

# 龙眼采后生理和病理及贮运技术研究进展

林河通<sup>1,2</sup>, 席珣芳<sup>1</sup>, 陈绍军<sup>2</sup>, 陈锦权<sup>2</sup>, 洪启征<sup>2</sup>

(1 浙江大学; 2 福建农林大学)

**摘 要:** 该文就龙眼果实采后生理和病理, 不同品种的耐贮运性, 采后贮运保鲜技术(常温贮藏、低温贮藏、气调贮藏、防腐保鲜、辐射、热处理、采后处理工艺流程及质量保证和控制体系建立)的研究进展进行综述。

**关键词:** 龙眼; 果实; 采后生理; 采后病理; 贮运技术; 研究进展

**中图分类号:** TS255.4; Q945; S667.2

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1002-2689(2002)01-0185-06

龙眼(Dinocarpus longan Lour.)是我国南方一种名特优水果,主产区在广东、广西、福建、台湾等省(区)。近十年来,我国龙眼生产发展迅速,栽培面积不断扩大,总产量也随着增加。我国龙眼成熟期在8~9月高温季节,采后生理代谢旺盛,鲜果易变色、变质、不耐贮运,在28℃室温下,一周左右全部变质腐烂。由于我国龙眼保鲜贮运技术的研究滞后,因而鲜果销售受到限制,至今还难以大批量远销北方市场和出口创汇。因此,研究我国龙眼的采后问题,促进产品优势向商品优势、经济优势转化,增强出口创汇能力,已显得十分必要。本文就近二十年来国内外有关龙眼采后生理和病理及贮运技术的进展进行评述,以供生产和科研部门参考。

## 1 龙眼的采后生理

### 1.1 呼吸作用

龙眼属于非呼吸高峰型果实,采后呼吸强度呈上升趋势,不出现呼吸跃变现象。施清的研究表明,25℃下,龙眼的呼吸强度随时间呈直线上升,无明显的呼吸高峰<sup>[1]</sup>;潘一山等<sup>[2,3]</sup>发现,龙眼的呼吸强度采后2d内是降低的,随后明显升高,最后上升缓慢,果实开始腐烂。低温贮藏的龙眼果实呼吸强度逐渐降低<sup>[1,4~6]</sup>,但在贮藏末期略有上升,腐烂率也随着增加<sup>[6]</sup>,这可能与病原菌的侵染有关。采前B<sub>9</sub>处理或采后涂膜剂、熏硫处理均可降低呼吸强度,延缓呼吸强度的回升<sup>[2,5,7~11]</sup>。冷藏果直接转到常温,呼吸强度剧增<sup>[5,10]</sup>,这是龙眼常温货架寿命短的重要原因;采后熏硫处理,逐步升温或抗氧化剂处理的出

库方式,可显著降低呼吸强度,延长冷藏果在常温下的货架期<sup>[5,10]</sup>。

### 1.2 乙烯释放

龙眼采后乙烯释放量很低,“衰老激素——乙烯”的特征表现不明显<sup>[1]</sup>。在龙眼采后衰老腐烂过程中,乙烯的释放量经历由高到低、由低到高的1~2次波动,但始终保持在较低水平,没有明显的乙烯高峰<sup>[1~3,6]</sup>。龙眼从常温移入低温,乙烯释放量显著下降<sup>[6]</sup>;低温贮藏、采前B<sub>9</sub>处理、采后SO<sub>2</sub>处理均可降低乙烯产生量<sup>[2,3,6,9]</sup>。

### 1.3 酶活性和同工酶的变化

Zhao等<sup>[12]</sup>研究认为,采后龙眼果皮POD(过氧化物酶)和PPO(多酚氧化酶)活性逐步增加,而CAT(过氧化氢酶)活性逐步下降,经6d贮藏后,POD和PPO活性分别是刚采收时的3.06倍和3.48倍,而CAT活性下降58.51%;POD和PPO都出现一条新的同工酶带,其相对迁移率分别为0.64和0.82;采后6d,果皮总蛋白质含量下降85.19%。采后果皮SOD(超氧化物歧化酶)活性缓慢下降<sup>[11]</sup>。适宜的低温贮藏能保持较高的SOD和CAT活性,而冷害果皮酶活性明显降低<sup>[6]</sup>。适当的SO<sub>2</sub>处理能刺激SOD活性的上升,并出现新的SOD同工酶带<sup>[8,11]</sup>,认为SOD活性的增加是对SO<sub>2</sub>处理的应激反应,从而提高抗逆能力<sup>[8]</sup>。采后适宜剂量的SO<sub>2</sub>处理能抑制贮藏龙眼果实和冷藏果在常温货架下果皮PPO的活性<sup>[10,11,13]</sup>,从而抑制果皮褐变,延长货架期。Jiang<sup>[14]</sup>研究表明:龙眼果皮PPO活性(以42甲基儿茶酚为底物)的适宜pH为6.5,在pH为3.0时酶活性受到强烈抑制;35℃为最适酶作用温度,酶活性也相对稳定,在50℃下酶活性失活50%所需的时间为20min,高温使酶失活;还原型谷胱甘肽(GSH)、L-2半胱氨酸、硫脲、FeSO<sub>4</sub>和SnCl<sub>2</sub>等能显著抑制PPO活性,而MnSO<sub>4</sub>和CaCl<sub>2</sub>可促进PPO活性。在贮藏实践上采取适宜低温贮藏以抑制PPO

