

编者按:党的十九大明确提出“实施国家节水行动”。2019年4月,《国家节水行动方案》经中央全面深化改革委员会审议通过,由国家发展改革委和水利部联合印发,为今后一段时间我国节水工作开展提供了主要依据。7月3日,《〈国家节水行动方案〉分工方案》印发,国家发展改革委、水利部、教育部等20个部门将联合发力,共同推动全社会节水。如何把节水贯穿到经济社会发展全过程和各领域?本期我们特邀院士、专家及典型地区代表,从农业节水、合同节水管理等不同角度,探讨如何贯彻落实《国家节水行动方案》,以期对相关领域和地区提供参考和借鉴。

# 贯彻落实国家节水行动方案 推动农业适水发展与绿色高效节水

康绍忠

(中国农业大学中国农业水问题研究中心,100083,北京)

**摘要:**针对《国家节水行动方案》提出的农业节水增效行动及大力推进节水灌溉和优化调整作物种植结构两项节水重点任务,结合研究成果和考察实例,从推动适水农业发展、促进高效节水灌溉发展、实施灌区现代化改造、重在解决农业高效节水发展面临的实际问题等四方面提出贯彻落实具体建议,为农业节水发展提供了思路、对策。

**关键词:**国家节水行动方案;适水农业;高效节水;农业现代化

**National water conservation initiative for promoting water-adapted and green agriculture and highly-efficient water use//Kang Shaozhong**

**Abstract:** Boosting water-adapted agriculture can be regarded as strategic measure for safeguarding modernized and green agriculture and sustainable development. Development of highly-efficient water-saving irrigation can promote transformation and upgrading of modern agriculture, while modernization of irrigation districts safeguards food security. It is argued that specific measures should be adopted in order to deal with practical problems in water-saving irrigation development. New thoughts and measures are also of great importance to water-saving development in agricultural practice.

**Key words:** national water conservation initiative; water-adapted agriculture; highly-efficient water conservation; agricultural modernization

中图分类号: TU991.64

文献标识码: B

文章编号: 1000-1123(2019)13-0001-06

水资源可持续利用与粮食安全保障是人类社会持续发展的最基本支撑点。水资源是粮食安全的基础,水资源短缺将直接导致食物生产的波动,从而在源头上导致真正的食物危机。农业是最主要的用水部门,消耗了全球总用水量的70%,提高农业用水效率是保障全球水安全与粮食安全

的重要途径。

2035年全球人口将增加到87亿,对粮食的需求将从2016年的26亿t增加到60亿t以上。发达国家农业科技对农业生产的贡献率已达70%~80%,农业产业化、组织化、合作化、规模化程度很高。无论从哪种模式起步,各国最终都转向了以机械化、良

种化、化学化、电气化、信息化等为主要内容的全面农业现代化。发展产出高效、产品安全、资源节约、环境友好的现代农业已成为当今世界农业绿色发展的重大趋势。我国现代农业正面临着全球化、市场化、互联网化和绿色化的深刻变革,农业生产过程正向着全程全面机械化以及信息化、自动化

收稿日期:2019-06-30

作者简介:康绍忠,中国工程院院士,中国农业节水和农村供水技术协会会长,中国农业大学教授,中国农业大学中国农业水问题研究中心主任。

和精准化迈进。在农业全程全面机械化的进程中,没有灌溉工程和灌溉技术的现代化,就没有农业的现代化。农业现代化迫切需要灌溉现代化。

我国以占全球 6% 的淡水资源、9% 的耕地养活了全球 21% 的人口,农业灌溉功不可没。但我国水资源紧缺,年人均水资源量 2 100 m<sup>3</sup>,仅占世界平均水平的 28%;每公顷耕地水资源占有量 21 000 m<sup>3</sup>,仅占世界平均水平的 50%。另一方面,2017 年我国农业用水占总用水量的 62.3%,而世界发达国家农业用水比例多在 50% 以下;我国灌溉水有效利用系数仅为 0.548,低于节水先进国家 0.7~0.8 的水平。缓解水资源短缺和区域灌溉用水增加导致的生态环境问题,迫切需要降低农业灌溉用水量。然而盲目减少灌溉用水量将导致农业生产能力下降,威胁国家食物安全和农产品有效供给。如何根据水资源承载力发展适水农业,大力提高农业用水效率,成为破解农业用水短缺与食物持续稳产高产矛盾的关键。充分认清目前及未来变化环境下的水资源安全和食物安全形势,找准农业适水发展和农业水资源高效利用的核心问题,通过科技进步与管理改革提高水的利用效率,在保障优质高产的前提下大幅度减少农业用水量,是解决当前中国水危机并保障粮食安全与农业可持续发展的根本途径。

