



马铃薯种植 与加工进展

(2004)

• 主编 陈伊里 屈冬玉 •



三农书屋

马铃薯种植与加工进展

(2004)

主 编 陈伊里 屈冬玉
副主编 王凤义 吕文河
段兴祥 汤克仁

哈尔滨工程大学出版社

内 容 简 介

本书是配合马铃薯专业委员会 2004 年学术年会的召开,汇集了近年来我国从事马铃薯研究的专业人员的最新科技成果和全国各地马铃薯产业开发现状及应对入世后的发展思路与对策。是大专院校、科研单位、生产企业、农业管理部门从事马铃薯研究、生产、开发及推广工作具有指导意义的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

马铃薯种植与加工进展. 2004/陈伊里,屈冬玉主编.
修订本. —哈尔滨:哈尔滨工程大学出版社,2008. 4
ISBN 978 - 7 - 81133 - 196 - 7

I. 马… II. ①陈…②屈… III. ①马铃薯 - 栽培 - 研究
②马铃薯 - 加工 - 研究 IV. S532

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 042686 号

出版发行 哈尔滨工程大学出版社
社 址 哈尔滨市南岗区东大直街 124 号
邮政编码 150001
发行电话 0451 - 82519328
传 真 0451 - 82519699
经 销 新华书店
印 刷 黑龙江省教育厅印刷厂
开 本 787 mm × 1 092 mm 1/16
印 张 20.5
字 数 491 千字
版 次 2008 年 4 月修订
印 次 2008 年 4 月第 2 次印刷
定 价 80.00 元

<http://press.hrbeu.edu.cn>

E-mail: heupress@hrbeu.edu.cn

中国马铃薯产业与世界同行

(代序)

马铃薯作为外来作物在中国的栽培还不到 400 年,在这短短的历史长河中,马铃薯确实为中华民族的繁衍生息、人口西迁做出过不可磨灭的贡献,而今马铃薯作为全世界广泛(144 个国家)种植的重要食品和营养来源的农作物,中国是全球第一生产大国。过去 20 年种植面积和总产量快速增长,2002 年达 490 万 hm^2 , 占全球播种面积的 25%, 占亚洲的 60% 以上,具有举足轻重的地位。随着中国加入 Wm 和产业化水平的提高,中国马铃薯产业必须实现由数量扩张到质量效益增长的转变,必须与世界同行,与国际竞争。

中国马铃薯产业的发展壮大,一直受到各级领导的重视与扶植,2001 年国务院领导曾有专门的批示。马铃薯正在成为很多省区的优势作物和产业,各地依据自身的特点与优势,扬长避短,各显其能。优势生产区域,重点加工产品,关键目标市场已初步形成。但与世界先进水平相比,差异明显,一是种薯市场不太规范,二是产业的专一化程度不高,三是科技储备不足,四是区域分工不太明确。尽管这些问题是大发展中的问题,只要政府、企业和消费者高度重视,我们完全可以在较短的时间内加以解决,实现标准化生产,市场化运作,国际化经营,建立起可持续发展的中国马铃薯产业。

每年的马铃薯年会都吸引了全国同行,从科研到教学,从推广到行政,从国内公司到跨国企业的积极参与,每年一个话题,每年新人辈出,每年充满活力,而马铃薯是永恒的主题。今年适逢世界马铃薯大会(WPC)在中国召开,这将给中国马铃薯产业发展,带来新的信息,新的机遇,新的挑战。《马铃薯种植与加工进展》一书的出版,为国人充分了解中国马铃薯行业现状,对照国际之差距,结合国情制定自己的行业发展策略,在竞争中崛起,在合作中共荣。我们坚信,中国马铃薯产业一定会对国民经济的发展,人民生活水平的提高作出更大的贡献。

