

## 不同水平磷对磷饥饿墨兰生长发育及某些生理特性的影响\*

潘瑞炽 梁旭野

(华南师范大学国兰研究中心, 广州 510631)

## 摘要

将磷饥饿的墨兰无土栽培在五个 $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ 水平的营养液中, 结果表明:  $0.20 \text{ mmol/L NaH}_2\text{PO}_4$ 有利于叶芽生长; 当叶片张开后,  $1 \text{ mmol/L NaH}_2\text{PO}_4$ 促进光合作用和呼吸作用, 叶片生长较快, 褐斑病斑较少, 每株花数增多。

关键词: 墨兰; 磷水平; 叶片生长; 光合速率; 呼吸速率

中国兰是集香气、花型和观叶为一体的花卉, 在国内外享有很高声誉。要充分利用这些宝贵的国兰资源, 必要进行一些基础研究。本文是墨兰矿质营养系列研究之一, 以不同浓度的 $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ 无土栽培经磷饥饿的墨兰 [*Cymbidium sinense*(Andr.) Willd.], 观察其叶片生长、开花、光合和呼吸的变化, 探索补给不同水平磷对不同生长发育时期的墨兰的影响, 为墨兰合理栽培提供理论依据。

## 材料和方法

## 一、材料的培养及处理

墨兰植株无土栽培和管理同前文<sup>[6]</sup>。将墨兰植株种在缺磷溶液(以 $\text{KCl}$ 代替 $\text{KH}_2\text{PO}_4$ )中进行磷饥饿处理。当叶片边缘出现褐色斑点, 表明植株已处于磷饥饿状态<sup>[3, 5]</sup>。然后将材料分为五组, 分别培养在含有 $0, 0.02, 0.20, 1.00$ 和 $10.00 \text{ mmol/L NaH}_2\text{PO}_4$ 的培养液中, 每组14株。

## 二、测定方法

**叶芽和叶片生长速率** 定株、定叶、定时测量叶芽和一年生叶片的生长速率, 方法同前文<sup>[6]</sup>, 数字是十个数值的平均, 用比初始增长%表示。叶片由内向外数。叶面积测定用英国Delta-T-de Viccs公司生产的叶面积测定仪。重复三次。

**鲜重、干重和含水量** 在处理之前用电子天平称鲜重。培养六个月后测定鲜重、干重和含水量。三株平均。

**光合速率和呼吸速率** 光合速率测定法同叶庆生等<sup>[2]</sup>的报道。呼吸速率测定用瓦氏微

\*广东省科委重点科技研究项目

量呼吸计。两者均重复三次。

**花芽出现及开花** 记录肉眼观察到花芽出现的日期,花梗大小和每花序的花数。三株平均。

## 结果

### 一、叶芽生长

在处理5周后可见不同水平磷对叶芽生长率的影响是不同的(表1)。在0-0.2 mmol/L 磷浓度之间,随着浓度的增加,叶芽生长速率加快,当磷浓度高于0.2 mmol/L 时则下降。在处理10周和12周都呈相同的趋势。因此,0.2 mmol/L  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$  适宜于叶芽生长。

表1 不同磷水平对磷饥饿墨兰叶芽生长的影响  
Table 1 Effects of different levels of phosphorus on growth of leaf bud in *C. sinense* following Pi starvation

$\text{NaH}_2\text{PO}_4$ (mmol/L)	Length of leaf bud (cm)			
	Apr 6, 1991	May 11, 1991	June 14, 1991	June 29, 1991
0.00	7.10 (100)	14.26 (200.9)	24.53 (345.5)	28.78 (405.3)
0.02	8.03 (100)	16.49 (205.4)	28.76 (358.2)	33.76 (420.5)
0.20	7.93 (100)	18.88 (238.1)	33.87 (427.2)	39.56 (498.9)
1.00	7.99 (100)	17.25 (215.9)	30.89 (386.7)	36.46 (456.3)
10.00	7.97 (100)	17.03 (213.7)	29.72 (372.9)	34.78 (436.4)

