

# 国内外蔬菜机械化生产技术体系研究综述

肖体琼<sup>1</sup>, 崔思远<sup>1</sup>, 陈永生<sup>1</sup>, 何春霞<sup>2</sup>

(1. 农业部南京农业机械化研究所, 江苏 南京 210014; 2. 南京农业大学 工学院, 江苏 南京 210031)

**摘要:**蔬菜机械化生产技术体系包含生物科学、机械工程、经济管理和社会科学, 由于发达国家已经实现了农业机械化, 针对蔬菜机械化生产系统中各学科的研究, 国内外的目的、内容与重点均存在较大差异。该文对蔬菜机械化生产系统及技术体系的国内外研究现状进行了对比, 对我国蔬菜生产机械化发展具有借鉴意义。

**关键词:**蔬菜; 机械化; 技术体系; 系统工程

**中图分类号:**S 233.74 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2017)09-0183-05

农业机械化是提高土地产出效率与劳动生产率、降低生产成本、促进农民增收, 实现农业可持续发展的基础。蔬菜是我国种植业中仅次于粮食的第二大作物, 在现代农业发展、农村劳动力转移、农业农村经济快速发展的背景下, 蔬菜生产正在从人工生产方式向以机械为主要手段的标准化、规模化生产方式转变, 实现蔬菜生产机械化的紧迫性日益突显。综观国外蔬菜生产机械化的发展历程, 几乎都是在实现大田作物生产机械化后才开始考虑蔬菜生

产机械化的, 该文通过对国内外蔬菜机械化生产技术体系研究文献和资料的梳理, 把握国内外研究关注焦点及差异, 为构建我国农机农艺紧密融合的机械化生产技术体系提供借鉴。

## 1 国外研究现状

### 1.1 国外对蔬菜生产系统的研究

农业生产是系统工程, 蔬菜生产是农业生产系统的一个部分。国外农业系统工程产生有成效影响要追溯到 20 世纪 60 年代初, 美国农业系统工程委员会向政府提出在农业领域实施系统工程方法并提出了建议。美国农业体系发达, 居世界首位, 这与系统工程在农业领域的成功实践密不可分。20 世纪 70 年代, 农业系统工程在国际上已得到大规模发展, 涉及到农业领域的各个方面, 在农业机械化领域涵

**第一作者简介:**肖体琼(1974-), 女, 博士, 副研究员, 硕士生导师, 现主要从事农机化工程等研究工作。E-mail: xiaotiqiong@163.com.

**基金项目:**国家科技支撑计划资助项目(2013BAD08B03); 中央级科研院所基本科研业务费专项资助项目(S201720)。

**收稿日期:**2017-01-17

## Research Progress in Grapevine Viruses

WANG Jianhui<sup>1,2</sup>, LIU Jianjun<sup>1,3</sup>, CHEN Keling<sup>1,2</sup>, HE Jian<sup>1,2</sup>, ZHAO Liming<sup>3</sup>

(1. Key Laboratory of Horticultural Crops Biology and Germplasm Enhancement in Southwest Regions, Ministry of Agriculture, Chengdu, Sichuan 610066; 2. Horticultural Institute, Sichuan Academy of Agricultural Sciences, Chengdu, Sichuan 610066; 3. Sichuan Academy of Agriculture and Science, Chengdu, Sichuan 610066)

**Abstract:** Total 65 different viruses has been found in the infected grapevine so far. The grapevine was co-infected by several viruses to cause loss of production and poor fruit quality. The current research progresses of molecular biology in grapevine viruses have been reviewed, including the sequencing works on the virus genome, analysis on the virus population structure and genetic variability, study on virus genes function, establishment of the multiple detection techniques and virus eradication techniques to facilitate the development of grapevine industry.

