

# 东北黑土地不同类型区主要特征及保护利用对策

徐英德<sup>1</sup>, 裴久渤<sup>1\*</sup>, 李双异<sup>1</sup>, 邹洪涛<sup>1</sup>, 汪景宽<sup>1</sup>, 张佳宝<sup>2</sup>

(1. 沈阳农业大学土地与环境学院/农业农村部东北耕地保育重点实验室/土肥高效利用国家工程研究中心, 辽宁 沈阳 110866;

2. 中国科学院南京土壤研究所, 江苏 南京 210008)

**摘 要:** 东北黑土地是世界主要黑土带之一, 是我国粮食作物主产区, 在保障国家粮食安全方面贡献极大。近几十年, 东北黑土地出现的“变薄、变瘦、变硬”等耕地质量退化问题严重制约了粮食产能的稳步提升。对东北黑土地资源进行合理、科学的认知, 并采取有效措施对黑土地进行保护与利用成为该地区农业可持续发展的关键。然而, 东北黑土地在地理位置、自然环境、农业生产和土壤资源组成的复杂性, 阻碍了黑土地保护利用政策的科学制定和顺利实施。以此为背景, 本文根据东北黑土地自然资源条件和农业生产特征, 按照区别差异性、归纳共同性的原则, 将东北黑土地划分成松嫩平原区、三江平原区、辽河平原区、长白山辽东区、西部风沙区和大小兴安岭区 6 个类型区, 分别概述了不同类型区在气候、地理和土壤组成方面的特征; 从气候、农业生产和土壤限制因素等层面探讨了不同类型区面临的主要问题; 分析和归纳了当前不同类型区适用的黑土地保护利用模式, 以期协调黑土地保护与产能提升矛盾和合理利用黑土地提供参考。

**关 键 词:** 东北黑土地; 类型区; 特征; 保护利用

**中图分类号:** S147.2      **文献标识码:** A      **文章编号:** 0564-3945(2023)02-0495-10

DOI: [10.19336/j.cnki.trtb.2023022102](https://doi.org/10.19336/j.cnki.trtb.2023022102)

徐英德, 裴久渤, 李双异, 邹洪涛, 汪景宽, 张佳宝. 东北黑土地不同类型区主要特征及保护利用对策 [J]. 土壤通报, 2023, 54(2): 495 - 504

XU Ying-de, PEI Jiu-bo, LI Shuang-yi, ZOU Hong-tao, WANG Jing-kuan, ZHANG Jia-bao. Main Characteristics and Utilization Countermeasures for Black Soils in Different Regions of Northeast China[J]. Chinese Journal of Soil Science, 2023, 54(2): 495 - 504

黑土地是指拥有黑色或暗黑色腐殖质表层土壤, 性状好、肥力高、适宜农耕的优质土地。东北黑土地是世界上仅有的四大片最适宜耕作的黑土带之一, 该地区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<sup>[1]</sup>, 在我国粮食安全和生态安全保障体系中占有重要地位<sup>[2]</sup>。东北黑土地属于温带大陆性季风气候, 雨热同季, 平原广阔, 具有肥力高、结构良好、适宜农耕和机械化程度高的特点<sup>[3]</sup>。然而, 由于多年来对黑土资源的高强度利用, 并受到水土流失的影响, 东北黑土地耕地质量不断下降, 主要存在黑土层变薄、障碍层次增厚、耕层变浅变硬、有机质含量降低、土壤养分失衡、土壤酸化或碱化、水肥气热不协调等问题<sup>[3-5]</sup>, 制约了粮食产能的进一步提升<sup>[6]</sup>。因此, 东北黑土地的可持续利用面临着严峻挑战, 如何有效保护利用黑土地, 成为保障国家粮食安全的重要问题。

东北黑土地幅员辽阔, 北起大兴安岭, 南至辽宁南部, 西到内蒙古东部的大兴安岭山地边缘, 东达乌苏里江和图们江, 行政区域涉及辽宁省、吉林省、黑龙江省以及内蒙古自治区东部的“东四盟”, 土地总面积 124.86 万 km<sup>2</sup>, 其中耕地 37.5 万 km<sup>2</sup>。东北黑土地区域内地形地貌丰富, 整体呈现三面环山、中间平地的大致轮廓, 区域内山地、平原、丘陵和台地主要地貌类型的面积大致相当。西部大兴安岭山脉与北部小兴安岭、东部长白山脉构成了典型的周边山地、中间平地的格局, 形成类似“簸箕”状地貌; 中部由松嫩平原、三江平原与辽河平原共同构成了面积广阔的东北平原, 是优质黑土地的集中分布区。东北黑土地气候条件多样, 在地域之间差异明显, 从北到南分为寒温带、中温带和暖温带 3 个气候带, 但以中温带为主, 由东向西跨湿润、半湿润与半干旱 3 个区<sup>[7]</sup>。东北黑土地土壤资源丰富,

收稿日期: 2023-02-20; 修订日期: 2023-03-20

基金项目: 中国工程院战略研究与咨询项目(2022-XY-96)和国家重点研发计划项目(2021YFD1500202、2021YFD1500204)资助

作者简介: 徐英德(1991-), 男, 河北辛集人, 讲师, 主要从事土壤肥力与耕地保育研究。E-mail: [yingdexu@syau.edu.cn](mailto:yingdexu@syau.edu.cn)

\*通讯作者: E-mail: [peijiubo@syau.edu.cn](mailto:peijiubo@syau.edu.cn)

在不同地域分布着黑土、黑钙土、白浆土、暗棕壤、棕壤、草甸土及水稻土等主要土壤类型<sup>[8]</sup>。由于东北黑土地在气候特征、地理分布、土壤类型等资源禀赋上的多样性和复杂性,东北黑土地肥力水平、利用方式、存在问题和退化程度等方面表现不尽相同,如何针对东北黑土地不同地域特点和存在的问题,进行有效分区,并研制符合不同区域特点的黑土地保护利用技术,才能有助于破解制约该地区农业可持续发展的“瓶颈”,确保黑土地大范围、多方位、深层次的可持续发展。

## 1 不同类型区黑土地主要特征

本文根据东北黑土地的水热条件、地形地貌、

土壤类型、种植方式和存在突出问题等方面因素,按照区别差异性、归纳共同性的原则,将东北黑土地划分为松嫩平原区、三江平原区、辽河平原区、长白山辽东区、西部风沙区和大小兴安岭区 6 个类型区(图 1),并以县级(区、旗)行政区为单位进行统计和制图。系统分析了不同类型区在气候、地理、土壤和耕地等方面的特征,从气候、农业生产和土壤限制因素等层面探讨了不同类型区面临的主要问题;分析和归纳了当前不同类型区适用的保护利用模式,以期为东北黑土地保护与利用政策制定、农业可持续发展及国家粮食安全稳固等提供理论指导。

