

丽格海棠对水分、养分吸收利用的动态变化规律

孙向丽¹ 张启翔^{2*}

(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 为实现丽格海棠盆花生产的精准控制,利用方程回归的方法研究了丽格海棠在不同发育阶段对水分和养分的吸收和利用状况。结果表明,丽格海棠的水分累计吸收量、干物质累计量以及对养分的累计吸收量随栽培时间的变化均符合S型曲线,用Logistic模型回归,得到的方程决定系数均大于0.99。丽格海棠的干物质累计速率、水分生产效率和养分吸收速率随栽培时间呈右偏斜钟形变化。根据丽格海棠在不同生长发育阶段对水分和养分的平均利用率建立了丽格海棠在生长发育的不同时期适宜水肥供应模型,为实现丽格海棠节能、优质、高效盆花生产的水肥控制提供了技术支持。

关键词 丽格海棠; 水分; 养分; 吸收利用; 精准控制

中图分类号 S 682 文章编号 1007-4333(2011)02-0075-07 文献标志码 A

Studies on the dynamic changes of absorption and utilization of water and nutrition in *Begonia* × *elatior*

SUN Xiang-li¹, ZHANG Qi-xiang^{2*}

(1. College of City, Soochow University, Suzhou 215123, China;

2. College of Landscape Architecture, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

Abstract In order to achieve the precise control of potted *Begonia* × *elatior* production, how begonia absorbed and utilized water and nutrition at its different developmental stages were studied by equation regression. It was found that, the change curves of begonia's uptake of water and nutrition matched S pattern, as well as the change curves of the accumulation of drymass. The determination coefficient of the logistic model was higher than 0.99. The change curves of begonia's drymass accumulation rate, water use efficiency and nutrition absorption rate were right deviation bell-shaped along the culturing time. According to these results, the optimized proposal was developed based on begonia's average utilization rate of water and nutrition at different developmental stages. This will provide the necessary technical support of lowering begonia's cost, optimizing its quality and producing with higher efficiency under certain water and nutrition control.

Key words *Begonia* × *elatior*; water; nutrition; absorption and utilization; precise control

植物对水分和养分的吸收和利用状况,直接影响到植物的形态建成,从而影响产品的质量。不同植物对水分和养分的需求量不同,同一种植物在不同发育阶段对水分和养分的需求量也有差异。了解植物对水分和养分的吸收和利用规律,有助于采取有效措施调控植物的生长发育进程,提高产品产量

和品质,同时节省水、肥使用量,降低生产成本。关于农作物对水分和氮、磷、钾元素的吸收规律,国内外已进行了不少研究^[1-16],但关于盆花对水分和氮、磷、钾元素的动态吸收规律以及花卉的生长量积累与水分和养分吸收、利用的关系,迄今为止报道很少。本研究以我国花卉市场上近年来倍受欢迎的盆

收稿日期: 2010-06-29

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资金项目(04EFN217100389)

第一作者: 孙向丽, 讲师, 博士, 主要从事花卉栽培与生理研究, E-mail: xiangli129@tom.com

通讯作者: 张启翔, 教授, 主要从事花卉资源与育种研究, E-mail: zqx@bjfu.edu.cn

花种类丽格海棠(*Begonia × elatior*)为对象,在水、肥耦合效应试验的基础上,进行丽格海棠生长发育的不同时期对水分和养分吸收、利用的动态变化规律研究,建立丽格海棠不同发育阶段适宜的水、肥供应模型,从而为实现丽格海棠盆花生产的精准控制提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

本试验在北林科技股份有限公司温室内进行。以丽格海棠红色重瓣品种‘巴克斯’为试验材料。以V(锯末):V(蛭石)为3:1的基质配方作为栽培基质^[17]。锯末(落叶松+障子松)取自北京市朝阳区永兴木材加工厂,于试验前经6个月无氧发酵处理,上盆前用质量分数为40%的甲醛溶液消毒,充分晾晒后与蛭石混配。选取株高5~6 cm、具4片叶、生长健壮一致、根系完整、无病虫害的扦插生根苗,于2008年6月移入上口直径为160 mm,高度为140 mm的塑料盆中栽植。

