

# 不同水、肥供应对丽格海棠根系形态和生理指标的影响

孙向丽<sup>1</sup>, 张启翔<sup>2</sup>

(1. 苏州大学 城市学院, 江苏 苏州 215123; 2. 北京林业大学 园林学院, 北京 100083)

**摘 要:**采用丽格海棠为试验材料,分别从根系结构和根系生理指标层面研究了不同浇水频率和施肥量对丽格海棠盆花生长的影响。结果表明,基质含水量为 50.00% 时浇水和施用含肥 20-20-20 的商品肥 500.00 mg·盆<sup>-1</sup>对丽格海棠的生长有较好的促进作用,根系累计连接数、根系累计长度、根系累计表面积、根系累计体积和根系生理指标等指标显著优于其他处理。

**关键词:**丽格海棠;根系;形态参数;生理指标

**中图分类号:**S718.42      **文献标志码:**A      **文章编号:**1001-7461(2011)05-0046-07

## Effect of Different Water and Fertilizer Supplies on Root Morphology and Physiological Indices of *Begonia* × *elator*

SUN Xiang-li<sup>1</sup>, ZHANG Qi-xiang<sup>2</sup>

(1. College of Urban Affairs Suzhou University, Suzhou, Jiangsu 215123, China;  
2. College of Landscape Architecture, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

**Abstract:** The effects of different watering frequencies and fertilizer amounts on the growth of potted *Begonia* × *elator* were studied by root morphology research and physiological index research. The results showed that, watering when the water content was 50.00% and manuring commercial fertilizer (20-20-20) 500.00 mg per pot could improve the development of *B. × elator* greatly, the total root tips, length, surface area, root volume, as well as the physiological indexes of *B. × elator* roots were significantly better than those of other treatments.

**Key words:** *Begonia* × *elator*; root; morphological parameter; physiological index

花卉栽培是一个多因素复合的系统,各种环境条件协调配合才能生产出优质的花卉产品。浇水和施肥是花卉栽培日常管理的主要内容,也是影响花卉品质的重要因素。由于水分和养分主要通过根系作用于植物的形态建成和发育,随着相关研究的不断深入,对于植物根系的研究已逐渐受到重视。目前,关于水肥对植物根系的研究仍多集中在小麦(*Triticum aestivum*)、玉米(*Zea mays*)、水稻(*Oryza sativa*)等农作物上<sup>[1-14]</sup>,对花卉的研究少见报道。本试验以我国花卉市场上近年来倍受欢迎的盆花种类丽格海棠(*Begonia* × *elator*)为对象,研究不同水肥供应对丽格海棠根系结构和生理指标的影

响,探讨丽格海棠盆花代用基质栽培适宜的水、肥供应方式。

### 1 材料与方法

#### 1.1 试验材料

盆栽试验在北京林业大学林业科技股份有限公司温室内进行,温室内配备 Argus 环境自动控制系统。以丽格海棠红色重瓣品种‘巴克斯’为试验材料,以 3 份锯末:1 份蛭石的基质配方进行盆栽试验<sup>[15]</sup>,锯末(落叶松+樟子松)取自北京市朝阳区永兴木材加工厂,试验基质粉碎后于试验前经过 6 个月的无氧发酵,用 40% 的甲醛溶液进行消毒,充分

收稿日期:2010-06-17 修回日期:2010-09-09  
基金项目:苏州大学青年教师自然科学基金项目(Q3138925);国家林业局‘948’引进创新项目(2005-4-C01);科技部农业科技成果转化基金项目(04EFN217100389);北京市教育委员会科技成果转化与产业化项目。  
作者简介:孙向丽,女,讲师,博士,主要从事花卉栽培与生理教学与科研工作。

晾晒后与蛭石混配。

1.2 试验方法

1.2.1 试验设计与布置 选取生长健壮一致、无病虫害、根系完整的扦插生根苗,于 2007 年 6 月上盆,移入装好基质的 160 mm×140 mm 塑料盆中进行盆栽。设浇水频率和施肥量 2 因子,每因子 3 水平,采用完全随机区组设计,每个处理 30 株,3 次重复。浇水频率的设置 为基质表层向下 3.00 cm 深处含水量 25.00%、50.00%、75.00% (分别以低、中、高水平浇水频率表示,基质含水量的测定采用土壤水分测定仪 TZS 测定),浇水量为 375.00 mL·盆<sup>-1</sup>;营养供给选用无土栽培复合肥“花多多 8 号”(m(N):m(P):m(K)=20:10:20),施肥量的设置为 250.00、500.00、750.00 mg·盆<sup>-1</sup>,每周施肥 1 次(表 1)。

表 1 丽格海棠的不同水肥处理

Table 1 Different water and fertilizer treatments of <i>B. × elatior</i>		
处理编号	浇水时基质含水量/%	施肥量/(mg·盆 <sup>-1</sup> )
1	25.00	250.00
2	25.00	500.00
3	25.00	750.00
4	50.00	250.00
5	50.00	500.00
6	50.00	750.00
7	75.00	250.00
8	75.00	500.00
9	75.00	750.00

1.2.2 植物根系形态参数的测定 为从不同层面综合反应丽格海棠根系的生长发育状况,本试验选择根系累计连接数、根系累计长度、根系累计表面积和根系累计体积 4 个指标进行分析,采用 Epson Twain Pro 根系扫描仪和 WIN Rhizo 系统获得不同处理的根系参数数据<sup>[16]</sup>。栽培 120 d 后,从各处理中随机选取 5 株,将植物的根坨从花盆中取出,仔细洗净后采用 Epson Twain Pro 根系扫描仪获取根系形态结构,采用 WIN Rhizo 系统对各处理的丽格海棠根系的累计连接数、累计长度、累计表面积和累计体积等指标进行分析。根系形态的分级确定为 0.00<D≤0.01 mm,0.01<D≤0.02 mm,0.02<D≤0.05 mm,0.05<D≤0.10 mm 和 D>0.10 mm,分别以第 1 径级~第 5 径级表示。

