

国内外农业技术比较及中国应对策略

Comparison of agricultural technology at home and abroad and China's coping strategies

陈诗波¹ 王 革¹ 陈亚平²

CHEN Shi-bo¹ WANG Ge¹ CHEN Ya-ping²

(1. 中国科学技术发展战略研究院, 北京 100038; 2. 中国财政科学研究院, 北京 100036)

(1. China Academy of Science and Technology Development Strategy, Beijing 100038, China;

2. China Institute of Fiscal Science, Beijing 100036, China)

摘要: 同国际前沿相比较, 中国农业技术差距在不断缩小, 并已初步形成了少量领跑、多数并跑和跟跑的基本格局。新时期, 应大力支持农业基础性、前沿性、公益性技术研究, 加大国家各类科技计划向农业领域倾斜支持力度, 加快构建农业物联网技术服务平台, 着力推进农业技术集成创新。

关键词: 农业技术; 技术差距; 食品产业技术; 农业前沿技术; 先进制造

Abstract: Compared with the international frontier, the gap in agricultural technology in China is shrinking, and a basic pattern of a small number of leading, majority running and running is formed. In the new era, we should vigorously support the research of basic, cutting-edge and public welfare technologies in agriculture, increase the support of various national science and technology plans to the agricultural sector, accelerate the construction of agricultural IoT technology service platforms, and promote the integration of agricultural technology innovation.

Keywords: agricultural technology; technology gap; food industry technology; agricultural frontier technology; advanced manufacturing

与发达国家相比, 中国农业技术水平还相对落后, 存在上游基础研究薄弱、中游关键技术落后和成果转化效率低下、下游产业发展滞后等问题, 也缺乏高影响力的重大原创性成果, 国际竞争优势相对较弱, 这些问题已成为制约中国整个农业产业发展的瓶颈。为了全面梳理和总结当前中国同国际农业技术发展存在的差距, 找准未来农业技术发展方向, 本课题采用 SWOT 分析、文献调研、专家研讨、技术调查

等方法, 对当前及未来 5~10 年国际国内农业前沿技术(包括 9 个子领域)、食品产业技术(包括 3 个子领域)分别进行比较, 剖析未来 5~10 年(2020~2025 年)制约中国农业发展的关键技术, 并提出了提升中国农业技术竞争力的对策与建议。在技术调查过程中, 共遴选出 524 位专家, 参加备选技术问卷调查, 获得 524 份调查问卷。调查专家主要来自于国家 863 计划或支撑计划项目或课题负责人、科技重大专项课题承担者、千人计划、长江学者或国家基础青年基金获得者及高新技术企业专家。

1 国内外农业技术发展总体情况比较

1.1 技术发展态势

测评显示, 在 12 个子领域中, 绝大部分技术与国际先进水平的差距在缩小, 只有动物育种领域的差距在拉大。除了低产田改良、农业生物药物、先进装备制造、数字农业尚有 7.7%~20.0% 未作判断外, 其他子领域与国际先进水平的差距在缩小(表 1)。总体来看, 中国农业领域技术的发展水平与国外发达国家相比仍有一定差距, 但差距在不断缩小。

1.2 技术发展阶段

从国内外农业技术发展阶段来看, 目前中国农业领域技术仅有 19.41% 处于领跑状态, 27.98% 处于并跑状态, 绝大部分处于跟跑阶段(表 2)。在 12 个子领域中, 数字农业、农业领域先进制造、农林生物质转化、农业生物药物、食品绿色制造与加工、食品绿色贮藏与冷链物流领域全部处于并跑和跟跑状态。低产田改良领域领跑技术达到 38.46%, 植物育种领域领跑技术达到 30%, 在子领域中处于较好水平。农业领域先进制造与动物育种领域子领域与发达国家的差距较大, 均在 20 年以上。

1.3 技术发展差距

从中国农业技术与国际水平的差距年限看, 中国同世界先进国家的技术发展水平整体上相差 12 年左右。从子领域

基金项目: 清华大学中国农村研究院重点研究课题(编号: CIRS2016-10); 科技部“农业领域技术预测”项目阶段性成果

作者简介: 陈诗波(1978—), 男, 中国科学技术发展战略研究院副研究员, 博士。E-mail: chensb@casted.org.cn

收稿日期: 2018-05-31

表1 中国农业领域技术与国际先进水平的差距[†]

Table 1 Differences between China's agricultural technology and international advanced level %

