

云锦杜鹃的耐碱反应

郁书君^{1*}, 陈锡明², 李贞植³

(¹华南农业大学园艺学院, 广州 510642; ²安徽省六安市园林管理处, 安徽六安 237006; ³首尔市立大学环境园艺学科, 韩国首尔 130-743)

摘 要: 在循环型底面潮水式灌施营养液栽培系统中, 对云锦杜鹃 3年生实生苗进行了营养液 pH 4.5、5.5、6.5、7.5和 8.5处理。结果表明, 以植株地上和地下部干、鲜样质量为指标, 营养液 pH 7.5的环境较为适合, 而 pH 8.5处理不适宜云锦杜鹃的营养物质积累, 即干、鲜样质量偏低, 在其它的低 pH处理中该指标均表现为中等水平; 叶片叶绿素含量和光合效率随 pH值的升高呈现出较不明显的下降趋势; 根系与叶片的营养元素含量没有明显变化, 除磷之外, 所有被测定的矿质营养元素在 5个不同的 pH处理中均无明显差异。云锦杜鹃有一定的耐碱性, 而且对微量元素没有特别的要求。

关键词: 云锦杜鹃; pH处理; 生长指标; 基质化学分析; 矿质营养元素; 耐碱性

中图分类号: S 685.21 **文献标识码:** A **文章编号:** 0513-353X (2008) 05-0715-06

Alkali Tolerance of *Rhododendron fortunei* in Subirrigated Ebb & Flow Bench Systems with Hydroponics

YU Shu-jun^{1*}, CHEN Ximing², and LEE Jeong-sik³

(¹College of Horticulture, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China; ²Lu'an City Administration Authority of Landscape Gardening, Liu'an, Anhui 237006, China; ³Department of Environmental Horticulture, the University of Seoul, Seoul 130-743, Korea)

Abstract: In a closed Ebb & Flow subirrigation bench system, plant growth response and nutrient element analysis of *Rhododendron fortunei* in 5 different pH regimes (pH 4.5, 5.5, 6.5, 7.5 and 8.5) were conducted and the results indicated that pH 7.5 environment adapted preferably *R. fortunei* growth and development, in return, the higher pH 8.5 regime was not suitable for its growth in terms of dry and fresh mass of shoot and root, whereas the lower pH treatments stood at medium. It preferred lower pH treatments to higher pH environments on basis of leaf chlorophyll contents and adapted to the conditions of climate and soil in Seoul based on plant growth, leaf chlorophyll content and photosynthesis rates. It appeared that *R. fortunei* was little affected by the pH variation of media, even if an acidic or an alkaline root environment, e. g. in pH 4.5 and 8.5 regimes. *R. fortunei* needed less micronutrients, no special demands for mineral nutrients as any other plants. Most of the mineral nutrient elements except for P were unexpectedly showed a flat variation among 5 different pH treatments which proved furthermore that plant growth responses, especially, nutrient contents of *R. fortunei* were insensitive to pH changes. Therefore, *R. fortunei* would be a promising gene resource for application and breeding as lime-tolerant rhododendrons.

Key words: *Rhododendron fortunei* Lindl.; pH regime; growth index; chemical analysis of substrate; mineral element content; alkali tolerance

云锦杜鹃 (*Rhododendron fortunei* Lindl.), 又名天目杜鹃, 自然分布于中国陕西、湖北、湖南、河南、安徽、浙江、江西、福建、广东、广西、四川、贵州及云南东北部, 常生长于海拔 620 ~ 2 000

