

文章编号:1001-4829(2008)03-0737-04

马铃薯脱毒种薯快繁技术及其数量经济关系研究

胡建军¹, 何卫^{1*}, 王克秀¹, 桑有顺², 唐铭霞¹, 陈涛², 陈萍萍¹, 谢江¹

(1. 四川省农业科学院作物研究所, 四川 成都 610066; 2. 成都市农林科学院作物研究所, 四川 温江 611130)

摘要: 本文对马铃薯脱毒试管苗快繁技术和脱毒试管苗周期性繁殖总量进行了详细的研究和分析。结果表明, 马铃薯脱毒后可以有地提高产量和品质。而脱毒微型薯的生产, 特别是雾化栽培技术的应用, 较之常规基质栽培大大提高了种薯繁育效率并显著降低了生产成本。正规马铃薯供种体系, 可为种薯质量提供可靠的保证。种薯生产体系总的发展趋势是技术更加成熟稳定和简化、繁育年限更短、效益更高。选用脱毒马铃薯种薯较之一般种薯更能显著的提高经济效益。在脱毒试管苗快繁过程中, 繁殖总代数比每代繁殖增大倍数更重要。所以, 减少繁殖周期从而增加一年内繁殖总代数对增加繁殖总量更为有效。同样, 起始脱毒苗量也很重要, 是纯粹的总量繁殖系数, 增加起始脱毒苗量同样对提高一年内脱毒苗产量有重要意义。在分析了国内外马铃薯种薯供种体系的基础上具体测算了使用脱毒种薯所增加的效益。本文的研究内容和分析是我国马铃薯脱毒种薯繁育技术的重要积累和高度概括, 也是区域产业化发展规划的重要前提和必要依据。

关键词: 马铃薯; 脱毒种薯; 供种体系; 繁殖周期; 产量效益盈亏平衡点

中图分类号: S532 **文献标识码:** A

Rapid propagation of virus-free potato and its economic analysis

HU Jian-jun¹, HE Wei^{1*}, WANG Ke-xiu¹, SANG You-shun², TANG Ming-xia¹, CHEN Tao², CHEN Ping-ping¹, XIE Jiang¹

(Crop Research Institute, Sichuan Academy of Agricultural Sciences, Sichuan Chengdu 610066, China)

Abstract: The study was carried out to investigate and analyze techniques and relationship in the rapid propagation of virus-free potato plantlets with the output and profits to use it. The results indicated that the virus-free potato could effectively increase the yield and improve its quality. The production of mini virus-free potato seed, especially the application of the aeroponics technique increased the efficiency of potato tuber propagation remarkably and reduces the cost of production. The formal seed supply system secures the seed potato quality, hence the final field yield. The future trend of the potato production system was supposed to become more technical, simplified, shorter of the cycle, and more effective than before. Besides, using the virus-free seed potato can bring more economic benefit than normal potato based on a model analyzed. The number of generations of propagation was more relevant in a way than the efficiency of propagation. Therefore, reducing propagation cycle to increase the total propagation generations was significant. The initial number of virus-free plantlets, being an coefficient of the multiplier, played an equal role to contribute to the final total or annual plantlets produced.

Key words: virus-free seed potato; supply system; generation of propagation; propagation cycle

马铃薯 (*Solanum tuberosum* L.) 是世界第 4 大作物, 中国又是世界马铃薯生产大国, 近年栽培面积达 530 余万 hm^2 ^[1-2]。但平均单产仅 15 t/ hm^2 , 而荷兰等欧美一些国家的平均单产已达 45 t/ hm^2 左右。所以马铃薯产量还有很大的增产潜力。

西南地区是中国 4 大马铃薯生态区之一, 该地

区海拔和气候的多样性造就了独特的马铃薯耕作体系。四川又是中国马铃薯生产大省, 近年来栽培面积上升至全国的前 2 名, 约占 1/7。在四川省许多贫困山区和少数民族地区 (如彝、藏聚居区), 马铃薯是不可替代的主粮, 更是广受城乡欢迎的粮菜兼用的作物, 具有稳产高产、生育期短、适应性强、营养丰富、用途广泛等特点, 又是酿造、淀粉和食品加工的重要工业原料。目前生产上存在的主要问题是优良品种所占播种面积较少、且混杂退化严重、常规种薯繁殖系数低 (约为 8 倍)、耕作栽培和种薯体系不健全、特别是晚疫病常年发生等, 给产量和品质造成

