

# 根域限制对牡丹形态特征、生物量和基质特性的影响

刘晓娟<sup>1</sup>, 周红杰<sup>1</sup>, 杨秋生<sup>2</sup>

(1. 郑州师范学院 生命科学学院, 河南 郑州 450044; 2. 河南农业大学 林学院, 河南 郑州 450002)

**摘要:**以‘洛阳红’牡丹为试材,研究了根域限制(盆栽)对牡丹形态特征、生物量和基质的影响。结果表明:根域限制使牡丹的株高和冠幅、混合芽的生长发育都受到抑制,一二级根的数量减少,一级根的干重和鲜重显著低于对照,二级根的干重和鲜重与对照无显著差异;三级根的数量增加,干重显著低于对照。一级根和三级根的含水量均高于对照,二级根的含水量低于对照,说明根域限制下,牡丹干物质积累主要集中在二级根,一级根存储干物质的能力下降,功能退化,三级根的吸水能力增加,根域限制并未使牡丹根部受到水分胁迫,但是根域限制使牡丹基质的pH值增加。

**关键词:**根域限制;牡丹;形态特征;生物量;基质

**中图分类号:**S 685.11 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2015)17-0049-04

容器育苗产业的快速发展开始于20世纪60年代,对于木本植物而言,根部生长在容器中,随着苗木生长的增加,根部生长逐渐受到限制。国内外学者最先开始了根域限制对容器育苗影响机制的研究,后来又逐渐扩大到果树、蔬菜、大田作物、观赏植物等领域的研究<sup>[1]</sup>。研究发现,容器对木本苗木苗期的生长和移栽后的生长发育都有影响。根域限制下植物生长活力低,新梢生长、枝条伸长和直径增粗受抑制,叶面积减少,干质量和鲜质量降低<sup>[2]</sup>。目前牡丹(*Paeonia suffruticosa* Andr.)产业主要以大田种植为主,而牡丹盆栽时生长不良,这就限制了牡丹的商品化发展。现以‘洛阳红’牡丹为试材,研究根域限制(盆栽)对牡丹形态特征、生物量和基质的影响,旨在为盆栽牡丹提供理论指导和技术支持。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

以在中原地区长势最好的‘洛阳红’牡丹为研究材料。

### 1.2 试验方法

选择株高、长势一致的分株苗80株,其中花盆栽培

40株作为处理,大田栽培40株作为对照。盆栽基质选择与大田栽培一致(80%的园土,15%河沙,5%的鸡粪)。花盆为塑料花盆,盆高40 cm,直径35 cm。共分10行8列,对照和处理相间排列,株行距为80 cm×100 cm,花盆底部1/3置于地面以下防止倒伏。每年施肥3次,第1次早春萌芽后为促进开花(花肥);第2次花谢后为促进花芽分化(芽肥),第3次入冬前为保护牡丹越冬(冬肥),前2次以速效肥为主,最后1次以长效肥为主。

分别在叶萌发期(3月22日前后)、展叶期(3月29日前后)、叶旺盛生长期(4月5日前后)、开花前期(4月11日前后)、盛花期(4月18日前后)进行取样。以每一个混合芽为单位,每次根域限制和对照各选5~8株不同植株,每株选取上部混合芽2个,带回实验室。量取每一个混合芽的长度,萌发底部到上部花芽顶部的距离。叶片选取每个混合芽从下往上数第2片复叶。

### 1.3 项目测定

根系调查是在开花前期(4月11日前后)分别选取根域限制和对照植株各5~8株进行整株采样。根系取样采取水冲挖掘法。大田牡丹挖掘时,以牡丹主干为中心,冠幅为横向参考标准确定根部横向挖取范围,纵向向下挖取100 cm。盆栽牡丹采样时,先用水将盆内的土壤淋湿,后将花盆倾斜,用水将根土冲开,取出根样。将取出的样根部清洗干净,放置遮阴处晾干后带回实验室。根系按直径粗度分为一级根( $\geq 5$  mm)、二级根(2~5 mm)和三级根( $\leq 2$  mm),每一级别根用游标卡尺量取10 cm长(如遇到根部弯曲做出相应调整),每个级别各选取50根。称鲜重后放入烘箱中,调至105℃烘干24 h后取出测定干重。计算鲜重与干重的差值,然后

