

中图分类号: S532 文献标识码: B 文章编号: 1672-3635(2014)02-0117-06

产业开发

加拿大马铃薯品种繁育与种薯生产概况

秦玉芝¹, 刘明月¹, 熊兴耀^{1,2*}

(1. 湖南农业大学园艺园林学院, 湖南 长沙 410128; 2. 中国农业科学院蔬菜花卉研究所, 北京 100081)

摘要: 加拿大是全球主要农产品生产国和出口国之一, 农业产业发达。依托国家高强度农业科研投入、严格的品种繁育与释放程序, 完备的种薯生产与质量安全保障体系, 加拿大马铃薯产品与种薯质量一直位居世界前列。本文从马铃薯研究与发展体系、品种繁育与释放体系和种薯生产与质量安全保障体系等方面对加拿大马铃薯产业进行分析, 希望能为中国马铃薯产业发展提供有益的启示。

关键词: 加拿大; 马铃薯, 品种繁育; 种薯生产

Survey on Potato Breeding and Seed Production in Canada

QIN Yuzhi¹, LIU Mingyue¹, XIONG Xingyao^{1,2*}

(1. College of Horticulture and Landscape, Hunan Agricultural University, Changsha, Hunan 410128, China;

2. Institute of Vegetables and Flowers, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China)

Abstract: Canada is one of the main agricultural production and export countries in the world due to its developed agricultural industry. Canada can produce the world's best potato products and seed potatoes, relying on the national high strength of agricultural scientific research investment, strict variety breeding and release program, and complete seed potato production and quality safety guarantee system. The analysis of Canada potato industry from the aspects of research and development system, potato variety breeding and release system, and seed production and quality safety guarantee system were introduced in this paper, hoping to provide beneficial inspiration for China potato industry development.

Key Words: Canada; potato; breeding; seed potato production

加拿大马铃薯生产居世界第12位, 整个马铃薯产业每年为加拿大农业食品业创造超过60亿元的利润, 占到加拿大蔬菜产业利润的60%。加拿大全国马铃薯产量的60%以上来自东部主产区, 其中约有25%~30%的马铃薯生长在爱德华王子岛省(Prince Edward Island), 是全省2000个农场最重要的收入来源。其次就是新不伦瑞克(New Brunswick)、魁北克(Québec)和安大略省(Ontario)。曼尼托巴(Manitoba)和阿尔伯塔省是中部平原地区的马铃薯生产大省(Alberta), 其他地区马铃薯产量的总和只占到全国马铃薯总产量

的5%以下(图1)^[1]。

加拿大为马铃薯出口大国, 出口前6名的省是曼尼托巴、爱德华王子岛、阿尔伯塔、新不伦瑞克、安大略和魁北克省(表1)。主要出口美国, 其次是拉丁美洲各国, 2007年以来对墨西哥的出口量增加了47%。对亚洲的出口量相对平稳, 除日本和沙特阿拉伯市场有所萎缩外, 对印度尼西亚、菲律宾和澳大利亚等国的出口量增加(表2)。加拿大生产的马铃薯中50%用于薯条薯片加工, 鲜食占35%, 种薯生产的比重是15%。各主产地区产业比重不同, 东西部用于加工的比重为50%~70%, 种

收稿日期: 2014-02-15

基金项目: 948项目国外优异和特色作物种质资源引进与利用(2011-G2-12); “十二五”农村领域国家科技计划课题马铃薯综合育种技术研究 with 新品种选育(2012BAD02B05-8); 农业部马铃薯产业技术体系岗位科学家基金(CARS-10-P19)。

作者简介: 秦玉芝(1971-), 女, 副教授, 博士, 主要从事马铃薯遗传育种研究。

*通信作者(Corresponding author): 熊兴耀, 教授, 主要从事园艺作物优异资源研究与利用, E-mail: xiongxingyao@126.com。



数字表示加拿大前8位马铃薯生产省

Top 8 potato production provinces in Canada

图1 加拿大马铃薯主产区分布

Figure 1 Distribution of Canadian potato production area

薯生产占20%~25%; 中部产区以鲜食为主(60%~70%), 种薯生产仅占5%~10%^[1]。

1 加拿大马铃薯研究发展体系

加拿大非常重视农业科学研究, 农业科研的投入在发达国家中处于较领先的位置, 农业科研强度(ARI, 即用于农业科研的费用占农业生产总值之比)一直大于2%。加拿大农业与农业食品部科学研究院下辖19个研究中心, 承担整个加拿大农业科技50%的研究课题^[1]。

