

doi:10.11937/bfyy.20170848

苹果冷藏期间虎皮病发病原因及防治方法

蒋 帅, 周会玲, 刘 焕, 贺军花, 马利菁

(西北农林科技大学 园艺学院, 陕西 杨凌 712100)

摘 要: 苹果虎皮病是采后冷藏期间常见的生理性病害。该研究从采前采后 2 个方面对虎皮病发生原因进行分析, 初步探讨了虎皮病致病机理, 并系统研究了虎皮病防治方法, 以期降低苹果贮藏期间虎皮病发生、提高商品价值提供参考依据。

关键词: 虎皮病; 冷藏; 致病机理; 防治

中图分类号: S 436.611.1⁺9 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2017)19-0179-05

虎皮病是苹果贮藏中、后期发生的主要生理性病害, 发病程度因果实品种而异。常见症状为果实表皮产生浅褐色小面积似烫伤状病斑, 贮藏时间越长, 病斑面积愈大。病变始于近表皮 6~7 层细胞, 初期不深及角质层和果肉, 严重时病斑呈深褐色, 果实出现凹陷、皱缩, 最终腐烂变质, 严重影响果实外观品质和商品特性^[1]。随着苹果市场需求量的增大及货架期延长, 贮藏工艺愈显重要, 作为贮藏期间的常见病害, 虎皮病的发生给生产经营者造成严重的经济损失。该研究通过对虎皮

病发病原因分析, 探讨虎皮病致病机理和防治措施, 以期苹果冷藏期间虎皮病防治提供参考。

1 虎皮病致病机理

多数研究认为虎皮病的发生与 α -法尼烯及其氧化产物的积累有关。1966 年 HUELIN 等^[2]发现苹果蜡质层含有 α -法尼烯(α -farnesene), 其含量与虎皮病发生有关, 推测 α -法尼烯为虎皮病的致病物质。1968 年 HUELIN 等^[3]发现, 虎皮病多发生在 α -法尼烯累积高峰之后出现, 且 α -法尼烯含量降低时发病严重, 推测 α -法尼烯的氧化产物引起虎皮病。随后进一步研究发现, α -法尼烯的氧化产物共轭三烯含量与虎皮病的发病程度密切相关, 且 α -法尼烯的抑制剂二苯胺能够抑制其氧化过程, 用共轭三烯处理的苹果均发生了虎皮病。研究还发现在贮藏初期积累的 α -法尼烯氧化产物不会导致果实发病, 可能是果实中含有天然抑制 α -法尼烯氧化过程的物质, 避免了虎皮病的发生^[4]。1995 年 ROWAN 等^[5]发现 α -法尼

第一作者简介: 蒋帅(1992-), 女, 河南南阳人, 硕士研究生, 研究方向为园艺产品采后生理与贮藏保鲜。E-mail: crystaljs@126.com.

责任作者: 周会玲(1969-), 女, 陕西丹凤人, 博士, 副教授, 现主要从事园艺产品采后生理及贮藏保鲜等研究工作。E-mail: zhouhuiling@nwsuaf.edu.com.

基金项目: 国家现代苹果产业技术体系建设专项资助项目(nycylx-08-05-02)。

收稿日期: 2017-04-06

Abstract: The interplanting grass in orchard is an effective method to keep the soil fertility and improve soil environment. Research progress of interplanting grass in orchard about relevant factors on soil environment and fruit quality was reviewed. Physiological and biochemical responses of interplanting grass in orchard were summarized on the aspects of soil physiochemical properties, soil microorganism and fruit quality. At last, outlooks of the study on interplanting grass in orchard were provided in order to serve as theoretical base for the further research and practice.

