



全国“星火计划”丛书

植物组织培养及其应用丛书

第六分册

芦笋组织培养及育种 的应用

周维燕 编著

高等教育出版社

44.6
24

植物组织培养及其应用丛书

第六分册

芦笋组织培养及 育种中的应用

周维燕 编著

高等教育出版社

植物组织培养及其应用丛书

第六分册

芦笋组织培养及育种中的应用

周维燕 编著

*

高等教育出版社出版

高等教育出版社照排中心照排

新华书店北京发行所发行

北京二二〇七工厂印刷

*

开本 787×1492 1/32 印张 5.5 字数 120 000

1989年7月第1版 1989年7月第1次印刷

印数 0001-1710

ISBN7-04-002504-3/Q·147

定价 1.50 元

内 容 提 要

本书是“星火计划丛书”《植物组织培养及其应用丛书》的第六分册。书中全面介绍了芦笋的起源和栽培历史、化学成分和营养价值、组织培养技术在芦笋育种中应用的意义、芦笋的植物学特性及繁殖、组织培养的基本设备和无菌操作、茎尖和腋芽培养、花药培养、原生质体培养、再生植株的驯化和移栽、无性系性状鉴定和制种、芦笋栽培、贮藏与加工。其中许多是作者科研的总结和体会，并介绍了当前国内、外科研和生产情况及最新成就。本书简明扼要、通俗易懂、图文并茂、切实可行。可供从事组织培养工作的研究人员、芦笋栽培和育种科技人员及大专院校师生参考，也可作为农业职业教育的教材。

《植物组织培养及其应用丛书》书目

植物组织培养实用技术	袁文达、曹孜义 编著
康乃馨茎尖培养工厂化生产	张五方 编著
香蕉栽培及试管苗工厂化生产技术	熊兆宽、伍灿林、许绪恩 编著
无病毒良种草莓的培育及栽培管理	覃兰英、徐光霞 编著
葡萄组织培养及应用	曹孜义、齐与枢 编著
芦笋组织培养及育种中的应用	周维燕 编著
马铃薯茎尖脱毒与微型薯生产	王炳君、刘宗燮 编著
柑桔茎尖微芽嫁接脱毒与无毒苗繁育	万蜀渊 编著
无病毒苹果树的繁殖与栽培	王际轩 编著

前 言

芦笋（石刁柏）作为一种高级营养蔬菜，深受中外消费者所喜爱。80年代以来，我国芦笋栽培面积和生产量迅速发展，目前已成为一种新兴的种植作物。芦笋是典型的雌雄异株植物，这一生物学特性给芦笋育种和制种带来周期长，难度大的特点。为了尽快地解决我国芦笋生产用种和培育适应我国气候及栽培特点的新品种，本书着重介绍组织培养技术在芦笋育种中的应用和进展。此外，还对芦笋的特征特性、有性杂交育种、栽培方式、贮藏加工技术等基础知识作了广泛的介绍。

本书作为《植物组织培养及其应用丛书》之一，可供从事组织培养研究的科技工作者、芦笋栽培和育种科技工作者以及大专院校师生参考。也适合作为农业职业教育的教材。由于作者水平所限，书中不妥之处，敬请读者指正。

周维燕

1989年1月

《植物组织培养及其应用丛书》序

现代生物技术的发展极其迅速，真可谓“一日千里”，它在广大农村中大有用武之地。一棵优良果树一年之内，用试管快速繁殖法可繁殖几万株以上的苗木。柑桔、香蕉、葡萄、草莓、黑穗醋栗、荔枝、龙眼、猕猴桃、枇杷等现在都已经可以用这种方法繁殖。

花卉中的君子兰、香石竹、大花萱草、菊花、兰花等名贵种类，在试管中用组织培养繁殖，无需种子，后代不会变劣，速度极快，收到了显著的经济效益。

芦笋雄株产量高，雌株产量低。用试管快速繁殖法，可以只繁殖雄株，使单位面积产量大大提高。

甘蔗用试管快速繁殖法，节约了大批种蔗，且使良种快速得到推广。

马铃薯、大蒜、柑桔等许多长期无性繁殖的作物，由于感染并积累了病毒，产量降低，品质变劣。如取上部0.2毫米左右微小的茎尖进行试管培养，可能脱去病毒，获得无病毒的种苗。这一方法，马铃薯可增产50%，大蒜可增产一倍以上。

