

东北黑土地地区耕地质量现状与面临的机遇和挑战

汪景宽¹, 徐香茹², 裴久渤¹, 李双异¹

(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, 辽宁 沈阳 110161;

2. 江苏大学农业工程学院, 江苏 镇江 212013)

摘 要: 东北黑土地地区是世界四大黑土区之一, 耕地总面积 3584 万 hm^2 , 粮食产量占全国粮食总产量的 1/4、商品粮的 1/3, 为保障国家粮食安全做出了重要贡献。由于土壤侵蚀和长期高强度重用轻养等原因, 黑土地地区土壤耕层变薄、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”。通过分析明确了该地区耕地后备资源较少、中低产田比例偏高、农田基础设施不足等问题, 指出保证国家粮食安全是黑土地地区面临的重大机遇, 提升黑土地地区耕地质量是面临的重大挑战。进一步明确了提升黑土地地区耕地质量主要对策, 包括加强水土流失治理, 确保黑土地耕层不变薄; 加强有机物料投入, 确保黑土地有机质不下降; 重视平衡施肥和酸化土壤改良, 遏制土壤酸化; 加强高标准农田建设, 确保黑土地质量不降低; 完善耕地质量建设管理制度, 确保黑土地保护有法可依。

关 键 词: 东北黑土地; 耕地质量; 提升对策

中图分类号: S147.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 0564-3945(2021)03-0695-07

DOI: 10.19336/j.cnki.trtb.2021011103

汪景宽, 徐香茹, 裴久渤, 李双异. 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 Jing-kuan, XU Xiang-ru, PEI Jiu-bo, LI Shuang-yi. 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

引言

黑土地是最珍贵的土壤资源, 在全球范围内涵盖了较多的土壤类型, 除了典型的黑土外, 还包括黑钙土、栗钙土、白浆土、暗棕壤、棕壤、草甸土及水稻土^[1]。从性状来看, 黑土的主要特征是具有较深厚的暗沃表土 ($> 20 \text{ cm}$)、良好的团粒结构、丰富的有机质含量 ($> 20 \text{ g kg}^{-1}$)、较高的盐基饱和度 ($> 70\%$)、适宜的 pH 值 ($5.5 \sim 6.5$) 和适宜的土壤容重 ($1.0 \sim 1.3 \text{ g cm}^{-3}$)。一般来讲, 黑土是指温带半湿润气候草原草甸植被条件下形成的黑色或暗黑色均腐质土壤^[2]。目前世界上存在四大黑土区, 分别是乌克兰大平原、北美洲密西西比河流域、南美洲阿根廷至乌拉圭的潘帕斯大草原和我国东北平原, 总面积约 423 万 km^2 , 占陆地面积的 3.2%, 占有所有土壤类型的 28.6%^[3-4]。我国东北地区包括黑龙江省、吉林省、辽宁省和内蒙古东四盟, 土地总面积 124.86 万 km^2 , 上述黑土总面积约 103 万 km^2 , 其中耕地 35.84 万 km^2 ^[5]。新中国成立后, 该地区自然土壤得到了大面积开发利用, 农业生产中拥有规模化、

集约化和信息化等特点, 东北黑土地地区粮食产量不断增加, 居全国粮食增产的主导地位。然而, 由于土壤侵蚀、有机质减少和酸化, 面临着土壤退化的挑战。

东北黑土地地区自然条件下, 土壤有机质一般为 $20 \sim 150 \text{ g kg}^{-1}$, 但开垦后土壤有机质明显下降, 如果耕作管理不当, 有机质会持续下降^[4]。土壤有机质是土壤质量的核心, 有机质含量降低, 使土壤团粒结构破坏, 通透性变差, 缓冲性能减弱, 导致土壤肥力下降, 农作物减产。与此同时, 土壤有机质下降也造成大气 CO_2 浓度的升高, 加剧全球的温室效应。东北黑土地地区是我国重要商品粮生产基地, 耕地质量不仅影响作物产量, 而且影响我国的粮食安全^[6]。本文目的是分析该区域耕地土壤存在的主要问题、面临的机遇与挑战, 为该区域耕地质量提升提供对策。

