

山西功能农业的研究背景、进展与发展方向^①

侯非凡¹, 孙 敏¹, 高志强¹, 尹雪斌^{1, 2*}

(1 山西农业大学山西功能农业研究院, 山西太谷 030801; 2 中国科学技术大学苏州研究院功能农业重点实验室, 江苏苏州 215123)

摘 要: 本文通过查阅文献、收集资料, 从农业基础、功能农业发展需求和提出历程的角度介绍了山西省功能农业的研究背景; 以两个省级重点研发项目为案例, 分析了山西省在开展功能农业研究与产业发展时的思路, 即在优势特色农业资源的基础上, 实现政、产、学、研的有机结合, 并注重从原材料到功能农产品的全链条式研发; 进而指出山西省未来功能农业总体发展目标和主要方向, 以此对山西省功能农业产业发展方向进行展望。

关键词: 山西省; 功能农业; 研究背景; 研究进展; 展望

中图分类号: S-9 **文献标识码:** A

功能农业是指通过生物营养强化技术或其他生物技术手段, 生产出具有健康改善功能的农产品, 简单地说, 就是要种植出具有保健功能的农产品^[1]。功能农业是中国科学院赵其国院士于 2008 年在《中国至 2050 年农业科技发展路线图》中率先提出的未来农业新概念, 它是继高产农业、绿色农业之后的又一次农业革命, 也是我国实现农业供给侧结构性改革的有效途径。目前, 功能农业正在广西、江苏、宁夏等多个省市蓬勃发展, 功能农业产业体系正在逐步形成。

山西, 地处太行山以西的黄土高原, 具有承东启西、贯穿南北的独特区位优势。长期以来, 山西省农业受制于山高沟深、水资源短缺的特殊地理自然条件, 农业发展速度慢, 农业产值在全国范围内缺乏竞争力^[2]。但也正因此, 独特的气候条件和资源禀赋造就了山西“小杂粮王国”、“优质粮果带”的美名^[3-4], 农产品质量优、品质好、营养价值高, 成为山西农产品的重要特色。山西省适合发展功能农业, 功能农业对于山西省农业供给侧结构性改革也是重要的抓手。如何依托山西现有的农业资源, 打好功能牌, 走好特色路, 山西省目前急需理清思路。

本文从山西省功能农业的研究背景出发, 介绍了功能农业在山西省的发展现状, 着重以目前正在实施运行的两个功能农业重大专项为案例, 提出山西省功能农业科学研究和产业发展的有效思路, 并对未来山

西省功能农业的发展方向进行了展望。

1 山西省功能农业的研究背景

1.1 山西省农业的基础条件

山西省农业基础条件较差, 主要表现为耕地资源有限、水资源缺乏^[5]。全省丘陵面积大, 平均海拔高, 昼夜温差显著, 降水量有限, 一系列的自然地理条件, 限制了农业的现代化发展和产值提升。但另一方面, 山西省在杂粮、特色果品、中药材等方面拥有丰富的资源, 特殊的地理气候类型为山西发展特色农业、打造有机绿色农业提供了天然的基础条件。

1.1.1 地理条件 山西省地处黄土高原, 东西向较为狭窄, 南北向狭长^[6]。全省地貌类型多样, 包括高原、山地、丘陵、盆地、台地、平原等类型, 其中山地丘陵面积占全省面积近 80%, 而平原面积较小。全省平均海拔 1 000 m 以上, 呈现出南低北高的态势^[7-8]。全省从东往西, 呈现出“两山夹一川”的样式, 即东部太行山脉和西部吕梁山脉中间分布着地势沉陷所形成的串珠式平原^[9-10]。而全省由北向南, 则分布着大同、忻州、太原、临汾、长治、运城六大盆地, 这 6 个盆地平原也成为山西省人口集中和经济水平较高的地区。

1.1.2 气候条件 山西省属于温带大陆性季风气候, 四季分明, 光照充足, 冬夏季温差大。由于地形地貌的原因, 使得全省昼夜温差较大, 气温的南北差

基金项目: 山西农谷建设科研专项项目(SXNGJSKYZX201706)和山西省重点研发计划重点项目(201703D211001-01)资助。

* 通讯作者(xbyin@ustc.edu.cn)

作者简介: 侯非凡(1990—), 男, 山西汾阳人, 博士, 讲师, 研究方向为功能农业。E-mail: zc1393543@163.com

异和垂直变化显著。全省年均温约为 $4 \sim 14^{\circ}\text{C}$, 北部地区年均温为 $5 \sim 7^{\circ}\text{C}$, 而晋南地区的年均温则为 $12 \sim 15^{\circ}\text{C}$, 同时气温从平川向山地随海拔升高而递减。全省的年降水量介于 $400 \sim 650 \text{ mm}$, 降水量也呈现出由东南向西北递减的地域差别, 降水量随季节变化明显, 主要集中于 6—8 月^[11]。

