



库尔勒香梨

抗寒栽培技术



克热木·伊力 编著

KUERLE XIANGLI
KANGHAN ZAIPEI JISHU



四川大学出版社



库尔勒香梨

抗寒栽培技术

克热木·伊力 编著

KUERLE XIANGLI
KANGHAN ZAIPEI JISHU



四川大学出版社

责任编辑:李金兰
责任校对:周 艳
封面设计:墨创文化
责任印制:王 炜

图书在版编目(CIP)数据

库尔勒香梨抗寒栽培技术 / 克热木·伊力编著.
—成都:四川大学出版社, 2017. 5
ISBN 978-7-5690-0663-6
I. ①库… II. ①克… III. ①梨—果树园艺—库尔勒
IV. ①S661. 2
中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 123399 号

书名 库尔勒香梨抗寒栽培技术

编 著 克热木·伊力
出 版 四川大学出版社
地 址 成都市一环路南一段 24 号 (610065)
发 行 四川大学出版社
书 号 ISBN 978-7-5690-0663-6
印 刷 四川胜翔数码印务设计有限公司
成品尺寸 185 mm×260 mm
印 张 9.125
字 数 230 千字
版 次 2018 年 8 月第 1 版
印 次 2018 年 8 月第 1 次印刷
定 价 58.00 元



版权所有◆侵权必究

◆读者邮购本书,请与本社发行科联系。
电话:(028)85408408/(028)85401670/
(028)85408023 邮政编码:610065
◆本社图书如有印装质量问题,请
寄回出版社调换。
◆网址:<http://www.scupress.net>

目 录

第一章 绪 论	1
第一节 果树抗寒性和抗寒生理研究进展	1
一、果树抗寒性机制和抗寒生理研究	1
第二节 果树的防寒措施研究进展	9
一、植物基因工程的应用	9
二、植物生长调节剂的应用	10
三、其他栽培技术措施的应用	10
第三节 库尔勒香梨树的营养特点	10
第四节 研究的意义	11
第二章 库尔勒香梨抗冻力与抗冻生理生化特性研究	12
第一节 库尔勒香梨枝条、花芽冻害发生程度与相关生理生化指标关系的研究	12
一、试验	12
二、结果与分析	15
三、小结	18
第二节 库尔勒香梨不同产量处理后人工低温胁迫对枝条部分生理生化指标的影响	18
一、试验	18
二、结果与分析	19
三、小结	25
第三节 库尔勒香梨不同药剂处理后人工低温胁迫对枝条抗冻性的影响	26
一、试验	26
二、结果与分析	26
三、小结	33
第四节 不同处理对库尔勒香梨枝条休眠前后部分生理指标和矿质元素的影响	34
一、试验	34
二、结果与分析	34
三、小结	40
第五节 讨论与总结	40

一、库尔勒香梨冻害发生程度与各生理生化指标的关系·····	40
二、库尔勒香梨不同处理后人工低温胁迫与枝条部分生理生化指标的关系·····	41
三、库尔勒香梨不同处理与枝条休眠前后部分生理生化指标的关系·····	43
四、主成分分析在抗寒性研究中的作用, 以及参试各处理抗寒力大小比较·····	44
五、结论·····	44
第三章 不同外源激素处理对库尔勒香梨抗寒生理变化的影响·····	45
第一节 植物激素与抗寒性·····	45
一、脱落酸 (ABA) ·····	45
二、赤霉素 (GA) ·····	46
三、脱落酸与赤霉素的比值 (ABA/GA) ·····	46
四、生长素 (IAA) ·····	46
第二节 外源激素提高植物抗寒性的研究·····	47
一、外源脱落酸 (ABA) 处理与植物抗寒性 ·····	47
二、外源赤霉素 (GA ₃) 处理与植物抗寒性 ·····	48
三、外源生长素 (IAA) 处理与植物抗寒性 ·····	48
第三节 生长期外源激素处理对库尔勒香梨枝条中生理指标的影响·····	49
一、试验·····	49
二、结果与分析·····	53
三、讨论·····	67
四、小结·····	68
第四节 生长期外源激素处理对香梨叶片中内源激素含量的影响·····	69
一、材料与方法·····	69
二、结果与分析·····	70
三、讨论·····	74
四、小结·····	75
第五节 落叶前外源激素处理对库尔勒香梨枝条生理指标的影响·····	75
一、材料与方法·····	75
二、结果与分析·····	76
三、讨论·····	81
四、小结·····	81
第六节 落叶前外源激素处理对香梨叶片中内源激素含量的影响·····	82
一、材料与方法·····	82
二、结果与分析·····	83
三、讨论·····	85
四、小结·····	86
第七节 结论·····	86
第四章 Ca²⁺ 对提高库尔勒香梨抗寒性的影响 ·····	88
第一节 Ca ²⁺ 在低温下的作用机制 ·····	88

第二节 不同 Ca^{2+} 处理对库尔勒香梨叶片、枝条中 Ca、P、K 积累的影响	89
一、 Ca^{2+} 处理试验的材料和方法	89
二、Ca、P、K 含量测定的材料与方法	90
三、结果分析	90
四、讨论	100
第三节 Ca^{2+} 处理对库尔勒香梨叶片生理指标的影响及评价	101
一、材料与方法	101
二、结果分析	103
三、讨论	110
第四节 Ca^{2+} 处理对低温胁迫下库尔勒香梨抗寒性的影响及评价	111
一、材料与方法	111
二、结果分析	113
三、讨论	129
第五节 结 论	131
参考文献	134

