

doi:10.11937/bfyy.20170850

盆栽基质 pH 调节及其对杜鹃花生长的影响

张 杰¹, 黄军华², 顾海燕², 张春英¹

(1. 上海植物园 上海城市植物资源开发应用工程技术研究中心, 上海 200231;

2. 上海市园林科学规划研究院 上海城市困难绿地绿化工程技术研究中心, 上海 200232)

摘 要:以毛鹃为试材, 枯枝落叶: 原土=1:1 为栽培基质, 采用差异性分析的方法, 研究了不同剂量的柠檬酸、硫酸亚铁、硫磺和草炭对毛鹃株高、冠幅、叶面积、叶绿素等生长指标的影响, 以期寻找合适的杜鹃花栽培基质 pH 调节剂。结果表明: A4(草炭 3 份)、A10(硫酸亚铁 10 kg·m⁻³)和 A11(硫酸亚铁 15 kg·m⁻³)基质处理的株高、冠幅、叶面积均值最好, 叶绿素均值较好; 其次 A3(草炭 2 份)、A6(柠檬酸 2 kg·m⁻³)、A7(柠檬酸 4 kg·m⁻³)、A9(硫酸亚铁 5 kg·m⁻³)和 A12(硫酸亚铁 20 kg·m⁻³)基质处理的株高、冠幅、叶绿素和叶面积均值较好; A2(草炭 1 份)、A5(柠檬酸 1 kg·m⁻³)、A8(柠檬酸 6 kg·m⁻³)、A13(硫磺 1 kg·m⁻³)和 A14(硫磺 2 kg·m⁻³)基质处理的株高、冠幅、叶面积和叶绿素均值一般; A15(硫磺 4 kg·m⁻³)和 A16(硫磺 6 kg·m⁻³)基质处理的株高、冠幅、叶面积和叶绿素均值最差。A4(草炭 3 份)、A10(硫酸亚铁 10 kg·m⁻³)、A11(硫酸亚铁 15 kg·m⁻³)和 A12(硫酸亚铁 20 kg·m⁻³)基质成本都比较高; A3(草炭 2 份)、A6(柠檬酸 2 kg·m⁻³)、A7(柠檬酸 4 kg·m⁻³)和 A9(硫酸亚铁 5 kg·m⁻³)基质成本相对较低, 杜鹃花各种生物量性状较好, 可以应用于容器苗生产。

关键词:杜鹃花; 盆栽基质; pH

中图分类号:S 685.21 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2017)21-0094-07

杜鹃花属杜鹃花科(Ericaceae)杜鹃花属(*Rhododendron*)多年生观赏植物, 享有花中西施的美誉; 有园艺品种多、株形丰富、花叶艳丽多变等优点, 在园林绿化中大面积种植应用, 也是重要的盆栽花卉^[1-3]。杜鹃花喜疏松、富含腐殖质的酸性或微酸性土壤, 而上海市栽培土壤呈中性或碱性, 多不能满足其生长发育的需求, 因此杜鹃花栽培常需要土壤改良和 pH 调节^[2-3]。

基质 pH 是影响植物生长的重要化学指标, 植物对基质的酸碱性承耐有限, 基质过酸过碱都不利于植物的生长, 基质 pH 影响营养元素的有效性和植物对养分的吸收, 特别是微量元素失调容易出现缺素症, 基质 pH 还影响着有机物的分解转化和微生物活动等。目前针对杜鹃花栽培土壤改良和 pH 调节研究鲜少, 仅有几篇杜鹃花栽培管理技术文献, 记载了杜鹃花喜酸性富含有机质的栽培基质。近年来上海杜鹃花种植面积不断扩大, 栽培管理方面亟需高效、低成本的土壤改良和 pH 调节技术。据调查上海新建城市绿地土壤 pH 均值为 8.36, 其中约 48.11% 的土壤 pH 大于 8.5, 表现为强碱; 绿地土壤有机质含量为 15.52~17.60 g·kg⁻¹, 低于均值 20.0 g·kg⁻¹^[3-5]。因

性, 多不能满足其生长发育的需求, 因此杜鹃花栽培常需要土壤改良和 pH 调节^[2-3]。

第一作者简介:张杰(1985-), 男, 河南驻马店人, 硕士, 工程师, 现主要从事园林植物栽培技术等研究工作。E-mail:496494237@qq.com.

