

不同钾水平对钾饥饿墨兰生长发育和生理的影响

潘瑞炽 陈健源 温兆清

(华南师范大学国兰研究中心, 广州 510631)

摘 要

墨兰钾饥饿两个月后, 培养在低于 10mmol/L 的不同钾水平的营养液中, 以比较各处理植株的生长发育、抗病和生理反应。结果表明: 在正常生长状态下, 墨兰体内钾含量高于氮和磷, N、P、K 三者比例为 6:1:9, 因此栽培墨兰要重视钾肥。墨兰在缺钾 (0 mmol/L) 或低钾 (0.1mmol/L) 条件下生长不良、花数少, 叶片褐斑病较多; 当供给较高钾含量 (1、5 或 10mmol/L) 时, 植株生长良好, 光合速率和呼吸速率亦高, 根系活力较强, 叶片生长快, 花数多, 褐斑病发病率低。作者认为, 5mmol/L 钾水平的营养液较适合于墨兰生长发育。

关键词: 墨兰; 钾; 生长; 光合速率; 呼吸速率

墨兰 [*Cymbidium sinense* (Andr.) Willd.] 分布于台湾、福建南部、广东、海南、广西、云南等省区⁽¹⁾, 春节前后开花, 气味幽香纯正, 叶黑绿有光泽, 倍增节日气氛, 故素为群众喜爱。关于兰花的矿质营养研究, 过去多以洋兰为材料, 对国兰研究甚少, 只有对蕙兰最适氮营养和磷营养的研究作过报道⁽¹⁵⁾。为了有效地利用和开发墨兰资源, 我们系列地研究墨兰的矿质营养。有关氮素和磷素对墨兰生长发育和生理生化的影响, 已另有报道^(8,9,18)。本文探求不同钾水平对经过钾饥饿的墨兰生长、开花、抗褐斑病和生理的影响, 为墨兰合理栽培管理提供科学依据。

材料和方法

材料的培养和处理 植株无土栽培方法基本与前文⁽⁸⁾相同, 但培养介质改为蛭石和粗砂等量混合。待植株生长稳定后, 转入缺钾溶液培养, 以 NaH_2PO_4 代替 KH_2PO_4 和 KNO_3 。钾饥饿 2 个月后, 5 月中旬分别转入含有 5 种钾水平的培养液中 (其它营养成分和浓度相同)。5 种钾水平分别是: 0、0.1、1、5、和 10mmol/L KCl (以下简称 K_0 、 $\text{K}_{0.1}$ 、 K_1 、 K_5 和 K_{10} 处理)。进行正常栽培管理。

测定方法 叶片生长速率用比初始增长百分比表示, 生殖生长期观察花芽出土时间和花朵数等。定期观察褐斑病发生情况。氮含量测定用凯氏法, 磷含量测定用磷钼比色法, 钾含量测定用火焰分光光度计。光合速率测定用红外 CO_2 分析仪⁽²⁾, 呼吸速率测定用瓦氏呼吸计法, 叶绿素含量用 Arnon 法测定。根系活力依袁晓华等⁽⁷⁾方法测定。墨兰对 K^+ ($^{86}\text{Rb}^+$) 的

吸收及其在体内分布用 G-M 计数计测定^[1]。以上测定均重复 3 次以上。

实验结果

一、体内钾、氮和磷含量

从表 1 可见,墨兰各器官的钾含量随外施钾浓度升高而增高;随着处理后时间的延长,各处理间的差异增大。在不同钾处理植株中,都是以假球茎^[10]的钾含量最高,叶次之,根最少。说明假球茎是钾的主要贮藏器官,而根部的钾可能主要运到地上部^[13],所以根部钾含量少。

在供给不同钾浓度条件下,墨兰体内 N、P、K 含量有不同的变化(图 1)。随着外界钾浓度增高,体内钾含量亦增多,磷含量无显著变化,而氮含量则略有降低。墨兰体内 N、P、K 比例随供给钾浓度增高而异。以植株生长较好的 K₅ 处理来看,体内 N、P、K 比例为 6:1:9。由此可见,钾是墨兰体内含量较多的元素。

