

黑土粮仓全域定制模式的理论基础与技术路径

廖晓勇^{1,2}, 姚启星^{1,2}, 万小铭^{1,2}, 王介勇^{1,2}, 李泽红^{1,2}

(1. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101; 2. 中国科学院大学, 北京 100049)

摘要: 东北黑土地是中国粮食生产的“压舱石”。不合理开发利用导致部分地区黑土地退化严重, 影响局部区域粮食生产和经济社会发展。在全球范围内粮食供需矛盾加剧的背景下, 亟需着眼于区域可持续发展战略全局, 寻求系统性、科学性和经济性的解决方案。黑土粮仓全域定制模式以地理学综合思想为指导, 系统诊断黑土地退化的关键问题与主导因素, 构建多尺度联动、多要素耦合、多技术协同的黑土地保护共性与个性相结合的解决方案。该模式依托“星—空—地—网”立体监测系统, 结合大数据与人工智能驱动的全域定制平台, 构建3个不同尺度策略: ① 市域尺度实施“分区施策”, 制定服务于黑土保护的农业资源优化配置方案和全域农业区划方案等; ② 村域尺度实施“依村定策”, 制定不同类型村庄的黑土地保护利用模式; ③ 地块尺度实施“一地一策”, 提供黑土保护与种植管理等土壤修复和产量提升精准策略。在齐齐哈尔市开展“市域—村域—地块”多尺度的方案验证与集成示范, 以破解黑土地保护与利用难题, 形成可复制可推广的系统解决方案, 为中国和全球黑土地农业的可持续发展提供示范样板。

关键词: 黑土粮仓; 全域定制; 模式; 平台; 保护性耕作

DOI: 10.11821/dlxb202207005

1 引言

据估计2020年全球面临饥饿状况的人口数量高达7.2亿至8.11亿, 相比2019年增加了18%。营养不良人口占全球总人口约9.9%, 高于2019年的8.4%^[1]。当前是人类历史上全球饥饿问题最严重的时期之一, 新型冠状病毒肺炎疫情持续演变以及由此导致的全球经济衰退, 将进一步恶化全球粮食安全形势。虽然目前中国粮食安全情况处于历史最好时期, 但与应对重大风险挑战的战略需求还有一定差距。筑牢国家粮食安全防线, 把饭碗牢牢端在自己手中, 稳住粮食安全这一战略要素, 才有能力、有信心、有条件应对各种风险挑战。东北黑土区肩负着保障国家粮食安全的重要任务。习近平总书记高度重视黑土保护问题, 明确提出一定要采取有效措施, 保护好“耕地中的大熊猫”。

中国东北地区的粮食产量占全国1/4左右, 是中国最重要的粮食生产基地和商品粮输出基地, 被誉为中国粮食安全的“压舱石”, 在保障国家粮食安全方面具有不可替代的作用^[2]。东北黑土区具有农业生产所需的水土资源禀赋优势, 但黑土抗蚀能力弱, 长期以来的不合理开发利用, 导致黑土区水土流失日趋严重, 土壤肥力下降^[3]。近40年来中国黑

收稿日期: 2021-12-22; 修订日期: 2022-04-21

基金项目: 中国科学院战略性先导科技专项(XDA28130500) [Foundation: Strategic Priority Research Program of the Chinese Academy of Sciences, No.XDA28130500]

作者简介: 廖晓勇(1977-), 男, 湖南衡阳人, 研究员, 博士生导师, 研究方向为土壤修复与可持续利用。

E-mail: liaoxy@igsnrr.ac.cn

通讯作者: 万小铭(1986-), 女, 重庆人, 博士, 副研究员, 硕士生导师, 研究方向为土壤可持续利用。

E-mail: wanxm.06s@igsnrr.ac.cn

土地出现明显的用养失调和土壤退化现象,土壤有机质含量下降了30%~40%,出现耕地黑土层变硬和坡耕地黑土层变薄等问题,亟需加强保护^[4-5]。黑土地持续退化严重制约了东北粮食主产区作物生产潜力的发挥和农业的可持续发展。

近年来中国黑土地保护工作取得了较大的进步,形成了系列效果显著的黑土地保护技术体系^[6]。以保护性耕作为重点的黑土保护措施得到了较大面积的推广。但目前东北黑土区生态环境恶化的总体趋势还未得到根本遏止,其关键问题在于缺乏因地制宜的系统性解决方案。黑土地退化是一种系统性过程,既受风蚀、水蚀等自然过程影响,又是不合理农业生产活动的结果;既受局部气候环境经济社会活动作用,又受区域地形地貌和农户生产行为等因素影响^[7]。实现黑土保护与综合利用不仅需要立足于耕地保护和利用本身,还需要着眼于区域可持续发展战略全局提出系统解决方案。

农业系统是复杂巨系统,目前已经很难依靠“点”上的技术突破实现整体提升,需要从系统的要素构成、互作机理和耦合作用来探索问题解决的途径。针对东北黑土区黑土地保护与利用的突出问题,亟需以地理学理论为指导,运用综合性和系统性思维,从市域、村域、地块等不同尺度构建黑土地保护利用全域定制系统解决方案,实现土壤高效养护和农产品品质创优,为中国东北黑土区乃至全球黑土区提供黑土地高质利用和长效保育的示范样板。

2 黑土保护与综合利用国内外发展现状

2.1 黑土保护与综合利用相关研究的文献图谱分析

通过在中国知网(CNKI)核心数据库和“Web of Science (WOS)核心合集”数据库中以“黑土保护”为关键词进行文献搜索,时间截至2021年9月,分别获得WOS文献635篇,CNKI文献671篇,采用Citespace软件(5.8.R1)绘制知识图谱。两个数据库的关键词聚类结果有所差异。CNKI数据库中,出现频率最高的关键词是黑土、东北黑土区、水土流失、寒地黑土(图1a)。中国黑土保护相关的研究集中在东北黑土区,主要研究内容包括有机质、秸秆还田、土壤侵蚀等。而WOS数据库中,“Black Carbon”“Soil”“Biological Control”出现频率最高(图1b)。世界范围内,黑土保护相关的研究以“Black Carbon”为核心,生物防控、微生物、生物炭等是研究热点。

关键词的时间线聚类分析表明,CNKI文献从单一水土流失或者保护性耕作逐渐发展为多角度多尺度的综合防控模式(图1c)。从2013年开始,中国关于黑土保护的研究中逐渐出现了“品牌”以及“保护性利用”这一类关键词,这表明黑土保护逐步向保护性利用发展,从单一的“养好”逐步完善至“用好养好”。而WOS文献中,近年来的研究热点相对单一,集中到生物炭和吸附,并且二者关系紧密,主要研究方向可以概括为两方面,即分别是利用生物炭服务于碳捕获或者温室气体减排,以及利用生物炭进行污染物的吸附(图1d)。

