

中图分类号: S532 文献标识码: B 文章编号: 1672-3635(2019)04-0249-06

产业开发

中国马铃薯种薯生产及质量控制

邱彩玲*, 申 宇, 高艳玲, 范国权, 张 抒,

张 威, 马 纪, 王绍鹏, 张静华, 胡林双, 吕典秋

(黑龙江省农业科学院植物脱毒苗木研究所/农业农村部脱毒马铃薯种薯质量监督检验测试中心, 黑龙江 哈尔滨 150086)

摘 要: 马铃薯种薯是马铃薯产业发展的关键和首要因素, 了解其发展历程及现状有利于发展中国的马铃薯种薯产业。针对马铃薯种薯的发展历程, 生产模式, 质量影响因素, 种薯质量控制以及中国的马铃薯种薯质量认证工作发展情况等方面进行了综述。此外, 还发现了种薯质量认识不足, 质检队伍和机构缺乏, 种薯质量认证试点示范工作覆盖范围小等问题。最后, 提出加强马铃薯种薯质量检测工作的宣传和科普工作, 进一步培养质检人才, 加强质检机构建设, 扩大种薯质量认证试点范围等建议。

关键词: 中国; 马铃薯; 种薯生产; 质量控制

Seed Potato Production and Quality Control in China

QIU Cailing*, SHEN Yu, GAO Yanling, FAN Guoquan, ZHANG Shu,

ZHANG Wei, MA Ji, WANG Shaopeng, ZHANG Jinghua, HU Linshuang, LU Dianqiu

(Virus-free Seedling Research Institute, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences/Supervision and Testing Center for Virus-free Seed Potatoes Quality, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Harbin, Heilongjiang 150086, China)

Abstract: Seed potato is the key and primary factor for the development of the potato industry. Understanding its development history and current status is useful to the development of Chinese seed potato industry. The development history, production mode, quality influencing factors, quality control and development of seed potato certification in China were reviewed. In addition, the problems of insufficient understanding of seed potato quality, lack of quality inspection teams and institutions, and small coverage of seed potato quality certification pilot demonstration work were also analyzed. Finally, some suggestions were put forward to strengthen the publicity and popularization of potato seed potato quality inspection, further train quality inspection personnel, strengthen the construction of quality inspection institutions and expand the scope of seed potato quality certification pilot projects.

Key Words: China; potato; seed potato production; quality control

马铃薯(*Solanum tuberosum* L.)是人们非常喜爱的一种粮菜兼用作物, 在世界范围内广泛种植。但与其他常规的种子繁殖作物不同的是, 在生产上通常采用块茎无性繁殖, 而不用生物学种子——

实生种子繁殖。长期的无性繁殖通常会导致一些病害的累积和延续, 降低种性, 使马铃薯产量和品质下降。本文针对马铃薯独有的特点, 综述了马铃薯种薯的发展历程、生产模式、质量控制以

收稿日期: 2018-10-11

基金项目: 黑龙江省经济作物体系(HNWJZTX201701); 黑龙江省科研机构创新能力提升专项计划(YC2015D003); 黑龙江省应用技术研究计划重大项目(GA16B102)。

