

“功能性小麦新品种及其研发利用” 特约专栏文章之一

DOI: 10.16210/j.cnki.1007-7561.2021.02.001

田纪春, 胥倩. 功能性小麦品种的概念、类别和发展前景[J]. 粮油食品科技, 2021, 29(2): 1-8.

TIAN J C, XU Q. Concept, category and development prospect of functional wheat varieties[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2021, 29(2): 1-8.

功能性小麦品种的概念、 类别和发展前景

田纪春, 胥倩

(山东农业大学 农学院 作物生物学国家重点实验室 小麦品质育种研究室, 山东 泰安 271018)

摘要: 结合全球倡导的营养导向型农业和功能性食品的内容, 首次提出“功能性小麦品种”的概念, 将其定义为“含有对人体健康有益的活性成分, 可调节人体有益代谢, 能给人体健康带来某种益处或满足特定人群的特殊需求, 同时可以作为日常食物的口感正常、无毒副作用的小麦品种类型”; 结合疫情警示和我国进入后工业时代后, 人们需求必将由“吃得饱”、“吃得好”向“吃得健康”转变, 因而提出继高产品种、优质品种之后培育“功能性小麦品种”的育种目标。根据多年关于小麦淀粉、蛋白、酯类和其他成分的功能研究结果, 介绍新育成的“麦黄酮”、“高色素”、“高抗性淀粉”、“富锌”、“低醇溶蛋白”和“低植酸”等功能性小麦新品种(系)的营养特性和农艺产量状况; 根据“健康中国2030”规划等国家战略, 进行“功能性品种培育是解决我国功能性食品‘卡脖子’的关键基础, 一种功能性品种可以形成一类功能性食品, 多种功能性品种可以形成我国功能性面制品产业, 推动我国整个食品工业的发展”的前景展望; 根据功能性品种及其食品的稳定性和可靠性是产品和市场的“生命线”, 从对消费者负责的高度, 提出关于“功能性农作物品种审定导向和组建功能性成分检测机构; 编制有关功能性品种和食品的国家或行业标准, 设立功能性食品和功能性农作物品种的商业标志, 保证我国功能性农作物品种及其食品健康发展”等方面的具体建议。

关键词: 营养导向型农业; 功能性小麦品种; 功能性食品; 监督检查; 政策规划

中图分类号: TS202.1 文献标识码: A 文章编号: 1007-7561(2021)02-0001-08

网络首发时间: 2021-02-07 10:24:08

网络首发地址: <https://kns.cnki.net/kcms/detail/11.3863.TS.20210207.0956.002.html>

Concept, Category and Development Prospect of Functional Wheat Varieties

TIAN Ji-chun, XU Qian

(Agronomy college of Shandong Agricultural University, Stage Key Laboratory of Crop Biology, Group of Wheat Quality Breeding, Tai'an, Shandong 271018, China)

Abstract: Combined with the contents of nutrition-oriented agriculture and functional food advocated by the world, the concept of “functional wheat variety” was put forward for the first time in this paper, which was

收稿日期: 2020-12-31

基金项目: 国家自然科学基金(31171554); 山东省自然科学基金重大基础研究项目(ZR2019ZD15)

Supported by: National Natural Science Foundation of China (No. 31171554); Major Basic Research Program of Shandong National Natural Science Foundation (No.ZR2019ZD15)

作者简介: 田纪春, 男, 1954年出生, 博士, 教授, 研究方向为作物遗传育种与品质改良。E-mail: jctiansd@126.com.

defined as “containing healthy ingredients, regulating of beneficial metabolism, meeting special needs to the certain group of patients and serving as a daily non-toxic side effect food with normal taste”. With the epidemic virus warning and the social demand that people dietary change from “full” and “good” to “healthy” after China enters the post-industrial era, the breeding goal of cultivating “functional wheat varieties” was proposed after “high-yield varieties” and “high-quality varieties”. Based on the results of long-term research on starch, protein, esters and other components, this article introduced new functional wheat varieties (lines) with “Glycine”, “High pigment”, “High resistant starch”, “Zinc-rich”, “Low gliadin” and “Low phytic acid” characteristics. According to the “healthy China 2030” plan and other national strategies, the development prospect of “the cultivation of functional varieties is the key foundation to solve the problem of” sticking neck “of China’s functional food, a kind of functional variety can form a kind of functional food, a variety of functional varieties can form China’s functional flour products industry, and promote the development of China’s entire food industry” was carried out. As the stability and reliability of functional varieties and related food is the “lifeline” of products and markets, specific suggestions were put forward from the height of being responsible for consumers in the areas of functional crop varieties such as establishment of functional ingredient testing institutions, formulation of national standards or commercial sign for varieties-derived foods, construction of the commercial marks of functional food and functional crop varieties and so on, to ensure the healthy development of functional crop varieties and related food in China.