CNKI和WOS数据库检索结果的关键词聚类及其时间线都具有明显差异。世界范围内,中国的黑土耕作程度最高并且还将继续保持高强度耕作模式。国外的经验教训很难直接应用于中国黑土区的土壤保护,需要构建具有中国特色的区域尺度系统性解决方案,实现黑土地的高效保护和综合利用。

2.2 黑土保护与综合利用技术体系的梳理

世界范围内,黑土成片分布于四大区域:俄罗斯西南乌克兰第聂伯河大平原、北美



图2 黑土保护与综合利用技术体系

Fig. 2 Technical system of black soil protection and comprehensive utilization

式，调节土壤肥力、增加作物产量^[16]。“保”包括病虫害生物防治、肥药双减增效等植物保护技术，在降低农药化肥投入的同时改良土壤、保证农作物品质^[17]。“管”针对资源的不合理利用导致的资源浪费和生态环境恶化问题，构建农业资源综合利用的管理模式，在解决资源环境问题的同时还有助于提高农民收入^[18]。“工”指通过深松机、免耕播种机、秸秆粉碎还田机、玉米籽粒直收机、秸秆捡拾打包和籽粒烘干等农机装备的使用，提高传统农业的效率，并有效保护土壤^[19]。

各项黑土保护技术并非孤立，而是相互联系，在实践中常常联合使用。“梨树模式”、拜泉县水土综合防治和海伦“飞鸟型”模式是黑土保护与综合利用单项技术集成的几个典型案例。“梨树模式”通过对农田实行免耕、少耕，尽可能减少土壤扰动，并用作物秸秆覆盖地表，减少土壤风蚀、水蚀，提高土壤肥力和抗旱能力。截至2021年7月，“梨树模式”已经在全国推广300多万 hm^2 ，推广区域土壤含水量增加20%~40%，耕层0~20 cm有机质含量增加12.9%^[20-21]。拜泉县位于黑龙江省中部漫川漫岗区，是东北黑土区水土流失综合治理的代表区域，构建了以工程措施为支撑，以生物措施为主体，以地形特点为依据，以蓄水保土为目标的工程—生物综合防治技术体系，显著降低了耕地土壤侵蚀强度。与2000年相比，2015年99.5%的强烈侵蚀区演变为中度以下侵蚀区；2011—2015水土流失总面积减少193.8 km^2 ^[22-23]。海伦“飞鸟型”模式通过混合选择与系谱法结合的育种方法进行后代选择，培育出早熟、高产、适应性广、商品属性优的“东生号”大豆新品种10个，系列品种的转化产生直接经济效益2000万元，累计推广应用300多万 hm^2 ，增产大豆10亿kg，增加效益36亿元^[24]。

2.3 开发黑土粮仓综合集成模式的必要性

通过上述国内外研发现状的系统梳理发现，中国在黑土保护与综合利用方面取得了较大的进展，形成了系列效果显著的水土保持技术体系^[6, 25]。如何从众多的技术中进行科学合理的因地制宜的决策是目前黑土保护工作中的一大难点。大自然复杂多面，单一的做法无法在任何地方都取得良好的效果，不能一味地寻找普遍适用的解决方案，关键在于制定适合当地环境、符合当地区域发展趋势的做法^[26]。

世界范围内粮食安全的突出问题将黑土保护提到了前所未有的高度，这也对黑土保

护策略提出了更高的要求。确定合理的黑土保护技术模式,不应“一刀切”,而应因地制宜,针对不同条件,通过智能化、科学化的决策,在不同的生态经济类型区选择适宜的农业发展模式,实施差异化的技术措施。

如何实现高效的“因地制宜”?这需我们从系统的要素构成、互作机理和耦合作用来探索问题解决的途径,从资源利用、运作效率、系统弹性和可持续性的整体维度进行思考,从区域尺度来实现资源融合和产业融合,统筹“人、土、肥、水、种、栽培”等生产要素,综合运用经济、工程、农机、生物等手段,构建“人—地—产”协同共荣的黑土地乡村复合生态系统模式,搭建“市域—村域—地块”黑土全域定制决策支持平台。

数据科学和分析工具的进步为提升农业领域研究和知识应用提供了重要的突破机遇。大数据、人工智能、机器学习、区块链等技术的发展,提供了快速收集、分析、存储、共享和集成异构数据的能力,极大地提高了对复杂问题的解决能力。现代智能农业能够通过物联网、3S等传感技术,多场景全要素获取海量农情信息,利用云计算、人工智能等信息技术,将农业、资源等相关领域的大量研究成果应用在生产实践中,在动态变化条件下自动整合数据并进行实时建模,促进形成数据驱动的智慧管控^[27-28]。

美国和以色列等国家已经基于传感技术和物联网等技术形成相对较为成熟的农业决策管控平台,比如孟山都公司的Climate系统、以色列耐特菲姆公司的NetBeat系统(表1),这些公司提供先进的数据收集和分析技术,大大提高了农业生产效率和生产力。但该类农业智能决策系统多是以服务作物生长与效益提升为目标进行设计,未与黑土保护与保护性利用相挂钩。中国在2005年基于SUPERMAP系统组件VB编程研发了东北黑土土壤肥力管理信息系统,但该系统仅起到对肥力数据进行管理的作用,未考虑当前黑土区生态环境恶化的复杂问题,也无法做到智能决策。

构建黑土粮仓全域定制模式,开发黑土粮仓全域定制综合系统,创新融合黑土保护与高效利用的智能决策模式,并在典型区域开展综合技术集成和应用示范,对保障中国粮食安全,保护“耕地中的大熊猫”具有重要现实意义。

3 黑土粮仓全域定制模式的理论基础与基本框架

3.1 黑土粮仓全域定制模式的理论基础

3.1.1 人地关系地域系统理论 人类社会活动与地理环境交互作用,构成了具有一定的结构和功能的复杂系统,在这个系统中,人类社会和地理环境之间的物质循环和能量转化相结合,促成入地系统发展变化。人类社会具有主观能动性,可以主动认识、利用并改造地理环境。地理环境作为人类社会活动的空间载体和物质基础,影响着人类活动的深度、广度和速度。人地关系矛盾的协调过程从古至今都是地理学和其他科学重点研究的综合课题。在漫长的人地关系研究过程中出现了以“天命论”为基础的神怪论和不可知论、朴素的人地关系思想、地理环境决定论、可能论、适应论、人类中心论、生态论、文化景观论、生产关系决定论、环境感知论、人地协调论等^[29-30]。人类对人类活动与地理环境之间相互关系的认识逐步深化。

