



王小芬, 高游慧, 郑泽慧, 陈春虹, 徐鹏举, 胡跃高. 论县域低成本高质量有机农业技术推广 131 模式[J]. 中国农业大学学报, 2024, 29(06): 49-59.
WANG Xiaofen, GAO Youhui, ZHENG zehui, CHEN Chunhong, XU Pengju, HU Yaogao. Discussion on the 131 model of low cost and high quality organic agriculture technology promotion in the county area[J]. *Journal of China Agricultural University*, 2024, 29(06): 49-59.
DOI: 10.11841/j.issn.1007-4333.2024.06.06

论县域低成本高质量有机农业技术推广 131 模式

王小芬¹ 高游慧¹ 郑泽慧² 陈春虹³ 徐鹏举⁴ 胡跃高¹

- (1. 中国农业大学 农学院, 北京 100193;
2. 齐鲁工业大学(山东省科学院) 生物研究所, 济南 250103;
3. 义源(上海)节能环保科技有限公司, 上海 200083;
4. 山西省大同市灵丘县农业农村局, 山西 灵丘 034400)

摘要 工业文明历经 400 年发展, 在工业化、城市化为主导的模式下, 世界在积累大量物质财富的同时, 逐渐走向不可可持续发展的危机之中。在习近平总书记“两山论”及国家乡村振兴战略背景下, 有机生态发展成为我国农业及乡村建设的大方向。本研究从当前有机农业发展及技术推广、落地所面临的困境问题出发, 以山西灵丘县域有机农业推广为典型案例, 从技术体系、推广模式等方面来论述县域低成本高质量有机农业技术推广 131 模式。131 模式将以农用酵素、酵素堆肥、水肥全循环为技术体系的有机农业技术下沉到农村一线, 降本增效, 构建基于土壤-微生物-植物-人的健康种养循环生态链, 形成物质和能量高效循环的有机农业, 为未来农业科学技术的推广落地提供重要发展方向。

关键词 有机农业; 县域; 低成本高质量; 推广模式; 微生物工厂

中图分类号 S345 文章编号 1007-4333(2024)06-0049-11 文献标志码 A

Discussion on the 131 model of low cost and high quality organic agriculture technology promotion in the county area

WANG Xiaofen¹, GAO Youhui¹, ZHENG Zehui², CHEN Chunhong³, XU Pengju⁴, HU Yaogao¹

- (1. College of Agronomy and Biotechnology, China Agricultural University, Beijing 100193, China;
2. Biology Institute, Qilu University of Technology(Shandong Academy of Sciences), Jinan 250103, China;
3. Yiyuan Energy Conservation and Environmental Protection Technology Co., Ltd., Shanghai 200083, China;
4. Lingqiu County Bureau of Agriculture and Rural Affairs, Datong City, Shanxi Province, Lingqiu 034400, China)

Abstract Industrial civilization has gone through 400 years of development, and under the dominant model of industrialization and urbanization, the world is gradually moving towards the crisis of unsustainable development while accumulating a large amount of material wealth. Under the background of general secretary Xi Jinping's 'two mountains theory' and the national rural revitalization strategy, organic ecological development has become the general direction of China's agriculture and rural construction. In face of the difficulties existed in the current development of organic agriculture and technology promotion, from the perspectives of technical system, promotion mode, etc. the 131 model of low cost and high quality organic agriculture technology promotion in the county area is discussed by taking organic agriculture promotion in Lingqiu County, Shanxi Province. Through the 131 model, the organic agriculture technology with agricultural Jiaosu, Jiaosu composting, and full cycle of water and fertilizer as the

technical system are put in the rural front line aiming to reduce costs and increase efficiency, build a healthy planting and raising cycle ecological chain based on soil-microorganisms-plants and human beings, and form an organic agriculture with highly efficient circulation of material and energy. This study will provide an important development direction for the promotion of agricultural science and technology in the future.

Keywords organic agriculture; county; low cost-high quality; promotion model; microbial factory

近40年现代农业以“高产”为目标,以化肥农药为投入品,为提高产量不惜破坏土地,竭泽而渔的行为破坏了土壤、水体和人类赖以生存的环境^[1]。土壤及种植环节的不健康,导致农产品不健康,而人们追求健康,则必须从土壤及种植环节健康开始,从生态环境健康开始。有机农业在中国发展30余年,已取得了长足进步,但也面临产量低、成本高、农产品品相差、市场信任缺失以及消费者认知存在误区等挑战^[2]。本研究针对以上问题在基层一线进行试验和推广,将现代科学技术与农耕文明思想结合,将废弃物资源循环和农田生产结合,以降低农业生产成本,激发农民生产积极性为出发点,在县域有机农业建设的背景下,提出了县域低成本高质量有机农业技术推广131模式,为我国有机农业的落地实践提供可行性策略及方案。

1 我国农业技术与推广现存问题

1.1 高资源投入、高环境代价的农业技术体系向可持续发展转变问题

在过去几十年里,绿色革命挽救了发展中国家数百万人的生命,然而,因大量或不合理地使用化肥、农药等化学投入品造成了土壤退化、环境污染、水资源短缺等问题^[3]。如图1所示,目前,农业投入品成本高、质量差、环境深层污染等已成为种植业、养殖业的难题。特别是种养循环分离和农业生态循环链的断裂,产生大量剩余物未被利用,很大程度上造成了废弃物积累、浪费和污染,导致农田质量下降,农产品品质及安全无法保障,进而影响人类健康。造成农业面源污染等诸多问题的原因是农田生态链的断裂,而每个断裂点都会出现“污染物”。同时,现代的耕地掠夺经营方式在农业生产中也造成了不良后果,主要表现在耕地质量退化非

