

引用格式:张娜,杜国明,张瑞.面向现代农业发展的黑土地质量理论解析[J].资源科学,2023,45(5):926-938.[Zhang N, Du G M, Zhang R. Theoretical analysis of black soil quality for the development of modern agriculture[J]. Resources Science, 2023, 45(5): 926-938.] DOI: 10.18402/resci.2023.05.04

# 面向现代农业发展的黑土地质量理论解析

张娜<sup>1</sup>,杜国明<sup>1</sup>,张瑞<sup>2</sup>

(1. 东北农业大学公共管理与法学院, 哈尔滨 150030;

2. 东北农业大学经济管理学院, 哈尔滨 150030)

**摘要:**【目的】黑土地是东北地区现代农业发展的物质基础,现代农业发展对黑土地质量具有新需求。只有深刻认识面向现代农业发展的黑土地质量内涵、构成和特点,才能客观评价和监测黑土地质量状况,为黑土地质量提升提供依据。【方法】本文在分析黑土地构成与功能的基础上,结合黑土区现代农业发展的态势与需求分析,探讨了黑土地质量体系构成、黑土地质量特点,旨在建立区域耕地质量研究新模式,完善耕地质量相关理论基础。【结果】①黑土地是一个由黑土子系统、立地子系统、设施子系统和权属子系统构成的以黑土为核心要素的自然-人工复合耕地系统。②黑土地多功能性及现代农业高质量发展的需求决定了黑土地质量体系由基础地力质量、设施保障质量、空间形态质量、生态环境质量组成。③黑土地质量具有体系构成的多层次性、影响因子的多类型性、空间分异的多尺度性等特点。【结论】对黑土地质量监测和评价应充分考虑黑土地质量特点,采用与之相适应的方法和手段。

**关键词:**现代农业;黑土地;耕地质量;复合系统;功能

DOI: 10.18402/resci.2023.05.04

## 1 引言

中国东北黑土区是世界三大黑土区之一,是中国重要的粮食主产区和商品粮基地,在保障国家粮食安全中发挥着举足轻重的作用<sup>[1]</sup>。黑土区耕地在长期高强度开发利用之后,耕层变薄、有机质含量降低、土壤酸化、结构变差、功能退化,导致黑土“变薄、变瘦、变硬”<sup>[2]</sup>。习近平总书记指出,采取有效措施切实把黑土地这个“耕地中的大熊猫”保护好、利用好,使之永远造福人民。保护黑土地,提升黑土地质量,是守住“谷物基本自给、口粮绝对安全”战略底线的重要保障,是落实“藏粮于地、藏粮于技”战略的基础<sup>[3]</sup>,加强黑土地质量提升是黑土地保护工作的重中之重<sup>[4]</sup>。因此,系统研究东北黑土地质量的理论基础,对于优化黑土地保护路径,实现党的二十大报告提出的“全方位夯实粮食安全根基”至关重要。

学者们对耕地质量内涵的认识经历了单要素到多元系统化逐步深化的过程,对其监测和评价的技术方法也随之不断改进。早期耕地质量构成主要体现为土壤肥力,随着工农业生产对土壤环境影响加深,土壤环境状况被纳入到耕地质量的构成要素之中<sup>[5]</sup>,整体而言,该阶段对于耕地质量的认知侧重其自然属性。随着生产力水平的不断提高,耕地作为农业最重要的生产要素逐渐赋予了更强的经济功能,耕地质量也体现为自然、经济双重属性,原国土资源部颁布的一系列耕地质量评价监测的规程、国家标准亦由最初体现耕地质量自然属性发展到体现耕地自然经济双重属性的耕地生产能力。土地利用多功能性研究使得耕地质量更成为自然环境、经济状况和利用程度的综合体现<sup>[6]</sup>,具有自然、经济、管理、生态多重属性<sup>[7,8]</sup>,发挥耕地生产、生态、健康及景观等功能<sup>[9]</sup>。基于耕地质量内涵的多

收稿日期:2023-01-20 修订日期:2023-05-06

基金项目:国家重点研发计划项目(2021YFD1500101)。

作者简介:张娜,女,吉林松原人,讲师,研究方向为土地资源利用。E-mail: zndhx@126.com

通讯作者:杜国明,男,内蒙古赤峰人,教授,研究方向为土地资源优化配置与农村区域发展。E-mail: nmgdgm@126.com

2023年5月

重属性,需要科学构建综合耕地质量指标及评价监测体系<sup>[10,11]</sup>。但是,时至当今,在耕地质量的理论研究与管理实践中,耕地质量内涵及构成仍然多以耕地生产能力为核心,对生产效率、农业发展、农民利益等考虑不足。官方组织的耕地监测多基于地面采样和空间插值方法,遥感技术应用较少。

东北黑土地作为珍贵的耕地资源,对其研究早期多侧重于耕地系统中的土壤要素<sup>[12,13]</sup>,对黑土区耕地质量内涵也多以土壤质量为主。随着黑土地保护研究的不断深入,黑土区耕地质量加入管理质量<sup>[14]</sup>、环境质量、经济质量要素<sup>[15,16]</sup>。《东北黑土区耕地质量评价》对耕地综合生产能力、耕地土壤有机质及主要营养元素、土壤pH、灌排能力、有效土层厚度、耕层厚度、剖面土体构型等耕地质量要素进行综合评价<sup>[17]</sup>。吉林省颁布《黑土地质量分等定级技术规范》(DB22T3395-2022FDIS)地方标准将黑土地质量定义为黑土地的立地条件、土壤特性、土壤健康以及农田基础设施等满足农作物质量安全和持续产出能力。同时,构建了综合的评价体系和先进的空间信息提取和处理方法<sup>[18,19]</sup>,对黑土区耕地质量进行评价和监测<sup>[20]</sup>。东北黑土区依托得天独厚的自然条件,农业发展正从传统农业向现代农业快速转型,黑土地作为现代农业发展的物质基础,需要与现代农业的发展要求相协调。现代农业发展具有机械化、科学化、智能化、高效化、绿色有机等显著特点,目前对黑土地质量的研究多以耕地生产能力为核心展开系统分析,针对现代农业发展特点开展黑土地质量相关研究较少。因此,面向现代农业发展的黑土地质量的重新界定为促进黑土区农业高质量发展,实现农业现代化提供全新视角。本文通过构建黑土地系统剖析-现代农业发展需求-耕地质量解析的研究框架,揭示黑土地质量内涵、组成及特点,为科学合理地评价、监测黑土区耕地质量状况和黑土资源保护利用提供理论依据。

## 2 东北黑土地构成与功能

### 2.1 东北黑土地的构成

黑土地是以黑色或暗黑色腐殖质表土层为标志的耕地,是一种土壤性状好、肥力高、适宜农耕的优质土地<sup>[21]</sup>。东北地区表层为黑色的土壤主要有黑土、黑钙土、草甸土、暗棕壤、棕壤、白浆土、水稻土、沼泽土等类型<sup>[22]</sup>。大面积分布有黑土地的区域被称

为黑土区,东北典型黑土区耕地面积约  $1.85 \times 10^7$   $\text{hm}^2$ ,占全国耕地面积的13.7%,是耕地中的精华。黑土地作为与外界不断进行物质、能量和信息交换的开放自然-人工复合耕地系统<sup>[23]</sup>,是一个涉及多个子系统、包含多种要素的立体系统。黑土地自然本底要素(土壤、立地条件等)与人文经济要素(设施、权属条件等)相互联系、相互制约,直接决定黑土地功能,根据要素的组合状况,将东北黑土地系统分为黑土子系统、立地子系统、设施子系统和权属子系统(图1)。