近期国家发展改革委和水利部联合印发了《国家节水行动方案》,在农业节水方面,提出农业节水增效行动及大力推进节水灌溉和优化调整作物种植结构两项节水重点任务。这些措施的落实迫切需要推动我国适水农业发展,推动绿色高效节水。

## 一、推动适水农业发展

适水农业就是以水定农业规模、以水定种植结构、以水定作物产量,控制水资源开发利用的不利环境影响,保障水资源可持续利用和农业可

持续发展。发展适水农业是更高层次的农业高效节水战略。华北平原农业节水技术已研究推广 30 多年,并没有改变地下水资源继续恶化的现状,主要原因是种植制度一直向高耗水结构发展;西北内陆干旱区流域由于上中游灌溉面积盲目扩大,引发了下游严峻的生态环境问题,近些年虽然流域重点治理取得一些成效,但灌区改造和节水措施实施后灌溉面积反而增加,区域总耗水不减反增;东北三江平原大规模打井发展水稻灌溉,也导致了一些区域的地下水水位下降。产生上述问题的根本原因是农业没有“适水”发展,种植结构不合理。

例如,河北高耗水蔬菜种植比例逐年增加,其年灌溉用水从 20 世纪 70 年代的 12.2 亿 m<sup>3</sup> 增至现在的近 40 亿 m<sup>3</sup>,区域蔬菜用水量增加量远大于农业节水技术应用的节水量,存在面积无序扩大、效益不稳等问题。目前河北蔬菜种植面积 122 万 hm<sup>2</sup>,年总产量 8 126 万 t,而按京津冀地区人均营养消费 140 kg/a(2020 年食品营养纲要规定值)计算,年消费蔬菜不超过 2 000 万 t,每年高达 6 000 万 t 被调出或浪费,按照蔬菜水分生产效率平均 27 kg/m<sup>3</sup> 计算,相当于多消耗水量 22 亿 m<sup>3</sup>,约占河北省农业地下水年超采量的 40% 以上。

随着水资源进一步短缺及农业用水份额持续降低,必须坚持适水发展和节水优先战略,根据不同区域水资源特点,通过系统设计、协同推进,以水定种、以水限产、提质增效。结合当前深化农业供给侧结构性改革,适度压缩京津冀地下水严重超采区高耗水蔬菜和粮食产能,但应充分认识冬小麦的生态功能,短期不宜大规模压缩其种植面积,而应以水限产,提升品质。建立适水农业种植结构,适度缩减高耗水蔬菜种植规模,压减蔬菜种植面积 25%~30%,即 30.5 万~36.7 万 hm<sup>2</sup>,一年可减少灌溉用水 10 亿~12 亿 m<sup>3</sup>,对减少地下水开

采效果显著。同时在稳定蔬菜价格和提升品质基础上,保障农民收益。

在缺水地区利用节水补偿政策引导农民降低灌溉用水强度,发展非充分灌溉。中国科学院遗传发育生物学研究所农业资源中心的研究表明,河北玉米休闲期土壤蒸发 110~130 mm,冬小麦休闲期土壤蒸发 60~120 mm。减少种植面积和熟制,将增加土壤无效蒸发损失,对产量影响大,而通过降低单位面积灌溉用水强度对产量影响较小,并可大面积实施,压减灌溉水量。针对浅层地下水超采的北京市 6 个区(县)、天津市 9 个区(县)和河北省 50 个县(市),保持当前的“冬小麦—夏玉米”一年两熟制不变,实施冬小麦减少灌溉次数,足墒播种,前期适度亏缺的方法,促进小麦根系深扎,充分利用土壤水,拔节期灌溉一次,干旱年在开花期追加一次灌水,冬小麦生育期减少耗水 70~90 mm,产量稳定在 6 000 kg/hm<sup>2</sup>,夏玉米产量保持不变,对区域粮食安全不会造成显著影响,并可基本实现浅层地下水采补平衡。通过发展优质小麦,提升小麦品质可基本保障农民收入不减少。