最大的马铃薯综合科研机构是位于新布伦瑞克省费雷德里克顿(Fredericton)的加拿大农业及农业食品部(Agriculture and Agri-Food Canada, AAFC)马铃薯研究中心。该中心研究内容涉及马铃薯生产的各个领域, 包括品种选育、肥料的有效利用、病虫害机理与综合防治、食品开发、食品安全等。位于阿尔伯塔省莱斯布里奇的马铃薯莱斯布里奇研究站(Lethbridge Research Center, AAFC), 和位于纽芬兰-拉布拉多省(Newfoundland and Labrador)圣约翰的圣约翰实验室(St. John's Research Center,

AAFC), 则主要进行马铃薯癌肿病和胞囊线虫诊断。加拿大食品检验署(Canadian Food Inspection Agency, CFIA)管辖的夏洛特敦实验室(Charlottetown Research Center, CFIA)为CFIA种植马铃薯计划提供检测和参考资料, 同时开展马铃薯检疫性细菌病、病毒病研究。以上联邦农业部的主要马铃薯研究机构, 与侧重应用研究工作的各省农业厅、农业大专院校、工业企业和种植农场, 以及私人育种家共同形成了加拿大马铃薯密切配合的产业发展网络。

2 加拿大马铃薯品种繁育体系

加拿大的马铃薯育种紧紧围绕市场对品种的要求进行: 抗病、适于加工品质要求的早或中熟品种。截止2012年3月, 加拿大马铃薯注册品种超过189个, 其中1/3以上由AAFC下属的费雷德里克顿马铃薯研究中心、圣约翰实验室、莱斯布里奇研究站和圭尔夫马铃薯研究中心的马铃薯育种家释放。在加拿大育成1个马铃薯品种大约需要12~15年, 入选亲本材料经过严格的病害检测后, 进行常规的品种间杂交(主要方式), 或进行四倍体与二倍体近

表1 加拿大马铃薯主产省分年度出口额

Table 1 Annual exports of main potato producing provinces in Canada

省 Province	年(\$CAD) Year			
	2007	2008	2009	2010
阿尔伯塔 Alberta	255,092,110	238,987,482	270,124,392	199,892,167
不列颠哥伦比亚省 British Columbia	6,629,066	6,389,074	5,286,596	4,510,240
曼尼托巴省 Manitoba	298,769,697	325,935,128	357,028,980	335,139,314
新不伦瑞克 New Brunswick	193,178,719	229,531,533	211,365,815	194,371,979
纽芬兰-拉布拉多省 Newfoundland and Labrador	25,630	3,062	60,856	61,602
新斯科特省 Nova Scotia	2,921,264	1,332,036	2,369,577	7,170,802
安大略省 Ontario	35,293,357	44,264,099	60,858,518	53,634,421
爱德华王子岛省 Prince Edward Island	276,241,148	285,427,167	296,047,416	249,381,885
魁北克 Québec	25,395,638	39,084,776	30,864,798	27,416,479
萨斯喀彻温 Saskatchewan	3,462,291	3,880,195	4,570,708	2,858,213

注：数据来源于加拿大农业部网站^[1]，下同。

Note: Data from the website of Agriculture Canada^[1]. The same below.

表2 加拿大马铃薯前10位主要出口市场的出口额

Table 2 Exports of top 10 potato export markets of Canada

国家 Country	年(\$CAD) Year			
	2007	2008	2009	2010
美国 United States	852,559,642	955,214,725	1,000,813,604	874,081,305
墨西哥 Mexico	24,944,865	28,499,516	40,902,029	36,678,335
日本 Japan	41,732,218	33,029,962	35,385,014	28,240,773
委内瑞拉 Venezuela	17,271,500	20,503,852	24,973,955	17,451,034
沙特阿拉伯 Saudi Arabia	18,290,699	15,013,641	11,933,807	11,438,781
印度尼西亚 Indonesia	7,154,426	6,861,012	6,843,303	10,685,100
哥斯达黎加 Costa Rice	7,601,695	10,713,007	13,133,946	8,555,395
菲律宾 Philippines	5,584,194	5,854,931	14,203,252	7,804869
澳大利亚 Australia	5,968,655	3072,062	431,922	7,480,250
美国外围岛屿 United States Minor Outlying Islands	0	4,199,358	6,144,498	6328,628
合计 Total	1,097,008,920	1,174,834,552	1,238,577,656	1,074,437,102