荔枝和龙眼中，名贵的“焦核种”，没有种子，繁殖困难，用试管快速繁殖法便大大加速了繁殖推广的速度。

以上是现代生物技术应用於农业生产的一些例证。实践已证明：用试管培养法繁殖的许多作物，不仅速度快，种质纯，而且还可以提高产量，改进品质，脱除病毒。

世界上至今已有上千种植物能够用试管繁殖法获得完整的

植株。我国培养成功的已有一百多种植物。为了使这种新技术在我国广大农村推广应用，我们组织了在这方面有经验的专家编写了本丛书。不仅介绍一般的试管培养技术、脱毒技术和种苗工厂化生产程序，而且还将分别详细介绍葡萄、柑桔、草莓、马铃薯、香蕉、芦笋等作物的试管苗培养技术及工厂化生产程序。

我们谨以《植物组织培养及其应用丛书》献给农业、林业、果树、蔬菜、园林、花卉等许多领域的科技人员、专业户和个体户，相信这一现代生物技术一定能为提高作物产量，改进品质，绿化荒山，美化环境，增加收益，出口创汇等多方面作出重要的贡献。

陈正华

1988年4月

目 录

第一章	概论	1
第一节	组织培养技术在芦笋育种中应用的意义	1
第二节	芦笋的起源和栽培历史	5
第三节	芦笋的化学成分和营养价值	6
第二章	芦笋的植物学特性及繁殖	13
第一节	芦笋的形态特征	14
第二节	芦笋的繁殖	22
第三节	芦笋主要栽培品种	27
第三章	组织培养的基本设备和无菌操作	31
第一节	基本设备	31
第二节	无菌操作	33
第三节	培养基母液配制	40
第四章	芦笋茎尖和腋芽培养	44
第一节	芦笋茎尖和腋芽培养的意义	44
第二节	常用的茎尖和腋芽培养基	46
第三节	芦笋茎尖和芽培养的快速无性繁殖程序	52
第四节	芦笋根、芽分化的环境条件	63
第五章	芦笋花药培养	64
第一节	芦笋花药培养的意义	64
第二节	芦笋花粉发育特点和植株再生方式	66
第三节	芦笋花药培养的程序	68
第四节	花药培养中影响花粉分裂和分化的条件	77

第五节	花粉植株的鉴定和二倍化的方法	87
第六章	原生质体培养	92
第一节	原生质体培养的意义	92
第二节	原生质体的分离和纯化	93
第三节	原生质体培养	98
第七章	再生植株的驯化和移栽	103
第一节	再生植株的驯化	103
第二节	再生植株的移栽	112
第八章	芦笋无性系性状鉴定和制种	117
第一节	无性系性状鉴定	117
第二节	配合力测定	120
第三节	种株配植	122
第九章	芦笋栽培	124
第一节	芦笋对环境条件的要求	124
第二节	育苗	129
第三节	定植	134
第四节	芦笋的采收	141
第五节	病、虫害及防治	145
第六节	芦笋促成栽培	149
第十章	芦笋的贮藏与加工	154
第一节	芦笋的贮藏保鲜	154
第二节	芦笋加工	162
主要参考文献		167

第一章 概 论

芦笋是石刁柏 (*Asparagus officinalis*) 的俗称, 分类学上属于百合科 (*Liliaceae*) 天门冬属 (*Asparagus*), 为多年生宿根草本, 雌雄异株植物, 以食用嫩茎为主。芦笋实指石刁柏的嫩茎而言, 我国部分地区百姓就将石刁柏称为芦笋了。

芦笋富含多种氨基酸、蛋白质和维生素, 其含量均高于一般水果和蔬菜。特别值得注意的是芦笋中的天冬酰胺和微量元素硒、钼、铬、锰等, 具有调节机体代谢, 提高机体免疫力的功效, 在对高血压、心脏病和癌症的预防和治疗中, 具有特别的药理效应。久食芦笋可以帮助消化、增进食欲、抗疲劳, 延年益寿。因此, 芦笋作为高级营养蔬菜和保健食品, 深受消费者的欢迎。

第一节 组织培养技术在芦笋育种中应用的意义

一. 芦笋的生产和销售

1. 芦笋的生产

世界范围内, 芦笋生产国有美国、法国、中国、西班牙、日本、巴西、加拿大、墨西哥等。栽培面积以美国最大, 约 5 万余公顷 (合 75 万亩); 其次是中国, 1988 年已达到 4 万余公顷 (合 65 万亩), 其中台湾省为 1.8 万公顷 (合 27 万亩), 大陆为 2.5 万公顷 (合 38 万亩); 法国为 3 万余公顷 (合 45 万亩)。