作者简介: 邱彩玲(1976-), 女, 博士, 助理研究员, 主要从事马铃薯种薯质量控制技术研究工作。

*通信作者(Corresponding author): 邱彩玲, E-mail: 279145673@qq.com。

及中国马铃薯种薯生产中存在的问题等, 以期从事相关工作的人员提供参考。

1 马铃薯种薯发展历程

1.1 世界马铃薯种薯发展历程

马铃薯原产于气候冷凉的南美安第斯山区, 栽培历史已逾7 000年^[1]。种植马铃薯的国家和地区已有150余个, 分布区域仅次于玉米^[2]。随着马铃薯种植面积不断扩大, 人们逐渐发现了马铃薯的退化现象, 表现为: 随着马铃薯播种代数的增加, 植株变得越来越矮小, 叶片皱缩、花叶, 茎秆变得细弱, 块茎变小, 龟裂等, 导致产量越来越低, 品质变劣。为此, 许多专家、学者针对该现象开展了许多研究, 并提出了一些马铃薯种薯退化学说, 归纳起来主要有以下3类: 高温学说、衰老学说和病毒学说^[3]。其中, 病毒学说认为马铃薯种性退化是由病毒引起的。该学说在后期的种薯生产中也得到了充分证明, 并以此学说为基础开展了种薯的生产技术研究。20世纪60年代末期, 人们开始采用热疗法和分生组织培养的方式脱除病毒, 生产脱毒马铃薯种薯。与此同时, 实验室检测病毒的能力也开始形成。随着生物技术的发展, 20世纪80年代中期, 诞生了酶联免疫吸附测定法, 该检测方法使马铃薯种薯病原物的检测变得非常便捷^[4], 从而推动了马铃薯脱毒技术的发展, 促进了脱毒种薯的普及。

目前, 在马铃薯种薯生产比较发达的国家(如荷兰、英国、比利时)脱毒马铃薯种薯质量检测手段已经非常先进, 检测技术也随着科技的发展更新换代, 越来越快捷、灵敏、可靠。现在, 马铃薯种薯的检测参数非常全面, 基本涵盖了影响马铃薯种薯质量的真菌病害、细菌病害、病毒病、类病毒病、植原体以及部分有害昆虫等。更为重要的是, 马铃薯种薯产业发达的国家或地区的马铃薯种薯都已经实行了严格的质量检测认证制度, 未经认证的种薯不允许销售。他们拥有经过政府授权的权威检测认证机构, 如荷兰的农业种子和马铃薯种薯检测服务公司(Dutch General Inspection Service for Agricultural Seed and Seed Potatoes, NAK)、苏格兰的苏格兰农业科学与咨询局(Science and Advice for Scottish Agriculture, SASA)、比利时的食品链安全局(Federal Agency

for the Safety of the Food Chain, FASFC)^[5]。全面的检测参数、先进的检测手段加上严格的质量检测及认证制度, 能够保证脱毒马铃薯种薯的质量, 维护种薯市场的稳定。

1.2 中国马铃薯种薯发展历程

中国由于战争、经济等历史原因, 马铃薯种薯方面的研究工作起步较晚。直到20世纪70年代, 中国才开始脱毒马铃薯种薯生产技术的研究。吉林农业大学、辽宁省农业科学院和黑龙江省农业科学院克山农业科学研究所等对马铃薯茎尖分生组织培养技术进行了初步试验, 并取得了成功。中国马铃薯种薯生产一般认为是从1974年茎尖组织培养技术成功和生产脱毒种薯开始的。此后, 中国科学院植物研究所、中国科学院动物研究所、黑龙江省农业科学院克山农业科学研究所、内蒙古自治区乌兰察布市农业科学研究所和内蒙古大学等单位合作进行了脱毒与病毒检测技术的研究, 从而使中国的脱毒马铃薯种薯生产技术由试验研究进入到了生产示范阶段。在这些工作的基础上, 中国于1976年在内蒙古自治区建立了中国第一个马铃薯脱毒原种场^[6,7]。20世纪80年代末期, 随着脱毒种薯生产优势的不断显现, 越来越多的人认识到了脱毒马铃薯种薯的增产价值, 并开始使用脱毒马铃薯种薯, 脱毒马铃薯种薯开始在中国大多数地区广泛推广使用^[8]。随后, 许多大型的马铃薯种薯生产企业也应运而生, 如北京希森马铃薯产业股份公司、雪川农业发展股份有限公司以及内蒙古坤元太和农业科技有限公司, 中国的脱毒马铃薯种薯生产进入了一个新的阶段。2016年中国将马铃薯列为主粮作物, 并计划到2020年将马铃薯种植面积扩大到667万hm²以上^[9-11], 更加促进了中国马铃薯脱毒种薯的发展。此外, 中国也出台了一系列的优惠政策鼓励马铃薯脱毒种薯的推广应用^[12]。然而, 由于中国马铃薯种薯质量检测工作起步较晚, 与荷兰等发达国家相比, 在马铃薯种薯质量检测上还有很长的路要走, 检测技术有待提高, 质量监督亟待加强。

