

我国特用玉米生产现状与发展对策

韩伟¹, 吕莹莹², 张萌², 沈丹丹², 李特², 张恩盈^{2*} (1. 山东省农业技术推广总站, 山东济南 250100; 2. 青岛农业大学农学与植保学院/青岛市主要农作物物质创新与应用重点实验室, 山东青岛 266109)

摘要 特用玉米是一类具有专用性、优质性、高效性特点的玉米类型。特用玉米产业化发展对调整玉米种植结构具有重要意义。就特用玉米国内外的生产现状、特性和经济价值以及发展特用玉米的前景进行了阐述, 并对我国特用玉米的产业化发展提出对策, 以期在今后特用玉米的发展提供依据。

关键词 特用玉米; 产业化; 发展对策
中图分类号 S513 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2017)28-0039-03

Production Situation and Development Strategies of Specific Usage Maize in China
HAN Wei¹, LÜ Ying-ying², ZHANG Meng², ZHANG En-ying^{2*} et al (1. Shandong Agricultural Technology Extending Station, Jinan, Shandong 250100; 2. School of Agronomy and Plant Protection, Qingdao Agricultural University, Qingdao Key Laboratory of Main Crop Germplasm Innovation and Application, Qingdao, Shandong 266109)

Abstract Specific usage maize is a special class of maize with characteristics such as dedicated, high-quality and high efficiency. Its industrialization exploitation plays a role for our country agriculture structure adjustment. This paper focused on describing production situation, characteristics, economic value and development prospect of the specific usage maize. The relevant strategies on industrialization exploitation were put forward to provide reference for future specific usage maize.

Key words Specific usage maize; Industrial structure; Development strategies

2015 年中央一号文件提出“粮改饲”压缩玉米种植面积, 改种饲料作物。2016 年 4 月 28 日, 农业部发布《关于全国种植业结构调整规划(2016—2020 年)》(简称《规划》), 明确指出“调减籽粒玉米, 扩大青贮玉米, 适当发展鲜食玉米”, 力争 2020 年全国调减籽粒玉米 333.3 万 hm^2 。2017 年中央一号文件中提到“坚定推进玉米市场定价、价补分离改革”“采取综合措施促进过腹转化、加工转化, 多渠道拓展消费需求, 加快消化玉米等库存”。基本延续了 2016 年的政策, 2016 年籽粒玉米播种面积下降 200.0 万 hm^2 , 政策的改变给特用玉米提供了机遇。加快发展特用玉米, 增加食物种类, 改善饮食结构, 促进农产品向商品化、产业化、优质、高效方面发展, 对加快农业种植业结构调整具有重要的意义。

1 特用玉米的发展概况

“特用玉米”最早出现在“七五”期间^[1], 是指与普通玉米相比具有特殊用途的专用玉米。世界著名的玉米专家 R. Hallauer 博士将这些玉米称为“Specialty corn”, 我国著名的遗传学家和玉米育种学家李竞雄先生将其译为“特种玉米”^[2-4]。特用玉米由于其特殊的用途及利用价值, 在农业经济中发挥着重要作用。早在 20 世纪初, 美国开始研究特用玉米, 我国于 20 世纪中后期开始, 但进展迅速。随着玉米多元化利用的深入发展, 新的特用玉米类型不断涌现, 我国特用玉米的生产进入新的发展阶段^[5]。

我国具有丰富特用玉米资源, 与欧美国家相比, 研究工作起步较晚, 多年来各地特别是偏远山区零星种植的一些农

家种或地方品种, 直到 20 世纪 50 年代才开始甜糯玉米的育种工作^[6]。由于受我国人民的生活水平、经济基础和种植业结构等影响, 重视籽粒型玉米的生产, 而特用玉米的发展缓慢, 推广面积小, 相关的加工企业少, 生产效率低, 产业化开发程度不高, 商业化生产的格局没有形成。在育种技术、栽培措施和深加工利用方面, 与发达国家相比都存在较大差距^[7]。