收稿日期: 2007 - 10 - 29; 修回日期: 2008 - 01 - 02

* E-mail: yushujun@scau.edu.cn

m的山脊阳处或林下 (中国科学院中国植物志编辑委员会, 1994)。由其育成的后代品种大多具有优雅甜美的芳香味花朵, 并且具有一定的耐碱性 (Leach, 1961; Cox, 1985; Preil & Ebbinghaus, 1994)。在一般人的认识中, 杜鹃花属于典型的酸性土壤指示植物, 因而常常被认为不耐碱或者在北京为代表的华北平原地区没有可能实现其园林应用, 但事实并非如此。Preil和 Ebbinghaus (1994)在组培室内对 200万株杜鹃实生种苗 (来自 7个开放授粉原种和 11组杂交系列) 进行耐碱筛选, 最终选出耐碱的杂交品种库氏白 (Cunningham's White) 和云锦杜鹃 2种。随后又从这 2种种苗的 470 500株中筛选出 1 703株耐碱种质。以此作为砧木嫁接扩繁出诸多的落叶和常绿杜鹃品系, 它们被命名为 NKARHO杂种群, 现在已有数百品种走向了市场。

本研究采用国外普遍使用的潮水式底面灌施营养液栽培系统 (Ebb & Flow subirrigation bench system) (李贞植, 1998), 通过不同的 pH处理, 对云锦杜鹃的生长反应进行观测分析, 旨在进行耐碱性的验证研究, 试图把云锦杜鹃推介、引用到部分城市园林中, 同时为杜鹃属植物的耐碱育种和耐碱机理研究提供特有的种质资源和前期探索基础。

1 材料与方 法

1.1 材料及其来源

供试的植物材料为 3年生云锦杜鹃实生苗。1995年秋采种自安徽省黄山风景区, 1996年早春在韩国汉城市立大学环境园艺系的试验温室中播种。将从校园附近山上采集到的苔藓用开水煮透消毒, 用剪子剪碎后在基质表面撒覆一层, 平整后直接把细小的杜鹃种子撒播其上, 置于自动间歇式喷灌的温室内 (Leach, 1961), 发芽后适时移栽, 容器育苗培养到第 3年。

1.2 方 法

试验在温室和实验室中进行。1998年 3月 10日, 将 3年生云锦杜鹃实生苗由容器中拔起, 先用自来水, 再用蒸馏水把根部附着的基质洗净, 用蒸馏水灌溉至少一周。花盆口径 18 cm, 高 12 cm, 每盆 1株。3月 18日—10月 2日灌施营养液, 营养液为 1/2浓度的欧洲盆花专用型 Sonneveld液 (Sonneveld & Straver, 1992; 李贞植, 1998), 配方为: NO_3^- 14 851 mg · L⁻¹, NH_4^+ 15.41 mg · L⁻¹, H_2PO_4^- 46.47 mg · L⁻¹, SO_4^{2-} 32.06 mg · L⁻¹, K^+ 215.05 mg · L⁻¹, Ca^{2+} 10.24 mg · L⁻¹, Mg^{2+} 18.23 mg · L⁻¹, Fe^{3+} 1.117 mg · L⁻¹, Mn^{2+} 0.249 mg · L⁻¹, Zn^{2+} 0.196 mg · L⁻¹, B^{3+} 0.216 mg · L⁻¹, Cu^{2+} 0.032 mg · L⁻¹, Mo^+ 0.048 mg · L⁻¹。隔日补充 1次营养液, 使每桶营养液始终保持 10 L容量 (每桶灌施 5株)。采用潮水式底面渗灌法, 每日 10: 00和 16: 00自动灌施。以 H_2SO_4 和 NaOH调整营养液 pH值在设定的 4.5、5.5、6.5、7.5和 8.5范围。

试验设 5次重复。

1.3 指标的测定与调查

使用 pH计 (HI8424, HANNA instruments, Italy) 与 EC计 (S/N 58338, NIEUW KOOP, Holland) 分别测定营养液和供试基质的酸碱度和电导度。基质全 N、有效 P和 K、Ca、Mg含量测定及植株叶片 P、K、Ca、Mg、Fe、Mn、Cu、Zn含量依据一般土壤与植物理化分析方法 (Jackson, 1970; Rural Development Administration, 1998)。叶绿素含量用直测式叶绿素计 SPAD-502 (Minolta, Japan) 每隔 4周测 1次, 各处理 5个重复, 以每个植株中部相同部位叶片的“特定色差感光值 (% , SCD SV)”作为叶绿素含量值 (Lee et al, 2002)。