**Keywords:** grapevine virus; molecular biology; detection techniques; virus eradication techniques

盖作物栽培、农田果园病虫害防治,以及农业机械化的最优管理等方面。由于各国经济实力和科技水平存在差异,国外农业系统工程的具体内涵也各具特点,在现代化蔬菜生产系统研究方面,各国结合农业机械化发展条件和蔬菜产业需要开展相应研究。

芬兰 AZIZ<sup>[1]</sup>以乌兹别克斯坦蔬菜种植为例,从节约成本、优化资源配置与提高农业系统效率的角度,实证研究了低经济效率蔬菜种植场和影子价格投入等问题,结果表明蔬菜生产中所有投入都一定程度上存在整体效率低下的问题,二次实证研究发现土地和劳动力的影子价格存在生产效率低下的问题,提出应该对非传统生产方式和易于获得市场信息的方向实施新的强化策略,还应对提高效率和农业服务组织和技术技能推广服务的发展予以重点关注。比利时 VEERLE 等<sup>[2]</sup>研究了一种越野用途移动农业机械的燃油消耗模型,该模型针对土壤类型、拖拉机尺寸、田块规模和机器负载的影响进行建模。敏感性分析显示,根据作物类型,拖拉机尺寸对剩余燃油消耗的影响最大,为 10%~41%,燃料消耗量可进一步处理成温室气体排放,果园燃料最为密集,其次是露地蔬菜和甜菜,露地蔬菜的田间机械化作业总能耗高,原因是普遍采用二次种植方式。日本小川祥直研究了日本农业人口结构、耕地使用状况和

农业生产效率等系统影响因素,分析了蔬菜生产中的装备技术需求,对白菜、洋葱、番茄、芹菜等各生产环节单位面积劳动时间与水稻生产进行了定量对比分析,提出蔬菜生产中机械化收获最为迫切<sup>[3]</sup>。日本小林研等研究了省力化蔬菜生产全程机械化技术体系,提出了基于劳动成本控制的蔬菜生产机械化、轻简化、智能化发展思路<sup>[3]</sup>。日本内田芳美研究了阪东市岩井地区的蔬菜生产组织和栽培技术等概况,基于葱和生菜的机械化水平现状,提出了推进蔬菜高效生产全程机械化的技术模式<sup>[3]</sup>。综上所述,国外十分重视对蔬菜生产系统中技术、资源、资金等的高效利用,以及蔬菜安全和环境保护方面的研究。

## 1.2 国外对蔬菜机械化生产技术体系的研究

国外在蔬菜机械化生产技术体系方面研究重点是优化机械化生产系统,在技术集成、资源节约、环境友好、成本收益等方面的研究较多。

日本农林水产省从 1994 年起,针对蔬菜播种面积小、各地栽培方式多种多样、机械作业效率较低、机具性能受限等问题,实施了由蔬菜种植户、农艺栽培专家、农机专家等多方参与推进蔬菜种植方式标准化,研究了卷心菜、白菜、生菜、菠菜、葱、白萝卜、胡萝卜、牛蒡、芋头、茼蒿等 11 个标准的栽培作物模式并推广使用(图 1)。

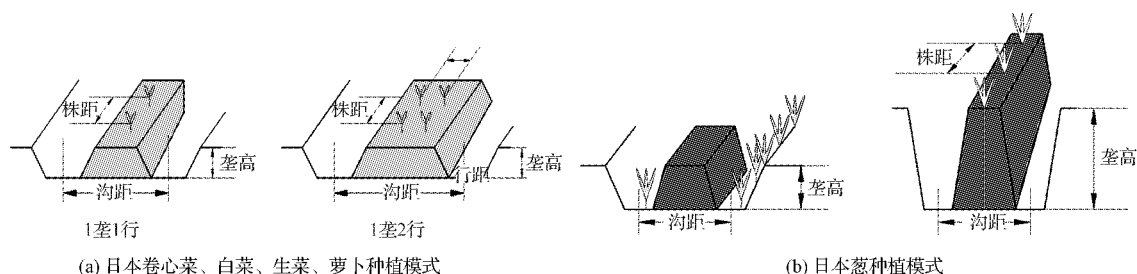


图 1 日本蔬菜种植模式示例

Fig. 1 Vegetable mechanization planting pattern samples in Japan

澳大利亚 MCPHEE 等<sup>[4]</sup>探索了在蔬菜生产中采用固定道保护性耕作方式对土壤物理性质及耕作的影响,结果表明固定道保护性耕作有利于改善土壤物理性质,与传统耕作方式相比减少耕作 20%~60%,但也存在着蔬菜生产中的机械轮距兼容和机械仿形等局限性。MCPHEE 等<sup>[5]</sup>从固定道耕作技术在蔬菜生产中的应用角度,以塔斯马尼亚蔬菜生产为对象,研究了基于复杂地形的固定道耕作方式蔬菜生产布局设计,以及多样化蔬菜生产中机械化面临的挑战和技术途径,轮距和工作幅宽标准化是发展集成化固定道耕作技术的核心,蔬菜各环节机

