

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^[1-2]。

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。

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

收稿日期: 2006-10-18

基金项目: 国家攻关计划项目 2002BA52628

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。

培养盒进行对比试验, 以每平方米为基本单位, 玻璃瓶为 150 瓶·m²(单层), 培养盒 390 瓶·m²(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^[3]。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^[1], 多代的田间繁殖过程中的病毒再感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^[3]。

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·m²) × 层数 × 次数·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^[4], 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^[3,5]。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题。本实验室在比较了温室、隔离温室、基质类型等微型薯生产后, 选择以隔离网室为生产设施, 以蛭石加珍珠岩为基质的基本生产方式。针对微型薯生产过程中的生产季节、管理方式和水肥控制等进行系统研究, 形成了简单、高效、实用的微型薯生产技术。目前, 利用该技术, 每 667 m² 隔离网室年可生产微型薯 70 万粒左右, 其成本与常规脱毒种薯相当。按照每 667 m² 种植 5 000 株的密度计算, 每公顷隔离网室可供 140 hm² 左右田间种植。

2.2 二年制种薯体系建设

2.2.1 二年制种薯体系的基本框架

二年制脱毒种薯体系的基本框架如图 1 所示, 从品种脱毒后, 通过试管苗扩繁, 生产试管薯。第一年以试管薯为基础, 采用顶端切段扦插的无土栽培高倍繁殖技术进行微型薯生产。第二年在高海拔地区(纬度 30 左右, 海拔 1 400 m 以上)选择自然隔离好的田块利用微型薯进行标准种薯生产, 次年作为大田商品薯生产用种。由于在种薯生产过程中, 只有一年(第二年)处于开放条件下生产, 且选择了高海拔隔离地区进行, 病毒传媒少, 从而保证了种薯质量。

2.2.2 二年制脱毒种薯体系在湖北的实施

按照二年制种薯生产体系的基本框架，体系建设的中心环节是建立适当规模的微型薯生产基地和选择适宜的标准种薯繁殖基地。体系建设中，品种脱毒到试管薯生产由本实验室完成，以保证基础繁殖材料的质量。微型薯生产则应根据技术力量和种植规模，集中建设隔离网室。目前在湖北共建有包括武汉、恩施在内的4个微型薯生产基地，每个基地的隔离网室在1.5~2.5 hm²之间。微型薯生产基地由本实验室统一提供试管薯，并按照本实验室改良的微型薯生产技术统一规范管理。严格防虫网隔离，通过扦插密度和水肥控制来调节微型薯体积，使2~5 g的微型薯比例达到75%以上，保证微型薯生产质量。

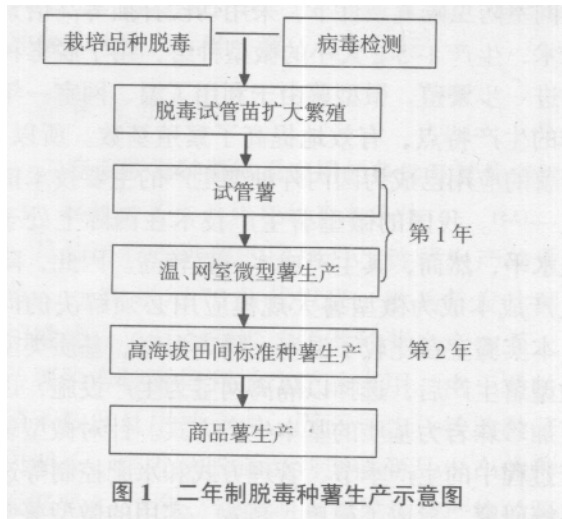


图1 二年制脱毒种薯生产示意图

田间繁殖是脱毒种薯生产的第二年，本实验室在位于鄂西山区的恩施和长阳两县市的高海拔地区（海拔1400 m以上）选择自然隔离好的田块，利用微型薯进行相对集中的标准种薯扩繁，为低海拔地区提供脱毒种薯。同时，在二高山地区（800~1200 m），对于一些马铃薯种植面积较大的农户，每年按种植面积1:10的比例直接提供微型薯，农户选择种子田用微型薯生产种薯供自己使用。由于采用每年提供脱毒微型薯的方法循环，田间繁殖种薯只有1年，因而既保证了脱毒种薯的生产潜力，又降低了山区农民的生产成本。在种薯生产过程中，除在品种脱毒环节进行严格的病毒检测外，对于集中生产并对外提供种薯的基地，对其种薯进行抽样病毒检测，以保证种薯质量和脱毒种薯的增产效果。目前，在湖北地区已形成了辐射状的种薯生产网络结构（图2），二年制脱毒生产体系已基本建成。

