

文章编号: 1673-9868(2007)08-0072-04

# 黄花梨 CA 贮藏中气体成分 对果实呼吸和发病率的影响

周 炼, 王日葵, 韩爱华

西南大学 柑桔研究所, 重庆 400712

**摘要:** 以黄花梨为试材, 通过两年的气调贮藏(CA)试验, 找到了该水果的适宜贮藏温度(1~4℃)及相应的 O<sub>2</sub> 和 CO<sub>2</sub> 气体浓度, 它们分别为 8%~11% 和 1%~4%; 特别是对 O<sub>2</sub> 和 CO<sub>2</sub> 含量的动态监测数据及结果的分析对比, 得出了反映呼吸变化的呼吸差 Rd 值与贮藏效果的关系, 初步探明: 随 Rd 值的增大, 发病率增加, Rd 值越小, 越利于贮藏; 还可通过 Rd 值的比较反推其临界氧含量。

**关键词:** 黄花梨; 气调贮藏; 呼吸差; 发病率

**中图分类号:** S661.2; Q945.6+6

**文献标识码:** A

黄花梨(*Pyrus pyrifolia* Nakai)为中熟梨, 属砂梨系, 是我国南方主栽梨品种, 耐藏性差<sup>[1]</sup>。本地成熟时, 正值重庆的盛夏(每年的7~8月), 更易衰败腐烂, 在常温库(27~29℃)中贮藏15d时腐烂率达60%以上。但在低温等适宜条件下, 可贮藏两月以上(55d时的好果率可达98%以上)。本气调贮藏试验采用充氮降氧法, 即充 N<sub>2</sub> 式强制换气调节气调袋内的 O<sub>2</sub> 及 CO<sub>2</sub> 含量, 从而达到延时保鲜的目的<sup>[2]</sup>。

呼吸作用是果蔬采后最主要的代谢过程, 它与果蔬的抗病性和耐贮性有十分密切的内在联系<sup>[3]</sup>。由于水果不像其它农产品还可以通过其更有利的方式保藏, 新鲜果蔬, 尤其是一些特色水果, 需要结合低温、调节气体贮藏, 即对水果的呼吸作用进行有效地干预和调节, 从而最大限度地延长其贮藏寿命, 维持应有的生理活性。

气调贮藏原理与水果采后呼吸生理已有一些共识, 如主要环境因数对果蔬呼吸速率的影响<sup>[4,5]</sup>, 呼吸强度与衰老进程的一些相关性等<sup>[6]</sup>。发表的文章中多侧重于呼吸强度的计算及其模式的选择上<sup>[7,8]</sup>, 而贮藏过程中 O<sub>2</sub>、CO<sub>2</sub> 两气体成分的动态监测数据不多。本研究是在黄花梨贮藏试验基础

上, 提取其中的气体成分等原始数据进行统计分析, 拟找出某种规律性的变化, 供同行商榷或借鉴, 并为以后果蔬气调的智能化贮藏及适时监控软件包的开发设计提供依据。

## 1 材料与方法

黄花梨采自北碚区歇马镇卫星村冯家槽果园, 8年树龄8成熟果, 选无病虫害、无伤、中等大小的作试验果。果实采收、预冷等按常规操作(但未用任何杀菌剂和激素类药处理果实), 预冷1~2d后, 包装入库。本试验采用简易式气调组装设备, 即气调袋为自制的塑料大袋: 0.08mm厚PE材料, 充气后的体积约为果实所占体积的2~3倍; O<sub>2</sub> 和 CO<sub>2</sub> 气体成分的调节主要是通过氮气钢瓶和换气泵等设施进行调控。

在冷库和常温库中设计不同的温度、气体成分等条件进行贮藏试验, 如表1所列, 第一年(1~4号)为不同温度相同气调下的设计; 第二年(6~9号)为相同温度不同气调下的设计, 5号为空气对照。每处理约200个果(含3个重复), 2~3d检测并调节 O<sub>2</sub> 和 CO<sub>2</sub> 气体浓度(百分含量); 定期观测

