



# 东北黑土地保护与利用报告 (2022 年)

2023 年 7 月

## 前言

为贯彻落实习近平总书记关于东北黑土地保护的重要指示和党中央、国务院黑土地保护重大行动计划，2021年3月中国科学院联合东北三省一区（黑龙江省、吉林省、辽宁省和内蒙古自治区）启动“黑土粮仓”科技会战，针对东北黑土地保护与利用需要破解的关键科学技术难题，集聚中国科学院等相关科技力量开展核心技术攻关和示范，致力于形成用好养好黑土地的系统解决方案。为了让公众更加科学系统地认知黑土地，中国科学院编制东北黑土地白皮书和系列报告，介绍黑土地资源环境状况、保护利用进展和科技创新重要成果等。

2021年7月中国科学院发布了《东北黑土地白皮书（2020）》，系统介绍了东北黑土地涵盖的主要土壤类型及其形成过程，回顾了黑土地开发利用的历史进程，说明了现阶段黑土地发生了哪些变化和产生这些变化的原因，提出了未来用好养好黑土地应开展的创新性工作和科技攻关重点方向。2022年10月发布了《东北黑土地保护与利用报告（2021）》，重点介绍了东北黑土地的自然生态本底状况，分析了黑土地开发利用水平及支撑能力变化，阐释了黑土地土壤理化性质及退化特征，总结了2021年度中国科学院“黑土粮仓”科技会战主要进展。上述两个文件的发布，引起社会各界的广泛关注，让公众更加了解和认识黑土地保护战略的重要性和紧迫性。

《东北黑土地保护与利用报告（2022）》的主题是黑土地保护利用的技术与模式。报告共五部分内容：一是说明黑土地保护与利用概况，二是总结国际黑土地保护科技进展与主要经验，三是介绍东北黑土地保护与利用关键技术，四是总结东北黑土地保护与利用典型模式，五是介绍“黑土粮仓”科技会战示范应用最新进展。

# 目 录

一、东北黑土地保护与利用概况.....	- 1 -
(一) 东北地区水热条件变化.....	- 1 -
(二) 耕地面积变化情况.....	- 2 -
(三) 黑土地保护利用主要成效.....	- 3 -
(四) 粮食种植及增产情况.....	- 4 -
(五) 黑土地保护制度建设.....	- 4 -
二、国际黑土地保护科技进展.....	- 9 -
(一) 国际黑土地保护相关理论研究现状.....	- 9 -
(二) 国际黑土地保护政策措施.....	- 12 -
(三) 国际黑土地保护技术的重要进展.....	- 15 -
(四) 黑土地保护前沿科技.....	- 17 -
三、东北黑土地保护与利用关键技术.....	- 20 -
(一) 保护性耕作技术.....	- 20 -
(二) 地力培育技术.....	- 25 -
(三) 土壤退化防控技术.....	- 28 -
(四) 作物绿色高效栽培技术.....	- 32 -
(五) 黑土地保护前沿技术.....	- 35 -
四、东北黑土地保护与利用技术模式.....	- 38 -
(一) 龙江模式.....	- 39 -
(二) 梨树模式 2.0.....	- 40 -
(三) 三江模式.....	- 40 -
(四) 大安模式.....	- 41 -
(五) 辽河模式.....	- 41 -
(六) 辽北模式.....	- 42 -

---

(七) 大河湾模式.....	- 42 -
(八) 北大荒模式.....	- 43 -
(九) 拜泉模式.....	- 44 -
(十) 全域定制模式.....	- 44 -
五、“黑土粮仓”科技会战示范区进展.....	- 46 -
(一) 厚层黑土保育与产能高效提升海伦示范区.....	- 46 -
(二) 薄层退化黑土保育与粮食产能提升长春示范区.....	- 47 -
(三) 智能化农机关键技术集成与产业化应用大河湾示范区.....	- 48 -
(四) 盐碱地生态治理与高效利用大安示范区.....	- 49 -
(五) 水稻土和白浆土质量与产能提升三江示范区.....	- 50 -
(六) 退化黑土地地力恢复与产能提升沈阳示范区.....	- 51 -
(七) 黑土粮仓全域定制齐齐哈尔示范区.....	- 52 -
主要参考资料.....	- 55 -
《东北黑土地保护与利用报告》编写组.....	- 57 -

## 一、东北黑土地保护与利用概况

### (一) 东北地区水热条件变化

#### 1. 降水量较常年呈现偏多趋势

根据 2021 年水资源公报，东北地区降水量整体上比多年平均降水量呈现偏多趋势。2021 年黑龙江省降水量 647.70 毫米，比多年平均值高 21.80%。2021 年吉林省降水量 710.40 毫米，比多年平均值高 16.80%。2021 年辽宁省降水量 933.00 毫米，比多年平均值高 38.40%。

#### 2. 水资源总量小幅增加

2021 年水资源公报数据显示，东北地区水资源总量总体上呈增加态势，供给能力基本稳定，有利于农作物的生长。2021 年东北地区水资源总量 3022.39 亿立方米，相比过去 5 年的平均值增加了 903.39 亿立方米。其中，黑龙江和吉林比去年略有减少，辽宁和内蒙古东四盟较去年略有增加（图 1-1）。

#### 3. 气温仍呈现持续上升态势

气候数据显示，东北地区平均气温呈现上升趋势，有利于农业生产。2021 年黑龙江省年平均气温为 4.2℃，比常年高 0.9℃，是 1961 年以来的第 3 高温。2021 年吉林省年平均气温为 6.4℃，较常年高 0.7℃，居历史同期高温第 4 位。2021 年辽宁省平均气温为 9.6℃，比常年偏高 0.8℃，是 2014 年以来连续第 8 个气温偏高年。2021 年，内蒙古平均气温 6.3℃，较常年偏高 0.8℃，为 1961 年以来第 2 高。

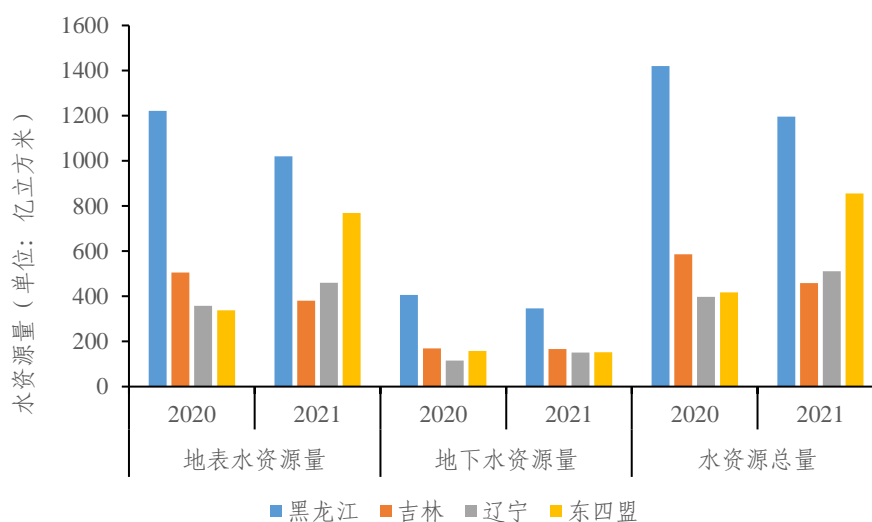


图 1-1 2020~2021 年东北地区水资源量变化

## (二) 耕地面积变化情况

2019~2021 年全国第三次国土调查变更数据显示, 2019 年东北地区耕地面积 3750.04 万公顷 (56250.60 万亩), 2021 年底耕地面积减少到 3741.65 万公顷 (56124.75 万亩), 减少了 8.39 万公顷 (125.85 万亩), 占比 0.22% (表 1-1)。

表 1-1 2019-2021 年东北地区耕地面积变化

单位:万公顷

省份	2019 年	2021 年	变化
辽宁省	518.21	515.36	-2.85
吉林省	749.85	744.98	-4.87
黑龙江省	1719.54	1716.58	-2.96
内蒙古东四盟	762.44	764.73	2.29
合计	3750.04	3741.65	-8.39

### （三）黑土地保护利用主要成效

#### 1. 保护性耕作面积大幅增加

2020~2022年，东北地区黑土地保护性耕作实施面积由4600万亩增加至8300万亩左右。其中，2022年黑龙江省实施保护性耕作面积达到2550万亩，吉林省保护性耕作面积3283万亩，辽宁省保护性耕作面积1000万亩，内蒙古保护性耕作面积1440万亩。2022年东北地区共建成了56个整体推进县和712个县乡级高标准应用保护性耕作基地，25个县实施面积超过100万亩，保护性耕作以点带面、梯次铺开的态势已经形成。同时，保护性耕作带来的农业经济、生态综合效应正逐步显现。

#### 2. 高标准农田建设力度加大

随着东北黑土地保护工程的扎实推进，高标准农田建设的力度不断加大。统计资料显示，2021和2022年东北三省共新建高标准农田3482万亩，占耕地面积达到40%。截至2022年底，东北三省已经建成高标准农田1.80亿亩。其中，黑龙江省已建成高标准农田10265万亩，吉林省已建成4330万亩，辽宁省已建成3411万亩。高标准农田建设提升了东北黑土耕地旱涝保收、生态防护和可持续利用的能力，保障了黑土耕地产能提升。

#### 3. 化肥农药施用量持续下降

随着黑土地保护与利用相关技术与工程的推进实施，东北地区农业化肥和农药的使用量显著下降，农用塑料薄膜使用量减少，改善了黑土地的生态环境，推动了农业绿色高质量发展。统计资料显示，2021年东北地区化肥施用量比2020年减少17.86万吨，农药使

用量比 2020 年减少 0.41 万吨，农用塑料薄膜使用量比 2020 年减少 0.82 万吨，地膜使用量比 2020 年减少 0.27 万吨。

#### (四) 粮食种植及增产情况

##### 1. 粮食种植面积持续增加，稳粮扩豆成效明显

东北地区粮食种植面积持续增加，种植结构得到优化，稳粮扩豆成效明显。2022 年东北三省的粮食种植面积为 2402.96 万公顷（36044.40 万亩），比 2021 年增加了 21.37 万公顷（320.55 万亩）。其中，东北三省 2022 年水稻种植面积比 2021 年减少 27.43 万公顷（411.45 万亩），玉米种植面积比 2021 年增加了 84.71 万公顷（1270.65 万亩），大豆种植面积比 2021 年增加了 99.56 万公顷（1493.40 万亩）。

##### 2. 粮食产量保持基本稳定，大豆产量显著增加

2022 年东北地区粮食产量保持稳定。统计数据显示，2022 年东北三省的粮食总产量为 14328.50 万吨（2865.70 亿斤），占全国粮食总产量的 21%，比 2021 年粮食产量减少了 117.22 万吨（23.44 亿斤）。其中，玉米和水稻产量略减少，大豆产量显著增加。东北三省 2022 年玉米产量比 2021 年减少 100.54 万吨（20.10 亿斤），水稻产量比 2021 年减少 198.46 万吨（39.70 亿斤），降幅分别为 1.07% 和 4.93%。大豆产量比 2021 年增加 152.70 万吨（30.54 亿斤），增幅为 19.07%。

#### (五) 黑土地保护制度建设

##### 1. 黑土地保护法律法规逐步健全

黑土地保护法制建设是强化黑土地保护与利用的有力手段。十三届全国人大常委会第三十五次会议于 2022 年 6 月 24 日审议通过了



《中华人民共和国黑土地保护法》。该法坚持长远保障粮食安全的战略定位，明确黑土地优先用于粮食生产的导向，实施严格的黑土地保护制度，强化黑土地治理修复，确保黑土地总量不减少、功能不退化、质量有提升、产能可持续。建立政府主导、农民主体、多元参与的黑土地保护格局，明确了不同主体的黑土地保护责任。黑土地保护法明确规定加大投入保障机制，强化科技支撑，建立和完善黑土地保护财政投入保障机制，加大对黑土地的资金与项目支持。中国是世界四大黑土区唯一一个通过专门立法来保护黑土地的国家。

为了强化问题导向和突出地方特色，黑龙江省颁布了《黑龙江省黑土地保护利用条例》，条例遵循自然规律，确定黑土地概念与分布，明确了保护的主体与范围，构建了严格规范的责任体系，着重解决黑土地保护利用工作中的“单打独斗”和“各自为战”情况，建立黑土地保护长效机制。吉林省制定了《吉林省黑土地保护条例》，条例明确了保护范围，根据本地特色将黑土湿地也作为保护对象，创设分区分类保护机制，构建了严格的保护体系和责任机制。