责任作者:张春英(1971-), 女, 河南周口人, 博士, 教授级高级工程师, 现主要从事园林植物引种与选育及栽培技术等研究工作。E-mail:591551806@qq.com.

基金项目:上海市农委种业发展资助项目(沪农科种字(2014)第 8 号); 上海市科学技术委员会资助项目(15391900400)。

收稿日期:2017-05-31

此,在上海地区栽培杜鹃花更加需要土壤 pH 的调节。现以上海的原土为基础,添加园林废弃物枯枝落叶发酵产品增加土壤有机质,选择了几种 pH 调节剂试验分析其对土壤 pH 的调节效果及对杜鹃花生长的影响^[3]。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验在上海市园林科学规划研究院奉贤区郭桥基地进行。该基地属北亚热带季风气候,年平均气温 16℃,极端最高气温 39.9℃(2013 年 8 月 6、8 日),极端最低气温 -10.1℃(1977 年 1 月 31 日),年平均降雨量 1 200 mm,无霜期 230 d,年均相对湿度 75%左右,年均日照时数 1 954.0 h。

1.2 试验材料

供试材料为自主扦插繁殖的 2 年生毛鹃,选取植株健壮、根系良好、无病虫害并对根和茎修剪达到基本一致以备用。枯枝落叶发酵产品来自上海植物园加工粉碎的园林废弃物,原土是上海郭桥基地 0~30 cm 的土壤,草炭选用德国进口大粒径规格,柠檬酸($C_6H_8O_7$)和硫酸亚铁($FeSO_4 \cdot 7H_2O$)都是国药试剂分析纯,硫磺来自临沂星泰化工有限公司含量 99.9%。栽培容器用 2 加仑塑料花盆。

1.3 试验方法

杜鹃 pH 调节预试验在实验室内进行,用环刀取 100 cm³ 自然松散的基质放在 500 mL 烧杯,按 1:2.5 的体积比加入 250 mL 去离子水,搅拌均匀且静置 30 min,用 pH 3510 测量上层溶液的 pH,每样品做 3 个试验,每个试验测量 3 次共 9 个数据求取平均值^[6]。根据预试验的结果,确定试验中使用的几种 pH 调节剂的用量。

参考中华人民共和国林业行业标准中森林土壤 pH 的测定(LY/T 1239-1999)中分析方法和步骤,用 100 cm³ 环刀法对基质 pH 进行测量,每组基质做 9 个数据求取平均值^[8]。

1.4 项目测定

株高采用卷尺测量植物地上基部到顶端的高度;冠幅是植物正交直径的均值;叶面积是摘取均匀一致的叶片用叶面积仪测量的数值;叶绿素是

便携式叶绿素仪 SPAD-502 测量叶片的值(避开叶边和叶脉)。

1.5 数据分析

每个性状测量 10 组数值,去最大值和最小值,用 Excel 2007、DPS 17.0、SPSS 软件对 16 组数据做差异性分析和多重比较分析(LSD 法)。

2 结果与分析

2.1 栽培基质 pH 调节结果及试验用量的确定

实验室预试验测量原土 pH 8.73,枯枝落叶 pH 5.90,基质枯枝落叶(V):原土比例(V)1:1 的 pH 7.15。在上述基础上做表 1 预试验,试验方案如下:柠檬酸 1、2、4、8 kg·m⁻³,pH 依次是 6.20、5.95、5.20、4.60;黑帆用量 5、10、15、20 kg·m⁻³,pH 依次是 6.10、5.80、5.63、5.54;硫磺用量 3、10、15 kg·m⁻³,pH 依次是 7.15、7.02、6.94。因硫磺粉不溶于水,短时间 pH 变化较小,参考乌凤章等^[7]越橘栽培基质试验中的硫磺用量 1.0、1.5、2.0、2.5 kg·m⁻³。有机质草炭含有大量有机物,pH 偏酸性,在杜鹃栽培基质中广泛应用;在基质配比枯枝落叶(V):原土(V)=1:1 的基础上添加草炭 1 份、2 份、3 份。