收稿日期: 2007-04-27

基金项目: 重庆市教委资助项目“水果充氮气调贮藏技术研究”部分内容。

作者简介: 周 炼(1968-), 女, 重庆北碚人, 助理研究员, 主要从事果蔬采后生理与贮藏加工方面的研究。

发病情况、品质变化等贮藏指标。

O<sub>2</sub> 与 CO<sub>2</sub> 气体浓度的检测仪器分别为浙江产 CY-12C 型数字测氧仪和南京分析仪器厂 RD-7A G 型 CO<sub>2</sub> 分析仪。这里的呼吸强度是以单位时间 (1 d)、单位果重 (1 000 kg) 下, O<sub>2</sub> 浓度降低或 CO<sub>2</sub> 浓度升高的百分含量表示, 分别计作 R<sub>O<sub>2</sub></sub> 或 R<sub>CO<sub>2</sub></sub>;

呼吸强度变化的程度比较以呼吸差 (R<sub>CO<sub>2</sub></sub> - R<sub>O<sub>2</sub></sub>) 表示, 记作 Rd 值。在此以发病率作为贮藏效果的比较指标, 发病率即为贮藏期间发病果占总果的数量百分比 (发病果泛指品质劣变果, 除了腐烂果外, 还表现为水肿、褐斑等生理性病变果), 并按 STAT 软件进行数据的差异性分析。

表 1 气调试验设计方案

| 处理号 | 温度范围 / °C | O <sub>2</sub> / % |     | CO <sub>2</sub> / % |          |
|-----|-----------|--------------------|-----|---------------------|----------|
|     |           | 设计值                | 调整值 | 调整值                 |          |
| 第一年 | 1         | - 2~ 1             | 10  | 10.2~ 8.0           | 1.1~ 3.0 |
|     | 2         | 1~ 4               | 10  | 10.2~ 8.0           | 1.3~ 4.0 |
|     | 3         | 4~ 6               | 10  | 10.2~ 7.0           | 1.0~ 5.0 |
|     | 4         | 8~ 10              | 10  | 10.2~ 4.8           | 1.0~ 7.0 |
|     | 5         | 常温 (≥25)           | 空气中 | 单果包                 | -        |
| 第二年 | 6         | 1~ 4               | 5   | 5.4~ 3.0            | 1.8~ 5.6 |
|     | 7         | 1~ 4               | 8   | 8.2~ 4.3            | 1.5~ 4.9 |
|     | 8         | 1~ 4               | 11  | 11.3~ 8.5           | 1.0~ 4.2 |
|     | 9         | 1~ 4               | 15  | 15.2~ 11.9          | 0.5~ 3.8 |

## 2 结果分析

检测数据算出相应贮藏时间内各处理的 O<sub>2</sub> 和 CO<sub>2</sub> 气体浓度日均变化情况, 结果如表 2 所示。

根据气体原始记录, 即气调袋中气体成分动态

表 2 各个处理的 O<sub>2</sub> 和 CO<sub>2</sub> 浓度日均变化量及其果实重量

| 处理号<br>重复数 | 果重/kg |       |       | O <sub>2</sub> 日均变化 / % · d <sup>-1</sup> |      |      | CO <sub>2</sub> 日均变化 / % · d <sup>-1</sup> |      |      |
|------------|-------|-------|-------|---|------|------|--|------|------|
|            | (1)   | (2)   | (3)   | (1)                                       | (2)  | (3)  | (1)  | (2)  | (3)  |
| 2          | 17.05 | 16.20 | 17.85 | 0.40                                      | 0.39 | 0.44 | 0.51                                       | 0.47 | 0.54 |
| 3          | 17.70 | 17.30 | 16.65 | 0.72                                      | 0.69 | 0.73 | 0.86                                       | 0.83 | 0.85 |
| 4          | 16.45 | 16.45 | 18.05 | 1.43                                      | 1.23 | 1.28 | 1.98                                       | 1.65 | 1.78 |
| 6          | 13.40 | 13.80 | 15.20 | 0.47                                      | 0.51 | 0.46 | 0.69                                       | 0.72 | 0.65 |
| 7          | 13.90 | 13.60 | 16.40 | 0.72                                      | 0.62 | 0.55 | 0.90                                       | 0.78 | 1.02 |
| 8          | 14.20 | 14.10 | 13.10 | 0.61                                      | 0.60 | 0.50 | 0.69                                       | 0.69 | 0.61 |
| 9          | 12.65 | 12.65 | 13.30 | 0.73                                      | 0.81 | -    | 0.87                                       | 0.89 | -    |

