科学通报 2021 年 第 66 卷 第 1 期: 96 ~ 106
论 文
《中国科学》杂志社
SCIENCE CHINA PRESS

东北黑土区和东北典型黑土区的范围与划界

刘宝元[1], 张甘霖[2], 谢云[1*], 沈波[3], 顾治家[1], 丁迎盈[1]

1. 北京师范大学地表过程与资源生态国家重点实验室, 地理科学学部, 北京 100875;
2. 中国科学院南京土壤研究所, 土壤与农业可持续发展国家重点实验室, 南京 210008;
3. 水利部松辽水利委员会, 长春 130021

* 联系人, E-mail: xieyun@bnu.edu.cn

2020-05-25 收稿, 2020-07-08 修回, 2020-07-09 接受, 2020-07-10 网络版发表
国家重点研发计划(2018YFC0507000)资助

摘要 东北是我国重要的粮食基地, 但该区土壤侵蚀和土地退化有日益严重的趋势, 因此近年来保护黑土的呼声越来越大. 为了制定精准保护黑土的规划, 需要准确的边界划定. 本文目的是界定东北黑土区的内涵, 定量划定东北黑土区的边界, 落实黑土区包括的县级行政区. 划定方法是以土壤发生学分类的黑土、黑钙土、栗钙土和灰色森林土作为黑土区的标志土壤, 将其集中分布区划为黑土区; 以黑土和黑钙土作为典型黑土区的标志土壤, 将其集中分布区划为典型黑土区. 这些土壤大多都属于中国土壤系统分类中的均腐土(Isohumosols), 或美国土壤系统分类中的软土(Mollisol), 具有明显的"暗沃表层"黑土特征, 同属"黑土"系列. 在ArcGIS10.2软件中, 用"中心引力集聚法"反复迭代, 合并或舍弃边缘小图斑, 形成完整的东北黑土区和东北典型黑土区. 划分结果如下: 东北黑土区的面积为55.6万km^2, 涉及146个县级行政区. 东北典型黑土区的面积为33.3万km^2, 涉及138个县级行政区. 黑土区内坡度大于0.25°的农地存在水土流失问题, 是水土流失的重点防治对象, 面积为8.9万km^2. 典型黑土区内坡度大于0.25°的农地, 是水土流失的优先防治对象, 面积为7.8万km^2. 结果可为黑土区生态文明建设特别是水土保持规划提供重要科学依据.

关键词 黑土, 东北黑土区, 东北典型黑土区, 土壤侵蚀, 黑土保护

东北黑土区是中国主要的粮食基地, 虽然开垦时间最短, 但土壤侵蚀等造成的土地退化已十分严重, 受到各界普遍关注, 因此保护黑土的呼声越来越大. 为了有的放矢保护黑土, 需要确定黑土区的范围和界线. 在我国, "黑土"一词源于东北老百姓的称呼, 将富含有机质的暗色表土层统称为黑土, 对应于美国土壤系统分类的软土(Mollisol)[1], 中国土壤系统分类的均腐土(Isohumosols), 以及中国发生学分类的黑土、黑钙土、灰色森林土和栗钙土[2]. 它们在全球除南极洲以外的六大洲都有分布, 集中在中纬度的草原地带, 地理位置在南北回归线(23.5°)至南北纬55°范围内. 欧亚大陆主要分布在40°~55°N, 东西几乎贯穿整个大陆. 其中, 亚洲主要分布在黄河以北, 黄河以南有零星分布; 欧洲主要分布在黑海以北, 黑海以南有零星分布. 北美洲从南到北分布范围较广, 位于23.5°~55°N之间, 东西分布范围较窄, 主要在大草原地带. 南美洲分布面积较小, 也是东西窄, 南北长, 集中分布在20°~40°S之间, 55°S附近有零星分布. 非洲和澳大利亚的分布面积更小, 分别在35°N和35°S有小片分布[1], 全球总面积约900万km^2[2].

黑土在中国早期土壤发生学分类中归为黑钙土. 后来发现东北东部土壤剖面中无碳酸钙, 于是将这些

引用格式: 刘宝元, 张甘霖, 谢云, 等. 东北黑土区和东北典型黑土区的范围与划界. 科学通报, 2021, 66: 96–106
Liu B Y, Zhang G L, Xie Y, et al. Delineating the black soil region and typical black soil region of northeastern China (in Chinese). Chin Sci Bull, 2021, 66: 96–106, doi: 10.1360/TB-2020-0178

© 2020《中国科学》杂志社

土壤先后称为淋溶黑钙土、退化黑钙土、暗色草甸土、黑钙土型草甸土、草甸黑钙土型土壤等[3]. 1958~1960年开展第一次全国土壤普查时, 以土壤农业性状为基础, 沿用了农民群众的称呼, 将黑土层厚度超过一犁深(约18~20 cm)的土壤都叫“黑土”, 包括了发生学分类的黑土、黑钙土、草甸土、白浆土、暗棕壤等各类土壤[4]. 1958年, 宋达泉等人[5]将东北东部不含碳酸钙的土壤单独划分为独立的土类. 至此, 黑土与黑钙土土类并列, 分别属于发生学分类中的“半水成土”和“钙层土”土纲. 1979~1994年开展第二次全国土壤普查时采用了这一分类[6]. 中国土壤系统分类将黑土归为均腐土, 主要包括中国土壤发生学分类中的黑土、黑钙土、栗钙土和灰色森林土[7]. 根据第二次全国土壤普查1:100万土壤图, 研究区黑土、黑钙土、栗钙土和灰色森林土总面积为38.72万km^2(表1). 研究区超过1/4的土壤属于黑土系列, 其他土壤主要是非地带性草甸土, 分布在山地的暗棕壤, 以及风沙土等.

东北地区是指地理、文化和经济大区. 除1947~1954年成立的东北人民政府的管辖范围为行政区外, 多是指自然经济大区. 当时的东北人民政府辖区包括了目前的黑龙江省、吉林省、辽宁省、内蒙古自治区东部五盟市(呼伦贝尔市、通辽市、赤峰市、兴安盟、锡林郭勒盟)、河北省承德市、秦皇岛市山海关区[8]. 2007年国家发展和改革委员会和国务院振兴东北地区老工业基地领导小组办公室编制的《振兴东北地区规划》中, 东北地区包括黑龙江省、吉林省、辽宁省, 和内蒙古自治区呼伦贝尔市、兴安盟、通辽市、赤峰市和锡林郭勒盟(蒙东地区), 土地面积145万km^2, 总人口1.2亿(http://www.gov.cn/gzdt/2007-08/20/content_721632.htm). 本研究将此范围界定为研究区域.

