

农业新技术革命

——生物工程、电子计算机、
遥感等技术在农业上的应用

中国农业科学院编

农业出版社

农业新技术革命

——生物工程、电子计算机、遥感等
技术在农业上的应用

中国农业科学院 编

农业出版社

农业新技术革命
——生物工程、电子计算机、遥感等
技术在农业上的应用

中国农业科学院 编

* * *
责任编辑 姚长璋 孙 林

农业出版社出版 (北京朝阳区东营路)

新华书店北京发行所经销 农业出版社印刷厂印刷

787×1168毫米 32开本 20.75印张 546千字
1987年12月第1版 1987年12月北京第1次印刷
印数 1—2,000册 定价 5.35元

ISBN 7-109-00099-0/S·70

统一书号 13144·315

序 言

提高农业生产力特别是商品生产的水平，改善农牧产品的品质始终是人们关心的大事。这个问题对于本世纪末要使工农业年总产值翻两番的我国来说尤其具有重要意义。

综观近几十年各发达国家的农业发展史，可以看到他们走的是一条高度机械化、石油化，并结合以杂交育种为主的农业技术发展道路。六十年代开始的“绿色革命”，由于育出了矮秆高产的小麦、水稻新品种，进行农业集约经营，大力发展化肥、灌溉，实行高度机械化，使用杀虫剂等技术，从而大面积提高了粮食的产量。在今后的农业生产变革中，一些新技术如生物工程、电子计算机等的应用已越来越受到重视。人们正期待着它们能对提高农牧业生产作出贡献。

生物工程是当今世界新技术革命的重要组成部分，它建立在生物资源可再生的基础上，它能解决传统技术难以解决的许多问题。基因工程可以越过有性杂交的屏障，使基因在远缘物种之间转移，这为定向改变生物的遗传性创造新生物类型提供了有力手段。利用原生质体融合(体细胞杂交)技术可得到有性杂交难以得到的种间、属间杂种或细胞质杂种。组织培养、体细胞变异的筛选、单克隆抗体技术等，都已分别在育种、快速繁殖以及检测动植物病害等方面发挥了作用。酶工程技术可以用来进行农副产品的深度加工；自然资源的开发利用，各种农用抗菌素、维生素、氨基酸等的生产，都离不开发酵技术。由此可见农业生产的许多部门都与生物工程密切相关。生物工程技术的发展将加速一场新的绿色革命的到来。培育能够固氮的禾谷类作物是人们长久以来的理想。国外预测今后十年左右这个领域可能会有所突破。菌根的接种利用可以更有效地吸收

土壤中的磷素、养分及水分。随着电子计算机、遥感等新技术的出现及其在农业上的应用，为自然资源的普查与监测、病虫害发生及作物产量的预测和预报、农作物生态环境的控制、信息资料的贮存与检索、畜禽饲料管理和制定饲料配方等方面开辟了广阔的前景。它已成为衡量一个国家农业科技水平及农业现代化水平的重要标志之一。

当前一场新技术革命正席卷全球。面对这场挑战，我们要认真对待，制定对策，迎头赶上。为此应积极传播新技术革命的科学知识，进一步推动我国城乡已广泛开展起来的学科学、用科学热潮。中国农业科学院组织有关科技人员编写了这本《农业新技术革命》，由农业出版社出版。我们希望这本书能够在为实现工农业年总产值翻两番和建设农业现代化的战略任务中，起到有益的作用。

中国农业科学院院长 卢良恕

目 录

序 言

植物组织和细胞培养	(1)
一、绪论	岳绍先 (1)
二、胚胎培养	陈 孝 (10)
(一) 概述	(10)
(二) 胚胎培养的条件和技术	(12)
(三) 胚的离体生长	(18)
(四) 胚胎培养的应用	(19)
三、器官培养	(35)
(一) 花药培养	徐惠君 (35)
(二) 茎的培养	王纪方 (55)
(三) 叶的培养	金 波 (75)
(四) 根的培养	金 波 (92)
(五) 花器官的培养	贾春兰 (98)
(六) 种子的培养	王纪方 (112)
四、细胞培养	蒋婉如 (118)
(一) 植物细胞悬浮培养	(118)
(二) 单细胞培养	(137)
(三) 植物细胞突变体的产生及其筛选	(142)
植物原生质体培养与细胞融合	贾士荣 (150)
一、植物原生质体培养	(150)
(一) 简史	(150)
(二) 原生质体培养技术	(153)
(三) 原生质体技术的应用	(181)
二、植物细胞融合	(187)
(一) 简史和现状	(190)

