

# 我国数字农业发展的可行性、存在的问题及相关建议<sup>\*</sup>

谭秋成 张红<sup>\*\*</sup>

**摘要:** 数字农业能大幅度减少劳动力使用,节约水资源,减少化肥、农药施用,提高农产品质量、标准化和产量。发展数字农业将缓解我国农村劳动力越来越少以及人口老龄化带来的困难,可以保护自然资本、改良土壤、保护环境,有利于农业生产经营方式和技术创新。目前,试点区数字农业的成本较高,但随着技术成熟,数字农业技术将同所有信息技术一样,成本和价格将显著下降。而且,数字技术服务存在规模经济,具有可分割性,可以按地块分散出售。因此,推进我国数字农业发展既是必要的,也是可行的。当前制约数字农业发展的主要因素是投资、土地流转以及技术标准等方面的问题,有必要总结各地经验,整合科研力量,突破关键技术,统一技术标准。建议政府进一步增加农业和农村基础设施建设投资,严格保护土地承包权和农民的利益;保证企业与农民、银行、设备和技术供应商以及产品销售商订立的合同可执行。

**关键词:** 数字农业 数字技术 农业投资 环境保护

**中图分类号:** F323; F49 **文献标识码:** A **文章编号:** 2095-3151(2022)02-0023-07

**DOI:**10.16110/j.cnki.issn2095-3151.2022.02.004

数字农业在欧美发达国家已经普遍推广,在我国则处于试点和起步阶段。2021年中央一号文件《中共中央 国务院关于全面推进乡村振兴加快农业农村现代化的意见》提出“发展智慧农业,建立农业农村大数据体系,推动新一代信息技术与农业生产经营深度融合”。中国社会科学院农村发展研究所课题组于近期调研了山东省淄博市数字农业发展情况,实地考察了沂源县华盛科沃云果业、中以智慧果园、博山区绿果果蔬合作社、源北福禄山猕猴桃种植专业合作社和淄川区七河生物科技公司,访谈了企业和合作社负责人、乡镇和村干部、技术人员。从调研情况看,数字农业能大幅度减少劳动力使用,降低人工成本,节约水资源,减少化肥、农药施用,提高农产品质量、标准化和产量。结合我国资源禀赋特点、生态承载力、信息技术服务价格变化趋势、数字技术服务存在规模经济及可分割性等因素综合分析,笔者认为推进数字农业发展既是必要的,也是可行的。当前制约我国数字农业发展的主要因素是投资、土地流转以及技术标准等方面的问题。

<sup>\*</sup> 基金项目:中国社会科学院创新工程项目“基层共建共治共享治理制度完善研究”(No. 2021NFSB01)。

<sup>\*\*</sup> 作者简介:谭秋成,中国社会科学院农村发展研究所研究员、博士生导师;张红,山东省淄博市乡村振兴局扶贫发展中心副主任。

## 一、调研点数字农业发展的情况

在笔者调研的企业和合作社，数字技术主要包括感应和监测系统，数据传输系统，数据计算和分析系统，以及决策、管理和控制系统。感应和监测系统的功能是实时感知和收集土壤温度、湿度、盐分、导电率、氮磷钾含量的情况和数据，作物茎秆、叶面生长、病虫害的情况和数据，农场或园区的大气温度、湿度、风向、风速、光照强度等小气候的情况和数据；数据传输系统将收集的数据、图片传送至控制平台；数据计算和分析系统处理收集来的图片和数据，计算和分析作物是否缺水、缺多少水，是否缺肥、缺何种肥料、分别缺多少，是否存在病虫害、是何种害虫、须用什么药，作物的生长发育速度如何、是否需要打枝进行人工干预等；决策、管理和控制系统作出施肥、浇水、打药、田间管理、采摘等决定并加以实施，施肥、浇水和打药的实施通过信息网络，利用控制平台和手机即可完成。

