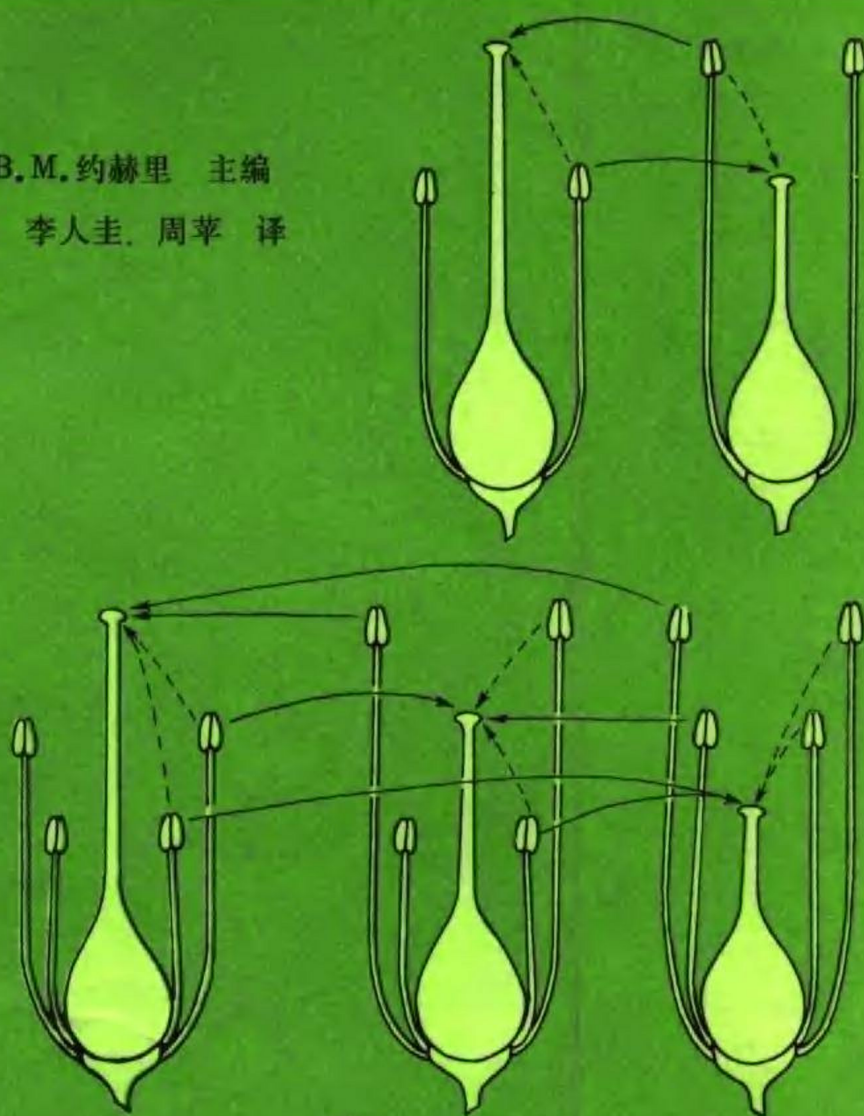


维管植物 实验胚胎学

[印度]B.M. 约赫里 主编
张圣章 李人圭 周萃 译



内 容 提 要

作者论述了维管植物的三大主要类群蕨类、裸子和被子植物实验胚胎学研究的发展和新成就。全书共分十章。第一章引言概括了维管植物实验胚胎学研究领域中发生的划时代事件；第二、三章为蕨类和裸子植物实验胚胎学，重点论述了蕨类植物胚胎发生的超微结构和组织化学研究进展；第七章为花粉-雌蕊的相互作用和受精的控制；其余六章分别为花，花药，子房、胚珠和珠心，胚乳，胚和原生质体的培养。资料丰富，内容新颖，可供植物学、农学、林学、园艺和植物生理学以及从事植物组织培养研究的工作者，大学生、研究生和教师教学和研究参考。