中国作物学会马铃薯专业委员会主任委员
屈冬玉博士

编 委

王凤义	王兴原	卢翠华	田兴亚
石 瑛	吕文河	汤克仁	李 冀
肖增宽	邸 宏	陆忠诚	陈伊里
屈冬玉	金黎平	段兴祥	秦 昕
谢开云			

目 录

马铃薯两个基因型不同外植体的组织培养与植株再生	王 萍,王 罡,季 静 (1)
马铃薯二年制脱毒种薯体系建设及其关键技术改良	柳 俊,聂碧华,蔡兴奎,陈 亮,谢从华 (5)
不同时期施用钾肥对脱毒马铃薯产量的影响	蒋富友,杨永泉 (12)
沼渣、沼液对马铃薯增产及抗逆性试验研究	刘国胜 (15)
高淀粉马铃薯品种块茎大小与淀粉含量之间的关系	张翔宇,李霄峰 (19)
马铃薯抗 X 病毒资源材料的鉴定与筛选	牛志敏,李树军,王立春 (24)
定西市马铃薯节本增效栽培措施	魏琴芳 (27)
德化县建立无公害春马铃薯基地初探	颜荣炎 (32)
马铃薯试管苗转接方式对继代周期的影响	蒙蕊学,陈涵珍,余秀珍,程旭锋,高宏基 (35)
专用型马铃薯新品种(系)及在干旱区栽培措施	马惠萍 (37)
天水市马铃薯加工专用品种大西洋覆膜高产栽培技术	王廷杰,赵跟虎,郭天顺,何二良,吕 汰,杨志奇,周 丰 (40)
加工型品种鄂马铃薯 3 号优质高效栽培技术	韩庆忠,张国平,谭复顺,杨爱民 (42)
马铃薯尤金丰产栽培技术	张春强,赵爱菊,彭绍峰,王胜亮,王 卉 (45)
互助县马铃薯高产栽培技术	李有全,郭 雄 (47)
固原市马铃薯产业发展浅析	郭忠富,杨国恒,张兆丽 (50)
大同市马铃薯产业化现状及发展对策	范宏贵,杜 珍,白小东 (55)
呼伦贝尔市马铃薯生产现状与发展策略	孙东显,苏允华,闫任沛,乔雪静,李殿军,苏允志,何忠仁 (58)
高产抗病鲜食马铃薯品种克新 19 号	盛万民,曹淑敏,李成军,牛志敏,李凤云,金光辉,于天峰,王立春 (62)
利用体细胞杂交获取马铃薯软腐病的抗性	司怀军,张 宁,王 蒂,Conner A J (64)
应用 PCR 技术快速检测马铃薯环腐病菌	胡林双,何云霞,郭 梅,王晓丹,闵凡祥 (69)
马铃薯 S 病毒的 RT-PCR 检测	吴丽萍,王 蒂,司怀军,王化俊,路 平,贾笑英 (72)
基于 AEZ 模型的我国马铃薯产量潜力的农作制区划分析	蔡承智,Harrij van Velthuisen,Guenter Fischer,Sylvia Prieler (77)

黑龙江省马铃薯晚疫病病菌 A ₂ 交配型的测定	金光辉, 白雅梅, 孙秀梅, 袁善奎, 吕文河 (83)
马铃薯使用抗旱保水剂试验示范研究	吴志科, 张武, 刘东川, 马少良, 谢国豫, 杨泉润, 马骏 (87)
B ₉ 在脱毒马铃薯试管苗上的应用效果	祁彦丰, 王玲 (91)
马铃薯新品种——鄂马铃薯 5 号高产栽培技术研究	赵迎春, 赵乐园, 田祚茂, 王黎明, 曾祥茂, 沈艳芬, 程群, 田恒林, 黄大恩 (95)
不同培养条件对马铃薯试管薯形成的影响	吴秋云, 汤浩, 蔡南通, 邱永祥, 李光星, 罗文彬 (99)
马铃薯 A 病毒复制相关蛋白研究进展	吴兴泉, 谭晓荣, 陈士华 (103)
降低马铃薯脱毒试管苗污染的几个关键措施	蒙蕊学, 田振荣, 刘晓云, 何亚兰 (107)
制约湖北省脱毒马铃薯发展缓慢的原因与解决对策	李卫东, 田祚茂, 黄大恩 (109)
影响培养基凝固程度因素的分析	邱广伟, 夏平, 刘卫平, 孙秀梅, 李玉华, 毛彦芝 (113)
马铃薯试管薯生产技术规程	何建栋, 刘慧萍, 刘淑芳, 牛小宁 (115)
同朔地区绿色无公害马铃薯栽培技术	张翔宇, 李霄峰 (118)
德化县春马铃薯套种槟榔芋丰产栽培技术	颜荣炎 (121)
高寒地区无公害马铃薯栽培技术	刘辉 (124)
会-2 号马铃薯无公害栽培技术	黄吉美, 李志林, 陈兴龙, 饶彦章, 钟素泰, 苏顺清 (126)
黑龙江省马铃薯产业现状与发展对策	王珊珊, 王德勇 (130)
天水市马铃薯产业优势及加快发展的建议	吕汰, 赵跟虎, 王廷杰, 何二良, 郭天顺, 杨志奇, 周丰 (135)
讷河市马铃薯淀粉加工业现状及发展对策	关红颖, 刘艳侠, 徐晓东, 曲艳青 (139)
云南省彩色马铃薯产业的发展趋势和方向	杨琼芬, 白建明, 杨万林, 李先平, 李世峰, 隋启君 (142)
马铃薯优质新品种——新大坪	安磊 (145)
马铃薯四倍体栽培种茎段组织的 EMS 诱变研究	董颖苹, 连勇, 何庆才 (147)
一个与马铃薯青枯病抗性连锁的 SRAP 标记筛选	雷剑, 柳俊 (153)
用野生型农杆菌菌株 B6 转化马铃薯试管苗组织的研究	潘涛, 马惠萍, 杨全福 (158)
玉溪市山区马铃薯引种试验示范研究	李明福 (162)
黑龙江省马铃薯主要农艺措施与产量关系	孙继英 (168)
采用滴注法进行马铃薯试管薯的诱导试验	孙秀梅 (172)

