

# 蝴蝶兰花芽诱导过程中碳水化合物在叶与腋芽中的分配变化

黄胜琴, 李永涛, 吕翠婷, 雷洪波, 叶庆生\*

(华南师范大学生命科学学院, 广东省植物发育生物工程重点实验室, 广州 510631)

**摘要:** 研究了粉色蝴蝶兰 (KM833) 在两个不同条件下处理 (处理组: 人工气候箱, 日/夜温 25℃/20℃; 对照组: 温室大棚生长条件) 过程中叶片和腋芽中碳水化合物在叶与腋芽中的分配变化。结果发现对照的蝴蝶兰新叶开始时面积增长较快, 但最后的叶面积的大小基本相同, 处理组的单位叶面积干样质量在 15 d 后超过对照组; 处理组蝴蝶兰叶片还原糖含量在 20 d 达到 1 个小高峰后下降, 在 30 d 后开始急剧上升, 至 50 d 达到最大值 (31.08 mg · g<sup>-1</sup>DM), 对照组的蝴蝶兰叶片还原糖含量在整个试验期间则较为恒定且缓慢地增长, 腋芽中的还原糖含量则随时间而下降; 两种处理蝴蝶兰叶片的可溶性糖和淀粉含量均随着时间的进程而逐步升高, 处理组的蝴蝶兰腋芽中的可溶性糖和淀粉含量则在处理 15 d 内有个快速增加后缓慢下降的过程, 对照组腋芽的三类碳水化合物在处理期间处于上升趋势。无论在叶还是腋芽中, 诱导组的碳水化合物含量均高于对照组。

**关键词:** 蝴蝶兰; 成花诱导; 碳水化合物

**中图分类号:** S 682.31 **文献标识码:** A **文章编号:** 0513-353X (2007) 06-1515-05

## Changes in Carbohydrates Distribution in *Phalaenopsis* Leaves and Axillary Buds During Floral Induction

HUANG Sheng-qin, LI Yong-tao, LÜ Cui-ting, LEI Hong-bo, and YE Qing-sheng\*

(College of Life Science, Guangdong Provincial Key Laboratory of Biotechnology for Plant Development, South China Normal University, Guangzhou 510631, China)

**Abstract:** The changes of carbohydrates distribution in *Phalaenopsis* leaves and axillary buds were studied by two different temperature treatments. The experimental group was cultivated at 25℃/20℃ (day/night), while the control group (control) was carried out in the plastic greenhouse. The results showed that areas of the young leaves increased faster in control than those of the experimental groups in primary stage of the experiment, but their area of mature leaves were approximately equal; while the dry mass of specific leaf area in experimental group exceeded that of control after 15 d treatment. Reducing sugar content of *Phalaenopsis* leaves in experimental group dropped after reaching a peak at 20 d, and then elevated rapidly after 30 d and got the largest value which was 31.08 mg · g<sup>-1</sup>DM at 50 d. While reducing sugar content in the axillary buds descended gradually. The content of soluble sugar, starch and total sugar in *Phalaenopsis* leaves rose under the two treatments, but these carbohydrates of *Phalaenopsis* axillary buds in experimental group increased rapidly in 15 d and then decreased slowly, at the same time these substances in axillary buds of control increased during the whole experiment. However, the total carbohydrates contents in both leaves and axillary buds in the experimental group were higher than those in control during the period of treatment.

**Key words:** *Phalaenopsis*; Floral induction; Carbohydrate

收稿日期: 2007-06-08; 修回日期: 2007-09-13

基金项目: 广东省自然科学基金项目 (011461); 广东省自然科学基金团队项目 (003062); 广东省重大科技专项 (2003A2010401)

\* 通讯作者 Author for correspondence (E-mail: ye-lab@scnu.edu.cn)

