



柏振忠,任然,胡婉玲,等.气候智慧型农业科技创新与潜在挑战研究[J].黑龙江农业科学,2020(1):129-133,134.

气候智慧型农业科技创新与潜在挑战研究

柏振忠¹,任然¹,胡婉玲²,王红玲³

(1. 中南民族大学 经济学院,湖北 武汉 430074;2. 澳大利亚昆士兰大学 商业、经济与法学院,澳大利亚 昆士兰 4072;3. 湖北大学 商学院,湖北 武汉 430062)

摘要:气候智慧型农业是一种更为综合、更高标准、更加智慧的全新农业发展模式,能够达成农业系统增产、抗逆与减排的三方共赢。从发展战略视角来看,气候智慧型农业的多重发展目标契合中国未来的生态文明建设与农业发展转型方向。为检验气候智慧型农业在我国的实践运用,开展相关科技创新分析尤为重要,本文从限制因素多重、实现目标多样均衡发展困难、生态系统功能脆弱等方面探讨可能存在的诸多挑战,最后提出相应对策建议,旨在为我国气候智慧型农业的推广提供理论指导。

关键词:气候智慧型农业;科技创新;潜在挑战

在维持生态系统服务的同时,满足农业生产的需求、减缓和适应气候变化、保护生物多样性将是本世纪的一个决定性挑战。气候智慧型农业(Climate-smart Agriculture)概念由联合国粮食及农业组织(FAO)于2010年在主题为人类粮食安全和全球气候变化的海牙会议上正式提出,具体是指能够可持续地提高生产效率、增强适应性、减少温室气体排放,并可实现国家粮食生产和安全的农业生产和发展模式^[1]。在此之前,为加强对气候变化的应对,学界曾提出过“生态农业”“低碳农业”“循环农业”“绿色农业”等多种发展模式,气候智慧型农业是对这些发展理念的融合、创新和超越,是一种更为综合、更高标准、更加智慧的全新农业发展模式。为实现农业增产、抗逆与减排等发展目标(图1),气候智慧型农业致力于推动各地农业生产系统的可持续发展,保障当地居民粮食安全,同时增强农业对气候变化的应对能力。广义上看,各种有助于增产增收、提高适应能力、实现低碳减排的农业实践,都能被看作是现实的气候智慧型农业^[2]。从发展战略视角来看,气候智慧型农业的多重发展目标契合中国未来的生态文明建设与农业发展转型方向,对保障国家粮食安全、适应全球气候变化、推进农业可持续发展具有现实意义。

气候智慧型农业自提出以来,国内外学者对其进行了广泛研讨。Lipper等^[3]认为,气候智慧型农业并非交叉学科,也并非一系列的农艺措施,

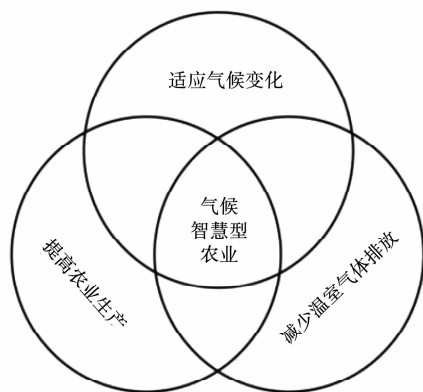


图1 气候智慧型农业“三赢”目标

Fig.1 “Three win” goal of climate-smart agriculture

而是在气候变化的背景下,因地制宜调整农业结构,以保证粮食安全的一种方法。Baudron等^[4]研究指出,自20世纪90年代以来,作物轮作、与豆科作物间作以及农作物残留物管理等是一种被广泛支持的种植业和养殖业发展优先选项。Arsalan等^[5]以赞比亚为例,对包括减少耕作指数、作物轮作、豆类间作以及改良种子和施用无机肥等气候智慧型农业措施变量,并结合降雨量和气温等气候变量,实证分析这些变量对玉米产量的影响。Branca等^[6]实证分析表明,通过实施地膜覆盖、作物轮作(尤其是豆类作物)和品种改良等措施,谷物产量平均提高116%。Brandt等^[7]研究认为气候智慧型农业模式发展应根据当地生物物理、社会和经济条件等相关信息做出适当规划。我国学者张卫建^[8]指出,中国是世界上最大的农产品生产和消耗国,也是碳排放大国,粮食增产与农田减排的压力最大。要系统理解农业生态系统的碳源与碳汇功能的转换机制,继续加强农业科