表 1 不同钾水平下墨兰体内的钾含量(干重%)

Table 1 K content (%DW) in *Cymbidium sinense* under various K level conditions

器官 Organ	处理后 3 个月 3 months after treatment					处理后 5 个月 5 months after treatment				
	3 months after treatment					5 months after treatment				
	K ₀	K _{0.1}	K ₁	K ₅	K ₁₀	K ₀	K _{0.1}	K ₁	K ₅	K ₁₀
假球茎 Pseudocorm	2.20	2.98	3.30	3.46	3.85	1.37	2.25	3.50	3.80	4.25
叶 Leaf	1.84	2.74	3.12	3.34	3.61	0.85	1.95	3.28	3.50	3.82
根 Root	1.62	2.53	3.00	3.19	3.48	0.80	1.76	3.07	3.25	3.58

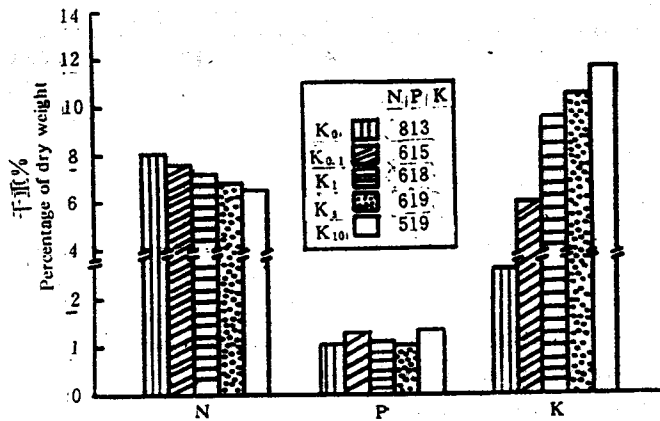


图 1 不同钾水平下墨兰体内 N、P、K 含量和比例(处理后 5 个月)

Fig. 1 The contents of N, P and K and their ratios in *C. sinense* with different K level conditions (5 months after treatment)

二、叶片生长和褐斑病

不同钾水平对各叶位叶片生长速率的影响不同。较老的第一叶(由外向内计)受钾浓度的影响较小,在处理 14 周后生长达到最大。生长旺盛的第二叶在处理 12—16 周内生长最快,之后渐趋于稳定(图 2)。幼嫩的第三叶在测量期间内生长一直上升。各叶位叶片生长速

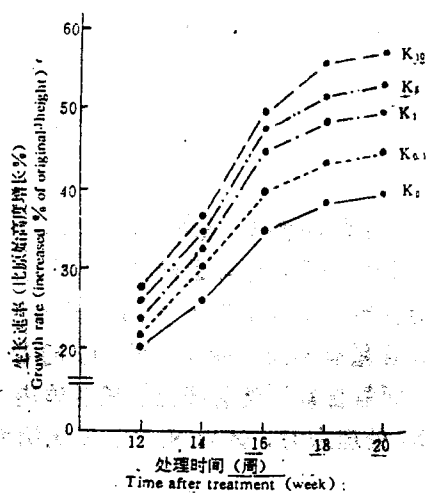


图2 不同钾水平对墨兰第2叶位叶片生长速率的影响

Fig. 2 Effects of different K levels on growth rate of 2nd position leaves

(counted from outside to inside) in *C. sinense*

表2 不同钾水平对墨兰褐斑病发生的影响 (1992, 7. 30)

Table 2 Effects of different K levels on brown spot disease (*Gloeosporium orchideorum*) occurred in *C. sinense* leaf (30th, July 1992)

