

根据农产品贮藏加工岗位各环节的技术要求，
结合现代农产品加工业发展的新理念和新技术编写，
具有较强的实用性与科学性，是农民朋友及农技人员的好帮手。

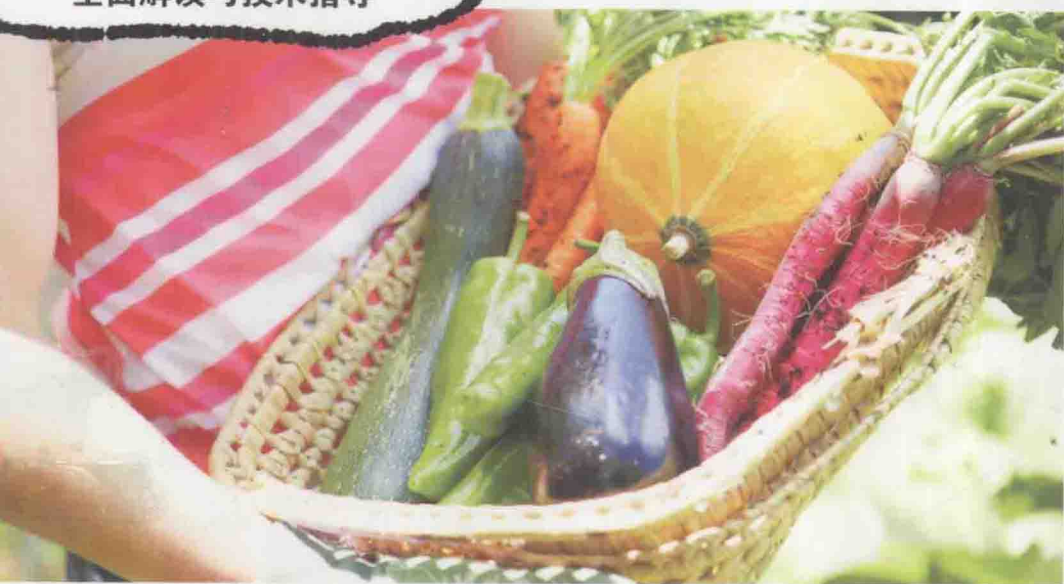
NONGCHANPIN JIAGONG ZHUCANG JISHU

农产品加工贮藏技术

一本最简单、最全面、最实用的技能宝典

姚金芝 编著

一看就懂 一学就会
全面解读与技术指导



河北科学技术出版社

根据农产品贮藏加工岗位各环节的技术要求，
结合现代农产品加工业发展的新理念和新技术编写，
具有较强的实用性与科学性，是农民朋友及农技人员的好



NONGCHANPIN JIAGONG ZHUCANG JISHU

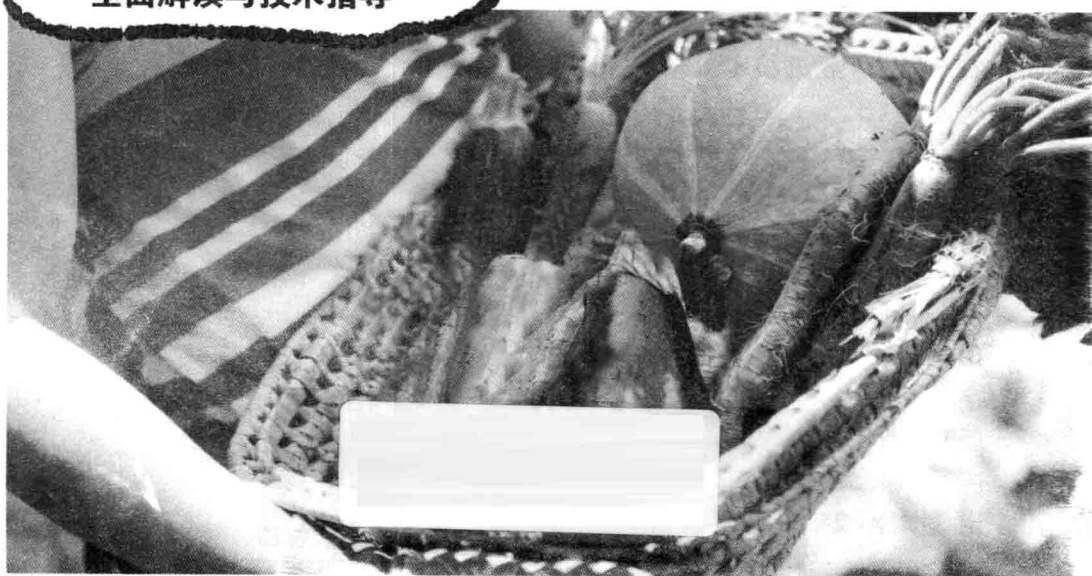
农产品加工贮藏技术

一本最简单、最全面、最实用的技能宝典

姚金芝 编著

藏书

一看就懂 一学就会
全面解读与技术指导



河北科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

农产品加工贮藏技术 / 姚金芝编著. -- 石家庄 :
河北科学技术出版社, 2013.12

ISBN 978-7-5375-6565-3

I. ①农… II. ①姚… III. ①农产品加工②农产品-
贮藏 IV. ①S37

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 269552 号

农产品加工贮藏技术

姚金芝 编著

出版发行 河北科学技术出版社

地 址 石家庄市友谊北大街 330 号(邮编:050061)

印 刷 北京楠萍印刷有限公司

开 本 910×1280 1/32

印 张 7

字 数 140 千

版 次 2014 年 2 月第 1 版