1.2.3 植物根系生长量和生理指标的测定 栽培 120 d 后,从各处理中随机选取 5 株,分别测定不同处理的丽格海棠地上部和根系的干重以及根系吸收面积、根系活力等生理指标。植株生长量的测定采

用烘干法;根系吸收面积的测定采用甲烯蓝吸附法;根系活力的测定采用氯化三苯基四氮唑(TTC)法<sup>[17]</sup>。

1.2.4 数据统计分析方法 试验数据采用 SPSS 11.0 进行方差分析和多重比较。

2 结果与分析

2.1 不同水、肥供应对丽格海棠根系形态的影响

2.1.1 不同水、肥供应对丽格海棠根系累计连接数的影响 由表 2 和图 1~图 6 可以看出,根系累计连接数随根系径级的减小不断增加,D>0.05 mm 时,各处理的根系累计连接数均随根系径级的减小逐渐增加,不同处理间差异较小,D≤0.05 mm 时,不同处理的根系累计连接数均迅速增加,但增加的速度有所不同。浇水频率相同时不同施肥量的丽格海棠根系总累计连接数随施肥量的增加先增加后减小,施肥量为 750.00 mg·盆<sup>-1</sup>的根系总累计连接数小于施肥量为 500.00 mg·盆<sup>-1</sup>,但大于施肥量为 250.00 mg·盆<sup>-1</sup>,浇水频率为中水平的 3 个处理的根系总累计连接数最多,浇水频率为低水平的 3 个处理的最少。从根系累计连接数在不同径级的分布比例看,浇水频率为高水平的 3 个处理 0.02<D≤0.05 mm 的根系累计连接数所占比例明显高于其他处理,这表明高水平的水分供应有利于此径级根系的发育,毛细根和细根的发育相对较弱。施肥量相同时,根系总累计连接数随浇水频率的提高先增加后减少,浇水频率为高水平的根系总累计连接数与浇水频率为中水平的差异不显著,但在分布比例上差异明显,浇水频率为高水平的处理毛细根和细根的累计连接数分别占总累计连接数的 43%~46%和 26%~27%,0.02<D≤0.05 mm 的根系累计连接数占 18%~20%,而浇水频率为中水平的处理毛细根和细根的累计连接数分别占总累计连接数的 49%~51%和 28%~30%,0.02<D≤0.05 mm 的根系累计连接数占 11%~15%。这一结果表明丽格海棠对水分和肥料的要求均以中水平为宜,高水平的浇水频率虽有利于 0.02<D≤0.05 mm 的根系发育,但对毛细根和细根的生长不利,根系总累计连接数小于浇水频率为中水平的处理,不利于对基质中水分和养分的吸收和利用。相同浇水频率时,施肥量为 750.00 mg·盆<sup>-1</sup>的 3 个处理的根系总累计连接数小于施肥量为 500.00 mg·盆<sup>-1</sup>的 3 个处理的根系总累计连接数,表明高水平的施肥量超过了丽格海棠适宜的养分浓度范围,影响了对营养元素的吸收利用,不利于丽格海棠根系累计连接数的增加。

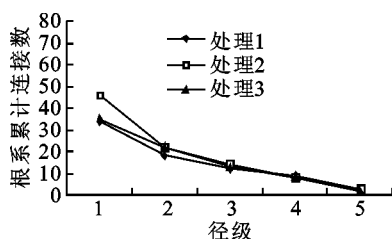


图1 基质含水量 25.00% 时不同施肥量对丽格海棠根系累计连接数的影响

Fig. 3 Effects of different fertilizer amount on root tips of *B. × elatior* when the water content is 25.00%

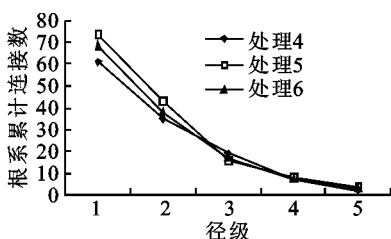


图2 基质含水量 50.00% 时不同施肥量对丽格海棠根系累计连接数的影响

Fig. 2 Effects of different fertilizer amount on root tips of *B. × elatior* when the water content is 50.00%

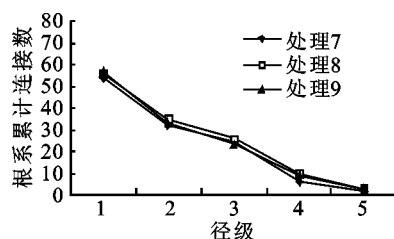


图3 基质含水量 75.00% 时不同施肥量对丽格海棠根系累计连接数的影响

Fig. 3 Effects of different fertilizer amount on root tips of *B. × elatior* when the water content is 75.00%

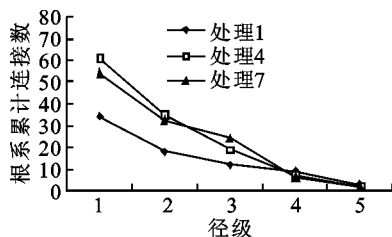


图4 施肥量为 333.33 mg · 盆⁻¹ 时不同浇水频率对丽格海棠根系累计连接数的影响

Fig. 4 Effects of different watering frequencies on root tips of *B. × elatior* when the fertilizer amount was 333.33 mg · pot⁻¹

