

植物组织培养及其应用丛书

第七分册

马铃薯茎尖脱毒 与微型薯生产

王炳君 刘宗楙 编著

高等教育出版社

《植物组织培养及其应用丛书》序

现代生物技术发展极其迅速，真可谓“一日千里”，它在广大农村中大有用武之地。一棵优良果树一年之内，用试管快速繁殖法可繁殖几万株以上的苗木。柑桔、香蕉、葡萄、草莓、黑穗醋栗、荔枝、龙眼、猕猴桃、枇杷等现在都已经可以用这种方法繁殖。

花卉中的君子兰、香石竹、大花萱草、菊花、兰花等名贵种类，在试管中用组织培养繁殖，无需种子，后代不会变劣，速度极快，收到了显著的经济效益。

芦笋雄株产量高，雌株产量低。用试管快速繁殖法，可以只繁殖雄株，使单位面积产量大大提高。

甘蔗用试管快速繁殖法，节约了大批种蔗，且使良种快速得到推广。

马铃薯、大蒜、柑桔等许多长期无性繁殖的作物，由于感染并积累了病毒，产量降低，品质变劣。如取上部0.2毫米左右微小的茎尖进行试管培养，可能脱去病毒，获得无病毒的种苗。使用这一方法，可使马铃薯增产50%，大蒜增产一倍以上。

荔枝和龙眼中，名贵的“焦核种”，没有种子，繁殖困难，用试管快速繁殖法便大大加速了繁殖推广的速度。

以上是现代生物技术应用农业于农业生产的一些例证。实践证明：用试管培养法繁殖的许多作物，不仅速度快，种质纯，而且还可以提高产量，改进品质，脱除病毒。

世界上至今已有上千种植物能够用试管繁殖法获得完整的

植株。我国培养成功的已有一百多种植物。为了使这种新技术在我国广大农村推广应用，我们组织了在这方面有经验的专家编写了本丛书。不仅介绍一般的试管培养技术、脱毒技术和种苗工厂化生产程序，而且还将分别详细介绍葡萄、柑桔、草莓、马铃薯、香蕉、芦笋等作物的试管苗培养技术及工厂化生产程序。

我们谨以《植物组织培养及其应用丛书》献给农业、林业、果树、蔬菜、园林、花卉等许多领域的科技人员，专业户和个体户，相信这一现代生物技术一定能为提高作物产量，改进品质，绿化荒山，美化环境，增加收益，出口创汇等多方面作出重要的贡献。

陈正华

1988年4月

前 言

马铃薯是性喜冷凉的作物，具有单产高、适应性强、用途广、营养丰富、经济效益高等特点。它既是市郊各县的重要蔬菜作物，又是高寒地区主要粮食作物之一，还是农产品深加工的原料与发展畜牧业的饲料，因此，颇受人们的喜爱。

马铃薯是世界性的作物，特别是在欧洲，则更为普遍。80年代以来，全世界播种面积为三亿多亩，常年总产量约2500亿公斤，按世界50亿人口计算，人均50公斤。由于马铃薯对生产季节要求不严，适应性广，我国在不同纬度、不同海拔、不同季节的地区，普遍均有种植。80年代我国播种面积已达7千万余亩，仅次于苏联，居世界第二位。

长期以来，由于病毒侵染引起的退化，严重地影响了我国马铃薯的生产水平。我国对无毒种薯的生产、茎尖脱毒、组织培养以及无毒微型薯的生产，前者起步较晚，而后者则居于世界前列，天津市的无毒种薯三年六代三级良繁体系已初步建立，还有待进一步的实践和改进，但为我国二季作地区自行生产无毒种薯创造了有利条件。

