

MALINGSHU
ZHUCANG
JISHU



马铃薯 贮藏技术

谢开云 何 卫 曲 纲 卢学兰 主编

金盾出版社

马铃薯贮藏技术

主 编

谢开云 何 卫 曲 纲 卢学兰

编著者

谢开云 何 卫 曲 纲 卢学兰

李文娟 陈彦云 谢 江 胡建军

陈德全 梁南山 穆马腾 (荷兰)

金 盾 出 版 社

内 容 提 要

本书由国际马铃薯中心与国内马铃薯研究单位联合编写,主要内容有:马铃薯贮藏概述,马铃薯贮藏的基本原理,马铃薯贮藏方式,马铃薯各种贮藏库的建设,栽培及收获后管理对马铃薯贮藏的影响,马铃薯贮藏期内主要病虫害及其防治,马铃薯贮藏的经济学等等。

本书图文并茂,内容贴近生产实际,是做好马铃薯贮藏较好的工具书,适合广大马铃薯种植户和科技推广人员学习使用,亦可供农业院校相关专业师生阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

马铃薯贮藏技术/谢开云,何卫,曲纲,卢学兰主编. -- 北京:金盾出版社,2011.11

ISBN 978-7-5082-7202-3

I. ①马… II. ①谢…②何…③曲…④卢… III. ①马铃薯—贮藏 IV. ①S532.093

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 202822 号

金盾出版社出版、总发行

北京太平路 5 号(地铁万寿路站往南)

邮政编码:100036 电话:68214039 83219215

传真:68276683 网址:www.jdcbs.cn

封面印刷:北京印刷一厂

正文印刷:北京金盾印刷厂

装订:永胜装订厂

各地新华书店经销

开本:787×1092 1/32 印张:5.25 字数:108 千字

2011 年 11 月第 1 版第 1 次印刷

印数:1~13 000 册 定价:15.00 元

(凡购买金盾出版社的图书,如有缺页、
倒页、脱页者,本社发行部负责调换)

前 言

2008年5月12日的四川大地震给四川农业生产,包括马铃薯生产,造成了巨大损失。国际农业磋商组织(CGIAR)及国际马铃薯中心(CIP)为了恢复四川马铃薯生产发展,迅速采取行动,筹措了特别的项目经费,实施了“四川马铃薯种薯灾后重建项目”。该项目主要是通过采用新的马铃薯种薯生产技术、推广新的高产抗病品种和加速三代种薯体系建设,提高各代种薯生产能力和种薯质量水平。其中,研究和推广适合四川当地条件的种薯贮藏方式和贮藏技术,以减少种薯贮藏损失并调节种薯生理年龄,促进种薯数量的增加和种薯质量的提高,是项目的重要内容之一。

马铃薯贮藏技术是马铃薯产后技术最重要的方面,正确的贮藏方法能够保证马铃薯种薯最佳的再生产能力,保证商品薯满足各种市场要求。马铃薯种薯质量直接影响着马铃薯的产量、品质和种植效益,还间接地影响新品种推广和病虫害综合防治。长期以来,马铃薯贮藏一直是困扰我国马铃薯产业发展的重要因素之一,其主要原因在于缺乏充足的贮藏设施和正确的贮藏理念。近年来,马铃薯贮藏越来越受到关注。各级政府鼓励企业和个人修建马铃薯贮藏库,也开始对贮藏库的建设进行资金补贴。这些措施将极大地改善马铃薯贮藏条件,提高马铃薯产后效益,从而提高整个马铃薯产业的效益。

在我们的项目实施过程中,发现我国关于马铃薯贮藏技术方面的资料非常欠缺,甚至找不到一本系统介绍

马铃薯贮藏技术的专著。为此我们项目组将国际马铃薯中心早期编写的《Principles of potato storage 》(R. H. Booth & R. L. Shaw) 以及 M. C. Jarvis 编写的《Diffuse-daylight seed potato stores: Light and sprout growth》两本资料翻译成中文供项目实施地区相关技术人员参考。为了促进我国马铃薯贮藏技术的提高,让更多的技术人员了解马铃薯贮藏的知识和相关技术,我们在综合以上两本技术手册的基础上,特邀请部分长期从事该领域研究和应用的专家,将与马铃薯贮藏相关的原理、要求、方法及贮藏库种类与建设、贮藏病害种类与防治措施等进行系统整理,形成本书。其中贮藏病害部分图片的主要来自 I. A. Mulderand 和 L. J. Turkensteen 编写的《Potato Diseases》、CIP 编写的《Major Potato Diseases, Insects, and Nematodes》以及张文解和王成刚编写的《马铃薯病虫害诊断与防治》。