具作业对轮距和工作幅宽的兼容性或配套性是 2 个关键的机械问题(图 2)。

荷兰 VERMEULEN 等<sup>[6]</sup>以荷兰有机农场种植豌豆、洋葱、胡萝卜、菠菜等为例,研究了有机蔬菜生产中采用季节性固定道耕作方式下的土壤、作物和温室气体排放等方面的影响(图 3)。

日本生研中心基础技术研究部塙圭二以应对农村老龄化现状,降低拖拉机驾驶员劳动强度,优化蔬菜全程机械化生产系统为目的,与三菱农机株式会社联合研究了适宜垄作栽培蔬菜等作物播种、起垄、作业,基于拖拉机自动驾驶图像处理的高精度直线

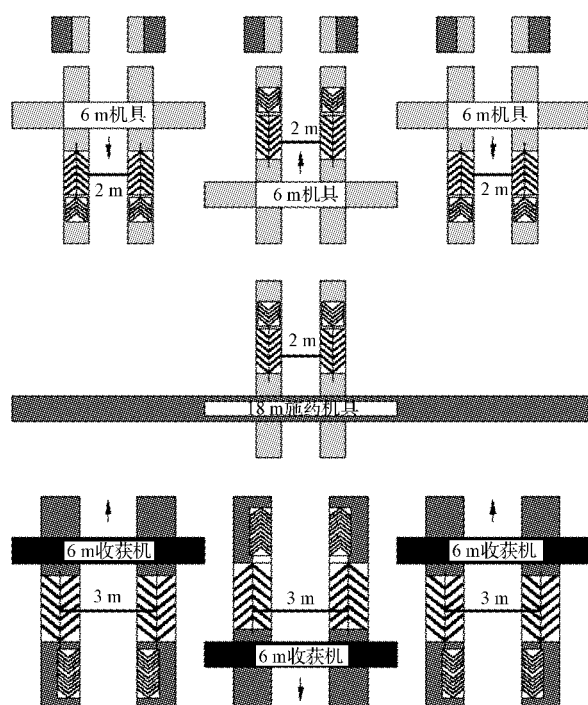


图2 澳大利亚固定道蔬菜谷物生产中  
2 m和3 m的轮距设备

Fig. 2 Possible integration of 2 m and 3 m track width equipment to accommodate vegetables and cereals in a controlled traffic system in Australia

作业辅助装置,分析了该装置结构和性能,并在鹿儿岛县进行了现场演示,有利于后续田间管理等环节包括施肥、施药和中耕除草等机械化作业精度的提高。日本农林水产省为推进蔬菜机械零部件通用化、降低蔬菜移栽机和育苗成本,从1994年起开展了适宜叶菜类蔬菜全自动移栽机的育苗盘主要尺寸等标准化研究,提出了育苗盘的标准规格并推广应用。

韩国 LEE 等<sup>[7]</sup>研究了蔬菜嫁接这种起源于日本和韩国的技术发展现状,为了降低嫁接苗价格和提高嫁接质量,提高蔬菜产量,以蔬菜自动化和高效嫁接嫁接机或机器人成为目前技术发展重点。

美国 MENG 等<sup>[8]</sup>研究了基于蔬菜嫁接机设计的一种综合模拟及层次分析法,该方法包括4个步骤:一是定义性能标准和因素,二是通过试验设计识别重要因素,三是评估系统的替代品,四是层次分析处理。结果表明,经典层次分析法产生了与模糊层次分析法相似的趋势,提出的 BAS 程序可以确保层次分析法的排名准确性,该方法可以成功用于蔬菜育苗嫁接操作部件的设计。

西班牙 ARAZURI 等<sup>[9]</sup>研究了机械化收获方式对加工番茄物理性能的影响,大部分影响番茄的机械动作是在收获和运输环节,会导致番茄品质下降。为了确定机械化收获的影响,在实验室针对不同番茄品种进行了机械化收获及评估。冲击试验表明,