随着现代科技进步和生产力发展,全球人口规模、经济总量持续增长,土地利用程度、工程建设强度不断增大,人类活动对区域资源开发利用、环境质量的影响越来越强烈,人类与其赖以生存和发展的环境之间的矛盾不断加剧,人地关系日趋紧张。现代人地关系具有三大特征:①多要素,包括自然、经济与技术要素的交互影响和耦合作用;

表 1 黑土保护与综合利用智能决策系统
Tab. 1 Intelligent decision system for black soil protection and comprehensive utilization

系统名称	国家	主要功能描述	时间	数据—技术—应用集成情况	研究范围	适用场景	共享机制
黑土粮仓全域定制系统	中国 (本文)	黑土区全域—示范区—地块数据管理与技术集成；构建多分量、多系统耦合的全域一体化黑土地智能管控与决策支持系统，全面提升用好养好黑土地的精细化、高效化和智慧化管理水平	2021年	从数据集成到技术集成到系统集成	全域定制	平战结合	开放共享
Climate FieldView系统	美国	实现了数据的集中收集，并帮助农民优化农田决策，提高每一寸土地的生产力。提供数据分析服务，帮助农民更精准地管理农田变量	2018年	提供数据收集和分析服务	特定地块	农情监测与数据管理	付费
NetBeat	以色列	“土壤物联网”，依靠地面物联终端进行农场精准灌溉和施肥，无数据共享接口，涉及作物品种有限	2015年	仅监测地面数据，精准管控水肥	特定地块	农情监测与水肥管理	付费
AgEagle	美国	依靠无人机进行农田遥感监测，并构建平台系统，实现遥感信息的云上管理，并提供农作物产量、病虫害预警等功能	2015年	仅无人机数据集成，无管控技术及应用系统	特定地块	农情监测及病虫害预警，无洪涝等农业灾害评估	付费
智慧农业系统	中国	主要包括智慧农业大屏、数据采集监测模块、控制模块、模块、专家模块、特色模块等	2020年	可实现数据集成和特定地块技术集成，功能根据研究区限定，无法全域推广	特定地块	无灾害预警及智能决策功能	付费
东北黑土土壤肥力管理信息系统	中国	基于SUPERMAP系统组件VB编程研发的东北黑土土壤肥力管理信息系统，提供了土壤肥力空间数据处理和分析的数字化信息平台	2005年	主要针对对区域肥力数据进行集成管理，无黑土其他相关数据、技术及应用系统集成	特定区域	仅适用于土壤肥力信息管理	不共享

② 多尺度, 从全球、区域到地方的人地系统, 具有空间层级性、地域差异性; ③ 多目标, 围绕地表环境变化与人类可持续发展面临的重大挑战, 探究人地系统协调的地域模式与科学途径。当今的人地系统是社会经济系统与自然生态系统交互融合的开放巨系统, 各种自然因素与人文社会要素的逻辑关联及其作用过程异常复杂。面对日趋复杂的多要素、多尺度、多目标人地关系, 探索与中国经济发展阶段特征相适应的土地利用配置新机制、新模式和新途径尤为重要。

本文所提出的“全域定制”旨在解决的核心问题就是东北黑土区日趋明显的人地关系矛盾。随着农业开发的逐渐深入, 人类对东北黑土区自然环境的扰动程度逐渐加深, 人地矛盾日益加剧并不断激化。实现黑土保护表面看来是土壤的问题, 是环境的问题, 其实并不如此, 更关键的因素在于经济、在于人、在于人地矛盾。

以人地关系地域系统理论为基础, 黑土粮仓全域定制模式旨在揭示“水、土、气、生、人”五大地理要素的耦合机制, 从而解决黑土地保护与利用过程中的关键问题, 实现经济效益与生态效益的协同提升。人地系统耦合是揭示复杂人地关系交互作用机制的有效手段, 其耦合程度决定了系统演化的方向^[30]。人地系统耦合强调自然过程与人文过程的有机结合, 注重知识—科学—决策的有效链接, 通过不同尺度监测调查、模型模拟、情景分析和优化调控, 开展多要素、多尺度、多学科、多模型和多源数据集成, 探讨系统的脆弱性、恢复力、适应性、承载边界等科学议题。人地系统耦合是本文所提出的全域定制模式的重要理论基础。

3.1.2 定制化精准管理理论 “定制”一词起源于服装业, 指为特定客户量身剪裁, 随着时代发展, “定制”一词的意义也逐渐被丰富起来。定制化一般具有以下3个特点。① 差异化: 定制化的核心就是满足用户差异化的需求, 按照需求差异对用户进行分类, 针对不同用户类型提供差异化的服务。② 模块化: 实现定制化并且不额外增加成本就需要模块化, 即将产品或服务不同功能做模块划分, 通过模块的自主组合以满足个性化需求。③ 交互式: 对用户请求作出即时反应是定制化不可缺少的一个要素, 通过交互式实现模块的优化以及提升用户体验^[31]。

黑土粮仓全域定制就是基于需求导向、目标导向和问题导向, 旨在解决不同区域、不同尺度、不同类型的黑土地保护和利用问题, 对全域的黑土保护与综合利用现状进行分区分类分级, 将已有黑土保护与综合利用的技术及产品进行模块化, 针对政府、企业和农户等不同类型的用户进行需求识别, 通过交互式对话实现符合用户定制化需求的模块组装, 从而输出不同尺度的土壤高效养护和农产品品质创优的策略, 形成黑土粮仓工程系统解决方案。定制化精准管理理论是全域定制模式的另外一个重要理论基础。

3.1.3 农业系统理论 农业生产是自然再生产和经济再生产的过程, 农业系统是指在一定的自然和社会经济条件下, 农业各部门或各种作物的生产要素按各种比例、采用不同方式结合而成的系统。农业系统既受到气候、地形、水文、土壤和微生物等自然环境因素的限制和综合影响, 还会受到社会需求和经济、技术水平的制约。农业系统具有多层次多尺度的特征, 包括生态系统、群落、种群、有机体、组织和细胞等多个层次; 以及全球、国家、省级、县级、乡村级和农户等多个尺度, 不同层次不同尺度之间不断进行着物质、能量和信息的交换^[32]。

农业系统理论强调各组元间的相互关系和整体功能, 不仅仅依赖于单项技术, 而是多学科及其外延组成联合, 将现代实用科学技术组装配套直接服务于土地使用者, 解决生产中的具体问题, 提高农业系统综合生产能力和资源转化率, 增加土地使用者的收入, 并明显改善生态环境。