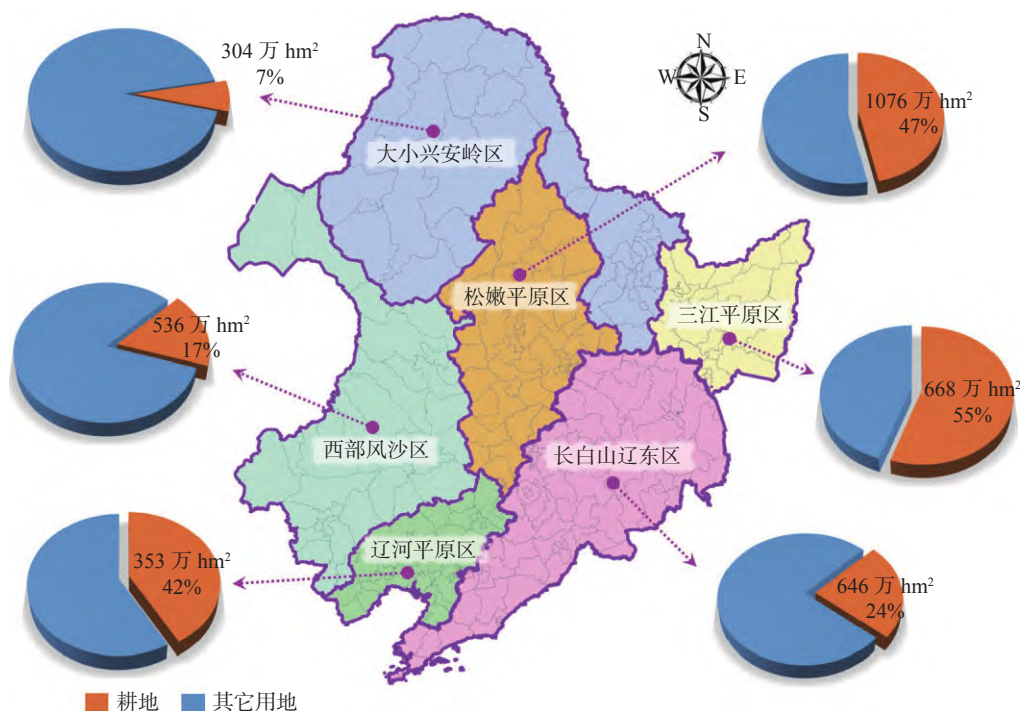


图 1 东北黑土地不同类型区划分图及各区耕地面积(万  $\text{hm}^2$ )和所占比例(%)

Fig.1 The schematic diagram of different regions in Northeast China and the area (10 thousand  $\text{hm}^2$ ) and percentage of cultivated land in each region

### 1.1 松嫩平原区

该类型区地处松花江和嫩江冲积平原,主要包括黑龙江省、吉林省的中西部地区和内蒙古莫力达瓦旗(表 1),区域耕地面积 1076.27 万  $\text{hm}^2$ (图 1),占该区域总面积的 46.65%,占东北黑土区耕地总面积的 30.03%。该区属温带大陆性半湿润、半干旱季风气候,气候温和,年降水量 387~651 mm,  $\geq 10^\circ\text{C}$  有效积温平均为 2706  $^\circ\text{C}$ (图 2)。该区域是典型黑土集中分布区,耕地土壤类型面积最大的是黑土,为 339.18 万  $\text{hm}^2$ ,占该区耕地面积

的 31.51%,其中松嫩平原区北部(北纬  $45^\circ$  以北)分布着面积较广的中厚层黑土;其次为草甸土和黑钙土,分别占该区耕地面积的 26.86% 和 20.48%;暗棕壤也有较大面积分布(图 3)。区域内大部分耕地地势平坦,平均海拔较低,土质肥沃,农业生产基础较好,主要种植作物为玉米、大豆和水稻,其中旱田面积为 6 个类型区中最广。

### 1.2 三江平原区

该类型区位于黑龙江、乌苏里江和松花江三江汇流处的冲积平原,主要包括黑龙江省东部地区

表 1 东北黑土地不同类型区包含的行政区域  
Table 1 The administrative regions contained in different types of regions in Northeast China

类型区 Region	省级行政区 Province	市（县）级行政区 City (county)
松嫩平原区	黑龙江省	齐齐哈尔市、大庆市、黑河市（五大连池、北安、嫩江）、绥化市（北林区、安达、明水、望奎、海伦、肇东、青冈、兰西）、哈尔滨市（主要市区、双城、木兰、巴彦）
	吉林省	松原市、长春市（农安、德惠）、白城市（镇赉、大安）、四平市（市区、梨树、公主岭、双辽）
	内蒙古自治区	呼伦贝尔市（莫力达瓦族自治旗）
三江平原区	黑龙江省	鹤岗市、佳木斯市、七台河市、双鸭山市、哈尔滨市（依兰）、鸡西市（主要市区、密山、虎林、鸡东）
辽河平原区	辽宁省	阜新市、葫芦岛市、锦州市、盘锦市、沈阳市、鞍山市（市区、台安、海城）、朝阳市（市区、朝阳县、北票）、抚顺市（望花区、顺城区）、辽阳市（主要市区、灯塔、辽阳县）、铁岭市（市区、铁岭县、昌图、调兵山、开原）、营口市
长白山辽东区	黑龙江省	牡丹江市、哈尔滨市（阿城区、五常、宾县、延寿、方正、尚志）、鸡西市（梨树区、麻山区）
	吉林省	白山市、吉林市、辽源市、四平市（伊通）、通化市、延边朝鲜族自治州、长春市（市区、榆树）
	辽宁省	本溪市、大连市、丹东市、鞍山市（岫岩）、抚顺市（新抚区、东洲区、抚顺县、新宾、清原）、辽阳市（弓长岭区、辽阳县）、铁岭市（西丰）
西部风沙区	吉林省	白城市（市区、通榆、洮南）
	辽宁省	朝阳市（建平、喀左）
	内蒙古自治区	赤峰市、兴安盟、通辽市、呼伦贝尔市（扎赉诺尔区、新巴尔虎左旗、新巴尔虎右旗）
大小兴安岭区	黑龙江省	大兴安岭地区、伊春市、哈尔滨市（通河）、黑河市（市区、孙吴、逊克）、绥化市（庆安、绥棱）
	内蒙古自治区	呼伦贝尔市（海拉尔区、阿荣、鄂伦春自治旗、鄂温克族自治旗、陈巴尔虎、牙克石、扎兰屯、额尔古纳、根河）

（表 1）。区域内西南高东北低，地貌特征为广阔的冲积低平原、阶地和河漫滩，区域耕地面积 667.79 万  $\text{hm}^2$ ，占该区域总面积的 55.28%，为 6 个类型区中开垦耕地比例最大的区域，占东北黑土区耕地总面积的 18.63%（图 1）。属温带湿润大陆性季风气候，冬季严寒漫长，夏季温热短促，年降水量 481~652 mm， $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$  有效积温平均为 2402  $^{\circ}\text{C}$ （图 2）。该区域耕地土壤类型面积最大的是草甸土，为 197.91 万  $\text{hm}^2$ ，占该区耕地面积的 29.64%；白浆土、沼泽土和暗棕壤次之，分别占该区耕地面积的 25.11%、20.71% 和 16.52%；黑土也有一定面积分布（图 3）。区域内耕地较为平坦，土地广袤，土壤自然肥力较高，农业生产条件较优越，水稻种植面积为 6 个类型区中最广。

