影响均较大,而对主根长的影响却较小。

2.3.2 对容器苗叶片部分生理指标的影响 采用不同栽培容器栽培 60 d 后,凤丹容器苗的部分生理指标测定结果见表 8。结果表明:栽培在 3 种容器中的凤丹容器苗叶片的叶绿素 a 含量与叶绿素 b 含量的比值(Chla/Chlb)和可溶性蛋白质含量均无显著差异,但总叶绿素含量和含水量则差异显著,其中,在无纺育苗袋中容器苗的总叶绿素含量和含水量均最高、在穴盘中最低;栽培在营养钵和无纺育苗袋中,容器苗叶片的可溶性糖含量无显著差异,但均显著高于

表7 不同栽培容器对凤丹容器苗部分形态指标的影响($\bar{X}\pm SD$)¹⁾Table 7 Effect of different culture containers on some morphological indexes of container seedling of *Paeonia ostii* T. Hong et J. X. Zhang ($\bar{X}\pm SD$)¹⁾

处理 Treatment	容器 Container	株高/cm Plant height	根颈直径/mm Collar diameter	主根长/cm Main root length	单株侧根数 Lateral root number per plant
C1	穴盘 Tray	6.42±1.77b	1.47±0.05b	6.69±2.46a	7.5±5.8c
C2	营养钵 Nutrition pot	8.87±2.50a	1.79±0.07a	7.90±2.53a	17.7±7.6b
C3	无纺布袋 Non-woven bag	8.41±1.93a	1.92±0.28a	8.12±2.31a	22.9±10.6a

¹⁾ 同列中不同的小写字母表示差异显著($P<0.05$) Different small letters in the same column indicate the significant difference ($P<0.05$).

表8 不同容器对凤丹容器苗叶片部分生理生化指标的影响($\bar{X}\pm SD$)¹⁾Table 8 Effect of different culture containers on some physiological indexes in leaf of container seedling of *Paeonia ostii* T. Hong et J. X. Zhang ($\bar{X}\pm SD$)¹⁾

处理 ²⁾ Treatment ²⁾	总叶绿素含量/ $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ Content of total chlorophyll	Chla/Chlb ³⁾	可溶性蛋白质含量/ $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ Soluble protein content	可溶性糖含量/ $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ Soluble sugar content	含水量/% Water content
C1	5.40±0.46c	5.74±0.33a	18.94±1.42a	38.56±2.27b	55.49±2.36c
C2	8.54±0.65b	6.39±0.46a	19.45±1.57a	43.44±2.20a	62.36±2.08b
C3	9.65±0.37a	5.73±0.30a	20.27±0.70a	46.89±1.86a	69.95±2.50a

¹⁾ 同列中不同的小写字母表示差异显著($P<0.05$) Different small letters in the same column indicate the significant difference ($P<0.05$).

²⁾ C1: 穴盘 Tray; C2: 营养钵 Nutrition pot; C3: 无纺布袋 Non-woven bag.

³⁾ Chla/Chlb: 叶绿素 a 含量与叶绿素 b 含量的比值 Ratio of chlorophyll a content to chlorophyll b content.

栽培在穴盘中的容器苗。

总体上看,不同栽培容器对凤丹容器苗的总叶绿素含量、可溶性糖含量和含水量的影响均较大,而对 Chla/Chlb 值和可溶性蛋白质含量的影响却较小。

3 讨论和结论

相关研究结果^[12]表明:牡丹品种‘胡红牡丹’(*Paeonia suffruticosa* ‘Huhong’)的农艺性状与基质配比有显著的相关性。本研究中,用 V(泥炭):V(珍珠岩)=3:1 混合基质栽培的凤丹容器苗的地上部生长良好,单株侧根数最多,单株地下部鲜质量和干质量、根冠比以及叶片的总叶绿素含量、可溶性糖含量和含水量最高,但主根伸长受到抑制,其中,单株侧根数、单株地下部鲜质量和干质量、根冠比以及叶片的总叶绿素含量、可溶性糖含量和含水量均显著高于用 V(泥炭):V(珍珠岩)=1:0 和 V(泥炭):V(珍珠岩)=2:1 混合基质栽培的容器苗,表明使用不同配比的泥炭和珍珠岩混合基质对凤丹容器苗生长也有明显影响。此外,从混合基质的配比看,泥炭比例高利于凤丹容器苗的生长,印证了郭霞等^[13]得出的“牡丹栽培基质中珍珠岩的比例不宜大于 50%”的研究结论。比较而言,V(泥炭):V(珍珠岩)=3:1 的混合基质适合作为凤丹容器苗的栽培基质。但由于泥炭资源日益减少,应尽快寻找能够替代泥炭的栽培基质。

