

种子加工、检验理论与技术现状及思考

朱明东¹ 魏祥进² 谢红军¹ 汤国华¹ 曾晓珊¹ 王建龙³ 胡培松^{2,*} 余应弘^{4,*}

(¹湖南省水稻研究所, 长沙 410125; ²中国水稻研究所, 杭州 310006; ³湖南农业大学, 长沙 410128; ⁴湖南省农业科学院, 长沙 410125; *通讯联系人, peisonghu@126.com; yyh30678@163.com)

Present Situation and Consideration of Seed Processing and Testing Theory and Technology

ZHU Mingdong¹, WEI Xiangjin², XIE Hongjun¹, TANG Guohua¹, ZENG Xiaoshan¹, WANG Jianlong³, HU Peisong^{2,*}, YU Yinghong^{4,*}

(¹Hunan Rice Research Institute, Changsha 410125, China; ²China National Rice Research Institute, Hangzhou 310006, China; ³Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China; ⁴Hunan Academy of Agricultural Sciences, Changsha 410125, China; *Corresponding author, E-mail: peisonghu@126.com; yyh30678@163.com)

Abstract: Seed processing and testing hold the key to the market circulation of seeds, and are an indispensable link in commercial breeding to endow seeds with commodity attributes. The research of seed processing and testing theory and technology is an important link in improving the seed industry chain, realizing large-scale commercial breeding and consolidating the seed industry science of ‘integration of breeding, propagation and promotion’. The scientific and technological system of seed industry in China is being formed and perfected, which is subject to the development level of the industry. The theory and technology of seed processing and testing are relatively weak. We reviewed the development of seed processing and testing theory and technology, and put forward strategies and suggestions to improve the sound development of China’s seed industry. In order to meet the needs of seed industry development and on the basis of high quality breeding of varieties, the new directions and demands of seed processing and testing theory and technology were analyzed. We will work to strengthen the applied research of seed industry, establish advanced seed quality inspection system, improve seed processing equipment suitable for the development needs of modern seed industry, establish standardized production system of seed processing industry, develop the scientific and technological disciplines of seed industry, and promote the sustainable and healthy development of seed industry.

Key words: seed industry; seed processing; seed testing; seed industry chain

摘要: 种子加工及检验是种子向市场流通的关键, 是商业化育种中赋予种子商品属性不可或缺的一环。种子加工、检验理论与技术的研究是完善种业产业链、实现规模化商业育种、夯实“育繁推一体化”种业科学的重要一环。中国的种业科学技术体系正在形成与完善之中, 受制于行业发展水平, 种子加工及检验理论与技术相对薄弱。本文回顾了种子加工及检验理论与技术研究发展历程, 提出了完善中国种业科学发展的策略与建议。围绕种业发展的需要, 在做好品种优质化繁育的基础上, 分析种子加工及检验理论与技术的新方向和新需求, 加强种业应用性研究, 建立先进的种子质量检验体系, 研制适合现代种业发展需求的种子加工设备, 打造种子加工产业化生产体系, 完善种业科学技术学科建设, 促进种业产业持续健康发展。

关键词: 种业; 种子加工; 种子检验; 种业产业链

中图分类号: S511.041

文献标识码: A

文章编号: 1001-7216(2019)05-0401-06

农业发展, 种业先行。种业作为农业的源头产业, 在农业生产上始终起着核心作用。种子加工和检验是赋予种子商品属性并使种子流向市场的环节, 是对种子从收获到播种前采取各种技术处理, 改变种子物理特性, 改进和提高种子品质, 获得具有高净度、高发芽率、高纯度和高活力的种子的过

程。当前, 我国种业产业链存在各环节衔接不紧密, “育繁推”相互脱节, 研发能力薄弱, 市场监管不力, 运转效率低等问题, 发展种子加工与检验理论与技术, 是完善种业科学体系, 构建完整种业产业链, 强化种业市场监管, 促进种业产业升级的关键。本文总结了种子加工及检验理论与技术研究发展