采用灰色多维综合评估法评价马铃薯品种	
..... 何二良,赵跟虎,郭天顺,王廷杰,杨志奇 (176)	
旱地马铃薯双垄面集雨全膜覆盖栽培技术要点	丁世成,刘世海,张 雷 (179)
西吉县新营乡马铃薯窖藏外销模式与农民增收的效果	马尚明 (183)
德化县马铃薯脱毒原种夏繁丰产栽培技术	徐大东 (186)
闽东北地区脱毒马铃薯高产配套栽培技术	张祖金 (189)
马铃薯—花生—小麦—玉米两年四作种植技术	董家贵,安玉林,徐茂裕 (191)
甘谷县马铃薯产业化发展前景与措施	巩永平 (194)
黑龙江省马铃薯种薯市场存在的问题及对策	刘德勤 (197)
炸条专用马铃薯品种——克新 17 号	
..... 盛万民,曹淑敏,李成军,金光辉,李凤云,牛志敏 (200)	
加工型马铃薯品种——泉引 1 号	徐大东,连仰煊,林一岚,林清玉 (202)
黑龙江省马铃薯产业发展现状	
..... 白艳菊,李学湛,于德才,范国权,高艳玲,马 纪,于 虹,田 忠 (204)	
脱毒马铃薯微型种薯高山繁种栽培技术	李宏斌 (210)
马铃薯机械化高产栽培关键技术	曹守山,苏浴源,武永祯,曲占礼 (213)
炸片专用型、高产马铃薯新品种克新 16 号的特征特性及丰产栽培技术	王立春 (217)
方高寒区油炸加工专用型马铃薯原料薯贮藏技术	潘晓春,王富胜 (220)
控制黑龙江省马铃薯病毒病传播的建议	
..... 毛彦芝,刘卫平,夏 平,孙秀梅,李玉华,邱广伟 (223)	
马铃薯抗晚疫病和病毒病转基因研究现状与展望	王岫芳 (226)
马铃薯育种早代选择的研究进展	李 勇,白雅梅,金光辉,吕文河 (231)
马铃薯抗旱机理及其相关研究进展	范 敏,金黎平,刘庆昌,屈冬玉 (235)
3 类 5 种农药对马铃薯块茎蛾幼虫防治效果的对比试验	
..... 杜连涛,李正跃,周丽梅,李春明,唐 晓 (243)	
4 种杀菌剂防治马铃薯晚疫病药效试验	毕士云,毛彦芝,邱广伟,王婉莹 (246)
卡莱理防治马铃薯晚疫病药效试验	
..... 张志轩,朱学文,冯 钢,王建军,任建辉,王进杰,王宗善,韩瑞华 (248)	
马铃薯硫素吸收规律的初步研究	冯 琰,蒙美莲,尚国斌,穆青坡 (252)
Inverse PCR 法快速测定转基因马铃薯中 T-DNA 的拷贝数	南相日 (258)
马铃薯新型栽培种耐盐性鉴定与筛选	梁春波,韩秀峰,邱 宏,陈伊里 (262)
蛋白质在二倍体马铃薯中的分布及相关性分析	邱彩玲,李 勇,白雅梅,吕文河 (268)
毕节地区脱毒马铃薯生产现状及发展对策探讨	王文秀,黄 勇,陈祖瑶,赵庆洪 (272)
对推进陕西马铃薯产业发展的几点思考	魏延安 (275)