营养液处理结束后, 用便携式光合测定仪 (Li-6200, Li-cor, USA) 测算净光合速率等指标; 随后取出所有供试植株, 抖落根部基质, 洗净后在实验室测定每株的地上部和地下部的鲜样质量, 计其算术平均数, 再将植株烘干后称其干样质量。取每一植株烘干的中部叶片和根系研碎过筛后, 分别称取 0.5 g (Rural Development Administration, 1998) 用于测定其营养元素成分。

2 结果与分析

2.1 植株的生长量

由表 1 可见，地上部和地下部的鲜样质量与干样质量均在营养液 pH 7.5 处理中表现最高，而在 pH 8.5 时最低。这表明云锦杜鹃在中性偏碱的 pH 7.5 基质中生长量最大，过碱或中性偏酸的环境生长并非最佳，说明其具有一定的耐碱性。

由根部的生长量来看，营养液 pH 7.5 处理中，鲜样质量明显高于其它处理，其中高出 pH 8.5 处理 3 倍以上；5 个处理中，根部的鲜样质量均比干样质量高 5 倍左右，可见云锦杜鹃的根系含水量相当高，这可能与它起源于长江流域温暖湿润的山间林缘有关。

表 1 不同 pH 营养液处理对云锦杜鹃鲜、干样质量的影响

Table 1 Effects on fresh and dry mass of *R. fortunei* shoot and root in five different pH regimes of 1/2S

Sonneveld nutrient solutions for pot azaleas at the end of treatment

/g

pH	鲜样质量 Fresh mass		干样质量 Dry mass	
	地上部 Shoot	地下部 Root	地上部 Shoot	地下部 Root
4.5	13 b	44 b	5 b	7 bc
5.5	12 bc	39 b	4 bc	6 bc
6.5	15 ab	30 c	5 b	4 c
7.5	17 a	59 a	6 a	11 a
8.5	12 bc	18 d	4 bc	2 c

注：邓肯氏新复极差法在 5% 水平上的差异性分析，相同字母表示差异性不显著。下同。

Note: Means with the same letters are not significantly different at 5% level by Duncan's multiple range test. The same below.

2.2 叶绿素含量与光合作用

图 1 的结果显示，云锦杜鹃在不同 pH 营养液处理的前 4 周内，叶片叶绿素含量变化极小，这可能是植株处于缓苗期，对 pH 处理的滞后反应。第 4 周后所有处理的叶绿素含量均表现出增加的趋势，其中，pH 5.5 处理的含量最高，其它 4 个处理没有明显差异。

从外观长势来看，5 个处理的叶片均无失绿或非正常表现，表明在本试验的各个 pH 营养液处理中植株生长基本未受影响。通常认为，杜鹃类植物对中性或碱性环境不适应，主要原因是其根系对有效铁的吸收不良，由此抑制了叶片叶绿素的合成，进而直接影响到植株的正常生长（郁书君等，1993；Chaanin, 1994）。而上述结果进一步证明了云锦杜鹃对碱性环境不敏感，应当属于适应的表现。

表 2 的结果表明，在 pH 5.5 处理中的净光合速率最高，pH 4.5 居其次；而随着 pH 值的升高，净光合速率逐步减低，光合能力降低的趋势较为明显。这说明在光合作用方面，偏高的 pH 环境对云锦杜鹃的生长发育不太有利。此结果与 2.1 进行对照分析，结果不尽一致，具体表现在 pH 7.5 处理上，原因可能是试验所用植株由于材料来源有限，使得每组处理的植株大小出现一定的个体生长差异，导致 pH 7.5 处理的干、鲜样质量有些偏高。