收稿日期:2019-08-07

基金项目:国家自然科学基金项目(71871086,71473277)。

第一作者:柏振忠(1970-),男,博士,教授,从事农村与农业发展研究。E-mail:516087615@qq.com。

技和制度的创新,发展气候智慧型农业,促进现代农业可持续发展。柏振忠等^[9]认为,低碳经济正成为各国应对气候变化挑战、保障未来能源安全的重要路径,也成为世界主要经济体抢占未来经济制高点的重要战略选择。世界低碳技术的快速发展必将促进我国包括气候智慧型农业在内的低碳技术进步。管大海等^[10]认为,我国农业现阶段正处在可持续发展的机遇期,探索我国气候智慧型农业发展之路,对于节能减排、减缓气候变化、保障粮食安全以及减少温室气体排放有着重要的意义,并且提出建立中国气候智慧型农业技术和理论体系等相应建议。本文介绍了智慧农业的概念及研究现状,指出了目前存在的诸多挑战,进一步分析了气候智慧型农业科技领域和具体措施,旨在为我国气候智慧型农业的推广提供理论指导。

1 气候智慧型农业的科技创新

1.1 推行水分管理智慧化

气候智慧型农业在生产要素投入过程中实施智慧化管理。在灌溉设施上采用滴灌、激光平整土地等技术,推行水分智慧化管理。一是采用雨水集留技术,把降雨径流收集到特定场所,满足不同时段农业用水需求。据我国甘肃定西地区水保所测定,用塑料薄膜覆盖和素土夯实等方法处理的集流面,其单位面积年集流量相比自然状态明显增多,分别为 0.259 和 0.038 m³。把集流面所集径流拦蓄利用水窖等较好的储水设施储存起来,能够应对农业干旱风险^[11]。二是采用喷灌、滴灌技术,节约农业生产用水。随着气候变化的影响,一些年降雨量偏低的地区,其降雨量将变得更加不稳定。为此,根据农作物不同生长期对水分需求的差异,通过安装喷灌或滴灌设施,最大程度地降低农业用水量。尤其是针对陡峭山坡上的农作物,喷灌或滴灌设施的使用可以增加水向土壤的渗透,减少水分被土壤侵蚀以及无效蒸发。三是采用激光平整土地技术进行土地整理,缩减农作物灌溉时间,提高水分利用效率。尽管该技术在研究领域是相对较新的技术,但也是一项规模中性的技术,不会偏向大农户,现已被农民采用。有研究表明,与传统平整土地方式相比,利用激光平地设施在稻田中进行激光平整每公顷可缩短灌溉时间 47~69 h,提高产量约 7%。在麦田中每公顷可缩短灌溉时间 10~12 h,田地产量增加 7%~9%^[12]。因此,利用激光平地技术可以大幅缩短农田灌溉时间,提高农户经济利益。四是

栽培方式改传统大水漫灌为垄作沟灌,有效应对旱涝影响。选择地表平、耕层深、肥力高、保水保肥的耕地进行垄作沟灌栽培,可以更有效地控制灌溉和排水。垄台与垄沟高度差便于雨后排水与旱时灌溉,具有避免土壤板结、增产和节水的优势。五是优化排水措施预防水涝灾害。气候智慧型农业发展离不开水利工程建设。通过兴修江河流域水利工程,优化排水设施,可以预防农业生产区洪涝灾害问题,实现经济、社会和生态效益的全面提升。六是扩大地表覆盖面,减少水分蒸发损失。在农作物生长初期,利用地膜、秸秆等覆盖地表,可以有效保护土壤墒情。气候智慧型农业不是用水管理上的单方面技术改造,而是全方位、系统化的农业用水技术集成和智慧化管理。