Keywords: interplanting grass in orchard; physiochemical properties; microorganism; fruit quality

烯的氧化产物是共轭三烯醇,进一步发现共轭三烯醇的氧化产物为 MHO(6-甲基-5-庚烯-2-酮),虎皮病与共轭三烯醇的氧化及 MHO 的积累有关^[6]。徐怀德^[7]认为 α -法尼烯及其氧化产物的积累与虎皮病的发生有明显的相关性。表皮细胞膜遭受破坏,相关酚类物质发生不可逆的氧化导致虎皮病的发生。虽然对于虎皮病的致病机制已有多年的研究,但目前为止对其致病机理没有确切的结论。

2 虎皮病发生原因

引发虎皮病的原因多种多样,根据苹果品种、采收时间、成熟度、贮藏环境等不同,总结为品种特性、采前因素和采后因素。

2.1 品种特性

不同品种对虎皮病的抗病能力有所不同。一般而言,果皮黄色的比红色的抗病,果皮红色的比青色的抗病,红色果皮中“富士”和“红星”易发病,且发病部位多在非着色面。在同一贮藏条件下,“金冠”和“嘎啦”对虎皮病抵抗力较强,“国光”“元帅”“富士”“澳洲青苹”“艾达红”“旭则”易感虎皮病^[8]。

2.2 采前因素

采前因素包括农业技术因素(施肥、修剪及疏花疏果)、天气因素、采收成熟度。采前因素是影响虎皮病发生的重要因素,它还会影响采后苹果的品质及耐贮性,需要引起足够重视。

2.2.1 农业技术因素

栽培过程中氮素过量会使花青素合成受阻,果实着色差。果皮中的花青素具有天然的抗氧化剂作用,抑制 α -法尼烯的氧化过程,所以着色不良的果实易发生 α -法尼烯氧化产物危害,且易品质发绵。牛瑞敏^[9]研究发现,同一果树,着色差比正常果实发病严重,同一果实未着色部位发病重。同时适当的疏花疏果可改善光照条件,增加叶果比,积累可溶性固形物,有利于花青素的形成,降低贮藏中发生虎皮病的可能性^[6]。

2.2.2 天气因素

在采前出现高温干热天气,会增加虎皮病发病概率。因为空气中高温和缺水可能增加了 α -法尼烯氧化产物的积累,这可能是采收季冷凉年份

比干热年份的虎皮病少且症状轻的原因^[10]。而采收时低温使果皮中的脂肪、蜡、脂肪酸含量以及抗氧化物质增加,不饱和脂肪酸不易被氧化,增强膜的透性,减少虎皮病的发生^[11]。有研究表明,采前低温、降雨、光照增加以及果实成熟度的提高,都会减少“元帅”苹果的发病,而后期高温干燥则会增加其发病的可能性。

2.2.3 采收成熟度

采收成熟度是影响虎皮病发生的重要因素。采收过早易发生虎皮病;采收过晚果皮易萎蔫发皱,若长期贮藏,会进一步加剧虎皮病的程度。有研究表明,盛花期后 130、140、150 d 采收的果实随着采收期的延迟虎皮病发病率降低^[12]。10 月中下旬采收的“澳洲青苹”果实可溶性固形物含量保持的较高,在贮藏时,虎皮病发病率有明显的抑制和延缓;而贮藏后期,早采果实则出现严重的虎皮病^[13]。这可能由于早采果积累了大量的 α -法尼烯氧化产物而天然的抗氧化物质含量较低引起的^[14]。

2.3 采后因素

采后因素包括贮藏环境中的温度、湿度、 O_2 、 CO_2 和乙烯。果实采收后直至食用或腐烂前,进行呼吸、蒸腾、成熟等重要的生理活动,贮藏环境的改变影响采后果实生命活动。

2.3.1 贮藏环境中的温度和湿度

一般认为在诱发虎皮病的温度范围内,温度越高,发病越快。FILDLER^[15]发现在 $-1\sim 3\text{ }^{\circ}\text{C}$,“澳洲青苹”在较高温度下发病快且严重。胡小松等^[16]认为,温度越高, α -法尼烯积累越多,其氧化产物合成越多,越易发生虎皮病。虎皮病一般集中发生在贮藏后期,尤其是果实出库后发病率明显增加,在有可能发生虎皮病的温度范围内,当库温较高时,通常发病较快。如“秋金”苹果冷藏后在 $6\text{ }^{\circ}\text{C}$ 放置发病慢,室温下则发病快且严重。大多数研究表明,降低贮藏环境中的湿度可减少虎皮病的发生。