### 二、一年生叶片生长

随着磷浓度(0-1 mmol/L  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ )的增高,叶面积增长率也加快(表2),但超过1 mmol/L 时,增长率则减慢。叶片增长率以1 mmol/L 浓度最佳,浓度过高则下降。由此可见,1 mmol/L  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$  是墨兰一年生叶片生长的最适浓度。至于二年生叶片的第1叶和第2叶的面积增长率,在0-10 mmol/L 浓度范围内,随浓度提高而加快,10 mmol/L 处理的叶片最宽,但对叶长无明显影响(资料未列出)。

表2 不同磷水平对墨兰一年生叶片面积和长度增长的影响(处理后15-22周)  
Table 2 Effects of different levels of phosphorus on increasing rates of area and length of one-year-old leaves in *C. sinense* (15-22 weeks after treatment)

NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> (mmol/L)	Increasing rate of leaf area(%)			Increasing rate of leaf length(%)		
	1st leaf	2nd leaf	3rd leaf	1st leaf	2nd leaf	3rd leaf
0.00	19.07±0.70 (100)	8.82±0.41 (100)	9.33±0.75 (100)	50.53±3.70 (100)	34.75±1.92 (100)	26.15±1.13 (100)
0.02	21.01±1.12 (110.2)	12.46±0.54 (141.3)	9.62±0.73 (103.1)	60.86±4.53 (120.4)	39.34±1.87 (113.2)	33.08±2.02 (126.5)
0.20	33.6±1.72 (176.4)	20.62±1.02 (233.8)	10.54±0.42 (113.0)	62.96±3.20 (124.6)	43.27±2.23 (124.5)	29.19±1.82 (111.6)
1.00	34.62±2.38 (181.5)	21.11±0.97 (239.3)	15.16±1.40 (162.5)	64.83±4.12 (128.3)	46.86±3.12 (134.9)	35.33±1.67 (135.9)
10.00	26.42±0.98 (138.5)	13.86±0.82 (157.1)	14.51±0.70 (155.5)	63.95±3.00 (126.6)	39.51±1.67 (113.7)	30.00±2.19 (114.7)

\* 叶片由里往外数 Leaf number was counted from inside to outside

### 三、植株鲜重、干重和含水量

在磷饥饿后补给磷以前选取生长比较一致的植株,称鲜重。补给磷6个月后再测其鲜重、干重和含水量。表3说明处理后6个月,无论鲜重或者干重,都以1mmol/L处理最显著,而各处理之间的植株含水量则无差异。

### 四、植株外形和发病率

从植株外形(图1)来看。完全缺磷时植株矮小,1mmol/L处理的植株最壮,根系也发达。缺磷处理植株叶片的褐斑病病斑<sup>[4]</sup>最多,说明它的抗病力差。随着磷浓度的提高,病斑减少,抗病力提高(图2)。



图1 不同磷水平对墨兰植株的影响

Fig. 1 Effects of different levels of phosphorus on *C. sinense* plant

表3 不同磷水平对墨兰植株鲜重、干重和含水量的影响  
Table 3 Effects different levels of phosphorus on fresh weight, dry weight and water content of *C. sinense* plant

NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> (mmol/L)	Before treatment    6 months after treatment			
	Fresh weight(g)	Fresh weight(g)	Dry weight(g)	Water content(%)
0.00	45.26±2.21	76.81±2.39 (100)	11.76±9.37 (100)	84.69 (100)
0.02	47.76±3.15	92.25±2.75 (120.1)	13.63±0.35 (115.9)	85.22 (100.6)
0.20	45.97±1.90	94.43±2.66 (122.9)	15.11±0.51 (128.5)	84.01 (99.2)
1.00	47.25±3.83	102.61±2.68 (133.6)	16.28±0.28 (138.4)	84.13 (99.3)
10.00	44.20±1.81	96.27±1.84 (125.3)	14.37±0.28 (122.3)	85.07 (100.5)

### 五、光合速率和呼吸速率

在处理6个月的叶片光合速率随磷浓度加大而增高, 1mmol/L处理的光合速率最高, 10mmol/L处理有些下降。呼吸速率也有相同的趋势, 根、假球茎和叶片的呼吸都是以1mmol/L处理最强(表4)。