处理 Treatment	各级病叶数 Number of diseased leaf in different grades					病叶总数 Total number of diseased leaf	发病率 Rate of disease (%)	病情指数 Disease index (%)
	0	1	2	3	4			
K ₀	6	9	3	10	2	30	80.0	44.2
K _{0.1}	9	12	3	6	0	30	70.0	30.0
K ₁	22	7	1	0	0	30	26.7	7.5
K ₅	24	6	0	0	0	30	20.0	5.0
K ₁₀	20	7	3	0	0	30	33.3	10.8

分级标准 Grade standard;

0. 无病 no disease spot;
1. 叶片病斑少 (<5个) 且小 (直径<1cm) Fewer (<5) and smaller (diam<1 cm) disease spots;
2. 叶片病斑少而大 Fewer and larger disease spots;
3. 叶片病斑多而小 More and smaller disease spots;
4. 叶片病斑多而大 More and larger disease spots.

发病率 (%) = 病叶总数 / 调查总叶数 × 100

$$\text{Rate of disease (\%)} = \frac{\text{Number of disease leaf}}{\text{Total number of leaf}} \times 100$$

病情指数 (%) = Σ (各级发病数 × 各级代表值) / 调查总数 × 最高级代表值 × 100

$$\text{Disease index (\%)} = \frac{\Sigma (\text{number of diseased leaf} \times \text{value of different grades})}{\text{Total number of leaf} \times \text{value of the superlative grade}} \times 100$$

率都随钾浓度增加而增加, 其中以 K₁₀ 处理最显著。

褐斑病 (又称炭疽病) (病原菌为 *Gloeosporium orchideorum*) 是墨兰常见病害, 叶片出现褐色斑点或轮纹状斑痕。表2显示, 缺钾 (K₀) 处理或低钾 (K_{0.1}) 处理的发病率高, 钾素较充分 (K₁、K₅、K₁₀ 处理) 时发病率明显下降, 其中以 K₅ 处理最低。这说明钾能降低墨兰褐斑病发病率。

三、花芽形成和开花

K_0 处理的花芽形成较晚,花梗较细弱,花朵少。随着供给钾水平增高,花芽出土较早,花梗较粗,花数增多。 K_5 处理的花芽出土较 K_0 处理早 20d,花梗粗一倍,每株花数多 7—9 朵(表 3)。在实验期间遇适低温, K_0 处理的花凋落, $K_{0.1}$ 处理的叶片萎蔫,而 K_1 、 K_5 和 K_{10} 处理则安全渡过寒潮,这可能是钾能促进糖类的形成,降低细胞液渗透势,防止脱水,保持膜结构正常,提高抗冷性⁽³⁾。

同位素实验证明,墨兰花芽生长期根部吸收的 K^+ ($^{86}Rb^+$),在 120h 内大部分仍留在根部,约有 15% 向上运输至花芽,10% 左右运到假球茎, K^+ 基本上没有向叶片运输(图 3)。花芽生长是生殖生长期的代谢中心, K^+ 向花芽运输以满足其需要。因此生殖生长前期追施钾肥对墨兰开花有利。

表 3 不同钾水平对墨兰花芽形成和开花的影响

Table 3 Effects of different K levels on floral bud formation and flowering in *C. sinense*

处理 Treatment	K_0	$K_{0.1}$	K_1	K_5	K_{10}
花芽形成日期 Floral bud formation date	28/12	15—25/12	10—15/12	5—7/12	7—11/12
花轴直径 Floral axis diameter (mm)	2.0	3.1	4.3	4.7	4.5
花数/株 Flower No. /plant	4	6—7	8—10	11—13	8—10