特用玉米由于其独特的营养成分及多用途的利用价值, 将对促进玉米多元化利用、进一步调整种植业结构、发展农业经济起到积极的推动作用, 在农业生产及人们生活中发挥着不同的作用。特用玉米具有专用性、优质性、高效性等特点, 据其营养构成及利用价值特点可分为鲜食兼加工型、工业加工型、青饲青贮型和爆米花专用型共 4 种类型。

1.1 鲜食兼加工型 鲜食玉米指乳熟后期和蜡熟初期收获, 以鲜食为主要用途的专用玉米类型。其风味独特, 营养丰富, 具有较高的经济价值, 与普通玉米相比, 鲜食玉米生长期短, 鲜穗收获后可做青贮饲料, 附加值高, 能满足不同种植业结构的需要, 种植效益高。随着我国人民生活水平不断提高, 鲜食玉米需求急剧增加, 同时也对食用品质提出了更高的要求。甜、糯玉米含糖量高, 适口性好, 风味独特, 富含赖氨酸等人体所必需的多种营养成分, 倍受消费者的青睐^[8]。目前, 全国鲜食玉米种植面积超过 133 万 hm^2 , 鲜食玉米生产和消费量列全球第一。因此, 大力开展鲜食甜糯玉米选育和开发推广, 对于进一步推进我国甜糯玉米产业发展、提高种植效益、改善膳食结构、调整种植业结构具有重要意义。

1.1.1 糯玉米。糯玉米起源于我国的西南地区, 受第 9 号染色体上的隐性糯质基因 *wxwx* 控制, 糯玉米籽粒胚乳中的淀粉几乎全部为支链淀粉, 食用消化率高。籽粒中的蛋白质、氨基酸含量均高于普通玉米, 其中赖氨酸比普通玉米高 30%~60%^[9]。糯玉米鲜食甜黏清香, 具有独特口感和风

基金项目 山东省科技发展计划项目(2014GNC110005); 青岛农业大学高层次人才启动资金项目(631427)。

作者简介 韩伟(1977—), 男, 山东青岛人, 副研究员, 博士, 从事玉米栽培技术研究。* 通讯作者, 副教授, 硕士生导师, 从事玉米育种研究。

收稿日期 2017-07-26

味,还可用于速冻加工、制作罐头,深受广大消费者喜爱和青睐^[10-11]。20 世纪 80 年代,烟台市农业科学院率先育成我国第 1 个糯玉米杂交种烟单 5 号,比地方农家品种增产 50% 以上^[12]。糯玉米品种选育的成功也推动了糯玉米生产和加工的发展,目前我国育成的杂交种上百个,其中京科糯、苏糯、中糯和垦粘系列杂交种推广面积较大,并逐年增加。

美国糯玉米杂交种选育工作开展较早,栽培技术水平高,推广种植面积每年约 53 万 hm^2 ,其中 70% 以上用于淀粉加工,美国糯玉米淀粉年生产量在 160 万 ~ 200 万 t,利用糯玉米支链淀粉制作的食品有 400 余种。随支链淀粉用途的不断扩大,加拿大、欧洲等地糯玉米种植面积也在稳步增加^[13-14]。进入 21 世纪以来,随着我国优良糯玉米种质资源的搜集、创新及一批优良糯玉米品种的选育和开发推广,糯玉米产业得到快速发展。糯玉米种植面积由 21 世纪初的 3.3 万 hm^2 增长至目前约 40.0 万 hm^2 ,特别是优良糯玉米品种京科糯 2000,实现了我国糯玉米高产与优质的结合,极大提升了我国糯玉米品种育种水平,促进了糯玉米产业发展。