2 马铃薯种薯生产

在20世纪初开始认识到马铃薯退化的现象后, 人们便着手开始生产马铃薯种薯。最初的20年, 种

薯生产的一般过程为系选、指数法、单种、去杂、卫生消毒和使用冬季测定小区等^[4],但这些方法对病害难以控制。20世纪60年代末期出现了应用热疗和分生组织的组织培养产生脱毒无性繁殖系,之后便开始利用分生组织培养生产脱毒马铃薯种薯。

在植物体内,病毒的分布是不均匀的,茎尖分生组织的细胞增殖速度要比病毒向上运输的速度快,生长点附近的病毒含量一般都很低,有时候分生组织内甚至不含病毒^[13]。因此,可以采用剥离茎尖分生组织,经组织培养再生成脱毒苗的途径获得脱毒马铃薯试管苗。该技术是目前马铃薯种薯生产中应用最广泛的脱毒技术。该技术体系已经在许多无性繁殖的作物上广泛应用,如马铃薯、甘蔗、甘薯^[14-16]。目前,在马铃薯茎尖脱毒及组培快繁技术方面已经开展了大量的研究工作,并取得了较大的进展,推动了脱毒种薯的生产和普及^[17-22]。

2.1 马铃薯种薯生产的基本模式

目前,从马铃薯种薯生产的整体情况来看,种薯生产基本模式为,(1)获得脱毒核心种苗:利用马铃薯茎尖分生组织剥离技术,结合热疗法、超低温冷疗法、化学疗法等进行脱毒,培养再生脱毒马铃薯试管苗,脱毒苗经检测合格后,作为核心种苗;(2)生产脱毒试管苗:合格的核心种苗在组织培养室利用MS培养基进行快繁,移栽前进行检测,合格后准备原原种生产;(3)原原种:将试管苗练苗后,移植到具有隔离措施的温室或者网棚中生产原原种,也可以采用气雾法或者水培法进行无土栽培,生产马铃薯原原种;(4)大田种薯:利用马铃薯原原种在开放但有隔离条件、蚜虫较少且不利于蚜虫降落的基地生产马铃薯原种和合格种薯(除原原种以外的其他级别种薯)。在上述生产过程中,种薯/苗质量检测贯穿整个马铃薯种薯生产过程。目前,国内外的马铃薯种薯生产基本都是采用这样的技术体系^[23]。马铃薯种薯生产的技术核心一方面是脱毒,即脱除降低马铃薯种性的病毒或类病毒,另一方面是做好生产隔离,防止病毒或类病毒再次侵染,导致马铃薯种薯质量下降,重新失去种性。因此,做好茎尖剥离、生产隔离和质量检测是马铃薯种薯生产过程中的3个重要环节。其中茎尖剥离是基础,生产隔离是保障,质量检测是把关,三者缺一不可。

此外,确定核心种苗是否仍然保持原品种的特性而没有发生变异也是非常重要的。很多国家都对核心种苗进行鉴定,一方面鉴定其是否保持了原有品种的特性,另一方面也可以观察病毒的脱除情况。在脱毒的过程中,有些病毒如马铃薯S病毒(Potato virus S, PVS)和马铃薯X病毒(Potato virus X, PVX)比较难以脱除,经常需要结合热疗法、超低温保存法等,马铃薯纺锤块茎类病毒(Potato spindle tuber viroid, PSTVd)更加难以脱除,最好在选取脱毒材料时进行检测,排除携带该病害的材料。鉴于上述原因,在选取脱毒材料时,如果可以对材料进行检测,掌握材料的带毒情况,脱毒时会更有针对性,便于采取相应的措施提高脱毒效率。

2.2 种薯分级

马铃薯种薯从茎尖剥离获得脱毒试管苗(核心种苗)到大田种薯,中间经过了多代繁殖。为了区分这些不同级别,便于生产和利用种薯,人们将种薯繁殖代数结合种薯的质量情况将种薯进行了人为分级。在马铃薯种薯的分级方面,根据各国情况的不同,马铃薯种薯分级情况也非常复杂,甚至同一个国家内部都存在着不同的分级体系,各级种薯的名称也不尽相同^[24-30]。根据现行中国国家标准——马铃薯种薯(GB 18133-2012)的规定,中国目前执行的是四级分级体系^[31]:原原种(G1, Pre-elite)、原种(G2, Elite)、一级种(G3, Qualified I)和二级种(G4, Qualified II)。