过去的100年,农业生产力的提高一直是通过引进新技术、采用更好的杀虫剂和化肥而实现的,生产力的提高使得农场的收入稳步增加,然而,农业投入的成本也不断上涨。促进农业生产与生态环境协调的农业系统理论应运而生,即土地使用者的各种决策——耕作措施、农药化肥的使用、作物品种的选择等——不应该破坏整个农业的大环境,也可以认为是不能用增加一种资源的供给来弥补另一种资源的短缺。农业系统理论鼓励土地使用者采用轮作、保护性耕作和生物防治等策略来更好地利用自己的土地,从而合理利用资源和优化系统结构。

黑土区退化问题不是简单的自然环境要素的衰退问题,是全要素、全过程、全产业链的农业系统出现了失衡。黑土粮仓全域定制模式旨在提高这个农业巨系统的综合生产力,促进当地农业经济发展,同时不破坏生态环境,这离不开农业系统理论的支撑。黑土粮仓全域定制模式遵循农业系统理论,以黑土区农业生产增长、农村发展和生态环境的治理与保护为目标,充分发挥区域资源优势,因地制宜,遵循“整体、协调、循环、再生”的原则,采用系统工程理论进行全面规划,合理调控农业全产业链的生产、经营、管理和服务,实现高产、优质、高效和可持续发展,协同提升黑土区的经济、生态、社会三大效益。

3.1.4 农业信息化理论及技术 农业信息化是在农业生产、经营、管理和服务等各个领域全面地发展和应用计算机技术、网络与通信技术、电子技术等现代信息技术。农业信息化的特点为数字化、网络化、精准化、智能化。农业信息化的内容包括农业生产经营信息化、农业经营信息化、农业管理信息化与农业服务信息化,分别指在农业生产、农业经营、农业管理和农业服务过程中广泛应用现代信息技术,从而提高生产、经营、管理和服务效率的过程^[33-34]。

农业信息化技术是利用现代高新技术改造传统农业的重要途径,是指利用信息技术对农业生产、经营、管理和服务过程中的自然、经济和社会信息进行采集、存储、传递、处理和分析,为农业研究者、生产者、经营者和管理者提供信息查询、技术咨询、辅助决策等多项服务的技术总称。遥感技术、地理信息系统、全球定位系统等农业信息化技术,因为能够实时、低成本、快速、高精度地获取多尺度数据,并实现数据的高效管理和空间分析,目前已经是一种重要的现代农业生产和管理手段^[9]。

农业信息化理论及技术为全域定制提供了核心技术手段。智能化、自动化、系统化的农业信息化有效地提高农业生产水平,降低生产成本,使农业向精准化、环保型和可持续方向发展。利用大数据、人工智能、云计算、物联网等信息化技术将黑土区农业资源进行科学评估和整合优化,从而提升黑土区农产品的生产效率、产销渠道、产品质量安全以及农业的经营效率,不仅能够实现黑土的可持续利用,同时能够提高农村经济水平,增加农民收入。

综上所述,黑土粮仓全域定制是在四大理论上构建形成的:①人地关系地域系统,强调分区分类、要素耦合;②定制化精准管理,强调因地制宜、精准施策;③农业系统理论,强调全要素、全过程、全产业链的系统过程;④农业信息化,强调现代信息技术手段支撑。

3.2 黑土粮仓全域定制模式的内涵与框架

“全域”带有整体性、综合性特征,是将研究区域作为一个特定地域综合体。黑土保护与综合利用看起来是土壤或者范围更小的农用地上所出现的问题,但黑土区出现的土地退化问题不是简单的自然环境要素的衰退问题,同时也是区域尺度上资源配置不合理、资源调度失衡,以及村域尺度上乡村发展核心要素的流失、乡村衰败的集中体现。

因此,解决黑土保护和综合利用中出现的问题必须从“全域”的视角出发。“定制”则带有实践性特征,是基于目标导向解决实际问题的优化策略。黑土保护与综合利用的核心问题是人地关系的日趋矛盾激化,而这种矛盾在不同区域不同尺度是千差万别的,差异化的矛盾需要定制化的策略来解决。

地理学研究具有区域性、综合性和实践性特征,由于地理空间异质性和问题的复杂性,解决区域综合性问题需要通过全资源整合、全产业融合、全方位服务、全社会参与、全流程保障,打破边界壁垒,强化跨界合作,方方面面都要涉及、四面八方都要考虑^[27-29]。“全域定制”具有全空间、全要素、全周期、多尺度的特点,解决单一的、分散的、区域性的黑土地利用与保护问题,具备了全局性的战略考量、实用性的技术路径和针对性的优化方案。

针对中国东北黑土区土壤退化和碳损失严重、种养资源不匹配、农业效益不高、区域发展缺乏系统解决方案等瓶颈问题,创新提出了黑土粮仓全域定制模式,即基于全域定制监测体系、技术体系,构建全域定制数据集,在此基础上以分区分级分类为主要策略,以大数据和人工智能为主要技术手段,分别从市域尺度、村域尺度和地块尺度形成“分区施策”“依村定策”和“一地一策”3个不同尺度的系统方案。

基于地理学思想,挖掘地域潜力,探究黑土区“水、土、气、生、人”五大地理要素之间的相互作用机制,促进全生产要素有机整合,运用综合性和交叉性手段从市域一村域一块等不同尺度破解黑土地保护与利用关键科技问题,实现黑土保护利用技术高效率、本地化精准应用,形成覆盖全市域、具有多尺度地域特色的分区分类分级的精准策略和系统解决方案。

4 黑土粮仓全域定制模式的技术方案与实现路径

齐齐哈尔市东临小兴安岭,西倚大兴安岭,处于世界四大黑土区之一的松嫩平原腹地,土壤类型主要以黑土、黑钙土、草甸土为主。作为黑龙江省甚至是整个国家可靠的粮食生产基地,齐齐哈尔市的粮食生产能力平均稳定在每年100亿kg以上,占黑龙江省粮食生产总量的1/5。然而,长期的不合理耕种和高强度利用导致黑土面临着“量减质退”的窘境,水蚀、风蚀导致黑土有机质土层变薄变瘦,不合理的利用方式和过量使用农药化肥使得土壤板结问题突出。齐齐哈尔农业发展面临土壤退化和碳损失严重、种养资源不匹配、农业效益不高、区域发展缺乏系统解决方案等瓶颈问题,具有较强的典型性和代表性。因此,选择齐齐哈尔市作为代表性区域,阐释黑土粮仓全域定制模式的技术方案与实施路径。

4.1 构建“星—空—地—网”立体监测系统,研发大数据与人工智能驱动的全域定制平台

利用中高分辨率卫星、空中无人机航拍、地面传感器监测以及物联网技术,构建“星—空—地—网”全域定制立体监测系统。星基监测以中、高分辨率资源、气象卫星为主;空基监测依托自主研发的无人机平台及相应载荷;地面监测整合改造现有站点,新增新型自动观测站,结合智能农机设备,清晰捕捉土壤墒情等信息。

