
* 专 *
* 家 *
* 论 *
* 坛 *

中国黑土研究的热点问题及 水土流失防治对策

张兴义, 刘晓冰

(中国科学院 东北地理与农业生态研究所 海伦黑土水土保持监测研究站, 黑龙江 哈尔滨 150081)

摘要: [目的] 总结中国东北黑土区水土流失特征及其防治所取得的成效, 为黑土侵蚀防治和黑土地保护提供参考。[方法] 根据多年的研究积累, 结合区域调研和已有文献, 归纳近年来中国关于黑土研究的有关热点问题, 总结坡耕地水土流失防治成效。[结果] 确认了全球共有4大片黑土地地区, 其中中国东北黑土区面积为 $1.09 \times 10^6 \text{ km}^2$ 。虽然当前坡耕地黑土层因侵蚀变薄速率较高(2~3 mm/a), 水土流失导致全坡面土壤质量下降, 但可以肯定, 至少在未来100 a内黑土不会消失。东北黑土区已建立了效果显著的水土保持技术体系, 可有效降低水土流失80%以上, 使土壤有机质年均增加速率达5.4%, 作物产量提高10%以上。[结论] 应该以土壤侵蚀面积和强度双重指标衡量其水土流失严重程度。在未来30 a内, 黑土区水土流失防治工作应以坡耕地治理为主, 以法律为保障, 以国家工程为引领。



关键词: 黑土; 水土流失; 水土保持; 东北地区

文献标识码: C

文章编号: 1000-288X(2020)04-0340-05

中图分类号: S157

文献参数: 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. DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.2020.04.046; Zhang Xingyi, Liu Xiaobing. Key issues of mollisols research and soil erosion control strategies in China [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2020, 40(4): 340-344.

Key Issues of Mollisols Research and Soil Erosion Control Strategies in China

Zhang Xingyi, Liu Xiaobing

(Hailun Monitoring and Research Station for Black Soil and Water Conservation,

Northeast Institute of Geography and Agroecology, Chinese Academy of Sciences, Harbin, Heilongjiang 150081, China)

Abstract: [Objective] The research achievements regarding soil erosion and soil erosion control in the mollisols area of Northeast China were summarized to provide reference for the conservation of mollisols arable-land in the new era. [Methods] Based on the research results of many years, and in combination with information from field surveys and published papers, some key issues of mollisols research and the effectiveness of soil erosion control were discussed. [Results] There are four mollisols areas in the world. The area of mollisols in Northeast China covers $1.09 \times 10^6 \text{ km}^2$, where the top dark layer in sloping farmland has thinned at a rate of 2—3 mm per year in recent years. Although this would have induced a decline in soil quality over an entire slope, it is evident that the mollisols would not disappeared in at least 100 years. Effective technological systems of soil and water conservation in Northeast China have been established in recent years. The application of these technological systems could effectively reduce soil erosion by at least 80%, increase the soil organic

收稿日期: 2020-04-09

修回日期: 2020-05-19

资助项目: 国家重点研发计划项目“东北黑土区侵蚀沟生态修复关键技术研发与集成示范”(2017YFC0504200); 黑龙江省省级资助项目(GX18B051); 国家自然科学基金项目(41571264); 黑龙江省重点基金项目(ZD20160009)

第一作者: 张兴义(1966—), 男(汉族), 黑龙江省密山市人, 博士, 研究员, 主要从事黑土侵蚀与水土保持研究。现任世界黑土联合会和黑龙江省黑土保护利用学会秘书长, 中国水土保持学会和土壤耕作学会常务理事。Email: zhangxy@iga.ac.cn.

通讯作者: 刘晓冰(1963—), 男(汉族), 黑龙江省肇源县人, 博士, 研究员, 主要从事黑土侵蚀与作物生产力研究。Email: liuXB@iga.ac.cn.

matter content at a rate of 5.4‰ per year, and lead to a yield gain of more than 10%. [Conclusion] Soil erosion control measures should focus on sloping arable land, and the indicators that are used to assess the related achievements should include the area affected by soil erosion as well as the erosion intensity. The laws relating to soil and water conservation should be taken as insurance and national engineering projects as guide.