2014 年 2 月第 1 次印刷

定 价 25.80 元

P

reface



序

推进社会主义新农村建设，是统筹城乡发展、构建和谐社会的重要部署，是加强农业生产、繁荣农村经济、富裕农民的重大举措。

那么，如何推进社会主义新农村建设？科技兴农是关键。现阶段，随着市场经济的发展和党的各项惠农政策的实施，广大农民的科技意识进一步增强，农民学科技、用科技的积极性空前高涨，科技致富已经成为我国农村发展的一种必然趋势。

当前科技发展日新月异，各项技术发展均取得了一定成绩，但因为技术复杂，又缺少管理人才和资金的投入等因素，致使许多农民朋友未能很好地掌握利用各种资源和技术，针对这种现状，多名专家精心编写了这套系列图书，为农民朋友们提供科学、先进、全面、实用、简易的致富新技术，让他们一看就懂，一学就会。

本系列图书内容丰富、技术先进，着重介绍了种植、养殖、职业技能中的主要管理环节、关键性技术和经验方法。本系列图书贴近农业生产、贴近农村生活、贴近农民需要，全面、系统、分类阐述农业先进实用技术，是广大农民朋友脱贫致富的好帮手！

中国农业大学教授、农业规划科学研究所所长
设施农业研究中心主任

2013年11月

F

oreword



前言

农业是国民经济的基础，是国家稳定的基石。党中央和国务院一贯重视农业的发展，把农业放在经济工作的首位。而发展农业生产，繁荣农村经济，必须依靠科技进步。为此，我们编写了这套系列图书，帮助农民发家致富，为科技兴农再做贡献。

本系列图书涵盖了种植业、养殖业、加工和服务业，门类齐全，技术方法先进，专业知识权威，既有种植、养殖新技术，又有致富新门路、职业技能训练等方方面面，科学性与实用性相结合，可操作性强，图文并茂，让农民朋友们轻轻松松地奔向致富路；同时培养造就有文化、懂技术、会经营的新型农民，增加农民收入，提升农民综合素质，推进社会主义新农村建设。