B. M. Johri

Experimental Embryology of Vascular Plants

by Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1982

维管植物实验胚胎学

[印度] B.M. 约赫里 主编

张圣章 李人圭 周苹 译

华东师范大学出版社出版

(上海中山北路 3663 号)

新华书店上海发行所发行 华东师大印刷厂印刷

开本: 787×1092 1/16 印张: 16.5 字数: 380千字

1986年6月第一版 1986年6月第一次印刷

印数: 001—1,500

统一书号: 13135·016 定价: 3.70元



*Dedicated to
Professor Panchanan Maheshwari FRS
(1904–1966)*

译 者 的 话

本书是印度德里大学植物学系B. M. 约赫里教授主编和印、美两国有关专家共同撰写的近著。全书有以下三个特点:

1. 系统地介绍了离体生殖器官培养的研究进展和成果;
2. 叙述了离体生殖器官培养中胚胎发生的外部形态特征和内部生化变化并与体内胚胎发生作比较;
3. 各章都介绍了各个领域中的最新科学成就, 实验方法和文献资料。

参加翻译的同志有: 张圣章同志翻译第一、六、七、八章, 李人圭同志翻译第四、五、九章和周苹同志翻译第二、三、十章。由于译者水平有限, 错误和缺点在所难免, 欢迎批评指正。

译 者

1984. 5. 于上海

序

很久以前植物学被看作 *Scientia amabilis*, 友好的科学, 对业余有闲的爱好者最为合适。从那时起, 尤其在本世纪, 在它的重要性, 和它与各类其他学科的密切关系方面惊人地发展了, 象植物遗传学和植物生理学那样一些学科曾一度实际上被包括在广义的植物学名称之下。尽管这些学科已发展成为各自独立的主要科学领域, 但植物学这一母体科学, 仍然保持着它的中心位置: 这是因为它涉及植物, 而植物是这颗行星最重要的生命支持系统之一。而且, 由于与其他科学之间的相互影响, 并受益于它们的进展, 植物学在一些领域里已稳步向前发展。维管植物的实验胚胎学是那些近几年中取得惊人进展的领域之一。因此现在发表有关这方面的一本权威性著作是适逢其时的。本书由印度的第一流植物学家之一 B. M. 约赫里 (B. M. Johri) 教授规划和编辑是很合适的。Johri 教授在胚胎学, 植物形态学和形态发生中的贡献是驰名世界的。他与 P. Maheswari 教授、伟大的植物学家和胚胎学家密切合作数年之久, 这本书是呈献给他的。约赫里教授从事研究和教学达半个世纪之久, 他对科学作出了杰出的贡献, 并博得天才教师的美誉。他的其他荣誉尚有: 任印度植物学会和国际植物形态学家学会的主席, 第三届国际植物组织和细胞培养会议和第十二届国际植物学会议的副主席。他曾任著名杂志“植物形态学”(“*phytomorphology*”)的编辑多年。他曾多次获奖, 包括获得声望很高的 Birbal Sahni 金质奖章。他作了广泛的旅行。我提及所有这一切不过是为了指出约赫里教授编辑本书的特别资格。撰写这篇序言我感到特别愉快, 因为我熟悉约赫里教授已经多年, 并且对他全身心献身于科学的精神, 他的博识, 以及他计划和开展研究的细心, 感到非常钦佩。他在发表他的研究成果时坚持高标准也是众所周知的。

本书在关于蕨类、裸子和被子植物实验胚胎学方面包括了花培养, 花药培养, 子房、胚珠和珠心培养, 花粉和雌蕊的相互作用和受精作用的控制, 胚乳培养, 胚培养和原生质体培养等广泛专题。对至关重要的有关方面作了强调。各章的作者在他们各自的领域里都是有名的权威。他们的著作以及约赫里教授简短而深刻的, 富有权威性的引言, 使这本书不仅对它的主要对象大学生和研究生是无价之宝, 而且对有志于了解这方面情况并应用迄今所获得的进展的人, 也是无法估价的。我相信本书一定深受欢迎。我祝愿约赫里教授和他的共同撰稿人取得成功。