收稿日期: 2008-02-19

基金项目: 国家科技支撑项目 (2006BAD21B05); 农业部行业科技 (nyhyzx07-006-8); 四川省科技重点攻关 (05NG001-021-1); 四川省马铃薯科技提升行动

作者简介: 胡建军 (1969-), 男, 助理研究员, 从事马铃薯育种、种薯生产、栽培和加工的研发, * 为通讯作者。

了严重危害^[3]。

本文旨在对马铃薯脱毒试管苗快繁技术和一年的繁殖总量及其数量经济关系进行研究分析,从而寻求大量且高效生产脱毒试管苗的有效途径,以满足目前日益增加且供不应求的马铃薯优质脱毒种薯的需求。

1 组培快繁

马铃薯种薯退化可导致马铃薯品质下降、产量大幅度降低。马铃薯品种退化的主要原因是病毒侵染并通过种薯代代相传,从而导致马铃薯产量降低,品质退化。马铃薯脱毒后可以有效提高马铃薯产量和改善品质,而不会使遗传性状改变。目前世界上对马铃薯病毒病防治缺乏有效的药剂,也未育成高抗病毒病的品种。种薯退化是制约马铃薯生产水平提高的主要障碍。

从脱毒种薯生产的过程来看,广泛采用的是茎尖脱毒→组培快繁→网室生产脱毒小薯→隔离或开放条件下繁殖原种→合格种薯这一途径。脱毒试管苗的快速繁殖是种薯繁殖体系的开始,从理论上分析,脱毒组培苗的繁殖总量(Y)可通过以下公式计算^[4]。

$$Y = a \times (1 + b)^n,$$

其中, Y 为脱毒组培苗的繁殖总量, a 为起始苗量, b 为每代繁殖增大倍数, n 为繁殖总代数。按每30 d繁殖1代、每代增加3倍计算,每亩1年的繁殖量 = $1 \times 4^{12} = 16\ 777\ 216$,即约1677万苗。

在实际操作过程中由于设备条件和技术上的原因,远达不到这样的繁殖总量。本实验室生产脱毒苗的量之所以与上述公式有较大出入,总体来说有以下几方面的原因,一是组培室面积受限,其次受实验室的条件和本地区气候影响,一般每年只利用春秋两季快繁。除去栽苗和收种的时间,脱毒苗的繁殖总代数也大大受到限制。若能改善并有效利用实验室条件,实际繁殖总量与上述理论繁殖总量之间的差距将进一步缩小。

2 脱毒小薯生产

脱毒小薯即原原种(pre-basic seed)是利用脱毒试管苗或试管薯在防蚜网室中繁殖的小型种薯,它是种薯繁殖的核心。一般采用2种繁殖方式:

(1)基质栽培繁殖(media culture)即在温室或网室内,利用苗床等设施,填充蛭石、珍珠岩、草炭、腐殖松针土、砂等基质进行栽培繁殖。基质无土栽培是目前国内外应用较普遍的生产方式,生产的脱毒种薯表皮光滑,外观及储存质量佳,但繁殖系数低

(每株平均结 >1.5 g的小薯1~3粒)、人工和组培苗用量大。

(2)营养雾化栽培繁殖(Aeroponics)。即雾培法生产微型脱毒薯,它通过营养液定时喷雾,使植株根系在黑暗和无基质条件下获得生长所需水分和养分,属于典型的气雾法栽培^[5]。该方法可以实现人为调控马铃薯生长发育所需条件,使植株生长迅速,并可大幅度地提高繁殖效率,另外,也可根据所需种薯的规格,随时采收符合标准的薯块。这种方法单株结薯率高,可充分发挥植株的增产潜力等优点。四川省农科院作物所于2007年10月在四川省首次建成了马铃薯脱毒种薯雾培繁育工厂化设施,在借鉴了韩国和国际马铃薯中心的相关技术的基础上进行了改进。该雾培方法由于优化了营养液并通过设施的自动调控使植株结薯习性从有限生长发展转变为相对的无限生长,单株结薯数比之传统的网室基质脱毒原原种繁育方法提高了10~30倍,即单株结薯可达15~60粒,从而大大提高了种薯繁育效率并降低了生产成本。雾培的营养液营养成分均一、易控,在循环利用过程中,可随时检测并调整补充养分,保证矿质元素的充分供给;pH达到最佳的范围(5.5~6.0),雾培栽培槽为匍匐茎的生长提供充足的空间,喷雾过程中营养液的溶解氧增加,可使根系和匍匐茎保持较高的生长活性。传统的脱毒马铃薯微型薯种薯生产基质成本较大,而且大批量基质的消毒一直是比较大的问题。雾化栽培法不仅提高了种薯产量,解决了培养基质问题,而且能节省90%的生产用苗,同时节约大量的人工和生产用水。并可以随时采收,自如控制种薯大小,减少田间操作,降低病害浸染。此外,采用雾培方式,可直观定期观察、采摘符合采收标准的脱毒小薯,有利于植株光合产物向未膨大的微型薯中输送,从而提高可利用小薯(0.5~3.0 g)的数量,并保证其整齐度。这些优点均是传统的基质栽培无法相比的。因此,雾培的建立将有力促进我省马铃薯脱毒种薯产业的现代化、规模化和标准化。