**第一作者简介:**刘晓娟(1982-),女,河南郑州人,博士,讲师,现主要从事风景园林规划设计与园林植物资源利用等研究工作。E-mail:lxjhenan@126.com.

**责任作者:**杨秋生(1958-),男,教授,博士生导师,现主要从事风景园林规划设计与园林植物资源利用等研究工作。E-mail:qsyang@henau.edu.cn.

**基金项目:**国家自然科学基金资助项目(31140057)。

**收稿日期:**2015-04-02

再除以鲜重,得出根部的含水量。最终数据是 50 个样品的平均值<sup>[1]</sup>。

土壤 pH 值的测定。分别取对照和盆栽表面以下 5 cm 处的基质,用自封袋封装带回实验室。将基质风干后过 1 mm 筛孔,各称取 10 g,放入 50 mL 的烧杯中,用玻璃棒搅匀后密封放于干燥、黑暗、不通风处静置 2 h 后用酸度计(Sartorius PB-10)测定 pH 值<sup>[1]</sup>。

用叶形纸称重法测量叶面积。株高用卷尺测定。花径大小用数显游标卡尺测量。分离出萼片、花托、花瓣、雄蕊、雌蕊,之后放入 100℃烘箱内烘干 24 h 后,测干重。大田试验和室内试验均设置重复 3 次,所有数据保留小数点后 2 位数。

#### 1.4 数据分析

数据统计分析采用 SPSS 统计软件,用独立样本 *t*-检验进行显著性分析,用 aa、ab、AB 分别表示差异不显著、差异在  $P \leq 0.05$ 、 $P \leq 0.01$  水平上显著。用 Pearson 相关分析分析指标间的相关性,用“\*”和“\*\*”表示  $\alpha = 0.05$  和  $\alpha = 0.01$  水平上有显著性意义的相关系数<sup>[1]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 根域限制对牡丹混合芽生长的影响

经过 2 年的观察发现,盆栽和大田牡丹混合芽的发育有差异。夏季花芽分化后,大田牡丹多形成 7 个芽,其中上面 3 个芽在秋季发育,入冬后死亡,底部 1 个在春季发育成混合芽,每一个混合芽发育成 7、8 或 9 个枝条,7 个最常见。牡丹盆栽后第 1 年有些许混合芽在秋季发育,其余则都在春季发育。盆栽后第 2 年几乎没有秋发现象,故盆栽牡丹顶芽形成较多。且盆栽时间越长,顶芽越常见,盆栽牡丹每一个混合芽发育成 6、7 个枝条,较大田牡丹少。母枝上芽的萌发能力成为萌芽力,其中花芽抽生花枝的能力叫成枝力<sup>[3]</sup>,盆栽牡丹成枝力较对照低。

从图 1 可以看出,根域限制和对照牡丹的混合芽在春季随着气温的上升开始发育,展叶期之后进入迅速增长阶段。从展叶期到开花前期生长速度较快,二者几乎都呈直线生长。在芽萌发期,根域限制牡丹混合芽与对照无显著差异,随着混合芽的生长和发育,与对照出现差异,叶旺盛生长期和开花前期,芽的长度与对照差异极显著。

表 1

根域限制对牡丹株高的影响

Table 1

Effect of root restriction on plant height of tree peony

时期 Period	对照 Control/cm	根域限制 Root restriction/cm
叶萌发期 Leaf-germination period	49.10±1.99a	39.30±2.82b
展叶期 Leaf-expansion period	53.87±2.73a	40.51±1.71b
叶旺盛生长期 Leaf-vigorous-growth period	61.01±1.27A	48.20±2.12B
开花前期 Early-flowering period	75.13±1.30A	60.33±2.28B
盛花期 Full-bloom period	76.97±1.16A	62.60±1.18B
开花后期 Late-flowering period	78.63±0.95A	61.50±0.72B
叶片放大期 Leaf-largen period	80.50±1.31A	66.60±0.62B

