

农业科技资料选编

(五)

科学技术文献出版社

种子工作现状与展望

新疆石河子农学院

杨 书 军

一、现代科学技术在种子工作中的应用

近半个世纪以来，世界上一些农业和工业比较发达的国家，由于激光、电子计算、机械加工、自动化和太阳能利用等科学技术成功地应用于种子研究和生产，逐步发展了种子技术和种子工业。使种子的研究和生产，成为一个专门的行业，成为以工厂化方式生产的重要生产资料。

激光技术为诱变育种提供了新的途径。激光除了在医学、工业及国防科学等方面应用外，并对农作物具有刺激生长控制发育的作用。新近的实验表明，用激光小剂量处理某些作物，可提高发芽势，发芽率，并可增加产量，提早成熟。在诱发突变育种上，用适宜的剂量照射种子，可使作物细胞染色体局部缺损或整体丧失，导致失去局部或全部遗传信息，从而改变化学物质的遗传密码顺序及其结构，产生遗传变异，以便人类按照需要选育新的突变类型。

电子计算技术正在将种子研究推进到电子化时代：电子化资源库可将几万份作物品种资源的形态，遗传特征加以处理、贮存。当育种家在拟定育种计划、选择亲本时，只要列出性状要求，一按电钮便能获知最佳方案；电子计算机还能够提供某一个品种的祖先亲本是什么和曾产生过什么后代，育种家可以借此了解它的配合力。

种子机械加工为发展种子工业开辟了广阔前景。应用带有各种形状筛孔的滚筒筛选机和各种精选机，可以按种子的大小、宽度、厚度、重量进行分级，使种子达到规定的质量标准，应用电子采色选种机，能够根据种子色调的微小差异（正常种子与异常种子）对各种作物种子进行精选，净度和发芽率均可达99%以上。由于研究了种子的包裹技术和种子的筛选分级，采用精密播种机精量点播，玉米每亩播量可减至二斤，既节省了间苗工序，又减少了种子用量。近年来国外新建的大型种子加工厂，均采用最先进的机械加工设备，每小时可加工种子几吨至几十吨，保证了种子质量标准化，大幅度提高了劳动生产率，促进了农业现代化的发展。

自动化技术加速了种子工业化的步伐。许多国家的种子加工企业，从种子进料，加工到包装入库等整个生产过程中都实现了自动化、电子化。一些现代化品种资源库，均完全采用电子自动装置控制温湿度，其中普通库（温度12℃左右），保存4—6年；长期库（温度0℃左右），保存15年；永久库（温度-12℃左右），可保存50年以上。

太阳能的利用则为种子研究提供了取之不尽的能源。太阳能谷物干燥装置已被世界各国普遍研制和利用。采用太阳能干燥装置烘干种子，干燥质量好，而且成本低。太阳能温室的研制亦有了新的发展，国外近年来研究了采用热贮存系统的太阳能自供式温室，不加辅助能

源就可使夜间室内温度较室外高 8°C 以上。我国某些地区建成的简易太阳能贮热温室，可完全满足秧苗生长所需的温度，不仅育秧快，成秧率高，而且节省籽种。太阳能在农业上的扩大利用，在育种手段上又形成了新的聚焦阳光脉冲育种法，利用会聚起来的阳光对种子进行间歇照射，可以诱发突变，其突变可保留数代。据国内试验报道：太阳能脉冲光照射，可促进小麦苗期的生长发育，并对玉米、棉花、谷子等某些品种有明显增产效用。

随着近代科学技术的发展，种子工作专业化和科学化的水平不断提高，各国对种子工作的研究日益加强。由于学科技术门类越分越细，又彼此渗透，因而出现了各学科协作综合研究育种。在育种方法上，充分运用现代的遗传育种理论和技术（如分子生物学、生理生化，体细胞杂交和基因工程等），在研究设备方面，普遍采用新的精密仪器和电子化装置（如供试验田用的小型播种机，收获机，自动称量计，计算试验结果的电子计算机，以及能够自动调节温、湿度的现代化品种资源库、种子库、温室等）。目前，各国的种子科研和生产，正在向新的目标发展，育种家在培育新的杂交良种，企业家则在更新更自动化的大型加工设备，这些方面的研究和发展，进一步加速种子工业现代化的进程。

二、近代种子工业的发展

（一）种子生产专业化，提高劳动生产率

种子生产专业化是随着农业机械化程度的不断提高和杂种优势的扩大利用逐步发展起来的。实现种子生产专业化是提高农业劳动生产率的重要条件，由于它具有：（1）保证了制种的质量和产量；（2）节约人力、物力和财力，降低制种成本；（3）有利于采用先进的科学技术管理等优点，因此，种子生产专业化就成为各国农业现代化的一个显著特点。近年来，国外一些农业先进国家的种子生产，已完全摆脱了自留自用的原始状态，并逐渐被现代大规模的工厂化生产方式所代替。所有的农作物种子和杂交种，几乎全部由种子公司生产。一些农牧业发达国家对于牧草、蔬菜、花卉等种子都有专门研究，日本水稻也已实现了育秧工厂化，秧苗全部由工厂供应。种子的生产经营已成为现代种子工业不可缺少的重要生产资料。由于各国的制度和科学技术水平不同，种子生产专业化形式和程度也不同，发达国家主要以种子公司专业经营为主，另一些国家则主要通过种子基地来实现。

1. 种子的生产经营专业分工，保证种子质量。

国外种子公司是国家种子工业体系的支柱，它是具有种子产、供销完整体系的垄断性私人企业。公司与公司之间都有较严格的分工：首先是一个公司一般都只经营一、二种作物品种，其次是公司人员的配备、加工厂的设计，机器设备装置都以满足主要作物的种子生产、销售为主。第三是把公司设在某一作物的主要产区。如法国丽玛公司以经营玉米杂交种为主，公司就设在玉米主要产区丽玛平原；林果公司以经营麦类、甜菜和油菜种子为主，公司就设在法国北部的麦类、甜菜和油菜产区。美国中部的衣阿华州，伊利诺斯，印第安纳，密苏里等州是著名的玉米产区，该地的种子公司都以经营玉米杂交种为主；密西西比，得克萨斯州是棉花产区，种子公司都以经营棉花为主；堪萨斯州，北达科他、明尼苏达和内布拉斯加州是小麦产区，种子公司都以经营小麦为主；在经济作物区加利福尼亚州的种子公司则以经营蔬菜、牧草等种子为主；这种专业的分工，好处是：有利于发挥人力、物力和地力的作用，也有利于科研水平和种子质量的提高。

种子的专业化生产在我国目前仍处在试点阶段，虽然经验还不多，但试点工作已初见成

效。据报道，河北省赞皇县，从1973年以来特约十三个队做为“两杂”制种基地，成立制种专业队，实行集中连片制种，即迅速扭转了缺种靠外调的局面，并连续六年实现“两杂”由县统一供种。在制种的产量和质量方面，1976年的试验结果是：（1）制种产量，县特约连片集中制种基地1,882亩，平均亩产301斤。而生产队分散制种1,903亩，报废418亩，平均亩产只有141斤。（2）杂种产量，用县供种群单105玉米夏播，亩产445斤，自己制种的群单105玉米夏播亩产只有300斤。显示了专业化制种在产量和质量上，比分散制种具有更高的稳定性和可靠性。