1.2 开展养分综合管理

气候智慧型农业在提高农业可持续发展水平进程中,以提高养分资源利用效率为目标,构建农田养分营养智慧化管理体系,提高养分利用综合效率。一是采用滴灌施肥技术,满足特定时间和具体地块农作物生长养分需求。据统计,滴灌施肥技术是提高化肥利用率的一种理想灌溉施肥方式,可以提高肥料利用效率 50%以上。与主流做法相比,滴灌施肥可将水肥均匀地由灌溉孔直接输送到作物根部周围,从而同步实现节水增收,有效提高农业效率。二是采用绿色肥料,改良土壤中氮的供应。近年来,大豆根瘤菌一直是我国筛选的主要菌种资源。根瘤菌与土壤、豆科植物品种的有效匹配,有助于增强根瘤菌对土壤环境的适应性和固氮能力。三是采用现代化分析技术,依据作物叶片颜色,量化所需的氮肥量。随着智能手机的快速发展,有着快速、简单、无损等优点的基于数码相机和图像处理技术的氮素营养诊断方法得到广泛应用。例如,基于叶片图像的黄瓜碳素情况分析已经可通过手机完成,十分便于农民及时了解黄瓜的营养状况。四是采用与豆科农作物间作模式,有助于修复土壤氮元素以及减少氮肥的使用。在适宜种植豆科植物的气候中交替耕种豆科植物与其他农作物,积极发展以微生物和植物共生固氮为主,联合固氮和自生固氮并行的生物固氮措施,用以维持土壤中氮素含量。

1.3 实施能源智慧措施

气候智慧型农业能源管理主要从保护性耕作和有效利用生物质能源两方面进行:一是转变传统耕作模式为保护性耕作模式,减少土地整理中化石能源消耗量,并可提高土壤中有有机物质的滞留。实践表明,“少耕”或“免耕”等多种保护性耕

作模式可以降低耕作机械的使用频次,大大减少耕作机械工作中对化石能源的消耗,提高农业生产能源利用效率。并且,“少耕”或“免耕”等保护性耕作还有利于维持土壤团聚体,减少土壤有机质的氧化,保持土壤健康。此外,保护性耕作可以维持土壤生物多样性,推进土壤生态系统种群基因多样化和物种丰富性,增强其对不断变化的环境条件和压力的适应能力。二是强化植物残留管理,有效利用生物质能源。农业每年产生大量的作物残留,秸秆是物质、能量和养分的载体,其在土壤微生物的作用下腐解能够释放能量,改良土壤结构。但秸秆还田能够增加农田土壤呼吸,对农田土壤 CO_2 等主要温室气体的排放产生显著影响。为有效降低其对温室效应的贡献,可通过强化植物残留管理,选择合理的秸秆还田方式以及按照秸秆理化特性来进行氮肥的具体配施,实现有效利用植物残留的同时达到温室气体减排量最小化的双重效益^[13]。

1.4 实现知识创新驱动

近年来,干旱、洪涝、泥石流、风暴、盐碱化、低温等极端天气发生频率明显增加,土壤盐碱化日趋严重。据预测,未来几十年气候变化的增加将加大农作物的生产风险,并降低农业生产系统的应对能力。为此,发展气候智慧型农业,将现代科学技术和当地传统农业知识相结合,因地制宜推进知识智慧化管理和利用。一是制定气候风险管理计划,应对主要与天气变化有关的突发事件。面对日益变化的、充满不确定风险的未来,多种风险管理手段以及多样化的发展路径有助于降低农业生态环境脆弱性和增强应对极端气候变化风险的能力,增进社会、经济和环境的可持续发展。二是采用气象预报技术,向农产品生产者提供相关信息咨询。开发气候信息服务,实现气候智慧型农业多个生产环节的智慧化,可以帮助农户调整气候变化干预措施,进而实现气候智慧型农业生产资源集约、适应性增强、高产优质、绿色减排等目标。三是采用改良作物品种技术,积极选育培育一批抗病、抗旱、抗盐碱、抗寒等抗灾能力较强的品种,提高农作物品种的多样性。综合利用适应性好的品种,将有利于增加农作物适应气候变暖而带来的产量潜力,突出气候智慧型农业的价值。研究表明,改良农作物品种,发展气候智慧型农业可以提高农作物生产潜力上限,相对提高土地生产力并降低自然风险的影响,有助于应对当前水稻增产减缓和食品供应增长的双重压力。四是因地制宜建立代表区域特色的种子资源库,应