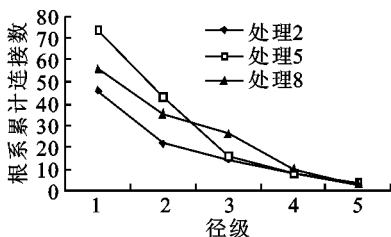


图5 施肥量为 666.67 mg · 盆⁻¹ 时不同浇水频率对丽格海棠根系累计连接数的影响

Fig. 5 Effects of different watering frequencies on root tips of *B. × elatior* when the fertilizer amount was 666.67 mg · pot⁻¹

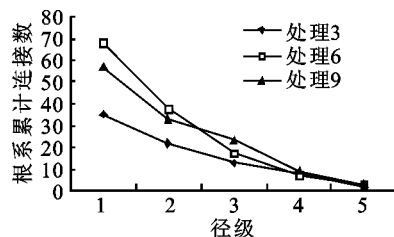


图6 施肥量为 1 000.00 mg · 盆⁻¹ 时不同浇水频率对丽格海棠根系累计连接数的影响

Fig. 6 Effects of different watering frequencies on root tips of *B. × elatior* when the fertilizer amount was 1 000.00 mg · pot⁻¹

2.1.2 不同水、肥供应对丽格海棠根系累计长度的影响 通常毛细根和细根占的比例越大,根系的累计长度越大。由表2、图7~图12可以看出,丽格海棠的根系累计长度随着根系径级的减小不断增加,但增加的速度有所不同。 $D > 0.05$  mm 时,各处理的根系累计长度差异较小。 $D \leq 0.05$  mm 时,不同处理的根系累计长度出现差异。浇水频率为低水平或高水平时,根系总累计长度随施肥量的增加先增加后减小,浇水频率为中水平时,施肥量为 750.00 mg · 盆⁻¹ 的根系总累计长度大于施肥量为 500.00 mg · 盆⁻¹,但差异不显著。施肥量相同时,根系总累计长度随浇水频率的提高先增加后减少,浇水频率为高水平的根系总累计长度与浇水频率为中水平的差异显著,在分布比例

上也有明显差异,浇水频率为高水平的处理毛细根的累计长度占总累计长度的 36%~39%, $0.02 < D \leq 0.05$  mm 的根系占 21%~24%,而浇水频率为中水平的处理毛细根的累计长度占总累计长度的 43%~47%, $0.02 < D \leq 0.05$  mm 的根系占 14%~17%,这表明高水平的浇水频率虽有利于  $0.02 < D \leq 0.05$  mm 的根系长度的增加,但对毛细根的生长不利,根系总累计长度小于浇水频率为中水平的处理,不利于对基质中水分和养分的吸收和利用。相同浇水频率时,施肥量为 750.00 mg · 盆⁻¹ 的 3 个处理的根系总累计长度小于施肥量为 500.00 mg · 盆⁻¹ 的 3 个处理的根系总累计连接数,表明高水平的施肥量不利于丽格海棠根系伸长。

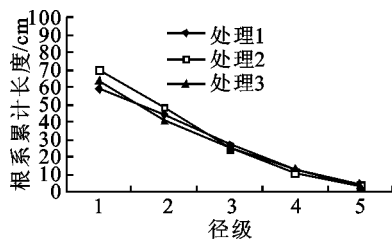


图7 基质含水量 25.00% 时不同施肥量对丽格海棠根系累计长度的影响

Fig. 7 Effects of different fertilizer amount on root length of *B. × elatior* when the water content is 25.00%

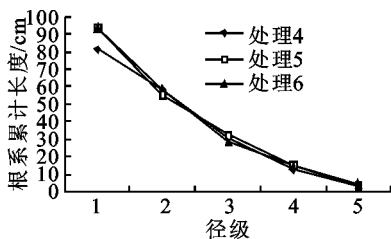


图8 基质含水量 50.00% 时不同施肥量对丽格海棠根系累计长度的影响

Fig. 8 Effects of different fertilizer amount on root length of *B. × elatior* when the water content is 50.00%

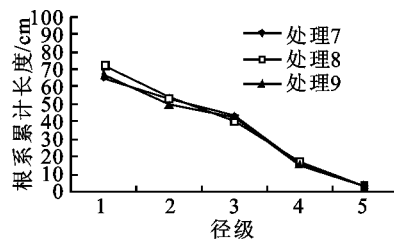


图9 基质含水量 75.00% 时不同施肥量对丽格海棠根系累计长度的影响

Fig. 9 Effects of different fertilizer amount on root length of *B. × elatior* when the water content is 75.00%

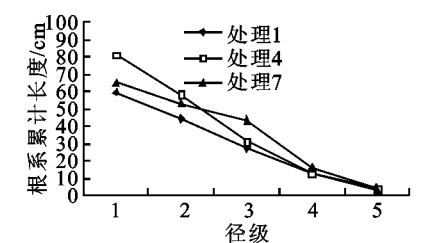


图 10 施肥量为 333.33 mg · 盆<sup>-1</sup> 时不同浇水频率对丽格海棠根系 累计长度的影响

Fig. 10 Effects of different watering frequencies on root length of *B. × elatior* when the fertilizeis amount is 333.33 mg · pot<sup>-1</sup>

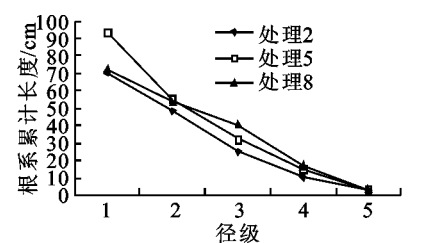


图 11 施肥量为 666.67 mg · 盆<sup>-1</sup> 时不同浇水频率对丽格海棠根系 累计长度的影响

Fig. 11 Effects of different watering frequencie on root length of *B. × elatior* when the fertilizeis amount was 666.67 mg · pot<sup>-1</sup>