根据预试验和相关文献书籍制定表 2,试验梯度用 A1 做对照,1 周内和 6 个月后分别测量各组基质的 pH。各试验组均低于对照,A1 对照 1 周内和 6 个月后的 pH 分别是 7.09 和 7.85。A2~A4 草炭 3 个梯度,1 周内与 A1 对照相比下降幅度分别是 6.35%、10.30%、11.57%;6 个月后与 A1 对照相比下降幅度分别是 16.56%、19.87%、23.06%;1 周内和 6 个月后各组 pH 相比,下降幅度较小分别是 1.36%、1.10%、3.67%。A2~A4 有机质草炭前期 pH 低于 A1 对照范围 0.45~0.82,后期 pH 仍然低于 A1 对照范围 1.30~1.81,前后期调节 pH 下降 0.09~0.23。

A5~A8 柠檬酸 4 个梯度,1 周内 pH 与 A1 对照相比下降幅度分别是 21.02%、21.44%、23.27%、25.95%;6 个月后 pH 与 A1 对照相比下降幅度分别是 9.55%、10.70%、13.63%、17.45%;1 周内和 6 个月后 A5~A8 各组 pH 相比上升幅度较大,分别是 21.13%、20.54%、

19.76%、18.98%。A5~A8 柠檬酸组前期 pH 降低范围较大,低于 A1 对照 1.49~1.84,后期 pH 大幅度升高,低于 A1 对照范围 0.75~1.37,前后调节 pH 上升 1.23~1.50。

A9~A12 硫酸亚铁 4 个梯度,1 周内 pH 与 A1 对照相比下降幅度分别是 14.67%、18.34%、28.07%、38.22%;6 个月后 pH 与 A1 对照相比下降幅度分别是 22.29%、25.99%、31.46%、34.14%;1 周内和 6 个月后 A9~A12 各组 pH 相比,上升幅度较大分别是 0.82%、0.34%、5.20%、15.28%。A9~A12 无机物硫酸亚铁前期 pH 降低范围较大,低于 A1 对照 1.04~2.71,后期 pH 升高,低于 A1 对照范围 1.75~2.68,前后调节 pH 上升 0.05~0.79。

A13~A16 硫磺 4 个梯度,1 周内 pH A1 与对照相比下降幅度分别是 30.32%、38.08%、41.18%、42.45%;6 个月后 pH A1 对照相比下降幅度分别是 35.29%、46.88%、49.94%、59.24%;1 周内和 6 个月后 A13~A16 各组 pH

相比,A13 上升 2.76%,A14~A16 下降幅度分别是 5.01%、5.76%、21.57%。硫磺 1 周内 pH 降低范围较大,低于 A1 对照 CK 2.15~3.01,6 个月后 pH 较大幅度升高,低于 A1 对照范围 2.77~4.65,前后调节 pH 变化 0.14~0.88。

表 1 预试验基质 pH 测量

Table 1 Pre test matrix pH measurements

种类 Type	浓度 Concentration/(kg·m ⁻³)	pH
柠檬酸(C ₆ H ₈ O ₇) Citric acid	1	6.20
	2	5.95
	4	5.20
	8	4.60
硫酸亚铁(FeSO ₄ ·10H ₂ O) Ferrous sulfate	5	6.10
	10	5.80
	15	5.63
	20	5.54
硫磺(S) Sulphur	3	7.15
	10	7.02
	15	6.94
	—	—

表 2

基质配比和 pH 测量

Table 2

Matrix ratio and pH measurement

序号 No.	基质配比 Matrix ratio	改良剂 Modifier	用量 Consumption	1 周内 pH pH in 1 week	6 个月后 pH pH later 6 months
A1	枯枝落叶:原土	CK	V 1:1:0	7.09	7.85
A2	枯枝落叶:原土	草炭	V 1:1:1	6.64	6.55
A3	枯枝落叶:原土	草炭	V 1:1:2	6.36	6.29
A4	枯枝落叶:原土	草炭	V 1:1:3	6.27	6.04
A5	枯枝落叶:原土	柠檬酸	1 kg·m ⁻³	5.60	7.10
A6	枯枝落叶:原土	柠檬酸	2 kg·m ⁻³	5.57	7.01
A7	枯枝落叶:原土	柠檬酸	4 kg·m ⁻³	5.44	6.78
A8	枯枝落叶:原土	柠檬酸	6 kg·m ⁻³	5.25	6.48
A9	枯枝落叶:原土	硫酸亚铁	5 kg·m ⁻³	6.05	6.10
A10	枯枝落叶:原土	硫酸亚铁	10 kg·m ⁻³	5.79	5.81
A11	枯枝落叶:原土	硫酸亚铁	15 kg·m ⁻³	5.10	5.38
A12	枯枝落叶:原土	硫酸亚铁	20 kg·m ⁻³	4.38	5.17
A13	枯枝落叶:原土	硫磺	1 kg·m ⁻³	4.94	5.08
A14	枯枝落叶:原土	硫磺	2 kg·m ⁻³	4.39	4.17
A15	枯枝落叶:原土	硫磺	4 kg·m ⁻³	4.17	3.93
A16	枯枝落叶:原土	硫磺	6 kg·m ⁻³	4.08	3.20

