

种子加工与贮藏

孙 群 胡 晋 孙庆泉 主编



高等教育出版社
Higher Education Press

种子加工与贮藏

孙 群 胡 晋 孙庆泉 主编



高等教育出版社
Higher Education Press

内容提要

本书共 10 章,内容包括:绪论、种子的物理特性、种子干燥原理和技术、种子清选原理和技术、种子处理与包装技术、种子加工工艺流程、种子的贮藏生理、种子贮藏有害生物及其防治、种仓与入库管理、种子贮藏技术、植物种质资源的保存。每一章后面都附有思考题,书后列有主要参考文献。

本书是全体作者在长期从事种子贮藏加工教学、科研实践的基础上,紧紧围绕本科教学要求,参考目前国内外的研究进展和成果编写而成的。

本书适用于高等农林院校农学专业及种子专业教学,也可供其他有关专业研究人员和农业科技工作者参考。

图书在版编目(CIP)数据

种子加工与贮藏/孙群,胡晋,孙庆泉主编. —北京:高等教育出版社,2008.11

ISBN 978-7-04-024952-1

I. 种… II. ①孙…②胡…③孙… III. ①种子-加工-高等学校-教材②种子-贮藏-高等学校-教材 IV. S339

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 156706 号

策划编辑	李光跃	责任编辑	孟 丽	封面设计	张 楠	责任绘图	尹 莉
版式设计	余 杨	责任校对	王效珍	责任印制	朱学忠		

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100120
总 机 010-58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 河北省财政厅票证文印中心

开 本 787×1092 1/16
印 张 18.75
字 数 450 000

购书热线 010-58581118
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landracom.com>
<http://www.landracom.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2008 年 11 月第 1 版
印 次 2008 年 11 月第 1 次印刷
定 价 23.60 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 24952-00

前 言

随着种子产业的发展和对人才要求的提高,越来越多的农业院校开办了种子科学与工程本科专业,相应的教材如《种子生产学》、《种子检验学》、《种子生物学》、《种子经营管理学》、《种子学检验技术》等相继出版,作为本专业的骨干课程之一的“种子加工与贮藏”,其教材的编写也提上了议事日程。2005年4月在山东泰安山东农业大学召开的“全国种子教学研讨会”上,与会代表提出了编写《种子加工与贮藏》教材的想法。

2006年5月,在北京中国农业大学召开了《种子加工与贮藏》教材编写会议,国内10余所农业院校和科研单位参加了会议,由中国农业大学、山东农业大学、浙江大学、湖南农业大学、内蒙古农业大学、河南科技学院、甘肃河西学院、延边大学农学院、北京农学院、安徽科技学院、南京农业大学、天津农学院以及农业部规划设计研究院种子加工中心的有关教师及专家共同组成编委。会议期间对教材大纲进行了认真讨论并提出了具体修改意见,落实了各章负责编写人员,制定了详细的编写要求和出版计划。各章节的分工依次为:第一章由孙庆泉和兰进好编写,孙庆泉统稿;第二章由谢奇珍、闫吉治、王民敬、师建芳、刘进、刘清编写,谢奇珍统稿,第三章由陈海军和蔡学斌编写,陈海军统稿;第四章由唐启源、刘明久和闫吉治编写,唐启源统稿;第五章由宋卫堂编写,陈海军统稿;第六章由侯建华、刘宪虎编写,侯建华统稿;第七章由陈广泉和刘明久编写,陈广泉统稿;第八章由向春阳、孙群、马守才和李润枝编写,孙群统稿;第九章由胡晋、唐启源、时侠清、陈学珍、谢皓、麻浩、霍秀文、闫吉治和李润枝编写,胡晋统稿。第十章由陈学珍和谢皓编写,陈学珍统稿。由孙群完成全书的最后统稿和定稿。王建华教授负责审稿。

本教材力求系统全面地阐述种子加工与贮藏的基本知识,为本专业学生打下宽厚的学习基础,掌握相应的种子加工与贮藏实践技能。本书参编人员均具有多年教学实践经验,在编写过程中付出了大量的心血,几易其稿,但囿于水平,错误、疏漏之处在所难免,衷心欢迎各位读者提出宝贵意见,以期再版时修订勘误完善。

编 者

2008年3月12日

目 录

绪论	1	第五章 种子加工工艺流程	116
第一章 种子的物理特性	6	第一节 种子加工工序	116
第一节 种子的形态结构	6	第二节 谷物种子加工工艺 流程	122
第二节 种子的容重和比重	19	第三节 棉花种子加工工艺 流程	124
第三节 种子的密度和孔隙度	21	第四节 蔬菜、花卉种子加工工艺 流程	126
第四节 种子的散落性和自动 分级	23	第五节 牧草、药用植物种子加工 工艺流程	129
第五节 种子的导热性和比 热容	27	第六节 种子加工术语	132
第六节 种子的吸附性	29	第六章 种子贮藏生理	135
第二章 种子干燥原理与技术	34	第一节 种子寿命	135
第一节 种子干燥的原理	34	第二节 种子的衰老及其机制	142
第二节 影响种子干燥的因素	39	第三节 种子的呼吸	146
第三节 种子干燥技术	41	第四节 种子的后熟作用	153
第四节 常用种子干燥设备	47	第七章 种子贮藏有害生物及其 防治	160
第五节 种子干燥设备的技术 要求	60	第一节 种子仓库害虫及其 防治	160
第三章 种子清选原理和技术	64	第二节 种子仓库鼠类及其 防治	189
第一节 种子清选的目的和 意义	64	第三节 种子病原微生物及其 控制	193
第二节 种子清选的基本原理	64	第八章 种仓与入库管理	205
第三节 常用种子清选设备	72	第一节 种仓及设备	205
第四节 常用种子加工设备技术 参数	82	第二节 种子入库	209
第四章 种子处理与包装技术	85	第三节 种子贮藏期间的变化	214
第一节 种子处理	85	第四节 种子贮藏期间的管理	222
第二节 种子包衣和丸化	97		
第三节 种子包装和标签	107		