1.1.3 水资源条件 山西省虽然有大小河流 1 000 余条, 但多为季节性河流, 水量变化的季节性差异大, 水资源利用率比较低, 因而山西省仍然是典型的水资源缺乏地区, 这也成为山西省农业发展的重要限制因素。根据中国水利部发布的《2016 年中国水资源公报》显示, 山西省 2016 年水资源总量为 134.1 亿 m^3 , 仅占全国水资源总量的 0.41%, 在全国各省级行政区中排名倒数第五, 仅高于上海、北京、天津、宁夏^[12]。而人均占有水资源量为 $362.2 \text{ m}^3/\text{人}$, 属于联合国环境发展署划定的严重极度缺水地区。2016 年全省用水总量为 75.5 亿 m^3 , 农业用水总量为 46.7 亿 m^3 , 占比达到 61.85%, 推广节水设施, 提高农业用水效率, 是山西省农业发展过程中需要高度重视的问题。

1.1.4 耕地条件 山西省土地总面积为 1568.1 万 km^2 , 土地总面积约占全国总面积的 1.634%, 在全国各省(市、自治区)中排名第 19 位^[13]。截至 2015 年底, 全省农用地面积为 1002.9 万 km^2 , 其中耕地面积 405.9 万 km^2 , 占全省土地总面积的 25.88%, 占全省农用地面积的 40.47%, 耕地比重相对较大, 且主要集中于晋北、晋中地区, 其余土地类型还包括林地、牧草地和园地等^[14]。耕地中, 旱地面积比重大, 约占 80%; 而旱地中, 坡耕地面积比重较大, 约占 43.66%。耕地有效灌溉比例较低, 且水土流失现象严重^[15]。切实保护耕地, 合理调整农业内部结构, 利用科学手段增加平地、水地面积, 提高土地利用率和单位土地面积的产出, 对于山西农业经济发展具有重要意义。

1.1.5 农产品资源 山西省地形多样, 气候类型复杂, 不同的地形、气候条件组合起来, 形成了适合不同类型、不同种类农作物生长的环境。同时, 山西省自古也是华夏农耕文明的摇篮, 在漫长的农业发展史中, 积累和选育了极其丰富的品质优良、适宜于当地自然特点的农作物品种资源^[16]。两个原因相互促进, 最终造就了山西省在农产品资源方面的优势。加之山多沟深的地理特征, 许多需要种植在丘陵地带的作物、果树、中草药获得了天然的屏障, 易于达到绿色、有机的生产标准。山西省的农产品资源, 主要集中于杂粮、畜牧、蔬菜、果业、中药材、酿造六大领域,

许多产业已具备规模, 但大多数产业正在面临转型升级, 单纯依靠资源优势无法形成持续的竞争力, 需要新的科学技术和思路为全省农产品进一步提质增效。

山西省是著名的“小杂粮王国”, 杂粮有豆、麦、粟、薯、黍 5 大类 20 多种, 常年种植面积 134 万 km^2 左右, 约占全国杂粮种质面积的 1/10, 总产量 250 万 t, 占全省粮食产量的 1/4^[17]。其中, 谷子、莜麦种植面积居全国第一, 燕麦、荞麦、高粱种植面积居全国第二位, 绿豆、小豆、豇豆、小扁豆等小杂豆的种植面积保持在全国前三位^[18]。2017 年山西小杂粮种植面积继续增加, 杂粮作物中谷子种植面积 23.5 万 km^2 , 比上年增加 0.75 万 km^2 , 增长 3.5%; 高粱、燕麦、荞麦、红小豆的种植面积也持续增加。

山西省生产的畜产品主要包括猪肉、牛肉、羊肉、禽肉等, 近年来畜产品产量呈小幅上升趋势。其中山西麻鸡、中国西门塔尔牛太行类群、晋阳白猪、晋汾白猪是山西著名的畜禽优质品种^[19]。特别是 2001 年 6 月, 山西省委省政府提出建设雁门关生态畜牧经济区建设工程, 极大地推动了当地畜牧业发展, 并成为了全省畜牧业改革的模板。