1 东北黑土地地区耕地资源分布

1.1 分布范围与数量

东北黑土地地区主要集中在黑龙江省、吉林省、辽宁省以及内蒙古自治区东四盟地区 ($E 118^\circ 53' \sim$

收稿日期: 2021-01-11; 修订日期: 2021-02-27

基金项目: 国家自然科学基金项目 (41977086, 41807086, 41771328)、国家重点研发计划项目 (2017YFD0200604, 2016YFD0200304) 和辽宁省教育厅科学研究一般项目 (LSNYB201615) 资助

作者简介: 汪景宽 (1963-), 男, 辽宁凤城人, 博士, 教授, 主要从事土壤肥力研究。E-mail: jkwang@syau.edu.cn

135°5′, N 38°43′~53°33′), 总面积 124.86 万 km²。东北隔黑龙江和乌苏里江与俄罗斯相望, 东南隔图们江和鸭绿江紧邻朝鲜, 西与蒙古国接壤, 西南与河北省相邻, 南临渤海与黄海。地形多为山麓平原和山前洪积阶地, 地势平缓辽阔, 为波状漫岗起伏, 坡度范围在 1~5°之间。东北是我国重要的能源、木材、煤炭、冶金、钢铁的生产基地以及重要的商品

粮基地, 区域内耕地多数集中在松嫩平原、三江平原、辽河平原和大兴安岭山前平原。该区域耕地土壤类型面积最大的是草甸土, 占总耕地面积的 19.69%, 其次为暗棕壤和黑土, 分别占耕地总面积的 16.76% 和 13.29%。水稻土的面积也愈来愈大, 目前拥有 416.73 万 hm², 占耕地面积的 11.63%, 并且有不断增加的趋势(表 1)。

表 1 东北黑土地区耕地土壤面积及所占比例
Table 1 Areas and percentages of cultivated land of black soil in Northeast China

土类名称及代码 Soil type and code	包括亚类 Suborder	耕地面积 (万 hm ²) Area of cultivated land	占总耕地 (%) Percentage in total	排序 Order
草甸土 (H11)	典型草甸土, 潜育草甸土, 盐化草甸土	705.70	19.69	1
暗棕壤 (B31)	典型暗棕壤, 白浆化暗棕壤, 草甸暗棕壤	600.80	16.76	2
黑土 (C32)	典型黑土, 草甸黑土, 白浆化黑土	476.29	13.29	3
水稻土 (L11)	淹育水稻土	416.73	11.63	4
黑钙土 (D11)	典型黑钙土, 淋溶黑钙土, 草甸黑钙土	370.84	10.35	5
白浆土 (B32)	典型白浆土, 草甸白浆土	323.08	9.02	6
棕壤 (B21)	典型棕壤, 潮棕壤, 白浆化棕壤, 酸性棕壤	220.34	6.15	7
潮土 (H21)	典型潮土, 湿潮土, 盐化潮土	181.82	5.07	8
褐土 (C21)	典型褐土, 石灰性褐土, 淋溶褐土	153.47	4.28	9
栗钙土 (D21)	暗栗钙土, 草甸栗钙土	99.83	2.79	10
其他土类	盐碱土, 沼泽土等	34.77	0.97	11
合计		3583.67	100	

注: 数据来自《东北黑土区耕地质量评价》, 土壤代码参考中国土壤分类与代码 GB 17296—2009^[6]。

1.2 形成过程与影响因素

东北黑土发育于多种基性母质上, 包括石灰岩、玄武岩、第三系河流和湖泊沉积物^[7], 母岩中含有丰富的斜长石、铁镁矿物和碳酸盐。黑土区属于温带大陆性季风气候, 四季分明, 冬季漫长, 寒冷干燥, 年平均气温分布-2~8℃, 年均降雨量分布在 400~700 mm。通常认为黑土是温带草原草甸条件下形成的土壤, 母质绝大多数为黄土性黏土, 土壤质地黏重, 透水不良, 且有季节性冻层。在温暖多雨的夏季, 植物生长茂盛, 使得地上及地下有机物年积累量非常大; 而到了秋末, 霜期到来早使得植物枯死保存在地表和地下; 随着气温急剧下降使得残枝落叶等有机质来不及分解, 等到来年夏季土壤温度升高时, 在微生物的作用下, 使植物残体转化成腐殖质在土壤中积累, 从而形成深厚的腐殖质层。数万年至几十万年前, 草原和森林植被枯死后的残体在原先的沙砾层上逐渐堆积, 形成厚重的腐殖质层, 最终发育成养分丰富的黑土。据估计, 每形成 1 m 厚的黑土层, 需要 3 万至 4 万年^[8]。因此, 黑土是东北地区特有的气候和植被相互作用而形成的土壤类型。