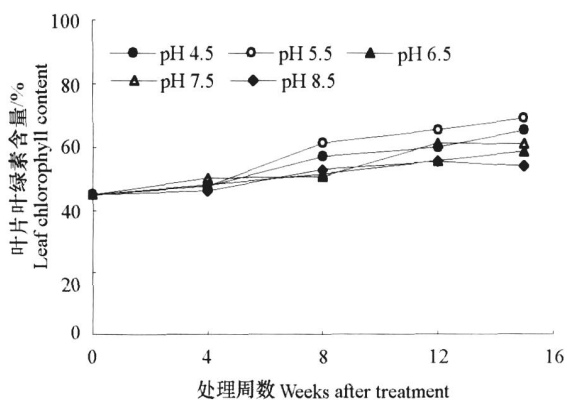


图 1 不同 pH 营养液处理对云锦杜鹃叶片叶绿素含量的影响

Fig. 1 Changes of leaf chlorophyll contents of *R. fortunei* in five pH regimes of 1/2S Sonneveld nutrient solutions for pot azaleas during pH treatment

表 2 不同 pH处理的云锦杜鹃光合作用变化

Table 2 Photosynthesis rate of *R. fortunei* in five pH regimes of 1/2S Sonneveld nutrient solutions for pot azaleas at the end of treatment

pH	净光合速率 / ($\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) Net photosynthesis	气孔抵抗力 / ($\text{S} \cdot \text{cm}^{-1}$) Stomatal resistance	气孔传导力 / ($\text{cm} \cdot \text{S}^{-1}$) Stomatal conductance	细胞间 CO_2 浓度 / ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$) Intercellular CO_2 concentration
4.5	6.930 bc	0.46 bc	2.20 a	349.8 ab
5.5	9.979 a	0.49 b	2.09 ab	342.5 b
6.5	5.258 c	0.55 a	1.84 b	351.5 ab
7.5	2.897 d	0.54 a	1.85 c	355.8 a
8.5	1.671 d	0.50 b	2.04 b	359.8 a

2.3 基质的化学分析

采用底面潮水式灌溉进行不同的 pH处理结束之后,基质的化学成分分析结果表明: pH 4.5的全氮和有效磷含量水平最高,其它的较低但很接近,只有有效磷含量在 pH 8.5处理中明显偏低,约为最高值 (pH 4.5处理) 的 1/3; 而且,不同 pH处理过的基质全氮和有效磷含量均比对照和原土表层高出很多 (表 3),说明营养液中的 N、P 营养因其浓度大而遗留在基质中的较多,而且它们并未受到 pH处理的直接影响,即无论基质的偏酸或偏碱处理,其最终的 N、P 含量并无明显变化。大量元素 K、Ca、Mg 中, K 的含量相当稳定,看不到明显的差异, Ca 在 pH 4.5 处理中浓度最高,且大大高于对照,在中性及偏碱的基质环境中保持相似。表明, pH 低的基质中, Ca 浓度偏高,滞留较多,但在后面的根系与叶片含量中, pH 4.5 处理分别表现为最低和最高,其中的原因有待于进一步探明。Mg 在基质中滞留的浓度,以 pH 4.5 最低,正好与 Ca 相反,其它处理为低且较为接近,但均高于对照和原土中的含量。对微量元素来说, Fe 的浓度变化不大,但 5 个处理后的浓度均较对照高; Mn、Cu、Zn 的基质滞留浓度与 Fe 类似,变化幅度很小。这些结果表明,与 K 一样,所有被测定的 4 个微量元素在基质中的含量并未明显受到 5 个不同 pH 处理带来的影响,基本保持相近或相差甚小,这可能也决定了对云锦杜鹃植株生长的影响甚微。

表 3 云锦杜鹃在不同 pH 处理后基质中的营养元素含量分析

Table 3 Macronutrient contents and concentrations of micronutrient elements in substrate of *R. fortunei* treated in five pH regimes by 1/2S Sonneveld nutrient solutions for pot azaleas at the end of treatment

