

# 东北黑土区农地水土流失现状与综合治理对策

刘宝元<sup>1</sup>, 阎百兴<sup>2</sup>, 沈波<sup>3</sup>, 王志强<sup>1</sup>, 魏欣<sup>1</sup>

(1. 北京师范大学地表过程与资源生态国家重点实验室, 地理学与遥感科学学院, 100875, 北京;

2. 中国科学院东北地理与农业生态研究所, 130012, 3. 水利部松辽水利委员会, 130021: 长春)

**摘要** 东北黑土区是我国重要的粮食产区和商品粮基地, 对稳定粮食市场、保障国家粮食安全具有重要作用, 但长期的重开垦轻保护导致了严重的水土流失, 已经影响到了粮食生产的地位。以东北松嫩黑土区面积约 2 080 万 hm<sup>2</sup> 的区域为研究对象, 根据 950 个野外调查点资料, 推算研究区农地面积为 1 727.40 万 hm<sup>2</sup>。通过径流小区和<sup>137</sup>Cs 监测资料, 估算该地区农地水土流失强度。东北黑土区农地土壤流失量与坡度的关系为  $A = 0.7379\theta$ 。利用美国 SRTM 90 m × 90 m 地面高程资料, 得出研究区总体地形: 坡度 1°以下面积占 72.25%, 1°~5°面积占 27.05%, 5°以上面积仅占 0.70%; 但由于坡面较长, 观测与计算结果: 黑土流失面积已达到 1 339.45 万 hm<sup>2</sup>, 占研究区总土地面积的 64.40%, 占研究区农地面积的 77.54%。东北黑土区水土流失已经十分严重, 开展针对该地区水土流失特点的水土保持措施建设已刻不容缓。同时, 为全面了解东北地区水土流失状况, 需要进一步加强对整个东北地区水土流失监测与土壤侵蚀规律的研究。

**关键词** 黑土; 黑钙土; 土壤侵蚀; 水土保持; 水土流失监测; 东北黑土区

## Current status and comprehensive control strategies of soil erosion for cultivated land in the Northeastern black soil area of China

Liu Baoyuan<sup>1</sup>, Yan Baixing<sup>2</sup>, Shen Bo<sup>3</sup>, Wang Zhiqiang<sup>1</sup>, Wei Xin<sup>1</sup>

(1. Beijing Normal University, State Key Laboratory of Earth Surface Processes and Resource Ecology, School of Geography, 100875,

Beijing; 2. Northeast Institute of Geography and Agroecology, Chinese Academy of Sciences, 130012, Changchun;

3. Songliao Water Resources Commission, Ministry of Water Resources, 130021, Changchun: China)

**Abstract** Northeastern black soil area is one of important regions for crop production and commodity grains in China, which takes the key role in stabilizing national grain markets and keeping national food security. The long term cultivation with less soil conservation has caused serious soil erosion and threatened food production in this area. This paper focused on the black soil region in Songhuajiang-Nenjiang plain, which is about 20.8 million hm<sup>2</sup>, and estimated soil loss from the cultivated land by using 950 point survey data and soil loss data measured from plots and <sup>137</sup>Cs. The cultivated land is about 17.274 million hm<sup>2</sup> in the study area. The soil loss prediction equation for crop land is  $A = 0.7379\theta$ . The analysis result showed that the study area has rolling hill topography by using SRTM elevation data with resolution of 90 m × 90 m. The percentage is 72.25% of the total area for slope steepness less than 1°, 27.05% for slope ranges of 1°~5°, and only 0.70% for slope steeper than 5°. But the large slope length caused serious soil erosion for the crop land. Soil loss calculated from both plot and <sup>137</sup>Cs measured data showed that the area of soil erosion is about 13.394 9 million hm<sup>2</sup>, which is 64.40% of the study area and 77.54% of the crop land in the study region. It is urgent to take practices for soil conservation. In addition, to understand the soil loss rate for the northeastern China,

收稿日期: 2007-11-09 修回日期: 2007-12-24

项目名称: 国家重点基础研究发展计划(973)课题“多尺度土壤侵蚀预报模型”(2007CB407204); 国家自然科学基金项目“维持可持续土地生产力的定量标准: 容许土壤流失量”(40671111); 水利部 中国科学院 中国工程院“中国水土流失与生态安全综合科学考察”专题“东北黑土区考察”(2005SBKK01)

第一作者简介: 刘宝元(1958—), 男, 博士, 教授, 博士生导师。主要研究方向: 土壤侵蚀。E-mail: baoyuan@bnu.edu.cn

it is necessary to strengthen the soil loss monitoring and soil erosion research.