1.2 试验方法

1.2.1 试验设计

前期研究表明,以锯末、蛭石的体积比为3:1的基质配方栽培丽格海棠盆花时,最佳水、肥供应模式为在基质含水率为57.58%~70.00%时浇水,施肥量为561.26~625.00 mg/盆。为便于控制,本试验的水肥控制选取基质含水量为65.00%时浇水,浇水量为375.00 mL/盆,施肥量为600.00 mg/盆,每周施一次无土栽培复合肥“花多多8号”(m(N):m(P):m(K)=20:10:20)。试验规模200株,不设重复。基质含水量采用土壤水分测定仪TZS-II(浙江托普仪器有限公司)测定。

1.2.2 植物生长量和养分含量的测定

上盆30 d后充分淋洗基质,开始水肥控制试验。在栽培45、60、75、90、105、120、135和150 d分别进行取样,各处理随机选取10株,分别测量植株和根系的鲜重、干重以及组织中全氮、全磷和全钾的含量,累加后用于统计分析。水分累计吸收量以植物材料的总鲜质量减去总干质量后的质量计。烘干样品用浓H₂SO₄-H₂O₂消解,以Futura连续流动分析仪SFA(法国Alliance公司)测全氮含量,钒钼黄比色法测全磷含量,火焰分光光度法测全钾含量^[18]。

1.2.3 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 丽格海棠生长发育的阶段性和

将相邻2次测定之间的时间用一个生长发育阶段表示,分别用1、2、……、7表示45~60、60~75、75~90、90~105、105~120、120~135和135~150 d的7个发育阶段,将后一次测定的丽格海棠的鲜重和干重分别减去前一次的测定值,得到鲜重和干重的增加量的变化趋势(图1)。可以看出,丽格海棠鲜重和干重的增加均表现出明显的阶段性变化,其中鲜重的增长在第2、3、4阶段的增加量明显大于第1、5、6、7阶段,表明丽格海棠在栽培60~105 d左右生长速度较快,30~60和105~150 d生长速度相对较慢,前期主要表现为上盆后缓苗和低速生长,后期主要表现为花芽分化和开花,中期则主要是营养器官的快速生长。干重的阶段性变化与鲜重的变化略有差异,在第2、3阶段的增加量最大,第1、4阶

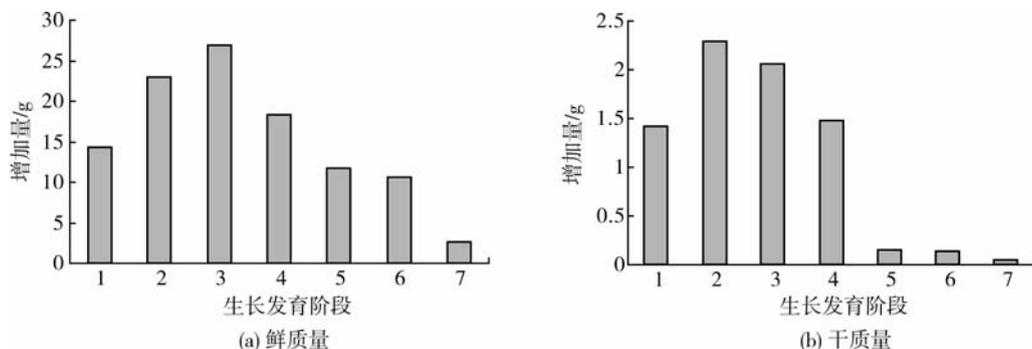


图1 丽格海棠鲜质量和干质量的阶段增加量

Fig. 1 Growth of the fresh weigh and the dry weight of *B. × elatior* at different developmental stages

段的增加量相差不大,第5、6、7阶段的增加量最小,表明丽格海棠在栽培30~60 d干物质积累速度相对较慢,60~90 d左右干物质积累速度较快,90 d以后积累速度减缓,105 d以后则迅速减小,干物质增加量的阶段性变化与丽格海棠对营养元素尤其是氮、磷、钾元素的吸收和利用有关。

