

# 国兰生理

THE PHYSIOLOGY OF CYMBIDIUM

● 潘瑞炽 叶庆生 著



科学出版社  
[www.sciencep.com](http://www.sciencep.com)

# 国 兰 生 理

## THE PHYSIOLOGY OF CYMBIDIUM

潘瑞炽 叶庆生 著

科 学 出 版 社

北 京

## 内 容 简 介

本书讨论了国兰（即兰属 *Cymbidium*）的生理生化问题。全书共分八章，即种子萌发、快速繁殖、水分生理、矿质营养、光合作用、呼吸作用、生长、开花，以及附录“兰科植物的分子生物学研究进展”。本书主要取材于我国的工作，并吸收日本、韩国和荷兰等国的研究成果。既在理论上阐明兰属植物解剖、生理、生化的特性和变化，也密切联系生产实际，对兰花栽培和育种有重要的参考价值。

本书是我国首次出版的兰花生理专著，内容丰富，文献翔实，可供兰业科研人员和养兰工作者参考，也可供兰花爱好者阅读。兰属生理的基本理论与其他花卉生理是一致的，所以本书亦可作为大专院校花卉专业教材和供花卉工作者参考。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

国兰生理 = The Physiology of *Cymbidium*/潘瑞炽, 叶庆生著. —北京: 科学出版社, 2006

ISBN 7-03-016270-6

I. 国… II. ①潘…②叶… III. 兰科-花卉-植物生理学-研究 IV. S682.310.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 107675 号

责任编辑: 霍春雁/责任校对: 陈丽珠

责任印制: 钱玉芬/封面设计: 高海英

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

双青印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2006年2月第一版 开本: 782×1092 1/16

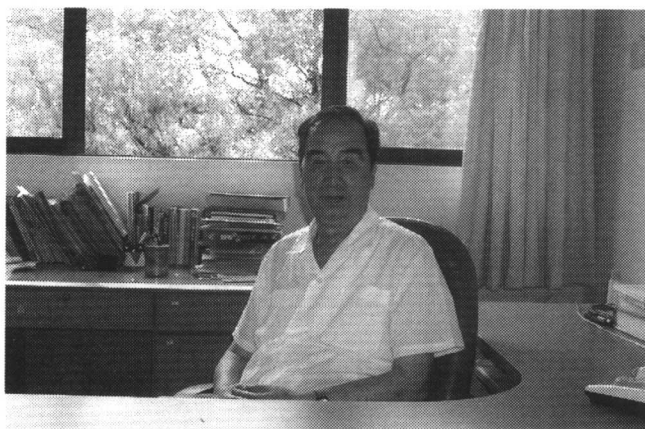
2006年2月第一次印刷 印张: 10 1/4 插页: 4

印数: 1—1 500 字数: 216 000

定价: 55.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换<双青>)

## 作者简介



**潘瑞炽** 我国著名植物生理学家。华南师范大学生命科学学院教授，博士生导师，享受政府特殊津贴，获曾宪梓教育基金二等奖。曾任教育部高等学校理科生物学教材编审委员会委员，国家教委生物学教材审查委员会委员，中国植物生理学会教学委员会副主任委员，植物生长物质分会主任委员，国际生长物质协会会员，美国植物生长调节剂协会会员，东南亚兰花协会会员，《植物生理学通讯》、《热带亚热带植物学报》和《中国油料作物学报》编委。现任中国植物学会兰花分会名誉理事长。从 1958 年起主编《植物生理学》教材，至今已发行七版，第五版荣列为普通高等教育“十五”国家级规划教材，对我国植物生理学教学做出显著贡献。从事植物激素和兰花生理等研究，著有《水稻生理》、《植物生长发育的化学控制》、《植物组织培养》等书多部，发表论文近 300 篇。长期与新加坡国立大学合作，建立专门研究机构，培养研究生，在研究中国兰快速繁殖、代谢生理和生长发育等方面，取得显著成绩，在国内外发表国兰论文 40 多篇。1996 年应韩国兰花学会邀请到忠北大学作学术报告，2001 年应邀到日本名古屋参加第七届亚太兰花会议并做了报告。