数字农业大幅度减少了劳动力使用，降低了人工成本。以绿果果蔬合作社的120亩苹果园为例，之前采用传统的生产模式，日常管理需要60多人，浇水需要24个人工，开沟施肥一次需要120个人工，每年4次需要480个人工，喷洒农药需要40个人工。采用数字技术后，日常管理只需要3人，浇水、施肥通过平台或手机控制，不需占用劳动力，喷洒农药用1架无人机4小时完成作业。数字农业节约了水资源，减少了化肥、农药使用。绿果果蔬合作社经营的120亩苹果园如果采用过去的大水漫灌方式，浇一遍果园需用水3840立方米；采用数字技术和水管微喷后，每次用水只需720立方米。过去每年施化肥4次、土杂肥1次，亩均合计成本2200元；现在每年施水溶肥4次，每亩1500元，亩均节省700元。使用无人机飞防技术喷洒农药减少用药量1/3。华盛科沃云果业建立了远程虫情预测报告分析系统，虫情测报仪对害虫进行收集、存放和计数，将拍摄的图片发送至监测平台，平台整理并计算每天的数据，形成数据库，自动识别害虫的种类和数量，对害虫进行诱捕、灭杀，将农药使用量降到最低。数字农业提高了农产品质量和标准化程度。通过减少化肥农药和膨大剂使用量、增施有机肥、改变种植方式、采取精细化管理等措施，减少了产品的农药残留，增加了产品的甜度和风味，提高了产品的标准化程度。绿果果蔬合作社苹果的优质果率由原来的20%提高至80%。源北福祿山猕猴桃种植专业合作社提高猕猴桃品质和标准化后，对接了省农担、盒马鲜生等高端销售平台，产品出口量也大幅增加。

## 二、发展数字农业的意义

从宏观上分析，数字农业减少人工和劳动强度将缓解我国农村劳动力越来越少、部分地区无人种地及农村人口老龄化带来的困难。目前，我国农村65岁以上老龄人口比例平均为18.3%，在笔者调查的淄川区老龄化率达24%。老龄化导致土地撂荒严重和农业粗放式经营，农业新技术、新品种推广受到人力资本制约，农产品种类和品质不能根据市场需求调整，农业竞争力不高。数字技术大幅度减少了农业对劳动力的依赖，用先进技术代替传统经验，从而更合理地配置资源和提高农业生产效率。

发展数字农业可节约水资源，保护自然资本。我国淡水资源极为稀缺，而且季节和地区分布不均匀。由于仍处于工业化和城市化进程中，工业部门和城市用水加剧了我国农业水资源短缺。2018年，全球用水紧张的耕地占所有耕地的比例平均为17.0%，我国为43.2%（FAO，2021）。

长期以来，华北地区采取打机井抽取地下水的方式灌溉农业，导致地下水位不断下降，地表河道断流甚至完全枯竭，结果生活污水不能排走和净化，污染了土壤和地下水源，这又进一步加剧了水资源短缺，破坏了当地生态系统。数字农业按作物需要滴灌，避免了传统上大水漫灌的粗放用水方式，从而节约作物用水，减少地下水资源开采，修复生态系统，增加我国自然资本。

发展数字农业减少农药、化肥使用后，可以改良土壤，保护环境。中国农业单位面积施用的化肥农药显著高于全球平均水平。根据 FAO 数据，2018 年，中国每公顷耕地施用的农药是 13.7 千克，是世界平均水平的 5.2 倍、美国的 5.4 倍、印度的 40.3 倍。2018 年，全球每公顷耕地施用化肥 120.7 千克，其中氮肥 69.7 千克，磷肥 26.0 千克，钾肥 24.9 千克。中国每公顷的化肥施用量达 346.2 千克，其中氮肥 208.5 千克，磷肥 58.0 千克，钾肥 79.6 千克（FAO，2021），分别相当于全球平均水平的 2.9 倍、3.0 倍、2.2 倍、3.2 倍。大规模施用农药化肥可以增加产量，但也带来相当严重的负面后果。大量施用化肥农药后导致土壤板结，土壤结构遭到破坏；河流、湖泊等水体富营养化，局部生态环境被破坏；土壤被重金属等物质污染，进而食物被污染，农村和城市居民的饮水和食品安全受到威胁；即使是未污染的农产品，大量使用化肥农药后其品质也严重下降。施用农药后，大量昆虫、鸟类、鱼类及其他动物被毒死，生物多样性受到极大威胁。2011 年，中国受威胁的哺乳类物种有 74 种，受威胁的鸟类 86 种，受威胁的鱼类 113 种，受威胁的高等植物 374 种（FAO，2013）。大规模利用化肥也使农业排放的温室气体增加。1980 年，我国农业排放的温室气体总量估计为 104295 万吨，其中因化肥使用排放占 18%；2009 年，我国农业排放的温室气体估计增加至 158557.3 万吨，其中化肥占 25%（谭秋成，2011）。数字农业通过精准施肥、杀虫害，可以减少化肥农药施用，有利于保护环境，修复生态系统，增加生物多样性，降低农业碳排放，符合绿色经济发展理念。