收稿日期: 2001-06-21 修订日期: 2001-07-20

基金项目: 福建省自然科学基金资助项目(B9910016); 福建省科技重点项目(2000ZZ089)

作者简介: 林河通(1967-),男,副教授,博士生。研究方向: 农产品加工与贮藏工程。福州市金山 福建农林大学食品学院, 350002

活性或贮前热处理使 PPO 失活,从而抑制果皮褐变,达到保鲜的目的。

#### 1.4 细胞膜透性变化和膜脂过氧化作用

龙眼采后成熟衰老过程中,细胞膜透性增大<sup>[5,6,8]</sup>,膜脂过氧化产物丙二醛含量增加<sup>[8]</sup>,说明细胞膜结构的变化是一个不断被破坏的过程,这与自由基积累导致细胞膜系统过氧化有关。龙眼果实适宜的温湿度下贮藏,辅以有效的防腐保鲜技术,细胞膜透性变化缓慢<sup>[3,5,6]</sup>,细胞具有较高的完整性,贮藏期长,贮藏效果好;而低温冷害则破坏细胞膜结构,使膜透性增大<sup>[6]</sup>;采后 SO<sub>2</sub> 处理则提高果皮细胞膜透性,丙二醛含量明显上升,说明 SO<sub>2</sub> 对果皮细胞膜有一定的破坏作用<sup>[8,11]</sup>。

#### 1.5 果肉主要营养成分变化

龙眼果肉主要营养成分是可溶性固形物、总糖、还原糖、酸和维生素 C,属于高糖低酸水果。采后这些物质含量下降,其中酸和维生素 C 下降率较高<sup>[3,4,15]</sup>,因为维生素 C 在缺乏高酸保护条件下易被破坏<sup>[1,16]</sup>。所以,从营养学角度,龙眼不宜长期贮藏。

#### 1.6 果肉自溶

果肉自溶是龙眼采后败坏的主要原因之一,通常发生在贮藏中后期。施清<sup>[1]</sup>观察发现,贮藏后期,龙眼果肉从内部开始败解崩溃,这是其本身降解酶的作用所产生的自溶现象,破坏了果肉表面的防腐膜,使汁液外溢,引起微生物的滋生,从而加速了整个果肉败坏。周云等<sup>[6]</sup>研究表明,龙眼在 8 下贮藏 21 d,内果皮出现不均匀褐斑,果肉开始自溶,果实开始腐烂;贮藏 35 d,则全果褐变,果肉糜烂、发霉、酸臭;认为龙眼采后易褐变、衰老快,贮藏期短的主要限制因子是果肉自溶后病原微生物侵染,使果实腐烂。作者也发现,不耐贮藏的水涨龙眼果肉自溶发生在贮藏的中后期,3 贮藏 35 d 时,果皮外观褐变,果肉自溶,但并未发现菌丝,继续贮藏下去,则果皮出现菌丝。梁汉华等<sup>[17]</sup>报道,龙眼果肉自溶通常发生在病理性果皮褐变的果实中,其进程为褐变在果皮局部发生,果肉硬度变小,后期出现果肉自溶、腐烂,同时果皮出现菌丝。综合前人对龙眼果肉自溶的研究,作者认为,果肉自溶可能是龙眼采后果实衰老所引起的细胞壁物质降解,造成果肉自溶流汁,后期病原菌的侵染加速了果肉的腐烂。上述研究仅对龙眼果肉自溶现象进行描述,有关龙眼果肉自溶机理研究国内外未见报道。

## 2 龙眼的采后病理

### 2.1 生理病害

#### 2.1.1 果皮褐变

龙眼采后容易褐变,25 下 1 d 内果皮就开始褐变<sup>[18]</sup>,常温下 5~6 d 果皮变褐,成熟度越高,果皮褐变越快<sup>[16]</sup>。采后果皮褐变的主要原因是果皮失水、低温伤害、机械伤及 PPO 作用<sup>[13,14,16,18~21]</sup>。吴振先等<sup>[13]</sup>研究认为,PPO 活性变化趋势与果皮褐变发生进程一致,且在褐变过程中起着重要作用。游离多酚类物质是龙眼果皮褐变反应的主要底物,花青苷在褐变反应中的底物作用不明显<sup>[13]</sup>;Jiang<sup>[14]</sup>研究认为,龙眼果皮内的 PPO 能催化邻苯三酚、42 甲基儿茶酚和儿茶酚氧化,但对绿原酸、P2 甲苯酚、间苯二酚和酪氨酸不起作用。