对气候变暖对植物种类多样性的威胁。

1.5 增强碳汇封存效率

气候智慧型农业以减缓温室气体排放为重要目标,积极推进碳汇智慧化。一是采用农林复合经营技术,提高土壤碳封存。在农业生产区中发展林业,在雨季利用树木脱落的叶子提供有机残留物和营养素,改善土壤结构,增加土壤肥力,保持农业生产区的水分和减少排放。二是提倡集中饲养牧畜,为耕种土地提供劳力和粪肥,提高资源利用率。在减少粪便处理中的温室气体排放方面,创新利用沼气工程回收、覆盖露天贮存、动物粪肥处理等技术。同时,集中饲养家畜为通过提高动物生产性能和改善畜舍结构的措施减少温室气体排放量提供了便利。在水产养殖中,利用工厂化养殖模式,采用高效增氧、水质监测、立体种养等技术实现水产养殖减排增效。三是重视饲料管理,增加饲料多样性,农作物的无用部分作为饲料喂养牲畜。在饲料管理方面,推广秸秆青贮、氨化,合理调配日粮精粗比,使用营养添加剂等,以减少动物肠道发酵 CH_4 等温室气体排放。四是开展病虫害综合治理,达到经济效益和生态效益的有机统一。气候变化导致害虫数量增加以及越冬基数增大。病虫害综合治理将会是控制农作物病虫害的根本策略,在病虫害综合治理中,化学农药只有在必要时使用或与其他手段联合使用,此外还会选择对环境、人体和非靶标生物影响小的农药品种使用。实践证明,实施综合防治是提高效率、节约成本、降低残留,以及延缓害虫抗药性和促进农业可持续发展的有效途径。

2 气候智慧型农业在我国发展面临的挑战

2.1 多重因素限制

尽管气候智慧型农业技术有各种有利之处,但农民目前的采用率相当低。影响气候智慧型农业技术应用程度的因素很多,如技术创新人才、社会经济特征、农业制度体系、特定地点的生物物理环境以及新技术的属性。第一,从粮食安全角度看,我国当前气候智慧型农业试验区可能发生的自然灾害包括旱灾和水灾,可能在一定程度对农民参与相关农业实践的积极性造成影响。在我国气候智慧型农业试验区河南省叶县部分村的小麦产量达 $9\,000\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,均处于较高的水平。然而,在技术不完善的初期阶段,化肥与农药用量的大幅下降,易导致暂时性的作物减产和农民收入减少,影响粮食安全,从而出现农民在获取项目资

金支持的时候会采取保护性耕作,而项目撤走后农民就又会按自己的方式经营农业。第二,从创新人才角度看,气候变化加大了农业的不确定性,将新信息带入农民的传统知识里,给农民的决策带来挑战。然而,技术开发人员缺乏能够实际融入农业系统的创新知识,以及不了解农民如何才能实现协同效应,并最大限度地权衡在实际农业生产中实施多种干预措施的相互影响。第三,从制度体系角度看,受现实经营制度制约,农户家庭耕地规模普遍较小,同时土地流转成本却不断上升,从而使土地无法有效向优势农业经营主体集中,限制了农业生产集约化的提高,对气候智慧型农业实践的数量与质量造成不利影响。第四,从从业者意识角度看,首先,农产品生产者对耕地保护意识弱,现阶段的打工经济导致农村年轻劳动力普遍缺乏,以中老年人为主的务农人口承担着日常主要的农田管理活动,其对保护性耕作的了解更是少之又少;其次,缺乏市场信息和农林业专业知识,示范推广网络与基础设施发展缓慢等潜在制约因素也限制着气候智慧型农业的发展。因此,考虑到各种情况的多样性,如何在全国范围内扩大推广规模,这需要在技术应用、创新人才、更新的制度体系和资金支持形式等方面采取创新。