2017 年山西省蔬菜种植面积达到 26.66 万 km^2 , 总产量达到 1 339.8 万 t, 种植面积较大的地区主要集中在山西中南部, 并在全省范围内初步形成了中南部设施冬春蔬菜生产区域和中北部越夏延秋茄果类、根茎类蔬菜生产两大区域^[20]。主要蔬菜种植种类有番茄、黄瓜、大葱、胡萝卜、青椒、甘蓝、菜豆、大白菜、西葫芦、辣椒等, 这些种类蔬菜的产量占全省蔬菜产量约 70%, 且大多数种类销往省外。从 20 世纪 60 年代以来, 山西蔬菜良种繁育工作始终保持着良好的发展态势, 其中太原的大白菜、萝卜, 晋中的南瓜、西葫芦, 晋南的甘蓝、胡萝卜, 忻州的甜椒、番茄, 晋北的菜豆、马铃薯等在全国享有盛誉, 这些品种种质优产量高, 为农民带来了可观的经济收益^[21-22]。

山西省具有得天独厚的发展干鲜果业的条件, 其复杂地形导致了多样化的小气候产生, 适宜不同种类优质果树种植。如黄河沿岸、晋中盆地、吕梁山区是我国优质红枣的集中产区, 晋南黄土丘陵地区是世界苹果的最优生产带, 而朔州、大同等地则成为了仁用杏的优势产区^[23]。山西果品重在质优, 除了具有良好的口感、外观之外, 营养价值也较其他省份的同种果品高, 其中太谷壶瓶枣、永济青柿、稷山板枣、汾州核桃、芮城苹果在国内外市场都享有很高的声誉。

山西的中药材十分具有特色, 且门类齐全。据统

计全省共有中药材 1 116 种,占全国中药材品种的 25%,被誉为“南药北移和北药南迁的中转站”。其中正北芪、潞党参、柴胡、连翘等在山西具有悠久的种植历史,道地药材资源优势明显^[24]。山西省酿造业主要包括食醋、白酒、葡萄酒、啤酒、果酒、保健酒等产业,其中以白酒生产为主的汾酒集团、生产葡萄酒的怡园酒庄、生产龟龄集保健酒的黄河中药厂均为销售收入上亿元的国内知名企业。目前,全省已基本形成了以晋西北、吕梁山中部酿酒业、晋中盆地陈醋业和晋中南部葡萄酒产业为代表的区域聚集发展格局^[25]。

1.2 山西省功能农业发展需求

山西农业的出路不在大而在特,不在规模而在功能。山西得天独厚的地理环境适合发展功能农业。在全省现有耕地中,旱地和坡耕地占比较高,其中小麦近 70 万 hm^2 ,旱地种植面积达 50%,玉米 167 万 hm^2 ,90% 在旱地上种植,这一情况制约着山西农业做“大”。但山西省特色作物丰富多样,主粮旱作栽培特色鲜明,杂粮、畜牧、蔬菜、果业、中药材等资源优势突出。因此,选择功能农业,将山西省的干旱劣势变为优质优势,把小杂粮做成大产业,将特色优势转变为产业优势,走特色发展之路,是发挥山西省农业优势、提升农业竞争力的正确选择,是山西农业供给侧结构性改革的有力抓手,是山西培育农业农村发展新动能的战略举措,是山西农业提质增效、重塑比较优势和竞争优势的必由之路。

1.3 山西省功能农业的提出

2016 年,“十三五”开局之年,山西省明确提出了“十三五”时期全省发展的指导思想,即“以改革创新为动力,以转方式、调结构、增效益、提速度为基点”。供给侧结构性改革主要涉及煤炭行业、能源产业、新兴产业、现代服务业等,对于农业则强调“发展特色现代农业”,“优化农业区域布局,大力发展杂粮、干鲜果、设施蔬菜、草牧业、中药材等特色产品,推进农业产业化经营”^[26]。特色农业已进入省委省政府的视野,但急需寻找一个有效的抓手和主攻方向。

2016 年 12 月 1 日,功能农业领军人——中国科学技术大学尹雪斌博士受邀来到山西省政府,并作了功能农业专题报告,与省政府有关领导详细探讨了山西省发展功能农业的必要性和可行性,起草提交了《关于山西功能农业示范省建设的报告》,受到了省委省政府的高度重视。2016 年 12 月 29 至 31 日,中共山西省委十一届二次全体会议暨经济工作会议即指出,山西省要“在推进功能农业上实现重