由于笔者水平和经验的局限,加之现代马铃薯贮藏技术水平的快速发展,书中的某些内容可能不适合当前的情况,也可能存在一些疏漏及不当的观点和论述,恳请读者批评指正。

编 者

2011 年 9 月

目 录

第一章 马铃薯贮藏需要	1
一、马铃薯块茎的特性	1
(一) 马铃薯块茎的结构	1
(二) 马铃薯块茎的化学成分	3
二、马铃薯收获后的损失	5
(一) 物理损失	5
(二) 生理损失	7
(三) 病理损失	14
三、马铃薯块茎贮藏的目的	16
四、马铃薯贮藏过程的生理变化	17
第二章 马铃薯贮藏基本原理	20
一、马铃薯贮藏的温度要求	21
(一) 保温材料的种类和利用	21
(二) 制冷设备的种类和利用	24
(三) 贮藏目的对贮藏温度的要求	26
(四) 马铃薯贮藏库内温度的调控	28
(五) 马铃薯贮藏库内温度的监控	28
二、马铃薯贮藏的湿度要求	30
(一) 湿度控制系统	30
(二) 马铃薯对湿度的要求	31
(三) 马铃薯贮藏库内湿度的调控	31

(四) 马铃薯贮藏库内湿度的监控	32
三、马铃薯贮藏的通风要求	33
(一) 通风系统的种类和利用	33
(二) 贮藏库内空气组成对马铃薯的影响	37
(三) 马铃薯贮藏库内空气组成的调控	38
(四) 马铃薯贮藏库内空气组成的监控	47
(五) 用通风调控贮藏库内温度	49
(六) 用通风调控贮藏库内的湿度	57
四、马铃薯贮藏的光照要求	59
(一) 贮藏库内光照对马铃薯的影响	59
(二) 马铃薯贮藏库内光照的调控	60
(三) 马铃薯贮藏库内光照的监控	60
第三章 马铃薯贮藏方式	62
一、不同贮藏目的的贮藏要求	62
(一) 种薯贮藏要求	62
(二) 菜用薯贮藏要求	63
(三) 薯片加工原料薯贮藏要求	64
(四) 薯条加工原料薯贮藏要求	67
(五) 淀粉加工原料薯贮藏要求	68
(六) 合理使用抑芽剂	68
二、马铃薯贮藏方式	72
(一) 马铃薯散装贮藏	72
(二) 马铃薯箱式贮藏	74
(三) 马铃薯袋装贮藏	75
(四) 其他	76

第四章 马铃薯各种贮藏库的建设	78
一、马铃薯小型简易贮藏库种类及建设	78
(一) 沟(埋)藏	78
(二) 棚窖	79
(三) 井窖	80
(四) 土窑窖	80
(五) 室内贮藏	81
(六) 拱形窖	81
(七) 夹板式贮藏	82
(八) 散射光种薯贮藏库	85
二、马铃薯中型贮藏库种类及建设	104
三、马铃薯大型现代化贮藏库种类及建设	105
(一) 土建要求	107
(二) 贮藏库的尺寸	109
(三) 通风	111
(四) 光过滤器	118
第五章 马铃薯栽培及收获后管理对马铃薯贮藏的影响	120
一、马铃薯块茎成熟度对贮藏的影响	120
二、马铃薯田间病虫害防治对贮藏的影响	121
三、马铃薯收获后处理对贮藏的影响	122
第六章 马铃薯贮藏期间主要病虫害及其防治	125
一、马铃薯贮藏期间主要生物性病害种类及防治	125
(一) 引起严重腐烂的病害	125
(二) 引起表面瑕疵的病害	132

二、马铃薯贮藏期间主要非生物性病害种类及防治	138
(一) 黑心病	138
(二) 乙烯中毒	139
(三) 黑斑 / 蓝斑擦伤	140
(四) 收获期伤害	142
(五) 挤压损伤	144
(六) 内部出芽	145
(七) 低温伤害和冻害	145
(八) 纤弱芽和发状芽	148
(九) 抑芽剂伤害 (表皮过敏)	149
(十) 发芽块茎或块茎增殖	150
(十一) 块茎变绿	151
三、马铃薯贮藏期间主要虫害种类及防治	151
(一) 马铃薯块茎蛾	152
(二) 蚜虫	153
(三) 其他地下害虫	153
第七章 马铃薯贮藏的经济学	154
一、贮藏对马铃薯的增值作用	154
二、贮藏库建立的成本分析	158
三、贮藏管理成本分析	159
四、贮藏装卸成本分析	159
参考文献	160