第九章 种子贮藏技术 231

- 第一节 禾谷类作物种子贮藏
技术 231
- 第二节 棉花、油料作物种子贮藏
技术 243
- 第三节 豆类作物种子贮藏
技术 247
- 第四节 蔬菜、花卉种子贮藏
技术 253

- 第五节 牧草、药用植物种子贮藏
技术 259

- 第六节 顽拗型种子贮藏技术 262

第十章 植物种质资源的保存 270

- 第一节 国内外种质资源保存概况 ... 270
- 第二节 种质资源的保存方法 275
- 第三节 种质资源管理与利用 283

主要参考文献 286

绪 论

一、种子加工与贮藏研究的内容和任务

种子加工与贮藏是研究种子加工与贮藏原理和技术,以及加工贮藏过程中种子生命活动规律的一门应用科学。在理论和生产实践中都有十分重要的作用。

种子是最基本的农业生产资料,也是一切农业科学技术的载体。粮食生产离不开种子,种子是联系前季作物和后季作物的桥梁,作物品种所具有的生物学特性和优良经济性状,必须通过种子传递给后代。在植物学上,种子是指由胚珠发育而成的繁殖器官,一般需要经过有性过程。在农业生产上,种子是最基本的生产资料,其涵义要比植物学的种子广泛得多,凡是农业生产上可直接利用作为播种材料的植物器官都称为种子。本课程所涉及的种子主要是指真种子和类似种子的干果,不包括营养繁殖材料。

种子收获后的加工和贮藏作为保持和提高种子活力,提高种子质量的一项重要措施,也越来越受到各国的重视。其中种子加工是指从收获到播种前对种子所采取的各种处理,包括种子干燥、种子清选、种子精选分级、种子包衣、种子包装等一系列工序。以达到提高种子质量,保证种子安全贮藏,促进田间成苗及提高产量的要求。种子贮藏是指采用合理的贮藏设备和先进科学的贮藏技术,人为地控制贮藏条件,使种子的生活力和活力保持在尽可能高的水平,使种子数量的损失降到最低限度,为农业生产提供高质量的种子,为植物育种家提供丰富的种质资源。

本课程的主要内容包括种子的物理特性、种子干燥原理与技术、种子清选原理与技术、种子处理与包装技术、种子加工工艺流程、种子的贮藏生理、种子贮藏有害生物及其防治、种仓及入库管理、种子贮藏技术、种质资源保存等方面的内容。

种子加工与贮藏与多门学科有着密切的联系,如植物学、植物生理学、遗传学、生物化学、生物统计学、昆虫学、微生物学、物理学、建筑学等。

二、种子加工与贮藏的重要性

种子加工与贮藏作为种子科学技术中一个不可或缺的重要部分,对农业生产实践起着越来越重要的作用。种子刚收获时,含水量往往偏高,而且种子中含有各种杂质,如茎,叶,杂草种子,未成熟的、破碎的、遭受病虫害的种子,这时需要对种子进行各种处理,以提高种子的耐藏性和播种质量,必要时还要对种子进行分级,提高种子的商品性。种子从收获到下一次播种,会经历一个或长或短的室内时间。如果室内贮藏条件不当,种子生活力、活力会急剧下降,甚至完全失去种用价值,严重时只能废弃,经济价值大大降低。减少种子贮藏过程中不必要的损失,与田间增产具有同样重要的意义。

科学的种子加工技术与良好的贮藏条件可以延长种子的寿命,提高种子的播种品质,保持种

子的活力,为农业增产打下良好的基础。

种子加工与贮藏的意义在于:

(1) 保持及提高种子的优良特性 通过清选分级,可提高种子的净度、发芽率和千粒重,提高种子的耐藏性,加工后的种子出苗整齐、苗多苗壮、分蘖多、成穗多,可充分发挥优良品种和优质种子的增产潜力,提高产量和产品质量。良好的贮藏条件,能使种子尽可能地保持原有活力,延长生产使用期限。

(2) 利于机械化播种和环境保护,提高劳动效率 种子加工处理后,籽粒饱满,大小均匀,作物生长整齐,成熟期一致,有利于机械化播种和收获,提高劳动效率。同时种子经过加工,去掉大部分含病虫害的籽粒并包衣,使药剂缓慢释放,既减少化肥农药施用量,又使农药由开放式施药转向隐蔽式用药,利于环境保护。

(3) 节约种子、粮食,减少保管费用 种子质量提高后,可以减少播种量,节约粮食。不会因为虫害、微生物或发热霉变造成不应有的损失。通过精选,用种量可以减少10%~20%,包衣后,用种量可以降低50%。据统计全国每年可以节约种子250万吨。

(4) 为扩种、备荒提供种子,为育种工作者提供种质,创造新物种 国家明确规定建立种子贮备制度。我国从2000年12月1日开始实施种子法,提出“国家建立种子贮备制度,主要用于发生灾害时的生产需要,保障农业生产安全。对贮备的种子应当定期检验和更新”。育种家进行育种工作的基础是要有大量的原始材料,才能培育出新的品种。

(5) 提高种子的商品性,为种子经营提供物质保证 种子按不同的用途及销售市场,经加工成为不同等级的种子,并实行标准化包装销售,提高了种子的商品性,将有效防止假冒伪劣种子的流通与销售。