1.1.2 甜玉米。甜玉米是玉米属中的一个甜质玉米亚种,原产于美洲,胚乳是受一个或几个隐性基因控制的突变体,目前发现的隐性基因有 *su1*、*su2*、*sh1*、*sh2* 和 *bt1* 等^[15]。甜玉米是集蔬菜、水果、饲料于一身的专用玉米,营养价值高,易被消化吸收,主要用于鲜食、罐头和速冻加工等方面。根据控制基因的不同,可将玉米分为普甜玉米、超甜玉米和加强甜玉米 3 种类型。

甜玉米又称为“蔬菜玉米”,籽粒淀粉几乎全是角质型,含糖量高,达 15% ~ 18%,胚较大,含有 30% 以上的蛋白质及多种维生素和多种矿物质。甜玉米具有甜、脆、嫩、香等特点,是集蔬菜、水果、饲料于一体的专用玉米,其独特的风味及多样化的加工产品深得消费者青睐。世界上第 1 个甜玉米杂交种由美国在 20 世纪 20 年代育出,我国甜玉米研究始于 20 世纪 60 年代,我国第 1 个甜玉米品种是 1968 年选育的白砂糖,但由于历史原因未能推广,70 年代后期,我国的科研院所相继开展甜玉米研究工作,先后选育出农梅 1 号、金穗 1 号、甜玉 2 号、甜玉 4 号、甜玉 6 号、黄甜 104、科甜 111、甜单 1 号、甜单 2 号、甜单 3 号、普甜 25、普甜 1 号、苏甜 8 号、甜 16、甜单 8 号和超甜 15 等系列甜玉米杂交种^[16]。进入 21 世纪,我国开展了甜玉米育种攻关工作,并在国家玉米品种区域试验中设置了甜玉米组,制定了主要的经济、技术指标标准和品种审定制度,为甜玉米品种的选育指明了方向。近年来,我国甜玉米育种迅速发展,参试和审定品种数量逐年增多,所审定的品种产量较高,品质较优,抗逆性较强,适应性较广,为我国甜玉米的发展及产业化开发推广奠定了坚实的基础。

1.1.3 笋玉米。笋玉米也称珍珠笋,是指以采收幼嫩果穗为目的的特用玉米类型,幼穗长 7 ~ 10 cm,粗 1.0 ~ 1.5 cm,味道清甜,富含氨基酸、糖、维生素、磷脂和矿质元素。目前主要用于爆炒鲜笋、腌制泡菜、制作罐头,是宴席上的名贵佳肴^[17-18]。笋玉米主要分为 3 类:一是专用型笋玉米,即一株

多穗的专用笋玉米品种。二是粮笋兼用型笋玉米,即多穗型的普通玉米品种,将每株能正常成熟的果穗留作生产籽粒,不能正常成熟果穗作玉米笋。三是甜笋兼用型笋玉米。在甜玉米中,每株上正常发育大穗作甜玉米,不能正常发育的幼嫩果穗用作玉米笋。目前,山东省推广的笋玉米品种主要有甜笋 101、冀特 3 号、石多 3 号。

1.2 加工专用型 加工专用型玉米主要包括高油玉米、优质蛋白玉米和高淀粉玉米 3 种特用类型,是食品、养殖、医药、造纸、化学、纺织、能源等行业主要物质原料,是大量而广泛应用的农产品资源。

1.2.1 高油玉米。高油玉米是指籽粒中含油量高达 7% 以上的特用玉米类型。玉米油主要由不饱和脂肪酸——亚油酸组成,它营养成分高,易被吸收,具有增强人体免疫力、降低血管中胆固醇、防止血管动脉硬化、增强肌肉和心血管机能等功能,是理想的食用植物油和保健油^[19]。此外,籽粒中蛋白质、赖氨酸、类胡萝卜素、维生素等物质含量也较高,可以做优质饲料;还是肥皂、油漆、润滑油等工业产品的重要原料,可制造清洁剂、表面涂料、塑料等^[20]。