收稿日期: 2018-12-04; 修改稿收到日期: 2019-03-03。

基金项目: 国家重点研发计划资助项目(2017YFD0100300); 湖南省农业科技创新资金项目。

历程与现状,提出了完善中国种业科学发展的策略与建议。

1 种子加工与检验理论与技术研究的意义

种业科学是围绕“育繁推一体化”种业产业健康发展而形成的集群科学,涵盖了作物遗传育种、种子生产理论与技术、种子加工理论与技术、种子示范和营销等各个学科环节^[1]。作为一门科学,种业科学的发展应该符合种业市场的前瞻性需求。种业的产品是品种及其种子,作物遗传育种和种子生物学是其核心内涵,但不应该是种业科学的全部,涉及种子生产、种子加工、种子检验、种子经营等诸多环节均衡发展才能满足现代种业发展的市场化需求,实现现代种业的健康持续发展。我国是世界最大的农业生产国,也是最大的种子需求国之一,农作物种子市场规模呈稳步上升趋势。2000年开始的市场化改革使中国种业呈现井喷式发展,至2016年我国种子市场总规模约为840亿元,拥有6900多家持证种子企业,成为仅次于美国的全球第二大种子市场^[2-3]。与发达国家相比,我国种子产业起步较晚,市场还未成熟;与国际化大型种业公司相比,我国种业公司在育种研发、市场推广模式等方面有较大差距^[4-5];在国际市场中,中国种业市场份额处于弱势,不具有显著的比较优势,出口市场集中且品种类型单一,竞争力较弱^[6-8]。培育突破性的优良品种,建设优势种子生产基地,打造标准化的种子加工、检验技术体系,建立健全监管体系及法律法规,是提升我国种业市场竞争力的现实需求^[9]。国务院于2011年至2013年先后印发了《国务院关于加快推进现代农作物种业发展的意见》《全国现代农作物种业发展规划》《深化种业体制改革提高创新能力的意见》^[10-12],提出构建以产业为主导、企业为主体、“育繁推一体化”的现代农作物种业体系,全面提升中国农作物种业发展水平,构建商业化育种体系,加快推进现代种业发展,建设种业强国的指导性意见;同时也提出了实施新一轮种子工程的要求,包括建设商业化育种基地,购置先进的种子生产、加工、包装、检验和仓储、运输设备,改善工程化研究、品种试验和应用推广条件。

2 种子加工理论与技术现状

种子加工是保持种子活力、提升种子播种质量的一项重要措施,是提高种子商品化、促进种子市

场流通的基本技术手段。科学的种子加工技术能提高种子的播种品质,为农业增产打下良好基础,是种子产业发展的核心。现代农业加工种子具有以下几个方面的显著优点:第一,加工后的种子净度提高,种子质量明显提升,能减少播种量,降低农业生产成本,加工后的种子出苗整齐、苗多苗壮、分蘖多、成穗多,能显著提高农作物单位面积产量;第二,种子加工增加了种子贮藏的稳定性,延长了种子的贮藏期,保证了种子的正常商品流通,标准化包装提高了种子的商品性,可以有效防止假冒伪劣种子的流通与销售;第三,种子加工处理后,籽粒饱满,大小均匀,作物生长整齐,成熟期一致,有利于机械化播种和收获,提高劳动效率,同时种子经过加工,去掉大部分含病虫害的籽粒并包衣,使药剂缓慢释放,既减少化肥农药施用量,又使农药由开放式施用转向隐蔽式用药,利于环境保护。

种子加工是一套复杂的过程,其涉及的流程较繁琐,拥有特定的工序,包括种子清选、种子干燥、种子处理等。种子清选是种子加工的核心,其目的是按种子的物理特性除去种子中的夹杂物质,把发芽率高、种子活力旺盛的种子从不良种子及一般种子中分离出来,用以农业生产。目前,清选主要根据种子的外形尺寸、空气动力学特性、种子密度和种子表面特性进行,主要设备有风筛清选机、圆筒筛分级机、窝眼筒清选机、重力式清选机。种子干燥是种子安全储藏的重要前提,是利用一定的自然条件或机械设备,降低种子含水量的过程。干燥能防止升温后种子的变质,避免其内部结构被破坏,种子的活力下降导致死亡。干燥程序要求高效完成,在追求高效益的同时又要全力保全种子的生命力,不影响种子的发芽和播种后的成活。种子处理是指对种子进行加工处理,改良种子品质、提高适播性和增强苗期抗病虫害能力的种子加工方法。种子处理技术包括物理因素处理、化学物质处理和生物因素处理。处理的目的是包括防治病虫、刺激种子萌发、打破休眠、便于播种、提高活力等。目前常用的种子处理技术与设备有种子包衣与丸化、种子带、种子毯等。