2. 建立种子生产基地，提高制种产量

建立可靠的种子生产基地是实现种子专业化生产的重要条件。国内外的种子基地目前大致有两种形式：一是专业生产基地，二是特约种子基地。后一种基地是前者的补充，在种子生产中往往起重要作用。国外许多种子子公司都建立自己的农场做为专业种子基地。为了扩大种子经营，有些公司还特约周围的农场或农户代为繁殖，建立特约种子基地。这些基地必须是隔离条件好，有一定生产经验，并且要相对稳定。如美国先锋种子子公司，除了在自己十个农场生产玉米杂交种外，还在十七个玉米加工厂周围六十英里内，同不少别的农场订有生产玉米杂交种的合同。法国丽玛公司有一个一千五百公顷土地的农场，其中三百五十公顷专门用于繁殖种子外，还同周围八百五十个农户订立合同，建立了七千二百公顷的特约制种基地。特约制种基地，要接受公司的技术指导，严格按种子生产规程办事，保证生产种子的质量和数量。而公司除了供给农场自交系种子和制种费用外，还必须保证在经济上使农场主受益。此外，一些国家还以法律形式对种子生产的土地面积等设施做了规定。如南斯拉夫种子法规定，用于小麦种子生产的不少于150公顷。用于杂交玉米种子生产的不少于100公顷。用于其它谷类作物和土豆种子生产的，各不少于50公顷。用于各种经济作物、蔬菜、饲料作物种子及本地玉米种子生产的，各不少于20公顷。

我国种子基地由两部分组成：①原种基地。是指全民所有制的国营原（良）种场。我国现有二千一百多个国营原（良）种场，耕地面积二百多万亩。主要任务是为大田用种基地提供高质量的原种、新品种和杂交种亲本。②大田用种基地。是指集体所有制的人民公社良种场和大队种子队。任务是为大田生产提供优良的种子。

我国公社良种场和大队种子队主要有三种形式：第一种是专业种子队或良种场。由公社或大队利用原有的集体耕地、垦荒地，专门生产种子，实行单独核算，做为大队企业。第二种是各队合办种子队或良种场。即按比例从生产队抽集劳力、土地、资金、肥料、耕畜、农具等，专门生产种子。各队联办，成果归队，劳力回队分配。第三种是建立特约种子基地。由公社大队选择生产条件合适，技术力量强，种子工作基础较好的生产队或大队，专门生产种子，管理体制和核算单位不变，根据预约计划，按合同向全公社或全大队供应种子。后一种形式建立起来比较容易，但要加强技术指导，同时建立严格的质量检验制度也不可缺少。

根据我国各地经验，建立社队繁种基地，应从以下几方面着手：

- ①要选择领导力量强，生产条件好，交通方便，隔离条件好，有一定种子生产经验和技術骨干的社队。

- ②要适当集中连片，相对稳定，保证种子质量。

- ③加强计划性。基地繁殖的种子，做到品种对路，“三圃田”和繁殖田对口。

- ④繁种单位与种子子公司要实行合同制度。

- ⑤种子子公司要加强对特约基地的技术指导，培训种子技术人员，不断提高技术和管理水

平。为了加快我国种子工作步伐，中国种子公司已决定从一九七九年开
始，在全国适宜地区分别建立粮、棉、油、糖、麻、烟、绿肥等11种农作物的二十五个种子基地。其任务主要繁殖为全国服务的新品种、原种、杂交种亲本和备荒良种，承担新品种区域试验。这些基地建成后，每年可向全国提供水稻、小麦、玉米、高粱、大豆原种和无病毒马铃薯种二千万斤，棉花原种七十万斤，油菜和花生原种八十五万斤，苧麻、草木樨和紫云英种子二千万斤以及红麻良种二千万斤。

(二) 种子加工机械化，促进现代农业的发展

种子加工机械化就是把良种基地生产出来的“半成品”种子，用机械加工处理，制成合格种子的过程。种子加工的目的在于：①尽可能地去掉不需要的掺杂物和坏种子，②按种子大小分类，③用保护的药品或其它方法对种子进行处理，使种子质量标准化，充分发挥良种在生产上的增产作用。五十年代以来，国外一些工业发达国家，种子加工机械迅速发展，已形成一个新兴的庞大的工业体系。如美国有一千多家种子公司，有数千个现代化的种子加工厂，意大利有二百六十三种子加工厂，法国有四百〇四个种子加工厂，瑞士有三十五个小型加工厂和一个现代化的中心种子加工厂，罗马尼亚有四十一个加工厂，正在兴建的有二十个，八二年以前还计划新建十二个。一般大型加工厂年加工（加工七十天左右）可达二万吨，中型厂年加工几千吨左右，小型厂年加工几百吨。现代化种子加工业的特点是：

1. 设备先进，加工机械化程度高

现代化种子加工厂都非常重视采用国内外先进设备，目的是为了大幅度提高劳动生产率，当然也包含有竞争的因素。国外种子加工厂的设备来源采用两种形式：一是全部引进外国产品。如法国丽玛格兰种子加工厂，基本上按照美国大型玉米加工厂的工艺设计，其设备大部分从美国引进；意大利巴维亚和波罗纳两个加工厂的设备，全部从瑞士和奥地利海德制造厂购进，包括厂房、仓库等土建工程也由这两个制造厂设计承建。二是选择国内外名牌产品。如意大利布利萨种子加工厂，除选用本国的一些设备外，并注意引进国外名牌产品，如法国产的脱粒机、西德产的拌药机，美国产的烘干机和重力精选机等。采用国内外先进技术的结果，促进了种子工业的高速发展，如法国丽玛公司的玉米种子加工厂，每天加工处理玉米穗四百四十万斤，出玉米粒二百二十万斤，全年加工销售玉米种子六千六百万斤，可满足全国用种量的35%，还向八个国家销售种子。

种子的加工已实现高度机械化、自动化。如美国密西西比三角洲松滩种子公司的套自动化轧花设备，装三个轧花单机，每小时可轧皮棉十八包到二十五包（每包五百磅）。棉籽轧出后自动进入仓库，另有一套自动去绒、清选装置，每小时可精选棉种八吨。先锋种子公司托列多玉米种子加工厂，全过程自动化作业，每年加工一个半月，可生产种子一万二万吨。意大利和法国的机械加工设备也都配套成龙，加工粮食作物、经济作物及蔬菜、牧草种子的设备和工艺流程都已实现了自动化（设备和工艺流程包括：①预清。清除对种子流动产生不良影响的玉米芯、大麦芒等较大的杂质。②基本清选。以风筛清选机清除比种子更大或更小的掺杂物。③精加工。用平面筛或滚筒筛选机、窝眼滚筒筛选机和重力精选机，按种子长、宽、厚度和比重进行分级。④种子处理。用拌药机对加工后的种子进行药剂消毒处理。玉米种子加工在预清前还增加果穗剥皮、烘干、脱粒工序。牧草种子加工需配电磁清选设备。蔬菜种子需配光电分离机。甜菜种子要有破粒、磨光、丸粒化等工序）。

2. 重视质量检验，种子质量标准化

机械加工的目的在于提高种子质量，使种子质量标准化。因此，各加工厂在整个种子加工过程中，都把种子质量放在首要地位。首先根据国家种子标准，种子检验标准制定出一套严格的质量检验制度，并建立一个设备齐全的种子检验室，负责对种子质量的检验分析。从种子进料到包装的每一个环节都有专人监督和检查。每批种子加工前，要取样试验，以确定筛片的规格；种子加工后，要取样检验其纯洁度、发芽率、发芽势、含水量等，并将检验结果印在种子袋的标签上；在种子袋缝口前，还要在每袋里取出小样复查。玉米和丸粒化的甜菜种子，要取样用精量排种器进行排种试验，检查其是否合乎精量排种的要求，有的还要用X光机检查种子的机械损伤和病害状况。为了确保安全，有些加工厂对种子质量标准要求比国家规定的还高，如意大利政府规定，玉米种子发芽率不低于90%，而加工厂则规定低于92%的不能出厂销售，实际发芽率都达到95%以上。