第一章 绪 论

库尔勒香梨是新疆的特色水果，原产于我国新疆的库尔勒地区。库尔勒位于新疆巴音郭楞蒙古自治州，该地区属典型温带大陆性干旱荒漠气候，全年总日照数约为 2990 小时，年平均无霜期有 210 天，年平均气温为 11.4℃，最低为 -28℃，年平均降水量为 58.6 mm。由于库尔勒拥有得天独厚的自然资源，这里种植的梨树生长发育正常，产量稳定，果实品质优良，果形端正，香味浓郁，皮薄肉脆，清甜爽口，细嫩多汁，维生素 C 含量丰富且果实耐贮藏。库尔勒香梨不仅在国内享有盛誉，而且在国际市场上有“中华蜜梨”“梨中珍品”“果中之王”“梨后”“梨中王子”的美誉。库尔勒香梨远销日本、泰国、新加坡、加拿大、马来西亚等十多个国家，深受国内外消费者喜爱。库尔勒香梨不仅成了当地农村经济发展和农民增收的优势产品，而且成为当地经济可持续发展的支柱产业。

库尔勒香梨在生长过程中，外界环境并不是总是适宜的，还会受到气候等众多因素的影响。在农业生产中，低温冻害是一种常见的自然灾害，具有周期性，且影响面积广。近年来，由于生产管理不当导致库尔勒香梨受到多次冻害，严重影响到梨树的产量及香梨的品质，对库尔勒香梨产业造成严重损失。因此，弄清库尔勒香梨的抗寒生理特性，提出抗寒栽培管理措施，对库尔勒香梨的栽培及育种具有极其重要的意义。

第一节 果树抗寒性和抗寒生理研究进展

一、果树抗寒性机制和抗寒生理研究

（一）细胞组织形态的变化

1. 低温促使植物细胞产生质壁分离现象

低温迫使植物细胞、组织的原始体孤立、分离。20 世纪 50 年代，金杰里曾指出，寒冬时，抗寒木本植物的细胞出现原生质体孤立现象。黄义江等对不同抗寒能力的苹果

枝条进行对比观察后发现,低温使枝条皮层细胞出现质壁分离现象且胞间连丝中断^①。姚胜蕊等对抗寒性不同的桃花芽在低温下的反应现象进行了观察,再次证明了低温使植物细胞产生了质壁分离、原生质体孤立的现象,且发生该现象的程度较深,春季解除休眠后原生质体仍保持孤立状态,恢复缓慢^②。

2. 细胞结构与抗寒性研究

细胞结构与抗寒性有关。黄义江等在苹果上发现抗寒品种叶片保卫细胞和栅栏细胞较小^③。简令成等通过对8个栽培柑橘种类和6种野生柑橘叶片解剖构造观察指出,叶片构造的紧密度($CTR = \text{栅栏组织和下部紧密组织厚与叶片厚的比值}$)与柑橘种类抗寒性呈正相关,疏松海绵组织厚度指数(SR)与抗寒性呈负相关^④。王丽雪对葡萄叶片、枝条组织结构与抗寒性关系进行研究表明:抗寒性强的品种叶片栅栏组织排列紧密且厚,海绵组织排列松弛且薄;枝条木栓层厚,木栓化程度高^⑤。刘星辉研究常绿果树香蕉叶片的细胞结构与抗寒性的关系表明:栅栏组织厚度、紧密组织厚度、角质层厚度与果树的抗寒性呈正相关^⑥。余文琴研究荔枝的叶片细胞结构与抗寒关系表明:膜透性与 CTR 值呈显著负相关($r = -0.9304$),束缚水/自由水与 CTR 值呈极显著正相关($r = 0.9303$)^⑦。另外,张惠斌等通过对龙眼的研究也指出了 CTR 与抗寒性的相关性, CTR 反映栅栏组织、海绵组织与下部紧密组织三者存在制约关系,可作为鉴定果树的抗寒性指标之一^⑧。

郭修武等对葡萄根系抗寒研究表明:抗寒品种的根系皮层细胞小,导管细且密度低。皮层在根系结构中所占比率越低,木质部所占比率越高,该品种越抗寒;同时,细胞体积小而表面积大,以便胞内的水分经过较短距离迁移出细胞,不会造成细胞内结冰^⑨。皮层主要由活细胞组成,对低温敏感易受冻,木质部多具硬而厚的壁,可避免因结冰脱水引起膜破裂和原生质变形,所以,可把皮层与木质部在组织结构中所占比率作为抗寒性鉴定的一个形态指标。

植物细胞结构中,细胞器的变化与抗寒性也有很大关系。植物液泡经抗寒发生适应性变化,避免受到冻结伤害。姚胜蕊等对桃树花芽进行研究发现,越冬期间,抗寒力强的品种的花芽细胞液泡小,抗寒力弱的液泡大。另外,抗寒蜜柑叶细胞中的液泡遇到低温会发生反卷内陷,细胞膜将液泡分割的现象。液泡的这些适应性变化,一是减少细胞

① 黄义江,王宗清. 苹果属果树抗寒性的细胞学鉴定 [J]. 园艺学报, 1982, 9 (3): 23-30.

② 姚胜蕊,曾襄,简令成. 桃花芽越冬过程中的多糖的积累和质壁分离动态与品种抗寒性的关系 [J]. 果树科学, 1991, 8 (1): 13-18.

③ 黄义江,王宗清. 苹果属果树抗寒性的细胞学鉴定 [J]. 园艺学报, 1982, 9 (3): 29.

④ 简令成,孙德兰,施国雄,等. 不同柑橘种类叶片组织的结构与抗寒性的关系 [J]. 园艺学报, 1986, 13 (3): 163-168.

⑤ 王丽雪. 葡萄叶片组织结构与抗寒性的关系 [J]. 特产研究, 1990 (3): 13-18.

⑥ 刘星辉. 香蕉叶片组织结构和生理特性与耐寒性的关系 [J]. 福建农学院学报, 1990, 19 (2): 181-185.