三、中国种子加工与贮藏的发展

中国是一个农业大国,又是世界上最大的植物起源中心之一,我们的祖先在贮藏种子、处理种子方面,积累了丰富的经验和知识。在浙江余姚河姆渡遗址发现了距今7000年以前的“杆栏式”仓房和炭化稻粒,这是我国已发现的最早的仓房遗迹。在西安出土的5000多年前半坡村遗址中发现有贮粮地窖,盛有许多炭化粟粒,这是中国至今发现的最早的地下贮粮设施。从夏、商朝开始,人们已经开始有意识地建筑仓库用于贮藏种子或粮食,而且已经注意到种子贮藏过程中必须要防潮通风。建于公元605年的洛阳含嘉仓,属于大型密封地窖仓,由于其独特的密封防潮结构,历经隋、唐、北宋3个王朝,沿用500余年。1882年建于陕西省大荔县朝邑镇的丰图义仓,属于砖窖仓,有“天下第一仓”的美名,可常年保持低温、低湿,其独特的排水系统可保证排水通畅,雨停墙院即干。因此丰图义仓历经百年沧桑,沿用至今。

汉朝的《汜胜之书》分2卷18篇,其中提到“种伤湿郁热则生虫也”,即种子破损、含水量高、温度高时,易生虫。又曰:“取麦种,候熟可获,择穗大强者斩,束立场中之高燥处,曝使极燥。无令有白鱼,有辄扬治之。取干艾杂藏之,麦一石,艾一把。藏以瓦器、竹器。”说明我国古人在2000多年前就已经有了种子干燥、贮藏、害虫防治的方法。该书“溲种篇”中记载有:“取马骨锉一石,以水三石,煮之三沸,漉去滓,以汁渍附子五枚。三四日,去附子,以汁和蚕矢、羊矢各等分,搅之。令洞洞如稠粥。先种二十日时,以溲种如麦饭状。常天旱燥时溲之,立干;薄布数挠,令易

干。明日复溲。天阴雨则勿溲。六七溲而止。辄曝,谨藏,勿令复湿。至可种时,以余汁溲而种之,则禾稼不蝗虫”。这一段可看作是现代种子包衣丸化的萌芽。北魏的贾思勰所著的《齐民要术》分10卷92篇,提到了小麦害虫的防治,即“窖麦法,必须日曝令干,及热埋之”。热进仓的方法延用发展到今天,在生产上起着重要的作用,不但能够防治害虫,而且有利于保持种用和食用品质。唐代的《四时纂要》、元代的《农桑辑要》和明代的《农政全书》等,均记载有种子加工和贮藏技术等方面的一些总结。

随着现代科学技术的发展,研究者在种子劣变、种子活力、顽拗型种子的贮藏、种子的超干贮藏和超低温贮藏及核心种质库的构建方面均取得了相当多的研究成果。出版了叶常丰的《种子学》和《种子贮藏与检验》、颜启传的《种子学》、胡晋的《种子贮藏加工》等著作,对推动我国的种子科学与加工贮藏的普及起到了积极的作用。各国纷纷建立低温库以达到长期保存种质资源的目的。在种子贮藏方面,不断引入先进的科学技术,如环流熏蒸技术、计算机的远程调控等。在贮藏材料方面,除了以前用种子贮藏外,还开展了利用植物器官、愈伤组织进行保存的技术方法等方面的研究。

我国种子加工技术的发展大体上分为3个阶段:

(1) 萌芽阶段 与国外相比,我国的种子加工技术发展较慢,解放前我国种子产业是合并粮食产业中的,1953年才在农业部设立种子站,开始种子技术方面的培训工作。20世纪50年代末才从苏联、匈牙利引进样机,由沈阳农具厂和开封机械厂仿制了种子清选机,但种子加工破碎率高,清选效果较差,推广数量很少。

(2) 引进、仿制阶段 从1976年到1980年,我国的种子加工科研、生产工作才开始起步。1978年召开了第一次全国种子“四化一供”工作会议,国务院下发了97号文件,要求逐步实现种子“四化一供”,改变了种子工作“四自一辅”的局面,全国相继成立各级种子公司2000多个。为了提高种子质量,开始从国外引进种子加工单机,进行种子加工。同时,相关农业机械研究单位与农业院校开始从事种子加工技术的研究工作,种子工业和种子加工机械化开始逐步发展起来。

(3) 自主研发阶段 20世纪80年代,是我国种子加工机械从开始起步走上蓬勃发展的十年。这一阶段的特点是:种子加工科研、生产工作从设备引进、仿制、消化、吸收进入到自主开发研制、生产推广的快速发展时期。种子加工机械设备的试验研究和自主开发研制工作从单机到机组,再发展到种子加工成套设备。通过对引进设备的消化吸收和自主开发与创新工作,研制出一批比较适合我国国情的种子精选机械、烘干机械和种子加工成套设备,并在种子生产加工中得到普遍推广应用。

目前,在北京、南京建有两个国家级种子加工工程技术中心。在全国各地建有多多个国际先进水平的种子加工中心。如2000年9月,中国种子集团公司在河北省承德市长城种业有限公司建成了国内最大的玉米种子加工中心,实现了果穗自动卸料、人工选穗、果穗烘干、脱粒预清、籽粒烘干、贮仓暂存以及种子清选、分级、包衣、包装等自动化流水作业生产线。1997年11月,河北冀岱棉种技术有限公司在河北省石家庄市开发区建成亚洲最大的棉籽泡沫酸脱绒成套设备生产线。通过激烈的市场竞争,种子加工行业已经由过去的几家国营企业,逐步培育出一批新型的股份制企业或私营企业,已有多家企业研制开发出加工能力为8 t/h、10 t/h的大型种子加工成套设备,并逐步投向市场,推动了中国种子加工行业的发展。国内制种基地的区域化将进一步促进我国种子加工中心建设由过去的小规模、通用型向大规模、专业化方向发展,势必推动种子加工