西吉县旱地马铃薯套种豌豆丰产栽培技术	刘慧萍,樊文举,雷 彬 (279)
西部地区脱毒马铃薯原种网棚扩繁栽培技术	朱润花 (282)
几个易感晚疫病马铃薯品种在黑龙江省的高产栽培技术	孙彦良,孟兆华,夏善勇,吴立成 (286)
尤金-885 马铃薯脱毒小薯的简易栽培技术	田 芳 (289)
西吉县马铃薯窖藏现状及减少烂薯的措施	马春花,马 俊,杨泉润 (292)
抓住德化优势机遇,积极发展春马铃薯生产	颜荣炎 (295)
我国马铃薯品种管理现状及发展思路	邹 奎 (298)
sAGP 基因增强表达对马铃薯淀粉和还原糖的影响及安全性评价	宋波涛,田振东,杨文杰 (304)
马铃薯抗虫基因工程研究进展	郭震坤,卢翠华,丛培琳 (307)
无土栽培生产马铃薯微型薯研究进展	方贯娜,庞淑敏,杨永霞 (311)
马铃薯新品种——同薯 20 号	杜 珍,白小东,齐海英,杜培兵 (314)

马铃薯两个基因型不同外植体的组织培养与植株再生

王萍¹, 王昱², 季静²

(1. 淮海工学院海洋学院, 江苏连云港 222005; 2. 天津大学
农业与生物工程学院, 天津 300072)

摘要:以 Favorita 和东农 303 两个马铃薯基因型的幼叶、茎段、微型薯和种薯的块茎为外植体, 在 6 种培养基中诱导愈伤组织和植株再生。试验中观察到马铃薯的分化率在不同外植体间差异较大, ZT 有可能是诱导马铃薯芽分化的理想激素。

关键词:马铃薯; 外植体; 组织培养; 植株再生

马铃薯 (*Solanum tuberosum* L.) 是一种粮菜兼用作物, 在世界的产量仅次于水稻、小麦、玉米而位居第四。因其具有生育期短、营养丰富等特点, 在农业生产和人民生活中均占有重要的地位。随着转基因植物与植物生物反应器研究的不断深入, 马铃薯因具有易生长、生物量大, 可以通过无性繁殖快繁获得大量的转基因植株、块茎便于储藏和运输等特点, 有可能成为疫苗生产的理想工具, 已经受到科学工作者的青睐与重视。组织培养技术是植物转基因与植物生物反应器研究的基础, 目前虽然已有马铃薯组织培养方面的报道, 但影响马铃薯组织培养的因素众多, 有必要对其进行深入细致的研究。本研究选用 4 种外植体在 6 种培养基下诱导愈伤组织与芽分化, 探讨影响马铃薯植株再生的因素, 为利用马铃薯作为生物反应器生产疫苗的研究奠定基础。

1 材料与方法

1.1 试验材料

马铃薯基因型为东农 303 和 Favorita。东农 303 的微型薯、种薯和脱毒苗由东北农业大学农学院马铃薯研究室提供, Favorita 脱毒苗由上海农业科学院生物技术中心惠赠。

1.2 试验方法

取东农 303 和 Favorita 脱毒苗去腋芽的茎段 (0.3 cm)、幼叶 (0.3 cm × 0.3 cm), 东农 303 的微型薯和种薯的薯块用 0.1% 氯化汞消毒 10 min 后去皮与芽眼, 取内层块茎 (0.5 cm × 0.5 cm × 0.2 cm) 分别接种于 MS 基本培养添加不同植物激素的 6 种诱导培养基上。IA: 6-BA 3 mg · L⁻¹ + NAA 0.01 mg · L⁻¹; IB: 6-BA 4 mg · L⁻¹ + NAA 0.01 mg · L⁻¹; IC: 6-BA 2.25 mg · L⁻¹ + NAA 0.2 mg · L⁻¹; ID: 6-BA 1 mg · L⁻¹ + ZT 1 mg · L⁻¹ + IAA 0.5 mg · L⁻¹; IE: ZT 1.75 mg · L⁻¹ + IAA 1 mg · L⁻¹; IF:

作者简介: 王萍 (1957-), 女, 教授, 博士, 从事植物遗传与基因工程研究。

ZT $2\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ + IAA $1\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。在 $2\,000\text{ lx}$ 下光照 16 h ， $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 条件下培养，由幼叶、茎段诱导产生的愈伤组织转接到分化培养基中。分别调查愈伤产生与芽分化的情况，计算愈伤诱导率（产生愈伤的外植体数/接种外植体数 $\times 100\%$ ）和芽分化率（分化芽的愈伤块数/总愈伤块数 $\times 100\%$ ）。

2 结果与分析

2.1 马铃薯 Favorita 愈伤组织的诱导与植株再生

取马铃薯 Favorita 基因型脱毒苗的幼叶与去腋芽的茎段接种于 6 种培养基中培养所得到的愈伤诱导率与分化率结果见表 1。

表 1 马铃薯 Favorita 幼叶和茎段在 6 种培养基中愈伤组织与再生苗的诱导

培养基代号	叶 片		茎 段		分化率(%)	
	接种数	愈伤诱导率(%)	接种数	愈伤诱导率(%)	叶 片	茎 段
IA	36	73.91	30	100	11.76	30.00
IB	46	55.26	30	100	42.86	30.00
IC	34	94.11	30	100	0	0
ID	50	34.00	36	100	50.00	—
IE	49	52.00	30	100	38.46	70.00
IF	44	50.00	33	100	50.00	18.18
平 均	43.17	59.88	31.50	100.00	32.18	29.64