1.3 辽河平原区

该类型区主要是以辽河流域为主体的中部和下部冲积平原，主要包括辽宁省中部区域（表 1）。区域耕地面积 353.06 万  $\text{hm}^2$ ，占该区域总面积的 41.61%，占东北黑土区耕地总面积的 9.85%（图 1）。该区大多地势低平，南部低平原海拔低于 50 m，北部岗丘海拔 50~250 m。属暖温带半湿润大陆性季风气候，气候温和，光照充足，四季分明，年降水量 426~791 mm， $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$  有效积温平均为 3654  $^{\circ}\text{C}$ ，为 6 个类型区中最高（图 2）。该区域耕地土壤类型

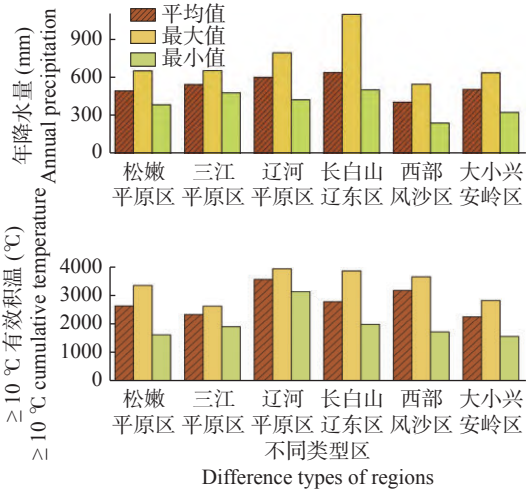


图 2 东北黑土地不同类型区年均降水量和 $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 有效积温  
Fig.2 The average annual precipitation and  $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$  accumulated temperature in different types of regions in Northeast China

面积较大的是草甸土和棕壤，分别为 130.29 万  $\text{hm}^2$  和 112.87 万  $\text{hm}^2$ ，分别占该区耕地面积的 36.90% 和 31.97%；褐土次之，占该区耕地面积的 16.22%；水稻土和风沙土也有一定数量分布（图 3）。区域内耕地平坦广阔，地下水资源丰富，自然条件优越，主要种植作物为玉米、水稻和大豆。

1.4 长白山辽东区

该类型区主要位于黑龙江省东南部、吉林省东部和辽宁省东南部（表 1）。区域耕地面积 646.35



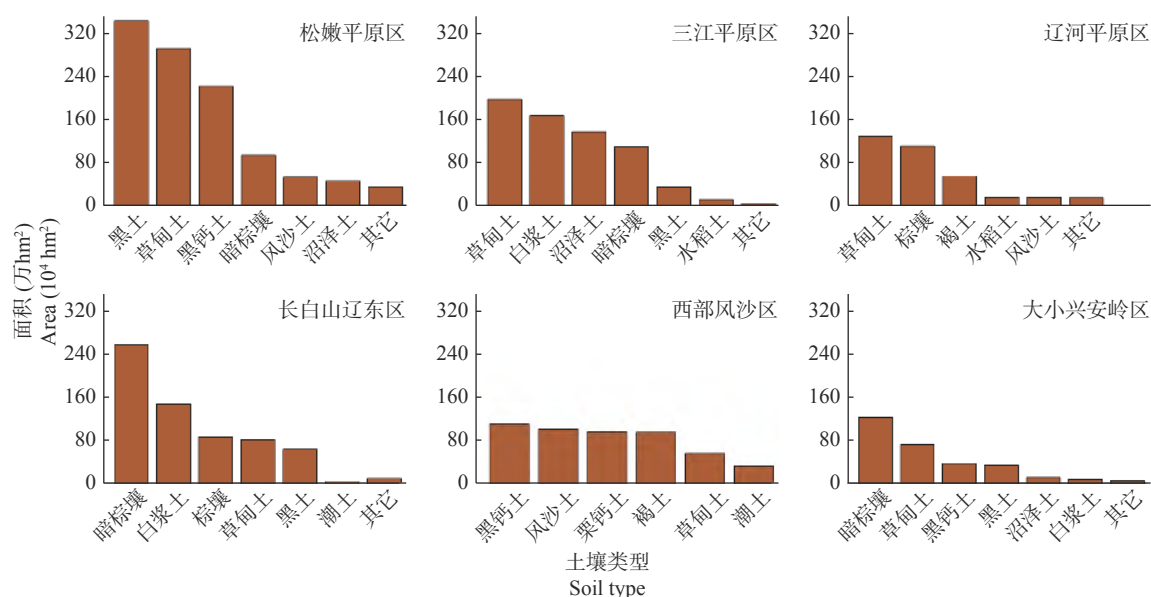


图3 东北黑土地不同类型区主要土壤类型耕地面积

Fig.3 Cultivated land areas of main soil types in different types of regions in Northeast China

万  $\text{hm}^2$ , 占该区域总面积的 23.59%, 占东北黑土区耕地总面积的 18.04% (图 1)。该区地形变化复杂, 地貌多样, 以山地丘陵为主, 山间形成一些小的盆地和河谷平原, 其中部分地区为海拔 750 m 以上的中山, 松花江、鸭绿江和图们江源头位于该类型区。该区气候温和湿润, 山区云多、日照少、多霜冻, 年均降水量为 6 个类型区中最高, 分布在 503~1089 mm,  $\geq 10^\circ\text{C}$  有效积温平均为 2857  $^\circ\text{C}$  (图 2)。该区域耕地土壤类型面积最大的是暗棕壤, 为 253.05 万  $\text{hm}^2$ , 占该区耕地面积的 39.15%; 其次为白浆土, 占该区耕地面积的 22.48%; 再次为棕壤、草甸土和黑土, 分别占该区耕地面积的 13.30%、12.57% 和 9.86% (图 3)。区域内以坡耕地为主, 其中  $2^\circ\sim 6^\circ$  和  $6^\circ$  以上缓坡耕地各占约 50%, 主要种植玉米、大豆和水稻等。

### 1.5 西部风沙区

该类型区主要位于内蒙古自治区东部和吉林省、辽宁省西部的部分地区 (表 1)。区域耕地面积 536.33 万  $\text{hm}^2$ , 占该区域总面积的 17.37%, 占东北黑土区耕地总面积的 14.97% (图 1)。该区属半干旱地区, 太阳辐射较强烈, 日照较为丰富, 冬季严寒, 夏季温凉, 年均降水量为 6 个类型区中最低, 分布在 245~547 mm,  $\geq 10^\circ\text{C}$  有效积温平均为 3262  $^\circ\text{C}$ 。该区域耕地土壤类型面积最大的是黑钙土, 为 111.09 万  $\text{hm}^2$ , 占该区耕地面积的 20.71%; 其次为风沙土、栗钙土、褐土和草甸土, 分别占该区耕地