对“东北黑土区”的划定有不同的方案, 主要源于对“黑土”包括的土壤类型看法不同. 刘兴土和阎百兴[9]将其分为广义黑土区和狭义黑土区. 水利部[10]在《土壤侵蚀分类分级标准SL190-2007》中, 按自然边界描述了东北黑土区的范围. 还有其他类似的范围, 面积分别为101.85[11]、101[12]和103.02万km^2[13]. 2015年国务院批准发布的《全国水土保持规划(2015~2030年)》(http://swcc.mwr.gov.cn/zcfg/201510/t20151026_724405.htm), 将全国划分为8个一级区. 东北黑土区是8个一级区之一, 面积为109万km^2, 包括黑龙江和吉林两省全部、辽宁省北部和内蒙古东部. 狭义黑土又被称为典型黑土, 有两种看法: 一是专指中国土壤发生学分类中的黑土类[14~16]; 二是同时包括中国土壤发生学分类中的黑土和黑钙土[13,17,18], 划分的范围即为黑土或黑钙土的集中分布区. 但上述各种范围均没有给出具体界线和划分方法, 究其原因, 一是对“黑土”本身没有一个定

表 1 东北地区主要土壤面积[a)]

Table 1 The areas of main soil types in northeastern China

土地/土壤类型	黑龙江(万km^2)	吉林(万km^2)	辽宁(万km^2)	蒙东(万km^2)	合计(万km^2)	比例(%)
总土地	47.07	19.12	14.81	63.5	144.5	100.0
黑土	4.02	1.05	0.01	0.97	6.05	4.2
黑钙土	2.07	2.42	0	5.91	10.40	7.2
栗钙土	0.01	0.20	0	19.42	19.63	13.6
灰色森林土	0	0	0	2.64	2.64	1.8
草甸土	11.84	4.07	2.72	5.22	23.84	16.5
白浆土	2.74	1.79	0	0	4.53	3.1
暗棕壤	15.66	6.65	0.22	6.55	29.08	20.1
棕壤	0	0.09	6.69	0	6.78	4.7
棕色针叶林土	3.50	0.20	0	4.80	8.51	5.9
沼泽土	5.57	0.30	0.05	2.34	8.26	5.7
风沙土	0.41	0.97	0.19	6.86	8.42	5.8
其他土类	1.00	1.16	4.83	8.33	15.33	10.6
非土壤	0.25	0.23	0.09	0.44	1.02	0.7

a) 资料来源: 第二次全国土壤普查1:100万土壤

量的标准(比如有机质含量和土层厚度), 二是也缺乏足够的土壤空间分布数据支持.

中国的黑土从东北到西北、甚至南方都有分布[7], 但主要集中在东北. 本研究主要针对东北黑土区, 回答什么是黑土, 分布在哪, 面积多少等问题, 为黑土区水土流失精准防治和黑土保护规划更有针对性提供依据.

1 资料与方法

1.1 研究区概况

东北地区南北跨约15个纬度, 东西跨约20个经度, 属温带大陆性季风气候. 全区最冷月1月平均气温从南向北变化于−6~−32°C, 最热月7月平均气温变化于20~24°C, 多年平均年降水量400~1200 mm, 由东南向西北减少, 主要集中在6~9月, 占全年降水量的60%~70%[19]. 地形三面环山: 西部是大兴安岭山地, 北部和西北是大兴安岭北段与小兴安岭构成的低山丘陵, 东部是由多列平行山地和盆、谷地组成的长白山地. 中部为广阔的松辽平原, 包括北部的松嫩平原和南部的辽河平原. 松嫩平原东部地形呈波状起伏, 坡度多小于5°, 坡长较长, 称为漫岗丘陵区. 大兴安岭以西地区为典型的草原区. 研究区内主要由两大水系构成: 黑龙江和辽河. 松花江是黑龙江水系的最大支流, 流域面积54.6万km^2. 嫩江是松花江的最大支流, 流域面积1.5万km^2. 辽河流域总面积21.9万km^2. 自然植被由东南向西北为落叶阔叶林、落叶阔叶及针叶混交林、针叶林和草原. 平原、漫岗和低山丘陵多已开发为农田. 区内地带性土壤自东南向西北为棕壤、褐土、暗棕壤、黑土、灰色森林土、黑钙土、栗钙土等, 交错分布有非地带性的草甸土、白浆土、沼泽和风沙土等(图1). 研究区林地、耕地和草地占全区总土地面积的74.1%. 其中林地面积50.56万km^2, 耕地面积37.22万km^2, 草地面积19.30万km^2, 分别占土地总面积的34.9%、25.8%和13.4%.

1.2 黑土及黑土区的判断

本研究所指黑土对应于美国土壤系统分类中的软土(Mollisol), 中国土壤系统分类中的均腐土(Isohumosols). 美国土壤系统分类中用“暗沃表层(mollic epipedon)”作为软土的诊断层, 是指有机质含量高或较高、盐基饱和、结构良好的暗色腐殖质表层[20], 有9个判断指标: 厚度、颜色、有机质含量、盐基饱和度、土壤结构、砾石组成、磷含量、湿润天数、n值, 田间条件下土壤含水量与黏粒和有机质含量之间的关系. 大体包括了我国土壤发生学分类中的黑土、黑钙土、栗钙土、草甸土、厚层白浆土、厚层暗棕壤、厚层河淤土等. 在中国土壤系统分类中, 均腐土命名是取其剖面中腐殖质储量相对均匀分布之意, 也用“暗沃表层”判断, 有5个判断指标: 厚度、颜色、有机质含量、盐基饱和度、结构, 大体包括了中国土壤发生学分类中的黑土、黑钙土、栗钙土和灰色森林土[7]. 本研究所指黑土即为这4种土壤. 由于黑土和黑钙土有机质含量更高, 暗沃表层(或黑土层)更厚, 并集中分布在研究区的中心部位, 因此将这两种土壤称为典型黑土.

依据第二次全国土壤普查1:100万土壤图, 将黑土、黑钙土、栗钙土和灰色森林土的集中分布区称为“东北黑土区”, 将黑土和黑钙土的集中分布区称为“东北典型黑土区”. 必须指出的是, 本研究主要依赖历史土壤图进行黑土分布区勾划, 如未来能获得更为详细的土壤调查数据, 相应的土壤分布边界将更为准确.