哲学博士 (英国剑桥大学), 皇家学会会员。名誉会员, 林奈学会会员, 全国航空联合会, 考古学会会员。

B. P. PAL

新德里 1982.4.10

Dr Pal 是印度农业研究学会前会长; 印度农业研究委员会总干事; 印度国家科学院前任院长; 印度科学大会委员会前任主席; 国家环境设计和协作委员会前主席。

前 言

《维管植物实验胚胎学》的主要对象是大学生和研究生。因此并没有对文献去作详尽的评论。由于近25年来实验胚胎学方面取得了显著的进展,由于缺乏集中反映处于分散状态的资料的著作,编撰本书就显得十分迫切了。

技术的改进和大量新的有用的植物化学药品的获得,加速了研究的步伐;同时已出现了植物的生长,发育和分化等体外研究的很多新领域。

早年通常把番茄根切段,胡萝卜根的形成层区的圆盘,烟草茎的髓组织培养在附加单独或组合的各种浓度的生长促进剂的相当简单的培养基中。渐渐地其他植物的组织和器官也在体外培养了。这些研究并不限于被子植物,而裸子植物,苔藓和蕨类的组织在培养中也能生长。这些导致了在再生、生活周期的变更,无孢子形成和无配子生殖方面的实验研究。在液体和洋菜培养基上的单细胞培养,细胞悬浮块的培养,和原生质体培养,对体外研究产生了新的影响。

由 Haberlandt 在二十世纪初所设想的植物细胞的全能性已经得到了充分证明。如果至今我们在所有的情况中不能获得期望的结果,这是由于缺乏合适的技术,和关于营养培养基和物理与化学条件的知识的缘故,而这些物理和化学条件对细胞、组织和器官合适的生长是必须的。

1951年哈佛大学生物系实验室的 J. P. Nitsch 发表了一篇论文,论小黄瓜和其他一些植物的未授粉和授粉子房的培养。这一研究是在 R. H. Wetmore 教授领导下进行的,它为被子植物繁殖器官的细胞、组织和器官培养铺平了道路。

本书原先计划包括:“花的培养”,“花药培养”,“子房、胚珠和珠心培养”,“花粉和雌蕊的相互作用和受精的控制”,“胚乳培养”,和“原生质体培养”。我们加入了重要的蕨类和裸子植物的实验胚胎学的内容,以便更广泛地论述这一专题。在“蕨类植物实验胚胎学”这一章中,也包括超微结构和组织化学的一些方面;然而,为了将文章限制在合适的篇幅内,我们并未沿用到裸子植物和被子植物中去。

《维管植物实验胚胎学》原稿在1979年1月提供给出版者。我向印度 Springer-Verlag 的代理人 Mr. N. K. Mehra 提议,探求在印度出版廉价版本的可能性。Mr. Mehra 竭尽全力,但他没找到一个满意的印刷商。最后,大约1981年6-7月间,原稿被转回海德堡的 Springer-verlag 手里。