2.2 丽格海棠水分累计吸收量和水分生产效率变化规律研究

以累计浇水量为横坐标,以丽格海棠水分累计吸收量为纵坐标,作丽格海棠水分累计吸收量变化曲线(图2(a))。可以看出,丽格海棠缓苗后,生长量逐渐增大,但这种增大并非等比例进行,而是前期缓慢,随后迅速增长,后期又逐渐减缓,生长曲线接近S型。用Logistic方程 $y=1/(a+be^{-x})$ 对丽格海棠的生长曲线进行回归,得到的丽格海棠水分累计吸收量随累计浇水量变化的回归方程为:

$$y=120.2438/[1+\exp(2.8095-0.4600x)]$$

$$R^2=0.9954 \quad (1)$$

式中: y 为水分累计吸收量,g; x 为累计浇水量,kg。

单位灌溉用水形成的作物生物量称为水分生产效率,也称灌溉水生产效率^[19]。对回归方程求累计浇水量的一阶导数,可以得到丽格海棠的水分生产效率。以累计浇水量为横坐标,以计算出的各个时期的水分生产效率为纵坐标,得到水分生产效率随累计浇水量的变化曲线,为便于分析,将浇水量的累计值用栽培时间代替,得到的曲线如图2(b)所示。可以看出,在丽格海棠的生长过程中,丽格海棠对水分的吸收并非同一速率,而是在丽格海棠缓苗后吸收速率迅速增大,至高峰后又迅速减小,进入生长后期水分生产效率减小的速度逐渐减缓,并逐渐趋于横轴,表明植物小苗期生长速度较慢,中期生长速度快,后期生长速度减缓。

利用三分法对Logistic方程进行三阶求导,可以得到丽格海棠生长曲线的拐点。经计算得,丽格海棠水分累计吸收过程的2个拐点分别为上盆后56和102 d,此时的水分生产效率为9.22 mg/kg,丽格海棠在56 d之前处于生长的前慢期,在102 d之后处于生长的后慢期,在56~102 d之间为快速生长期。

2.3 丽格海棠干物质累计量和养分累计吸收量变化规律研究

以栽培时间为横坐标,以丽格海棠干重或养分累积吸收量为纵坐标,作丽格海棠干物质累计和对

氮、磷、钾元素的吸收曲线。从图2(c)~(f)可见,丽格海棠进入正常生长后,干物质逐渐增多,且前期增长缓慢,随后迅速增长,后期又逐渐减缓,增长曲线接近S型。丽格海棠对氮、磷、钾元素的吸收过程与干物质的增长趋势类似。

将丽格海棠干物质累计变化曲线和对氮、磷、钾元素的累计吸收量变化曲线用Logistic方程回归,得到:

干物质累计量回归方程

$$y=9.8891/[1+\exp(4.3002-0.0631x)]$$

$$R^2=0.9955 \quad (2)$$

氮元素累计吸收量回归方程

$$y=0.3632/[1+\exp(5.2220-0.0655x)]$$

$$R^2=0.9949 \quad (3)$$

磷元素累计吸收量回归方程

$$y=0.0258/[1+\exp(5.6930-0.0681x)]$$

$$R^2=0.9982 \quad (4)$$

钾元素累计吸收量回归方程

$$y=0.1218/[1+\exp(5.9088-0.0723x)]$$

$$R^2=0.9943 \quad (5)$$

式中: y 为干物质累计量,g,或对氮、磷、钾元素的累计吸收量,g/株; x 为栽培时间,d。

对方程(2)~(5)分别进行三阶求导,可以得到丽格海棠干物质累计量变化曲线和对氮、磷、钾元素的累计吸收量变化曲线的拐点。经计算得出:

丽格海棠在栽培47 d之前处于干物质累计的前慢期,在89 d之后处于干物质累计的后慢期,在47~89 d之间为干物质快速累计时期,栽培47和89 d时的干物质累计速率为0.10 g/d。

丽格海棠在栽培60 d之前处于氮元素吸收的前慢期,在100 d之后处于氮元素吸收的后慢期,在60~100 d之间为氮元素快速吸收时期,栽培60和100 d时氮元素的吸收速率为3.96 mg/(d·株)。