在监测体系的基础上构建全域定制数据库与智能决策平台,对域内卫星遥感、无人机、地面观测、地面调查、实验分析等多种来源的异构黑土数据进行持续汇聚、整理、加工和融合,形成全域数据集;基于全域数据集,以黑土保护与综合利用技术体系为知识库,以传统机器学习模型(例如随机森林、决策树)以及深度学习模型(卷积神经网络、图神经网络)为主要算法,对黑土保护与综合利用技术进行智慧重组和高效匹配。

房”，吸引了飞鹤乳业、伊泰生物等农业龙头企业，共同打造了近 7000 hm²有机种植示范基地，改善土壤质量的同时提高了农业效益；针对高土地侵蚀、高生产潜力区域，实施保护性发展策略，结合山水林田湖草系统治理，推广保护性耕作技术。如龙江县超越合作社引进智能农机龙头企业，全县免耕播种面积 11.7 万 hm²，占全县耕地面积的 40%，有效防止土地侵蚀的同时实现了农业增产增收；针对土地低侵蚀、低生产潜力的区域，实施适度发展策略，挖掘资源潜力，采取增施有机肥等措施提升土壤肥力，逐渐成为当地农业生产的后备土地；针对土壤高侵蚀、低生产潜力区域，重点实施山水林田湖草系统修复、农业生态系统精细化管理策略，修复为优质农业生产基地。

4.3 实施“依村定策”，促进黑土地长效保护与乡村振兴发展

在村域尺度上，针对东北地区黑土地退化、农业低效、乡村衰退等系统性问题，揭示黑土地利用与乡村经济社会发展互动机理与耦合类型，探索东北黑土区乡村“人口—土地—产业”协同优化机制，组装研制黑土地保护利用与乡村振兴有机融合技术模式，将黑土地保护与乡村振兴有机统一、融合推进，打通黑土地保护利用与乡村建设规划之间的技术链接，集成应用相关技术体系，形成黑土保护利用促进乡村振兴的技术方案，实现黑土地保护促进乡村振兴，乡村振兴促进黑土地保护与可持续利用。

基于全域定制系统智能化诊断评价，评估黑土退化状态，识别乡村发展类型，诊断不同区域、不同类型乡村黑土地保护利用的问题，将村庄划分为 9 种不同保护与发展类型。针对不同类型的村庄定制差异化的土地经营方式、黑土地保护利用技术、产业发展路径，探究黑土保护与乡村振兴互促机制，寻求促进黑土地用养平衡的根本措施（图 5）。

如依安县东部沿江村属于中度退化—集聚提升型，其存在的主要问题来自于 3 个方面：土地退化威胁、农业发展低效、空心化问题严重，据此提出 5 项针对性的策略，包括采取保护性耕作措施、构建生态安全网络、推动土地规模经营、发展绿色有机农业，促进产业融合发展，制定了以黑土地保护为核心的村庄建设规划方案。通过土地流转实现全村土地由田野农民合作社统一规模经营，采用秸秆还田、多源增碳、深松深翻等保护措施，提高黑土地质量和农业效益，玉米增产 1125~1500 kg/hm²，增加收入近 9000 元/hm²。

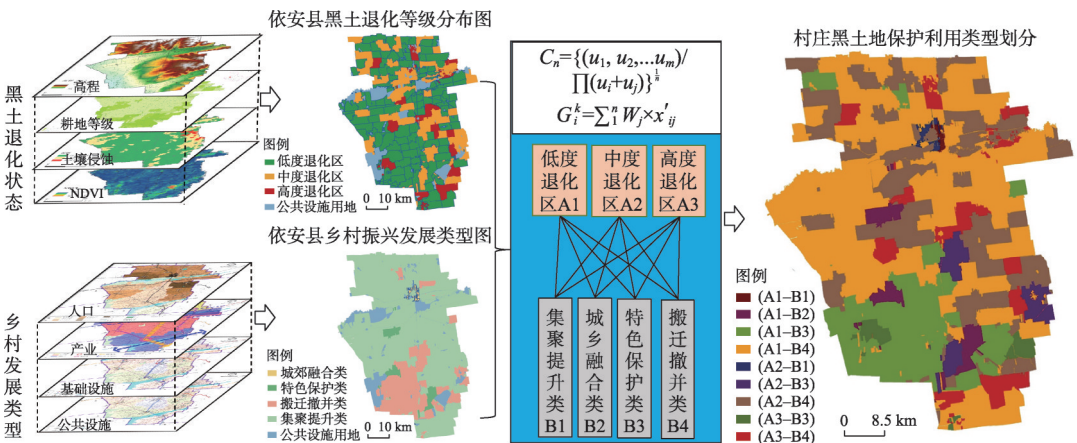


图 5 依村定策实施流程

Fig. 5 Procedure of "determining strategies according to villages" concept

4.4 实施“一地一策”,促进黑土地精准保护与资源高效利用

齐齐哈尔示范区拥有多种黑土类型,其土壤退化特征和程度差异很大,地块间的有机质含量差异可达5倍。目前实施的黑土保护性耕作技术,多为单一技术研发与应用,缺少针对不同土壤类型和退化程度的精准化保护性耕作方案。针对上述问题,实施“一地一策”,以地块基础信息为依据,对地块进行问题诊断和分类分级;以实现经济效益和环境效益共提升的目标为导向,优选黑土保护与综合利用技术,为一地一策提供系统决策方案。

基于全域定制综合数据集的“水、土、气、生、人”等多要素数据,构建土壤参数与驱动因子成对样本数据集。结合传统机器学习模型(例如随机森林)以及多种卷积神经网络模型,模拟地块土壤的退化情景并对不同模型结果进行对比分析,为农户提供地块尺度黑土保护利用方案并智能化推送,实现地块尺度的黑土保护与种植管理智能化。

以依安县太东乡为例,构建包括立地条件、土壤性质、作物类型等在内的指标体系,将太东乡依安县的耕地分成5类,分别进行问题诊断、技术优选和系统方案的输出(图6)。针对低氮磷轻度水蚀型,其主要问题在于水蚀和过度耕作导致地力退化,产量明显下降。以问题为导向,定制了黑土保护技术,即为了降低水蚀,提升肥力,提高产量,采用免耕秸秆覆盖还田+保护性增碳修复技术(有机肥定向深施免翻技术及配套农机),实现了地表径流减少79.1%,表土流失减少95%,土壤结构改善,团聚体直径提升0.10~0.15 mm,全氮增加18.5%;玉米产量从7500 kg/hm²提升到8400 kg/hm²,提升12%。而针对土壤质量良好,但综合效益有待提升的优质耕地,选择了品种优选+有机种植转化模式,能够显著提升农业综合效益(10%)。