因为出版周期反常的拖延,撰稿人视需要更新知识是合乎情理的,因此大部分章节中都加入了最近的研究内容。

我想强调的这本书并不只是讨论繁殖器官的细胞和组织培养。在适当场合对体内发育也作了讨论,以便作比较。在关于包括亲和与不亲和反应的花粉粒和雌蕊细胞的细胞

壁方面已获得了很多新的知识。在这方面本书也给予很多注意。有些章是由这个系的我的同事撰写的，并和我共同准备的。

这种性质的教科书很可能有缺点，如果读者能指出它们，我将十分感谢。然而我深信大学生和研究生将发现各章中的知识是很有用的。

B.M.约赫里

1982. 1. 德里大学

目 录

第一章 引言.....	1
本著作的范围.....	2
一些划时代的事件	2
营养培养基	3
多胚现象	3
参考文献	5
第二章 蕨类植物的实验胚胎学	7
精子器的发端	7
精原细胞	7
劲卵器的发端	8
卵子发生	9
细胞学特性.....	9
生化特性.....	10
卵的成熟	10
受精	11
精子的吸引力	12
进入卵	12
蕨类植物胚的发育模式	13
蕨类植物胚中发育模式的调节	15
外科手术实验	15
分离胚的生长	17
生化的研究	19
参考文献	20
第三章 裸子植物的实验胚胎学	22
胚胎发生的类型	22
胚培养	24
原胚的发育潜力	24
充分发育的胚 (成熟胚) 的实验	26
不定胚的发育	31
配子体培养	33
小孢子和雄配子体	33
雌配子体	35
结束语	39

参考文献	42
第四章 花培养	47
草本植物花芽培养物的分化	47
木本植物花芽培养物的分化	55
花芽外植体的愈伤组织化与分化	57
花芽外植体回复到营养状态	60
结束语	62
参考文献	66
第五章 花药培养	71
培养方法	71
雄核发育的营养和激素条件	75
小孢子发育时期和花粉分裂的其他因素	76
花粉胚状体的个体发育	77
雄核植株的倍性状况	81
从单倍体、三倍体、四倍体植物获得花粉植株	85
从单倍体曼陀罗获得雄核植株	85
从三倍体和四倍体曼陀罗获得花粉植株	85
结束语	86
参考文献	89
第六章 子房, 胚珠和珠心培养	98
子房	98
生长物质的效应	98
花器官的作用	99
杂交不亲和性的障碍	100
多胚现象的诱导	100
无融合生殖植物的子房培养	102
胚珠	102
生长物质的效应	102
物理因子的效应	105
杂交中胚珠培养	105
未受精的胚珠培养	107
珠心	107
来自受精胚珠的珠心培养	108
来自未受精胚珠的珠心培养	110
影响体外珠心胚胎发生的因子	110
除柑桔属以外物种的离体珠心的胚胎发生	113
结束语	114
参考文献	116

第七章 花粉-雌蕊的相互作用和受精的控制	122
花粉粒	122
雌蕊	124
花粉-雌蕊的相互作用	127
花粉管生长	127
向药性	128
受精	129
不亲和性	129
识别中包含的因子	131
花粉壁蛋白	131
柱头-表面蛋白	133
识别和拒绝的次序	134
种内不亲和性	134
种间不亲和性	136
抑制作用的机制	137
种内不亲和性	137
种间不亲和性	139
克服不亲和性的方法	140
识别花粉或蒙导花粉	140
子房内授粉和试管受精	143
结束语	148
参考文献	152
第八章 胚乳培养	166
未成熟胚乳的培养	167
成熟胚乳的培养	168
胚因子	168
组织学和细胞学的研究	169
生长要求的必要条件	172
物理因子	172
化学因子和分化	172
结束语	180
参考文献	182
第九章 胚培养	185
已分化的和成熟的胚培养	185
原胚培养	188
天然的植物提取物的作用	189
高渗浓度的作用	195
生长激素的效应	197

体内与体外胚的生长比较	201
胚切段的培养	203
结束语	205
参考文献	208
第十章 原生质体培养	220
原生质体的分离	220
机械法	220
酶解法	220
原生质体的培养	223
步骤	223
培养基	223
细胞壁形成和分裂	223
原生质体培养中的再生	225
胚胎发生	225
器官发生	230
应用	233
体细胞融合和杂交	234
摄取大分子和传递遗传信息	237
结束语	239
参考文献	242

第一章 引言

B. M. Johri

回顾起来,实验胚胎学可以说源于公元前三世纪美索不达米亚人举行特别仪式对枣椰子授粉的时候。一个人爬到雄树上,采下花序,把它传给祭司长,祭司长把雌花序跟雄花序碰了一碰,这样就保证了枣椰子的丰收。

Camerarius (1694) 观察到如果一年生山黧(*Mercurialis annua*)的雌性植物离开雄性植物,果实不含有能育的种子。他用蓖麻属(*Ricinus*)和玉蜀黍继续他的实验,并指出要产生种子必须有雄蕊和心皮之间的相互作用。