丽格海棠在栽培64 d之前处于磷元素吸收的前慢期,在103 d之后处于磷元素吸收的后慢期,在64~103 d之间为磷元素快速吸收时期,栽培64和103 d时磷元素的吸收速率为0.29 mg/(d·株)。

丽格海棠在栽培64 d之前处于钾元素吸收的前慢期,在100 d之后处于钾元素吸收的后慢期,在64~100 d之间为钾元素快速吸收时期,栽培64和100 d时钾元素的吸收速率为1.47 mg/(d·株)。

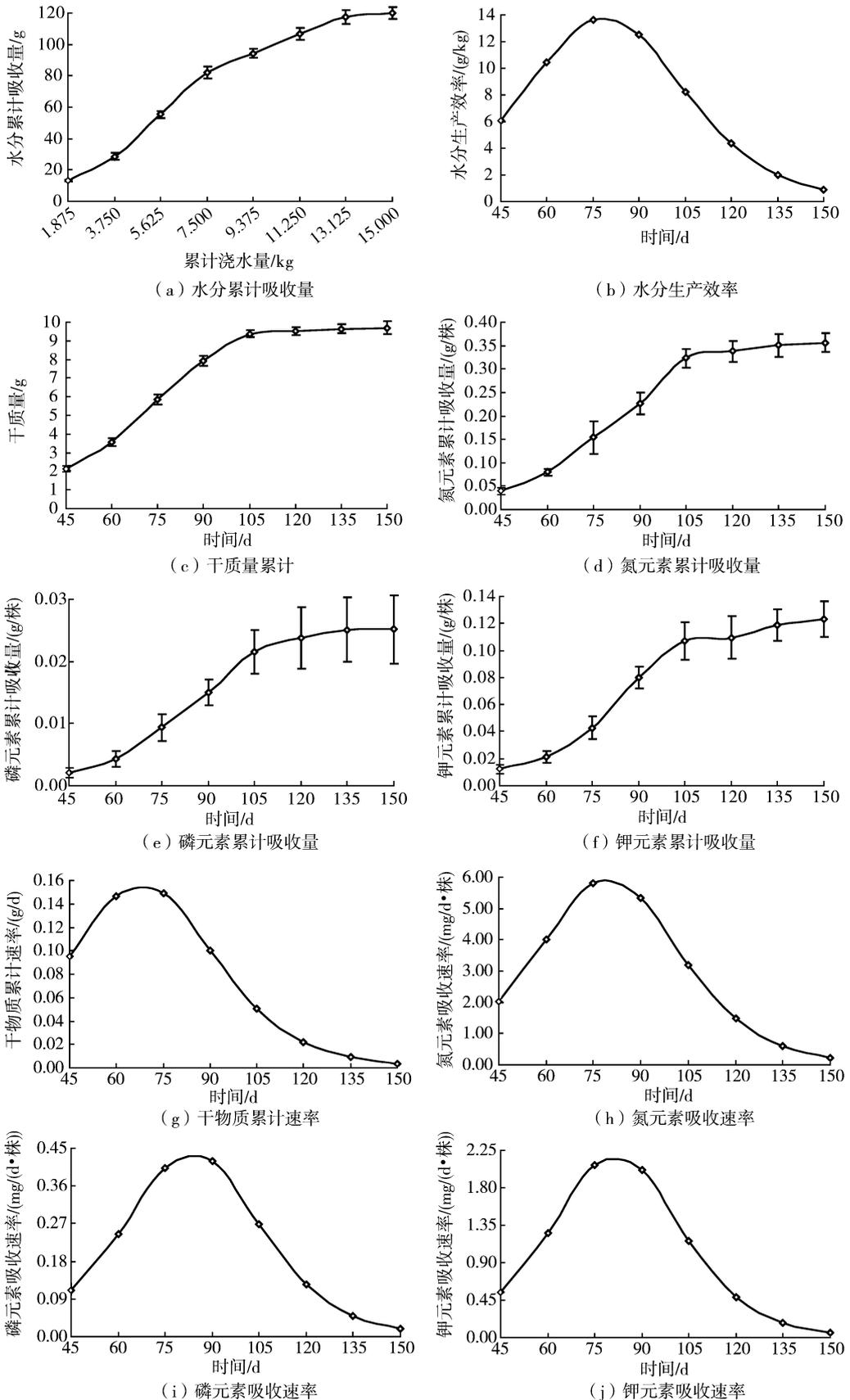


图2 丽格海棠对水分、养分累计吸收量和吸收速率的变化曲线

Fig. 2 Change curves of cumulative uptake and uptake rate of water and nutrition of *B. × elatio*