本系列图书的出版得到了中国农业产业经济发展协会高级顾问祁荣祥将军，中国农业大学教授、农业规划科学研究所所长、设施农业研究中心主任张天柱，中国农业大学动物科技学院教授、国家资深畜牧专家曹兵海，农业部课题专家组首席专家、内蒙古农业大学科技产业处处长张海明，山东农业大学林学院院长牟志美，中国农业大学副教授、团中央青农部农业专家张浩等有关领导、专家的热忱帮助，在此谨表谢意！

在本系列图书编写过程中，我们参考和引用了一些专家的文献资料，由于种种原因，未能与原作者取得联系，在此谨致深深的歉意。敬请原作者见到本书后及时与我们联系（联系邮箱：tengfeiwenhua@sina.com），以便我们按国家有关规定支付稿酬并赠送样书。

由于我们水平所限，书中难免有不妥或错误之处，敬请读者朋友们指正！

编 者

CONTENTS

»» 目 录

第一篇 农产品贮藏与加工基础知识

第一章 农产品贮藏生理	2
第一节 呼吸生理	2
第二节 农产品的蒸腾生理	9
第三节 农产品的休眠生理	13
第四节 农产品的成熟衰老生理	17
第二章 农产品败坏控制及加工贮藏	27
第一节 农产品败坏的原因	27
第二节 农产品的加工贮藏方法	28

第二篇 农产品贮藏

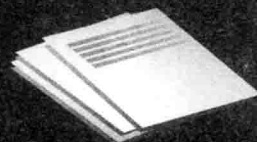
第一章 粮油贮藏技术	32
第一节 粮油的一般储存方法	32
第二节 粮油产品各自储存的具体方法	36
第二章 果蔬贮藏技术	56

第一节 果品贮藏	56
第二节 蔬菜贮藏	66
第三节 辣椒的贮藏	73
第三章 畜禽产品贮藏技术	76
第一节 畜肉的贮藏原理与技术	76
第二节 禽肉贮藏保鲜技术	80
第三节 肉产品的包装及保鲜技术	84

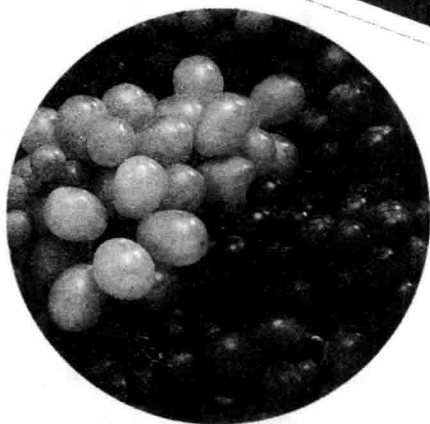
第三篇 农产品加工

第一章 粮油加工	90
第一节 淀粉的制取	90
第二节 淀粉糖制作的工艺流程	96
第三节 面粉制品加工	99
第四节 米制品加工	105
第五节 玉米制品加工	112
第六节 油脂加工	117
第七节 食用油脂制品	143
第二章 果蔬加工	145
第一节 果蔬干制加工	145
第二节 果蔬罐藏制品	157
第三节 果蔬腌制加工	172
第四节 糖制品	191
第三章 肉制品加工	203
第一节 畜肉类腌腊制品	203
第二节 禽肉制品加工	212

第一篇



农产品贮藏与加工基础知识



第一章 农产品贮藏生理

第一节 呼吸生理

刚刚采收回来的水果和蔬菜虽然已经停止了同化作用，但依然是活体，还在进行着呼吸作用。呼吸作用消耗产生的物质为农产品的代谢作用提供了大量的能量，与农产品的品质有直接的关系。

