第一章　绪　论

一、根茎类蔬菜贮藏保鲜原理

根茎类蔬菜贮藏原理又称采后生理。新鲜蔬菜的贮藏，是食品保藏方法之一。蔬菜在贮藏保鲜中仍然是有生命的有机体，依靠蔬菜活体所特有的对不良环境和致病微生物的抵抗性，延长贮藏期，保持品质，减少损耗，我们把蔬菜的这些特性称为“耐贮性”和“抗病性”。所谓耐贮性是指蔬菜在一定的贮藏期限内，能保持其原有质量而不发生明显不良变化的特性。所谓抗病性是指蔬菜抵抗致病微生物侵害的特性。蔬菜的耐贮性和抗病性是由蔬菜的各种物理的、化学的、生理的性状特性综合起来的特性。耐贮的一般都比较抗病，不抗病的显然不耐贮，但抗病的并不一定耐贮。

生命的特征就是能进行新陈代谢，如生命消失，新陈代谢将终止，耐贮性、抗病性也就不复存在。根茎类蔬菜采收后脱离了植株，得不到来自母体的水分和养分的补给，成为独立的有生命的个体。但其生命活动必须适应这种突然变化了的情况和外界环境条件，才能够维持下去。因此，对于根茎类蔬菜贮藏保鲜来说，先要保持它的生命，有了生命才能进而谈其耐贮性和抗病性。只有维持最低水平、正常的生命过程，才能充分地发挥耐贮性。抗病性的作用就是延长贮藏期限。

每时每刻都在进行旺盛代谢的蔬菜个体，它不断消耗着田间

需要全本请访问 www.ertongbook.com

生长过程中所积累的各种物质并随时不断地向外界蒸发水分。随着贮藏期的延长，蔬菜体内物质消耗逐渐增加，其外观、色泽、风味、质地和营养价值均在不断改变。根茎类蔬菜的生理性状也随着发生变化。比如，萝卜会发芽、“糠心”等等。所有这些说明一个问题，蔬菜正在经历着一个从成熟到衰老的变化过程。这些变化的快慢与蔬菜品种性状、贮藏条件有很大关系。要想把蔬菜贮藏得更好，就要使蔬菜的消耗过程缓慢地进行，同时，还要选择适宜的贮藏品种，创造符合蔬菜正常生命活动需要的条件，推迟衰老进程，从而保持新鲜蔬菜的良好品质。

在蔬菜贮藏保鲜时，人们往往通过控制环境条件来达到控制耐贮性和抗病性的目地。由于不同品种蔬菜的遗传特性决定了它们是否具有良好的耐贮性、抗病性，所以应选择适合贮藏的品种，通过控制最适宜的贮藏环境条件，尽可能地延缓其耐贮性、抗病性的衰变。当内、外因都非常有利时，才可能获得优良的贮藏品质，完成贮藏保鲜的任务。

（一）呼吸生理

根茎类蔬菜收获后光合作用停止，呼吸作用成为采收后生命活动的主导过程。蔬菜收获后干物质不仅不能再增加，而且不断被消耗，这是由于呼吸作用将蔬菜田间生长阶段经光合作用生成和积累的各种复杂有机物（糖、蛋白质、脂肪等）分解为二氧化碳和水并释放出能量的原因。这种生命活动的强弱，关系着蔬菜的品质变化和贮藏寿命的长短。因此，从减少物质消耗的角度来讲，呼吸作用是消极的，所以，收获后、贮藏中应尽可能降低其呼吸强度，以节约呼吸底物的消耗。但一切生命活动所需的能量又都要依靠呼吸来提供，因此，维持最低水平的正常呼吸（即有氧呼吸），才能最大限度地满足蔬菜既能减少物质消耗又能保持品质、延缓衰老、增加寿命的需要。根茎类蔬菜采收后，虽然干

物质总量不再增加，但仍有许多合成过程，这些过程就只能利用蔬菜体内原有的物质，通过分解和再组合来实现。如果呼吸出现失调则会发生生理障碍，出现生理病害，影响蔬菜的贮藏效果。所以，保持蔬菜采后尽可能低的、又具有正常的呼吸过程，则是新鲜蔬菜贮藏保鲜的基本原则和要求。

1. 蔬菜呼吸的基本原理

(1) 呼吸类型与贮藏的关系　呼吸是一种气体交换，即蔬菜吸进氧气放出二氧化碳，其整个过程大约有 50 多个生化反应，主要途径有：糖酵解一三羧酸循环一电子传递链。由于采收后的蔬菜所处的贮藏环境条件不同，其呼吸作用可表现为两种类型。