2.4 丽格海棠干物质累计速率和养分吸收速率变化规律研究

对方程(2)~(5)分别求栽培时间的一阶导数,可以得到丽格海棠干物质累计速率或养分吸收速率。以栽培时间为横坐标,以计算出的各个时期的干物质累计速率或养分吸收速率为纵坐标,得到干物质累计速率变化曲线或养分吸收速率变化曲线,如图 2(g)~(j)所示。可以看出,丽格海棠的干物质累计和养分吸收在丽格海棠生长发育的不同阶段有不同的速率,干物质累计速率和养分吸收速率均随生物量的增长迅速增大,至高峰后又迅速减小,进入生长后期干物质累计速率和养分吸收速率减小的速度又逐渐减缓,并逐渐趋于横轴,这一变化过程与水分生产效率的变化规律类似。

2.5 丽格海棠水分利用率和养分利用率变化规律研究

将丽格海棠的水分累计吸收量与累计浇水量相比,计算出各测定时期的水分利用率,结果如表 1 所示。用二次多项式拟合,得出水分利用率随栽培时

间变化的方程为:

$$y = -1.0000 \times 10^{-4}x^2 + 0.0221x - 0.0902$$

$$R^2 = 0.8621 \quad (6)$$

式中: y 为水分利用率,%; x 为栽培天数,d。

同样的方法将丽格海棠氮、磷、钾元素的累计吸收量与累计施入肥料中氮、磷、钾元素的数值相比,计算出各测定时期氮、磷、钾肥的利用率(表 1)。用二次多项式拟合,得到:

丽格海棠氮肥利用率随栽培时间变化的方程

$$y = -3.0000 \times 10^{-3}x^2 + 0.6072x - 6.5323$$

$$R^2 = 0.8019 \quad (7)$$

丽格海棠磷肥利用率随栽培时间变化的方程

$$y = -4.0000 \times 10^{-4}x^2 + 0.0976x - 2.0260$$

$$R^2 = 0.8495 \quad (8)$$

丽格海棠钾肥利用率随栽培时间变化的方程

$$y = -1.0000 \times 10^{-3}x^2 + 0.2138x - 3.5130$$

$$R^2 = 0.6881 \quad (9)$$

式中: y 为氮、磷、钾肥利用率,%; x 为栽培天数,d。

表 1 丽格海棠不同栽培时间的水分利用率和肥料利用率

Table 1 Water and nutrition use efficiency of *B. ×elatior* in different days

时间/d	水分利用率/%	氮肥利用率/%	磷肥利用率/%	钾肥利用率/%
45	0.71	16.59	1.78	5.08
60	0.76	16.61	1.78	4.45
75	0.99	21.37	2.60	5.93
90	1.10	23.65	3.13	8.32
105	1.01	26.97	3.60	8.91
120	0.95	23.47	3.31	7.60
135	0.90	19.46	2.79	6.59
150	0.80	17.48	2.47	6.03

将栽培时间为 31、32、33、……、150 分别代入方程(6)~(9),可以模拟出栽培过程中每一天的水分利用率和氮、磷、钾肥利用率,将模拟出的数值按照丽格海棠水分累计吸收和氮、磷、钾元素累计吸收的 3 个阶段,求出各段的平均值,计为该阶段的平均水分利用率或平均氮、磷、钾肥利用率。

丽格海棠在栽培 31~56 d 的平均水分利用率为 0.68%,栽培 57~102 d 的平均水分利用率为 1.01%,栽培 103~150 d 的平均水分利用率为 1.09%。栽培 31~60 d 的平均氮肥利用率为 14.66%,栽培