#### 2.1.2 冷害

冷害为龙眼冷藏期间的主要生理病害。龙眼在 5~7 以下的低温贮藏就可能发生冷害,但冷害温度与品种和产地有关<sup>[20]</sup>。施清<sup>[1]</sup>推测龙眼的冷害温度在 0 或以下;O Hare et al<sup>[22]</sup>报道,Biew kiew 龙眼在 7.5 下贮藏 12 d,出现果皮颜色变暗的冷害症状;石硪龙眼 0 贮藏 14 d 即开始出现轻微冷害,内果皮出现轻微水渍状或汤伤状斑点,21~28 d 时则发生不可逆的明显冷害,其症状是果皮褐变,出现水渍状斑块<sup>[6]</sup>;冷害果实移置常温后则果实的抗病性下降<sup>[20]</sup>。周云等<sup>[6]</sup>对龙眼冷害的生理机制进行了初步研究。

#### 2.1.3 气体伤害

气调贮藏或包装不当,导致 CO<sub>2</sub> 浓度过高,出现 CO<sub>2</sub> 中毒。当贮藏环境 CO<sub>2</sub> 含量超过 10%~13% 时,果肉乙醇含量显著增加,酒精味很浓,果肉口感差<sup>[1,15,20]</sup>。

### 2.2 微生物病害

龙眼采后贮运期间,存在由细菌、霉菌和酵母菌引起的侵染性病害。中国预防医学中心卫生研究所等单位从龙眼果实上分离到细菌 36 株(主要是肠杆菌和不动杆菌)、霉菌 63 株(主要是青霉、镰刀菌、黑曲霉)和酵母菌 7 株(主要是果实酵母和克鲁维酵母)<sup>[20]</sup>;台湾学者从龙眼的腐烂果分离出 20 多种微生物,但当时并未成功揭示出引起龙眼鲜果腐烂的主导病原菌<sup>[20]</sup>。Sardsud et al<sup>[18]</sup>和刘卫民<sup>[23]</sup>从龙眼腐烂果中分离出青霉属(*Penicillium* sp.)、根霉属(*Rhizopus* sp.)、曲霉属(*Aspergillus* sp.)、交链孢霉属(*Alternaria* sp.)、*Lasiodiplodia theobromae*、果腐病(*Pestalotiopsis* sp.)、黑变病(*Cladosporium* sp.)、镰刀菌果腐病(*Fusarium* sp.)和其它真菌。

目前,一般认为龙眼采后病害主要是由地霉属(*Geotrichum candidum* Link ex Pers.)引起的酸腐病和球二孢属(*Botryodiplodia* spp.)引起的蒂腐病

或黑腐病<sup>[24]</sup>。主要危害成熟果实或虫害果, 果实蒂部首先发病, 病状呈褐色不规则小斑, 以后逐渐扩大至全果变褐腐烂, 果肉腐败酸臭, 果皮硬化, 转为暗褐色, 流出酸汁, 病部长出白色霉层(为病菌孢子)<sup>[24]</sup>。腐烂进程是: 果肉汁液外流 蒂周腐烂 果肉全部腐烂 整果腐烂长霉<sup>[1, 24]</sup>。

### 3 龙眼不同品种的耐贮运性

不同品种龙眼果实的耐贮运性存在很大差异。早白、东壁、乌龙岭、石硖品种较耐贮藏, 而福眼、普明庵、水涨、储良品种的耐贮性较差<sup>[1, 23, 25]</sup>。吕荣欣等<sup>[15]</sup>报道, 龙眼品种间的耐贮性差异很大, 按耐贮性排列: 泉州本> 乌龙岭> 普明庵> 福眼> 赤壳> 水涨。作者认为, 龙眼果实的耐藏性、耐运性及抗病性与果皮、果肉的结构有关。凡是果皮薄、周皮层薄、栓质层不发达、石细胞(群)含量少而分散、维管束不发达、薄壁细胞间隙大、皮孔间隙大、皮孔通道与石细胞间隙相通的果实不耐贮运、抗病性弱, 如福眼、水涨、赤壳、普明庵龙眼; 而果皮厚、周皮层厚、栓质层厚且连续性好、瘤状突和刺毛多、石细胞(群)含量多且排列紧密、维管束发达且排列有序、内果皮表面角蜡质层厚的果实耐贮运, 抗病性强, 如东壁、乌龙岭、油潭本、凤梨味、红核子、蕉眼龙眼<sup>[26]</sup>。因此, 为了提高贮运效果, 选择耐贮运的品种是龙眼采后处理首先要考虑的技术环节。