Kölreuter(1761)人工地授粉烟草属(*Nicotiana*),石竹属(*Dianthus*),紫罗兰属(*Mattiola*),和仙天子属(*Hyoscyamus*)产生了杂种。而授粉和受精的精确作用仍未被发现,Kölreuter没有料到他的人工授粉的简单技术,在适当的时候,将成为植物繁殖和作物改良的重要工具。

P. Maheshwari(1950)扼要讲述了体内和体外的实验胚胎学的早期研究。体外研究的起源归功于Haberlandt(1902);也见Krikorian与Berquam(1969)对“成熟”细胞所作的开拓性研究。虽然他的努力没有成功,他预言营养液中培养分离的细胞将可能成为解决一些重要问题的一种实验手段(见White 1954)。这个预言在后来的50年中已完全实现了。

现在我们有几种维持繁殖组织体外生长的营养培养基的配方。并且重大的结果已经和正在获得。细胞,组织和器官培养现在是一门稳固建立的学科,它与生理学,生物化学和遗传学等其他学科有着广泛的联系。

最近几年中几部有关细胞,组织和器官培养不同方面的著作已经发表。Raghavan(1976)研究了维管植物的实验胚胎学。由Reinert与Bajaj(1977)编的《植物细胞,组织和器官培养,应用和基础方面》一书包括花药培养,分离的小孢子培养,胚珠培养,体外授粉和受精,胚乳培养,胚培养,一些其它章节中也讨论了胚胎发生。Street(1977)编的《植物组织和细胞培养》有花药和花粉培养,机体形成方面——器官发生,胚胎发生,和细胞分化几章;论及实验胚胎学的有关知识包括在一些其他章节中。Gautherct(1977)编 Georges Morel Volume,它有许多有关实验胚胎学,特别在花药培养和单倍体植物产生的知识。北京科学出版社发表了《植物组织培养讨论会会议录》,这个讨论会由中国科学院和澳大利亚政府联合组织,于1979年在北京举行的。这一卷包括植物组织培养方面的近著,它们大部分着重探讨利用中国所采用的植物组织培养方法的可能性。1978年由Thorpe编的《植物组织培养领域》包括在加拿大,Calgary举行的植物组织和细胞培养第四届国际会议上发表的文章。它强调特别在最近十年中通过植物组织培养的应用在植物生长和发育知识方面的进展。《领域》讨论了植物组织培养在工业和农业方面的影响,遗传操纵,生长和形态发育的调节,和初生与次生代谢等多种的而有关的论题。B. Grout

与K. Short (1979) 的《植物组织培养基础》是一本用于高级中学和大学生导论性的教科书。它可以用作培养基的制备和无菌培养技术的方法学的原始资料。《植物细胞和组织培养—原理与应用》这一新著(Sharp等1979)涉及当前世界食物和能源的情况,生长和形态发生的生理,遗传和农业的应用。这些著作的各章是由提供器官,组织和细胞培养的第一手资料的专家来准备的。然而至今没有一本单一的书来系统叙述实验胚胎学,这样的书对大学生和研究生也是有用的。

本著作的范围

下面几章讨论蕨类、裸子和被子植物的实验胚胎学。每一章是独立的,因此难免会有一些重复。正文和图例没有被太多培养基的细节所充斥,有关这些情况可参考正文和参考文献中的引证。撰稿人已经成功地说明了特别在最近25年期间我们的实验胚胎学知识发展中划时代的事件。指出了重大成就和许多未解决的问题。Johri (1962, 1965, 1971a, b, 1974) 在一些评论中已经讨论了实验胚胎学的大多数领域。然而在这领域中进展是如此之快,以致一个广泛的评论是不可能的。因此编纂这本由很多作者撰稿的维管植物实验胚胎学就很有必要了。