61~100 d 的平均氮肥利用率为 22.42%,栽培 101~150 d 的平均氮肥利用率为 21.84%。栽培 31~64 d 的平均磷肥利用率为 1.67%,栽培 65~103 d 的平均磷肥利用率为 3.28%,栽培 104~150 d 的平均磷肥利用率为 3.84%。栽培 31~64 d 的平均钾肥利用率为 4.29%,栽培 65~100 d 的平均钾肥利用率为 7.21%,栽培 101~150 d 的平均钾肥利用率为 7.37%。

前期研究表明,丽格海棠盆花栽培的最佳水、肥供应模式为基质含水量为 57.58%~70.00%时浇

水,施肥量为 561.26~625.00 mg/盆。设不同时期最高的水分或肥料利用率的数值代表该水、肥耦合方案的最高值,换算出各个时期的浇水频率和施肥量如下:

丽格海棠栽培 31~56 d 在基质含水量为 65.28% 时浇水; 57~102 d 在基质含水量为 69.13% 时浇水; 102 d 以后在基质含水量为 70.00% 时浇水,浇水量为 375.00 mL/盆。栽培 31~60 d 的施肥量为 588.67~602.69 mg/盆; 61~103 d 的施肥量为 615.44~625.00 mg/盆; 103 d 以后的施肥量为 623.09~625.00 mg/盆,每周施肥一次。

3 结论与讨论

1) 丽格海棠的水分累计吸收量、干物质累计以及对养分的累计吸收量随栽培时间的变化均符合 S 型曲线,前期的增长速度较慢,随后进入快速增长期,至生长后期增长速度减缓。这些变化规律可以用 Logistic 方程回归,经检验,决定系数均大于 0.99,可用于生产预报。

2) 丽格海棠对氮、磷、钾 3 种元素的累计吸收量和累计吸收速率有显著差异,对氮元素的累计吸收量最大,吸收速率最高,钾元素次之,磷元素的吸收量最小,吸收速率最低。氮元素的吸收速率上升快,下降也快,最大值出现得最早;钾元素的吸收速率次之,磷元素的吸收速率上升慢,下降也慢,最大值出现得最晚,这与植物在不同生长发育阶段对不同元素的需求量有关,植物在旺盛生长期对氮肥的需求量最高,而在营养生长期和花期对磷、钾肥的需求量所占比例逐渐增大,这也是植物自身生长发育进程的体现。

3) 丽格海棠不同发育阶段的水分利用率和肥料利用率也存在显著差异。小苗期对水分的平均利用率最低,为 0.68%,旺盛生长期为 1.01%,生长后期的平均值为 1.09%。可以看出,丽格海棠在生长发育后期的水分利用率高于旺盛生长期,这主要是由于丽格海棠生长后期不仅有大量花朵开放,同时伴随一定的高生长和生物量积累,因而在这一阶段虽然水分生产效率减小,但对水分的利用率却高于旺盛生长期,这是植物自身生长发育规律的表现。

4) 丽格海棠的氮肥利用率、磷肥利用率和钾肥利用率在不同发育阶段的变化规律也有所不同。平均氮肥利用率在小苗期最低,为 14.66%,旺盛生长

期最高,为 22.42%,生长发育后期有所下降,平均氮肥利用率为 21.84%。平均磷肥利用率在小苗期最低,为 1.67%,旺盛生长期为 3.28%,在生长发育后期为 3.84%。平均钾肥利用率在小苗期为 4.29%,旺盛生长期为 7.21%,生长发育后期分别为 7.37%。可以看出,丽格海棠在生长后期的氮肥利用率低于旺盛生长期,而磷肥利用率和钾肥利用率则高于旺盛生长期,这表明丽格海棠在生长后期对磷、钾肥的吸收速率虽然随植物水分生产效率减小而降低,但却可以通过提高肥料利用率弥补开花对磷、钾肥的需要,这也是植物为适应环境的自我调节能力的体现。在盆花栽培中,应根据花卉在不同生长发育阶段对水分和养分的吸收和利用规律,为花卉提供适宜的水分和养分供应,既要经济,又要获得优质的产品。