## 4 龙眼贮运保鲜技术研究进展

### 4.1 常温贮运

龙眼的常温贮运主要靠防腐剂的防腐作用。果实经防腐剂处理后, 用塑料薄膜包装, 可防止褐变和腐烂。Daw 龙眼经 500~1 000 mg/L 苯莱特溶液在 52℃ 下热处理 2 min 后用 PVC 薄膜包装, 然后在 28~33℃ 下贮藏, 能延长货架期 5~7 d<sup>[21]</sup>; 乌龙岭龙眼经适当的防腐剂处理后用 PE 袋包装, 26~32℃ 下贮藏 12 d, 好果率达 92.9%<sup>[23]</sup>; 福眼龙眼经绿色 E 或绿色° 防腐剂处理后用 0.025 mm 厚的 EVA 薄膜袋包装, (30±2)℃ 下贮藏 8 d, 好果率为 96.9%<sup>[3]</sup>; 石硖龙眼经特克多、抑霉唑或硫处理后用 0.02 mm 厚的 PE 薄膜袋包装, (30±0.5)℃ 下贮藏 7 d, 好果率达 75% 以上, 其中熏硫的效果最好<sup>[27]</sup>; 石硖龙眼经 NaClO 处理后用塑料盒内包装和 PVC 薄膜外包装, 充入混合气体 50% 空气+50% N<sub>2</sub>, 在 (25±1)℃ 下贮藏 7 d, 好果率达 92.31%<sup>[17]</sup>。作者研究认为, 普明庵龙眼经多菌灵处理后用 PE 薄膜袋包装, 29~32℃ 贮藏 8 d, 好果率 81.0%, 延长保鲜期 4~5 d; 而刘卫民<sup>[23]</sup>研究表明, 普明庵龙眼经

0.1% 多菌灵+0.05% 乙磷铝处理后用 0.04 mm 厚 PE 薄膜袋包装, 29~33℃ 贮藏 8 d, 好果率达 95.85%。虽然对龙眼的常温贮藏进行了大量的研究, 保鲜时间可达 7~12 d, 但迄今未能提出适合于大规模生产的、贮运时间较长的一整套龙眼常温保鲜贮运生产技术。

### 4.2 冷藏

适宜的低温能抑制 PPO 活性和病原菌生长, 降低呼吸强度, 减少营养成分消耗, 延长保鲜期。龙眼对温度敏感, 适合低温贮藏。大量的研究表明, 龙眼经防腐剂处理结合低温贮藏能取得满意的结果。但不同品种、不同产地的龙眼贮藏适温不同。陈文军等<sup>[28]</sup>用仲丁胺熏蒸乌龙岭龙眼, PE 薄膜袋包装, 6~8℃ 贮藏 30 d, 好果率为 98.8%。洪启征等<sup>[4]</sup>用仲丁胺防腐结合低温(3℃)自发气调贮藏福眼龙眼 40 d, 好果率 96.77%, 失重率 3.23%, 果实外观及品质接近鲜果。刘卫民<sup>[23]</sup>用药剂防腐结合塑料薄膜包装低温(1~4℃)贮藏东壁、普明庵、乌龙岭龙眼 47 d, 好果率为 95.8%~98.8%。施清<sup>[1]</sup>研究认为, 东壁龙眼的贮藏适温为(2±1)℃, 果实经特克多处理后, 在此温度下贮藏 30 d, 好果率达 100%。吕荣欣等<sup>[15]</sup>研究表明, 龙眼冷藏以 3~4℃ 为宜, FISB 21 和 FISB 22 防腐剂效果最好, 贮藏 40 d, 好果率分别为 95.0% 和 95.2%。苏玉润等<sup>[29]</sup>报道, 6~7℃ 冷藏有效解决龙眼果皮褐变, 用防腐剂 H<sub>2</sub>S<sub>1</sub> 和 H<sub>2</sub>S<sub>2</sub> 保鲜龙眼 15~20 d, 好果率达 90%。潘一山等<sup>[3]</sup>用绿色 E 或绿色° 保鲜剂处理福眼龙眼, EVA 薄膜袋包装, 3~4℃ 贮藏 45 d, 好果率分别为 98.8%、96.3%。林河通等<sup>[5]</sup>报道, 油潭本龙眼经防腐剂(浸 S、熏 S、特克多+乙磷铝)处理, PE 袋包装, 3℃ 贮藏 46 d, 好果率达 100%。广东省主栽石硖龙眼经特克多+抑霉唑处理, 4℃ 贮藏 35 d, 好果率为 91%<sup>[6, 27]</sup>; 李雪萍等<sup>[10]</sup>用 SO<sub>2</sub> 熏蒸石硖龙眼, (4±1)℃ 贮藏 28 d, 好果率达 100%, 果皮保持原色, 果肉风味正常, 不易脱粒。

国外对龙眼冷藏也作了研究。Onnop et al<sup>[30]</sup>报道, 龙眼经 SO<sub>2</sub> 熏蒸处理在 5℃ 下贮藏 70 d, 好果率达 93%, SO<sub>2</sub> 延迟果皮褐变和果实腐烂; Brinda<sup>[31]</sup>报道, E2dor 龙眼在 1℃ 和 5℃ 下贮藏 20 d, 在这两种温度的较长贮藏时间, 一些果皮变暗和果肉变黄; Biew kiew 龙眼在 0~20℃ 下贮藏 20 d, 以 10℃ 贮藏的效果最好, 果皮颜色和食用品质没有明显变化<sup>[22]</sup>; 泰国用 SO<sub>2</sub> 缓释剂处理结合 10℃ 冷藏 Dong 龙眼效果显著<sup>[32]</sup>。