我国广大农村普遍改变历史上从北方高寒或高海拔地区，年年长途大量调运种薯的局面，代之以无毒的良繁体系就地繁种，这就是本书编写的目的。

本书适合广大农业科技工作者和栽植者参考。由于作者水平所限，加以书写仓促，内容文字欠妥之处，欢迎读者批评指正。

王炳君 刘宗树

1989年1月

目 录

第一章 概述	1
第一节 马铃薯的起源与传播	1
第二节 马铃薯的生物学性状	4
第三节 马铃薯的化学成分	10
第四节 我国马铃薯区划	13
第二章 马铃薯退化的原因	17
第一节 马铃薯病毒简史	17
第二节 病毒的特性	18
第三节 病毒在植株内的转移	19
第四节 病毒传染途径	20
第五节 马铃薯病毒病的鉴别特征	22
第六节 马铃薯病毒与高温	23
第三章 防治退化的途径	27
第一节 引种或育成抗病毒性强的品种作为原种生产的种原	27
第二节 选择冷凉的生态环境作为无病毒留种基地	41
第三节 严格控制嫁接、汁液接触、蚜虫及昆虫介体等传染 途径	43
第四章 茎尖脱毒与组织培养	44
第一节 无病毒植株获得的途径	44
第二节 茎尖脱毒与剥离	47
第五章 无病毒微型薯的生产	63
第一节 微型薯主要生产环节	64
第二节 微型薯的主要特征特性	82

第六章 马铃薯良繁体系	104
第一节 马铃薯种薯生产的历史	104
第二节 二年作地区马铃薯的种薯生产	110
第三节 天津脱毒马铃薯三年六代良繁体系的建立	112
第七章 马铃薯的栽培	131
第一节 马铃薯对土壤的要求及选茬整地	131
第二节 马铃薯对营养的要求及施肥	132
第三节 马铃薯对水分的要求及灌溉	135
第四节 选用良种及栽培方式	137
主要参考文献	152

第一章 概 述

马铃薯是有一万年之久的古老作物，之所以能流传至今而不衰败，主要是由于它的用途广泛，味道鲜美，深受人类的欢迎。在历史的长河中，经过历代的植物病理、植物生理、农学、遗传学、昆虫学、血清学等方面专家学者的共同努力，并结合广大的生产者，通过大量的生产实践，在长期生产斗争中，付出了艰苦的代价，终于取得了认识上的一致，现在大家都承认引起马铃薯退化的主要原因是由于病毒病的侵染，从而找到了防治马铃薯退化的途径。

第一节 马铃薯的起源与传播

马铃薯 (*Solanum tuberosum*) 是茄科 (*Solanaceae*) 茄属 (*Solanum*) 植物，据多数学者的调查和历史的考证，它起源于南美洲西部的秘鲁和玻利维亚的安第斯山脉，那里至今还存留有野生种百种以上，由野生驯化的栽培种也有 20 多个。70 年代恩格尔 (Frederic Engel) 在利马附近的盆地中挖掘出马铃薯遗骸，通过放射性碳记年测定约有一万年之久了，由此确证马铃薯是人类最古老的作物之一。

从南美洲被驯化的马铃薯种向世界各地传播，一般认为是 16 世纪西班牙人征服南美洲以后，于 1570 年将马铃薯引入欧洲大陆，并于 1588—1593 年引入英格兰。然后从这两个地区再扩散到世界各地。从西班牙引进的马铃薯扩展到整个欧洲大陆和亚洲的一些地方；从英格兰引入的马铃薯扩散至英伦三

岛，威尔士和北欧，并传至当时英属海外殖民地。后来由西班牙于 1587 年传至意大利，1765 年传至俄国各地。英国的传教士们还在 17 世纪末将马铃薯带到印度。日本大约也在 17 世纪末开始栽种马铃薯。1769 年由法国探险者引入新西兰。

马铃薯传入我国的年代，据历史记载可能在 1619—1650 年之间。荷兰殖民者从 1619 至 1662 年侵占我国台湾时引入，至今广东、福建一带仍称马铃薯为“荷兰薯”、“爪哇薯”。劳弗 (Bepthold Laufer) 在《美国植物传播》一书中，曾提到司垂斯 (John Strus) 于 1765 年记载过台湾岛上有马铃薯，而福建省松溪县 1700 年版的县志中也叙述过“马铃薯是一种树旁栽培的蔬菜……。”以上这些论据与霍克斯 (J.G.Hawkes) 著《马铃薯的历史》一书中，叙述马铃薯传到亚洲的印度和日本大约在 17 世纪末，而传到中国的时间则略早一点的说法基本是吻合的。据此可推断我国最早引种马铃薯的地区无疑是台湾和东南沿海一带。