缘栽培种间的杂交、单细胞培养(辅助方式)。F₁代株系实行混选，之后依次进行无性单株系6株，10株，100株目标性状选育，入选品系参加各省的区域试验，再进行1~2年的市场试销预测，最后向联邦政府农业部申请登记为推广品种，进入原种繁殖阶段。

AAFC的马铃薯研究中心每年完成对12万个株

系的筛选后，确定10~15个新品种向市场公开释放。在收获季节以种植地开放日(Annual field days)，产业会议(Industry meetings)和马铃薯新品种展销会(Potato Selection Release Open House)等不同形式向种植农场主、营销商和加工企业主公开展销、推介新品种。与会者可通过缴费100加元/个，申请品种第一阶段的非专一(No-exclusive)种植或加

工试验, 为期2年, 完成后, 可竞标取得品种1~3年的专一(Exclusive)性深入试验。下一阶段就可与研发单位签订种植、加工许可协定, 包括品种登记与保护, 最后方可进行商品化种植和生产^[1]。

育种家和育种农户除了使用自己拥有的材料进行育种外, 还可向加拿大各级马铃薯种质繁育中心申请使用马铃薯资源。加拿大马铃薯种质繁育中心的资源实行对外开放, 凡是检测合格入库的资源进行独立标号, 以试管薯、试管苗和资源圃三种形式保存, 期间例行抽查检测。提供做杂交组合的亲本材料不允许带有目前加拿大严格防治的病害PVY、PVS、PVX、PVA、PVM、PLRV、PLCV、BRR和环腐病等。所有资源的主要性状与系谱建立专门数据库, 提供在线查寻。

3 加拿大马铃薯种薯生产体系

加拿大种薯生产体系健全, 种薯繁育技术措施配套, 检验制度严格, 病毒与真细菌病害的鉴定技术先进, 使其成为世界著名的种薯输出国之一。加拿大种薯生产实行国家认证制度。全国认证的种薯生产面积在2.6万hm²左右, 种薯产量前10名的品种有: ‘Russet Burbank’, ‘Shepody’, ‘Superior’, ‘Yukon Gold’, ‘Goldrush’, ‘Chieftain’, ‘Norland’, ‘Atlantic’, ‘Russet Norkotah’ 和 ‘Kennebec’。76%

以上种薯产自爱德华王子岛、新布伦瑞克、阿尔伯塔和曼尼托巴四省, 其中全国种薯出口量的90%产自爱德华王子岛和新布伦瑞克两省。

加拿大种薯生产分为7级: 原原种(Pre-elite), 一级原种(Elite I), 二级原种(Elite II), 三级原种(Elite III), 四级原种(Elite IV), 基础种(Foundation)和合格种(Certified)。合格种只能用于生产。加拿大种薯生产农场分为3类, A类: 生产种薯(原种)I、II、III代的原种场; B类: 允许生产原种III、IV代种薯; C类: 生产基础种薯和合格种薯。种植者的责任包含: 按国家统一一种薯生产体系, 和省份统一检验标准进行马铃薯种薯生产, 确保种薯来自官方渠道, 履行提交申请, 要求进行种薯检验和鉴定的义务, 确保种植的庄稼和设备得到良好的管理, 以符合加拿大食品检验署的要求, 保持生产和销售记录, 保持品种的纯度和统一性。所有种薯生产相关信息, 包括级别证明、田间检验结果、实验室检验结果、标签和发运证书的颁发、谱系检索等, 通过加拿大种薯认证方案(付费申请进入, 50美元申请费, 每公顷20美元), 都将进入MCAP数据库, 每块地和批次都通过唯一认证号码来标识(图2)^[2]。

A类生产种薯农场如始建于1965年, 属于新布伦瑞克省农林水产渔业部(NBDAAF)的加拿大



数据来源于加拿大食品检验署网站^[2]。

Data from the website of Canadian Food Inspection Agency^[2].