在严重缺水地区利用补贴政策引导农民发展半旱地农业。针对深层地下水严重超采的河北省 51 个县和天津 4 个区(县),考虑到京津冀对我国小麦供应的重要性以及冬小麦秋播后可形成有效地表覆盖层,对减少冬春沙尘风险有重要作用,保持当前“冬小麦—夏玉米”一年两熟制和种植面积不变,但可减少籽粒玉米面积,增加青贮玉米面积,有利于农牧结合,有机质还田,提升土壤肥力,发展较少依赖地下水抽取的半旱地农业。冬小麦生育期不灌溉,玉米播种可适当灌水一次,保证正常出苗,维持小麦—玉米农田年耗水 600 mm 左右,可实现深层地下水位不再下降,冬小麦单产会降低 1 800~2 250 kg/hm<sup>2</sup>,但可保障当地农民口粮安全。通过财政补助 3 750~4 500 元/hm<sup>2</sup>,可弥补农

民由于减产造成的收益降低。

中国农业大学中国农业水问题研究中心承担的国家自然科学基金“黑河流域生态—水文集成研究”重大计划集成项目成果表明,过去30年西北内陆干旱区河西走廊黑河流域中游农业区耕地规模扩张了343 km<sup>2</sup>,灌溉用水量增加,水域面积减少,地下水超采,导致地下水位下降,生态环境恶化,生态服务价值减小。单位面积耗水呈不显著增加趋势,而区域总耗水呈显著增加趋势,特别是最近10年总耗水增加了2.0亿 m<sup>3</sup>,这主要是由于耕地和灌溉面积增大而致;未来变化环境下,绿洲耗水还将增加0.43亿~1.44亿 m<sup>3</sup>。现状条件下绿洲地下水负均衡平均约2.76亿 m<sup>3</sup>/a,未来变化环境下可能增加到4亿 m<sup>3</sup>/a。因此,控制农业开发规模与优化种植结构,发展适水农业,减少地下水开采量,提升灌溉水生产力是中游绿洲水资源可持续利用和农业可持续发展的重要保障。按照生态健康标准,黑河中游适宜的农业规模偏丰水年1571 km<sup>2</sup>,需要在现状基础上压缩农业种植面积358 km<sup>2</sup>;种植结构优化在给定农业用水条件下,粮食玉米和制种玉米分别调减9153 hm<sup>2</sup>和2680 hm<sup>2</sup>;小麦和饲草分别调增4667 hm<sup>2</sup>和8213 hm<sup>2</sup>;高原夏菜调减2653 hm<sup>2</sup>;粮经饲比例由现状19.4:78.7:1.7调整为16.0:76.2:7.8。耗水时空格局优化可使得绿洲农业种植效益提升8.87%;通过优化配水较现状配水可节约0.55亿 m<sup>3</sup>。

迫切需要依靠科技创新推动水资源严重短缺区发展提质增效的适水农业新模式,提升农业产业竞争力。应尽快组织启动水资源严重短缺区适水农业科技专项,根据不同区域特点,研究气候变化和未来不确定条件下农业用水总量红线和单位面积耗水强度红线,研制高效低成本农业用水监控设备以及区域联网用水监控系统,研究适水作物种植结构和熟制,探索区域适水农业发展新模式,