2 东北黑土地区耕地现状与存在的问题

2.1 黑土地区土壤开垦率高, 但后备资源不多

东北平原及漫川漫岗地区主要土壤为黑土、黑钙土、白浆土和草甸土, 总土壤面积为 3344.3 万 hm², 已开垦为耕地 1875.9 万 hm², 开垦率平均为 56.1% (表 2)。目前, 非耕地面积尚有 1468.4 万 hm², 包括林地、草地及建设用地。这些非耕地开垦为耕地的难度较大, 按一般 40% 的开垦率计算, 可开垦为耕地的仅有 587.4 万 hm²。因此, 东北黑土地区土地开垦率已较高, 耕地后备资源储备较少, 能开垦为优质耕地的数量更少, 且难度很大^[7]。

2.2 黑土地区耕地面积较大, 但中低田比例较高

黑土地区耕地面积为 3583.67 万 hm², 占全国耕地面积的四分之一左右。根据 2014 年《东北黑土区耕地质量评价》结果, 该区耕地质量平均为 3.84 等, 其中高等地 (1~3) 面积 992.74 万 hm², 占比 27.70%; 中等地 (4~7) 面积 2161.88 万 hm², 占比 60.33%; 低等地 (8~10) 面积 429.05 万 hm², 占比 11.97% (表 3), 中低等地占比较高, 达到了 72%^[5]。

表 2 东北地区主要土壤与耕地面积(万 hm²)
Table 2 Areas of some black soil types and arable lands in Northeast China

土壤类型 Soil type	总面积 Total area	耕地面积 Area of arable land	开垦率 (%) Reclaimed percentage	非耕地面积 Area of non-arable land	可开垦地面积 Reclaimed area
黑土	701.5	476.3	67.9	225.2	90.1
黑钙土	957.7	370.8	38.7	586.8	234.7
白浆土	527.2	323.1	61.3	204.1	81.6
草甸土	1157.9	705.7	60.9	452.2	180.9
合计/平均	3344.3	1875.9	56.1	1468.4	587.4

注: 1. 本表数据来自《中国土壤普查数据》(1997年); 2. 可开垦面积=非耕地面积*40% (假定的开垦率为40%)。

表 3 东北黑土地区耕地质量等级面积与比例(万 hm², %)
Table 3 Areas and percentages of arable black soil with different quality grades in Northeast China

等级 Grade	统计项 Item	黑龙江省 Heilongjiang Province	黑龙江省农垦总局 Agri-reclamation Bureau in Heilongjiang Province	吉林省 Jilin Province	辽宁省 Liaoning Province	内蒙古东四盟市 Four Cities in East Inner Mongolia	总计 Total
高等地	面积	282.24	171.46	258.93	206.78	73.33	992.74
	比例	17.38	59.65	44.34	41.24	12.48	27.70
中等地	面积	1134.27	105.43	248.84	271.48	401.86	2161.88
	比例	69.87	36.69	42.62	54.56	68.37	60.33
低等地	面积	206.81	10.52	76.13	23.06	112.53	429.05
	比例	12.75	3.66	13.04	4.2	19.15	11.97
合计	面积	1623.32	287.41	583.90	501.32	587.72	3583.67

(数据来自《东北黑土区耕地质量评价》^[9])。

2.3 黑土地区利用强度较大, 导致黑土变薄变瘦变硬

东北黑土地区土壤肥沃, 是我国重要的农业产品基地^[6]。近年来, 由于自然因素制约和人为高强度利用, 该区域水土流失日益严重。据调查, 黑土区平均每年流失 0.3 ~ 1.0 cm 厚的黑土表层, 黑土区原本较厚的黑土层现在只剩下 20 ~ 30 cm (图 1), 有的地方甚至已露出黄土状母质, 基本丧失了生产能