2.2 对株高的影响

由表 3 可知,15 种杜鹃花盆栽的株高均值存在显著性差异。A10 基质植株株高均值最高 53.00 cm,其次 A11 和 A4 基质株高均值分别是 52.25、49.38 cm;该 3 组处理株高均值无显著性差异,但显著高于其它 12 组处理,与 A1 对照植株株高均值存在显著差异,依次高于 A1 对照

7.63、11.25、10.50 cm。A9、A12、A3 和 A7 基质株高均值分别是 47.00、45.00、44.38、42.50 cm,4 组基质株高均值无显著性差异,与 A1 对照差异不显著,依次高于对照 5.25、3.25、2.63、0.75 cm。A6、A13、A14、A2、A8 和 A5 基质株高均值分别为 40.63、40.63、40.50、40.00、39.38、38.25 cm,6 组基质株高均值差异不显著,与 A1

对照无显著性差异,依次低于 A1 对照 1.12、1.12、1.25、1.75、2.37、3.50 cm。A16 基质和 A15 基质株高均值分别是 29.38、26.50 cm,2 组基质株高均值差异不显著,显著低于其它 13 组,与 A1 对照差异显著,依次低于 A1 对照 12.37、15.25 cm。

A9~A12 硫酸亚铁组株高平均值最好,范围在 45.00~53.00 cm;A10 基质和 A11 基质株高平均值差异不显著,依次分别为 53.00、52.25 cm,高于其它 13 组基质,表现最好。A5~A8 柠檬酸改良剂组株高平均值差异较小,范围在 38.25~42.50 cm;仅有 A7 基质高于对照 A1。A5~A8 柠檬酸和 A9~A12 硫酸亚铁改良剂株高平均值都呈现先升高后降低的趋势。A2~A4 草炭组株高平均值随草炭量增加而升高,范围在 40.00~49.38 cm;A4 基质显著高于 A1 对照,与 A10 和 A11 无显著性差异。A13~A16 硫磺改良剂株高平均值最差,范围在 26.50~40.63 cm,株高平均值随硫磺增加而降低(硫磺 6 kg 除外);硫磺 4 kg 和硫磺 6 kg 株高平均值差异不显著,株高平均值最低。综合分析硫酸亚铁组改良剂株高平均值最好,其次是有机质草炭组改良剂,再次是柠檬酸组改良剂,硫磺组改良剂最差。A10、A11 和 A4 改良剂配比最好,其次 A9、A12、A3 和 A7 改良剂较好,A6、A13、A14、A2、A8 和 A5 改良剂较差,A16 和 A15 改良剂最差。

2.3 对冠幅的影响

由表 3 可知,15 种杜鹃花盆栽 pH 调节基质冠幅均值差异显著。A10 基质冠幅均值最大 45.25 cm,其次是 A9、A11、A12 和 A4 基质,5 组基质差异不显著,显著高于其它 10 组,大于 A1 对照 10.75~13.12 cm。A8、A3、A7、A6、A5、A2、A13 和 A14 基质冠幅均值差异不显著,以上 8 组基质都与 A1 对照差异显著,高于 A1 对照 4.81~10.00 cm。A16 和 A15 基质差异不显著,与 A1 对照有显著性差异,低于对照 9.07~10.38 cm。

A10 组硫酸亚铁 10 kg 试验组冠幅平均值最高 45.25 cm,与对照差异 14.62 cm;A15 硫磺 4 kg 冠幅平均值最低 20.25 cm,与 A1 对照差异 10.38 cm。A9~A12 硫酸亚铁改良剂组冠幅平均值最好,高于其它 12 组(含对照),范围在