子领域	在缩小	在拉大	未判断
植物育种	100.0	0.0	0.0
动物育种	91.7	8.3	0.0
数字农业	90.0	0.0	10.0
农业领域先进制造	90.0	0.0	10.0
农林生物质转化	100.0	0.0	0.0
农业生态环境控制与修复	100.0	0.0	0.0
农业生物药物	80.0	0.0	20.0
低产田改良	92.3	0.0	7.7
节水农业	100.0	0.0	0.0
食品绿色制造与加工	100.0	0.0	0.0
食品绿色储藏与冷链物流	100.0	0.0	0.0
食品质量安全	100.0	0.0	0.0

[†] 数据来源:根据本课题发放的专家技术预测问卷整理获得。

表2 12个子领域技术水平分析[†]

Table 2 Technical analysis of 12 sub-fields %

子领域	领跑	并跑	跟跑
植物育种	30.00	40.00	30.00
动物育种	3.00	29.00	68.00
数字农业	—	20.00	80.00
农业领域先进制造	—	—	100.00
农林生物质转化	—	—	100.00
农业生态环境控制与修复	10.00	—	90.00
农业生物药物	—	22.20	77.80
低产田改良	38.46	—	61.54
节水农业	10.00	40.00	50.00
食品绿色制造与加工	—	7.14	92.86
食品绿色储藏与冷链物流	—	—	100.00
食品质量安全	25.00	37.50	37.50
平均	19.41	27.98	73.98

[†] 数据来源:根据本课题发放的专家技术预测问卷整理获得。

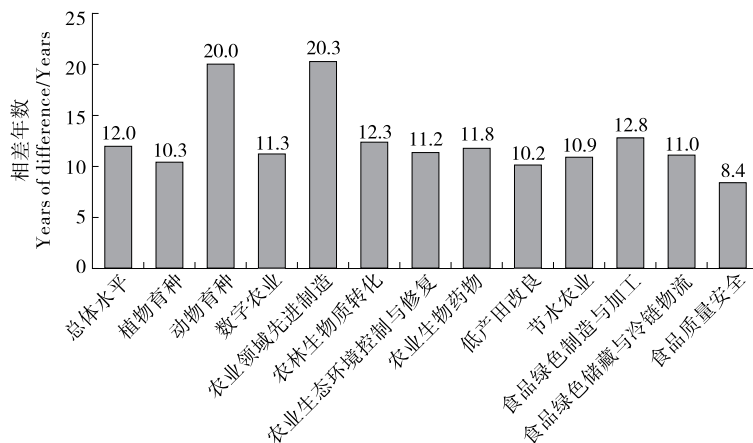


图1 中国农业12个子领域与国外先进技术的差距

Figure 1 The gap between the 12 sub-areas of China's agriculture and foreign advanced technology

来看,与国际先进水平差距最大的是农业领域先进制造行业,相差20.3年;其次是动物育种领域,相差20年左右。技术发展水平相差最短的是食品质量安全领域,为8.4年;其他9个领域技术水平的差距均在10.3~12.8年(图1)。

2 国内外农业各子领域技术水平比较

2.1 植物育种技术领域

近年来,中国在植物育种技术领域取得长足进展,总体上70%的技术并跑或领跑于国际水平。其中,领跑技术有作物功能基因组学、农作物强杂交优势利用与新品种创制、绿色超级稻培育。但与发达国家相比,中国植物育种领域综合水平仍比较低,与国际领先水平相差10.3年左右。差距主要表现为:植物生物技术育种的创新能力不足,缺少突破性的新材料和新方法;新基因和优异的育种材料发掘速度缓慢,缺乏有重大利用价值的基因。

2.2 动物育种技术领域

发达国家近年来着力推动基因组操作技术、生物反应器制备技术、克隆与干细胞等重编程技术研发,用于动物合成育种、生物制药、种公猪和种公牛的扩繁。中国仅有32%的技术并跑或领跑于国际水平,其中领跑技术有基因组测序、体细胞重编程等;在功能基因测定、动物基因组育种、体外胚胎生产、性别控制技术、基因组编辑等技术上仍处于跟跑状态,农业动物基因组测序后续功能研究以及重要功能基因挖掘工作严重落后^[1]。总体来说,与国际领先水平相差20年。

2.3 数字农业技术领域

以美国为首的发达经济体在创新上处于领先地位,其研发和投入远远超过中国,专利占有量全球领先^[2];欧盟、日韩等国家和地区过去20年在相关领域的投入也在逐步增多。中国在数字农业和农业信息领域的基础研发投入仍处于较低水平,总体科技水平偏低,仅有20%的技术并跑或领跑于国际水平,并跑技术仅有农业传感器技术、农业物联网技术、动植物生命与环境信息感知技术,其他技术领域发展很不均衡。总体来说,与国际领先水平相差11.3年。