力^[7-8]。据测算, 黑土地区现有的部分耕地再经过 40 ~ 50 年的流失, 黑土层将全部消失。目前东北典型黑土区存在水土流失的面积有 4.47 万 km², 约占典型黑土区总面积的 26.3%^[9]。每生成 1 cm 黑土需要 200 年到 400 年时间, 而现在部分黑土层却在以每年近 1 cm 的速度流失, 黑土层愈来愈薄。

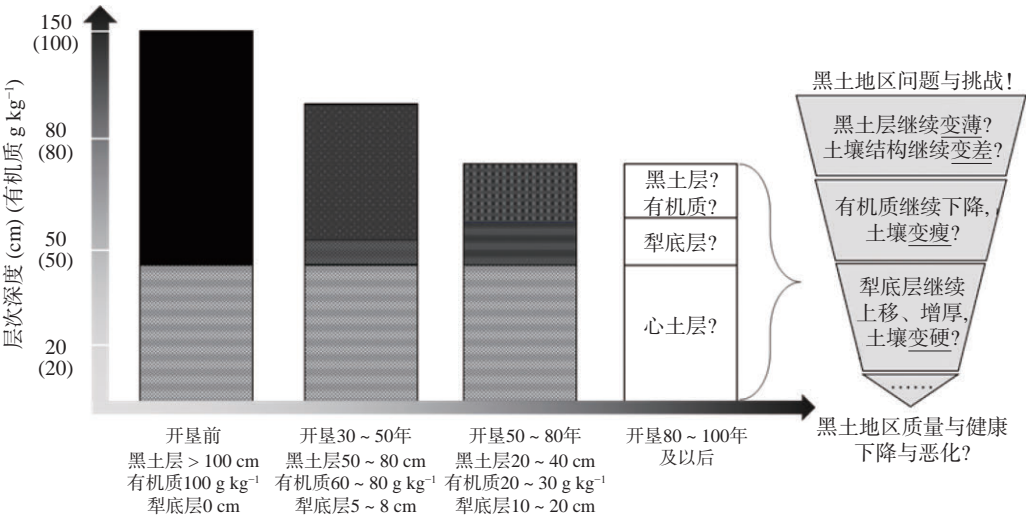


图 1 东北黑土地区土壤剖面层次及有机质含量变化
Fig.1 Changes of soil organic matter and vertical layer depths of black soil in Northeast China

东北黑土地区土壤具有丰厚的腐殖质, 碳储量巨大, 因此相对于其他土壤类型, 更容易受到扰动, 其微小变化都对气候变化产生重要影响^[10-12]。东北黑

土有机质含量从原来开垦初期的 60 ~ 80 g kg⁻¹, 耕种 20 ~ 30 年后下降到 20 ~ 30 g kg⁻¹, 2014 年平均为 30.56 g kg⁻¹^[15]。损失的碳从土壤中释放到大气, 导

致大气中 CO₂ 含量增加, 影响气候变化, 使土壤从“碳汇”转为“碳源”^[13-17]。黑土有机碳储量的降低导致黑土愈来愈瘦^[18]。

多年来, 东北地区普遍采用小四轮拖拉机进行农田耕作及运输, 反复碾压导致耕层土壤容重增加, 土壤板结, 孔隙减少, 通透性变差, 入渗能力下降。黑土理化性状的恶化导致保水保肥性能减弱, 抗御旱涝能力降低, 团粒结构不断减少, 土壤日趋板结, 黑土愈来愈硬^[8]。

2.4 黑土地耕层土壤 pH 值下降, 土壤酸化趋势明显

耕层土壤酸化是近年来黑土地地区存在的主要问

题。土壤 pH 值下降酸化, 不仅影响作物的根系发育和养分吸收, 而且会活化土壤中的重金属, 导致土壤农作物中重金属含量超标。从全区土壤情况来看 (表 4), pH 值在 5.5~6.5 的耕地占 46.89%, 其中黑龙江省占本区域耕地面积 54.90%, 农垦总局占 75.42%, 都存在明显的酸化趋势。从耕地的土壤类型看, 黑土 pH 均值为 5.98, 暗棕壤为 5.91, 棕壤为 6.26, 草甸土为 6.7, 白浆土为 5.84, 水稻土为 6.32^[5]。由此可见, 黑土地地区土壤酸化趋势明显, 必须引起高度重视。