黑土子系统是黑土地中土壤内部各要素构成的相对独立的子系统。土壤是母质、生物、气候、地形等自然要素和人类活动综合作用的产物,有特殊的形态、组成、结构和层次构造,具有垂直分层性。土壤构成要素及其理化性状的差异形成不同类型的土壤,东北黑土地各类土壤中分布较广的3种分别是草甸土(占22.9%)、黑土(占20.2%)和黑钙土(占13.8%),除此之外还有暗棕壤、棕壤、白浆土、水稻土、沼泽土。辽宁省黑土地以棕壤为主,吉林省以草甸土、黑钙土为主,黑龙江省以黑土、黑钙土、草甸土为主,内蒙古自治区东部主要为黑钙土和黑土<sup>[24]</sup>。不同黑色土壤类型耕地的分布、理化性质、土壤层厚度等存在一定差异。其中,黑土分布范围以黑龙江、吉林两省中部最多,内蒙古东部也有分布,开垦后有机质含量迅速降低。黑钙土分布

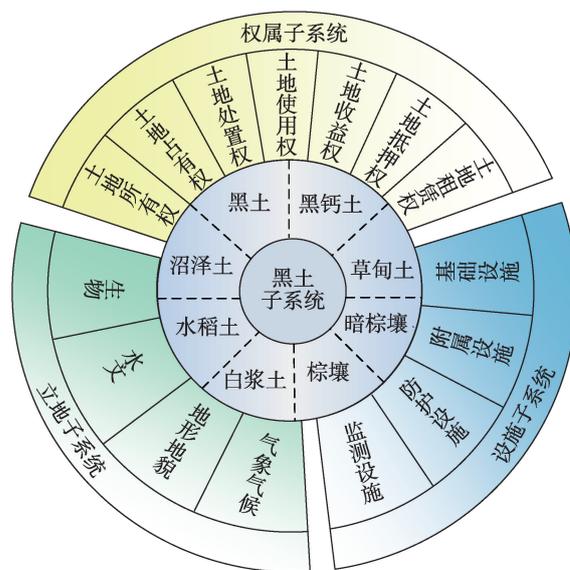


图1 黑土地系统结构

Figure 1 Structure of the black soil land system

范围以黑龙江、吉林两省西部和内蒙古东部为主，呈中性到微碱性。草甸土在东北黑土区广泛分布，黑龙江省最多，占全国草甸土面积的1/3，开垦后草甸土是肥沃的耕地土壤。暗棕壤分布范围北起黑龙江，南至辽宁铁岭、清原一线，西起大兴安岭东坡，东至乌苏里江。暗棕壤土壤水分状况常年处于湿润状态，季节变化不明显。棕壤主要分布在辽宁省东北部，保水性能好，抗旱能力强，但是长期耕作后形成较紧的犁底层，透水性更差<sup>[25]</sup>。白浆土主要分布在黑龙江省和吉林省东部山麓岗平地和河谷台地上。水稻土在东北黑土区均有分布，是长期季节性淹水灌溉、耕作、氧化还原交替条件下形成的人为土壤类型。沼泽土主要分布在大小兴安岭、三江平原地区，地下水位接近地表或有季节性淹水，多呈中性至微酸性。典型黑土区黑土子系统分布如图2所示。黑土子系统是黑土地的核心子系统，没有黑土也就没有了黑土地。

立地子系统是黑土地立地条件各要素构成的子系统，包括气象气候、地形地貌、水文、生物等(图

3)。黑土地田块的气候条件、地貌部位及坡度、水文特征等直接影响着耕地的自然生产潜力<sup>[26]</sup>。大区域尺度的气候分异影响着黑土地的光温生产潜力，决定了东北黑土区耕作是一年一季，对光能利用效率低。但近60年来，东北黑土区年均气温持续上升，增暖趋势明显，太阳总辐射强度下降，时空差异性明显，使得农作物适宜生长期延长，作物适宜种植区向北扩展，而同时农业自然灾害风险也逐渐增大<sup>[27]</sup>。东北黑土区的地貌形态多为冲积平原、洪积平原和漫川漫岗，地势平坦，适宜规模化、机械化经营。漫川漫岗、低山丘陵区的地貌分异影响着光温水土的组合作特征，在小尺度范围内耕地生产力呈现出显著的差异性。东北黑土区水系较为发达，河流、湖泊、水库众多，地表及地下水资源量相对丰富。但近20年东北地区用水总量呈大幅增加趋势，其中农业灌溉用水量增幅最大。与此同时，东北黑土区降水小幅增加，时空不均衡性加大，降水时间分配不均态势加剧，导致洪涝、干旱自然灾害和水土流失风险增强。随着耕地垦殖面积扩大和灌溉用水的增加，部分地区出现了地下水位下降问题。如松嫩平原、三江平原、辽河平原等部分地区地下水位出现不同程度下降。东北黑土地自然生态本底条件优越，拥有面积较大、功能完整的森林生态系统、草地生态系统和湿地生态系统。它们既是黑土地成土与演化的物质基础，也是黑土地可持续利用的生态本底条件。开垦后的耕地，原生植被完全被农作物所替代，鸟类、昆虫等动物减少，土壤动物群落也发生较大变化。尤其常年化肥、农药、除草剂等的大量施用，使得土壤动物、微生物数量锐减，对土壤质地与结构产生影响。

设施子系统是人工修筑的用以辅助农业生产的基础设施、附属设施、防护设施、监测与控制设施等构成的人工子系统。①基础设施是为保障农业生产物资及农产运输而修筑的道路、沟渠、电力等设施。田间道路中的机耕路满足机械化作业通行的要求，生产路用于生产人员及人畜力车辆、小型农业机械通行，田间道路宽窄不一、路面质地及质量各异、路网密度差别较大，影响着农业生产的边界程度；东北黑土区农业水土资源空间分配不平衡，既有风调雨顺的旱涝保收田，也有靠天吃饭的旱地“望天田”，兴修农田水利设施是提高粮食产量

