

马铃薯栽培生理

门福义 刘梦芸 编著

中国农业出版社



马铃薯栽培生理

门福义 编著
刘梦芸

中国农业出版社

马铃薯栽培生理

门福义 刘梦芸 编著

* * *

责任编辑 范林 钱嫦圭

中国农业出版社出版 (北京市朝阳区农展馆北路2号)

新华书店北京发行所发行 中国农业出版社印刷厂印刷

850×1168mm32开本 11.625印张 288千字

1995年9月第1版 1995年9月北京第1次印刷

印数 1—1.550册 定价 22.50元

ISBN 7-109-03678-2/S·2338

前 言

世界马铃薯生产，在粮食作物中居第5位，其总产和栽培面积仅次于小麦、水稻、玉米和大麦，分布在五大洲125个国家和地区。世界马铃薯平均亩产为1000 kg左右，最高产国家荷兰，平均亩产在2500 kg以上。我国马铃薯栽培面积在6000万亩左右，居世界首位，平均亩产650 kg，远低于世界平均单产水平。可见，提高我国马铃薯的单产，是当前生产中急待解决的问题。

马铃薯是非谷类作物中重要的粮食作物之一，具有高产、早熟、用途多、分布广、既是粮又是菜的特点。栽培种的块茎中一般含淀粉为13%—19%，还含有对人类极为重要的营养物质——蛋白质、糖类、矿物质盐类和维生素C等多种维生素，除脂肪含量较少外，蛋白质、碳水化合物、铁和维生素的含量，均显著高于小麦、水稻和玉米。每100g新鲜块茎能产生110kcal的热量，约为胡萝卜的2倍、甘蓝的3倍、番茄的4倍。如以5kg块茎折合1kg粮食计，它的发热量高于所有禾谷类作物。因此，马铃薯在人类食物结构中占有重要地位，是我国高寒山区人民的主粮，是城镇居民的重要蔬菜。

马铃薯又是轻工业的重要原料，它可以制作淀粉、糊精、酒精、葡萄糖、合成橡胶、人造丝、电影胶片、糖浆等数十种工业产品；它还可以加工成油炸片、油炸条、马铃薯全粉，以及利用淀粉和全粉再加工成多种多样的美味佳肴；它还是多种家畜和家禽的优质饲料；在我国也是一种重要的出口创汇物资；在农业生产中，它是禾谷类作物的优良前茬，还是间、套、复种的极好作物。所以，发展马铃薯生产，对于改善和提高人民的生活水平，

促进轻工业发展及粮食增产，都具有重要的意义。

马铃薯栽培生理，是马铃薯栽培技术的理论基础。它是从马铃薯高产优质的角度研究有关栽培理论基础；同时，结合生产实践，研究、分析和解决高产栽培中的有关生产实际问题。因此，马铃薯栽培生理，是现代植物生理学和马铃薯栽培学相互渗透、密切结合的一门应用理论科学，是直接为指导马铃薯生产服务的。据此，本书重点阐述了在栽培条件下，马铃薯植株个体的生长发育、块茎的形成生理、块茎贮藏生理、块茎的生理年龄、块茎的生理病害、矿质营养、水分生理、群体结构、光合作用、实生种子生理等，为正确选用种薯、合理栽种、经济有效地利用水肥、促群体合理发展、进而为提高光合效率、达到高产优质，提供理论基础。对指导我国马铃薯大面积高产栽培，具有一定的理论意义和实践价值。

马铃薯栽培生理研究，在我国起步较晚，基础薄弱，资料缺乏。本书的编著，是建立在编著者20多年来对马铃薯栽培生理全面系统研究的基础上，并综合国内外有关研究成果和总结生产实践经验而形成的；本书还附有经过编著者反复实践整理出来的“马铃薯栽培生理研究法”，较详细地介绍了马铃薯栽培生理研究测试的方法，在每个测试项目中，都介绍了若干种方法，可供科学研究、大专院校、生产单位等不同部门进行试验研究时选用。

本书编著取材，以作者科学研究成果为主；在引用的图、表下边没有注明出处者，均为编著者已发表的研究资料。本书可供高、中等农业院校师生、农业科研人员、农业技术推广和农业技术行政人员，以及农民技术员等参考。