表 4 东北黑土区不同 pH 级别下的耕地面积统计
Table 4 Arable land areas of black soil with different pH values in Northeast China

省份 Province	面积及比例 (万hm ² , %) Area and Percentage	pH				
		≥ 8.5	7.5 ~ 8.5	6.5 ~ 7.5	5.5 ~ 6.5	< 5.5
黑龙江省	耕地面积	3.08	157.43	424.54	891.28	147.00
	占该区耕地	0.19	9.70	26.15	54.90	9.06
黑龙江省农垦总局	耕地面积	0.05	12.66	21.86	216.76	36.07
	占该区耕地	0.02	4.41	7.61	75.42	12.54
吉林省	耕地面积	21.06	201.78	94.65	191.35	75.08
	占该区耕地	3.61	34.56	16.21	32.77	12.85
辽宁省	耕地面积	2.93	95.73	176.62	207.15	18.89
	占该区耕地	0.58	19.10	35.23	41.32	3.77
内蒙古东四盟市	耕地面积	59.73	245.36	102.20	173.86	6.55
	占该区耕地	10.16	41.75	17.39	29.58	1.12
东北黑土区	耕地面积	86.85	712.95	819.87	1680.41	283.59
	占全区该级耕地	2.42	19.89	22.88	46.89	7.92

黑土地地区酸化问题日益严重, 主要是自然因素和人为因素两方面作用的结果。自然因素主要是大量降雨 (或酸雨) 导致土壤盐基离子淋失, 以及土壤中微生物通过分解有机物产生大量酸性物质; 人为因素主要是过量施用氮肥, 导致土壤 pH 值不断下降。

2.5 基础设施投入不足, 法律保护措施落实不到位

东北黑土地地区农田基础设施建设相对滞后。大多数地区基础设施是上世纪 70~80 年代建设的, 已经很难满足当前农业生产的需求。尤其是土地联产承包以后, 农田防护林体系破坏比较严重, 防风防蚀能力下降, 风蚀水蚀频繁发生, 导致黑土层逐年变薄, 土壤质地变粗, 严重的导致沙化^[19]。我国现有的耕地质量保护方面的法律、法规等存在一定的缺失, 如我国《农业法》、《土地管理法》、《基本农田管理条例》等法律法规对耕地质量管理作了一些原则性的规定, 但内容不够具体, 操作性不强, 在实际工作中难以落实^[20-21]。

3 东北黑土地地区面临的机遇与挑战

3.1 保证国家粮食安全是黑土地地区面临的重大机遇

落实国家领导人批示, 加大黑土保护力度。2020 年 7 月, 习近平总书记视察吉林时强调要采取有效措施, 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。我国人多地少的基本国情, 决定了必须把关系十几亿人吃饭大事的耕地保护好, 绝不能有闪失。要实行最严格的耕地保护制度, 依法依规做好耕地占补平衡, 规范有序推进农村土地流转, 像保护大熊猫一样保护耕地。各级部门要扎实落实, 加大投入, 保护和利用好黑土地。

落实黑土规划纲要, 提高综合生产能力。农业农村部会同国家发展改革委员会、财政部、国土资源部、环境保护部、水利部于 2017 年发布了《东北黑土地保护规划纲要 (2017~2030 年) 》, 该纲要明确指出黑土地保护的重要性和紧迫性, 明确提出

依靠科学进步, 推进用养结合, 改善内在质量, 夯实国家粮食安全的基础, 统筹土、肥、水、种及栽培等生产要素, 确保黑土地保护取得实效。加大投资力度, 鼓励和扶持农民秸秆还田, 提升土壤有机质, 有效改善土壤理化性状, 提高耕地综合生产能力^[21-23]。优化种植结构, 减少玉米连作, 提高大豆种植面积, 实行合理的轮作体系, 优化施肥体系, 提高黑土基础地力^[24]。提高农业集约化程度, 落实好黑土地保护措施, 提高黑土地综合生产力能力^[25]。