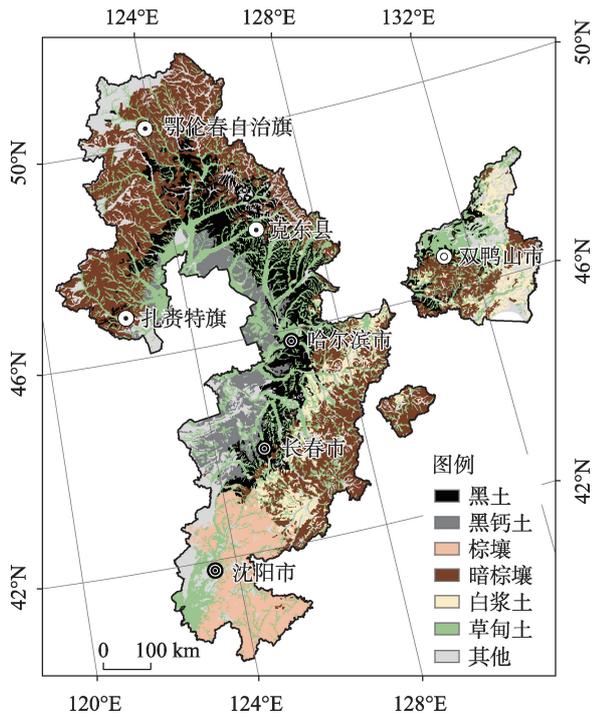


图2 典型黑土区黑土子系统分布

Figure 2 Distribution of black soil subsystems in the typical black soil area

注：基于自然资源部标准地图服务网站GS(2019)1822号标准地图制作，底图边界无修改。

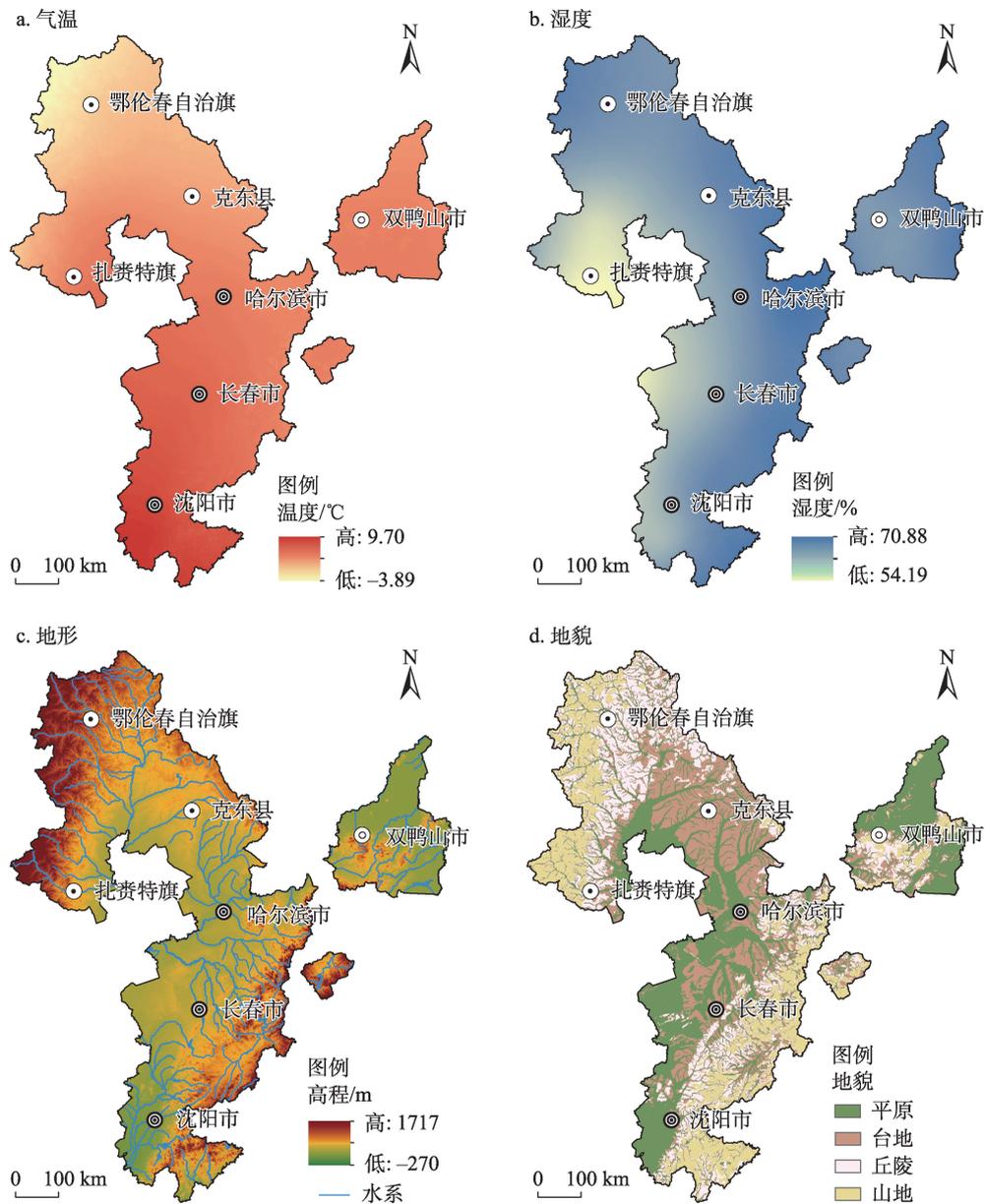


图3 典型黑土区主要立地条件分布图

Figure 3 Distribution of the main site conditions in the typical black soil area

注:基于自然资源部标准地图服务网站GS(2019)1822号标准地图制作,底图边界无修改。

和农业效益的关键措施;农用输配电设施主要为满足抽水站、机井等供电。基础设施子系统为农资、水电运输等提供基本保障。②附属设施是辅助农业生产而修建的育秧棚、晒水池、晾晒场、看护房等设施。在地势平坦、背风向阳、运输方便的位置设置育秧棚培育壮苗,是开展水田高产栽培的基础;晒水池作为服务水稻灌溉用水增温的田间附属设施<sup>[28]</sup>,对于保证高寒地区水稻生产发挥了重要作用;晾晒场用于农作物成熟后晾晒或烘干,为粮食存储

创造条件,有效降损保粮、做好储粮准备工作,有效保障粮食丰产又丰收;在国有农牧林场居民点大量撤并的背景下,在田间修筑看护房,能够方便生产者及时看护作物长势、进行生产作业。针对黑土区的自然、经济、社会条件设置的附属设施子系统能够提高作物产量,方便生产作业。③防护设施是为抵御自然灾害而修筑的防洪堤、防护林、植保等设施。防洪堤将洪水限制在行洪道内、使同等流的水深增加、行洪流速增大,有利于泄洪排沙;防护林能

够降低风速,调节温度,增加大气湿度和土壤湿度,拦截地表径流,调节地下水位,从而改善农田小气候和保证农作物丰产、稳产;新型植保设施能够有效降低病虫指数,防治虫害,还可降低劳动强度,减少农药残留,提高农产品质量。防护设施对于改善农田小气候和保证农作物丰产稳产作用明显。④监测与控制设施通过物联网信息平台搜集田间信息,不仅对农田作物的长势、病虫草害、土壤墒情、土壤养分、作业标准等进行实时监控和精确测定,还可以监测和搜集大田作物生产各类环境要素信息,通过地理信息系统进行统一管理,指挥农业生产。近年来,随着数字农业、智慧农业发展,多种监测与控制设施修筑安放在黑土地内,用于监控农田光、温、水、土壤墒情、作物长势与病虫害等情况,并辅助生产预警和自动化生产。随着现代农业的发展,黑土地的设施子系统的构成要素日益多样化,并发挥着强大的功能,其组合状态直接影响着黑土地经济生产潜力<sup>[26]</sup>。

权属子系统是土地的所有权及由其派生出来的土地占有、处置、使用、租赁、抵押和收益等权利束的统称。与关内广大农业区域不同,东北黑土区耕地除了大面积集体所有土地,还有大面积国有土地。使用权是按照法律规定,对一定土地进行利用、管理并取得收益的权力,包括国有土地使用权和集体土地使用权。国有土地使用权的取得方式有划拨、出让、出租、入股等。集体土地使用权包括承包权和经营权,在土地流转政策下,经营权可以以出租、转包、互换、转让等方式进行流转。新修订的《农村土地承包法》(2019年1月1日)正式实施后,农村耕地的产权结构变为“集体所有权、土地承包经营权、土地经营权三权分置”<sup>[29]</sup>,产生具备农业生产功能的经营权,包括占有权、使用权、收益权和处分权。实施“三权分置”后,黑土区集体土地流转,引导土地经营权向新型经营主体集中,推动农业规模化、集约化经营;同时,经营权的抵押担保,满足了承包户和新型经营主体的融资需求,为乡村振兴注入新动力,为现代农业的发展提供资金保障<sup>[30]</sup>。黑土区大面积国有土地的权属特点有利于建立与现代农业机械、生产者管理水平相当的农业生产单元,实现耕地规模化集中连片经营。黑土地产权虽然作为非物质性实体存在,但却直接联系着黑土地

与农业生产经营主体,影响着黑土地上各种农业物资的投入方式及强度,影响着黑土地可持续利用水平。

## 2.2 黑土地的功能

黑土地的功能可以划分为其本身固有的基本功能和由于黑土地利用而衍生出来的功能。其中,黑土地基本功能表现为其作为耕地生态系统的自然-生态方面的能力,而衍生功能是由于黑土地利用而衍生出来的社会经济方面的能力。

### 2.2.1 基本功能

(1)生产功能。东北黑土地与其他所有耕地一样,作为用于农作物生产的土地,其最重要的能力是生产能力。东北黑土区处于中温带大陆季风气候区,适宜多种旱作作物和水稻的生长,玉米、大豆、水稻是黑土区主要的粮食作物,土豆、小米、高粱、甜菜、花生等杂粮杂豆及经济作物也有小面积种植。东北黑土区自大范围土地开垦以来,农业开发利用强度不断提高,经过改革开放以来40余年的发展,已经成为中国重要的农作物种植区域,年平均种植面积占全国平均种植面积的15%左右<sup>[31]</sup>,形成了具有自身地域特征的农作物种植结构,并保持着较高的粮食产出水平。农作物总播种面积中粮食作物的占比保持持续上升趋势,种植结构呈现明显的粮食主导特征,粮食产量快速增长,粮食单产水平显著提高。