在广州地区,为了使蝴蝶兰 (*Phalaenopsis*) 能在春节开花,需在 8 月底送往高山地区 (30℃/20℃左右,日/夜温度,下同) 诱导 50~60 d。粉花蝴蝶兰 ‘KM 833’ 成花诱导的最佳温度为 25℃/20℃,诱导开花率是 100%,诱导 (35±4) d 即可抽出花序轴,而 30℃/28℃ 则无法完成成花诱导,一直处于营养生长状态 (黄胜琴等,2003)。蝴蝶兰达到一定的生育期 (至少 3~4 片叶),植株积累了足够的养分——光合作用产物,在 25℃/20℃ 温度的刺激下可由营养生长向生殖生长转变。在荔枝成花研究中发现淀粉含量分布可能是荔枝枝梢接受成花诱导,反映诱花效果的一个标志 (陈厚彬等,2004)。李晖和李嘉慧 (1996) 以蝴蝶兰为材料研究了花序轴抽出后的碳水化合物的变化,但未系统研究营养生长向生殖生长关键转变时期该类物质的变化。作者以粉花蝴蝶兰为材料,探讨花芽诱导过程中养分 (碳水化合物) 在叶与腋芽中的转变,为研究成花诱导的机理和调控花期提供参考。

## 1 材料与方 法

选取健康、无病虫害、生长一致的粉花蝴蝶兰 ‘KM833’ 分成两组。处理组置于人工气候箱中培养 (Heraeus HPS 2000),光照强度约为 (400±30) μmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>,12 h·d<sup>-1</sup>,湿度为 80%~85%,日/夜温度 (25±1)℃/(20±1)℃。对照组置于温室大棚中。水帘—抽风降温系统,温度变化见图 1,75% 遮光,光照强度近似于 400 μmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>。试验于 2005 年 7 月 3 日~8 月 22 日进行,共 50 d。期间每周施 1/2 Hogland 营养液 1 次,2~3 d 浇透水 1 次。在处理 5、10、15、20、25、30、40、45 和 50 d 分别取样测定蝴蝶兰第 1 片叶的叶面积、单位叶面积的干样质量、第 3 片叶和第 3 片叶下的腋芽中还原糖、可溶性糖、淀粉等含量的变化。其中一部分腋芽用卡诺固定液进行固定后做成石蜡切片在显微镜下观察花序原基的发生情况;叶的面积根据叶长×宽×0.825 来估算 (林晋敏和李晖,1988);单位叶面积的干样质量变化可用打孔器钻取单位面积的叶进行烘干来测定;按水杨酸比色法测定叶和腋芽中还原糖的含量 (袁晓华和杨中汉,1983);蒽酮比色法测定可溶性糖的含量 (张志良和瞿伟菁,2003),提取还原糖、可溶性糖后所得残渣,加入 20 mL 热蒸馏水,再加入 2 mL 20% 硫酸溶液,放入沸水浴中提取 60 min,使淀粉完全水解为葡萄糖。按蒽酮比色法测定葡萄糖的量,乘以 0.9 转化为淀粉含量。以上试验均重复 3 次。

## 2 结果与分析

### 2.1 温度处理对蝴蝶兰成花诱导和叶片生长的影响

蝴蝶兰在 25℃/20℃ 处理 32 d 左右即可抽出花序轴,50 d 后长达 (1.8±0.5) cm,花芽诱导率为 100%,而温室大棚 [平均日温为 (29.7±1.7)℃,平均夜温是 (26.4±2.2)℃] 中的蝴蝶兰在整个试验期间 (50 d) 内都未见有花序轴的伸长。石蜡切片观察发现 25℃/20℃ 处理后 10~15 d 腋芽顶端分生组织从营养生长锥向生殖生长锥转变形成花序原基。

对照组的蝴蝶兰 25 d 后叶面积达到最大值,以后不再增大;而处理组的叶面积增长速率低于对照组,35 d 后停止增长 (图 2),此时已完成花芽分化,花序轴刚抽出。但在两种环境中生长的