随后逐渐由沿海向内地扩散，同时在 1935—1947 年先后自英、美、苏联等国引入 74 个品种，62 个杂交组合和 45 个自交系，经 1941—1947 年的筛选，应用于生产上的代表性主要品种有男爵 (Irish cobbler)、西北果 (Sobago)、火玛 (Houma)、巫峡 (B76-43 即 Pungo)、红纹白 (Red warba) 和可作杂交亲本的小叶子 (B76-16)、多子白 (292-20)、卡它丁 (Katahdin) 等。其后在东北、华北、四川、贵州、甘肃等地推广，并逐渐向其邻省扩散，遍及全国。

中华人民共和国建国以来，我国马铃薯的科研与生产工作在党的领导下，不断地加强和发展。从波兰、联邦德国、民主德国引入疫不加 (Epoka)、疫畏它 (Everest)、阿普它 (Apta)、燕子 (Schwalbe)、米拉 (Mira)、白头翁

(Anemone) 等抗退化较强的品种。

通过以上引进的品种资源，经过广大农民的大量生产实践、中央及重点省市农业科学研究所的培育，先后已培育出我国各省市推广的品种及常用的杂交亲本约有 52 个，详见表 1-1。

表 1-1 我国已推广的品种和常用杂交亲本

品种类别	个数	品种或杂交亲本名称			
地方品种	4	里外黄 紫山药	(内蒙古) (河北坝上)	深眼窝 牛头	(青海) (甘肃)
杂交品种 或亲本	32	丰收白 双丰收 乌盟 601 长薯四号 丰收 晋薯二号 高原四号 抗疫一号	郑薯二号 新芋四号 乌盟 623 克新一号 虎头 晋薯三号 高原六号 胜利一号	友谊二号 694-11 乌盟 684 克新三号 坝薯七号 沙杂十五号 高原七号 66-17-109	雪花白 6-36 元叶青 克新四号 晋薯一号 高原二号 四斤黄 东农 303
引选品种	16	多子白(292-20) 小叶子(B76-16) 红纹白(Red warba) 男爵(Irish cobbler) 卡它丁(Katahdin) S41956(USDA41956) 白头翁(Anemone) 米拉(Mira) 阿奎拉(Aquila) 燕子(Schwalbe) 阿普它(Apta) 疫不加(Epoka) 疫畏它(Everest) 克疫(Kuannac) 沙斯基亚(Saskia) 津引薯一号(Norland)			

表 1-1 中所列品种是我国马铃薯栽培以来，先后引进培育，经过长期筛选出具有代表性、在生产上有一定面积品种组成的品种群。

第二节 马铃薯的生物学性状

马铃薯是一种十分复杂的植物，截至目前为止，尽管有不少形态和解剖方面的文献，但对它的结构和发育还不十分了解。尚待进一步研究。

马铃薯一般生产上多采用无性繁殖，近年来也有采用实生薯留种，种子繁殖也用于遗传育种方面。现仅就无性繁殖中的块茎休眠、萌芽、根系、枝叶生长、花的发育与块茎的形成等各个生长阶段，其植物学结构和发育简述于下。

一、块茎的休眠

种薯收获后或在母株死亡时，芽的生长停止，同时开始休眠。要经过较长的时间才能发芽，这是生理性的自然休眠阶段。实践证明：马铃薯块茎收获后在适宜的环境条件下，虽经诱导不能立刻发芽，这主要是和内源赤霉素的含量有关，因为薯块进入生理休眠期时，内源赤霉素一直保持着低水平，到休眠终止时才增加起来。为了满足生产上的需要，常采用适当浓度的赤霉素浸种薯，从体外补充赤霉素，以抵消脱落酸的作用从而打破其休眠。休眠期的长短因品种而异，一般规律是早熟品种休眠期短，晚熟品种休眠期长。有的品种休眠期特别短，收获不久的块茎就能发芽，有的品种休眠期可长达4—5个月。如津引薯一号、丰收白等休眠期极短，块茎收获后稍加赤霉素处理很快就能发芽；而男爵早熟品种，其休眠强度很大，虽采用赤霉素打破休眠，也很难缩短其休眠期。