图2 种薯认证号码

Figure 2 Seed potato certification number

Bon Accord 马铃薯原种中心(BAESPC), 位于海拔 300 m 的山区, 具备优越的马铃薯生产和隔离条件, 中心占地约 405 hm², 其中 101 hm²进行马铃薯原种实际生产, 其余的是用于隔离的林地, 严格实行马铃薯、燕麦、牧草三年轮作制。每年 AAFC, CFIA, NBDAAF 向 BAESPC 经理提供市场趋势报告, 企业需求信息, 并建议种薯繁殖的品种类别和规模。弗雷德里克顿的马铃薯繁育中心(PPC)专门为 BAESPC 提供用于扩繁的试管苗和试管薯。试管苗和试管薯首先在 BAESPC 的智能温室内进行核心级 (Nuclear stock)微型薯的繁殖, 收获的块茎继续于智能温室生产原原种(Pre-elite), 原原种用于田间繁殖 I 级原种(Elite I)和 II 级原种(Elite II)。每年 BAESPC 将大部分的高级别原种出售给 B 类种薯种植场进行后续种薯生产。

4 加拿大马铃薯质量安全保障体系

加拿大是全球主要的农产品生产国和出口国之一, 其农业产业的发达不仅依靠丰富的自然资源, 还得益于其完备的农产品质量安全保障体系^[2-6]。马铃薯品质的好坏和产量高低关键在种薯。加拿大马铃薯种薯繁育中严格的质量监测制度是有力保障。不仅对不同级别种薯的种植环境有明确要求和规定, 加拿大食品检验机构(CFIA)在种薯生长季节至少进行 2 次全面的病害发生情况检测与预警。严格实行易感 PVY 的 ‘Calwhite’, ‘Russet Norkotah’, ‘Shepody’ 等品种的原原种和其原种 I

代种薯的独立区域隔离种植制度, 并定期田间取样进行病毒检测。生长季节主要利用黄盘全程进行蚜虫监测, 结合喷施除草剂, 杀真菌剂和油制剂等进行药剂预防, 确保无病毒健康马铃薯种薯生产。

加拿大马铃薯原原种必须在受到保护的环境里生长, 生长期必须至少检验一次, 目测没有混杂, 没有疾病, 繁殖原原种前 12 个月内进行过检测, 并且 BRR, PSTVd, PVA, PVM, PVS, PVX, PVY, PLRV, PMTV 和 PotLV (RLSV)检测结果呈阴性。原种来自原原种级别的种薯或等同类别的种薯, 要求实行 2~3 年轮作制种植, 至少检验两次, 在所有检验过程中目测没有病害, 最后检验时目测没有混杂。原种 I 代(Elite I)的生产, 生长季节要求进行三次田间病害检验, 第一次是马铃薯的现蕾期(早花期), 第二次是花后期, 第三次是马铃薯地上部分枯死之前进行。原种 I 代的田间病株率必须是 0, 原种 II 代(Elite II)的生产与原种 I 代的生产相同。原种 III 代的生产, 生长季节要求进行三次田间检验, 病株率严格控制在 0.25%, 杂株为 0。基础种薯的生产, 生长季节要求进行两次田间检验, 病株率严格控制在 0.5% 以下, 杂株为 0。合格种薯的生产, 生长季节要求进行二次田间病害检验, 病株率严格控制在 2 % 以下, 杂株 0.1%。以上各级别的马铃薯种薯生产中要求环腐病、PSTV 病毒病的感病率均为 0 级(表 3)^[2, 4]。

表 3 加拿大种薯鉴定体系的耐受性要求
Table 3 Potato seed identification system of tolerance in Canada

田间检验 Field test	级别 Grade															
	N		Pre-Elite		Elite I		Elite II		Elite III		Elite IV		Foundation		Certified	
	第1次	第1次	最后	第1次	最后	第1次	最后	第1次	最后	第1次	最后	第1次	最后	第1次	最后	
	First	First	Last	First	Last	First	Last	First	Last	First	Last	First	Last	First	Last	
PSTV (%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
细菌环腐烂(%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Bacterial ring rot																
所有病毒总计(%)	0	0	0	0.1	0	0.2	0	0.3	0.2	0.6	0.2	1.0	0.5	3.0	2.0	
Total virus																
疮痂病和枯萎病总计(%)	0	0	0	0.1	0	0.2	0	0.3	0.2	0.5	0.2	1.0	0.5	3.0	2.0	
Total scab and Fusarium Wilt																
混杂(%)	0	0.1	0	0.1	0	0.1	0	0.2	0	0.2	0	0.4	0	1.0	0.1	
Impurities																

注: 数据来源于加拿大食品检验署网站^[3]。
Note: Data from the website of Canadian Food Inspection Agency^[3].