Key words: nutrition-oriented agriculture; functional wheat varieties; functional food; supervision and inspection; policy planning

1 功能性小麦品种的提出背景和概念

建国 70 多年来，特别是经过 40 多年的改革开放，我国粮食生产取得举世瞩目的成就，实现了从“吃不饱”到“吃得饱”，再到“吃得好”的历史性转变。近十年，随着商品生产经济转向服务型经济的后工业时代的到来，特别是在近几年新冠病毒有可能长期与人类共存的警示下，人们更加关心健康长寿及与其直接有关的食物质量^[1]。小麦是全世界，特别是我国的主要粮食作物，随着人们再次由“吃得饱”、“吃得好”向“吃得健康”转变，小麦品种也会由“高产品种”、“绿色优质品种”向“功能性品种”发展。由于“功能性小麦品种”是国内外至今没有提出的新名词，本文从“营养导向型农业”、“功能性食品”和“特殊用途品种”的提出和内容，逐步阐述“功能性小麦品种”的发展背景及其概念和内涵。

1.1 功能性小麦品种的提出背景

作物功能性品种是功能性食品的原料，阐述功能性小麦品种必然涉及功能性食品。功能性食品是个较早提出的概念，1987 年日本文部省在《食品功能的系统性解释与展开》中首先使用了“功

能性食品”措辞^[2]。1995 年国内郑建仙博士编辑出版了《功能性食品》专著。2005 年毛跟年等编辑出版了《功能性食品生理特性与检查技术》专著。国内外专家均将食品的功能性定义为“解决温饱”、“享受美食”之后第三大功能，指出功能性食品是“具有机体免疫力、调节机体生理节律、预防疫病、促进康复或阻抗衰老功能的工业食品”，并列出了有保健作用的糖、脂、蛋白、纤维素等多种营养成分，对功能性食品的发展起到了很大促进作用。但由于当时社会发展尚未形成对该类食品的较强需求，加上将功能性食品只定义为“工业食品”或“工程化食品”^[3]，没有与食品原料的农产品供应联系起来，也没有上升到避免不良膳食，保障国民健康的高度来推动。因此，“功能性食品”还有很大的发展空间。

近几十年，我国和世界经济都取得了前所未有的发展。现代农业在满足人们温饱需求和色、香、味食欲需求方面取得了很大成绩，但同时也带来了因高糖、高脂、高蛋白等膳食不良导致健康风险的严重问题^[4]。2019 年 Afshin A 等分析了 1990—2017 全世界 195 个国家因膳食不良导致疾病和死亡的因素，其膳食不良引起死亡率最高

的国家是乌兹别克斯坦，其后从低向高排列依次为法国、西班牙和日本，美国、印度和中国分别占 43 位、118 位和 140 位。包括中国在内的许多国家，不良膳食已成为导致死亡的第一大因素，2017 年不良膳食、高血压、烟草和空气污染导致死亡人数，我国分别为 310、250、250、120 万^[5]。因此探寻农业、营养、健康的关系已成为近几年全球农业发展研究的热点。2013 年前后，RUEL (2013)^[6]和 BALZ (2015)^[7]首先提出了营养导向型农业 (Nutrition-Sensitive Interventions) 的概念。2014 年，联合国粮食与农业组织 (FAO) 与世界卫生组织 (WHO) 联合举办的第二届国际营养大会 (ICN2) 在罗马召开，形成《营养问题罗马宣言》和《行动框架》，营养过剩和隐性饥饿成为关注焦点^[8]。2017 年，FAO 提出：“营养导向型农业是一种以可持续的方式满足居民膳食需求的新型农业范式或方案”的明确定义。2017 年 12 月 14 日，农业农村部粮食营养研究所与 FAO 中国办联合举办研讨会，确定将 Nutrition-Sensitive Agriculture (NSA) 翻译为“营养导向型农业”，确定营养导向型农业是我国农业发展的新理念和范式，是经济社会发展对食物供给的新需求^[9]。我国制定了《健康中国行动 (2019—2030 年)》等政策，明确指出“鼓励企业研发生产符合健康需求的产品，增加健康产品供给”^[10]。2017 年我国的农作物育种导向也发生了重大变化，农业农村部的发布的《主要农作物品种审定标准》(国品审〔2017〕1 号)，将小麦分为高产稳产品种、绿色优质品种和特殊类型品种三大类^[11]。这意味着营养导向型农业和功能作物品种迎来了前所未有的发展机遇。

1.2 功能性小麦品种的概念和内涵

从上述“功能性食品”和“营养导向型农业”的概念和发展分析，“功能性食品”的研究应从“工业食品”或“工程化食品”扩展到功能性食品的原料—农业产品，扩展到培育含有较高功能性物质的作物品种。近几年国内外提出的“营养导向性农业”，将营养目标明确纳入农业中，涉及食物和食品安全的应用层面，也涉及健康、教育、经济、环境和社会等方面，其重点在于突出农业生产与人类营养健康之间的关系^[12]。小麦是我国