发展数字农业有利于生产经营方式和技术创新。数字农业通过长期采集农业生产环境、生产环境与动植物生长交互影响等方面的数据，将各个地方、不同时段、不同动植物的数据汇总、计算、分析和研究，将推动我国农业技术创新，培育和改良更多动植物新品种；有利于革新生产方式、种植和养殖业经营模式，因地制宜进行农业区划；能降低自然界给农业生产带来的风险，稳定农业生产预期和农产品产量。此外，数字农业通过精准施肥、浇水、及时杀虫、改变种植方式等手段增加农产品产量；通过对作物生长情况和虫情实时监测，控制农药、激素、添加剂等化学物质使用，提高农产品品质，满足我国居民收入增长后对高质量农产品的需求。主要发达国家都有发达的农业，我国作为人口大国更应如此。

### 三、发展数字农业的可行性

发展数字农业要受到成本制约。调研点的农业数字技术设备可用 15 年，投资按每年每亩平摊，华盛科沃云果业投资数字技术的成本是 3000 元，中以智慧果园是 2000 元，绿果果蔬合作社的苹果园和源北福祿山猕猴桃种植专业合作社平均是 1800 ~ 2000 元。那么，初始投资较大是否成为数字农业技术应用的阻碍？特别是，华北实行小麦玉米轮作后一亩地的收入估计平均为 2500 元，南方种植早晚两季水稻一亩地的平均收入估计为 2350 元。数字技术是否因成本太高而无法在小麦、玉米、水稻等大田作物种植上推广？

笔者分析，数字农业在我国有很好的发展前景，即使在华北小麦和玉米种植区、南方水稻种

植区也是如此。原因如下：(1) 数字农业在我国处于起步阶段，部分设备和技术从国外引进，国内技术正在创新和开发当中，一旦技术成熟，数字农业技术将同所有信息技术一样其成本和价格将显著下降。(2) 随着数字农业推广，提供数字技术和设备的厂商的销售量将增加，平均成本将下降，厂商之间竞争必然降低数字农业技术和设备的价格。(3) 数字技术在农业应用上具有规模经济。华盛科沃云果业、中以智慧果园、绿果果蔬合作社、源北福祿山猕猴桃种植专业合作社相关负责人都认为现在农场太小，计划扩大经营规模。扩大规模后，主要是增加感应、监测系统和数据传输系统的设备和线路，数据计算、分析、管理和控制系统增加的成本并不多，而且规模扩大后收集的信息更多，计算和分析的结果更准确。(4) 数字农业技术有复杂和简单之分。华盛科沃云果业生产优质苹果，瞄准高端水果市场，安装有茎秆直径微变化传感器、叶面温度传感器、远程虫情预测报告分析仪等技术设备，所以果园每亩投资和成本更高，其他果园只在监测和管理土壤墒情、养分、病虫害等方面采用数字技术，成本减少了 1/3 以上。(5) 小麦、玉米、水稻等大田作物无须在每一地块建立感应、监测、传输系统，可以由农业数字技术公司利用遥感技术监测气候和病虫害情况，在一定区域范围内建立水肥监测站，然后再由农户、企业、合作社向数字技术公司购买技术服务。目前，数字技术已在精品农业、大规模奶牛养殖场广泛应用，笔者预测这一技术将在水果、蔬菜、畜牧、水产养殖等经济价值高的产业逐渐推广，并很快发展到小麦、玉米、水稻等大田作物。

数字农业具有规模经济，我国当前小规模家庭经营对发展数字技术在农业中的应用有一定制约作用。但是，数字技术的规模经济主要表现在数据计算、分析、管理和控制方面，这些技术服务在不同地块是可分割的，也是可分散出售的，可由专业公司提供。所以，数字农业并不排斥家庭经营，且有利于小规模经营与现代农业衔接。20 世纪八九十年代，我们也曾怀疑小规模家庭经营会排斥农业机械化，可能导致农业生产效率停滞不前。但是，后来专业农机户和农机公司以市场的方式为小农提供耕、播、种和收割环节上的机械化服务，我国农业机械化水平迅速提高。随着土地产权制度完善和农村劳动力转移后家庭农场发展，土地流转和农场规模扩大的速度将会加快，数字农业发展的速度也必将加快。

#### 四、制约数字农业发展的因素

##### (一) 投资问题

假定数字技术由公司提供，单就农业经营者而言，如果是大田作物应用数字技术，首先需要平整土地，保证铺设的感应设备、传输设备不因水涝被淹，保证感应的水分、土壤养分、虫情等数据准确，保证精准施肥、洒药、浇水不因地表不平而失效；其次需要安装各类感应器、传输设备，铺设输送水肥的管道；同时需要建水肥站、监测和分析中心。这类投资属于长期固定资本投入，投资额大，需通过多年折旧才能收回。此外，农业经营者需要从数字技术公司购买关于作物生长发育情况，气候等环境情况，是否及如何施肥、洒药、浇水等方面的服务。