加拿大食品检验署(CFIA)是联邦政府规模最大的执法机构, CFIA实验室是其行政执法的重要技术支撑^[5, 7], 为CFIA种植马铃薯计划提供检测和参考资料, 开展马铃薯检疫性细菌病、病毒病研究。圣约翰实验室则主要从事马铃薯癌肿病和胞囊线虫诊断。

此外各省还有CFIA批准建立的对联邦内马铃薯种植户联盟负责的非盈利机构, 农业认证服务协会(Agricultural Certification Services Inc, ACS)。ACS主要职责是通过严格的程序化的种薯质量监测, 市场供需调查, 保证马铃薯种薯安全生产, 确保马铃薯优质丰产; 根据企业需求推荐种植品种与建议种植规模, 降低马铃薯种植风险, 并获得最大化的市场盈利。对联邦内马铃薯种植户联盟负责^[1, 7]。

5 启 示

中国作为世界上最大的马铃薯生产国, 目前仍然存在健全的脱毒种薯检测、监督和管理体系缺乏等问题, 虽然马铃薯种植规模很大, 但生产中脱毒种薯的应用比例低。同时生产中仍较多采用人工栽培, 种植粗放, 生产效率低下, 马铃薯单产水平维持在14 t/hm², 因而未达到世界马铃薯产量的平均水平。

随着国际交流的日益频繁, 中国马铃薯育种技术和水平与发达国家之间的差距不断缩小。在这种情况下中国与发达国家相比, 脱毒种薯的生产与应用水平差距显著。要缩短这一差距, 可以从以下几方面作出努力: 一是通过实行种薯生产者和生产地的国家认证制度, 建立和完善包括种薯繁育、脱毒、种薯质量标准、质量监督与检测在内的脱毒种薯生产体系, 解决种薯生产质量问题。二是加强不同地形地貌适用型的机械化创新, 逐步实现机械化作业; 研究、推广自动化、科学化测土配方施肥; 解决病虫害防治的全程监控等技术难题, 提高生产效率。

致谢:

中华人民共和国农业部的派遣与资金支持; 加拿大AAFC马铃薯研究中心的邀请; 加拿大AAFC马铃薯研究中心病理研究室的聂先舟博士; 育种部的Agnes Murphy女士、Benoit Bizimungu先生; 分子生物学实验室的David De Koeper和Helen Tai博士; 加拿大NBDAA的技术主管Terry Brodie女士; 加拿大BAESPC的园艺师Brian DuPlessis先生; 加拿大ACS负责人Mathuresh Singh先生; 北美著名马铃薯育种家George Tai先生、Hielke De Jong先生; PEI著名的马铃薯病虫专家和私人育种家Robert Coffin夫妇, 加拿大CFIA的Sean Li博士等, 在上述部门和专家学者的帮助下, 笔者一行人圆满完成了对加拿大马铃薯繁育体系的访问。

[参 考 文 献]

- [1] Agriculture and Agri-Food Canada. Canadian potatoes [EB/OL]. (2011-08-11) [2014-02-14]. <http://www.marquecanadabrand.agr.gc.ca/fact-fiche/4691-eng.htm>.
- [2] Canadian Food Inspection Agency. PI-005: Chapter 5 – Seed potato crop inspection 4.0 application for seed potato crop inspection [EB/OL]. (2014-02-12) [2014-02-14]. <http://www.inspection.gc.ca/plants/potatoes/guidance-documents/pi-005/chapter-5/eng/1383761839133/1383762066614?chap=10#s1c10>.
- [3] Canadian Food Inspection Agency. PI-009: Seed potato tuber inspection procedure [EB/OL]. (2013-11-22) [2014-02-14]. <http://www.inspection.gc.ca/plants/potatoes/guidance-documents/pi-009/eng/1383933490053/1383934020925?chap=1>.
- [4] 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(9): 34–36.
- [5] 叶苗. 加拿大农产品质量安全保障体系研究[J]. 世界农业, 2013(4): 7–10.
- [6] 李阳, 李玉, 成余捷. 加拿大农业与农产品质量安全考察报告[J]. 农场经济管理, 2007(1): 19–21.
- [7] 解卫华, 汪云岗, 俞开锦. 加拿大有机农业的发展及启示[J]. 中国农业资源与区划, 2010, 31(3): 81–85.