(二) 植物细胞融合技术	(197)
(三) 体细胞杂交及其在作物改良中的应用	(215)
杂交瘤技术和单克隆抗体在农业上的应用.....蔡少华 卢景良	(222)
一、杂交瘤技术和单克隆抗体在植物方面的研究进展.....	(223)
(一) 植物病毒	(223)
(二) 植物细菌	(225)
(三) 植物类菌质体和螺原体.....	(225)
(四) 农作物害虫的病原病毒.....	(225)
(五) 其他.....	(226)
二、杂交瘤技术的基本原理	(227)
(一) 杂交瘤细胞产生的原理	(227)
(二) 杂交瘤细胞选择性原理.....	(227)
(三) 选择性培养基 (HAT) 的作用原理.....	(228)
三、杂交瘤技术和单克隆抗体的制备	(229)
(一) 基本设备	(230)
(二) 洗涤与灭菌	(233)
(三) 试验动物的选择与饲养	(236)
(四) 骨髓瘤细胞.....	(237)
(五) 培养液及其配制.....	(238)
(六) 抗原及其制备	(246)
(七) BALB/c小鼠的免疫.....	(250)
(八) 细胞融合	(252)
(九) 细胞的冻存与复苏	(254)
(十) 细胞染色体数目的测定	(258)
(十一) 杂交瘤细胞所分泌抗体的检测	(259)
(十二) 杂交瘤细胞的克隆化	(263)
(十三) 单克隆抗体的大量生产	(265)
(十四) 单克隆抗体的纯化	(267)
(十五) 单克隆抗体的鉴定	(270)
(十六) 单克隆抗体的性质.....	(273)
四、单克隆抗体在兽医方面的应用及展望	(275)
五、单克隆抗体用于抗原诊断的操作方法	(278)
基因工程	陆振祥 (280)

一、基因理论	(280)
(一) 遗传学的起源	(280)
(二) 遗传的物质基础	(283)
(三) 核酸 (DNA 和 RNA)	(285)
(四) 基因表达的产物——蛋白质	(293)
(五) 基因的DNA序列分析	(301)
(六) 基因的结构	(305)
(七) 基因的化学合成	(307)
二、基因工程	(309)
(一) 工具酶	(310)
(二) 基因载体	(313)
(三) 细胞转化	(318)
(四) DNA重组体的筛选	(319)
(五) DNA重组技术的操作过程	(319)
三、基因工程在农业上的应用	(323)
(一) 农作物品种改良	(325)
(二) 动物品种改良	(327)
(三) 微生物农药	(329)
(四) 药物生产	(331)
(五) 生物固氮	(334)
固氮遗传工程	陈廷伟 (339)
一、举世瞩目的固氮遗传工程	(339)
(一) 氮肥——农业增产的限制因素	(339)
(二) 生物固氮日益受到重视	(341)
(三) 固氮遗传工程的兴起	(342)
二、形形色色的固氮微生物	(344)
(一) 固氮微生物的发现和种类	(344)
(二) 自生固氮微生物	(347)
(三) 共生固氮微生物	(349)
(四) 联合固氮微生物	(353)
三、生物固氮的秘密	(354)
(一) 固氮酶——生物固氮的核心	(355)
(二) 固氮酶的特性——怕氧	(355)