最终实现依靠科技创新驱动水资源严重短缺条件下适水农业的绿色可持续发展。

## 二、促进高效节水灌溉发展

农业高效节水要从生物节水、农艺节水、工程节水三方面挖掘潜力,三者缺一不可。

我国现代农业迫切需要转型升级、提质增效和绿色发展。近些年,我国农业生产的比较效益逐年减小,主要粮食作物产值已接近生产成本,农业补贴幅度已经逼近国际贸易黄线;农村劳动力减少,人工成本增加较快;农户分散经营,我国农业劳均负担耕地面积约0.2 hm<sup>2</sup>,世界平均1.07 hm<sup>2</sup>。所以我国农业的劳动生产率低,缺乏竞争力。近年,我国耕地流转持续推进,耕地流转规模已经从2007年的426.7万 hm<sup>2</sup>增加到2016年的3140万 hm<sup>2</sup>,流转面积占比达到35.1%。合作社与家庭农场是耕地流转去向的主要主体,截至2016年年底,我国有家庭农场约87.7万个,经营耕地面积1173万 hm<sup>2</sup>,平均规模13.35 hm<sup>2</sup>,逐渐成为农业生产的生力军。根据我们调查,当家庭农场面积超过20 hm<sup>2</sup>时对发展高效节水灌溉很迫切。

2018年2月我在美国堪萨斯州西北部兄弟农场(FRAHM FARM-LAND INC)考察时看到一台喷药和施肥的机器,每小时作业面积80 hm<sup>2</sup>,当时我才感觉到什么是农业现代化,什么是农业竞争力。要增强农业的竞争力,必须实现规模化经营,促进农业转型升级和提质增效。规模化经营为大规模推广应用高效节水灌溉提供了很好的机遇。如果规模化经营只有播种收获的机械化,没有灌溉的现代化,也达不到农业现代化。因此,发展高效节水灌溉是现代农业转型升级的重要手段。

美国的喷微灌面积为全球第一位,达到1333.3万 hm<sup>2</sup>。我国喷微灌面积已达1000万 hm<sup>2</sup>,在全球排第二

位,但我国是近10多年全球喷微灌面积增速最快的国家,每年净增高效节水灌溉面积133.3万 hm<sup>2</sup>。为了进一步促进农业转型升级、提质增效,还需要在加强土地流转的基础上大力发展高效节水灌溉。

目前我国的灌溉水有效利用系数和作物水分利用效率与发达国家相比还有一定差距,根据统计,美国玉米、小麦、水稻的水分利用效率分别为2.94 kg/m<sup>3</sup>、1.24 kg/m<sup>3</sup>和1.39 kg/m<sup>3</sup>,而我国分别为2.04 kg/m<sup>3</sup>、1.19 kg/m<sup>3</sup>和0.8 kg/m<sup>3</sup>,仅占美国的69.1%、96.0%、56.7%。存在这些差异的主要原因是高效节水灌溉技术与农艺技术不配套,灌溉用水缺乏科学调配与精量控制,区域灌溉水配置与作物需水不匹配,还需要在上述方面做更多的工作。

## 三、实施灌区现代化改造

灌溉是提升粮食产量的最主要条件之一,全球灌溉农业利用20%的农田生产了40%的农产品,而雨养农业用80%的农田生产了60%的农产品,灌溉农业的单产水平是雨养的2.5倍。灌区是我国最重要的公益性基础设施工程,是国家粮食安全的最大保障,我国最大的节水潜力也在灌区。目前,全国有大中型灌区7748处,小型农田水利工程2200多万处,农田灌溉面积由1949年的1593万 hm<sup>2</sup>发展到2016年的6714万 hm<sup>2</sup>,位列世界第一。每年占全国耕地面积约49%的灌溉面积上生产的粮食占全国总量的约75%,生产的经济作物占90%以上。我国灌区粮食平均单产8550 kg/hm<sup>2</sup>,是全国平均单产的1.8倍,是旱地平均亩产的2.9倍。

虽然近些年国家投入大量资金进行了大型灌区的节水改造,但对于全国量大面广的灌区来说,这些投资仅仅是杯水车薪,灌区改造的速度和力度还远不能满足灌区现代化发展的需要。目前灌区面临的问题还很严峻,灌排设施不配套、现代化管理水平

低、灌溉除涝保证率低;农田高标准率低、生产集约化率低、农业生产技术水平低;土地产出率、资源利用率、劳动生产率、产品商品率较低;灌溉导致的化肥农药流失和面源污染、土壤侵蚀和板结重;过度开发导致地下水大幅下降、节水改造的生态影响明显;农田排水被忽视、土壤次生盐碱化严重、中低产田比例高;投入不足、重建设、轻管理、灌区水利服务体系尚不完善。这些问题严重影响了灌区现代化和灌溉农业的绿色可持续发展。