美国从 1896 年开始进行高油玉米的选育工作,先后育出了一批高含油量、高产、抗逆的高油玉米新品种,在生产中大面积推广。1989 年美国杜帮公司联合其他公司,购买了全部种质资源的产权,形成了高油玉米育、繁、推一体的大型企业,加快了高油玉米的产业化开发推广。有人预测,美国高油玉米将发展到 1 000 万 hm^2 ,占全国玉米面积 1/3 左右。

20 世纪 70 年代,我国开始高油玉米的研究,到 20 世纪 80 年代中期先后育成一批高油玉米杂交种。但人们对高油玉米的经济价值和玉米油的营养价值认识不足,限制了高油玉米的开发推广。目前,随着人们消费观念的转变,玉米油的需求量将会不断增加,高油玉米的生产将进入快速发展阶段^[21]。目前,山东省推广的高油玉米主要是油饲兼用型玉米品种,如高油 115。

1.2.2 优质蛋白玉米。优质蛋白玉米又称高赖氨酸玉米,是指玉米籽粒中赖氨酸含量在 0.4% 以上的特用玉米类型。由于籽粒中赖氨酸的含量和蛋白质的营养价值高,其鲜穗可青食,籽粒可加工优质蛋白粉和其他食品以及畜禽的饲料,因此,优质蛋白玉米具有较高的应用价值和经济效益^[22]。主要表现在 2 个方面:一是优质蛋白玉米籽粒富含赖氨酸和色氨酸,作为营养食品对人体有益;二是作为畜禽饲料,优质蛋白玉米具有营养价值高、经济效益高的特点。我国优质蛋白玉米的研究起步于 20 世纪 70 年代,目前我国已有几十个科研院所开展优质蛋白玉米育种工作,并取得了较大突破,一批高赖氨酸玉米杂交种逐渐在生产中推广。

1.2.3 高淀粉玉米。高淀粉玉米是指籽粒淀粉含量达 72% 以上的特用玉米类型。可广泛用于食品、医药、造纸、化学、纺织、能源等领域,有 500 多种工业制品以玉米淀粉为原料。因此,发展高淀粉玉米,可为淀粉工业提供高质量、纯度好的淀粉,获得较高的经济效益^[23]。

高直链淀粉玉米是直链淀粉含量占淀粉总含量在 50%

以上的玉米类型。用高直链淀粉取代聚苯乙烯生产可降解塑料,可用于包装业和农膜加工工业。高直链淀粉玉米在我国还没有进行系统研究,工业所需的直链淀粉主要依靠进口,价格昂贵,因此高直链淀粉玉米的选育工作迫在眉睫。

1.3 青贮玉米 青贮玉米是指在不同生育阶段采收玉米茎叶和果穗作青贮饲料或采收乳熟期至蜡熟期的整株玉米,经加工贮藏后作为饲料。青贮玉米的品质,国际上通常采用洗涤剂对纤维的营养价值进行评价,具体标准是:干物质含量 30%~40%,干物质产量 2 500 kg/hm²,粗蛋白含量大于 7.0%,淀粉含量大于 28%,中性洗涤剂纤维含量小于 45%,酸性洗涤剂纤维含量小于 22%,木质素含量 3.0%,离体消化力大于 78%,细胞壁消化力大于 49%^[24-26],此外,还要求牲畜适口性好,消化率高。研究表明,利用青贮玉米作为牛的饲料,消化率可以达 60%~70%。在相同精料的条件下,肉料比可由干料的 1.0:5.5 降到 1.0:3.0,节省饲料近 50%^[27]。因此,青贮玉米是养牛业良好的饲料。