人民的主要食物，是含有营养成分最丰富、食品加工花样最多的主要谷物，也是“功能性食品”的重要原料和“营养导向性农业”的重要内容。因此，从新品种选育入手，挖掘和聚集小麦种质中含有的“营养物质和活性功能性成分”，培育“定向含有”的特殊用途或功能性小麦新品种，对营养导向型农业和功能性食品的发展具有重大意义。

从广义方面讲，功能性小麦品种有“加工功能性品种”和“营养功能性品种”两类。“加工功能性品种”主要指能改善食品结构及品质的一类品种，例如，糯小麦能增加面制品的吸水率，延长货架期，属于“加工功能性品种”。现在国家大力发展的强筋小麦和弱筋小麦品种，分别能生产优质面包或饼干蛋糕，也应该属于“加工功能性品种”。这类品种是目前政府大力推动、生产上已有的品种，是与人们“吃得好”有关的品种，本文不展开讨论。

本文首次提出并重点讨论的“功能性小麦品种”，是与人们“吃得健康”有关的一类品种。其基本定义是“含有对人体健康有益活性成分，可调节人体有益代谢，能给人体健康带来某种益处或满足特定人群的特殊需求，同时可以作为日常食物的口感正常、无毒副作用的小麦品种类型”。这类品种有 5 个方面的内涵：(1) 含有较高的有益健康的活性成分，例如含有麦黄酮、多肽等；(2) 可调节人体有益代谢，增强机体器官的免疫力，例如抗氧化、清除自由基的色素，激活酶的锌、硒等微量矿质元素；(3) 满足特定人群的特定需求，例如高血糖和肥胖人群需要的抗性淀粉、面粉过敏人群需要的低醇溶性蛋白品种；(4) 无毒副作用、外观口感均正常的日常食物原料；(5) 不必担心某些微量元素超标和其它物质存在风险。因为这类品种是利用特异种质资源和聚合育种技术，定向培育的定向含有较高有益成分的品种。例如，培育适合孕妇和儿童食物需求的“富锌(硒)品种”，育种家在籽粒锌含量变幅较大的种质资源^[13]中选择亲本，通过聚合杂交可以培育出锌含量比现有品种平均值高出 2 倍左右、正好适合人体需求的富锌(硒)品种。因不是转基因品种，也不是人工添加(操作不好可能存在过量风险)强化的食品，其产量、抗病性和

农艺性状与当前主推品种相当,其籽粒和面粉与普通品种相同,其食品加工方式和口感与正常面粉无异。因此,“功能性小麦品种”是继高产品种、优质品种、绿色品种后的新类型,具有“农业增效、农民增收、人民增寿”的显著优势。

2 主要功能性物质和功能性小麦品种

笔者带领的专注小麦品质研究 40 多年的山东农业大学小麦品质育种课题组(以下简称“本课题组”),利用农业农村部谷物品质监督检验测试中心的平台,早在 15 年前就进行了小麦功能性物质的研究分析^[14-16],确定了小麦中的“活性蛋白和多肽”、“抗性淀粉和功能性多糖”、“功能性脂类”、“功能性微量矿质元素”和“功能性维生素”等 5 大类功能性物质,并根据“功能明确、含量差异大和易检测”等原则率先开展了功能性小麦新品种培育,已育成审定和即将审定的多个功能性品种(系)。主要简介如下:

2.1 高黄酮小麦品种

黄酮类物质属多酚类化合物,主要有黄酮、黄酮醇、黄烷醇(儿茶素)、异黄酮和花青素等几十种物质,统称类黄酮(Flavonoids)。黄酮类物质根据不同来源分别称为芦荀黄酮、银杏黄酮和麦黄酮等。麦黄酮是小麦籽粒中重要的抗氧化剂和生理活性物质,具有扩张血管、抗菌消炎和增强人体免疫力等多重功效。日常饮食中摄入的黄酮类化合物能够减少癌症和心脏病等疾病的发病率^[17]。

本课题组在高黄酮小麦方面的研究起始于 2005 级赵善仓博士课题《不同品种的彩色小麦天然抗氧化活性物质的分析研究》,先后发表“超高效液相色谱串联质谱法测定小麦籽粒中麦黄酮”等论文^[18]。“山农 101”(区试号:山农黄酮麦 1 号),就是培育的多个麦黄酮含量较高的品种(系)之一。2020 年通过山东省农作物品种审定委员会审定(鲁审麦 20206035),是国内审定的第一个高黄酮小麦新品种。山东省农科院农业质量标准与检测技术研究所测定,麦黄酮含量 1.013 mg/kg,是普通小麦平均含量的 3.5~5 倍。该品种田间表现良好,株型半紧凑,旗叶上举,较抗倒伏,穗长方形,顶芒、白壳、白粒,籽粒