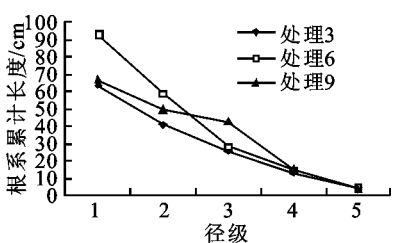


图 12 施肥量为 1000.00 mg · 盆<sup>-1</sup> 时 不同浇水频率对丽格海棠根系 累计长度的影响

Fig. 12 Effects of different watering frequencies on root length of *B. × elatior* when the fertilizer amount was 1000.00 mg · pot<sup>-1</sup>

2.1.3 不同水、肥供应对丽格海棠根系累计表面积的影响 由表 2、图 13~图 18 可以看出,与对根系 累计连接数和累计长度的影响不同,丽格海棠的根 系累计表面积随浇水频率和施肥量的变化相对缓 和,直径较大的根系的累计表面积也占有一定比例。 相同浇水频率时,不同施肥量的 3 个处理的根系累 计表面积均随径级的减小平稳增大,不同径级的根 系累计表面积在不同处理间差异较小,0.00<D≤ 0.05 mm 的 3 个径级的根系累计表面积共同占总累 计表面积的 71%~76%,其中浇水频率为中水平的 3 个处理毛细根的累计表面积占总累计表面积的 30%~31%,这表明中水平的浇水频率更有利于丽 格海棠毛细根的发育。相同浇水频率时,根系总累 计表面积随施肥量的增加先增大后减小,750.00 mg · 盆<sup>-1</sup>的施肥量与 500.00 mg · 盆<sup>-1</sup>的差异不显著, 这表明浇水频率为中水平时,肥效发挥较好。

2.1.4 不同水、肥供应对丽格海棠根系累计体积的 影响 根系累计体积在不同处理间的差异较小,这 可能是由于根系体积受直径的影响较大,径级较大 的根系的累计体积在总体积中也占有一定份额。由

表 2、图 19~图 24 可以看出,除处理 7、8、9 外,浇水 频率相同时,根系总累计体积随施肥量的增加先增 大后减小,表明高水平的施肥量对根系体积的增大 不利。从根系累计体积在不同径级间的分布可以看 出,浇水量为低水平的 3 个处理毛细根和细根是根 系累计体积的主要组成部分,共同占根系总累计体 积的 48%~51%,浇水量为中水平的 3 个处理 0.00 <D≤0.05 mm 的根系共同占根系总累计体积的 71%~77%,其中毛细根和细根占 49%~55%,浇水 量为高水平的 3 个处理 0.00<D≤0.05 mm 的根系 占根系总累计体积的 70%~72%,其中毛细根和细 根占 44%~48%,0.02<D≤0.05 mm 的根系占 24%~26%,这表明高水平的浇水频率获得的较高 的根系累计体积主要来源于 0.02<D≤0.05 mm 的 根系数量和长度的增加,而细根和毛细根的发育却 弱于浇水频率为中水平的处理。施肥量相同时,随 浇水频率的提高,根系总累计体积呈现不断增加的 趋势,但以处理 5(基质含水量 50.00%时浇水,施肥 量 500.00 mg · 盆<sup>-1</sup>)的最大。

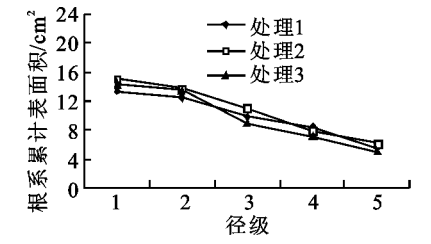


图 13 基质含水量 25.00% 时不同施肥 量对丽格海棠根系累计表面积的影响

Fig. 13 Effects of different fertilizer amount on root surface area of *B. × elatior* when the water content is 25.00%

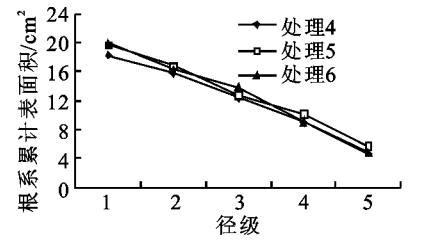


图 14 基质含水量 50.00% 时不同施肥 量对丽格海棠根系累计表面积的影响

Fig. 14 Effects of different fertilizer amount on root surface area of *B. × elatior* when the water content is 50.00%

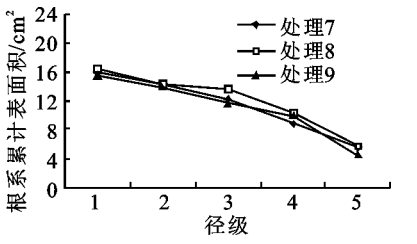


图 15 基质含水量 75.00% 时不同施肥 量对丽格海棠根系累计表面积的影响

Fig. 15 Effects of different fertilizer amount on on root surface area of *B. × elatior* when the water content is 75.00%

总体看来,试验设计的浇水频率和施肥量的 3 个水平对丽格海棠根系累计连接数、累计长度和累 计表面积均有明显影响,并表现出一定的规律性,对 根系累计体积的影响较复杂,未表现出明显的规律 性。同时,水、肥 2 因子也有一定的交互效应,当浇 水频率固定时,肥料的供应能在一定程度上弥补水 分的影响,促进植物的生长,但由于植株对养分的吸 收最终要通过水分的形式,因此水肥的协同作用有

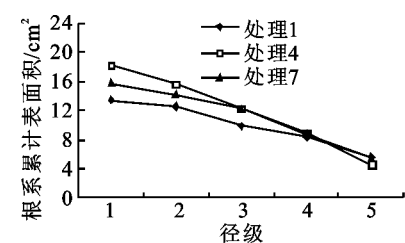


图 16 施肥量为 333.33 mg · 盆<sup>-1</sup> 时不同浇水频率对丽格海棠根系 累计表面积的影响

Fig. 16 Effects of different watering frequencies on root surface area of *B. × elatior* when the fertilizer amount was 333.33 mg · pot<sup>-1</sup>