现代灌区应该是以山、水、林、田、居、生态、景观和规模化、集约化、高标准农田为载体,用现代灌排机械与工程设施装备,用现代机械化、标准化的绿色高效技术生产,用现代科学技术创新驱动发展,用现代经营理论和方法管理,用高效便捷的信息系统和社会化服务体系服务,用良好的生态环境支持,具有较高的土地产出率、资源利用率、劳动生产率和产品商品率;应该是生产、生活、生态和景观相结合,农村与城镇、农业与工业发展相统筹,资源高效利用与生态环境保护相协调,实现资源节约、产出高效、产品安全、环境友好、可持续发展的新型灌区。现代灌区的标志就是灌区现代化。灌区现代化包括:一是灌溉排水设施现代化,以比较完善的现代化灌溉排水工程系统为基础,集约化、高效率地使用水、肥等现代生产物质投入和农业劳动力投入,从而达到提高农业生产率的目的。二是灌区科学技术现代化,广泛采用先进适用的科学技术,提高农产品产量和改善品质、降低生产成本,以适应市场对农产品需求优质化、多样化、标准化的发展趋势。三是灌区农业生产方式现代化,广泛采用机械化、集约化、标准化的生态农业、有机农业、绿色农业等现代绿色高效生产技术和生产模式,实现水、肥、药、土地等农业资源的可持续利用,达到区域生态的良性循环,灌区农业本身成为一个良

好的可循环的生态系统。四是灌区管理方式现代化,灌溉排水管理成为商业化的产业,通过市场机制配置水资源,建立完善的水权交易市场体系。广泛采用先进的经营方式、管理技术和管理手段,具有很高的组织化程度。有相对稳定、高效的灌溉排水管理队伍,有高效率地把分散的农民组织起来的组织体系。五是较高的综合生产率,包括较高的土地产出率和劳动生产率。灌溉农业成为一个有较高经济效益和市场竞争力产业,产品的商品化率高,有完善的农产品现代流通体系,这是灌区现代化的重要标志。六是灌区劳动者智能化,从事灌区管理和农业生产或经营的人,具备现代化水平的文化知识和技能水平。提高劳动者的文化知识和技能水平,既是灌区现代化的目标,同时也是要实现目标的可靠保证。

灌区现代化改造要聚焦挖掘节水潜力、提高供水服务保障能力,为农业丰产增收提供支撑,为经济社会发展和生态建设提供有力水源保障。灌区现代化改造的方向,一是要突出建设节水型灌区,加强支渠以下工程配套改造,进一步提高供水效率、挖掘节水潜力;要不断完善灌区量测水设施,进一步精确供水计量;要通过农业水价综合改革,充分发挥价格的调节作用,促进节约用水。二是要突出建设生态型灌区,要紧密结合现代农业发展,加强水质、水环境监控,减少面源污染和地下水污染;加强灌区水生态保护和生态与水文化景观建设。三是要突出建设智慧型灌区,广泛应用先进科学技术推进灌区管理智慧化,特别是把智慧灌区成果应用到灌区生产中,使之成为推动灌区发展的有力措施。四是要突出建设创新型灌区,要转变传统发展理念,根据生产需要不断进行研究和创新,加强同科研机构、高等院校合作,切实增强自主创新能力。

要进一步拓宽视野,展示灌区节

水改造的最新成果,把节水灌溉示范与农业农村现代化发展统筹结合,依托节水新技术应用推广,打造集种植、养殖、农产品加工、休闲农业体验、科普教育、乡村旅游于一体的综合性灌区节水示范园区;要进一步提升现代化改造规划的理念,立足“水利工程补短板、水利行业强监管”,在工程设施升级改造、信息化建设应用的基础上,突出水生态和水文化传承,突出体制机制和创新能力的建设,达到灌区现代化指标,打造节水、生态、人文、智慧、创新、高效的现代化灌区。