3 影响马铃薯种薯质量的主要病害

经过国内外学者多年的研究,最终确认病毒是影响马铃薯种薯质量的关键病害。截至目前的报道,在植物界很多种病毒都可以感染马铃薯,并引起马铃薯种性退化^[32-34]。其中在中国危害比较严重的病毒主要有PVX、马铃薯Y病毒(Potato virus Y, PVY)、PVS、马铃薯A病毒(Potato virus A, PVA)、马铃薯M病毒(Potato virus M, PVM)以及马铃薯卷叶病毒(Potato leaf roll virus, PLRV)^[35,36]。另外,还有马铃薯H病毒(Potato virus H, PVH)。自2013年报道以来^[37],宋静静等^[38]又在广西冬种区发现了PVH的发生。在马铃薯生产中,2种以上病毒复合侵染的情况普遍存在,而且危害更为严重^[39]。一般来讲,马铃薯

薯病毒能引起马铃薯减产30%~50%, 如果不同病毒复合侵染, 则可以造成更大的损失, 减产幅度可达到80%以上^[40-42]。另外, PSTVd也是影响马铃薯种薯质量的重要病原之一。该病害也能够随着种薯的无性繁殖逐代传递, 而且随着带毒代数的增加, 症状越来越重, 产量急剧降低, 块茎变小, 龟裂、畸形, 基本失去商品性, 更无种用价值, 而且非常难以脱除。

除病毒、类病毒以外, 还有一些真、细菌病害能够影响种薯的质量, 如马铃薯晚疫病(*Phytophthora infestans*)、马铃薯干腐病(*Fusarium* spp.)、马铃薯湿腐病(*Pythium ultimum*)、马铃薯黑痣病(*Rhizoctonia solani*)、马铃薯癌肿病(*Synchytrium endobioticum*)、马铃薯环腐病(*Clavibacter michiganensis* subsp. *sepedonicus*)、马铃薯普通疮痂病(*Streptomyces scabies*)、黑胫病和软腐病(*Erwinia carotovora* subsp. *atroseptica*, *E. carotovora* subsp. *carotovora*, *E. chrysanthemi*)和马铃薯青枯病(*Ralstonia solanacearum*)。另外, 马铃薯丛枝植原体(Potato witches' broom phytoplasma)也是影响马铃薯种薯质量的病害之一。

4 脱毒马铃薯种薯的质量控制

脱毒马铃薯种薯的质量控制是马铃薯种薯生产过程中最重要的环节。英国、荷兰、法国、德国、美国、日本和加拿大等国家都制定了严格的种薯生产、检测、监督和认证体系, 实行种薯产品合格证制度, 并拥有一套专门的机构来检验及监督马铃薯种薯质量^[43-49], 未经认证的种薯不能销售。

4.1 标准体系的建立

中国在马铃薯脱毒种薯质量控制方面虽然起步较晚, 但也在逐年加强。1982年5月23日, 由中华人民共和国农业部提出, 农业部种子局、黑龙江省农业科学院克山农业科学研究所等单位联合起草, 中国国家标准局发布的第一个马铃薯种薯生产技术标准“马铃薯种薯生产技术操作规程 GB 3243-82”诞生, 拉开了中国马铃薯种薯标准化生产的序幕^[50,51]。之后, 与马铃薯种薯相关的标准陆续的制/修订。目前现行有效的马铃薯种薯产品标准有3项, 技术标准9项^[52], 这些标准分布于马铃薯生产的各个环节, 为中国马铃薯持续健康发展提供了技术保障。