2.3.2 贮藏环境中的 O_2 、 CO_2 和乙烯

在 2.5% O_2 和 0.5% CO_2 浓度下,“斯巴旦”苹果虎皮病发病严重;而在 1% O_2 和 0.5% CO_2 下,虎皮病发病率在 3% 以下^[17]。在加拿大大不列颠省采用 1% O_2 或 0.5% $O_2+0.05\%$ CO_2 贮

藏 7 个月的苹果只发生轻微的虎皮病症状。薛彦斌^[18]利用碳分子筛气调机控制 1%~5% O₂ 和 2%~6% CO₂ 指标,可明显抑制“红元帅”苹果果皮中 α -法尼烯的合成和氧化,减少共轭三烯积累,降低虎皮病的发病率。在低氧胁迫处理 (0.5% O₂) 9 d 后,再贮藏在 1.0% O₂ + 1.5% CO₂ 环境中,可控制虎皮病的发生。而对于 CO₂ 敏感的“寒富”苹果在 1% O₂ 和 5% CO₂ 下随贮藏时间的延长褐变程度加深,3% O₂ 和 1% CO₂ 褐变相对较轻;当 CO₂ > 1% 时,不管 O₂ 含量多大,果实均出现了褐变。当 O₂ 浓度一定时,随着 CO₂ 浓度的增大褐变率也增高^[19]。有研究表明,虎皮病发生与乙烯作用有关, α -法尼烯合成的关键基因的表达受乙烯的调节。乙烯抑制剂重氮环戊二烯(DACP)通过抑制呼吸和乙烯,有效地抑制了虎皮病发生,去除乙烯可减少 α -法尼烯和共轭三烯的积累,从而减少了虎皮病的发生^[18]。

3 虎皮病的防治方法

3.1 品种选择

贮藏过程中,可根据抗病能力来选择合适的贮藏时间和贮藏条件,抗病能力强的品种适当长期贮藏,抗病能力弱的缩短贮藏期,这样既在一定程度上解决了虎皮病的问题,又满足了消费者的多种需求^[20]。同时在栽培中控制氮肥摄入量,合理去除遮光叶,转果等方式,使果实着色均匀,形成大量花青素,因为花青素可以防止酚类物质的氧化,进而减少 α -法尼烯氧化产物的积累。

3.2 适时采收

采收期早晚对虎皮病影响很大。采收过早,外观色泽差,虎皮病发病早且重;采收过晚,耐贮性差且容易腐烂。王亮等^[21]认为,“红富士”苹果着色面积达到 2/3 以上、硬度 8 kg · cm⁻² 以上、可溶性固形物含量达 15% 以上的虎皮病发病率较低。王坤范等^[22]对“红星”苹果进行研究发现,早采果(盛花期后 117 d)发病率为 73%,中采果(盛花期后 127 d)发病率为 16.5%,晚采果(盛花期后 138 d)发病率为 2%。辽宁熊岳出产的“小国光”苹果,分别在 10 月 4 日和 10 月 16 日采收,贮藏到翌年 4 月中旬,虎皮病的发病率为 27.45% 和 0.14%^[1]。各地要根据品种特性和生