利用黑土地优势, 满足国家粮食需要。黑土地越来越多地致力于谷物生产、饲料生产以及天然牧场, 是世界天然粮仓。东北黑土地地区气候生产潜力 $4.65 \sim 13.06 \text{ t hm}^{-2}$ (平均 8.67 t hm^{-2}), 耕地生产能力 $2.77 \sim 9.38 \text{ t hm}^{-2}$ (平均 6.63 t hm^{-2}), 粮食生产能力 $2.97 \sim 12.1 \text{ t hm}^{-2}$ (平均 7.64 t hm^{-2}), 结合粮食播种面积, 东北黑土地地区粮食总生产能力 1.784 亿吨, 以 400 kg 标准人均粮食占有量计算, 东北黑土地地区总剩余生产力 1.37 亿吨, 在保障当地经济发展的前提下, 可保证全国其他地区 3.414 亿人的粮食供给, 是国家粮食安全的“压舱石”^[25]。

3.2 提升黑土地耕地质量等级是面临的最大挑战

加强水土流失治理, 确保黑土地耕层不变薄。在东北黑土地地区应加强水土流失治理, 开展黑土地保护, 应当修建高地埂植物带、推进等高种植和建设防护林带。要坚持突出重点, 综合施策。以耕地质量建设和黑土资源保护为重点, 统筹考虑土、肥、水、种等生产要素, 综合运用工程、农艺、农机、生物等措施, 提升黑土地耕层厚度。要根据实施情况, 对不同坡度的缓坡耕地, 采取机械起垄横向种植、短坡种植、等高修筑地埂, 结合地埂种植生物篱带等治理措施, 来减缓和防止水土流失^[26], 确保黑土地耕层不变薄。

加强有机物料投入, 确保黑土地有机质不下降。在东北黑土地地区, 应当大力推广秸秆还田和增施有机肥技术, 防止土壤有机质进一步下降。与此同时, 开展测土配方施肥, 推广高效肥和化肥深施、种肥同播等技术^[27]。通过秸秆还田、增施有机肥、深松深翻、测土配方施肥、合理轮作等措施, 可以明显改善土壤结构、土壤理化和生物学性状^[28-30]。保护性耕作是一种以农作物秸秆覆盖还田、免(少)耕播种为主要内容的现代耕作技术体系, 能够有效减轻土壤风蚀水蚀, 增强保墒抗旱能力和土壤肥力, 提高

农业生态和经济效益。在现行的种植制度中, 黑土保护应采取耕作、培肥和工程措施相结合方式进行, 可以采用“粮—肥—畜”的创新型运营模式, 结合国家财政补贴以及政策扶持等多重手段, 实现黑土地土壤有机质提升的目标。

重视平衡施肥和酸化土壤改良, 遏制土壤酸化。黑土地地区必须采取测土施肥技术, 及时掌握土壤养分与 pH 值变化情况, 根据该地区土壤的理化性质和测定结果进行合理施肥, 可通过有机无机肥料结合的方式进行科学平衡施肥, 避免长期施用致酸肥料带来的土壤酸化。另外, 对于已酸化的土壤要施用石灰、生物炭等酸性土壤改良剂, 尽快提升土壤 pH 值, 达到改良和缓解土壤酸化的目的。与此同时, 要采取合理的灌溉、排水和种植制度, 防止土壤酸化。

加强高标准农田建设, 确保黑土地质量不断提升。在高标准农田区, 应当大力发展高效节水灌溉, 实施续建配套与节水改造, 完善田间灌排渠系, 增加节水灌溉面积, 争取实现节水灌溉全覆盖^[31]。在中低产田地区, 要针对障碍层次(白浆层、黏化层、钙化层、酸化层、盐化层和碱化层等), 开展土地整治和土壤改良, 构建理想的肥沃耕层; 加强农田水利设施建设, 加大高标准农田建设力度, 争取实现集中连片、旱涝保收的高标准农田建设目标^[32]。2020 年到 2030 年, 东北黑土地地区耕地质量再提升 $0.5 \sim 1$ 个等级, 粮食产能稳步提高。