4.2 检验检测机构的设立及人员培训

为了提高中国脱毒马铃薯种薯的质量, 2001年, 农业农村部(农业部)和国家质量技术监督检验检疫局通过评审, 在中国设立了2个部级脱毒马铃薯种薯质量监督检验测试中心来控制中国马铃薯种薯的质量。这2个“中心”分别是“农业农村部(农业部)脱毒马铃薯种薯质量监督检验测试中心·哈尔滨”和“农业农村部(农业部)脱毒马铃薯种薯质量监督检验测试中心·张家口”。2个“中心”均设在马铃薯商品薯和种薯生产都比较发达的地区。“中心”建成后, 开展了马铃薯种薯/苗质量检测、种薯质量普查、检测技术培训等工作。通过对全国种薯/苗质量检测和普查, 在一定程度上对种薯/苗质量进行了把关, 了解了中国马铃薯种薯质量现状、生产方式、病虫害发生情况以及脱毒种薯推广应用、市场销售、马铃薯产业发展现状等, 为提高中国马铃薯种薯质量提供了指导建议^[53]。哈尔滨分中心连续举办8次马铃薯种薯质量检测技术培训班, 培训了来自甘肃、陕西、云南、内蒙古、宁夏等23个省(市、自治区)的科研单位、种子管理部门和部分种薯企业技术人员465人次, 几乎覆盖中国马铃薯种薯产区, 为在全国实行马铃薯种薯质量认证制度奠定了基础^[52]。

5 中国的马铃薯种薯质量认证工作

一方面, 仅通过目测根本无法准确判断马铃薯是否为种薯, 更无从知晓其级别以及质量, 导致中国的马铃薯种薯购买者难以选择到优质种薯。另一方面, 种薯质量控制较好的企业也经常被以次充好, 甚至被以商品薯代替种薯的不法商贩所冲击, 导致良种不能卖良价, 种薯市场非常混乱。提高种薯质量仅依靠先进的技术是不够的, 政策引导、市场导向和有力的监管也是确保种薯质量的重要保障^[54-56]。如果采用马铃薯种薯质量认证制度, 则可以通过种薯质量合格证了解相关信息, 不合格种薯和商品薯则不能作为种薯进行销售, 这样可以很好地规范种薯市场, 保护种薯使用者和生产者的利益。

为解决上述问题, 中国也在摸索马铃薯种薯质量检测认证之路。2017~2018年, 在由全国农技中

心组织的种子认证试点示范工作中, 将马铃薯脱毒种薯纳入到该工作体系中, 并占据重要位置。在该工作中, 黑龙江、河北和内蒙古的种子管理部门、部分种薯企业和马铃薯种薯检验部门参加了马铃薯种薯质量认证试点示范工作。通过种薯质量认证试点示范工作的开展, 使种薯生产企业进一步提高了种薯质量意识, 完善了种薯质量管理体系, 同时也发现了在马铃薯种薯质量检测认证工作中存在的困难和问题。该试点示范工作为中国脱毒马铃薯种薯质量认证工作奠定了基础, 促进了中国马铃薯种薯质量检测认证制度的实施, 将为提高中国马铃薯种薯质量, 规范种薯市场做出重要贡献。

6 中国马铃薯种薯生产和质量控制中存在的问题及建议

(1) 部分种薯生产企业和种薯使用者对种薯质量的认知仍然不足, 尚需加强马铃薯种薯质量检测工作的宣传和科普。

(2) 目前马铃薯种薯质检队伍和机构不能满足国家巨大的市场需求, 需要进一步培养这方面的人才, 并加强机构建设。

(3) 马铃薯种薯质量认证试点示范工作的开展虽然已经初见成效, 但相对于全国巨大的马铃薯种薯产业来讲仍需进一步扩大范围, 加强宣传和普及力度, 以期取得更大的成效, 为将来在全国实现种薯质量检测认证制度奠定更为坚实的工作基础。