态条件,确定适宜的采收时间。

3.3 药剂处理

用于虎皮病防治的化学药剂主要有二苯胺、乙氧基喹。二苯胺是 α -法尼烯氧化过程的抑制剂。用含有二苯胺的石蜡油包果纸处理苹果可以防治虎皮病,每张包果纸含二苯胺 1.52 mg 就能达到效果。此外也可采用药剂浸果的方法,果实的残留药量为 4~5 mg 即可。乙氧基喹同样具有抗氧化的作用,浓度为 0.25%~0.35% 的乙氧基喹乳液室温下浸果片刻,晾干后装箱,或用含有乙氧基喹的包果纸(每张包果纸 2 mg)、装箱纸(每箱纸隔板含 4 g 药剂)都可^[1]。市面上防治虎皮病的药剂——虎皮灵主要成分就是乙氧基喹^[23]。这些化学药剂都能达到抑制 α -法尼烯及其氧化产物的效果,但由于低毒性和废液污染性,建议少用或不用。白藜芦醇是一种生物性很强的天然多酚类物质,惠伟等^[24]研究了白藜芦醇在苹果虎皮病上的应用,发现“红星”苹果采后用 1~100 mg · L⁻¹ 的白藜芦醇溶液浸泡 1~3 min 后沥干进入冷库正常冷藏,210 d 后出库时未发病,货架期好果率约 90%,发病率降低了 80% 以上。

3.4 1-MCP 处理

1-甲基环丙烯简称 1-MCP,是一种无毒、低量、高效的乙烯受体抑制,在果蔬贮藏保鲜上应用广泛。索江涛^[20]发现“红富士”苹果贮藏 195 d 后发病率为 22.50%,而用 1.0 μ L · L⁻¹ 的 1-MCP 处理后贮藏 195 d 后未发病,室温放置 5 d 后有 1.67% 轻微病果。何近刚^[25]也发现用 1.0 μ L · L⁻¹ 的 1-MCP 处理“红富士”苹果显著改善了冷藏期和货架期的果实品质,贮藏 90 d 后 α -法尼烯含量为 3.54 nmol · cm⁻²,明显低于对照 84.83 nmol · cm⁻²。到贮藏后期 α -法尼烯氧化产生的共轭三烯含量升高,210 d 后对照果实共轭三烯含量为 22.63 nmol · cm⁻²,而 1-MCP 处理的仅为 3.75 nmol · cm⁻²,1-MCP 处理后明显降低了 α -法尼烯的积累和氧化产物的生成,抑制虎皮病的发生和果心褐变。这是因为 1-MCP 一方面抑制采后苹果的呼吸作用和乙烯释放^[26],另一方面提高了果实内抗氧化酶的活性和果实内源抗氧化物质的积累,减少了自由基的积累,从而减少了虎皮病的发生^[27]。

3.5 壳聚糖涂膜处理

壳聚糖处理后在果实表面形成一层具有通透性、阻水性的膜,阻碍果实内部与外部 O_2 和 CO_2 的交换,形成了一种微气调环境。经壳聚糖涂膜处理后苹果的果实虎皮病病情指数为 22.7%,MDA 含量明显低于对照组的 66.3%^[28]。壳聚糖处理后大部分呼吸作用途径从三羧酸循环变为磷酸戊糖途径,次生代谢产物积累,增加了细胞膜的稳定性,降低了自由基的产生和中间体对细胞膜的伤害,使果实膜脂过氧化作用减弱,同时也使 PPO 活性降低,缓解了虎皮病的发生^[28]。同时壳聚糖也抑制了乙烯的释放,减少了 α -法尼烯的产生和氧化产物的积累。

3.6 热处理

热处理指用 38~60℃ 的热水、热蒸汽或热空气对采后果实进行处理^[29]。由于热处理后苹果果皮蜡质层变薄,使蜡质表面结构发生变化,果皮中的 α -法尼烯和共轭三烯含量降低^[30],因此,热处理能够使虎皮病得到抑制。研究发现,经 42℃ 热空气处理 24 h 后,贮藏 180 d 的“富士”苹果比对照推迟了 15 d 发病,随后常温下放置 15 d,发病率为 20%,而对照发病率为 45%^[30]。“红富士”苹果经 38℃ 热处理后再放置 20℃ 时, CO_2 释放量较对照低 80%,降低了呼吸强度。研究发现,ACC 合成酶和 ACC 氧化酶是控制乙烯合成的关键酶,高于 36℃ 时这 2 种酶失活,乙烯合成受到抑制^[31],减少了 α -法尼烯及其氧化产物的积累,抑制虎皮病的发生。