①有氧呼吸。在正常的环境下，蔬菜的呼吸是在氧气的参与下进行的，通过氧化酶的催化作用，将体内积累的糖、酸等有机物质氧化，充分分解成二氧化碳和水，并产生一定的能量，其中一部分用于生理作用，一部分变成热被消耗掉。贮藏中应想办法使蔬菜进行有氧呼吸。它通常用下列化学反应式表示：

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O + 2867\ kJ$$

(葡萄糖)(氧)(二氧化碳)(水)(热能)

②无氧呼吸。蔬菜在缺氧的条件下，葡萄糖等有机物质通过糖酵解产生丙酮酸，进一步转化为酒精和二氧化碳，或转变为乳酸，我们把这一过程称为无氧呼吸。在消耗同等量底物的前提下，无氧呼吸产生的能量只为有氧呼吸的 1/24，可见，无氧呼吸要消耗大量的呼吸底物，也就是说要消耗大量营养，才能完成生命活动。况且无氧呼吸产生的酒精、乙醛、乳酸等有害物质，对蔬菜贮藏极为不利。所以，蔬菜在贮藏过程中，要防止无氧呼吸的发生。它通常用下列化学反应式表示：

$$C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2C_2H_5OH + 2CO_2 + 117\ kJ$$

(葡萄糖)(酒精)(二氧化碳)(热能)

从上述可看出，有氧呼吸和无氧呼吸是根茎类蔬菜贮藏期间

的生理机能，无氧呼吸是生物进化过程中的一种适应性，即在无氧的情况下，可以继续执行机能作用。只有在不适宜的贮藏条件下（如环境中氧气降低到较低浓度条件）所引起的无氧呼吸，破坏了蔬菜贮藏期间的正常代谢作用，对贮藏才是不利的。

（2）呼吸强度　用来衡量蔬菜呼吸强弱的指标是呼吸强度。呼吸强度的定义是：在一定的温度下，单位时间内一定质量的蔬菜产品吸收的氧气或放出二氧化碳的质量〔CO_2 毫克／（千克·小时）〕。一般以 1 千克蔬菜产品在 1 小时内释放出的二氧化碳的毫克数为标准。呼吸强度反映了物质量的变化，是表示蔬菜新陈代谢的重要的生理指标之一。呼吸强度越大，说明呼吸作用越旺盛，营养物质消耗的越快，就会加速产品的衰老，缩短贮藏寿命。蔬菜的种类、品种不同，其呼吸强度也不同。根茎类蔬菜的呼吸强度比较小。通常呼吸强度大的蔬菜说明其呼吸作用旺盛，营养物质消耗得快，这样会加速产品的衰老，缩短贮藏寿命，所以，不易贮藏；反之，则耐贮。

为了了解贮藏条件是否适宜，常常需要了解蔬菜在贮藏期间的生理状态，必须进行呼吸作用的性质指标的测定。通常测定蔬菜的呼吸系数，即呼吸时释放的二氧化碳和吸入氧气的容积比（mL），有的也称之为呼吸商。用 RQ 表示，其公式如下：

$$RQ = V_{CO_2} / V_{O_2}$$

通过观察呼吸系数的变化，可大致分析呼吸底物和呼吸类型。当以糖为呼吸底物并完全氧化（即有氧呼吸）时，RQ 为 1 即：

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 6H_2O$$

$$RQ = 6mol\ CO_2 / 6mol\ O_2 = 1$$

当以有机酸（如苹果酸）为底物进行有氧呼吸时，RQ 大于 1 即：

$$C_4H_6O_5 + 3O_2 \rightarrow 4CO_2 + 3H_2O$$

$RQ = 4mol\ CO_2/3mol\ O_2 = 1.33$

说明此种呼吸对氧的需要量较为节省；

当以脂肪和蛋白质（以硬脂酸为例）为呼吸底物进行有氧呼吸时，需要吸收更多的氧气，其 RQ 小于 1。

$C_{18}H_{36}O_2 + 26O_2 \rightarrow 18CO_2 + 18H_2O$

$RQ = 18mol\ CO_2/26mol\ O_2 = 0.69$

呼吸种类不同，呼吸系数的比值差异很大，以葡萄糖为呼吸底物，在进行正常呼吸时比值为 1，如与无氧呼吸结合进行时，呼吸系数大于 1。氧的供给量越缺乏，无氧呼吸越占优势，呼吸系数就越大。测定呼吸系数，可用来判断呼吸作用的不同基质，也可用来判断贮藏中蔬菜的呼吸作用的性质。借此我们便可以力求控制最适宜的氧和二氧化碳的比例，防止不正常的无氧呼吸。