**叶庆生** 1990年获华南师范大学理学博士学位，现为华南师范大学生命科学学院教授、博士生导师，广东省植物发育生物工程重点实验室副主任。多年来，一直从事植物生理及分子生物学研究工作，特别是兰花生理研究。主持过国家自然科学基金、广东省自然科学基金及团队基金、广东省重大科技成果孵化、攻关等项目。曾获广东省高教厅科技进步二等奖、广东省自然科学奖三等奖。在国内外权威学术刊物上发表论文40多篇。

## 陈心启研究员序

兰属 (*Cymbidium*) 植物具有很高的经济价值。该属的地生种类, 如墨兰、建兰、春兰、蕙兰等, 属于我国传统名花, 国人栽培已有千余年的历史, 故又称“国兰”; 属中的附生种类则以花大、艳丽著称, 是园艺上育种的重要亲本, 所培育出的杂交品系“大花蕙兰”, 也早已臻于世界名花之列。

我国有丰富的兰属植物资源, 目前已知有 49 种之多, 占全世界种类三分之二以上。近年来, 随着我国国民经济的高速发展, 对兰属植物的开发利用已遍及大江南北和海峡两岸, 成为花卉产业中的重要组成部分, 拥有为数众多的专业工作者和业余爱好者。他们不仅渴望在种类鉴定、品种识别、生态习性、命名登录、栽培技术、杂交育种、病害防治以及商业贸易等方面能学到更多的专业知识, 更希望能深入地了解植物生命活动的规律与机制。《国兰生理》正是在这种新形势下献给兰界读者的一部高水平的学术专著。

该书作者之一潘瑞炽教授不仅长期从事植物生理学的理论研究和教学, 而且有丰富的实践经验。自 20 世纪后期以来, 他们对兰属植物的研究与实践尤其出色, 发表了诸多论著, 内容涉及种子萌发、快速繁殖、水分生理、营养代谢、光合作用、呼吸作用、生长以及花部发育生理等诸多方面。这部专著正是作者多年从事国兰生理研究的总结, 并吸收国内外兰属的研究进展。它的出版无疑是中国兰界的一大福音, 对于中国兰花产业的发展将起积极的促进作用。故乐为之序。

陈心启

中国科学院植物研究所

2005 年 4 月 15 日

## 丘才新教授序

对于中国人来说，兰花有着极其特殊的意义和重要性。中国兰的栽培记录可以追溯到许多世纪前，在魏晋时期，兰花主要栽培于士大夫阶层的私家花园中，直到唐宋年间，兰花的栽培才开始盛行于民间。按照吴应祥教授的说法，中国最早详细论述兰花栽培的专著是南宋赵时庚的《金漳兰谱》。到了明清时期，兰花分布和栽培的记录已相当丰富。

随着中国的对外开放，人们对于中国兰和其他兰花的需求显著增长。很明显，在不久的将来，用传统方法种植兰花将难以满足市场的需要。而要大规模商业化地栽培兰花，就必须全面掌握兰花生物学知识，这是很重要的。

1987年，在广东科学交换中心安排下，我访问了华南师范大学潘瑞炽教授领导的植物生理实验室。在此期间，我们讨论了新加坡国立大学和华南师范大学联合研究中国兰生理的构思，这与新加坡正在开展的热带兰生理研究相辅相成。一个致力于中国兰生物学研究的研究室——国兰研究中心随之建立，研究工作由潘瑞炽教授和他的研究生们负责。十多年来，这支队伍取得了令人瞩目的成果，其中包括国兰的水分生理、矿质营养、光合作用、生长、发育等，提高了我们对中国兰生物学的认知。我很欣慰地获悉，他们已经决定将这些研究成果，并吸收国内外兰花生物学家的中国兰研究进展，编纂成书。这本中国兰生理专书的问世，非常及时，价值很高。对于关注中国兰的生理和商业化的生物学家与养兰实践家来说，将是一本非常有用的书籍。