同时，国家《土地管理法》、《基本农田保护条例》、《环境保护法》、《水土保持法》等和地方关于耕地保护、农业环境保护、水土保持的规章制度，为黑土地保护提供有力基础法治保障。随着黑土地保护上升国家战略，这些法律的作用也将更加凸显，尤其是关于土地用途管理、基本农田保护、耕地总量动态平衡及水土流失预防、监督、治理等相关法律法规条文。

## 2. 黑土地保护政策支持体系不断完善

为切实做好黑土地保护与利用工作，国家出台了系列相关政策文件与规划，包括《东北黑土地保护规划纲要（2017~2030年）》、《东北黑土地保护性耕作行动计划（2020~2025年）》、《国家黑土地保护工程实施方案（2021~2025年）》等。黑土地保护已经连续3

年作为重要内容写入中央一号文件（2021~2023年），成为农业农村现代化建设的重要任务。同时，东北黑土区各省（市、县）将黑土地保护利用纳入十四五规划的重要任务，并制定了黑土地保护利用规划。不同层级政府和不同政府部门制定出台了有关促进黑土地保护的政策与规划，逐步形成了较为完整的黑土地保护政策支持体系，为黑土地保护工程实施和技术落地应用提供了有力政策保障。

### 3. 黑土地保护标准与规范加快出台

黑土地保护利用的相关标准规范是实施黑土地保护重要手段。农业农村部、水利部和地方有关部门出台了多项关于黑土地保护的标准规范，初步形成了黑土地保护标准体系，为黑土地的保护和合理开发利用提供了基本依据。中国科学院东北地理与农业生态研究所作为主要单位参与起草了《东北黑土区旱地肥沃耕层构建技术规程》和《黑土区水土流失综合防治技术标准》。现行的主要标准规范见表 1-2。

表 1-2 黑土地保护与利用相关标准与规范

类型	名称	标准号	牵头单位	发布时间
行业标准	《东北黑土区旱地肥沃耕层构建技术规程》	NY/T 3694—2020	农业农村部	2020 年
	《黑土区水土流失综合防治技术标准》	SL 446—2009	水利部	2009 年
地方标准	《黑土有机质流失程度等级划分标准》	DB23/T3086—2022	黑龙江省市场监督管理局	2022 年
	《黑钙土肥沃耕层培育技术规程》	DB23/T 3364—2022	黑龙江省市场监督管理局	2022 年
	《黑土耕地质量监测与评价技术规程》	DB23/T 3388—2022	黑龙江省市场监督管理局	2022 年
	《黑土耕地土壤微生物肥力评价技术规范》	DB23/T 3237—2022	黑龙江省市场监督管理局	2022 年
	《黑土区农田土壤障碍层消减与培肥技术规程》	DB23/T 3159—2022	黑龙江省市场监督管理局	2022 年
	《沙化黑土香料用百里香栽培技术规程》	DB23/T 3046-2021	黑龙江省市场监督管理局	2021 年
	《西部半干旱区黑土保护利用技术规程》	DB23/T 2987—2021	黑龙江省市场监督管理局	2021 年
	《退化黑土快速培肥技术规程》	DB23/T 2986—2021	黑龙江省市场监督管理局	2021 年
	《侵蚀退化黑土农田保护性耕作技术规程》	DB23/T 2984—2021	黑龙江省市场监督管理局	2021 年
	《冷凉区黑土地保护利用技术规程》	DB23/T 2982—2021	黑龙江省市场监督管理局	2021 年
	《暗棕壤肥沃耕层培育技术规程》	DB23/T 2977—2021	黑龙江省市场监督管理局	2021 年
	《黑土地保护性耕作技术规范》	DB23/T 2768—2020	黑龙江省市场监督管理局	2020 年
	《黑土区大豆玉米轮作下秸秆还田技术规范》	DB23/T 1842—2017	黑龙江省质量技术监督局	2017 年
	《黑土区大豆玉米轮作下减量施用化肥技术规范》	DB23/T 1841—2017	黑龙江省质量技术监督局	2017 年
	《黑土培肥技术规范》	DB23/T 1351—2009	黑龙江省质量技术监督局	2009 年
《“梨树模式”黑土地保护 现代农业生产单元建设技术规程》	DB2203/T 2—2023	吉林省四平市市场监督管理局	2023 年	

东北黑土地保护与利用报告 (2022 年)

《黑土地质量》	DB22/T 3394—2022	吉林省市场监督管理厅	2022 年
《黑土地质量分等定级技术规范》	DB22/T 3395—2022	吉林省市场监督管理厅	2022 年
《不同肥力耕地土壤微生物学指标 黑土》	DB22/T 3078—2019	吉林省市场监督管理厅	2019 年
《黑土耕地土壤肥力评价技术规范》	DB22/T 1776—2013	吉林省质量技术监督局	2013 年
《黑土地厚沃耕层培育技术规范》	DB21/T 3498—2021	辽宁省市场监督管理局	2021 年
《大兴安岭南麓黑土地培育技术规范》	DB1507/T 81—2023	内蒙古呼伦贝尔市市场监督管理局	2023 年
《黑土区玉米隔行深松垄上免耕栽培技术规范》	DB15/T 2398—2021	内蒙古自治区市场监督管理局	2021 年
《黑土区甜叶菊组织培养育苗移栽技术规范》	DB15/T 2397—2021	内蒙古自治区市场监督管理局	2021 年
《黑土区作物秸秆离田腐熟与厩肥隔年交替还田技术规范》	DB15/T 2396—2021	内蒙古自治区市场监督管理局	2021 年
《黑土区甜叶菊温室越冬春季移栽技术规范》	DB15/T 2395—2021	内蒙古自治区市场监督管理局	2021 年
《黑土区秸秆有机肥分层堆垛发酵技术规范》	DB15/T 2394—2021	内蒙古自治区市场监督管理局	2021 年

## 二、国际黑土地保护科技进展

### (一) 国际黑土地保护相关理论研究现状

黑土地因其土质肥沃，极适宜农作物种植和粮食生产，对全球粮食供应和人类生存发展贡献巨大，其保护与利用研究受到国际社会高度重视。国际有关黑土地理论研究自 20 世纪初开始，至今已持续百年，超过 120 个国家和地区参与。20 世纪 90 年代以来，国际上关于黑土地保护的相关理论研究进入爆发期，并保持不断增长至今（图 2-1）。

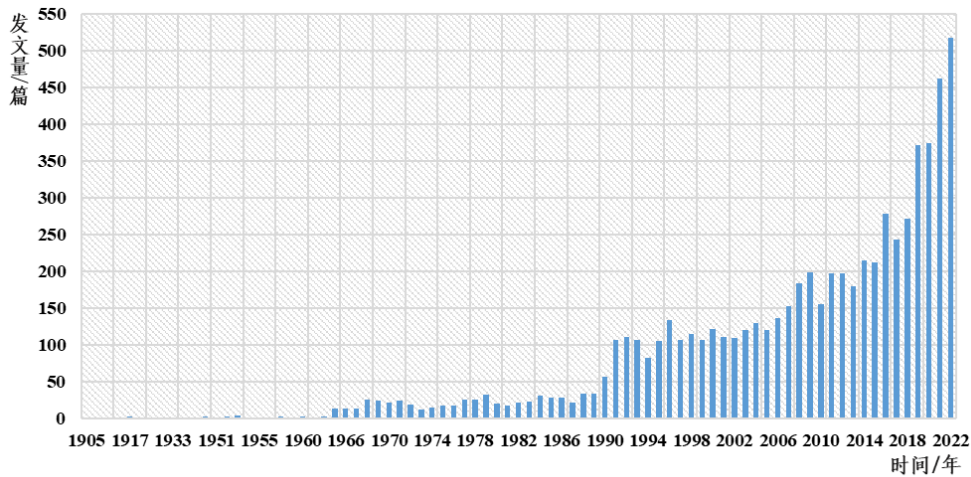


图 2-1 黑土地领域发表论文情况 (Web of Science 核心数据库<sup>1</sup>)

全球黑土地保护研究主要集中在黑土地发生和演变、黑土地保

<sup>1</sup> 以主题=((chernoze\* or "black earth" or "black soil\*" or blacksoil or "black land" or mollisol\* or Phaeozem\* or Kastanozem\*))构建检索式，在 Web of Science 核心合集数据库中，共检索到 6762 篇论文（检索时间为 2023 年 2 月）。



中国、俄罗斯、美国、加拿大、德国是全球范围内开展黑土地保护相关研究的主要力量（图 2-3）。由于各国黑土地土壤类型、开发程度、利用方式、保护措施等差异，各国关于黑土地保护的理论研究的侧重不同。俄罗斯黑土地研究侧重土壤的发生演变和保护性耕作研究，在免耕、休耕和有机肥还田技术等黑土保护性耕作技术上进行了较多的试验研究；美国黑土地保护研究以保护性耕作、黑土地健康与保育、黑土地的发生和演变三个主题方向为主，保护性耕作研究成效显著，目前美国有近 60%的耕地实行各种类型的保护性耕作；加拿大的黑土地研究侧重黑土地作物种植，轮作已成为加拿大农业的主要耕作方式，在不增加机械设备和化肥投入的情况下，实现产量持续增加；虽然德国没有黑土土壤类型，但是德国通过与中国、俄罗斯、美国的合作，在黑土地保护性耕作、黑土地健康与保育、黑土地的发生和演变方面开展了深入研究，为德国的农业保护技术发展提供实践经验。“变薄、变瘦、变硬”是中国东北黑土地普遍存在的问题，中国在黑土地健康与保育研究方面开展了大量研究，提高土壤质量、改善土壤健康的相关研究是重点。此外，随着全球气候变暖趋势的日益严峻，黑土地的固碳功能及其对气候变化的响应在各国黑土地基础研究中也较为重要。

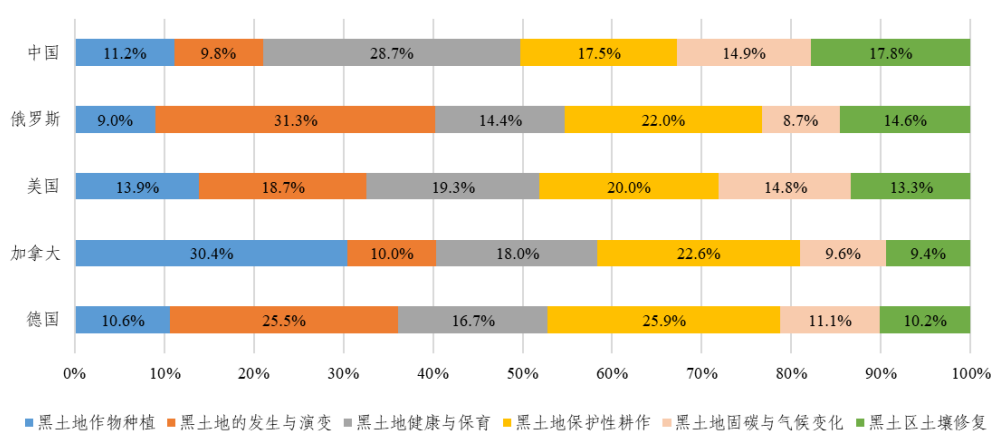


图 2-3 不同国家的黑土地领域研究主题分布情况 (Web of Science 核心数据库)

从黑土地相关理论研究主题的时间演化进程上看（图 2-4），六个研究主题均始于上世纪 90 年代，研究进展演化的趋势大致相同，进度略有不同。2015 年以前，黑土地作物种植、土壤环境修复和保护性耕作三个研究主题成果产出高于其他主题。2015 年后，各类研究主题均快速增长，黑土地的健康与保育成为研究热点，但黑土地保护性耕作研究仍然是重要的研究主题，保持着较高的研究热度。