(3) 蔬菜的田间热和呼吸热　蔬菜收获后体温很高，带有大量的热，这种热被称为田间热。如果将体温很高的蔬菜产品直接运到贮藏库中，大量的田间热被带到库中散发出来，就会使库温升高。释放多少的田间热与蔬菜的体温和含水量有关。一般要使 1 千克蔬菜产品降低 1℃，可放出 3 762千焦的热量，这么多的热量如排不出去，会使蔬菜呼吸作用加强，对蔬菜贮藏产生不良的影响。因此，蔬菜入库前进行预冷是十分重要的。

蔬菜的呼吸热是指蔬菜进行呼吸作用时产生的热，呼吸热与呼吸强度密切相关，呼吸强度越大，产生的呼吸热也越多。通常可根据蔬菜的呼吸强度计算呼吸热，即每 1 千克蔬菜，每 1 小时呼吸产生 1 毫克的二氧化碳时，相当于 10.5 焦的呼吸热。呼吸强度因环境温度不同而发生变化，呼吸热也随之发生改变。在生产实践中常遇到堆积在一起的蔬菜受热变质以致腐烂的现象，就是因为蔬菜释放出来的呼吸热，没能及时排出，使堆温上升，反过来又促进蔬菜呼吸强度的增加，放出更多热的结果。了解蔬菜的呼吸热和田间热，在蔬菜贮藏库的设计、制冷量的计算，以及

需要全本请访问 www.ertongbook.com

在蔬菜贮藏管理上都有很重要的现实意义。

2. 影响蔬菜呼吸的因素

(1) 蔬菜的种类和品种　在相同的外界条件下，不同种类和品种的蔬菜呼吸强度差异很大，这是由遗传特性决定的。蔬菜产品的器官、生理年龄、收获期不同，其呼吸强度也有很大差别。一般来说，叶菜类呼吸强度最大，幼嫩的组织比成熟的组织呼吸强度大，鳞茎、块茎蔬菜呼吸强度最低。南方蔬菜比北方蔬菜呼吸强度大，夏季蔬菜比秋冬季蔬菜呼吸强度大，晚熟品种比早熟品种呼吸强度大。如菠菜的呼吸强度为 CO_2 21 毫克／（千克·小时）；胡萝卜为 CO_2 5.4 毫克／（千克·小时）；冯铃薯为 CO_2 1.7～8.4毫克／（千克·小时）。根茎菜类是呼吸非跃变型蔬菜，在其生长和成熟过程中，呼吸是逐渐缓慢下降的。

(2) 发育年龄和成熟度　一般幼嫩蔬菜被采收时，由于此时正处于生长最旺盛阶段，所以，呼吸强度很高，各种代谢过程非常活跃，衰老变质很快，贮藏很困难。充分成熟的老熟蔬菜，新陈代谢强度降低，表皮组织和蜡质变得完备，阻碍了气体交换，呼吸强度下降，为贮藏创造了极为有利的条件。块茎、鳞茎蔬菜在生长期间呼吸作用不断下降，进入休眠状态，呼吸强度降低到最低点。休眠结束，呼吸又重新升高。

(3) 贮藏温度　在一定温度范围内，温度升高，酶活力增强，呼吸强度随之而增大，对贮藏极为不利。反之，温度越低，呼吸强度越小，物质的消耗也越少，贮藏寿命较长。因此，蔬菜贮藏过程中的普遍措施，就是在不破坏蔬菜正常生活机能的条件下，尽可能维持较低温度，使蔬菜的呼吸作用降低到最低水平。

通常在蔬菜正常的生活温度范围内（5～35℃），温度每上升10℃，呼吸强度增大 1～1.5 倍，即温度系数 $Q_{10}=2\sim2.5$；温度超过 35℃，会使蔬菜中的蛋白质和酶受到伤害而引起某种变性，致使正常的生命活动受到抑制或破坏。不同种类、品种，不同成

熟度的蔬菜对低温的适应性能各不相同。低温范围内蔬菜呼吸的温度系数要比高温范围内大，这个特点表明，蔬菜贮藏应该严格控制好适宜的稳定低温，如温度上升，会使呼吸强度增大很快。

但蔬菜贮藏也并不是温度越低越好，许多喜温蔬菜如姜、芋头、甘薯等，都有一个适宜低温的限度，低于此限度，就会引起呼吸代谢反常，遭受冷害。此外，经常波动的贮藏温度对细胞原生质有刺激作用，因而促进呼吸，增加营养消耗，缩短贮藏寿命。所以，贮藏蔬菜应力求库温稳定，以延长贮期。