**Key words** black soils; chernozems; soil erosion; soil and water conservation; soil and water loss monitoring; Northeastern black soil area

东北黑土区由于土地肥沃、地域辽阔、人口相对较少成为我国重要的商品粮基地,被誉为粮食生产与供给的“稳压器”,但保护不当或无保护开垦引发水土流失导致土地退化,对土地生产力和粮食生产,乃至国家粮食安全会造成严重威胁。

农地既是土壤侵蚀最为严重,也是受到危害最为严重的地方。东北地区水土流失资料相对较少,笔者以 2005—2006 年水利部,中国科学院和中国工程院共同组织的中国水土流失与生态安全综合科学考察的部分成果为基础,对东北黑土区农地水土流失状况及其综合治理对策做一简要论述。

## 1 东北黑土区简介

### 1.1 东北黑土区的范围与面积

东北地区一般指东北 3 省加内蒙古自治区的呼伦贝尔市、兴安盟、通辽市和赤峰市 4 市(盟),总面积 1 亿 2 400 万  $\text{hm}^2$ ,其中农地面积 2 642 万  $\text{hm}^2$ <sup>[1]</sup>。农地主要分布在松嫩平原、辽河平原、辽西丘陵和三江平原。黑土主要分布在小兴安岭西南、张广才岭和长白山地西北的漫岗丘陵区,行政区域主要包括黑龙江和吉林 2 省<sup>[2]112-131,191-205</sup>,此外,在三江平原有小面积零星分布。黑钙土与黑土性质相似,有 2

块集中分布区,一块与黑土区毗邻,分布在松嫩平原,行政区域包括黑龙江和吉林 2 省,另一块分布在大兴安岭以西的内蒙古呼伦贝尔市和兴安盟。黑土、黑钙土分布区都有草甸土相伴分布,三者因土壤表层富含有机质都呈明显的黑色,性质相似,因此,笔者将黑土、黑钙土和草甸土集中连片的分布区统称为东北黑土区。主要有 3 大块:第 1 块位于内蒙古的呼伦贝尔市和兴安盟,面积约 830 万  $\text{hm}^2$ ,以黑钙土为主,称为呼伦贝尔黑土区;第 2 块位于松嫩平原,面积最大,约 2 080 万  $\text{hm}^2$ ,以黑土、黑钙土和草甸土为主,称为松嫩黑土区;第 3 块位于三江平原,以草甸土、白浆土和黑土为主,称为三江黑土区。

本文研究区域为面积最大的松嫩黑土区,区内农地面积 1 727.40 万  $\text{hm}^2$ ,占研究区总土地面积的 83.05%,占东北地区农地面积的 65.38%,属于我国 7 大耕地类型区中的东北黑土型耕地类型区<sup>[3]</sup>,其中包括 2 个部分:东部的黑土区和西部的黑钙土区,面积分别为 940 万和 1 140 万  $\text{hm}^2$ (图 1)。

### 1.2 东北地区的开发与水土流失

根据张树文等<sup>[4]</sup>的研究结果,东北地区土地利用开发主要集中在 20 世纪以来的 100 多年。清代统治者视东北地区为发祥之地,从康熙七年(1668