硬质,越冬抗寒性好。在 2017—2019 年特殊用途区域试验中,两年平均亩产 508.52 公斤,比 2 个对照品种分别增产 5.27% 和 4.13%;在 2018—2019 年生产试验,平均亩产 537.16 公斤,比对照品种分别增产 4.28% 和 4.20%。

2.2 富含类胡萝卜素小麦品种

类胡萝卜素(Carotenoids)为类异戊二烯化合物,是胡萝卜素类(40 碳氢化合物)和叶黄素类(胡萝卜素的含氧衍生物)两大类色素物质的总称。类胡萝卜素是一种抗氧化物质,能有效的清除植物体内的活性氧^[19],是大脑、眼睛、关节、动脉等器官不可缺少的物质,有清除人体内自由基、强化免疫系统功能、改善心肌营养和抑制癌细胞发生等生理功能。由于人体没有合成类胡萝卜素的能力,只能从外界食物中获取^[20]。因此,自 2010 年起,含有高类胡萝卜素的蓝、紫和黑小麦一直是本课题组的育种目标^[21]。“山农蓝麦 1 号”,母本为蓝矮败小麦(4D/4E 异位附加系),父本为 PH85-16。经过 3 年的区域和生产试验,2020 年通过山东省农作物品种审定委员会审定(鲁审麦 20206033)。该品种籽粒因糊粉层含有大量蓝色花青素而呈深蓝色,富含多种色素和 VE、VB 等多种维生素,是营养价值突出的功能性小麦新品种。该品种半冬性,株型较紧凑,叶片深绿,旗叶上举,抗倒伏,长芒、白壳、蓝粒,籽粒半角质,越冬抗寒性好。在 2017—2020 年特殊用途小麦区域试验中,平均亩产 488.48 公斤;2019 成功—2020 年生产试验中,平均亩产 502.17 公斤,皆比对照品种增产 2% 左右,山东及其相邻地区均可订单种植。

2.3 抗消化淀粉小麦品种

抗性淀粉(resistant starch)又称抗酶解淀粉及难消化淀粉,是 1998 年 FAO 和 WHO 在《人类营养中的碳水化合物》一书中首次提出的淀粉新类型。抗性淀粉胃酶不能消化分解,具有较低的胰岛素反应,可控制血糖平衡,特别适宜糖尿病患者食用;抗性淀粉在大肠中分解为短链脂肪酸,促进肠蠕动,可减少便秘和结肠癌的危险;抗性淀粉也可减少血胆固醇和三甘油脂的量,因而具有一定的减肥作用^[22-24]。

本课题组抗消化淀粉小麦研究开始于 2008

年付蕾博士的论文“抗性淀粉对面团流变学特性及加工品质的研究”^[25-26]，通过化学诱变和回交选择，历经 15 年，已培育出直链淀粉含量超出普通小麦 20%、抗性淀粉含量高 10% 以上的多个新品系，并研究出多种低 GI（升糖指数）的试验食品，具有巨大的市场前景。

2.4 低醇溶蛋白小麦品种

醇溶蛋白是小麦子粒中积累的一类重要贮藏蛋白，一般占面粉蛋白的 35% 左右，与麦谷蛋白共同组成小麦特有的物质面筋，是小麦加工品质的重要因素。小麦醇溶蛋白也是造成小麦过敏症的重要过敏原。1995 年联合国粮农组织指出，约有 90% 的食物过敏是由八类食物引起的，其中位于第五位的是小麦^[27]。小麦醇溶蛋白是主要的小麦致敏蛋白，其中乳糜泻就是由麦醇溶蛋白肽诱导的免疫反应所致。中国科学院王道文课题组创造了 ω -黑麦碱（Sec-1 位点）缺失位点与蛋白质优质亚基 5+10 进行组装的 DLG*li*D2 突变体材料，降低了小麦中的乳糜泻病诱发因子^[28]。本课题组利用这些突变体，与当前的主要品种如山农 20、山农 22、山农优麦 3 号等进行了杂交和回交，结合这些位点的分子标记辅助选择，选育了 Sec-1 位点缺失且含有 5+10 亚基的二聚体单株 648 个，Gli-D2 位点缺失且含有 5+10 亚基的二聚体单株 2 个，Sec-1 位点及 Gli-D2 位点均缺失且含有 5+10 亚基的三聚体单株 6 个，其醇溶蛋白比普通小麦低 3 倍，减少乳糜泻疾病诱因子且加工品质优良。为培育功能性低乳糜泻病诱发因子的小麦新品种奠定了良好的基础。