世界农业发达地区,如北美、西欧等都非常重视种子加工业,在高水平种子加工机械与种子处理技术的支持下,商品种子的精加工率达到100%。种业的发展促进种子加工水平的进一步提高,形成了一大批世界著名的种子加工设备生产厂商。丹麦的Cimbria、Westrup公司,奥地利的Heid公司,

德国的 Petkus 公司, 法国的 Ceres 公司, 美国的 Crippen、Oliver、Gustafson、Carter-Day 公司等。这些生产种子加工设备的公司, 在种子的干燥、风选、比重清选、新型包衣机械、包装机械以及种子质量配套检测设备上具有很强的实力, 长期占据世界种子加工市场, 在世界种子加工业中占有重要的地位。我国的种子加工技术起步较晚, 20 世纪 60 年代以前, 种子加工一直沿用传统的手工工具, 80 年代中期种子加工成套设备才得以在大规模应用。30 多年来, 我国的种子加工业经历了从引进、仿制、消化、吸收到自行开发研制的艰难历程, 目前已经研制出一批适合我国国情的种子精选机械、烘干机械和种子加工成套设备, 产生了众多的种子加工机械设备生产厂商, 如甘肃酒泉奥凯种子机械有限公司、河北省种业集团种子机械有限公司、上海二纺机股份有限公司, 生产重力式分选机、窝眼滚筒清选机、圆筒筛分级机等各类种子加工机械设备。

3 种子检验理论与技术现状

种子检验是指应用先进的科学技术和标准方法对种子样品的质量进行正确的测定和分析, 判断种子质量的优劣, 评价其种用价值的一门科学技术。农业生产上要求种子具有优良的品种特性和优良的种子特性, 即具有优良的种子质量, 种子质量通常包括品种质量和播种质量两个方面。种子质量检验的作用主要体现在以下方面: 预防不合格种子在农业方面的流通与应用, 确保农作物种植达到相应的标准; 预防品种混杂退化与异作物混杂, 提高种子的使用寿命, 防止有害杂草对于种子的侵害, 实现农作物的增产与增收; 防止假冒伪劣种子流入市场, 保护国家与农民的利益。

当前, 我国采用的种子质量检验检测标准(GB/T8170、GB/T3543.2、GB/T3543.3、GB/T3543.4、GB/T3543.5、GB/T3543.6、GB/T3543.7)基于抽样技术的品种质量和播种质量检验, 即种子扦样后于实验室进行净度分析、发芽试验、真实性和品种纯度鉴定、水分测定、生活力的生化测定、重量测定、种子健康测定、包衣种子检验。国际种子协会(ISTA)收录了诸如 ATP 含量测定、酶活性的测定、葡萄糖代谢的测定、呼吸强度的测定、电导率法等种子质量检测方法。上述标准和方法可以在一定程度上检验种子质量, 但存在着测量工作量大、可重复性差、