(2)生态功能。黑土地作为土地生态系统的一种类型,在生态服务、环境净化、生态景观等方面均发挥有重要作用<sup>[32]</sup>。首先,黑土地具有气候调节、水源涵养、土壤保持、生物多样性、固碳等生态服务功能,黑土区作物在生长发育过程中会吸收CO<sub>2</sub>释放O<sub>2</sub>,对调节大气组分,缓解温室效应有一定的作用,农田防护林可减轻自然灾害,保育土壤,改善小气候和水文条件,保证农业稳产、高产<sup>[33]</sup>;黑土地农田生态系统通过参与区域水循环,实现水土保持、净化水质、调节径流等水源涵养功能;作物根系具有防治土壤流失和对泥沙的拦截作用;黑土区农作物的间、混、套等种植方式,防护林树种构成的多样化等能够提高黑土地生物多样性,增加农田的稳定性、抗病虫害能力;黑土的有机质含量是所有土壤类型中最高的,黑土地因此也成为巨大的土壤碳库,黑土地固碳功能发挥的程度很大程度上影响着

2023年5月

黑土区碳达峰、碳中和目标的实现。其次,黑土地农田生态系统具有降解污染物和清洁环境等环境净化功能,农业生产过程中的化学物质投入和其他进入耕地的污染物质在土体中可通过扩散、分解等作用逐步降低污染物浓度,减少毒性;最后,黑土区耕地集中连片、形状规则、面积较大的耕地斑块农业景观结构,特别是以田为纸、以稻为墨的壮阔画卷呈现别具特色的生态景观,成为黑土区美丽乡村的重要组成部分。

### 2.2.2 衍生功能

(1)资产功能。黑土地资源稀缺,且具备良好的生产功能,黑土地产出粮食或经济作物而形成的价值,能够为土地所有者和使用者带来收益,从而使得黑土地具有资产功能。同时,农村集体所有耕地的产权结构实施“三权分置”后,实现经营权流转、抵押担保,激活了黑土地的资产功能和价值。由于特定的产权特征,黑土地流转的租金和抵押中的价格是黑土地资产功能的直接体现。

(2)保障功能。过去20年全国粮食增产的一半来自东北地区,其中,水稻增产对全国水稻增产的贡献为92.44%,玉米增产对全国玉米增产的贡献为37.19%。黑土地具有重要的粮食安全保障功能,是名副其实的国家粮食安全“压舱石”。同时黑土区耕地还兼有农民就业、收入来源的社会保障功能,对于黑土区社会稳定与健康发展发挥了重要作用。根据中国三农数据库统计数据,黑龙江和吉林农村居民人均纯收入构成中家庭经营收入占比在6成以上,且不断增加。作为东北黑土区农民主要的社会保障,黑土地的社会保障功能不断增强。

## 3 黑土地现代农业发展的态势与需求

现代农业的显著特点是具备完善的科学技术体系,利用全新的经营模式推进农业的快速进步,重视提高农业机械化水平和信息化水平,有效提高土地产出率和资源利用率<sup>[34]</sup>。东北黑土地地区是中国重要的粮食主产区和商品粮基地,其农业现代化发展水平直接关系到国家粮食安全,同时也深刻地影响地区经济和社会发展<sup>[35]</sup>。

### 3.1 黑土地地区现代农业发展的态势

(1)商品粮基地作用日益显著。改革开放以来,东北黑土区农业机械化水平提高显著,有力支撑了粮食生产的现代化,黑土区粮食播种面积和产

量持续上升,粮食产量占全国粮食总产的近1/4,输出的商品粮占全国商品粮总量的1/3,最大粮食生产基地和商品粮基地的地位稳固,在保证国家粮食安全中起到重要作用,被称作中国粮食安全的“压舱石”。近年来,东北地区粮食综合生产能力不断提高,国家粮食安全“压舱石”的地位持续巩固<sup>[36]</sup>。

(2)规模化经营水平越来越高。耕地规模化、连片化经营是实现质量兴农、发展现代农业的重要条件<sup>[37]</sup>。随着农地确权、农村农地三项改革试点和土地管理法修订的完成,以及近期中央一再强调的“保持农村土地承包关系稳定并长久不变,发展多种形式农业适度规模经营,促进小农户和现代农业发展有机衔接”的政策导向<sup>[38]</sup>,推进农业适度规模经营的基本条件日趋成熟。东北黑土区垦殖率高、耕地面积大、地势较平坦,且集中连片,适合机械化耕作,为规模化经营提供良好的自然禀赋条件。东北黑土区广大国营农场的规模经营水平和机械化水平在全国遥遥领先;黑土区耕地规模化经营水平仍处于提升态势,以黑龙江省为例,目前其土地流转面积超过1.3亿亩,占耕地面积的54%。

(3)高品质农业生产趋势初现。推进农业生产“三品一标(无公害农产品、绿色食品、有机农产品和农产品地理标志)”是推动农业绿色发展的重要抓手。东北黑土地环境质量总体处于良好状态,近年来,区内土壤、水、大气环境质量进一步改善,为农业绿色发展奠定了坚实环境基础。东北三省绿色食品种植面积占全国的56.6%(中国绿色食品发展中心),黑龙江是全国最早发展绿色食品的省份,拥有全国最大的绿色食品生产基地,黑龙江绿色、有机食品认证面积占全国的1/5。近年来推行的黑土区“稻-草-鹅”“玉-鹅”“稻-蟹”等可持续、环保的绿色生态种养模式培肥地力的同时有效提高了农产品质量。在人民群众生活水平不断提升的背景下,黑土区高品质农业生产蔚然成风,也对黑土地生态环境条件提出了更高要求。

### 3.2 现代农业发展对黑土地的需求

(1)高产需求。东北黑土区在国家粮食安全的战略地位不断提升,随着现代农业的不断发展,必然要求东北黑土地具有越来越高的粮食生产能力。当前,东北黑土区的主要粮食作物,无论玉米、大豆还是粳稻,其单产水平与全国最高水平仍存在

一定差距,限制了农业发展的效益与可持续水平。因此,生产能力依然是评价黑土地质量的核心指标,不断提升生产能力依然是黑土地质量建设的重要目标。

(2)高质需求。随着人们生活水平的提升,特别是中国全面建成小康社会之后,人们对农产品的质量、品质特征等提出了更高期待,由最初的无公害农产品,到绿色食品甚至有机食品。东北黑土区作为中国主要粮食产区之一,城市数量少、工业污染少,具备发展绿色甚至有机农业的天然条件,有效保障黑土区现代农业发展能够走质量兴农之路,不断提升农产品品质,积极发展绿色、有机等优质农产品,打造区域特色、优质品牌,实现种植业提质增效。这也必然要求黑土区要具备相应的生态环境和生产条件,尤其是绿色的土壤环境、水环境和大气环境。因此,黑土区优良的生态环境是黑土地质量考量的重要内容。

(3)高效需求。随着传统农业向现代农业的转变,与之相适应的耕地利用方式也应满足现代农业发展的要求。黑土区现代农业生产呈现出显著的规模化、机械化、自动化、智能化态势,这内在地需要黑土地集中连片、田块平整、沟渠配套、田间路通、林网完善、智能控制,需要农田工程设施不断完善、空间形态不断优化。

(4)高耐需求。中国要依靠自己力量端牢饭

碗,发展生态低碳农业,必然要实现农业的可持续性和抗灾能力的提升。当前,大部分黑土地分布在漫川漫岗的坡耕地上,极易发生水土流失,造成当地的生态破坏。而一味地追求粮食高产,化肥农药的大量投入,则造成黑土地土壤退化。两者都限制了黑土地的可持续利用。因此,黑土区现代农业发展必须优化黑土地立地景观结构,减轻由于地形造成的土壤侵蚀。这也同时要求发挥黑土地在调节气候、净化环境、减轻自然灾害等方面的生态功能,提高设施子系统的生产能力和抵御自然灾害的能力。黑土地的可持续利用水平是黑土地质量考察的重要内容。