Keywords: mollisols; soil erosion; soil and water conservation; Northeast China

中国东北地区国土面积 $1.24 \times 10^6 \text{ km}^2$, 现有人口约 1.20×10^8 , 人口密度不足 100 人/ km^2 。东北黑土区是中国开发历史最短的区域之一, 总体农耕史仅有 100 a 余。该区属温带大陆性气候, 为半湿润半干旱区, 年均降雨量 500 mm 左右, 作物一年种植一季, 为典型的雨养农业区。区域内分布着三江、松嫩、辽河 3 大平原, 大小兴安岭和长白山 3 大山脉。该区地势起伏较小, 拥有中国有机质含量最高的农田土壤——黑土。黑土的有机质含量最高可达 150 g/ $\text{kg}^{[1]}$, 土地集中连片, 垦殖率为 26.5%, 机械化程度高, 是中国农业生产集约化程度最高的区域。近年来, 东北黑土区每年生产的粮食约占全国总量的 1/4, 且粮食商品率为 60% 以上, 商品粮数量占全国总量的 1/3, 成为保障国家粮食安全的“稳压器”和“压舱石”^[2]。

东北黑土区地处中国高纬度的冷凉区, 旱作农业以垄作为主, 实施翻耕和旋耕等传统耕作方式, 秸秆多移出, 过度依赖化肥。长期掠夺式经营, 导致黑土发生了严重退化。目前, 黑土有机质含量已下降了 60%, 其自然生产力下降了 20% 以上。此外, 东北黑土区典型地貌为漫川漫岗, 汇水区面积大, 夏季单峰降雨, 旱作农田水土流失严重, 使黑土层变薄, 水分胁迫加剧。近年来, 土壤侵蚀已成为黑土退化最主要的驱动因素, 东北黑土区已成为中国水土流失严重且亟需治理的区域之一^[3]。

总体而言, 东北黑土区无论是开发利用还是相关研究均较中国其他区域乃至国外其他黑土区晚。大约在 2000 年前后东北黑土区才开始被广泛关注, 但有关黑土分布、面积、土壤质量退化、水土流失、土壤侵蚀对粮食产能危害等的量化描述众说纷纭, 莫衷一是。2000 年以来, 关于黑土侵蚀的研究虽然逐渐加强, 但研究结果分散, 缺乏系统总结。目前, 黑土区水土流失防治得到了国家的重视, 已形成系列效果显著的水土保持技术体系, 区域水土流失综合防治已纳入国家治理计划, 然而有关东北黑土区治理后的成效评价工作明显不足。

本文基于多年的研究积累和相关研究文献, 总结归纳有关黑土侵蚀的特点、防治效果及其防治中的一些热点问题, 旨在探讨未来 30 a 东北黑土区黑土侵蚀的防治对策, 为高效开展黑土地区水土流失治理服

务, 并为统一有关黑土及其侵蚀研究的认识提供科学参考。

1 目前有关黑土研究的热点问题

(1) 全球黑土分布区的数量及面积问题。黑土的总体定义为有一个厚度不小于 25 cm 的暗沃表层, 有机质含量 $\geq 1\%$, 盐基饱和度 $\geq 50\%$, 湿润态的明度和彩度均 $\leq 3^{[4]}$ 。中国文献大多认为世界上共有 3 大片黑土, 是指分布于北半球, 纬度在 $40^\circ \sim 50^\circ \text{N}$ 之间的北美密西西比河流域、乌克兰和俄罗斯大平原以及中国东北地区^[5], 而忽略了南半球阿根廷和乌拉圭潘帕斯大草原的一大片黑土^[6-7]。国际土壤学会(IUSS)、联合国粮食及农业组织(FAO)和国际土壤参比与信息中心(ISRIC)所编著的《世界土壤资源参比基础》(WRB)标出了南美黑土的分布。综合世界上主要土壤分类系统, 可以确认全球共有 4 大成片分布的黑土区, 即东欧、北美、南美和中国东北黑土区, 其面积分别为 1.82×10^6 , 2.90×10^6 , $1.06 \times 10^6 \text{ km}^2$ 和 $3.50 \times 10^5 \text{ km}^2^{[1,7-8]}$ 。