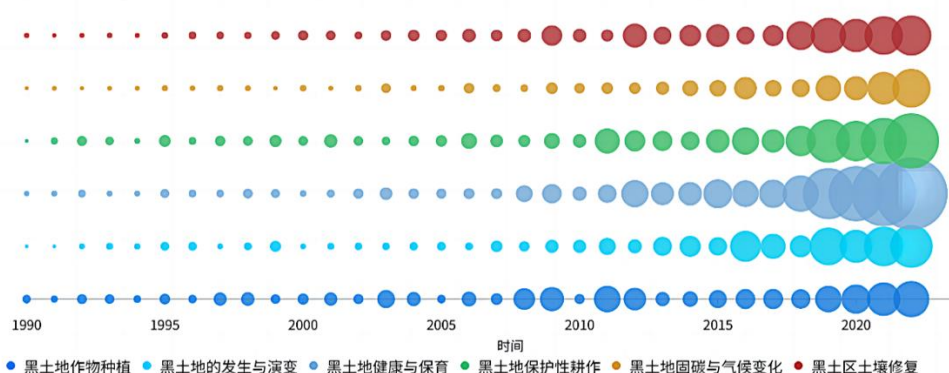


图 2-4 国际黑土地领域研究主题的发展趋势（Web of Science 核心数据库）

## （二）国际黑土地保护政策措施

### 1. 黑土地保护相关法律法规

全球黑土地开发利用普遍较早，早在 20 世纪 20~30 年代就发生了黑土地退化问题。美国、俄罗斯/乌克兰、加拿大等黑土区国家均在这一时间段出台了相关的法律法规，加强黑土区的土地保护与合理利用。但上述国家均未出台专门的黑土地保护法律，而是在土壤保护法、耕地保护法、食品安全法，及环境保护法中包含黑土地保护相关内容。

例如美国出台黑土地相关的农业法案多达 20 余项，包括 1933 年《农业调整法》、1935 年《土壤保护法》、1936 年《土壤保护和国



内配额法》等。1980 年美国出台《耕地保护政策法》规定政府补贴仅适用于保护性耕作的农场，1985 年出台《食品安全法》中将黑土地保护性耕作与政府农业补贴、贷款、农业保险等政策优惠直接关联。此后一系列法规与时俱进，在政策和操作层面进一步细化耕地保护措施，大约 5 年进行一次内容更新，确保法律法规的时效性和针对性。

同样，俄罗斯在《俄罗斯联邦环境保护法》、《俄罗斯土地法典》中规定了土地保护的目的地和土地保护的内容，其中包含对黑土地的保护。乌克兰土地保护立法严格，相关法律和政策性法规多达 200 余部，将毁坏农田等造成严重后果的行为明确规定为刑事犯罪行为。

## 2. 黑土地保护的农业支持政策

发达国家和地区以成熟的市场体系和发达的现代农业为基础，制定了类型多样、覆盖范围广泛和日臻完备的农业支持政策体系。例如美国政府启动保护储备项目，通过和农民签订 10~15 年的长期合同，为农民提供租金和成本补贴，从而保护受侵蚀的土地、湿地、森林和草原等资源，为黑土地保护提供了重要的激励手段。在农业生产过程中，政府鼓励农户采用有利于保护环境的可持续经营方式，通过环境质量激励项目向生产者提供改善生态环境的技术帮助、资金支持和成本补助，并为在农业生产中保护和改善环境的创新方法提供资金补助。同样，加拿大农地保护相关农业支持政策也呈多样化补偿形式，农户收入提高项目和农地环境激励项目是加拿大最主要的农地补偿项目。建立了激励与考核并存补偿机制，从而解决复杂的农地利用和农地环境保护问题。除了农户收入补偿计划直接采用现金补贴外，加拿大其他农业补偿计划多采取间接补贴形式，如农业基础设施建设、各种教育与培训等。

由此可见，鼓励农业经营者的耕地保护行为，是当前世界各国普遍采用的激励政策，价格、补贴和成本补助等农业支持政策可有效调动农民种粮和养地积极性。

### 3. 黑土地保护重大计划

国际上没有专门实施大规模的黑土地保护重大工程，黑土地保护相关工作被包含在减少土壤侵蚀、改善水和空气质量，以及增加土壤健康等计划中。这些计划在提高黑土肥力、减少黑土侵蚀等方面也发挥了重要的作用，对保护黑土地资源、发展可持续农业和促进生态系统健康具有重要意义。

例如，美国自 20 世纪 30 年代以来，为遏制由于大规模土地开发导致的土壤表层侵蚀等生态退化，实施了一系列国家工程计划。1934 年，美国开始建设“大平原防护林带”。通过在美国大平原各州建立防风林以降低风速，减少土壤水分的蒸发。到 1942 年，防护林已种植 2.2 亿棵树木，覆盖了从北达科他州到得克萨斯州 4.8 万平方公里的区域。从 1986 年起开始实施的“土地休耕保护计划”，强调以生态恢复为主要目标，针对土壤易受侵蚀或环境敏感的农业用地，通过签订休耕合同，对农民进行为期 10~15 年的补贴，使其采取休耕还林、还草等长期性植被恢复措施，最终达到控制土壤侵蚀、改善水质、改善野生动物栖息地等目标。计划实施以来有效防止了 90 亿吨以上的土壤被侵蚀，与未实施该计划的农田相比，分别减少 95%和 85%的氮和磷径流，恢复了 300 多万英亩（1821.09 万亩）的湿地。

同样，俄罗斯近 10 年开展了保护超过 150 万块农田免受风蚀和超过 100 万公顷（1500 万亩）土地免受水蚀的工作，此外还有约 100 万公顷（1500 万亩）退耕农业用地的流转。同时，俄罗斯自然资源部也支持新的国际倡议，例如建立与中亚和东北亚国家就土地退化

问题开展合作的区域机制。

2016 年，乌克兰环境保护和自然资源部与联合国粮食及农业组织共同开展“乌克兰森林草原和草原区退化区域的自然资源综合管理”项目，通过自然资源综合管理促进环境保护，借助遥感和地理空间数据开展监测和空间规划；恢复森林草原和草原生产力与生态弹性，扩大免耕和少耕等保护性农业措施使用范围、提升绿肥和微生物区系能力，减少土壤侵蚀并增加黑土的有机碳储量。

### (三) 国际黑土地保护技术的重要进展

#### 1. 保护性耕作技术

保护性耕作是指通过少耕、免耕、地表微地形改造技术及地表覆盖、合理种植等综合配套措施，从而减少农田土壤侵蚀，保护农田生态环境，并获得生态效益、经济效益及社会效益协调发展的耕作技术。该技术自 20 世纪 30 年代提出后，经历三个发展阶段。第一阶段为 20 世纪 30 年代至 50 年代，主要针对传统的机械化翻耕措施在水蚀与风蚀方面存在的弊端，对农耕机具和耕作方法进行改良，提出少耕、免耕和深松等保护性耕作方法。第二阶段为 20 世纪 50 年代至 80 年代，机械化免耕技术与保护性植被覆盖技术同步发展，许多研究证实了保护性耕作对减少土壤侵蚀有显著效果，采用作物残茬覆盖免耕法可减轻土壤侵蚀 48%，增加地表土壤有机质含量 20~30%，采用免耕和少耕代替传统耕作时，可分别降低燃油消耗 70%以上，节约劳动力 30%以上。第三阶段为 20 世纪 80 年代至今，经过 60 多年的探索与实践，已针对不同自然条件和退化类型区形成了差异性的保护性耕作技术，如针对干旱及风蚀严重区域的秸秆覆盖免耕技术、针对低温湿润地区的条耕技术与覆盖耕作技术，以及针对高寒及低洼地区的垄作少耕技术等。

最初保护性耕作的主要目的是应对黑风暴，减轻风水蚀，保护土壤，而如今在保护土壤健康的同时实现减投增产已逐渐成为保护性耕作新的目标。作为世界上保护性耕作应用的发源地，美国不仅在推广面积上为全球最多，在保护性耕作技术和机具装备研发应用上，也处于领先水平。

## 2. 土壤养分管理技术

土壤养分管理技术从 20 世纪 60 年代开始发展，早期该技术主要聚焦于秸秆还田、有机肥和矿物肥料的配合施用。现已基本形成了秸秆直接还田+厩肥+化肥的“三合制”施肥制度，一般秸秆直接还田和厩肥施用量占施肥总量的 2/3 左右。该技术从农业生态系统的观点出发，综合利用自然和化工合成的植物养分资源，通过有机肥与化肥的投入、土壤培肥与土壤保护、植物改良和农艺措施等有关技术的综合运用，协调农业生产系统中养分的投入产出平衡，调节养分循环与利用强度。近年来，生物炭等新型增碳措施被纳入到黑土地的土壤增碳与养分管理中。

## 3. 作物多样化种植技术

作物多样化种植技术，是通过改变和优化作物品种、种植制度和种植方式等改良土壤和保护土地。作物多样化包括作物物种多样化、作物物种内的品种多样化和作物物种内的遗传多样性，包括轮作、种植多年生作物和覆盖作物等。作物多样化种植对于保持和改善农业生态系统，提高粮食产量有着重要作用。

例如，加拿大非常重视发展作物多样化种植技术。加拿大过去实行的是休闲耕作制度，即土地每耕种 3~5 年后要休闲 1 年，让地力得到恢复。目前，在加拿大轮作制度已替代了传统的休闲耕作制度，通过在不同地块上进行小麦、苜蓿、油籽和豆类等作物轮作，

提高了土地利用效率同时也实现了黑土地的保护利用。

#### 4. 黑土地保护的工程措施

黑土地保护的工程措施包括农田防护林、植物篱、侵蚀沟治理等。农田防护林是以改善农业生产的环境条件，减免自然灾害对农业生产危害为目的的人工营造的林带体系，通过林带对气流、温度、水分、土壤等环境因子的影响，能够提供多种效益。植物篱指在农耕地上以等高方式种植乔木、灌木和多年生草本植物并间以农作物的生产系统，对坡地水土流失和农业面源污染具有显著防治效果。侵蚀沟治理主要通过工程措施和林草措施的配合施用，实现水土流失面积和强度持续“双下降”。20世纪30年代的“黑风暴”之后，美国政府接连采取水土保持等措施，并沿100度经线种植了一条宽100英里、几乎纵贯了全美的防护林带，大大改善了大平原地区的自然生态环境。

国际经验表明，黑土地保护是一项系统工程，在实践中需要综合集成各类技术，如保护性耕作技术与杂草控制、作物轮作、覆盖作物种植等其他土壤保护技术相结合。单项黑土地保护技术可增加土壤多年生物量和土壤碳固存，同时提升土壤健康、减少侵蚀，但工程措施和耕作管理如何相互配合并实现优化布局，仍需因地制宜制定系统解决方案。

#### （四）黑土地保护前沿科技

智能监测、微生物学和现代装备等新兴科技是黑土地保护与利用的新动力，跨学科合作是促进黑土地保护的重要支撑。未来需在学科交叉融合、新兴技术应用等方向上寻求新突破，解决黑土地保护利用中的关键难题。

## 1. 黑土地智能监测与评价技术

应用微电子、传感和建模等方面的科技成果，开展黑土地智能监测。随着无线通信的发展、电子设备的小型化，以及高频探地雷达技术、低场核磁技术、红外光声光谱技术等新兴谱学技术的应用，未来可以在整个农田的地表和地下原位布设传感器阵列网络，主动监测土壤中的生物、化学和物理反应，在不同的时间和空间维度获取土壤的侵蚀、水分、养分含量、生物活动等数据，实现精准的土壤管理，进而改良土壤、缓解养分流失。此外，在黑土地上部署传感器阵列网络，可形成黑土地动态的“天气图”，还可以填补养分循环模型、温室气体产生模型、碳储存模型等的数据空白。

## 2. 现代微生物学技术

现代微生物学对黑土地质量和产能的作用，主要建立在土壤微生物学、宏基因组学、合成生物学和计算生物学的融合之上，也涉及其他传统学科的发展和交叉融合，包括微生物生理学、发酵和种子/土壤接种剂的配制等。充分利用土壤微生物的生物多样性资源和土壤微生物群的有益功能，可以用于优化作物生产力，提供固碳、保水性等方面的生态系统服务。其中，宏基因组学和相关组学技术，可以为新微生物产品的开发设计提供信息，开发微生物组行为和状态的预测模型。

## 3. 智能农机装备

智能农机装备是农业机械、人工智能、机器人和信息工程等技术交叉融合领域，是现代农业发展的重要趋势。针对非结构化复杂农业场景，智能农机装备重点突破如下关键技术：一是作业机器人、作业环境和作业对象的信息精准感知机理和传感技术；二是基于多源感知异构信息的物景认知方法，以及基于作业流程和机器学习的

自主决策、规划与控制技术；三是融合先进农艺的作业装置、末端执行器和机械臂先进设计与精准高效作业技术；四是全地形、多遮挡和动态农业场景下的底盘结构设计与线控技术，以及多传感融合的地图构建、自主规划与避障导航技术；五是机器人群体实时通信、群体自主协同和人机共融技术。