1.3 “中心引力集聚法”划界

本研究的目的是划分黑土区和典型黑土区的边界, 但黑土、黑钙土等是土类, 空间上分散分布, 且不同土壤类型交错, 因此, 要将以黑土和黑钙土为主的区域划成典型黑土区, 需要舍弃零星分布的黑土和黑钙土. 选取和舍弃的原则如下: 选定研究区的几何中心, 以黑土和黑钙土图斑为对象, 从最外缘开始逐次舍弃小图斑和合并大图斑. 当外缘最小图斑的“有效半径”小于它到最近一个较大图斑的距离时, 舍弃该图斑; 当最小图斑的“有效半径”大于等于它到最近一个较大图斑的距离时, 将该图斑与其最近的大图斑合并, 中间的缝隙也被合并, 以上过程反复迭代形成完整的典型黑土区. 由于是围绕中心合并或舍弃图斑, 因此称为“中心引力集聚法”.

具体是在ArcGIS 10.2软件支持下, 利用正缓冲(buffer with positive values)、合并(merge)、打散(explode multipart features)、负缓冲(buffer with negative values)、面积(area)计算等功能, 通过最小图斑面积求得正负缓冲区距离的多次迭代, 将边缘的小图斑舍弃或合并, 区域内分散的图斑也不断合并, 集聚成完整的大图斑. 步骤如下(图2): (1) 在全区搜寻位于边缘的最小图斑, 计算其面积S, 然后按圆的面积计算其“有效半径”; (2) 比较“有效半径”到最近较大图斑的距离, 如果小则舍弃, 如果大将该小图斑用缓冲和合并功能并入

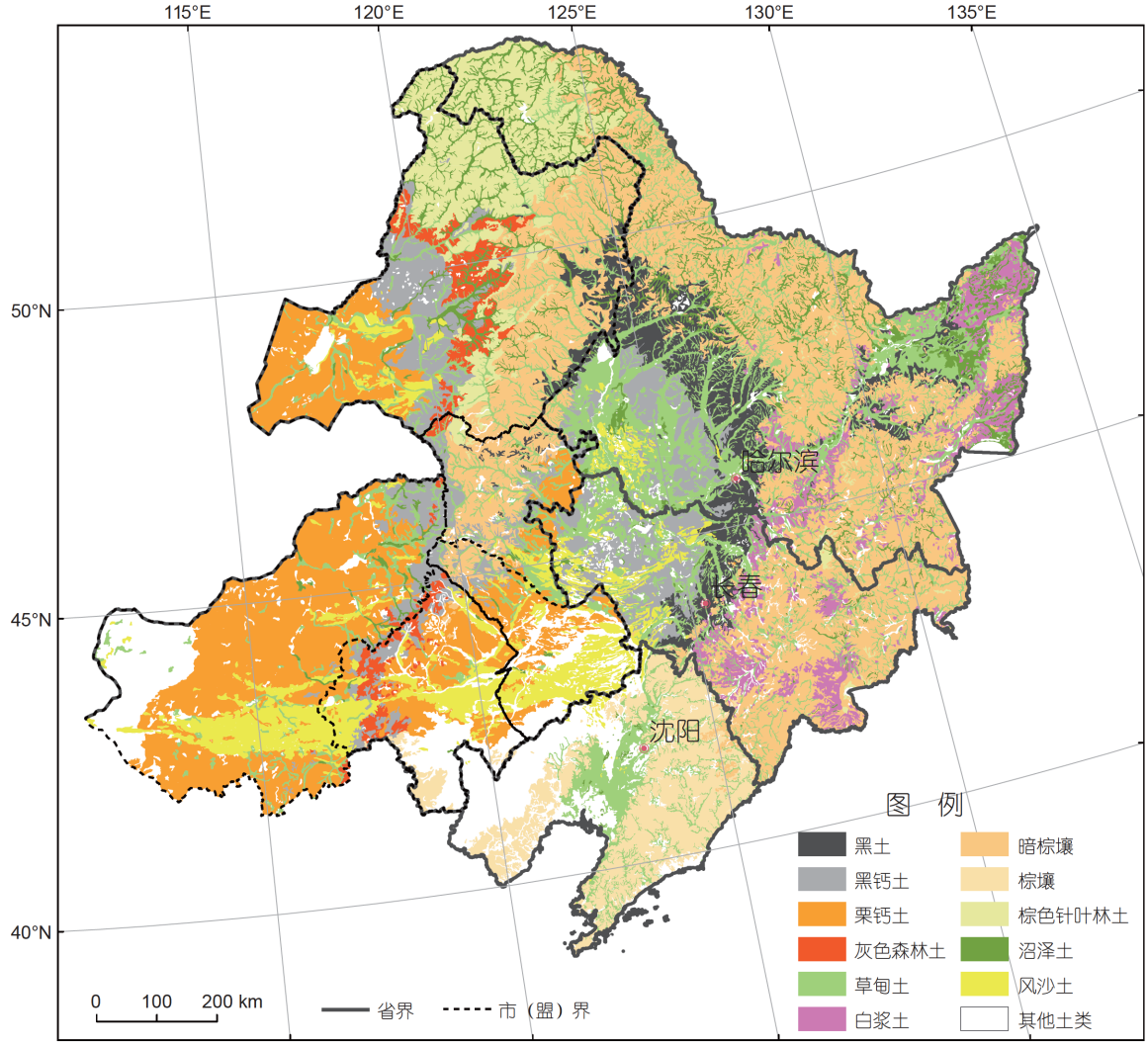


图 1 东北地区主要土壤类型分布. 资料来源: 第二次全国土壤普查1:100万土壤
Figure 1 Distribution of main soil types in northeastern China. Source: Soil map in 1:1000000 from the second national soil survey

较大图斑. 缓冲功能是扩大图斑, 以“有效半径”为距离扩大图斑. 缓冲后, 用合并功能将扩大的图斑合并; (3) 用explode multipart features工具将合并后的图斑打散, 形成新的图斑分布图. 该图剔除了距离远的小图斑, 合并了距离最近的大图斑. 但由于缓冲将原有图斑扩大, 不是实际的图斑面积; (4) 用缓冲以“有效半径”的负值为距离, 缩小被打散后的扩大图斑, 形成新的图斑分布图. 该图删除了边缘小图斑或合并了边缘大图斑, 并保留了未参与合并图斑的实际面积; (5) 重复上述过程, 直至全区只剩下一个大图斑和几个零星的小图斑(图3). 大图斑为东北典型黑土区, 小图斑为飞块. 同时大图斑内部有少量空洞, 边缘有毛刺(边界上的小凹凸); (6) 删除飞块, 填补空洞, 按以下方法去除毛刺, 在1:100万比例尺下, 将边界按2 mm取点, 每相邻3个点形成底边大致平行边界主走向的三角形. 如果三角形高度大于底边宽度时, 即认为是凹或凸的毛刺, 直接连接底边两点去掉毛刺. 如果一次处理后不理想, 可重复几次.