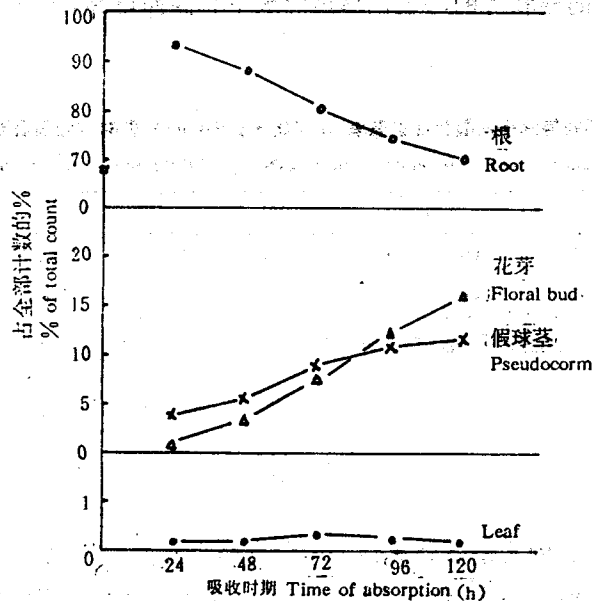


图 3 K^+ ($^{86}Rb^+$) 在墨兰中的分布 (生殖期)

Fig. 3 Distribution of K^+ ($^{86}Rb^+$) in *C. sinense* during reproductive stage

四、光合速率和叶绿素含量

^{14}C 试验证明,钾能提高墨兰叶片光合速率(表 4)。 K_1 处理即有较显著的效应, K_5 处理

的光合速率最高。不同钾浓度处理之间叶绿素含量没有显著差异；随着处理后时间的延长，各处理的叶绿素含量都略有增高（表4）。

表4 不同钾水平对墨兰光合速率和叶绿素含量的影响

Table 4 Effects of different K levels on photosynthetic rate and chlorophyll content in *C. sinense*

处理 Treatment	光合速率 Photosynthetic rate cpm · g ⁻¹ DW h ⁻¹	叶绿素含量 Chlorophyll content mg · g ⁻¹ FW			
		处理后时间 Time after treatment			
		4 months after treatment	3 months	4 months	5 months
K ₀	30.2 ± 0.26 ^a	1.27 ± 0.02	1.39 ± 0.03	1.45 ± 0.05	
K _{0.1}	43.1 ± 0.30 ^b	1.26 ± 0.03	1.41 ± 0.04	1.54 ± 0.04	
K ₁	65.0 ± 0.28 ^c	1.32 ± 0.03	1.47 ± 0.02	1.50 ± 0.03	
K ₅	73.2 ± 0.42 ^c	1.34 ± 0.04	1.48 ± 0.05	1.50 ± 0.03	
K ₁₀	67.8 ± 0.36 ^c	1.36 ± 0.02	1.49 ± 0.04	1.54 ± 0.06	

行内不同字母表示处理间 P=0.05 显著差异

Means within a column followed by different letters indicate significant difference between treatments at P=0.05

五、呼吸速率

从表5可知，墨兰的根和叶的呼吸速率随钾水平升高而增高，其中 K₁、K₅ 和 K₁₀ 等处理的增加较明显。

表5 不同钾水平对墨兰呼吸速率 (μl CO₂ · g⁻¹FW h⁻¹) 影响 (处理后五个月)

Table 5 Effects of different K levels on respiratory rate (μl CO₂ · g⁻¹FW h⁻¹) in *C. sinense* (5 months after treatment)

部分 Part	K ₀	K _{0.1}	K ₁	K ₅	K ₁₀
根 Root	42.1 ± 3.1	50.3 ± 2.8 [*]	58.2 ± 2.4 [*]	62.3 ± 4.1 [*]	60.2 ± 5.1 [*]
叶 Leaf	36.7 ± 5.6	46.6 ± 3.5 [*]	54.2 ± 3.8 ^{**}	58.9 ± 3.1 ^{**}	58.1 ± 2.7 ^{**}