### 4 面向现代农业的黑土地质量内涵与体系构成

黑土地作为黑土区现代农业发展的物质基础和核心要素,在其利用的过程中,黑土地自身的生产、生态、资产、保障等多方面功能对现代农业满足的程度和水平即黑土地自身的质量状况。根据学界及业界相关研究,结合黑土区现代农业发展的高产、高质、高效、高耐的实际需求,黑土地质量可以包括基础地力质量、设施保障质量、空间形态质量、生态环境质量等(图4)。

#### 4.1 基础地力质量

基础地力质量是黑土地以土壤和立地条件为基础的耕地基础地力满足作物生长的能力。耕地

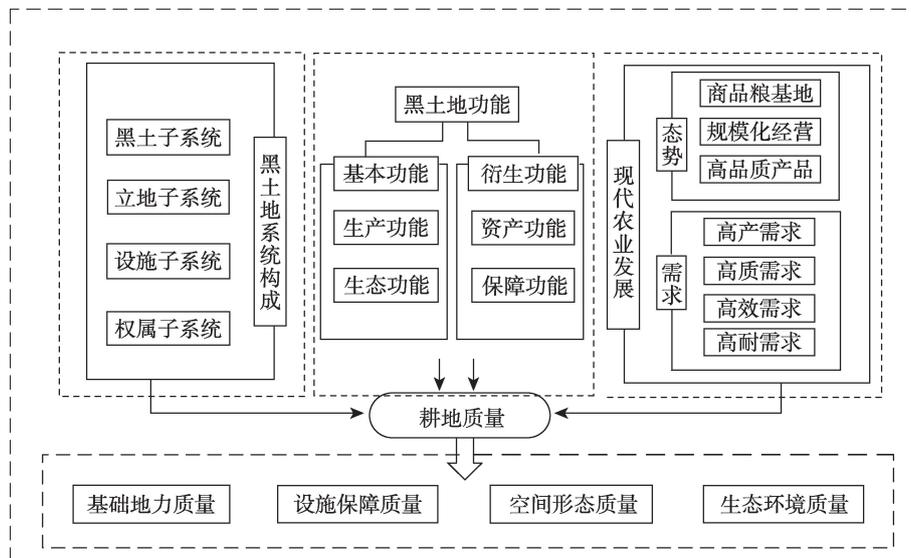


图4 黑土地质量体系

Figure 4 Quality evaluation system of black soil land

2023年5月

地力是在当前管理水平下,由土壤立地条件、自然属性等相关要素构成的耕地生产能力<sup>[39]</sup>,黑土地基础地力质量取决于黑土地构成中的黑土要素、立地要素,包括光温潜力、土壤肥力、降雨量、地貌条件等方面。其中光温潜力是制约黑土地利用潜力的首要因素,主要受热量条件、生长期、光照条件等因素影响。可以通过 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温、无霜期、生长季光照时间等衡量。土壤肥力是黑土地利用的物质基础,黑土区土壤具有性状好、自然肥力高的特点,受土壤养分、土层厚度、土壤酸碱度、土壤质地、土壤生物等因素影响。可以通过有机质含量、N、P、K含量、黑土层厚度、土壤pH值、土壤容重、蚯蚓密度等指标进行衡量。降雨量对种植业的生产环境、布局和结构产生影响,可以通过降雨数量、湿润水平等因素影响,通过年降水量和湿润指数衡量。地貌条件决定黑土地地势起伏的整体轮廓,受地形和坡度条件影响,可以通过地类类型、坡向、坡度、坡位衡量。

#### 4.2 设施保障质量

设施保障质量是黑土区耕地基础设施、附属设施、防护设施和监测与控制设施的配套水平及其抵御自然灾害、便捷农业生产和维护生态平衡的能力。其中:①基础设施由交通道路和灌溉设施组成,交通道路设施配套质量表现为道路通达情况和道路通行情况两个方面,直接影响着黑土地利用过程中农业物资及农产品运输的便捷程度。灌溉设施类型渐趋多样,其配套水平大体表现为灌溉水源类型、灌溉保证率和灌溉动力类型等。因此,基础设施质量通过道路通达度、道路通行度、灌溉设施类型、灌溉保证率、灌溉水源类型、灌溉动力等综合衡量。②附属设施由育秧棚、晒水池、晾晒场、看护房等设施组成。育秧棚、晒水池对高寒地区水稻生产起到重要作用。用于晾晒或烘干成熟农作物的晾晒场能够为粮食存储创造条件。看护房利于及时掌握作物长势以及生产作业。因此,附属设施质量通过辅助农业生产而修建的育秧棚等设施数量衡量。③防护设施是为抵御自然灾害而修筑的防护林、防洪堤、植保、监测等设施。农田防护林质量体现在林网密度、林网完整度、有效防护距离等方面,影响黑土地抵御自然灾害的能力,是东北地区保护黑土地最直接、最有效的措施。防洪堤坝起到

泄洪排沙作用,不同防洪等级行洪、泻洪水平不同。新型植保设施能够减少农药残留,提高农产品质量。因此,防护设施质量可由林网密度、林网完整度、林网高度、防洪堤坝抵御灾害等级、新型植保设施数量衡量。④监测与控制设施由温度监测、土壤墒情监测、作物长势监测、智能操控设施组成,能够有效推进智慧农业的发展,其质量可由监测与控制设施数量衡量。高标准农田建设集成了基础设施、附属设施、防护措施和监测与控制设施。高质量的农田设施,为粮食稳产增产提供了重要支撑。

#### 4.3 空间形态质量

空间形态质量是黑土地通过自然条件限制、区位条件影响、人为措施改造所形成的耕地空间形态满足农业高质量发展的能力,表现为地块形态、集中连片程度、区位条件等方面。其中,地块形态直接影响着黑土地农业生产的机械化潜力,主要受垄长、地块宽度、垄向曲直状况、田块规模等因素影响。集中连片程度影响着黑土地规模经营潜力,主要受田块平均规模、区域垦殖率、户均地块水平等因素影响。区位条件则影响着黑土地利用中农业物资及农产品销售的便捷程度,主要受距离城镇远近、距离居民点远近、距离道路远近等因素衡量。

#### 4.4 生态环境质量

生态环境质量是黑土地维持生态平衡、净化环境污染、保障作物生长的耕地可持续利用能力,包括生态质量和环境质量两个方面(表1)。黑土地生态质量表现为土壤保持能力、生物多样性、固碳能力、水源涵养能力等方面,可以分别通过侵蚀沟密度、田面坡度、坡向垄向关系、蚯蚓多度等进行衡量。黑土地环境质量突出表现为土壤环境质量,由于黑土地利用的特殊性,黑土地环境质量主要受到土壤农药残留水平、重金属含量、地膜残留水平、化肥残留水平影响。黑土地生态环境质量集中体现了黑土地自身的生态功能与稳定性<sup>[40]</sup>,影响着黑土地可持续利用能力及农产品品质。

### 5 黑土地质量的特点

#### 5.1 质量构成的多层次性

黑土地质量由基础地力质量、设施保障质量、空间形态质量、生态环境质量组成,大体可以分为生产能力、生产效率和生产韧性3个层次。生产能力层次包括基础地力质量和设施保障质量2个维