pH	全 N / %	P_2O_5 / ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	K / ($\text{mol} \cdot \text{kg}^{-1}$)	Ca / ($\text{mol} \cdot \text{kg}^{-1}$)	Mg / ($\text{mol} \cdot \text{kg}^{-1}$)	Fe / ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	Mn / ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	Cu / ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	Zn / ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)
4.5	0.77	74.3	6.0	184	34.0	0.12	0.11	0.13	1.35
5.5	0.45	57.4	8.0	103	48.8	0.15	0.13	0.18	1.51
6.5	0.55	69.8	7.0	65	51.8	0.10	0.15	0.17	1.37
7.5	0.49	42.8	7.0	81	50.2	0.16	0.16	0.16	1.62
8.5	0.40	25.3	9.0	66	47.2	0.13	0.11	0.17	1.88
对照 Control	0.19	16.8	7.0	114	22.5	0.08	-	0.17	1.75
0~20 cm 土层	0.18	69.0	7.0	103	13.1	0.15	0.61	0.17	1.75
0-20 cm soil depth									
20~40 cm 土层	0.24	48.0	7.0	97	15.5	-	0.89	0.15	1.86
20-40 cm soil depth									

注: 对照组是指试验开始前,基质未经营养液处理; 土壤是指首尔市立大学校园内的表层和下层土; 空白处表示试验分析中缺乏该数据。

Note: Initial substrate mixtures of peatmoss, perlite, and vermiculite without subirrigation as control; Soils included the upper layer 0-20 cm and down layer 20-40 cm of soils in campus of UOS; Data were not showed due to the lack in the analysis of laboratory.

2.4 叶片与根部营养元素含量及其分析

图 2 为 5 个不同 pH 处理的营养液灌施后,云锦杜鹃叶片与根系的主要营养元素含量分析结果。仅有 P 在叶片中的含量随着 pH 的升高而出现非常明显的减少趋势,呈显著负相关,但根系中 P 的含

量变化没有规律; K的含量, 叶片与根部变化相似, 均在 pH 4.5和 pH 6.5时含量最低, 看不到明显的影响趋势; 根部的 Ca含量与 P和 K一样, 比叶片的含量低, 且含量在 5个 pH处理中较为接近; 根部 Mg的含量比叶片多出好几倍, 且以 pH 6.5处理最高, 其它均很接近, 叶片中的含量差别极小。微量元素 Fe、Mn、Cu、Zn, 5个 pH处理均无明显变化, 而且叶片与根部中的含量水平相当, 唯有 Mn表现为根部含量超出叶片一倍左右。总体上来看, 对云锦杜鹃来说, 从低至 pH 4.5到高的 pH 8.5不同的处理对根系与叶片的营养元素含量没有明显影响, 这说明云锦杜鹃对基质环境的酸碱性不敏感, 间接地验证了云锦杜鹃具有一定的耐碱性。