设备向大型、专业化方向发展。夏令民、蔡敏、柳群、王而斯十六、鄂世明两雨天、葛夏日和、干要国礼的著河飘思贾的殿北、装南的治共本岳千麻升殿县诗露下烟一益。”史事不寐不眠，立

四、国外种子加工与贮藏的发展

国外关于种子贮藏的著作和论文多发表于 19 世纪三四十年代,1832 年法国 Aug. Pyr. Candolle 在《蔬菜生理学》一书中指出如果要延长种子的寿命,种子必须贮藏在隔热、防潮、避免氧气影响的条件下。1869 年奥地利科学家 Nobbe 出版了《种子学手册》,被推崇为种子学的创始人。De Vries(1891)揭示了后熟与温度的关系。在 1890 年至 1910 年之间,关于种子寿命的测定、种子贮藏方面的论文大量增加。20 世纪期间,出版了苏联科学家柯兹米娜的《种子学》、什马尔科的《种子贮藏原理》、鲁契金的《农产品贮藏与加工原理》、O. L. Justice 和 L. N. Bass 合著的《种子贮藏原理与实践》等著作。1980 年,国际种子检验协会(International Seed Testing Association, ISTA)设立了种子贮藏委员会,下设 7 个工作组:气调贮藏、运输中种子活力的保持、老化生理学、长期贮藏对种子遗传完整性和行为的影响、顽拗型种子的贮藏、种源地对种子寿命的影响、贮藏真菌对种子寿命的影响。国际植物遗传资源研究所(International Plant Genetic Resources Institute, IPGRI)成立于 1974 年(原名为国际植物遗传资源委员会),改组于 1994 年,鼓励、支持和开展各种关于植物遗传资源的保存和利用工作。目前全世界已经有 76 个国家具有中、短期种子贮藏设施,56 个国家具有长期保存的条件。

欧洲的丹麦、德国,北美洲的美国、加拿大等国家是种子加工机械的发源地,具有几十年乃至一百多年的研究与生产历史,引导着种子加工机械的发展方向。这些国家的种子加工设备生产企业通过多年来对机器的不断改进与完善,在加工试验的研究手段、零件的加工工艺、机器的装配质量要求等方面,已经达到很高的水平,设备的适应性、可靠性很高,可以满足各类种子的加工要求;在设备加工能力上,从实验室用的小型种子加工试验台,到加工能力为 5 t/h、10 t/h、20 t/h,甚至加工能力更高的大型种子加工成套设备,形成了完善的种子加工系列产品。近年来,设备生产企业不断将现代科技手段应用到种子加工成套设备的自动控制系统中,能够根据不同种子特性对成套设备实施自动控制,并且通过对控制软件的不断升级,实现成套设备的远程控制,解决用户生产过程中的疑难问题,等等。

在高水平种子加工机械与种子处理技术的支持下,世界农业发达国家,如北美、西欧的很多国家商品种子的精加工率达到 100%。高水平的种子加工业促进了发达国家种子企业的发展,诞生了许多世界著名的跨国种子企业或集团,如美国的 Pioneer、Monsanto 等,荷兰的 Cebeco,德国的 KWS,法国的 Limagrain 等。种子企业的发展又促进种子加工水平的进一步提高,形成了一大批世界著名的种子加工设备生产厂商。如丹麦的 Cimbria、Westrup 公司,奥地利的 Heid 公司,德国的 Petkus 公司,法国的 Ceres 公司,美国的 Cripppen、Oliver、Gustafson、Carter-Day 公司等。

我国在《中华人民共和国种子法》中明确提出将“具有能够正确识别所经营的种子、检验种子质量、掌握种子贮藏、保管技术的人员”和“具有与经营种子的种类、数量相适应的营业场所及加工、包装、贮藏保管设施和检验种子质量的仪器设备”作为申请领取种子经营许可证的单位和人应当具备的条件。《中华人民共和国种子法》还明确规定“销售的种子应当加工、分级、包装”，在法律上对种子加工与贮藏提出了更高的要求。

种子加工与贮藏是种子科学的一个重要分支,是提高和保持种子质量的一个重要途径,随着现代科学技术的进步,种子加工和贮藏必将对农业的持续发展发挥更大的作用。



思考题

1. 简述种子加工与贮藏的意义。
2. 国内外在种子加工方面的差距有哪些?
3. 针对中国种子加工业的现状,试论述中国种子加工业的发展趋势。

第一章 种子的物理特性

种子的物理特性(physical property)是指种子本身所具有的或者在移动堆放过程中所反映出来的各种物理属性。主要包括容重(volume weight)、比重(specific gravity)、密度(density)、孔隙度(porosity)、散落性(flow movement)、自动分级(auto-grading)、导热性(thermal conductivity)、吸附性(adsorbability)和平衡水分(balance water)等。种子的形态特征和种子的物理特性主要取决于植物的遗传特性,但又受环境因素的影响。种子的物理特性对种子加工原理和贮藏技术的确定具有决定性意义。

第一节 种子的形态结构

自然界的植物种类繁多,种子类型丰富多样,种子形态和构造千差万别。种子形态和构造的差异是进行种子清选分级、加工包装、安全贮藏的重要依据。熟练掌握不同植物种子的形态构造特点,对正确选用加工方法和机械以及采用适宜的贮藏技术尤为重要。