块茎休眠期与贮藏条件有密切的关系，贮藏温度的高低，影响块茎休眠期的长短。贮藏温度为1—4℃，多数品种块茎可长期保持休眠。据克山农业科学研究所报道，温度在26℃

左右时，休眠期短的品种如丰收白、北京 667，约一个半月；休眠期中等品种如克新四号、白头翁、红纹白等约二个半月；休眠期长的品种如男爵，波兰一号，要三个月以上。

二、萌芽生长

解除休眠后种薯即开始萌芽，块茎发芽最低温度为 5—6℃，最适温度为 15—17℃。此时块茎各部分氨基酸含量，由于蛋白质的不断分解而增多。同时由于芽的呼吸作用增加，吸氧量也随之增加，这样就源源不断地为生长锥提供合成蛋白质所需要的原料，保证了芽的形成和生长。

休眠解除后，首先生长的芽是顶芽，也是块茎上最大的芽。其后为腋芽（侧芽）自顶端向基部顺序解除休眠，使种薯发生大量的萌芽。块茎种植时，萌芽生长速度迅速增加。整个出苗期，营养的来源主要靠种薯中贮备的碳水化合物。苗出土后，由于大多数的叶原基存在于枝条顶端，因此叶得以迅速地扩展，待叶面积达到 200 平方厘米以上时，即进入独立自养为主的生活方式。植株进入自养以后，它直接对温、光、水、以及矿质营养的需求就很迫切。

三、根系

马铃薯的实生苗，由胚根发育成为主根，随后由主根上生长出侧根。块茎无性繁殖时，芽长至 3—4 厘米时，从芽的基部生出须根，逐步形成须根系，没有主根与侧根之分。初生根开始水平生长，长约 30 厘米时，垂直向下深达 60—70 厘米，但也有 1 米以上的，因品种而异，早熟品种根入土浅，中、晚熟品种根入土深。匍匐茎是从主茎没入土中的各个节上生出，入土不深，呈水平放射状生长，长度因品种而异，短的只有 3 厘米，长的可达 33 厘米以上。

马铃薯的侧根是内起源的，它是由茎内靠近维管系统外围

的初生韧皮部薄壁细胞的分裂活动发生；根组织老化则由维管形成层发生。因此马铃薯播种后发根历时很长。

四、地上茎生长

马铃薯的茎可分为地上茎和地下茎，地下茎又有匍匐茎和块茎之分。地上茎是由种薯的芽眼或种子胚茎最先出土的单叶和随后出土的枝条所组成的。叶序按螺旋排列，叶为奇数羽状复叶，由顶生小叶与其下叶柄两旁的 4—8 对侧生小叶组成（图 1-1）。通常当植株叶面积达到 200—400 平方厘米时，开始进入自养的方式，但种薯贮藏物质转移仍在继续进行，直到耗尽为止。这时地上茎枝、叶已构成马铃薯的主要同化系统。