(4) 湿度　蔬菜种类不同，对空气的相对湿度要求也存在很大差别，如大白菜、菠菜及某些果菜类，收获后稍经晾晒或风干，即轻微失水则有利于降低呼吸强度，增强耐贮性。洋葱、大蒜等贮藏要求低湿，低湿可抑制呼吸作用，保持休眠状态，延迟发芽。但薯芋类蔬菜（如甘薯）则要求高湿条件，干燥就会促进呼吸，产生生理病害。所以，蔬菜贮藏要根据其种类来确定贮藏环境的湿度。

(5) 贮藏环境中的空气成分　正常情况下，空气中氧气含量为 21%，二氧化碳为 0.03%。空气中的氧气和二氧化碳的含量变化，对蔬菜的呼吸作用都有直接的影响：适当降低氧气含量或升高二氧化碳含量，既可抑制呼吸强度，又不干扰正常代谢，有利于延长贮藏寿命。近代贮藏技术的调节空气成分贮藏（简称气调贮藏，也叫 CA 贮藏），就是以此为理论根据的。实践证明，如果将空气中氧气含量降到 10%以下，就会明显降低蔬菜的呼吸作用，但这种氧气含量降低有一极限，当氧气含量低于 2% 时，许多蔬菜产生生理伤害（低氧伤害），这主要是由于无氧呼吸，从而积累了大量的酒精、乙醛等有害物质的结果。二氧化碳含量高于 0.03%时，对蔬菜呼吸均有抑制作用，它能保持蔬菜绿色素和维持蔬菜硬度，但浓度过高时二氧化碳会引起异常代谢，产生生理障碍。不同种类、品种的蔬菜，二氧化碳含量的上

限值不同，多数在 5% 以下能正常生存。总之，对于一般蔬菜来说，氧的安全有效浓度是 2% ~ 5% ，二氧化碳与氧相等或较低比较合适。

在蔬菜贮藏库中，经常闻到一股香味，这是果实在成熟过程中散发出来的芳香气味，这些物质中的乙烯气体，对蔬菜的呼吸具有明显的促进作用，也对蔬菜有催熟作用。因此，在实际操作中，要进行适当的通风换气，防止果实中散发的乙烯气体的累积，而影响蔬菜的贮藏效果。

(6) 机械损伤和病虫害　在搬运过程中蔬菜遭受机械伤害后,呼吸强度急剧增加,这种呼吸称为伤呼吸。任何机械损伤,即使是轻微地挤压、划痕或摩擦,都会引起蔬菜的伤呼吸。同样的机械损伤和病虫害造成的伤口都能引起微生物的侵染，导致蔬菜腐烂变质,所以蔬菜在采收及收获以后,要尽可能避免任何损伤。

(7) 其他物理化学因素　利用^{60}Co（钴 60）产生的 γ 射线是一种电离射线，适当强度的 γ射线照射蔬菜可延长贮藏的时间。如马铃薯和大蒜经用 5 000 ~ 10 000Gy （戈瑞）剂量$^{60}Co\gamma$ 射线照射后，至少可贮藏 1 年。另外，多种植物生长调节剂有促进或抑制呼吸的作用。乙烯（Eth）是典型的刺激呼吸上升的物质；萘乙酸甲酯也能增强蔬菜的呼吸作用；青鲜素（MH）、矮壮素(3C)、比久（B_9)、6-苄基腺嘌呤（BA)、2,4-D 等均具有抑制呼吸的作用。

3. 呼吸与采后保鲜的关系

(1) 呼吸消耗和呼吸热　蔬菜在呼吸过程中消耗底物并放出热量，这种热叫呼吸热。蔬菜采后的呼吸消耗是干物质的净消耗，无疑这种消耗应该越少越好。据计算，1 摩尔葡萄糖通过有氧呼吸，完全氧化为二氧化碳和水时，约有 55% 的能量以热的形式释放出来，释放出的呼吸热会使环境温度升高，对蔬菜贮藏保鲜是不利的，这也是蔬菜在采后要尽快、尽可能地降低其呼吸

强度的原因。但一切降低呼吸强度的措施，都必须以不违背蔬菜正常的生命活动为原则。

（2）呼吸失调与生理障碍　蔬菜在贮藏期间，如果管理不善，就会使无氧呼吸加强或呼吸途径的某一环节出现异常情况，产生生理紊乱，这都属于呼吸失调。由于呼吸失调，在某些生理环节上酶或酶系统受到破坏，呼吸反应就会在此受挫或中断，并积累氧化不完全的中间产物。这种呼吸失调必然造成生理障碍，这是生理病害的根本原因。蔬菜一旦发生了生理病害，就会影响它的商品价值和食用价值。