大突破,把产品调特、品质调高、产业调强、结构调优”^[27]。此举标志着功能农业正式成为省政府推动下的农业发展方向。

2017 年山西省政府工作报告中进一步明确要“大力推进农业供给侧结构性改革。”“增加绿色优质农产品供给。加快发展功能农业,面向中高端市场,推进药食同源产品开发,大力发展保健食品等高附加值产品。”“推进农业科技创新。打造山西“农谷”,组建山西功能食品研究院,建设现代农业创新高地和功能农业示范区。^[28]”2017 年 6 月 6 日,山西省政府发文《山西省人民政府办公厅关于加快推进山西农谷建设的指导意见》,意见明确指出,“山西农谷”省级战略的主要目标就是“突出功能农业(食品)研发和高新技术产业化两大核心功能”,同时“依托我省特色农产品资源,以产品调特、品质调高、产业调强、结构调优为目标,大力发展功能农业、开发功能食品,加强新食品原料、药食同源产品的开发应用,挖掘一批高附加值的功能食品”;“积极培育功能农业和功能食品创新载体,建立山西功能农业和功能食品研究院”;“培养一批功能农业专业人才,吸引一批功能食品加工企业入驻,建设一批规模化、标准化的功能农业示范基地,打造国家功能农业综合示范区”将是农谷建设的重要内容^[29]。至此,功能农业与“山西农谷”省级战略相融合,正式成为全省农业发展的主要方向,为山西省特色农业发展提供了科技支撑。

在这样的时代背景下,如何针对山西省的立地条件发展功能农业,开展功能农业科学研究,将功能农业技术与山西省农业科学研究、产业开发有效融合,在思路和各方资源的配合上还不够明晰,但良好的政策环境已经为功能农业的蓬勃发展提供了广阔的沃土。

2 山西省功能农业研发进展

2017 年初,山西省以打造功能农业首个省级样板为目标,在全省范围内谋篇布局功能农业,并设立山西省重点研发计划重点项目和山西农谷建设科研专项项目两个省级项目,突出构建种、养、加相结合,产、学、研一体化的功能农业科技创新体制,并强调产业推广和示范。经过一年多的努力,目前山西省功能农业雏形初现,科研和产业发展思路渐渐明晰,未来功能农业发展将对山西农业产生深远的导向性影响。

2.1 研发项目概况

2.1.1 山西省重点研发计划重点项目 功能农业作为农业的新方向,在技术体系方面还未完全成熟,

对于不同省份、自然条件、农业基础而言,发展功能农业需要因地制宜。如何结合本土资源优势,提升农业效益和农产品质量,首先需要立足当地,突破功能农业技术瓶颈。

山西省重点研发计划重点项目由山西省科技厅主管,山西农业大学承担实施,项目名称为“山西功能农业共性关键技术研究与应用”(图 1)。该项目以功能产品开发为主线,联合 42 家合作单位,构建种、

养、加相结合,产、学、研一体化的功能农业科技创新体制。项目围绕山西省发展功能农业面临的共性关键技术,设置了 6 个课题,包括山西主要作物功能肥料和生物农药的研制与应用、功能主粮共性关键技术研究与应用、功能杂粮种质创新及关键技术研究与应用、功能果蔬共性关键技术研究与应用、健康功能畜产品生产技术研究与应用、山西省特色生物资源功能食品研发与利用。