2.4 农业先进装备制造技术领域

当前,中国农业装备技术处于由引进消化吸收向自主创

新转变阶段,多功能作业装备市场占有率 90%以上,农林动力机械高端发展,定位变量作业智能机械技术初步应用,技术水平 100%处于跟跑状态。中国拖拉机和联合收割机的平均故障间隔时间仅为发达国家的 1/3~1/2,水、肥、药利用率仅为 1/2,产品种类仅为 1/2。中国先进装备制造技术领域的发明与实用新型专利比为 1.0:2.9,与日本的 5:1 差距明显,智能技术发明专利差距更大^[3]。总体来说,与国际领先水平相差 20 年。

2.5 农林生物质转化技术领域

作为唯一能够转化为液体燃料的可再生资源,生物质以其产量巨大、可储存和碳循环等优点已引起全球的广泛关注^[4]。如日本的“阳光计划”、印度的“绿色能源工程”、巴西的“酒精能源计划”等,都将生物质作为国家战略推进。近年来,中国生物质能源科技进展良好,技术水平 100%处于领跑状态,一些技术已进入商业化早期发展阶段,具有一定的经济竞争能力。如生物质发电、固体成型燃料、液体生物燃料、生物燃气技术等,其中在生物基化学产品、催化合成等方面已达到国际先进水平^[5]。但中国的生物质燃烧技术和研究相对于德国、瑞典、丹麦、日本等国还处于起步阶段,需要对生物质的预处理、燃烧机理、锅炉设计、防腐、减排等系列关键技术进行研究并取得突破,才能减少对煤炭、石油的依赖。总体来说,与国际领先水平相差 12.3 年。

2.6 农业生态环境控制与修复技术领域

总体上,中国仅有 10%的技术处于跟跑或领跑状态。其中,旱作节水领域处于领跑水平,节水灌溉技术处于并跑水平;粮食作物平均水分利用效率仅为发达国家的 50%,氮肥利用率低于发达国家 15%~20%。总体来说,与国际领先水平相差 11.2 年,主要体现在高新技术的转化比率低、转化周期长、使用范围窄等。美、欧、日、澳等发达国家和地区在其研究、推广、生产开发各环节的投资比例一般在 1:10:100 左右,而中国在后 2 个环节的投入远远不够。中国每年有 6 000 多项科研成果通过鉴定,但转化为现实生产力的只有 30%~40%,远低于发达国家 70%~80%的水平。

2.7 农业生物药物领域

中国农业生物药物研究经过几十年的发展,产学研条件、创新实力和国际竞争力不断提升,在农业生物药物创制技术领域突破了一批农业新药创制关键技术,创制了一批农业生物药物重大产品^[6]。但整体来看,中国重大原创产品较少,严重缺乏自主创新对环境生态友好的新型农业药物,整体技术水平、产业化规模和效益等还缺乏国际竞争力,特别是在动物疫苗、绿色化学兽药、生物兽药、诊断与检测试剂、绿色化学农药、生物农药、植物生长调节剂与除草剂等创制技术方面需要进一步加大技术创新^[7]。总体上,仅有 22.2%的技术处于并跑状态,与国际领先水平相差 11.8 年。

2.8 低产田改良技术领域

总体来看,中国 38.46%的技术处于领跑状态,与国际领先水平相差 10.2 年。目前,中国低产田改良整体上仍缺乏对包括成土要素、社会经济发展水平、气候条件以及生态环

境等的系统研究,更缺乏对低产田物理、化学及生物学成因机理的探索。在技术集成与创新方面,现有技术以传统的单项技术为主,亟待“更新换代”,特别是在与信息技术、计算机技术、3S 技术以及分子生物学等现代技术的集成、融合与创新等方面,需要进一步加强集成创新。

2.9 节水农业技术领域

中国在节水农业领域的投入渠道和方式单一,核心技术主要由美、以、英、澳等国掌握,技术研究的原创性不足,缺乏对单项技术进行综合集成创新的能力,产品设备功能单一且质量较差,缺少经济适用且具有较佳性价比的产品设备和技术集成应用模式^[8]。总体来看,50%的技术处于并跑或领跑状态,与国际领先水平相差 10.9 年。只有抗旱节水作物新品种选育技术处于国际领先地位,其他技术均处于并跑或跟跑研究阶段。