2. 芦笋的销售

芦笋产品，绝大部分以罐头制品销售市场，而鲜芦笋和速冻芦笋销售量不大。世界范围内，年产芦笋罐头 15—20 万吨左右。进出口贸易量各占一半。主要出口地区是我国台湾省，年出口量为 7—8 万吨，占世界总出口量的 40%，近年产量有所下降。其次是西班牙，年出口量为 4 万余吨。主要进口国是西德，年进口量为 5 万吨，占世界芦笋进口总量的一半。近年来，鲜芦笋及其加工产品的需求量在不断增长，而一些主要芦笋生产国，由于劳动力的昂贵和地理条件的原因，使芦笋的产量大幅度下降，质量也在退化。1970 年，世界芦笋罐头进出口总贸易量为 20.2 万吨，1980 年为 18.5 万吨，1984 年下降到 15.6 万吨。美国 1970 年为 6 万吨，而 1984 年下降到 3.2 万吨；我国台湾省 1970 年为 9.6 万吨，1984 年下降到 4.4 万吨，而且质量也在退化，其产品在国际市场竞争力下降。因此使得芦笋及其加工产品在国际市场上长期处于供不应求的状况。

二. 我国芦笋发展的条件

我国除台湾省外，内地各省自 1974 年开始发展芦笋以来，种植面积日趋扩大，至 1981 年，全国已有 11 个省市种植芦笋，面积约为 10 万亩，其产品主要用作罐制加工的原料。1974 年芦笋罐头的生产量为 578 吨，1981 年生产量增至 1 071 吨。1985 年种植面积增加到 19 万亩，罐头产量为 14 000 吨（其中 10 000 吨出口）。当前芦笋种植面积已达 38 万亩，主要产区在福建、山东、河南、辽宁、浙江等省。

芦笋罐头的换汇率是很高的，每吨芦笋罐头的价格为 1 400 美元，远远高于红烧鸡、午餐肉、青豆（每吨 350 美元）和蘑菇（每吨 1 000 美元）罐头的价格。

芦笋对自然条件的适应性很广，我国南北均可种植，黄河和长江流域地处温带，更适宜芦笋的生长发育。特别是我国有廉价的劳动力资源，这是发展芦笋栽培、加工的得天独厚的有利条件。随着我国人民生活水准的提高和旅游事业的发展，充分利用我国的自然条件和劳力资源，大力发展芦笋种植业，以鲜销品和加工品竞争国际市场，将是我国芦笋生产的主要目标。

三. 组织培养技术在芦笋育种中应用的意义

1. 芦笋发展中存在的问题

自 1974 年我国开始发展芦笋以来，短短的 14 年中，芦笋栽培面积迅速扩大，迄今已达 38 万亩。芦笋是典型的雌雄异株植物，自然群体内，单株之间遗传组成极为复杂。芦笋由于长期异交，种性退化极其严重，故通过种子繁殖不能保持优良种性，分株无性繁殖速度慢，繁殖系数极低，在芦笋生产大发展的我国，种子问题必然成为芦笋发展的十分重要的问题。目前，我国尚不能生产芦笋种子，芦笋生产用种一直从外国进口。1974 年以来，全国已从美国进口种子几十吨，每吨芦笋种子的价格需 1 万美金。随着芦笋植株的更新，今后尚需不断进口种子，这样不仅耗费大量外汇，而且种子纯度差，严重影响单位面积产量和质量。

我国芦笋生产中存在的问题当然不仅仅是种子问题，需要研究解决的还有缩短苗龄提前定植技术、丰产栽培技术、防治病虫害、培育新品种、绿芦笋鲜销、冷冻保鲜技术和罐制技术等问题。

2. 组织培养技术在芦笋育种中的应用

近 20 年来，细胞工程技术的研究和发展为芦笋的制种和育种开辟了新的途径。芦笋作为细胞工程应用的成功例，已被

国际所公认。目前，在一些国家中，细胞工程技术已成为芦笋育种和种子生产的重要手段。应用的细胞工程技术集中在以下两个方面：

(1) 花药培养：芦笋生产田中，雌雄株各占一半，但雄株产量、品质、寿命均优于雌株，采用雄株生产，即“全雄系”生产，单位面积产量可提高一至二倍，据国外报道（1972—1982）通过花药培养可以较快地得到“纯雄株”，有了纯雄株即可配制“全雄系”。这一方法可以代替雄性雌株有性杂交法，以简化育种程序，缩短育种周期。

(2) 腋芽和茎尖培养：国外 1977 年报道，利用腋芽和茎尖的组织培养技术，繁殖性状优良的雌株和雄株无性系，并使之自然杂交，可以得到遗传性状相对一致的种子供生产应用。与成对杂交和双杂交比较，这一方法不仅可以加快育种周期，更为重要和明显的是种子数量加大。同时，还可以改良和提高现有品种的种性，提高单位面积产量。