2.5 富锌、富硒小麦品种

现代营养医学研究表明，人体必需的微量矿物质元素有 13 种，均在人体中有重要的生理作用，由于这些必需元素在人体中无法合成，必须要从日常食物当中获取，不足会导致严重的代谢紊乱，造成身体机能低下或营养素缺乏等疾病^[29]。例如，锌是维持机体正常生长、保护神经系统、调节免疫等，并参与多种酶代谢的一种人体所必需的金属微量元素，缺锌会导致生长发育迟缓、食欲不振、青少年男性性腺机能减退、细胞介导的免疫功能障碍等问题。硒是与人体健康息息相关

的 25 种酶的活性中心，具有抗氧化、提高免疫、保护肝脏、排除毒素、拮抗重金属、防癌抑癌等生物学功能^[30]。

近几年富锌、富硒小麦产品大多通过土壤施用或叶面喷施锌、硒肥等农艺实践方式来获得。本课题组自 2005 年硕士生郝志“小麦主要矿质元素的基因定位分析”开始^[31]，通过鉴定筛选高含量种质和聚合杂交育种途径，培育了多个富锌、富硒小麦品系。农民种植小麦籽粒锌、硒等必须元素自然含量高的品种，减少了土壤施用或叶面喷施锌、硒肥用工和过量使用的副作用，而且可生产出高于施肥作用的富锌、富硒小麦商品粮。

2.6 低植酸小麦品种

植酸（Phytic acid）又称肌醇六磷酸，是广泛存在于谷类植物中的天然物质，具有螯合作用和抗氧化作用，也是降低血脂浓度、防止肾结石和抑制癌细胞生长的重要生理功能^[5]。但植酸在动物体内与二价、三价阳离子及蛋白质结合形成不溶复合物，严重影响无机盐和蛋白质的生物利用度，因此也被认为是单胃动物的抗营养因子。经测定 84%~88% 的植酸存在于麸皮（糊粉层）和米糠中，所以高植酸含量是麦麸和全麦粉利用的最大缺陷^[32]。

植酸的抗营养作用是值得关注、并需要通过育种解决的问题。本课题组关于植酸的研究起始于 2007 级博士吴澎的博士论文，她以我国核心种质资和自创的重组自交群体（RIL 群体）为材料，详细分析了植酸含量及其基因效应，并进行了植酸对馒头加工品质的影响及其数量性状基因（QTL）定位，在国内外刊物发表了多篇有关论文^[32-33]。其后，本课题组利用筛选鉴定的高、低植酸种质，通过有性杂交和诱变育种，进行了高、低植酸新品种的选育，选育出的山农低植酸麦 1 号曾参加 2017 年的特殊用途区域试验。现已有几个低植酸品系已在企业成果转化，利用其生产有关特殊营养产品。

3 功能性小麦发展展望和建议

3.1 发展展望

3.1.1 功能性小麦食品有利于提高人体免疫力

近 20 年发生的“非典”和“新冠”两次疫情，

尤其是至今仍在全世界猖獗的新冠肺炎疫情，不仅严重影响了全球经济，而且预示着病毒可能会与人类长期共存。病毒不会像侵入人体的细菌那样可以用抗生素杀死，而是靠人们的自身免疫系统抵御和战胜。由于调节人体代谢、提高免疫功能的许多物质（例如，前面提到的类黄酮，必需微量元素等）人体不能合成，所以合理膳食是人体提高免疫功能的前提和基石。通过培育功能性作物品种，生产功能性食物，使人们在正常饮食中就能及时获得维持免疫系统正常运转所需的营养物质，提高自身的免疫力和患者治愈率，对个人和社会来说都是最经济有效的方法。所以今后人们在选择食物上，会由第一阶段的“有什么吃什么”，到现在阶段的“想吃什么吃什么”，进入将来第三阶段的“该吃什么吃什么”，即每个人都会定身考虑自己身体缺什么，该补什么，吃了什么能健康长寿。因此，功能性食品可以成为新冠疫情后人们的第一选择。有几亿人的消费群体，功能性小麦品种及其加工的食品会有广阔的市场和巨大的社会效益。

3.1.2 功能性小麦食品有利于提高国民体质

随着工业化、城镇化、人口老龄化进程加快，我国居民的生活方式和膳食结构不断发生变化，目前存在着营养不良和营养过剩两大隐患。据统计，我国高血压病人 2012 年已超过 25%，其中 60 岁以上人口患病率高达 60% 左右；高血脂患者 1.6 亿，高血脂异常人数占 18.8%，其中心脑血管病患者 4 000 万；肥胖者 8 000 万，糖尿病人 2 000 万，濒临血糖指数界限的年轻人不计其数。心脑血管疾病、癌症、慢性呼吸系统疾病、糖尿病等慢性非传染性疾病导致的死亡人数占总死亡人数的 88%，导致的疾病负担占疾病总负担的 70% 以上，约占中国 GDP 的 4%，如不采取干预措施，预计到 2025 年将达中国 GDP 的 9%^[34-35]。我国制定的《健康中国 2030 规划》，是实施健康中国战略的重大决策部署，明确提出合理膳食是健康的基础，大力倡导发展营养健康功能性食品。小麦是我国口粮和主食，不同的品种类型适应不同的发展阶段和生产目的，“高产品种”是解决吃饱的问题，“优质品种”是解决“吃好”的问题，而现在提出的“功能性品种”是解决“吃得健康”