2.10 食品绿色制造与加工技术领域

中国食品绿色制造与加工领域已突破了现代食品工程化技术与装备、非热加工、现代食品生物工程技术、食品绿色加工技术等食品绿色制造与加工关键共性技术,局部已形成优势。但是与美国、日本以及欧盟国家和地区总体水平相比仍有较大差距,主要表现为:技术创新能力不足,技术先进性指数、国际化指数和可持续发展指数分别达到国际先进水平的 33.3%,58.4%,84.2%;一些前沿先进的技术装备主要依赖进口,尚未形成自己的食品加工机械产品体系,大多数食品机械生产企业以初级、小型产品为主^[9]。总体上,仅有 7.4%的技术处于并跑状态,绝大部分处于跟跑状态,与国际领先水平相差 12.8 年。

2.11 食品绿色贮藏与冷链物流技术领域

中国食品物流生物学特性、食品包装材料的合成及安全性等基础研究薄弱,在物流关键技术和参数研究、设备研制和应用等方面严重落后于发达国家,品质劣变控制、包装材料及载体研发、物流微环境控制、信息化与智能化应用、物流配送等各个环节技术水平相对低下,缺乏系统集成和物流标准体系,冷链物流技术和设备、易腐食品冷链物流包装与标识技术、传感器技术、远距离无线通信技术、过程跟踪与监控技术以及智能决策技术等有待加强。总体来看,100%的技术处于跟跑状态,与国际领先水平相差 11 年。

2.12 食品质量安全控制技术领域

近年来,中国在食品中化学危害物新型快速检测技术、食品加工过程有害物生产激励与安全控制技术、新型食品安全性评价技术、食品安全溯源技术系统集成与示范应用等科技领域取得长足进步。但与美国、英国、日本等发达国家相比,中国基础研究的投入和创新程度不够,研究缺乏系统性,相关技术标准建设尚不完备,尚未全面建立国家食品质量安全控制体系,食品质量安全控制与预警技术适应性差。总体上,62.5%的技术处于并跑或领跑状态,与国际领先水平相差 8.4 年。

3 国内外农业各领域技术发展阶段比较

3.1 技术所处产业阶段

中国农业领域技术产业化水平较低,仅有 23%的技术处

于产业化阶段,77%处于实验室和中试阶段(图2,表3)。国际上67%的技术处于产业化阶段,仅33%处于实验室和中试阶段(图3,表3)。

3.2 农业领域产业化程度

中国12个子领域中,农业生物药物领域产业化程度最

高,达到57.1%;其次是农林生物质高效转化子领域,技术产业化程度也超过了50%;低产田改良、数字农业、食品绿色贮藏与冷链物流、动物育种4个子领域技术尚未实现产业化;动物育种种子领域产业化程度最低,77.8%的技术仍处于实验室阶段。

表3 农业领域技术国际国内创新阶段分布[†]

Table 3 Distribution of international and domestic innovation stages in the agricultural sector Technology

子领域	%					
	实验室阶段		中试阶段		产业化阶段	
	中国	国际	中国	国际	中国	国际
植物育种	12.5	—	50.0	12.5	37.5	87.5
动物育种	77.8	55.6	22.2	22.2	—	22.2
数字农业	50.0	—	50.0	33.3	—	66.7
农业领域先进制造	—	—	57.1	—	42.9	100.0
农林生物质转化	—	—	50.0	33.3	50.0	66.7
农业生态环境控制与修复	11.1	—	77.8	—	11.1	100.0
农业生物药物	14.3	—	28.6	—	57.1	100.0
低产田改良	7.7	—	92.3	63.6	—	36.4
节水农业	16.7	11.1	50.0	22.2	33.3	66.7
食品绿色制造与加工	—	—	77.8	—	22.2	100.0
食品绿色储藏与冷链物流	50.0	50.0	50.0	50.0	—	—
食品质量安全	50.0	28.6	33.3	28.6	16.7	42.9

[†] 数据来源:根据本课题发放的专家技术预测问卷整理获得。

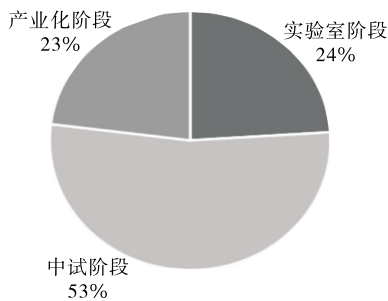


图2 农业领域中国创新阶段分布示意图

Figure 2 Schematic diagram of the distribution of domestic innovation stages in the agricultural sector