(三) 奇妙的避氧机制	356
(四) 能源供应	360
四、固氮基因及其转移	362
(一) 固氮基因的组成和功能	363
(二) 固氮基因转移途径	366
五、固氮基因工程	374
(一) 基因工程——分子克隆技术	374
(二) 切割基因的工具酶——分子手术刀	374
(三) 载体——运载基因的工具	376
(四) 固氮基因的分子克隆	378
六、向植物转移固氮基因的途径	382
(一) 探索新途径	382
(二) 先跨进真核生物的门坎	384
(三) 进入植物细胞的可能载体	385
(四) 存在问题	387
七、固氮细胞工程	389
(一) 理论根据	389
(二) 突破植物禁区的技术路线	394
(三) 研究进展	396
VA菌根的基本原理和研究方法	汪洪钢 吴观以 李慧荃 405
一、VA菌根的基本原理	405
(一) VA菌根的形态	406
(二) VA菌根的侵染过程	408
(三) VA菌根真菌的分类	409
(四) VA菌根与磷素的吸收	413
(五) VA菌根的其他功能	418
(六) 外界因子对VA菌根真菌的影响	419
二、VA菌根的研究方法	422
(一) 收集VA菌根真菌的孢子	422
(二) 侵染根的鉴定	423
(三) 分离VA菌根真菌的技术	424
(四) 孢子鉴定	424
(五) 菌种的繁殖	425

(六) 检查根的侵染率	(425)
(七) 田间接种方法	(427)
〔附〕 接合菌菌根真菌属和种要点检索表	(428)
畜禽育种中的新技术	秦志锐 (446)
一、淋巴细胞抗原	(447)
二、红细胞抗原	(453)
三、血液酶及蛋白质多态性	(455)
四、牛奶蛋白多态性	(457)
五、生理学性状	(459)
(一) 激素	(459)
(二) 血液代谢物	(464)
(三) 酶	(465)
六、细胞遗传性状	(467)
七、展望	(468)
家畜胚胎移植	朱裕鼎 (470)
一、胚胎移植的意义	(471)
(一) 遗传改进	(471)
(二) 从无生育能力的母畜获取后代	(472)
(三) 孟德尔隐性性状的遗传测定	(472)
(四) 诱发肉牛双胞胎	(472)
(五) 把新的基因导入无特异病原 (SPF) 畜群	(472)
(六) 增加珍贵和危机品种或畜种的头数	(473)
(七) 从成熟前母畜获取后代	(473)
(八) 胚胎进出口	(473)
(九) 胚胎移植技术已被证实是遗传工程的有效手段之一	(473)
二、胚胎移植技术程序	(474)
(一) 供体母牛的选择	(474)
(二) 供体母牛超数排卵处理	(475)
(三) 胚胎的采集、检卵及胚胎活力的评定	(480)
(四) 胚胎的移植	(488)
(五) 胚胎冷冻	(489)
三、胚胎移植技术的展望	(492)
微型计算机在农业上的应用	(493)

一、微型机的基本知识	余雅福 (493)
(一) 微型机的发展简史	(494)
(二) 几个基本概念	(495)
(三) 微型机的硬件结构	(499)
(四) 微型机的软件概述	(509)
(五) 微型机的发展趋向	(514)
二、在农业生产管理中的应用	张贤珍 (517)
三、在农作物品种资源研究中的应用	张贤珍 (519)
(一) 研究种质资源的遗传特性	(519)
(二) 研究种质的分类	(520)
(三) 研究种质与各种生态环境的关系	(524)
(四) 建立种质资源的信息系统	(525)
四、在作物育种研究中的应用	赵双宁 (540)
(一) 建立亲本数据库	(541)
(二) 亲本研究与选配	(541)
(三) 理想株型研究	(543)
(四) 杂种后代选择方法的模拟	(545)
(五) 品种系谱追踪	(545)
(六) 系谱记录和后代选择	(546)
(七) 提高区域试验质量	(547)
(八) 建立作物育种人工智能专家系统	(547)
五、在土壤肥料研究中的应用	张宁 张贤珍 (548)
(一) 研究土壤的各种物理、化学反应的过程, 建立相应的数学模式和特性 参数	(548)
(二) 最佳施肥量研究	(548)
(三) 应用微机指导施肥	(550)
(四) 建立土壤、肥料数据库	(550)
六、在农业气象研究中的应用	陈延年 (551)
(一) 作物与气象条件关系的研究	(552)
(二) 农业气象数据文件的建立和利用	(554)
(三) 农业气象资料查询系统	(555)
(四) 农作物产量—气象模式的建立和产量预报	(556)
(五) 土壤—植物—大气模式	(559)