一、植物种子形态特性概述

(一) 种子外部形态特征

种子外部形态是指从外观上所能看到的性状,包括种子外形和种被上的构造两部分。

1. 种子外形

种子外形主要由种粒形状、种粒颜色和种粒大小 3 个性状决定。

种粒形状主要由植物的基因型决定,呈多样化并相对稳定。种粒形状主要有圆形(如豌豆种子等)、椭圆形(赤豆种子等)、肾形(菜豆种子等)、纺锤形(大麦种子等)、三棱形(荞麦种子等)、卵形(棉花种子等)、扁卵形(瓜类种子等)、螺旋形(黄花苜蓿种子等)、盾形(葱种子等)等。种子的表面性状也各不相同,有的表面富有光泽(如蚕豆、蓖麻种子等),有的表面具有短绒(如棉花种子等),有的表面皱缩(如豌豆、甜玉米种子等),有的表面有疣状突起(如苘麻种子等)。即使是同种植物的不同品种种粒形状也有差别。

种粒颜色主要由种子所含色素和色素存在的部位所决定,能稳定遗传,并在不同植物类别间表现出明显的差异。种子粒色的差异是种子色选的依据之一。紫米稻种子中花青素存在于颖壳内,红米稻种子和高粱种子中红色素存在于种皮内,玉米种子黄色素主要存在于胚乳内,小麦种子色素存在于果种皮内,荞麦种子黑色素存在于果皮内,青仁大豆种子中色素存在于子叶内。种粒颜色在同种植物的不同品种间也存在差异,这种差异还表现在种色深浅上,比如玉米种子大多数为橙黄色,但也有白色、紫黑色等;大豆种子有黄色、黑色、青色、褐色和花色等之分。

种粒大小是指种子的尺寸特性,由基因型决定,但依然受环境条件的影响。种粒大小通常使用两种方法来表示,一种是以种子长、宽、厚的尺寸特征来表示,该表示方法在种子的清选分级中具有重要应用;另一种是以种子的千粒重来表示,多用作种子品质的评价指标之一。不同植物种子的种粒大小差异极为悬殊,如油棕的一粒种子的重量就有6~8 kg;烟草种子的千粒重仅为0.06~0.08 g;大多数农作物种子的千粒重约为20~50 g。常见植物种子的种粒大小见表1-1。

表1-1 部分常见植物种子的种粒大小

植物	种粒大小/mm			千粒重/g	植物	种粒大小/mm			千粒重/g
	长	宽	厚			长	宽	厚	
水稻	5.0~11.0	2.5~3.5	1.5~2.5	15~43	黄秋葵	5.5	4.8	4.6	50~70
小麦	4.0~8.0	1.8~4.0	1.6~3.6	15~88	粉皮冬瓜	12.2	8.2	2.2	30~60
玉米	6.0~17.0	5.0~11.0	2.7~5.8	240~360	刺籽菠菜	4.5	3.8	2.2	11~14
大麦	7.0~14.6	2.0~4.2	1.2~3.6	20~55	油菜	—	1.5~2.2	—	2~6
黑麦	4.5~9.8	1.4~3.6	1.0~3.4	13~45	四季萝卜	2.9	2.6	2.1	7~10
燕麦	8.0~18.6	1.4~4.0	1.0~3.6	15~45	芫荽	4.2	2.3	1.5	5~11
稷	2.6~3.5	1.5~2.0	1.4~1.7	3~8	石刁柏	3.8	3.0	2.4	20~25
荞麦	4.2~6.2	2.8~3.7	2.4~3.4	15~40	结球白菜	1.9	1.9	1.6	2.5~4.0
大豆	6.0~9.0	4.0~8.0	3.0~6.5	130~220	大葱	3.0	1.9	1.3	2.2~3.6
花生	10.0~20.0	7.5~13.0	—	500~900	洋葱	3.0	2.0	1.5	3~4
陆地棉	8.0~11.0	4.0~6.0	—	90~110	韭菜	3.1	2.1	1.3	2.4~4.5
蓖麻	9.0~12.0	6.0~7.0	4.5~5.5	100~700	茄子	3.4	2.9	0.95	3.5~7.0
向日葵	10.0~20.0	6.0~10.0	3.5~4.0	50~60	辣椒	3.9	3.3	1.0	3.7~6.7
烟草	0.6~0.9	0.4~0.7	0.3~0.5	0.05~0.2	甘蓝	2.1	2.0	1.9	3.0~4.5
甜菜	—	2.0~4.0	—	15~25	牛蒡	6.6	3.0	1.5	13.7
番茄	4.0~5.0	3.0~4.0	0.8~1.1	2.5~4.0	茼蒿	2.9	1.5	0.8	1.3~2.0
胡萝卜	3.0~4.0	1.2~1.4	1.5~1.65	1.0~1.5	莴苣	3.8	1.3	0.6	0.8~1.5
大籽西瓜	12.3	8.3	2.3	60~140	芥菜	1.3	1.2	1.1	1.2~1.4
小籽西瓜	8.12	4.73	2.12	40	苋菜	1.2	1.1	1.9	0.4~0.7
黄瓜	10.0	4.25	1.40	16~30	马铃薯	1.7	1.3	0.3	0.4~0.6
菜豆	15.8	7.0	6.9	100~70	芹菜	1.6	0.8	0.7	0.3~0.6
莲籽	24.0	11.0	—	1388	芥菜	1.1	0.9	0.5	0.08~0.2
豇豆	9.5	5.2	3.25	100~200	苦苣	3.8	1.3	0.55	1.65
大籽南瓜	12.3	7.8	2.3	60~140	豆瓣菜	1.0	0.75	0.60	0.14