（3）呼吸的保卫反应　呼吸的保卫反应主要针对蔬菜处于逆境，受到伤害和病虫侵害时，机体内表现出的一种积极的生理机能。伤呼吸就是保卫反应的一个例证。随着成熟衰老不可逆转的进行，蔬菜组织的代谢活性降低，必然使呼吸的保卫反应削弱，使其容易感染病害。另外伤呼吸的进行，使呼吸消耗和呼吸热增加，水分散失增多，这对保持蔬菜的品质无疑将带来危害。呼吸保卫反应受遗传特性影响，抗病、耐贮的品种，反应迅速而强烈；抗病性弱的品种，则反应迟缓，不明显，甚至不发生反应。

（二）蒸腾生理

大部分新鲜蔬菜含水量高达 85%～96%，在贮藏中容易因蒸腾脱水而引起组织萎蔫。蔬菜细胞只有水分充足，膨压大，才能使组织呈现坚挺脆嫩的状态，显出光泽并有弹性。蔬菜只有在这种状态时才算是新鲜的，如果蔬菜水分蒸发过多，细胞膨压降低，组织萎蔫、疲软、皱缩、光泽消退，蔬菜就失去新鲜状态。蔬菜失鲜主要是蒸腾脱水的结果。同时，蒸腾作用也会使蔬菜的重量减轻，造成经济损失。

蔬菜水分蒸发大体上通过两个途径：一是由于蔬菜呼吸过程中散发出一部分水分，但是不大；另一方面是贮藏环境中空气的

水蒸气压低于蔬菜表面的水蒸气压（即空气干燥），引起水分向外扩散。由于蔬菜失水，表面产生萎蔫。萎蔫了的蔬菜，失去了新鲜饱满的外观，食用品质变差，自然损耗增大，蔬菜中营养物质分解加快，商品价值也下降，同时，也容易受真菌侵染而腐烂，这些都不利于蔬菜的长期贮藏。

1. 蒸腾、萎蔫对贮藏的影响

蔬菜蒸腾脱水最明显的现象就是失重和失鲜。失重又称自然损耗，是数量方面的损失，包括干物质和水分两方面的损失，但主要是失水，蔬菜外表变化不明显。

失鲜是质量方面的损失，主要是外表、结构、色泽、质地和风味的变化。当蒸腾失水达到 5% 时，就会引起组织萎软，失去新鲜饱满状态。蒸腾脱水还会引起直根、块茎类蔬菜“空心”。如果是轻度脱水，可以使冰点降低，提高抗寒能力，并且组织较为柔软，有利于减少运输和贮藏处理时的机械伤害。洋葱、大蒜收获后充分晾晒，使外表的鳞片干燥成膜质，具有降低呼吸，加强休眠，减轻腐烂的作用。但当严重脱水时，细胞液浓度增加，引起细胞中毒，一些水解酶的活性加强，会加速某些物质的水解过程。例如：风干的甘薯变甜，原因之一就是脱水引起淀粉水解为糖。

蒸腾、萎蔫会严重影响蔬菜的耐贮性、抗病性。组织脱水萎蔫程度越大，抗病性下降越剧烈，腐烂率就越高。此外，用塑料帐或塑料袋贮藏蔬菜时，蒸腾还会引起结露现象，这就是所谓的“出汗”现象。由于结露所形成的凝结水本身是微酸性的，一旦滴落到蔬菜表面上，极有利于病原菌侵染，导致贮藏品腐烂增加。所以贮藏时要尽可能防止结露现象，其解决的办法是尽量缩小温差，保持库温恒定。

2. 影响蒸腾作用的因素

(1) 表面组织结构　蒸腾是指植物体内的水分通过植物体表

面的气孔、皮孔或角质层而散失到大气中的过程，所以蒸腾与植物的表面结构有密切关系。一般角质层不易透过水，但由于其上夹杂有裂缝及吸水物质，因而植物体内的水分可通过角质层散失到大气中。气孔是植物蒸腾的主要通道，许多因素如水、温度、光和二氧化碳等，影响气孔开闭，从而决定蒸腾作用的强弱。皮孔的蒸腾量很小。不同蔬菜表面组织结构不同，蒸腾作用差异很大，通常是叶菜类蒸腾最强，果菜类次之，根菜类最弱。一般幼嫩蔬菜的表皮几乎没有保护层，因而容易散失水分；成熟蔬菜有蜡质堵塞气孔和皮孔，所以不容易失水。贮藏中应尽量保护表皮的蜡质保护层，这对保持蔬菜的新鲜度益处多多。