(六) 农田小气候观测自动化	(561)
(七) 温室环境的微型机控制	(562)
七、在农业病虫害预报和昆虫种群模拟中的应用	张贤珍 (563)
(一) 病害预报流程	(564)
(二) 虫害预报流程	(565)
(三) 昆虫种群模拟	(566)
八、在农业经济研究中的应用	张贤珍 (568)
(一) 明确要解决问题的性质	(569)
(二) 确定数学方法	(569)
(三) 数据资料收集整理工作	(569)
(四) 建立农业经济的数学模型	(570)
(五) 程序设计或利用现成的软件包	(573)
九、在畜禽饲料配方中的应用	张贤珍 (577)
(一) 确定饲养对象	(577)
(二) 确定主要变量	(578)
(三) 制定主要变量的约束条件	(578)
(四) 确定目标函数	(578)
(五) 转换成线性规划的标准形式	(579)
(六) 设计线性规划的计算机程序	(579)
(七) 灵敏度分析	(580)
遥感技术及其在农业上的应用	朱大权 (582)
一、遥感技术的基本内容	(582)
二、电磁波与电磁辐射	(584)
(一) 宇宙射线	(585)
(二) γ 射线	(585)
(三) X射线	(586)
(四) 紫外线	(586)
(五) 可见光	(586)
(六) 红外线	(587)
(七) 微波	(587)
(八) 无线电波	(587)
三、大气与大气传输	(591)
四、地物光谱	(597)

(一) 土壤.....	(597)
(二) 植被.....	(601)
(三) 水体.....	(605)
(四) 岩石.....	(606)
五、传感器	(607)
(一) 航 摄 机.....	(608)
(二) 反束光导摄像管	(609)
(三) 多光谱扫描仪	(610)
(四) 高分辨率可见光传感器	(612)
(五) 微波传感器	(614)
(六) 热红外扫描仪	(616)
六、遥感平台.....	(617)
(一) 气球.....	(617)
(二) 飞机.....	(617)
(三) 卫星.....	(618)
七、地面接收站	(623)
八、遥感资料及其判读	(624)
(一) 黑白航片	(624)
(二) 彩色航片	(626)
(三) 彩红外片	(627)
(四) 多光谱合成片	(628)
(五) 磁带.....	(629)
(六) 遥感资料的判读	(630)
九、遥感技术在农业上的应用	(637)
(一) 作物估产	(638)
(二) 土壤调查制图	(640)
(三) 土地利用	(642)
(四) 植被调查与识别	(647)
(五) 农业生态环境监测.....	(648)
十、遥感技术展望	(649)

植物组织和细胞培养

一、绪 论

植物的组织和细胞培养是一种无菌培养技术，指的是在无菌、人工控制条件下，对植物的细胞、组织、器官等进行培养并控制其生长发育的一门技术。它包括愈伤组织培养、器官培养及花药单倍体培养、胚胎培养及胚珠、子房、胚乳培养与试管受精、细胞培养、原生质体培养和体细胞杂交等几个方面。

(一) 历史的回顾

植物组织培养的历史可以上溯到 1902 年。当时的德国植物学家 Haberlandt 提出了高等植物的器官和组织可以不断地分割直到细胞，在培养条件下仍能生长和分化的想法，这实际上是植物细胞具有全能性的启蒙观点。他曾想在无菌条件下使分离的植物细胞生长，虽未能成功，但这种思路对后人的研究却有很大启示。随后经过许多人的探索，在胚、根尖、茎尖的组织培养方面获得了成功，至三十年代逐步建立起了植物组织培养的基本技术。其中我国李继侗先生也对此作出了贡献。他观察到 3 毫米以上的银杏离体胚在人工培养条件下可正常生长，且胚乳提取物能促进该过程。这后一发现对以后人们使用植物胚乳汁液、幼嫩种子及果实提取液等天然物质促进培养物的生长具有启蒙意义。三十年代末 White 等人从形成层组织中诱导出了愈伤组织，建立起了愈伤组织培养是组织培养技术的一个重要进展。愈伤组织在一定条件下可以分化出器官和形成植株，是组织培养的极好材料。