丘才新

新加坡国立大学植物学系

2005年4月

## 前 言

顾名思义，本书讨论的是国兰的生理活动。国兰（中国兰）是指我国传统栽培的兰属（*Cymbidium*）植物，主要集中在春兰、蕙兰、建兰、寒兰、墨兰等；大花蕙兰（*Cymbidium hybrids*）虽属于洋兰，但它是兰属的杂交种，所以也是本书讨论之列。严格来讲，本书应名为“兰属生理”（*The Physiology of Cymbidium*），但此名过于学术化，不易为大众熟识，故采用“国兰生理”一名。

国兰花香馥郁，叶姿飘逸，深受人民喜爱。国兰主要分布在我国，品种众多，其中不乏名贵品种，积累了丰富的栽培经验。700多年前宋代赵时庚的《金漳兰谱》就记载兰花种类，养兰经验。新中国成立之后，国兰得到重视，养兰人士众多，研究单位增加，规模不断扩大，有关的书刊也陆续出版，市场繁荣。可是其内容多偏重于栽培管理、快速繁殖和品种特性等，而未深入到植物体内在的生理生化变化实质，使得国兰生产不易工业化和商业化，影响其发展。

据我所知，我国研究兰属生理最早的是北京大学曹宗巽教授，她在1951年就报道兰属授粉前后水分、呼吸和呼吸酶的变化；到20世纪80年代初，中国科学院昆明植物研究所段金玉、中国科学院植物研究所王伏雄、中国科学院华南植物研究所叶秀彝等研究员开展种子发芽工作；中国科学院上海植物生理研究所王熊研究员创建兰花试管开花；台湾植物研究所王博仁和台湾大学李晖等教授进行了幼苗发育和开花生理的工作。

华南师范大学国兰研究中心从20世纪80年代起，与新加坡国立大学合作，开展国兰生物学特性的研究，包括营养器官解剖、种子与菌根真菌共生、快速繁殖、水分生理、矿质营养、光合作用、光合产物运输分配、呼吸作用、生长控制、生殖生理和兰属品种间的亲缘关系等的研究，在国内外发表文章约40篇。本书是以我们的工作为基础，并吸收国内（包括台湾省）和日本、韩国及荷兰等国有关兰属生理生化的研究成果写成的。

本书各章排列是按生长发育顺序，先讲种子发芽成幼苗，后讲基本代谢（包括水分、矿质营养、光合、呼吸等），最后讲生长开花。本书最后附录“兰科植物的分子生物学研究进展”，旨在介绍兰科植物的分子生物学工作，特别是在基因转导，培育新品种方面，拓宽视野，为开展国兰分子育种提供参考。

本书内容既在理论上阐明兰属植物的解剖、生理和生化特性，又紧密联系生产实践。例如，了解种子不易发芽和与菌根真菌共生的特性，可设法加快种子发芽和提高种子发芽率；明确影响原球茎和根状茎繁殖的因子，就可满足它们的要求以增加繁殖系数；了解根和叶结构耐旱特性和水分亏缺对兰株的伤害，可合理给水和利用化合物提高耐旱性；明白氮、磷、钾对兰株生长和生化、开花和抗病的影响以及判断各种养分水平的生理生化指标，就可以合理施用肥料；查明光合作用的光补偿点、光饱和点以及CO<sub>2</sub>饱和点，可供兰棚遮阳设计和CO<sub>2</sub>施肥参考；了解生长延缓剂对国兰的影响，即可利用它调节叶片生长和开花；根据影响开花和衰老诸因素，就为调节花期提供可能途径等等。



在本书即将出版之时，作者特别衷心感谢国际著名兰花生理专家、新加坡国立大学植物学系丘才新教授 (Prof. Hew Choy Sin)，他长期与我们合作研究，接受我们的教师和研究生到新加坡国立大学进修，更为本书写序言。我们也感谢我国著名兰花专家、中国科学院植物研究所陈心启研究员，他一向关心我们的工作并为本书写序言。此外，王雅丽教授无私地同意引用她们的内部资料和照片，王小菁教授允许引用她们未发表的材料，罗蕴秀老师长期参加具体工作，在此一并感谢。