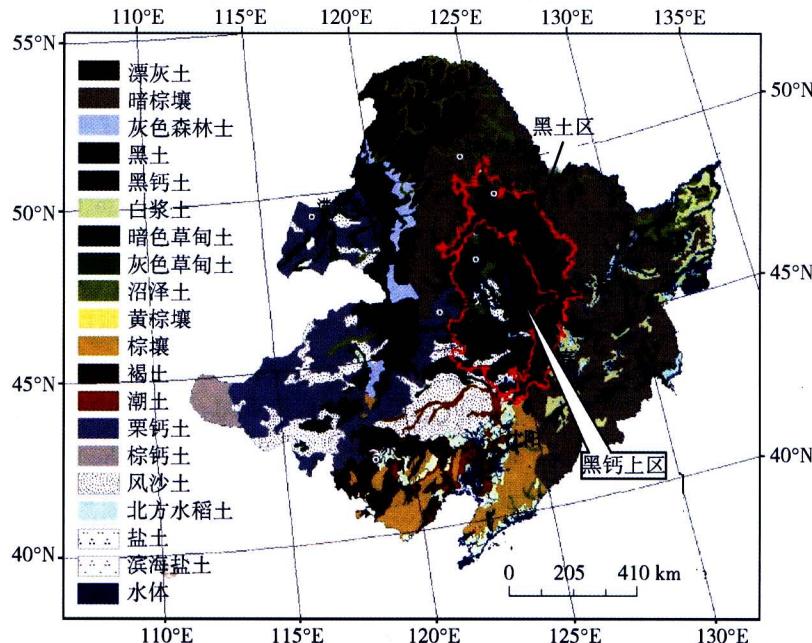


图 1 东北地区土壤分布图

Fig.1 Soil distribution in Northeastern China

年)开始实行 200 多年的封禁,大部分地区基本上是森林和草原。1895 年中日甲午战争以后,清朝政府对东北地区实行全面开禁,大规模的土地利用开发由此开始。1780 年(清中叶),东北地区耕地面积为 145.95 万  $\text{hm}^2$ ,1908 年(清末),黑吉辽 3 省耕地总面积已达 761.38 万  $\text{hm}^2$ ,1930 年(民国),3 省耕地总面积超过 1 210 万  $\text{hm}^2$ 。根据国土资源部调查,目前东北耕地总面积已达 2 642 万  $\text{hm}^2$ <sup>[1]</sup>,是清末 1908 年耕地面积的 3.5 倍,约 71% 的耕地是在近 100 年来开发的。目前已经能够看到大量切沟分布,约 1/4 的土地已经成为“破皮黄”,切沟是土壤水蚀的最严重阶段,由此可见土地开发导致的严重水土流失状况。

## 2 水土流失监测结果

水土流失监测有不同的方法,但最有效的方法是小区观测、小流域观测、核示踪元素分析等。由于东北地区地形相对平缓,沉积现象明显,在无法确定泥沙输移比的情况下,通过小流域监测难以直接得到土壤流失量,因此,小区监测方法成为该地区水土流失监测最为有效的手段。

### 2.1 小区水土流失观测

径流小区观测方法是水土流失观测最经典最精

确的方法,是定量获取土壤流失量最为有效的手段,同时也是标定其他方法的基础,被世界各国所采用。东北黑土区观测资料相对较少,选择了黑龙江省九三、克山县和宾县 3 个试验站的观测资料进行分析。九三试验站位于嫩江县内黑龙江省农垦总局九三分局鹤山农场,由北京师范大学、九三分局和水利部松辽水利委员会合作于 2002 年建立的,观测资料从 2003 年到 2007 年。克山和宾县试验站由黑龙江省水土保持研究所建立。为了减少年际变化的影响,分别计算了研究区 1961—2000 年的降雨侵蚀力,确定利用克山县和宾县试验站 1985—1990 年的资料,九三试验站 2003—2004 年的资料进行分析,因为这 2 个时段的降雨侵蚀力与多年平均值接近。克山县和宾县试验站分别选择 4 个裸地小区,长 20 m,宽 2 m,坡度 9% ( $5.13^\circ$ ),年平均土壤流失量分别为 23.68 和 38.69  $\text{t}/\text{hm}^2$ 。九三试验站选择 2 个裸地小区和 3 个农地小区,裸地小区长 20 m,宽 5 m,坡度 5.0°,年平均土壤流失量 28.15  $\text{t}/\text{hm}^2$ ,3 个农地小区是大豆和小麦轮作,坡长分别为 100、200 和 300 m,坡宽 3 垄,约 2.1 m,顺坡耕作,坡度分别为 1.6°、2.0° 和 1.9°,年平均土壤流失量分别为 7.80、10.68 和 13.44  $\text{t}/\text{hm}^2$ (表 1)。

表 1 径流小区土壤流失量监测

Tab.1 Soil loss data from runoff plots in study area

小区位置	坡长/m	坡度/(°)	耕作措施	资料时段	重复次数	小区土壤流失量/( $\text{mm} \cdot \text{a}^{-1}$ )	订正到 300 m 坡长土壤流失量/( $\text{mm} \cdot \text{a}^{-1}$ )	订正到大豆地土壤流失量/( $\text{mm} \cdot \text{a}^{-1}$ )	数据来源
克山县	20	5.0	裸地	1985—1990	4	1.97	5.83	2.04	张宪奎 <sup>[5]</sup>
宾县	20	5.0	裸地	1985—1990	4	3.31	9.77	3.42	张宪奎 <sup>[5]</sup>
九三	20	5.0	裸地	2003—2004	2	3.91	11.52	4.03	北师大
九三	100	1.6	顺坡耕作	2003—2004	1	0.65	1.01	1.01	北师大
九三	200	2.0	顺坡耕作	2003—2004	1	0.89	1.04	1.04	北师大
九三	300	1.9	顺坡耕作	2003—2004	1	1.12	1.12	1.12	北师大