3.7 科学规范管理冷库

科学规范的冷库管理包括入贮前准备、贮藏期间环境因素的控制、果实包装、码垛方式等系统完整的管理措施。对冷库进行全面清扫,在密闭条件下用硫磺熏蒸 24~48 h,彻底通风换气后才能使用。同时要对制冷系统进行检查,查看系统显示温湿度和实际测量是否一致,发现问题及时解决。进入冷库前要预冷,贮藏包装要注意确保空气流通,码垛时货物离墙 30 cm 以上,顶距 80 cm,货物之间留适当空隙,码垛走向与库内空气循环方向一致,利于通风降温,保持库内温度一致。苹果入库后要尽快达到贮藏的适宜温度,贮藏期间避免温度波动。冷库内温度分布要均匀,

在库内至少 3 个位置安放温度表,及时记载库内各部分温度和果心温度的情况,避免局部苹果伤害。结霜会阻碍热交换,影响制冷效果,必须及时除霜。库内相对湿度要求在 90%~95% 之间,安装喷雾设备或自动湿度调节器来达到贮藏湿度的要求。选择在气温较低的清晨对冷库进行通风换气,以降低苹果贮藏期间释放的 CO_2 和乙烯,同时开动制冷机以减缓温湿度变化。

4 结语

虎皮病的发生受采前因素、采后贮藏环境的影响,同时与 α -法尼烯及其氧化产物的积累有明显的相关性。就目前而言,合理施肥、增大光照、适当晚采,可增加果实内抗氧化物质的积累,减少虎皮病的发生,同时,在冷藏期间注意库体温度、湿度以及果实的呼吸和乙烯的释放,以降低 α -法尼烯及其氧化产物的积累,抑制虎皮病发生。

参考文献

- [1] 饶景萍. 园艺产品贮运学[M]. 北京: 科学出版社, 2008.
- [2] HUELIN F E, MURRAY K E. α -farnesene in the natural coating of apples[J]. Nature, 1966, 210(5042): 1260-1261.
- [3] HUELIN F E, COGGIOLA I M. Superficial scald, a functional disorder of stored apples; Effect of variety, maturity, oiled wraps and diphenylamine on the concentration of α -farnesene in the fruit[J]. Sci Food Agric, 1968, 19: 297-301.
- [4] HUELIN F E, COGGIOLA I M. Superficial scald, a functional disorder of stored apples. V. Oxidation of α -farnesene and its inhibition by phenylamine[J]. Sci Food Agric, 1970, 21: 44-48.
- [5] ROWAN D D, ALLEN J M, FIELDER S, et al. Identification of conjugated triene oxidation products of α -farnesene in apple skin[J]. J Agric Food Chem, 1995, 43: 2040-2045.
- [6] MIR N, PEREZ R, BEAUDRY R M. A poststorage burst of 6-methyl-5-hepten-2-one (MHO) may be related to superficial scald development in 'Cortland' apples[J]. American Society Horticulture Science, 1999, 124(2): 173-176.
- [7] 徐怀德. 苹果贮藏与加工[M]. 北京: 化学工业出版社, 2006.
- [8] THOMAI T, SFAKIOTAKIS E, VASILAKAKIS M. Effects of low preharvest temperature on scald susceptibility and biochemical changes in 'Granny Smith' apple peel[J]. Scientia Horticulturae, 1998, 76: 1-15.
- [9] 牛瑞敏. 苹果虎皮病的防治[J]. 陕西农业科学, 2005(3): 77-80.
- [10] EMONGOR V, MURR D, LOUGHEED E. Preharvest factors that predispose apples to superficial scald[J]. Postharvest

Biology and Technology, 1994(4):289-300.

[11] THOMAI T, SFAKIOTAKIS E, DIAMANTIDIS G R et al. Effect of low temperature on scald susceptibility and biochemical changes in 'Granny Smith' apple peel[J]. Sci Hort, 1998, 76:1-15.