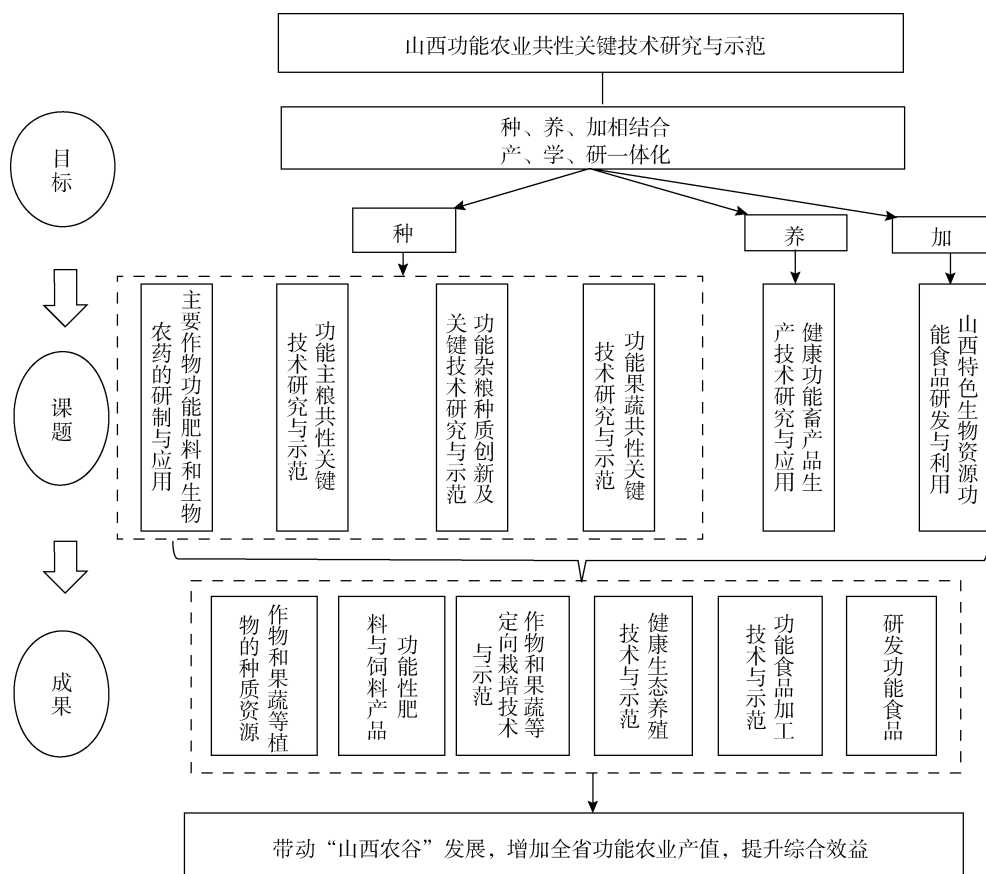


图 1 “山西功能农业共性关键技术研究与应用”项目的研究思路

Fig. 1 Project research strategy of ‘Research and Demonstration on Key Techniques of Functional Agriculture in Shanxi’

该课题设置基本覆盖了山西省现有的主杂粮、果蔬、畜产等特色农产品资源,从种植和养殖的生产源头开始,创新性地围绕产业链设置研究任务,目标是打造特色功能农产品,实现科研与产业的融合。这样的项目设置思路,为山西省开展功能农业研究提供了借鉴,即功能农业在山西省的发展,依托于山西省的特色农业资源和功能农业技术,但不局限于技术的研究,产业发展需要科研成果向产品的转化,最终依靠优质的农产品来体现。功能农业发展应是覆盖从科研至产品的全链条式运行机制,全面调动政府、科研单位、企业、农户的积极性,提升农产品附加值和价格,这样才能充分保障功能农业在山西省的落地生根。

2.1.2 山西农谷建设科研专项项目 山西农谷建

设科研专项“山西省主要功能作物产业技术研究与示范”项目(图 2)是立足“山西农谷”建设,以功能农业示范推广为主线,以山西农业大学优势团队为基础,联合中国科学技术大学苏州研究院、硒谷科技等合作单位,围绕农谷、功能农业两大要素,加速服务山西省主要功能作物产业发展。

该项目根据山西省不同生态区域土壤本底功能元素分布,形成作物功能区划,在功能元素富集区域强化功能作物生产;选育高类胡萝卜素谷子和高铁、锌含量的小麦新品系;明确山西省小麦、谷子、荞麦、藜麦、燕麦功能肥施用技术,集成功能主杂粮综合生产模式,并与地方合作建立试验示范基地;研发小麦功能化生产管理决策系统,开展功能作物生长全

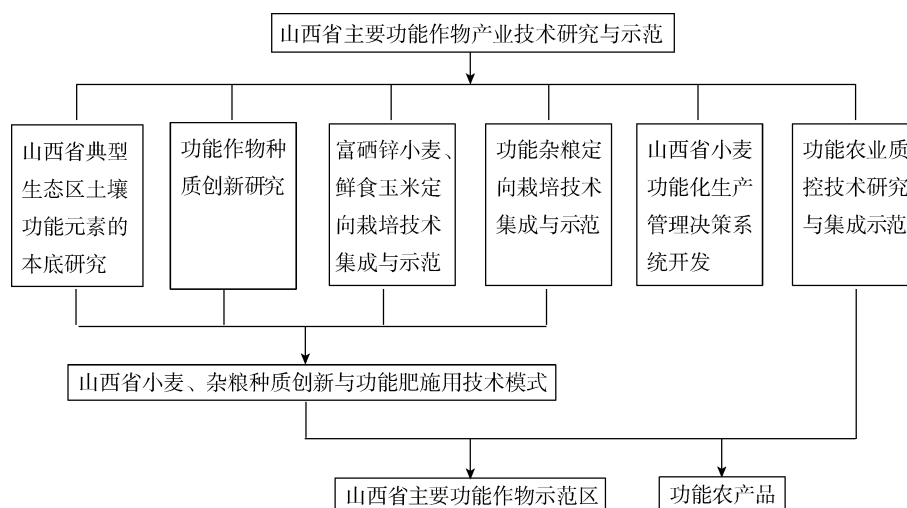


图2 “山西省主要功能作物产业技术与示范”项目的研究思路

Fig. 2 Project research strategy of ‘Research and Demonstration of Main Functional Crops Industry in Shanxi’