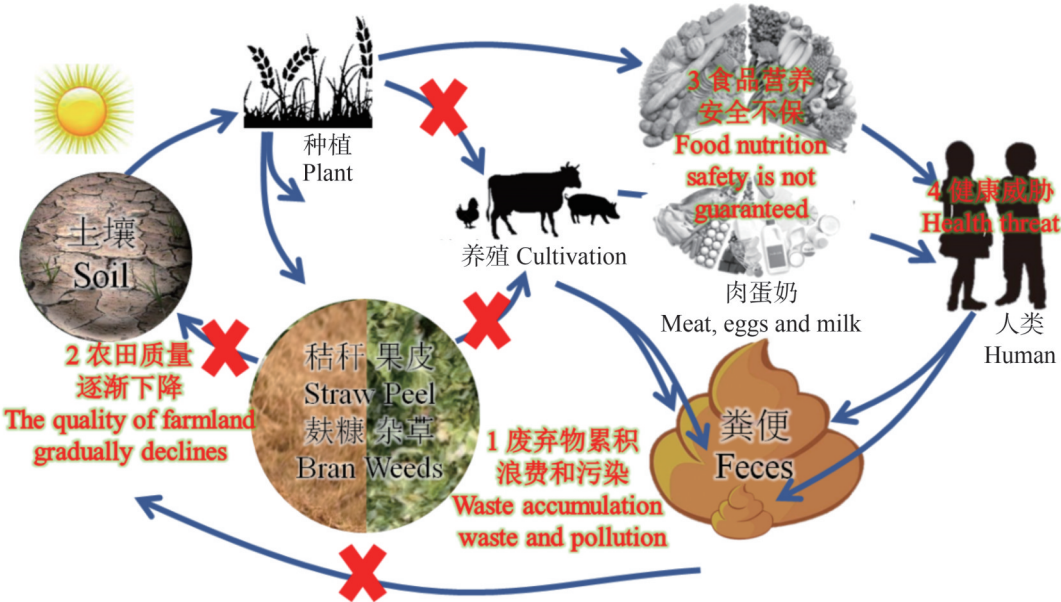


图1 种养分离、功能分化的现代农业带来的不良后果示意图

Fig. 1 Schematic diagram of the adverse consequences brought by modern agriculture with separation of planting and breeding and functional differentiation

常严重。例如：酸化严重，肥料利用率下降，作物营养元素吸收不良，严重影响到了农产品的产量和质量；次生盐渍化也较严重；连作障碍、沙化、潜育化、抗生素、重金属、有害元素、有机物污染等，造成土壤生物多样性的改变；耕层浅化、板结问题突出，全国耕层 $<20\text{ cm}$ 的耕地面积占比超过70%；土壤的核心——有机质含量逐年降低，局部地区急剧下降，耕地肥力发挥受到限制，严重影响粮食安全和农产品质量安全。面对当前农业系统运行的高资源利用和高环境成本的巨大挑战，迫切需要将高资源投入、高环境代价的农业生产转变为可持续发展的模式。

1.2 农业废弃物积累，难以循环利用问题

秸秆和粪便等农业废弃物资源的循环利用是目前我国农村基层面临的重大问题，由于基层缺乏实用技术，导致政府在实施中遇到许多棘手的挑战，即消耗了财力却达不到预期效果^[4]。同时，随着城市化率迅速提高，更多的人生活在中国城市，日常饮食产生的有机垃圾含有大量植物和土壤所需的微量元素、有机质及蛋白质，这些物质返还土壤对植物是生态安全且容易吸收的。基于我国人多地少、农田复种率高的国情，西方的废弃物资源处理技术并不适合中国式现代化的发展。因此，需要有一套

我国农民能够接受、便于推行的科学技术体系来服务农业生产，从而激发土地巨大的能量，实现增产增收、可持续发展。

我国数千年农耕文明发展中保持农田地力长盛不衰，源于祖先对粪肥的循环利用^[5]。如图2所示，在种养结合传统农业文明时代，人们遵循自然循环规律，将有机物合理优化配置，乡村没有垃圾。人们将秸秆、畜禽粪便、人粪尿等有机物质通过“肥水不流外人田”的方式最终返还到农田中，这是我国劳动人民智慧的结晶。进入工业文明时代后，现代农业单纯追求产量利益，导致农田生态系统与环境系统受到污染破坏。从前被农民视为宝贝的秸秆、粪便等资源，有了一个叫“废弃物”的新名字，出现了“废弃物资源利用”学科，其研究主要聚焦于将“废弃物资源”进行无害化处理，利用农田消纳“废弃物”。如图3所示，在生态文明时期，农业系统建设的思维应摒弃农田消纳“废弃物”的观念，从农田生态系统出发，根据农业生产的需要将资源变废为宝，转化为农业的绿色投入品，将养分循环、回归土壤。充分依托农田生态学和微生物工程技术，将大量存在于城市和乡村的秸秆、畜禽粪便等废弃物资源转化为低成本高质量的绿色投入品，创建新型的“肥水不流外人田”工程，让养分“科学”还田。因