常图 2. 种被上的构造

真种子由受精后的胚珠(ovule)发育而成,果实类种子(真果)由子房(ovary)发育而成,假果的果皮外常附有宿存的花被等附属物。

(1) 种皮上的构造 在植物种子的种皮上,可以看到种脐、发芽口、脐条、内脐和种阜的构造。

种脐(hilum)是种子成熟后从种柄上脱落时留下的痕迹,其形状、颜色、凹凸及存在部位等因植物种类或品种不同而异。植物种子均有种脐,但豆科植物种子的种脐最为明显,例如蚕豆种子的种脐呈粗线状、黑色或青白色,菜豆种子的种脐呈短卵形、白色或边缘有色,大豆种子的种脐呈长椭圆形,种粒颜色有黄白色、红色、蓝色和黑色等。按照种脐的相对高低可将种子分为凸出种皮型(如饭豆种子)、与种皮相平型(如大豆种子)和凹入种皮型(如菜豆种子)。

发芽口(micropyle)又称种孔,是胚珠时期珠孔的遗迹。发芽口的内侧是胚根的尖端,胚根生长从此孔中伸出。倒生胚珠形成的种子,其发芽口与种脐位于同一部位;半倒生胚珠形成的种子,其发芽口位于种脐靠近胚根的一端;直生胚珠形成的种子,其发芽口则正好位于种脐相反的一端。

脐条(raphe)是倒生、半倒生胚珠从珠柄通到合点的维管束,又称种脉或种脊,为种皮上的一道脊状突起。种皮上脐条的有无、长短决定于形成种子的胚珠类型,倒生胚珠形成的种子脐条长而明显,例如棉花种子的脐条从种子基部直通到种子顶部;半倒生胚珠形成的种子其脐条较短,如豆类种子;直生胚珠形成的种子无脐条。

内脐(chalazal)是胚珠时期合点的遗迹,位于脐条的终点部位,稍呈突起状。棉花、豆类种子的内脐在外观上较为明显。

种阜(strophiole)是靠近种脐部位种皮上的瘤状突起,由外种皮细胞增殖或扩大而形成。蓖麻和西瓜种子的种阜最明显,豆类种子也存在种阜。

有些裸子植物种子的种皮上还连着一片薄的种鳞组织,称为翅,如油松种子。

(2) 果皮上的构造 果实种子(真果)表面的构造有果脐、发芽口、茸毛、花柱遗迹或花柱残物。果脐即果实与果柄接触的部位,有的裸露可见(例如小麦、高粱、向日葵、板栗种子等),有的则常为附着的果柄所掩盖(例如玉米种子)。外果皮上常长有茸毛,但其长短、稀密不同。有些果实种子收获时花柱脱落,在果实上留有痕迹,有的为疤痕状(例如向日葵种子),有的则为刺形突起状(例如玉米种子),有的果实种子花柱不脱落,残存在果实上成为花柱残物(例如胡萝卜种子)。另有一些果实种子的外面附有附属物,例如甜菜种子、荞麦种子附有宿存花萼,水稻、谷子、大麦种子等附有内颖、外颖、护颖。这些附属物的形状、颜色也是在种子加工和贮藏时要考虑的。

(二) 种子的内部构造

尽管种子的外部形态种类繁多,但从植物形态学进行观察,绝大多数种子的内部结构具有共性,即每粒种子都由种被、种胚和胚乳 3 大部分组成。

1. 种被

种被是种子外表的保护组织,其层次的多少、结构的致密程度、细胞的形状及胞壁的加厚状况等,因植物种类而有较大差异,会直接或间接地影响种子的干燥、加工、休眠、寿命、发芽、预防措施等。种被包括果皮(pericarp)和种皮(seed coat)两部分。真种子的种被仅包括种皮。有些种子具内外两层种皮,如蓖麻种子和松树种子,其外种皮质厚、强韧,内种皮为膜质、柔软。有些

种子仅具一层种皮,如豆类、葱类和十字花科种子。极少数植物的干种子仅具中种皮和内种皮,如银杏种子,其外种皮(肉质)脱落,中种皮坚硬,内种皮膜质。

2. 种胚

种胚(embryo)是由受精卵发育而成的幼小植物体,是种子中最重要的部分。种胚一般由胚芽、胚轴、胚根(三者又合称为胚本体)和子叶4部分组成。

胚芽(plumula)又称幼芽或上胚轴。成熟种子胚芽的分化程度不同,有些植物种子的胚芽仅由生长点构成(例如棉花种子和蓖麻种子),有些则由生长点及其周围的数片真叶构成。禾本科作物的胚芽一般分化有4~6片真叶,真叶的外边还分化有一个锥筒形叶状体,称为胚芽鞘(coleoptile)。

胚轴(hypocotyl)又称胚茎或下胚轴。胚轴在种子萌发时伸长的程度决定了幼苗子叶的出土类型。

胚根(radicle)又称幼根。多数植物种子仅有1条胚根,但禾本科植物种子除1条初生胚根外,还在子叶的叶腋内各胚轴外分化有2~3条次生胚根,且在初生胚根的外面包有一层薄壁组织,称为胚根鞘。

子叶(cotyledon)是种胚的幼叶,其数目和功能因植物种类不同而异。裸子植物的种子往往是多子叶的;双子叶植物种子具两片叶子且多数对称,少数不对称;单子叶植物种子仅具1片子叶。禾本科植物种子的子叶位于胚本体和胚乳之间,常称为盾片(scutellar)或子叶盘,盾片内贮藏有丰富的营养物质,供胚本体生长利用。还有一些禾本科植物种子,在盾片相对的一面有一小突起,称为外胚叶(epiblast)。