测量周期长、受环境影响大、容易对种子造成损伤等缺点。随着现代农业的不断发展, 传统的种子检验方法已难以满足农业生产对种子检测快速、准确、无损的新要求。

随着农业科技的进步与融合, 相关学科的新兴技术不断地被探索性地应用到种子质量检验中。近红外光谱分析技术是一种高效快速的现代分析技术, 通过种子红外光谱吸收特性, 可以在一定程度上检测种子质量^[13-15]。种子活力与其在萌发过程中的耗氧量有关, 低活力的种子内细胞组织的呼吸活力弱, 在萌发过程中需要更长的呼吸时间, 所以耗氧量大。因此, 测定种子呼吸耗氧量, 能在一定程度上反映种子活力的强弱。从种子在萌发过程的氧气消耗曲线中可以获得许多信息来判断种子活力。荷兰 ASTEC 种子技术公司测量种子萌发过程中氧气的消耗量来表征种子活力^[16]。此外, 红外成像技术、激光散斑技术、图形处理、机器成像、超声波诊断技术在种子检测方面均有报道。与传统种子活力检测方法相比, 新的技术有速度快、效率高、成本低、测试重现性好、测量方便等特点。近年来, 我国种子检验技术也有了突飞猛进的发展, 一批新技术、新方法应用于种子检验并取得了一定成效, 但相对于作物遗传育种等学科而言, 种子检测还相对薄弱。当前我国种子检验标准大多采用形态学鉴定, 主观因素影响大, 鉴定方法多样, 因此造成鉴定结果重演性差, 在具体操作和执行上存在一定困难。建立准确可靠、重复性好、灵敏度高、低成本、简便快速的种子检验技术和检验方法, 克服重演性差的缺点, 使检验结果具有较好的可比性, 是种子检测标准化发展的方向。

4 种子检验及加工理论与技术发展的思考

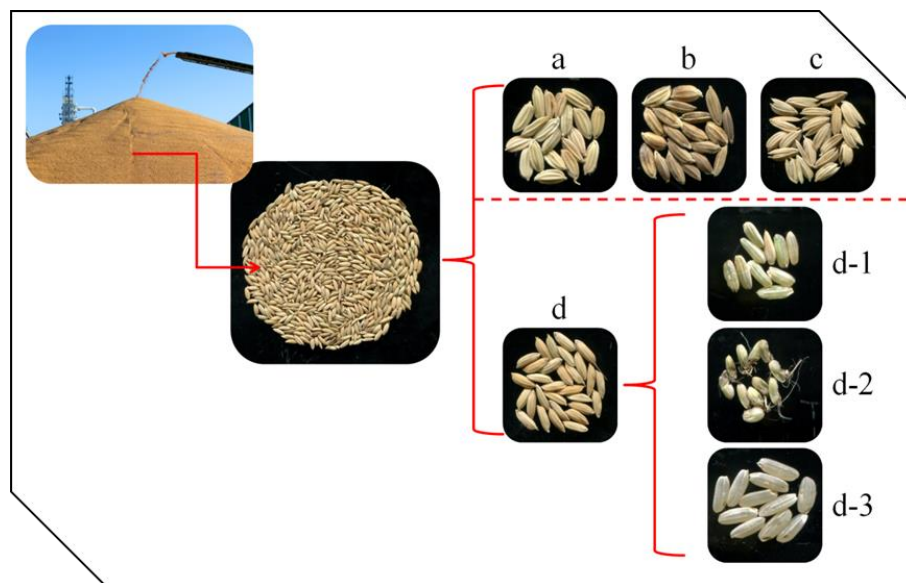
现代农业的一个特点是更好地利用耕地资源潜力、科学合理利用物资投入, 提高农作物产量和品质、降低生产成本、减少农业活动带来的污染。对农作物生长全过程的量化控制是实现现代农业的基础, 这就对作为农业的基础生产资料——种子提出了更高标准的质量要求。目前, 就种子质量标准而言, 我国农作物种子质量标准要求常规稻种子发芽率不低于 85%, 杂交稻种子发芽率不低于 80%^[17], 这一标准远低于种子行业发展水平, 难以满足现代农业发展需求, 低质量标准的种子造成了

生产浪费,田间管理难以实现精细化等问题。完善的种子加工与检验系统是农业产品迈向工业化的科学质量管理方法,是种子流向市场的最后质量屏障。我国种子加工与检验技术存在两方面的问题。就技术而言,现有的加工技术主要依据种子的物理特性进行分选,无法对种子内部成分变化导致质量下降的种子进行分选,而现有的检验技术及标准规程大多建立在种子的抽样检测基础上,多数检测存在检测慢、损伤种子等缺点;就种子质量管理体系而言,加工环节与检验环节相互独立,未能形成有机的结合,难以实现全面的种子质量评价与管理。