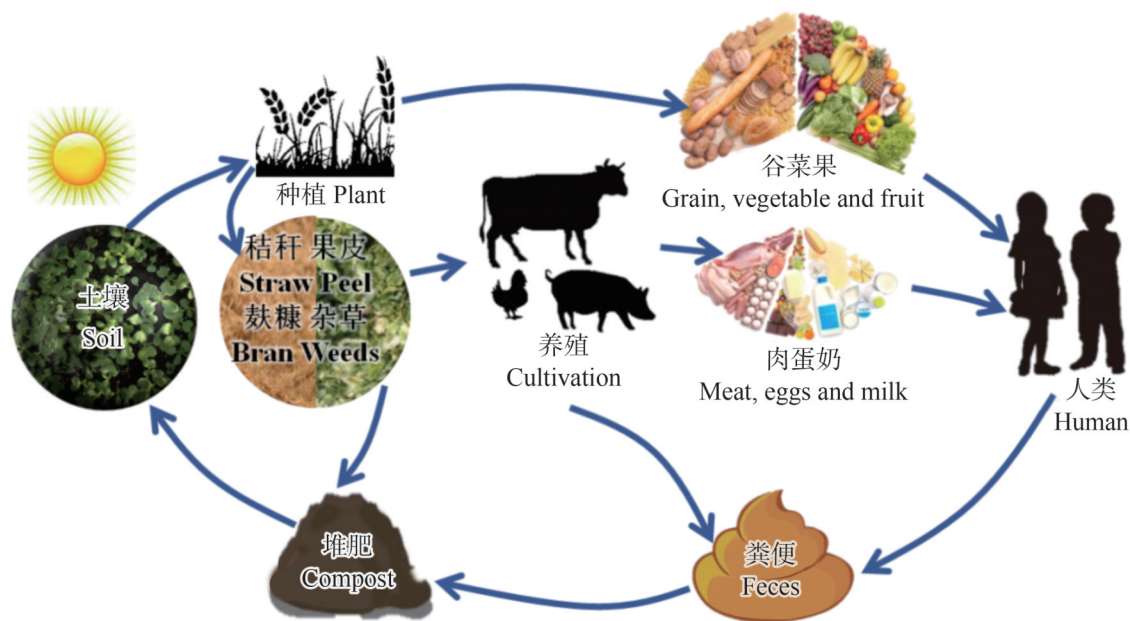


图2 种养结合、农牧循环传统农业闭环循环示意图

Fig. 2 Schematic diagram of the closed chain cycle formed by the combination of planting and breeding, and the circulation of agriculture and animal husbandry in traditional agriculture

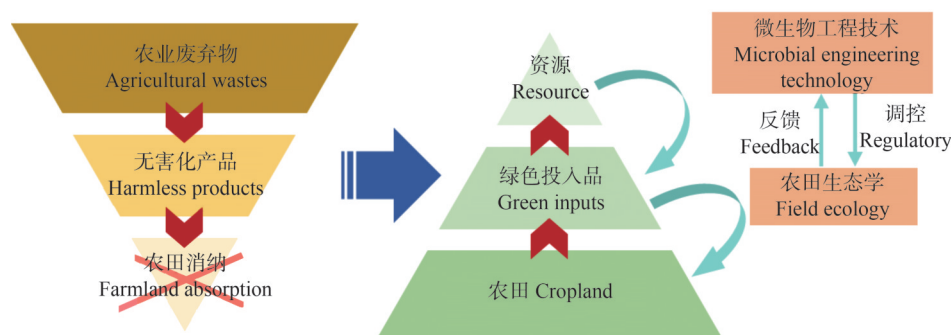


图3 农业系统建设思维转变示意图

Fig. 3 Schematic diagram of the transformation of thinking in agricultural system construction

此,生态文明时期需要解决的科学问题是如何将大量存在于城市和乡村的“废弃物”以正确的方式返还土壤,促进土壤健康、养分循环。中国式农业现代化要吸取传统农耕文明精华,将断裂的生态链闭合形成全域生物资源循环,建立微生物工程支撑的全产业链种养循环农田生态系统,从源头解决化肥农药减量增效、畜禽养殖污染治理、秸秆综合利用、恢复土壤健康、提高农产品品质的问题,是解决农业面源污染的根本途径。

1.3 科技与实践脱节、转化推广难问题

农业科技工作者是生态文明时代乡村建设的先锋队,乡村振兴战略要求现代农业科技者深入农业生产一线,充分了解我国农业发展及农民的需求,从农民的利益和实际需求出发,实事求是,从基层学习、充分实践,在一线实践中挖掘民间智慧,形成一套实用的、科学的农业生产技术体系^[6]。农业科技工作者链接城乡两端,在乡村端通过各级农业系统分步骤有组织的对农民进行技术培训;在城市端链接基层工作和科普宣传,达到全社会的共识,实现全民科学素养的提高。如果农业科技工作能够面向乡村,将民间实用技术的作用机制和原理研究透彻,科技与实践脱节的难题将迎刃而解。同时,农业科技工作者在科技推广过程中还应针对县、乡、村等不同的特点开展不同的推广模式,并且要重视与企业、合作社、村集体的合作及技术转化落地,将科研和教学与产业需求紧密联系,实现基层-高校-产业有机链接,形成产、学、研、用协同发展的创新机制,化解科技与实践脱节、科技转化难的棘手问题^[7]。生态文明时代,唯有真正符合农民需求的技术才能得到广泛推广和应用,进而实现利益最大化,科学技术才能走向以人为本,以生态为本。

2 县域是我国农业技术推广的重要突破口

“郡县治,天下安”。县域作为我国经济社会发展的基本单元,在农业发展、城乡融合及乡村振兴中占据着重要地位。中央和省级区域对农业发展往往仅提供政策支持和研究,而城镇、村级区域范围较小,可以调动的资源较差,很难统筹农业可持续发展^[8]。县域则起到承上启下的作用,其要素完整,功能齐全,辖区内差异化较小,拥有链接城乡的区位优势和资源禀赋。县域的特点就是既接“天气”又接“地气”,既能够将上级的政策落实转化为生产力,又能够统筹规划全县域所有乡镇、村庄的发展,带动农民增收致富和经济、社会的可持续^[9]。县域的发展水平上来了,全国的发展水平也就能达到新的高度;县域的农业发展问题解决了,全国的农业发展问题也就能迎刃而解。由此可见,县域在我国农业农村发展及建设中是重要的发展点和突破口。因此,我国的农业技术推广应以县域为切入点,将县城作为纽带和突破口,整合政策和资源,畅通城乡要素,促进乡镇及村庄农业高质量发展,进而达到农业科技推广落实的效果。

在县域进行有机农业技术推广工作时,首先要紧抓人才、资源、技术等要素。县域不仅要充分发挥优势,联合高校、研究院等科技型人才,整合县级、乡级、村级技术推广型人才,实现科技成果从一传手到二传手的有效衔接,而且要充分吸收、积极争取中央、省级的优惠政策和资源,紧密关注乡镇、村庄农业发展的需求,下放资源,对接资源。县域也应作为技术推广的中坚力量,培养县级技术推广人才,担当好高校、科研院所与乡镇、村级科技推广与传播的衔接桥梁。县域有机生产建设应与当地

生态环境治理一起统筹,积极探索优质高产高效、生物多样性、生态循环与绿色低碳的可持续发展道路与技术。建立县域有机农产品生产标准体系,增加有机农产品的公信力,并不断开拓有机农产品产销对接模式,为县域有机农业低成本高质量可持续发展打造品牌、开拓市场。