### 2.2 $^{137}\text{Cs}$ 土壤流失量监测

1960 年,R.G. Menzel<sup>[6]</sup>发现 $^{90}\text{Sr}$ 的运移与土壤流失量有密切关系,M.H. Frere 等<sup>[7]</sup>、E.R. Graham<sup>[8]</sup>随后也论证了土壤侵蚀是导致流域人工放射性核素 $^{137}\text{Cs}$ 和 $^{20}\text{Sr}$ 移出的因素。J. C. Ritchie 等<sup>[9]</sup>汇总他们的观测数据和前人研究结果,证明了土壤流失量和核素流失具有显著的指数关系。J. R. McHenry 等<sup>[10]</sup>进一步指出利用 $^{137}\text{Cs}$ 空间结构可以研究侵蚀与堆积区分布特征。因此,核示踪分析技术已经在土壤侵蚀研究中得到迅速应用,其中以 $^{137}\text{Cs}$ 监测方法最为成熟。由于东北黑土区 $^{137}\text{Cs}$ 含量相对较高,

这种方法的应用效果更好。

阎百兴等<sup>[11]</sup>在吉林省德惠市八家庙村一个顺坡起垄长 230 m 的缓坡耕地上,采集 5 个土样,分别位于坡顶、坡缘、坡中、坡脚和坡底,坡度分别是 3°、5°、4°、1° 和 1°,通过 $^{137}\text{Cs}$ 方法测量土壤流失量,结果表明,坡顶、坡缘、坡中土壤流失量分别为 3.16、4.33 和 4.22  $\text{mm}/\text{a}$ (表 2)。方华军等<sup>[12]</sup>在吉林省德惠市松花江镇一个接近顺坡起垄的长约 250 m 的坡耕地上,选取了 3 个平行断面,在每个断面的坡顶、坡肩、坡背、坡脚和坡足 5 处分别采集土样,5 个部位距离坡顶的距离分别为 28、43、118、213 和 253 m,平均坡

度分别为  $2.6^\circ$ 、 $3.5^\circ$ 、 $2.2^\circ$ 、 $1.2^\circ$  和  $1.1^\circ$ 。土壤流失量计算结果表明, 坡肩土壤侵蚀最为严重, 坡顶和坡背处土壤侵蚀较轻, 坡足和坡脚表现为土壤沉积, 而坡顶、坡肩和坡背的平均土壤流失量分别为  $1.01$ 、 $2.80$  和  $1.81 \text{ mm/a}$ (表 2)。

2004 年, 中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所张信宝和北京师范大学合作在黑龙江省农垦总局九三分局鹤山农场鹤北 1 号小流域内, 选择 1 个长约  $400 \text{ m}$ 、平均坡度  $2.8^\circ$ 、斜坡耕作(在等高和顺坡之间)并有浅沟侵蚀发生的坡面, 进行了网格采样, 经  $^{137}\text{Cs}$  活度分析, 得到坡面平均土壤流失量约

为  $1.80 \text{ mm/a}$ (表 2)。

北京师范大学于 2005 年, 在黑龙江省农垦总局九三分局鹤山农场鹤北小流域内的 8 号小流域进行了全流域网格采样, 流域面积  $210 \text{ hm}^2$ , 坡度范围  $0^\circ$  ~  $5^\circ$ , 网格样点间隔  $100 \text{ m}$ , 部分加密样点间隔  $25 \text{ m}$ , 采样点总计 275 个, 土样数共计 465 个, 探测放射性核素  $^{137}\text{Cs}$  活度, 最终得到不同坡度范围内的土壤流失量(表 2)。 $0^\circ$  ~  $1^\circ$  坡度范围内的土壤流失量为  $1.05 \text{ mm/a}$ ,  $1^\circ$  ~  $2^\circ$  坡度范围内的土壤流失量为  $1.00 \text{ mm/a}$ ,  $2^\circ$  ~  $3^\circ$  坡度范围内的土壤流失量为  $1.99 \text{ mm/a}$ ,  $3^\circ$  ~  $4^\circ$  坡度范围内的土壤流失量为  $2.66 \text{ mm/a}$ (表 2)。