目前,种子质量评价主要是针对批量种子的质量描述,但在整个种子群体中,因为成熟度、养分、机械损伤、休眠程度、储藏环境等差异,每一粒种子活力水平、衰老程度不尽相同,现有种子分级加工系统往往很难将外观正常而活力下降的种子进行无损分级。以水稻种子分级加工为例(图1),现有的重力分选、圆筒筛分选等技术能将空壳种子、带病种子、裂颖种子加工分级,筛选出外观正常的种子,但对于发育不全种子、穗萌种子缺乏有效的分选手段。究其原因,现有的加工分级技术是将批量种子按照特定的标准分类,缺乏对每一粒种子性状的深入考查。同样,现有的基于抽样的检验技术也无法判断群体中每一粒种子的状态。因此,研究针对单粒种子的检验、加工与分选技术是进一步提

升种子质量的关键。同时,关于种子生物学基础研究的匮乏也是导致种子加工与检验技术难以适应现代农业发展趋势的一个重要原因^[18]。种业科学是开放包容的学科集合,吸收和消化其他学科的技术优势,与光学、声学、计算机科学等学科融合,是实现种子加工及检验的技术创新的另一个关键。

此外,我国的种业产业链还不够完善,处于种业产业链的上、中、下游各部分衔接还不够紧密。一种理想的种业产业链上游应以遗传育种为主的新材料与新品种创制,中游应该是种子生产、种子加工、种子检验构成的核心环节,下游则是种子营销、相关的法律法规管理(图2)。种子检验、加工理论与技术的研究是完善种业产业链、实现规模化商业育种、夯实“育繁推一体化”种业科学的基础。种子检验及加工必须与遗传育种及种子生物学有机结合,建立对作物种子生命过程的完整清晰的认知,才能为种子的检验和加工提供科学的理论技术,最终实现对单粒种子的无损加工、检验与筛选,构建完整的种业产业链。加强种业应用性研究,建立先进的种子质量检验体系,研制适合现代种业发展需求的种子加工设备,打造种子加工产业标准化生产体系,完善种业科学技术学科类群,实现种业产业链的科学管理,是实现由传统育种向商业化育种转变的切实保障,是促进种业产业持续健康发展必由之路。



a-空壳种子; b-带病种子; c-裂颖种子; d-外表正常种子; d-1-发育不全种子; d-2-穗萌种子; d-3-优质种子。

a, Unfilled seeds; b, Diseased seeds; c, Glume-opening seeds; d, Seeds with normal appearance; d-1, Ateliosis seeds; d-2, Panicle-germinated seeds; d-3, High quality seeds.

图1 水稻种子质量分级

Fig. 1. Schematic diagram of rice seed quality grading.