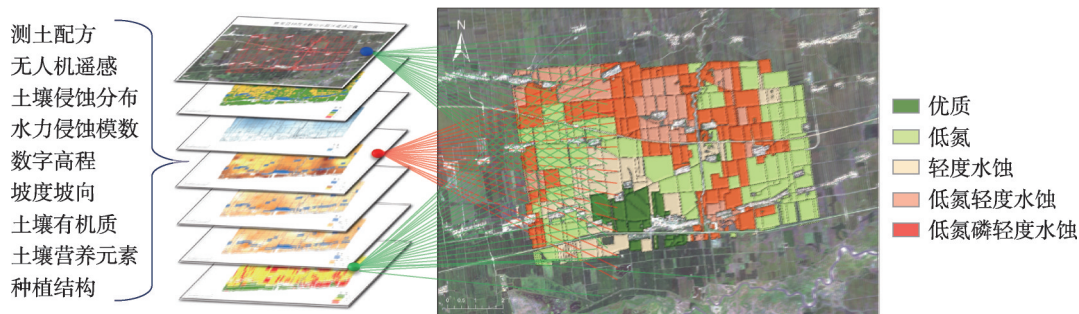


图6 “一地一策”实施流程

Fig. 6 Procedure of "one strategy for one field" concept

黑土粮仓全域定制模式构建“分区施策”——“依村定策”——“一地一策”多尺度的定制化系统,打通黑土地保护系统“尺度上推和尺度下推”的信息交换和物质流动。地块尺度可为村域和市域尺度自下而上提供土壤理化、退化程度、粮食产量等信息,并影响村域与区域策略制定;市域尺度则自上而下地向村域和地块尺度传递生产总值、城乡规划、基建水平等信息,参与村落分类与地块技术决定;村域尺度同时接受市域与地块尺度的信息输入,其划分结果又为二者决策提供支撑。具体说来,分区施策所确定的市域尺度的发展目标直接决定依村定策的主基调,以及一地一策的技术大类;依村定策所确定的村庄发展模式服务于分区施策的土地利用和土地规划相关参数输入,也为一地一策的作物选择提供依据;一地一策所确定的土壤保护技术、农业投入品为分区施策和依村定策提供参数输入和信息反馈。3个尺度的精准施策密切关联、相互支撑,最终形成贯穿式的整体方案。

5 结论与讨论

耕地是粮食生产的根本,保护耕地就是保护粮食生产。当前,中国耕地资源相对不足,新发展格局下,如何保护性开发利用并提升耕地综合质量,成为亟待解决的农业发展问题之一。作为中国粮仓的东北地区,其黑土地变薄、变瘦、变硬的问题更不容小觑。对于黑土地这个“耕地中的大熊猫”,其保护利用工作还存在顶层设计缺乏系统性、中层决策缺乏针对性,以及实施主体缺乏积极性等问题,严重制约了黑土地保护战略的精准施策。亟需通过全要素多尺度的统筹管理,来更高效率地实现因地制宜,形成黑土粮仓工程系统解决方案,满足土地使用者的个性化需求。

本文旨在提出黑土粮仓全域定制的模式,以黑土地保护与利用为目标,依靠科技創新引领农业技术发展,为齐齐哈尔市黑土保护与区域发展提供科技支撑和系统解决方案,在实现黑土地力提升的前提下推进区域农业高质量发展和乡村振兴,为中国乃至世界范围内的黑土保护利用提供示范样板,具有重要的理论价值和实践意义。

(1) 黑土保护是一项综合性、系统性和政策性较强的工程,涉及部门较多,关系广大人民群众切身利益。如何实现高效的黑土保护不仅仅是技术问题,而是一项包括技术、政策、管理等多方面的系统性问题。本文所提出的全域定制模式不同于已有的黑土保护策略,不仅仅从地域概念上覆盖整个目标区域,而且强调黑土保护需要系统化、多尺度的综合考虑,将人地关系作为首要优化目标,从人地关系地域系统结构和功能综合视角,深入分析黑土地用养失衡主要原因,探究黑土地退化的人为驱动因素,系统揭示制约区域黑土地可持续利用的关键问题和瓶颈难题。从农民发展权益、地方经济增长和国家粮食安全的综合目标出发,研究人地关系耦合机制,提出黑土地保护与综合利用的策略,从而实现“用好”“养好”黑土地的目标。

(2) 黑土退化程度和退化原因具有明显的空间异质性,而相关黑土保护措施没能完全遏制住退化趋势的原因更是千差万别,很难找到普适性的、一劳永逸的技术或者策略。面对黑土保护个性化需求大于供给的矛盾,本文所提出的全域定制模式创新性地提出了“定制化”的概念,从区域、村域和地块尺度分别实现“因地制宜”,通过现状评估、问题诊断和目标分析,针对性地输出服务于黑土保护与综合利用的相关策略。

(3) 信息化是当今时代发展的大趋势,代表着先进生产力。大数据和人工智能是信息时代的新阶段,未来的10~15年对经济贡献最大的是信息技术融入各个产业的新产品、提供个性化产品和服务的新业态、产业链跨界融合的新模式。黑土保护与综合利用同样离不开大数据和人工智能这两大利器。本文所提出的全域定制模式充分利用数字农业、人工智能等先进技术,以数据为基础、以平台为手段、以应用为导向,并将多尺度的问题诊断和策略输出集成到全域定制综合应用平台,实现黑土粮仓全域定制“一站式服务”,借助大数据促进传统黑土保护技术转型升级。

黑土粮仓全域定制模式首次将“全域”和“定制”这两个视角融合在黑土保护与综合利用中,构建全要素、全产业链、分区分类、因地制宜以及智能化、精准化的黑土保护与综合利用创新模式,以分区分级分类为主要策略,以大数据和人工智能为主要技术手段,基于全局性的战略考量提出针对性的技术方案,分别从田块尺度、村域尺度和区域尺度形成“一地一策”“依村定策”和“分区施策”的系统方案,实现土地高效养护、农产品优质生产和区域经济社会发展。目前已经基本形成黑土粮仓全域定制的基本理论框架,下一步将根据已有理论框架和齐齐哈尔的示范样板,完善和发展基于地理学综合思想的黑土粮仓全域定制模式。

参考文献(References)