上表未列出 1 号处理的数据是由于该处理遭低温冷害严重, 水肿果超过 60%, 剔除果较多, 会影响计算呼吸强度的准确性。

出反映呼吸速率的日均变化值和差值, 即它们的 R<sub>O<sub>2</sub></sub> 和 R<sub>CO<sub>2</sub></sub> 和呼吸差 Rd (R<sub>CO<sub>2</sub></sub> - R<sub>O<sub>2</sub></sub>) (表 3), 并从表 3 所得数据再算出各处理的平均值 Rd 以及相应的发病率 (图 1)。

### 2.1 第一年气调贮藏结果

据表 2 中 (2~ 4 号处理) 的数据, 依各自重量算

表 3 2~ 4 号处理的 R<sub>O<sub>2</sub></sub>、R<sub>CO<sub>2</sub></sub> 与 Rd 值及其发病率 (45 d)

| 处理号和重复数 | R <sub>O<sub>2</sub></sub>        | R <sub>CO<sub>2</sub></sub>       | Rd 值 <sup>#</sup> | 发病率 / % |
|---------|-----------------------------------|-----------------------------------|-------------------|---------|
|         | /% · (d · 1 000 kg) <sup>-1</sup> | /% · (d · 1 000 kg) <sup>-1</sup> |                   |         |
| 2(1)    | 23.46                             | 29.87                             | 6.41              | 4.17    |
| 2(2)    | 24.18                             | 28.81                             | 4.63              | 6.25    |
| 2(3)    | 24.72                             | 30.03                             | 5.32              | 2.08    |
| 3(1)    | 40.46                             | 48.70                             | 8.24              | 13.54   |
| 3(2)    | 39.87                             | 47.85                             | 7.97              | 15.63   |
| 3(3)    | 44.04                             | 51.17                             | 7.12              | 10.42   |
| 4(1)    | 87.19                             | 120.40                            | 33.21             | 27.08   |
| 4(2)    | 74.69                             | 100.08                            | 25.39             | 22.92   |
| 4(3)    | 71.10                             | 98.56                             | 27.46             | 31.25   |

# ——Rd 值单位从略, 仅以数值结果表示。

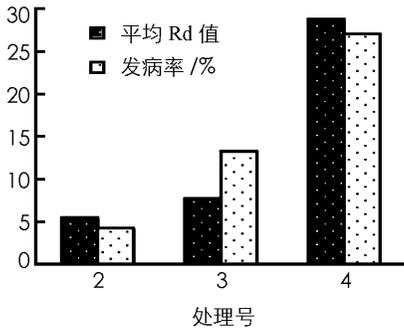


图 1 不同温度下处理之间的均值 Rd 与发病率关系示意图

经数据分析, 2 号和 3 号处理分别与 4 号处理的 Rd 值差异显著, 2 号处理的 Rd 值最低. 各号处理之间发病率存在显著性差异, 也是 2 号处理最低(均值 4.17%), 4 号处理仍然最高(均值 20.08%). 由图 1 也可直观看出发病率随 Rd 的增加而提高. 所以, 2 号处理效果最好(其它贮藏指标也反映出 2 号较好), 此时的呼吸差 Rd 最低, 发病率也最低.

## 2.2 第二年气调贮藏结果

由第一年得到的适宜贮藏温度(2 号的 1~4 °C)拟定第二年的气体成分(表 1), 根据表 2 数据结果算出 6~9 号处理的平均值  $R_{O_2}$  和  $R_{CO_2}$  (算法同前)(图 2).