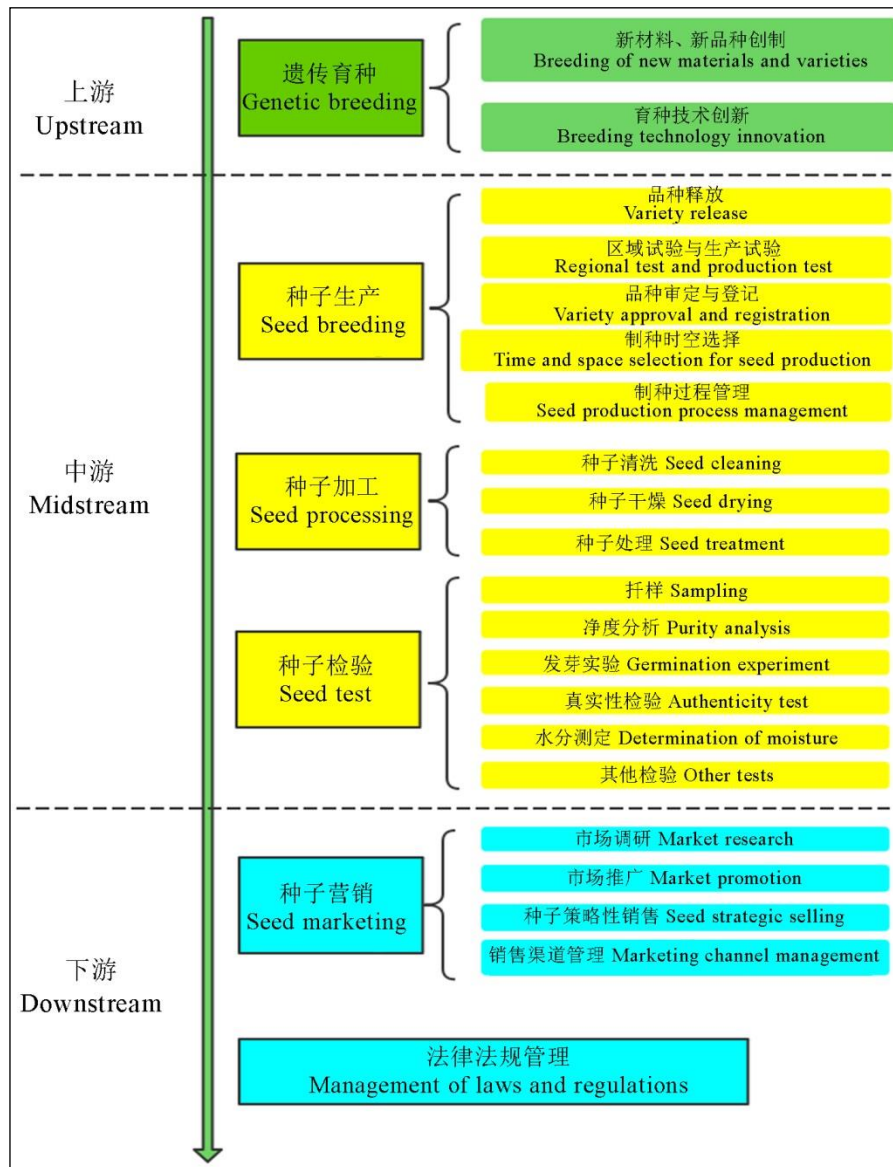


图 2 一种完整种业产业链的构想

Fig. 2. Conception of a complete seed industry chain.

参考文献:

[1] 盖钧镒, 刘康, 赵晋铭. 中国作物种业科学技术发展的评述. 中国农业科学, 2015, 48(17): 3303-3315.
Gai J Y, Liu K, Zhao J M. A review on advances in science and technology in Chinese seed industry. *Sci Agric Sin*, 2015, 48(17): 3303-3315. (in Chinese with English abstract)

[2] 农业部种子管理局, 全国农业技术推广服务中心, 农业部科技发展中心. 中国种业发展报告(2017年). 北京: 中国农业出版社, 2017: 65-75.
Seed Administration of the Ministry of Agriculture, National Agricultural Technology Extension Service Center, Science and technology development center of Ministry of Agriculture, Agricultural Information Institute of CAAS. China Seed Industry Big Data Platform. (2018-06-30) [2018-11-10]. <http://202.27.42.145>

Ministry of Agriculture. China Seed Industry Development Report (2017). Beijing: China Agriculture Press, 2017: 65-75.

[3] 农业部种子管理局, 全国农业技术推广服务中心, 农业部科技发展中心, 中国农业科学院信息研究所. 中国种业大数据平台. (2018-06-30) [2018-11-10]. <http://202.27.42.145>
Seed Administration of the Ministry of Agriculture, National Agricultural Technology Extension Service Center, Science and technology development center of Ministry of Agriculture, Agricultural Information Institute of CAAS. China Seed Industry Big Data Platform. (2018-06-30) [2018-11-10]. <http://202.27.42.145>.