⑦ 余文琴. 荔枝叶片细胞结构紧密度与耐寒性的关系 [J]. 园艺学报, 1995, 22 (2): 18-186.

⑧ 张惠斌,刘星辉. 龙眼叶片组织细胞结构特性与耐寒性的关系 [J]. 园艺学报, 1993, 20 (1): 1-7.

⑨ 郭修武,傅望衡,王光洁. 葡萄根系抗寒性的研究 [J]. 园艺学报, 1989, 16 (1): 17-22.

单位体积内可结冰的水分含量；二是通过液泡分割扩大液泡膜的表面积，减少了细胞冰冻时收缩和化冻时膨胀的破坏作用，利于植物抗寒。

（二）组织器官方面的研究

果树抗寒性在组织、器官上的表现常常可作为低温锻炼下的直接形态指标，主要包括果树的枝条、花芽、形成层、韧皮部和皮孔等。刘天明等发现桃枝条组织的抗寒性强弱为：韧皮部>木质部>形成层>髓。王丽雪等发现抗寒性强的葡萄品种的枝条木栓层厚，细胞层数多，木栓化程度高^①。植物不同器官抗寒性强弱为：枝条>花芽>花瓣。沙广利等研究发现，同品种梨花不同时期的抗寒性强弱为：蕾期>盛花期>幼果期；不同部位的抗寒性强弱为：花瓣>雄蕊>雌蕊^②。宋洪伟通过研究发现，1年生的苹果树的枝、花、幼果的抗寒性强弱为：枝>花>幼果^③。总之，果树各个器官之间抗寒性强弱一般为：枝条>叶芽>花芽>蕾期>盛花期>幼果期。

（三）细胞膜透性及胞间物质浓度变化

生物膜是植物细胞及细胞器与周围环境间的一个界面结构，植物细胞膜受低温伤害后，细胞膜透性将发生改变，从而使胞内、胞间物质浓度发生改变。细胞膜透性与果树抗寒性呈负相关。Lyons认为，当植物受到低温影响后，细胞膜透性发生不同程度增大，电解质大量外渗，胞间物质浓度增大，电导率值也随之增大，抗寒性较强的品种细胞受害程度轻，细胞膜透性增大程度小，且透性变化可逆转，易恢复正常。反之，抗寒性差的品种的细胞膜透性增大程度大，不易恢复正常^④。吴经柔反复验证了这一点，并把电导率值作为苹果抗寒性的生理生化指标，对于预测品种、砧木的抗寒性方面有一定的实用价值^⑤。万清林通过研究草莓抗寒生理特性指出：低温不但使膜透性、胞间物质浓度发生改变，而且使可溶性糖、脯氨酸浓度发生改变^⑥。邓令毅等对葡萄进行研究表明：质膜透性随温度下降及低温处理时间延长电导率急剧增加，抗寒性强的品种变化幅度小^⑦。王飞^⑧、石雪晖^⑨等分别对杏与柑橘进行研究后得出类似结论。

（四）膜系统与膜脂过氧化

各种逆境对细胞的影响首先作用于质膜，使植物细胞理化特性发生变化。早在 20

① 王丽雪，李荣富，马兰青，等. 葡萄枝条中淀粉、还原糖及脂类物质变化与抗寒性的关系 [J]. 内蒙古农牧学院学报, 1994, 15 (4): 1-6.

② 沙广利，郭长城，睢薇，等. 梨抗寒性遗传的研究 [J]. 果树科学, 1996, 13 (3): 167-170.

③ 宋洪伟，林凤起. 苹果种质资源抗寒性鉴定评价 [J]. 吉林农业科学, 1998 (3): 86-89.

④ Lyons J M. Chilling injury in plants [J]. Annual Review of Plant Physiology, 2003, 24 (3).

⑤ 吴经柔. 应用过氧化物同工酶测苹果抗寒性 [J]. 果树科学, 1990, 7 (1): 41-44.

⑥ 万清林. 草莓抗寒特性分析 [J]. 北方园艺, 1990 (8): 4-7.

⑦ 邓令毅，王洪春. 葡萄的抗寒性与质膜透性 [J]. 植物生理学通讯, 1984 (2): 12-16.

⑧ 王飞，陈登文，李嘉瑞，等. 杏花及幼果的抗寒性研究 [J]. 西北植物学报, 1995, 15 (2): 133-137.

⑨ 石雪晖，刘昆玉，杨国顺，等. 低温胁迫对柑橘离体叶片质膜透性和 MDA 及 Vc 含量的影响 [J]. 湖南农业大学学报, 1997, 23 (1): 36-40.

世纪 50 年代,就有学者提出“超氧化物学说”^①和“生物氧毒害理论”^②,他们认为,低温使植物体内产生活性氧和自由基,导致植物体内正常代谢平衡被破坏;而活性氧和自由基的积累又启动了膜脂过氧化,使生物膜中的结构蛋白和酶聚合交联而空间构型改变,从而导致它们的结构功能和催化功能发生改变。各种亚细胞器膜(如线粒体膜、叶绿体膜)也受到控制,其生理功能出现紊乱,膜被破坏,最终导致细胞死亡^③。

1. 膜系统、膜相变与膜组分

膜系统(质膜、叶绿体膜、线粒体膜及液泡膜等)稳定性与植物抗寒性呈正相关。结冰膜伤害说指出:结冰时,质膜和液泡膜受到伤害,质膜发生内陷,呈波浪状。张凤琪在蜜柑叶细胞观察中发现低温使质膜内陷,内陷使质膜与液泡膜接近,增加了质膜的透水性,减少了原生质体冰冻时脱水收缩和化冻时膨胀破坏作用^④。