3. 开展综合利用

种子加工工业常常受到农作物产品种类的多样性和季节性的限制，因此，如何解决设备的综合利用、加工多种作物和加工厂长年开工是一个十分重要的问题。种子加工机械一般有两类：一种是专用机，只能加工某一种作物；另一种是通用机，除了加工某一种作物外，可兼顾加工其它作物。有些专用机，稍加改换，就可以适应不同作物的加工。如美国的玉米都是带苞叶收获的，加一道剥苞叶工序，烘干后脱粒，其它精选分级的机械与别的作物大同小异。棉籽加工，主要是脱绒方法不同（有硫酸脱绒、机器剥绒、酸气脱绒、火烧脱绒等），其精选装置与玉米都基本相同。蔬菜、牧草种子，只需外加一套滚动包衣的专用装置。小麦、高粱、水稻、大豆等作物种子的机械加工，只需更换适当的筛片，就可满足各类作物加工需要。

4. 机械化加工促进农业现代化的进程

国内外经验表明，机械化加工好处很多：第一，节约种子粮。通过机械加工，可把小粒、秕瘦粒、虫蛀粒等清选出来，不能做种子的可食用或做饲料。加工后的种子提高了质量，因而可减少用种量，一般可节省种子20%左右。第二，提高产量。种子经过精选加工，籽粒饱满、大小一致、发芽率高、生活力强，可以充分发挥良种的增产作用。在同样水肥条件下，一般能增产5%以上。第三，有利于机械化操作。例如，采用分级精选后同一规格的玉米种子精量点播，省去了间苗工序，而且出苗整齐，生长一致，为机械化耕作和收获创造了良好形态。

我国的种子机械加工，在洋为中用、土洋结合的基础上，充分发挥了各类机械的简便、灵活、耐用等优点，并逐步改进其性能和使用方法，大大提高了机械加工的质量，促进了农业生产。如黑龙江垦区采用复式种子精选机和重力种子精选机联接精选，（种子经复式精选机精选后再由重力精选机精选）处理小麦，结果表明，种子千粒重提高三点二克、净度达百分之百。1979年上海市各农场普遍装备了上述两种精选机，使种子质量显著提高，并大大节省了用种量。该市东风农场共精选种子八十万斤，选得种子六十八万斤，精选率为84.5%，选后的大、元麦种子，发芽率从百分之八十七点五到九十三，分别提高到百分之九十四到九十八点五。每亩播种量比上年减少七斤，田间出苗率则增加了百分之十二点五。

（三）采用先进的贮藏设施，保持种子生命力

种子贮藏是种子工作中的一个重要环节。长期贮藏种子可使品种由于更新种植而引起的遗传变化减少到最低程度。近年来世界各国对种子的贮藏保存工作尤为重视，采取措施加强了对贮藏技术的研究。五十年代以来，世界上工业发达国家由于把现代化工业的空调技术引

用到种子保存方面，建成了有空调的现代化种子库，推动了种子保存工作的发展，使保种工作以种植业为主进而转入到以贮藏为主的新阶段。据统计，世界各国已建成的各类作物种子库有481座，其中水稻：36个国家建库90座。玉米：44个国家建库105座。小麦：45个国家建库125座。大麦、黑麦和燕麦：34个国家共建库98座。另有高粱33个国家建库63座。目前，美国保存种质的主要场所有100多处，另有次要单位150余个分布全国各地。日本于1965年在平塚修建了国家种子库，集中进行农作物育种原始材料的贮藏和分发工作，并在一些县修建县级种子库，为全县大田生产服务。苏联在库班建立的国家品种资源库，共24间种子贮藏室，均位于地下两层建筑内，到1977年共保存材料25万份。设在菲律宾的国际水稻研究所，继1962年建成中、短期种子库后，1976年增建长期库，1977年由澳大利亚资助约260万美元又修建一座新的种子库。保存从世界各地征集到的水稻品种4万份，种子生活力可分别保存5年、25年和100年。目前，各国对种子贮藏研究的特点是：创造适合种子长期贮藏的理想条件，并努力改进种子的包装和贮藏方式。

1. 建设更低温低湿的种子库
据国外专家研究，种子贮藏的理想条件是空气相对湿度15%，温度 -20°C 或更低。因此，近年来对新建库要求更低的温湿度。日本平塚种子库采取二重贮藏法，其中长期库室内温度为 $-1^{\circ}\text{C}\pm 1^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度为 $30\pm 7\%$ ，极长期库室内温度为 $-10^{\circ}\text{C}\pm 1^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度为 $30\sim 50\pm 7\%$ 。近年又在筑波市修建六百余平方米的国家种子库，总投资约合人民币266万元，其中长期库室内温度为 -10°C ，相对湿度为30%；极长期库室内温度为 -15 至 -20°C ，相对湿度为30%，仍然采用二重贮藏法，必然会更加延长种子的贮藏年限。

2. 采用衬套结构和密封围护结构

要使低温低湿种子库安全度过最不利的高温高湿季节，就必须使库房内的围护结构保温隔热、防潮隔湿。日本使用泡沫制品，美国用双层铝板中间嵌入隔热材料。在这方面，国际水稻研究所采用衬套结构（即库中库）和金属板密封围护结构则比较理想的。这种库的外层为短期库，库内温度为 $20^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度45—60%；在短期库内套建中期库，库温为 $4^{\circ}\text{C}\pm 1^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度45 $\pm 5\%$ ；再在中期库内套建长期库，库温 $-10^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度30 $\pm 5\%$ 。这种衬套结构大大缩小了库内外的温差和湿差，提高了隔热防潮的性能。此外，中期库和长期库均采用金属板密封围护结构。其结构外层为涂有塑料薄膜的钢板，中层用聚苯乙烯绝缘，里层为涂有丙烯的铝板。实践表明，这些材料对保持库内温、湿度，防止库外水蒸汽渗入可以起到满意效果。

3. 真空密封包装、低温贮藏
实践表明，密封包装对贮藏效果影响很大，在相同的温、湿度条件下，常常由于采用密封而使贮藏年限大大延长。国际水稻研究所中期库的贮藏，是用铝箔衬聚乙烯种子袋装12份材料（每份250克），装入一个2加伦的广口玻璃瓶内，并加橡皮盖密封，瓶内放入500克干燥硅胶，种子含水量便可保持8—9%，在 $3-4^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度60—75%条件下，热带水稻种子这样贮藏10年后，存活率仍在90%以上。长期贮藏是将种子密封在真空罐内，在 -10°C 低温下，据推测，可保存种子生活力100年左右。美国国家种子库近期也采用密封低温贮藏，把含水量4—7%的干燥种子，密封在100毫升镀锡铁皮罐内，放置 -18°C 冷藏库中，永久贮藏。

4. 采用“二重贮藏法”
日本国家种子库在总结过去建库的经验基础上，采用了干燥种子密封低温二重贮藏法，即将种子均匀混合后进行干燥，使含水量达6—8%，然后每个样本取三万粒贮藏于长期室

〔分装室〕内，密封保存10年，取三万粒贮藏于极长期贮藏室内，密封保存30年。此法优点是，减慢了种子世代进展，并避免了因分装样品造成种子更新繁殖所可能产生的不良性遗传。