(2) 中国东北黑土区的面积问题。当前世界上有几大土壤分类系统, 但对黑土的划分定义不尽相同, 势必导致中国黑土面积数据出现差异。中国东北黑土区的面积界定有发生学分类的、典型的和广义的 3 个层面。中国黑土最早是由原中国科学院林业土壤研究所宋达全提出并命名的^[9], 全国第二次土壤普查中依据地理发生学分类, 将黑土列为单一土类, 成带状分布于东北地区, 面积 $7.00 \times 10^4 \text{ km}^2$, 即黑土发生学分类面积, 也称之为东北黑土带。为了便于黑土地保护, 政府部门参照黄土高原行政区域的界定, 提出了广义东北黑土区。广义东北黑土区是指有黑色富含有机质的表土层分布区域, 即人们常说的黑土地。水利部多次组织专家论证, 界定的东北黑土区总土地面积 $1.09 \times 10^6 \text{ km}^2$, 涵盖东北的绝大部分区域, 但不包括辽宁省朝阳市、辽南潮土分布区和内蒙古自治区海拉尔市西部部分区域^[1]。为了便于和国际范围的黑土分布区比较, 推荐采用美国土壤系统分类的 Molliols(暗沃土)命名, 对应中国发生学分类的黑土、黑钙土、暗棕壤、草甸土和白浆土等, 被定义为典型黑土, 对应国际的黑土, 即中国典型黑土区面积约为 $3.50 \times 10^5 \text{ km}^2^{[4]}$ 。

(3) 黑土层厚度变化及其对土壤生产力的影响问题。黑土是典型的地带性土壤,因其表层富含有机质而成为中国生产潜力最高的土壤。土壤侵蚀导致黑土层变薄已是不争的事实。黑土层变薄是黑土受到侵蚀而退化的重要表现现象,因此,黑土开垦之后,黑土层厚度的变化备受关注^[10]。2000年以来,在报纸和科技论文中经常会看到“保护黑土地刻不容缓”、“莫等黑土变黄土”、“北大仓已退化为第二个黄土高原”等呼声。更有媒体称:“目前黑龙江省熊猫级资源‘黑土地’已经濒临毁灭,按照现在的保护措施预计,50 a内将会基本消失。”东北黑土地50 a真的会消失吗?这既是一个不可回避的科学问题,又是一个关系到国家粮食安全的重大实际问题。黑土即将消失的说法是根据现黑土层厚度只有20~40 cm,黑土层变薄速率3~10 mm/a推算得出的。上述说法尤其是黑土层变薄速率缺乏野外调查实测资料支撑,与事实相差甚远。首先,黑土层垦殖前就有薄、中、厚不同差别,最厚处可达1 m以上,但就区域而言,应用平均厚度表述。张之一^[11]总结第二次土壤普查结果中非耕地黑土层得出,开垦前黑土层平均厚度为50 cm,垦殖后还存在土壤自然回实现象,土壤容重由草地的 0.8 g/cm^3 增加到 1.2 g/cm^3 以上,加之表土流失,黑土层厚度现剩余30 cm多。其次,黑土坡面侵蚀的典型特征是坡上和坡中表层黑土被剥离。同时,根据我们长期监测和野外试验测定结果,黑土坡耕地总体表土剥离速率为2~3 mm/a,且绝大部分迁移沉积于坡脚,只有很少部分离开坡面。因此,至少在未来100 a内黑土不会消失,但长期的水土流失将驱使坡面黑土层变薄甚至部分消失,坡脚肥沃黑土被掩埋,导致全坡面土壤质量下降,坡耕地生产力降低,不容置疑^[1]。

(4) 中国黑土区坡耕地土壤质量退化的问题。当前东北黑土区存在的问题主要是土壤退化严重。黑土主要是在草地上发育而成,农耕后土壤有机质含量下降是必然的,其过程可划分为熟化、退化和稳定3个阶段^[3]。东北黑土总体开发仅有100 a余的历史。由于长期采取秸秆移出、传统耕作等方式,重利用轻养护,导致黑土有机质含量下降了近2/3,且表层土壤有机质含量仍以年均5‰的速率下降(即黑土的颜色已没有以前黑了),土壤自然生产力下降了20%以上^[3]。此外,东北黑土区86%的旱作农田为坡度 $>0.5^\circ$ 的坡耕地,存在不同程度的水土流失。坡耕地不但存在着掠夺式经营,用养失调退化,还存在着因表土流失导致的侵蚀剥离退化问题,加剧了黑土退化(被称之为黑土恶化阶段),且难以在短时间内逆