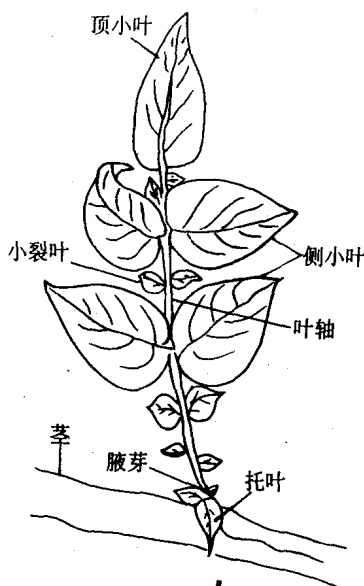


图 1-1 马铃薯的叶

植株高矮与分枝多少因品种而不同，一般早熟品种节间

短，茎秆矮小，分枝部位高，分枝数目少。晚熟品种则相反。

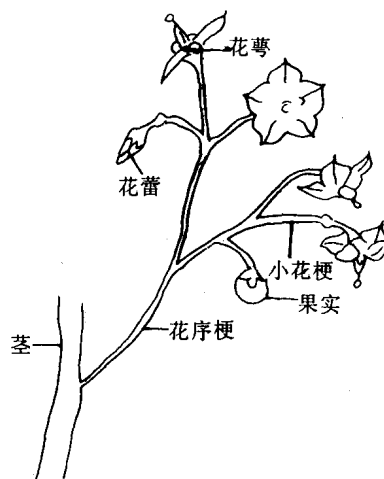


图 1-2 马铃薯的聚伞花序

五、花的发育

马铃薯花着生在主茎的顶部，为聚伞花序（图 1-2）。花由五个花瓣原基组成，花萼 5 片，基部合生，雄蕊五枚，着生于雌蕊的周围（图 1-3）。花冠、颜色因品种而异，花冠有轮状、星状之分，颜色有白、红、蓝、紫等色。由两个心皮合生成一个两室的子房，上位花。

一般早熟品种当第一花序盛开，中、晚熟品种第二花序开时，正是地下块茎开始膨大之际，这是结薯期的重要形态指标。

由于较高温度造成花粉细胞反常分裂，或因病毒和真菌病害的侵染，提高了无丝分裂中反常分裂的比例，致使多数品种中花粉不育极为经常。但有少数品种则与此相反，如多子白、

丰收白等品种极易获得种子。除为了遗传育种取得种子而外，一般为了种薯生产或经济栽培，应进行蕾期摘除措施，以减少影响块茎的产量和空心。

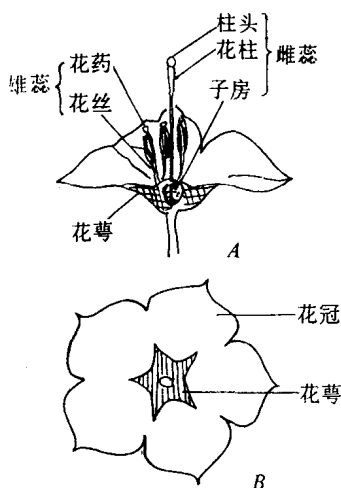


图 1-3 花的纵切面 (A) 花的背面 (B)

六、块茎的形成

马铃薯的茎由地上茎、匍匐茎和块茎组成。地上茎已在前面述及，这里主要说明匍匐茎和地下块茎的形成。

马铃薯的匍匐茎，通常是先从土下面茎基部各节生长出侧枝，然后逐渐在较高节位上发生。典型的匍匐茎都是横向水平分布在耕作层。据研究认为根系是促进枝条发育的，匍匐茎发育通常明显地受枝条基部占优势的某些条件所控制；沿茎轴腋芽分生组织能够发育成匍匐茎，或者发育成为枝条，则决定于条件适宜与否。匍匐茎的长短主要与品种的特性有关，而匍匐茎的多少则主要与栽培条件有关。匍匐茎的特性是：不论在长

日照或短日照条件下，必须是在潮湿而黑暗的环境下才有利于它的发育。

栽培的优良品种，应选匍匐茎较短的，这样结薯集中，便于管理。栽培管理是匍匐茎形成多少的关键。如播种深浅、覆土厚薄与培土的高低不当时，易使匍匐茎尖端露出地面，变成地上茎而不能结薯。高比例的细胞分裂素和赤霉素有利于枝叶的发育，低比例的则有利于匍匐茎的发育。

匍匐茎尖端分生组织生成块茎，块茎形成的最初标志，是匍匐茎顶芽下面第一节间的变粗。最早一批块茎通常由最下面的匍匐茎发育而成，它比晚期形成的块茎占有绝对的优势。块茎占植株生产干物质重量的 75—85%。而最大重量的块茎，均由最下面的那些匍匐茎产生。