经过近百年的黑土保护理论与技术实践探索，目前全球黑土地保护与利用仍主要面临三个方面的挑战：一是土壤可持续性问题，农业活动、极端天气等导致土壤退化，土壤质量、肥力和保水能力降低；二是土壤健康问题，土壤有机质下降、土壤健康退化，严重影响未来农业生产力；三是土壤养分有效性，长期以来化肥过量施用，威胁着土壤的活力和农业活动的长期可持续性。我国耕地资源稀缺，无法实行发达国家的免耕休耕保护措施，个别地区的过度垦殖、重用轻养导致黑土区土壤健康长期透支，“瘦、薄、硬”及水土流失问题严重。东北黑土地发展用养兼顾的现代农业体系面临着前所未有的挑战。为应对这些挑战，必须借传统农业向现代农业转变的契机，通过科技创新突破黑土地保护利用技术的瓶颈难题。

### 三、东北黑土地保护与利用关键技术

围绕《国家黑土地保护工程实施方案（2021-2025）》中指出的黑土地保护的关键问题和主要目标，以国家部委和东北三省一区发布的 300 余条农业主推技术、保护性耕作技术及中国科学院“黑土粮仓”科技会战成果为技术库，按照先进、适用、成熟且具有较强地域特性的原则，遴选总结出保护性耕作、地力培育、土壤退化防控、作物绿色高效栽培及前沿技术等 5 类 17 条黑土地保护与利用的共性关键技术。这些技术在东北地区黑土地保护、提质增效和作物高产稳产等方面取得了显著成效。

#### （一）保护性耕作技术

保护性耕作，一般是指为减少土壤侵蚀，任何能保证在播种后地表作物秸秆残茬覆盖率不低于 30%的耕作和种植管理措施。其核心特征是减少土壤扰动和增加地表覆盖，降低土壤侵蚀的同时蓄水保墒，通过合理的作物搭配、水肥调控等配套技术，实现培肥地力、固碳减排，同时减少作业次数，节约成本投入。当前主流保护性耕作主要包括秸秆覆盖免耕、秸秆覆盖垄作、秸秆覆盖条耕以及新近发展的秸秆覆盖轮作等。

##### 1. 秸秆覆盖免耕技术

###### （1）技术原理与要点

该技术是在农田表面保留秸秆或其他植物残余物，形成有机覆



盖层，而无需进行传统的耕地操作（如翻耕或深耕）。技术要点包括三个方面：一是春季播种前根据土壤墒情与秸秆覆盖量情况，在高留茬或秸秆量少的条件下直接进行播种；二是应用免耕精量播种机一次完成施肥、苗带整理、播种开沟、单粒播种、覆土、重镇压等工序；三是机械化喷施除草剂，玉米拔节前深松追肥，绿色生物防治病虫害。

## （2）技术适用范围

该技术在蓄水保墒、培肥增温、节本增效等方面表现出了明显的优势。适用于东北黑土区半干旱风沙土区，中部半湿润区的黑土与黑钙土等主要土壤类型区。

## （3）技术应用案例

秸秆覆盖免耕技术自 2001 年以来逐步示范推广，是最早推广的秸秆覆盖保护性耕作技术模式。秸秆覆盖保护性耕作技术、玉米宽窄行交替休闲种植技术入选农业部、吉林省主推技术，配套技术-秸秆覆盖还田口肥提苗深松追肥耕作技术入选 2023 年吉林省农业主推技术。吉林省德惠连续 16 年的保护性耕作试验结果显示，与传统耕作相比，免耕下耕层土壤有机碳储量可提升 29%，土壤含水量提高 15~25%，土壤物种丰富度提高了 10~20%。



图 3-1 秸秆覆盖少免耕技术实施效果图

## 2. 秸秆覆盖垄作技术

### （1）技术原理与要点

该技术结合了秸秆覆盖和垄作的优势，通过农田表面形成的秸秆覆盖层，减少水分蒸发、防止土壤侵蚀，并提供有机质。同时，通过形成垄，集中和保持水分，控制杂草生长，并改善土壤结构。技术要点包括四个方面：一是在农田表面覆盖秸秆；二是利用扫茬机或扫茬装置将垄台的根茬打散，并扫除到垄沟内，形成无秸秆及根茬的播种带；三是采用深松中耕培垄，恢复垄型；四是合理选择和管理农具，实现高效的种植操作和管理。

### （2）技术适用范围

该技术可以解决水分管理、土壤侵蚀、杂草控制和土壤质量等问题。适用于东北黑土区中低温冷凉区域以及低洼易涝区的黑土、黑钙土、草甸土等主要土壤类型。

### （3）技术应用案例

2021年梨树县实施秸秆覆盖还田垄作少耕技术的地块有机质平均增加 0.3 克/千克。2022年双辽协力村采取秸秆覆盖垄作扫茬综合技术，玉米增产 16.5%。

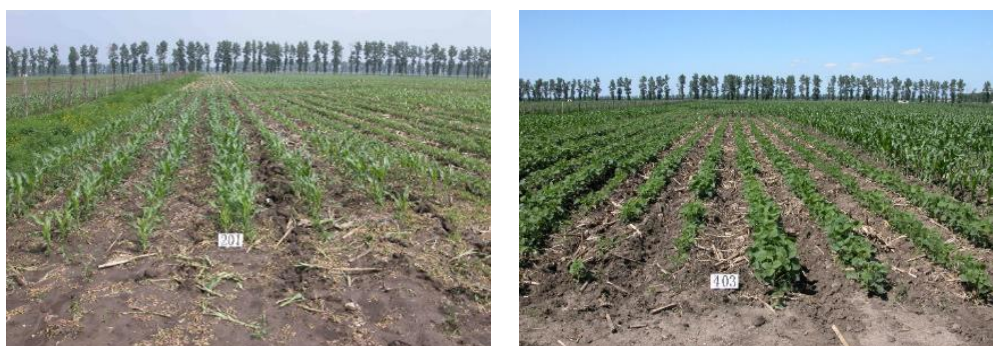


图 3-2 秸秆覆盖垄作技术实施效果图

### 3. 秸秆覆盖条耕技术

#### (1) 技术原理与要点

该技术是通过特殊的农具或机械在秸秆覆盖基础上形成种植条，提供了作物生长所需的空間。技术要点为春季耕作作业时开展秸秆归行作业，保留秸秆覆盖，同时形成一个疏松平整无秸秆覆盖的苗带，农作物可以正常生长。

#### (2) 技术适用范围

该技术解决了秸秆覆盖地温低、播种质量和出苗差、产量不稳定的问题。同时，种植条可以帮助农民进行作业和管理，使农田管理更加便捷和高效。该技术适用于东北黑土区黑土、黑钙土、草甸土、暗棕壤、棕壤等土壤类型。

#### (3) 技术应用案例

2021 年开始在农安、公主岭 2 个县（市）大面积推广应用，累计应用面积达到 200 万亩。目前该技术已成为吉林省中西部地区及低洼易涝冷凉区的秸秆还田处理主推技术。梨树、公主岭、扶余、九台、德惠等县市应用该技术后，比传统性耕作增产 11~21%。根据中国科学院“黑土粮仓”科技会战多个千亩辐射基地的实施成效来看，苗带地温与技术应用前相比增加 1~2℃，出苗率增加 5%，苗带土壤硬度降低 5~15%。



图 3-3 秸秆覆盖条耕技术实施效果图

## 4. 秸秆覆盖轮作技术

### (1) 技术原理与要点

该技术是在作物收获后将秸秆覆盖在农田表面，然后选择适合的轮作作物在覆盖层上种植，利用秸秆的分解过程提供养分，并改善土壤结构。秸秆覆盖轮作以秸秆覆盖玉米大豆轮作为主。技术要点包括玉米季收获后进行秸秆还田，翌年免耕播种大豆，大豆收获时，将大豆秸秆直接粉碎并均匀抛施于地表，翌年春季采用免耕播种机种玉米。

### (2) 技术适用范围

技术解决了长期玉米连作保护性耕作秸秆连年全量还田出现的土壤消纳难、影响播种和出苗、病虫害加剧等问题，具有降低土壤风蚀、改善土壤理化特性、改善土壤养分供给平衡的显著优势。该技术适用于东北黑土区黑土、黑钙土等主要土壤类型。

### (3) 技术应用案例

吉林省德惠连续 16 年保护性耕作定位试验数据显示，与传统性耕作相比，免耕玉米大豆轮作耕层土壤有机质含量平均提升近 5 克/千克，玉米产量提升 12.6%，有效降低了化肥施用量，改善了土壤微生物群落结构和多样性，提高了土壤肥力。



图 3-4 秸秆覆盖轮作技术实施效果图

## (二) 地力培育技术

地力培育是指通过农业生产活动构建良好的土体，培育肥沃耕作层，提高土壤肥力和生产力的过程。核心内容是改善土壤的物理性、化学性和生物性，提高土壤肥力和水分保持能力，促进植物的生长和发育，从而提高农田的产量和品质。黑土地保护的地力培育技术主要包括秸秆还田技术、有机肥还田技术、绿肥还田技术等。

### 1. 秸秆还田技术

#### (1) 技术原理与要点

该技术是基于秸秆富含有机质和营养元素，通过还田的方式将有机物质被释放到土壤中去。同时，秸秆还能够促进土壤中微生物的活动，微生物分解秸秆并释放出养分，进一步增加土壤肥力。根据还田深度，分为秸秆表层覆盖还田和秸秆深混还田。以秸秆深混还田技术为例，技术要点为秋季玉米收获后，用灭茬机进行灭茬，用螺旋式犁壁犁进行全量秸秆深混还田；秸秆深混深度为 35 厘米左右，待适宜含水量时进行耙地、旋耕起垄至待播种状态。

#### (2) 技术适用范围

该技术通过有机物质还田改善了黑土地土壤有机质衰退、养分库容量下降、肥力难以提升等问题。适用于东北黑土区黑土、黑钙土、暗棕壤、草甸土等主要土壤类型。

#### (3) 技术应用案例

在海伦的长期试验中，秸秆深混还田技术均匀地增加了 0~35 厘米土层中的养分库容，土壤有机质含量提高 5 克/千克以上，耕层厚度增加至 30 厘米以上，耕地地力等级提高 0.5 个等级，大豆和玉米增产 10%以上。



图 3-5 秸秆还田技术实施效果图

## 2. 有机肥还田技术

### （1）技术原理与要点

该技术通过土壤有机质与有机肥的组分配伍，促进关键有机组分的高效累积，从而提升土壤有机质含量。同时匹配土壤中缺乏的活性有机组分，达到土壤质量提升和功能优化，实现土壤培肥和产能扩增。有机肥包括固体有机肥和液体有机肥两种。技术要点为固体有机肥施用时间一般在秋季玉米收获后，施用方式为撒施；液体有机肥可联合脲酶抑制剂作为玉米种植的基肥，以及拔节期和大喇叭口期追肥施用；液体有机肥作基肥施用，施于农田地表，将液体有机肥翻入土中，追肥时与灌溉水同时使用。

### （2）技术适用范围

该技术解决了种养循环农业区规模化养殖场有机肥就地就近还田的施用量和施用方式问题，适用于东北黑土区各类土壤，对于风沙土及其他有机质含量低的土壤类型效果更明显。

### （3）技术应用案例

该技术目前已在辽宁省北部彰武县和内蒙古东部通辽市的大规模奶牛养殖场青饲种植农田进行推广，为实现种养一体化提供了技

术支持。2021 年和 2022 年在辽宁省彰武县开展的液体有机肥试验中，与仅施化肥相比，青饲玉米鲜重和干重产量分别增加了 12.7%和 16.0%，氮素利用率由 26.3%提高至 32.5%，可实现土壤可溶性有机碳平均含量增长 36.4%。



图 3-6 有机肥还田技术实施效果图

### 3. 绿肥还田技术

#### (1) 技术原理与要点

该技术是利用植物生长过程中所产生的全部或部分绿色体，直接或异地翻压或者经堆沤后施用到土地中作肥料。在黑土区碱化草地修复改良研究中，以耐盐碱豆科绿肥驱动的碱化草地修复技术的改良修复效果显著。技术要点包括整地起垄种植耐盐碱植物，选用田菁作为先锋物种，耐盐碱能力较强的羊草、老芒麦和星星草作为建群种；采用机械条播，播种当年严禁牲畜、车辆等人为破坏。