42.19~45.25 cm。A2~A4 草炭组冠幅平均值随草炭量增加而升高,冠幅范围 37.50~41.38 cm;A5~A8 柠檬酸组冠幅平均值依次升高,范围是 37.81~40.63 cm。A13~A16 硫磺改良剂冠幅平均值差异最大,范围在 20.25~36.56 cm,冠幅平均值随硫磺增加而降低(硫磺 6 kg 除外);硫磺 4 kg 和硫磺 6 kg 冠幅平均值差异不显著且最低。硫酸亚铁和硫磺试验组冠幅平均值都呈现先升高后降低的趋势。综上所述硫酸亚铁组改良剂冠幅平均值最好,其次是有机质草炭组改良剂和柠檬酸组改良剂,硫磺组改良剂最差。A10、A9、A11、A12 和 A45 组改良剂最好,A8、A3、A7、A6、A5、A2、A13 和 A14 改良剂较好,A16 和 A15 改良剂最差。

2.4 对叶面积的影响

由表 3 可知,15 种杜鹃花盆栽 pH 调节基质叶面积均值也存在显著性差异。A4 基质叶面积均值最高 1 921.14 mm²,其次是 A3 基质叶面积均值 1 768.34 mm²,2 组基质叶面积均值差异不显著,与 A1 对照叶面积均值差异显著,依次高于 A1 对照 468.41、315.61 mm²。A11、A7、A6、A10、A13、A9、A12 和 A8 基质叶面积均值相互差异不显著,与 A1 对照差异不显著,高于 A1 基质 0.96~186.22 mm²。A5、A2 和 A14 基质叶面积均值差异不显著,与 A1 对照差异不显著,依次低于 A1 对照 18.24、27.57、84.75 mm²。A15 基质叶面积均值 1 059.63 mm²,A16 基质叶面积均值 697.01 mm²,二者叶面积均值差异显著,与 A1 对照差异显著,依次低于 A1 对照 363.10、755.15 mm²。

A4 基质叶面积平均值最大 1 921.44 mm²,硫磺 6 kg 试验组叶面积平均值最小 697.01 mm²,二者都与 A1 对照 1 452.73 mm² 差异显著,前者高 468.41 mm²,后者低 755.72 mm²。A2~A4 草炭组叶面积平均值最好,依次升高,叶面积范围在 1 425.16~1 921.14 mm²。硫酸亚铁试验组叶面积平均值比柠檬酸稍好,二者都是先升高再降低;柠檬酸试验组叶面积平均值范围在 1 434.49~1 613.68 mm²,硫酸亚铁试验组叶面积平均值范围在 1 465.15~1 638.95 mm²。硫磺试验组叶面积平均值最差,依次降低;其中硫磺 1 kg 试验组叶面积平均值 1 580.36 mm²,相对硫磺其它试验组较好。A4 和 A3 改良剂最好,A11、A7、A6、

A10、A13、A9、A12 和 A8 改良剂较好, A5、A2 和 A14 改良剂较差, A15 和 A16 改良剂最差。

2.5 对叶绿素含量的影响

由表 3 可知, 15 种杜鹃花盆栽 pH 调节基质叶绿素均值有差异。A1 对照叶绿素均值最高 59.91 SPAD, A3、A5、A4、A13、A2、A7、A11、A6、A9、A10 和 A12 基质叶绿素均值差异不显著, 与 A1 对照叶绿素均值差异也不显著, 低于 A1 对照 0.10~3.37 SPAD。A8 和 A14 基质叶绿素均值差异不显著, A15 和 A16 基质叶绿素均值差异不显著, A8、A14 分别与 A15 和 A16 基质叶绿素均值差异显著, 4 组基质均与 A1 对照差异显著, 显著低于 A1 对照 3.80~12.75 SPAD。

对照叶绿素平均值最高 59.91 SPAD, 硫磺 6 kg 试验组叶绿素平均值最低 47.16 SPAD, 硫磺 4 kg 试验组叶绿素平均值 49.16 SPAD, 其它叶绿素平均值差异不大。草炭试验组叶绿素平均值最好, 平均值范围在 58.13~59.81 SPAD。硫酸亚铁试验组叶绿素平均值差异最小, 平均值范围在 56.54~56.98 SPAD; 柠檬酸试验组叶绿素平均值范围在 56.11~59.46 SPAD, 2 种试剂叶绿素平均值差异性较小。硫磺 1 kg、硫磺 2 kg 叶绿素平均值分别是 58.53、56.05 SPAD, 与其它 12 组叶绿素平均值差异不显著(含对照)。A3 改良剂最好, A5、A4、A13、A2、A7、A11、A6、A9、A10 和 A12 改良剂较好, A8、A14、A15 和 A16 改良剂较差。