3. 胚乳

胚乳是有胚乳种子的贮藏组织,分内胚乳(endosperm)和外胚乳(perisperm)。内胚乳是由极核受精发育而成的贮藏组织,外胚乳是由珠心细胞发育而成的贮藏组织。绝大多数植物种子的胚乳为内胚乳,只有少数植物种子的胚乳为外胚乳(例如甜菜、菠菜、石竹种子等)。胚乳在种子中所占比例的大小、组织质地的紧密、细胞的形状以及所含物质的种类,在不同植物种子间有着很大的差异。绝大多数植物种子的胚乳是固体的,但也有极少数植物种子的胚乳呈液体状态(例如椰子种子中心的胚乳即椰乳)。有些植物种子的胚乳位于胚的四周(例如蓖麻、荞麦种子),有些则位于胚的基部中央(例如柿子、银杏种子),也有的位于胚的中央(例如甜菜种子),还有些植物种子的胚乳与胚相互镶嵌(例如葱类种子、番茄种子),禾本科植物种子的胚乳位于胚的侧上方。

根据植物种子中胚乳的有无和多少,可将植物种子分为有胚乳种子和无胚乳种子两大类。有胚乳种子具有较发达的胚乳。根据子叶数目的不同,又分为单子叶有胚乳种子和双子叶有胚乳种子。单子叶有胚乳种子主要有百合科、姜科、鸭跖草科、棕榈科、天南星科等的植物种子;双子叶有胚乳种子主要有大戟科、蓼科、茄科、伞形科、苋科、番木瓜科等的植物种子。无胚乳种子实际上含有极少量胚乳(遗迹),胚较大,子叶尤其发达,许多十字花科、锦葵科、葫芦科、蔷薇科、菊科和豆科植物的种子属于无胚乳种子。植物种子外部形态的多样性和内部构造的差异性,产生了不同的种子加工方法,也决定了种子贮藏期间的生理代谢状态的差异,这就要求在种子贮藏和加工期间要针对不同种类植物种子的特性来确定最合适的贮藏和加工方法。

二、主要农作物种子形态结构特点

(一) 禾本科作物种子

禾本科作物如玉米、小麦和水稻等的种子为颖果。水稻种子的颖果外面带有稃壳,又称为假颖果,颖果的果种皮均很薄,且紧密愈合在一起不易分开;麦类颖果的腹面有腹沟(crease)。禾本科种子都含有大量的胚乳,胚乳最外层称为糊粉层(aleurone layer),内部含有大量淀粉粒称为淀粉胚乳(starchy endosperm)。禾本科种子的胚较小,位于种子基部的一侧,胚中子叶所占比例大而且胚本体所占比例小,如水稻(图 1-1)、小麦(图 1-2)、玉米(图 1-3)。禾本科种子的子叶常称为盾片或子叶盘,富含脂肪、蛋白质和淀粉等营养物质,其与胚乳相接的表皮细胞具有传递细胞的特征,称为上皮细胞,具有从胚乳中吸收养分供胚芽生长的功能,一般由 4~6 片真叶和生长点构成,真叶外包被一层叶状组织为胚芽鞘;胚根外包被有一层薄壁组织,称为胚根鞘;胚轴与子叶相连。小麦和水稻种子的胚轴外侧可观察到外胚叶,而玉米种子则无外胚叶,其果种皮很薄且紧密愈合在一起。

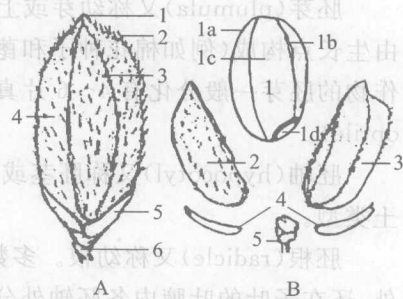


图 1-1 水稻种子

A. 籽粒外形: 1. 稃尖 2. 稃毛 3. 外稃 4. 内稃 5. 护颖 6. 小穗柄
B. 籽粒构造: 1. 米粒 1a. 果种皮 1b. 纵沟 1c. 胚乳 1d. 胚 2. 内稃 3. 外稃 4. 护颖 5. 小穗柄

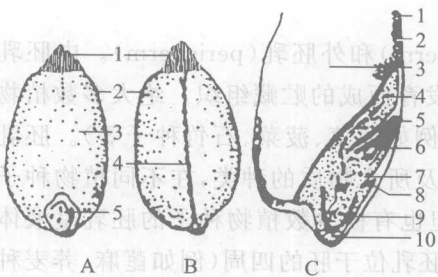


图 1-2 小麦种子(引自山东农业大学,1997)

A. 籽粒背面 B. 籽粒复面: 1. 茸毛
2. 果种皮 3. 胚乳 4. 腹沟 5. 胚
C. 籽粒纵切面: 1. 果种皮 2. 糊粉层
3. 胚乳 4. 盾片 5. 胚芽鞘 6. 胚芽
7. 胚轴 8. 外胚叶 9. 胚根 10. 胚芽鞘