3 县域低成本高质量有机农业技术推广131模式

欧美有机农业探索道路已有100年左右的历史,我国导入有机农业也有30多年。但迄今为止世界有机农业规模不足种植总量的5%^[10],这一事实表明有机农业发展面临巨大的建设任务和问题。一方面要看到欧美有机农业发展的长处,如质量标准化、数字量化、机械电子化、技术规范化的,另一方面也要看到我国传统农业文明的优势所在,将两者长处结合,弥补短处,走出一条适合自己的发展道路。县域低成本高质量有机农业技术推广131模式针对我国农业技术及推广现存的问题,从县域着眼、从村庄入手,采用整体性与可操作性相结合的

方式,既解决技术创新问题,又解决经营组织管理问题,此模式对于从根本上解决农业废弃物资源利用、有机投入品成本高质量差、科技难以落地推广等问题具有重要意义。

3.1 县域低成本高质量有机农业技术推广131模式的定义及概念

县域低成本高质量有机农业技术推广131模式是根据县、乡、村的发展现状及资源特点,在大量有机农业技术推广实践中总结而成。131是指1个微生物工厂,县乡村3级有机肥生产体系和1个一体化有机农业全域循环技术标准示范基地。县域低成本高质量有机农业技术推广131模式是指,以微生物工程技术为核心,以低成本高质量为目标,在县域层面建设1个微生物工厂,在县、乡、村3级建设有机肥生产体系,以及一体化有机农业生态循环标准示范基地建设,在县域内整体推进有机农业技术的模式。如图4所示,微生物工厂是指具有能够生产可用于饲料、肥料、生物农药等领域微生物菌剂的功能,能够适应农业高质量发展转型期的、维护肥料-土壤-作物-动物-人的健康生态链的微生物



图4 县域低成本高质量有机农业技术推广131模式示意图

Fig. 4 Schematic diagram of the 131 model of low cost and high quality organic agriculture technology promotion in the county area

发酵方式。其特点是低成本运营、通过微生物生态系统保障功能稳定,能够为乡镇与村级肥料生产、农用酵素生产提供微生物菌种。县、乡、村3级有机肥生产体系是指以资源转化技术为抓手,在县级结合大型养殖企业建立有机肥生产运营中心,在乡级联合志同道合的企业、乡镇政府、有机合作社、家庭农场等构建区域性循环模式,将废弃资源转化为生物肥料,形成“资源中心+农户”的模式,农民提供废弃物,并可换回有机肥。在村级农户或农场可就地变废为宝、化害为利,降低生产及运输成本,自主生产生物有机肥。一体化有机农业生态循环标准示范基地是集中展示有机农业全域循环技术,形成生产示范标准、数据支持及特色品牌的生产示范基地。

3.2 微生物工程技术是有机农业生产的关键技术

微生物广泛分布于土壤、空气、水源、人体中,并与农业息息相关,它们可以影响土壤结构、调节植物激素水平、控制农业病害、提高植物抗逆性等^[11]。微生物是一个关乎土壤肥力和植物生长的发动机,如何通过系统工程为环境中有益微生物创造出适合的生长条件,使有益微生物形成稳定的菌

群是微生物工程的关键技术。因此,近年来人们逐渐关注微生物在农业中的应用。如图5所示,农用微生物的研究可以分为个体研究、群体研究和生态研究3个阶段。在农用微生物研究初级阶段,大多数是通过培养基筛选可培养的单一菌株,获取功能性菌株应用于实际生产中,例如常见的枯草芽孢杆菌、木霉菌等^[12]。但是,单一菌株在环境中的功能稳定性难以达到预期效果。后来,研究者们发现微生物复合菌系的作用效果优于单一菌株,便通过连续培养及功能验证的方式获取稳定的组合混合菌或者是复合菌系。第二代微生物技术比第一代微生物技术更注重菌种功能,但该项技术依托价格昂贵的蛋白胨、酵母粉为培养基,菌种培养条件和自然界差别大,导致在自然环境中仍然面临存活率低、稳定性差的问题^[13]。第三代微生物技术以天然培养基筛选有益微生物及其次级代谢产物获得复杂而又稳定的微生物生态系统为目标,随着分子技术的发展和进步,可通过高通量手段研究微生物生态群落结构的特点。因此,通过自然发酵的方式获取功能稳定的微生物生态系统(如农用酵素、沼液、堆肥等)成为农用微生物的研究热点,