转。根据在北部漫川漫岗典型黑土区的调查结果得知,坡耕地黑土有机质含量以年均13.5‰的速率下降,水土流失成为当前黑土农田退化的主要驱动因素及最为严重的危害^[1]。东北黑土区每年因水土流失导致粮食产能损失 $1.00 \times 10^7 \text{ t}^{[2]}$ 。

2 东北黑土区水土流失防治体系及其效果评价

(1) 东北黑土区坡耕地水土流失防治技术体系。东北黑土区水土流失主要发生于已垦坡耕地。该区坡耕地主要分布于漫川漫岗和低山丘陵区,地面坡度平缓坡长较大是其区别于中国其他地区的显著特征。该区坡耕地90%以上坡度 $<5^\circ$,地块大,机械化作业程度高,易于治理^[2]。当地群众和科技人员经过几十年的治理实践总结出了一整套防治效果显著,易于操作的水土保持技术体系。2009年水利部颁布了第一个区域水土保持技术标准《黑土区水土流失综合防治技术标准》(SL 446-2009)。该标准规定了 $<3^\circ$ 的坡耕地实施等高改垄, $3^\circ \sim 5^\circ$ 的坡耕地采取地埂植物带, $>5^\circ$ 坡面宜修筑梯田等水土保持工程措施体系^[11];此外,还形成了独具东北地区特色的苗期垄沟深松和垄向区田、秸秆覆盖条耕和免耕、大垄、宽窄行间隔休耕、粮草轮作等水土保持耕作措施和陡坡开荒实施退耕还林还草的植物措施。同时形成了以黑龙江省拜泉县为典型的县域水土保持模式。拜泉县水土保持实施率在70%以上,水土流失得以有效遏制,区域生态显著改观。2013年拜泉县被评为全国水土保持生态文明县。

(2) 东北黑土区侵蚀沟治理措施与模式。东北黑土区是中国除黄土高原外沟道侵蚀最为严重的区域^[12]。2013年水利部公布了东北黑土区侵蚀沟专项研究结果表明,该区长度大于100~5 000 m的侵蚀沟共有29.6万条,60%以上形成于耕地中,且89%为发展沟^[13],我们基于实测的2 000条侵蚀沟,统计推断出目前东北黑土区包括长度小于100 m侵蚀沟共有约60万条^[3],沟毁耕地 $3.33 \times 10^5 \text{ hm}^2$ 以上,对该区的农业生产造成了严重的伤害,且这种危害呈加剧的态势。本研究通过大量野外调查,将东北黑土区侵蚀沟治理措施总体分为沟头防护、沟底稳固和沟岸防护3大类,沟头防护措施可细分为钢筋混凝土跌水、浆砌石跌水、石笼跌水与连续柳跌水4种类型;沟底稳固一般是通过修筑谷坊来实现,分为土谷坊、石谷坊、植物谷坊3类;沟岸防护主要有护岸导水墙、护岸水保林两类。针对不同生态类型和侵蚀沟的形态特征,东北黑土区目前形成了植物治沟、植物为主工

程为辅、工程为主植物为辅以及复垦治沟的 4 大类综合治理模式^[3]。当前沟道侵蚀危害最重的是形成于耕地中的侵蚀沟。它在损毁耕地的同时,还造成耕地分布支离破碎,阻碍机械作业。我们新近又研发出了基于秸秆填埋的侵蚀沟复垦技术。该技术的原理是秸秆压实打捆填充侵蚀沟,上层覆土,侵蚀沟消失,铺设暗管和渗井,变地表径流为地下暗管导排水,保障填埋后不再重新成沟^[14],深受欢迎,正在逐步推广。