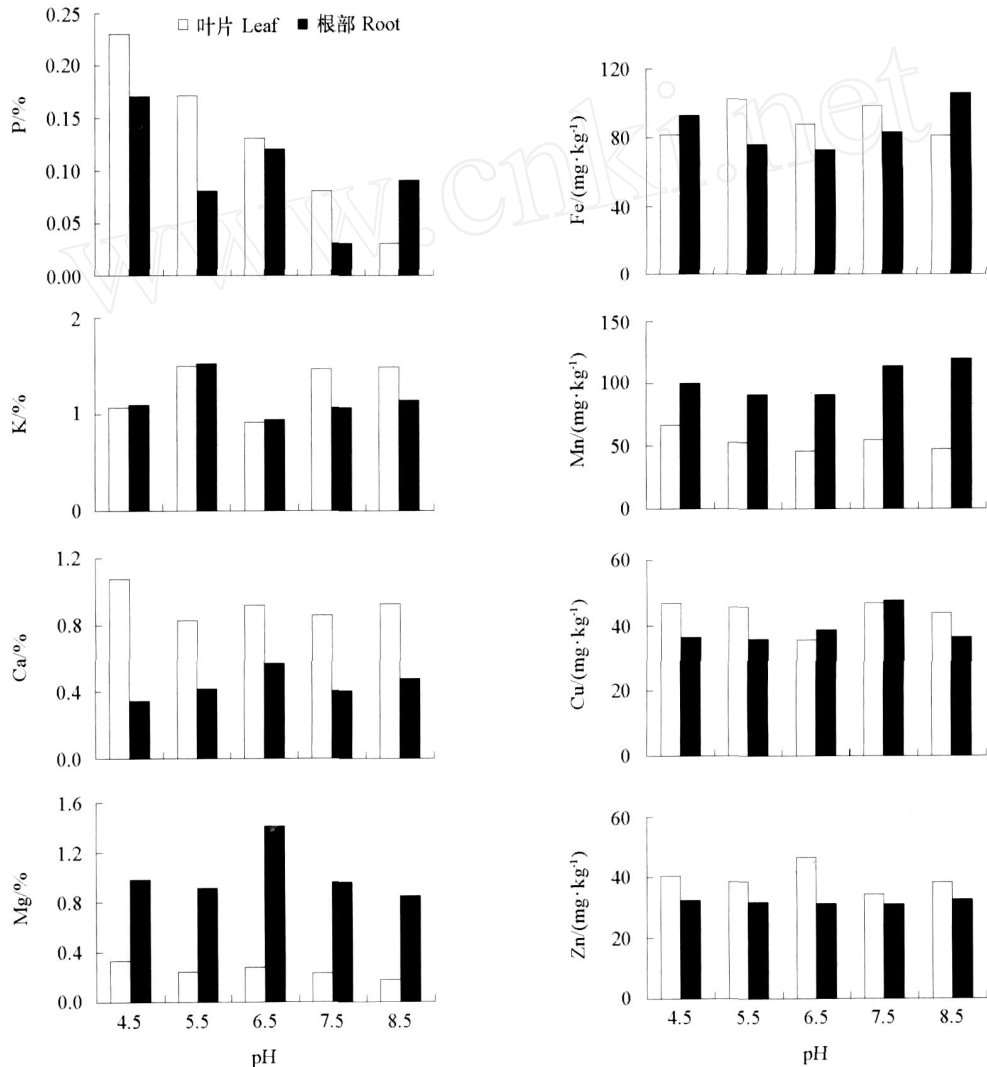


图 2 不同 pH 处理后云锦杜鹃叶片和根部矿质营养元素含量变化

Fig. 2 Nutrient element contents in leaf and root of *R. fortunei* treated in five pH regimes of 1/2S Sonneveld nutrient solution at the end of treatment

3 讨论

从云锦杜鹃植株的生物量来看, 偏碱的基质环境可以增进生长, 这与以往的结论相差较大, 但可以说明的是, 云锦杜鹃是适应此类偏碱环境的。叶片的叶绿素与营养元素含量在 5 个由低到高 pH 处理中变化不大, 表现的相当平稳, 也不像其它杜鹃类或喜酸植物那样呈现出正、负相关 (Yu et al, 2003)。尤其是叶片和根系的营养元素含量方面, 基本处在一般作物的平均水平, Ca 0.3% ~ 0.5%,

Mg 0.2% ~ 0.5%, Fe 100 mg · kg⁻¹, Mn 50 mg · kg⁻¹和 Zn 20 mg · kg⁻¹ (图 2) (Marschner, 1986)。对影响杜鹃类植物耐碱性比较明显的几个元素来说, Ca在本试验中的表现有些特别, 在基质中, 以 pH 4.5 中的含量最高, 远远高于其它各处理, 其原因可能与调节基质 pH 所用的酸碱剂或基质配方有关; 而在根系中, Ca的含量则是 pH 4.5 中最低、叶片又表现为最高, 这表明, 通过根系吸收了多量的 Ca, 导致叶片中的含量最高, 却不在根部滞留。结果, 植株的生长未受直接影响, 且由于 Ca的含量丰富确保了植株的健壮直立 (Marschner, 1986; 郁书君 等, 1993)。Mg的含量在根部高出叶片很多, 可能是云锦杜鹃的生长对 Mg的需求并不高, 导致在根部富集浓度异常高。Fe的含量在基质、根系和叶片中均无显著波动, 在本试验中可能对植株影响较小。将 pH 处理结束后基质中所有的营养元素含量与处理之前的对照相比, 可以发现, 全 N、有效 P、Mg和 Fe的浓度在基质中的滞留和富集相当明显, 这一方面显示, 营养液中此类元素的含量较高, 同时表明, 云锦杜鹃对这 4 类营养的需求并不多, 尤其对 Mg和 Fe来说, 这一点意义非同一般, 或许云锦杜鹃不属于喜 Fe (厌 Ca) 的种类; 与此相反, Ca与 Zn在基质中的滞留较少, 均比处理前对照的浓度要低, 应该是被植株吸收所致, 这方面由叶片和根系的含量也可看出, 由此可以初步判定, 云锦杜鹃属于富 Ca类植物 (Marschner, 1986; Welch, 1995)。