表 2 研究区土壤流失量  $^{137}\text{Cs}$  监测数据

Tab.2 Data from  $^{137}\text{Cs}$  measurements in study area

采样地点	坡度/(°)	耕作状态	采样年份	土壤流失量/(mm·a <sup>-1</sup> )	数据来源
德惠市八家庙村(坡顶)	3	顺坡耕作	2005	3.16	阎百兴
德惠市八家庙村(坡缘)	5	顺坡耕作	2005	4.33	阎百兴
德惠市八家庙村(坡中)	4	顺坡耕作	2005	4.22	阎百兴
德惠市八家庙村(坡脚)	1	顺坡耕作	2005	沉积	阎百兴
德惠市八家庙村(坡底)	1	顺坡耕作	2005	沉积	阎百兴
德惠市松花江镇(坡顶)	2.6	顺坡耕作	2005	1.01	方华军
德惠市松花江镇(坡肩)	3.5	顺坡耕作	2005	2.80	方华军
德惠市松花江镇(坡背)	2.2	顺坡耕作	2005	1.81	方华军
德惠市松花江镇(坡脚)	1.2	顺坡耕作	2005	沉积	方华军
德惠市松花江镇(坡足)	1.1	顺坡耕作	2005	沉积	方华军
九三试验站鹤北 1 号流域	2.8	斜坡耕作	2004	1.80	张信宝
九三试验站鹤北 8 号流域	0.5	多点平均	2005	1.05	北师大
九三试验站鹤北 8 号流域	1.5	多点平均	2005	1.00	北师大
九三试验站鹤北 8 号流域	2.5	多点平均	2005	1.99	北师大
九三试验站鹤北 8 号流域	3.5	多点平均	2005	2.66	北师大

### 3 水土流失状况

#### 3.1 土壤流失方程

区域水土流失状况必须根据区域土壤侵蚀因子, 利用土壤侵蚀模型进行估计, 这些因子包括降雨侵蚀力、土壤可蚀性、地形、土地利用与管理、水土保持措施等。具体来说, 需要 3 个步骤: 第一, 建立模型; 第二, 提取土壤侵蚀因子; 第三, 计算土壤流失量。在研究涉及的  $2080 \text{ 万 } \text{hm}^2$  区域范围内, 降雨侵蚀力和土壤可蚀性差异相对不大, 在观测资料中已经包含。相比之下, 坡度成为水土流失的决定因素, 首先必须建立土壤流失量与坡度的关系式。为了利用前文所述的观测资料, 并且要使不同观测资料能

够进行比较和分析, 需要将不同条件下的观测结果校正到相同条件下。选择大豆地、坡长  $300 \text{ m}$  为统一标准条件进行校正, 因为它代表了东北黑土区的农地特征。具体校正步骤如下: 1) 坡长订正。利用适合本区的坡长公式  $L = (l/300)^{0.4}$ ( $l$  为坡长,  $\text{m}$ ), 将不同坡长( $l$ )径流小区土壤流失量统一订正为  $300 \text{ m}$  坡长( $L$ )的土壤流失量。2) 覆盖因子订正。根据九三试验站耕作措施小区得到的大豆  $C$  因子值 0.35, 将裸地小区土壤流失量乘以该值, 即为农地土壤流失量。 $^{137}\text{Cs}$  监测结果为农地土壤流失量, 所以不需要订正。由于小区土壤流失量单位一般采用  $\text{t}/\text{hm}^2$ , 而  $^{137}\text{Cs}$  监测一般采用  $\text{mm/a}$ , 因此, 二者间以土壤密度  $1.2 \text{ g/cm}^3$  转换。3) 绘制订正后小区