【参 考 文 献】

- [1] Hawkes J G. The potato, evolution, biodiversity and genetic resources [M]. London: Belhaven Press, 1990.
- [2] 谢从华. 马铃薯产业的现状与发展 [J]. 华中农业大学学报: 社会科学版, 2012(1): 1-4.
- [3] 卢弘斌. 马铃薯为什么会退化 [J]. 现代农业, 1978(7): 1-5.
- [4] Warren T. 马铃薯种薯鉴定的进展 1913—1991 [J]. 陈来生, 译. 青海农林科技, 1991(4): 64.
- [5] 袁文斌, 车兴壁, 王泽乐. 比利时马铃薯种薯质量控制技术及管理措施 [J]. 中国植保导刊, 2014, 34(6): 78-80.
- [6] 孙慧生, 杨元军. 中国马铃薯种薯生产 [C]//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, 2004: 1-9.
- [7] 黑龙江省农业科学院马铃薯研究所. 中国马铃薯栽培学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1994.
- [8] 王凤义, 石瑛, 卢翠华, 等. 中国马铃薯种薯生产标准化研究进展 [C]//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, 2004: 77-82.
- [9] 付丽丽. 我国将启动马铃薯主粮化战略 [J]. 今日科苑, 2015(2): 15-17.
- [10] 吴焕章. 马铃薯主粮化, 大势所趋 [J]. 决策探索, 2015(4): 35-36.
- [11] 唐瑾. 关于推进马铃薯主粮化战略实施的建议 [J]. 世纪行, 2015(3): 11-12.
- [12] 岳晓甜, 马云倩, 郭燕枝. 我国马铃薯脱毒种薯推广应用的现状、问题及对策 [J]. 农业经济, 2018(2): 62-63.
- [13] 胡琳. 植物脱毒技术 [M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2000.
- [14] 游建华, 李松, 于坤兴, 等. 黑皮果蔗茎尖脱毒种苗生产及繁殖技术 [J]. 中国种业, 2010(3): 59-60.
- [15] 石文山. 马铃薯茎尖脱毒与微型薯生产工艺流程 [J]. 中国种业, 2007(9): 65-66.
- [16] 聂峰杰, 张丽, 宋玉霞, 等. 宁夏马铃薯脱毒种薯生产及病毒检测技术的现状和发展途径 [J]. 中国种业, 2014(7): 17-21.
- [17] 孙秀梅. 马铃薯茎尖剥离脱毒效果的影响因素分析 [J]. 中国马铃薯, 2005, 19(4): 226-227.
- [18] 吕长文, 赵勇, 唐道彬, 等. 马铃薯脱毒效果与茎尖大小的关系 [J]. 南方农业, 2013, 7(z6): 56-58.
- [19] 黄萍, 马朝宏, 颜谦, 等. 马铃薯茎尖培养部分因子对黄化苗发生的影响 [J]. 西南农业学报, 2010, 23(5): 1760-1762.
- [20] 杨小琴, 张艳艳, 张媛媛, 等. 马铃薯病毒检测技术研究进展 [J]. 现代农业科技, 2014(24): 148-149.
- [21] 赵佐敏, 艾勇. 马铃薯组培脱毒试管苗繁育技术 [J]. 中国马铃薯, 2003, 17(5): 301-304.
- [22] 范国权, 白艳菊, 高艳玲, 等. 中国马铃薯主要病毒病发生情况调查与分析 [J]. 东北农业大学学报, 2013, 44(7): 74-79.
- [23] 王凤义, 秦昕, 石瑛, 等. 马铃薯种薯标准化生产 [C]//陈伊里, 屈冬玉. 马铃薯产业与西部开发. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学出版社, 2001: 149-157.
- [24] 佚名. 国际马铃薯质量监督体系 [J]. 甘肃农业, 2015(1): 40-41.
- [25] 屈冬玉, 谢开云, 金黎平, 等. 大力推进三代种薯繁育体系建设, 提高中国马铃薯种薯质量和生产水平 [C]//陈伊里, 屈冬玉. 马铃薯产业与现代农业. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学出版社, 2007: 9-15.
- [26] 李文刚. 马铃薯种薯微型化及其在良种繁育体系中的价值 [J].