（2）细胞保水力　一般细胞内原生质有较多的亲水性胶体，可溶性固形物含量高，可使细胞具有较高的渗透压，因此，有利于细胞保水，阻止水分蒸腾。另外，细胞间隙的大小可影响水分移动的速度，细胞间隙大，水分移动阻力小，移动速度快，有利于细胞失水。

（3）空气湿度　影响蔬菜采后蒸腾作用的关键性环境因素是空气相对湿度，相对湿度是指空气中实际所含的水蒸气量（绝对湿度）与当时温度下空气所含饱和水蒸气量（饱和湿度）之比。在一定的温度下，空气的饱和蒸气压大于实际蒸气压时（即存在饱和差时），水分便开始蒸发，因此，空气从含水物体中吸取水分的能力，决定于饱和差的大小。饱和差越大，吸水力越大。蔬菜组织中充满水，蒸气压一般是接近饱和的，只要组织中蒸气压高于周围空气的蒸气压，组织内的水分便外溢，其快慢程度两者之差成正比。

相对湿度表示环境空气干湿的程度，是影响蔬菜蒸腾的重要因素。但它要受温度的影响，温度增高可加速水蒸气分子的运动，减低细胞胶体的黏性，从而促进蒸腾作用，即同温下，相对湿度越高，蒸腾速度越慢。同湿下，温度越高，蒸腾速度越快。

需要全本请访问 www.ertongbook.com

此外，空气流速（通风）也会改变空气的绝对湿度，从而影响蒸腾作用。空气流速愈快，水分散失愈大。值得注意的是，贮藏中对空气湿度的控制，既要密切注意到对产品蒸腾作用的影响，又必须兼顾到微生物活动的影响，因为空气湿度也是制约微生物活动的因素之一。

（三）成熟与衰老生理

蔬菜采收以后物质积累停止，干物质不再增加，已经积累在蔬菜中的各种物质，有的逐渐消耗于呼吸，有的在酶的催化下经历种种转化、转移、分解和重新组合。同时蔬菜在生理上经历着一个由幼嫩到成熟再到衰老的过程，在组织和细胞的形态、结构、特性等方面发生一系列变化。这些变化导致了蔬菜的耐贮性和抗病性也发生了相应的改变，总的趋势是不断减弱。

1. 物质转变的一般现象

蔬菜采后一个重要的物质转变过程是同类物质间的合成和水解过程。如淀粉→双糖→单糖；原果胶→果胶→果胶酸；蛋白质→氨基酸；类脂物质的降解与合成等。但总体来讲，水解大于合成，这是细胞衰老的主要症状。物质转变的另一特点是物质在组织和器官之间的转移和再分配，如洋葱结束休眠后发芽而鳞茎蔫缩，萝卜、胡萝卜发芽抽薹而肉质根变糠，所有这些都是物质转移的结果。蔬菜在贮藏保鲜中的物质转移，几乎都是从作为食用部分的营养器官移向非食用部分的生殖器官，这种物质的转移也是食用器官组织衰老的症状，因此，从贮藏观点来说，物质转移是不利的。

2. 完熟衰老的调节

植物激素和钙对完熟衰老起着极其重要的调节作用。植物激素是植物自身产生的一类物质，目前，已知的植物激素有五类，即：生长素、赤霉素、细胞分裂素、脱落酸和乙烯。前三类属于

促进植物生长发育的激素，有防止衰老的作用，后两类属抑制生长发育的激素，有促进衰老和促进休眠的作用。当植物生长进入成熟期时，生长素、赤霉素和细胞分裂素的含量减少，乙烯和脱落酸的含量增高，因而植物体或器官的生长受到抑制，促进植物体或器官进入成熟衰老阶段。在蔬菜采收后，如果人为地改变蔬菜体内的激素平衡，如抑制体内乙烯的产生，或采取适当措施，去除贮藏环境中的乙烯，可以抑制或促进衰老的过程。如降低贮藏环境中乙烯的含量，常用一些能够吸附乙烯的化学物质来吸收乙烯，像活性炭、高锰酸钾、臭氧等，可使蔬菜呼吸减弱，延迟衰老，延长贮藏期。又如用生长素、细胞分裂素等处理蔬菜，有防止衰老的作用。

近年来研究指出，钙在调节植物呼吸和推迟衰老方面，以及在防止蔬菜代谢病害方面，都有着重要的作用。一般钙含量高的呼吸强度低，含钙低的呼吸强度高。呼吸强度低可使衰老延迟，因而钙只有调节成熟、衰老的作用。蔬菜采前或采后用钙处理，可延迟衰老和防止生理病害。