[12] 王坤范, 周山涛, 刘一和, 等. 不同采收期对红星苹果虎皮病采后生理变化及品质的影响[J]. 北京农业大学学报, 1983, 9(1): 61-69.

[13] 王志华. 采收期对澳洲青苹果采后品质及虎皮病的影响[J]. 保鲜与加工, 2010, 10(6):10-14.

[14] 范克俊, 孙玉刚. 苹果贮藏期间发生虎皮病的生理生化基础及其防治[J]. 植物生理学通讯, 2002, 38(5):505-510.

[15] FILDLER J C. The biology of apple and pear storage[M]. Slough:Common wealth Breau, 1973:65-131.

[16] 胡小松, 肖华志, 王晓霞. 苹果 α -法尼烯和共轭三烯含量变化与贮藏温度的关系[J]. 园艺学报, 2004, 31(2):169-172.

[17] LAU O L. Effects of storage procedures and low oxygen and carbon dioxide atmosphere on storage quality of Spartan apples[J]. Amer Soc Hort Sci, 1983, 108:955-957.

[18] 薛彦斌. 应用碳分子筛气调机气调贮藏苹果对虎皮病的控制效果[J]. 园艺学报, 1991, 18(3):217-220.

[19] 佟伟. 不同气体贮藏条件对寒富苹果采后果实品质的影响[J]. 保鲜与加工, 2014, 14(1):15-18.

[20] 索江涛. 几种采后技术对红富士苹果虎皮病的控制效果的

研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学, 2010.

[21] 王亮, 王春生, 冯志宏, 等. 贮藏期间红富士苹果虎皮病发病因素分析及应对措施[J]. 保鲜与加工, 2012, 12(6):42-47.

[22] 王坤范, 周山涛, 刘一和, 等. 不同采收期对红星苹果虎皮病采后生理变化及品质的影响[J]. 北京农业大学学报, 1983, 9(1): 61-69.

[23] 陈月英. 果蔬贮藏技术[M]. 北京:化学工业出版社, 2008.

[24] 惠伟, 王晶, 关军锋. 白藜芦醇在防治苹果虎皮病和梨黑皮病中的应用:CN103766475A[P]. 2014-05-07.

[25] 何近刚. 采后1-MCP和MAP处理对'红富士'苹果冷藏和货架期品质的影响[J]. 食品科学, 2016, 37(22):301-306.

[26] 李珊珊, 饶景萍, 孙允静, 等. 早熟苹果新品种秦阳采后贮藏特性及其对1-MCP的反应[J]. 西北农业学报, 2010, 19(5):113-116, 166.

[27] 索江涛. 1-甲基环丙烯对红富士苹果虎皮病的研究效果[J]. 西北农业学报, 2010, 19(9):55-60.

[28] 吕新刚. 壳聚糖涂膜对苹果虎皮病防治效果与机理研究[J]. 农业机械学报, 2011, 42(3):131-135.

[29] 马秋诗. 贮藏前热水处理对'红阳'猕猴桃果实冷害的影响[J]. 食品科学, 2014, 35(14):256-261.

[30] 张春云. 热处理对红富士苹果虎皮病和贮藏效果的影响[J]. 西北农林科技大学学报, 2013, 41(6):117-132.

[31] 生吉萍, 申琳. 果蔬安全保鲜新技术[M]. 北京:化学工业出版社, 2010.

Causes and Prevention of Superficial Scald Disease During Cold Storage of Apple

JIANG Shuai, ZHOU Huiling, LIU Huan, HE Junhua, MA Lijing

(College of Horticulture, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100)

Abstract: Apple superficial scald disease is a common physiological disease during post-harvest refrigeration. In this study, causes of disease were analyzed during pre-harvest and post-harvest in order to provide reference for reducing the occurrence of superficial scald disease and improve the fruit quality during apple storage. The pathogenesis and mechanism of the disease were discussed preliminarily, and prevention methods were studied and given systematically.

Keywords: superficial scald; cold storage; pathogenesis; prevention