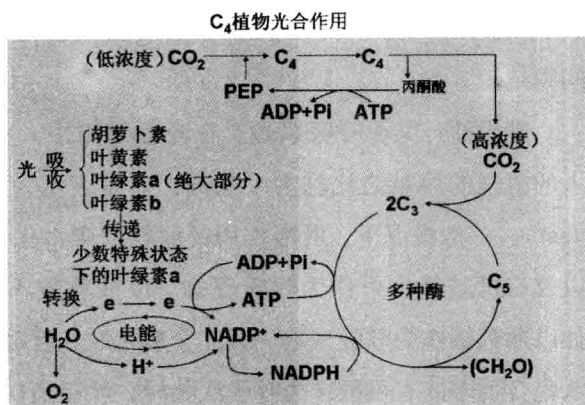
一、呼吸的基本概念

呼吸作用：呼吸底物在一系列酶参与的生物氧化下，经过许多中间环节，将生物体内的复杂有机物分解为简单物质，并释放出化学键能的过程，称作呼吸作用。根据呼吸过程是否有氧气的参与，可以将呼吸作用分为有氧呼吸和无氧呼吸两种类型。

有氧呼吸是呼吸作用的主要形式，指细胞在氧的参与下，通过酶的催化作用，把糖类有机物彻底氧化分解，产生二氧化碳和水，同时释放出大量能量的过程。通常所说的呼吸作用多指有氧呼吸。细胞进行有氧呼吸的主要场所是线粒体，主要物质是葡萄糖。在生物体内，1 摩尔的葡萄糖在彻底氧化分解以后，共释放出 2870 千焦的能量，其中有 1161 千焦左右的能量储存在 ATP 中，其余的能量都

以热能的形式散失了。

无氧呼吸一般是指细胞在无氧条件下,通过酶的催化作用,把葡萄糖等有机物质分解成为不彻底的氧化产物,同时释放出少量能量的过程。无氧呼吸的产物为酒



光反应、C₄途径—叶肉细胞中 暗反应(C₃途径)—维管束鞘细胞中

精或乳酸。无氧呼吸如果用于微生物(如乳酸菌、酵母菌),则习惯上称为发酵。细胞进行无氧呼吸的场所是细胞质基质。农产品在水淹的情况下,为适应缺氧的环境条件,便会进行短时间的无氧呼吸,将葡萄糖分解为酒精和二氧化碳,并且释放出少量的能量。此外,还有一些农产品的某些器官在进行无氧呼吸时也可以产生乳酸,如马铃薯块茎、甜菜块根等。在无氧呼吸中,葡萄糖氧化分解时所释放出的能量比有氧呼吸释放出的要少得多。例如,1摩尔的葡萄糖在分解成乳酸以后,共放出196.65千焦的能量,其中有61.08千焦的能量储存在ATP中,其余的能量都以热能的形式散失了。

二、呼吸强度及呼吸商

呼吸强度:是衡量呼吸作用强弱的一个指标,在一定的温度下,用单位时间内单位重量产品吸收的O₂或放出的CO₂的量表示,常用单位为CO₂或O₂毫克(毫升)/(千克·小时),以CO₂或O₂的容积(毫升)计时,可称为呼吸速率。呼吸强度是表示组织新陈代谢

的一个重要指标，同时也是我们判断农产品贮藏潜力的重要依据，若呼吸作用旺盛，则农产品的营养物质消耗得也就越快，贮藏的时间则越短。

呼吸商：又称呼吸系数。在呼吸作用中，释放的二氧化碳与吸入的氧气的容量之比称为呼吸商，通常表示为 RQ (respiratory quotient)。一般情况下，呼吸作用的底物为碳水化合物，脂肪、蛋白质以及有机酸等也可作为呼吸底物。因底物的不同，呼吸商会不同。如以葡萄糖作为呼吸底物，且完全氧化时，呼吸商是 1。以含氧比碳水化合物多的有机酸作为呼吸底物时，呼吸商则大于 1，如柠檬酸的呼吸商为 1.33。相反以含氢丰富的脂肪、蛋白质或其他高度还原的化合物为呼吸底物，其呼吸商小于 1。可见呼吸商的大小与呼吸底物的性质有很密切的关系，因此，推测呼吸作用的底物及其性质的改变也以呼吸商的大小为依据。此外，氧气的充裕也影响了呼吸商，在无氧条件下发生酒精发酵，只有二氧化碳释放，无氧气的吸收，则 $RQ = \infty$ 。然而，呼吸是一个很复杂的过程，它可以同时有几种氧化程度不同的底物参与反应，并且可以同时进行几种不同方式的氧化代谢，所以，对呼吸强度和呼吸商的测得结果不可能准确表明呼吸的底物种类或无氧呼吸的程度，只能综合反映出呼吸的总趋势。