表 3 不同处理的 pH 调节试验杜鹃花性状差异

Table 3 Differences in *Rhododendron* characters in pH treatments under different treatments

处理 No.	株高 Plant height/cm	冠幅 Crown width/cm	叶面积 Leaf area/mm ²	叶绿素含量 Chlorophyll content/SPAD
A1(CK)	41.75±5.75cde	30.63±3.20g	1 452.73±136.48cd	59.91±1.18a
A2	40.00±0.00de	37.50±0.00def	1 425.16±128.67cd	58.13±2.34abc
A3	44.38±5.63bcd	39.38±3.20cdef	1 768.34±154.10ab	59.81±1.21a
A4	49.38±1.77ab	41.38±2.89abcd	1 921.14±238.06a	59.03±1.75abc
A5	38.25±2.43e	37.81±3.01def	1 434.49±142.25cd	59.46±2.31ab
A6	40.63±6.78de	39.06±3.26cdef	1 596.85±190.50bc	56.96±2.43abc
A7	42.50±5.35cde	39.38±2.91cdef	1 613.68±201.18bc	57.05±2.08abc
A8	39.38±1.77de	40.63±2.59bcde	1 453.69±156.09cd	56.11±2.38bc
A9	47.00±8.35bc	43.75±4.16ab	1 561.61±213.88bcd	56.70±2.33abc
A10	53.00±5.15a	45.25±4.99a	1 583.03±169.82bcd	56.66±3.10abc
A11	52.25±2.31a	43.13±4.10abc	1 638.95±153.19bc	56.98±2.77abc
A12	45.00±6.23bcd	42.19±5.22abc	1 465.15±293.33cd	56.54±2.25abc
A13	40.63±4.17de	36.56±1.86ef	1 580.36±162.79bcd	58.53±2.09abc
A14	40.50±3.85de	35.44±2.48f	1 369.00±205.24d	56.05±2.23c
A15	26.50±1.69f	20.25±3.14h	1 059.63±235.74e	49.16±6.67d
A16	29.38±7.84f	21.56±6.67h	697.01±122.86f	47.16±4.08d

3 结论与讨论

3.1 栽培基质 pH 变化

园林绿化有机废弃物枯枝落叶发酵产品相对于草炭, 在降低生产成本和废弃物资源化循环利用方面有广阔前景^[8-12]。上海地区原土 pH 8.73 较高, 枯枝落叶 pH 5.90, 与原土等比例混合后整个试验过程 pH 范围在 7.09~7.85, 说明添加枯枝落叶等有机物可在一定范围内调节 pH, 但仍不能满足杜鹃生长需要, 试验通过使用调节剂 pH 能降低到 3.20 达到杜鹃花生长要求, 具有重

要意义。pH 试验前期测量结果柠檬酸 pH 降至 5.25~5.60, 后期 pH 6.48~7.10; 柠檬酸含有大量的速效 H⁺, 能够迅速降低 pH, 后期 H⁺ 较少, 效果不明显, 稳定性也较差, 成本一般。硫酸亚铁 pH 调节范围 4.38~6.05, 后期 pH 5.17~6.10; 因为硫酸亚铁调节 pH 是 Fe²⁺ 到 Fe³⁺ 的缓慢过程, 同时也给杜鹃花生长提供 Fe²⁺, 6 个月后仍有调节效果, 稳定性较好, 成本一般。硫磺前期 pH 调节范围 4.08~4.94, 后期 pH 仍然较低 3.20~5.08; 主要原因是硫磺调节 pH 是 S 到 SO₄²⁻ 的缓慢过程, 前期调节效果不明显, 后期效果显著, 稳定性较好, 成本最低。草炭前期调节范围为

6.27~6.64,后期 pH 6.04~6.55;草炭调节 pH 范围较小,稳定性较好,成本高。该试验基质的 pH 变化与调节剂的使用量相关,与董亮等^[13]研究结果一致。该试验硫磺调节 pH 效果较差,与乌凤章等^[7]、魏媛媛^[14]越橘试验相比梯度相差太大,有待于加大梯度进一步研究。