(一) 马铃薯块茎的结构

形态学 解剖学



为基部或脐部，另一端称为顶部。块茎的顶端就是匍匐茎的生长点，所以顶部芽眼分布较密；最顶端的一个芽眼较大，含芽较多，成为顶芽。在块茎萌发时，顶芽最先萌发，而且幼芽壮，长势旺盛，这种现象称为“顶端优势”。

按块茎在土壤中形成和生长时所处的位置，可分为阴面和阳面。阳面是生长时向着地表的一面，通常较为突出和圆滑；而阴面是生长时向着地下的一面，通常平坦或凹陷。一般阳面的芽眼比阴面的多，且萌发早，幼芽较健壮，生长势也较强。

马铃薯块茎的表皮有的光滑、有的粗糙、有的还有网纹。在其表面，可以看到许多明显的小斑点，这些斑点就是皮孔。块茎通过皮孔和外界进行气体交换和蒸发水分，维持其正常的体内代谢。皮孔的大小和多少，因品种和栽培条件而异，在土壤黏重、含水量高、通透性差的情况下，块茎为了与外界交换气体，皮孔周围的许多细胞大量增生而裸露，使皮孔张开，在块茎表面形成许多小疙瘩，易于病菌侵入，这种块茎耐贮性极差，在贮藏期间易于腐烂，严重影响块茎的品质。

马铃薯块茎的皮色和肉色因品种不同而异。皮色有白色、黄色、粉红色、红色及紫色。块茎如经光照时间过久，皮色则变绿。块茎的果肉一般是白色，带有不同程度的浅黄色，个别品种块茎的果肉呈红色或蓝紫色。一个特定的品种，其块茎形状、表皮颜色和肉色在正常栽培条件下均不会发生变化，这些均是鉴别品种的重要指标。

从结构上看，马铃薯块茎的最外面一层是周皮，一般由9~17层细胞组成。周皮细胞被木栓质所充实，具有高

度的不透水性和不透气性，所以周皮具有保护块茎、防止水分散失、减少养分消耗、避免病菌侵入的作用。马铃薯的成熟与周皮的成熟有着直接的关系。周皮内是薯肉，薯肉由外向里包括皮层、维管束环和髓部。皮层和髓部由薄壁细胞组成，里面充满着淀粉粒。皮层和髓部之间的维管束环是块茎的输导系统，也是淀粉最多的地方。另外，髓部还含有较多的蛋白质和水分。

（二）马铃薯块茎的化学成分

马铃薯块茎的化学组成一般为：水分含量 63.2% ~ 86.9%，淀粉含量 8% ~ 29%，蛋白质含量 0.7% ~ 4.6%，另外，还有丰富的铁、维生素等。

1. **淀粉和糖分** 在马铃薯块茎中，维管束环附近的淀粉含量最多，从维管束环由外向内淀粉含量逐渐减少，皮层比外髓部多，块茎基部比顶部多，顶端的中心淀粉含量极少。这种分布规律与块茎的大小有关。马铃薯淀粉由直链淀粉和支链淀粉组成。支链淀粉占淀粉总量的 80% 左右。马铃薯淀粉的灰分含量比禾谷类作物淀粉的灰分含量要高 1 ~ 2 倍，马铃薯干淀粉中五氧化二磷含量平均为 0.15%，比禾谷类作物淀粉磷的含量要高出几倍。磷含量与淀粉黏度有关，含磷越多，黏度越大。糖分占马铃薯块茎总重量的 1.5% 左右，主要为葡萄糖、果糖、蔗糖等。新收获的马铃薯块茎中含糖分少，经过一段时间的贮藏后糖分增多。

2. **含氮物** 马铃薯块茎中的含氮物包括蛋白质和非蛋白质两部分，以蛋白质为主，占含氮物的 40% ~ 70%。马铃薯块茎中所含的蛋白质主要由盐溶性球蛋白和水溶性蛋白组成，其中球蛋白约占 2/3，这是全价蛋白质，几乎含