本书是我国首次出版的兰花生理专著，内容丰富，文献翔实，可供兰业科研人员和养兰工作者参考，也可供兰花爱好者阅读。本书虽然只讨论兰属的生理生化问题，但其基本理论是与其他花卉一致，所以亦可作为大专院校花卉专业教材和供花卉工作者参考。

目前国内外尚无兰属生理生化专书。本书资料主要散见于各种杂志，虽然我们平时累积和联网检索得到，但挂一漏万在所不免，尚希读者及时指出，以便再版时补充。此外，作者水平有限，书中错误之处，请多多指正。

潘瑞炽

华南师范大学生命科学学院

2005年4月

# 目 录

陈心启研究员序

丘才新教授序

前言

<b>第一章 种子萌发</b> .....	1
第一节 果实和种子的形态.....	1
第二节 无菌播种.....	1
一、种子预处理.....	1
二、培养基类型.....	2
三、果实消毒和无菌播种.....	5
四、种子发芽成苗过程.....	5
第三节 真菌共生.....	6
一、概述.....	6
二、菌根真菌在兰根上的感染特征.....	7
三、菌根真菌和植物之间的特异性.....	7
四、菌根真菌的生理特性.....	8
第四节 国兰生长习性 .....	11
小结 .....	11
主要参考文献 .....	11
<b>第二章 快速繁殖</b> .....	13
第一节 原球茎的形态和结构 .....	13
第二节 原球茎的诱导和增殖 .....	14
一、茎尖取样 .....	14
二、茎段取样 .....	14
三、原球茎的增殖过程 .....	14
四、影响原球茎生长的因素 .....	15
五、小植株的形成 .....	17
第三节 根状茎的增殖 .....	18
一、根状茎的增殖过程 .....	18
二、影响根状茎生长的因素 .....	18
第四节 培养基的配方 .....	20
第五节 组织培养技术的研究 .....	22
一、影响兰苗生长的因子 .....	22
二、组织培养技术的改进 .....	25

小结 .....	26
主要参考文献 .....	26
<b>第三章 水分生理</b> .....	29
第一节 植株形态结构与耐旱特性 .....	29
一、根 .....	29
二、球茎 .....	30
三、叶片 .....	31
第二节 土壤干旱期间墨兰的水分生理变化 .....	32
一、土壤含水量变化 .....	32
二、植株外部形态变化 .....	32
三、根各部分的含水量变化 .....	33
四、球茎含水量变化 .....	33
五、叶片各种水分关系的变化 .....	33
第三节 水分亏缺对大花蕙兰生理生化的影响 .....	37
一、水分亏缺时的生理生化变化 .....	37
二、水杨酸和苜基腺嘌呤对水分亏缺伤害的调控 .....	38
第四节 土壤湿度对叶片生长和光合的影响 .....	39
一、叶片生长 .....	39
二、光合速率和叶绿素含量 .....	40
第五节 土壤水分与无土栽培 .....	41
一、土壤水分 .....	41
二、根系吸水 .....	42
三、无土栽培 .....	42
小结 .....	43
主要参考文献 .....	43
<b>第四章 矿质营养</b> .....	45
第一节 无土培养 .....	45
第二节 氮 .....	46
一、对氮素的吸收 .....	46
二、对生长发育的影响 .....	47
三、对生理的影响 .....	48
四、硝酸盐和铵盐混合使用 .....	51
第三节 磷 .....	51
一、对磷的吸收及其在体内的分布 .....	51
二、对生长和发育的影响 .....	55
三、植株的生理变化 .....	57
四、植株的生化变化 .....	58
第四节 钾 .....	62
一、钾的吸收和分布 .....	62