注:分化率为幼叶转接到 MS+ $2.25\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ BA+ $5.0\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ GA₃ 中,茎段转接到 MS+ $0.3\text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ GA₃ 中。

从表 1 结果可看出，同一种基因型 Favorita 以不同外植体、在不同培养基中的愈伤诱导率与分化率均不同，茎段的愈伤诱导率明显较高，均达 100%。根据前人的研究，本试验中诱导幼叶和茎段分化时选用了不同的培养基得到了分化芽（图 1），其中，幼叶的分化率为 0~50%，茎段分化率为 0~70%。同时发现，当用 IC 作为诱导培养基时，不论是幼叶还是茎段，诱导产生的愈伤组织不论是用两种分化培养基中哪一种，都没有分化出芽。

2.2 马铃薯东农 303 愈伤组织的诱导与植株再生

将马铃薯东农 303 基因型脱毒苗的幼叶、去腋芽的茎段、微型薯与种薯的薯块接种于 6 种培养基中培养，经培养得到的愈伤诱导率与分化率结果见表 2。

东农 303 在 6 种培养基中诱导 4 种外植体产生的愈伤诱导率以茎段为最高（图 2），达 100%，之后依次为幼叶、微型薯、种薯。并且，不同外植体分化率的高低与愈伤诱导率的顺序是一致的。从培养基对分化率的影响看，诱导培养基 IA，ID 和 IE 对茎段的芽分化诱导效果较好，IF 对幼叶和种薯芽诱导效果较好，微型薯则在 IA 培养基中效果较好。培养基 IC 对各种外植体芽诱导的效果都较差。

表 2 马铃薯东农 303 的 4 种外植体在 6 种培养基中愈伤组织与再生苗的诱导

培养基代 号	愈伤诱导率(%)				分化率(%)			
	叶 片	茎 段	微型薯	种 薯	叶 片	茎 段	微型薯	种 薯
IA	80.77	100	48.39	0	4.76	41.67	16.13	0
IB	64.29	100	51.72	0	—	50.00	0	0
IC	67.57	100	10	0	8.00	0	3.33	0
ID	53.33	100	0	0	—	57.14	0	0
IE	34.21	100	0	—	7.69	41.67	3.33	—
IF	35.00	100	0	24.14	21.43	8.33	3.33	10.34
平 均	55.86	100	10.02	4.83	4.83	33.14	4.35	2.07

注:分化率为叶片转接到 $MS+2.25\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}\text{ BA}+5.0\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}\text{ GA}_3$ 中,茎段转接到 $MS+0.3\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}\text{ GA}_3$ 中。

3 讨 论

3.1 影响马铃薯植株再生频率的主要内在因素

本文研究了影响马铃薯植株再生的内在因素—马铃薯的基因型和外植体种类,从试验结果可知,在不同培养基中培养时,去腋芽茎段在两种基因型间芽分化率是相似的。而同一个基因型不同外植体的分化率差别较大,例如,东农 303 的 4 种外植体平均分化率变化在 2.07%~33.14%,最高值与最低值相差十几倍。这暗示马铃薯作为受体进行遗传转化时,选择高植株再生率的外植体类型可能比选择基因型更重要。

3.2 植物激素种类对马铃薯不同外植体植株再生的影响

以往在马铃薯组织培养中的芽诱导主要应用的细胞分裂素是 6-BA,本试验中引用了 ZT,发现培养基 IF ($ZT\ 2\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1} + IAA\ 1\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$) 对芽诱导率较低的幼叶与种薯块茎诱导效果较好。当 $6-BA\ 1\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1} + IAA\ 0.5\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 再加 $ZT\ 1\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ (培养基 ID) 时,对东农 303 茎段的芽诱导效果很好,芽分化率为 57.14%,并且,每个茎段上再生苗也多(图 3),ZT 有可能是诱导马铃薯芽分化的理想激素。