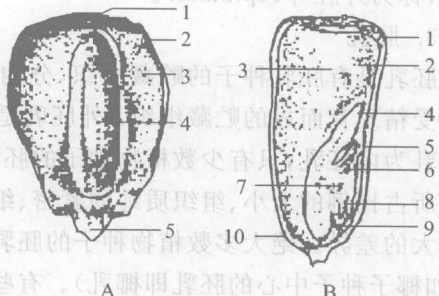


图 1-3 玉米种子

A. 籽粒背面: 1. 花丝遗迹 2. 果种皮
3. 胚乳 4. 胚 5. 国柄
B. 籽粒纵切面: 1. 果种皮 2. 角质胚乳 3. 粉质胚乳
4. 盾片 5. 胚芽鞘 6. 胚芽 7. 胚轴 8. 胚根
9. 胚根鞘 10. 黑色层

(二) 豆科作物种子

豆类作物主要有大豆、绿豆、豌豆、菜豆、豇豆和花生等。豆类种子是由半倒生胚珠形成,除花生种子外的其他豆科种子的种皮均较厚,且常带有颜色和花纹,可以观察到大而明显的种脐、内脐和发芽口、较短的脐条;种子内部子叶发达,胚体弯成钩状,完全无胚乳(例如豇豆种子)或有极少量胚乳(例如大豆种子)(图 1-4)。豆科种子的种皮由外向内分别为角质层、栅状细胞、柱状或骨状细胞和海绵组织,栅栏层细胞排列紧密,外壁和径向壁明显加厚,具有良好的保护和隔水

功能;再向内为一层内胚乳细胞所构成的蛋白质层。花生种子的形态构造与其他豆类有许多不同,其荚果不自然开裂,人工脱掉果皮后的种子顶部钝圆,基部尖斜成喙状,种皮肉色至红色不等,在其基部一侧有一白色疤痕为种脐,胚根突出的尖端处是发芽口(图1-5);整个胚体直生,胚根向外突出,胚轴粗而短,胚芽分化明显,可观察到4~6片羽状真叶;种皮中没有栅状和柱状细胞,厚薄不匀且脆,对种子保护性能差,因而花生种子需带果皮贮藏。

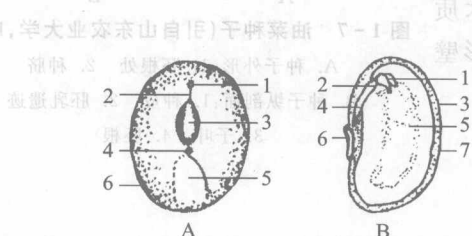


图1-4 大豆种子(引自山东农业大学,1997)

A. 外形:1. 内脐 2. 脐条 3. 种脐 4. 发芽口 5. 胚根处 6. 种皮
B. 纵剖面:1. 胚芽 2. 胚轴 3. 种皮 4. 胚根 5. 子叶 6. 种脐 7. 胚乳遗迹

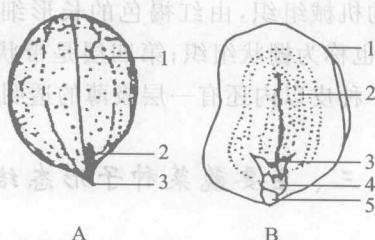


图1-5 花生种子(引自山东农业大学,1997)

A. 外形:1. 脐条 2. 种脐 3. 发芽口
B. 纵剖面:1. 种皮 2. 子叶 3. 胚芽 4. 胚轴 5. 胚根

(三) 锦葵科作物种子

锦葵科的主要作物是棉花。大多数棉籽的种皮上有短绒,少数无短绒的称为光籽。种子由倒生胚珠形成,呈卵形,基部尖顶部阔,基部的尖端常有刺状的种柄,种柄脱落处是种脐,腹面有棱状脐条,顶端内脐的种皮较疏松,内侧膜上有一褐斑(图1-6)。如果内脐部位的种皮硬化,则种子往往成为硬实。种皮以内还有一层两列细胞组成的乳白色薄膜包围在胚外,是外胚乳和内胚乳的遗迹。胚乳遗迹以内为发达的子叶,大而较薄且两片常不等大,反复折叠填满于种皮以内,子叶细胞内充满糊粉粒和油脂。胚根、胚芽被包围在子叶中间。整个胚体上密布深色腺斑,其成分主要为棉酚。具有坚厚的种皮和发达的胚。种皮由表皮、外褐色层、无色层、栅状细胞层和内褐色层组成。表皮是一列大型厚壁细胞,棉花的长、短绒就是由此层的部分细胞延伸而成;外褐色层有3~4列细胞,其中贯穿许多维管束并含有褐色素;无色层有1~2列细胞,细胞较小无色;无色层下面是长形厚壁细胞组成的栅状组织,上有明线清晰可见;内褐色层是6~7列压缩的柔细胞,呈深褐色。

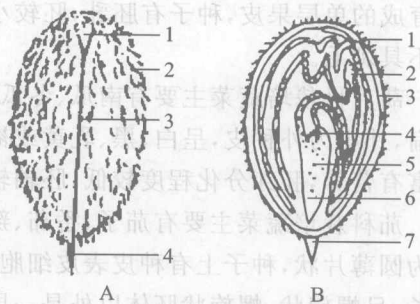


图1-6 棉花种子(引自山东农业大学,1997)

A. 种子外形:1. 内脐 2. 短绒 3. 脐条 4. 种柄
B. 种子纵剖面:1. 种皮 2. 表皮胚轴 3. 胚乳遗迹 4. 胚芽 5. 胚轴子叶 6. 胚根 7. 种柄

(四) 十字花科作物种子

十字花科作物种子较小,近圆形,子叶对折且叶顶有缺口。十字花科作物种子子叶的折叠方式及种皮细胞的开关和层次是区别属、种的重要依据。下面以油菜为例介绍十字花科芸薹属种子的形态构造。

油菜种子种粒较小,圆形,由种皮及胚两部分组成。种皮褐色,种皮上可看到种脐和胚根痕。