的问题。因此培育出功能性品种小麦，对生产出功能性食品、落实《健康中国 2030 规划》，有非常大的经济价值和民生意义。

3.1.3 功能性小麦品种将推动我国种业、食品工业和国民经济发展

中央经济工作会议确定的工作任务第五项是“解决好种子和耕地问题”，明确提出：“要加强种质资源保护和利用，加强种子库建设。要尊重科学、严格监管，有序推进生物育种产业化应用。要开展种源“卡脖子”技术攻关，立志打一场种业翻身仗”。功能性小麦品种就是我国科学家通过种源“卡脖子”技术攻关，创造的优异和特色资源，是功能性面制食品的原料。一种功能性品种可以形成一类功能性食品，多种功能性品种可以形成我国功能性食品产业，推动我国整个食品业的发展。而食品加工业将是我国进入“后工业时代”后涉及千万人就业的重要行业，一头连着与“三农”有关的亿万农民，一头连着与市场有关的亿万消费者。专家预测：近几年全球将推出 80~100 种功能农产品，仅中国产值就将达 1 000 亿元；功能农业在农业中的占比 2020 年将为 1%，2030 年达到 10%，2050 年达到 50% 以上，产值将达数万亿^[36-37]。所以功能性小麦（包括其他作物）品种及其加工的功能性食品，是我国实施“营养导向型农业”的重要内容，是“双循环”和“内循环”中拉动我国经济发展的重要抓手，必将对我国种业、食品工业和国民经济发展起到很大推动作用。

3.2 发展建议

3.2.1 从品种审定导向和推广方面重视功能性小麦品种

“功能性小麦品种”是我国现有小麦审定标准（国品审〔2017〕1 号）中规定的“高产品种”“绿色优质品种”和“特殊用途品种”后的新品种类型，是比特殊用途品种（只注明：糯小麦和彩色小麦）内容更广、更注重营养健康和调节人体功能代谢的新品种类型。“营养导向型农业”和“功能性食品”都是国外首先提出的，但“功能性小麦品种”则是我国科学家根据我国食物发展需求首先提出，并进行了有关研究和新品种培育，且已有可以推广应用的审定品种，是处于世界领

先水平的科技创新成果。建议政府主管部门给与重视,要从农业新品种审定导向入手,把功能性成分和营养品质纳入育种目标,与农艺、产量、抗逆性状等一起构成国家农业新品种审定评价体系,推动更多类型的小麦功能性品种审定推广,引导玉米、水稻等更多作物的功能性品种的选育推广,奠定我国功能性食品的发展基础。

3.2.2 推进功能性食品和功能性的农作物品种的政策法规和标准体系建设

功能性食品和功能性的农作物品种是关系全体国民健康的大事。美国、欧盟等多数国家在提倡营养导向型农业的同时,还制定了具体的国民营养干预制度。我国也应着手编制面向新时代的发展纲要,组织研究老、幼、孕、病(各种慢性病)不同人群的不同营养需求,组织研发调节脑、心、肺、肝和血管等器官有利代谢的功能性物质,编制有关功能性品种和食品的国家或行业标准,设立功能性食品和功能性的农作物品种的商业标志。同时,在国民中大力倡导食养理念,让城乡居民都认识到,合理健康的膳食是比药品更能健身防病、延年益寿的重要途径,让全体国民都能选择适宜自己的食物,通过合理膳食促进营养健康。

3.2.3 建立专门检测鉴定实验室,保证功能性食品的稳定性和可靠性

功能性小麦品种培育期很长,其功能性成分虽然主要由品种的遗传特性决定,但某些功能性成分(比如蛋白质、色素、微量元素等)还会受到环境和农艺措施的影响。因此,功能性品种及其食品的功能成分稳定性和可靠性是我们必须考虑的问题。建议国家质检或农业部门,建立有资质的谷物功能性品质监督检验测试中心,负责推向市场的功能性品种和食品的检测和释放工作。建立检测鉴定机构,还能有效控制功能性食品“真假不分,良莠不齐”的现象,防止某些急功近利企业,为了获得市场和利润,将一些粗制品推入市场,并夸大宣传,破坏功能性食品的美誉。建议有责任心的加工企业和科研单位紧密合作,面向《“健康中国2030”规划纲要》《国民营养计划(2017—2030)》等重大国家战略,紧紧抓住功能农业这一新兴方向,专注培育功能性品种和研发功能性食品,打造功能性食品的品牌产品,