3 供种体系

从世界范围来看,马铃薯供种体系可划分为正规种薯体系和非正规(传统)种薯体系^[6]。“正规种薯体系”可提供高质量种薯,其体系由以下几方面组成:①具有法律效应的机构以保障育种者权利和控制种薯质量;②种薯繁殖机构和公司;③种薯经营(进出口)公司和协会;④种薯生产技术研究机构;⑤针对种薯生产者 and 种薯质量检测者的教育和培训机构。“传统种薯体系”则完全是由农户在自然条

表 1 脱毒种薯和普通种薯产量比较(单位:kg)

Table 1 Compared yield with virus-free seed potato and ordinary potato seed

品种 Variety	处理 Treatment	郫县	金堂	双流	什邡	平均产量	折合公顷产量(hm ²)	百分比(%)
坝薯 10 号	脱毒种	46.3	54.5	42.6	41.2	46.2	34 623.0	175
	CK	25.6	28.3	26.4	25.5	26.5	19 843.5	100
中薯三号	脱毒种	48.5	51.6	46.1	46.2	48.1	36 085.5	180
	CK	31.4	26.3	24.5	24.8	26.8	20 068.5	100
费乌瑞它	脱毒种	47.3	54.2	46.8	43.8	48.0	36 028.5	161
	CK	31.2	30.7	29.4	28.3	29.9	22 432.5	100
大西洋	脱毒种	27.5	24.9	29.4	27.4	27.3	20 481.0	131
	CK	23.4	19.7	18.4	21.6	20.8	15 586.5	100

件适合的地区根据长期积累的经验自发形成的种薯繁殖体系,不具备“正规种薯体系”中的任意一个因素,因此种薯质量没有保证。此外还有“正规种薯体系”和“传统种薯体系”相交叉和结合的种薯体系。

采用“正规种薯体系”的国家如荷兰;采用“正规种薯体系”和“传统种薯体系”相交叉和结合的种薯体系的国家如玻利维亚、波兰和中国;借助于进口高质量种薯而实施“正规种薯体系”和“传统种薯体系”相结合的国家,如也门;在“传统种薯体系”下大规模利用实生种子和实生种薯,如在种薯退化速度较高的越南,以及在我国的内蒙和四川等地马铃薯实生种子利用具有一定的潜力;部分国家进口高质量种薯,在不同季节进行繁殖,如突尼斯。

马铃薯脱毒种薯繁育是脱毒技术利用的基础,而目前在中国存在“四级良繁体系”、“三级良繁体系”和“二级良繁体系”并存的局面^[6]。“四级良繁体系”为一级(防虫网棚生产原原种)→二级(大田生产原种)→三级(大田生产一级良种)→四级(大田生产二级良种)。“三级良繁体系”为一级良繁(网棚生产原原种小薯)→二级良繁(原种基地生产原种)→三级良繁(一级)。“二级良繁体系”为试管苗→一级(原原种)→二级(原种一级)→农户。种薯生产体系总的发展趋势是向着体系更加简化,繁育年限缩短,效益更高的方向发展。

4 种植效益比较分析

根据马铃薯脱毒种薯和普通种薯的实际产量、价格、成本等组成的模型来计算和比较两者的盈亏平衡点和经济效益。通过 4 个马铃薯品种(坝薯 10 号、中薯 3 号、费乌瑞它、大西洋)在四川的金堂、道孚、什邡等县进行对比试验。当使用一般种薯时,农民的收入为:

$$V_1 = W_1 \times S_1 - W_2 \times S_2 - P, \text{产量盈亏平衡点为}$$

3000 ~ 4500 kg/hm²,

V 为农户收入, W_1 为产量, S_1 为鲜薯市场销售价, X 为使用脱毒种薯增产率, W_2 为用种量, S_2 为普通种薯销售价, 农民的其他投入为 P 。