*和**：分别为5%和1%显著性，Significant at 5% and 1% level, respectively

讨论

墨兰体内的氮、磷、钾含量随外界钾浓度升高而有所变化，氮略下降，磷无变动而钾则显著增多。以对生长最适宜的 K₅ 处理为例，N:P:K=6:1:9。钾最多，氮其次，磷很少。Withner 等⁽¹⁰⁾分析卡德亚兰成熟叶和假鳞茎的 N、P、K 含量分别是干重的 0.85%，0.11% 和 1.80%，它们的比例是 7.7:1:16.3。生产实践经验告诉我们，栽培墨兰要重视氮肥但不能偏施氮肥，否则病害增多甚至萎蔫枯死⁽⁸⁾

适施钾肥能减少墨兰叶片褐斑病发病率。Goss⁽¹²⁾也有类似报道。我们未发表的资料证实，

钾加强墨兰纤维素的合成,改善细胞结构,加上钾处理植株的游离氨基酸减少,就不易感染病菌。因此,为了更好地控制墨兰病害的发生,保证墨兰的钾营养是十分必要的。

钾素显著提高墨兰叶片的光合速率。据报道,钾能使苜蓿叶片的 RuBPcase 活性加强^[14],也提高水稻非环式光合磷酸化活性^[6]。然而,不同钾浓度处理的叶绿素含量基本一致,与光合速率变化趋向不相同。电镜工作表明,缺钾时水稻叶绿体基粒较少,叶绿素光化学活力下降^[6]。我们多次观察到,墨兰受伤甚至干死后,叶片仍保留较多叶绿素(但叶色暗绿),可见墨兰叶绿素含量水平不一定反映其光合性能。

钾素显著促进墨兰的根和叶的呼吸速率。陈健源等未发表资料表明,随着钾浓度的升高,墨兰的丙酮酸激酶活性提高2倍到10倍,促进糖酵解过程,形成丙酮酸,提高呼吸速率。

由于根呼吸和根系活力密切相关,所以墨兰根系活力随钾浓度升高而增强。我们实验查明,在处理7个月, K₀处理的根系活力大幅度下降,仅为其他处理的36—45% (表6)。根系活力下降,吸收矿质养分的能力也降低。

细胞吸水或失水是直接由于 K⁺ 的吸入或排出而引起的^[6],钾多吸水较多。钾又可增加细胞中的束缚水量。本试验证实,随着外界钾浓度增高,叶片含水量也高(表6)。

表6 不同钾水平对墨兰根系活力和叶片含水量的影响

Table 6 Effects of different K levels on root system vigor and leaf water content in *C. sinense*

处理 Treatment	根系活力 Root system vigor ^a ($\mu\text{g TTC} \cdot \text{g}^{-1} \text{FW h}^{-1}$)	叶片含水量 Leaf water content ^b (% FW)
K ₀	85.3 ± 5.2	78.2
K _{0.1}	187.7 ± 7.3*	80.5
K ₁	220.4 ± 8.4**	81.7
K ₅	236.5 ± 7.5**	85.4
K ₁₀	225.8 ± 6.4**	83.8

a: 处理后7个月 7 months after treatment b: 处理后5个月, 5 months after treatment

* P=0.05 ** P=0.01

因为钾素促进光合作用、呼吸作用和根系活力,所以形成较多光合产物和吸收较多矿质元素和水分,叶片生长快。据报道,钾浓度升高会促进万代兰^[11]和卡德利亚兰^[16,17]营养生长。由于花芽生长时有较多 K⁺ 运向花芽,因此墨兰生殖生长前期施用钾肥,可使花早开、花梗短、花多。

墨兰栽种在不同钾水平条件下,除了叶片生长速率以 K₁₀处理最快以外,光合速率、呼吸速率、根系活力、每株花数、抗褐斑病等都是 K₅处理最佳。从生理效应、生长发育效果和节省肥料等角度来衡量,作者认为,5mmol/L 钾水平的营养液比较适合于墨兰的生长发育。