程监控管理系统、物联网实时采集和信息分析系统、产品溯源系统的建立及应用研究。

该项目以功能农业产业化为方向,依托农谷战略的整体思路,选择主杂粮作为功能农业技术研发的突破口,在全国范围内首先开展功能作物生产管理研究。通过功能营养强化专用肥施用技术示范推广,结合智慧化生产管理决策系统和物联网质控技术,建立标准化示范基地和功能农业地方标准,构建功能农产品品牌认证途径,为山西省功能作物生产示范打造样板,引领和支撑山西省功能农业和农谷建设,为功能农业发展提供技术和理论支持。

2.2 资源协同联动

山西省政府提出大力发展功能农业的战略部署后,山西省科技厅、农业厅、财政厅、粮食局等政府机构积极提供政策导向与扶持。科技厅设立功能农业重点研发计划项目,农业厅、粮食局也在之后的指导性政策中引导、鼓励功能农业产业开发;山西农业大学、山西省农业科学院等高等院校和科研院所整合已有的科研力量,凝练功能农业新方向,大力推进功能农业科研与示范;山西农谷为功能农业提供成果转化平台;山西沁州黄小米(集团)有限公司、太原六味斋实业有限公司等一大批省内农业龙头企业抢抓新的机遇,吸引功能农业新技术,创新生产方式和产品,提高产品附加值和竞争力。全省上下政、产、学、研各环节联动,调动多方资源,积极投身功能农业科研与产业开发。

2.3 研发平台建设

山西农业大学立足山西特色农业优势,抢抓功能农业新兴机遇,助推农业供给侧结构性改革,科技助

力“山西农谷”省级战略实施,于2017年4月5日组建山西功能农业研究院。研究院着重在功能农业新学科的人才培养、科技创新、社会服务3个方面,加快构建功能农业政、产、学、研、用相结合的创新服务体系。研究院聘请功能农业奠基人——中国科学院赵其国院士出任名誉院长,功能农业领军人——中国科学技术大学尹雪斌博士出任院长。同时,山西农业大学设立农学(功能农业方向)本科专业,于2017年9月招收本科生入学,成为全国首批功能农业专业本科生,开创了该领域人才培养的先河。研究院自成立以来受到学校、政府、社会的高度关注,目前已成为山西省功能农业信息资源输出平台、科研创新平台、人才培养平台,引领山西功能农业快速发展。

3 山西省功能农业展望

3.1 总体发展目标

山西自然条件独特,农业资源禀赋好,特色农产品资源优势明显,适合发展功能农业,也需要功能农业作为山西农业提质增效的有效抓手。山西发展功能农业,应以天然禀赋与资源优势为基础,将全省特色农产品作为功能农业的主要突破口,针对不同类型农产品实现从田间到产品车间的全产业链综合开发,最终构建种、养、加相结合,政、产、学、研有机融合的创新体系。

将功能农业与有机旱作农业技术相结合,产业开发重点集中于杂粮、畜牧、蔬菜、果业、中药材、酿造6大领域,依托汾河谷地、上党盆地、雁门关、太行山、吕梁山和城郊农业六大优势产业集群^[30],与山西农谷、雁门关农牧交错带示范区、运城农产品出

口平台 3 大省级战略有效融合,在全省范围内合理布局功能农业,实现横向 7 个要素(政府、产业、学校、研究单位、金融、用户、文化传播)聚集,纵向 8 个环节(研发、种植、养殖、加工、供应、销售、服务、互联网)联动的全方位功能农业产业。突出科技研发的重要性,并以点带面,培育一批功能农业龙头企业,打造一批功能农业领军品牌,进而建设一批功能农业示范县、示范市,实现与全国其他地区的差异化发展,助推农业供给侧结构性改革,将山西省建设为我国首个功能农业“省级样板”。

3.2 重点发展方向

3.2.1 加快功能农业创新平台建设 依托“山西农谷”省级战略,着重推动山西功能农业研究院与山西功能食品研究院两个科研中心的建设。开放吸收、整合山西农业大学、山西省农业科学院及其他高校、科研院所的研究力量,开展广泛深入的合作,推动山西功能农业协同创新体系建设,加强产、学、研互动,进一步搭建国家级功能农业科研平台,支撑山西功能农业产业高质量发展。