早在 20 世纪 70 年代, Lyons 和 Raison 就提出了植物低温冷害来自膜脂物理性质的改变。他们认为,植物遭受低温伤害时,生物膜首先发生膜脂的物相变化,这时膜脂从液晶相变为凝胶相,膜脂上的脂肪酸链由无序排列变为有序排列,膜的外形和厚度发生变化,膜上产生龟裂,因而膜的透水性增大,以及膜结合酶结构改变,导致植物细胞生理代谢的变化和功能的紊乱。此后,大量实验结果都证实了这种“膜相变的寒害”假说,认为植物体内凡能降低细胞膜系相变温度的因素都将有助于植物抗寒能力的提高^⑤。抗寒性植物一般具有较高的膜脂不饱和度,可在较低温度下保持流动性,维持正常的生理功能,因而抗寒植物相变温度低于低温敏感(不抗寒)植物。一般认为,膜磷脂和不饱和脂肪酸含量增加,可防止膜相变,使膜在温度降低时,维持流动性和正常的液晶态,以利于低温下正常功能的执行和避免膜脂固化造成的膜伤害。因此,使膜内磷脂和不饱和脂肪酸的相变温度提高,可增强果树的抗寒能力。

果树叶片膜脂脂肪酸组分与果树抗寒性密切相关,其不饱和度越高,则果树越抗寒。孙中海等研究柑橘生物膜组分、膜脂脂肪酸与抗寒性关系表明:柑橘膜脂中的亚油酸、亚麻酸和棕榈酸含量与抗寒性呈显著正相关;磷脂酰胆碱、磷脂酰、乙醇胺、溶血磷脂酰胆碱和磷脂酸与抗寒性呈负相关;冬季低温下叶片、茎、韧皮部、叶绿体中膜脂脂肪酸不饱和度,以及种子中亚麻酸/亚油酸都与抗寒性呈正相关^⑥。这是由于膜脂脂肪酸不饱和度增加,膜脂相变温度降低,从而使膜在低温下保持流动性和液晶相,有利于在低温下进行正常生理功能和避免膜脂凝固而造成膜伤害^⑦。

2. 膜保护系统与膜脂过氧化

近年来,研究者们以橙、柑橘、无花果、葡萄、杏、香蕉为试材,围绕保护酶系统

① BASSI D, ANDALO G, BARTOLOZZI F, et al. Tolerance of apricot to winter temperature fluctuation and spring frost in northern Italy [J]. Acta Horticultrae, 1995 (384): 315-321.

② SILIN S N, GUY R D, LABENDER D I. Mefluidide-induced drought resistance in seedlings of three conifer species [J]. Can. J. Bot., 1993 (71): 1087-1092.

③ 潘晓云. 膜脂过氧化作为扁桃品种抗寒性鉴定指标研究 [J]. 生态学报, 2002 (11): 1902-1910.

④ 张凤琪. 零度低温对于温州蜜柑(宫川)抗寒锻炼的作用 [J]. 园艺学报, 1986, 13 (3).

⑤ 沈漫, 王明麻, 黄敏仁. 植物抗寒机理研究进展 [J]. 植物学通报, 1997, 14 (2): 1-8.

⑥ 孙中海, 章文才. 柑橘叶片各种磷脂含量与抗寒性关系的研究 [J]. 果树科学, 1990, 7 (3): 136-140.

⑦ 李合生. 现代植物生理学 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2002.

做了大量研究,分别测定 CAT、POD、SOD 与抗寒性的关系,均表明:随温度降低,酶活性提高。抗寒性强的品种的酶活性高于抗寒性弱的品种,随秋末抗寒锻炼逐步深入,保护酶活性下降,抗寒性强的品种下降幅度小,且与抗寒性呈正相关。Vc 是抗氧化剂,通过非酶促反应清除自由基,防御活性氧毒害作用。随低温锻炼,Vc 含量下降,抗寒性强的品种下降不明显。王泽槐等对香蕉在低温下的 Vc 含量变化进行研究后发现:具较强抗寒能力的品种无论在人工降温还是自然越冬过程中,其叶片均保持较高的 Vc 含量水平,而抗寒性弱的均明显下降^①。

自从 Mccord 和 Fridovich 提出“自由基伤害”学说以来,其现已广泛应用于研究需氧生物细胞的毒素机理。人们发现,植物处于逆境(如干旱、低温)时,细胞内自由基的产生和清除的平衡遭到破坏。自由基的增加会导致细胞受到伤害,最先受自由基伤害的是膜系统,造成膜脂过氧化。膜脂过氧化最重要的产物丙二醛(MDA)可以扩散到其他部位,破坏体内多种反应的正常进行。膜脂氧化的结果使膜结构和功能受到损伤,使电解质渗出率增加和细胞代谢失调,严重时导致细胞死亡^②。王飞等人对杏树的研究表明,不同低温下,杏盛花期膜脂过氧化最主要的产物丙二醛(MDA)含量与杏树的抗寒性呈负相关。具体是:MDA 含量随温度降低而增加,与质膜透性上升时的起点、拐点温度相吻合,并发现抗寒性强的品种在低温胁迫下,MDA 含量低于抗寒性弱的品种^③。因此,低温胁迫下测量 MDA 含量是鉴定品种抗寒性的一种有效方法,通过测定植物的相对电导率及 MDA 含量,可以间接反映生物膜在低温作用下的破坏程度。

(五) 生理代谢的变化

植物代谢包括物质代谢和能量代谢。而酶可以调节和控制代谢的方向和速率。光合能力是新陈代谢的表现,是能量代谢的特征,低温锻炼过程中,光合强度、呼吸强度、水势和酶的构成均发生变化。