以名牌产品拓展市场,满足人民群众对生活质量与健康水平的新需求,确保我国营养导向性农业的健康发展。

参考文献:

- [1] 陈萌山. 中国食品安全与营养发展回顾与展望[C]. IFPRI-FAO 加速消除饥饿和营养不良国际会议. 泰国曼谷, 2018.
CHEN M S. Review and prospect of food security and nutrition development in China[C]. IFPRI—FAO International Conference on Accelerating the Elimination of Hunger and Malnutrition. Banlgkok, Thailand, 2018.
- [2] 郑建仙著. 《功能性食品》第一卷[M]. 中国轻工业出版社, 1995, 8. ISBN 7-5019-1790-6
ZHENG J X. Functional food. Volume One[M]. China Light Industry Press, 1995.8. ISBN 7-5019-1790-6
- [3] 毛跟年, 许牡丹, 等. 《功能食品胜利特性与检测技术》[M]. 化学工业出版社, 2004, 8. ISBN 7-5025-6044-0
MAO G N, XU D D, et al. Functional food physiological characteristics and detection technology[M]. Chemical Industry Press, 2004, 8. ISBN 7-5025-6044-0
- [4] 徐风著. 《膳食与健康》[M]. 合肥工业大学出版社, 2018, 08. ISBN 978-7-5650-4089-4
XU F Z. Diet and health[M]. HeFei Unverisity of Technology Publishing House, 2018, 08. ISBN 978-7-5650-4089-4.
- [5] AFSHIN A, SUR P J, FAY K A, et al. Health effects of dietary risks in 195 countries, 1990–2017: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017[J]. The Lancet, 2019, 93(10184): 1958-1972.
- [6] RUEL M T, ALDERMAN H. Nutrition-sensitive interventions and programmes: how Call they help to accelerate progress in improving maternal and child nutrition?[J]. Lancet, 2013, 382(9891): 536-551.
- [7] BALZ A G, HEIL E A, JORDAN I. Nutrition-sensitive agriculture: newterm or new concept?[J]. Agriculture & Food Security, 2015, 4(1): 6.
- [8] FAO and WHO. Second international conference on nutrition. In: Conference outcome document: framework for action[R]. Rome: FAO and WHO, 2014. <http://www.Fao.org/3/a-mm215e.pdf>.
- [9] 卢士军, 黄家章, 吴鸣, 等. 营养导向型农业的概念、发展与启示[J]. 中国农业科学, 2019, 52(18): 3083-3088.
LU S J, HUANG J Z, WU M, et al. The concept and development of nutrition-sensitive agriculture and its enlightenments to China[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2019, 52(18): 3083-3088.
- [10] 中华人民共和国国务院办公厅. 国务院办公厅关于印发国民营养计划(2017—2030)年的通知[R]. [2017-11-08].
General Office of the State Council of The People's Republic of China. A notice from the general office of the state council on the issuance of the national nutrition plan (2017—2030)[R]. [2017-11-08].
- [11] 农业农村部. 主要农作物品种审定标准(国家级)国品审(2017)1号[R].