#### 四、重在解决农业高效节水发展面临的实际问题

农业高效节水在发展过程中还面临着体制、机制和技术方面的问题。首先是农业节水补偿机制尚未形成,农民自觉节水的内在动力不足。例如河北目前地表灌区到斗口的灌溉水价为0.15元/m<sup>3</sup>,每公顷节水1500m<sup>3</sup>仅减少225元水费成本,而农民采用滴灌节水技术每公顷需投入15000元以上,但在实际生产中又没有体现出多节水多补偿。二是高效节水工程建设标准低,加之重建设、轻管理,影响了效益的发挥。三是高效节水科技推广与服务体系不完善,导致工程建成后没有专门化技术服务机构给用户提供技术指导,用户不会正确使用或出了问题无法及时得到解决,工程良性运行困难,可持续性差,节水效果大打折扣。四是农业高效节水试验与监测网络建设滞后,缺乏对区域农业用水以及严重超采区地下水的监控,影响了对农业用水总量和单位面积耗水强度的有效控制。五是不同部门政策与措施缺乏协调,高效节水灌溉技术与农艺节水技术配套不紧密,缺乏可规模化应用的标准化农艺节水技术模式。例如在地下水严重超采区,一方面是投入大量资金进行节水限采试点,以水定地、以水定产,农田休耕和粮食去产能;另一方面又投

入大量资金建设粮仓,扩大粮食种植面积和增加粮食产能,继续增加水资源消耗。建设的高效节水工程缺乏与不同作物耕作种植和需水特点、土地经营方式等的协调,经常出现灌溉工程建设不能满足农田节水灌溉需求的情况,导致一些工程流于形式。在农艺节水技术方面,有多领域研究人员开展了多年攻关,取得了一批成果,但还未形成可规模化应用的标准化模式。六是土地分散经营模式限制高效节水技术的应用。七是缺乏变化环境下节水的基础性研究工作,缺乏不同区域不同作物的节水标准以及经济、可靠、耐用、适应性广的先进实用技术。

解决上述问题必须做好以下工作:

1.高度重视高效节水灌溉技术与农艺技术的配套集成,大力推广作物水肥药一体化技术

节水高效农业的核心是通过集成多种技术最大程度减少输水、配水、灌水及作物耗水过程中的水损失,充分提高灌溉水利用率和作物水分利用效率,控制区域大规模节水的生态环境影响,获得最佳经济、社会和生态效益。如果只有节水工程的完善,而没有农艺技术的集成,没有科学的管理,即使喷滴灌管道铺到地里,水输送到田里,也发挥不了效益,实现不了高效,还不是真正的高效节水灌溉。发展高效节水灌溉,一定要与农艺技术结合好,农艺方面也要主动适应发展高效节水灌溉带来的新要求。我们在甘肃河西走廊的研究表明,膜下滴灌制种玉米水肥一体化条件下,必须配套提高种植密度才能更好发挥其节水增产的效能,当种植密度达到12.75万株/hm<sup>2</sup>时,其总产量和水分利用效率最高。

水肥药一体化技术是很好的高效节水灌溉与农艺技术配套集成的综合技术,是发展现代农业的重大技术,更是“资源节约、环境友好”现代绿色农业的“一号技术”。我们在甘肃

河西走廊研究的膜下滴灌制种玉米水肥一体化技术模式,每公顷可节水1935 m<sup>3</sup>,节肥109.5 kg(折纯量),水分利用效率提高76%。需要大力促进节水灌溉工程和农艺节水技术的有机融合,并通过制定规范化、标准化的应用技术规程,为农民提供“套餐式”服务,促进高效节水技术的应用。