2.2 实现目标多样性

气候智慧型农业技术可以提高生产率,增强适应性,减少温室气体排放,但是要在3个领域同时实现收益是困难的,一个领域的收益可能伴随着另一个领域的损失。首先,为了提高农业生产率,需要采取行动帮助那些受气候变化影响最大的资源贫乏的农民,以便能够加强粮食安全并加快经济增长。为改善粮食安全和帮助农民适应而采取的行动通常可能具有显著的缓解协同效益,但同时它们也可能具有较高的前期成本。农民采用适应气候变化的做法,短期内可能不会提高投资回报。其次,为实现温室气体排放稳步减少的目标,需要采取一系列措施。在碳汇智慧化技术中,农林复合经营的减排能力取决于具体的农业生态条件和管理实践,而由于估量和监测混合农林业固碳效应缺少理想方法以及环境收益不稳定使得农林业复合系统与其他农业系统相比具有相当挑战性;在水分智慧化技术中,通过减少土地覆盖变化,尤其是富含碳的森林和湿地,减少现有农业土地上的土地利用。此策略的耕作密集程度较低,但同样产量较低,可能会产生当地环境效益,并且可能要求在其他地方清理土地以弥补当地较低的产量,从而导致整体环境影响更大。另

外,目前保护性耕作尚且存在众多有待解决的配套技术问题。在农业机械化程度连年增高的现代农业体系中,缺乏适应不同生产环境的专用保护性耕作器械,实施保护性耕作同时将会打破农产品生产过程中耕作后期的传统措施,需要使用不同的配套设施。由此,虽然有经济理论表明,粮食安全与适应性(即风险与回报)之间可能存在潜在的折衷,特别是与多样化行为有关,但是权衡和协同的潜力取决于所涉及的多样化类型及其包括气候在内的驱动因素。

2.3 生态系统功能脆弱

农业生态系统功能脆弱,土壤污染、空气污染、水体污染严重,并且相互影响。首先,土壤污染现象日益严重,土壤主要污染物正在从常见易降解无毒害污染物向难降解有毒害污染物转变。农药污染、生活垃圾污染、化肥污染及重金属污染等多种污染长时间危害土壤健康。如酸雨改变土壤的酸碱性,土壤酸碱度失衡,废气中污染物颗粒沉降在农田表面或灌溉水源中。土壤微生物具有分解土壤中有机物的作用,微生物多样性和数量下降,影响着土壤中养分有效性。其次,水体污染,由于经济快速增长,城市和工业用水需求一直逐年上升,改变了许多流域和含水层的水体平衡,与此同时,城市和工业水排放的污染已经影响到河流和含水层并进一步减少可供使用的水量。在干旱和半干旱地区,气候变化将给已经匮乏的水资源带来额外的负担。这种现象给农业灌溉计划施加了压力,并且对于依赖淡水的物种而言,生物多样性正在迅速下降来自其他类型生态系统的物种。土壤、水体污染将大幅降低农业生产整体效率,进一步的增强了粮食安全的挑战,阻滞气候智慧型农业转型发展。

3 中国发展气候智慧型农业的对策建议

3.1 加快政策支持力度

农业科技创新已成为我国建设现代农业进程中的一个重要条件,而农业科技研发离不开政府强有力的支持。可以说,对科技创新资金提供充足保障是我国农业面对全球气候变化、推进气候智慧型农业发展的重要需求。为此,政府部门应确立气候智慧型农业推广应用工作的优先地位,对农业应对气候变化领域的相关工作提高资金支持力度。完善气候智慧型农业科技发展投融资机制,在建立相对稳定的政策支持以及资金投入的同时,多渠道筹措资金,特别是吸引社会各界资金投入农业气候变化的科技研发以及作为实施气候

智慧型农业地区的前期成本,以及积极利用国际组织基金,支持我国开展气候智慧型农业领域的科技研发。

3.2 强化人才队伍建设

在农业气候变化科技人才培养方面,注重加强生物学、农业气象学、资源与环境经济学等农业气候变化相关学科建设,吸引优秀毕业生和领域专家,推进农业应对气候变化创新团队建设,鼓励和引导我国相关人才参与气候智慧型农业科技的国际研究计划,并充分利用多种渠道和方式提高研究水平和自主创新能力,建立具有我国特色的气候智慧型农业的技术人才培养体系。充分发挥合作社、家庭农场新型农业经营主体作为农业气候变化科技推广的主体作用,可以对这些主体采用气候智慧型农业技术的前期阶段发放补贴,开展气候智慧型农业保险和小型农业信贷服务,引导新型农业经营主体突出农业应对气候变化领域技术推广应用,提高技术推广应用的集约化程度。借助网络和农村广播等渠道增加农民对气候智慧型农业的认知度,支持农民向有关部门或团体学习相关技术,提供气候变化提供相关咨询服务,激发其采用创新技术的积极性。