利用组织培养技术育种和制种，最大的优点是缩短育种周期，提高育种的效率。同时，不仅从数量上解决我国种子生产问题，还可以不断向生产提供适应我国条件的高产、优质、抗病、抗逆新品种。

组织培养技术，应用于芦笋生产的意义，不在于直接向生产提供幼苗进行栽培，而是利用这一技术，提供生产种子用的种株，有了足够数量的优良种株，在良种繁殖基地上合理地配植，通过自然授粉、受精即可获得生产用种子。据报道，法国芦笋栽培总面积为 2.5—3 万公顷，为保证芦笋单位面积产量，每十年全部更新一次，年更新面积为 $1/10$ ，即 2.5—3 千公顷。芦笋栽培密度按每亩千株计算，每年需提供种子 36×10^6 粒。芦笋的繁殖系数为 3 600 倍（法国水平），生产

13 000 株 (约 10 亩种子田) 即可满足全国对生产用种的需要量。据报道, 如果每人每天培养取自母株嫩枝的芽段 500 个, 这些母株生产的嫩枝每隔 2—3 个月收获一次, 每隔 3—4 个月能得到生根的小植株 350 株, 如每人每年工作 200 天, 可生产大约 7 万株。利用组织培养技术繁殖 1—2 万株种株还是容易办到的。法国用组织培养得到的优良雄株和雌株无性系配制双交种, 选出两个优良组合并从它们的杂交后代中, 选出 4 个生产率高的双交种, 它们是 Diane、Junon、Minerve 和 Lara。可见, 利用组织培养技术进行芦笋制种和育种是可行的。

第二节 芦笋的起源和栽培历史

一. 芦笋的起源

芦笋起源于欧洲地中海沿岸和小亚细亚一带。野生芦笋分布于欧洲大陆、英格兰、北非、中亚、日本和我国。我国东北和华北一带, 至今仍有野生芦笋的生长, 华北的雾灵山、承德、涿州和北京的西南郊, 均发现野生芦笋。北京人称它为“龙须菜”、“蚂蚁杆”、“狼尾巴根”, 东北人称它为“药鸡豆子”。

二. 栽培历史

据文字记载, 公元前 2 世纪欧洲罗马人将芦笋制成干制品全年食用, 古代高卢人、日尔曼人和不列颠人还将芦笋作为药用。最早把芦笋作为蔬菜食用的是古希腊人, 并将芦笋定名为“*Asparagus*”。经过长期的栽培、驯化和选育, 大约到 16 世纪, 荷兰首先形成了芦笋的栽培品种, 从此, 欧洲各国开始大量栽培。芦笋传入美洲大陆, 大约是在 18 世纪欧洲移民时期, 距今已有二百余年历史。芦笋栽培品种传入我国, 始于清朝, 距今约百余年历史。目前, 芦笋已普遍种植于世界各大

洲，种植面积较大的如美洲、欧洲、亚洲。在欧洲各国芦笋已成为人们必需的营养蔬菜和保健食品。

第三节 芦笋的化学成分和营养价值

芦笋幼茎中的蛋白质、维生素、钙、铁等化学成分均极优于其他水果和蔬菜，从表 1-1 中可以明显看出。

表 1-1 芦笋与几种主要蔬菜、水果营养成分比较

项 目	芦笋	番茄	白菜	黄瓜	苹果	梨	桃	葡萄
水分(克)	92	95.9	95.4	96.9	84.6	89.3	87.0	88.5
热量(千卡)	18—20	15.0	16.0	11.0	58.0	37.0	47.0	43.0
蛋白质(克)	3.4	0.8	1.1	0.8	0.4	0.1	0.8	0.4
脂肪(克)	0.3	0.3	0.2	0.2	0.5	0.1	0.1	0.5
碳水化合物(克)	2.2	2.4	1.6	13.0	9.0	10.7	9	—
粗纤维(克)	3.7	2.2	2.4	1.6	13.0	9.0	10.7	9.2
灰分(克)	1.2	0.4	0.5	0.4	0.3	0.2	0.5	0.3
钙(毫克)	50	8.0	41.0	19.0	11.0	5.0	8.0	4.0
铁(毫克)	14.5	0.8	0.6	0.3	0.3	0.2	1.2	0.6
碘(毫克)	48.0	—	—	—	—	—	—	—
胡萝卜素(毫克)	0.76	0.37	0.04	0.13	0.08	0.01	0.06	0.04
维生素 B ₁ (毫克)	0.24	0.03	0.02	0.04	0.01	0.02	0.01	0.03
维生素 B ₂ (毫克)	0.36	0.02	0.04	0.04	0.01	0.01	0.02	0.01
尼克酸(毫克)	1.8	0.6	0.3	0.03	0.1	0.1	0.7	0.1
维生素 C(毫克)	51.0	8.0	19.0	6.0	微	4.0	6.0	微