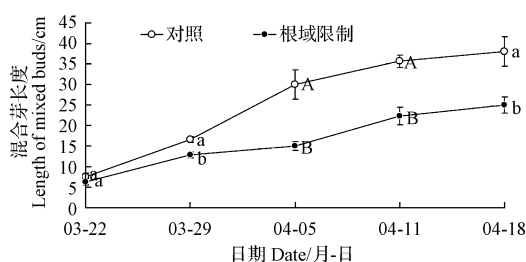


图 1 根域限制对牡丹混合芽长度生长的影响

Fig. 1 Effect of root restriction on shoot length of tree peony

由图 2 可知,从芽萌发期到展叶期,根域限制混合芽鲜重与对照没有显著差异。从叶片旺盛生长期到开花期,根域限制牡丹混合芽鲜重分别是对照的 79.51%、77.70%、82.53%,与对照差异显著。

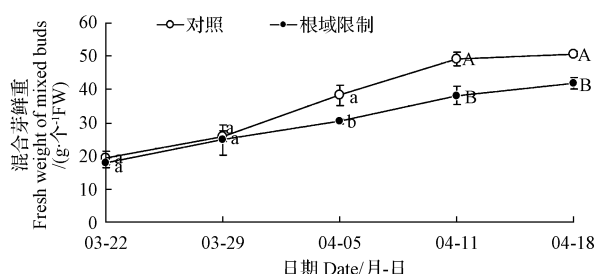


图 2 根域限制对牡丹混合芽鲜重的影响

Fig. 2 Effect of root restriction on mixed bud fresh weight of tree peony

### 2.2 根域限制对牡丹株高的影响

从表 1 可以看出,从叶萌发期到叶片放大期,对照株高从 49.10 cm 增加到 80.50 cm,增加了 63.95%,根域限制牡丹株高从 39.30 cm 增加到了 66.60 cm,增加了 69.47%,根域限制牡丹株高增加量相对较多,与其本身株高较低有关。从叶萌发期到展叶期,与对照在  $P \leq 0.05$  水平上差异显著,这种差异是春季萌发之前上一年生长量的差异,表明经过 1 年的生长,根域限制牡丹较对照伸长生长速率低,有矮化现象。从叶旺盛生长期到叶片放大期,是牡丹混合芽迅速生长发育时期,是春季生物量增长最快的时期,根域限制牡丹与对照在  $P \leq 0.01$  水平上差异显著,这种差异是当年植物生长活力的差异,可以看出根域限制当年生上部营养器官的生长活力显著低于对照。

图 3 是每一个时期植株株高增加的绝对值,折线的斜率可以反映出植株的生长速率,斜率越大表明生长速率越高。从图 3 可以看出,从叶萌发期到开花前期,根域限制牡丹几乎呈直线生长,其斜率低于对照,表明生长速率较对照低。对照牡丹从叶萌发期到叶旺盛生长期株高呈直线生长,斜率较根域限制高;从叶旺盛生长期到开花前期,斜率低于根域限制牡丹,说明这个时期株高的增长速率低于根域限制。进入盛花期之后,根域限制和对照株高的增长迅速减少,可以看出,这个时期牡丹由营养生长转向生殖生长,植株将主要的营养供应开花所需。从盛花期到叶片放大期,根域限制和对照牡丹株高都呈缓慢增加,说明这个牡丹已经基本上停止了伸长生长。经过对株高和混合芽的长度相关性分析,相关系数分别是 0.963\*\* (根域限制)和 0.979\*\* (对照),可以看出根域限制和对照牡丹,株高的增加主要来自于混合芽的伸长生长。

2.3 根域限制对牡丹根部生长的影响

由于牡丹根部数量较多,统计不便。肉眼观察,发现根域限制下,牡丹的一级根和二级根数量明显减少,

表 2 根域限制对牡丹根部干重和鲜重的影响

Table 2 Effect of root restriction on the FW and DW of tree peony root			
级别根 Root order	指标 Index	对照 Control/cm	根域限制 Root restriction/cm
一级根 First root order	鲜重 FW/g	9.56±2.30 a	4.31±0.12 b
	干重 DW/g	4.39±1.28 a	1.53±0.29 b
	含水量 Water content/%	54.11±2.60 a	64.74±3.30 b
二级根 Second root order	鲜重 FW/g	3.45±1.46 a	1.48±0.34 a
	干重 DW/g	1.29±0.59 a	0.75±0.20 a
	含水量 Water content/%	62.96±1.63 A	49.68±2.62 B
三级根 Third root order	鲜重 FW/g	0.15±0.06 a	0.14±0.05 a
	干重 DW/g	0.06±0.02 a	0.04±0.01 b
	含水量 Water content/%	59.16±4.95 a	69.86±3.55 b