需要说明的是, 本试验在设计安排时存在两个不足之处, 一是使用的基质配方不太合适, 其中含有酸性较强的草炭土成分, 使得对营养液进行 pH 处理时反映到基质上会出现相当明显的偏差, 如酸性更酸、碱性处理难以达到目标等, 未来的同类试验应当改用完全中性的基质材料如珍珠岩 + 蛭石, 或直接采用水培方式更为精确。另一不足点是酸碱调节所用试剂需要考虑更换为 KOH 或者 CaCO₃, 以及其它更接近于自然土壤条件的酸性试剂。

References

- Chaanan A. 1994. Nutrient deficiency symptoms in *Rhododendron*: Results of short-term nutrient experiment. *Rhododendron Immergrune* Langeholze: 94 - 130.
- Cox P A. 1985. The smaller rhododendron. Oregon: Timber Press.
- Editing Committee of China Flora, Chinese Academy of Science. 1994. Flora Republicae Popularis Sinicae. Tomus 57 (2). Beijing: Science Press (in Chinese).
- 中国科学院中国植物志编辑委员会. 1994. 中国植物志第 57 卷第 2 分册. 北京: 科学出版社.
- Jackson M L. 1970. Soil chemical analysis. New Jersey: Prentice-Hall. Englewood Cliffs.
- Leach D G. 1961. *Rhododendron* of the world. New York: Charles Scribner's Sons.
- Lee Jeong-sik. 1998. Studies on irrigation, fertilization, and hydroponics for potted flowers. *Journal of Korean Society for Floriculture*, (1): 19 - 30.
- Lee J S, Jeong S J, Heo J A, Kang H J, Hwang S Y, Kim Y K. 2002. Light intensity levels and growth inhibitors on growth of shade tolerant Japanese Spurge (*Pachysandra terminalis*). *J Kor Soc Hort Sci*, 43: 137 - 142.
- Marschner H. 1986. Mineral nutrition of higher plants. London: Academic Press.
- Preil W, Ebbinghaus R. 1994. Breeding of lime tolerant *Rhododendron* rootstocks. *Acta Horticulturae*, 364: 61 - 70.
- Rural Development Administration (RDA). 1998. Chemical analysis of soil, plant, and microbes. Suwon: RDA Publishing.
- Sonneveld C, Straver N. 1992. Nutrient solution for vegetables and flowers grown in water or substrate. The Netherlands: Voedingsoplossingen Glastuinbouw.
- Welch R M. 1995. Micronutrient of plants. *Crit Rev Plant Sci*, 14: 49 - 82.
- Yu Shu-jun, Chen You-min, Wang Yu-hua. 1993. A trial on introduction and cultivation of *Rhododendron mucronulatum* in Beijing. *Acta Horticulturae Sinica*, 20 (2): 181 - 186. (in Chinese).
- 郁书君, 陈有民, 王玉华. 1993. 北京园林引种迎红杜鹃栽培试验. *园艺学报*, 20 (2): 181 - 186.
- Yu S J, Lee J S, Yoo B S. 2003. Plant growth responses of *Rhododendron indicum* to pH regimes. *Journal of Korean Society for Horticultural Science*, 44 (6): 819 - 823.