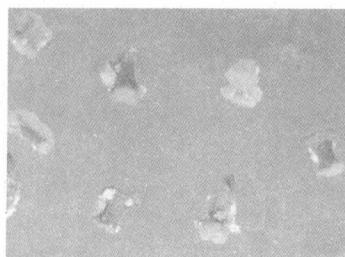


图 1 Favorita 茎段芽



图 2 东农 303 茎段芽

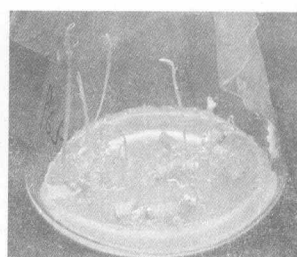


图 3 东农 303 茎段再生苗

3.3 马铃薯遗传转化的受体选择

用于遗传转化的受体材料以再生频率高的体细胞为好，可提高转化率、降低假阳性和嵌合体的出现。因为马铃薯茎段的再生频率高，因此，常用来作为遗传转化的受体，而因块茎的植株再生率较低极少被应用。本试验以块茎内层组织作为外植体，以期确保从完全体细胞再生植株，但得到的芽分化率较低。分析其原因一方面可能是本试验培养基中植物激素种类不多，变化范围不大，未能满足块茎芽分化的特殊需要；另一方面块茎在接种与培养时极易污染，增加了试验的难度。随着对块茎再生体系的优化与改进，块茎也可能成为马铃薯遗传转化的理想材料。

马铃薯二年制脱毒种薯体系 建设及其关键技术改良

柳俊, 聂碧华, 蔡兴奎, 陈亮, 谢从华

(湖北省马铃薯工程技术研究中心, 华中农业大学 湖北 武汉 430070)

摘要: 马铃薯脱毒种薯生产和利用是马铃薯生产的重要环节, 传统的脱毒种薯生产体系因繁殖周期长, 病毒再侵染风险高, 使种薯质量很难保证。本研究以品种脱毒和试管薯生产为基础, 以微型薯生产和标准种薯生产为扩繁环节, 建成了二年制种薯生产体系。该体系将种薯生产在田间多年繁殖改进为只需一年繁殖, 从而降低了病毒再侵染机率, 保证了脱毒种薯质量。

关键词: 马铃薯; 种薯体系; 技术改良

马铃薯为无性繁殖植物, 因病毒侵染而造成的种薯退化是影响马铃薯生产的重要因素之一, 目前最有效的措施是推广使用脱毒种薯。由于马铃薯繁殖系数一般只有 1:10, 脱毒种薯通常要经过多代的田间繁殖, 才能满足生产需要。在繁殖过程中, 病毒的再侵染将不可避免。如果在这一环节种薯质量检测体系不健全, 脱毒的效果将会受到极大的影响。另外, 马铃薯用种量要占我国目前总产量的 20% 左右, 大量调种无论是在种薯产区还是在不能生产种薯的南方地区均不现实, 这也是为什么我国推广脱毒种薯 30 多年来成效不大的主要原因之一。因此, 根据我国的实际情况, 减少田间繁殖次数, 实现种薯微型化, 是提高种薯质量、加快脱毒种薯利用速度的重要途径, 同时, 亦是世界马铃薯种薯生产技术发展的趋势。

马铃薯在湖北的年种植面积目前已接近 30 万 hm^2 , 鄂西山区作为粮食和平原与城郊地区作为蔬菜种植约各占 50%。在鄂西山区, 马铃薯占全年粮食总产 (按 5:1 折主粮) 超过 1/4, 占夏粮产量 70% 以上, 其丰欠直接关系到当地农民的温饱。平原与城郊地区马铃薯面积近 10 年来增长 1 倍左右, 是冬季作物中可比生产效益最高的大田作物, 已成为当地冬季农业开发和农业产业结构调整的重要作物种类。然而, 湖北的马铃薯单产一直徘徊在 $15 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 左右, 约为世界发达国家的一半, 且低于发展中国家的平均水平, 处于相对落后的境地。湖北鄂西马铃薯种植区地处山区, 传统上低山地区就近从高山地区换种, 由于没有正规的种薯生产, 品种混杂退化严重。近年来虽建有一些脱毒种薯生产基地, 但由于山区交通条件较差, 长距离大规模种薯调运仍十分困难, 脱毒种薯的生产和利用因此受到制约。湖北的平原种植区为近年来产业调整的马铃薯生产新区, 种薯多从北方调运或直接从市场购买商品薯做种, 种薯质量差是障碍该地区马铃薯生产的主要原因。因此, 解决马铃薯种薯问题, 建立适宜湖北乃至西南山区适宜的种薯体系, 已成为马铃薯产业发展的迫切需要。

作者简介: 柳俊 (1958 -), 女, 教授, 博士生导师, 主要从事马铃薯细胞与分子育种及相关领域研究。

本研究以缩短种薯生产周期为基本目的,对其关键技术进行改进与完善,形成了适合鄂西及西南山区推广的二年制种薯体系,为马铃薯脱毒种薯在西南山区的全面推广奠定基础。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验采用湖北省大面积推广使用的3个马铃薯品种:鄂马铃薯3号(E3)、鄂马铃薯1号(E1)、南中552(N552)。