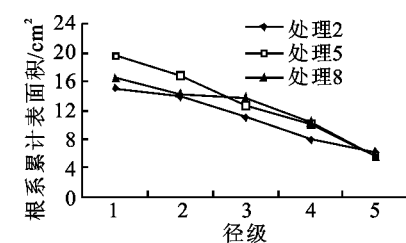


图 17 施肥量为 666.67 mg · 盆<sup>-1</sup> 时不同浇水频率对丽格海棠根系 累计表面积的影响

Fig. 17 Effects of different watering frequencies on root surface area of *B. × elatior* when the fertilizer amount was 666.67 mg · pot<sup>-1</sup>

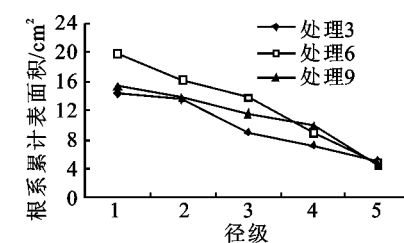


图 18 施肥量为 1 000.00 mg · 盆<sup>-1</sup> 时不同浇水频率对丽格海棠根系 累计表面积的影响

Fig. 18 Effects of different watering frequencies on root surface area of *B. × elatior* when the fertilizer amount was 1 000.00 mg · pot<sup>-1</sup>

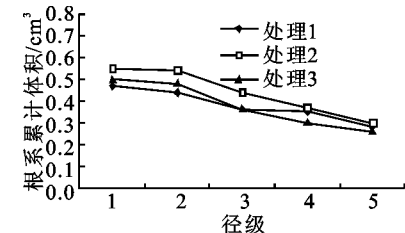


图 19 基质含水量 25.00% 时不同施 肥量对丽格海棠根系累计体积的影响

Fig. 19 Effects of different fertilizer amount on root volume of *B. × elatior* when the water content is 25.00%

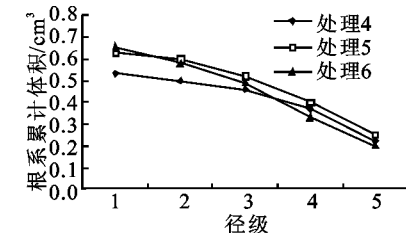


图 20 基质含水量 50.00% 时不同施 肥量对丽格海棠根系累计体积的影响

Fig. 20 Effects of different fertilizer amount on root volume of *B. × elatior* when the water content is 50.00%

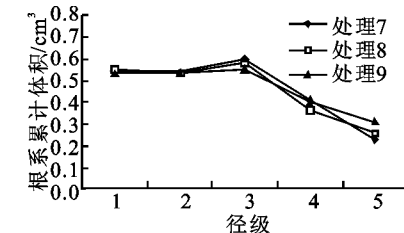


图 21 基质含水量 75.00% 时不同施 肥量对丽格海棠根系累计体积的影响

Fig. 21 Effects of different fertilizer amount on root volume of *B. × elatior* when the water content is 75.00%

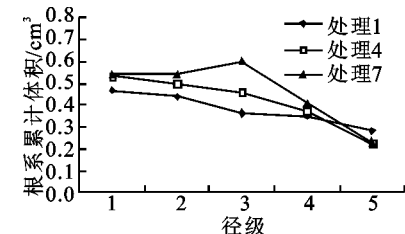


图 22 施肥量为 333.33 mg · 盆<sup>-1</sup> 时不同浇水频率对丽格海棠根系 累计体积的影响

Fig. 22 Effects of different watering frequencies on root volume of *B. × elatior* when the fertilizer amount was 333.33 mg · pot<sup>-1</sup>

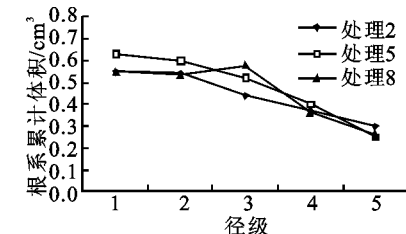


图 23 施肥量为 666.67 mg · 盆<sup>-1</sup> 时不同浇水频率对丽格海棠根系 累计体积的影响

Fig. 23 Effects of different watering frequencies on root volume of *B. × elatior* when the fertilizer amount was 666.67 mg · pot<sup>-1</sup>

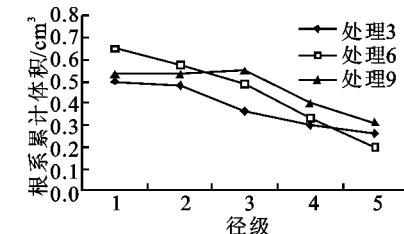


图 24 施肥量为 1 000.00 mg · 盆<sup>-1</sup> 时 不同浇水频率对丽格海棠根系 累计体积的影响

Fig. 24 Effects of different watering frequencies on root volume of *B. × elatior* when the fertilizer amount was 1000.00 mg · pot<sup>-1</sup>

表 2 不同水肥处理对丽格海棠根系形态参数的影响  
Table 2 Effect of different water and fertilizer treatments on the morphological parameter of *B. × elatior* roots

处理编号	根系累计连接数/个	根系累计长度/m	根系累计表面积/m <sup>2</sup>	根系累计体积/m <sup>3</sup>
1	76.00 e	148.93 d	49.98 cd	1.90 c
2	93.00 d	158.66 c	54.08 bcd	2.20 ab
3	80.00 e	148.37 d	49.34 d	1.90 c
4	124.00 bc	187.48 b	59.71 ab	2.08 bc
5	145.00 a	199.77 a	64.90 a	2.40 a
6	133.00 b	199.94 a	63.84 a	2.25 ab
7	118.00 c	182.46 b	56.64 bc	2.32 a
8	130.00 b	188.59 b	60.51 ab	2.28 ab
9	125.00 bc	178.99 b	55.24 bcd	2.32 a