3.2.2 聚焦功能农业研发方向 在科技研发领域,主要围绕杂粮、畜牧、蔬菜、果业、中药材、酿造 6 大领域开展研究,兼顾小麦、玉米等主粮,结合“山西小米”战略,突出谷子研究。重点开展生物营养强化技术、分子生物育种技术、功能农业机械化成套技术开发、功能农产品加工、营养代谢组学等方面研究,结合山西特色优势,提高功能农业产业科技含量,并注重成果转化、人才聚集与培养。

3.2.3 积极开展产业规划,创建功能农业示范基地 综合考虑自然禀赋优势、产业基础与产业链布局,结合全省已确定的 6 大优势产业集群(汾河谷地、上党盆地、雁门关、太行山、吕梁山和城郊农业)和 3 大省级战略(山西农谷、雁门关农牧交错带示范区、运城农产品出口平台),对重点市、县开展功能农业产业规划,确立发展重点与目标。特别是针对杂粮、干鲜果蔬、药食同源道地药材等,选择基础好、产业链长、积极性高的地区,依托当地龙头企业建设示范基地。

3.2.4 加快功能农业标准制定 设立山西农业标准化技术委员会功能农业分会,组织专家,科学制定各类功能农产品生产、加工等地方标准和认证标准,逐步构建功能农产品标准体系,为产品开发提供标准依据。着力构建省、市两级功能农产品检测认证中心,探索开展功能农产品认证工作,引导企业树立质量意识和诚信意识,为消费者提供安全、放心产品,规范

市场秩序,促进功能农业产业健康发展。

3.2.5 打造功能农业知名品牌,加强产销对接 强化品牌意识,注重培育龙头企业,坚持走功能农业产业化开发道路,着力扶持企业以设立专柜、专营店等方式,建立功能产品营销网络,对接京东、天猫等知名电商平台,推进“功能农业+互联网”,培育功能产品信誉市场,大力推动生产、加工、销售一体化经营,鼓励企业与高校、科研院所开展合作,加快开发一批高附加值的功能农业特色粮食、经作、畜牧农产品,尽快打造出具有全国知名度的“单品冠军”。

3.2.6 开设功能农业高级研修班,加强基层技能培训 选择一批省级以上龙头企业主要负责人、各市县农业主管领导和农业技术人员,每年定期组织功能农业高级研修班、技能培训班,讲解功能农业技术,传播功能农业、功能食品产业的先进理念。同时选取一批功能农业发展较好的企业,采取课堂教学、互动研讨与参观考察相结合的方式,通过培训让参训人员丰富理论知识,开阔眼界,拓宽思维,明确发展方向,为山西功能农业产业发展培育优秀的一线人才。

3.2.7 支持功能农业“走出去” 对接“一带一路”等国家战略,将山西省的功能农业科技、产品推介到其他地区和国家。支持省内各科研平台、企业与国内、国际各类组织机构开展合作、交流,举办高水平论坛,依托山西省功能农业信息资源建立功能农业国家智库,扩大山西省功能农业的影响力。

参考文献:

- [1] 赵其国,尹雪斌. 功能农业[M]. 北京:科学出版社, 2016: 9
- [2] 崔睿. 山西省现代农业发展分析及对策建议[D]. 武汉:武汉轻工大学, 2016
- [3] 倪志巍. 山西省小杂粮产业现状与发展对策[D]. 山西太谷:山西农业大学, 2016
- [4] 贾璟琪,李富忠. 山西省功能农业发展研究[J]. 农业网络信息, 2017(7): 85-87
- [5] 韩道宽,张仲伍. 黄土高原地区高标准基本农田建设存在的问题与对策——以山西省浮山县为例[J]. 安徽农业科学, 2016, 44 (25): 181-182, 185
- [6] 姚高宽,段鹏. 山西省粮食安全现状与对策研究[J]. 中国粮食经济, 2009(3): 53-59
- [7] 赵乾坤. 山西省水土保持功能分区及生态脆弱性评价[D]. 山东泰安:山东农业大学, 2014
- [8] 林松. 山西省数字地貌特征提取与空间分析[D]. 太原:太原理工大学, 2009
- [9] 李超,张凤荣,王秀丽,等. 土壤系统分类中土壤水热状况的确定方法及应用研究——以山西省为例[J]. 土壤, 2017, 49(1): 177-183