虽然通过防腐剂结合低温贮藏龙眼可达 30~40 d, 但冷藏后转到常温货架, 果实易褐变流汁, 货

架寿命短,是市场销售的最大障碍。广泛应用于发达国家和地区的冷链系统,是迄今为止贮、运、销最为有效的方法<sup>[5]</sup>。但目前我国尚缺乏水果冷链流通系列设备。寻找延长冷藏果实在常温下货架期的有效方法,研究认为逐渐升温或加抗氧化剂的出库方式和熏硫、HSJ<sub>1</sub>、HSJ<sub>2</sub>处理可延长货架期24~78 h<sup>[5, 10, 29]</sup>。

#### 4.3 气调贮藏

气调贮藏是近年来国外迅速发展的一种先进贮藏技术,但我国对龙眼气调贮藏研究尚未作系统深入的研究。叶式秀等<sup>[33]</sup>报道,福眼龙眼经0.1%甲基托布津防腐处理,塑料薄膜袋包装后抽气充N<sub>2</sub>处理,0~5或6~10贮藏,保鲜效果好;洪启征等<sup>[4]</sup>报道,福眼龙眼用仲丁胺结合低温(3℃)自发气调贮藏40 d,好果率达96.77%;黄健榕等<sup>[25]</sup>充N<sub>2</sub>低温贮藏福眼、早白、东壁等品种龙眼,保鲜效果好。O'Hare et al<sup>[34]</sup>认为,气调的短期应用(12 d)不会显著影响龙眼果皮颜色质量,但在低O<sub>2</sub>(5%)下果实食用品质略有改善;对较长贮藏期来说,气调也许是有利的。龙眼气调贮藏的参数为:4%~6%CO<sub>2</sub>,6%~8%O<sub>2</sub>,2~4<sup>[15]</sup>,或5.6%~7.5%CO<sub>2</sub>,12.1%~15.1%O<sub>2</sub>,2.5~3<sup>[4]</sup>。梁汉华等<sup>[17]</sup>对石硖龙眼的常温充N<sub>2</sub>气调贮藏也进行了研究。

虽然不少学者对龙眼气调贮藏进行研究,但由于龙眼不同品种对气体的忍受能力不同,最佳气调参数尚未作系统深入研究,而且气调贮藏设备要求投资大和管理技术高,目前还难以在生产上大量推广应用气调贮藏技术。近年来,福建省龙眼主产区如同安、莆田已引进意大利气调技术和设备,并兴建了数座果蔬气调贮藏库;作者目前正在与生产基地合作研究龙眼最佳气调贮藏参数,采后处理工艺流程和贮藏期管理技术。而龙眼经适当的防腐剂处理后用塑料薄膜袋包装,进行低温自发气调贮藏,能取得很好的保鲜效果,值得生产中推广应用。

#### 4.4 防腐剂

龙眼保鲜贮运期间,常用防腐剂抑制病原菌生长,防止果实腐烂。在贮藏实践上效果较好的防腐剂是特克多、抑霉唑、仲丁胺、多菌灵、甲基托布津、苯甲酸钠、乙磷铝、绿色E、绿色°、FISB 21、FISB 22、HSJ<sub>1</sub>、HSJ<sub>2</sub>、NaClO、苯莱特和硫处理。此外,还有魔芋葡甘聚糖膜、膜试剂<sup>[7]</sup>、微生物代谢物<sup>[35]</sup>和植物天然提取物<sup>[36]</sup>。

在龙眼果实防腐保鲜剂中,以熏硫研究最多,并在贮运保鲜生产上得到广泛应用。近年来,龙眼熏硫研究主要集中在不同品种对SO<sub>2</sub>的吸收率,熏硫时间,硫用量,熏硫对采后生理和品质的影响、果皮褐

变和病原菌的控制<sup>[7~9, 11, 13, 18, 27, 30, 37, 38]</sup>,冷藏果实货架寿命的延长<sup>[5, 10]</sup>,果皮、果肉SO<sub>2</sub>残留量<sup>[5, 9, 32, 37, 38]</sup>的研究上。在熏硫实践上,还存在果肉SO<sub>2</sub>残留量超过国内、国际标准。近年来,降低果肉SO<sub>2</sub>残留量的研究已取得可喜的进展,果肉SO<sub>2</sub>残留量为1~30 mg·kg<sup>-1</sup><sup>[5, 9, 37, 38]</sup>。

#### 4.5 辐射和热处理

乌龙岭龙眼经504 Krad C<sup>60</sup>r射线辐射,PE薄膜袋包装,26~32贮藏10 d,好果率91.89%,失重率8.40%;1~4冷藏79 d,好果率94.44%,失重率5.1%;果实经672 Krad辐射,1~4贮藏79 d,好果率96.36%,失重率5.10%<sup>[23]</sup>。东壁龙眼经80 Krad C<sup>60</sup>r射线辐射,(8±1)贮藏20 d,好果率为77.66%<sup>[7]</sup>。龙眼辐射贮藏目前处于实验室研究阶段,还未应用于生产。