（四）休眠生理

一些块茎、鳞茎、球茎、根茎类蔬菜，在结束田间生长时，繁殖器官内积贮了大量的营养物质，原生质内部发生深刻变化，新陈代谢明显降低，生长停止而进入相对静止的状态，这就是休眠。蔬菜在休眠期间，呼吸作用、新陈代谢、物质消耗和水分蒸发都降低到最低水平，暂停发芽生长，即使有适于生长的环境条件也不发芽生长。这是蔬菜在其进化过程中形成的适应其生活环境的特性，借以度过严寒、酷暑或干旱等不良季节，而保存其生命和繁殖能力。所以对贮藏来说是个有利的生理阶段。有些蔬菜由于某一环境因素不适，如温度不适或空气中氧气浓度太低，会停止生长，但经过改善环境，便能恢复生长，这种休眠称强制休

眠或他发性休眠。有的蔬菜虽然各种环境因素都适于生长，但仍然要休眠一段时间，暂不萌发，这就是生理休眠或称自发性休眠。马铃薯、洋葱、大蒜、姜等是具有典型生理休眠的蔬菜；萝卜及其他二年生蔬菜没有明显的生理休眠阶段，却由于贮藏中因温度低，不适宜生长，常处于强制休眠状态。休眠的器官在经历一段时间后，又逐渐脱离休眠状态，此时如有适宜的环境条件，就迅速发芽生长。发芽时产品器官内贮存的营养物质供给芽的生长，本身则萎缩干空，品质急剧恶化，最终不堪食用。

休眠的长短，因种类、品种、栽培条件和贮藏条件不同而有变化。一般早熟和中早熟种休眠期短，晚熟和中晚熟种休眠期长。对很多休眠器官来说，短日照是诱导休眠的重要因素之一，但洋葱的休眠则是在长日照条件下形成的。冷藏是最有效、方便、安全的抑制发芽的措施，对强制休眠效应尤其明显。

休眠对贮藏有利，因此，希望尽可能延长产品的休眠期，并且在生理休眠解除后，继续保持强制休眠状态。采用低温、低氧、低湿和适当提高二氧化碳浓度等改变环境条件抑制呼吸的措施，都能延长休眠期，抑制萌发。利用外源抑制生长的激素，来改变植物激素的平衡，从而延长休眠。采用辐射处理块茎、鳞茎类蔬菜，防止贮藏期间发芽，已在世界范围内得到公认和推广。用 60～150Gy（戈瑞）γ 射线处理后，可以使蔬菜长期不发芽，并在贮藏期中保持良好品质。

二、采前采后因素对根茎类蔬菜贮藏的影响

蔬菜种类不同，内含物质和组织结构不同，耐贮性不同，哪怕是同种蔬菜因生长环境不同，采前采后各种处理措施不同，耐贮性也有很大差异。因此，在蔬菜贮藏保鲜时，必须首先了解各种栽培因素，如果不考虑这些因素，一味追求贮藏技术，忽视先

决条件，是很难成功的。

(一)采前因素的影响

1. 蔬菜的生物学特性

(1) 不同种类和品种的蔬菜，具有不同的遗传特性，由此决定了它们不同的代谢方式，表现出不同的品质特征和贮藏性能（如心里美萝卜抗病、耐贮藏）块茎、球茎、鳞茎、根茎类蔬菜自身有一个生理休眠期或容易被控制在被迫休眠状态，这时各种生理生化过程和物质消耗都减少到最低限度，所以最耐贮藏。不耐贮藏的蔬菜一般多表现为组织疏松，呼吸旺盛，失水快，所含的物质成分变化消耗快，因而品质下降也快。因此，在蔬菜贮藏保鲜工作中选择耐贮品种十分重要。

(2) 蔬菜的成熟度对其耐贮性有很大影响　成熟过度或成熟不足的蔬菜不耐贮藏。各种蔬菜的成熟度常以风味品质的优劣作为采收的首要依据；而作为贮藏的蔬菜，还要考虑贮藏后的风味品质及贮藏特性。对于生长在地下的一些根茎类蔬菜，如马铃薯、洋葱等，在地上部分枯黄后开始采收为宜，耐贮性强。

(3) 有的蔬菜本身含有特殊成分　如大蒜、葱头等含有大蒜素，这是一种具有强烈杀菌能力的含硫物质，凡含有大蒜素的蔬菜都不易染病，耐贮藏。组织中含有大量固形物（如淀粉等）的蔬菜，较耐贮藏。