三、呼吸温度系数和呼吸高峰

呼吸温度系数：在生理温度范围内，温度升高 10 摄氏度时呼吸速率与原来温度下呼吸速率的比值即温度系数，通常表示为 Q_{10} 。它反映了呼吸速率与温度之间的关系，其呼吸速率的值越高，所受到的温度影响则越大。农产品因种类、品种的不同，其 Q_{10} 的差异较大，即便是同一农产品，随温度的变化 Q_{10} 也会发生变化，通常

是在较高温度范围内的 Q_{10} 值要小于较低的温度范围内的 Q_{10} 值。

呼吸高峰：在果实发育过程中，呼吸作用的强弱不是始终如一的，根据呼吸曲线的变化模式不同，可以将果实分为两类，一类叫做跃变型果实，另一类叫做非跃变型果实。跃变型果实呈起伏性变化。当果实幼嫩时，其呼吸旺盛，而随着果实细胞的增大，呼吸强度逐渐下降，在果实快要成熟的时候，呼吸强度又突然上升，在果实成熟时达到了呼吸高峰，此时的果实品质最佳，随后呼吸强度下降，果实逐渐衰老死亡。此类果实主要有苹果、杏、猕猴桃、香蕉、桃、西瓜、芒果、西洋梨、番茄、李子、柿子等。非跃变型果实不会像跃变型果实有呼吸速度突然上升的现象，而是进行缓慢的过程，因为生长及发育的过程较长，且只能在树上或植株上成熟。非呼吸跃变型果实主要有：菠萝、柑橘、草莓、葡萄、樱桃、黄瓜等。

四、呼吸基质及呼吸热

呼吸基质：呼吸基质是指呼吸作用消耗的底物，包括糖、蛋白质、脂肪和有机酸，农产品的呼吸基质大部分是糖。呼吸基质的消耗是农产品在贮藏中发生失重和变味的重要原因之一。

呼吸热：采后农产品在进行呼吸作用过程中，消耗呼吸基质，产生能量。产生的能量一部分用于合成能量供组织维持代谢活动，另一部分以热量的形式释放出来，这部分热量称呼吸热。呼吸热的积累是农产品贮运环境温度升高的原因所在。

五、影响果蔬呼吸强度的因素及其调控

（一）内部因素对呼吸强度的影响

农产品的种类和品种不同及同一器官的不同部位、不同时期，

其组织含水量等都对呼吸强度有很大的影响。

温度相同时,不同种类、品种的农产品表现出不同的呼吸强度是由它们本身的特性所决定的。一般来说,早熟产品的呼吸强度要小于晚熟品种,北方的小于南方的,秋季成熟的小于夏季成熟的,苹果、梨的呼吸强度最小,其次是柑橘类,浆果类的呼吸强度最大。蔬菜中具有休眠的鳞茎、块茎蔬菜及老熟瓜果的呼吸强度最小,直根类稍大,叶球类较之散叶类再大些,花菜类较大,最大的属叶菜类。

同一农产品的器官或组织不同,呼吸强度也会有明显的差异。例如,茎顶端的呼吸比基部强;生殖器官的呼吸较营养器官强;种子内胚的呼吸比胚乳强;同一花内又以雌蕊最高,雄蕊次之,花萼最低;生长旺盛的、幼嫩的器官的呼吸,较生长缓慢的、年老的器官为强。造成这些差异的原因是农产品内部不同组织内原生质含量、线粒体数目、酶的活性等。