我国农地制度目前实行家庭联产承包责任制，承包期为 30 年，土地承包权可以转让、租赁但不允许买卖。而且，村或村小组集体内部常常根据人口增减调整承包经营权。承包地产权残缺，尤其是产权不稳定及对交易权的限制显著降低了农地的价值。当农民预期不能从土地增值中获益时，也就没有激励投资农业生产，如打井、修建水渠、平整土地改善农业生产条件，合理施肥改

良土壤、提高肥力等。

## （二）土地流转问题

数字农业具有规模经济的优势，如果通过土地流转、形成较大规模的农场，可以平摊单位土地面积的固定成本，农业经营者还可以根据农场土壤情况、种植方式、作物种植结构购买多样化和精准的数字技术服务。20世纪70年代末及80年代初我国开始农业联产承包责任制变革时，土地一般是按人口均分的，部分地区则按劳动力、或人口与劳动力一定比例分配，由于人多地少，家庭承包经营的规模都极为狭小。早期，承包期很短，而承包地又不断被调整，农户无法作出规模经营的预期，土地流转当时主要在村内，而且时间都不长。1993年中央发文明确第二轮土地承包期延长30年，这一时间对实现规模经营后需要改土改水、进行基础设施建设的农业生产实际上是不够的。最主要的问题是，集体经济的代表村委会的承诺是不确定的，农业经营者在实行规模经营时签订的土地流转合同存在极大的不确定性。以村内调整土地为例，按照2002年通过的承包法，第二轮承包期30年不变，村委会不能随意调整土地。然而，在实践中，部分村庄对这一政策根本就没有执行，仍在频繁调整承包地。“乡村公共服务研究”课题组就发现，调查的46个村中有13个村对承包地进行三年一调或五年一调（谭秋成，2015）。

承包权利的不完整性和不确定性使得经营者和承包人难以签订长期稳定的土地流转或租赁合同。小规模经营很难使生产要素达到最优配置，因为小农户也没有能力进行周期长、投资数额较大的农田基本建设，缺乏根据市场调整生产品种和结构的动力。而且，耕作规模小、农业收入比重不高使农民缺乏学习如何应用农业新技术、新品种、新工艺的积极性。

## （三）技术标准问题

农业主要分种植业、畜牧业、渔业等行业，其中种植业内部有蔬菜、水果等经济作物及小麦、玉米、水稻等粮食作物类别。不同动植物品种、气候条件、地形地貌，甚至市场需求要求的感应、监测、控制和管理的数字技术都是不同的。在笔者调研的碧桂园农业（佛山）有限公司，公司曾从“北大荒”调用一批无人驾驶拖拉机耕地，但因为所在地三水水田泥深，拖拉机常陷泥中不能作业，公司必须重新开发适宜南方水田耕种收的数字技术。目前，数字农业在我国处于试点和起步阶段，多家数字技术公司、高校、科研单位都在开发自己的农业数字技术，这种竞争状态在早期有利于技术创新和多样化，但如果开发单位长期各自为战，都想独立开发一套农业数字技术系统，则容易造成数字设备不兼容，技术服务分割，最终导致技术和数据垄断，增大农业用户成本，限制数字农业发展。而且，技术和数据分割、垄断不利于利用大数据分析农业与投入、生长环境的关系，从而失去在生产方式和产品改良等方面创新的机会。因此，在技术上应该将同类作物感应、监测、分析、控制和管理的土壤理化性质、主要病虫害种类、小气候情况等方面的主要指标逐渐统一起来。

## 五、推进我国数字农业发展的建议

数字农业在我国处于试点和起步阶段，有必要总结各地经验，整合科研力量，突破关键技术，统一技术标准。鼓励数字农业技术公司有序竞争，防止因规模经济产生数字技术和服务的垄断。鼓励从事数字农业技术的公司之间开展合作，共享数据，建立农业生产、农产品市场的大数据体系，推动信息技术与农业科研、技术创新、生产经营、加工销售深度融合。