表1 黑土地质量体系组成

Table 1 Black soil land quality system composition

质量类别	质量构成	影响因素
基础地力质量	光温潜力	热量条件
		生长期长短
	土壤肥力	光照条件
		土壤养分
		土层厚度
		土壤酸碱度
		土壤质地
		土壤生物
	降雨量	降雨量
		湿润水平
地貌条件	地类类型	
	坡地条件	
设施保障质量	基础设施配套度	交通道路
		灌溉设施
	附属设施配套度	育秧棚
		晒水池
	防护设施配套度	晾晒烘干设施
		农机站
		防护林
	监测与控制设施配套度	防洪堤坝
		植保设施
		温度监测
土壤墒情监测		
作物长势监测		
空间形态质量	地块形态质量	智能操控水平
		垄长
		地块宽度
	集中连片程度	垄向曲直状况
		田块规模
		田块平均规模
		区域垦殖率
	空间区位条件	户均地块水平
		距离城镇远近
		距离居民点远近
生态环境质量	生态质量	距离道路远近
		土壤保持能力
		生物多样性
		固碳能力
		水源涵养能力
环境质量	环境质量	土壤农药残留水平
		重金属含量
		地膜残留水平
		化肥残留水平

度,该层次是黑土地质量的基础,一直以来备受关注,主要回答黑土地在不同生产条件下单位亩产的问题。生产效率层次包括空间形态质量维度,该维度质量决定了黑土区农业机械化和规模化经营水平<sup>[41]</sup>,对于黑土地利用中的生产效率作用明显。生产韧性层次属于生态环境质量维度,影响黑土地可持续利用水平。黑土地质量由多层次构成,对其进行评价和监测应综合生产能力、生产效率和生产韧性3个层次、4个方面综合进行(图5)。

5.2 影响因子的多类型性

根据上述黑土地质量体系分析可以发现,黑土地耕地质量的影响因素可以分为状态性因素、过程性因素和结构性因素。其中状态性因素主要是理化性质相对稳定、时间演化周期较长的各种因素,比如土壤有机质含量、有效土层厚度、土壤pH值、地面坡度等。这些因素的状态值一般可以通过实地采样、遥感反演等方式进行观测;过程性因素主要是理化性质经常性变化、时间演化周期较短的各种因素,比如年均气温、年降雨量、无霜期等。这些因素的状态值需要通过一定时期的周期性或连续性观测才能够计算得出;结构性因素是那些具有明显空间形态或空间统计特征的因素,如防护林林网密度、交通道路路网密度、地块面积、地块垄长、田面坡度、田块集中连片程度等,这些因素的状态值需要通过对某些指标进行初步观测后进行二次统计分析方能获得。

5.3 空间分异的多尺度性

无论是黑土地质量内涵的各组成部分还是黑土地质量各类影响因素,其空间分异均具有显著的多尺度性,整体可以划分为宏观、中观和微观3个尺

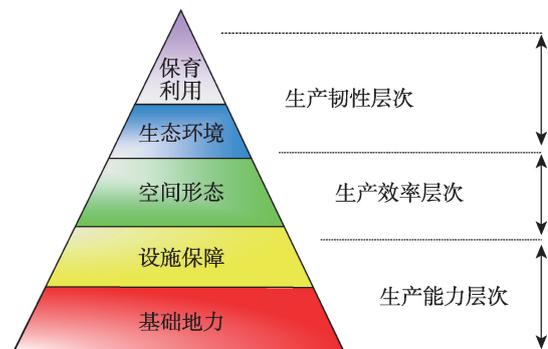


图5 黑土地质量的层次

Figure 5 Level of black soil land quality

2023年5月

度。以气候要素为代表的影响因素的空间分异整体为宏观尺度,以地貌、水文、土壤等为代表的影响因素的空间分异整体为中观尺度,以地块空间形态为代表的影响因素的空间分异整体为微观尺度。黑土地质量影响因素空间分异的多尺度决定了质量评价观测或监测的多尺度性,需要全面集成不同尺度的数据,并在评价单元(地块或栅格)尺度上实现融合。

## 6 结论与讨论

### 6.1 结论

综合考虑黑土地组成的不同维度,在全面分析黑土地构成与功能的基础上,结合黑土地现代农业发展的态势与需求特点,提出面向现代农业的黑土地质量内涵与体系构成,并总结其特点。得到以下主要结论:

(1)黑土地是一个由黑土子系统、立地子系统、设施子系统和权属子系统构成的以黑土为核心要素的自然-人工复合耕地系统。黑土子系统具有土壤性状好、肥力高、适宜耕作且数量稀缺等特征,反映黑土地土壤属性,是其区别于其他耕地系统的主要标志。立地子系统包括气象气候、地形地貌、水文、生物等自然要素,设施子系统包括附着于黑土地之上、人工修筑的各种基础设施和附属设施,权属子系统是由于人们对黑土地利用而产生的用以约束和规定各种类型主体的权利束。

(2)现代农业的显著特点是有效提高土地产出率、资源利用率和劳动生产率,黑土区农业现代化实现程度和发展速度直接关系国家粮食安全,也深刻地影响地区经济社会发展。目前,黑土地商品粮基地作用日益显著、规模化经营水平越来越高、高品质农业生产趋势初现,黑土地现代农业的发展态势良好;同时,现代农业发展也对黑土地提出了高产、高质、高效、高耐的新要求。

(3)黑土地是现代农业发展的关键要素,不仅满足基本的生产功能、生态功能,同时具有资产、保障等衍生功能。黑土地多功能性决定其质量构成的综合性,其对现代农业满足的程度和水平即黑土地自身的质量状况,黑土地质量由基础地力质量、设施保障质量、空间形态质量、生态环境质量组成,基础地力质量是黑土地质量体系的核心,是黑土地

生产能力的物质基础,设施保障质量决定了黑土地现代农业发展防灾抗灾能力,空间形态和生态环境质量影响着黑土地的生产韧性。

(4)黑土地具有质量构成的多层次性、影响因子的多类型性、空间分异的多尺度性。对黑土地质量监测和评价应充分考虑黑土地质量特点,综合分析黑土地质量构成的3个层次,针对多种影响因子和不同空间尺度采用与之相适应的评价和监测方法和手段。

### 6.2 讨论

为了客观评价和监测黑土地质量状况,本文系统阐述了面向现代农业发展的黑土地质量内涵、构成和特点,对黑土地质量研究进行了丰富和完善。

(1)本文中黑土地构成既包括黑土、立地、设施等实体对象,同时也包括非物质性要素——权籍,权籍子系统对黑土地现代农业利用系统运行效率和秩序具有显著影响,因此,加入权籍子系统的黑土地构成有助于全面界定黑土地质量。

(2)黑土地经过高强度的垦殖,以黑土子系统为显著标志形成自然-人工复合耕地系统,基础地力质量主要受黑土地系统中的黑土子系统和立地子系统影响,设施保障质量取决于黑土地系统中的设施子系统,两者是满足现代农业对黑土地高产、高质、高效要求的核心和基础。空间形态质量既受立地条件子系统的地貌部位及坡度影响,同时也受到权属子系统的影响,规模化、集约化经营能够满足现代农业对黑土地高效的要求。生态环境质量由黑土地系统中的立地子系统和设施子系统决定,能够满足现代农业对黑土地高质、高耐的要求。

(3)本文中提出面向现代农业发展的黑土地质量构成,并总结其特点,对未来黑土地保护和利用中黑土地质量评价体系的构建具有一定借鉴价值,可考虑建立生产能力、生产效率和生产韧性组成的目标层,基础地力质量、设施保障质量、空间形态质量、生态环境质量组成的准则层以及具体的指标层组成的综合评价体系。