中5. 干燥贮藏

据河北省廊坊地区农科所及天津市农科所研究，将干燥的水稻种子贮藏于干燥器内，干燥器底放置无水氯化钙做干燥剂（定期调换新的干燥剂），此法保存水稻种子，五年后发芽率大部分在80%以上，七年后大部分在70%以上。廊坊地区农科所保存的300多个地方品种，九年之后播种出苗均完全正常。现在我国的油菜、烟草等小粒种子多采用干燥器保存，如配合以低温，则效果会更好。又据江苏省农科院等资料介绍，将充分干燥后的种子装入袋内，贮藏于高约一米，直径约半米的大酒罐内，罐底放石灰做干燥剂，每年换石灰一次，罐口用塑料布密封，这样在南京保存的小麦，经七年之后，发芽率仍达90%以上。

用-6. 用液态氮贮藏

用液态氮（温度-196℃）贮藏种子是近几年发展的新技术。英国进行了五年，苏联四年，美国三年左右。此法是用一种高约80公分，腰部直径一米、顶端开口直径约40公分的葫芦状罐来贮藏种子。该罐系真空夹层结构，用钢材做成。据美国国家种子贮藏实验室介绍，每罐可保存小谷物种子四千份。二个月或四个月补充一次液态氮，3—5年补充抽一次真空。其优点是，保存种子无生理变化，成本费用低，并不受停电影响。

此外，美国国家种子贮藏研究室正在进行着下述方面研究：关于贮藏中种子的遗传损害问题；种子水分受周围空气湿度变化而变动的作用机制及对寿命的影响；种子极端低温永久贮藏等基础理论研究。探索贮藏种子的遗传损伤机理及环境对种子生活力的影响，以期创造适宜种子长期贮藏的理想条件和方法。

三、种子工作研究的发展动向

（一）重视基础理论研究

国外认为，加强对光合作用、生物固氮、及杂交优势等方面的基础理论研究，是今后培育优质高产新品种，进而大幅度提高作物产量的关键所在。光合作用、生物固氮、杂交优势已被列入世界性重大基础理论研究课题。光合作用旨在探明通过生理生化过程提高作物的光合作用效率的机制和方法。近年来原生质体育种技术的进展，有可能把四碳作物（玉米、甘蔗等）的高光效基因和低光呼吸基因，导入低光呼吸的三碳作物（稻、麦）中，以期培育具有四碳机能的三碳作物新品种，进而使世界粮食产量大幅度增长。生物固氮亦是近期最有希望突破的研究目标之一，一些国家正在研究生物的固氮规律，探讨生物固氮的机制，并研究移植固氮基因的新方法，目标是把豆科作物固氮基因导入到谷物作物中来，使之能够直接吸收空气中的游离氮。以提高谷物作物合成氨的能力。美国专家估计，未来十年中的杂交小麦和之后十年的杂交大豆将会带来农业产量的重大突破，杂交棉花的研究亦可望近期突破。为了阐明杂交优势的分子遗传学机制，苏联作物栽培研究所综合研究了分子遗传学、细胞发生学、进化遗传学和生理生化的育种原理，初步研究出植物遗传学和系统发生学的分析新方法，对预测杂种优势的理论研究有了重大突破。继小黑麦的远缘杂交获得成功后，美国现正在探索小麦与大麦，大麦与黑麦杂交成新种的可能性，并试图用化学诱变方法选育出含高赖氨酸的突变种。

（二）各学科协作，培育具有综合优良性状的品种

国际水稻研究所组织的遗传评价与利用研究，是一项多学科协作的改良水稻计划。该所组织有品种资源、遗传、育种、植物病理、昆虫、植物生理、谷物化学、土壤化学等专业的人员，围绕水稻育种目标，各专业通力合作，共同进行研究。这样做的好处是，力量集中，目标明确，有利于发挥专业作用，因而能在短期内选育出具有突破性的优良品种。

国外育种近期目标，趋向选育株型紧凑、适应高度密植、光能利用率高、利于提高单位面积群体产量的、适应性广、抗多种病虫害、品质优良的、以及适应机械化操作的新品种。如国际水稻研究所针对亚洲稻产区的特点，组织多学科协作，进行水稻资源培育改良种质，其目标是培育成熟期90—95天、优质、抗病、抗虫、耐旱、耐不良土壤、耐深水、耐淹、耐不同温度的高产品种。

（三）我国种子工作开展“四化一供”

种子生产专业化，加工机械化，质量标准化，品种布局区域化和以县为单位组织统一供种（简称“四化一供”）是我国农业部总结了近三十年来的种子工作经验，并吸取了国外种子工业化的先进管理方法，在“四自一辅”（自选、自繁、自留、自用、辅之以调剂）的基础上，初步制定的一套适应我国情况的种子工作体系。这是我国种子工作的重大改革，是促进我国农业现代化的重要措施。

种子生产专业化是指，根据各种作物用种的需要，建立专门的种子生产基地，按照一定的操作技术规程，繁殖原种和大田生产用种。种子加工机械化是指，把专业化生产出来的“半成品”种子，采用种子加工机械和仪器，进行加工处理，用机械替代手工操作，使种子达到国家规定的要求。种子质量标准化是指，供应社队的种子，必须按照规定的技术标准进行检验，使这些种子符合国家对原种、良种规定的质量标准。品种布局区域化是指，在一个自然区划内，种植相宜的当家品种和搭配品种。以县为单位组织统一供种是指，由县种子子公司组织统一繁种，统一加工，统一保管，统一供应全县的大田生产用种，从而改变过去分散留种，生产队样样自给的不科学状况。

我国“四化一供”目前有两种形式：一种是一县一厂，集中供种。就是在全县建立一个种子加工厂，以及相应的种子库、晒场、检验室等附属建筑设备。在加工厂周围建立一个或几个主要农作物种子生产基地，由县种子子公司直接组织产、购、销，逐步满足全县大田生产用种的需要。江苏省无锡县和北京通县即属此类。另一种是建立若干个中心种子站，分片建立中心种子站。每个中心种子站建有种子仓库、晒场、加工车间等设备，相应建立种子生产基地，在县种子子公司领导和统一规划下，负责本片的种子生产，加工，保管和供应工作。在我国农村交通条件较差，地形变化较大，小气候多及农作物品种复杂的地区，采用后一种形式比较适宜。

“四化一供”在我国还处于试点阶段。1978年在九省市十二个县试点，1979年扩大到全国二十九省市自治区除台湾省以外的六十四个县，都是以中央投资为主试办的。为了加快实现“四化一供”步伐，有些县以自己的力量，搞县统一供种，或民办公助，县、社联合供种等几种形式，从少到多，逐步发展，走上“四化一供”的道路，为“四化一供”的推广，积累了良好经验。

“四化一供”的试行，扭转了我国分散留种，自留自用的落后局面，促进了农业生产的全面发展。如河北省正定县过去分散制种，隔离条件差，管理不善，花期不遇，造成废弃面积达百分之二、三十。种子不能自给，每年调进四、五十万斤。1978年以县为单位建立玉米种子生产基地，配制杂交种五千多亩，没有一亩废弃，平均亩产达323斤，比1977年分散制

种每亩增产134斤，扭转了种子靠外调的局面，并支援外地十几万斤。又如湖南省东安县，1977年开始实行杂交水稻种子“县繁社制”，县社两级供种，保证了制种的质量和数量，促进了杂交水稻的发展。1977年种植杂交晚稻14万多亩，占全县晚稻面积的44%，亩产达538斤，比常规稻每亩增产180斤。1978年杂交水稻扩大到二十七万九千多亩，又获丰收，实现了晚稻超早稻。

“四化一供”在我国试点经验证明，它符合我国的农业生产实际，是我国种子生产现代化的目标，亦是今后种子工作发展的方向。但它还有一个逐步发展和不断完善的过程，有一个由少到多、由小到大、由低级到高级逐步提高的过程，因此，要充分发挥中央和地方、国家和集体的两个积极性，要因地制宜，实事求是，按科学规律办事，讲究实效。并从经济、物质和技术方面积极积累和创造条件，为加速实现我国种子工作现代化而奋斗。