四十年代初 White 提出了“植物细胞全能性”（具备有发育成为完整植株的潜力）学说，对植物组织培养工作产生了深远影响。1946 年罗士韦在培养菟丝子的茎尖时发现花的形成，这导致了后

人用组织培养技术诱导花芽形成的研究。1948年 Skoog 和崔激发现腺嘌呤可以解除培养基中生长素 (IAA) 对芽形成的抑制作用, 并诱导出了芽, 从而明确了腺嘌呤/生长素的比例是控制芽和根分化的主要条件之一。在此基础上 Miller 于 1956 年发现了激动素, 它能代替腺嘌呤促进芽的形成, 且效果提高 3 万倍, 从而使控制器官分化的模式改为激动素/生长素, 这一规律的建立大大促进了植物器官分化及胚胎发育的研究。当愈伤组织培养在振荡的无菌液体培养基中时, 表面的细胞常常游离出来悬浮于其中生长, 在适合条件下还可分裂分化, 这就是悬浮细胞培养, 是五十年代由 Muir 等人发展起来的。1958 年 Steward 用胡萝卜根的愈伤组织细胞进行悬浮培养, 单个的细胞经过类似受精卵发育那样的胚胎发生过程最后形成了小植株, 使细胞全能性的假设得到证实, 这是组织培养技术的一大成就。

六十年代 Guha 和 Maheshwari 从曼陀罗的花药培养中得到了植株, 并证明这种植株来自单倍体的花粉。后来在烟草、水稻等多种植物中也都获得了单倍体植株, 逐渐建立起了花药培养和花粉培养的技术, 这种技术现在已广泛应用到育种工作中。六十年代初 Cocking 用纤维素酶分解细胞壁从番茄根尖分离出了原生质体。到了七十年代利用酶法大量分离原生质体并加以培养获得成功, 于是建立起了原生质体培养技术。1972 年 Carlson 用 NaN_3 做融合剂, 把两种烟草的原生质体融合起来, 培养出第一株体细胞杂种。1977 年高国楠又首先用聚乙二醇 (PEG) 做融合剂, 使植物种间 (大豆 + 大麦, 大豆 + 玉米) 原生质体融合的频率提高到 10—35%, 为后来的原生质体融合及体细胞杂交研究打下了良好基础。

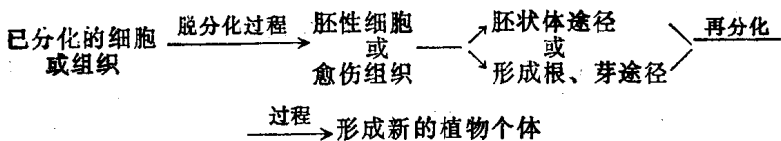
我国自七十年代以来在组织培养特别是花药培养方面做了大量工作, 取得了显著成果。有 40 种花粉植株首先在我国被诱导成功, 在此基础上又迅速地将花培技术应用到小麦、水稻、烟草、玉米、橡胶等作物的育种实践上, 获得一批新品种, 从而走到了世界的前列。在基础理论研究方面, 我国研制、改进和筛选了许多培养基, 其中的 N₆ 培养基、马铃薯培养基已为国内外广泛采用。在白化苗成因的分析 (认为可能与质体 DNA 发生了某种变异有关)、雄核发育花粉

起动的机理、染色体的变异等方面均做了大量工作。正是由于上述各项优秀成果受到了国际上的重视，因而有三次国际学术会议是在我国召开的。它们是：中澳植物组织培养会（1978年）；植物组织培养在作物改良中的应用会议及国际学习班（1981年）；国际遗传操作及单倍体育种学术讨论会（1984年）。