划分东北黑土区时, 是以黑土、黑钙土、栗钙土和灰色森林土的图斑为对象(图4(a)), 按上述方法进行. 由于研究区西南部的栗钙土被风沙土隔开, 首先去掉风沙土以南的栗钙土(图4(b)). 经过4次集聚后, 初步形成轮廓(图4(c)). 经10次集聚后形成一个大图斑和几个零星的小图斑(图4(d)), 大图斑为东北黑土区. 删除飞块, 填补空洞, 去除毛刺, 经过上述处理后的两个边界及其包括的范围分别为东北黑土区(图5(a))和东北典型黑土区(图5(b))的范围和边界.

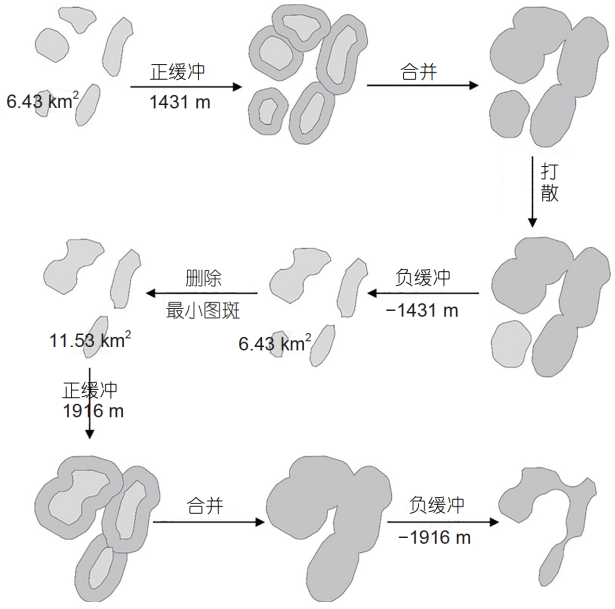


图 2 “中心引力集聚法”示例
Figure 2 Example frame of the “central gravitational agglomeration” method

2 划界结果

2.1 范围

根据包括的土壤类型不同，分为东北黑土区和东北典型黑土区. 东北黑土区内按地理位置从西到东进一步分为蒙东黑土亚区、松嫩黑土亚区和三江黑土亚区(图5(a)). 东北典型黑土区内按地理位置从西到东进一步分为蒙东典型黑土亚区、松嫩典型黑土亚区和三江典型黑土亚区(图5(b)).

东北黑土区面积为55.6万km^2，占东北地区总面积的38.4%，涉及146个县级行政区. 从各省级行政区看(表2)，黑龙江省黑土区的面积为14.9万km^2，占黑土区总面积26.8%, 涉及81个县(区): 全部位于黑土区内的有43个, 一半以上面积在内的有18个, 其余20个不到一半面积位于黑土区. 吉林省黑土区面积为7.52万km^2, 占黑土区总面积13.5%, 涉及30个县(区): 全部位于黑土区内的有15个，一半以上面积在内的有10个，其余5个不到一半面积位于黑土区. 辽宁省黑土区面积为0.02万km^2, 占黑土区总面积0.03%, 仅涉及昌图县不到一半的面积. 内蒙古东5盟(市)黑土区面积33.2万km^2，占黑土区总面积59.7%, 涉及35个旗(县): 有9个全部位于黑土区内, 一半以上面积在内的有13个，其余13个不到一半的面积位于黑土区.

东北典型黑土区面积为33.3万km^2，占东北地区总面积的23.0%, 涉及138个县级行政区. 从各省级行政区看(表2)，黑龙江省典型黑土区的面积为14.9万km^2，占典型黑土区总面积44.7%, 涉及81个县(区): 全部位于典型黑土区内的有29个, 一半以上面积在内的有45个, 其

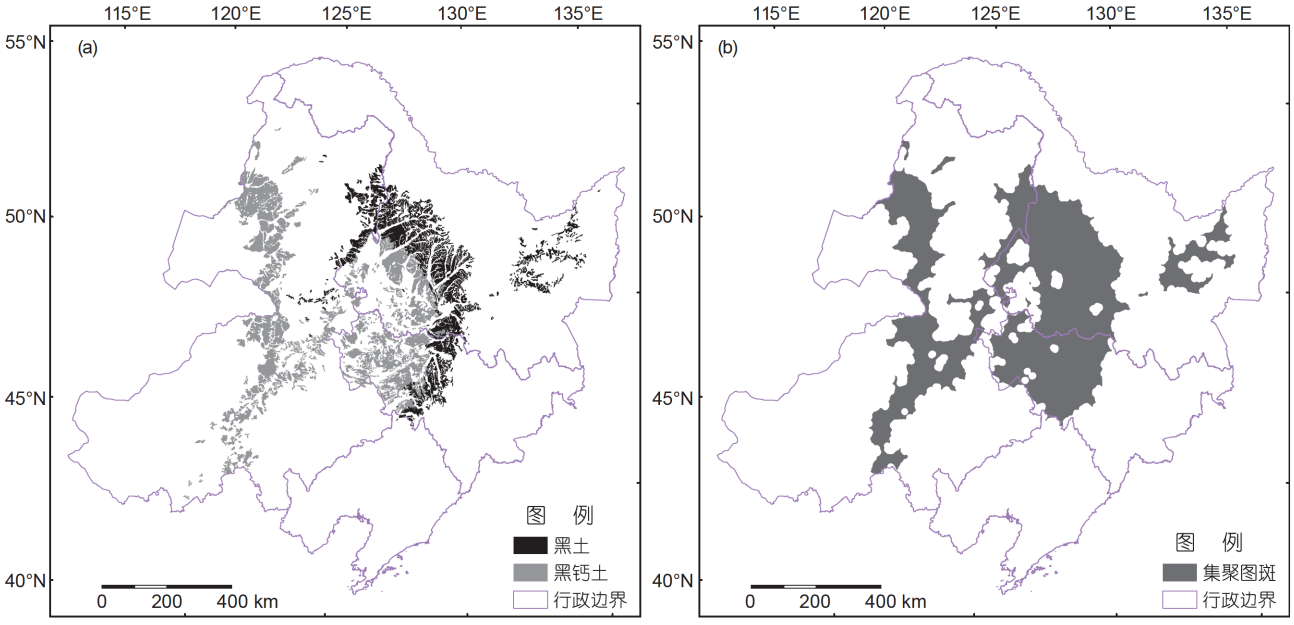


图 3 东北典型黑土区划界过程. (a) 选取黑土和黑钙土; (b) 集聚23次后的典型黑土区边界轮廓
Figure 3 Delineating processes of typical black soil region of northeastern China. (a) Phaeozems and chernozems selected; (b) rough boundary of typical black soil region after 23 times of central gravitational agglomeration