建国以来，我国的种子工作取得了很大成绩，尤其在良种选育方面，各地都培育和推广了一大批优良品种。先后育成了国内外著名的水稻矮秆良种和小麦抗病新品种，为大面积提高我国粮食产量起了重要作用。1970年又培育出具有世界先进水平的八倍体小黑麦，目前正在高寒山区迅速推广。1973年又首先育成杂交水稻，1977年已推广到3,200多万亩，增产粮食四十亿斤，1979年又扩大面积达到八千万亩。杂交水稻一般可增产二、三成以上，深受我国广大农民欢迎。此外，在单倍体育种方面，我国也具有世界领先水平，为加速新品种选育做出了贡献。

但与发达国家相比，我国在育种速度，品种管理和种子加工机械化等方面还有很大差距。主要表现在：①大田品种“多、乱、杂”。不少地方还缺少早熟、高产、优质、抗逆性的品种。有的高粱、谷子二十年没换过种，无米穗高达20—40%。②种子工作缺少一套管理制度。多数省、地还没有种子生产基地，县以下种子生产基地数量少，也不健全。③机械化加工水平低。至今我国还没有一座现代化种子加工厂，多数加工机械不配套，这与实现农业机械化极不适应。

为了切实加强种子工作，国务院决定成立各级种子公司，负责推广品种的生产、加工、贮存、包装和供应大田生产用种。在充分发挥现有良种增产作用的同时，加速选育新的接班品种。在“四化一供”试点县基础上，扩大试点工作。力争1980年，建立各种农作物种子生产基地70万亩（占总耕地面积5%），生产良种二亿斤，种子精选机械装备要达到5万台。其它机械和烘干机、脱粒机、拌药机、装包机、水分测定仪等也要进行选型定型，列入计划投产。为加速种子加工机械化步伐，还要有选择地引进国外先进加工设备和技术，目前正在北京市通县、江苏省无锡两地建立两座国外引进的现代化种子加工厂，并计划在河北、江苏等省建立三个以生产种子机械为主的种子机械制造厂，担负试制和生产全国通用的种子加工机械和仪器设备。力争八五年基本实现种子加工机械化、工厂化和自动化。此外，农林部会同有关部门，制定了我国《种子法》、《全国种子工作条例》和《全国农作物品种审定办法》，修订《全国农作物种子分级标准》、《全国农作物种子检验办法》和《国营良种场工作条例》，逐步建立起一套完整的种子管理制度。为了加强种子技术队伍的培训，农业部还委托浙江农大、华北农机学院、山东农学院和西北农学院负责培训省、地两级种子干部。省、地两级培训县、社两级种子工作人员。县培训大队、生产队种子技术员。

综上所述，为使我国赶上世界种子工业先进水平，迅速改变我国种子工作落后状况，当前必须重视和加强种子建设，加速新品种选育和区域化鉴定工作，建立原种场，办好良种基地，恢复和健全良种繁育推广体系，在我国逐步实现：种子生产专业化，种子加工机械化，

种子质量标准化,品种布局区域化和以县或自然区域为单位统一供种。(参考文献12篇略)

种子生理研究的进展及其发展趋势

中国科学院植物研究所北京植物园

郑光华 徐本美 顾增辉

一、种子生理研究的重要性

本文所指的种子是植物学上的真正的种子,即子房内的胚珠经有性过程发育而成的。当然有的还包括胚珠外的子房部份(这种情况果实与种子成为不易分割的个体)。往往有这种情况从外形和结构上来看,已成熟的种子其种胚却未完全发育成熟。种子最独特之处,就是这个幼小的植物体一种胚(不论其在形态上是否已发育成熟)是植物新生命的开始阶段。顾名思义,“种子”的生物学功能就是传种接代。从进化的观点来看,种子是植物界演化最高阶段的种子植物生活史中的一个时期,它比植物生长发育中的任何时期更能抵抗不良的环境。由于它有完善的保卫结构和运用多途径代谢来控制休眠与萌发,植物才得以繁殖个体,从而保证了种的延续与传播。

优质种子应具有旺盛的活力,发芽迅速而整齐,幼苗茁壮、抗逆力强,从而具备了丰产的潜力。为获得优质种子,就应对种子发育、成熟、贮藏、休眠及萌发一系列生理生化过程进行系统的研究。只有弄清楚种子的不同阶段生命活动规律,才能加以人为控制。例如,为使种子保持固有的基因,同时又要少消耗储备养料,甚至为使萌发所必不可缺的某种微量物质不变质或丢失,就需了解种子贮藏生理特性,特别需研究其丧失生命力的机制,以便采取有效的技术措施。

当前,收集、保存、利用植物基因资源是一项密切关系到发展农业生产及国民经济的事情。不少单位正准备建立种子基因库,紧接着就会有一系列贮藏、萌发、质量鉴定等生理的工作。实生播种是植物引种驯化的有效途径,这在前人的工作早已肯定,但其理论依据还远远不知道。种胚又是引变的必要材料,也是植物生理生化特别是研究代谢生理的理想材料。沉睡千万年的种子仍有生命力,确是生命的奥妙之处。显然,种子生理研究必将有助于其他有关学科的发展。

二、种子生理学的发展过程及现状

种子生理学的发生、发展的过程是与人类从事植物栽培、农业生产活动分不开的。在我国古代经典农书如“齐民要术”、“农政全书”等均有种子贮藏与播种等方面的记载。但把种

子或种子生理作为一门学科提出来，那还不到一个世纪的历史。最早的著作是德人 Nobbe 氏和 Detmer 氏先后于 1876 年和 1880 年分别发表了“种子手册”和“种子萌发过程的比较生理”两书。本世纪以来至 50 年代以前，作为这一领域的代表作有 1922 年德人 Wittmack 著“农业种子”，1931 年德人 Lehmann 及 Aichele 著“谷粒萌发生理”及日本近藤万太郎于 1936 年著“农林种子学”等。早期的这些著作尽管多是卷帙浩瀚的巨著，但由于当时科学技术水平所限，对一些问题的认识仅局限于表面，有些甚至是错误的。

用现代生物学的理论和物理化学方法来研究种子生命活动的规律即种子生理学的研究，应首推于美国 Boyce Thompson 植物研究所。该研究所前所长 Crocker 本人就是种子生理学家，他早在 1906 年开始种子生理的研究，后来在 Barton 的合作下，从 20 年代初期开始，在该所开展了种子萌发与休眠的系统研究。近代第一部权威性的种子生理学著作——“种子生理学”由 Crocker 与 Barton 合著于 1952 年问世。Boyce Thompson 研究所在 Crocker 与 Barton 年代，无疑地是美国种子生理研究的中心。近 20 多年来，美国种子生理的研究中心已转到美国农业部农研局所属的马里兰研究中心和若干大学，特别是 Cornell 大学和 Oregon 大学。被认为在植物生理领域内的一大突破——光敏素是由马里兰实验中心发现的。

另一个从事种子生理学研究历史悠久的中心是以色列的希伯来大学，早在本世纪 30 年代中期开始，迄今一直在开展种子生理的研究，尤以发芽抑制剂和萌发的生理生化方面颇具特色。

其次就是英国的一些大学和植物园，特别是 Wales 大学 Wareing 等人对脱落酸 (ABA) 的发现及其对休眠控制上所做贡献。Reading 大学 Roberts 等人从事生命力的控制和种子代谢途径研究。邱园 Thompson 等人从事种子地理适应性的研究，都是很出色的工作。