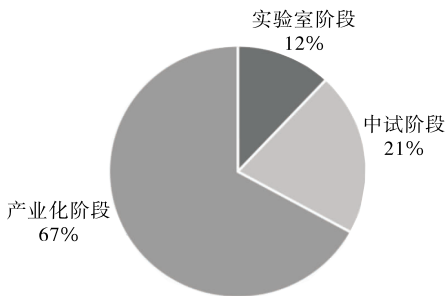


图3 农业领域国际创新阶段分布示意图

Figure 3 Schematic diagram of the distribution of international innovation stages in the agricultural sector

3.3 农业及食品加工领域技术国际创新阶段

在12个子领域中,除食品绿色贮藏与冷链物流子领域

的技术未实现产业化外,其他11个子领域均实现了产业化。其中,先进装备制造、农业生态环境控制与修复、农业生物药物、食品绿色制造与加工均完全实现产业化;动物育种种子领域的产业化程度较低,仅为22.2%。

4 提升中国农业及食品加工工业技术竞争力的对策与建议

4.1 大力支持农业和食品加工基础性、前沿性、公益性技术研究

重点在农业生物基因调控及分子育种、农林动植物抗逆机理、农田资源高效利用、农林生态修复、有害生物控制、生物安全和食品加工及食品安全等方面突破一批重大基础理论和方法;加快推进前沿技术研究,在农业生物技术、信息技术、新材料技术、先进制造技术、精准农业和食品安全技术等方面取得一批重大自主创新成果,抢占现代农业技术制高点;着力突破农业及食品加工技术瓶颈,在良种培育、节本降耗、节水灌溉、农机装备、新型肥药、疫病防控、食品加工贮运等方面取得一批重大实用技术成果。

4.2 加大国家各类科技计划向农业和食品加工领域倾斜力度

提高涉农公益性科研机构运行经费保障水平,加大涉农公益性行业科研专项实施力度,继续实施转基因生物新品种培育技术重大专项。按照统筹规划、共建共享的要求,增加涉农领域国家工程实验室、国家重点实验室、国家工程技术研究中心、技术资源共享平台等创新载体的数量,支持部门开放实验室和试验示范基地建设^[10]。

(下转第73页)

的最主要影响因素为样品中香兰素的浓度,通过进一步试验分析表明,工作曲线拟合时所产生的不确定度是最具权重的分量;取样过程的测量不确定度所占权重则最小。香兰素测定结果的扩展不确定度为 $1.37 \mu\text{g/g}$,在一定的合成不确定度区间内,为了使测定值更趋近于真实值,则需要重点控制工作曲线的拟合过程。通过该方法的实施和应用,一方面可以消除随机误差对检测结果的影响,使卷烟烟丝加香均匀性的评价更加真实,对于提高卷烟加工制丝工艺中加香均匀性和准确性具有重要的现实意义,也可以为卷烟成品的加工优化提供技术支持。

参考文献

- [1] 汪显国,申晓锋,刘泽,等.基于主成分分析法的烟丝加香均匀性评价[J].中国烟草学报,2013(5):33-42.
- [2] 陈宁,李剑政,杨文彬.应用加速溶剂萃取法分离烟丝致香成分[J].分析测试学报,2007,26(S1):296-299.
- [3] 夏启东,何邦华,侯英,等.气相色谱质谱法测定6种加香目标物质的含量及对烟丝加香均匀性的评价[J].分析测试学报,2012(7):816-822.
- [4] 薛忠,徐冰,刘倩,等.不确定度评估在中药近红外定量分析中的应用[J].光谱学与光谱分析,2014,34(10):2657-2661.
- [5] 王祎亚,詹秀春.X射线荧光光谱测定地质样品中27种组分分析结果不确定度的评估[J].光谱学与光谱分析,2014,34(4):1118-1123.
- [6] 许永,李超,杨乾栩,等.连续流动法测定烟草中总糖、还原糖、氯、钾含量的不确定度评定[J].食品与机械,2017,33(12):61-

64,75.