5) 本试验模拟出以锯末、蛭石的体积比为 3:1 的基质配方栽培丽格海棠盆花的水肥精准控制模式为:丽格海棠栽培 31~56 d 在基质含水量为 65.28% 时浇水; 57~102 d 在基质含水量为 69.13% 时浇水; 102 d 以后在基质含水量为 70.00% 时浇水,浇水量为 375.00 mL/盆。栽培 31~60 d 的施肥量为 588.67~602.69 mg/盆; 61~103 d 的施肥量为 615.44~625.00 mg/盆; 103 d 以后的施肥量为 623.09~625.00 mg/盆,每周施肥一次。这一结果为实现丽格海棠节能、优质、高效盆花生产的水肥控制提供了技术支持。

参 考 文 献

- [1] 刘立军,薛亚光,孙小淋,等.水分管理方式对水稻产量和氮肥利用率的影响[J].中国水稻科学,2009,23(3):282-288
- [2] 王小彬,蔡典雄,张镜清,等.旱地玉米 N 吸收及其 N 肥利用率的研究[J].中国农业科学,2001,34(2):179-186
- [3] 宋海星,李生秀.玉米生长量、养分吸收量及氮肥利用率的动态变化[J].中国农业科学,2003,36(1):71-76
- [4] 王淑芬,张喜英,裴冬.不同供水条件对冬小麦根系分布、产量及水分利用率的影响[J].农业工程学报,2006,22(2):27-32
- [5] 陈鸿飞,杨东,梁义元,等.头季稻氮肥运筹对再生稻干物质积累、产量及氮素利用率的影响[J].中国生态农业学报,2010,18(1):50-56
- [6] 石岳峰,张民,张志华,等.不同类型氮肥对夏玉米产量、氮肥利用率及土壤氮素表现盈亏的影响[J].水土保持学报,2009,23(6):95-98
- [7] Osaki M. Comparison of productivity between tropical and temperate maize. II: Parameters determining the productivity in relation to the amount of nitrogen absorbed[J]. Soil Scienc

- and Plant Nutrition, 1995, 41(3):451-459
- [8] Minotti P L, Williams D C, Jackson W A. Nitrate uptake by wheat as influenced by ammonium and other cations[J]. Crop Science, 1969, 9:9-14
- [9] Gordon W B. Tillage and nitrogen effects on growth, nitrogen content, and yield of corn[J]. Soil Science and Plant Analysis, 1993, 24(5):421-442
- [10] Clothier B, Green S. Rootzone processes and the efficient use of irrigation water [J]. Agricultural Water Management, 1994, 25:1-12
- [11] Kuchenbuch R O, Barber S A. Yearly variation of root distribution with depth in relation to nutrient uptake and corn yield[J]. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 1987, 18:225-263
- [12] Barraclough P B, Weir A H. Effects of a compacted subsoil layer on root and shoot growth, water use and nutrient uptake of winter wheat[J]. Journal of Agricultural Science, 1988, 110:207-216
- [13] Angadi S V, Entz M. Root system and water use patterns of different height sunflower cultivars[J]. Agronomy Journal, 2002, 94:136-145
- [14] Jing Q, Bouman B A M, Hengsdijk H, et al. Exploring options to combine high yields with high nitrogen use efficiencies in irrigated rice in China[J]. European Journal of Agronomy, 2007, 26:166-177
- [15] Guillard K, Griffin G F, Allinson D W. Nitrogen utilization of selected cropping systems in the US northeast. II: Soil profile nitrate distribution and accumulation[J]. Agronomy Journal, 1995, 87(2):199-207
- [16] Cassman K G, Gines G C, Dizon M A, et al. Nitrogen use efficiency in tropical lowland rice systems: Contributions from indigenous and applied nitrogen[J]. Field Crops Research, 1996, 47:1-12
- [17] 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
- [18] 邹琦. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000: 54-59
- [19] 孙文涛. 滴灌条件下温室番茄栽培水肥耦合效应的研究[D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2001:33

(责任编辑: 王燕华)