一些划时代的事件

最惊人的成就似乎是花粉(第五章)在体外发育成单倍体植物。最近10年期间花药或花粉培养方面举行的国内和国际讨论会在数量上超过了体外研究的任何单一方面的事实表明这一研究领域有着丰富潜力。

通过花药培养(Guha与Maheshwari 1964)来自花粉的单倍体植物的起源被发现后不久,下一步即是培养分离的花粉粒。在这方面C. Nitsch (1976)对花药和分离的花粉粒预处理的技术和过程作了很好的说明。

C. Nitsch (1977)讨论分离花粉粒培养的优越性,认为它胜过花药培养。解体的花药组织可以溶解出生长抑制物质,这种抑制物质在花粉培养中完全被除去了。从花药培养产生二倍体愈伤组织的可能性也回避了。通过花粉培养产生大量的单倍体和纯合的二倍体对遗传学家是十分重要的。

带原胚和游离核胚乳的授粉子房培养成功,使可能培养带合子和初生胚乳核的子房和胚珠。下一步是体外培养和授粉子房与胚珠。雌蕊,带胚珠的胎座,和分离的胚珠(第七章)的试管授粉与受精在排除杂交可能性障碍和获得属间与种间杂种方面前进了一大步(也见第六章)。这种技术现在仍未得到有益的利用,但它的潜力不能低估。

胚乳组织—长期认为是“死”的和无力进行形态发生—已经成功地培养和达到器官发生(由Johri与Bhojwani于1965首先报告)。一些不同的物种已产生无限生长的愈伤组织,大约在十多个物种中分化产生了三倍体的根,茎和小植物(第八章)。

值得一提的是用于体外产生单倍体,控制受精和胚乳培养技术是由德里大学植物系的研究者在皇家学会会员P. Maheshwari教授启发性的指导下最初完成的,本书也是奉献

给他的。

值得一提的另一方面是原生质体的培养。严格地讲这可能不直接属于实验胚胎学。然而胚胎发生在一些物种的原生质体中被发现了(第十章)。因此似乎有必要包括原生质体这一章。为了体现广泛性起见,原生质体培养的一些其他方面也考虑到了。

营 养 培 养 基

在最短时间内选择一个合适的营养培养基维持各种细胞,组织和器官的最适生长,发育和分化是一个费时的任务。如果已经应用的培养基证明并不令人满意,必须试验各种组合直到获得一个合意的培养基。Raghavan (1976) 叙述了被不同的人经常用于培养营养和生殖组织的18种培养基的细节。通常用于生长着的繁殖组织的培养基是由P. R. White, J. P. Nitsch与C. Nitsch, T. Murashige与F. Skoog所设计的那些以及它们的和其他培养基的修改物。各种浓度的水解酪朊,酵母抽提物,椰乳, IAA, 激动素, 赤霉素, 混合氨基酸和其他的化学与植物抽提物也用作附加物。由于很难确定引起实际反应的活性部分, 最近几年人们避免应用椰乳和其他的植物抽提物。因此努力做到设计简单, 完全确定的培养基, 以便能够确立意义深长的相互关系。

多 胚 现 象

Johri (1971b) 讨论了组织培养中胚胎发生的各个方面。发育顺序通常可以与体内的发育相比较。额外胚状体的起源有时可追溯到一种单一的初发组织或增殖的愈伤组织。可以注意到愈伤组织块会显示出看上去象胚胎发生阶段的结构。如果进一步发育导致胚的各种器官的分化, 这些应认为是胚状体。如果不存在器官发生, 就没有正当理由把这些细胞的集合体解释为胚状体。根据Haccius (1971) 的意见胚是一种两极结构, 苗极和根极的分化发生在相对的两端。在它的发生和发育期间它不应与外植体的维管组织联系起来。

多胚可由出芽, 或卵裂, 合子的胚性块产生的。出芽和卵裂在原胚中比高级阶段的胚更为普遍。培养基中加入水解酪朊会促进胚胎发生和多胚现象。

Johri (1965) 认为多胚可以分成三类:

1 合子的多胚。原胚的出芽和(或)卵裂, 或从胚性愈伤组织分化额外的胚——蒺藜属 (*Anethum*), 菟丝子属 (*Cuscuta*), 五蕊寄生属 (*Dendrophthoe*), 檀香科的一属 (*Exocarpos*), 和棉属 (*Gossypium*)。

2 珠心多胚。愈伤组织化的珠心组织——四季桔 (*Citrus microcarpa*)。

3. 胚状体。

a) 愈伤组织化的花原基——石龙芮 (*Ranunculus sceleratus*) (也见第四章)。

b) 体外小植物的茎——石龙芮 (*Ranunculus sceleratus*) (也见第四章)。

c) 愈伤组织化的花药——南洋金花(毛叶曼陀罗) (*Datura innoxia*) (也见第五章)。

d) 愈伤组织化的叶段——落地生根 (*Kalanchoë pinnata*)。

e) 愈伤组织化的根外植体——胡萝卜 (*Daucus carota*)。

近来胚状体也从愈伤组织化的荷叶芹 (*Petroselinum hortense*^①) 的胚乳 (见第八章) 和橙 (*Citrus sinensis*) 的分离原生质体中获得 (见第十章)。

多胚 (在体内发生) 通常分成“真”和“假”的类型, 决定于胚是否在同一胚珠中同一胚囊还是在不同胚囊产生而来 (P. Maheshwari 1950)。从体外研究来判断多胚现象可以恰当地分为二类: 自生的和诱导的。自生的类型进一步分成“真”和“假”的类型。诱导的多胚包括以上提及的“合子的”和“非合子的”多胚现象。

胚胎发生的能力广泛分布着, 可能它是植物体细胞的一种遗传特性 (见 Reinert 等 1977)。Narayanaswamy (1977) 摘要叙述了组织培养中植物再生的各种情况, 并且列举了组织培养中胚发育的各种植物的类型。由于各实验室的工作进展, 附加的这些目录尚可继续。

可以注意到在各物种的细胞、组织和器官的组织培养方面无疑已取得显著的成就。但在了解错综复杂的形态发生方面仍有很多工作要做。随着对未解决的问题的更好了解和技术上的进一步改善, 我们将能开辟新的前景。

Vasil (1980) 已经编了两卷《植物细胞和组织培养远景》。除一些其他题目之外, 有雄性单倍体, 体外子房内的授粉, 胚乳培养, 胚培养和原生质体的分离, 培养与融合等章。另一本编辑的书 (Thorpe 1981) 是《植物组织培养: 方法和农业上的应用》。所讨论的感兴趣的方面包括营养, 培养基, 植物细胞和组织培养的特点, 孤雄生殖的基本技术方面, 细胞培养物的生长和行为, 胚胎发生和器官发生, 体外受精作用, 胚培养和原生质体的分离, 融合与培养。《经过体外技术无性系的农业植物》(Conger 1981) 主要涉及到观赏植物种, 果实作物, 蔬菜 (叶菜) 作物, 农艺作物和树木的扩大繁殖 (micropropagation)。在培养基和培养基成分, 外植体年龄, 花药培养, 单倍体繁殖, 器官发生, 胚胎发生, 胚培养, 和原生质体培养等方面有一些十分有用的知识。