#### (2) 技术适用范围

该技术运用耐盐碱植物，解决了退化盐碱植被恢复困难的问题，同时实现了土壤结构改良和培肥，促进土壤功能修复。适用于松嫩平原中重度盐碱化土壤改良。

### (3) 技术应用案例

2021~2022 年，在黑龙江省安达市的重度盐碱化草地（土壤 pH 值为 9.62、碱化度为 55.7%、碱斑比例为 50%）开展技术示范。当年植被盖度达到 83%，比对照提高了近 60%。种植第二年，植被盖度接近 90%。可显著降低土壤 pH 值，在种植当年即由 9.62 下降到 9.43，第二年下降到 9.36。同时显著提高了土壤有机质含量，种植两年后有机质含量增加了 36.1%。



图 3-7 混播绿肥还田技术示范应用效果

### (三) 土壤退化防控技术

土壤退化防控技术，旨在减缓土壤退化过程、恢复和改善土壤质量，保护土壤资源并提高土壤可持续利用能力。核心内容是对土壤进行修复、改良或管理，提高土壤对于风蚀、水蚀等侵蚀的抗性，遏制耕地水土流失，降低土壤碱化度，从而改良土壤、提高农作物产量。土壤退化防控技术主要包括风蚀防控技术，侵蚀沟治理技术，盐渍化防控技术和白浆层障碍消除技术等。



## 1. 风蚀防控技术

### (1) 技术原理与要点

该技术是通过削减风能，降低风力侵蚀力，同时防风带下风向一定范围内，由于林带遮挡、涡流等，导致风速降低，促进风蚀颗粒沉降。防护林的防风效应与空间布局和林网结构密切相关，主要技术要点为林带方位、林带结构、林带间距、林带宽度和网格规格等关键参数的确定。

### (2) 技术适用范围

该技术解决了黑土区由于风蚀和高强度开垦导致的土层变薄、有机质流失、生态功能下降的问题。该技术适用于东北黑土区轻度、中度、重度风蚀区。

### (3) 技术应用案例

东北地区的防护林主要包括农田防护林和防风固沙林。三北防护林体系建设工程已近 50 年，东北地区累计完成造林保存面积达 879.5 万公顷，形成了防护林网，网内的农田可较快地进入全庇护状态，有效防控了风蚀，促进了农作物的高产和稳产，林网内平均增产可达 10~20%。同时，该技术应用后还具有涵养水源、固碳释氧、净化空气等效果。黑龙江富裕县十年生小黑杨防护林林网内风速降低了 21.0%。吉林省西部地区杨树防护林平均风速从 16~20 米/秒减低到 12~14 米/秒。

## 2. 侵蚀沟治理技术

### (1) 技术原理与要点

该技术是通过采用工程和生物治理等措施，降低径流对地表冲刷和侵蚀，防止土壤流失和环境破坏。技术要点包括四个方面：一

是以农田集水区为单元进行治理，坡耕地上采用横坡垄作、秸秆覆盖免耕、条耕等技术可有效防治水土流失；二是秋收后或春耕前，疏通田间导水渠系，使之与沟底暗管相连，打通农田集水区水系；三省对于浅沟和小型切沟，采用秸秆填埋复垦技术修复沟毁耕地、恢复地块完整；四是对于大型切沟，则采用秸秆填埋+表层覆土+阶梯石笼谷坊抬升沟道侵蚀基准、沟底布设柳跌水、沟坡布设草灌等工程和生物措施稳固大型侵蚀沟。

### (2) 技术适用范围

该技术解决了农田汇水区水系不连通、田块破碎化、机耕效率低、治沟削坡占地等一系列问题，有效治理了农田侵蚀沟。适用于东北漫川漫岗黑土区包含中、大型侵蚀沟的农田。

### (3) 技术应用案例

该技术得到水利部松辽委、吉林和黑龙江省水利厅、地方政府和农户的认可，秸秆填埋复垦技术已形成吉林和黑龙江省地方标准、成为水利部成熟适用技术、黑土区侵蚀沟治理主推技术之一，并在内蒙古、黑龙江、吉林等侵蚀沟项目工程区大规模推广应用。在黑龙江省海伦市开展技术应用后，坡耕土壤团聚体稳定性和抗侵蚀能力明显增强，农田坡-沟系统土壤侵蚀强度降低 80%以上，田块完整连片、增加耕地 1~3%，有效遏制耕地损失。



图 3-8 侵蚀沟系统治理效果前后对比图（左图为治理前，右图为治理后）

### 3. 盐渍化防控技术

#### （1）技术原理与要点

该技术是通过土地改良、灌排工程和生物农艺等技术对盐碱障碍进行消解。盐碱地种稻配合复合调理剂改良苏打盐碱土的效果显著。技术要点包括以腐植酸基苏打盐碱地新型调理剂及精准施用技术为核心，在秋季收获后或春季整地前进行撒施，之后旋耕混入土壤；用天然腐殖酸和复合钙源快速降低碱化度和 pH 值；抑制粘粒分散，加速耕层土壤脱盐降碱。

#### （2）技术适用范围

该技术在缓解苏打盐碱地土壤结构恶化、提升土壤有机质和破除作物生长障碍上具有显著的优势。适用于东北松嫩平原西部 pH 大于 8.5，碱化度大于 15% 的苏打盐碱土。

#### （3）技术应用案例

在吉林大安、乾安、黑龙江肇源不同程度苏打盐碱地上开展技术应用，苏打盐碱地土壤 pH 降低 0.6 个单位，碱化度下降 42%，有机质增加 35.4%，水稻增产 2 倍以上。



图 3-9 腐植酸基苏打盐碱地新型调理剂改良效果

## 4. 白浆层障碍消除技术

### (1) 技术原理与要点

该技术的原理是打破坚硬的白浆层，培肥心土层，改善土壤理化性质，提高土壤肥力，使耕层水、肥、气、热协调发展。技术要点包括以白浆土秸秆深还田心土混拌地力提升技术为核心，秋季玉米收获后，地表秸秆全部还入心土层，与白浆层和淀积层进行混合；随后进行大垄起垄、播种，要求一次完成玉米播种、基肥、镇压作业。

### (2) 技术适用范围

该技术可以解决土层薄、养分含量低、土壤结构差和作物生长不良的问题，适用于东北三江平原耕层厚度在 20 厘米左右的旱地薄层白浆土。

### (3) 技术应用案例

该技术已在黑龙江省八五四农场示范面积 10 万亩，辐射推广 50 万亩。通过技术应用，实现了白浆土在保证黑土层位置不变的条件下，将下层白浆层和淀积层进行随机混拌，混拌率达到 70%以上，同时将地表作物秸秆混入混拌层，白浆层土壤硬度降低了 50%左右，土壤含水率提高了 2~5 个百分点，土壤容重降低了 0.1~0.2 克/立方厘米，有机质含量提高了 30%以上，白浆土结构障碍得到明显改善。

### (四) 作物绿色高效栽培技术

作物绿色高产栽培技术是指在确保作物产量的前提下，尽可能的保护环境、节约资源、降低成本，以实现可持续发展的农作物种植技术。核心内容是提高肥料和灌溉水利用效率，改善土壤结构，提高土壤养分利用效率，减少污染，实现可持续发展。作物绿色高

产栽培技术主要有密植栽培技术、高效施肥技术及绿色种植技术等。

## 1. 密植栽培技术

### (1) 技术原理与要点

密植栽培技术通常通过减小植株之间的间距来增加单位面积植株数量，从而提高作物产量。技术要点为根据具体作物的生长特性、品种选择以及土壤和气候条件进行合理调整，以确保植株之间的空间仍然能够满足作物的生长需求，避免过于拥挤导致植株生长不良或疾病传播。常见作物适宜密度如下：大豆播种密度 22~25 万株/公顷，春小麦播种密度 900-975 万株/公顷，饲料油菜密度为 50~52 万株/公顷，矮秆高粱宜密度 12~13 万株/公顷。

### (2) 技术适用范围

密植栽培技术充分利用空间和光照，解决了生长空间不合理导致的作物生长不良和病害问题，从而达到产量最大化。该技术适用于东北黑土区坡耕地区域，以及辽河流域、松花江流域、饮马河流域、洮儿河流域等区域。

### (3) 技术应用案例

2017~2021 年，在辽河源基地采用该技术后肥料和农药均减施了 20% 以上，农田面源污染减少了 24%，农田经济效益提高 10% 以上。2021 年应用该技术的高产攻关示范田大豆产量达到 316.3 公斤/亩，一举突破了吉林省雨养条件下大豆单产 300 公斤大关。高粱平均产量 666.2 公斤/亩，创造了吉林省东南部半山区高粱产量最高纪录。

## 2. 高效施肥技术

### (1) 技术原理与要点

农田高效施肥技术是指在作物营养供应的各个环节上，在遵循

“四合适”原则（合适的肥料类型、合适的用量、合适的施肥时间、合适的施肥位置）基础上，设计措施最大限度地提高肥料的利用效率，以充分保证提高作物的产量和品质。其中，保护性耕作轻简化一次性施肥免追技术，是在常规肥料基础上进行配方优化，播种的同时完成施肥，其技术要点为：将稳定性肥料技术、磷活化技术、聚谷氨酸增效技术进行了有机集成与优化，采用种肥同播机，配合保护性耕作，将土壤扰动次数降到最低。

## （2）技术适用范围

保护性耕作轻简化一次性施肥免追技术，解决了黑土地保护及保护性耕作模式实施中易出现的苗期缺氮、后期追肥扰动等问题，适用于保护性耕作模式应用下的玉米种植。

## （3）技术应用案例

保护性耕作轻简化一次性施肥免追技术已累积推广面积超过 2000 万亩，特别是在保护性耕作实施的前 4~5 年，既可以快速提升土壤有机质，又实现等养分投入增产 8~12%，减少 20%养分投入量而不减产。



图 3-10 保护性耕作轻简化一次性施肥免追技术及玉米施用效果

### 3. 绿色种植技术

#### (1) 技术原理与要点

该技术旨在通过生物防治病虫害代替化学防治、机械和人工代替化学除草，全过程采用有机种植技术，避免了化学农药、肥料的土壤残留和环境损害。技术要点包括：玉米出土前后深松作业，覆盖刚出土的杂草；玉米出苗后进行旋转松土除草、智能除草机及中耕夹犁除草；释放赤眼蜂防治玉米螟，喷施苏云金杆菌粉剂、枯草芽孢杆菌及除虫菊素水乳剂等防治虫害。

#### (2) 技术适用范围

该技术解决了黑土地不合理的耕种，化肥农药施用过多，资源利用效率低，传统农业种植效益不高等问题，有修复土壤的功能，能够减轻和克服作物病害与连作障碍。适用于松嫩平原北部中厚层黑土区。

#### (3) 技术应用案例

该技术在黑龙江齐齐哈尔市、北安农场等地试验示范。2020~2022 年三年间在松嫩平原北部累计推广应用面积 110 万亩。其中齐齐哈尔市有机食品认证面积已达到 26.5 万亩。2021 年通过该项技术实施，土壤有机质平均增加 6 克/千克，土壤容重降低 7.9%，农业综合效益提高 20.4%。

### (五) 黑土地保护前沿技术

电子信息、现代生物、人工智能等高技术的快速发展，极大地促进了农业生产技术变革，通过加强资源信息掌控，提高作业效率等方式达到黑土保护与产量提升的共赢。

## 1. 星空地协同监测与智能管控

黑土地星空地监测与智能管控是指通过多维度监测手段获得长时序、高精度的黑土资源环境数据，并进行数据融合和挖掘，实现黑土区水、土、养分、作物产量等要素动态变化模拟，为多尺度黑土保护与利用方案的决策提供支撑。包括星空地协同监测、多元异构数据融合与定量模拟、大数据+人工智能”决策支持等关键技术。星空地协同监测技术融合了卫星遥感（星）、无人机遥感（空）、近地表主被动探测（地）等监测手段，能提供持续稳定的黑土地土壤、植被覆盖及生长信息实时监测，有助于及时掌握黑土区资源环境动态变化，为后续黑土地保护与利用智能管控提供精准数据信息。多元异构数据融合与定量模拟技术，通过大数据流水线处理和异构数据融合对上述星空地网协同监测产生的数据集进行清洗、关联和融合，并应用机器学习实现土壤和作物中多种要素的观测与识别，开展“农情”“土情”“地情”评估与决策。“大数据+人工智能”决策技术应用机器学习等模型挖掘星、空、地、文献等数据，精准识别土壤退化问题并因地制宜地推荐土壤修复技术，在区域内分层次）为土壤退化和修复提供科学系统的解决方案。