在农产品生长及发育的过程中,随着年龄的增长,呼吸强度逐渐下降。如跃变型果实随着果实的生长、发育呼吸强度有着起伏性的变化。农产品在不同时期采收,呼吸强度也有很大的差异。在生长期采收的蔬菜,此时生长旺盛,呼吸强度很高,不易贮藏。而老熟瓜果在充分成熟时采收,代谢活动大大下降,呼吸强度很低,表面又形成良好的保护结构,因此就较为适合贮藏。水果和蔬菜有很大的区别,一般情况下,在生长期采收的水果风味较差,呼吸强度很大,不利于储藏和食用。所以水果的采收期很重要,把握合适的采收期才能保证果实的美味,也有利于贮藏。

农产品组织的含水量与呼吸作用有密切的关系。在一定范围内,呼吸速率随组织含水量的增加而升高。种子在干燥的情况下呼吸作

用很弱，一旦吸入水分，呼吸速率就会增快。因此，种子含水量是制约种子呼吸作用强弱的重要因素。对于所有的农产品来说，在接近萎蔫时，呼吸强度增加，若萎蔫时间较长，则与细胞内的含水量有很大的关联。

（二）外界条件对呼吸强度的影响

1. 空气中氧气和二氧化碳的含量影响呼吸作用

氧是进行有氧呼吸的必要条件，当氧浓度下降到 20% 以下时，农产品呼吸速率便开始下降；氧浓度低于 10% 时，有氧呼吸迅速下降，但氧浓度过低时，会发生无氧呼吸增强现象，从而过多消耗体内养料，甚至产生酒精中毒，原生质蛋白变性而导致农产品受伤死亡。过高的氧浓度（70% ~ 100%）对农产品有毒，这可能与活性氧代谢形成自由基有关。然而，目前也有研究发现，超大气高氧处理反而会降低果实的呼吸作用，如 80% 和 100% 的氧处理能够降低绿熟番茄的呼吸作用。

二氧化碳是呼吸作用的最终产物，当外界环境中二氧化碳浓度增高时，脱羧反应减慢，呼吸作用受到抑制。实验证明，二氧化碳浓度高于 5% 时，有明显抑制呼吸作用的效应，这可在果蔬、种子贮藏中加以利用。

适当地降低氧气浓度，升高二氧化碳浓度，既可以抑制呼吸，又不会干扰正常代谢，这就是当今气调贮藏的理论依据。氧气的浓度调节原则是不可导致缺氧呼吸，二氧化碳的浓度一般不超过 2% ~ 4% 为宜。

乙烯是一种成熟衰老的植物激素，它可以增强呼吸强度。农产品采后，由于自身代谢可释放乙烯并积累，对于乙烯敏感型农产品

的呼吸作用有较大的影响。

2. 贮藏环境的空气湿度也会影响农产品的呼吸强度

虽然就目前来看,湿度对呼吸的影响还缺乏系统深入的研究,但这种影响在贮藏实例中确有反映。大白菜、菠菜、甜橙、红橘等农产品采收后进行预贮,蒸发掉一小部分水分,有利于降低呼吸强度,增强贮藏性。洋葱贮藏要求低湿,可抑制呼吸,保持休眠状态,有利于贮藏。薯类蔬菜要求高湿,干燥反而会促进呼吸,产生生理病害。

3. 温度对呼吸强度的影响是非常重要的

在一定范围内,温度升高,酶活性增强,呼吸强度因之增大。通常在5~35摄氏度,温度每上升10摄氏度,呼吸强度增大1~1.5倍。呼吸强度达到最高值后,继续增高温度,呼吸强度反而下降。在贮藏中,过高过低的温度都会给农产品带来伤害。如温度超过正常的范围继续上升,可引起农产品组织中酶活性的丧失,从而降低呼吸强度,甚至急剧下降直至零。适宜的低温可降低呼吸作用,并推迟呼吸跃变型农产品的呼吸高峰的出现,甚至不表现跃变。但是,不是温度越低越好,不适宜的低温会造成农产品低温伤害或冷害,冷害反而会刺激呼吸强度的反常上升。