限于编著者的水平和实践经验，加之时间仓促，错误和不妥之处在所难免，欢迎读者批评指正。

编著者

1993年12月

目 录

前言

第一章 绪论	1
一、马铃薯的起源	1
二、马铃薯的传播与栽培简史	3
三、马铃薯生产性能的分析	5
(一) 高产性能和适应性	5
(二) 具有较高的营养价值	7
(三) 具有多种用途	10
四、马铃薯的分布与生态环境	13
(一) 北方一作区	14
(二) 中原二作区	14
(三) 南方二作区	15
(四) 西南一、二季垂直分布区	16
第二章 马铃薯植株的生长发育	17
一、种薯萌芽及其与环境的关系	17
(一) 种薯萌芽及形态结构变化	17
(二) 种薯萌芽期间其内含物的变化	18
(三) 影响种薯萌芽的主要因素	20
二、根系生长及其组织结构	22
(一) 须根的形成与生长	22
(二) 须根的解剖构造	24
(三) 直根系	25
(四) 影响根系发育的主要外界因素	26
三、茎叶生长及其组织结构	27

(一) 茎的形成与生长·····	27
(二) 茎的解剖构造·····	29
(三) 叶的形成与生长·····	31
(四) 叶的解剖构造·····	34
(五) 影响茎叶生长的主要外界因素·····	36
四、花、果实和种子的发育及其组织结构·····	39
(一) 花序及花的构造·····	39
(二) 开花习性·····	40
(三) 果实与种子·····	41
(四) 影响开花结实的外界环境条件·····	42
五、各生育时期的生育特点及其与环境条件的关系·····	43
(一) 芽条生长期·····	44
(二) 幼苗期·····	46
(三) 块茎形成期·····	48
(四) 块茎增长期·····	50
(五) 淀粉积累期·····	52
(六) 成熟收获期·····	53
第三章 马铃薯块茎的生长发育·····	55
一、匍匐茎的生长发育·····	55
(一) 匍匐茎的形态结构·····	55
(二) 匍匐茎的生长·····	57
(三) 匍匐茎形成的机理·····	59
二、块茎的生长发育·····	60
(一) 块茎的形态结构·····	60
(二) 块茎形态建成过程·····	64
(三) 调控块茎始成的因素·····	67
(四) 块茎形成的数量·····	76
(五) 块茎形成的时间和部位·····	78
(六) 块茎的增大与增重·····	79
第四章 马铃薯块茎的生理·····	86
一、块茎的贮藏物质·····	86
(一) 干物质·····	87

(二) 碳水化合物	83
(三) 含氮化合物	94
(四) 马铃薯素	96
(五) 维生素	98
(六) 酚类化合物	99
(七) 有机酸	101
(八) 类脂化合物	101
二、块茎的休眠	102
(一) 休眠现象与休眠期	102
(二) 影响休眠期长短的因素	102
(三) 块茎休眠的生理机制	104
(四) 休眠的调节	110
三、块茎生理异常现象	110
(一) 块茎的绿化	110
(二) 块茎的次生生长	111
(三) 纤细芽	112
(四) 块茎的空心	112
(五) 块茎内萌芽	112
(六) 块茎薯肉的变黑	113
(七) 水薯和甜尾现象	114
(八) 块茎薯肉变褐	114
(九) 皮孔肥大	114
(十) 芽薯	114
第五章 马铃薯块茎贮藏生理	117
一、块茎贮藏期的三个生理阶段	117
(一) 生理后熟阶段	117
(二) 休眠阶段	118
(三) 萌芽阶段	118
二、块茎贮藏期间的生理生化变化	118
(一) 组织结构的变化	118
(二) 伤口的愈合	119
(三) 块茎的失水	121

(四) 贮藏块茎的呼吸	122
(五) 块茎组分的变化	123
(六) 含氮化合物的变化	128
(七) 维生素含量的变化	129
(八) 块茎内激素含量的变化	131
(九) 酶活性变化	132
(十) 次生物质的变化	134
三、块茎的贮藏环境与窖藏管理	135
(一) 温度	135
(二) 湿度	136
(三) 空气成分	137
第六章 马铃薯的生理年龄	139
一、生理年龄的概念	139
二、影响生理年龄的因素	141
(一) 种薯从发生到播种所经历的时间——时间年龄	142
(二) 温度	145
(三) 芽龄	152
(四) 种薯处理	157
(五) 种收时间	164
(六) 海拔高度	165
(七) 其他	166
三、种薯生理年龄的调控机理	167
四、种薯生理年龄的度量	168
第七章 马铃薯的矿质营养	172
一、矿质营养对生长与产量形成的关系	172
(一) 氮素营养	172
(二) 磷素营养	178
(三) 钾素营养	184
(四) 氮、磷、钾配合的作用	187
(五) 钙、镁、硫和微量元素营养	190
二、矿质营养(三要素)的吸收、分配与运转	194