2. 自然环境因素

(1) 地理条件　不同地区种植的同一种蔬菜，由于所处的地理纬度、海拔高度不同，其生长环境的温度、雨量和光照等自然气候条件也会有较大的差异，蔬菜的结构、成分、生理特性及耐贮性也随之改变。

(2) 温度　不同季节种植的蔬菜，由于温度条件的差异，贮藏的环境也会不同。温度高，生长快，产品组织幼嫩，糖分

等可溶性固形物含量低。昼夜温差大，生长发育良好，可溶性固形物含量高。不同季节、不同年份气温条件的差异，也会使产品特性发生变化。

(3) 湿度　降水和空气湿度的大小，直接影响蔬菜的成分和组织结构。生长阶段雨水缺乏，常会影响某些矿物质元素的吸收，导致营养缺乏症，在贮藏中造成严重的损失。如遇有干旱缺水年份，所栽植的萝卜容易在贮藏中产生糠心，而在水分充足的年份，种植的萝卜糠心较少，贮藏中出现糠心的时间也较晚。

(4) 光照　光照直接影响蔬菜干物质的积累，如生长期内遇有阴雨天较多的年份，不仅日照时数少，而且光照强度也弱，蔬菜不但产量低，干物质含量也低，此类产品不耐贮藏。

3. 栽培管理条件

栽培管理中的技术措施，如灌溉、施肥、整枝、打杈等均影响到蔬菜的化学成分、风味、品质及耐贮性。

(1) 灌溉　灌溉对蔬菜的生长发育、品质及耐贮性有着重要影响。采前灌水对蔬菜贮藏十分不利，会使蔬菜风味下降，不利贮运，破裂腐烂也会增多。如土壤中水分过多，会使萝卜出现裂根，贮藏时易在裂根处发生霉烂。

(2) 施肥　要获得优质高产蔬菜，必须注意增施有机肥与合理使用化肥，只有在适宜营养条件下生长的优良产品，才适宜贮运，否则贮藏中将发生生理失调病害。例如，氮肥对蔬菜的生长、发育很重要，是不可缺少的营养元素，但过量使用氮肥，产品耐贮性会明显下降，同时降低对某些病害的抗性。产品氮含量高，常促进果实的呼吸、衰老和腐烂。含钙量高，则可克服这些不良影响。

(3) 整枝、打杈　整枝、打杈对蔬菜自身的养分分配起着调节作用，由于营养状况的改变，也会直接影响耐贮性。

(4) 喷洒植物生长调节剂　采前喷洒植物生长调节剂、杀菌

剂或其他矿物质营养元素，从栽培上改进蔬菜品质，增强耐藏力，是防止某些生理病害和真菌病害的辅助措施之一。常用的植物生长调节剂有：萘乙酸、二氯苯氧乙酸、比久、矮壮素、赤霉素、乙烯、乙烯利等。常用的化学杀菌剂有无机杀菌剂（如波尔多液）、有机硫杀菌剂、有机砷杀菌剂、内吸杀菌剂等。

(5) 采收　蔬菜产品是否耐贮藏，与产品的采收期和采收方法有密切地关系，采收过早，组织幼嫩，呼吸强度旺盛，不耐贮藏；采收过晚，蔬菜进入完熟阶段，接近衰老死亡期，亦不耐贮藏，所以确定最佳采收期对蔬菜贮藏保鲜尤为重要。采收方式和适当的处理是保持蔬菜品质的必要条件，不正确的采收和粗放的处理不仅直接影响蔬菜的销售品质，而且引起损伤和变色，导致呼吸显著增加，生理病害发生。即使轻微的表皮损伤，也成为微生物侵入的通道而导致腐烂，缩短贮藏寿命。目前，我国用于贮藏的蔬菜，仍以人工采收为主。但对于地下根茎类蔬菜建议在经济条件允许情况下推广使用机械采收，可使用大型犁耙等机械进行采收。其特点是可以大大提高采收效率，降低采收成本，但采收腐烂率要比人工采收的高。如在马铃薯、胡萝卜上已应用。需要注意的是要求成熟度尽可能的一致。

(二)采后处理

1. 愈伤

蔬菜在采收过程中，很难避免各种机械损伤，有些微小的伤口更不易被发觉，如果忽视它的存在，会招致微生物侵入而引起腐烂。像马铃薯、洋葱、芋头、山药等蔬菜采收后在贮藏前进行愈伤处理是十分重要的。马铃薯、山药要求高温高湿；洋葱、大蒜要求高温低湿进行愈伤，效果较好。

2. 预冷

高温对蔬菜品质的保存是不利的，特别是热天采收的蔬菜，

需要全本请访问 www.ertongbook.com