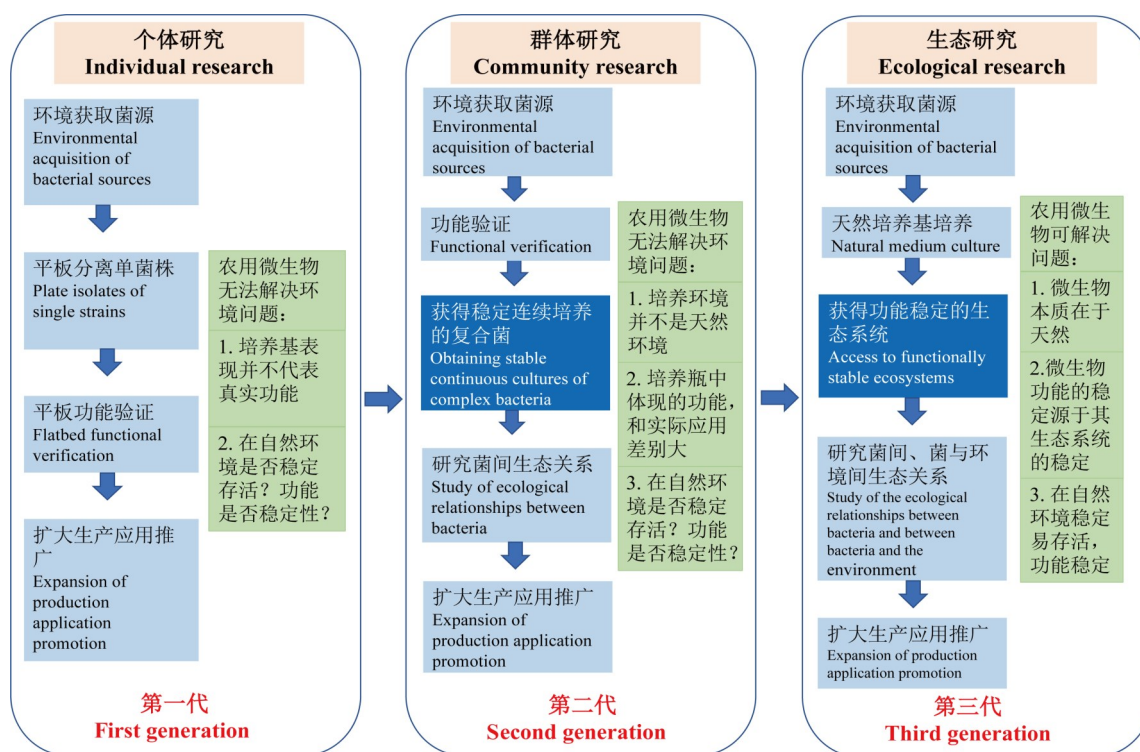


图5 农用微生物技术发展示意图

Fig. 5 Schematic diagram of agricultural microbial technology development

也成为解决筛选菌剂难以适应环境、功能不稳定等瓶颈问题的有效方法^[14]。通过自然发酵的方式,既不需要昂贵的设备,培养基又来自于有机资源,因此可以最大程度地实现低成本高质量、产品稳定高效。

3.3 县域低成本高质量有机农业技术推广131模式中的三大微生物发酵关键技术

如图6所示,县域低成本高质量有机农业技术体系是通过微生物工程技术链接资源转化调控和土壤生态的反馈,将厌氧发酵、酵素发酵、堆肥发酵等微

生物工程技术链接,构建区域内的种养循环模式,将区域内有机物通过微生物工程实现物质和能量的高效转化,构建起基于土壤-微生物-植物-动物-人的健康种养循环农业生态循环系统。在该系统中,主要以“农用酵素、生物有机肥、水肥全循环”三大关键技术为依托,将秸秆、畜禽粪便、人粪尿等资源转化为优质肥料,再与有机种植结合,获得高品质农产品。既实现了农用废弃物的低成本、高质量循环利用,又能通过131模式进行推广,两者结合,能够彻底解决环境污染与土壤污染问题,让农民获得经济实惠。

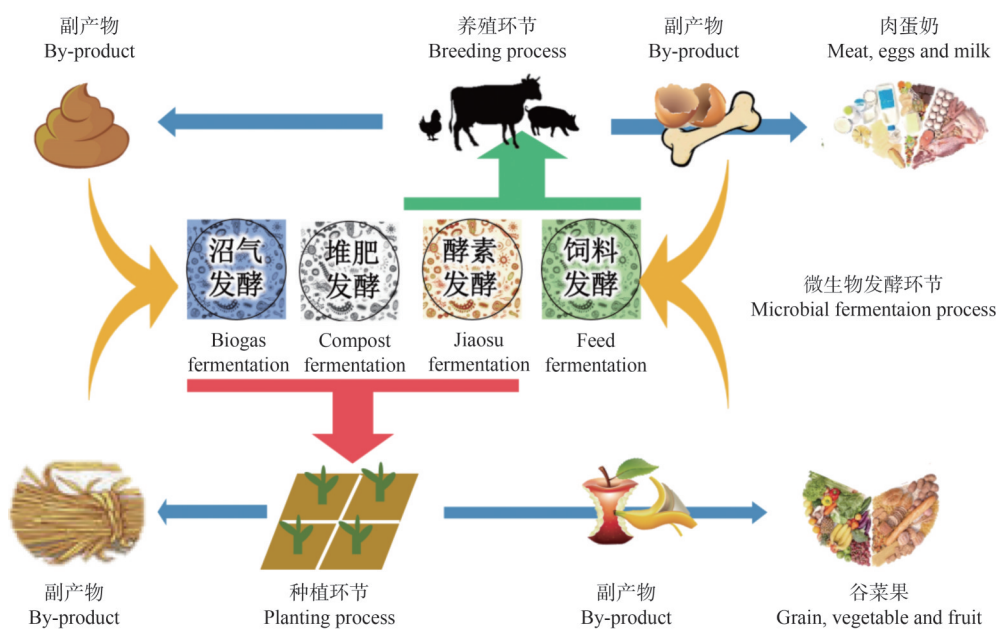


图6 利用微生物工程构建有机农业技术新模式

Fig. 6 Constructing a new model of organic agriculture technology through microbial engineering

3.3.1 农用酵素技术

农用酵素是一种利用废弃果蔬、中药材、餐厨等废弃物发酵而成的富含有益微生物、养分、有机酸、代谢活性物质的微生物生态系统。该项技术来自于民间,广泛应用于民间,是一项成本低、可操作性强,可以变废为宝的实用技术,是生态文明时期的一项全民科学技术。研究表明农用酵素具有促进植物生长、增加作物产量、防病抑菌、改良土壤、减少重金属积累等多重生态效应,在改善环境质量、处理污水污泥、改善堆肥质量、生物催化、溶解污泥、处理废水等方面具有较大的应用潜力^[15]。农用酵素富含大量有机酸和有益微生物,可与堆肥和沼气工程联合发酵,调节系统平衡,促进腐熟,减小

氮损失^[16]。将农用酵素与沼气发酵和堆肥发酵联合可以改善沼液和堆肥的农艺性状^[17]。农用酵素技术有利于构建一个良性、有机的种养循环生态系统,是便于在城乡推行的新兴实用技术。

3.3.2 酵素有机肥技术

酵素有机肥技术指农用酵素与主要以动植物残体(如畜禽粪便、农作物秸秆等)为来源的有机物料共发酵而成的一类兼具微生物肥料和有机肥效应的高品质酵素有机肥。陈代涛^[16]研究表明,通过在堆肥中添加农用酵素,可促进堆肥腐熟,有机肥氮含量提升31.4%,氮损失减少26.8%,温室气体排放减少5%。大量的实践证明,酵素堆肥产品生产成本低,促进作物生长效果显著,农民接受度高。