二、植株体内的钾含量 .....	63
三、植株生长发育 .....	64
四、植株的生理变化 .....	66
五、植株的生化变化 .....	67
小结 .....	72
主要参考文献 .....	72
<b>第五章 光合作用</b> .....	<b>74</b>
第一节 叶片的结构 .....	74
一、叶面结构 .....	74
二、叶片的切面结构 .....	74
三、叶绿体超微结构 .....	75
第二节 光合特性 .....	76
一、有关光和光合名词的概念 .....	76
二、量子产率 .....	76
三、光合变化 .....	78
四、影响光合作用的因素 .....	81
第三节 光合产物的运输和分配 .....	83
一、嫩苗生长期 .....	84
二、营养生长期 .....	85
三、花茎生长期 .....	86
四、蒴果形成期 .....	87
小结 .....	88
主要参考文献 .....	89
<b>第六章 呼吸作用</b> .....	<b>90</b>
第一节 呼吸过程 .....	90
一、线粒体 .....	90
二、关键酶 .....	90
三、各种抑制剂对呼吸作用的影响 .....	91
四、温度对呼吸速率和呼吸商的影响 .....	93
五、CO <sub>2</sub> 对呼吸速率的影响 .....	94
第二节 光呼吸 .....	95
一、乙醇酸氧化酶的活性 .....	95
二、温度对 CO <sub>2</sub> 补偿点的影响 .....	97
三、温度对无 CO <sub>2</sub> 及光下 CO <sub>2</sub> 释放的影响 .....	97
小结 .....	98
主要参考文献 .....	98
<b>第七章 生长</b> .....	<b>100</b>
第一节 球茎是兰株生长的总枢纽 .....	100
一、球茎的形成和器官分化 .....	100

二、球茎是水分贮藏器官·····	101
三、球茎是矿质营养贮藏器官·····	101
四、球茎是有机物贮藏器官·····	101
第二节 兰株生长最适宜环境·····	102
一、温度·····	102
二、光照·····	102
三、水分·····	102
四、施肥·····	103
第三节 植物生长物质·····	103
一、植物激素·····	103
二、植物生长调节剂·····	104
三、植物生长调节剂应用的策略·····	104
第四节 植物生长调节剂在兰花生长发育的应用·····	105
一、组织培养·····	105
二、打破或延长球茎的休眠·····	106
三、改善叶片观赏性·····	106
四、促进早开花,减少败育·····	108
五、延长观花期及切花保鲜·····	108
小结·····	108
主要参考文献·····	109
<b>第八章 开花</b> ·····	<b>110</b>
第一节 花的部分和构造·····	110
一、花茎(花葶)·····	110
二、花朵·····	110
第二节 花的发生·····	112
一、花序发生过程·····	112
二、花发生过程·····	113
三、影响花芽分化的条件·····	114
第三节 花芽的败育·····	117
一、高温对花芽败育的影响·····	117
二、花芽败育的临界期·····	118
三、花芽败育时花茎停止延长·····	118
四、解除花芽败育的方法·····	119
第四节 花的生理·····	120
一、生理变化·····	121
二、生化变化·····	123
三、花色、花香和花蜜·····	124
四、花衰老时花器官间的传递信号·····	128
五、花粉块保存·····	131

小结·····	131
主要参考文献·····	132
<b>附录 兰科植物的分子生物学研究进展·····</b>	<b>134</b>
一、兰科植物分类鉴定和亲缘关系的研究·····	134
二、兰花功能基因研究·····	135
三、兰花转基因技术的应用·····	138
主要参考文献·····	141
<b>索引</b> ·····	<b>143</b>
<b>图版</b>	

# 第一章 种子萌发

国兰营养繁殖的方法有两种：使用最广泛、最简单的方法是分株繁殖，一般是在休眠期用刀分割丛生的球茎，独立地栽种；另一种是有性繁殖，是用种子播种繁殖，可以繁殖出大量的幼苗，是杂交育种的主要手段，但是手续麻烦，需时较长，不利于名贵品种的普及和新品种的选育、推广。

国兰种子细小，贮存养分少，除非与菌根真菌共生，否则无法发芽长成幼苗。侯后经过研究，发现兰花种子在有营养物质条件下，可以发芽生长。所以，种子萌发可分为无菌萌发和与真菌共生两种。

## 第一节 果实和种子的形态

国兰果实的生长、发育时间较长，一般需要9~12个月才能成熟。果实是蒴果，多数呈长椭圆形，表面有3~6条棱。未成熟果实呈绿色，成熟时转变为黄褐色。果实完全成熟后会自行纵向裂开，把种子散出（Du Puy et al., 1988, 图版I）。