有所有的必需氨基酸，其等电点 pH 值为 4.4，变性温度为 60℃。淀粉含量低的块茎中含氮物多，不成熟的块茎中含氮物更多。马铃薯蛋白质在营养上具有重要的意义。

3. 脂肪 在马铃薯块茎中，脂肪含量为 0.04% ~ 0.94%，平均为 0.2%，马铃薯中的脂肪酸主要由甘油三酸酯、棕榈酸、豆蔻酸及少量的亚油酸和亚麻酸组成。

4. 有机酸 马铃薯块茎中的有机酸含量为 0.09% ~ 0.3%，主要有柠檬酸、草酸、乳酸、苹果酸，其中主要是柠檬酸。

5. 维生素 马铃薯块茎中含有淀粉酶、蛋白酶、氧化酶等。氧化酶有过氧化酶、细胞色素氧化酶、酪氨酸酶、葡萄糖氧化酶、抗坏血酸氧化酶等，这些酶主要分布在马铃薯能发芽的部位，并参与生化反应。马铃薯在空气中的褐变就是其氧化酶的作用。通常防止马铃薯变色的方法是破坏酶类或将其与氧隔绝。

6. 茄碱甙 这是一种含氮配糖体，有剧毒。它由茄碱和三糖组成，纯品为白色发光的针形结晶体，微溶于冷、热乙醇，很难溶于水、醚、苯，茄素晶体的熔点为 280℃ ~ 285℃。马铃薯的茄素含量以未成熟的块茎含量为多，占鲜重的 0.56% ~ 1.08%。其含量以外皮最多，髓部最少。品种不同，其茄素含量也不同，高的每 100 g 鲜薯可达 20 mg，低的每 100 g 鲜薯只有 2 ~ 10 mg。如果每 100 g 鲜薯中的茄素含量达到了 20 mg，未充分煮熟情况下食用后人体会出现轻度中毒的症状。

7. 灰分 马铃薯块茎中的灰分约占干物质重量的 2.12% ~ 7.48%，平均为 4.38%。其中以钾为最多，约占

灰分总量的 $2/3$ ；磷次之，约占灰分总量的 $1/10$ 。马铃薯块茎中的其他无机元素有钙、镁、硫、氯、硅、钠及铁等。其中钙和镁的含量比较固定，且互为消长，钙多镁少，或者相反。马铃薯的灰分呈碱性，对平衡食物的酸碱度具有显著的作用。

马铃薯既是菜又是粮，从其化学成分可以看出，它的块茎中含有丰富的淀粉和对人体极为重要的营养物质。马铃薯除脂肪较少外，其他如蛋白质、碳水化合物、铁和维生素的含量均高于小麦、水稻和玉米。

二、马铃薯收获后的损失

收获后块茎数量或品质均可能下降。块茎数量的损失显而易见，而品质的损失却常常被低估。数量和品质的损失由物理、生理或病理，或是三者的共同作用引起。受块茎自身状态的影响，马铃薯正常的贮藏期有时会由于腐烂、萎蔫、发芽等因素的影响而不得不提前终止。

（一）物理损失

物理损伤会导致次级生理和病理损失，使机械损伤造成的损失难以估算。机械损伤以许多形式发生，并且可在所有阶段发生：从收获前到收获，再到操作处理（如分级、包装、运输以及市场上的摆放），最后到消费者家中。尽管块茎在每一时期都会受到明显的损伤，但总损伤的近 $3/4$ 是发生在收获期。 $1/3$ 的作物受到严重机械损伤的情况，也较为常见。损伤严重的块茎绝不能被贮藏。

机械损伤大体上可划分为两种类型：①破裂：外表皮受损；②内部淤伤或黑心：块茎薯肉变黑或变色且与表皮

破裂无关。破裂损伤可进一步划分为擦伤(仅仅是表皮受伤)和薯肉损伤(擦伤处更深一些)。所有类型的损伤可能由同一碰撞引起。块茎遭受的损伤类型常常由其所处的条件决定。

在收获和操作处理过程中,影响损伤程度的因素包括:土壤条件、块茎条件、温度、操作方法的小心程度、收获和操作设备的设计。

显然,收获时的土壤条件极大地影响损伤水平。这反过来反映出在最初地点选择和预准备上是否重视了这些问题。例如,大土块和石块,特别是有棱角或尖的石块,会增加损伤程度。一般来说,极端潮湿或极端干燥的土壤条件都会增加损伤,非常干燥的土壤问题更严重。