4. 其他因素

机械损伤、一些物质(如矿质元素、青鲜素、矮壮素、赤霉素、一氧化碳等)对呼吸作用也有很大的影响。任何机械伤都会加速农产品的呼吸速率。一般认为,伤口和创面破坏了细胞结构,加速了气体的扩散,增加了酶与底物接触的机会,因此,导致呼吸作用加强。机械伤对农产品呼吸强度的影响因品种、种类以及受损伤的程度而不同。

第二节 农产品的蒸腾生理

新鲜农产品组织一般水分含量较高,由于细胞汁液充足,细胞膨压大,从而使组织器官呈现坚挺、饱满状态,因此,农产品表面上看去质地脆嫩,具有光泽和弹性,表现出良好的品质。等农产品被采收后,便与母体植株和土壤失去联系,不断地蒸腾失水,便使农产品逐渐失去新鲜度,并产生一系列不良反应,因而采后的蒸腾作用是果蔬等农产品采后生理的一大特征。

蒸腾作用:是水分从活的植物体(采后果实、蔬菜和花卉)表面以水蒸气状态散失到大气中的过程,与物理学的蒸发过程不同,蒸腾作用不仅受外界环境条件的影响,而且还受植物本身的调节和控制,因此它是一种复杂的生理过程。

一、蒸腾失水对农产品品质和贮藏效果的影响

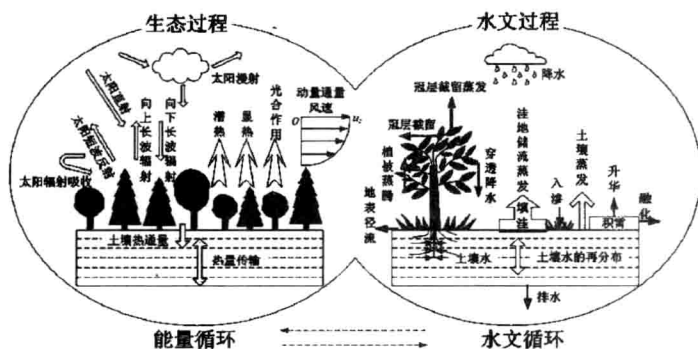
(一) 影响正常的代谢机能

水是生物体内最重要的物质之一,它在代谢过程中发挥着特殊的生理作用。失水后,细胞膨压降低,气孔关闭,因而对正常的代谢产生不利影响。如造成原生质脱水,会促使水解酶活性的加强,加快水解进程,高分子物质的降解反过来又会促进呼吸作用,由于养分消耗过快,代谢失调,使农产品迅速衰老变质。另一方面,当细胞失水达一定程度时,细胞液浓度增加,使 H^+ 、 NH_4^+ 和其他一些物质积累到有害程度而使细胞中毒。水分状况异常还会改变农产品体内的激素平衡,使脱落酸和乙烯等与成熟衰老有关的激素增加,

促进衰老。

(二) 失重和萎蔫

失重又称自然损耗，是指贮藏过程中器官的蒸腾失水和干物质损耗所造成重量的减少。采后农产品的蒸腾失水，在重量上造成失重，在品质上造成失鲜。一般农产品失水达5%时，即表现出疲软、皱缩、萎蔫、光泽消退等品质劣变现象。苹果失重失鲜时，果肉变沙，失去脆度。柑橘果实贮藏期间的失重有四分之三是由于蒸腾失重所致。萝卜等根茎类蔬菜失鲜会老化糠心，长根长芽，降低食用价值。



(三) 发汗和帐壁凝水

果蔬发汗是指在果蔬等农产品贮藏时表面出现水珠凝结的现象，特别是用塑料薄膜帐或袋贮藏产品时，帐或袋壁上的结露现象更严重。这种情况是因为当空气温度下降到露点以下，过多的水汽从空气中析出，并在农产品表面上凝成水滴所致。堆藏的农产品，由于呼吸的进行，在通风散热情况不好时，堆内湿度和温度高于堆外，