数字农业涉及土地整治、田间道路修建、水肥管理、信息传送等，将提高农业生产的专业化和市场化水平。建议政府进一步增加农业和农村基础设施建设投资，尤其要加大对农村千兆光网、第五代移动通信（5G）、移动物联网、农业农村遥感卫星等天基设施的投资力度，同时鼓励电信、从事数字技术服务的厂商、从事产品销售的电商投资通信基站、农产品仓储和冷链等设施。

数字农业具有规模经济，农场、合作社、农业企业希望从个体农户流转土地扩大规模，这就需要政府严格保护土地承包权、保障农民的谈判地位和利益；数字技术设备投资规模大，回收周期长，还需要政府保护经营农业的企业的权益，保证企业与农民、银行、设备和技术供应商，以及产品销售商订立的合约可执行。有必要指出的是，数字农业存在规模经济并不意味着土地必然流转和集中。数字技术服务可由专业公司按服务内容分散出售，使用数字技术的农业经营主体应该是多元的。

#### 参考文献

- [1] 谭秋成. 中国农业温室气体排放：现状与挑战 [J]. 中国人口·资源与环境, 2011, 21 (10): 69–75.
- [2] 谭秋成. 作为一种生产方式的绿色农业 [J]. 中国人口·资源与环境, 2015, 25 (9): 44–51.
- [3] FAO. FAO Statistical Yearbook 2013: World Food and Agriculture [M]. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2013.
- [4] FAO. FAO Statistical Yearbook 2021: World Food and Agriculture [M]. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2021.

(责任编辑: 尹雪晶)

## The Feasibility , Existing Problems and Some Suggestions of Advancing Digital Agriculture in China

Tan Qiucheng Zhang Hong

**Abstract:** Digital agriculture can reduce a lot labor use and application of chemical fertilizer and pesticide. It can save water resource and increase quality , standardization and output of agricultural products. Developing digital agriculture can relieve the difficulty of less and less laborers and population aging in rural areas. It can preserve natural capital , improve the soil , protect environment , and be beneficial to innovation of agricultural operation mode and technology. Currently , the cost of digital agriculture in pilot areas is high , but the cost and price of digital agriculture will decrease with the technology maturity , like all other information technologies. Moreover , there exit scale economy and divisibility in service of digital technology , and the service can be sold based on land plot. So , advancing digital agriculture in China is not only necessary but also feasible. Current main factors restricting digital agriculture are investment , land transfer and technology standard. It is necessary to summarize all local experiences , integrate scientific research force , make breakthrough in key technology , unify technical standard. It is suggested that the govern-

ment further increase investment in agriculture and rural infrastructure , strictly protect land contract right and farmers ' interests , guarantee the enforceability of contract among the enterprise , the farmer , the bank , the supplier of equipment of technology and the product dealer.

**Key words:** digital agriculture digital technology agricultural investment environment protection

---

(上接第 12 页)

总体来讲,我们认为 2022 年供需两端将进一步深度修复并趋于平衡。在供给端第三产业深度修复,短板行业加快补齐缺口,增加值将达到 6.5% 左右,第二产业增加值达到 4.5%; 在需求端投资和消费预计分别是 4.4% 和 6.8%。导致这种局面很重要的一点是整体的宏观经济在供需两端的作用下,在政策再定位和政策协调再调整、“十四五”规划全面落实这些因素下,经济进一步恢复,呈现出一个前低后高的运行态势。当然这里面有基数的因素,也有政策持续加码的因素。我们认为 2022 年第四季度增长速度将达到 5.6%, 全年可能达到 5.5% 左右的水平。

价格水平方面,2022 年 CPI 持续回升超过 2%, PPI 增速回落到 4.0% 左右, GDP 平减指数将达到 3.4%。2021 年 GDP 平减指数是新高,达到了 5 点多,2022 年 GDP 平减指数将回落,但是 CPI 会有所上扬。

2022 年是党的二十大召开之年,我们会看到一些政策的变化。货币期望与名义 GDP 增速大致匹配,同时财政扩张力度将加大。M2 增速将稳定在 8.5% 左右,主要是考虑到 GDP 平减指数 3.4%, GDP 增速 5.5%, 2022 年 GDP 名义增长速度在 8.9% 左右的水平,因此 M2 和社融的参数按照目前的这样一些准则,增长速度分别达到 8.5% 和 10% 是比较恰当的。

2022 年财政增长速度方面,一个是政府收入增速预计会下滑,降到只增长 4.1%, 很重要的原因是政府基金收入 2022 年会出现负增长,因此我们认为 2022 年财政要持续扩张,整个财政赤字率依然应该保持在 3% 左右的水平,如果再根据实际情况,可以保持在 3% 以上的一个水平。

(责任编辑:江月)