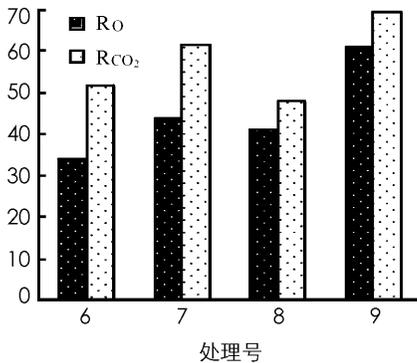


图 2 相同温度下处理间的  $R_{O_2}$  与  $R_{CO_2}$  比较示意图

在该贮藏期的 35 d 内, 4 种处理(各 3 个重复)的好果率(1-发病率)基本在 96% 以上, 其中有 3 个的发病率为 0; 8 号与 7 号处理的水肿率为 0. 各处理间发病率虽无显著性差异, 但相对较低的是 8 号处理(而且口感最佳, 风味保持得最好), 6 号和 7 号次之. 从图 2 也可见 8 号的 Rd 值( $R_{CO_2} - R_{O_2}$ )最小(7.02), 9 号的 Rd 值(8.75)虽也不高, 但  $R_{CO_2}$  较高(与 8 号差异显著), 这样不仅呼吸消耗增大而不耐贮, 还可能发生二氧化碳伤害, 所以水肿率最高. 值得一提的是, 一般而言, 果蔬呼出的二氧化碳与其吸入的氧气量呈正相关<sup>[5]</sup>, 图 3 也可看出:  $R_{CO_2}$  随  $R_{O_2}$  的升高而增加, 但 6 号的  $R_{CO_2}$  反而高

于 8 号的  $R_{CO_2}$ , 这或许到了所谓的临界浓度<sup>[9]</sup>, 即一旦  $O_2$  低于该果实呼吸所需氧的临界值, 反倒会刺激果实的无氧呼吸, 致使产生更多的  $CO_2$ , 故而出现“水肿”伤害症.

## 3 结 论

1) 综合两年的气调贮藏试验, 效果较好的是 8 号处理, 即温度在 1~4 °C 内, 气调袋内含  $O_2$ : 8%~11% ( $CO_2$ : 1%~4%) 为黄花梨的适宜贮藏条件.

2) 在梨果不发生冷害或二氧化碳伤害时, 呼吸差 Rd 值越小, 越利于其贮藏. 通过 Rd 值的比较还可推测其临界  $O_2$  含量, 即 6 号处理的 5%.

## 4 讨 论

1) 由于呼吸代谢途径及影响因素较多, 难以准确测定某个时间的呼吸强度, 即便是改进后的数理法<sup>[10]</sup>也只是更接近当时的真实值. 本试验是通过测定  $O_2$  和  $CO_2$  气体浓度及其变化值间接反映果实的呼吸强度  $R_{O_2}$  或  $R_{CO_2}$ , 若要精确算出呼吸强度, 还要考虑进塑料袋的透气性和袋内气体压力等因素<sup>[4,5]</sup>. 为了尽可能减少误差, 我们选取了相同大小(容积)的 PE 袋, 而且试验果大小均匀, 各处理间的果子数相差无几.

2) 水果呼吸反应的底物主要来自糖和酸, 本文选用的黄花梨还原糖含量高, 酸较低, 理论上单糖有氧呼吸反应的摩尔数  $O_2$  的减少等于  $CO_2$  的增加, 但换算成质量份数, 则单位时间内  $CO_2$  释放量相当于  $O_2$  吸收量的 44/32<sup>[11]</sup>, 此时的呼吸熵  $R_q$  略大于 1, 若供氧不足, 缺氧呼吸同时进行, 则  $R_q$  值更大,  $R_q$  值越大, 无氧呼吸所占比重越大, 据此可大致了解缺氧呼吸程度<sup>[9]</sup>. 本试验的  $R_q$  值差异不明显, 不足以说明问题, 而呼吸差 Rd 值就不同了, 可反映出一定的规律性, 此理念能否推广到其它水果还有待进一步研究.