注:邓肯氏显著性检验,不同小写字母表示差异显著( $P=0.05$ ),(表 3 同)。

一定的范围,超过这个范围,就会对植物的生长产生负作用。当施肥量固定时,适当提高浇水频率有利于肥效的发挥,浇水频率过高又会降低肥效。本试验的结果表明,中水平的浇水频率和施肥量对丽格海棠根系生长的促进作用最明显。

## 2.2 不同水、肥供应对丽格海棠根系生理指标的影响

由表3可以看出,处理6的根系干重最大,为2.60 g,与处理5差异不显著,显著大于其他处理,处理1的根系干重最小。相同浇水频率时,增加施肥量对根系生长有促进作用,但施肥量过多时又会阻碍根系的生长。总体上看,浇水频率为中水平的3个处理的根系干重最大,而浇水频率为低水平的3个处理的最小。相同施肥量时,根系的生长量随浇水频率的提高先增大后减小,表明适宜的水分供应有利于根系生长,而水分过少或过多均会影响根系的发育。

根系的总吸收面积和活跃吸收面积与根系的生长量关系密切。处理5、处理6的根系总吸收面积和活跃吸收面积最大,显著大于其他处理。总体来看,浇水频率为中水平的3个处理的根系总吸收面积和活跃吸收面积最大,浇水频率为低水平的3个处理的根系总吸收面积和活跃吸收面积最小。浇水频率为低水平时,随施肥量的增加,根系的总吸收面积先增大后减小,活跃吸收面积持续增大,但各处理间差异均不显著。浇水频率为中水平时,根系的总吸收面积和活跃吸收面积均随施肥量的增加持续增大,表明此时丽格海棠根系对施肥量的适应程度较高,但750.00 mg·盆<sup>-1</sup>的施肥量与500.00 mg·盆<sup>-1</sup>的相比,对根系吸收面积的促进作用不大。浇水频率为高水平时,根系的总吸收面积和活跃吸收面积均随施肥量的增加先增大后减小,不同处理间无明显差异,表明此时增加施肥量对根系生长的作用较小,不利于肥效的发挥。相同施肥量时,根系的总吸收面积和活跃吸收面积随浇水频率的提高先增大后减小,与浇水频率对根系干重的影响类似,施肥量为500.00 mg·盆<sup>-1</sup>时,根系的总吸收面积和活跃吸收面积最大。

根系的比吸收表面积和比活跃吸收面积为总吸收面积和活跃吸收面积分别与根系干重相比得到的数值,这2个参数在比较不同处理对根系吸收面积的影响时剔除了根系生长量的干扰,因而被许多研究者认可。本试验中,浇水频率为低水平的3个处理的比吸收表面积最大,浇水频率为高水平的3个处理的比吸收表面积最小,表明在水分供应较低时植物的根系通过增加单位重量的吸收面积增强对水

分的吸收。比活跃吸收面积的分布规律与比吸收表面积的差异较大,浇水频率为中水平的3个处理的比活跃吸收面积最大,其次为高水平浇水频率的,浇水频率为低水平的3个处理的比吸收表面积最小,表明中水平的浇水频率有利于提高根系活性,处理5显著大于处理4,处理6与处理5差异不显著,但低于处理5,表明750.00 mg·盆<sup>-1</sup>的施肥量已经超过丽格海棠的适宜需肥量。对根系活力的测定结果表明,处理5、处理6的根系活力较高,显著高于其他处理。根系活力与吸收面积的相关性分析表明,根系活力与根系的总吸收面积和比吸收表面积的相关性较差,与活跃吸收面积的呈正相关,与比活跃吸收面积的相关性达显著水平。

为了从整体上把握植物的生长情况,对不同水、肥供应的丽格海棠的根冠比做了研究。由表3可以看出,浇水频率越低,根冠比越大,表明水分较少时根系的发育相对较快,以便更多地吸收基质下层的水分,而水分较多时,根系容易从基质中获得水分,能及时供应地上部的生长,因而根冠比较小。施肥量对根冠比的影响受到水分供应和植物需肥特性的共同影响,通常施肥量较低时有利于根系生长,根冠比较大,施肥量较高时地上部的生长较旺盛,根冠比较小。

综合考虑不同水、肥供应对根系生长量、吸收面积和活力的影响,可以看出,浇水频率为低水平时,丽格海棠根系的生长发育最差,此时适当增加施肥量能在一定程度上弥补水分不足对根系生长带来的不利影响,而当施肥量达到750.00 mg·盆<sup>-1</sup>时,根系的生长又变弱,很可能是由于肥料浓度过高加剧了水分胁迫。浇水频率为中水平时,施肥量从250.00 mg·盆<sup>-1</sup>增加到500.00 mg·盆<sup>-1</sup>可以显著改善根系的生长状况,继续增加至750.00 mg·盆<sup>-1</sup>时对根系发育的促进作用并不显著,表明施肥量对根系生长的促进作用在500.00 mg·盆<sup>-1</sup>和750.00 mg·盆<sup>-1</sup>之间有一个峰值,超过峰值之后,继续增加施肥量对根系生长的正效应减弱,甚至有负作用。浇水频率为高水平的3个处理间差异不明显,这表明该浇水频率已经超过了丽格海棠最适合的供水水平,根系的呼吸在此时受到一定影响,施肥的作用不明显。因此,本试验中浇水频率为中水平,施肥量为500.00 mg·盆<sup>-1</sup>和750.00 mg·盆<sup>-1</sup>的2个处理最有利于丽格海棠根系的发育,且二者差异较小。基于节约能源的角度,认为基质含水量为50.00%时浇水,施肥量为500.00 mg·盆<sup>-1</sup>对丽格海棠的生长有较好的促进作用。