面积的 19.05%、18.21%、17.94% 和 10.72% (图 3)。该区属农牧结合地带, 以旱田为主, 主栽农作物包括玉米、小麦、大豆、油菜和马铃薯等。

### 1.6 大小兴安岭区

该类型区主要位于黑龙江省的西北部 and 内蒙古自治区的东北部 (表 1)。该区山体浑圆广阔, 河谷宽浅, 地广人稀。区域耕地面积 303.86 万  $\text{hm}^2$ , 仅占该区域总面积的 6.99%, 为 6 个类型区中开垦耕地比例最小的区域, 占东北黑土区耕地总面积的 8.48% (图 1)。属大陆性季风气候, 冷凉湿润, 年降水量 328~636 mm,  $\geq 10^\circ\text{C}$  有效积温为 6 个类型区中最低, 平均为 2320  $^\circ\text{C}$  (图 2)。该区域耕地土壤类型以暗棕壤面积最大, 为 124.04 万  $\text{hm}^2$ , 占该区耕地面积的 40.82%; 其次为草甸土、黑钙土和黑土, 分别占该区耕地面积的 24.26%、12.94% 和 11.73%; 该区域也分布着一定数量的沼泽土和白浆土 (图 3)。区域内耕地以  $2^\circ\sim 6^\circ$  缓坡耕地为主, 土壤自然肥力较高, 以旱田为主, 主要种植作物为大豆、玉米和油菜。

## 2 不同类型区黑土地存在的主要问题

### 2.1 松嫩平原区

松嫩平原区是东北地区重要的粮食生产区, 由于长期不合理耕作和严重的水土流失, 导致目前黑土地存在如下几方面问题。①土壤侵蚀严重, 黑土层变薄。松嫩平原中分布较广的典型黑土区, 坡度

虽缓, 但坡长较长, 夏季径流集中, 冲刷能力强, 春季还易受融雪径流冲刷<sup>[9]</sup>, 目前侵蚀沟数量较多, 水蚀和风蚀现象严峻, 因水土流失而导致耕作层不足 20 cm 的比例达到 50% 以上。②**犁底层增厚, 土体结构不良**。由于长期机械碾压和集约化利用等因素的影响, 导致耕层容重增加, 犁底层增厚上移, 部分土壤还存在障碍层, 土壤越来越“硬”<sup>[9]</sup>。③**土壤有机质下降, 养分消耗明显**。该区域存在有机质含量普遍下降问题, 玉米长期连作也致使土壤养分消耗增加, 水稻种植区普遍缺乏有机肥源<sup>[10]</sup>。④**部分耕地土壤出现盐化、碱化和酸化**。在松嫩平原区西部分布着较大面积苏打盐碱化土壤, 并且很多地域从轻度盐碱化向重度盐碱化转变, 且面积不断扩大, 这进一步加深了土壤板结和肥力下降<sup>[11]</sup>; 同时, 松嫩平原区因大量施用氮肥还导致土壤酸化现象加剧, 有较大区域土壤 pH 分布在 5.5 ~ 6.5<sup>[7]</sup>。

## 2.2 三江平原区

三江平原区白浆土分布面积占东北黑土地白浆土总面积的 51.91% (图 3), 主要存在如下问题。①**黑土层浅薄, 有机质和养分容量低**。白浆土是东北黑土区一种低产土壤, 存在表土层浅薄、犁底层厚、有机质和养分储量低等问题, 有研究显示三江平原白浆土黑土层厚度仅为黑土的 1/3 ~ 1/4, 在开垦后整体供肥能力下降<sup>[12-13]</sup>。②**白浆层阻碍, 导致土壤理化性质不良**。白浆层硬度偏大, 障碍特征明显, 导致农业种植过程中通气透水性差、限制根系下扎和土壤水分的垂直运移<sup>[12]</sup>; 该区域还存在部分土壤酸化的问题, 引起土壤铁、铝、锰离子的过于活化和毒害作用, 重金属的活性与毒性也会相应增加<sup>[10]</sup>。③**黏粒淀积层深厚, 导致土壤易旱易涝**。该区域表旱表涝严重, 旱时作物难以从地下获取水分, 涝时难以将耕层水分排干, 加之该区域大部分耕地地势低洼, 加剧了内涝问题, 导致作物产量低而不稳<sup>[12]</sup>。④**水田开垦面积过大, 导致地下水位降低**。自上世纪 60 年代以来, 随着耕地垦殖面积扩大和灌溉用水的增加, 部分地区地下水位下降明显。建三江二道河农场站点监测数据表明, 该区域 20 年间地下水位由 37.9 m 下降到 46.3 m<sup>[14]</sup>; 同时, 水稻的大面积种植也导致自然湿地面积大幅度缩小, 地表水和浅层地下水污染, 对粮食安全产生威胁<sup>[1]</sup>。

## 2.3 辽河平原区

辽河平原区土壤以潮棕壤、草甸土和潮土为主,

主要存在如下问题。①**土壤有机质下降显著, 肥料利用效率低**。大部分地区耕地土壤有机质含量不足 2%, 并且与第二次土壤普查时期相比平均下降近 16%<sup>[15]</sup>; 该区域氮肥、磷肥施用量普遍较高, 导致肥料利用效率低下。②**耕作层变浅, 土壤板结硬化**。土壤有机质的下降加之长期小型机械化作业和水蚀风蚀, 导致该区域土壤板结、粘重、容重增加, 保水保肥能力弱化<sup>[9]</sup>。与第二次土壤普查时期相比, 耕层厚度下降了 40%, 容重平均增加了 17%<sup>[15]</sup>。③**地下水位下降, 土壤污染风险增加**。该区域地下水由于超采而出现不同程度的下降, 因污水灌溉和不当农田管理措施也使部分耕地遭到污染, 虽然污染面积不大, 但有扩张的趋势<sup>[16]</sup>。④**排涝能力较差, 存在次生盐渍化风险**。辽河平原中游还存在一定面积的苏打盐碱地, 在下游冲积低平原和滨海平原还受到海水的影响, 这些地区低洼易涝, 土壤含盐量高, 限制种植业的发展。