此外，在苏联、法国、加拿大、西德、意大利、日本、新西兰等都在开展种子生理的工作，有的是以植物园为主，有的是以设有专门的国家种子技术中心或国家种子实验室来从事种子生理的研究，多半也分散在大学或实验站。

还应该特别指出一点，一些国际性的种子学机构，特别是国际种子检验协会 (ISTA) 和与其相配合的、并由联合国农粮组织资助的新西兰种子技术中心等在发展种子生理学起到积极的推动作用，已有 75 年悠久历史的 ISTA 实际上已远远超出了它原先以种子检验作为主要业务的范畴，种子生理的各个主要领域都已包括在它的历届年会的各自专题讨论会上，并在其机构内部设有种子生理各个方面的专门委员会，以协调国际间的合作研究。在其主要出版物“种子科学与技术”(Seed Science & Technology, 其前身即“ISTA 进展”Proc. Int. Seed Test. Assoc.) 中，种子生理方面的论文占了多数并成其主要内容，几乎成了种子生理学的一个专业期刊。

近年来，国外种子生理学之所以取得不断进步与成就，是与现代化的实验技术的提供和其他学科的渗透分不开的，特别是环境因素的有效控制，种子基因库的普遍建立与使用，探索的微观技术和制备实验技术的不断改进，电子计算技术以及同位素示踪技术的广泛应用，为种子生理学进展创造了条件。

我国种子生理研究原来基础就很薄弱，时至今日与国外差距仍然很大。50 年代初期，赵同芳教授在上海植生所开展一系列的种子生理生化方面的研究工作。随后叶常丰教授领导的浙江农业大学种子教研组也进行了种子生理的大量科研和教学工作。中山大学傅家瑞教授进行过水浮莲种子休眠与萌发等颇为有意义的工作。在汤佩松教授和俞德俊教授指导下的中国科学院北京植物园种子生理实验室，从 50 年代中期开始，结合植物引种驯化工作，在有关种

子生命力控制的原理和方法、休眠类型及克服休眠促进萌发的方法、快速测定种子生活力的原理与方法等若干方面进行过一些试验研究工作。国内各植物园及农林园艺科研机构也都进行了一些各具特色的试验研究工作，并取得了进展。近年来，种子生理在国内已引起了广泛重视。已有更多的科研、教学和生产单位从不同角度和需要进行这一领域的科研活动。中国农业科学院品种资源所等正在兴建现代化的种子基因库，它将成为开展种子生理研究的理想基地，势必为发展我国种子科学做出重大贡献。

三、近代种子生理研究的主要成就

(一) 光敏色素的发现

光敏色素(Phytochrome)在本世纪50年代到60年代中期发现的，它的发现不仅在种子生理学而且在植物生理学领域里也是一次令人鼓舞的突破。前人为了阐明植物发育的光周期现象，企图从绿色植物中提取一种色素的尝试，经长期努力未获成功，这个难题最后是在研究感光性种子发芽生理过程中得到圆满的解决。科学的发展是有继承性的，早在本世纪30年代 Flint 等人已发现促进莴苣种子萌发的作用光谱是在红光区，超过700nm区域对发芽有显著抑制作用。马里兰研究中心Hendricks, Bothwick和Butler、toole等人以Flint的发现作为他们进一步实验的引导，他们通过一系列的实验表明，莴苣种子的萌发可被红光所促进，而这种红光的促进作用可被后来的远红光所抵消，远红光的作用又可被红光消除，这很象双向开关一样，种子只对最后所按的开关起反应，可以下面图式表示。光敏色素在660nm吸收的形式(Pr)是没有活性的，当Pr吸收了一个光子，就转变为在730nm吸收的形式(Pfr)，这时处于活性状态，它又可以通过吸一个接近730nm的光量子或通过暗中进行得很慢的热过程而变回到Pr状态。决定Pr还是Pfr的作用乃在于最后一次吸收光量子的波长。比如Pr→Pfr→Pr的反复过程中，起作用的仅仅是最后的Pr，即当Pfr吸收一个730nm光子而处于非活性状态时。提纯证明Phytochrome含有一个开链的四个吡咯环的色素基团与分子量为六万(燕麦)的蛋白质。



图1 光敏色素Pr与Pfr之间相互转换的关系

光敏色素的发现，科学地揭开了一个多世纪以来人们陆续迁到近60多个科属的种子发芽要求光暗之谜，现已得知有200多种植物种子的萌发对Pfr有反响。而且为更深入地了解并确切地阐明种子休眠的机制提供了可能。光敏色素，对研究植物光周期、开花生理推动作用之大远远超出它被发现所在领域——种子萌发生理。

(二) 发芽抑制剂

早在1859年Hofman首次在花楸果实分离得到一种抑制发芽的物质——伸山梨酸，尔后人们相继获得140多种植物含有抑制剂。其中绝大多数包含在果实种子中，以致抑制了种子萌发而处于休眠状态。这些抑制发芽的物质有分子简单的氨、氢氰酸、乙烯，有挥发性的芳香油和芥子油类；还有植物碱、不饱和酸类和不饱和油类以及酚类物质、脱氢醋酸、脱乙酰和苯肽等。特别应该指出的是，大约在本世纪60年代中后期，有三组科学家(英国的Wareing和美国的Addicott 法国J. P. Nitsch)几乎是同时期用不同材料各自独立地发现了ABA，开始时分别命名为休眠素(dormin)和脱落剂II(Abscisin II)，后来他们证明两者是一个东西，同意命名为脱落酸(ABA)，是一种复杂的有机酸(异戊间二烯化合物)。

在播种实践中,利用流水漂洗种子,提高种子发芽率,道理就是把种子内含有抑制发芽的物质洗掉。播种前的砂藏层积处理,对多数种子来说,也是消除ABA的抑制效用。

(三) 休眠的内源激素理论

早在本世纪30—40年代,当激素生理学概念流行期间,人们就曾假定过,除了那些具有不透性障碍物的种子之外,在所有的种子中,只需要一种释放出的刺激素(Crelease stimulus)去克服休眠。后来,经Boyce Thompson研究所的系统研究,根据不同类型种子不易发芽的原因来划分休眠类型,并且可以采取不同途径和办法来加以克服,这似乎表明,上述的习惯假定是不成立的。可是随着实验技术的不断改进及研究工作的不断深入,特别是从50年代以后,GA的提取鉴定及其生理效应的广泛研究和ABA、细胞分裂素(CK)的发现及其功能的了解为休眠的内源激素理论奠定了基础。

确切地说,休眠内源激素理论得到比较完善是在60年代后期,即在ABA的出现并对其进行生理生化效应研究获得大量资料之后。GA和CK两类激素的发现较早,也较早地知道它们对种子萌发的作用,但还没有了解到种子内有一种特殊的内源抑制剂与GA或CK相互作用导致休眠或萌发。英国Wales大学和美国Cornell大学等许多研究者在这方面进行了卓越的工作,特别是Khan等人(1968)和张氏等(1973)对激素控制休眠的研究取得了很好的结果,确认了ABA阻塞了GA所调解的发芽过程,已查明ABA抑制了对酶有专一性的mRNA分子的合成或阻止RNA结合到某种合成酶的单位中去,从而抑制了特殊蛋白质的合成。ABA还抑制DNA合成。而CK则有拮抗ABA的作用,因而使GA起作用,也就是说,ABA可以完全抑制GA诱导的发芽效应,而这一抑制作用可为CK所逆转,但并不为过量的GA所逆转。由此可见,在控制休眠与萌发上,各种激素有不同的功能,GA是萌发必不可缺的(试验证实生理后熟、感光发芽都与GA有直接联系),而CK则是作为消除阻碍发芽的抑制剂ABA的作用所必需的,如果种子不存在这种阻碍的话,那么CK对萌发也就成为不必要的东西。因此简而言之,生理休眠的起因可归结如下:一种情况是缺少GA;另一种情况是存在ABA而缺少CK,这样即使已有GA也是无效的。