(一) 氮、磷、钾在各器官中的浓度变化	194
(二) 氮、磷、钾营养的延续性和阶段性	197
(三) 氮、磷、钾在不同器官中的分布与转移	199
(四) 氮、磷、钾在各器官的运转分配数学模型	200
三、缺素症的识别及其防止途径	204
(一) 缺氮	204
(二) 缺磷	204
(三) 缺钾	205
(四) 缺镁	206
(五) 缺钙	207
(六) 缺硼	208
四、对养分需要量的测算	208
第八章 马铃薯的水分生理	211
一、对水分的反应	211
(一) 水分的生理作用	211
(二) 灌水对产量形成及品质的影响	212
(三) 浇块茎形成水对养分吸收、分配、转移的影响	215
(四) 块茎形成水与肥料的相互作用效应	216
二、需水规律	217
三、合理灌溉	220
第九章 马铃薯的光合作用	222
一、光合作用与光能利用	222
二、光合作用器官	224
(一) 叶片的结构	224
(二) 叶片生长规律	225
(三) 叶面积消长动态	226
(四) 叶面积与产量	226
三、光合强度的变化	227
(一) 光合强度的日变化	227
(二) 不同生育时期光合强度的变化	228
(三) 不同叶层光合强度的变化	229

四、光合产物的运转和分配	229
(一) 干物质在各器官的含量变化	231
(二) 干物质在各器官的分配	232
五、光合产物的日变化规律	233
(一) 干物率及其日变化	233
(二) 非还原糖含量及其日变化	235
(三) 还原糖含量及其日变化	237
(四) 淀粉含量及其日变化	239
六、光合作用与环境因子	241
(一) 光照强度	241
(二) CO_2 浓度	242
(三) 水分	243
(四) 温度	243
(五) 矿质营养	244
七、提高光合效率的途径	244
第十章 马铃薯的群体结构	246
一、产量的构成因素	246
二、高产群体产量构成因素的数学评定	249
(一) 产量构成因素与产量关系的回归模型	250
(二) 各自变量对产量影响的通径分析	250
(三) 上述结果的分析评价	252
(四) 产量结构模式	255
三、密度单位及其控制因素	255
四、群体结构与生育动态	257
(一) 群体结构与茎叶、块茎的生育状况	257
(二) 群体结构与叶面积系数	257
(三) 群体结构与光合势	260
(四) 群体结构与光合生产率	261
(五) 高产群体生理参数的数学评定	263
五、群体结构与产量形成	266
(一) 配置方式与产量	266

(二) 穴茎数与产量	268
第十一章 马铃薯实生种子生理特性	272
一、实生种子的特征特性	272
二、实生种子贮藏及发芽	274
(一) 不同贮藏年限实生种子发芽出苗情况	274
(二) 不同贮藏年限实生种子脂肪酸价的变化	276
(三) 不同贮藏年限实生种子相对电导率的变化	277
(四) 不同贮藏年限实生种子过氧化物酶同工酶、酯酶 同工酶的变化	278
三、实生苗的特征特性	280
(一) 形态特征	280
(二) 实生苗的生长发育	282
四、实生种子的利用	292
(一) 利用实生种子的意义	292
(二) 实生种子的采收和保存	295
(三) 实生种子利用的增产效应	296
附：马铃薯栽培生理研究法	300
一、取样技术	300
(一) 样本含量	300
(二) 取样方法	300
(三) 分析用样本材料的准备	302
二、物候期的观察记载	303
(一) 按地上部形态明显变化的时期划分	303
(二) 按块茎形成并结合地上部形态的变化划分	304
三、根系研究法	304
(一) 方块取根法	305
(二) 示踪原子法	305
(三) 排水法测定根系的体积	305
(四) 伤流液重量法测根系的吸收活力	305
(五) 甲烯蓝吸附法测根系总吸收面积和活跃吸收面积	306
(六) TTC法测根系活力	307