## 2. 现代微生物技术

土壤微生物驱动的有机质转化是维持农田生态系统稳定和改善土壤质量的基础，现代微生物技术在促进改良土壤、黑土培肥和产能提升等方面都具有广泛的应用前景。该基础针对不同植物，通过接种匹配性益生菌、载体型有机质、以及作物轮作等方式，改变植物与微生物组的响应关系，实现对根系微生物组的精准调控，促进其生长发育。该项技术可有效改善不同植物种植条件下的土壤微生物组结构及功能，改良土壤微生态系统，减少化学肥料和农药的使用，促进农业可持续发展。



### 3. 新一代农机技术

以无人化和智能化作业为主要特征的新一代农机技术，将信息化与智能化技术赋能于农机装备，在农事活动的全程作业范围内，可最大程度地通过智能农机节本增效，提升综合效益。新一代农机技术的关键包括农机无人驾驶技术和智能作业控制技术。农机无人驾驶技术是一种囊括人工智能、自动化控制、物联网通信等技术，结合农机智能作业技术，使农机具备自主化的行走与作业能力，替代或减少驾驶员操作的智能化技术。该项技术主要从感知、定位、规划、控制四个方面，提升农业装备的智能化水平，使农机具备高精度的作业能力，适应黑土区广域大田集体经营、规模化生产的需求。农机智能作业控制技术是实现智能农机的核心技术，以农机装备为载体，包括农机智能作业感知、智能作业控制和作业决策与管理等技术。国内外主要集中于利用先进控制与信息技术对传统农机进行智能化升级，促使农机作业模式革新，向人员投入更少、数据获取更精准、决策更智能、作业质量更高、效率更快的方向发展。

## 四、东北黑土地保护与利用技术模式

黑土地保护与利用技术模式是指针对特定区域黑土地退化的主要特征和保护利用的关键难题，所形成的多项关键技术综合集成的解决方案。通过梳理近年来国家部委、地方政府和相关机构等发布的黑土地保护与利用技术模式，按照问题导向、地域特点、技术组合特征进行了归类整理，得到了农业农村部、黑龙江省、吉林省、辽宁省、中国科学院、北大荒农垦集团等6家权威部门发布的36项较成熟技术模式（表4-1）。在这些技术模式的指导下，各地方因地制宜开展黑土地保护利用，取得了良好成效，东北黑土地“变薄、变瘦、变硬”的突出问题得到了一定程度的缓解。

表 4-1 东北黑土地保护与利用技术模式梳理

编号	模式名称	发布单位
1	三江平原玉米连作黑土保护培肥技术模式	农业农村部
2	三江平原水稻连作黑土保护培肥技术模式	农业农村部
3	松辽平原分水岭米豆轮作黑土保护培肥技术模式	农业农村部
4	辽北米豆轮作黑土保育技术模式	农业农村部
5	风沙干旱区玉米连作增施有机肥黑土保护培肥技术模式	农业农村部
6	第一、二积温带洼地稻田黑土培肥技术模式	农业农村部
7	第一积温带旱平地米豆杂轮作黑土培肥技术模式	农业农村部
8	旱稻增施有机肥黑土培肥技术模式	农业农村部
9	有机肥堆沤还田黑土地保护培肥技术模式	农业农村部
10	半干旱区米豆米轮作水肥一体化黑土培肥技术模式	农业农村部
11	低山丘陵瘠薄坡耕地黑土保护培肥技术模式	农业农村部
12	缓坡耕地黑土保护培肥技术模式	农业农村部
13	丘陵缓坡薄层黑土米豆轮作培肥技术模式	农业农村部
14	坡耕地侵蚀沟修复黑土保护培肥技术模式	农业农村部
15	高纬度缓坡耕地豆麦豆（米豆麦）轮作黑土保护培肥技术模式	农业农村部
16	第三积温带以北质地黏重黑土米豆杂轮作肥沃耕层构建模式	农业农村部
17	第五六积温带质地黏重黑土米豆轮作肥沃耕层构建模式	农业农村部
18	三江模式	中国科学院
19	大安模式	中国科学院

20	大河湾模式	中国科学院
21	全域定制模式	中国科学院
22	龙江模式	黑龙江省
23	拜泉模式	黑龙江省
24	梨树模式	吉林省
25	梨树模式 2.0	中国科学院
26	玉米秸秆深翻还田地力保育技术模式	吉林省
27	玉米秸秆还田滴灌减肥技术模式	吉林省
28	玉米秸秆全量深翻还田坐水种保苗增产技术模式	吉林省
29	玉米秸秆全量碎混还田技术模式	吉林省
30	水稻稻草全量粉碎还田技术模式	吉林省
31	玉米秸秆粉耙还田散墒增温技术模式	吉林省
32	秸秆条带田保护性耕作技术模式	吉林省
33	玉米秸秆堆沤培肥技术模式	吉林省
34	米豆轮作黑土保护培肥模式	吉林省
35	辽河模式	中国科学院和辽宁省
36	北大荒模式	北大荒农垦集团

注：农业农村部发布的 17 个技术集成模式<sup>2</sup>、吉林省农业农村厅发布的 10 个技术集成模式<sup>3</sup>以及北大荒农垦集团有限公司发布的“北大荒模式<sup>4</sup>”均可以通过书籍和网站查询到各模式详细内容。

根据模式的成熟度、推广程度及其创新性特征，下面重点介绍十种不同地域类型的典型模式，即龙江模式、梨树模式 2.0、三江模式、大安模式、辽河模式、辽北模式、大河湾模式、北大荒模式、拜泉模式和全域定制模式。

### (一) 龙江模式

针对黑土开垦后由于高强度利用、用养失调导致黑土层土壤有机质锐减、土壤结构恶化、生物功能退化，以及不合理耕作导致耕作层变浅、犁底层增厚等突出问题，构建了“龙江模式”。通过秸秆粉碎、有机肥深混还田并结合玉米-大豆轮作等关键技术，促进了大气降水入渗和有机物料碳向土壤碳的转化，提高了全耕作层土壤

<sup>2</sup> 农业农村部种植业管理司和耕地质量监测保护中心. 东北黑土地保护利用集成技术模式. 北京: 中国农业出版社. 2019.3

<sup>3</sup> 吉林省农业农村厅网站 (首页>现代农业>黑土地保护): [http://agri.jl.gov.cn/xdny/htdbh/index\\_4.html](http://agri.jl.gov.cn/xdny/htdbh/index_4.html)

<sup>4</sup> 北大荒集团 (首页>黑土地保护利用“北大荒模式”发布): <https://www.chinabdh.com/h-nd-4190.html>

储水量（增加15%以上）和土壤有机质含量（增加3%以上），增加了作物产量（增加10%以上）。

该模式技术要点包括黑土地耕层扩容增库、玉米-大豆轮作耕作栽培等，主要在黑龙江省全域推广应用。该模式为2022年黑龙江省黑土耕地质量提升和作物高产增效奠定了坚实基础，年度累计推广应用3110万亩。

## （二）梨树模式 2.0

梨树模式 2.0 以秸秆覆盖还田垄作少耕、条带耕作、宽窄行免耕等保护性耕作技术为主体，以土壤保育、高产高效为目标，从秸秆覆盖耕免结合提温提质、配套农机具研发改制、高产群体调控等方面优化集成，创新升级“梨树模式”，形成技术区域化、参数精细划、机具系统化、管理一体化的高产增效保护性耕作综合技术体系。

梨树模式 2.0 实现了保护性耕作与粮食高产协同，创造了东北地区同一地块连续 4 年亩产超吨粮的记录；得到了吉林省人民政府批示：“大力推广”；目前，建立了梨树和双辽 2 个万亩示范区、在吉林省建立了 10 个核心示范点、打造了双辽百万亩高标准示范县，技术已大面积推广。

## （三）三江模式

针对三江平原黑土地保护面临水资源安全压力大、低温冷凉、土壤障碍严重、智能化水平有待提升等问题，构建了黑土地保护利用“三江模式”。通过施用耐低温腐解菌剂、秸秆还田配施有机肥和改良剂、深翻或免翻深松以及苗期进行垄沟深松的耕作措施等，解决了湿润区黑土耕层深松减障提质过程中“翻埋还田秸秆快速腐解、耕层快速培肥、低产白浆土障碍消减”等问题，提升了区域水土资源整体利用效率与可持续利用潜力。

该模式技术要点包括秸秆翻埋、深松减障、水土优化、智能管控，主要在三江平原地区推广应用并提供多尺度系统解决方案。该模式在友谊农场、二道河农场和曙光农场建立核心示范区，通过北大荒农垦与黑龙江省环耕站双线推广体系，在垦区 16 个农场建立了千亩示范区。

#### (四) 大安模式

大安模式以良田+良种+良法“三良一体化”技术体系为核心，通过改土培肥、脱盐降碱、抗逆品种与适生栽培关键技术快速实现盐碱地障碍消减与综合产能提升，结合国土整治、生态修复、现代种业、智能农机和智慧农业、先进农业生产组织等“产业多元一体化”综合治理方式打造盐碱地农业现代化示范样板。

该模式要点包括改土培肥、良种优选、良法优用等技术手段，实现黑土区盐碱地耕层改土降碱、作物产能提升和资源生态高效利用。形成了集成磷石膏+东稻系列水稻+抗逆绿色栽培技术的盐碱地水田“良田+良种+良法”三良一体化高效治理、集成覆沙+324 耕作+浅埋滴灌技术的盐碱旱田稳产高产种植、集成脱碱三号+耐盐碱羊草品种+羊草免耕秋播的碱化草地植被快速修复、集成稻田退水消纳+典型芦苇植被恢复+湿地种养结合的盐碱湿地生态治理与资源高效利用等系列技术体系。该模式主要在东北黑土区西南部推广应用，已在吉林大安、长岭、镇赉、洮南、洮北等地建立 5 个核心示范基地和 7 个技术示范推广点，示范面积 5 万余亩，辐射推广 1000 余万亩。通过该模式示范推广，实现土壤 pH 平均下降 0.5 个单位以上，电导率平均下降 40%以上，土壤有机质、速效氮磷含量增加 12%以上。

#### (五) 辽河模式

针对辽河平原耕地土壤开垦时间最长、土壤肥力下降最快等问

题，研发了“辽河模式”。通过种养循环和粪肥资源一体化循环利用等，解决了固体粪污和液体粪污无害化处理、养殖废弃物综合利用以及黑土地有机质还田转化效率提升等关键问题。

该模式技术要点包括全量粪污肥料化沃土、好氧发酵有机粪肥对化肥替代、农业有机废弃物田间近地覆膜腐殖强化等，主要在辽河平原推广应用。在辽宁省昌图县、阜蒙县、沈阳沈北新区建立 2.5 万亩核心示范区、累计推广应用面积达 800 多万亩。培训各级农技人员和实施主体 1800 余人次。通过粪肥资源一体化循环利用地力培育技术的应用，土壤有机质增加了 0.2~0.3%，有效扩大了土壤全量养分库容，提高了土壤水分和养分供给能力，作物产量提升 5~8%。

## （六）辽北模式

针对辽北耕地土壤开垦时间最长、土壤肥力下降等问题，构建了“辽北米豆轮作黑土保育技术模式”（简称“辽北模式”）。通过玉米秸秆粉碎还田培肥地力，大豆增氮和减肥轮作，大豆粉碎秸秆还田等，解决区域土壤有机碳减少和肥力下降的问题。

该模式技术要点是两年玉米秸秆粉碎还田和一年大豆轮作粉碎还田。秸秆粉碎还田可以增加土壤有机碳含量，活跃土壤微生物，适度增加土壤的通透性、保肥性、缓冲性和供肥能力；大豆轮作可以调整土壤碳氮比，培育良好土壤微生态环境。主要在东北黑土区南部、水热条件较好、土地平整区推广应用。项目区测产结果表明，玉米产量提高 6%。

## （七）大河湾模式

针对蒙东地区漫坡漫岗、春旱夏涝且雨量集中、导致风蚀水蚀现象严重；耕作层薄、用养失调导致土壤结构恶化；农业资源本底不清，导致种、水、肥、药施用的决策不准；大马力高端农机装备

依赖进口，普通农机智能化程度有待提高等突出问题，构建了“大河湾模式”。通过将无人测土机器人、土壤能谱分析仪等装备与多种信息化手段的融合，构建了“天空地人机”自动化智能化的本底数据采集体系；利用人工智能大模型技术实现了水、土、气、生等农情大数据与作物生长在信息空间的模拟，并能够实现宏观区域级保护性耕作种植模式方案以及微观地块级作业处方的建议；最后通过对传统农机的智能化改造与纯电动无人化三代农机的应用，构建了智能化的农事作业执行系统。