1. 光合强度、呼吸强度的变化

光合强度方面,经低温驯化后,果树通常能保持旺盛或一定的光合作用水平。万清林研究发现,抗寒性强的草莓品种,在低温下光合强度高于抗寒性差的品种^④。

呼吸强度方面,抗寒植物的呼吸强度与秋季维持细胞结构功能的消耗是一致的。黄义江等对苹果进行抗寒研究后表明:抗寒性强的品种气孔较小,生长早期呼吸强度较高,气孔开张较大,在晚期则气孔逐渐闭合,呼吸强度降低,消耗贮藏物质较少,这对抗寒有利^⑤。邹喻苹研究葡萄生理特性表明:葡萄的呼吸速率变化与抗寒力相关,气孔闭合者抗寒性强,开放者则不抗寒;呼吸作用较低则消耗贮藏物质较少,保持较高的细

① 王泽槐,梁立峰.香蕉冷害过程叶片抗坏血酸含量及过氧化氢酶活性的变化[J].华南农业大学学报,1994,15(3):71-76.

② 刘祖祺,张石城.植物抗性生理学[M].北京:中国农业出版社,1994.

③ 王飞,王华,陈登文,等.杏品种花器官耐寒性研究[J].园艺学报,1999,26(6):356-359.

④ 万清林.草莓抗寒特性分析[J].北方园艺,1990(8):4-7.

⑤ 黄义江,王宗清.苹果属果树抗寒性的细胞学鉴定[J].园艺学报,1982,9(3):23-30.

胞液浓度, 利于提高抗寒性^①。

2. 酶的调节作用

近年来, 学者在保护酶与果树抗寒性的关系方面进行了大量的研究工作, 主要以橙、柑橘、无花果、杏、梨、葡萄为研究对象, 研究指出, 植物体内有许多酶参与了生化反应, 它们调节和控制着代谢的方向和速率, ATP 酶、核糖核酸酶、淀粉酶、蔗糖酶、IAA 氧化酶、超氧化物歧化酶 (SOD)、过氧化物酶 (POD)、过氧化氢酶 (CAT)、磷酸酯酶 D、乳酪脱氢酶、谷胱甘肽还原酶和其他酶的数量变化与抗寒性有一定的关系。

在过氧化物酶 (POD) 研究方面, 人们发现, 过氧化物酶的活性与抗寒的关系密切, 抗寒品种的过氧化物酶的活力高于不抗寒品种。葡萄枝条中过氧化物酶的活性随着秋冬光温的降低而逐渐提高, 抗寒的葡萄种类提高幅度较大, 韧皮部酶活性高于木质部且稳定性强^②。林定波等发现, 抗氧化酶活性的提高及渗透调节能力的加强与细胞抗寒性的增强有关^③。总的来看, 果树抗寒性强的品种, 其光合强度和呼吸强度都比不抗寒的品种大; 过氧化氢酶、过氧化物酶、超氧化物歧化酶、抗坏血酸氧化酶等的活性高, 且抗寒锻炼中随着温度的降低, 酶活性下降, 抗寒性强的品种下降幅度小^④。

在 ATP 酶的研究方面, Levitt 认为冷害能引起细胞内部一些细胞器膜上的 ATP 水解, 活性增强^⑤。即植物通过提高能量释放来抵御寒冷侵袭, 在苹果上已发现低温锻炼改变 ATP 酶活力的现象。关于核糖核酸酶的研究方面, 抗寒的枳和温州蜜柑叶片中细胞器 (尤其是叶绿体) 的核糖核酸酶活性明显比抗寒力较低的柠檬高。有关淀粉酶及蔗糖酶的研究方面, 王丽雪等在葡萄上证实了抗寒品种在严冬时期, 淀粉酶及蔗糖酶活性高^⑥。

刘伟等研究表明, 抗寒性强的葡萄品种随低温时间及强度的变化, 其酶活性变化缓慢, 抗寒性弱的品种则相反, 即其酶活性变化剧烈^⑦。王华等研究发现, 不同的杏品种的花蕾期、盛开花期受到低温胁迫时, 抗寒性强的品种的 SOD 活性大, 上升幅度大于抗寒性弱的品种^⑧。油桃花器官保护酶 SOD、POD、CAT 和 APX 活性在低温处理前期逐渐升高, 当达到一定的临界温度后, 酶活性开始降低, 这说明, 花器官保护酶的存在和活性升高降低了膜脂过氧化导致的损伤, 这是使植物组织提高抗寒性的重要原因^⑨。

① 邹喻苹. 葡萄抗寒生理特性的研究 [J]. 植物学集刊, 1989 (2).

② 王丽雪. 葡萄叶片组织结构与抗寒性的关系 [J]. 特产研究, 1990 (3): 13-18.

③ 林定波, 颜秋生, 沈德绪. 柑橘抗羟脯氨酸细胞变异系的选择及抗寒性研究 [J]. 浙江农业大学学报, 1999, 25 (1): 94-98.

④ 吴经柔. 应用过氧化物同工酶测苹果抗寒性 [J]. 果树科学, 1990, 7 (1).

⑤ LEVITT J. Responses of Plants to Environmental Stresses [M]. New York: Academic Press, 1980.

⑥ 王丽雪, 李荣富, 张福仁. 葡萄枝条中蛋白质、过氧化物酶活性变化与抗寒性的关系 [J]. 内蒙古农牧学院学报, 1996, 17 (1).

⑦ 刘伟, 曲凌慧, 刘洪庆, 等. 低温胁迫对葡萄保护酶和氧自由基的影响 [J]. 北方园艺, 2008 (5).

⑧ 王华, 王飞, 陈登文, 等. 低温胁迫对杏花 SOD 活性和膜脂过氧化的影响 [J]. 果树科学, 2000, 17 (3).