## 2.4 长白山辽东区

长白山辽东区整体海拔较高, 山区云多、日照少, 因地貌类型和气候因素而给农业生产带来一定不利因素, 该类型区土壤以暗棕壤和棕壤为主, 主要存在如下问题。①**霜冻频繁, 低温冷害严重**。该区域由于春季温度低、土壤湿度大导致作物播种时期严重推迟, 影响作物的生长和产量<sup>[7]</sup>。②**坡耕地比例较大, 耕作层较浅**。长白山辽东区坡耕地分布范围较广, 接近 60% 耕地的耕作层厚度不足 20 cm<sup>[10]</sup>; 山地土壤母质多为花岗岩及各类岩石风化物, 土体较薄。③**土壤质地偏砂, 易受侵蚀**。广泛分布于该区域的暗棕壤和棕壤是主要的侵蚀型土壤, 其中山地土壤土质较为松散, 容易受到水蚀; 而分布在缓坡上的土壤母质粘重, 透水性差, 易产生地表径流而使表土侵蚀; 加之该区域降雨集中在 7 ~ 8 月份, 且多为暴雨, 净流量大, 导致水土流失严重, 侵蚀沟分布密集<sup>[10, 17]</sup>; 该地区森林资源的大量砍伐, 陡坡开荒, 对地面植被造成破坏, 也加剧了侵蚀和土壤性质的恶化。④**土壤有机质含量低, 土壤酸化明显**。该区域部分薄层和石质土壤有机质含量较低<sup>[18]</sup>, 并且在山区和丘陵地区分布着较大范围的酸性土壤, pH 值大多分布在 5.5 ~ 6.5<sup>[7]</sup>。此外, 长白山辽东区还存在农田基础设施薄弱等问题。

## 2.5 西部风沙区

西部风沙区土壤类型以风沙土、潮土、褐土为

主,耕地质量等级较低。根据《东北黑土区耕地质量评价》结果,内蒙古东四盟市中、低等地分布面积占到 72.3%<sup>[7]</sup>,该类型区土壤主要存在如下问题。

①**干旱少雨,土壤沙化严重**。该区域生态环境较为脆弱,春季风沙大、干旱,裸露地表受到风蚀的影响严重;夏季雨水集中,坡岗地土壤易受水蚀侵害,水土流失和沙化问题严峻,部分地区生态承载力呈现下降趋势,且自然灾害频发,经常受到旱灾、洪涝和冰雹等危害,给农业种植带来很大损失;区域内分布较多的风沙土等土壤类型保肥、保水能力较弱。②**土壤有机质和养分缺乏,盐渍化现象严重**。该类型区还存在生产方式单一、用养结合不够的问题,主要体现在因生产任务过重、土地连年耕种和利用强度大而导致该区域土壤有机质含量下降、土壤养分失衡,因连续耕翻等不合理耕作方式导致的风蚀水蚀加重问题,部分耕地出现盐渍化现象。③**保护性耕作面积不大,地膜污染加重**。该类型区因种植结构单一、长年连作导致资源利用效率低、生产承载力下降,但保护性耕作面积仍较小;该地区地膜覆盖面积较广,导致地膜残留量较多,残膜污染日趋严重<sup>[19]</sup>。④**灌排能力不足,水资源利用效率不高**。该地区因降水和作物需求不匹配,导致农业灌溉面积不断扩展,然而节水灌溉技术应用仍严重滞后,造成水资源大量浪费<sup>[1,20]</sup>。

## 2.6 大小兴安岭区

大小兴安岭区耕地土壤以暗棕壤和黑土为主,主要存在如下问题。①**有效积温少,低温冷凉严重**。该类型区纬度较高,有效积温为 6 个类型区中最低,易出现春旱、低温等问题,一些地区因气候因素而不利于农作物生长<sup>[21]</sup>。②**水土侵蚀严重,黑土层变薄明显**。土体砂砾较多,由于春季风大、地表裸露、耕层土壤质地疏松、风蚀导致沙化严重、黑土层变薄、耕作层变浅和土壤养分流失,区域内侵蚀沟数量较多,耕作层厚度不足 20 cm 的占比较大,且农田基础设施薄弱<sup>[10]</sup>。③**冻融侵蚀广泛,黑土层剥蚀严重**。北部山区冻融侵蚀主要为寒冻石流、冻胀丘、冰湖径流等侵蚀形式,形成大面积的石流,破坏植被,埋压表土层腐殖质,加速山区石漠化;南部的黑土区冻融侵蚀主要表现为融雪侵蚀、侵蚀沟岸冻裂融塌侵蚀、融冻泥流侵蚀等形式,会剥蚀黑土,降低土地生产力<sup>[22]</sup>。④**土壤板结明显、通透性差**。大兴安岭南麓一些低洼易涝地土层深厚但存在土壤板结、

质地黏重、通透性差、易涝易旱等问题。

## 3 不同类型区黑土地保护利用对策

自 2015 年开始,农业农村部通过实施东北黑土地保护利用试点项目,黑龙江省、吉林省、辽宁省和内蒙古自治区因地制宜、分区域制定了黑土地保护利用措施<sup>[23]</sup>。在此基础上,应进一步加强顶层设计,根据不同类型区特点和存在的问题,实行分类施策、综合治理和重点保护,在白浆土障碍消减、土壤耕层增厚、风蚀水蚀治理、盐渍化治理等具有区域特色的黑土退化问题进行不同省份或地区联合攻关,有助于解决制约各地区农业生产的主要矛盾。其中,松嫩平原黑土黑钙土区应以培肥土壤,防治水土流失,消除犁底层为主;三江平原白浆土区应以障碍层消减,解决低洼内涝,遏制有机质下降和酸化,减少地下水开采为主;辽河平原棕壤区应以侵蚀防控,增加有机质含量,盐碱化治理为主;长白山辽东低山丘陵暗棕壤和棕壤区应以固土培肥,水土流失治理,预防低温冻害为主;西部半干旱风沙区应以防风固土抗旱,碱化土改良,改善灌排能力,提升土壤肥力为主;大小兴安岭低山麓黑土暗棕壤区应以治理土壤侵蚀,增厚耕作层,改善农田设施为主(图 4)<sup>[10,24-25]</sup>。

### 3.1 松嫩平原区

(1) 在松嫩平原区第三、四、五、六积温带,土壤质地较粘重的黑土、草甸土耕地,推行肥沃耕层构建模式<sup>[24]</sup>。通过玉米秸秆深翻还田打破犁底层,通过玉米—大豆轮作系统中大豆根系改善土壤结构,调控土壤的物理性质,增加土壤蓄水和供水能力,减少氮肥施用。主要技术流程为第一年种植玉米后进行秸秆粉碎、有机肥抛洒、秸秆深混还田、重耙作业和起垄作业;第二年种植大豆后实施秸秆覆盖;第三年免耕种植玉米,并对秸秆进行深还田。

(2) 在松嫩平原区中东部第一、二积温带,土地面积大,集中连片,中厚层退化黑土、黑钙土和草甸土耕地,且具有大型农业机械的地区,推行两翻半免修复退化黑土地集成技术模式<sup>[26-27]</sup>。在第一、二年通过秋季玉米秸秆粉碎深翻还田,打破犁底层,解决秸秆浅还导致的春季土壤跑墒问题,有效增加土壤有机质和养分,改良土壤结构,增加微生物活力;第三年通过秸秆覆盖条耕,减少机械作业成本,促进作物增产提质,实现节本增效。