加强质量管理制度建设, 确保黑土地保护有法可依。保护黑土地, 立法要先行。应制定严格的黑土地保护管理法律, 包括防止污染与耕地政策调整等。建议制定耕地保护法, 形成以耕地保护法为核心, 土地管理法、农村土地承包法、环境保护法有机衔接、相互补充的严密的耕地保护法律体系; 以耕地“总量不减少、质量不下降”为目标, 明确保护黑土地及其他耕地资源的责任主体, 落实法律责任, 引导政府、企业和农户依法规范保护耕地; 建立耕地质量建设激励机制, 对提高耕地质量的有关措施实行补贴^[21]; 制定相关政策措施, 鼓励耕地承包经营者保护耕地, 培肥地力, 提升质量, 如秸秆还田补贴、种植绿肥补贴、有机肥补贴、保护性耕作补贴等, 并制订具体的补贴额度和补贴措施。国家要加大东北黑土地保护规划纲要的落实力度, 吸引各方面资金, 实施大规模中低产田改造, 提高黑土地耕地质量。

粮安天下，地为根基。黑土地是大自然留给人类发展的宝贵资源，我们要像保护“大熊猫”一样保护好黑土地，守好数量和质量的“双红线”。黑土地保护与利用关乎每个人的切身利益，关乎子孙后代长远生计，因此要坚持数量、质量和生态并重原则，在利用中进行保护，在保护中得到提升。

参考文献：

- [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.
- [2] 张新荣, 焦洁钰. 黑土形成与演化研究现状[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2020, 50(2)
- [3] Liu X, Burras C L, Kravchenko Y S, et al. Overview of Mollisols in the world: distribution, land use and management[J]. Canadian Journal of Soil Science, 2012, 92: 383 – 402.
- [4] Tong Y X, Liu J G, Li X L, et al. Cropping System Conversion led to Organic Carbon Change in China's Mollisols Regions[J]. Scientific Reports, 2017, 7(1): 18064.
- [5] 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.
- [6] Li H D, Shi W J, Wang B, et al. Comparison of the modeled potential yield versus the actual yield of maize in Northeast China and the implications for national food security[J]. Food Security, 2017, 9: 99 – 114.
- [7] 刘兴土, 阎百兴. 东北黑土区水土流失与粮食安全[J]. 中国水土保持, 2009, (1): 17 – 19.
- [8] 阎百兴, 杨育红, 刘兴土, 等. 东北黑土区土壤侵蚀现状与演变趋势[J]. 中国水土保持, 2008, 12: 26 – 30.
- [9] 王玉玺, 解运杰, 王萍. 东北黑土区水土流失成因分析[J]. 水土保持应用技术, 2002, 3: 27 – 29.
- [10] Yu G, Fang H, Gao L, et al. Soil organic carbon budget and fertility variation of black soils in Northeast China[J]. Ecological Research, 2006, 21: 855 – 867.
- [11] 汪景宽, 李双异, 张旭东, 等. 20年来东北典型黑土地区土壤肥力质量变化[J]. 中国生态农业学报, 2007, 15(1): 19 – 24.
- [12] 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[J]. 中国科学院院刊, 2019, 034(3): 362 – 370.
- [13] 康日峰, 任意, 吴会军, 等. 26年来东北黑土区土壤养分演变特征[J]. 中国农业科学, 2016, 49(11): 2113 – 2125.
- [14] 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, 16(1): 158 – 161.
- [15] 李忠, 孙波, 林心雄. 我国东部土壤有机碳的密度及转化的控制因素[J]. 地理科学, 2001, 21(4): 301 – 307.
- [16] 于东升, 史学正, 孙维侠, 等. 基于 1 : 100 万土壤数据库的中国土壤有机碳密度及储量研究[J]. 应用生态学报, 2005, 16(12): 2279 – 2283.
- [17] 方华军, 杨学明, 张晓平. 东北黑土有机碳储量及其对大气 CO₂ 的贡献[J]. 水土保持学报, 2003, (3): 9 – 12.
- [18] Ding X L, Han X Z, Liang Y, et al. Changes in soil organic carbon pools after 10 years of continuous manuring combined with chemical fertilizer in a Mollisol in China[J]. Soil and Tillage Research, 2012, 122: 36 – 41.
- [19] 李俊岭. 东北农业功能分区与发展战略研究[D]. 中国农业科学院, 2009.
- [20] 刘长江. 浅谈东北农业可持续发展战略及有效途径[J]. 中国生态农业学报, 2011, 19(1): 202 – 204.
- [21] 王艳丽, 范世涛, 张强, 等. 吉林省黑土地资源开发利用现状及保护对策[J]. 吉林农业大学学报, 2010, (S1): 57 – 59.
- [22] 宋戈, 王越, 雷国平, 等. 松嫩高平原黑土区耕地资源安全的驱动机制分析[J]. 农业工程学报, 2013, (21): 241 – 248.
- [23] Zhang J M, An T T, Chi F Q, et al. Evolution over years of structural characteristics of humic acids in Black Soil as a function of various fertilization treatments[J]. Journal of Soils and Sediments, 2019, 19(4): 1959 – 1969.
- [24] 龚海青, 付海美, 徐明岗, 等. 长期施肥下黑土有机肥替代率变化特征[J]. 中国生态农业学报, 2018, 26(9): 1398 – 1406.
- [25] 李红丹. 东北地区耕地地力与粮食生产能力研究[D]. 2016, 沈阳农业大学.
- [26] 阎百兴, 汤洁. 黑土侵蚀速率及其对土壤质量的影响[J]. 地理研究, 2005, 24(4): 499 – 506.
- [27] Zhou K, Sui Y, Liu X, et al. Crop rotation with nine-year continuous cattle manure addition restores farmland productivity of artificially eroded Mollisols in Northeast China[J]. Field Crops Research, 2015, 171: 138 – 145.
- [28] 白震, 张明, 闫颖, 等. 长期施肥对农田黑土微生物活力与群落结构的影响[J]. 土壤学报, 2009, (1): 107 – 116.
- [29] 邹文秀, 陆欣春, 韩晓增, 等. 耕作深度及秸秆还田对农田黑土土壤供水能力及作物产量的影响[J]. 土壤与作物, 2016, 5(3): 141 – 149.
- [30] 刘平奇, 张梦璇, 王立刚, 等. 深松秸秆还田措施对东北黑土土壤呼吸及有机碳平衡的影响[J]. 农业环境科学学报, 2020, 39(5): 1150 – 1160.
- [31] 徐小千, 裴久渤, 李双异, 等. 基于生态位理论的东北黑土区高标准农田建设标准研究[J]. 江苏农业科学, 2018, 46(7): 252 – 257.
- [32] 孙茜, 牛海鹏, 雷国平, 等. 高标准农田建设区域划定与项目区选址研究[J]. 农业机械学报, 2016, 47(012): 337 – 346.