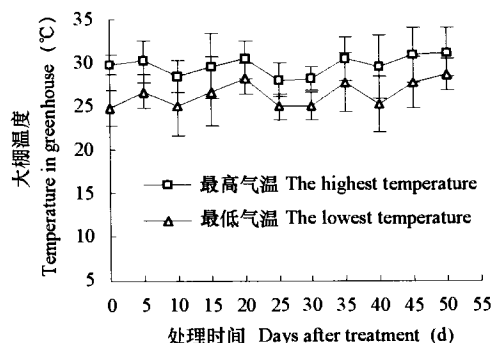


图 1 处理期间温室大棚的气温变化

Fig. 1 Temperature changes in greenhouse during the experiment

蝴蝶兰在处理 50 d 后叶面积的大小并无明显差别, 约为  $61.5 \text{ cm}^2$ 。

由图 2 可知, 处理组在 10 d 后单位叶面积干样质量逐渐增长, 且在 40 d 后迅速增加, 而对照组整个试验期间单位叶面积干样质量缓慢增加, 10 d 后小于处理组。从叶面积的增长来看, 对照组比处理组快, 但干样质量的增长则明显慢于处理组, 由此说明蝴蝶兰在  $25^\circ\text{C}/20^\circ\text{C}$  的环境中生长表现为叶的增厚, 营养物质的积累比在温室大棚中 (相对高温环境) 多, 这为接下来进入生殖生长阶段提供物质保证。

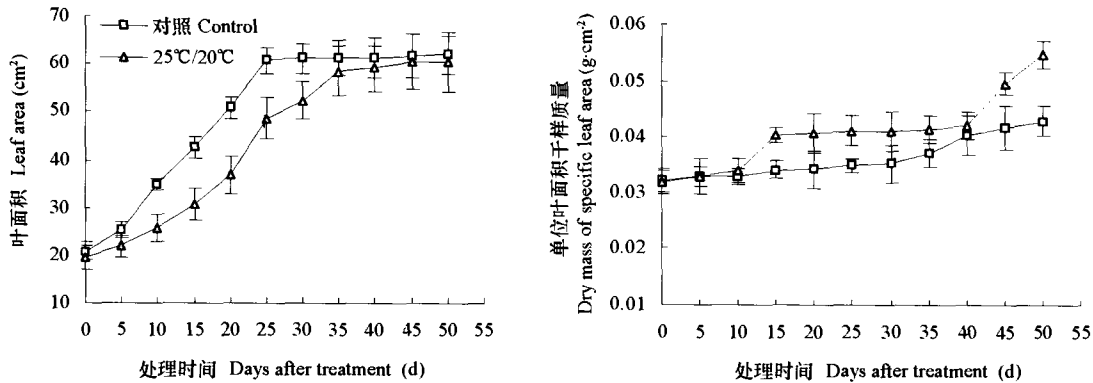


图 2 不同温度处理蝴蝶兰叶面积和单位叶面积干样质量的变化

Fig. 2 The changes of leaf area and dry mass of specific leaf area of *Phalaenopsis* in different treatments

## 2.2 温度处理对蝴蝶兰叶片和腋芽还原糖含量的影响

低温处理组的蝴蝶兰叶片中的还原糖在处理 20 d 达到 1 个小高峰然后下降, 30 d 后又急剧上升, 至 50 d 达到最大值 ( $31.08 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}\text{DM}$ ), 而花序原基在 10~15 d 已完成分化, 这说明成花诱导的过程中还原糖含量是增加的。对照组的蝴蝶兰叶片还原糖含量在整个试验期间则较为恒定且缓慢增长 (从  $6.0$  增至  $8.06 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}\text{DM}$ )。腋芽中还原糖的变化与叶片的显然不同, 成花诱导时期 (10~15 d) 腋芽还原糖含量下降速度比对照组快, 至 35 d 后略微增加, 此时花序轴已抽出处于伸长的阶段, 这说明蝴蝶兰腋芽在向花芽转化过程中需要消耗更多的还原糖 (图 3)。