⑨ 杨春祥, 李宪利, 高东升, 等. 低温胁迫对油桃花器官膜脂过氧化和保护酶活性的影响 [J]. 果树学报, 2005, 22 (1).

(六) 生理生化指标的变化

1. 自由水和束缚水与抗寒性

纪忠雄在柑橘抗寒性生化指标研究中指出,越冬期间,柑橘不同品种的束缚水含量均随温度升降而发生变化,但抗寒性强的品种变化小,变异系数小(1.92%),表现出相对稳定。抗寒性弱的品种变化幅度大,变异系数大(8.38%),且变化规律不明显^①。万清林通过研究发现,根、茎的束缚水含量高的品种抗寒性强^②。束缚水是细胞内亲水性大分子物质强行结合的水,对保证原生质体胶体稳定具有重要的作用。束缚水/自由水比值与植物的抗寒性强弱有明显关系,比值越大的抗寒力越强。张基德等在研究束缚水与自由水的含量,与梨的抗寒性的关系时发现,抗寒性强的梨品种束缚水与自由水的比值大,束缚水的含量高^③。

2. 碳水化合物与抗寒性

果树体内可利用的碳水化合物存在的主要形式是淀粉、半纤维素及各种糖类。姚胜蕊对桃花芽进行抗寒研究后表明:桃花芽内的多糖主要是淀粉。淀粉在抗寒锻炼过程中逐渐积累,冬季水解,且严冬时,抗寒性强的久保桃比抗寒性弱的五月鲜桃水解彻底^④。王丽雪等对葡萄抗寒性的研究表明:葡萄在越冬过程中,其淀粉含量变化与抗寒性密切相关。抗寒性强的品种从秋季温度下降到冬前锻炼时期,淀粉积累早且数量多,颗粒紧实致密,当冬季寒冷降临后,淀粉水解晚,但水解速度快而彻底,早春三四月淀粉粒重新积累较晚。抗寒性弱的品种则秋季淀粉积累晚而数量少且颗粒疏松,水解较早(10月中),速度慢而不彻底,天气转暖时,淀粉重新出现较早^⑤。王丽雪指出,还原糖含量差异是造成组织间抗寒力差异的重要因素。王淑杰^⑥等在研究葡萄的抗寒性时表明:抗寒性强的品种中可溶性糖的含量高于抗寒性差的品种。可溶性糖类含量与植物抗寒性之间呈正相关。张基德等^⑦对5个不同品种且抗寒性也不同的梨树的枝条的可溶性糖含量与电解质渗出率进行了分析,结果表明,可溶性糖的含量与电解质渗出率呈显著相关,相关系数 $r=-0.9041$,即可溶性糖含量与抗寒性呈显著相关。

3. 蛋白质与抗寒性

植物的可溶性蛋白质含量与抗寒性有关。姚胜蕊、万清林等通过对桃、葡萄、香蕉

① 纪忠雄. 柑橘抗寒性的生理生化指标 [J]. 园艺学报, 1983, 10 (4).

② 万清林. 草莓寒特性分析 [J]. 北方园艺, 1990 (8): 4-7.

③ 张基德, 李玉梅, 陈艳秋, 等. 梨品种枝条可溶性糖、脯氨酸含量变化规律与抗寒性的关系 [J]. 延边大学农学学报, 2004 (4): 281-285.

④ 姚胜蕊, 曾襄, 简令成. 桃花芽越冬过程中的多糖的积累和质壁分离动态与品种抗寒性的关系 [J]. 果树科学, 1991, 8 (1): 13-18.

⑤ 王丽雪, 李荣富, 马兰青, 等. 葡萄枝条中淀粉、还原糖及脂类物质变化与抗寒性的关系 [J]. 内蒙古农牧学院学报, 1994, 15 (4).

⑥ 王淑杰, 王家民, 李亚东. 可溶性蛋白、可溶性糖含量与葡萄抗寒性关系的研究 [J]. 北方园艺, 1996 (2).

⑦ 张基德, 李玉梅, 陈艳秋, 等. 梨品种枝条可溶性糖、脯氨酸含量变化规律与抗寒性的关系 [J]. 延边大学农学学报, 2004 (4).

等的研究表明, 抗寒性强的品种可溶性蛋白质含量高, 抗寒锻炼中呈增加趋势, 抗寒性强的品种增加幅度大于抗寒性差的品种。王丽雪等在研究葡萄的抗寒性时发现: 抗寒性强的植株, 蛋白质形成早, 各期含量高, 早春降解迟、幅度小, 抗寒性弱的反之^①。王淑杰进一步指出, 蛋白质含量与抗寒性呈显著正相关^②。可溶性蛋白质的亲水性强, 可增加细胞的保水力, 提高植株的抗寒性。

4. 氨基酸与抗寒性

科学家们在对植物进行研究发现, 植物的抗寒性与其氨基酸的含量有关。Querve 和 Sagisaka 相继报道了越冬期间 0℃低温下, 植株内的亮氨酸、色氨酸、蛋氨酸、丙氨酸含量升高, 谷氨酸、精氨酸含量降低。我国学者研究葡萄枝叶在越冬前游离氨基酸的含量得出类似结论, 进一步表明氨基酸含量与葡萄抗寒性呈显著正相关^③。