3) 果蔬采后在其正常所需的温湿度和气体等条件下贮藏, 新陈代谢可保持相对稳定, 不会发生呼吸失调而致生理病害, 如冷害、低  $O_2$  伤害或  $CO_2$  中毒等<sup>[12]</sup>, 有较好的耐贮性和抗病性, 可进入“良性循环”. 所以, 提供呼吸所需的最低氧含量, 保持能效较高的有氧呼吸, 以最低的呼吸损耗维持其必要的生理代谢——基础代谢, 可保证果蔬品质.

## 参考文献:

- [1] 窦世娟, 陈昆松, 吕均良, 等. 黄花梨果实采后不同处理的贮藏效果及其生理基础研究 [J]. 中国农业科学, 2003, 36(1): 82-88.
- [2] 张祉佑. 气调贮藏和气调库——水果保鲜新技术 [M]. 北京: 机械工业出版社, 1994, 62, 33-34.
- [3] 黄邦彦, 杨 谦. 果树采后生理与贮藏保鲜 [M]. 北京: 农业出版社出版, 1990, 21-22.
- [4] 侯东明, 江 亿. 水果蔬菜薄膜气调贮藏 [M]. 北京: 清华大学出版社, 1992, 4-5, 75-80.
- [5] Susana C. Fonseca, Fernanda A. R. Oliveira, Jeffrey K. Brecht. Modelling Respiration Rate of Fresh Fruits and Vegetables for Modified Atmosphere Packages: a Review [J]. Journal of Food Engineering, 2002, 52, 99-119.
- [6] Devon Zagoy, Adel A Kader. Modified Atmosphere Packaging of Fresh Produce [J]. Food Technology, 1988, 42(9): 70-77.
- [7] Sornsriwichai J, Yantarasri T, Gemma H. Respiration Kinetics of Mangoes and Asian Pear Fruits Under MA Conditions and its Relation to the Ripening Behaviours [J]. Acta Hort, 1998, 464: 339-344.
- [8] Svetlana Fishman V, Rodov J, Peretz S. Ben-Yehoshua. Model for Gas Exchange Dynamics in Modified Atmosphere Packaging of Fruits and vegetables [J]. J. Food Sci, 1995, 60: 1078-1083.
- [9] 周山涛. 果蔬贮藏学 [M]. 北京: 化学工业出版社, 1998, 56, 95, 217.
- [10] 张长峰, 徐步前. 薄膜包装中果蔬呼吸强度的两种测定方法之比较 [J]. 食品科学, 2003, 24(4): 149-152.
- [11] Nigel H. Banks, Donald J. Cleland, Arthur C. Cameron and Randolph M. Beaudry, Adel A. Kader. Proposal for a Rationalized System of Units for Postharvest Research in Gas Exchange [J]. Hort. Sci, 1995, 30(6): 1129-1131.
- [12] Nobutaka Nakamura, D. V. Sudhakar RAO, Takeo SHIINA Yoshihiko NAWA. Respiration Properties of Tree-Ripe Mango Under CA Condition [J]. JARQ, 2004, 38(4): 221-226.

## Effects of Atmospheric Components on Respiration and Disease Incidence of Huanghua Pear Fruits During CA Storage

ZHOU Lian, WANG Rikui, HAN Aihua

Citrus Research Institute of Southwest University, Chongqing 400712, China

**Abstract:** A two-year CA storage experiment with Huanghua pear (*Pyrus pyrifolia* Nakai) showed that for the storage of this fruit, the appropriate temperature was (1~4 °C), and the appropriate O<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub> concentration in the atmosphere was 8~11% and 1~4%, respectively. Monitoring of the dynamics of O<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub> and analysis and comparison of the data obtained revealed the relationship between respiratory difference (R<sub>d</sub>) and storage results: disease incidence increased with R<sub>d</sub>, or lower R<sub>d</sub> was beneficial for the fruit stored. The critical O<sub>2</sub> content could be inferred by comparison of the R<sub>d</sub> values.

**Key words:** Huanghua Pear (*Pyrus pyrifolia* Nakai); cold storage with controlled atmosphere (CA); respiratory difference (R<sub>d</sub>); the incidence of diseases

责任编辑 欧 宾