该模式技术要点包括广域内 10m\*10m 级土壤养分数据感知技术，基于人工智能的农事处方决策技术，高地势平地、坡地、洼地的保护性耕作技术，传统农机智能化改造以及纯电动无人化农机的无人作业技术等，主要在蒙东四盟市进行推广应用。2022 年，该模式已覆盖呼伦贝尔农垦集团 24 个农场以及部分蒙东四盟市共 1073 万亩。

## （八）北大荒模式

针对巩固和提升粮食综合产能、推动农业绿色可持续发展等国家重大需求，构建了黑土地保护利用的“北大荒模式”。通过科学轮作、绿色生产、精准施肥、智慧农机、保护性耕作、生态治理、格田改造、水资源利用等技术手段，系统性解决黑土地综合利用与黑土地保护问题，实现肥料利用率、水资源利用率、农机作业效率、耕地产出率不断提升。

该模式技术要点可概括为“六个替代”和“六个全覆盖”。“六个替代”是指有机肥替代化肥、绿色农药替代传统农药、地表水替代地下水、保护性耕作替代传统翻耕、智能化替代机械化、规模化格田替代。“六个全覆盖”是指一般农田和标准农田全覆盖、农机智能化全覆盖、绿色生产全覆盖、标准化生产全覆盖、数字农服管控全覆盖、投入品专业化统营全覆盖。主要在松嫩平原和三江平原等地区

推广示范。据耕地质量调查评价数据显示，2021年，北大荒集团耕地土壤有机质平均含量为45.9克/千克，比2014年提高2.1克/千克。

### （九）拜泉模式

针对黑龙江中西部地区丘陵起伏和漫川漫岗地区水土流失严重的问题，构建了以土壤侵蚀分区治理为核心的“拜泉模式”。通过考虑自然条件的相似性、社会经济条件的相近性、侵蚀类型-侵蚀强度和防止措施的相同性、治理开发方向的一致性和地域的相连性等自然和社会经济特征，对土壤侵蚀区进行划分，进而通过分区制定治理施策的方式解决区域水土流失问题。

该模式技术要点包括坡沟连治措施，通过实施坡顶防护、坡面防护、沟道防护三项工程，创新并持续深化水土流失“三道防线”综合治理模式，即第一道防线是在山顶栽松戴帽，林缘与耕地接壤处开挖截流沟，涵养水源，节流控水；第二道防线是在坡面按等距营造农防林，等高垄作修梯田，就地渗透，蓄水保墒；第三道防线是在沟头石笼防护，沟道修跌水，下游修谷坊，沟岸削坡植树，育林封沟，顺水保土。模式主要在黑龙江拜泉县及周边地区推广应用。截至2022年末，拜泉县累计治理水土流失面积1803.2平方公里，治理侵蚀沟1.99万条，各项水土保持措施年可拦蓄径流量近7000万立方米，径流减少69%；拦蓄泥沙量近900万吨，泥沙流失量减少62%。

### （十）全域定制模式

针对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，构建了黑土粮仓“全域定制模式”。通过挖掘地域潜力，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-村域-地块等不同尺度



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。

该模式技术要点包括构建全域定制数据集，依托大数据和人工智能分别从市域尺度、村域尺度和地块尺度形成“分区施策”“依村定策”和“一地一策”三个不同尺度的系统方案等。依托中国科学院“黑土粮仓”科技会战，构建了 6 大类 135 项 25TB 的东北全域黑土地大数据库，研建了东北黑土地保护与利用智慧管控平台，形成了分区分类分级的黑土地保护利用系统解决方案。该方案率先在齐齐哈尔市全域推广应用，整合了秸秆覆盖、垄作、免耕等共性技术和旱地大垄双行、水稻田秋打浆等特色技术，形成了针对松嫩平原中厚层黑土、薄层黑土、风沙草甸土等三类九区的针对性技术方案，在 13 个区县示范推广 1000 万亩。

## 五、“黑土粮仓”科技会战示范区进展

中国科学院“黑土粮仓”科技会战专项，通过科技攻关与示范区建设相结合的方式，针对黑土地“变薄、变瘦、变硬”问题开展“监测评估、机理揭示、技术研发、模式构建”，完成了东北黑土区 10 米分辨率耕地土壤有机质含量遥感制图，以百年尺度耕种时间系列黑土农田为研究对象，揭示了土壤有机质含量和活性“双下降”的演变规律及驱动机制，加深了对黑土有机质衰减机制和生产力下降的认知，并为农田碳管理和土壤碳机理模型改进提供理论依据。首次准确摸清黑土地侵蚀沟空间分布，阐明了黑土侵蚀的关键环境驱动机制及其预测模型、明确了土壤健康定向培育的关键内涵。研究发现保护性耕作模式下，微生物残体是新鲜有机质的主要来源，对土壤有机质的贡献比达到 50%，而秸秆覆盖有利于微生物残体碳累积。揭示了黑土地土壤压实发生原理及障碍消减机制。

“黑土粮仓”科技会战实施 2 年来，针对不同类型区黑土地退化问题，兼顾地形地貌、水热条件、种植制度等，在东北黑土区已建成 7 个示范区，将“用好养好”黑土地关键技术示范区集成并示范，为相关技术辐射推广应用发挥了重要支撑作用。

### （一）厚层黑土保育与产能高效提升海伦示范区

海伦示范区位于松嫩平原腹地的海伦市，核心示范区建设面积 1.5 万亩，针对松嫩平原中北部厚层黑土区气候冷凉和水土流失等限制粮食产能增效的突出问题，研究集成有机物料深混、玉米-大豆轮

作等核心技术，打造了黑土地保护利用“龙江模式”，入选了《国家黑土地保护工程实施方案 2021~2025 年》，在松嫩平原中北部 32 个县（市、区）辐射推广应用。

2022 年示范区主推黑土地肥沃耕层构建与保育技术，以及秸秆腐熟剂和有机肥堆沤发酵等新技术，通过 6 个综合技术示范基地和 20 个技术推广服务站的示范引领作用，在哈尔滨市、绥化市和黑河市等地推广应用 3110 万亩。核心示范区实现了土壤耕作层厚度增加至 33 厘米，容重下降 13%，全耕作层土壤储水量提高 15%，耕层土壤有机质提升了 1.3 克/千克，春季土壤地温提高 1.0~1.5℃；提出了大豆优质高产高效栽培模式，东生 51 高蛋白大豆品种配套 110 厘米大垄密植栽培、测土配方施肥和有机水溶性肥料喷施等技术，实现了大豆产量提高 10%以上，蛋白质含量提升 1%以上。构建了松嫩平原所有类型黑土地肥沃耕层构建地方标准体系，“东北黑土地肥沃耕层构建与保育技术”被列入农业农村部粮油生产主推技术，“东北黑土地保育技术”入选农业农村部 2022 农业农村产业发展重大技术需求清单。坡耕地区域黑土地保护通过改善渗井设计和加强沟尾防护，升级了秸秆填埋侵蚀沟复垦工艺，解决侵蚀沟复垦后的稳定性问题，提升了恢复后农田抵御自然灾害的能力，地表径流减少 95% 以上。

## **（二）薄层退化黑土保育与粮食产能提升长春示范区**

长春示范区核心区位于吉林省梨树县、农安县、公主岭市和东辽县，核心示范区面积 3.7 万亩，针对土壤耕层变薄、有机质含量下降、农业综合效益低等问题，示范区组装集成保护性耕作、秸秆还田、生态修复、种养循环等关键技术，升级示范“梨树模式 2.0”，打造以薄层退化黑土区地力提升、粮食稳产高产、农业可持续发展三大技术体系为核心的农业创新发展模式，辐射推广范围包括吉林

省玉米主产区。

2022 年示范区重点升级了以高产增效保护性耕作综合技术体系为核心的“梨树模式 2.0”，示范推广以矮秆密植作物为主体的粮豆轮作模式，保护性耕作有机肥还田技术为核心的种养循环农业模式，助力“梨树模式 2.0”沃土培肥，在吉林省梨树、双辽、农安、公主岭、榆树等市县建立 18 个千亩辐射基地，年度推广应用 2400 余万亩。核心示范区实现秸秆覆盖地块土壤温度增加 1~3° C，土壤水分平均提高 11.5%，节肥 12.3~30%，平均增产 10%，连续实施秸秆全量覆盖还田保护性耕作农田黑土固碳达速率 0.80 吨碳/公顷/年。示范区突破单点-单边-单项技术应用及效应评估，融合耕作栽培、品种、管理、农机创新升级，形成技术区域化、参数精细化、机具系统化、管理一体化的保护性耕作综合技术体系，构建区域版“梨树模式 2.0”，实现土壤保育与粮食产能提升协同发展；突破秸秆全量还田难，离田打包表土剥离且传统收贮霉变率高，寒区冬季堆肥起温难的瓶颈，形成茎穗兼收玉米秸秆实时黄贮饲料化技术与有机废弃物冬堆春用技术，打通种养循环关键接口技术，实现秸秆高值化循环利用。玉米宽窄行交替休闲种植技术连续 2 年入选吉林省主推技术，秸秆饲料化加工利用关键技术入选 2022 年度农业农村部 and 吉林省主推技术。

### **(三) 智能化农机关键技术集成与产业化应用大河湾示范区**

大河湾示范区位于内蒙古自治区呼伦贝尔市扎兰屯市大河湾农场，核心示范区面积 3 万亩，辐射大兴安岭东南麓地区。针对棕壤土层薄、漫坡漫岗、低温冷凉、春旱夏涝、风蚀水蚀、有机质流失现象严重等问题，将新一代信息技术、智能装备、人工智能、大数据等技术与黑土地保护性耕作农艺技术充分融合，依托国营农垦集团规模化、机械化种植的产业基础，探索构建“数字化决策+智能化

执行+针对性保护性耕作”为核心的黑土地保护“大河湾模式”，将大河湾示范区打造成黑土地保护与产业融合发展的现代化农业示范标杆与典范。

2022 年示范区利用自主研发的土壤能谱探测仪、无人测土机器人等硬核科技与多种技术手段，建立了“天-空-地-人-机”一整套完整的信息采集系统，并建立了多源异构数据融合的物联网云平台，初步摸清了大河湾示范区 493 个地块 16.1 万亩如碱解氮、有效磷、速效钾、有机质含量、黑土厚度等 3 大类 15 个小类的黑土本底数据，并进行了年度分析对比。建立了连队级、地块级、种植作物种类级、10 米×10 米网格级的四级网格体系，为农场精细化管理奠定基础。初步建立了地块打分评价体系与黑土地演变与利用方式的基本关系模型库。基于采集的数据和建立的模型，通过人工智能等技术在信息系统中模拟仿真，形成针对具体地块的黑土地保护与利用决策体系。系统提出了“深耕种植大豆-免耕种植玉米-免耕种植玉米”三年轮作一遍，三年深翻一次的大河湾定制化“简化农艺”保护性耕作种植模式。该模式使得大豆农事作业次数由 8 次下降为 6 次，玉米农事作业次数由 11 次下降为 6 次，减少作业次数的同时减少了地面压实，缓解了黑土地变“硬”危害，降低了人工成本，玉米、大豆综合效益提升分别达到 14.7%与 10.9%。集成创制出全套与“大河湾模式”相匹配的智能农机/农机具，研发了与之匹配的农机大数据平台，对农机自身状态以及作业质量形成监测，建立农机作业调度模型，农机作业调度效率提升约 12%。针对呼伦贝尔农垦集团开发了种植信息化系统，覆盖 24 个农牧场 600 万亩耕地，实现地块信息、耕种管收农事统计、日常巡田上报等功能，整体效率提升 10%以上。

#### **(四) 盐碱地生态治理与高效利用大安示范区**

大安示范区位于吉林西部的白城和松原地区，核心示范区面积 5

万亩。针对土壤盐碱障碍重、作物生产低质低效、生态环境脆弱等关键问题，示范区集成改土培肥、脱盐降碱、抗逆品种与适生栽培等核心技术快速实现盐碱地障碍消减与综合产能提升，打造良田+良种+良法“三良一体化”盐碱地综合治理与高效利用大安模式。相关技术推广范围辐射吉林西部 9 个县（市、区）。