国兰的种子十分细小，呈两头尖，中间圆的长纺锤形，长约1mm，宽0.1~0.2mm；种子很轻，每粒重约0.3~1.4 $\mu$ g，所以在植物分类学上国兰属于微子目。一个果实中种子很多，达数万至数十万，甚至百万。当果实开裂后种子就像尘埃一样漂浮在大气中。种皮为一层透明的薄壁细胞，有加厚的环纹。经过组织化学鉴定，种皮细胞壁未木质化和木栓化。种皮表面覆盖着一层很薄的膜状物质，用解剖针容易刺破，影响种子透水透气。种胚由几百个尚未分化的胚细胞组成，胚发育停止在球形胚阶段，有胚柄，无胚乳。胚的发育程序在品种间和品种内有很大差异。发育好的种子比较饱和，发育差的比较细小，甚至没有胚。经过组织化学染色，发现胚细胞仅有脂类作为营养物质，不含淀粉，这些因素都直接影响种子的萌发。由于种胚多半不成熟或发育不全，所以种子降落在地上不易萌发生成植株。尤其是盆栽的地生兰如春兰、蕙兰、建兰和墨兰等。

## 第二节 无菌播种

### 一、种子预处理

种子成熟期比较长。实验表明，播种后能否发芽与果实成熟度关系甚大。太幼嫩的种子胚不成熟，不易发芽；完全成熟的种子，可能积累过多生长抑制物，发芽率亦低。具体合适的发芽时期，因种而异。李晖（1992）认为，墨兰应采用授粉后150天的果实，建兰则为190天。一般来说，八成熟果实的种子是最好的发芽时期，即果实由绿色转变为棕色，果实尚未裂开的时候。

种子播种前如不进行适当种子处理很难发芽。段金玉等（1982）报道，地生兰一般

在播种后 6~9 个月内, 萌发率最大不超过 3%, 最小的不到 1%, 因此, 种子预处理是极其重要的。

兰花种子较难发芽, 除了胚发育不全外, 可能还与种皮的物理性状和化学成分有关。①种皮太坚固, 透水性或透气性差。田梅生等 (1985) 用眼科剪将四季兰种皮剪破, 种子发芽率为对照的 5 倍, 但此法不适于大规模应用。李晖用超声波震荡 30min, 兰花种皮破裂, 以 1/2 MS 暗处理 1~2 个月, 而后移到光处可提高素心兰等种子发芽率。②种皮内含有酸性抑制物, 可用氢氧化钠浸种, 发芽快, 发芽率高。国外有报道认为这种抑制物的主要成分是脱落酸, 种子越成熟, 脱落酸积累越多, 种子越难发芽, 所以最适合发芽的种子在八成熟时采用。段金玉等 (1982) 对兰属地生兰朵朵香、双飞燕用 0.1N<sup>1)</sup> 氢氧化钠溶液浸泡 10min, 发芽率可达 35% 以上, 而豆瓣绿、寒兰和套叶兰用 0.1N 氢氧化钠处理 10~30min, 发芽率达 20% 以上, 作者也认为种子中存在一些溶于氢氧化钠的抑制物质。

## 二、培养基类型

国兰种子没有胚乳, 只有一种分化未完全的胚细胞。胚内贮存的物质主要是脂肪, 而没有淀粉、蛋白质等。所以国兰无菌发芽时, 需要矿物质、碳水化合物、氮源、维生素和生长物质等。地生兰严格需要养分, 而热带气生兰只要糖类等简单营养即可, 在各种营养因素中, 有椰子乳、蛋白胨、番茄汁等。对兰花种子萌发有促进作用的, 主要有维生素和生长物质 (例如吲哚乙酸、赤霉素、腺嘌呤和激动素等)。

无菌发芽的培养基类型很多, 常用的有 Knudson C, Vacin 和 Went, Schenk 和 Hildebrandt, Thompson 等。

Knudson C (KC) 培养基 (1992)				(单位: mg/L)	
磷酸二氢钾	$\text{KH}_2\text{PO}_4$	250	硫酸锰	$\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	7.5
硫酸镁	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	250	蔗糖		2%
硝酸钙	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	1000	琼脂		1.7%
硫酸铵	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	500			
硫酸亚铁	$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	25			