从上面的简略回顾中可以看到植物组织和细胞培养技术自三十年代建立起来发展非常迅速。早期的探索到愈伤组织的形成，初步建立起了一套技术，随后在培养基上诱导出了根、芽等器官及小植株，并逐步发展和完善了细胞的悬浮培养、花药和花粉的培养、原生质体培养和体细胞杂交等几个重要的技术，从而使组织培养达到了较为完善的地步。近年来这些技术进一步与分子生物学和遗传学的方法相结合，大大丰富了生物工程的内容并出现了工厂化生产农产品的事例，一些新兴的生物工程产业逐步形成，更加展示了组织培养技术的光辉前景。

（二）植物细胞的全能性和组织培养

从悬浮细胞培养、花药培养、原生质体培养中都观察到了单个的细胞、花粉粒或者原生质体能够发展成为完整的植株。植物活细胞这种能够发育成为完整植株的潜在能力叫做细胞的全能性，它是组织培养的重要理论基础。细胞全能性表明，具有细胞核的已分化细胞，在一定的培养条件下经过脱分化过程，可以恢复到胚性状态或者形成愈伤组织；后者，即已脱分化的组织或细胞在一定条件的诱导下，经过胚状体途径或者形成根、芽的途径，又可以再分化成为新的植物个体，如下所示：



在此过程中胚状体或者根、芽的形成可通过调节培养基中细胞分裂素和生长素的浓度和比例而得到有效的控制，同时它们还受到外植体的来源，培养时的光照、温度等环境条件的影响，从而在多种因

素的综合调节下，使器官形成得到控制。

(三) 应用与展望

不论是在理论研究上或生产实践上，组织培养技术都有着广泛的应用并取得了许多新进展。

1. 组织培养和快速繁殖、无毒苗的制备及种质的保存 目前世界上通过组织培养再生植株的植物已达六百多种，其中许多有经济价值的果树、药材、花卉等用组培快繁法已实现了商品化生产。美国的兰花工业每年产值达五、六千万美元，泰国每年出口兰花及试管兰花苗 650 万美元。国内组培快繁的对象已达一百多种植物，取材部位有根、茎、叶、花、果实、种子等器官。其中甘蔗、菠萝、枇杷、无籽西瓜、草莓、唐昌蒲、菊花、香石竹、月季、非洲紫罗兰等植物已实现了工厂化育苗生产。甘蔗试管繁殖苗目前已达 5 万亩，广西柳城的育苗车间，年产 300 万株苗，经苗床种植一次后可供 3 万亩秋季蔗田用种。一些热带、亚热带的果树如柑桔等优良树种的快繁也已成功，这使珍贵的单株得以保存并推广。名贵花卉牡丹、君子兰、双色茉莉等的组织培养技术也已建立。由生长点培养获得无病毒植株已在马铃薯、甘薯、大蒜、百合等植物中取得成功，其中马铃薯的茎尖脱毒培养已用于生产收到了经济效益。冰冻悬浮培养物、愈伤组织、分生组织、体细胞胚或原生质体胚状体已在烟草、胡萝卜、亚麻、豌豆、花生、马铃薯、番茄、草莓、甘蔗、枣椰树、东美杨等数十种植物上应用。胡萝卜和烟草的悬浮培养物可在 -20°C 至 -196°C 低温下贮藏六个月之久仍能恢复生长并分化出植株。这样保存的种质极易长途运输，便于国际间的交流。

2. 花药培养和单倍体育种 通过花药培养获得的植物在全世界已达 200 种，其中不少单倍体新品种已在生产上应用。我国花药培养和单倍体育种在国际上处于领先地位，培育成功的花粉植物已达二十多种，其中小麦、玉米、橡胶、杨树、柑桔等十种植物的花粉植株在我国首先培育成功。中国农业科学院烟草研究所与中国科学院植物研究所合作的花培烟草单育 1、2、3 号新品种种植面积超过 15 万亩。小麦目前已有 6 个花培品种经审定命名，总面积 100