2022 年示范区重点示范和推广了盐碱地以稻治碱改土增粮、盐碱旱田改良及其高效利用、盐碱草地生产力提升与生态屏障构建、及盐碱湿地资源利用与生态功能提升技术。在吉林西部大安、长岭、镇赉、洮南、洮北等地建立了 7 个技术示范推广点，年度辐射推广面积 760 万亩。通过覆沙埋秸、以稻治碱等核心技术的示范推广，实现土壤 pH 平均下降 0.5 个单位以上，电导率指示的土壤盐分含量平均下降 40%以上。东稻 122 水稻、东生 118 大豆等耐盐碱新品种分别在重度盐碱水田、旱田实现 480 公斤/亩、210 公斤/亩的产量突破；重度盐碱地水稻产量平均达 417 公斤/亩，轻度盐碱地水稻产量高达 625 公斤/亩；埋秸、覆沙改造重度盐碱旱田玉米籽粒产量分别达 338 和 428 公斤/亩，盐碱旱田玉米“324”新耕作水肥一体化种植模式实现增产 33%；水田测深施肥、无人机变量施肥及旱田水肥一体化肥料助剂施用，盐碱农田综合实现节肥 7%以上；通过草地补播施肥、稻苇鱼蟹种养结合、以养促改等核心技术恢复、改良退化草地、湿地 2 万余亩，实现草地生产力增加 20%以上，示范区生产-生态功能协同提升。相关技术和研究成果获吉林省农业主推技术和品种 6 个、制定地方标准 6 项、培训技术骨干 3000 余名，有力推动了吉林省“千亿斤粮食工程”和“千万斤肉牛工程”实施。

### **（五）水稻土和白浆土质量与产能提升三江示范区**

三江示范区位于三江平原，核心示范区 1.51 万亩。针对地下水位季节性下降、土壤障碍严重、低温冷凉、种肥药水投入粗放等问

题，集成示范水土资源优化配置与高效利用技术、寒地水田地力提升与抗逆丰产技术、白浆土旱田障碍消减与地力提升技术、黑土地保护与智慧农业融合发展技术，构建黑土地保护性利用“三江模式”。在三江平原辐射推广，为改善三江平原土壤质量、提高产能提供解决方案。

2022 年重点示范白浆土心土培肥技术、白浆土机械改土、专用改良剂改良配施套餐肥和作物高产高效栽培技术，秸秆还田及其快速腐解技术、旱平免提浆技术、生物质基质板高效育秧技术、节水控制灌溉技术、北方稻区土壤培肥与绿色增产增效技术、寒地稻田简化高效侧深施肥新技术，变量施肥、坡耕地等高种植技术等技术，辐射推广面积达 2000 万亩。核心示范区实现综合节水 27%，农田退水氮磷净化效率提升 35%，有效耕层增加到 30 厘米，土壤速效养分含量显著提高，水田增产 12%以上、旱田增产 14%以上。示范区提出了一套结合机械改土、应用自主研发的专用改良剂和套餐肥产品，配合耕层快速培肥的玉米和大豆高产栽培技术，形成了白浆土田产能快速提升技术模式。与当地常规模式相比，该技术模式耕层土壤有机质含量增加到 30 克/千克，土壤硬度降低 13%，土壤速效养分含量显著增加，玉米和大豆产量增加 14%以上。白浆土心土培肥技术、旱地变量施肥技术入选第一批《黑土地保护利用科技创新成果》。北方稻区土壤培肥与绿色增产增效技术、寒地稻田简化高效侧深施肥新技术被纳入黑龙江省主推技术。

## （六）退化黑土地地力恢复与产能提升沈阳示范区

沈阳示范区位于辽宁省，核心示范区面积 2.5 万亩。针对东北黑土地南部土壤瘠薄、用养失调、结构失衡、水肥矛盾突出、季节性干旱频发等问题，示范区优化了秸秆原位循环保护性耕作技术，初步构建了生态有机资源的高效获取体系、风沙半干旱区农田立体防

风抗蚀技术体系和稻区绿色种植培肥技术体系。在沈阳市、凌源市、阜新市、朝阳市、沈北新区、盘锦市、建平县等地推广应用。

2022 年度示范区集成了农田立体防风抗蚀技术体系，构建了“地上种植模式优化+地表秸秆残茬覆盖+地下防蚀耕层构建”立体协同综合防蚀理念，示范区农田风蚀量年均减少 452 公斤/亩。突破了多功能一体铺设播种、浅埋滴灌水氮协同增效等关键技术，研制出浅埋滴灌铺设机具和水肥药一体轻简化施用装置，实现了秸秆覆盖免耕与浅埋滴灌节水促肥技术的组装集成，创新集成了春玉米机械化浅埋滴灌节水促肥技术模式，在阜新、朝阳、锦州等地进行示范推广，平均产量达 650 公斤/亩，水分利用效率提高 8%、氮肥利用效率提高 10%，实现了节水促肥固土生产目标。建立标准垄宽窄行免/少耕、大垄免/少耕、大/小二比空等技术模式，集成并完善秸秆原位循环保护性耕作技术体系，优化种植模式、秸秆覆盖模式、秸秆归行模式以及农艺-农机结合的条带耕作模式，核心示范区玉米平均产量为 930 公斤/亩，其中宽窄行免耕技术模式产量达到 1020 公斤/亩。主推的秸秆炭化还田固碳技术打造“收储-炭化-产品化-还田”的技术链条，促进稻田秸秆全量还田，实现水稻平均增产 6%。试制原位覆膜发酵工程样机，水稻秸秆堆腐时间缩短 10%、成本减少 10%。上述主推技术分别在昌图县、沈北新区、阜蒙县建立 5 个技术示范推广点，并累计推广辐射面积达 850 万亩。目前，玉米秸秆覆盖保护性耕作技术被纳入农业农村部主推技术，秸秆炭化还田固碳减排技术被纳入农业农村部引领技术。

### **(七) 黑土粮仓全域定制齐齐哈尔示范区**

齐齐哈尔示范区位于黑龙江省西部松嫩平原腹地，2022 年示范区建成“一部两区多点”（作战指挥部、攻关试验区、核心示范区和 13 个标准化示范推广点）示范推广平台，年度示范面积达到 1 万



亩。针对黑土退化类型多样、障碍性因子复杂、农业效益不高等问题，示范区构建黑土健康调控、保育增效、增碳增效、乡村振兴四大技术体系和全域定制模式“分区施策”“依村定策”“一地一策”三大策略体系，为我国黑土地科学保护与治理提供系统方案。

2022 年示范区积极响应黑龙江省“稳粮增豆”战略，重点主推了玉豆轮作大垄双行密植栽培技术，“两免一深松”保护性耕作技术，试验示范了黑土健康调控技术、旱田/稻田保育增效技术、绿色有机种植技术，达到了作物结构优化、肥药减施条件下的稳产增产和地力提升目标，总体实现了示范区土壤有机质由降转升，粮食单产提升 6% 的目标。黑土健康调控技术体系集成化肥减施增效、减蚀抗旱保肥、玉米宽台匀密通透栽培、提质增抗分层立体施肥等技术，实现了肥药减施 15% 条件下作物不减产。旱田保育增效技术体系集成高留茬秸秆覆盖、液体粪肥高效利用、条带复合种植、多年轮作种植等关键技术，实现土壤侵蚀减少 50%、地力提升 0.7 个等级；稻田保育增效技术体系集成稻草带水秋整地、秋深翻、秋旋全量还田等关键技术，实现水稻增产 6%、地力提高 0.5 个等级、氮磷减排 30%。多源增碳增效技术体系集成种养循环、多源有机物料高效还田、次表土层保护性增碳深松深施技术、绿色有机种植技术和肥料高效发酵技术，促进土壤有机质平均提升 3 克/千克。完善了黑土地保护与乡村振兴融合规划技术方案和面向黑土地保护的实用性村庄规划技术体系，构建了种养加循环产业融合发展技术体系。

通过构建“星-空-地-网”全域定制立体监测系统和黑土保护与综合利用技术及成效知识库，建立数据库与智能决策平台，实现“分区施策”“依村定策”和“一地一策”三个层次的差异化策略制定，输出全域定制系统方案。同时，面向全域定制的作物品种优选与高效栽培技术在冷凉湿润中厚黑土区示范“黑土地优耕适种”综合技术，在风沙干旱浅薄黑土区示范“黑土地覆盖免耕”和“黑土

地覆盖防风蚀”综合技术，风蚀强度降低近 20%，农业综合效益提高 6%。在齐齐哈尔市 9 县 1 区已建成 13 个 500 亩及标准化示范推广基地，2022 年度推广辐射面积达到 863 万亩。“两免一深松”纳入黑龙江省主推技术，稻田水打浆还田技术纳入农业农村部行业标准计划。

## 主要参考资料

1. 国家统计局.《2023 中国统计摘要》, 中国统计出版社
2. 国家统计局.《中国统计年鉴 2022》, 中国统计出版社
3. 国家统计局.《中国农村统计年鉴 2022》, 中国统计出版社
4. 内蒙古自治区统计局.《内蒙古统计年鉴 2022》, 中国统计出版社
5. 黑龙江省统计局.《黑龙江统计年鉴 2022》, 中国统计出版社
6. 吉林省统计局.《吉林省统计年鉴 2022》, 中国统计出版社
7. 辽宁省统计局.《辽宁省统计年鉴 2022》, 中国统计出版社
8. 吉林省人民政府. 2023 年吉林省政府工作报告, 2023 年 1 月
9. 辽宁省人民政府. 2023 年辽宁省政府工作报告, 2023 年 1 月
10. 黑龙江省人民政府. 2023 年黑龙江省政府工作报告, 2023 年 1 月
11. 吉林省统计局, 吉林省 2022 年国民经济和社会发展统计公报, 2023 年 4 月
12. 黑龙江省统计局, 黑龙江省 2022 年国民经济和社会发展统计公报, 2023 年 3 月
13. 辽宁省统计局, 辽宁省 2022 年国民经济和社会发展统计公报, 2023 年 3 月
14. 黑龙江省水利厅. 黑龙江省水资源公报 (2021 年)
15. 吉林省水利厅. 吉林省水资源公报 (2021 年)
16. 辽宁省水利厅. 辽宁省水资源公报 (2021 年)
17. 内蒙古自治区水利厅. 内蒙古自治区水资源公报 (2021 年)
18. 黑龙江省气象局. 黑龙江省 2021 年度天气盘点, 2022 年 1 月
19. 吉林省气象局. 2021 年吉林省十大天气气候事件, 2022 年 1 月
20. 辽宁省气象局. 2021 年辽宁省气候概况, 2022 年 1 月
21. 自然资源部国土调查成果共享应用服务平台 <https://gtdc.mnr.gov.cn/shareportal/#/>
22. The ministry of agriculture intends to develop organic farming in Russia. (2021).  
<https://mcx.gov.ru/en/news/The-Ministry-of-Agriculture-intends-to-develop-organic-farming-in-Russia>
23. Yuriy Kravchenko, et al. Conservation practices on Ukrainian mollisols : a mini review. International Journal of Energy and Environment, 2018, 12: 1-9
24. Government of Canada announces six innovative research projects through the AgriScience Program on Earth Day. (2022). <https://www.canada.ca/en/agriculture-agri-food/news/2022/04/government-of-canada-announces-six-innovative-research-projects-through-the-agriscience-program-on-earth-day.html>
25. 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
26. 联合国粮食及农业组织.《全球黑土报告》, 2022 年

27. 刘嘉尧, 吕志祥. 美国土地休耕保护计划及借鉴. 商业研究, 2009(8): 134-136
28. Integrated Natural Resources Management in Degraded Landscapes in the Forest-Steppe and Steppe Zones of Ukraine. <https://www.thegef.org/projects-operations/projects/9813>
29. 刘晓冰等. 中国黑土: 侵蚀、恢复、防控. 科学出版社, 2022 年
30. Conservation Reserve Program.  
<https://www.fsa.usda.gov/programs-and-services/conservation-programs/index>
31. Conservation & Environment.  
<https://sustainableagriculture.net/publications/grassrootsguide/conservation-environment>

## 《东北黑土地保护与利用报告》编写组

总 顾 问：

葛全胜

学术总指导：

张佳宝 姜 明

编写组组长：

廖晓勇

主要参编人员（按姓氏笔画排名）：

万小铭	王介勇	王 鹏	方海燕	申惠波	付晶莹
朱冰雪	刘子辰	刘正佳	刘艳丽	刘焕军	朱冰雪
李 宇	李 静	李之超	李泽红	李淑珍	李禄军
冷国勇	邱嘉丽	邹文秀	邹国元	宋显伟	张亦涛
张丽莉	陈海华	侯瑞星	姚启星	贾小旭	贾 平
钱春荣	高江波	郭明明	黄迎新	梁爱珍	董金玮
雷善清	廖晓勇				