- Ministry of Agriculture and Rural Affairs. Main crop variety approval standards (National Level) national product approval [2017] No. 1[R].
- [12] FAO. Second international conference on nutrition 19-21 november 2014: nutrition—sensitive agriculture[R]. Rome: FAO, 2014.
- [13] 郝元峰, 张勇, 何中虎. 作物锌生物强化研究进展[J]. 生命科学, 2015, (27): 1047-1054.
HAO Y F, ZHANG Y, HE Z H. Progress in zinc biofortification of crops[J]. Bulletin of Life Sciences, 2015, 27: 1047-1054.
- [14] ZHAI H M, TIAN J C. Development of wheat mutants carrying different null wx alleles and their starch properties[J]. Acta Agronomica Sinica, 2007(7): 1059-1066.
- [15] WU P, TIAN J C. Determination of phytic acid in cereals[J]. International Journal of Food Science & Technology, 2009, (44)9, 1671-1676.
- [16] JIANG X L, HAO Z, TIAN J C. Variations in amino acid and protein contents of wheat during milling and northern-style steamed bread making[J]. Cereal Chemistry, 2008, 85(4): 502-506.
- [17] MCDONALD M S, HUGHES M, BURNS J, et al. Survey of the free and conjugated myricetin and quercetin content of red wines of different geographical origins[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1998, 46(2): 368-375.
- [18] 赵善仓, 赵领军, 谷小红, 等. 超高效液相色谱串联质谱法测定小麦籽粒中麦黄酮[J]. 分析化学, 2009, (6):873-876.
ZHAO S C, ZHAO L J, GU X H, et al. Determination of tricin in wheat grain by ultra performance liquid chromatography tandem mass spectrometry[J]. Journal of Analytical Chemistry, 2009, (6): 873-876.
- [19] KNIEVEL D C, ABDEL-AAL E S M, RABALSKI I, et al. Grain color development and the inheritance of high anthocyanin blue aleurone and purple pericarp in spring wheat (*Triticum aestivum* L.)[J]. Journal of Cereal Science, 2009, 50(1): 113-120.
- [20] ABDEL-AAL E S M, YOUNG J C, RABALSKI I. Anthocyanin composition in black, blue, pink, purple, and red cereal grains[J]. Journal of agricultural and Food Chemistry, 2006, 54(13): 4696-4704.
- [21] 赵善仓, 刘宾, 赵领军, 等. 蓝、紫粒小麦籽粒花色苷组成成分分析[J]. 中国农业科学, 2010, 43(19): 4072-4080.
ZHAO S C, LIU B, ZHAO L J, et al. Research of anthocyanin composition in blue and purple wheat grains[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2010, 43(19): 4072-4080.
- [22] CHAMP M. Physiological aspects of resistant starch and in vivo measurements[J]. Journal of AOAC International, 2004, 87(3): 749-755.
- [23] CROGHAN M. Resistant starch put to the test[J]. International Food Ingredients, 2003, 1: 32-33.
- [24] DONALD B T. Strategies for the manufacture of resistant starch [J]. Trends in Food Science & Technology, 2000, (11): 245-253.
- [25] FU I, TIAN J C, RVA and farinograph properties study on blends of starch and wheat flour[J]. Agricultural Sciences in China, 2008, 7(7): 812-822.
- [26] 付蕾, 田纪春. 抗性淀粉制备、生理功能和应用研究进展[J]. 中国粮油学报, 2008(2): 206-210.
FU L, TIAN J C. Research progress on the preparation, physiological function and application of resistant starch[J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2008(2): 206-210.
- [27] HENDRA T. Passing the food allergen test[J]. Cereal Foods World, 2003, 48(1): 20.
- [28] WANG D W, LI D, WANG J J, et al. Genome-wide analysis of complex wheat gliadins, the dominant carriers of celiac disease epitopes[J]. Scientific Reports, 2017, (7): 44609.
- [29] LIU H, WANG Z H, LI F, et al. Grain iron and zinc concentrations of wheat and their relationships to yield in major wheat production areas in China[J]. Field Crops Research, 2014, 156: 151-160.
- [30] HIGUEHI M, OSHIDA J, ORINO K, et al. Wheat bran protects Fischer- 344 rats from diquat-induced oxidative stress by activating antioxidant system: selenium as an antioxidant[J]. Biosci Biotechnol Biochem, 2011, 75(3): 496-499.
- [31] HAO Z, TIAN J C. Analyses of Fe, Zn, Cu, and Mn contents in grains and grouping based on the contents for main kindred germplasm of common wheat (*Triticum aestivum*)[J]. Acta Agronomica Sinica, 2007, (11): 1834-1839.
- [32] WU P, TIAN J C. Determination of phytic acid in cereals[J]. International Journal of Food Science & Technology, 2009, (44)9: 1671-1676.
- [33] WU P, LIU B, CHEN J J, et al. Quantitative trait loci analysis for textural property traits of Chinese Northern-Style steamed bread[J]. Euphytica, 2011, (179): 265-276.
- [34] 陈志钢, 毕洁颖, 聂凤英, 等. 营养导向型中国食物安全新愿景及政策建议[J]. 中国农业科学, 2019, 52(18): 3097-3107.
CHEN Z G, BI J Y, NIE F Y, et al. New vision and policy recommendations for nutrition-oriented food security in China [J]. Scientia Agricultura Sinica, 2019, 52(18): 3097-3107.
- [35] POPKIN B M, KIM S, RUSEV E, et al. Measuring the full economic costs of diet, physical activity and obesity · related chronic diseases[J]. Obesity Reviews, 2006, 7(3): 271-293.
- [36] 王灵恩, 侯鹏, 刘晓洁, 等. 中国食物可持续消费内涵及其实现路径[J]. 资源科学, 2018, 40(8): 1550-1559.
WANG L E, HOU P, LIU X J, et al. The connotation and realization way of sustainable food consumption in China[J]. Resources Science, 2018, 40(8): 1550-1559.
- [37] 郭爱民. 20 世纪中期以来中国粮食生产、消费与产业分工关系解读: 基于 Agr 与 Nagr 表达式的分析——兼与日美韩相比较[J]. 中国乡村研究, 2018(1): 254-278.
GUO A M. Interpretation of the relationship between food production, consumption and industrial division of labor in China since the mid-20th century: analysis based on the expressions of Agr and Nagr and compared with Japan, the United States and South Korea[J]. Rural China: An International Journal of History and Social Science, 2018(1): 254-278. ㊟