- [1] FAO. The state of food security and nutrition in the world. Food and Agriculture Organization of the United, Rome, 2021.
- [2] Deng Xiangzheng, Liang Li, Liao Xiaoyong, et al. Research on changes in production pressure and protection strategies of black land in Northeast China under the influence of international grain trade. *Journal of Natural Resources*, 2022. <https://kns.cnki.net/kcms/detail/11.1912.N.20220129.1721.002.html>. [邓祥征, 梁立, 廖晓勇, 等. 国际粮食贸易影响下东北黑土地生产压力变化与保护策略. *自然资源学报*, 2022. <https://kns.cnki.net/kcms/detail/11.1912.N.20220129.1721.002.html>.]
- [3] Liu X Y, Xin L J, Lu Y H. National scale assessment of the soil erosion and conservation function of terraces in China. *Ecological Indicators*, 2021, 129: 107940. DOI: 10.1016/j.ecolind.2021.107940.
- [4] Du Guoming, Zhang Na. Northeast black land protection needs new ideas. *China Natural Resources News*, 2021-08-09 (003). [杜国明, 张娜. 东北黑土地保护需要新思路. *中国自然资源报*, 2021-08-09(003).]
- [5] Ge Quansheng, Wang Jieyong, Zhu Huiyi. Overall promotion of black soil protection and rural revitalization: Internal logic, main routes and policy suggestions. *Bulletin of Chinese Academy of Sciences*, 2021, 36(10): 1175-1183. [葛全胜, 王介勇, 朱会义. 统筹推进黑土地保护与乡村振兴: 内在逻辑、主要路径及政策建议. *中国科学院院刊*, 2021, 36(10): 1175-1183.]
- [6] Han Xiaozeng, Zou Wenxiu. Effects and suggestions of black soil protection and soil fertility increase in Northeast China. *Bulletin of the Chinese Academy of Sciences*, 2018, 33(2): 206-212. [韩晓增, 邹文秀. 我国东北黑土地保护与肥力提升的成效与建议. *中国科学院院刊*, 2018, 33(2): 206-212.]
- [7] Liu Hongbin, Li Shunting, Wu Mengyao, et al. Current situation and perspectives of black soil protection from the integrated angle of quantity, quality, and ecology in Northeast China. *Chinese Journal of Soil Science*, 2021, 52(3), 544-552. [刘洪彬, 李顺婷, 吴梦瑶, 等. 耕地数量、质量、生态“三位一体”视角下我国东北黑土地保护现状及其实现路径选择研究. *土壤通报*, 2021, 52(3): 544-552.]
- [8] Jia Honglei, Ma Chenglin, Li Huizhen, et al. Tillage soil protection of black soil zone in Northeast of China based on analysis of conservation tillage in the United States. *Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery*, 2010, 41(10): 28-34. [贾洪雷, 马成林, 李慧珍, 等. 基于美国保护性耕作分析的东北黑土区耕地保护. *农业机械学报*, 2010, 41(10): 28-34.]
- [9] Dashtpazgerdi M M, Kousari M R, Vagharfard H. et al. An investigation of drought magnitude trend during 1975-2005 in arid and semi-arid regions of Iran. *Environmental Earth Sciences*, 2015, 73(3): 1231-1244.
- [10] Singh B, Chanasyk D S, McGill W B, et al. Residue and tillage management effects of soil properties of a typical cryoboroll under continuous barley. *Soil & Tillage Research*, 1994, 32(2/3), 117-133.
- [11] Xu X Z, Xu Y, Chen S C, et al. Soil loss and conservation in the black soil region of Northeast China: A retrospective study. *Environmental Science & Policy*, 2010, 13: 793-800.
- [12] Sui Bin, Meng Haibo, Shen Yujun, et al. Utilization of livestock manure in Denmark and its inspiration for planting-breeding combined circular agricultural development in China. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2018, 34(12): 1-7. [隋斌, 孟海波, 沈玉君, 等. 丹麦畜禽粪肥利用对中国种养结合循环农业发展的启示. *农业工程学报*, 2018, 34(12): 1-7.]
- [13] Liu H H, Zhang T Y, Liu B Y, et al. Effects of gully erosion and gully filling on soil depth and crop production in the black soil region, northeast China. *Environmental Earth Sciences*, 2013, 68(6): 1723-1732.
- [14] Zhang Xingyi, Liu Xiaobing. Key issues of mollisols research and soil erosion control strategies in China. *Bulletin of Soil and Water Conservation*, 2020, 40(4): 340-344. [张兴义, 刘晓冰. 中国黑土研究的热点问题及水土流失防治对策. *水土保持通报*, 2020, 40(4): 340-344.]
- [15] Calegari A, Tiecher T, Hargrove W L, et al. Long-term effect of different soil management systems and winter crops on soil acidity and vertical distribution of nutrients in a Brazilian Oxisol. *Soil & Tillage Research*, 2013, 133: 32-39.
- [16] Sun S J, Chen Z J, Jiang H, et al. Black film mulching and plant density influencing soil water temperature conditions and maize root growth. *Vadose Zone Journal*, 2018, 17: 180104. DOI: 10.2136/vzj2018.05.0104.
- [17] Qu J, Liu Y, Xu X, et al. Effects of application of microbial and organic fertilizer on soil fertility and crop yield of a black soil in China. *Agrochimica*, 2020, 64: 223-238.
- [18] Feng D Y, Zhao G S. Footprint assessments on organic farming to improve ecological safety in the water source areas of the South-to-North Water Diversion Project. *Journal of Cleaner Production*, 2020, 254: 120130. DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.120130.