此外,通过131模式技术推广,从源头低成本高品质解决秸秆和畜禽粪污问题,变废为宝,为推进生态环境治理、培肥土壤提供了重要技术支撑。

3.3.3 水肥全循环技术

水肥全循环技术主要是针对农村厕所卫生条件差、粪污无害化水平低等缺陷和有机旱作缺水、缺肥等痛点,将有机农业与厕所革命相结合,将人粪尿、生活排水和农业生产中的果蔬废弃物全部利用,发酵成生物液体有机肥料,实现“肥水不流外人田”,有效促进资源循环,培肥土壤,减少农药和化肥的施用,提高农产品的品质和产量,增加农民收入,在广大农村地区具有重要推广意义^[17]。该项技术具有将农业有机废弃物和厕所人粪尿通过农用酵素发酵工艺转化为高质量有机肥料的特点;一杯水®厕所的高效节水性能,使人粪尿高度浓缩,让后期发酵为有机肥料成为可能;微生物工厂将厕所人粪尿资源转化,结合有机农业,实现农场零废弃;全系统具有节能、环保、低碳、运维费用低等优点。

综上,县域低成本高质量有机农业技术推广131模式是集生态、社会和经济三效益相统一的农业生产新体系及推广模式,具有以下优势:第一,解决了资源高值转化利用、农业面源污染问题,有助于恢复土壤健康和农产品品质,达到生态效益;第二,解决了生物防控剂、有机肥等有机生产投入品昂贵问题,大量农用废弃物资源变废为宝,推动了新型生物肥料产业、环境工程产业及关联产业的发展,具有直接的经济效益;第三,促进以乡村振兴为中心的社财富大量增加,增加农民的就业岗位和收入,推动社会经济向更高水平发展,为县域有机农业建设奠定良好的社会基础。

4 县域有机农业技术推广131模式灵丘县实践案例

目前,该模式已经在山西省大同市灵丘县落地实践,正式运行。灵丘县与中国农业大学已有10年的校地合作基础,而位于灵丘县东河南镇清泥涧村的田脊梁专业种养合作社现有生产基地80 hm²,每年需要有机肥上万吨,同时合作社公厕采用传统旱厕,卫生和无害化水平低。在综合考虑合作社厕所状况和基地对有机肥的需求缺口后,经过全面调研和考察,与灵丘县政府充分论证后,决定将该县级

微生物工厂落地清泥涧村。其中,农用酵素微生物工厂和水肥一体化全循环示范工程由中国农业大学和义源(上海)节能环保科技有限公司联合提供整套技术方案,并由清泥涧村集体及田脊梁有机合作社运营。目前,微生物工厂可利用大量果蔬废弃物通过批次发酵制作富含酸性物质、多糖、多酚和有益微生物菌群的农用酵素,年产酵素菌种达60 t。如图7所示,微生物工厂可以向全县11个乡镇生物有机肥生产及有机农业示范基地提供微生物菌剂,完全能够满足全县生物菌剂的需求。

田脊梁合作社有机生产中,酵素有机肥的制作成本仅需60元/t,与常规有机肥或化肥相比,肥料投入成本降低40%~75%。2023年,有机谷子产量比普通有机种植提高8.1%,蛋白质含量提升4%,赖氨酸含量提升7%,加工产品销售单价达到40元/kg;有机玉米产量达13 500 kg/hm²,较常规化肥种植玉米产量提高了2 250~4 500 kg/hm²;有机大豆产量高达3 750 kg/hm²,蛋白质含量提升了7.42%,较常规化肥种植产量提高了21.47%,在山西省“神农科技杯”大豆高产竞赛中荣获第一名。田脊梁合作社的实践案例充分证明,该套技术体系能够有效降低生产成本、提升农产品产量和品质、增加农产品附加值、实现化肥农药零投入,为合作社带来切实的经济效益、社会效益和生态效益。

此外,除了清泥涧村,项目在三合地村、上北泉村、上沿河村、下沿河村、车河村等地建设水肥全循环工程,将有机旱作农业与厕所革命相结合,将人粪尿、生活排水和农业生产中的果蔬废弃物全部利用,发酵成生物液体有机肥料,实现“肥水不流外人田”,是有机旱作新标杆。通过农用酵素和高效节水便器获得的浓缩粪污混合发酵,增加粪污的有益微生物丰度,降低其植物毒性和潜在病原菌,获得高质量水肥,对于土壤质量的提升和作物生长具有良好的促进潜力。通过一杯水®厕所,有效节约厕所用水,实现粪污浓缩。通过收集全村人粪尿资源,经过厌氧发酵,获得高质量水肥,再通过滴灌系统实现精准施肥。清泥涧村的水肥全循环工程可消纳全村783人所产生的全部污水,每年节省灌溉水约2.28万t,并生产高品质有机肥约3 428 t、可替代氮肥约12.65 t、磷肥约4 413 kg、钾肥约1 596 kg。