Schenk 和 Hildebrandt (SH) 培养基				(单位: mg/L)	
硝酸钾	$\text{KNO}_3$	2500	钼酸钠	$\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	0.15
氯化钙	$\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	200	硫酸铜	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	0.25
硫酸镁	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	400	磷酸钾	$\text{KH}_2\text{PO}_4$	250
乙二胺四乙酸钠	$\text{Na}_2\text{EDTA}$	37.25	盐酸硫胺素		5.0
硫酸亚铁	$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	20	烟酰胺		5.0
磷酸铵	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	300	盐酸吡哆醇		0.5
硫酸锰	$\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	25	同(肌)一肌醇		1000
硫酸锌	$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	1.0	蔗糖		3%
硼酸	$\text{H}_3\text{BO}_3$	10			

1) 1N = (1 mol/L) ÷ 离子价数



Vacin 和 Went (VW) 培养基 (1949)

(单位: mg/L)

磷酸钙	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	200	硫酸亚铁	$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	28
硝酸钾	$\text{KNO}_3$	525	氯化锰	$\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	7.5
磷酸二氢钾	$\text{KH}_2\text{PO}_4$	250	硫酸镁	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	250
硫酸铵	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	500	蔗糖		2%
			琼脂		1.6%

Thompson 培养基 (1974)

(单位: mg/L)

尿素		629	乙二胺四乙酸钠	$\text{Na}_2\text{EDTA}$	37
或(硝酸铵)		(840)	硼酸	$\text{H}_3\text{BO}_3$	1.86
磷酸	$\text{H}_3\text{PO}_4$	294	氯化锰	$\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	2.23
醋酸钾	$\text{CH}_3\text{COOK}$	392	硫酸锌	$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0.29
醋酸钙	$(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Ca}$	79	钼酸铵	$(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	0.035
硫酸镁	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	369	蔗糖		3%
硫酸亚铁	$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	25	琼脂		1%

Thommale GD 改良培养基 (1985)

(单位: mg/L)

硫酸铵	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	60	硫酸铜	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	0.025
硝酸铵	$\text{NH}_4\text{NO}_3$	370	二氯化钴	$\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	0.025
硝酸钾	$\text{KNO}_3$	400	甘氨酸		2.0
磷酸二氢钾	$\text{KH}_2\text{PO}_4$	300	肌醇		10.0
硝酸镁	$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	110	烟碱酸		1.0
硫酸亚铁	$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	27.8	盐酸吡哆醇		0.5
乙二胺四乙酸钠	$\text{Na}_2\text{EDTA}$	37.3	盐酸硫胺素		0.5
硫酸锰	$\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	25.0	叶酸		0.5
硼酸	$\text{H}_3\text{BO}_3$	10.0	生物素		0.05
硫酸锌	$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	10.0	苄基腺嘌呤		20
碘化钾	$\text{KI}$	1.0	椰乳		100ml
钼酸钠	$\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	0.25			

Murashige 和 Skoog (MS) 培养基

(单位: mg/L)

硝酸铵	$\text{NH}_4\text{NO}_3$	1650	碘化钾	$\text{KI}$	0.83
硝酸钾	$\text{KNO}_3$	1900	钼酸钠	$\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	0.25
氯化钙	$\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	440	硫酸铜	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	0.025
磷酸二氢钾	$\text{KH}_2\text{PO}_4$	170	氯化钴	$\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	0.025
硫酸镁	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	370	肌醇		100
硫酸亚铁	$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	27.8	甘氨酸		2.0
乙二胺四乙酸钠	$\text{Na}_2\text{EDTA}$	37.7	烟碱酸		0.5
硼酸	$\text{H}_3\text{BO}_3$	6.2	盐酸吡哆醇		0.5
硫酸锰	$\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	22.3	盐酸硫胺素		0.1
硫酸锌	$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	3.6	萘乙酸		0.1~1.0