本文中黑土地质量体系影响因素作为黑土地质量的衡量指标,具有一定的主观性,且尚不完善,如何对其进行更科学客观地确定仍有待进一步研究。

## 参考文献(References):

- [1] 韩晓增, 李娜. 中国东北黑土地研究进展与展望[J]. 地理科学, 2018, 38(7): 1032-1041. [Han X Z, Li N. Research progress of black soil in Northeast China[J]. Scientia Geographica Sinica, 2018, 38(7): 1032-1041.]
- [2] 汪景宽, 徐香茹, 裴久渤, 等. 东北黑土地地区耕地质量现状与面临的机遇和挑战[J]. 土壤通报, 2021, 52(3): 695-701. [Wang J K, Xu X R, Pei J B, et al. Current situations of black soil quality and facing opportunities and challenges in Northeast China[J]. Chinese Journal of Soil Science, 2021, 52(3): 695-701.]
- [3] 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[J]. 土壤通报, 2021, 52(3): 544-552. [Liu H B, Li S T, Wu M Y, et al. Current situation and perspectives of black soil protection from the integrated angle of quantity, quality, and ecology in Northeast China[J]. Chinese Journal of Soil Science, 2021, 52(3): 544-552.]
- [4] 姚东恒, 裴久渤, 汪景宽. 东北典型黑土区耕地质量时空变化研究[J]. 中国生态农业学报, 2020, 28(1): 104-114. [Yao D H, Pei J B, Wang J K. Temporal-spatial changes in cultivated land quality in a black soil region of Northeast China[J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2020, 28(1): 104-114.]
- [5] 杜国明, 薛濡壕, 于凤荣, 等. 耕地集约利用转型的理论解析[J]. 资源科学, 2022, 44(3): 425-435. [Du G M, Xue R H, Yu F R. Theoretical analysis of farmland intensive use transition[J]. Resources Science, 2022, 44(3): 425-435.]
- [6] 李河. 中国耕地质量评价和监测研究进展与展望[J]. 安徽农业科学, 2018, 46(35): 14-16. [Li H. Advance and prospects on cultivated land quality evaluation and monitoring in China[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2018, 46(35): 14-16.]
- [7] 辛芸娜, 范树印, 孔祥斌, 等. 四重质量维度下的县域耕地质量评价方法研究[J]. 资源科学, 2018, 40(4): 737-747. [Xin Y N, Fan S Y, Kong X B, et al. Evaluation of cultivated land quality based on four quality dimensions[J]. Resources Science, 2018, 40(4): 737-747.]
- [8] 沈仁芳, 陈美军, 孔祥斌, 等. 耕地质量的概念和评价与管理对策[J]. 土壤学报, 2012, 49(6): 1210-1217. [Shen R F, Chen M J, Kong X B, et al. Conception and evaluation of quality of arable land and strategies for its management[J]. Acta Pedologica Sinica, 2012, 49(6): 1210-1217.]
- [9] 温良友, 孔祥斌, 辛芸娜, 等. 对耕地质量内涵的再认识[J]. 中国农业大学学报, 2019, 24(3): 156-164. [Wen L Y, Kong X B, Xin Y N, et al. Evolution of cultivated land quality connotation and its recognition[J]. Journal of China Agricultural University, 2019, 24(3): 156-164.]
- [10] 杨江燕, 殷守强, 张利, 等. 基于空间聚类分层抽样的黄骅市县域耕地质量等别监测样点布设[J]. 资源科学, 2019, 41(2): 257-267. [Yang J Y, Yin S Q, Zhang L, et al. The layout of county area cultivated land quality monitoring samples in Huanghua City based on spatial clustering stratified sampling[J]. Resources Science, 2019, 41(2): 257-267.]
- [11] 向敬伟, 廖晓莉, 宋小青, 等. 中国耕地多功能的区域收敛性[J]. 资源科学, 2019, 41(11): 1959-1971. [Xiang J W, Liao X L, Song X Q, et al. Regional convergence of cultivated land multifunctions in China[J]. Resources Science, 2019, 41(11): 1959-1971.]
- [12] 苏子龙, 张光辉, 于艳. 东北典型黑土区不同土地利用方式土壤水分动态变化特征[J]. 地理科学, 2013, 33(9): 1104-1110. [Su Z L, Zhang G H, Yu Y. Soil moisture characteristic of different land use types in the typical black soil region of Northeast China[J]. Scientia Geographica Sinica, 2013, 33(9): 1104-1110.]
- [13] 高凤杰, 王鑫, 韩晶, 等. 东北黑土区小流域耕地土壤重金属污染特征及健康风险评价: 以海沟河小流域为例[J]. 中国农业大学学报, 2020, 25(8): 73-83. [Gao F J, Wang X, Han J, et al. Heavy metal pollution characteristics and its health risk assessment in a mollisol watershed of Northeast China: Taking Haigou watershed as study case[J]. Journal of China Agricultural University, 2020, 25(8): 73-83.]
- [14] 周文涛, 刘琪, 黄元仿. 深化黑土耕地质量认知 加强耕地质量评价监测[J]. 中国农业综合开发, 2022, (11): 15-18. [Zhou W T, Liu Q, Huang Y F. Deepening the cognition of black soil cultivated land quality and strengthening the evaluation and monitoring of cultivated land quality[J]. Agricultural Comprehensive Development in China, 2022, (11): 15-18.]
- [15] 杨瑞珍, 陈印军. 东北地区耕地质量状况及变化态势分析[J]. 中国农业资源与区划, 2014, 35(6): 19-24. [Yang R Z, Chen Y J. Analysis of quality of cultivated and land change trend in Northeast area[J]. Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning, 2014, 35(6): 19-24.]
- [16] 石淑芹, 陈佑启, 姚艳敏. 东北地区耕地自然质量和利用质量评价[J]. 资源科学, 2008, 30(3): 378-384. [Shi S Q, Chen Y Q, Yao Y M. Assessing natural quality and use quality of cultivated land in Northeast China[J]. Resources Science, 2008, 30(3): 378-384.]
- [17] 全国农业技术推广服务中心, 农业部耕地质量监测保护中心, 沈阳农业大学. 东北黑土区耕地质量评价[M]. 北京: 中国农业出版社, 2017. [National Agricultural Technology Extension Service Center, Ministry of Agriculture Cultivated Land Quality Monitoring and Protection Center, Shenyang Agricultural University. Evaluation of Cultivated Land Quality in the Northeast Black Soil Area[M]. Beijing: China Agricultural Press, 2017.]
- [18] 姜宁, 王斌, 谢永刚. 黑龙江省黑土地质量评价指标体系构建[J]. 中国农学通报, 2021, 37(33): 98-104. [Jiang N, Wang B, Xie Y G. Construction of black soil quality evaluation index system in Heilongjiang Province[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2021, 37(33): 98-104.]
- [19] 赵宁博, 杨佳佳, 赵英俊, 等. 基于航空高光谱反演的黑土地质