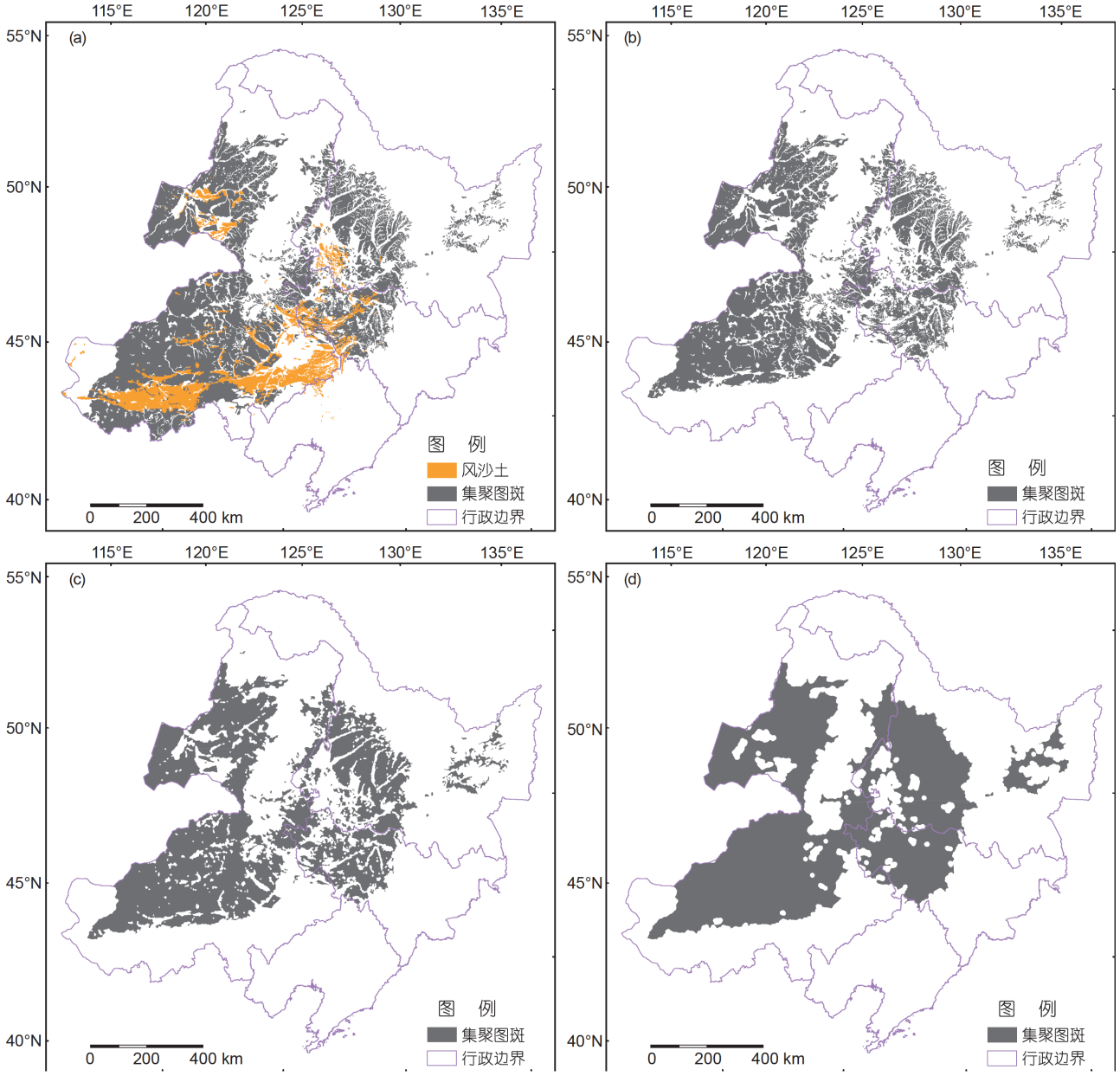


图 4 东北黑土区划界过程. (a) 选取黑土、黑钙土、栗钙土和灰色森林土; (b) 删除风沙土以南的栗钙土; (c) 集聚4次后的黑土区边界轮廓; (d) 集聚10次后的黑土区边界轮廓

Figure 4 Delineating processes of black soil region of northeastern China. (a) Phaeozems, chernozems, kastanozems, and grayzems selected; (b) deleting chestnut soil at south of Aeolian sandy soil locating; (c) rough boundary after 4 times; (d) rough boundary of black soil region after 10 times of central gravitational agglomeration

余7个不到一半面积位于典型黑土区. 吉林省典型黑土区面积为7.3万km^2, 占典型黑土区总面积21.8%, 涉及30个县(区), 全部在内的有7个, 一半以上面积在内的有19个, 其余4个不到一半面积位于典型黑土区. 辽宁省典型黑土区面积为0.02万km^2, 占典型黑土区总面积0.06%, 仅涉及昌图县不到一半的面积. 内蒙古东5盟(市)典型黑土区面积11.1万km^2, 占典型黑土区总面积33.5%, 涉及26个旗(县), 只有霍林郭勒市全部位于典型黑土区内, 50%以上面积在内的有5个, 其余20个不到一半面积位于典型黑土区.