热处理龙眼果实,主要是利用热水或热蒸汽具有钝化酶活性和杀菌作用,从而抑制果皮褐变和微生物的生长。热处理主要有热烫保鲜和热的杀菌剂溶液处理两种方法。热烫保鲜是一种民间经验,即龙眼在100℃的水中热烫30~40 s(以不烫伤果肉为度),捞起晾干,常温贮藏10 d,果实不变质、霉烂,保持原果风味。乌龙岭龙眼用60~90%多菌灵+0.05%乙磷铝溶液处理,1~4贮藏79 d,好果率98.1%,失重率4.70%;26~32贮藏12 d,好果率92.44%,失重率7.80%;用60~90 pH2.5热水处理,常温贮藏12 d,好果率82.11%,失重率8.00%<sup>[23]</sup>。Daw 龙眼经500~1000 mg/L苯莱特在52℃下浸2 min后用PVC薄膜包装,常温下延长货架寿命5~7 d<sup>[21]</sup>。

#### 4.6 采后处理技术流程和质量保证体系的建立

对龙眼采收方法、适宜采收成熟度、采收期、预冷<sup>[1, 39]</sup>、包装<sup>[1, 4, 27]</sup>、采后处理流程<sup>[40]</sup>和质量保证体系的建立<sup>[41]</sup>进行研究。提出龙眼采后处理工艺流程为:采收→选别→分级→防腐剂处理→预冷→晾干→包装→常温贮运或低温贮运(冷链)→销售<sup>[41]</sup>。近年来,泰国建立了出口鲜龙眼生产的GMP(良好工艺规范)和HACCP(危害关键控制点)质量管理体系,并在生产上应用,降低龙眼SO<sub>2</sub>残留量,提高鲜龙眼品质,在国际市场上有较强的竞争力<sup>[41]</sup>。我国是世界上最主要的鲜龙眼生产国,产量和面积均居世界首位,但我国鲜龙眼却难以大批量远销我国北方市场和出口创汇,主要以桂圆干加工为主,且采后处理各环节技术参数缺乏系统深入的研究,技术不配套,贮运设施落后,缺乏采后处理操作规程和质量管理体系。所以,应加强采后处理各环节技术参数和配套技术的研究与应用,借鉴国外先进技术和经验,