块茎由保护组织、分生组织、贮藏组织和输导组织四种组织组成。它在不同时期，发生内部结构和生理生化特性的变化。其中分生组织是最具生命力的，它分布于块茎每个芽的生长锥中，是使结构发生变化，在生理生化过程中最活跃的组织，也是产生新个体和未来新一代的基础。

块茎形成主要受环境影响较大，在黑暗和潮湿土壤中有利于它的发育，在低温短日照条件下，块茎产量很好。低温处理有诱导块茎形成的效应，如将正在迅速生长的幼龄株，保持在 7℃ 或 7℃ 以下 7 天，就能诱导块茎发育。短日照对块茎形成是必要的条件。在长日照条件下，营养生长旺盛，最终虽能形成块茎，但比在短日照下迟 3—5 周。

第三节 马铃薯的化学成分

马铃薯是人类有价值的食品，它分布于世界上不同纬度、不同海拔的地区，而且春、夏、秋、冬不同季节都可生产，全世界年产约为 2.2 亿吨。在我国居于薯芋类蔬菜的首位，它具有耐贮、耐运性，既是我国南北城市周年供应中淡季蔬菜的主供种类，还是农产品深加工与淀粉工业的原料。为了国民经济的需要，必须了解马铃薯不同品种的化学组成及栽培条件对它的影响与变化。

块茎中除含有大量的水分外，其中营养物质主要是淀粉，其他为粗蛋白、糖、纤维素、脂肪和维生素等。这些物质含量很少。但对人体却起着重要的作用（表 1-2）。

表 1-2 马铃薯块茎的化学成分

物 质	占鲜重的百分比		
	最 低 量	最 高 量	平 均
水 分	63.2	86.9	76.3
干 物 质	13.1	36.8	28.7
淀 粉	8.0	29.4	17.5
糖	0.1	8.0	1.0
纤 维 素	0.2	3.5	1.0
粗 蛋 白	0.7	4.6	2.0
脂 肪	0.04	1.0	0.1
灰 分	0.4	1.9	1.0
有 机 酸	0.1	1.0	0.6

一、碳水化合物

淀粉是主要的碳水化合物，含量取决于马铃薯品种和栽培

条件，一般含量低的约占鲜重的 8%，高的可达 29.4%。淀粉是马铃薯块茎干物质中的主要成分，约占 70—80%。它的直链淀粉比一般植物含量要高，约为 18—28%，支链淀粉为 72—82%。所以提高马铃薯块茎的淀粉含量，也就是增加单位面积上干物质和淀粉的收获量。

马铃薯的碳水化合物中，除主要物质淀粉外，其次就是糖，它们是蔗糖、葡萄糖、果糖和少量的单糖。马铃薯块茎中的淀粉和糖是可以相互转化的，它们常受栽培环境与贮藏条件的影响而变化。无论是用于烹饪或用于加工的块茎单糖（还原糖）含量均不能超过 0.4—0.5%。

马铃薯块茎中还含有其他碳水化合物，如纤维素、果胶、肌醇等。纤维素占块茎干物质重的 1.0%。果胶与原果胶是细胞间物质，含量占块茎鲜重的 0.11—0.55%。块茎还含有储备物质——肌醇，约占干重的 0.1—0.4%。

二、蛋白质

马铃薯蛋白质是人们的食物中蛋白质重要来源之一。根据饲养动物的试验表明，对植物蛋白的吸收率，以蛋类总蛋白质指数作为 100 标准，马铃薯蛋白质比豌豆、玉米、小麦等更有价值（表 1-3）。

表 1-3 马铃薯蛋白质含量

种 类	马铃薯	豌 豆	玉 米	小 麦
蛋白质吸收率%	0.7	0.5	0.55	0.65
比马铃薯吸收率减%	100	-28.5	-22.4	-7.8

马铃薯块茎的蛋白质，也叫马铃薯球蛋白，它特别富含人类必需的 10 种氨基酸（表 1-4）。