近几十年来,青贮玉米在欧美等农牧发达国家广泛种植,种植面积占玉米种植总面积的 30%~40%。如近几年美国青贮玉米种植面积约 29.3 万 hm²,德国 60 万 hm²,意大利 30 万 hm²^[28]。而我国青贮玉米则处于发展初期,20 世纪 80 年代前我国没有青贮玉米品种,生产上大都用籽粒品种作青贮玉米,几十年来我国培育出一批优良的青贮玉米品种,将对促进畜牧养殖业发展发挥重要的作用。同时,国家农业结构调整的相关政策也为发展青贮玉米提供了良好机遇,将加大财政支持力度,将“粮改饲”试点范围扩大到了整个“镰刀弯”地区和黄淮海玉米主产区,试点县从 30 个增加到 100 个,到 2020 年,青贮玉米面积预计将达到 167 万 hm²。

1.4 爆裂玉米 爆裂型玉米俗称爆花玉米,是以制作爆米花为主要用途的特用玉米类型。爆裂型玉米果穗和籽粒均较普通玉米小,籽粒几乎全为角质胚乳所组成,具有高温膨胀破裂性的特性^[29]。爆裂玉米籽粒的蛋白质、淀粉、纤维素、无机盐和多种维生素等成分含量高,做成的爆米花不但营养成分高,而且美味可口,是一种老少皆宜的低能量的休闲食品^[30]。我国爆裂型玉米育种研究起步较晚,由于加工、市场及种植效益等各方面因素的影响,目前我国爆裂玉米研究还有待进一步深入。到目前为止,全国代表品种有中国农业科学院的黄玫瑰、黄金花,沈阳农业大学的沈爆一号、沈爆二号等^[31]。

2 特用玉米的发展对策与趋势

2.1 国家种植业结构调整为特用玉米产业的发展提供机遇 我国农村人口众多,人均耕地资源较少,农村发展滞后,农民收入增长缓慢,农村发展形势严峻。我国政府高瞻远瞩,于 2015 年开始实施了一系列的种植业结构调整政策,在保证粮食供给的前提下,适当调减粮食生产,相应增加经济作物的生产。大力开发特用玉米,既可充分利用土地资源,提高经济效益,也可增加食物种类,改善人民的饮食结构,促进农产品向商品化、产业化和高品质、高效益方向发展,增加附加值,创造更多的利润,这是我国经济发展的必然趋势,对

加快农业产业化进程具有重要的意义。

2.2 我国巨大的消费群体为特用玉米开发提供广阔的市场 随着人们生活水平的不断提高和膳食结构的改善,对食品的要求越来越高。特用玉米以其独特的营养成分及多元化的利用价值,逐渐为人们所接受,市场对特用玉米的需求逐年扩大。以甜、糯玉米为鲜食和罐头原料,以高淀粉玉米为工业原料,以青贮玉米作为畜牧养殖业的饲料等市场前景十分广阔^[32]。有专家预测,随着经济的发展和国家政策的引导,在未来 10 年中,我国的特用玉米面积发展到 267 万~333 万 hm²,占玉米总面积的 10%。

2.3 科研力度的加强为特用玉米的发展提供技术保障 特用玉米品种及其配套的栽培技术是产业化开发推广的物质基础,虽然我国对特用玉米研究利用工作起步较晚。但政府适时给予政策和资金支持,加强特用新品种的选育,筛选适合我国不同地区种植的特用玉米新品种并构建配套的高产栽培技术体系,在专业技术人员的指导下,进行产业化开发推广。根据各区域的土地、气候、栽培技术等特点,制定发展规划,筛选优良新品种,科学耕作制度,提高复种指数^[33],实现玉米生产以夏收为主的一年一熟向春、夏、秋一年三熟甚至多熟的耕作制度转变,采用良种良法配套,才能充分发挥品种的优良特性,产生更大经济效益,积极引导农民走“粮、经、饲”“种、养、加”相结合的特用玉米发展道路^[34-35]。