(3) 东北黑土区水土流失防治效果。东北黑土区水土流失的主要危害是降低了坡耕地粮食生产能力,这一问题已得到了国家充分重视。①水利部自 2003 年启动东北黑土区水土流失综合防治试点工程以来,又先后启动了国家农业综合开发东北黑土区水土流失综合治理 3 期工程,高水平农田建设工程和侵蚀沟治理专项工程;②农业农村部启动了黑土地保护 2 期试点工程,轮作休耕工程;③自然资源部启动了耕地整治工程,均涉及坡耕地水土保持生态建设。然而,由于难以设置有效治理和未治理对照区,坡耕地水土保持治理效果评价难以开展,致使黑土区治理工程成效评价工作不能满足需求。根据黑土区已有水土保持监测站点标准小区、野外自然小区、工程项目区监测以及科学试验结果,在技术配置得当,技术达标的前提下,坡耕地水土保持措施可减少地表径流量 80% 以上,减少输沙量 95% 以上。对黑龙江省拜泉县通双小流域治理后 11 a 大样点调查结果的表明,实施坡耕地等高改垄、地埂植物带和梯田等措施后,表层土壤有机质含量以年均 5.4‰ 的速率增加,但栽植樟子松水土保持纯林会导致土壤酸化加剧,使表层土壤有机质含量不上升反而缓慢下降。等高改垄、地埂植物带和梯田等措施总体上可分别使粮食增产 10%, 15% 和 20%。同时发现减少地表径流,提高水分利用效率,降低水分胁迫是作物增产的主要影响因素^[1]。

3 新时代东北黑土区水土流失防治对策

东北黑土区承担着保障国家粮食安全的重任,未来一段时间内仍将以粮食生产为重。因此,黑土耕地仍将面临粮食生产的巨大压力。黑土区土壤侵蚀的防治难以走规模化实施退耕还林还草恢复生态的水土保持途径,亟需探索出一条利用与保护协调发展的道路,并制定出新时代区域水土保持应对策略。

(1) 黑土坡耕地的水土保持目标。黑土层的存在对保证粮食产能至关重要,黑土层消失将会引起作物减产 30% 以上。目前,东北黑土区黑土层平均厚度仅有 30 cm 多,同时坡耕地黑土层变薄速率达 2~3 mm/a,

亟需遏止黑土流失。因此,黑土坡耕地水土流失防治的直接目标是保护黑土层,这也正是黑土侵蚀模数仅为黄土的 1/3 左右,但黑土区却被国家与黄土高原同列为侵蚀严重区和亟需治理区的重要原因。新时代东北黑土区水土流失防治的目标仍需以坡耕地保护为主,在实施坡面水土保持措施的同时,综合规划和建设农田导水和排水体系,与生态文明建设同步,山水林田湖路综合考虑,形成区域生态友好可持续的农业发展模式。由于黑土区地形起伏多变,坡耕地难以完全达到等高种植,实施水土保持措施后虽可显著降低土壤侵蚀强度,但仍有局部小区域存在水土流失,其土壤侵蚀强度可能高于容许土壤流失量的水平。因此,对水土保持成效的考核不应单纯以治理面积为标准,还应重视土壤侵蚀强度降低的效果。到 21 世纪中叶,东北黑土区土壤侵蚀防治的目标应该是除不可治理的部分区域外,中等土壤侵蚀强度以上地区全部得到治理,治理后的地区土壤侵蚀强度降到中等以下。

(2) 完善水土保持生态建设的政策法规。国家为了鼓励农民粮食生产积极性,实施家庭联产承包责任制,规定 30 a 使用权不变,但缺少对农民土地使用方式的约束,致使农民为追求经济收益而采取掠夺性经营,这是造成土壤退化和水土流失的根源,同时也是造成水土保持生态环境建设措施及政策法规难以实施的根本原因。家庭联产承包责任制作为中国耕地管理的基本国策,国家先后颁布了与耕地保护有关的《土地管理法》《耕地保护法》《水土保持法》。吉林省 2018 年率先颁布的《吉林省黑土地保护条例》,虽为黑土地保护提供了法律依据,但这些法律具有普适性,却无明确具体强制约束性规定,执行困难,并不能像《森林法》和《环保法》那样有效贯彻,严重制约了水土保持工作的进展,造成了农民不同意,组织者难作为的现状。建议从国家层面出台东北黑土地保护法规,从法律上引导并规范保护性利用侵蚀严重的黑土农田。例如,可以规定坡度 3° 以上坡耕地必须采取水土保持措施种植,用法律约束农民保护黑土坡耕地,同时让水土保持生态建设工程组织实施者有法可依,打破水保工程措施实施难的瓶颈,确保相关工程顺利、高效实施。