游离氨基酸增加了细胞溶液的浓度, 与植物抗寒性存在相关性。王淑杰等对葡萄枝叶进行研究后表明: 抗寒性强的品种的氨基酸含量高于抗寒性差的品种, 且氨基酸含量随温度下降呈递增趋势, 抗寒性强的品种增加幅度大^④。抗寒过程中各种氨基酸含量变化有差异。美国学者 Yelenosky 等通过对柑橘进行研究表明, 柑橘叶组织中游离脯氨酸含量随环境温度下降而增加, 并指出游离脯氨酸含量变化与抗寒锻炼有关^⑤。游离脯氨酸能促进蛋白质水合作用, 它能维持细胞结构、细胞运输和调节渗透压等, 在低温胁迫时使植物具有一定抗性。张基德对不同梨品种休眠期枝条游离脯氨酸含量变化规律进行研究, 无论是抗旱性强的品种还是抗寒性弱的品种, 游离脯氨酸含量随着温度的降低而增加, 但与品种的抗寒性相关性较小^⑥。

游离脯氨酸的抗性作用是调节和维护结构中融冻后原生质与环境的渗透平衡, 防止水分散失, 促进蛋白质与水的结合, 增加蛋白质的可溶性。而可溶性蛋白质的增加与抗寒性的提高是一致的。可溶性蛋白质主要是通过保护作用来实现细胞抵御寒害的, 它和一些低分子糖聚集于叶绿体及其他细胞器周围, 降低冰点温度, 使细胞免遭寒害。在植物低温伤害研究中, 人们把脯氨酸看作一种防冻剂或膜稳定剂, 其实质可能就是在冰冻期间, 脯氨酸可防止细胞由于脱水而受到伤害。

5. 花青素与抗寒性

黄义江等指出, 色素能吸收热能, 抗寒性强的花青素含量较高, 进入休眠时, 花青素增加较多且快, 解除休眠时则减少, 并提出淀粉、脂肪等物质的积累储藏是越冬的先

① 王丽雪, 李荣富, 马兰青, 等. 葡萄枝条中淀粉、还原糖及脂类物质变化与抗寒性的关系 [J]. 内蒙古农牧学院学报, 1994, 15 (4): 6.

② 王淑杰, 王家民, 李亚东. 可溶性蛋白、可溶性糖含量与葡萄抗寒性关系的研究 [J]. 北方园艺, 1996 (2): 14.

③ 王淑杰, 王连君, 王家民, 等. 果树抗寒生理研究进展 [J]. 北方园艺, 1998 (5): 28-29.

④ 王淑杰, 王家民, 李亚东, 等. 氨基酸种类、含量与葡萄抗寒性关系的研究 [J]. 葡萄栽培与酿酒, 1998 (1): 3-5.

⑤ YELENOSKY G, PUVIS A C. Sugar and proline accumulation of grapefruit favedo and leaves during cold hardening of young trees [J]. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 1982 (2): 222-226.

⑥ 张基德, 李玉梅, 陈艳秋, 等. 梨品种枝条可溶性糖、脯氨酸含量变化规律与抗寒性的关系 [J]. 延边大学农学学报, 2004, 12 (4).

决条件, 抗寒性强的淀粉转化成脂肪较早且快, 深度休眠时脂肪储量较高, 利于抗寒^①。冷平等对苹果枝条皮层花青素含量与抗寒性研究表明: 花青素含量达到最高值的时期, 依不同年份降温早晚等气候条件不同而有所不同, 花青素含量在严冬到来之前达最高水平, 表明花青素参与了植物的低温防御系统建设^②。

(七) 植物激素与抗寒性

脱落酸 (ABA) 是具有引起芽休眠、叶片脱落和抑制生长等生理作用的植物激素, 现已研究表明脱落酸与植物的抗寒性有关。多胺 (PA) 与果树抗寒也有关系, 它可通过对自由基清除剂的调节作用、某些蛋白质合成的启动作用及自身的膜稳定剂等的综合效应, 来诱导果树抗寒^③。

曲凌慧等对三个葡萄品种叶片中激素变化与抗寒性关系的研究表明, 低温胁迫条件下, 葡萄叶片中的 ABA 含量总体趋势为先上升后下降, 吲哚-3-乙酸 (IAA)、赤霉素 (GA) 和异戊烯基腺苷 (IPA) 含量与之相反, 表现为先下降后上升, 相对于抗性弱的品种, 抗性强的品种的 ABA/GA、ABA/IAA 变化大, 且其比值可以作为抗寒性指标^④。岳丹等研究杏树内源激素含量与抗寒性关系的结果表明, 随着低温胁迫的加强, 花芽中的 ABA 含量增加, GA₃ 含量降低, ABA/GA₃ 增加^⑤。

因此, 人们认为植物激素是抗寒基因表达的启动因素, 环境条件的变化 (如温度降低、日照渐短等) 或发育的内生节奏将改变植物体内源激素的平衡状况, 如赤霉素类生长促进物质减少, 脱落酸类生长抑制物质增加, 从而导致代谢途径变化, 影响了植物体的抗寒性。

第二节 果树的防寒措施研究进展

一、植物基因工程的应用

果树抗寒品种的选育是提高果树抗寒性的一个主要途径。因为传统的果树选育方法——杂交育种存在资源不足、选育时间长等缺点, 果树的选育工作还必须从其他方面着手考虑。随着生物技术的发展及其在抗寒性方面的广泛应用, 人们对抗寒分子机理的了解进一步加深, 并已经采用生物技术手段培育出新的抗寒品种, 例如, 将一种或几种抗寒基因转入果树中, 得到转基因目的植株, 以此增加果树的抗寒性。

① 黄义江, 王宗清. 苹果属果树抗寒性的细胞学鉴定 [J]. 园艺学报, 1982, 9 (3).

② 冷平, 苏有印, 张国军, 等. 苹果枝皮层花青素含量与抗寒性之间的关系 [M]. 北京: 中国农业大学出版社, 1998.

③ 林定波, 刘祖祺, 张石城. 多胺对柑橘抗寒力的效应 [J]. 园艺学报, 1994 (3).