①这显得可疑的, 或许胚状体可能起源于愈伤组织化的胚性组织。

参 考 文 献

- Anonymous (1978) Proceedings of symposium on plant tissue culture. Academica Sinica, Science Press, Peking
- Camerarius RJ (1694) De sexu plantarum epistola. Tübingen, Germany
- Conger BV (ed) (1981) Cloning agricultural plants via in vitro techniques. CRC Press Inc, Boca Raton, Florida
- Gautheret RJ (ed) (1977) La culture des tissus et des cellules des végétaux. Résultats généraux et réalisations pratiques. Travaux dédiés à la mémoire de Georges Morel. Masson, Paris
- Grout B, Short K (1979) Fundamentals of plant tissue culture. Neo Plants Ltd, Stoke
- Guha S, Maheshwari SC (1964) In vitro production of embryos from anthers of *Datura*. Nature (London) 204:497
- Haberlandt G (1902) Kulturversuche mit isolierten Pflanzenzellen. Sitzungsber Akad Wiss Wien Math, Naturwiss Kl 111:69–92
- Haccius B (1971) Zur derzeitigen Situation der Angiospermenembryologie. Bot Jahrb 91:309–329
- Johri BM (1962) Controlled growth of ovary and ovule. In: Maheshwari P, Johri BM, Vasil IK (eds) Proceedings of the Summer School of Botany, Darjeeling. Ministry Sci Res Cult Affairs. New Delhi, pp 94–105
- Johri BM (1965) Chemical induction of polyembryony. In: Ramakrishnan CV (ed) Tissue culture. W. Junk, The Hague, pp 330–334
- Johri BM (1971a) Differentiation in plant tissue cultures. Presidential address, Sec Bot, 58th Indian Sci Congr Bangalore 11:159–186
- Johri BM (1971b) Embryogenesis in tissue cultures. In: Les cultures de tissus de plantes. Colloq Int CNRS Paris 193:269–280
- Johri BM (1974) Experimental morphogenesis. Invitation lectures delivered at the University of Mysore. Prasaranga, Univ Mysore, pp 1–64
- Johri BM, Bhojwani SS (1965) Growth responses of mature endosperm in cultures. Nature (London) 208:1345–1347
- Kölreuter JC (1761–1766) Vorläufige Nachricht von einigen das Geschlecht der Pflanzen betreffenden Versuchen und Beobachtungen
- Krikorian AD, Berquam DL (1969) Plant cell and tissue cultures: The role of Haberlandt. Bot Rev 35:59–88
- Maheshwari P (1950) An introduction to the embryology of angiosperms. McGraw Hill, New York
- Narayanaswamy S (1977) Regeneration of plants from tissue culture. In: Reinert J, Bajaj YPS (eds) Applied and fundamental aspects of plant cell, tissue, and organ culture. Springer, Berlin Heidelberg New York, pp 179–206
- Nitsch C (1976) Protocol for the practice of pollen culture. In: Dudits D, Farkas GL, Maliga P (eds) Cell genetics in higher plants. Proc Int Training Course, Akadémiai

Kiadó, Budapest, pp 221 – 226

Nitsch C (1977) Culture of isolated microspores. In: Reinert J, Bajaj YPS (eds) Applied and fundamental aspects of plant cell, tissue, and organ culture. Springer, Berlin Heidelberg New York, pp 268 – 278

Raghavan V (1976) Experimental embryogenesis in vascular plants. Academic Press, London New York

Reinert J, Bajaj YPS (eds) (1977) Applied and fundamental aspects of plant cell, tissue, and organ culture. Springer, Berlin Heidelberg New York

Reinert J, Bajaj YPS, Zbell B (1977) Aspects of organization—organogenesis, embryogenesis, cytodifferentiation. In: Street HE (ed) Plant tissue and cell culture. 2nd edn. Bot Monographs, vol 11. Blackwell, Oxford, pp 389 – 427

Sharp WB, Larson PO, Paddock EF, Raghavan V (eds) (1979) Plant cell and tissue culture—Principles and applications. Ohio State Univ Press, Columbus

Street HE (ed) (1977) Plant tissue and cell culture. 2nd edn. Bot Monographs, vol 11. Blackwell, Oxford

Thorpe TA (ed) (1978) Frontiers of plant tissue culture. Proc 4th Int Congr Plant tissue and cell culture. Univ Calgary, Calgary

Thorpe TA (ed) (1981) Plant tissue culture: Methods and applications in agriculture. Academic Press, New York London

Vasil IK (ed) (1980) Perspectives in plant cell and tissue culture. Int Rev Cytol, Suppl 11A, 11B. Academic Press, New York London

White PR (1954) The cultivation of animal and plant cells. Thames and Hudson, London