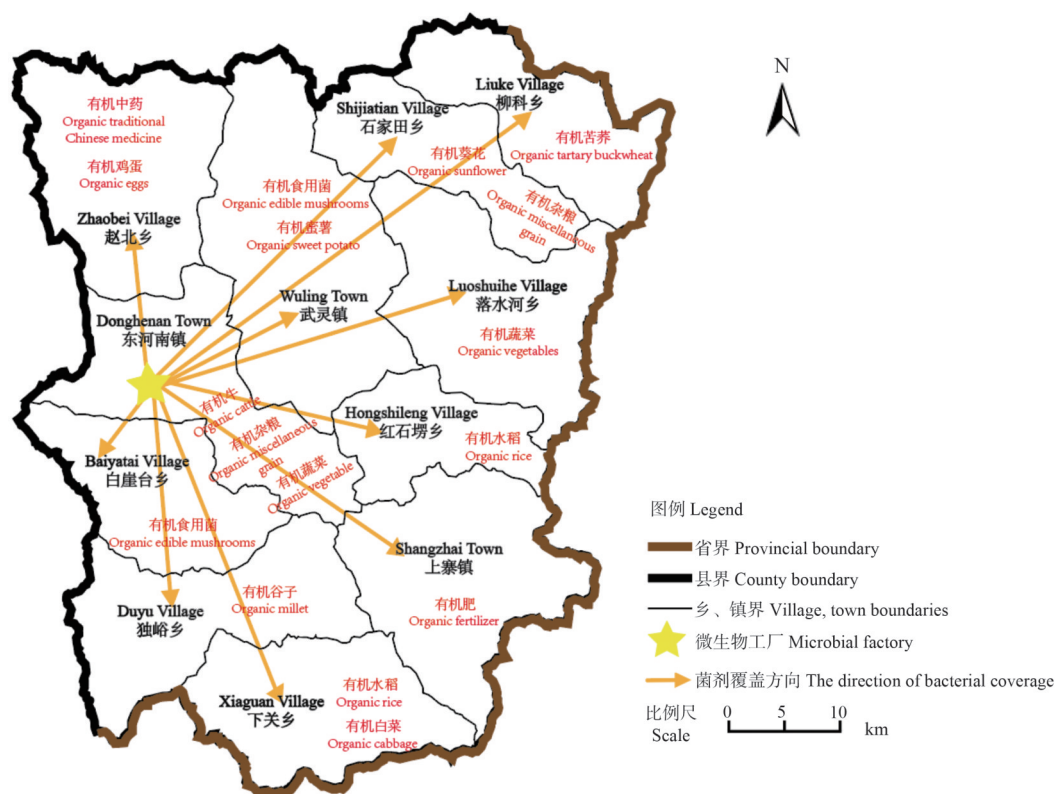


图7 灵丘县微生物工厂菌剂覆盖分布图

Fig. 7 Coverage distribution map of microbial agent in the microbial factory of Lingqiu County

在一体化有机农业循环技术标准示范基地建设方面,结合灵丘县各乡镇发展的特色产业,已经在11个乡镇形成30余家有机农业生产单位,认证有机产品60余项,全县有机农业生产面积近6700 hm²。

灵丘县县域有机农业技术推广131模式的案例充分证明该模式具有以下优点:1)可以有效解决有机农业生产成本高、废弃物资源利用效率低、农村公厕卫生条件差、粪污无害化水平低和有机旱作缺水、缺肥等痛点问题;2)能够有效促进资源循环、培肥土壤、减少农药和化肥的施用、提高农产品的品质和产量、发展低成本高质量的有机农业;3)增加农民收入,实现零污染村庄;4)为全国乡村厕所革命、全域零污染有机村庄建设和乡村振兴发展提供参考与支持。

5 总结与讨论

传统农耕文明时代,先人们遵循自然循环规律,“肥水不流外人田”,将有机物合理优化配置,

最终返还到农田中,乡村没有垃圾。现代农业单纯追求产量利益,导致农田生态系统与环境系统受到污染破坏。近期农业双减发展中,肥料企业将有机肥料作为与农田生产主体分开制作与经营,有机肥料价格往往超出农民可接受范围,导致农民选择低质粪肥。由于粪肥缺乏监管,产品质量参差不齐,实际施用后,成为对土壤和水体新的污染风险。

创建农用废弃物资源利用新途径,以农用酵素为基础,发展酵素堆肥技术、酵素种植技术,对于生态环境保护、土壤健康、农产品健康意义重大。山西省灵丘县以及正在开展工作的长子县建设的131模式即微生物工厂+县乡村3级有机肥生产+一体化有机农业生态循环标准示范基地表明:将菌剂发派至有关乡镇和村庄,统一技术指导,可实现农用废弃物资源就地循环利用,保障有机农业生产;将技术直接传授给农民,采用“技术+模式”双创新实践,能够实现降本增效,可持续发展。

当前乡村振兴形势下,我国农业正在由高投

入、高环境代价方式向可持续发展方向转化。原有学科分隔下的单一专业路线,不能解决乡村面临的实际问题、科学技术距离农民“一公里”问题。县域层级是国家乡村振兴的基础环节,创建“高校+政府+企业+村庄”的零污染有机村庄技术体系与模式、县域有机农业新型肥料产业化生产技术体系及推广模式,研究相关自然科学、社会科学理论与技术,对于认识与处理人与自然关系、从根本上推进乡村振兴与生态文明建设具有重要科学意义。

工业文明时代400年发展,在工业化、城市化为主导模式下,世界在生产大量物质财富的同时,越来越走向可持续发展的危机之中。不同类型国家尽管国情不同,但无不受到工业化和城市化的深度影响,导致水资源短缺、土壤荒漠化、能源危机、生物多样性减少、全球气候变暖等问题。截止2023年5月,世界“一带一路”国家已经发展到151个,大部分国家为发展中国家,与我国情况类似,相当部分国家的社会经济与生态状况不如我国,存在大量乡村落后、污染问题与粮食安全问题。积极寻求秸秆、人畜粪便与其他城市农用生物资源变废为宝,有效利用,发展乡村的方法,是各国一致的基本发展要求。本研究在继续完善创建县域有机农业新型肥料产业化生产技术体系及131模式推广、零污染有机村庄建设技术体系与模式的同时,积极进行相关进展的理论与技术总结,积极参与国际交流,对于促进“一带一路”地区国家的绿色可持续发展意义重大。