2.4 适应市场需求,走生产、加工和销售的产业化发展之路 发展特用玉米,做好市场调研,把握市场变化的新形势,进行多行业间的分工与合作,建立“以企业为龙头,龙头建基地,基地带农户,产加销一条龙的特用玉米产业化”体系,形成科研—企业—农户产业链。走特用玉米的有序生产和良性循环发展之路,实现产业化、规模化、商品化,提高特用玉米的高附加值,使生产者、经营者和加工者共同受益。通过机制创新,在一批能适应不同加工用途的高产、优质、专用化品种育成后,构建适合各品种的技术规程,严格控制特用玉米的生产技术环节,继而进行深加工,通过延伸加工链,把玉米原料直接转化成市场畅销商品,产生高附加值,研究开发不同类型的深加工系列产品,走育、繁、推、加、销一体化的路子^[36],加快特用玉米产业化建设步伐。

总之,玉米是我国重要的粮食作物、饲料和工业原料。随着国民经济的发展和人民膳食结构的调整,普通玉米已不能满足人民的需求,作为高品质、多种类和多用途的特用玉米,将对促进玉米多元化利用、进一步改善农业经济起到积极的推动作用。

参考文献

- [1] 史振声. 对我国专用特用玉米科研与产业开发问题的思考[J]. 玉米科学, 2004, 12(3): 111-112, 115.
- [2] 李竞雄. 美国玉米种质基础[J]. 国外农业科技, 1982(4): 1-7.
- [3] 石德权, 郭庆法. 食用玉米研究进展[M]. 济南: 山东科技出版社, 2001.
- [4] 佟屏亚, 罗振峰, 矫树凯. 现代玉米生产[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1998.
- [5] 佟屏亚. 中国玉米科技史[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 2000.
- [6] 李登海, 柳京国, 杨今胜. 鲜食特用玉米生产形势分析及发展对策建议[J]. 莱阳农学院学报 2004, 21(1): 40-44.

(下转第 77 页)

弧菌,从而促使这2种弧菌在反复接触这些抗生素后逐步形成抵御抗生素作用的能力,产生对多种抗生素不同程度的抗性,形成了这种多药耐受局面^[10,12]。此外,细菌间耐药质粒的水平迁移也有可能加剧水产品中副溶血弧菌和溶藻弧菌的多重耐药情况。耐药质粒可以通过接合、转导等途径在弧菌之间传播,使敏感菌株获得耐药基因,从而产生抗生素抗性,实现弧菌耐药性的传播^[17]。

参考文献

[1] 李国,闫茂仓,常维山,等. 我国海水养殖贝类弧菌病研究进展[J]. 浙江海洋学院学报(自然科学版),2008,27(3):327-334.

[2] SU Y C, LIU C C. *Vibrio parahaemolyticus*: A concern of seafood safety [J]. Food microbiology, 2007, 24(6): 549-558.

[3] LOPATEK M, WIECZOREK K, OSEK J. *Vibrio parahaemolyticus*: Potential threat to consumer health [J]. Medycyna weterynaryjna, 2011, 67 (12): 808-813.

[4] WU Y N, WEN J, MA Y, et al. Epidemiology of foodborne disease outbreaks caused by *Vibrio parahaemolyticus*, China, 2003-2008 [J]. Food control, 2014, 46: 197-202.

[5] 徐君飞,张居作. 2001-2010年中国食源性疾病暴发情况分析[J]. 中国农学通报, 2012, 28(27): 313-316.

[6] LIU C H, CHEN J C. Effect of ammonia on the immune response of white shrimp *Litopenaeus vannamei* and its susceptibility to *Vibrio alginolyticus* [J]. Fish & shellfish immunology, 2004, 16(3): 321-334.

[7] SCHMIDT U, CHMEL H, COBBS C. *Vibrio alginolyticus* infections in humans [J]. Journal of clinical microbiology, 1979, 10(5): 666-668.

[8] LI X C, XIANG Z Y, XU X M, et al. Endophthalmitis caused by *Vibrio alginolyticus* [J]. Journal of clinical microbiology, 2009, 47(10): 3379-3381.