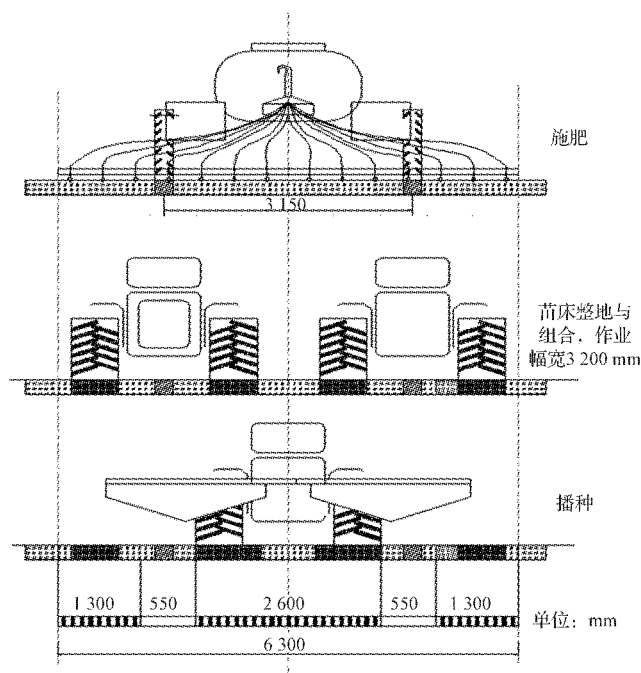


图3 荷兰有机农场春季菠菜生产技术模式

Fig. 3 Wheel rut pattern for spinach in spring in Netherlands

在番茄底部硬度损失高达 30%，番茄皮抗开裂损失约 6%。

## 2 国内研究现状

### 2.1 我国对蔬菜生产系统的研究

国内在蔬菜生产系统方面开展的研究包括杨顺江<sup>[10]</sup>综合多种研究方法,理论与实践相结合,从技术、政策及相关蔬菜企业发展的角度全面阐述了中国蔬菜产业发展战略,用抽象分析法研究了世界蔬菜产业发展模式,用钻石理论分析了我国蔬菜产业国际竞争力,探讨了我国蔬菜产业发展的六大支撑体系。杨锦秀<sup>[11]</sup>综合采用了农业经济学、产业经济学、区域经济学、技术经济学、国际经济贸易学和蔬菜栽培学等原理,采用计量经济模型、统计工具、比较分析等多种方法,探索形成了我国蔬菜产业发展的经济理论分析框架。宋建新<sup>[12]</sup>对河北省蔬菜产业发展现状及影响因素进行了深入分析并提出了一系列对策措施。卢中华<sup>[13]</sup>根据经济效益理论,运用现代经济研究方法,开展了蔬菜生产效益及其影响因素研究,提出了我国蔬菜生产效益研究的分析框架,为蔬菜生产效益的提高和现代蔬菜产业体系的构建与发展提供了科学依据。吕美晔<sup>[14]</sup>以蔬菜产业链中核心企业为对象,对其采取的组织模式、组织效率以及蔬菜产业链的导入对菜农的影响做了较为详细的研究,结果表明建立稳定可靠的组织链接模式、提高企业合作能力是提高产业链强度和组织效率的途径,产业链的导入有助于向高效、高产的种植方式转变,同时有助于促进专业化和规模化生产。王方舟<sup>[15]</sup>采用因素分析法、系统聚类分析、多元统计的因子分析法、非线性回归分析法、生产要素贡献分析和灰色关联分析等方法,运用 SPSS 和 Eviews 等软件构建了河北省蔬菜产业竞争力的理论分析框架、评价指标体系和评价模型并对河北蔬菜产业进行了计量分析与测评。崔言民<sup>[16]</sup>开展了山东省无公害蔬菜生产组织模式比较及优化研究,对农户家庭生产模式、蔬菜协会模式、农民专业合作社模式、现代农业企业模式和产业一体化模式多种无公害蔬菜生产组织模式进行定性描述与对比分析,根据在青岛和潍坊等地开展统计调研所获取到的数据资料,对几种典型的生产组织模式分别进行了基于效益的定量分析,总结出纵向一体化模式是山东省无公害蔬菜生产组织模式优化的方向,产业一体化的生产模式是适合无公害蔬菜生产要求的生产组织模式。