当使用脱毒种薯时,农民的收入为:

$$V_2 = W_1(1+X) \times S_1 - W_2 \times S_2(1+Y) - P \quad (Y \text{ 为脱毒种薯的销售价差率});$$

产量盈亏平衡点为 7500 - 11250 kg/hm²;

$$\text{当 } V_1 = V_2 \text{ 时, } W_1 \times S_1 \times X = W_2 \times S_2 \times Y,$$

如平均每公顷产量为 15 000 kg, 市场销售价格为 0.8 元/kg, 平均用种量为 2250 kg, 一般种薯销售价格为 0.8 元/kg, 脱毒薯增加价格为 1.2 元/kg。 $X = 0.18$, 即当脱毒薯增产 18 % 时, 其效益与一般种薯效益相当, 当增产超过 18 % 时赢利更多。而大量试验和生产证明, 脱毒马铃薯的增产幅度一般为 30 % 以上, 所以种植户使用脱毒种薯, 通过精细管理, 将取得显著的经济效益。

分别在四川省农科院郫县试验田、金堂县、双流、什邡等 4 个示范点随机取样测产量, 每个示范点随机选 4 个小区, 小区面积 13.33 m², 取其均产, 以普通种作对照, 结果见表 1。从表 1 可以看出, 脱毒种明显比普通种增产, 增产率可以达到 31 % ~ 80 %, 大西洋增产 31 % 外, 其余品种增产均超过 50 %, 个别试种点, 增产超过 200 %。同时, 脱毒种对防治马铃薯环腐病、黑胫病也有显著效果; 马铃薯脱毒种的薯块光滑, 颜色鲜, 品质佳, 商品率高, 直径 8 cm 以上薯块超过 85 %。

5 结 论

马铃薯脱毒后可以有效地提高产量和品质。而脱毒微型薯的生产, 特别是雾化栽培技术的应用, 较之常规基质栽培大大提高了种薯繁育效率并显著降低了生产成本。种薯生产体系总的发展趋势是技术更加成熟稳定、简化、繁育年限缩短、效益更高的方

向发展。选用脱毒马铃薯种薯较之一般种薯更能显著的提高经济效益。在脱毒试管苗快繁过程中,繁殖总代数比每代繁殖增大倍数更重要。所以,减少繁殖周期从而增加一年内繁殖总代数对增加繁殖总量更为有效。同样,起始脱毒苗量也很重要,是纯粹的总量繁殖系数。

此外,从某种意义上说,繁殖总代数(Y)比每代繁殖增大倍数(X)更重要,因为 $X^Y > Y^X$ (当 $X > 2, Y > 3$ 且 $Y > X$ 时),例如: $3^4 > 4^3, 7^8 > 8^7$, 等等。所以,减少繁殖周期从而增加一年内繁殖总代数对增加繁殖总量很有意义。

完善的繁育供种体系是脱毒种薯推广应用的关键,而高质量的脱毒种薯是广大种植户获得高效益的保障。本课题通过长期的研究积累,其内容和分析是我国马铃薯脱毒种薯繁育技术的重要积累和高度概括,也是区域性(省、县)产业化发展规划的必要前提和重要基础。

参考文献:

- [1] 屈冬玉,金黎平,谢开云,等. 2001 年. 中国马铃薯产业现状、问题和趋势[A]. 陈伊里. 马铃薯产业与西部开发[C]. 哈尔滨:哈尔滨工程大学出版社,2001. 1-8.
- [2] 李文刚. 中国西部地区马铃薯产业化发展战略[A]. 陈伊里. 马铃薯产业与冬作农业[C]. 哈尔滨:哈尔滨工程大学出版社,2006. 33-39.
- [3] 何卫, P. C. Struik, 胡建军, 等, 2007 年. 马铃薯种薯质量对生长和产量的影响 I: 种薯大小[J]. 西南农业学报, 2007, 20(3): 458-461.
- [4] 何卫, 胡建军. 国内外马铃薯种薯生产体系的比较分析[A]. 全国马铃薯专业委员会学术大会论文集. 现代化农业与马铃薯产业发展[C]. 哈尔滨:哈尔滨工程大学出版社出版, 2007. 168-169.
- [5] 孙慧生. 中国马铃薯种薯生产的几个问题[A]. 陈伊里. 马铃薯产业与冬作农业[C]. 哈尔滨:哈尔滨工程大学出版社, 2006. 7-11.
- [6] 何卫. 中国马铃薯种薯生产和技术及其发展[A]. 首届全国马铃薯产业发展大会论文集[C]. 2007. 114-119.

(责任编辑 李洁)