[9] SALISBURY J G, NICHOLLS T J, LAMMERDING A M, et al. A risk analysis framework for the long-term management of antibiotic resistance in food-producing animals [J]. International journal of antimicrobial agents, 2002, 20(3): 153-164.

[10] 郭国强. 水产养殖病害防治中的抗药性及其对策[J]. 中国水产, 2005(5): 52-55.

[11] 陈杖榴, 刘健华. 食品动物源细菌耐药性与公共卫生[J]. 中兽医医药杂志, 2008(1): 23-24.

[12] 李国烈, 李林桂, 房文红. 水产动物源细菌耐药性与预防控制[J]. 渔业信息与战略, 2012, 27(4): 316-320.

[13] Clinical and Laboratory Standards Institute. M100-S20 Performance standards for antimicrobial susceptibility testing: Nineteenth informational supplement [S]. Wayne, PA: CLSI, 2010.

[14] OH E G, SON K T, YU H, et al. Antimicrobial resistance of *Vibrio parahaemolyticus* and *Vibrio alginolyticus* strains isolated from farmed fish in Korea from 2005 through 2007 [J]. Journal of food protection, 2011, 74(3): 380-386.

[15] 胡珑玉, 李喜斌, 贾玲华. 海水中溶藻弧菌的分离、鉴定及其耐药性分析[J]. 食品工业科技, 2013, 34(16): 195-199.

[16] 吴蓓蓓, 俞盈, 金培婕, 等. 宁波地区海产品及环境中副溶血弧菌主要毒力及耐药性分析[J]. 中国人兽共患病学报, 2011, 27(5): 381-385.

[17] 王瑞旋, 耿玉静, 王江勇, 等. 水产致病菌耐药基因的研究[J]. 海洋环境科学, 2012, 31(3): 323-328.



(上接第41页)

[7] 罗红兵, 黄璜. 中国特用玉米研究概述[J]. 湖南农业科学, 2001(6): 24-26.

[8] 王桂跃, 赵福成, 谭和平, 等. 浙江省鲜食玉米产业现状及主要种植模式[J]. 浙江农业科学, 2015, 56(10): 1553-1556.

[9] HU Q P, XU J G. Profiles of carotenoids, anthocyanins, phenolics and antioxidant activity of selected color waxy corn gains during maturation [J]. Journal of agriculture and food chemistry, 2011, 59(5): 2026-2033.

[10] HARAKOTR B, SURIHARN B, TANGWONGCHAI R, et al. Anthocyanin, phenolics and antioxidant activity changes in purple waxy corn as affected by traditional cooking [J]. Food chemistry, 2014, 164(3): 510-517.

[11] PARK K J, SA K J, KOH H J, et al. QTL analysis for eating quality-related traits in an F_{2:3} population derived from waxy corn × sweet corn cross [J]. Breeding science, 2013, 63(3): 325-332.

[12] 何世界, 陈斌, 李慧龙. 浅谈鲜食玉米的产业化发展[J]. 种子科技, 2007, 25(1): 29-30.

[13] 中国国家统计局. 中国统计年鉴 2015[M]. 北京: 中国国家统计局出版社, 2015.

[14] LV Z W, HU X M. Production of biotechnology fulvic acid from fermented corn straw by microbial community LCM9 and its application effect [J]. Agricultural science & technology, 2010, 11(9/10): 14-16.

[15] 李艳艳, 唐海涛, 张彪, 等. 我国鲜食甜糯玉米产业现状及前景分析[J]. 农业与技术, 2014, 34(4): 219-221.

[16] SONG J F, LIU C Q, LI D J, et al. Effect of cooking methods on total phenolic and carotenoid amounts and DPPH radical scavenging activity of fresh and frozen sweet corn (*Zea mays*) kernels [J]. Czech journal of food science, 2013, 31(6): 607-612.