(3) 国家水土保持与生态工程项目引领。东北黑土区以牺牲宝贵的黑土资源为代价,每年向国家输出大量的商品粮。高强度过度利用土地是导致水土流失加剧的根源,因此,黑土区水土保持生态建设亟需国家工程项目的引领。在治理层面,应以小流域或汇水区为单元系统防治,而耕地目前为集体所有,农

户承租,一家一户条带种植,因此需要政府统筹规划并组织实施;在资金方面,东北农户、乡村乃至县市层面均无力付出专项治理资金,因此,建议国家投入水土保持与生态补偿资金,保护黑土地的可持续发展;在治理成效层面,水土流失防治应大力推行“以奖代补”的政策,变政府主导为土地使用者主动参与,谁治理谁受益。应该使土地使用者不但在治理中和治理后获取收益,还能有效地提高治理效果,实现经济效益和生态效益双赢。

(4) 水土保持技术创新研发体系建设。东北黑土区水土流失防治仍需科技支撑。例如,目前坡耕地广泛实施且效果显著的地埂植物带水土保持工程措施难以大面积应用的主要原因是修筑地埂面积需占地5%~20%,土地使用者不能接受。如果能研发出可耕种且又能起到拦截径流作用的弧形埂,则能从技术层面破解这一难题。再如,在北美洲地区广泛采用的秸秆覆盖免耕坡耕地水土保持技术,在东北黑土区的试验结果表明,由于气候冷凉,虽然该技术具有显著的水土保持功效,且可以提高土壤含水量,但却降低土壤温度,导致玉米减产。在秸秆地表覆盖不变的条件下,如能通过疏松种床,提升地温,将能极大地推进水土保持耕作措施应用,有效地遏止黑土坡耕地水土流失。

[参 考 文 献]

- [1] Zhang Xingyi, Sui Yueyu, Zhang Xudong, et al. Spatial variability of nutrient properties in black soil of Northeast China [J]. *Pedosphere*. 2007,17(1):19-29.
- [2] 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.
- [3] 张兴义,刘晓冰,赵军. 黑土利用与保护[M]. 北京:科学出版社,2018.
- [4] 张之一. 中国东北地区的暗沃土[J]. *黑龙江八一农垦大学学报*,2011,23(6):1-4.
- [5] 龚子同. 黑土生金:从俄罗斯治理黑土的经验教训看我国黑土的利用[J]. *科学新闻*,2003(4):36-36.
- [6] 张之一. 关于黑土分类和分布问题的探讨. *黑龙江八一农垦大学学报*,2005,17(1):5-8.
- [7] Liu Xiaobing, Lee Burras C, Kravchenko Y S, et al. Overview of mollisols in the world: Distribution, land use and management [J]. *Canadian Journal of Soil Science*, 2012,92(3):383-402.
- [8] 张之一. 关于世界黑土分布的探讨[J]. *黑龙江农业科学*,2010(4):59-60.
- [9] 龚子同. 从俄罗斯黑钙土到中国黑土:纪念宋达泉先生诞辰100周年[J]. *土壤通报*,2012,43(5):1025-1028.
- [10] 张之一. 黑土开垦后黑土层厚度的变化. *黑龙江八一农垦大学学报*[J]. 2010,22(5):1-3.
- [11] 中华人民共和国水利部. SL 446-2009 黑土区水土流失综合防治技术标准[S]. 北京:中国水利水电出版社,2009.
- [12] 张新玉,纪强,张超,等. 全国水土保持规划重点项目选择原则及任务[J]. *中国水土保持*,2018(12):11-13.
- [13] 李智广,王岩松,刘宪春,等. 我国东北黑土区侵蚀沟道的普查方法与成果[J]. *中国水土保持科学*,2013,11(5):12-16.
- [14] 张兴义,祁志,张晟旻,等. 东北黑土区农田侵蚀沟填埋复垦工程技术[J]. *中国水土保持科学*,2019,17(5):128-135.