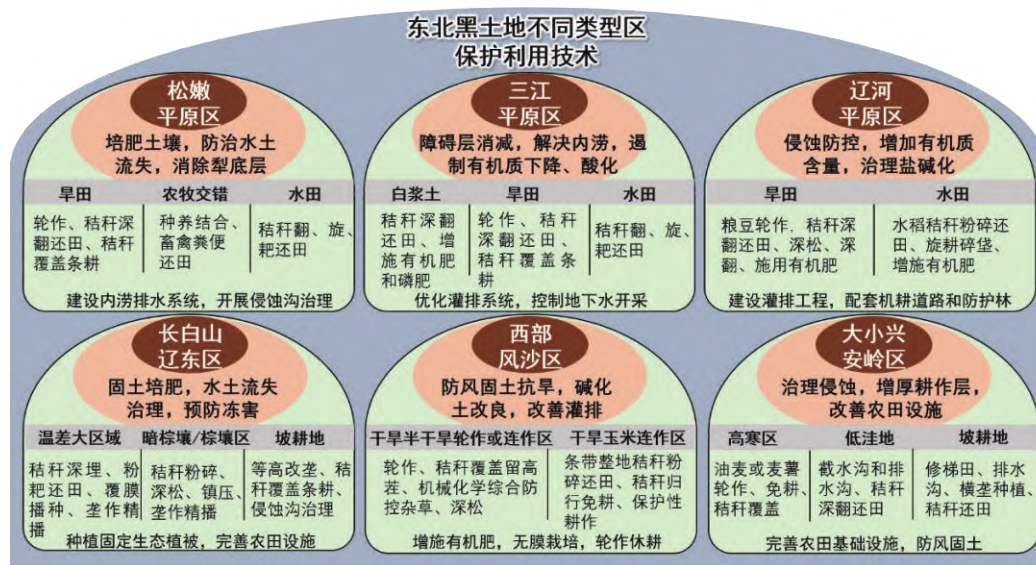


图4 东北黑土地不同类型区适用的保护利用技术

Fig.4 Protection and utilization patterns for cultivated land in the different types of regions in Northeast China

(3) 在松嫩平原区第一、二积温带, 中厚层退化黑土、黑钙土和草甸土耕地, 且畜牧业发达的农牧结合区<sup>[26-27]</sup>。充分利用畜禽粪便资源丰富的优势, 将部分地块秸秆离田黄储喂饲, 或直接与畜禽粪便堆沤, 形成有机肥再进行还田; 通过逐步实施秸秆深翻还田配施有机肥, 打破犁底层, 提高耕层土壤养分和水分库容, 促进作物生长。主要技术流程为第一年种植玉米后进行秸秆离田黄储喂饲, 并旋耕土地; 第二年种植玉米后进行秸秆和有机肥深翻还田; 第三年种植玉米后进行秸秆深翻还田。

(4) 在松嫩平原南部雨养玉米种植区, 推行黑土地雨养区地力保育技术模式<sup>[24]</sup>。以秸秆全量深翻还田和秸秆全量覆盖归行还田相结合, 增加土壤有机质含量, 改良土壤结构, 实现减肥增效。主要技术流程为第一年玉米收获后进行秸秆全量深翻还田; 第二、三年种植玉米后进行秸秆全量覆盖归行还田, 同时配合养分管理等农艺措施。此外, 在玉米—大豆轮作区, 第二年改为种植大豆, 并进行大豆秸秆覆盖还田。

(5) 在松嫩平原区中漫川漫岗黑土区坡耕地, 推行坡耕地黑土保土提质综合技术模式<sup>[24]</sup>。通过等高改垄降低垄向坡度, 避免地表径流冲刷; 通过秸秆覆盖条耕增加地表覆盖度和粗糙度, 防治水土流失; 以水土流失冲刷并沉积在坡脚和河道的淤泥为基质, 辅以牛粪和秸秆等, 沤制有机肥还田, 快速提升侵蚀退化黑土质量。主要技术包括坡面水土保持整治

工程措施和农艺措施两个方面; 其中坡面水土保持整治工程措施主要为秋收后旋耕或耙平土地, 沿等高线旋耕起垄; 农业措施为第一年种植玉米, 并实施秸秆全量覆盖还田条耕技术, 第二年种植玉米或大豆, 并实施秸秆全量覆盖条耕技术; 第三年种植玉米或其它作物, 并实施秸秆全量翻埋还田技术。

(6) 在松嫩平原区机械化程度高、地力水平较高的水稻种植区推行黑土地水田地力保育技术模式<sup>[24]</sup>。通过秸秆翻压、搅浆、测土配方施肥等技术的实施, 解决稻区秸秆还田后由于长期淹水造成的还原性物质危害、土壤供氮能力下降和养分不均衡等问题, 提高土壤有机质含量, 促进土壤水、肥、气、热的综合协调利用, 实现稻田土壤保护性利用。主要技术流程为水稻收割后进行秸秆粉碎, 当土壤达到宜耕状态后, 进行稻茬秸秆翻压还田和旋耕碎垡, 春季进行旋地搅浆和测土配方施肥。

此外, 在松嫩平原区还应进行田块整治, 完善田间设施和农田林网, 改造低洼内涝区排水系统, 建设中大型侵蚀沟控制工程等。

### 3.2 三江平原区

(1) 在三江平原区旱地耕地, 推行耕层改良培肥技术模式<sup>[24]</sup>。通过秸秆深翻还田, 打破白浆层, 增加耕层厚度; 通过增施有机肥和磷肥, 调节白浆层pH, 活化心土层土壤养分, 解决秸秆深翻还田过程中心土层上移导致的土壤肥力下降问题。主要技术流程为第一年种植玉米后进行秸秆粉碎、有机肥抛

酒、增施磷肥、土壤深翻、耙地和旋耕起垄等作业；第二年种植大豆后秸秆旋耕还田或覆盖免耕深松；第三年种植玉米，并对秸秆进行深混还田。

(2) 在三江平原区第三、四、五积温带，土壤质地较粘重的黑土、草甸土耕地，推行肥沃耕层构建模式<sup>[24]</sup>，技术原理及流程同松嫩平原区。

(3) 在三江平原区机械化程度高、地力水平较高的水稻种植区推行水田地力保育技术模式<sup>[24]</sup>，技术原理及流程同松嫩平原区。

(4) 在三江平原区中漫川漫岗黑土区坡耕地，推行保土提质综合技术模式<sup>[24]</sup>，技术原理及流程同松嫩平原区。

此外，在三江平原区还应完善农田基础设置，优化灌排系统，提升低洼内涝区排水能力，控制水稻井灌面积和地下水开采。

### 3.3 辽河平原区

(1) 在辽河平原雨养玉米种植区，推行黑土地旱田地力保育技术模式<sup>[24]</sup>，技术原理及流程同松嫩平原区。

(2) 在辽河平原机械化程度高、肥力中等的玉米种植区推行玉米连作深松深翻增施有机肥技术模式<sup>[23, 28]</sup>。通过深松、深翻和保护性耕作，有效利用畜禽粪便和秸秆等有机肥资源，改善土壤理化性质，提高土壤肥力，减少化肥施用量，促进种植和养殖业协调发展。主要技术流程为第一年种植玉米后进行深松，第二年增施有机肥，种植玉米；第三年种植玉米后实施保护性耕作，并减量施用化肥。