东北黑土区内按地理位置从西到东分为3个亚区, 分别是蒙东黑土亚区、松嫩黑土亚区和三江黑土亚区,

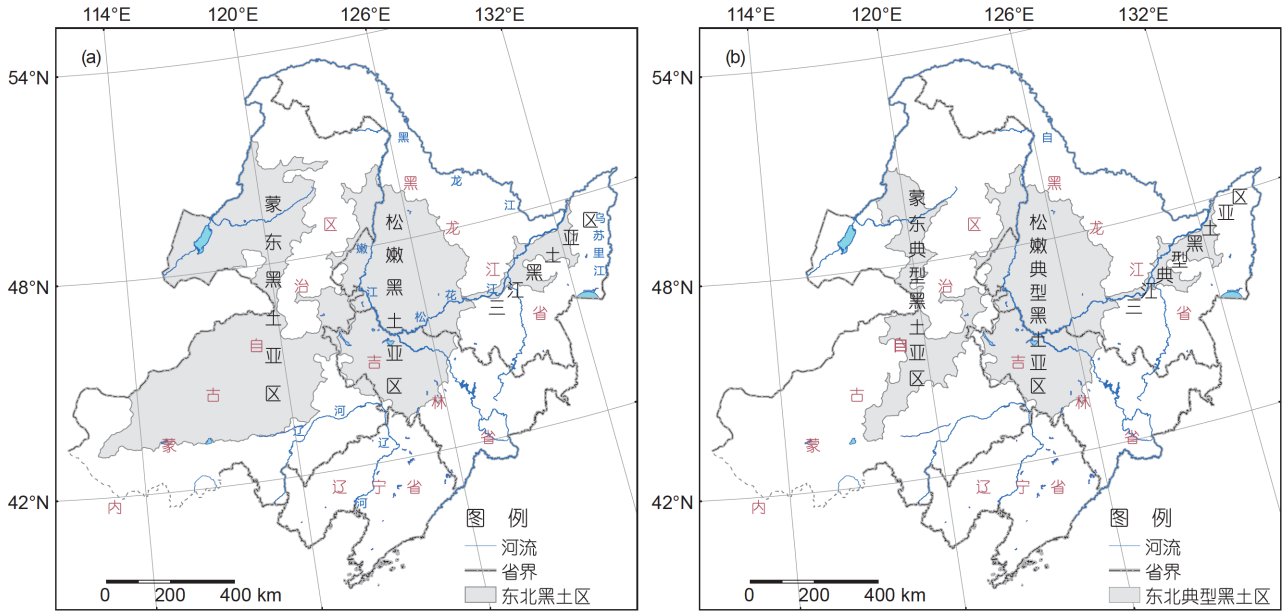


图 5 东北黑土区分布(a)与东北典型黑土区分布(b)
Figure 5 Distribution of black soil region (a) and typical black soil region (b) of northeastern China

表 2 东北黑土区与东北典型黑土区面积统计[a)]
Table 2 Areas of black soil region and typical black soil region of northeastern China

	省(自治区)	黑龙江	吉林	辽宁	内蒙古东部	合计
东北黑土区	县级数(个)	81	30	1	35	146
	面积(万km^2)	14.9	7.52	0.02	33.2	55.6
	占黑土区面积比例(%)	26.8	13.5	0.03	59.7	100
	占省区面积比例(%)	33.9	39.5	0.1	49.5	–
东北典型黑土区	县级数(个)	81	30	1	26	138
	面积(万km^2)	14.9	7.3	0.02	11.1	33.3
	占典型黑土区面积比例(%)	44.7	21.8	0.06	33.5	100
	占省/区面积比例(%)	33.8	38.2	0.1	16.6	–

a) “–”表示不计算该项

面积分别为31.6、21.4和2.6万km^2，分别占黑土区面积的56.8%、38.5%和4.7%. 蒙东黑土亚区与松嫩黑土亚区以内蒙古和吉林省界隔开，松嫩黑土亚区和三江黑土亚区以小兴安岭分界. 东北典型黑土区内按地理位置从西到东也分为3个亚区，分别是蒙东典型黑土亚区、松嫩典型黑土亚区和三江典型黑土亚区，面积分别为9.5、21.2和2.6万km^2，分别占典型黑土区面积的28.5%、63.8%和7.7%. 三江黑土亚区与三江典型黑土亚区的范围完全重合. 松嫩黑土亚区面积仅比松嫩典型黑土亚区面积多0.2万km^2，多出的部分位于黑龙江省西南和吉林省西部的栗钙土分布区. 蒙东黑土亚区面积较蒙东典型黑土亚区面积多22.1万km^2，多出的面积分布在内蒙古锡林郭勒盟的栗钙土区和呼伦贝尔市的灰色森林土区.

2.2 土壤分布

东北黑土区内的黑土、黑钙土、栗钙土和灰色森林土合计面积为33.9万km^2，占黑土区总面积的61.0%; 穿插其间的草甸土面积比例为20.2%，与上述4种土壤累计占黑土区总面积的81.2%. 东北典型黑土区内的黑土和黑钙土面积分别为5.97和9.86万km^2，合计占典型黑土区总面积的47.5%; 穿插其间的草甸土面积比例为

28.8%，与黑土和黑钙土累计占典型黑土区总面积的76.3%(表3).

2.3 土地利用与土壤侵蚀

粮食安全是保障我国长治久安的基础[21]，研究区是我国重要的粮食生产基地，玉米和大豆产量分别占全国32.8%和45.8%(http://data.stats.gov.cn/)．长期高强度耕作使得耕地侵蚀成为该区域水土流失的主要来源．根据黑土农地土壤侵蚀观测资料[18]，0.25°以上的坡耕地土壤侵蚀速率超过了容许土壤流失量[22](200 t/km^2)，导致土地退化．为了确定土壤退化面积，基于2010年中国土地利用现状图提取了研究区耕地分布，基于1:5万数字高程地形图DEM提取坡度．叠加两个图生成东北黑土区和东北典型黑土区的耕地坡度分级图，统计了各级面积(表4)．东北黑土区耕地面积为18.3万km^2，占黑土区面积的32.9%，其中0.25°以上耕地占耕地总面积比例为48.5%．东北典型黑土区耕地面积为16.7万km^2，占典型黑土区面积的50.2%，其中0.25°以上耕地占耕地总面积比例为46.4%．如果按其他地区采用的农地坡度5°标准判断农地是否发生水土流失[10]，会造成水土流失严重低估．研究区曾是清代统治者发源地而一直受到保护，直到19世纪末和20世纪初开始大规模开发[23]，是世界大规模开垦历史最晚的地区．由于地形平缓，在100多年的开垦中，基本没有采取相应的水土保持措施．截至目前，黑土层变薄十分明显，浅沟和切沟随处可见，严重威胁到黑土资源的可持续利用和国家粮食安全．

按划定的东北黑土区和东北典型黑土区范围，分别统计了第一次全国水利普查成果中的水力侵蚀强度与面积．东北黑土区水蚀面积为10.9万km^2，占黑土区土地面积的19.6%，占东北地区水蚀面积的50.4%．其中，轻度侵蚀面积8.0万km^2，中度侵蚀面积1.9万km^2，强烈以上侵蚀面积1.0万km^2．东北典型黑土区水蚀面积7.7

表 3 东北黑土区和东北典型黑土区主要土壤类型面积统计

Table 3 Areas of main soil type in black soil region and typical black soil region of northeastern China

土壤类型	东北黑土区		东北典型黑土区	
	面积(万km^2)	比例(%)	面积(万km^2)	比例(%)
黑土	5.98	10.7	5.97	17.9
黑钙土	10.13	18.2	9.86	29.6
栗钙土	15.44	27.8	0.45	1.4
灰色森林土	2.39	4.3	0.74	2.2
草甸土	11.24	20.2	9.6	28.8
其他土壤	9.71	17.5	6.28	18.9
非土壤	0.71	1.3	0.4	1.2
合计	55.6	100	33.3	100

表 4 东北黑土区和东北典型黑土区耕地坡度分级面积

Table 4 Areas of cropland by slope classes in black soil region and typical black soil region of northeastern China

耕地按坡度分级	东北黑土区		东北典型黑土区	
	面积(万km^2)	比例(%)	面积(万km^2)	比例(%)
≤0.25°	9.43	51.5	8.94	53.6
0.25°~1°	3.33	18.1	2.99	17.9
1°~2°	2.23	12.1	1.93	11.6
2°~3°	1.30	7.1	1.12	6.7
3°~5°	1.19	6.5	1.01	6.0
>5°	0.86	4.7	0.72	4.3
耕地合计	18.33	100.0	16.70	100.0

万km^2, 占典型黑土区土地面积的23.1%, 占东北地区水蚀面积的35.5%. 其中轻度侵蚀面积5.4万km^2, 中度侵蚀面积1.5万km^2, 强烈及以上侵蚀面积0.8万km^2.