相关研究结果^[14-16]表明:主根截短可改善植物幼苗主根发达、侧根发育不足的生长特性,促进侧根发育,提高播种成活率以及当年苗高和苗木质量。苏晶^[7]的研究结果表明:经 IBA 溶液浸泡后,凤丹种子苗的侧根数和株高均显著提高,主根的伸长生长受到显著抑制,并且主根截短和 100 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ IBA 溶液浸泡的复合措施对促进侧根数增多有叠加效应。与对照(不做任何处理)相比,3 种促侧根措施均能显著促

进凤丹容器苗侧根的生长发育,但对主根伸长有显著抑制作用,并且,主根截短和 200 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ IBA 溶液灌根复合措施以及主根截短单一措施对凤丹容器苗的促侧根效果均优于 200 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ IBA 溶液灌根单一措施,以主根截短和 200 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ IBA 溶液灌根复合措施效果最优,表现为容器苗的主根长最短、单株侧根数最多、单株地下部鲜质量和干质量最高、相关生理指标也较高,但并未表现出叠加效应,与苏晶^[7]的研究结果存在明显差异,推测这一现象可能与 IBA 溶液浓度不同有关。

无纺布育苗袋的透气性和透水性均较好,植物根系可穿过无纺布育苗袋且不会缠根,而且无纺布可自行分解,因此,采用无纺布育苗袋培育的容器苗易于移栽,不但节约育苗和造林成本,而且还可避免对环境造成“白色污染”^[17]。彭晓锋等^[18]的研究结果显示:采用轻基质无纺布育苗可促进油茶(*Camellia oleifera* C. Abel)幼苗的根系发育。本研究中,采用无纺布育苗袋栽培的凤丹容器苗侧根数最多,而采用穴盘栽培的容器苗侧根数最少,并且采用无纺布育苗袋和营养钵栽培的容器苗的株高、根颈直径以及叶片的总叶绿素含量、可溶性糖含量和含水量均显著高于采用穴盘栽培的容器苗,比较而言,采用无纺布育苗袋栽培的凤丹容器苗单株侧根数最多、根颈粗壮、总叶绿素含量和可溶性糖含量均最高,因此,无纺布育苗袋适于凤丹容器苗的培育。由于穴盘的穴孔体积小,供植物生长的土壤和营养有限,限制了容器苗根系的生长,因而,穴盘不适于凤丹容器苗的培育。

综上所述,使用无纺布育苗袋,以 V(泥炭):V(珍珠岩)=3:1 混合基质为栽培基质,实施主根截短和 200 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ IBA 溶液灌根复合措施,有利于凤丹容器苗形成发达的侧根,提高其叶片的叶绿素含量和可溶性糖含量,因而,这些栽培措施可用于凤丹优质容器苗的培育。

参考文献:

- [1] 李晓青,韩继刚,刘 焱,等.不同地区凤丹经济性状及其籽油脂肪酸成分分析[J].粮食与油脂,2014,27(4):43-46.
- [2] 周海梅,马锦琦,苗春雨,等.牡丹籽油的理化指标和脂肪酸成分分析[J].中国油脂,2009,34(7):72-74.
- [3] 林松明,徐迎春,蔡志仁,等.打破凤丹种子上胚轴休眠的研究[J].江苏农业科学,2006(1):84-86.
- [4] 杜佩剑,徐迎春,李永荣.浙江楠容器育苗基质的比较和筛选[J].植物资源与环境学报,2008,17(2):71-76.
- [5] 王 艺,王秀花,张丽珍,等.不同栽培基质对浙江楠和闽楠容器苗生长和根系发育的影响[J].植物资源与环境学报,2013,22(3):81-87.
- [6] 王翠香,吴德军,王开芳,等.栎树轻基质无纺布容器育苗技术[J].山东林业科技,2011(4):87,62.
- [7] 苏 晶.牡丹容器苗的根控技术研究[D].南京:南京农业大学园艺学院,2007:31-33.
- [8] 王家保,林秋金,叶美德,等.5种测量热带果树单叶面积的方法研究[J].热带农业科学,2003,23(1):11-14,23.
- [9] SARTORY D R, GROBBELAAR J U. Extraction of chlorophyll a from freshwater phytoplankton for spectrophotometric analysis[J]. Hydrobiologia, 1984, 114: 177-187.
- [10] BRADFORD M M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding[J]. Analytical Biochemistry, 1976, 72: 248-254.
- [11] 李合生.植物生理生化实验原理和技术[M].北京:高等教育出版社,2000:195-196.
- [12] 荆延德,张志国.主成分分析和聚类分析在花卉栽培基质配方选择中的应用[J].土壤通报,2004,35(5):588-591.
- [13] 郭 霞,薛 杰,田振龙,等.优质高效牡丹基质栽培技术研究[J].山东林业科技,2005(5):6-8.
- [14] 邹桂霞,任丽华,李国先,等.容器苗切断胚根的试验研究[J].防护林科技,2006(2):6-8.
- [15] 曹帮华,蔡春菊,仵爱之.断根处理对银杏种子发芽成苗影响的研究[J].山东林业科学,2001(4):23-24.
- [16] 刘春洋,史国安,王 玮.断根处理对牡丹‘凤丹白’幼苗根系发育的影响[J].林业实用技术,2013(10):47-49.
- [17] 杜华兵,杜 婧.容器育苗发展现状及趋势[J].山东林业科技,2014,44(2):116-119.
- [18] 彭晓锋,韦里俊.油茶轻基质无纺布容器育苗技术[J].湖南林业科技,2011,38(6):102-104.

(责任编辑:佟金凤)

《植物遗传资源学报》2017年征订启事

中国科技核心期刊 中国农业核心期刊

全国中文核心期刊 全国优秀农业期刊

《植物遗传资源学报》是中国农业科学院作物科学研究所和中国农学会主办的学术期刊,为中国科技论文统计源期刊、中国科学引文数据库来源期刊(核心期刊)、中国核心期刊(遴选)数据库收录期刊、中国学术期刊综合评价数据库统计源期刊,又被《中国生物学文摘》、中国生物学文献数据库和中文科技期刊数据库收录。据《中国科技期刊引证报告》(核心版)2015年统计,《植物遗传资源学报》影响因子为1.149,在农艺类期刊中排名第3。据CNKI《中国学术期刊影响因子年报》2015年统计,《植物遗传资源学报》复合影响因子为1.695,在48种农艺类期刊排名第4。

本刊报道内容为大田和园艺作物、观赏和药用植物、林用植物、草类植物及经济植物的有关植物遗传资源基础理论研究、应用研究方面的研究成果、创新性学术论文和高水平综述

或评论。诸如,种质资源的考察、收集、保存、评价、利用和创新,信息学、管理学等;起源、演化、分类等系统学;基因发掘、鉴定、克隆、基因文库建立、遗传多样性研究。

本刊为双月刊,大16开本,196页。每期20元,全年120元。国内统一连续出版物号CN 11-4996/S,国际标准连续出版物号ISSN 1672-1810。全国各地邮局均可订阅,邮发代号82-643。

本刊编辑部常年办理订阅手续,如需邮挂每期另加3元。编辑部地址:北京市中关村南大街12号《植物遗传资源学报》编辑部(邮编100081);电话:010-82105794,82105796(兼传真);网址:www.zwyczy.cn;E-mail:zwyczyxb2003@163.com, zwyczyxb2003@caas.cn。

欢迎订阅!欢迎投稿!