④ 曲凌慧, 林志强, 车永梅, 等. 三个葡萄品种叶片中激素变化与抗寒性关系的研究 [J]. 北方园艺, 2009 (6).

⑤ 岳丹, 王有科. 杏树内源激素含量与抗寒性关系研究 [J]. 安徽农业科学, 2008, 36 (23).

二、植物生长调节剂的应用

赤霉素 (GA) 是最早被认为与抗寒力有关的植物激素。利用外源 GA₃ 处理植物的抗逆性已有较多的研究, 外源 GA₃ 可提高水稻、玉米、黄瓜、牡丹等植物抵御低温的能力。适宜浓度的 GA₃ 可以降低 O₂²⁻ 的生成速率、丙二醛含量, 增加脯氨酸、可溶性蛋白质含量, 延缓芍药的衰老, 提高黄瓜幼苗叶片中 SOD、POD、CAT 活性, 降低膜透性, 缓解低温对幼苗的伤害等。目前, 国内关于外源 ABA 提高植物抗寒性的研究在小麦、茶树、香蕉、荔枝等植物上均有相关的报道。

三、其他栽培技术措施的应用

选择在适宜果树生长并能安全越冬的地址建园, 适宜的栽培方式和高效的果园管理模式都可以增强果树自身的越冬性, 可使果树适应寒冷气候, 例如, 乌凤章等用黑塑料袋外置稻草对越橘防寒起到明显的成效, 提高了空气的相对湿度, 维持了枝条含水量的稳定, 此法已在辽宁南部地区推广应用^①; 也可采用匍匐栽培和高位嫁接栽培; 采用改善果园小气候, 如吹风法、加热法、熏烟法和树盘覆草等方法^②。马凯等认为, 培土措施和稻草包裹措施对南疆果树越冬的保温效果更好, 也更适宜于在实际生产应用^③。

第三节 库尔勒香梨树的营养特点

库尔勒香梨的生长、开花和结果等生命活动能力的大小很大程度上取决于梨树营养状态的好坏。分析库尔勒香梨树的营养特点是实现果园科学规范化管理和优质高效的基础。

在梨树的生命周期中, 树体需要通过根系不断地从外界摄入水分和各种营养元素, 然后运输到树体各个所需部位加以利用。不同的矿质元素对库尔勒香梨的生长产生不同的效果。例如, 氮 (N) 是库尔勒香梨生长必需的大量元素, 可促进植株的生长, 增产效果显著; 磷 (P) 能提高库尔勒香梨的抗病能力, 可促进植物体开花结果和根系的生长; 钙 (Ca) 是构成细胞壁的主要成分, 因其偏碱性可中和植物体内的酸性物质, 最终能提高果实内的含糖量; 硫 (S) 是梨树体内氨基酸和蛋白质的主要成分, 可抗植株矮化和老叶黄化病; 钾 (K) 可调节蒸腾作用和水分吸收的关系, 促进根、茎、叶中细胞的流动性; 镁 (Mg) 可促进糖类的合成; 锌 (Zn) 能提高梨树的光合作用, 增加叶绿素含量; 铁 (Fe) 能协同氮的代谢作用; 等等。

① 乌凤章, 王贺新, 等. 防寒措施对越橘越冬微环境和越冬性的影响 [J]. 果树学报, 2012 (29).

② 王连荣, 刘铁铮. 果树抗寒生理与防寒措施的研究进展 [J]. 安徽农业科学, 2010, 38 (18).

③ 马凯, 王继勋. 不同防寒措施对南疆果树越冬温度指标的影响 [J]. 新疆农业科学, 2012, 49 (2).

库尔勒香梨幼树期的生长主要是营养生长，因此要结合根外追肥，重视氮、磷肥的施用。当梨树从营养生长期向生殖生长期过渡时，要重视磷、钾肥的施用，可不施或少施氮肥，及时对土壤和叶面施用磷、钾肥，保证其过渡生长。果树在盛果期需肥量较大，为满足果实膨大生长的同时，保持健壮平衡树势的需要，要适当增加氮、钾肥的施用量。有机营养可改善土壤的理化性质，通过氨基酸、腐殖质和核酸等，改善果树品质，提高果树抗逆性，以达到增产的目的。

第四节 研究的意义

香梨作为新疆库尔勒市农业支柱产业之一，近年来得到了快速发展，种植规模不断扩大，产量不断提高，基本实现了全年均衡上市，除销往全国各地外，还远销美国、东南亚等国家，已经成为当地重要的经济收入来源，在库尔勒市经济发展中占有重要的位置。经过长期的栽培驯化，香梨具有较强的适应性和抗逆性，但在香梨生产中存在的问题也非常突出，不利的气候条件等，严重影响了库尔勒香梨的正常生长发育，其中，冻害对香梨生产的破坏巨大。冻害往往突袭性强，防范不及，破坏面积大，影响时间长，不仅可使花芽冻死而造成香梨大量减产，还能造成枝干冻死，甚至树体整株死亡和毁园，损害数年无法弥补。冻害已成为香梨产业健康发展的第一大障碍，是当地林果业迫切需要解决的问题。

目前，国内对果树生理特性及需肥规律以及对葡萄、苹果、桃、红枣和石榴等果树施肥时期、方法、技术、产量和品质提高等方面做了大量研究，在资源利用、栽培管理及丰产优质技术及产业化发展、同工酶分析、栽培技术、果实品质、病虫害防治、施肥试验、冻害补救措施等方面的研究报告也较多且已有一定进展，但关于果树抗寒性方面的研究较少，尤其是库尔勒香梨抗寒性方面的研究更是少见报道。因此，为保证库尔勒香梨产业可持续发展，系统研究库尔勒香梨的抗寒性及其发生机理对库尔勒香梨生产具有重要意义。