3 结论与讨论

东北地区包括黑龙江省、辽宁省、吉林省和内蒙古自治区东部呼伦贝尔市、兴安盟、通辽市、赤峰市和锡林郭勒盟, 总面积为144.5万km^2, 涉及339个县级行政区. 2015年国务院批准发布的《全国水土保持规划(2015~2030年)》, 将全国划分为8个一级区, 东北黑土区是其中之一, 总面积109万km^2, 涉及247个县级行政区. 该东北黑土区的划分具有区域完整性, 但对治理而言重点不突出.

本研究用"中心引力集聚"方法在东北地区内划出东北黑土区和东北典型黑土区的界线和范围. 东北黑土区面积为55.6万km^2, 区内耕地面积18.3万km^2, 其中相对易发生侵蚀的0.25°以上坡耕地面积8.9万km^2. 东北典型黑土区面积为33.3万km^2, 区内耕地面积16.7万km^2, 0.25°以上坡耕地面积为7.8万km^2. 因此, 东北黑土区的水土保持重点对象为8.9万km^{2}的坡耕地, 优先治理的对象为7.8万km^{2}坡耕地.

划定的东北黑土区面积占东北地区总土地面积38.4%, 涉及146个县级行政区. 其中, 全部县域面积在区内的有43个, 50%以上面积在内的有18个, 不到一半面积在内的有20个. 东北典型黑土区面积占东北地区总土地面积23.0%, 涉及138个县级行政区. 其中, 全部县域面积在区内的有37个, 50%以上面积在内的有70个, 不到一半面积在内的有31个. 因此, 从县域尺度上, 位于黑土区的146个县级行政区的全部或部分, 是水土流失防治的重点. 位于典型黑土区的138个县级行政区的全部或部分, 是水土流失防治的优先考虑对象. 本研究可提供黑土区及其县级行政区边界线图、位置和面积等.

参考文献

1 Brady N C, Weil R R. The Nature and Properties of Soils. 15th ed. Harlow: Pearson Education Limited, 2017. 132
2 Gong Z T, Zhang Z Y, Zhang G L. Grassland soils: Distribution, classification and evolution (in Chinese). Soils, 2009, 41: 505−511 [龚子同, 张之一, 张甘霖. 草原土壤: 分布、分类与演化. 土壤, 2009, 41: 505−511]
3 Institute of Forestry and Soil Science, Chinese Academy of Sciences. Soils of Northeast China (in Chinese). Beijing: Science Press, 1980. 124–179 [中国科学院林业土壤研究所. 中国东北土壤. 北京: 科学出版社, 1980. 124–179]
4 Zhang Z Y. Discuss on issue of black soils classification and its distribution (in Chinese). J Heilongjiang Bayi Agric Univ, 2005, 17: 5–8 [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: 5–8]
5 Song D Q, Cheng B R, Zeng Z S. Soil regionalization in northeast China and eastern Inner Mongolia (in Chinese). Chin J Soil Sci, 1958, 4: 1–9 [宋达泉, 程伯容, 曾昭顺. 东北及内蒙东部土壤区划. 土壤通报, 1958, 4: 1–9]
6 National Soil Survey Office of the People's Republic of China. Soil Species of China (in Chinese). Beijing: China Agriculture Press, 1994. 276–286 [全国土壤普查办公室. 中国土种志. 北京: 中国农业出版社, 1994. 276–286]
7 Gong Z T. Chinese Soil Taxonomy: Theories, Methods and Practice (in Chinese). Beijing: Science Press, 1999. 442–447 [龚子同. 中国土壤系统分类: 理论 方法 实践. 北京: 科学出版社, 1999. 442–447]
8 Hao H. A study on the adjustment of the administrative division in the recent modern history of northeast of China (in Chinese). Doctor Dissertation. Changchun: Jilin University, 2007 [郝赫. 近现代中国东北政区沿革述论(1907–1955). 博士学位论文. 长春: 吉林大学, 2007]
9 Liu X T, Yan B X. Soil and water loss and food security in the black soil region of northeast China (in Chinese). Soil Water Conserv China, 2009, 1: 17–19 [刘兴土, 阎百兴. 东北黑土区水土流失与粮食安全. 中国水土保持, 2009, 1: 17–19]
10 Ministry of Water Resources of the People's Republic of China. Water Conservancy Industry Standard of the People's Republic of China SL190-2007: Standards for Classification and Gradation of Soil Erosion (in Chinese). Beijing: China Water & Power Press, 2008. 3–9 [中华人民共和国水利部. 中华人民共和国水利行业标准SL190-2007: 土壤侵蚀分类分级标准. 北京: 中国水利水电出版社, 2008. 3–9]
11 Shen B, Fan L R, Pan Q B, et al. Overview of pilot projects for comprehensive prevention of soil and water loss in the black soil region of northeast China (in Chinese). Soil Water Conserv China, 2003, 11: 7–8 [沈波, 范连荣, 潘庆宾, 等. 东北黑土区水土流失综合防治试点工程项目概况. 中国水土保持, 2003, 11: 7–8]
12 Xie Y J, Wang Y S, Wang Y X. Defining of chernozem area and zoning of soil and water conservation in northeastern China (in Chinese). Bull Soil Water Conserv, 2005, 25: 48–50 [解运杰, 王岩松, 王玉玺. 东北黑土区地域界定及其水土保持区划探析. 水土保持通报, 2005, 25: 48–50]
13 Wang Y S, Wang Y X, Li H X. Determination of black earth region boundaries and prevention and control tactics of soil and water conservation (in Chinese). Soil Water Conserv China, 2007, 12: 11–13 [王岩松, 王玉玺, 李洪兴. 黑土区范围界定及水土保持防治策略. 中国水土保持, 2007, 12: 11–13]
14 Yu D, Shen B, Xie J. Damages caused by soil and water erosion and their controlling approaches in the black earth area in northeast China (in