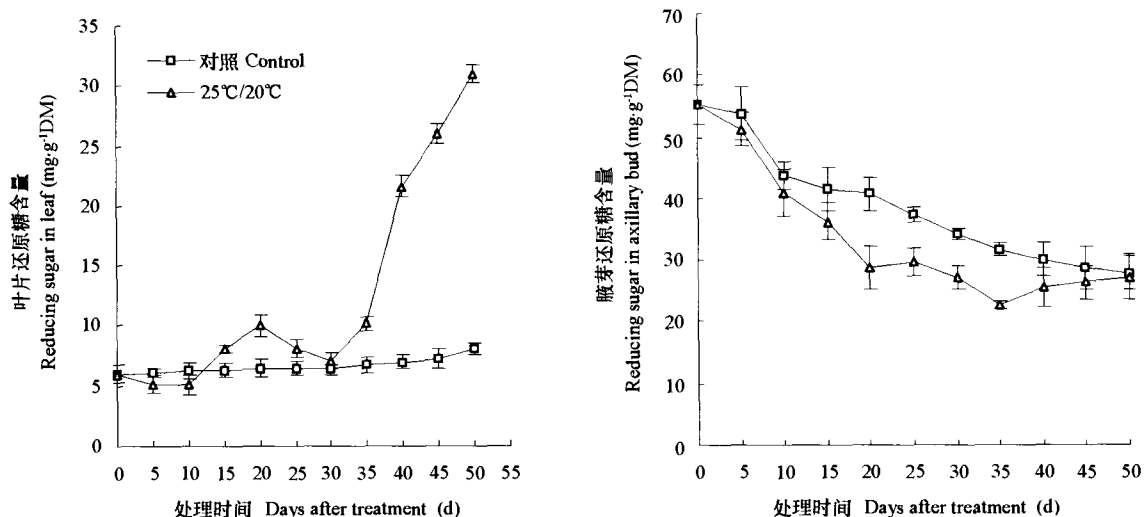


图 3 温度处理对蝴蝶兰叶片和腋芽还原糖含量的影响

Fig. 3 Changes of reducing sugar content in *Phalaenopsis* leaf and axillary bud in different treatments

### 2.3 温度处理对蝴蝶兰叶片和腋芽可溶性糖含量的影响

从图4中可看出两种处理的蝴蝶兰叶片的可溶性糖含量均随着时间而升高,但处理组上升较快,从开始时的 $61 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \text{DM}$ 上升至 $123 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \text{DM}$ ,而对照组试验结束时为 $100 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \text{DM}$ 。腋芽中的可溶性糖含量变化也是呈上升趋势,只是处理组在诱导15 d内大幅增加后基本保持稳定,对照组则缓慢增加。但无论是叶片还是腋芽中处理组的可溶性糖含量均高于对照组。

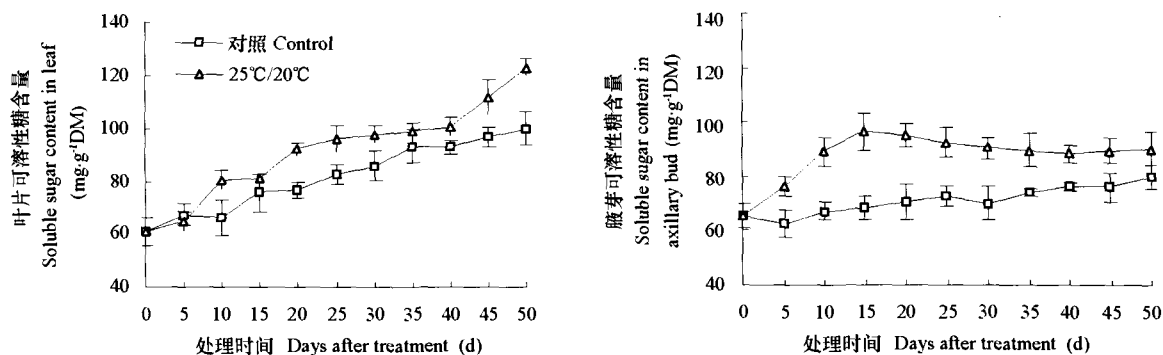


图4 温度处理对蝴蝶兰叶片和腋芽可溶性糖含量的影响

Fig. 4 Changes of soluble sugar content in *Phalaenopsis* leaf and axillary bud in different treatments

### 2.4 温度处理对蝴蝶兰叶片和腋芽淀粉含量的影响

图5的结果表明,处理组蝴蝶兰叶片中的淀粉含量在处理30 d内保持增加的趋势(从 $40 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \text{DM}$ 增加到 $68 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \text{DM}$ ),随后略有下降;而对照组一直保持稳定的上升。处理组叶片中淀粉含量一直高于对照组。处理组腋芽的淀粉含量在前15 d也快速地从 $30 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \text{DM}$ 升至 $45 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1} \text{DM}$ ,而对照组的淀粉含量几乎无变化,此后处理组蝴蝶兰腋芽的淀粉含量略有下降但始终稍高于对照组。处理组在15 d后叶片和腋芽中淀粉含量的下降可能与花序轴的生长有关。