和<sup>137</sup>Cs 监测的土壤流失量与坡度关系图(图 2), 得到土壤流失量随坡度的回归方程

$$A = 0.7379\theta$$

式中:  $A$  是土壤流失量, mm/a;  $\theta$  是坡度, ( $^{\circ}$ )。

### 3.2 坡度分布与农地面积

利用美国航天飞机雷达拓朴测绘(SRTM, Shuttle Radar Topography Mission)90 m × 90 m 数据, 在研究区采样获得坡度信息。黑土区取 5 个整幅( $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ )和 2 个半幅, 共采集 865.4 万个点计算坡度分布。黑钙土区取 11 个整幅和 1 个半幅, 共采集 1 658.8 万个点计算坡度分布。将坡度分为不同等级统计 2 个区各坡度等级的土地面积百分比(表 3)。结果表明, 研究区地形总体比较平缓, 黑土区缓坡特点突出, 黑钙土区坡度尤其平缓。坡度小于  $0.5^{\circ}$  的面积在黑土区占 30.21%, 在黑钙土区占 55.99%, 坡度小于  $1^{\circ}$  的面积在黑土区占 56.61%, 在黑钙土区占 87.35%。

**表 3** 研究区不同坡度等级面积分布  
**Tab.3** Statistical distribution of slope steepness in study area

坡度范围/( $^{\circ}$ )	黑土区面积		黑钙土区面积		全区面积合计	
	比例/%	累计百分比/%	比例/%	累计百分比/%	比例/%	累计百分比/%
0 ~ 0.1	1.10	1.10	7.43	7.43	4.32	4.32
> 0.1 ~ 0.2	5.15	6.25	8.28	15.71	6.74	11.06
> 0.2 ~ 0.3	8.46	14.71	14.26	29.97	11.41	22.47
> 0.3 ~ 0.4	8.14	22.85	14.19	44.16	11.22	33.69
> 0.4 ~ 0.5	7.36	30.21	11.83	55.99	9.63	43.32
> 0.5 ~ 1	26.40	56.61	31.36	87.36	28.93	72.25
> 1 ~ 2	25.47	82.08	10.35	97.70	17.77	90.02
> 2 ~ 3	11.32	93.40	1.59	99.29	6.37	96.39
> 3 ~ 4	3.90	97.30	0.41	99.70	2.12	98.51
> 4 ~ 5	1.46	98.76	0.14	99.84	0.79	99.31
> 5 ~ 8	1.04	99.80	0.13	99.97	0.58	99.88
> 8 ~ 15	0.19	99.99	0.03	100.00	0.11	99.99
> 15 ~ 25	0.01	100.00	0.00	100.00	0.01	100.00
> 25 ~ 35	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00
> 35	0.00	100.00	0.00	100.00	0.00	100.00

土区。

北京师范大学于 2003—2004 年在研究区进行了黑土厚度抽样调查。首先利用全国 1:100 万土壤图, 根据研究区黑土和黑钙土分布, 确定了研究区及其所包含的黑土区和黑钙土区界线, 然后采用网格法均匀布设样点: 在黑土区以  $6' \times 6'$  经纬网格交叉点作为调查样点, 共采样 924 个; 在黑钙土区以  $54'$

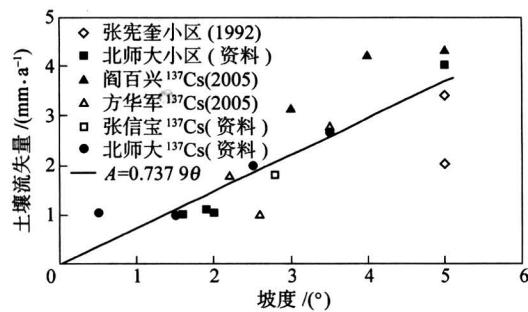


图 2 小区与<sup>137</sup>Cs 观测的土壤流失量与坡度的关系

Fig.2 Regressed relationship between soil loss and slope

steepness for data measured from runoff plots and <sup>137</sup>Cs 如果按照水利部土壤侵蚀强度的坡度分级标准<sup>[13]</sup>, 5°以上属于水土流失区, 则黑土区 5°以上面积仅占 1.24%, 黑钙土区仅占 0.16%, 整个研究区只有 0.70% 的土地坡度超过 5°。显然, 依据现行利用坡度划分土壤侵蚀强度的分级标准不适合于东北黑

土区。

× 36' 经纬网格交叉点作为调查样点, 共采样 26 个, 合计在研究区调查的总样点数为 950 个, 其中黑土区农地样点数占 90.48%, 黑钙土区农地样点数占 76.92%, 以此比例根据研究区及其包含的黑土区和黑钙土区面积, 推算出研究区农地面积为 1 727.40 万 hm<sup>2</sup>, 其中黑土区农地面积为 850.51 万 hm<sup>2</sup>, 黑钙土区农地面积为 876.89 万 hm<sup>2</sup>(表 4)。