四、植株生长势的研究法	308
(一) 植株大小调查	308
(二) 茎粗测量	308
(三) 主茎数测量	308
(四) 分枝数测量	309
(五) 叶面积测量	309
五、光合能力研究法	310
(一) 光合生产率(净同化率)的测定	310
(二) 改良半叶法测光合强度	310
(三) 光合作用利用太阳能效率的计算	311
(四) 分光光度法测叶绿素a和b的含量	312
六、氮、磷、钾全量的测定	313
(一) 样品消化	313
(二) 全氮的测定——奈氏比色法	314
(三) 全磷量的测定——钼蓝比色法	315
(四) 全钾量的测定——火焰光度计法	316
七、淀粉含量的测定	317
(一) 比重法测定淀粉含量	317
(二) 碘比色法测定淀粉含量	318
八、还原糖和可溶性糖含量的测定	320
九、块茎维生素C(Vc)含量的测定	323
十、块茎酚类物质的含量测定	325
十一、核酸含量的测定	326
(一) 核酸总含量的测定方法	326
(二) DNA含量的测定方法	327
十二、蛋白质含量的测定	328
(一) 总氮量的测定法测蛋白质含量	328
(二) Folin—酚试剂法测蛋白质含量	329
(三) 双缩脲法测定蛋白质含量	330
十三、抗坏血酸氧化酶、多酚氧化酶活性的测定	331
十四、过氧化物酶活性的测定	333

十五、 α -淀粉酶和 β -淀粉酶活性的测定	335
十六、淀粉磷酸化酶活性的测定	337
十七、实生种子生活力的测定	338
(一) 发芽指数和活力指数的测定	338
(二) 电导法测定实生种子的活力	339
十八、呼吸强度的测定	340
(一) 广口瓶法	340
(二) Warburg呼吸计测呼吸强度	341
十九、水分状况研究法	344
(一) 自然饱和亏	344
(二) 临界饱和亏	345
二十、茎尖培养技术.....	346
二十一、脱毒苗、薯快速繁殖技术.....	351
(一) 培养基茎切段加速繁殖脱毒苗	351
(二) 直接用组培法诱导形成微型薯	352
(三) 利用育苗盘单节快速繁殖	352
(四) 利用网室阳畦高密度快速繁殖	352
(五) 大田快速繁殖种薯	353

第一章 绪 论

一、马铃薯的起源

马铃薯 (*Solanum tuberosum* L.), 是茄科茄属多年生草本块茎植物。据科学家的考证, 马铃薯有两个起源中心: 马铃薯栽培种主要分布在南美洲哥伦比亚、秘鲁、玻利维亚的安第斯山山区及乌拉圭等地, 其起源中心以秘鲁和玻利维亚交界处的“的的喀喀”湖盆地为中心区; 野生种的起源中心则是中美洲及墨西哥, 那里分布着具有系列倍性的野生多倍体种, 即 $2n = 24$, $2n = 36$, $2n = 48$, $2n = 60$ 和 $2n = 72$ 等种。

马铃薯栽培种作为栽培作物在南美洲的栽培历史是非常悠久的。据考古学家们研究: 南美洲秘鲁以及沿安第斯山麓智利沿岸、玻利维亚等地, 都是马铃薯的故乡。远在新石器时代人类刚刚创立农业的时候, 当时被饥饿所迫的原始人, 在野外寻找可食性植物, 便发现了马铃薯, 印第安人就在这里用木棒石器掘松土地, 首先栽种了马铃薯。在古代印第安人的生活中, 马铃薯占有重要地位, 马铃薯的丰欠和他们的生存有极密切的关系。印第安人把马铃薯奉为丰收之神, 要举行盛大的祭祀仪式, 祈求马铃薯神保佑丰收。

公元1536年, 继哥伦布之后到新大陆的西班牙探险队员, 在哥伦比亚的苏洛科达村发现了一种新作物——马铃薯。卡斯特朗诺所著《格兰那达新王国史》一书中记述: 我们看到印第安人种植玉米、豆子和一种奇怪的植物, 它开着淡紫色的花, 根部结球, 含有很多的淀粉, 味道很好。这种块茎有很多用途, 印第安人把