表 3 不同水肥处理对丽格海棠根系生物量和生理指标的影响

Table 3 Effects of different water and fertilizer treatments on the biomass and physiological indices of *B. × elatior* roots

处理编号	根系干重/g	总吸收 面积/cm <sup>2</sup>	活跃吸收 面积/cm <sup>2</sup>	比吸收表面积/ (cm <sup>2</sup> · g <sup>-1</sup> )	比活跃吸收面积/ (cm <sup>2</sup> · g <sup>-1</sup> )	根系活力/ (ug · g <sup>-1</sup> · h <sup>-1</sup> )	根冠比
1	1.33 e	27.64 e	11.56 c	20.78 a	8.69 a	32.16 f	0.47 ab
2	1.54 d	30.15 cd	12.42 c	19.58 b	8.06 d	34.92 e	0.49 a
3	1.41 de	28.60 de	12.66 c	20.28 ab	8.98 abc	34.15 e	0.45 abc
4	2.12 bc	32.43 b	19.63 b	15.30 c	9.26 ab	42.89 b	0.36 e
5	2.52 a	40.08 a	23.86 a	15.90 c	9.47 a	45.31 a	0.41 cd
6	2.60 a	40.23 a	24.35 a	15.47 c	9.37 a	44.02 ab	0.43 bcd
7	2.06 c	30.52 bc	18.67 b	14.82 cd	9.06 abc	39.84 c	0.40 d
8	2.21 b	31.10 bc	19.62 b	14.07 d	8.88 bc	38.65 cd	0.43 cd
9	2.20 bc	30.83 bc	19.26 b	14.01 d	8.75 c	38.20 d	0.42 cd

3 结论与讨论

对不同水、肥供应的丽格海棠根系总累计连接数、总累计长度和总累计表面积和总累计体积的分析结果表明,基质含水量为 50.00%时浇水,施肥量为 500.00 mg · 盆<sup>-1</sup>时,丽格海棠的根系形态参数显著优于其他处理。

对不同水、肥供应的丽格海棠根系生理指标的分析结果表明,丽格海棠根系的生理指标在基质含水量为 50.00%时浇水,施肥量为 500.00 mg · 盆<sup>-1</sup>和 750.00 mg · 盆<sup>-1</sup>时显著高于其他处理,但 2 个处理差异不显著。

试验从根系形态参数和生理指标 2 个层面探讨了不用浇水频率和施肥量对丽格海棠盆花生长的影响,基质含水量为 50.00%时浇水和施用含肥 20-20-20 的商品肥 500.00 mg · 盆<sup>-1</sup>对丽格海棠的生长有较好的促进作用,研究结果为揭示丽格海棠生长发育不同时期对水、肥的需求规律,建立丽格海棠盆花生产精准技术提供了依据。

参考文献:

[1] 崔巍,李志勇. 优化水肥及传统水肥对冬小麦根系生长及水氮利用效率的影响[J]. 河南职业技术师范学院学报, 2004, 32(1): 1-4.  
CUI W, LI Z Y. Effects of the optimized irrigation and fertilization and the traditional irrigation and fertilization on root growth, water and nitrogen use efficiency of winter wheat[J]. Journal of Henan Vocation-Technical Teachers College, 2004, 32(1): 1-4. (in Chinese)

[2] 崔永利,张炎. 施磷对棉花根系形态及其对磷吸收的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 1997, 3(3): 249-254.

[3] 董桂春,王余龙,吴华,等. 供氮浓度对水稻根系生长的影响[J]. 江苏农业研究, 2001, 22(4): 9-13.  
DONG G C, WANG Y L, WU H, *et al.* Effect of nitrogen

supplying levels on the development of roots in rice[J]. Jiangsu Agricultural Research, 2001, 22(4): 9-13. (in Chinese)

[4] 樊小林,史正军,吴平. 水肥(氮)对水稻根构型参数的影响及其基因型差异[J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版, 2002, 30(2): 1-5.  
FAN X L, SHI Z J, WU P. Effects of nitrogen fertilizer on parameters of rice root architecture and their genotypic difference[J]. Journal of Northwest A&F University: Natural Science Edition, 2002, 30(2): 1-5. (in Chinese)

[5] 冯广龙,罗远培,刘建立,等. 不同水分条件下冬小麦根与冠生长及功能间的动态消长关系[J]. 干旱地区农业研究, 1997, 15(2): 73-79.

[6] 李秧秧,刘文兆. 土壤水分与氮肥对玉米根系生长的影响[J]. 中国生态农业学报, 2001, 9(1): 13-15.  
LI Y Y, LIU W Z. Effects of soil moisture and nitrogen fertilizer on root growth of corn[J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2001, 9(1): 13-15. (in Chinese)

[7] 梁银丽,陈培元. 土壤水分和氮磷营养对小麦根系生理特性的调节作用[J]. 植物生态学报, 1996, 20(3): 255-262.

[8] 林文,李义珍,郑景生,等. 杂交水稻根系形态与机能对养分的反应[J]. 福建农业学报, 2000, 15 (1): 1-6.  
LIN W, LI Y Z, ZHENG J S. Reaction of morphology and function of hybrid rice root system to nutrient in solution[J]. Fujian Journal of Agricultural Sciences, 2000, 15 (1): 1-6. (in Chinese)

[9] DREW M C, SAKER L R, *et al.* Nutrient supply and the growth of the seminal roots system in barley[J]. Journal of Experimental Botany, 1973, 24: 1189-2002.