参 考 文 献

- 1 中山大学生物系同位素实验室. 核技术在生物学中应用实验. 北京: 原子能出版社, 1985, 62—66
- 2 叶庆生, 潘瑞炽, 丘才新. 墨兰叶片结构及光合作用研究. 植物学报, 1992, 34 (10), 771—776
- 3 孙羲. 植物钾素营养发展概况. 见: 土壤养分、植物营养与合理施肥. 孙羲主编. 北京: 农业出版社, 1983, 119—136
- 4 吴应祥. 中国兰花. 北京: 中国林业出版社, 1991, 10
- 5 邹邦基, 何雷辉. 植物的营养. 北京: 农业出版社, 1985, 164—170
- 6 饶立华, 蒋德安, 薛建明等. 钾营养对水稻光合器功能的效应与谷粒产量的影响. 植物生理学报, 1989, 15 (2) 191—197
- 7 袁晓华, 杨汉中. 植物生理生化实验. 北京: 高等教育出版社, 1984, 217—232
- 8 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, 1994, 16 (3), 285—290
- 9 潘瑞炽, 梁旭野. 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. 热带亚热带植物学报, 1993, 1 (1), 71—77
- 10 潘瑞炽. 关于兰属“假鳞茎”一词之我见. 中国兰花, 1992, 2, 22—23
- 11 Cibes H R, Cernuda C, Loustalot A J. *Vonille* physiological studies. Puerto Rico Fed Expt Sta Rpt, 1948, 21—23
- 12 Goss R L. The effects of potassium on disease resistance. In: The role of potassium in agriculture. Madison, 1968, 221—241
- 13 Mengel K, Kirkby E A. Principles of plant nutrition (3rd ed). International Potash Institute, Worblaufen-Bern, 1982, 417—419
- 14 Peoples T R, Koch D W. Role of potassium in carbon dioxide assimilation in *Medicago sativa* L. Plant Physiol, 1979, 63, 878—881
- 15 Poole H A, Seeley J G. Nitrogen, potassium and magnesium nutrition of three orchid genera. J Amer Soc Hort Sci, 1978, 103, 485—488
- 16 Poole H A, Sheehan T J. Effects of levels of phosphorus and potassium on growth, composition and incidence of leaf-tip die-back in *Cattleya* orchids. Proc Fla State Hort Soc, 1970, 83, 465—469
- 17 Poole H A, Sheehan T J. Mineral nutrition of orchids. In: Orchid Biology, Reviews and perspectives II (J. Arditti ed). Cornell University Press, 1982, 197—212
- 18 Wen Z Q, Hew C S. Effects of nitrate and ammonium on photosynthesis, nitrogen assimilation and growth of *Cymbidium sinense*. J Singapore Nat Acad Sci, 1992, 20, 4—6
- 19 Withner G L, Van Camp J. Orchid leaf analysis. Amer Orchid Soc Bull, 1949, 17, 662—663

INFLUENCE OF DIFFERENT POTASSIUM LEVELS ON GROWTH, DEVELOPMENT AND PHYSIOLOGY IN *CYMBIDIUM SINENSE* FOLLOWING POTASSIUM STARVATION

Pan Ruichi Chen Jianyuan Wen Zhaoqing

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

Abstract

Cymbidium sinense (Andr.) Willd. plants were cultured hydroponically in nutrient solution at different K levels following K starvation in order to compare their growth, development, disease resistance and some physiological characters. In normal culture condition, the content of K was more than that of N and P, the ratio of N, P, K was 6 : 1 : 9. Therefore, attention should be paid to K fertilizer in cultivated *C. sinense*. Plant grown at K deficient (0 mmol/L) or low K (0.1 mmol/L) medium showed inferior growth, fewer flower number and much brown spot disease. If plant grew at normal K supplied conditions (1, 5 or 10 mmol/L), higher rates of photosynthesis, respiration and stronger activity of root system occurred. Those plants grew rapidly in leaf, existed a considerable number in flower and low rate in leaf brown spot disease. Authors suggest that 5 mmol/L of K is suitable for *C. sinense* growth.

Key words: *Cymbidium sinense* (Andr.) Willd.; Potassium; Growth;
Photosynthetic rate; Respiratory rate