* 1 千卡=4.184 千焦[耳]。

(根据中国医学科学院和北京农学院原式琼测定并发表的数字汇总)

芦笋中蛋白质含量是白菜的 3 倍，番茄、黄瓜、桃的 4 倍，苹果、葡萄的 8 倍，梨的 34 倍。

胡萝卜素含量是番茄的 2 倍，黄瓜的 5 倍，苹果的 10 倍，桃的 12 倍，白菜、葡萄的 19 倍。

维生素 B₁ 含量是黄瓜的 6 倍，番茄、葡萄的 8 倍，白菜、梨的 12 倍，苹果、桃的 24 倍。

维生素 B₂ 含量是白菜、黄瓜的 9 倍，番茄、桃的 18 倍，苹果、梨、葡萄的 36 倍。

尼克酸含量是番茄、桃的 3 倍，白菜的 6 倍，苹果、梨、葡萄的 18 倍。

维生素 C 含量是白菜的 3 倍，番茄的 6 倍，黄瓜、桃的 9 倍，梨的 13 倍。

钙含量是白菜的 1.2 倍，黄瓜的 2.6 倍，苹果的 4.5 倍，番茄、桃的 6 倍，梨的 10 倍，葡萄的 12.5 倍。

铁含量是桃的 12 倍，番茄的 18 倍，白菜、葡萄的 24 倍，黄瓜、苹果的 48 倍，梨的 72 倍。

一. 水分和无机盐

芦笋化学组成中，大部分是水，其比例占 92% 以上，水分以自由水和结合水两种形式存在于芦笋体内，水分是影响芦笋嫩度、鲜度和风味的极其重要的成分。

芦笋幼茎中的无机物种类很多，除磷、钾、钙、镁等大量元素外，还含有多种微量元素（表 1-2）。

值得注意的是芦笋含有硒、钼、铬、锰等微量元素，在癌症及心脏病的防治中，起着重要的作用。据报道，由于有害自由基的积累，导致生物膜的脂质过氧化，破坏细胞膜的完整性和功能，从而导致人体的衰老。研究表明，其中亲电子自由基是导致癌症发生的主要因素。硒是一种良好的抗氧化剂，它能

消除体内产生的各种自由基，抑制致癌物的活力，提高机体免疫力；硒对由汞、砷、镉引起的毒害作用有较强的抗性。锰也有抗癌作用，同时还能改善脂肪代谢，降低胆固醇。钼能阻断亚硝酸盐的合成，也有抗癌作用。铬有利于防治动脉粥样硬化，它还是葡萄糖代谢过程中，胰岛素利用所必需的微量元素。

表 1-2 芦笋中人体必需元素的含量

取样 类型	元素名称(毫克 / 100 克)														
	钙	镁	磷	钠	钾	铁	铜	锌	钼	硒	铬	钴	锶	锰	硅
	(Ca)	(Mg)	(P)	(Na)	(K)	(Fe)	(Cu)	(Zn)	(Mo)	(Se)	(Cr)	(Co)	(Sr)	(Mn)	(Si)
幼 茎	212	225	367	202	716	15.4	12.8	50	1.7	0.1	0.8	0.2	2.0	13.2	86
老茎及 拟叶	195	134	269	199C	460	15.8	13.0	40	1.7	0.1	0.7	0.2	2.1	11.4	86
全植株	205	184	309	209	588	16.0	13.4	40	1.8	0.2	0.8	0.1	2.4	13.0	84

(引自 原式琼, 1988)

二. 蛋白质和非蛋白质含氮化合物

芦笋的蛋白质含量较高，据报道，芦笋含有丰富的组蛋白，它能控制癌细胞的生长。与其他蔬菜相比，芦笋幼茎中含有丰富的氨基酸，其含量和比例均比较适当（表 1-3）。芦笋幼茎中含量最高的氨基酸是天冬氨酸，其含量约占氨基酸总含量的 13.5%。天冬氨酸是抗疲劳、增强体力的营养滋补品。

芦笋幼茎中，非蛋白质含氮物的含量占 0.71—0.96%，其中主要的是天冬酰胺。医学研究证明，天冬酰胺对人体具有许多特殊生理效应。天冬酰胺与水反应生成天冬酰胺酸和氨。