2.高度关注灌溉作物生产的“三高三低”现象,大力推广特色经济作物节水调质优产高效灌溉技术

在我国特色果业和设施蔬菜中,高效节水灌溉技术由于比较效益相对较高,易于推广,应用面积较大。我国果园面积2016年达到1298万hm<sup>2</sup>,占总耕地面积的9.6%,是世界第一大果品生产大国。1994年以来,我国水果总产量稳居世界第一位,2016年水果总产量达2.83亿t。我国设施蔬菜栽培面积逐年增加,2016年达到391.5万hm<sup>2</sup>。随着生活水平的提高,消费者更加关注农产品的品质,对高品质果菜的需求逐渐增大。虽然国内水果市场日趋饱和,但进口高档水果对国内水果市场的冲击越来越明显。特色农产品市场的竞争实际上是品质的竞争,从总体上提高农产品的品质是特色果菜可持续发展的关键。在水资源严重紧缺的状况下,特色瓜果和温室蔬菜生产中,仍然大量存在着过度依赖灌溉和施肥获得高产的“三高三低”(高水、高肥、高产)现象,导致“三高三低”(低品质、低价格、低效益)。研究发现,某些作物产量随灌水量增加而增加,但品质随灌水量增加而下降。许多研究表明一定程度的亏缺灌溉降低番茄果实大小和产量,但改善了果实品质。2018年6月我在法国波尔多葡萄与葡萄酒研究所访问时了解到,当地为了保障葡萄酒的品质,严格限制葡萄产量和控制灌溉。我们从15年前开始,通过对不同水分条件与灌溉模式下作物外观品质、风味品质、营养品质、贮运品质和加工品质

参数的监测,分析不同品质参数对不同生育阶段水分的响应关系,建立不同作物的单一品质参数对水分的响应函数,建立作物水分—产量—品质耦合模型,形成了不同作物的节水调质优产高效灌溉技术应用模式。在水利部公益性行业专项资助下,通过研究提出了温室番茄“苗少—花适—采丰—收前停”的节水优产调质高效灌溉模式,在冬春茬和越冬茬番茄产量保持180 t/hm<sup>2</sup>和285 t/hm<sup>2</sup>不降低的情况下,分别节水1530 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>和1920 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>,并提高了番茄的含糖量、番茄红素和Vc含量等品质指标。应大力推广应用特色经济作物节水调质优产高效灌溉技术,促进果蔬生产的提质增效,把发展高效节水灌溉与农民增益紧密结合起来。

3.高度重视高效节水工程的质量和效益,建立与完善高效节水灌溉产品的市场准入机制

2018年2月我在美国堪萨斯州立大学西北研究中心考察,国际著名微灌专家Freddie R.Lamm教授介绍,地下滴灌在美国用得很成功,堪萨斯州地下滴灌面积1.2万hm<sup>2</sup>,加利福尼亚州14.8万hm<sup>2</sup>,德克萨斯州12万hm<sup>2</sup>,最长的已用了26.5年,还没有出现堵塞,运行正常。但地下滴灌在中国为什么就不成功?我认为有三方面原因,一是经费投入不到位,一公顷地下滴灌投入大约需要22500元,往往政府投资50%,地方与农民配套50%,但由于地方财力有限和农业经济状况不好,很难配套到位,每公顷22500元投入的工程11250元就做了,所以只是一个劣质工程或者不完善的工程,当然不会成功;二是我们的地下滴灌管质量不过关,易堵塞,很短时间就出问题,影响灌水质量和作物生长与产量,农民不愿意使用;三是运行管理不到位,容易出问题。所以,我们不能仅仅关注每年发展高效节水灌溉面积133.33万hm<sup>2</sup>,更应该关注有多少面积发挥了效益,真正

做到了节水高效?在高效节水工程建设中,灌溉设备材料质量良莠不齐,会诱发工程良性运行困难,导致可持续性差,使得节水效果大打折扣。高效节水灌溉的发展要因因地制宜、科学论证、合理规划、统筹安排,严格把控工程建设标准,争取做到新建一片、达标一片,成功一片的效果,实现由高效节水面积数量指标向工程质量和效益指标的转变。要进一步加强高效节水灌溉工程效益的后评估工作。建立与完善农业节水设备与产品市场准入制度,严格把关节水产品认证,杜绝性能不稳和耐久性差的节水产品流入市场。同时提高节水工程建设标准,严把施工质量,从而保证节水灌溉工程能够长期、有效运行。

4.完善农业节水试验与用水监测网络,建立农业节水补偿机制,建设高效节水科技推广与技术服务体系

农业节水试验是制定节水灌溉制度、技术体系和应用模式的根本途径,是高效节水灌溉技术推广应用的基础性工作,应加大国家财政投入,合理布局,加强设备条件建设、人才队伍建设以及技术标准建设,提高农业节水的科技创新能力。农业用水准确计量是推动节水技术应用、评价节水技术效果和实施农业节水补偿的基础,但目前95%以上的地表水灌区没有安装田间用水计量设备。例如河北省共有机井90万眼左右,分布广且分散,成井年限长短不一,大部分机井缺乏计量装置,而且部分水表计量传输不稳定易跳闸,影响了节水限采等工作的有效实施。建议建立区域联网的农业用水监控系统,加强农业用水的定量控制和有效监测。目前由于在实际生产中没有体现出多节水多补偿,所以农民缺乏自觉节水的内在动力,迫切需要从制度、运行机制入手,通过创新管理体制,应用政策手段,建立农业高效节水长效经济补偿和激励机制,调动农民自觉节水的内