- [10] 席承藩. 山西省盐渍土的类型及其改良途径[J]. 土壤学报, 1964 (4): 401–410
- [11] 吴志宏. 山西省农业结构调整与区域特色农业发展对策研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2005
- [12] 中华人民共和国水利部. 2016 年中国水资源公报 [EB/OL]. (2016-07-11). http://www.mwr.gov.cn/sj/tjgb/szygb/201707/t20170711_955305.html
- [13] 山西省国土资源厅. 山西省土地资源概况 [EB/OL]. (2012-07-05). <http://www.shanxilr.gov.cn/Article/ShowArticle.asp?ArticleID=372>
- [14] 山西省国土资源厅科技处. 山西省土地资源概况 [EB/OL]. (2017-06-13). <http://www.shanxilr.gov.cn/Article/ShowArticle.asp?ArticleID=44690>
- [15] 武甲斐. 山西省转变农业发展方式问题研究[D]. 石河子: 石河子大学, 2017
- [16] 袁博. 近代中国水文化的历史考察[D]. 济南: 山东师范大学, 2014
- [17] 山西省农业厅. 山西省杂粮产业振兴规划(2013 年–2015 年)[J]. 农业技术与装备, 2013 (1): 19–25
- [18] 崔霞. 山西做强做优小杂粮产业的路径思考[J]. 中共山西省委党校学报, 2018, 41(2): 67–71
- [19] 高文星. 山西省畜牧业经济增长方式转变研究[D]. 太谷: 山西农业大学, 2014
- [20] 山西省统计局. 山西省 2017 年国民经济和社会发展统计公报 [EB/OL]. (2018-03-12). http://www.shanxi.gov.cn/sj/tjgb/201803/t20180312_400994.shtml
- [21] 苏国贤. 山西省蔬菜产业竞争力研究[J]. 山西农经, 2009 (4): 30–33
- [22] 郝艳龙. 山西蔬菜良种产业化现状与可持续发展的策略研究[D]. 山西太谷: 山西农业大学, 2016
- [23] 樊军, 胡波. 黄土高原果业发展对区域环境的影响与对策[J]. 中国农学通报, 2005(11): 355–359
- [24] 李晓霞. 山西中药材产业发展现状及提升措施[J]. 山西农业科学, 2012, 40(12): 1311–1314
- [25] 畅红周, 郝登明, 孟治军. 山西省酿造产业现状及发展思路[J]. 山西农经, 2012(5): 44–48
- [26] 山西省人民政府办公厅. 2016 年山西省政府工作报告 [EB/OL]. (2016-02-03). http://www.shanxi.gov.cn/szf/zfg-zbg/szfzbg/201602/t20160203_116090.shtml
- [27] 杨文. 中共山西省委十一届二次全体会议暨经济工作会议在太原召开 [EB/OL]. (2017-02-15). <http://cpc.people.com.cn/n1/2017/0215/c187708-29083236.html>
- [28] 山西省人民政府办公厅. 2017 年山西省政府工作报告 [EB/OL]. (2017-01-23). http://www.shanxi.gov.cn/szf/zfg-zbg/szfzbg/201701/t20170123_278947.shtml
- [29] 山西省人民政府办公厅. 山西省人民政府办公厅关于加快推进山西农谷建设的指导意见 [EB/OL]. (2017-06-06). http://www.shanxigov.cn/sxszfxxgk/sxsrmzfczcbm/sxszfzbg/flfg_7203/bgtgfwj_7206/201706/t20170606_305280.shtml
- [30] 山西省农业厅办公室. 全省农业工作会议召开 [EB/OL]. (2018-03-02). http://www.sxnyt.gov.cn/sndt/nyyw/201803/t20180302_469971.html

Research Background, Progress, and Outlook of Functional Agriculture in Shanxi Province

HOU Feifan¹, SUN Min¹, GAO Zhiqiang¹, YIN Xuebin^{1, 2*}

(1 Shanxi Institute for Functional Agriculture, Shanxi Agricultural University, Taigu, Shanxi 030801, China; 2 Key Laboratory for Functional Agriculture, Suzhou Institute for Advanced Study, University of Science and Technology of China, Suzhou, Jiangsu 215123, China)

Abstract: This paper introduced the research background of functional agriculture in Shanxi Province from the aspects of agricultural foundation, the development demand and proposing course of functional agriculture. The ideas for conducting research and industry development of functional agriculture in Shanxi Province were analyzed by taking two key research and development programs as the cases, that is realizing the organic combination of the government, enterprises, universities and research institutes based on the preponderant native agricultural resources, meanwhile paying attentions to the whole-chain research and development from raw materials to functional agricultural products. Additionally, the general development goals and main directions of future functional agriculture in Shanxi Province were also pointed out in this paper.

Key words: Shanxi Province; Functional agriculture; Research background; Research progress; Outlook