表4 不同磷水平对墨兰光合速率和呼吸速率的影响(处理6个月)  
Table 4 Effects of different levels of phosphorus on photosynthetic rate and respiratory rate of *C. sinense* (six months after treatment)

NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> (mmol/L)	Photosynthetic rate, $\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (2nd leaf)	Respiratory rate $\mu\text{l O}_2 \cdot \text{g}^{-1} \text{FW h}^{-1}$		
		Root	Pseudocourm	leaf (3rd leaf)
0.00	1.57±0.058 (100)	16.22±0.55 (100)	50.38±2.83 (100)	37.50±2.97 (100)
0.02	1.83±0.058 (116.6)	18.44±1.23 (113.7)	55.37±0.14 (109.9)	47.67±3.02 (127.1)
0.20	2.18±0.099 (138.9)	23.93±0.95 (147.5)	64.64±4.72 (128.3)	53.99±0.90 (144.0)
1.00	2.41±0.085 (153.5)	26.22±2.29 (161.7)	80.10±7.13 (159.0)	57.36±1.75 (153.0)
10.00	2.08±0.196 (132.5)	21.15±3.72 (130.4)	58.63±0.05 (116.4)	49.61±1.90 (132.3)

## 六、花芽出现和开花

从表5可见, 经磷处理植株的花芽出现早, 而且每株的花数多、花梗粗大, 其中以 1mmol/L 处理最显著。

表5 墨兰在不同磷水平条件下花芽出现和开花的变化

Table 5 Changes of emerged time of flower bud and flowering of *C. sinense* under different phosphorus levels

NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> (mmol/L)	Emerged time of flower bud	Diameter of floral axis(mm)	Flower no. per plant*
0.00	Jan: 23-25, 1992	2.7	6.33±0.58
0.02	Dec. 10-15, 1991	3.3	8.33±0.58
0.20	Nov. 17-23, 1991	3.7	10.67±0.58
1.00	Dec. 1-4, 1991	4.8	13.33±1.41
10.00	Dec. 17-19, 1991'	4.5	13.00±1.00

\* 每株只有一花序 One plant has only one inflorescence

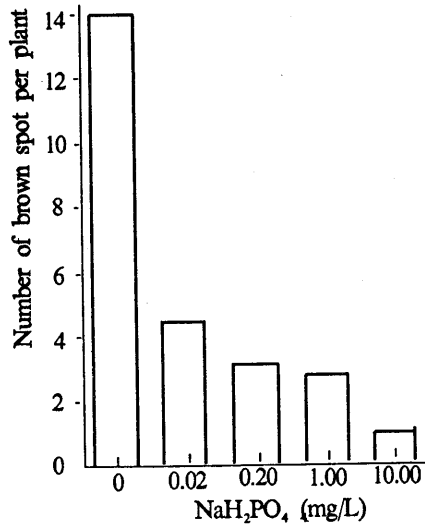


图2 不同磷水平条件下墨兰叶片褐斑病病斑数目的变化

Fig. 2 Changes of *Cloeosporium orchideorum* spots in *C. sinense* leaves grown in different levels of phosphorus condition

## 讨 论

磷素营养是植物生长发育的重要营养因子之一, 它广泛地影响各种主要生理生化活动<sup>[5,7]</sup>, 最终影响植物的生长发育。

本试验表明, 缺磷时, 墨兰光合作用受抑制。前人也有同样的报道。低磷处理使大豆叶片

光合速率下降<sup>[9]</sup>。低磷处理也降低甜菜叶片卡尔文循环三个限制酶(NADP-G3P脱氢酶、PGA激酶和Ru5P激酶)的活性,使RuBP重新合成受阻,从而抑制光合过程<sup>[10]</sup>。