生薯切片敷在断骨上疗伤，擦额上治疗头疼，外出时随身携带预防风湿病；或者和其它食物一起吃，预防消化不良。印第安人还把马铃薯作为互赠礼品。从这段记述同样可以断定，在西班牙人到达新大陆之前，印等安人在当地栽培马铃薯已有悠久历史。

马铃薯的原产地南美洲生长着许多马铃薯种，目前已定名的栽培种有20余个，野生种约150个，绝大部分分布在南美洲，但在中美墨西哥及美国西南部也有发现，在南纬 40° 以南的地方也有野生种生存。到20世纪80年代，科学家们仍在继续发现新的野生种，因而对马铃薯种的数量还不能做定论。

前苏联的科学家们，从1925年开始，以布卡索夫（С. М. Букасов）为首的植物考察团，到南美和中美的大部分地区对马铃薯栽培种和野生种进行了考察，指出马铃薯栽培种在南美洲分布极广，从南纬 40° 以北到赤道以南，从海平面到高达4000m以上的安第斯山，都有分布；马铃薯的栽培种和野生种，在南美洲有两个分布中心：一个是智利的南部，主要是智罗岛和它附近的地区；一个是秘鲁—玻利维亚高原。这两个中心，马铃薯的类型非常丰富。但在这些丰富的类型中，只有两个种与近代的栽培种相似：一个是智利种即普通栽培种（*Solanum tuberosum*），分布于智利南部；一个是秘鲁—玻利维亚种（*S. andigena*），分布于秘鲁—玻利维亚高原。这两个种在原产地栽培生长发育的情况都很正常，智利种在植物形态上比较进化，并要求较长的日照。当把这两个种引至欧洲北部栽培时，智利种能正常生育，而智利—玻利维亚种就不能得到正常的生育，需将每天日照时数缩短到12小时或12小时以下，才能正常发育。布卡索夫根据这一观察结果认为：欧洲栽培的马铃薯是属于智利种系统，因而推断智利是欧洲马铃薯栽培种的原产地。

60年代前期，西蒙兹（Simmonds）通过在欧洲长日照条件下，对结薯性进行选择，经过5个轮次，从秘鲁—玻利维亚种中选出了适于长日照条件，结薯性良好的新类型，西蒙兹称之为“新

型栽培种”，它具有许多有育种价值的性状和特性，它的叶形对长日照的适应性和块茎的产量是相关的。从秘鲁一玻利维亚种中选出了“新型栽培种”这一事实，充分证明*S. andigena*和*S. tuberosum*都是来源于*Tuberosa* Rydb系统血缘相近的两个亚种。

马铃薯在南美洲印第安人的语言中有许多名称，如在秘鲁称为伊巴里或阿萨；在哥伦比亚称为约札或龙尼；在昆卡地区称为巴巴；在玻利维亚称为肖克或安卡；在智利北部称为波尼；在厄瓜多尔称为普鲁或普洛，而巴巴则是印第安人比较通用的名称。这些名称表明马铃薯的进化是在安第斯山区的广大地区的印第安人部落进行驯化的。

通过许多科学工作者的大量调查研究，可以断定，马铃薯的原产地是安第斯山山区，包括智利北部、秘鲁、玻利维亚、厄瓜多尔、哥伦比亚等地。但野生种的分布范围，则超出南美洲，在中美墨西哥及美国西南部都有分布。

二、马铃薯的传播与栽培简史

马铃薯是南美洲的古老栽培作物，它从南美传播出来的历史迄今只有450多年，现已在世界125个国家和地区栽培，成为世界人民所喜欢的粮食、蔬菜、饲用和加工用等多种用途的主要经济作物，在世界人民生活中占有重要地位。英国著名植物遗传学家沙拉曼 (R. N. Salaman) 在论述马铃薯起源与传播时说：“哥伦布发现了新大陆，给我们带来的马铃薯是人类真正的最有价值的财富之一。”沙拉曼还宣称：“马铃薯的驯化和广泛栽培，是人类征服自然最卓越的事件之一。”

马铃薯从南美洲首先传到欧洲栽培，有两条路线：一路是1551年西班牙人瓦尔德姆 (Valdevii) 把马铃薯块茎带到了西班牙，并向国王卡尔五世 (Carlos V) 报告了这种珍奇植物的食用