(3) 在辽河平原区机械化程度高、地力水平较高的水稻种植区推行水田地力保育技术模式<sup>[24]</sup>，技术原理及流程同松嫩平原区。

(4) 在辽河平原区机械化程度高、畜禽粪便资源较为丰富的中低肥力水稻种植区，推行黑土地水田地力培肥技术模式<sup>[24]</sup>。通过水稻秸秆翻压还田和有机肥施用提高土壤有机含量，改善土壤理化性状，有效利用畜禽粪便等有机肥资源。主要技术流程为第一、二年水稻成熟后实施秸秆粉碎和翻压还田，并进行旋耕碎垡，在春季旋地搅浆和测土配方施肥；在第三年实施秸秆与畜禽粪污堆沤还田。

此外，在辽河平原区还应建设田间灌排工程，开展田块整治，配套机耕道路和农田防护林，并推进盐碱土治理。

### 3.4 长白山辽东区

(1) 在长白山辽东区中昼夜气温变化较大的湿润地区，推行玉米秸秆全量深翻还田散墒增温高产技术模式<sup>[17]</sup>。通过开展秋季秸秆深埋或粉耙还田技术，在增加土壤肥力的同时，促进春季散墒和地温回升，实现早熟品种播种期前移；在此基础上配以覆膜播种，进一步增加地温，播种期前移，充分利用光热资源。主要技术流程为玉米收获后粉碎深翻还田，春季进行旋耕整地施肥和覆膜播种。

(2) 在长白山辽东区中年降水量大于 600 mm 的暗棕壤和棕壤区推行玉米秸秆全量粉耙还田散墒增温技术模式<sup>[17]</sup>。以秸秆全量粉耙还田为核心，优化集成秸秆粉碎、土壤深松、适时镇压、垄作精播等技术，起到增温散墒、减肥增效的效果，解决该地区秸秆还田难的问题。

(3) 在长白山辽东区中丘陵黑土区坡耕地，推行黑土保土提质综合技术模式<sup>[24]</sup>，技术原理及流程同松嫩平原区。

(4) 在长白山辽东区 5°以下坡耕地中，面积小于 21 亩，平均深度小于 3 m 的浅沟、切沟、支沟等小型沟和中型沟地区，推行坡耕地沟毁耕地修复提质综合技术模式<sup>[24]</sup>。主要通过沟道整形、暗管铺设、秸秆打捆、秸秆填埋、表层覆土和渗井修筑等 8 项技术措施实现沟毁耕地修复，田块扩大并完整。并配合土壤培肥和旋耕起垄措施进行耕地复垦后修复。

此外，在长白山辽东区还应完善农田基础设施以及农田林网，种植固定生态植被。

### 3.5 西部风沙区

(1) 在风沙干旱半干旱地区中玉米—大豆轮作区或玉米连作区，推行黑土地水土保持提升地力技术模式<sup>[24]</sup>。以高留茬免耕播种覆秸联合作业和深松整地为技术核心；在玉米—大豆轮作区，采用玉—玉—豆轮作模式，大豆收获后秋季深松整地；在玉米连作区，三年实施一次秋季深松整地；并配合留高茬免耕播种覆盖技术，减轻秸秆造成的“冷凉效应”效应，遏制土壤风蚀沙化，提高土壤有机质含量，培肥土壤；同时，通过机械、化学综合除草，以封闭除草为主，茎叶除草为辅的方式减少杂草危害。

(2) 在风沙干旱玉米连作区，推行黑土地保墒增温提升地力技术模式<sup>[24]</sup>。土壤耕作采用条带整地秸秆粉碎还田方式或秸秆归行免耕方式，深松深度以打破犁底层为宜；利用早春“返浆水”抢墒播种，对于条带整地秸秆粉碎地块，通过普通精量播种机或



轻简型免耕播种机实现保护性耕作, 对于秸秆归行方式, 采用普通免耕播种机一次性完成播种、施肥、覆土等环节; 播种后及时镇压, 抗旱保墒。

(3) 在西部风沙区中井灌配套地区, 推行玉米秸秆深还滴灌减肥技术模式<sup>[17, 29]</sup>。通过大马力拖拉机配套秸秆粉碎机、液压翻转型、旋耕机、镇压器等农机具进行玉米秸秆深翻还田作业, 配套滴灌水肥一体管理技术, 提高该地区水分利用效率, 防治地下水超采, 实现水肥双控, 并满足作物出苗需要, 解决耕地土壤有机质含量低、播种质量差、玉米产量低的问题。

(4) 在西部风沙区针对早春低温冷凉和全年蒸发量大的覆膜地区, 推行地力恢复技术模式。采用  $135 \text{ kg N hm}^{-2}$  有机肥与  $135 \text{ kg N hm}^{-2} + 67.5 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ hm}^{-2}$  无机化肥配施作为地膜覆盖条件下的最优施肥方案, 设置有机肥 N : 无机肥 N : 无机肥  $\text{P}_2\text{O}_5$  的推荐施用比为 2 : 2 : 1; 将有机无机肥配施、地膜覆盖、残膜回收、深翻整地作为该区域土壤肥力恢复的主推技术模式。同时, 还应在适宜的情况下推广可降解地膜, 并通过水肥一体化等技术实施的基础上进一步研发无膜栽培技术。

此外, 在西部风沙区还应结合增施有机肥等技术提高土壤有机质含量和耕层厚度, 提高土壤蓄水保墒、保肥能力, 并配合轮作休耕技术实现耕地用养结合。

### 3.6 大小兴安岭区

(1) 在大小兴安岭区中丘陵黑土区坡耕地, 推行黑土保土提质综合技术模式<sup>[24]</sup>, 技术原理及流程同松嫩平原区。

(2) 在大小兴安岭区  $5^\circ$  以下坡耕地中, 面积小于 21 亩, 平均深度小于 3 m 的浅沟、切沟、支沟等小型沟和中型沟地区, 推行坡耕地沟毁耕地修复提质综合技术模式<sup>[24]</sup>, 技术原理及流程同长白山辽东区。

(3) 在大兴安岭北麓高寒旱作区和与该区域生态条件类似, 土地平整、连片、规模化经营地区, 推行麦油轮作免耕秸秆覆盖还田技术模式和麦薯轮作免耕秸秆还田水肥一体化技术模式<sup>[23]</sup>。通过小麦(大麦)—油菜—小麦(大麦)—休闲(或油菜)轮作模式或油菜—小麦(大麦)—马铃薯(水肥一体化)—小麦(大麦)轮作模式, 配套实施免耕播种和秸秆覆盖还田技术, 可有效防治土壤风蚀沙化,