我们观察到磷会抑制墨兰根部、假球茎和叶片的呼吸速率。Duff等<sup>[8]</sup>报道,磷饥饿会降低幽芥(*Brassica nigra*)叶柄悬浮细胞的糖酵解酶的活性,降低ATP、ADP和果糖-2,6-二磷酸含量,诱导出现糖酵解‘旁路’。Theodorou等<sup>[11]</sup>认为,磷不足时,小形月芽藻(*Selenastrum minutum*)的ADP含量低,丙酮酸激酶活性受限制,呼吸速率下降;与此同时,PEP羧化酶和PEP磷酸酯酶活性加强,绕过丙酮酸激酶而使Pi迅速再循环到叶绿体,所以流动到三羧酸循环的碳数量减少,呼吸作用严重受抑制。我们未发表的工作也证实,墨兰缺磷时叶片ATP含量下降。

由此可见,缺磷使光合作用和呼吸作用都受阻,因此墨兰的生长发育受抑制。

缺磷之所以使墨兰叶片的褐斑病严重,可能因为缺磷时呼吸弱,氧化能力低,叶片易受病菌侵染;加上缺磷抑制植株对钾的吸收<sup>[1]</sup>,所以缺磷处理的植株抗病力低。

根据上述结果,我们认为,在墨兰叶芽生长期,NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>的最适浓度是0.2 mmol/L;在叶片张开以后,1 mmol/L NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>是一年生叶片生长和开花的最适浓度。

#### 参考文献

- [1] 王永锐, 水稻营养和合理施肥. 科学出版社, 1989, 47.
- [2] 叶庆生、潘瑞炽、丘才新, 墨兰叶片结构及光合作用的研究. 植物学报, 1992, 34(10):771-776.
- [3] 邹邦基、何雪晖, 植物的营养. 农业出版社, 1985, 147.
- [4] 吴应祥, 中国兰花. 中国林业出版社, 1991, 108.
- [5] 浙江农业大学, 农业化学. 上海科学技术出版社, 1980, 85-89.
- [6] 潘瑞炽、陈俊贤, 硝态氮和铵态氮对墨兰生长发育的影响. 云南植物研究(排印中).
- [7] Clarkson, D.T. J.B. Hanson, The mineral nutrition of higher plants. Ann. Rev. Plant Physiol, 1980, 31: 239-298
- [8] Duff, S.M.G., G.B.G. Moorhead, D.D. Lefebvre, et al., Phosphate starvation inducible "bypasses" of adenylate and phosphate dependent glycolytic enzymes in *Brassica nigra* suspension cells. Plant Physiol, 1989, 90:1275-1278.
- [9] Fredeen, A.I., I.M. Rao and N. Terry, Influence of phosphorus nutrition on growth and carbon partitioning in *Glycine max*. Plant Physiol. 1989, 89:225-230.
- [10] Rao, I.M., A.R. Arulanantham, N. Terry, Leaf phosphate status, photosynthesis and carbon partitioning in sugar beet. II. Diurnal changes in sugar phosphatase, adenylates and nicotinamide nucleotides. Plant Physiol., 1989, 90:820-826.
- [11] Theodorou, M.E., I.R. Elrifi, D.H. Turpin, et al, Effects of phosphorus limitation on respiratory metabolism in the green alga *Selenastrum minutum*. Plant Physiol., 1991, 95:1089-1095.

# EFFECTS OF DIFFERENT PHOSPHORUS LEVELS ON GROWTH, DEVELOPMENT AND SOME PHYSIOLOGICAL CHARACTERISTICS IN *CYMBIDIUM SINENSE* FOLLOWING PHOSPHORUS STARVATION

Pan Ruichi Liang Xuye

(Research Center for Chinese Orchids, South China Normal University, Guangzhou 510631)

## Abstract

*Cymbidium sinense*(Andr.) Willd. Plants were cultured hydroponically and used vermiculite as cultured substrate for several months in 5 levels of  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$  following phosphorus starvation treatment in order to find the most suitable concentration of phosphorus for their growth and development. The results indicated that  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$  at 0.20 mmol/L was the most beneficial to the growth of leaf bud. After leaf expanding, the optimum concentration for the growth of one-year-old leaves and for flowering was 1 mmol/L  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$ . In addition, this treatment showed the best in promoting photosynthetic rate and respiratory rate, and in increasing the ability to resist *Gloeosporium orchideorum* disease.

**Key words:** *Cymbidium sinense* (Andr.) Willd; Phosphorus level; Leaf growth; Photosynthetic rate; Respiratory rate