2023年5月

- 量综合评价研究[J]. 中国农业科技导报, 2021, 23(11): 88-98. [Zhao N B, Yang J J, Zhao Y J, et al. Comprehensive evaluation of black soil quality based on aerial hyperspectral inversion[J]. Journal of Agricultural Science and Technology, 2021, 23(11): 88-98.]
- [20] 宋昌海, 王璐, 王娜, 等. 莫力达瓦达斡尔族自治旗黑土地项目区耕地质量监测变化研究[J]. 现代农业科技, 2022, (22): 155-158. [Song C H, Wang L, Wang N, et al. Study on cultivated land quality monitoring and change in Molidawa Daur Autonomous Banner black land project area[J]. Modern Agricultural Science and Technology, 2022, (22): 155-158.]
- [21] 中国科学院. 东北黑土地白皮书(2020)[R]. 北京: 中国科学院, 2021. [Chinese Academy of Sciences. White Paper on Northeast Black Land (2020) [R]. Beijing: Chinese Academy of Sciences, 2021.]
- [22] 农业农村部, 国家发展改革委, 财政部, 等. 关于印发《国家黑土地保护工程实施方案(2021-2025年)》的通知[N/OL]. (2021-06-30) [2021-07-29]. [http://www.njss.moa.gov.cn/zcfb/202107/t20210729\\_6373118.htm](http://www.njss.moa.gov.cn/zcfb/202107/t20210729_6373118.htm). [Ministry of Agriculture and Rural Affairs, National Development and Reform Commission, Ministry of Finance, et al. Notice on the Issuance of the Implementation Plan of the National Black Land Protection Project(2021-2025)[N/OL]. (2021-06-30) [2021-07-29]. [http://www.njss.moa.gov.cn/zcfb/202107/t20210729\\_6373118.htm](http://www.njss.moa.gov.cn/zcfb/202107/t20210729_6373118.htm).]
- [23] 苏浩, 吴次芳. 东北黑土区耕地系统变化机理[J]. 农业工程学报, 2021, 37(6): 243-251. [Su H, Wu C F. Mechanism of cultivated land system change in black soil areas of Northeast China[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2021, 37(6): 243-251.]
- [24] 韩贵清, 杨林章. 东北黑土资源利用现状及发展战略[M]. 北京: 中国大地出版社, 2009. [Han G Q, Yang L Z. Utilization Status and Development Strategy of Black Soil Resources in Northeast China[M]. Beijing: China Dadi Press, 2009.]
- [25] 吕贻忠, 李保国. 土壤学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2020. [Lv Y Z, Li B G. Agrology[M]. Beijing: China Agricultural Press, 2020.]
- [26] 杜国明, 柴璐佳, 李玉恒. 耕地利用系统的理论解析与研究框架[J]. 地理科学进展, 2022, 41(7): 1288-1299. [Du G M, Chai L J, Li Y H. Theoretical explanation and research framework of cultivated land use system[J]. Progress in Geography, 2022, 41(7): 1288-1299.]
- [27] 中国科学院. 东北黑土地保护与利用报告(2021年)[R]. 北京: 中国科学院, 2022. [Chinese Academy of Sciences. Report on the Protection and Utilization of Northeast Black Land (2021)[R]. Beijing: Chinese Academy of Sciences, 2022.]
- [28] 杜国明, 张志宇, 高君峰, 等. 寒地井灌水稻田晒水池用地空间布局研究: 以七星农场为例[J]. 中国农村水利水电, 2017, (10): 201-205. [Du G M, Zhang Z Y, Gao J F, et al. Research on spatial distribution of sunning water pool area in irrigated paddy fields in cold regions: Taking Qixing Farm for example[J]. China Rural Water and Hydropower, 2017, (10): 201-205.]
- [29] 张永健. 农村耕地的产权结构: 成员权、三权分置的反思[J]. 南大法学, 2020, (1): 81-100. [Chang Y C. The property structure of rural cultivated land: Rethinking membership right and tripartite property right[J]. Nanjing University Law Journal, 2020, (1): 81-100.]
- [30] 冯淑怡, 樊鹏飞, 张兰. 乡村振兴背景下农地经营权的法律化表达[J]. 南京农业大学学报(社会科学版), 2018, 18(5): 1-10. [Feng S Y, Fan P F, Zhang L. Legislative expression of farmland operation right in the context of rural revitalization[J]. Journal of Nanjing Agricultural University (Social Sciences Edition), 2018, 18(5): 1-10.]
- [31] 王建琴. 东北地区农作物生产水足迹热点的时空变化及驱动因素研究[D]. 长春: 东北师范大学, 2022. [Wang J Q. Study on Spatio-temporal Variations and Driving Factors of Water Footprint Hotspots for Crop Production in Northeast China[D]. Changchun: Northeast Normal University, 2022.]
- [32] 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[J]. 水土保持通报, 2020, 40(4): 340-344. [Zhang X Y, Liu X B. Key issues of mollisols research and soil erosion control strategies in China[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2020, 40(4): 340-344.]
- [33] 张佳宝, 孙波, 朱教君, 等. 黑土地保护利用与山水林田湖草沙系统的协调及生态屏障建设战略[J]. 中国科学院院刊, 2021, 36(10): 1155-1164. [Zhang J B, Sun B, Zhu J J, et al. Black soil protection and utilization based on harmonization of Mountain-River-Forest-Farmland-Lake-Grassland-Sandy land ecosystems and strategic construction of ecological barrier[J]. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2021, 36(10): 1155-1164.]
- [34] 颜培明. 吉林省现代农业投入产出效率研究[D]. 长春: 吉林大学, 2022. [Yan P M. Study on Input-Output Efficiency of Modern Agriculture in Jilin Province[D]. Changchun: Jilin University, 2022.]
- [35] 杨奇峰, 张平宇, 李静, 等. 东北地区农业现代化发展水平测度与时空演变分析[J]. 地理科学, 2022, 42(9): 1588-1599. [Yang Q F, Zhang P Y, Li J, et al. Development level and spatio-temporal evolution of agricultural modernization in Northeast China[J]. Scientia Geographica Sinica, 2022, 42(9): 1588-1599.]
- [36] 李保国, 刘忠, 黄峰, 等. 巩固黑土地粮仓保障国家粮食安全[J]. 中国科学院院刊, 2021, 36(10): 1184-1193. [Li B G, Liu Z, Huang F, et al. Ensuring national food security by strengthening high-productivity black soil granary in Northeast China[J]. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2021, 36(10): 1184-1193.]
- [37] 陈镜夫. 黑土区典型县域耕地破碎化及应对措施研究[D]. 哈尔

- 滨: 东北农业大学, 2021. [Chen J F. Study on Farmland Fragmentation and Control Measures in Typical County Areas of Black Soil Area[D]. Harbin: Northeast Agriculture University, 2021.]
- [38] 盖兆雪. 进一步深化黑土区耕地规模化经营的对策建议[J]. 奋斗, 2021, (16): 25-27. [Gai Z X. Suggestions on further deepening scale management of cultivated land in black soil region[J]. Struggle, 2021, (16): 25-27.]
- [39] 张江周, 李奕赞, 李颖, 等. 土壤健康指标体系与评价方法研究进展[J]. 土壤学报, 2022, 59(3): 603-616. [Zhang J Z, Li Y Z, Li Y, et al. Advances in the indicator system and evaluation approaches of soil health[J]. Acta Pedologica Sinica, 2022, 59(3): 603-616.]
- [40] 王大地, 陈欣, 张达. 耕地保护为导向的生态环境质量评价研究: 以安阳市为例[J]. 自然资源情报, 2022, (6): 57-64. [Wang D D, Chen X, Zhang D. Study on ecological environmental quality assessment based on cultivated land protection: A case study on Anyang[J]. Natural Resources Information, 2022, (6): 57-64.]
- [41] 杜国明, 闫佳秋, 张娜, 等. 面向多元主体需求的耕地质量体系新认知[J]. 农业工程学报, 2023, 39(1): 212-222. [Du G M, Yan J Q, Zhang N, et al. New cognition of the cultivated land quality system for the needs of multiple subjects[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2023, 39(1): 212-222.]

## Theoretical analysis of black soil quality for the development of modern agriculture

ZHANG Na<sup>1</sup>, DU Guoming<sup>1</sup>, ZHANG Rui<sup>2</sup>

(1. School of Public Administration and Law, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China;

2. School of Economics and Management, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China)

**Abstract:** [Objective] Black soil is the material basis for modern agriculture development in Northeast China, and the advancement of modern agriculture has created a new demand for the quality of black soil land. By understanding the connotation, composition, and characteristics of black soil land quality for modern agriculture, we can objectively evaluate and monitor black soil land quality, which is the foundation for the promotion of high-quality black soil land. [Methods] This study was based on an analysis of the composition and function of black soil land, combined with the situation and demand analysis of modern agricultural development in black soil areas, and discussion on the composition of the cultivated land quality system, black soil land characteristics. The study aimed to establish a new research model of regional cultivated land quality and enrich the theoretical basis of cultivated land quality research. [Results] (1) The black soil land is a composite natural-artificial cultivated land system with black soil as the core element, which is composed of the black soil subsystem, the site subsystem, the facility subsystem, and the ownership subsystem. (2) Because the black soil land is multifunctional, its quality system consists of the basic fertility quality, facility guarantee quality, spatial form quality, and ecological environment quality, which jointly meet the needs of the high-quality development of modern agriculture. (3) Black soil land quality has the characteristics of multi-level system composition, multi-types of influencing factors, and multi-scale spatial differentiation. [Conclusion] The monitoring and evaluation of black soil land quality should fully consider its quality characteristics, and adopt the corresponding methods and means.

**Key words:** modern agriculture; black soil; cultivated land quality; complex system; functions