### 2.2 我国对蔬菜机械化生产技术体系的研究

我国在蔬菜机械化生产技术体系方面的研究相

对较少,目前以研究蔬菜生产各环节的技术装备为主,赵武<sup>[17]</sup>以大庆市为例,研究了设施蔬菜周年生产系统的工序流程,对采用机械化生产手段的必要性进行了分析,提出了多茬栽培及间套作、立体栽培的模式,构建了机械化必要性评价指标体系并完成实证研究,提出了针对大庆市设施蔬菜生产的机械化发展对策措施。王希英<sup>[18]</sup>开展了蔬菜机械化嫁接育苗生产体系的研究,通过试验研究得出适宜插接式机械嫁接作业嫁接用苗的标准形态,并得到采用未断根嫁接有利于嫁接苗株高的生长,采用断根嫁接有利于嫁接苗茎粗的生长的研究结果。胡敏娟<sup>[19]</sup>按照农机与农艺相结合的原则,以开发全自动取苗系统替代人工为目的,开展了针对穴盘苗的自动移栽技术研究,创制了变形滑针式取苗器,采用不完全齿轮齿条机构与取苗特定轨道相结合的方法实现了取苗器的驱动,获得了穴盘苗的取苗力变化规律,研发了多任务同步运行的自动控制系统。周成<sup>[20]</sup>开展了甘蓝收获关键技术及装备研究,在曲面双圆盘导入装置、甘蓝双螺旋拔取输送装置、皮带滚轮式甘蓝剥皮装置,以及甘蓝收获机等方面进行了创新。王俊等<sup>[21]</sup>研究了叶菜类、根茎类、果菜类蔬菜机械化收获技术及其发展,重点分析了甘蓝、胡萝卜、番茄收获国内外研究进展,提出蔬菜物理特性、农机农艺结合、机械结构优化设计、通用性和智能化是蔬菜收获领域的重点研究方向。于晓旭等<sup>[22]</sup>研究了我国移栽机械发展现状与展望,研究表明移栽机的工艺、材料、设计发展迅速但性能提升缓慢,移栽机由于受技术水平制约,未达到高效、低成本、轻简化的目标,提出机械式回转机构是我国钵苗移栽发展方向的观点。叶秉良等<sup>[23]</sup>开展了蔬菜钵苗旋转式取苗机构动力学分析与试验研究,建立了偏心齿轮-非圆齿轮行星系取苗机构的动力学模型,得到机构主要受力点的受力变化规律,对设计的物理样机进行了动力学试验,验证了机构动力学模型。

综上所述,我国在蔬菜机械化生产技术体系方面的研究才刚起步,与主要农作物相比,研究领域和研究深度都存在很大差距,由此形成了机械化发展水平的差距。

## 3 结论及启示

国外典型模式可概括为以美国、加拿大、澳大利亚为范例的美加模式、以日本、韩国为范例的海岛模式、以欧盟各国为范例的欧洲模式,以上国家的农业现代化历程在技术路线选择上有所不同,在实现蔬菜生产机械化进程中,美、加、澳等发达国家以替代

劳动力为主要目标,属能源密集型机械化发展模式,我国是人口大国,但农村劳力日益紧缺,自然资源相对匮乏,应当结合国情以提高土地产出率和劳动生产率为主要目标发展农业机械化,同时兼顾农业可持续发展的要求,加大农机科技创新力度,大力发展资源节约和环境友好型蔬菜机械。通过农机科技创新,有利于转变蔬菜生产方式,降低劳动力成本;有利于提高产业竞争力,保障种植收益;有利于提高蔬菜单产水平;有利于为科技转化提供基础,解决我国蔬菜产业面临的巨大挑战。