块茎破裂和内部淤伤的程度受块茎干物质含量和膨压的影响。内部淤伤的发生和干物质含量间存在直接相关性:干物质含量越高,块茎淤伤的程度越严重。而干物质又受生长条件和品种的影响。品种、土壤类型和温度还会影响块茎形状和薯皮的强韧度,强韧的薯皮对破裂发生起重要的抑制作用。干瘪或松软的块茎,更易发生淤伤(图1-2)。因此,随着贮藏时间的增加,块茎也越容易发生损伤。由于新芽的生长会加速块茎的萎蔫,因此发芽的块茎上的淤伤会比未发芽的更严重。同样地,收获时的成熟度也会影响擦伤程度。如果需要在块茎自然成熟前收获,则需要根据当地的品种和环境条件,提前15d左右通过物理或化学的方式灭秧。

马铃薯在5℃的低温时更容易发生机械损伤(图1-3)。在一定条件下,可以在进行分级等操作之前,升高敏感块

茎的温度，从而降低损伤。据报道，在缺钾条件下生长的植株容易发生淤伤。显然，无论采取人工还是机械收获，操作处理的谨慎程度都与损伤程度密切相关。

随着马铃薯产业化发展，大规模的种植者越来越多，在收获设备的选择上，要考虑收获机采用两级网链结构，整体机架尽可能要低平。一级网链不需做柔性防护，作业时马铃薯和周边土壤被整体“抬移”到一级网链上，有橡胶柔性防护的二级网链从一级网链接到去掉大部分土壤的马铃薯，进行除秧，然后向侧面输出，或通过联合方式直接装车。收获设备上马铃薯流越大，磕碰损失越小。

除了显而易见的物理损失，甚至小的损伤也会造成巨大的生理和病理损失。受损伤的产品的保存期总是短于未受损伤的产品。

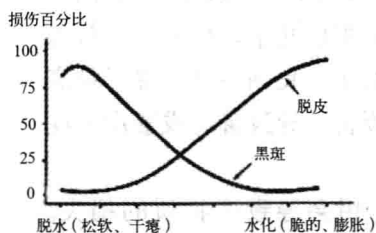


图 1-2 块茎损伤：块茎水化作用对损伤水平的影响

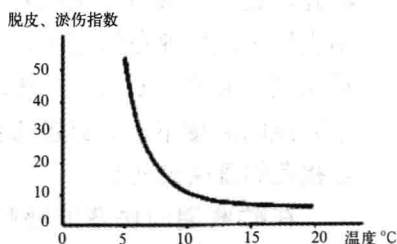


图 1-3 块茎损伤：温度对块茎损伤水平的影响

（二）生理损失

因为收获的块茎是有生命力的器官，暴露在极端温度下，通过干物质的自然呼吸作用以及水分的蒸腾丧失将发

生生理损失。损失的程度依赖于贮藏环境，但受伤和生病的块茎其损失总是大于健康的块茎。

在贮藏前期、中期或后期，将块茎暴露于极高或极低的温度下均可能引起生理损伤。在收获后，不要将块茎直接暴露于阳光下，这种暴露会促使马铃薯变绿，这是鲜食薯需避免的，并且块茎过热会导致细胞死亡、块茎变黑。在高温贮藏且通风不足的情况下，会有黑心症状发生。这种变色和块茎内部组织的损害是缺氧导致的结果。因为高温会加快呼吸速率，增加氧气需求，所以在高温贮藏时更易出现缺氧，要注意通风。

置于极冷温度下（ -2°C ）的块茎，会因内部形成冰晶而受到损伤。即使轻度结冰的块茎，其维管束也会变色。长期暴露在这样的条件下，会导致髓部变色，出现墨蓝色坏死，还会导致维管组织坏死。冰冻4~5h的块茎几乎不表现出内部变色的症状，但组织已几乎全部死亡，解冻后块茎会变湿、变软，并流出液体。长期将块茎置于稍高于冰点的温度下，会引起低温损害，导致薯肉或薯皮出现红褐色的斑块或斑点。

在贮藏期间块茎的呼吸作用会导致干物质的损失。在 10°C 的贮藏温度下，这种损失在第一个月占鲜重的1%~2%，在以后的每个月为0.8%，但发芽时又会升高到1.5%。

块茎呼吸作用最重要的影响是呼吸热的产生以及它们随后对贮藏温度和通风系统的影响。呼吸作用的速率依赖于温度，在 5°C 时最小（图1-4，表1-1）。假设 5°C 时的呼吸值为100，那么其他温度近似的值如下所示：