逐步培肥土壤, 提高土壤抗旱能力, 达到黑土地保护利用兼顾的目的。

(4) 在大兴安岭南麓及与该区域生态条件类似的山丘间洼地和土层深厚、土壤黏重冷凉、犁底层浅的缓坡漫岗地, 推行低洼易涝地玉米连作秸秆深混还田技术模式<sup>[23]</sup>。在低洼地上部的丘陵顶部挖截水沟和排水沟的基础上, 配套实施玉米秸秆全量还田与深翻深混整地技术, 打破犁底层, 提高土壤有机质含量, 创建深厚肥沃的耕层土壤, 增加土壤的通透性能和增温蓄水保墒能力。主要技术流程为挖截水沟和排水沟的基础上, 第一年种植玉米后进行秸秆粉碎深翻深混还田; 第二年种植玉米后进行秸秆旋耕掺混深松还田技术; 第三年连作玉米后实施玉米秸秆粉碎深翻深混还田。

此外, 在大小兴安岭地区还应完善农田基础设施, 建设农田防护林网, 通过建立“林草冠”等措施防风固土。

### 参考文献:

- [1] 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.
- [2] 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.
- [3] 魏丹, 匡恩俊, 迟凤琴, 等. 东北黑土资源现状与保护策略[J]. 黑龙江农业科学, 2016, (1): 158 - 161.
- [4] 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.
- [5] 邹文秀, 韩晓增, 陆欣春, 等. 肥沃耕层构建对东北黑土区旱地土壤肥力和玉米产量的影响[J]. 应用生态学报, 2020, 31(12): 4134 - 4146.
- [6] 韩晓增, 邹文秀. 东北黑土地保护利用研究足迹与科技研发展望[J]. 土壤学报, 2021, 58(6): 1341 - 1358.
- [7] 辛景树, 汪景宽, 薛彦东. 东北黑土区耕地质量评价[M]. 北京: 中国农业出版社, 2017.
- [8] 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.
- [9] 龙丽, 闫成璞. 松嫩平原风(水)蚀区水土资源利用问题与治理措施[J]. 黑龙江水利科技, 2017, 45(10): 15 - 17.
- [10] 农业农村部. 国家黑土地保护工程实施方案(2021-2025年)[R]. 北京, 2021.
- [11] 张晓光, 黄标, 梁正伟, 等. 松嫩平原西部土壤盐碱化特征研究[J]. 土壤, 2013, 45(2): 332 - 338.
- [12] 冯浩原, 张春峰. 白浆土改良研究进展及展望[J]. 黑龙江农业科学, 2022, (11): 104 - 109.
- [13] 赵德林. 三江平原低产土壤与改良[M]. 哈尔滨: 黑龙江科学技术出版社, 1992.

- [14] 廖晓勇. 东北黑土地保护与利用报告(2021年)[R]. 北京: 中国科学院, 2021.
- [15] 徐志强. 辽宁省黑土地保护利用现状及对策[J]. 农业科技与装备, 2020, (1): 71 – 73.
- [16] 贾文锦. 辽宁土壤[M]. 沈阳: 辽宁科学技术出版社, 1992.
- [17] 李德忠, 张环宇, 李会民, 等. 吉林省黑土地保护主要耕作技术及推广机制研究[J]. 吉林农业, 2019, (4): 67 + 72.
- [18] 姜 岩. 吉林土壤[M]. 北京: 中国农业出版社, 1998.
- [19] 尹少媛, 赵宝平, 米俊珍, 等. 内蒙古农田耕层土壤地膜残留现状及发展趋势[J]. 农业环境科学学报, 2022, 41(9): 1985 – 1992.
- [20] 陈玉洁, 张平宇, 刘世薇, 等. 东北西部粮食生产时空格局变化及优化布局研究[J]. 地理科学, 2016, 36(9): 1397 – 1407.
- [21] 王岩松, 王玉玺, 李洪兴. 黑土区范围界定及水土保持分区防治策略研究[J]. 东北水利水电, 2007, 25(12): 43 – 46.
- [22] 景国臣, 刘丙友, 荣建东, 等. 黑龙江省冻融侵蚀分布及其特征[J]. 水土保持通报, 2016, 36(4): 320 – 325.
- [23] 韩晓增, 邹文秀, 杨 帆, 等. 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[J]. 中国科学院院刊, 2021, 36(10): 1194 – 1202.
- [24] 农业农村部农田建设管理司, 农业农村部耕地质量监测保护中心. 东北黑土地保护利用技术模式[R]. 北京, 2021.
- [25] 农业农村部种植业管理司, 农业农村部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[M]. 北京: 中国农业出版社, 2019.
- [26] 韩晓增, 邹文秀, 严 君, 等. 黑龙江省打造黑土地保护利用的“龙江模式”[J]. 中国农村科技, 2021, 311(04): 25 – 27.
- [27] 郭玉华. 黑土地保护介绍[OL]. <http://www.nongji668.com/news/show/1572/>
- [28] 辽宁省农业发展服务中心. 辽宁省黑土地保护利用技术指导意见[Z]. 2021.
- [29] 吉林省农业农村厅. 吉林省2022年农业主导品种和主推技术[Z]. 2022.

## Main Characteristics and Utilization Countermeasures for Black Soils in Different Regions of Northeast China

XU Ying-de<sup>1</sup>, PEI Jiu-bo<sup>1\*</sup>, LI Shuang-yi<sup>1</sup>, ZOU Hong-tao<sup>1</sup>, WANG Jing-kuan<sup>1</sup>, ZHANG Jia-bao<sup>2</sup>

(1. College of Land and Environment, Shenyang Agricultural University, Northeast Key Laboratory of Conservation and Improvement of Cultivated Land, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, National Engineering Research Center for Efficient Utilization of Soil and Fertilizer, Shenyang 110866, China; 2. Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China)

**Abstract:** The Black soil region of Northeast China is one of the main Black soil belts in the world. It is the main grain producing area in China and has made great contributions to ensuring national food security. In recent decades, the degradation of cultivated land quality such as “thinning, barrening and hardening” in the Black soil regions has seriously restricted the improvement of grain production capacity. A reasonable and scientific understanding of the black soil resources and taking effective measures to protect and utilize the black soils have become the key to the sustainable development of agriculture. However, the complexity of the geographical location, natural environment, agricultural production, and soil resources in Northeast China has hindered the scientific formulation and smooth implementation of soil protection and utilization policies. In this paper, the Black soil regions were classified into six types: Songnen plain region, Sanjiang plain region, Liaohe plain region, Changbai mountain and eastern Liaoning region, Western sandy region and Daxing'an and Xiaoxing'anling region. The characteristics of geography, climate and soil composition in different types of regions were summarized. The main problems faced by different types of regions were discussed from the aspects of climate, agricultural production and soil limiting factors. The protection and utilization patterns applicable to different types of regions were analyzed and summarized, in order to provide reference for coordinating the contradiction between black soil protection and productive capacity improvement.

**Key words:** Black soil region of Northeast China; Type region; Characteristics; Protection and utilization

[责任编辑: 高晓丹]