### 参考文献

- [1] AZIZ K. Economic inefficiency and shadow prices of inputs: The case of vegetable growing farms in Uzbekistan[J]. *Procedia Economics and Finance*, 2013(5):403-412.
- [2] VEERLE V L, LIEVE H. A fuel consumption model for off-road use of mobile machinery in agriculture[J]. *Energy*, 2014, 77:880-889.
- [3] 新農業機械実用化促進株式会社. 平成 23 年度新技術セミナー「農業機械化対策の今後の取組方向」[EB/OL]. [http://www.shinnouki.co.jp/info/h24\\_03\\_07.html](http://www.shinnouki.co.jp/info/h24_03_07.html), 2016-09-22.
- [4] MCPHEE J E, AIRD P L, HARDIE M A, et al. The effect of controlled traffic on soil physical properties and tillage requirements for vegetable production[J]. *Soil & Tillage Research*, 2015, 149:33-45.
- [5] MCPHEE J E, AIRD P L. Controlled traffic for vegetable production: Part 1. Machinery challenges and options in a diversified vegetable industry[J]. *Biosystems Engineering*, 2013, 116:144-154.
- [6] VERMEULEN G D, MOSQUERA J. Soil, crop and emission responses to seasonal-controlled traffic in organic vegetable farming on loam soil[J]. *Soil & Tillage Research*, 2009, 102:126-134.
- [7] LEE J M, KUBOTAB C, TSAO S J, et al. Current status of vegetable grafting: Diffusion, grafting techniques, automation[J]. *Scientia Horticulturae*, 2010, 127:93-105.
- [8] MENG C, XU D, SON Y J, et al. An integrated simulation and AHP approach to vegetable grafting operation design[J]. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2014, 102:73-84.
- [9] ARAZURI S, JAREÑ C, ARANA J I, et al. Influence of mechanical harvest on the physical properties of processing tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.)[J]. *Journal of Food Engineering*, 2007, 80:190-198.
- [10] 杨顺江. 中国蔬菜产业发展研究[D]. 武汉:华中农业大学, 2004.
- [11] 杨锦秀. 中国蔬菜产业发展的经济学分析[D]. 成都:西南财经大学, 2005.
- [12] 宋建新. 河北省蔬菜产业发展状况及对策研究[D]. 北京:中国农业大学, 2005.
- [13] 卢中华. 蔬菜生产效益及其影响因素研究[D]. 南京:南京农业大学, 2008.
- [14] 吕美眸. 我国蔬菜产业链组织模式与组织效率研究[D]. 南京:南京农业大学, 2008.
- [15] 王方舟. 河北省蔬菜产业竞争力分析与对策研究[D]. 保定:河北农业大学, 2011.
- [16] 崔言民. 山东省无公害蔬菜生产组织模式比较及优化研究[D]. 青岛:中国海洋大学, 2012.
- [17] 赵武. 大庆市棚室蔬菜生产机械化系统分析与对策研究[D]. 哈尔滨:东北农业大学, 2003.
- [18] 王希英. 蔬菜机械化嫁接育苗生产体系的研究[D]. 哈尔滨:东北农业大学, 2008.
- [19] 胡敏娟. 穴盘苗自动移栽关键技术研究[D]. 南京:南京农业大学, 2011.
- [20] 周成. 甘蓝收获关键技术及装备研究[D]. 哈尔滨:东北农业大学, 2013.
- [21] 王俊, 杜冬冬, 胡金冰, 等. 蔬菜机械化收获技术及其发展[J]. *农业机械学报*, 2014, 45(2):81-87.
- [22] 于晓旭, 赵匀, 陈宝成, 等. 移栽机械发展现状与展望[J]. *农业机械学报*, 2014, 45(8):44-53.
- [23] 叶秉良, 李丽, 俞高红, 等. 蔬菜钵苗旋转式取苗机构动力学分析与试验[J]. *农业机械学报*, 2014, 45(6):70-78.

## Review of Vegetable Mechanized Production Technology System in China and Abroad

XIAO Tiqiong<sup>1</sup>, CUI Siyuan<sup>1</sup>, CHEN Yongsheng<sup>1</sup>, HE Chunxia<sup>2</sup>

(1. Nanjing Research Institute for Agricultural Mechanization Ministry of Agriculture, Nanjing, Jiangsu 210014; 2. College of Engineering, Nanjing Agricultural University, Nanjing, Jiangsu 210031)

**Abstract:** Vegetable mechanized production technology system includes biological sciences, mechanical engineering, economic management and social sciences. The purpose, content and emphasis of research on vegetable mechanization production system of the domestic and foreign were quite different, because developed countries realized agricultural mechanization. This paper compared the domestic and foreign research status of vegetable mechanized production technology system. It had reference significance to vegetable production mechanization development in China.

**Keywords:** vegetable; mechanization; technical system; systems engineering