[4] 贾镭宇, 高猛. 我国种业上市公司资本结构对经营绩

- 效的影响. 农村经济与科技, 2018, 29(16): 117-118.
- Jia R Y, Gao M. The impact of capital structure on operating performance of China's seed industry listed companies. *Rural Econ Science-Technol*, 2018, 29(16): 117-118. (in Chinese with English abstract)
- [5] 吕小明, 罗凯世, 赵威, 解小平. 2017年我国种业资本市场回顾. 中国种业, 2018(9): 1-2.
- Lv X M, Luo K S, Zhao W, Xie X P. Review of China's seed industry capital market in 2017. *China Seed Indus*, 2018(9): 1-2. (in Chinese with English abstract)
- [6] 华树春. 跨国种业公司开拓中国市场策略研究. 农业经济问题, 2018(4): 131-140.
- Hua S C. Research on the strategy of excavating the Chinese market by multinational seed company. *Issues Agric Econ*, 2018(4): 131-140. (in Chinese with English abstract)
- [7] 陈永红, 周云龙, 吕长文. 中国种业企业竞争力现状与特点. 浙江农业科学, 2018, 59(7): 1077-1081.
- Chen Y H, Zhou Y L, Lu C W. Competitiveness and characteristics of Chinese seed industry enterprises. *J Zhejiang Agric Sci*, 2018, 59(7): 1077-1081. (in Chinese with English abstract)
- [8] 王磊, 刘丽军, 宋敏. 基于种业市场份额的中国种业国际竞争力分析. 中国农业科学, 2014, 47(4): 796-805.
- Wang L, Liu L J, Song M. Analysis of international competitive ability of seed industry in China based on the market share. *Sci Agric Sin*, 2014, 47(4): 796-805. (in Chinese with English abstract)
- [9] 全国人民代表大会. 中华人民共和国种子法. 北京. 法律出版社, 2015.
- Delegates to the National People's Congress. Seed Law of the People's Republic of China. Beijing: Law Press, 2015.
- [10] 中华人民共和国国务院. 国务院关于加快推进现代农作物种业发展的意见. 中华人民共和国国务院公报, 2011, 12: 6-9.
- The State Council. The state council on accelerating the development of modern crop seed industry. *State Council Bull PRC*, 2011, 12: 6-9. (in Chinese)
- [11] 国务院办公厅. 全国现代农作物种业发展规划(2012-2020年). (国办发[2012]59号).
- The State Council Office. The developmental programs of modern crop seed industry in China (2012-2021). No. (2012) 59. (in Chinese)
- [12] 国务院办公厅. 深化种业体制改革提高创新能力的意见. (国办发(2013)109号).
- The State Council Office. Guidelines on structure reform of crop seed industry for the enhancement of technical innovation. No. (2013)109. (in Chinese)
- [13] Choudhary R, Mahesh S, Paliwal J, Jayas D S. Identification of wheat classes using wavelet features from near infrared hyperspectral images of bulk samples. *Biosyst Engin*, 2009, 102(2): 115-127.
- [14] Wallays C, Missotten B, Baerdemaek R J, Saeys W. Hyperspectral waveband selection for on-line measurement of grain cleanness. *Biosyst Engin*, 2009, 104(1): 1-7.
- [15] 黄敏, 朱晓, 朱启兵, 冯朝丽. 基于高光谱图像的玉米种子特征提取与识别. 光子学报, 2012, 41(7): 868-873.
- Huang M, Zhu X, Zhu Q B, Feng C L. Morphological characteristics of maize seed extraction and identification based on the hyperspectral image. *Acta Photonica Sin*, 2012, 41(7): 868-873. (in Chinese with English abstract)
- [16] 陈能卓, 赵光武, 钟泰林. 氧传感技术在板栗种子活力检测中的应用. 果树学报, 2018, 35(1): 74-81.
- Chen N F, Zhao G W, Zhong T L. Application of oxygen sensing technology in seed vigor testing of *Castanea mollissima*. *J Fruit Sci*, 2018, 35(1): 74-81. (in Chinese with English abstract)
- [17] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局、中国国家标准化管理委员会. 粮食作物种子: 第1部分. 禾谷类GB 4404. 1-2008. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China; China National Standardization Management Committee. Grain Crop Seeds: Part 1. Cereals. GB 4404. 1-2008. Beijing: China Standards Press, 2008.
- [18] 符德保, 李燕, 肖景华, 张启发, 吴昌银. 中国水稻基因组学研究历史及现状. 生命科学, 2016, 28(10): 1113-1121.
- Fu D B, Li Y, Xiao J H, Zhang Q F, Wu C Y. The history and current status of rice genomics research in China. *Chin Bull Life Sci*, 2016, 28(10): 1113-1121. (in Chinese with English abstract)