2.4 根域限制对栽培基质 pH 值的影响

大多数植物正常生长的土壤或者基质 pH 值为 6 左右,pH 值过高或过低都会影响植物的正常生长<sup>[4]</sup>。从表 3 可以看出,根域限制下使基质 pH 值升高,第 1 年与对照在  $P\leq 0.05$  水平上差异显著,第 2 年与对照在  $P\leq 0.01$ 水平上差异极显著,其中第 2 年盆栽 pH 值要高于第 1 年,表明随着根域限制时间的延长,pH 值也随之增加,但增加幅度有限。

表 3 根域限制对基质 pH 值的影响

Table 3 Effect of root restriction on pH value of growing media				
处理 Treatment	第 1 年 First year		第 2 年 Second year	
	对照 Control/cm	根域限制 Root restriction/cm	对照 Control/cm	根域限制 Root restriction/cm
基质 pH 值 Media pH value	7.69±0.15 a	8.39±0.29 b	7.59±0.21 A	8.47±0.11 B

3 结论与讨论

根域限制使牡丹的株高和冠幅、混合芽的生长发育

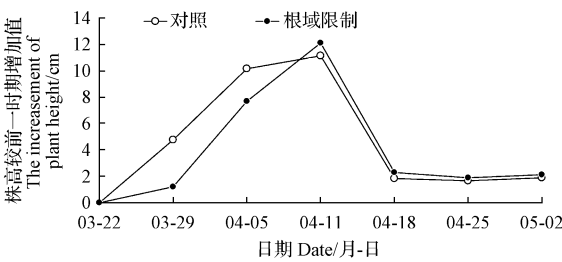


图 3 株高每一个时期较上一时期的增加量  
Fig. 3 Increment of plant height compared to last growing period

粗度也明显减少,而三级根(即须根)数量明显增多。在春季开花前期,随着地上部分的旺盛生长,牡丹根部生长发育也较快。从表 2 可以看出,根域限制下,牡丹一级根的鲜重、干重都低于对照,差异显著,含水量却显著高于对照;二级根的干重和鲜重与对照无显著差异,含水量显著低于对照;三级根鲜重与对照无显著差异,干重显著低于对照,含水量显著高于对照。

都受到抑制。这一方面与根域限制使植物的生长速率降低,营养物质积累受到限制有关<sup>[5]</sup>。另一方面,在牡丹叶片还未完全发育之前,牡丹春季萌发所需营养主要来自于根部,根部是支持牡丹春季地上部分生长的主要能量来源<sup>[6]</sup>。牡丹根为肥大的肉质根,一般深入地下 30~60 cm,长者可达 90 cm 以上<sup>[3]</sup>。当气温稳定在 1~5℃时,芽开始萌动,根系也开始萌动,萌发新根。随着气温的升高,牡丹根部和上部进入旺盛生长期,芽迅速萌发,分生出枝、叶和花朵。在展叶现蕾期和开花期,根系主要通过从土壤中吸收养分并动用自身的贮藏物质,以满足地上部分迅速生长发育对养分的需求,其次才是根系自身的伸长和加粗<sup>[3]</sup>。通过几年的观察发现,牡丹一二级根伸长生长远大于增粗生长,在根域体积受限制的情况下,其伸长生长严重受到阻碍;一二级根为储藏根,根域限制使牡丹的一二级根数量减少,意味着根域限制下牡丹光合作用产物减少,自身存储的能量减少,

不仅使其增粗受阻,也造成了一二级根功能的退化。牡丹三级根为须根,是吸收水分和矿质元素的主要根,根域限制使牡丹的须根增多,这样可以在根部体积有限的情况下,增加水分和营养元素的吸收,这应该是植物对逆境的一种适应。

牡丹的一级根和三级根的含水量均大于对照,一方面说明一级根所存储的干物质比例低,干物质的积累低于对照,另一方面看出,三级根增多,使牡丹的吸水能力和吸收矿质元素的能力提高。二级根的含水量低于对照,鲜重和干重与对照无显著差异,说明二级根的干物质积累比率较高,这是否说明根域限制使牡丹主要的储藏根转变成二级根,一级根功能退化,尚需进一步的验证。综合3个根系的含水量可以看出,推测根域限制并没有干扰牡丹根部的水分关系,牡丹根部并未受到水分胁迫,这与KRIZEK等<sup>[7]</sup>的研究结果一致,说明不同的物种,在根域限制下所表现出不同的水分状况,这可能与植物本身的特性尤其是根的生长发育特性有关。