3.2 不同调节剂对杜鹃花生长的影响

综合分析 4 种 pH 调节剂的生物量性状, A2~A4 草炭试验组最好,其次是 A9~A12 硫酸亚铁和 A5~A8 柠檬酸试验组也比较好, A13~A16 硫磺试验组一般。根据《主要观赏灌木容器苗质量分级》(DB31/T816-2014)中容器苗的评价标准,综合分析 16 种基质特性^[16]。A4、A10 和 A11 基质处理的株高、冠幅、叶面积均值最好,叶绿素均值较好;其次 A3、A6、A7、A9 和 A12 基质处理的株高、冠幅、叶绿素和叶面积均值较好;A2、A5、A8、A13 和 A14 基质处理的株高、冠幅、叶面积和叶绿素均值一般;A15 和 A16 基质处理的株高、冠幅、叶面积和叶绿素均值最差。A4 试验组添加草炭 3 份, A10、A11 和 A12 试验组分别添加硫酸亚铁 10、15、20 kg·m⁻³,成本都比较高;A3 试验组添加草炭 2 份, A6、A7 试验组分别添加柠檬酸 2、4 kg·m⁻³, A9 试验组添加硫酸亚铁 5 kg·m⁻³,成本相对较低,杜鹃花各种生物量性状较好,可以应用于容器苗生产。同一生物量性状不同 pH 调节试验差异显著,说明可以调节 pH 达到适合范围调控植物性状生长,至于能否用于苗木生产尚有待于进一步研究。

参考文献

- [1] 中科院中国植物志编辑委员会. 中国植物志:1 卷[M]. 北京:科学出版社,1999:57.
- [2] 江泽慧,林斌. 中国杜鹃花[M]. 北京:中国林业出版社,2008:1,9.
- [3] 徐忠,张春英. 上海杜鹃花栽培及应用[M]. 北京:中国林业出版社,2013:56.
- [4] 项建光,方海兰,杨意,等. 上海典型新建绿地的土壤质量评价[J]. 土壤,2004,36(4):424-429.
- [5] 方海兰,陈玲,黄懿珍,等. 上海新建绿地的土壤质量现状和对策[J]. 林业科学,2007,43(增 1):89-94.
- [6] 中国土壤学会农业化学专业委员会. 土壤农业化学常规分析方法[M]. 北京:科学出版社,1999:22-24.
- [7] 乌凤章,王贺新,王民强,等. 几种越橘栽培基质的酸缓冲性及 pH 值调节技术研究[J]. 安徽农业科学,2011,39(5):2631-2632.
- [8] 孔德政,李文玲,王鹏飞,等. 城市落叶经济与绿地的可持续利用[J]. 河南科学,2005,23(6):823-825.
- [9] 梁晶,吕子文,方海兰. 园林绿色废弃物堆肥处理的国外现状与我国的出路[J]. 中国园林,2009,68(1):1-5.
- [10] 范海荣,华珞,傅桦,等. 城市垃圾堆肥的生态效应与对策研究[J]. 土壤,2004,36(5):498-505.
- [11] 梁晶,方海兰,沈烈英. 城市有机废弃物土地循环利用的产业化探讨[J]. 环境与可持续发展,2012,37(4):96-100.
- [12] 姜灿烂,赵汝东,蔡天明,等. 林业废弃物生物炭对红壤丘陵区瘠薄土壤碳矿化的影响[J]. 生态环境学报,2016,25(2):202-208.
- [13] 董亮. 栽培基质 pH 值的调节试验研究[D]. 泰安:山东农业大学,2005:54-58.
- [14] 魏媛媛. 土壤 pH 值对蓝莓部分生理生化指标的影响[D]. 泰安:东北农业大学,2015:21-29.
- [15] 张春英,张勇伟,黄军华,等. 主要观赏灌木容器苗质量分级:DB31/T 816-2014[S]. 北京:中国标准出版社,2014.