3.3 推进供给侧结构性改革

发展气候智慧型农业,要求在气候变化的背景下,因地制宜调整农业结构,这与当前我国正大力推进的农业供给侧结构性改革目标是一致的。农业供给侧结构性改革就是要以可持续的农业发展理念,推动我国农业由过去单纯追求产量的高消耗发展模式向生态化、可循环的高质量发展模式转变。为此,应综合考虑资源禀赋、产业基础、区位优势和市场条件,科学制定规划,宜农则农、宜林则林、宜牧则牧、宜渔则渔,促进各类农业资源得到合理开发利用与有效保护;立足于农业生态系统自身碳源与碳汇之间的相互转换,进一步挖掘其固碳减排潜力;落实农业生态环境重点治理工作与农业可持续发展规划,调整农产品生产和供给结构,满足不同消费者差异化消费需求;提高对农业科技创新和生产制度优化的支持力度,

借由气候智慧型农业的推广应用,保障国家粮食安全,促进我国农业的现代化转型。

参考文献:

- [1] Organization A. "Climate-smart" agriculture: policies, practices and financing for food security, adaptation and mitigation[EB/OL]. 2010-01-17. <http://www.fao.org/home/en/>.
- [2] 胡婉玲,任然,王红玲,等. 气候智慧型农业在中国的实践、问题与对策[J]. 湖北农业科学,2018,57(20):143-147.
- [3] Lipper L, Thornton P, Campbell B M, et al. Climate-smart agriculture for food security[J]. Nature Climate Change, 2015,4(12):1068-1072.
- [4] Baudron, F, Mwanza H, Triomphe B, et al. Conservation agriculture in Zambia: a case study of Southern Province[EB/OL]. 2007-01-10. https://www.researchgate.net/publication/238789786_Conservation_Agriculture_in_Zambia_A_Case_Study_of_Southern_Province.
- [5] Arslan A, McCarthy N, Lipper L, et al. Food security and adaptation impacts of potential climate smart agricultural practices in Zambia[R]. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 2015.
- [6] Branca G, McCarthy N, Lipper L, et al. Climate-smart agriculture: a synthesis of empirical evidence of food security and mitigation benefits from improved cropland management[J]. Mitigation of climate change in agriculture series, 2011(3):1-42.
- [7] Brandt P, Kvakic M, Mariana C, et al. How to target climate-smart agriculture? Concept and application of the consensus-driven decision support framework "target CSA"[J]. Agricultural Systems, 2017(115):234-245.
- [8] 张卫健. 气候智慧型农业将成为农业发展新方向[J]. 中国农村科技, 2014(4):14.
- [9] 柏振忠,成艾华. 低碳世界对我国经济带来的影响研究[J]. 科技进步与对策, 2010(22):17-20.
- [10] 管大海,张俊,郑成岩,等. 国外气候智慧型农业发展概况与借鉴[J]. 世界农业, 2017(4):23-28.
- [11] 钱凤魁,王文涛,刘燕华. 农业领域应对气候变化的适应措施与对策[J]. 中国人口·资源与环境, 2014,24(5):19-24.
- [12] Aryal J P, Mehrotra M B, Jat M L, et al. Impacts of laser land leveling in rice-wheat systems of the north-western indogangetic plains of India[J]. Food Security, 2015,7(3):725-738.
- [13] 伍玉鹏,刘田,彭其安,等. 氮肥配施下不同 C/N 作物残渣还田对土壤温室气体排放的影响[J]. 农业环境科学学报, 2014(10):2053-2062.

Research on Scientific and Technological Innovation of Climate Smart Agriculture and Its Potential Challenge

BAI Zhen-zhong¹, REN Ran¹, HU Wan-ling², WANG Hong-ling³

(1. Academy of Economics, South-Central University for Nationalities, Wuhan 430074, China; 2. Faculty of Business, Economics and Law, University of Queensland, Queensland 4072, Australia; 3. Business School of Hubei University, Wuhan 430062, China)