逆境胁迫对于植物的研究表明,逆境胁迫常使植株木质部或质外体汁液呈碱性,植物体内pH值升高为早期的逆境胁迫信号,木质部汁液高pH值与汁液中低浓度ABA联合关闭气孔对植物具有潜在危害<sup>[8]</sup>。逆境胁迫尤其是干旱胁迫使土壤pH值升高,有关根域限制对基质或者植物体内木质部汁液或者植物细胞的pH值

尚未有人研究<sup>[9]</sup>。该研究结果表明根域限制使牡丹基质的pH值升高,这可能与容器限制,使植物根系自身产生的一些分泌物无法及时排除使其在容器中累积有关。

### 参考文献

- [1] 刘晓娟. 根域限制对牡丹碳代谢和内源激素变化的影响[D]. 郑州: 河南农业大学, 2012.
- [2] 刘晓娟, 朱丽娟, 杨秋生, 等. 根域限制对牡丹叶片碳代谢的影响[J]. 林业科学, 2012, 48(12): 53-57.
- [3] 李嘉珏, 张西方, 赵孝庆, 等. 中国牡丹[M]. 北京: 中国大百科全书出版社, 2011.
- [4] PASSIOURA J B. Soil conditions and plant growth[J]. Plant, Cell and Environment, 2002, 25: 311-318.
- [5] HAVER D, SCHUCH U. Influence of root restriction and ethylene exposure on apical dominance of petunia (*Petunia xhybrida* Hort. Vilm. -Andr.) [J]. Plant Growth Regulation, 2001, 35: 187-196.
- [6] 高志民, 王雁, 李振坚, 等. 牡丹开花前后营养变化分析研究[J]. 林业科学研究, 2007, 20(3): 390-393.
- [7] KRIZEK D T, CARMICHAEL A, MIRECKI R M, et al. Comparative effects of soil moisture stress and restricted root zone volume on morphogenetic and physiological responses of soybean [*Glycine max* (L.) Merr.] [J]. Journal of Experimental Botany, 1985, 36(162): 25-38.
- [8] 田秀红, 李光敏. pH作为逆境胁迫信号的研究进展[J]. 植物学通报, 2001, 18(1): 166-172.
- [9] 柳参奎, 张欣欣, 程玉祥. “植物细胞内pH调控系统”是适应环境逆境的一个耐性机制? [J]. 分子植物育种, 2001, 2(2): 179-186.

## Effect of Root Restriction to the Morphology, Biomass and Substrates of *Paeonia suffruticosa* Andr.

LIU Xiaojuan<sup>1</sup>, ZHOU Hongjie<sup>1</sup>, YANG Qiusheng<sup>2</sup>

(1. College of Life Science, Zhengzhou Normal University, Zhengzhou, Henan 450044; 2. College of Forestry, Henan Agricultural University, Zhengzhou, Henan 450002)

**Abstract:** Taking ‘Luoyang Hong’ *Paeonia suffruticosa* Andr. as material, the effect of root restriction (potted cultivated) on morphological characteristics, biomass and medium feature of *Paeonia suffruticosa* Andr. were analyzed. The results showed that root restriction reduced the plant height, canopy size, growth and development level of bud of *Paeonia suffruticosa* Andr.. The number of the root I, root II of *Paeonia suffruticosa* Andr. were reduced. FW and DW of the root I were significantly lower than control. FW and DW of the root II were not significantly different from the control. The number of root III was increased, but DW was significantly lower than the control. Water content of the root I and root III were higher than control. Water content of root II was lower than the control. So it could be seen that dry matter of root restriction *Paeonia suffruticosa* Andr. were mainly concentrated in the root II, and the storage ability of root I was decreased under root restriction. The water absorption capacity of root III was increased which means that root were not suffered water stress when grown under root restriction. But pH value of *Paeonia suffruticosa* Andr. medium was increased when grew under root restriction.

**Keywords:** root restriction; *Paeonia suffruticosa* Andr.; morphological characteristics; biomass; medium