[17] 史振声, 李凤海, 王志斌, 等. 我国鲜食型玉米科研与产业开发的现状和问题[J]. 玉米科学, 2002, 10(S1): 93-96.

[18] 王小强, 李占林, 武建凯, 等. 我国特用玉米生产利用现状及发展趋势[J]. 园艺与种苗, 2012(10): 58-61.

[19] SCHAFFER J, WAGNER S, TRIERWEILER B, et al. Characterization of cell wall components and their modifications during postharvest storage of *Asparagus officinalis* L. Storage-related changes in dietary fiber composition [J]. Journal of agricultural and food chemistry, 2016, 64(2): 478-486.

[20] 王宁强, 胡强, 王军利, 等. 高油玉米的利用价值研究现状及发展对策[J]. 中国农学通报, 2004, 20(5): 137-138, 169.

[21] 孙玲, 侯长国, 姜岩. 大力发展高油玉米 促进农业产业化[J]. 作物杂志, 2001(2): 4-6.

[22] 李本逊, 吴渝生. 关于我国发展适于深加工优质专用玉米的思考[J]. 云南农业大学学报, 2002, 17(3): 291-293, 296.

[23] RAHMAN N A, ROSLI W I W. Nutritional compositions and antioxidative capacity of the silk obtained from immature and mature corn [J]. Journal of king saud university, 2014, 26(2): 119-127.

[24] 宋锡章. 青饲和青贮专用玉米品种应用现状及发展趋势[J]. 黑龙江农业科学, 2003(3): 30-32.

[25] 杨国航, 吴金锁, 张春原, 等. 青贮玉米品种利用现状与发展[J]. 作物杂志, 2010(2): 13-15.

[26] 杜志宏, 张福耀, 平俊爱, 等. 我国青贮玉米育种研究进展及发展趋势[J]. 山西农业科学, 2010, 38(2): 85-87.

[27] 赵建武, 邱海杰, 杨慧勇, 等. 特用玉米生产现状及发展对策[J]. 山西农业科学, 2009, 37(3): 3-6.

[28] BOON E J M C, STRUIK P C, ENGELS F M, et al. Stem characteristics of two forage maize (*Zea mays* L.) cultivars varying in whole plant digestibility: IV. Changes during the growing season in anatomy and chemical composition in relation to fermentation characteristics of a lower internode [J]. NJAS - Wageningen journal of life sciences, 2012, 59(1/2): 13-23.

[29] LU H J, BERNARDO R, OHM H W. Mapping QTL for popping expansion volume in popcorn with simple sequence repeat markers [J]. Theor Appl Genet, 2003, 106(3): 423-427.

[30] 刘艳阳, 李玉玲, 余永亮, 等. 爆裂玉米膨爆机理的研究进展[J]. 玉米科学, 2007, 15(2): 58-60.

[31] 史振声. 沈农系列爆裂玉米新品种综合研究[J]. 沈阳农业大学学报, 1992, 23(3): 209-214.

[32] KETTHAISONG D, SURIHARN B, TANGWONGCHAI R, et al. Changes in physicochemical properties of waxy corn starches after harvest and in mechanical properties of fresh cooked kernels during storage [J]. Food chemistry, 2014, 151: 561-567.

[33] 龚魁杰, 李青, 陈利容, 等. 山东鲜食玉米产业发展现状与对策[J]. 山东农业科学, 2017, 49(1): 141-147.

[34] 孟令聪, 路明, 张志军, 等. 我国青贮玉米育种研究进展[J]. 北方农业学报, 2016, 44(4): 99-104.

[35] 王晓东. 我国甜玉米育种的研究现状及发展趋势[J]. 黑龙江农业科学, 2014(10): 146-148.

[36] 姚文华, 韩学莉, 汪燕芬, 等. 我国甜玉米育种研究现状及发展对策[J]. 中国农业科技导报, 2011, 13(2): 1-8.