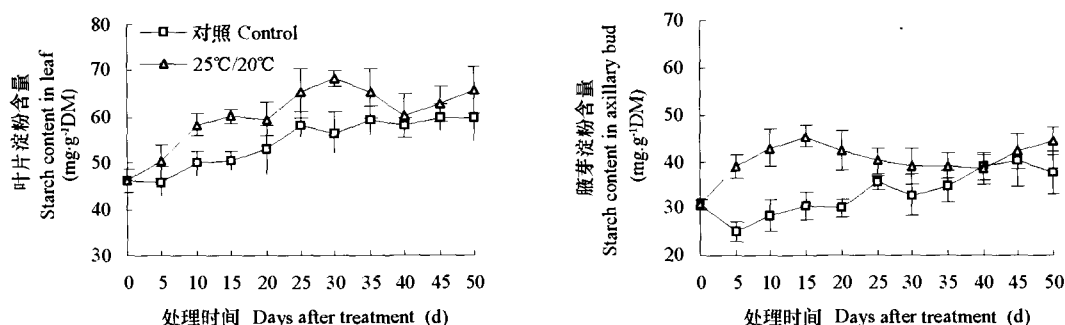


图5 温度处理对蝴蝶兰叶片和腋芽淀粉含量的影响

Fig. 5 Changes of starch content in *Phalaenopsis*' leaf and axillary bud in different treatments

## 3 讨论

蝴蝶兰最适宜的生长温度是 $18 \sim 28^\circ\text{C}$ 。温度影响其由营养生长向生殖发育(Su et al., 2001; 曾宝瑄等, 2006)。这个过程是花的发端和花器官形成的基础,并直接控制开花的时间(雍伟东等, 2000)。营养物质假说认为适宜的诱导处理会导致大量的同化产物向顶端分生组织积累从而诱导开花(Bernier, 1988)。刘晓荣等(2006)研究蝴蝶兰在低温处理时发现,淀粉含量在处理10 d时最低,而后逐渐快速上升,20 d后下降转化为可溶性糖供花芽的发育。粉花蝴蝶兰在夏天温室大棚(气温为 $24.8 \sim 31.2^\circ\text{C}$ )一般仍处于营养生长状态,此时长出的新叶主要是表现为叶面积增大和增厚;处

于诱导状态的蝴蝶兰在花序轴抽出时, 叶基本达到最大值, 干物质的积累在低温诱导 10 d 后迅速增加并且在花序轴抽出后又迅速积累营养物质, 为以后花序轴的伸长和花器官的形成作好准备。温室大棚中生长的蝴蝶兰在试验期间一直处于营养生长状态, 叶中的还原糖维持稳定, 而在芽中则不断减少, 这与砀山梨的休眠花芽较为稳定的还原糖有所不同 (赵昶灵 等, 2000); 蝴蝶兰腋芽中的还原糖下降可能与其淀粉的合成有关; 对照组蝴蝶兰叶和腋芽中的可溶性糖、淀粉和总糖含量增加, 诱导组腋芽的这 3 类糖则在处理 15 d 内大幅增加, 此时的解剖结构观察则发现, 10 ~ 15 d 的蝴蝶兰花序原基已形成 (未发表), 说明蝴蝶兰由营养生长向生殖生长转变的重要物质基础是这类同化产物, 蝴蝶兰腋芽中的物质积累是其转变的关键。