- [7] 黄光莉,林琳,陶里,等.卷烟主流烟气中苯酚测定的不确定度[J].烟草科技,2013(6):64-68.
- [8] 湖北中烟工业有限责任公司.香兰素葡萄糖苷的制备方法及其在烟草加香中的应用:中国,201310061992.4[P].2013-06-19.
- [9] 钟洪祥,王素方,蔡继宝,等.香兰素的热解研究[J].烟草科技,2004(7):22-26.
- [10] 殷延齐,薄四川,丁超,等.香兰素对卷烟主流烟气中挥发性成分的影响[J].食品安全质量检测学报,2014(6):1841-1846.
- [11] 姚静芳,穆旻,张颂培.香兰素产业发展概况[C]//中国香料香精化妆品工业协会.第十届中国香料香精学术研讨会论文集.[出版地不详]:中国香料香精化妆品工业协会,2014:6.
- [12] 曲宝成,戴学东,张敬波,等.高效液相色谱串联质谱法测定植物油中香兰素、甲基香兰素和乙基香兰素[J].食品安全质量检测学报,2018(4):935-941.
- [13] 宁霄,何欢,金绍明,等.超高效液相色谱-串联质谱法同时测定食品中麦芽酚、乙基麦芽酚、香兰素、甲基香兰素和乙基香兰素[J].食品安全质量检测学报,2017(7):2555-2562.
- [14] 赵建芬,韦寿莲,陈金定.毛细管电泳法分离检测香兰素、香兰素醇、香兰素酸和阿魏酸[J].食品科学,2012,33(24):289-292.
- [15] 邢晓平,崔钢.毛细管电泳安培检测法快速测定巧克力中的香兰素[J].食品工业科技,2006(10):186-188.
- [16] 陈达,邹建,谭棕,等.基于傅里叶变换红外光谱技术检测奶粉中香兰素的新方法[J].纳米技术与精密工程,2017(6):438-443.

(上接第4页)

4.3 加快构建农业物联网技术服务平台

重点突破农业感知数据标准、农业专用传感器、农业信息处理、农业智能决策与云服务等共性关键技术,开展农业物联网在农业资源和生态环境监测、精细化作业管理、农产品和食品质量安全管理与溯源等领域的系统集成和产业化应用技术研究,制定农业物联网相关基础标准和行业应用标准,推进农业物联网与新一代移动通信、云计算、下一代互联网、卫星通信等技术的融合发展。建设一批要素集聚、政策创新、产业集中的“互联网+农业”公共服务平台和智慧农业产业园区,探索建立涵盖耕地、育种、播种、施肥、植保、收储、农产品加工、销售等各环节的农业大数据分析平台和农业物联网技术服务平台^[11]。

4.4 推进农业及食品加工技术集成创新

选择对农业发展关联度大和带动性强的多项农业技术进行联合攻关,重点发展各种粮油作物、园艺作物优良品种的选用及配套的规模化、设施化生产技术,加强病虫害综合防治、科学施肥、旱作农业、生物农药、优良畜禽品种选用和集约化健康养殖及畜禽病害防治、农产品贮藏和保鲜及商品化包装、农产品及食品精深加工等领域技术的创新和集成,推进生态农业与食品工业技术集成和废弃物、生活垃圾无害化处理技术集成^[12]。

参考文献

- [1] 刘林森.美国:打造智慧农业[J].信息化建设,2011(12):44-46.
- [2] 郭鸿鹏,马成林,杨印生.美国低碳农业实践之借鉴[J].环境保护,2011(21):71-73.
- [3] 郑恒,李跃.低碳农业发展模式探析[J].农业经济问题,2011,32(6):26-29.
- [4] 熊明民.我国动物生物育种产业现状及发展策略探讨[J].农业生物技术学报,2016,24(8):1199-1206.
- [5] 李树君.中国战略性新兴产业研究与发展:农业机械[M].北京:机械工业出版社,2013:16.
- [6] 吴海华,方宪法,王德成.我国农业装备技术发展趋势及路径选择[J].农机化研究,2010(12):232-233.
- [7] HII K L, YEAP S P, MASHITAH M D. Cellulase production from palm oil mill effluent in Malaysia: Economical and technical perspectives[J]. Engineering in Life Sciences, 2012, 12(1): 7-28.
- [8] 武雪萍.节水农业关键技术发展趋势及国内外差异分析[J].中国农业资源与区划,2015(26):28-32.
- [9] 朱彦显,闵玉涛.食品加工的高新技术及其发展趋势[J].中国食物与营养,2010(4):32-34.
- [10] 张瑞东.互联网+农业倒逼产业升级[J].农业经济,2015(10):19.
- [11] 万宝瑞.我国农村又将面临一次重大变革:“互联网+三农”调研与思考[J].农业经济问题,2015(8):4-7.
- [12] 林友华.现代农业技术集成与管理创新的思考[J].农业科技管理,2013(5):19-22.