- 内蒙古农业科技, 2002(1): 1-3.
- [27] 董玲, 陈静娴. 安徽省脱毒马铃薯种薯生产体系模式 [J]. 安徽农学通报, 2003, 9(1): 27-28.
- [28] 张仲平. 搞好良种繁育体系建设发展优质高效的马铃薯产业-昆明市马铃薯产业发展的思路 and 对策 [J]. 云南农业科学, 2003 (21): 102-105.
- [29] 朱汉武. 对加快定西马铃薯良繁体系建设的建议 [J]. 种子科技, 2006(5): 19-20.
- [30] 国家质量技术监督局. GB 18133-2000 马铃薯种薯 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2000.
- [31] 国家质量技术监督局. GB 18133-2012 马铃薯种薯 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2012.
- [32] Jeffries G J. FAO / IPGRI Technical guidelines for the safe movement of potato germplasm: No 19, Potato [S]. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1998: 33-96.
- [33] Loebeinstein G, Berger P H, Brunt A, *et al.* Virus and virus-like diseases of potatoes and production of seed-potatoes [M]. New York: Springer, 2001.
- [34] Valkonen J P T. Viruses: economical losses and biotechnological potential [M]/Vreugdenhil D. Potato biology and biotechnology advances and perspectives. Amsterdam: Elsevier, 2007: 619-641.
- [35] 谷爱仙. 马铃薯病毒病及其防治 [J]. 植物医生, 1998, 11(5): 11-12.
- [36] 汪平. 基于LDR-PCR通用寡核苷酸芯片同时检测十种马铃薯病毒研究 [D]. 杭州: 浙江理工大学, 2011.
- [37] Li Y Y, Zhang R N, Xiang H Y, *et al.* Discovery and characterization of a novel *Carlavirus* infecting potatoes in China [J]. PLoS ONE, 2013, 8(6): e69255.
- [38] 宋静静, 蒙姣荣, 邹承武, 等. 用小RNA深度测序鉴定广西冬种马铃薯病毒 [J]. 中国农业科学, 2013, 46(19): 4075-4081.
- [39] 董代幸, 张祥, 林罗明, 等. 马铃薯病毒一步法多重RT-PCR检测技术的构建 [J]. 微生物学通报, 2011, 38(1): 131-137.
- [40] 郭志乾, 董凤林. 马铃薯病毒性退化与防治 [J]. 中国马铃薯, 2004, 8(1): 48-49.
- [41] 黄萍, 何庆才, 颜谦. 马铃薯不同级别脱毒种薯病毒再侵染情况及产量变化 [J]. 贵州农业科学, 2008, 36(4): 39-40.
- [42] 李芝芳. 中国马铃薯主要病毒图鉴 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2004: 1-2.
- [43] 连勇, 方智远, 刘广树, 等. 西欧4国马铃薯种薯生产及质量监督 [J]. 中国蔬菜, 1995(4): 54-56.
- [44] 朱世峰, 曲振士, 杨艾茹. 加拿大的马铃薯种薯检测体制及技术 [J]. 种子世界, 1993, 30(9): 34-36.
- [45] 庞芳兰. 发达国家马铃薯种薯产业的发展及其启示 [J]. 世界农业, 2008(3): 53-55.
- [46] 白艳菊, 吕典秋. 荷兰马铃薯种薯检测、认证体系考察 [J]. 农业质量标准, 2005(5): 41-43.
- [47] 王晓丹. 我国马铃薯种薯质量检测现状及对策探讨 [J]. 农产品质量与安全, 2013(4): 54-56.
- [48] 张文英, 王岩. 加拿大的马铃薯种薯生产 [J]. 世界农业, 1989 (9): 33.
- [49] 于天峰. 日本马铃薯产业的总体状况 [J]. 作物杂志, 2005(3): 35-37.
- [50] 中华人民共和国国家标准. GB 3243-82 马铃薯种薯生产技术操作规程 [S]. 北京: 中国标准出版社, 1983.
- [51] 白艳菊, 李学湛. 马铃薯种薯质量标准体系建设现状与发展策略 [J]. 中国马铃薯, 2009, 23(2): 106-109.
- [52] 范国权, 吕典秋, 高艳玲, 等. 中国马铃薯种薯质量检测认证现状及建议 [J]. 中国马铃薯, 2018, 32(3): 184-190.
- [53] 吕典秋, 李学湛, 于德才, 等. 我国脱毒马铃薯种薯质量安全现状及建议 [C]/陈伊里, 屈冬玉. 马铃薯产业与东北振兴. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学出版社, 2005: 340-344.
- [54] 何卫, 胡建军, 梁南山, 等. 国内外马铃薯种薯体系的比较分析 [C]/陈伊里, 屈冬玉. 马铃薯产业与现代农业. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学出版社, 2007: 189-190.
- [55] 刘洪义. 马铃薯种薯认证程序的建立于马铃薯产业化发展 [J]. 中国马铃薯, 2004, 18(3): 177-179.
- [56] 李学湛, 白艳菊, 郭梅, 等. 大力推进我国马铃薯种薯质量监督检测认证体系建设 [C]/陈伊里, 屈冬玉. 马铃薯产业—更快 更高 更强. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学出版社, 2008: 297-300.