参考文献 References

- [1] 高游慧,郑泽慧,张越,胡跃高,王小芬. 根际微生态防治作物土传真菌病害的机制研究进展[J]. 中国农业大学学报, 2021, 26(6): 100-113
Gao Y H, Zheng Z H, Zhang Y, Hu Y G, Wang X F. Mechanism of rhizosphere micro-ecology in controlling soil-borne fungal diseases: A review [J]. *Journal of China Agricultural University*, 2021, 26(6): 100-113 (in Chinese)
- [2] 胡跃高. 论全域有机农业道路[J]. 鄱阳湖学刊, 2019(1): 45-50, 124-125
Hu Y G. On the way to all-round organic agriculture [J]. *Journal of Poyang Lake*, 2019(1): 45-50, 124-125 (in Chinese)
- [3] 张俊伶,张江周,申建波,田静,金可默,张福锁. 土壤健康与农业绿色发展: 机遇与对策[J]. 土壤学报, 2020, 57(4): 783-796
Zhang J L, Zhang J Z, Shen J B, Tian J, Jin K M, Zhang F S. Soil health and agriculture green development: Opportunities and challenges [J]. *Acta Pedologica Sinica*, 2020, 57(4): 783-796 (in Chinese)
- [4] 孙永明,李国学,张夫道,施晨璐,孙振钧. 中国农业废弃物资源化现状与
发展战略[J]. 农业工程学报, 2005, 21(8): 169-173
Sun Y M, Li G X, Zhang F D, Shi C L, Sun Z J. Status quo and developmental strategy of agricultural residues resources in China [J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2005, 21(8): 169-173 (in Chinese)
- [5] 夏学禹. 论中国农耕文化的价值及传承途径[J]. 古今农业, 2010(3): 88-98
Xia X Y. On the value and descending routes of farming culture [J]. *Ancient and Modern Agriculture*, 2010(3): 88-98 (in Chinese)
- [6] 陈章,黄颖,傅慧杰,杨红,林正雨. 农业技术推广现存问题及解决对策[J]. 河北农业, 2023(6): 28-29
Chen Z, Huang Y, Fu H J, Yang H, Lin Z Y. Existing problems and solutions for agricultural technology promotion [J]. *Hebei Agriculture*, 2023(6): 28-29 (in Chinese)
- [7] 陈再文. 乡镇农业技术推广中存在的问题及其对策[J]. 南方农业, 2021, 15(12): 149-150
Chen Z W. Problems and countermeasures in the promotion of agricultural technology in townships [J]. *South China Agriculture*, 2021, 15(12): 149-150 (in Chinese)
- [8] 靳立伟. 论如何促进县域农业现代化发展[J]. 现代农业研究, 2018(8): 17-18
Jin L W. How to promote the development of county agriculture modernization [J]. *Modern Agricultural Research*, 2018(8): 17-18 (in Chinese)
- [9] 周维现. 中国欠发达县域经济发展研究[D]. 武汉: 武汉大学, 2013
Zhou W X. A study on China's underdeveloped county economic development [D]. Wuhan: Wuhan University, 2013 (in Chinese)
- [10] 马世铭, Sauerborn J. 世界有机农业发展的历史回顾与发展动态[J]. 中国农业科学, 2004, 37(10): 1510-1516
Ma S M, Sauerborn J. Review of history and the recent development of organic farming in the world [J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2004, 37(10): 1510-1516 (in Chinese)
- [11] Gao Y H, Zhang Y, Cheng X Q, Zheng Z H, Wu X H, Dong X H, Hu Y G, Wang X F. Agricultural Jiaosu: An eco-friendly and cost-effective control strategy for suppressing *Fusarium* root rot disease in *Astragalus membranaceus* [J/OL]. *Frontiers in Microbiology*, (2022-03-31). DOI: 10.3389/fmicb.2022.823704
- [12] Abo-Elyousr K A M, Mohamed H M. Note biological control of *Fusarium* wilt in tomato by plant growth-promoting yeasts and *Rhizobacteria* [J]. *The Plant Pathology Journal*, 2009, 25(2): 199-204
- [13] 卯婷婷,陶刚,赵兴丽,王琦,李世东. 4种微生物菌剂对辣椒主要病害的生物防治作用[J]. 中国生物防治学报, 2020, 36(2): 258-264
Mao T T, Tao G, Zhao X L, Wang Q, Li S D. Biological control of four kinds of microbial preparations against main diseases of pepper [J]. *Chinese Journal of Biological Control*, 2020, 36(2): 258-264 (in Chinese)
- [14] 张越,赵宇宾,蔡亚凡,刘小平,胡跃高,王小芬. 农用植物酵素的生态效应研究进展[J]. 中国农业大学学报, 2020, 25(3): 25-35
Zhang Y, Zhao Y B, Cai Y F, Liu X P, Hu Y G, Wang X F. Ecological effects of plant Jiaosu for agriculture: A review [J]. *Journal of China Agricultural University*, 2020, 25(3): 25-35 (in Chinese)
- [15] Gao Y H, Zheng Z H, Cheng X Q, Zhang Y, Liu X P, Hu Y G, Cai Y F, Wang X F. An innovative way to treat cash crop wastes: The fermentation characteristics and functional microbial community using different substrates to produce agricultural Jiaosu [J/OL]. *Environmental*

- Research*, (2023-03-21). DOI: 10.1016/j.envres.2023.115727
- [16] 陈代涛. 膨胀珍珠岩及农用植物酵素对羊粪堆肥进程及氮损失的影响 [D]. 北京: 中国农业大学, 2020
- Chen D T. Effects of expanded perlite and agricultural plant Jiaosu on composting process and nitrogen loss of sheep manure [D]. Beijing: China Agricultural University, 2020(in Chinese)
- [17] Xu S L, Gu X H, Wu Q, Gao Y H, Cai Y F, Ma S S, Zheng Z H, Wang X F. An ecological and economic approach to enhancing the agronomic quality of anaerobic digestate: Effects of adding agricultural Jiaosu on metabolism and the microbial community[J/OL]. *Chemical Engineering Journal*, (2023-05-22). DOI: 10.1016/j.cej.2023.143648
- 责任编辑: 申青苗



第一作者简介: 王小芬, 博士, 中国农业大学农学院教授、博士生导师。研究方向为作物秸秆和畜禽粪便资源化。担任中国生物发酵协会酵素分会理事, 山东高密市、山西怀仁市等地畜禽粪便整县推进首席科学家。参与科技部国家重点研发计划“有机旱作农业耐瘠抗逆节水增效技术模式与应用”项目, 担任子课题项目负责人。发表SCI论文40余篇。