- [19] Sun Ninghui, Zhang Yucheng, Wang Hongsheng, et al. Agricultural simulator: Using intelligent technology to get data flow for black land protection. *Bulletin of Chinese Academy of Sciences*, 2021, 36(10): 1165-1174. [孙凝晖, 张玉成, 王耘晟, 等. 农业模拟器: 用智能技术打通黑土地保护的数据流. *中国科学院院刊*, 2021, 36(10): 1165-1174.]
- [20] Han Xiaozeng, Zou Wenxiu, Yang Fan. Main achievements, challenges, and recommendations of black soil conservation and utilization in China. *Bulletin of the Chinese Academy of Sciences*, 2021, 36(10): 1194-1202. [韩晓增, 邹文秀, 杨帆. 东北黑土地保护利用取得的主要成绩、面临挑战与对策建议. *中国科学院院刊*, 2021, 36(10): 1194-1202.]
- [21] Ao Man, Zhang Xudong, Guan Yixin. Research and practice of conservation tillage in black soil region of Northeast China. *Bulletin of Chinese Academy of Sciences*, 2021, 36(10): 1203-1215. [敖曼, 张旭东, 关义新. 东北黑土保护性耕作技术的研究与实践. *中国科学院院刊*, 2021, 36(10): 1203-1215.]
- [22] Zhang Ailing, Zhong Yunfei, Chen Xiangwei. Recent progress in soil and water conservation and effect assessment in Baiquan County of Heilongjiang Province. *Bulletin of Soil and Water Conservation*, 2018, 38(1): 276-280, 286. [张爱玲, 钟云飞, 陈祥伟. 黑龙江省拜泉县水土保持新进展与效益评价. *水土保持通报*, 2018, 38(1): 276-280, 286.]
- [23] Sheng Meiling, Fang Haiyan, Guo Min. Modeling soil erosion and sediment yield using WaTEM/SEDEM model for the black soil region of Northeast China. *Resources Science*, 2015, 37(4): 815-822. [盛美玲, 方海燕, 郭敏. 东北黑土区小流域侵蚀产沙WaTEM/SEDEM模型模拟. *资源科学*, 2015, 37(4): 815-822.]
- [24] Han Xiaozeng, Zou Wenxiu, Yan Jun, et al. Ecology in agriculture and long-term research guide protection of black soil and agricultural sustainable development in Northeast China. *Bulletin of Chinese Academy of Sciences*, 2019, 34(3): 362-370. [韩晓增, 邹文秀, 严君, 等. 农田生态学和长期试验示范引领黑土地保护和农业可持续发展. *中国科学院院刊*, 2019, 34(3): 362-370.]
- [25] Zeng Yan, Wang Hongsheng, Han Yongbin, et al. Carry forward the Huanghuaihai spirit of agricultural science and technology, and safeguard China's food security. *Bulletin of the Chinese Academy of Sciences*, 2021, 36(10): 1139-1145. [曾艳, 王耘晟, 韩永滨, 等. 发扬农业科技“黄淮海精神”, 为国家粮食安全保驾护航. *中国科学院院刊*, 2021, 36(10): 1139-1145.]
- [26] Xiao L G, Kuhn N J, Zhao R Q, et al. Net effects of conservation agriculture principles on sustainable land use: A synthesis. *Global Change Biology*, 2021, 27(24): 6321-6330.
- [27] Chen Fahu, Wu Shaohong, Liu Hongyan, et al. Disciplinary structure and development strategy of physical geography in China. *Acta Geographica Sinica*, 2021, 76(9): 2074-2082. [陈发虎, 吴绍洪, 刘鸿雁, 等. 自然地理学学科体系与发展战略要点. *地理学报*, 2021, 76(9): 2074-2082.]
- [28] Zheng Du, Ge Quansheng, Zhang Xueqin, et al. Regionalization in China: Retrospect and prospect. *Geographical Research*, 2005, 24(3): 330-344. [郑度, 葛全胜, 张雪芹, 等. 中国区划工作的回顾与展望. *地理研究*, 2005, 24(3): 330-344.]
- [29] Fang Chuanglin. Recent progress of studies on man-land relationship and its prospects in China. *Acta Geographica Sinica*, 2004, 59(Suppl.): 21-32. [方创琳. 中国人地关系研究的新进展与展望. *地理学报*, 2004, 59(增刊): 21-32.]
- [30] Lu Dadao, Guo Laixi. Man-earth areal system-- the core of geographical study: On the geographical thoughts and academic contributions of academician Wu Chuanjun. *Acta Geographica Sinica*, 1998, 53(2): 3-11. [陆大道, 郭来喜. 地理学的研究核心—人地关系地域系统: 论吴传钧院士的地理学思想与学术贡献. *地理学报*, 1998, 53(2): 3-11.]
- [31] Shao Xiaofeng, Huang Peiqing, Ji Jianhua. An analysis of mass customization. *Industrial Engineering and Management*, 2001, 6(2): 13-17. [邵晓峰, 黄培清, 季建华. 大规模定制生产模式的研究. *工业工程与管理*, 2001, 6(2): 13-17.]
- [32] Zhen Feng, Qin Xiao, Xi Guangliang. The innovation of geography and human geography in the information era. *Scientia Geographica Sinica*, 2015, 35(1): 11-18. [甄峰, 秦箫, 席广亮. 信息时代的地理学与人文地理学创新. *地理科学*, 2015, 35(1): 11-18.]
- [33] Kayad A, Sozzi M, Gatto S, et al. Ten years of corn yield dynamics at field scale under digital agriculture solutions: A case study from North Italy. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2021, 185: 106126. DOI: 10.1016/j.compag.2021.106126.
- [34] Späti K, Huber R, Finger R. Benefits of increasing information accuracy in variable rate technologies. *Ecological Economics*, 2021, 185: 107047. DOI: 10.1016/j.ecolecon.2021.107047.

Theoretical basis and technical path of the regional all-for-one customization model of black soil granary

LIAO Xiaoyong^{1,2}, YAO Qixing^{1,2}, WAN Xiaoming^{1,2}, WANG Jieyong^{1,2}, LI Zehong^{1,2}

(1. Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China;

2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: The black soil area in Northeast China serves as a "ballast" to ensure China's food security. Unreasonable development and utilization lead to serious black soil degradation in some areas and affect regional food production and economic and social development. In the context of the intensification of the contradiction between food supply and demand around the world, we should pay more attention to the overall situation of regional sustainable development, and seek for systematic, scientific, and economic solutions. Guided by the concept of integrated geography, this study establishes a regional all-for-one customization model of black soil granary on the basis of the regional system of human-land relationship, customized and accurate management, agricultural system theory, and agricultural informatization. The aim of this regional all-for-one customization model is to systematically diagnose the key problems and leading factors of black soil degradation and find out a solution that combines the commonness and individuality of black soil protection from the perspective of multi-scale linkage, multi-factor coupling, and multi-technology cooperation. The regional all-for-one customization model of black soil granary integrates the two perspectives of "global" and "customization" into the protection and comprehensive utilization of black soil for the first time. It adopts zoning, grading, and classification as the main strategy and big data and artificial intelligence as the main technical approaches. Relying on the "satellite-air-ground network" three-dimensional monitoring system and combined with the all-for-one customization platform driven by big data and artificial intelligence, the model constructs three strategies of different scales. First, "implementing strategies by regions" are implemented at the regional scale to formulate the regional agricultural resource allocation scheme and agricultural zoning, which can provide strategies to protect and utilize black soil effectively. Second, the "determining strategies according to villages" is implemented at the village scale to formulate the black soil protection and utilization model for different categories of villages, which can promote the organic integration of black soil protection and rural revitalization. Third, the "one strategy for one field" concept is applied at the field scale to provide accurate strategies for soil restoration and yield improvement in a fixed, quantitative, and regular manner. Multi-scale integrated demonstration and scheme verification of the regional all-for-one customization model of black soil granary are conducted in Qiqihar city at three scales, namely, region, village, and field, to solve the key issues in black soil protection and utilization and form a replicable and popularized system solution, thus providing a model for the sustainable development of Chinese and global black soil agriculture. The regional all-for-one customization model of black soil granary has important theoretical and practical value in promoting the high-quality development of regional agriculture and rural revitalization, and it provides a demonstration model of land protection and utilization for the black soil area in China and the whole world.

Keywords: black soil granary; all-for-one customization; mode; platform; conservation tillage