## 建立龙眼采后操作规程与质量管理体系, 加强产学研结合, 促进龙眼产业化发展。

### [参 考 文 献]

- [1] 施 清. 龙眼采后生理特性及保鲜技术研究[J]. 福建果树, 1990, (2): 1~ 4
- [2] 潘一山等. 龙眼采后生理变化及对B<sub>9</sub>的效应[J]. 中国果树, 1986, (2): 44~ 45
- [3] 潘一山等. 龙眼采后生理及贮藏保鲜[J]. 果树科学, 1996, 13(1): 19~ 22
- [4] 洪启征等. 龙眼贮藏保鲜研究[J]. 福建农业科技, 1984, (3): 50~ 51
- [5] 林河通等. 延长冷藏龙眼果实货架寿命的技术[J]. 福建农业大学学报, 1997, 26(1): 113~ 118
- [6] 周 云等. 龙眼冷藏适温及其冷害的研究[J]. 园艺学报, 1997, 24(1): 13~ 18
- [7] 何志刚等. 几种前处理对龙眼果实呼吸强度的影响[J]. 福建省农科院学报, 1997, 12(4): 32~ 34
- [8] 韩冬梅等. SO<sub>2</sub> 对龙眼果实的氧化作用与衰老的影响[J]. 果树科学, 1999, 16(1): 24~ 29
- [9] 季作梁等. 龙眼采后 SO<sub>2</sub> 保鲜作用及其残留量问题研究[J]. 热带作物学报, 1999, 20(3): 36~ 40
- [10] 李雪萍等. SO<sub>2</sub> 对龙眼冷藏效果及货架寿命的影响[J]. 华南农业大学学报, 1999, 20(1): 77~ 80
- [11] 张昭其等. SO<sub>2</sub> 释放剂对龙眼贮藏效果及采后生理的影响[J]. 热带作物学报, 1999, 20(1): 54~ 58
- [12] Zhao Y H, et al. Postharvest changes of activities and isoenzymes of several oxidases in the pericarp of longan fruit [A]. In: Int Soc of Hort Sci. Abstracts of 1st Int Symp. on Litchi & Longan [C]. Guangzhou, China: 2000 66
- [13] 吴振先等. SO<sub>2</sub> 对贮藏龙眼果皮酶促褐变的影响[J]. 园艺学报, 1999, 26(2): 91~ 95
- [14] Jiang Y M. Purification and some properties of polyphenol oxidase of longan fruits [J]. Food Chemistry, 1999, 66: 75~ 79
- [15] 吕荣欣等. 龙眼果实防腐保鲜技术研究[J]. 亚热带植物通讯, 1992, 21(2): 9~ 17
- [16] Paull R E, et al. Changes in longan and rambutan during postharvest storage [J]. HortScience, 1987, 22(6): 1303~ 1304
- [17] 梁汉华等. 龙眼气调(MA)贮藏研究[J]. 热带作物学报, 1998, 19(2): 49~ 54
- [18] Sardud V, et al. Effects of postharvest fumigation washing treatments and storage temperature on disease development in fresh longan [A]. In: Johnson G I, Highley E (Eds). Development of Postharvest Handling Technology for Tropical Tree Fruits [C]. ACIAR, Canberra, Australia: 1994 77~ 79
- [19] Prapaipong H, et al. Enzymic browning in longan [J]. Microbial Utilization of Renewable Resources, 1990, 7: 77~ 78
- [20] 胡安生等. 水果保鲜及商品化处理[M]. 北京: 中国农业出版社, 1998 153~ 160
- [21] Onnop W A, et al. Storage of lychee and longan at ambient temperature using hot benomyl treatment and film wrap [A]. In: Chiang Mai Univ., Thailand Proceedings of National Seminar on Appropriate Postharvest Technology [C]. Chiang Mai, Thailand: 1987. 205~ 211
- [22] O'Hare T, et al. Cool temperature storage of longan fruit [J]. N. Qld Hort News, 1991, 55
- [23] 刘卫民. 龙眼果实的贮藏保鲜技术及贮藏生理的研究[D]. 福州: 福建农学院, 1988
- [24] 冷怀凉等. 果品贮藏的病害防治及保鲜技术[M]. 成都: 四川科学技术出版社, 1991. 287~ 301
- [25] 黄健榕等. 龙眼充氮低温保鲜试验[J]. 华侨大学学报, 1986, 7(3): 329~ 334
- [26] 林河通等. 龙眼果皮形态结构的比较观察及其与果实耐贮运的关系[J]. 热带亚热带植物学报, 2001, 9(4): 印刷中
- [27] 周 云等. 不同包装、药剂和硫处理对龙眼贮藏效果的研究[J]. 中国南方果树, 1997, 26(3): 24~ 27
- [28] 陈文军等. 龙眼贮藏防腐试验初报[J]. 福建农业科技, 1982, (3): 44~ 45
- [29] 苏玉润等. 龙眼常规保鲜技术试验[J]. 福建果树, 1996, (2): 14~ 17
- [30] Onnop W A, et al. Effects of sulfur dioxide on quality of longan in cold storage [A]. In: Chulalongkorn Univ., Bangkok, Thailand Program and Abstracts, 14th Conference on Sci Tech of Thailand [C]. Bangkok, Thailand: 1988 536~ 537
- [31] Brinda S. Effects of low temperatures at 1 and 5 °C on quality of 'E2dor' longans [M]. Bangkok, Thailand: 1991. 12 leaves
- [32] O'Hare T, et al. storage in conjunction with meta2 bisulphite pads [J]. N Qld Hort News, 1991, 55
- [33] 叶式秀等. 龙眼气调贮藏研究初报[J]. 中国果树, 1981, (1): 19~ 21
- [34] O'Hare T, et al. Longan controlled atmosphere storage [J]. Horticulture Postharvest Group Biennial Review, 1992, 21
- [35] Jiang Y M. The use of microbial metabolites against postharvest diseases of longan fruit [J]. Int J Food Sci Tech, 1997, 32(6): 535~ 538
- [36] Sardud U, et al. Effects of plant extracts on the in vitro and in vivo development of longan fruit pathogens [A]. In: Johnson G I, Highley E (Eds). Development of postharvest Handling Technology for Tropical Tree Fruits [C]. ACIAR, Canberra, Australia: 1994 60~ 62
- [37] Tongdee SC. Sulfur dioxide fumigation in posthar2

- vest handling of fresh longan and lychee for export [A]. In: Champ B R, Highley E, Johnson G I (Eds). Postharvest Handling of Tropical Fruits[C]. ACIAR, Canberra, Australia: 1994 186~ 195
- [38] Han D M, et al Effect of  $SO_2$  treatment on the overall quality of longan fruits (cv. Shixia) during storage[A]. In: Int Soc of Hort Sci Abstracts of 1st Int Symp. on Litchi & Longan[C]. Guangzhou, China: 2000 67.
- [39] 陈锦权等 龙眼真实预冷速率模型[J]. 农业工程学报, 2000, 16(增刊): 108~ 110
- [40] 林河通等 龙眼采收后贮运保鲜技术规程[J]. 农村实用工程技术, 1997, (6): 25
- [41] Tongdee S C. Quality assurance implementation in practice: Thailand's experience with fresh longan for export[A]. In: Int Soc of Hort Sci Abstracts of 1st Int Symp. on Litchi & Longan [C]. Guangzhou, China: 2000 61.

## Calculation Method of the Optimum Planned-Elevation for Bulk Wide-Area Earthwork in Land Consolidation ..... (173)

Deng Shouchang (Department of Architecture and engineering, Xiang Tan University, Xiangtan 411105, China)

**Abstract:** In different conditions, there are different planned elevations for the bulk wide-area earthwork. On the basis of theory presented by professor Leiboumils (Bulgarian), with respect to calculation of the optimum planned elevation which is not subject to any condition, five theoretical formulae for calculating the optimum planned elevation in different special conditions are suggested: first, the distance of each point is equal in the ground of square; second, the planned area without retaining a height of given point (P); third, the planned area must retain a inclined angle in one direction; fourth, the planned area must retain the height  $h_1$  and  $h_2$  for two given points; fifth, the planned area must retain horizontal. In this way, the volume of earthwork can be the least and the calculation can also be simpler if calculation is made in accordance with the formulae under the original condition.