1.2 试管薯和微型薯生产技术改进

试管薯生产在本实验室基本生产方式的基础上,主要对培养容器进行改进。实验采用玻璃瓶和培养盒进行对比试验,以每平方米为基本单位,玻璃瓶为 $150 \text{ 瓶} \cdot \text{m}^{-2}$ (单层),培养盒 $390 \text{ 瓶} \cdot \text{m}^{-2}$ (3层)。重复3次(以培养架中间3层为试验区,每层一次重复)。接种和培养架按照实验室常规方法进行。

微型薯生产技术研究在华中农业大学实验基地网室进行,主要对网室设施、施肥方法进行改进。

1.3 二年制种薯体系建设

试管薯生产在华中农业大学进行,微型薯在华中农业大学、湖北恩施、湖北长阳、湖北鄂州进行。生产方法按照本实验室改进方法进行。标准种薯生产基地建设点分布于湖北恩施自治州的巴东、恩施、宣恩和湖北长阳。第一年采用试管薯在网室生产微型薯,第二年用网室生产的微型薯在种薯基地生产标准种薯,每年循环。

2 结果与分析

2.1 二年制脱毒种薯体系应用的条件及其关键技术

2.1.1 缩短种薯生产周期的基本条件

马铃薯脱毒种薯的应用是马铃薯生产的重大变革,自20世纪70年代以来,欧美等发达国家均相继建立了较为完善的脱毒种薯生产体系,使马铃薯脱毒种薯得到了广泛的应用。由于马铃薯繁殖系数低且用种量大,因而导致马铃薯种薯繁殖周期长,国外从脱毒苗到提供商品生产的种薯一般需要8~12年,在此期间如果没有严格的隔离条件和种薯质量检测措施,其种薯质量则很难保证。我国目前尚无统一和健全的种薯质量保证体系,多代的田间繁殖过程中的病毒再侵染而致使种薯再退化现象十分普遍,脱毒种薯的质量长期以来一直是科学界和农民关注的问题。因此,减少脱毒种薯的田间繁殖世代是脱毒种薯质量的根本保证,而提高前期繁殖系数,增加繁殖基数,尤其是组培繁殖阶段和早期原种繁殖阶段的数量,则是减少繁殖世代的前提,也是近年来国内外马铃薯种薯生产技术改进的主要方向。

2.1.2 关键技术改良

(1) 试管薯生产及其配套技术

马铃薯试管薯是利用茎尖分生组织脱毒技术，在组织培养条件下高倍扩繁脱毒试管苗，进而诱导其腋芽膨大所形成的块茎。试管薯生产不受季节限制，储运方便，因此可以缓解季节矛盾。将其与微型薯生产技术相结合，不仅可以保证种薯质量，加速脱毒种薯应用推广，而且可以在一些原来不能生产种薯的地区就地生产，避免大规模的远距离调种。1995 年以来，本实验室在深入进行试管薯形成的分子机理研究的基础上，重点进行了试管薯规模化生产技术的研究，以达到充分利用组培室空间，节约人力、能源和降低生产成本，从而促进试管薯在种薯生产中应用的目的。

培养器皿研制：传统的培养器皿多为玻璃材质，其透光性能好、容易洗涤，但容易碎、质地重，单位培养面积可放置的瓶数有限。近年来，许多公司开发出一些塑料质地的培养容器，虽具有质地轻、不易破碎的优点，但大多强度弱，反复使用易变形。本实验室自 2001 年起，开始进行培养器皿的材料、形状及其体积的研制，在经过对 10 多种材料的试验，筛选出透光性好、硬度高、可高压灭菌并能反复使用的高分子材料，在此基础上研制出马铃薯试管薯规模生产的配套培养盒。试验显示，培养盒由于材质轻、透光性好，单位培养面积上可重叠放置，因此在不改变任何培养条件的情况下，即可显著提高试管块茎生产效率。与玻璃瓶相比，每平方米产薯数可增加 3.4 ~ 5.2 倍。在试验中还观察到，培养盒的结薯时间较为集中，因而薯块大小较整齐，尽管从单薯平均重看，玻璃瓶的平均单薯重比培养盒要高，但从大于 50 mg 的试管块茎比例来看，3 个品种除“鄂马铃薯 3 号”两种容器中大致相同外，“鄂马铃薯 1 号”和“南中 552”在培养盒中生产的试管块茎大于 50 mg 的比例要显著高于玻璃瓶（表 1）。