[10] EGHBALL B, MARANVILLE J W. Root development and nitrogen influx of corn genotype grown under combined drought and nitrogen stress[J]. Agronomy Journal, 1993, 85: 147-152.

[11] ERICSSON T. Growth and shoot: root ratio of seedlings in relation to nutrient availability[J]. Plant and Soil, 1995, 168-169: 205-214.

[12] GAJRI P R. Rooting, water use and yield relations in wheat on loamy sand and loam soils[J]. Field Crops Research, 1985, 12(2): 115-132.

of patycladus orientalis seedlings with mesh bag container[J]. Journal of Gansu Forestry Science and Technolog, 2010(2): 51-53. (in Chinese)

[3] LANDIS D, TINUS R W, DONALD M S, *et al.* The Container Treenursery Manual, Vol. Two: Containers and Growing Media[M]. Washington: USDA Forest Service, 1990: 674.

[4] 常金宝, 邹受益, 周健荣. 梭梭容器育苗试验研究[J]. 内蒙古林学院学报, 1995(2): 96-104.

CHANG J B, ZOU S Y, ZHOU J Y. A study on container seedling of carcayr[J]. Journal of Inner Mongolia Forestry College, 1995(2): 96-104. (in Chinese)

[5] 刘勇. 我国苗木培育理论与技术进展[J]. 世界林业研究, 2000, 13(5): 43- 49

LIU Y. Advances in theory and techniques of seedling culture in China[J]. World Forestry Research, 2000, 13(5): 43- 49. (in Chinese)

[6] 刘勇, 朱学存. 兴安落叶松容器苗化学修根效果与根生长潜力测定的研究[J]. 北京林业大学学报, 1991, 13(2): 21-25.

LIU Y, ZHU X C. A study of the chemical root pruning technique for larix gmellini containerized seedlings[J]. Journal of Eeijing Forestry University, 1991, 13(2): 21-25. (in Chinese)

[7] 牛春山. 陕西树木志[M]. 北京: 中国林业出版社, 1990: 928-935.

[8] 裴会明, 张瑛春, 张建华, 等. 甘肃南部生物质能源树种调查及应用[J]. 甘肃林业科技, 2007(4): 61-62.

[9] 段晓明, 顾文毅, 盛海彦. 不同基质对唐古特蕤荊插容器育苗的影响[J]. 西北林学院学报, 2009, 24(6): 62-64.

DUAN X M, GU W Y, SHENG H Y, *et al.* Effect of container-grown seedlings of different media for *Caryopteris tangutica* cutting[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2009, 24(6): 62-64. (in Chinese)

[10] 侯元兆. 现代林业育苗的理念与技术[J]. 世界林业研究, 2007, 20(4): 25-29

HOU Y Z. Ideas and techniques of modern forest seedling cultivation[J]. World Forestry Research, 2007, 20(4): 25-29. (in Chinese)

[11] 李振问, 阮传成. 中国南方主要防火树种的防火特性及开发利用研究[J]. 自然资源学报, 1997, 12(4): 336-341.

LI Z W, RUAN C C. A study on the fire prevention characteristics and the development and utilization of the main fire prevention tree species in South China[J]. Journal of Natural Resources, 1997, 12(4): 336-341. (in Chinese)

[12] 林霞, 郑坚, 陈秋夏, 等. 无柄小叶榕容器育苗轻型基质配方筛选[J]. 浙江林学院学报, 2008, 25(3): 401-404.

LIN X, ZHENG J, CHEN Q X, *et al.* Container seedling substrate with a light medium for *Ficus concl* var. *sudsessilis* [J]. Journal of Zhejiang Forestry College, 2008, 25(3): 401-404. (in Chinese)

[13] 朱锦茹, 江波, 袁位高, 等. 阔叶树容器育苗关键技术研究[J]. 江西农业大学学报, 2006, 28(5): 0728-0733.

ZHU J R, JIANG B, YUAN W G, *et al.* Studies on the key technics for containerized seedling raising of broad-leaved trees[J]. Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis, 2006, 28(5): 0728-0733. (in Chinese)

[14] 唐启义, 冯明光. DPS 数据处理系统[M]. 北京: 科学出版社, 2007: 811-838.

[15] 聂艳华. 中国建筑业生产技术及贡献的计量分析[J]. 惠州学院学报: 自然科学版, 2008, 28(3): 80-85

NIE Y H. Analysis of technology and contribution of China architectural industry[J]. Journal of Huizhou University, 2008, 28(3): 80-85. (in Chinese)

(上接第 52 页)

[13] GRANATO T C, RAPER C D. Proliferation of maize root in response to localized supply of nitrate[J]. Journal of Experimental Botany, 1989, 40: 263-275.

[14] HACKETT C. A method of applying nutrients locally to roots under controlled conditions and some morphological effect of locally applied nitrate on the branching of wheat roots[J]. Australia Journal of Biological Science, 1972, 25: 1169-1180.

[15] 孙向丽, 张启翔. 菇渣和锯末作为丽格海棠栽培基质的研究[J]. 土壤通报, 2010, 41(1): 117-120.

SUN X L, ZHANG Q X. Studies on mushroom residue and the sawdust for growing media of *Begonia* × *elatior* [J]. Chinese Journal of Soil Science, 2010, 41(1): 117-120. (in Chinese)

[16] 刘丽娜, 徐程扬, 段永宏, 等. 北京市 3 种针叶绿化树种根系结构分析[J]. 北京林业大学学报, 2008, 30(1): 34-39.

LIU L N, XU C Y, DUAN Y H, *et al.* Root morphology of three greening conifer species in Beijing[J]. Journal of Beijing Forestry University, 2008, 30(1): 34-39. (in Chinese)

[17] 邹琦. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.