在动力,促进农业高效节水发展。据调查,很多节水示范区利用效率不高,问题就出在服务体系跟不上,影响高效节水技术的应用。必须建立健全的、公益性强的、高效节水科技推广与技术服务体系,通过制定规范化、标准化的应用技术规程,为农民提供“套餐式”服务,消除农民使用高效节水技术的后顾之忧,促进高效节水技术的应用。

5.加强变化环境下农业高效节水科研工作,确定科学合理的节水标准,开发经济、可靠、耐用、适应性广的先进实用节水技术

必须依靠科技创新,加强变化环境下农业高效节水的科学研究工作,从农业用水全过程整体出发,贯穿基础节水、关键技术与重大产品节水,主导种植业标准节水和区域集成方案节水,创新农业节水增效的前沿基础,研发农业节水增效多途径协同的技术与产品;突出农业节水的精量化、信息化、自动化、水肥药一体化及标准化,实现农业水数据的信息化、灌溉的精准化、控制的自动化及灌溉施肥一体化与主导种植业节水增效模式的标准化;集成主导种植业水肥土种为一体的标准化节水增效技术体系,形成区域农业节水增效解决方案,带动节水的理论创新及技术系统与产品突破,支撑农业主导种植业节水提质增效和区域可持续发展。主要任务一是探索农业节水增效应用基础理论,研究作物生命健康需水过程与量化表达方法,明确不同水土资源条件下作物生命健康需水阈值,确定农业节水标准体系;研究作物生命健康需水过程对变化环境的响应关系,预测未来气候变化下的作物生命健康需水演变状况;阐明作物高效用水的生理生态调控机理,提出作物节水增效的全要素协同调控途径。二是研发农业节水增效共性关键技术与重大产品,创新作物生物节水、农艺节水、灌溉节水及化学节水关键技术,研发作物节水增效重大产品,实现农

田降蒸减耗;突破输配水及水源系统“卡脖子”节水技术,研发具有自主知识产权的农业水信息监测技术与产品,构建智慧灌区及水管理决策框架,实现农业用水的精准化、自动化、信息化、智能化。三是创新主导种植业综合节水增效标准化技术,针对当前我国农业节水技术单一、地域性明显、可复制性差、推广应用难的特点,集成我国主导种植业(粮食作物、蔬菜、果树及特色经济作物)节水增效综合技术,实现节水增效的标准化与模式化,为大面积、全方位推进农业节水增效提供成套技术。四是创建区域节水增效技术集成应用模式,针对区域水土资源及农业布局特点,集成农业节水增效关键技术及主导种植业节水增效模式,形成区域水源保障—输配水系统—农田水分调节—作物用水全链条控制的农业节水增效模式体系,研究不同经营主体农业高效节水技术推广和培训的服务模式与运行机制,农业高效节水技术效率与效益评价及相应激励机制,农业高效节水技术转移及推广模式,试点开展区域农业水权体制创新及运行方式、农业高效节水标准与监管体系等管理政策创新研究,构建农业高效节水监测评估体系,形成农业节水增效技术评价及推广机制,并进行示范应用,提升区域整体用水效率,构建东北节水增粮、华北节水压采、西北节水增效、南方节水减排的综合技术集成与应用模式,形成不同区域农业高效节水的整体解决方案,保障区域生态环境健康。 ■

参考文献:

- [1] 陆红娜,康绍忠,等.农业绿色高效节水研究现状与未来发展趋势[J].农学学报,2018(1).
- [2] 中国工程科技2035发展战略研究农业领域课题组.中国工程科技2035发展战略·农业领域报告[M].北京:科技出版社,2019.

责任编辑 马颖卓