Khan(1969, 1975)在试验基础上提出了休眠、发芽的三因子学说。所有的植物种子的发芽行为都包括在图2所示的八种方式中。该学说还存在如下的问题:①该假说是采用完全无关联的子叶鞘伸长与 α -淀粉酶的生物合成作为激素活性的指标的,不用说,依靠植物生长素的液胞扩张型的细胞生长对发芽是完全无关的。②当时认为赤霉素对于 α -淀粉酶为中心的各种水介酶的生物合成的促进作用也是发芽所不可缺少的过程,而且他分析了GA、CK以及ABA之间的相互关系,并与发芽的调节联系起来。实际上1970年Chen和Varner、Bewley, Chen和Pani、Kaehler和Varner已相继报告指出,赤霉素对酶合成的促进效应并不是发芽的前提条件,而只是与发芽后的幼苗生长有关。③Khan假说的致命伤是,尽管当时已经明确,但它却完全忽视第四个发芽控制因子——乙烯的作用。

内源激素控制种子休眠理论的确立,尽管不完善,但却澄清了长期以来对萌发与休眠认识上的混乱状态,而且可以把除了硬实之外的各种生理休眠类型(包括低温层积、感光发芽、暗发芽等)互相联系并归于统一。无疑地,这在种子生理学是一个突破。

关于激素的作用问题,近年来的研究又有了一些进展,有人主张补上另外两个因子,一是 C_2H_4 ,另一个是Fusicossin,前者可起到CK的作用,但又不完全一样, C_2H_4 可提高GA、CK光效应的结果,二次休眠是伴随 C_2H_4 生成能力的降低而产生,密闭条件下,控制发芽的主导因素是 C_2H_4 ,后者可起到GA+CK的双重作用,但又不能完全取代它们,作用机制主要

赤霉素 细胞激动素 抑制剂 (ABA)

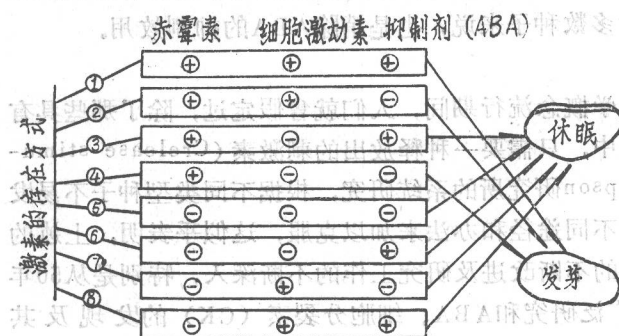


图2 三种植物激素：赤霉素、细胞激动素、发芽抑制剂 (ABA等)不同组合的种子休眠，发芽的调节方式模式图 (按Khan等1969)

⊕是指体内含量达到能发挥生理作用的水平

⊖是指没有达到该种水平

在膜水平上调节。C-AMP对发芽的特殊作用也是很值得注意的新问题。

人们一直关注着GA作用于种子萌发的机制问题。大约在1960年以前，人们只知道GA能提高多种植物种子发芽率和发芽势，能取代低温层积、光、暗和干藏后熟的条件。到60年代前期，流行着一种论说，即GA是通过增强 α -淀粉酶活性来促进萌发。到60年代后期，已从亚细胞水平上找到了GA促进萌发的线索，诸如在 α -淀粉酶活性提高之前，内质网、多核糖体已明显增多，细胞膜体系的胆碱也

随之增多，DNA模板的效能提高，RNA聚合酶的活性增强等。直至1970年前后才逐渐明确，GA促进种子萌发过程的另一个“靶场”不是在糊粉层里，而是在种胚上。用同位素标记的某一特种氨基酸在GA存在情况下，浸种头几小时就参与了胚的蛋白质合成，继而提出GA是通过活化某些基因来控制种子生命活动，以促进种子萌发。从新近报导资料已证实，当GA处理的种子已开始萌发时， α -淀粉酶的活性还没有增强，因此现在可以肯定，GA促进种子萌发不是或者至少不必要先通过增加 α -淀粉酶的活性来达到，但又不能完全否认 α -淀粉酶在种子发芽过程中的作用。有证据认为GA可改变膜的性能，观察到GA₃提高了脂质体对离子和葡萄糖的透性，GA还以其浓缩效应影响脂质体的相移温度。离体的大麦糊粉层在加入GA 2小时之内，所发生的反应是卵磷脂的生物合成酶活性增强，卵磷脂是膜的一种成分。至于如何进一步直接来验证GA是活化基团的理论，目前还比较困难，但很值得注意的是近年来由于从膜及呼吸代谢途径进行研究，因而有可能为最终圆满解决GA的作用机制提供依据。

(四) 代谢途径的调控—代谢途径均衡论

植物体内存在多头路线的代谢途径，这一理论已为汤佩松先生和他的学生们长期研究水稻种子萌发过程的呼吸代谢规律等大量工作中所确立。近年来发表的有关种子萌发与休眠的种子生理专著中也都阐明了种子休眠与萌发是受代谢途径的改变来调控的。这进一步证实多头路线途径存在于各种植物的种子中。

英国Robert等人从代谢生理着眼研究结果发现萌动种子与休眠种子不同之处在于C₆/C₁的比率，经测定野燕麦的休眠胚比不休眠的C₆/C₁比率高得多，说明萌发初期是显著地利用PP途径。EMP和TCA的细胞色素电子传递链上的多种抑制剂在适量情况下也能促进发芽。到1973年它们提出了休眠到发芽是EMP→PP途径的转变。1975年美国Taylorson和Hendrick进一步研究证实了这个问题，并提出调控EMP→PP转移的关键不是G₆PD或6PGD酶的活性，而是取决于NADPH₂再氧化的能力如何。这里很重要的是抑制H₂O₂酶活性，使H₂O₂用于促进过氧化物酶的活性体系(图3)。业已探明白苋的发芽是由邻苯三酚、苋苣的发芽是由邻苯二酚促进的，在干燥种子中存在着吡啶核甙酸苯醌还原酶(PNQR)。CN、N₃和NH₂OH等氮化物能抑制过氧化氢酶的活性，结果使多余的过氧化氢通过过氧化物酶和PNQR的作用而与醌的氧化还原相连接，最后促进了NADPH₂的再氧化，从而激活了PP途径。Taylorson

lorson和Hendricks 1976又提出PP途径所需的NADP是由NAD激酶的控制,它与Pfr的水平有关。Roberts研究组及Simmonds和Simpson的工作(如图4所示),认为发芽初始阶段是糖代谢方式从EMP→PP途径转移的结果。GA促进这一转移进程。必具的条件是两种酶(G-6PD及6PGD)激活,最关键的是

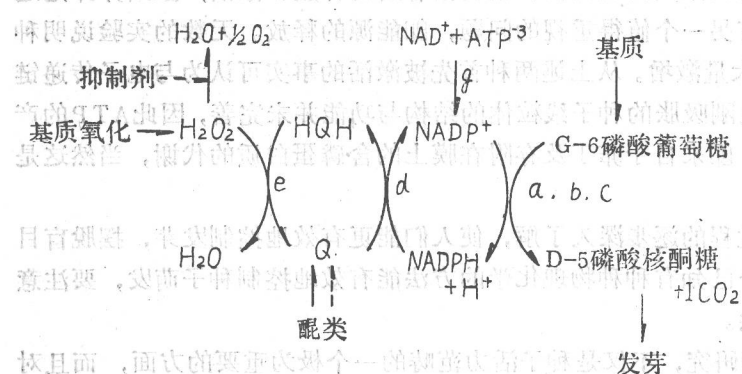


图3 关于发芽过程中G-6-磷酸葡萄糖代谢的设想示意图(按Hendrick等1975)

a: D-6-磷酸葡萄糖, DADP+1-氧化还原酶。 b: 6-磷酸葡萄糖酸内酯脱氢酶。 c: 6-磷酸葡萄糖酸, NADP+2-氧化还原酶。 d: NADPH, 醌氧化还原酶。 e: 过氧化物酶 f: 过氧化氢酶 g: ATP·NAD+—2-磷酸转移酶。