表 1 不同培养容器生产效率

容器	项 目	E1	E3	N552
培 养 盒	单层培养架每 m ² 结薯数(个)	8 970	4 017	4 680
	每 m ² 实验室年产试管块茎(个)	224 250	100 425	117 000
	单盒结薯数(个)	23.0	10.3	12.0
	平均单薯重(mg)	97.0	103.6	98.5
	大于 50 mg 的比例(%)	85.7	78.6	86.2
玻 璃 瓶	单层培养架每 m ² 结薯数(个)	1725	1170	1200
	每 m ² 实验室年产试管块茎(个)	43 125	29 250	30 000
	单瓶结薯数(个)	11.5	7.8	8.0
	平均单薯重(mg)	120.1	183.0	124.3
	大于 50 mg 的比例(%)	76.3	82.1	73.3

注：每平方米实验室年产试管块茎(个)=单层培养架结薯数(个·m⁻²)×5(层)×5(次·年⁻¹)

规模化生产微环境控制：马铃薯块茎形成的适宜温度为 18 ~ 20 ℃，人工培养条件下培养室的温度设置基本控制在此温度范围内。然而，同一培养室不同培养架层的温度有一定差异，特别是培养架隔板的局部温度直接影响到培养容器内的局部温度，从而显著影响

试管块茎的形成。试验显示,在培养室的环境温度为 20℃ 时,培养架局部温度的高低对试管块茎的形成和膨大具有显著影响(表 2)。当培养室环境温度控制在 20℃ 时,无论是结薯数还是试管块茎大小及其整齐度均优于 18℃ 和 24℃ 的处理,温度 18℃ 的处理虽然结薯较多,但其薯重显著低于 20℃ 和 22℃ 的处理。当温度达到 22℃ 时,虽然结薯数和薯块大小与 20℃ 条件下没有显著差异,但大于 50 mg 的块茎比例极显著降低。温度达到 24℃ 时,试管块茎的形成即受到影响,各个指标均显著或极显著下降。为了使培养架局部温度均匀控制,我们对培养架结构进行了彻底改进,将培养架隔板由单层改为双层,中空 5 cm,从而避免了由光源引起的隔板表面温度升高的问题。除温度外,培养室的空气循环亦对试管薯生产具有较大影响。规模化生产后,由培养物自身的呼吸代谢所排放的气体,对培养物生长发育具有抑制作用,而直接的通风不仅引起温度的波动,还易造成局部污染。为此,本实验室采用排风设备将实验室空气抽出,利用平衡原理使新鲜空气得以补充,较好的解决了气体交换问题。

表 2 温度对试管块茎形成数和大小的影响

温 度	18℃	20℃	22℃	24℃
统计瓶数	82	115	113	85
平均每瓶结薯(个)	11.1a	10.7a	11.5a	8.8b
平均单个薯重(mg)	98B	123A	102A	92B
>50 mg 比例(%)	75.8AB	81.6A	71.9B	61.9B

注:差异比较采用新复极差测验,a,b 和 A,B 分别表示在 $\alpha=0.05$ 和 $\alpha=0.01$ 水平上差异显著。

此外,在规模化试管薯生产中,实验室按照品种特性分别调控,一个品种一种生产模式,通过一系列改良,目前每平方米组培室达到年生产 20 万粒左右试管薯的生产效率,形成了成熟的试管薯规模化生产技术体系,并获得国家发明专利。

试管薯贮藏与休眠调控:试管薯应用的优势在于可以周年生产,适时提供,要做到这一点,适宜的贮存技术和休眠调控技术必须配套。因此,实验室在进行试管薯规模化生产研究的同时,进行了试管薯休眠调控和栽培技术研究。通过调控湿度,可保证试管薯在常温下贮藏 4 个月,在 10℃ 左右的低温下贮藏可达 1 年,达到了试管薯产业化所需的周年生产、周年供应的目的,所研究的催芽技术,可保证在两周内使试管薯的发芽率达到 95% 左右,解决了试管薯发芽不整齐的问题,为齐苗壮苗打下了基础。

(2) 微型薯生产技术

20 世纪 90 年代以来,以试管苗或试管薯在温、网室防虫隔离条件下,采用切段扦插等高倍繁殖技术,生产 1~5 g 大小的微型种薯,用于脱毒种薯的进一步繁殖。微型薯由于利用了温、网室一年多季的生产特点,有效地提高了繁殖基数。所以,微型薯的应用已成为国内外种薯生产的主要技术措施之一。我国的微型薯生产技术在国际上处于先进水平,然而,其生产成本一直较高。因此,降低生产成本成为微型薯大规模应用必须解决的问