Chinese). Bull Soil Water Conserv, 1992, 12: 25–34, 42 [于丹, 沈波, 谢军. 东北黑土区水土流失危害及其防治途径. 水土保持通报, 1992, 12: 25–34, 42]

15 Wang Q C, Qi X N, Wang Y, et al. Erosion of black soils and its reclamation (in Chinese). Sci Geogr Sin, 2003, 23: 361–365 [王其存, 齐晓宁, 王洋, 等. 黑土的水土流失及其保育治理. 地理科学, 2003, 23: 361–365]

16 Cui H S, Zhang B, Yu L, et al. Pattern and change of black soil resources in China (in Chinese). Resour Sci, 2003, 25: 64–68 [崔海山, 张柏, 于磊, 等. 中国黑土资源分布格局与动态分析. 资源科学, 2003, 25: 64–68]

17 Wang Y X, Xie Y J, Wang P. Analysis of the causes of soil and water loss in the black soil region of northeast China (in Chinese). Sci Tech Inf Soil Water Conserv, 2002, 3: 27–29 [王玉玺, 谢运杰, 王萍. 东北黑土区水土流失成因分析. 水土保持科技情报, 2002, 3: 27–29]

18 Liu B Y, Yan B X, Shen B, et al. Current status and comprehensive control strategies of soil erosion for cultivated land in the Northeastern black soil area of China (in Chinese). Sci Soil Water Conserv, 2008, 6: 1–8 [刘宝元, 阎百兴, 沈波, 等. 东北黑土区农地水土流失现状与综合治理对策. 中国水土保持科学, 2008, 6: 1–8]

19 China Meteorological Administration. Climate Atlas of the People's Republic of China (in Chinese). Beijing: China Meteorological Press, 2002 [国家气象局. 中华人民共和国气候图集. 北京: 气象出版社, 2002]

20 Soil Survey Staff. Soil Taxonomy. 2nd ed. Agriculture Handbook 426. Washington DC: US Government Printing Office, 1999. 555–693

21 Cheng S K, Wang S Y, Liu X, et al. Food nutrition and food security of China in a new development phase (in Chinese). Chin Sci Bull, 2018, 63: 1764–1774 [成升魁, 汪寿阳, 刘旭, 等. 新时期我国国民营养与粮食安全. 科学通报, 2018, 63: 1764–1774]

22 Ministry of Water Resources of the People's Republic of China. Water Conservancy Industry Standard of the People's Republic of China: Techniques Standards for Comprehensive Control of Soil Erosion in the Black Soil Region, SL449-2009 (in Chinese). Beijing: China Water & Power Press, 2009. 5 [中华人民共和国水利部. 中华人民共和国水利行业标准SL446-2009, 黑土区水土流失综合防治技术标准. 北京: 中国水利水电出版社, 2009. 5]

23 Ye Y, Fang X Q, Ren Y Y, et al. Cropland cover change in Northeast China during the past 300 years. Sci China Ser D-Earth Sci, 2009, 52: 1172–1182

Summary for “东北黑土区和东北典型黑土区的范围与划界”

Delineating the black soil region and typical black soil region of northeastern China

Baoyuan Liu[1], Ganlin Zhang[2], Yun Xie[1*], Bo Shen[3], Zhijia Gu[1] & Yingying Ding[1]

[1] *State Key Laboratory of Earth Surface Processes and Resource Ecology, Faculty of Geographical Science, Beijing Normal University, Beijing 100875, China;*
[2] *State Key Laboratory of Soil and Sustainable Agriculture, Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China;*
[3] *Songliao Water Resources Commission, Ministry of Water Resources, Changchun 130021, China*
* Corresponding author, E-mail: xieyun@bnu.edu.cn

The black soil region in northeastern China is one of the most important grain production areas in the country, and plays a key role in food security. Large lands have been brought into cultivation in the last 100 years. Because these lands have lesser slope gradients compared to those in the loess plateau and other regions in China, soil erosion has been ignored in this area for a long time. Few soil conservation practices have been implemented. Serious soil erosion problems due to long slope lengths have been identified based on recent research and observations in the study area. The government has realized the necessity and urgency of soil conservation. However, to create policies and plans for black soil conservation, questions such as how much of the black soil region, and where in the region, erosion is a problem must be addressed. Currently, the black soil region of northeastern China is regarded as having a total area of 1.09 million square kilometers, including Heilongjiang, Jilin, the north part of Liaoning, and the east part of Inner Mongolia, in which there are also many non-black soils in mountain regions of Daxingan, Xiaoxingan, and Changbaishan. Therefore, it is difficult to determine precisely the conservation priorities for this large area. In this study, the black soils were defined and their concentrated area was delineated in northeastern China. The black soils were defined as soils with the “mollic epipedon”, which were classified as Isohumosols in Chinese Soil Taxonomy or Mollisols in the USDA Soil Taxonomy, and classified as Phaezoems, Chernozems, Kastanozems and Grayzems soils according to the Genetic Soil Classification of China (GSCC). The region dominated by these four soils in GSCC was defined as the black soil region. Because Phaezoems and Chernozems have higher organic matter contents and deeper mollic epipedon depths, and are distributed in the center of the study area, these two soils were defined as the typical black soil, and their dominate area was defined as the typical black soil region. A soil map in the scale of 1:1000000, made from the second national soil survey, was used with ArcGIS 10.2 software to delineate both black soil and typical black soil regions. A method called “central gravitational agglomeration” was developed. All of the soil polygons were selected, and the farthest and the smallest polygon were merged into its closest adjacent one if its radius was larger than the distance between it and its closest one. Otherwise it was abandoned. The same process was repeated until only a few small polygons were left and a regional outline appeared. Four soils were used to determine the exact boundaries of the black soil region, and two soils were used to determine the exact boundaries of the typical black soil region. The results showed that the area of the black soil region was 556000 km^2, including 146 counties in which 33.0% was cultivated land. The area of the typical soil region was 333000 km^2, including 138 counties in which 50.2% was cultivated land. Due to the long slopes, the soil erosion rate from the cropland with slope greater than 0.25° is estimated to be larger than soil loss tolerance of 200 t/km^2. The cultivated lands with slope greater than 0.25° were regarded as sloped cultivated land or sloped cropland, which totaled 89000 km^2, or 16.0% of the total land for the black soil region, and 78000 km^2, or 23.4% of the total land for the typical black soil region. The sloped cultivated land in both the black soil region and typical black soil region should be targeted as key areas for soil erosion control in northeastern China.

black soils, black soil region of northeastern China, typical black soil region of northeastern China, soil erosion, black soil conservation

doi: 10.1360/TB-2020-0178