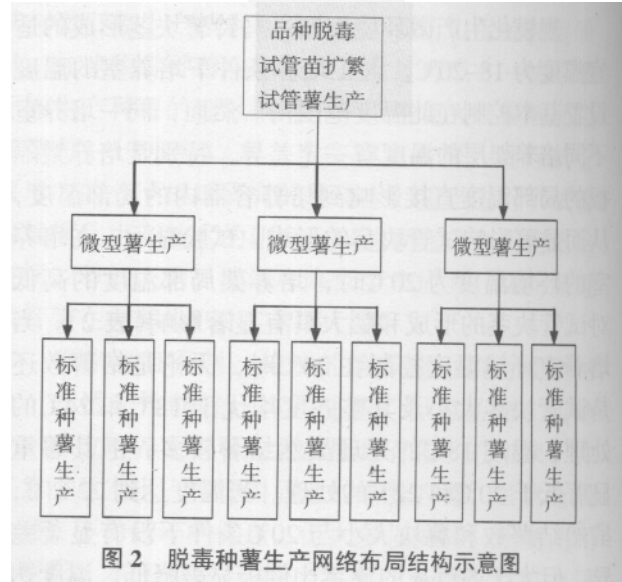


图2 脱毒种薯生产网络布局结构示意图

3 讨论

二年制脱毒种薯体系有许多优势，主要体现在以下几个方面。

3.1 种薯生产周期短，病毒再侵染机率小，种薯质量高

马铃薯繁殖系数一般只有1/10，传统的脱毒种薯生产通常要经过多代的田间繁殖，才能有足够数量提供给商品薯生产。而繁殖过程中，不可避免地会出现病毒的再侵染，种薯质量难以保证。二年制种薯体系只需在田间进行一次繁殖，且在繁殖过程中选择了相应的隔离地区，不仅使病毒的再侵染机率大大缩小，同时也降低了其它薯传病害的机率，提高了脱毒种薯质量，进而保证了脱毒种薯的增产效果。研究表明，脱毒种薯与其它种薯相比，其增产效益一般在30%左右^[1]。

3.2 便于运输，有利于脱毒种薯推广

二年制脱毒种薯生产体系以试管薯和微型薯集约生产为基础，由于其体积小，运输成本降低100倍左右。前期集中控制生产有利于种薯质量保证。标准种薯在山区就近择地生产，又避免了远距离大量调种。因此，二年制种薯体系可保证在西南山区交通欠发达地区的脱毒种薯推广应用，从而提高该地区的马铃薯生产水平，促进马铃薯产业的发展和地区农业经济的发展。

3.3 节约耕地，有利于土地资源的有效利用

二年制种薯体系利用试管薯和微型薯的高效生产，提高了种薯生产前期的繁殖基数。利用改良技

术, 每平方米的实验室每年可生产 20 万粒左右的试管薯, 相当于 2.5 hm² 耕地; 每公顷网室每年生产微型薯 1 050 万粒左右, 相当于 140 hm² 耕地。由于前期生产效率高, 只有 1 年占用耕地用于标准种薯生产, 从而节约了大量的耕地, 在土地资源日益紧张的今天, 其社会效益不言而喻。

3.4 降低种传病害的传播

试管薯和微型薯是在实验室和隔离网室条件下生产的脱毒种薯, 可不带任何病原菌。在田间开放条件下繁殖标准种薯只有 1 年时间, 从而大大降低了种子带病的机率, 亦降低了各种由种薯携带的病原菌的蔓延程度, 这既可减少病害防治的农药使用, 降低生产成本, 同时也可减少许多农业危害性病害的流行, 使农业生态环境得以更好的维护。

3.5 增加我国马铃薯种薯的国际竞争力

加入 WTO 后, 我国马铃薯种薯市场将逐步对外开放。美国、荷兰、加拿大等马铃薯种薯生产大国一直希望抢占中国种薯市场。按照传统的种薯生产模式, 我国尚无完善的种薯质量监控体系, 种薯再退化严重, 其它种传病害难以控制, 因而其种薯质量很难与其他国家抗衡。而二年制体系所生产的

脱毒种薯, 以缩短繁殖周期来保证种薯质量, 以建立地方网络来加速推广, 在质量和成本上均具有较强的国际竞争力。如果二年制种薯体系在适宜地区推广, 不仅可以满足本地马铃薯生产需求, 还可能打开东南亚的种薯市场, 发展壮大我国的马铃薯种薯产业。

[参 考 文 献]

- [1] 孙慧生, 杨元军. 中国马铃薯种薯生产[M]//陈伊里, 屈冬玉. 中国马铃薯研究与产业开发. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学出版社, 2003: 1-9.
- [2] Liu Jun, Xie Conghua. Minimizing tuber size approaching to an innovation of novel seed potato system [C]. Proceedings of International Conference on Engineering and Technological Sciences 2000. Session 6, Technology Innovation and Sustainable Agriculture, 2000: 469-470.
- [3] Kawakami J, Iwama K, Hasegawa T, et al. Growth and yield of potato plants grown from microtubers in fields [J]. Amer J of Potato Res, 2003, 80: 371-378.
- [4] Donnelly D J, Coleman W K, Coleman S. Potato microtuber production and performance: a review [J]. Amer J of Potato Res, 2003, 80: 103-115.
- [5] Ritter E, Angulo B, Riga P, et al. Comparison of hydroponic and aeroponic cultivation systems for the production of potato minitubers [J]. Potato Res, 2001, 44: 127-135.

Establishment of Two-year Seed Potato System and Improvement of the Key Techniques

Liu Jun, Nie Bihua, Cai Xingkui, Chen Liang, Xie Conghua

(Potato Engineering and Technology Research Center of Hubei Province;
Huazhong Agricultural University, Wuhan, Hubei 430070, China)

Abstract: It is the main measure of potato production to produce and use virus-free seed tubers. The quality of seed tubers is difficult to guarantee with existed seed potato system since its long propagation cycle and high crises of virus reinfection. The present research, based on virus elimination and microtuber production, established the two-year seed potato system including propagations of minitubers in net-house and standard seeds in the field. The two-year system requiring seed tuber production for only one year in the open field, rather than several years necessary for the conventional method, ensures reduction of virus infection and hence the improvement of seed tuber quality.

Key Words: potato; seed potato production system; technology improvement