**Key words:** earthwork; optimum planned elevation; least square principle

## · Review and Forum ·

## Relationship Between Increasing Grain Output and Utilization Potential of Agricultural Water Resources in Severe-arid Northwestern Ecological Zones ..... (177)

Ju Zhengshan<sup>1</sup>, Zhang Fengrong<sup>2</sup>, Liu Xiaoxia<sup>3</sup> (1. Center for Land Consolidation and Rehabilitation, Ministry of Land and Resources, Beijing 100035, China; 2. China Agricultural University, Beijing 100083, China; 3. Xixia Costume Ltd. Co. Shandong Province, Xixia 265300, China)

**Abstract:** Based on the study of status quo of agricultural water resources utilization in Northwestern Ecological Zones, this paper analyzed the water utilization potential and increasing production potential at the theoretical level by the method of AEZ. The results are: the whole Northwestern Ecological Zone is suffered from the shortage of water resources; Its current water use efficiency is low and the waste is as serious as shortage; Water is key to exert the biomass and maximum potential yield of crops. If the water use efficiency rises up 10% ~ 20%, the land production potential will be sumounted greatly.

**Key words:** northwestern ecological zone; water use efficiency; potential analysis

## Commercialized Operation Model and Development of Integrated Energy-Environment Engineering on Scaled Livestock Farms ..... (181)

Yao Xiangjun<sup>1</sup>, Hao Xianrong<sup>2</sup>, Guo Xianzhang<sup>1</sup> (1. Energy & Environmental Protection Institute, Chinese Academy of Agricultural Engineering, Beijing 100026, China; 2. Rural Renewable Energy Office, Department of Science, Technology and Education, Ministry of Agriculture, Beijing 100026, China)

**Abstract:** This paper defines the concept of energy (biogas) environmental protection engineering on scaled livestock farms, which differs from large-medium scale biogas plants widely developed in China at previous time. Driven by pressure from environmental sector and demand for non-polluted agricultural products, it stresses that the integration of waste treatment with its utilization and the integration of livestock & poultry breeding with planting. The paper states that anaerobic digestion as the key technology in the system is significant for effluent control of livestock farms. Barriers to widely extend this technology are analyzed in its commercial development. Finally a case of feasibility study on swine farms in Luoniushan District of Hainan Province is presented.

**Key words:** livestock farm; energy environmental protection engineering; commercialized operation

## Research Advances of Postharvest Physiology, Postharvest Pathology and Storage and Transport Technologies for Longan Fruits ..... (185)

Lin Hengtong<sup>1,2</sup>, Xi Yufang<sup>1</sup>, Chen Shaohun<sup>2</sup>, Chen Jinquan<sup>2</sup>, Hong Qizheng<sup>2</sup> (1. Department of Food Science and Nutrition, Zhejiang University, Hangzhou 310029, China; 2. College of Food Science, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China)

**Abstract:** The advances in the studies of postharvest physiology, postharvest pathology, differing storage and transport characteristics of cultivars, storage and transport technologies for longan fruits under

ambient temperature, in cold storage or with controlled atmosphere storage, antiseptics, irradiation, heat treatment, technological process of postharvest treatment, establishment of quality assurance and control system are comprehensively summarized in this paper

**Key words:** longan; fruits; postharvest physiology; postharvest pathology; technologies of storage and transport; research advance

**Ecological and Environmental Effect of Water-Saving Rice Cultivation ..... (191)**

Cheng Wangda<sup>1,2</sup>, Zhao Guoping<sup>1</sup>, Zhang Guoping<sup>1</sup>, Yao Haigen<sup>2</sup> (1. *Department of Agronomy, College of Agriculture and Biotechnology, Zhejiang University, Hangzhou 310029, China;* 2. *Jiaxing Academy of Agricultural Science Research, Jiaxing 314016, China*)

**Abstract:** The ecological and environmental effect of water-saving rice cultivation (W SRC) on paddy fields was reviewed, mainly by analyzing the effects on ecological conditions of paddy soil, greenhouse gas production and releasing, contamination and eutrophication of water bodies due to fertilizer losses, the balance of mineral nutrition and fertilizer-by-water interactions, and occurrence and control of diseases, pests and weeds under the condition of W SRC. The main issues were suggested for further research of W SRC in the paper, including studies on integrated effects of W SRC on plant-soil ecosystems, on the high efficient irrigation approaches, on fertilizer-by-water interaction, on the occurrence and controlling of diseases, pests and weeds, on soil salinization and its alleviation and on the techniques of non-pollution film mulched dry cultivation to the environment

**Key words:** rice (*Oryza sativa* L.); water-saving cultivation; ecology; environment

· **Introduction to Institute** ·

College of Food Science, Southwest Agricultural University ..... *Inside Front Cover*  
Center for Land Consolidation & Rehabilitation, Ministry of Land and Resources .....  
..... *Inside Back Cover and Back Cover*