从而提高了能量价,而NADP的再氧化需要EMP途径提供相当的能量(ATP),说明PP途径与EMP途径在发芽时经常是处于一个均衡的状态。

(五) 萌发的生理生化过程及其控制

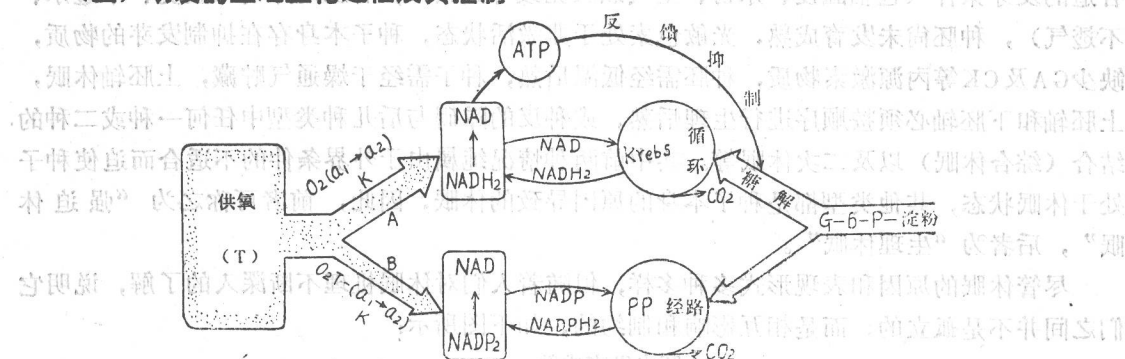


图4 野燕麦依靠EMP经路与PP经路平衡的发芽模式图

a₁: 最大的氧消耗 a₂: 有限的氧消耗 k: 氧气供应能力
T: 氧气供应量

从生理学、生物化学的角度研究种子萌发的过程有大量的工作。不仅搞清楚种子内大量贮藏物质转变和消长的过程,而且在亚细胞分子水平上查明了膜、原生质及各种细胞器的变化特点,酶的活性变化过程,各类物质特别是核酸、辅酶以及各种激素(包括抑制剂)的变化及其作用过程。Ching将种子萌发过程归纳为三个阶段。即首先是种子封存体系的激活过程;二是酶和细胞器的合成旨在分解贮藏物质;三是胚内新的细胞组分的合成。并认为第一阶段是关系到代谢“车轮”运转与否的关键,如能加速开始时的运转速度,提高封存体系的功能,就必能提高种子的发芽力。因此人们对发芽生理的注意力集中在萌发的原初启动阶段

即所谓“起劲”或“开关”的问题上。到底是哪些步骤先发生？控制机理在哪里？迄今虽未定论，但无数实验已提供越来越多的线索。Mayer认为在基因活化之前，酶体系已得到活化，尤其是细胞色素C还原酶和1—支链淀粉、6—葡萄糖苷酶的激活在某些种子是最关键的，而且蛋白水解酶又是密切地关系到支链淀粉、葡萄糖苷酶的释放和激活；激素并非是这一激活过程的调节者。这里还有另一个值得重视的问题，即能源的释放。无数的实验说明种子在吸涨后几小时ATP含量就大量激增。从上述两种首先被激活的事实可认为与电子传递链的激活相联系着。但另一事实是刚吸胀的种子线粒体的结构与功能并未完善，因此ATP的产生可能来自非氧化磷酸化过程，即来自于菲丁及存附在膜上的含磷蛋白质的代谢，当然这是与ATP酶的激活密切联系着的。

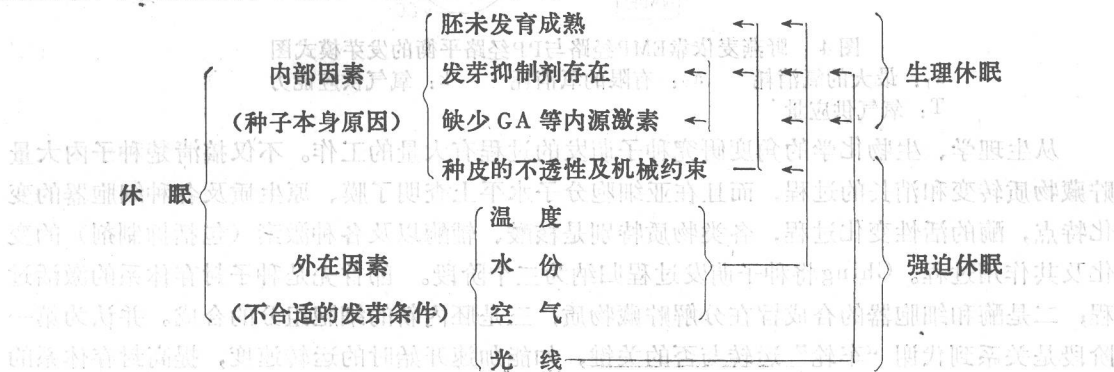
由于对种子发芽生理生化过程的逐步深入了解，使人们能更有效地控制发芽，摆脱盲目性，达到预期的经济效果。迄今已知有种种物理化学的方法能有效地控制种子萌发，要注意对不同的种子应采取不同的方法。

逆境 (Stress) 发芽生理的研究，不仅是种子活力范畴的一个极为重要的方面，而且对种子萌发机理的实质了解也极有价值。郑光华等 (1979) 发现豆类种子萌发初始阶段对零上低温十分敏感，冷害的原因可能是膜的现象产生位移及与其相联系的能源产生和提供受阻。因为冷害正是发生在刚刚吸胀萌动之时，正是种子萌动代谢“车轮”起劲之时，显然搞清楚冷害的机制将有助于了解种子萌发“启动”或“开关”的机制。

(六) 种子休眠的类型及其内外在因素的联系

种子休眠是种子植物在长期自然演化过程中形成的一种抵抗不良环境、得以繁殖后代延续种质的适应性。由于不同植物在其区系和地理分布上所处环境条件的不同而形成了各具特色的“隐蔽生命”形式，即不同类型的休眠。目前已搞清楚的种子休眠的原因和类型有：不合适的发芽条件（包括温度、水份、空气以及光线等因素），种皮的障碍（硬壳、不透水、不透气），种胚尚未发育成熟，光敏色素处于非激活状态，种子本身存在抑制发芽的物质，缺少GA及CK等内源激素物质，种胚需经低温后熟，种子需经干燥通气贮藏，上胚轴休眠，上胚轴和下胚轴必须按顺序进行生理后熟，或种皮的障碍与后几种类型中任何一种或二种的结合（综合休眠）以及二次休眠等。其中前两种情况纯属由于外界条件的不适合而迫使种子处于休眠状态，其他类型都是种子本身的原因导致的休眠，因此，前者可称之为“强迫休眠”，后者为“生理休眠”。

尽管休眠的原因和表现形式多种多样，但随着人们对休眠机理不断深入的了解，说明它们之间并不是孤立的，而是相互影响和制约的，如下图所示：



(摘自郑光华1963年)