Current Situations of Black Soil Quality and Facing Opportunities and Challenges in Northeast China

WANG Jing-kuan¹, XU Xiang-ru², PEI Jiu-bo¹, LI Shuang-yi¹

(1. College of Land and Environment, Shenyang Agricultural University, Northeast Key Laboratory of Conservation and Improvement of Cultivated Land, Ministry of Agriculture, Shenyang 110866, China; 2. Jiangsu University, Zhenjiang 212013, China)

Abstract: Black soil region in Northeast China is one of the four large black soil regions in the world, with 35.84 million hm² of cultivated land. The grain output in this region accounts for a quarter of total output and a third of commercial grain in China, making the important contribution to the country's food security. Soil erosion and overused patterns have led to the thinning of topsoil layer, depletion of soil organic matter, acidification of soil, deterioration of soil structure, and degradation of ecological functions, resulting in the topsoil 'thinned, barren and hardened'. Due to the less cultivated land reserve resources, high proportions of medium and low yield farmland and insufficient farmland infrastructure in this region, ensuring national food security and improving the quality of cultivated land were the most opportunity and the biggest challenge. The main countermeasures have been given to improve the quality of cultivated land in the black soil region, including strengthening the soil erosion control to prevent black soil tillage layer thinning, applying more organic materials to ensure soil organic matter decreasing, balancing fertilization and soil improvement to curb soil acidification. We still need to strengthen the construction of high-standard farmland to increase the quality of cultivated land and make more management policies to protect the sustainable use in black soil region.

Key words: Black soil region of Northeast China; Cultivated land quality; Improving measures

[责任编辑: 张玉玲]