Regulation of pH and Its Effects on Growth of *Rhododendron*

ZHANG Jie¹, HUANG Junhua², GU Haiyan², ZHANG Chunying¹

(1. Shanghai Engineering Research Center of Sustainable Plant Innovation, Shanghai Botanical Garden, Shanghai 200231;
2. Shanghai Engineering Research of Landscaping on Challenging Urban Site, Shanghai Academy of Landscape Architecture Science and Planning, Shanghai 200232)

Abstract: Taking *Rhododendron* as the test material, litter leaves : soil = 1 : 1 for the cultivation medium, using the method of difference analysis, the effects of different doses of citric acid, black sail, sulphur and peat on the growth indexes such as height, canopy, leaf area and chlorophyll of *Rhododendron* were studied, in order to find suitable pH regulator for *Rhododendron* cultivation. The results showed that plant height, crown amplitude, leaf area of A4 (peat 60%), A10 (ferrous sulfate

doi:10.11937/bfyy.20170571

NaCl 胁迫对翅碱蓬营养物质含量的影响

王 昊, 郑舒文, 洪晓松

(辽宁省盐碱地利用研究所, 辽宁 盘锦 124000)

摘 要:以广泛分布在辽宁海岸线的翅碱蓬为研究对象,研究了不同浓度 NaCl 胁迫(0、100、200、300、400、500、600 mmol · L⁻¹)对翅碱蓬中营养物质含量的影响,以期为盐碱地的改良利用、翅碱蓬的作物化栽培及经济价值的开发利用提供一定的参考依据。结果表明:随着 NaCl 浓度的升高翅碱蓬中可溶性糖、蛋白质和维生素 C 含量呈先增加后减少的趋势,并且可溶性糖和蛋白质各处理值均高于对照值。NaCl 胁迫使翅碱蓬体内积累较多的可溶性糖和蛋白质来维持渗透平衡,并且通过渗透调节来抵御盐分对其的伤害,保证植株在盐分胁迫条件下从外界高盐溶液中吸收水分。NaCl 浓度亦对翅碱蓬中 Zn、Fe、Ca、Mg 含量影响明显,随着 NaCl 浓度的提高,翅碱蓬中 Zn、Fe、Mg 含量表现出先升高后下降的变化趋势,Ca 含量表现持续下降的变化趋势。其中,当 NaCl 浓度在 0 mmol · L⁻¹时,翅碱蓬 Ca 含量最高;当 NaCl 浓度在 100 mmol · L⁻¹时,翅碱蓬 Zn、Fe 含量最高;Mg 则是 300 mmol · L⁻¹时含量最高。

关键词:翅碱蓬;NaCl;营养物质

中图分类号:S 567.23⁺9 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2017)21-0100-04

翅碱蓬(*Suaeda salsa*)属藜科一年生草本植物,俗称“黄须菜”“盐蒿”或“碱蒿”,茎直立,圆柱形,高达 30~100 cm,花序单生或 2~3 朵有柄簇生于叶腋的短柄上,呈团伞状,是典型盐生植物。主要分布于东北、西北、华北和河南、山东、江苏、浙江等地^[1]。

第一作者简介:王昊(1979-),男,硕士,助理研究员,现主要从事盐生植物等研究工作。E-mail:37867372@qq.com.

收稿日期:2017-04-13

据联合国教科文组织和粮农组织等机构的不完全统计,世界各种盐渍土面积在 10 亿 hm² 以上,研究和开发利用生长于荒漠、海岸、海滩上的盐生植物已成为当今世界农业的重大课题和研究方向^[2]。碱蓬是盐碱地重要的典型指示植物,是当前改良利用盐碱土壤的首选植物种类^[3]。我国有适宜于碱蓬生长的盐碱荒地 200 万 hm²。目前对碱蓬的开发利用研究也较多。美国亚利桑那大学的研究人员与以色列科学家合作,经过长达数十年的精心选育和改良,已成功将生物学特性和

10 kg · m⁻³) and A11 (ferrous sulfate 15 kg · m⁻³) matrix were the best, the mean of chlorophyll was better; secondly, the plant height, canopy, chlorophyll and leaf area of A3, A6, A7, A9 and A12 matrix were better, and the plant height, crown amplitude, leaf area and chlorophyll of A2, A5, A8, A13 and A14 matrix were better; plant height, crown amplitude, the leaf area and chlorophyll of A15 and A16 matrix were the worst. The cost of A4, A10, A11 and A12 matrix were all higher; A3 group added peat 2, A6, A7 group respectively add citric acid 2 kg · m⁻³, 4 kg · m⁻³, A9 experimental group added ferrous sulfate 5 kg · m⁻³, were relatively low cost, *Rhododendron* various biomass traits, could be used in container seedling production.

Keywords: *Rhododendron*; potting medium; pH