## References

- Bernier G. 1988. The control of floral evocation and morphogenesis. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.*, 39: 175 - 219.
- Chen Hou-bin, Huang Hui-bai, Liu Zong-li. 2004. Flower formation and patterns of carbohydrate distribution in litchi tree. *Acta Horticulturae Sinica*, 31 (1): 1 - 6. (in Chinese)
- 陈厚彬, 黄辉白, 刘宗莉. 2004. 荔枝树成花与碳水化合物器官分布的关系研究. *园艺学报*, 31 (1): 1 - 6.
- Huang Sheng-qin, Guo Jian-jun, Ye Qing-sheng, Lin Ji-yu. 2003. Floral induction and development in *Phalaenopsis* under different temperature. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Sunyatseni*, 42 (4): 132 - 134. (in Chinese)
- 黄胜琴, 郭建军, 叶庆生, 林继育. 2003. 温度对蝴蝶兰成花诱导的研究初探. *中山大学学报*, 42 (4): 132 - 134.
- Lee Nean, Lee Chia-hui. 1996. Changes in carbohydrates in *Phalaenopsis* flower induction and inflorescence development. *Chinese Soc. Hort. Sci.*, 42 (3): 262 - 275. (in Chinese)
- 李 晖, 李嘉慧. 1996. 蝴蝶兰花芽诱引和花序发育时之碳水化合物变化. *中国园艺 (台湾)*, 42 (3): 262 - 275.
- Lin Gin-mine, Lee Nean. 1988. Leaf area estimation and the effect of temperature on the growth of *Phalaenopsis* leaves. *Chinese Soc. Hort. Sci.*, 34 (1): 73 - 80. (in Chinese)
- 林菁敏, 李 晖. 1988. 蝴蝶兰叶面积之估算与温度对叶片生长之影响. *中国园艺 (台湾)*, 34 (1): 73 - 80.
- Liu Xiao-rong, Wang Bi-qing, Zhu Gen-fa, Cheng Zhi-hui. 2006. Changes of physiology during the cool temperature inducement on bud differentiation of *Phalaenopsis* orchid. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 22 (4): 310 - 313. (in Chinese)
- 刘晓荣, 王碧青, 朱根发, 程智慧. 2006. 高山低温诱导蝴蝶兰花芽分化过程中的生理变化. *中国农学通报*, 22 (4): 310 - 313.
- Su W R, Chen W S, Koshioka M, Lewis N, Mander, Hung L S, Chen W H, Fu Y M, Huang K L. 2001. Changes in gibberellin levels in the flowering shoot of *Phalaenopsis hybrida* under high temperature conditions when flower development is blocked. *Plant Physiology and Biochemistry*, 39 (1): 45 - 50.
- Yong Wei-dong, Chong Kang, Xu Zhi-hong, Tan Ke-hui, Zhu Zhi-qing. 2000. The studies on gene regulation of flower determination in higher plant. *Chinese Science Bulletin*, 45 (5): 455 - 466. (in Chinese)
- 雍伟东, 种 康, 许智宏, 谭克辉, 朱至清. 2000. 高等植物开花时间决定的基因调控研究. *科学通报*, 45 (5): 455 - 466.
- Yuan Xiao-hua, Yang Zhong-han. 1983. *Experiment for plant physiology*. Beijing: Higher Education Press; 6 - 8. (in Chinese)
- 袁晓华, 杨中汉. 1983. *植物生理生化实验*. 北京: 高等教育出版社; 6 - 8.
- Zeng Bao-dang, Chen Yue-xu, Jiang Xiu-na. 2006. Experiments on regulation and control of florescence of potted *Phalaenopsis* related to length of flower stems. *Guangdong Agricultural Sciences*, 7: 40 - 42. (in Chinese)
- 曾宝瑛, 陈岳徐, 江秀娜. 2006. 蝴蝶兰花芽发育进度与花期调控试验. *广东农业科学*, 7: 40 - 42.
- Zhang Zhi-liang, Qu Wei-jing. 2003. *The experimental guide for plant physiology*. 3rd ed. Beijing: Higher Education Press; 127 - 133. (in Chinese)
- 张志良, 瞿伟菁. 2003. *植物生理实验指导*. 第 3 版. 北京: 高等教育出版社; 127 - 133.
- Zhao Chang-ling, Wu Shao-bo, Du Xiao-yu, Li Wen-xiang. 2000. Changes of the content of the saccharide in the dormant flower bud and their inserting shoots of Dangshan pear in the central part of Yunnan under artificial cooling condition. *Plant Physiology Communications*, 36 (5): 414 - 417. (in Chinese)
- 赵昶灵, 武绍波, 杜孝宇, 李文祥. 2000. 人工低温条件下滇中砀山酥梨休眠花芽及其着生处枝条中糖类含量的变化. *植物生理学通讯*, 36 (5): 414 - 417.