表4 研究区农地面积

Tab.4 Cultivated land areas in study area

区域	面积/万 hm <sup>2</sup>	样点个数	农地样点个数	农地比例/%	农地面积/万 hm <sup>2</sup>
黑土区	940	924	836	90.48	850.51
黑钙土区	1 140	26	20	76.92	876.89
合计	2 080	950	856	—	1 727.40

### 3.3 农地土壤流失量

根据研究区坡度状况,利用前述土壤流失量公式便可直接估算出农地土壤流失量(表5)。研究区内,0°~0.5°农地的土壤流失量为0~442 t/hm<sup>2</sup>,0.5°~1°农地的土壤流失量为442~885 t/hm<sup>2</sup>,1°~5°农地的土壤流失量为885~4 427 t/hm<sup>2</sup>,5°~8°农地的土

壤流失量为4 427~7 083 t/hm<sup>2</sup>,8°~15°农地的土壤流失量为7 083~13 282 t/hm<sup>2</sup>。根据土壤流失量计算结果,依据水利部土壤侵蚀强度分级标准<sup>[13]</sup>,可以将研究区划分为微度、轻度、中度、强度和极强度的土壤侵蚀区。

将土壤侵蚀强度在轻度及其以上地区称为水土

表5 研究区不同坡度等级土壤侵蚀强度

Tab.5 Soil erosion grade varying with slope steepness in study area

坡度范围/(°)	黑土区面积比例/%	黑钙土区面积比例/%	全区面积比例/%	土壤流失量/(t·hm <sup>-2</sup> )	侵蚀强度分级
0~0.1	1.10	7.43	4.32	0~88	微度
>0.1~0.2	5.15	8.28	6.74	>88~177	微度
>0.2~0.3	8.46	14.26	11.41	>177~265	微度
>0.3~0.4	8.14	14.19	11.22	>265~354	轻度
>0.4~0.5	7.36	11.83	9.63	>354~442	轻度
>0.5~1	26.40	31.36	28.93	>442~885	轻度
>1~2	25.47	10.35	17.77	>885~1 770	轻度
>2~3	11.32	1.59	6.37	>1 770~2 656	轻度
>3~4	3.90	0.41	2.12	>2 656~3 541	中度
>4~5	1.46	0.14	0.79	>3 541~4 427	中度
>5~8	1.04	0.13	0.58	>4 427~7 083	中度
>8~15	0.19	0.03	0.11	>7 083~13 282	强度
>15~25	0.01	0.00	0.01	>13 282~22 137	极强度
>25~35	0.00	0.00	0.00		
>35	0.00	0.00	0.00		

流失区,则研究区农地水土流失面积达到1 339.49万 hm<sup>2</sup>,占研究区总面积的64.40%,占研究区农地面积的77.54%(表6),其中,黑土区农地水土流失面积为725.41万 hm<sup>2</sup>,占黑土区农地面积的85.29%,占研究区面积的34.88%;黑钙土区农地水土流失面积614.08万 hm<sup>2</sup>,占黑钙土区农地面积的70.03%,占研究区面积的29.52%。显然,东北黑土区农地土壤流失现状不容忽视,如果仅仅根据坡度划分土壤侵蚀强度,农地水土流失面积仅占0.70%,将大大低估区域水土流失状况。

虽然利用估算的土壤流失量对东北黑土区土壤

侵蚀强度的划分结果较仅利用坡度划分的结果有了明显的改善,但从总体来看,仍需要进行深入研究,在77.54%的农地水土流失面积中,轻度侵蚀占73.93%,中度侵蚀占3.50%,强度侵蚀占0.11%,极强度以上侵蚀几乎没有,轻度侵蚀比例偏高的结果显然不适合东北黑土区;因此,建立适合东北黑土区土壤侵蚀规律的分级标准迫在眉睫。

## 4 综合治理对策

### 4.1 重点治理坡耕地水土流失

东北黑土区地形平缓,超过5°的坡耕地仅占耕

表6 研究区水土流失面积  
Tab.6 Soil erosion areas in study area

侵蚀强度分级	黑土区		黑钙土区		全区	
	面积/万 hm <sup>2</sup>	面积比例/%	面积/万 hm <sup>2</sup>	面积比例/%	面积/万 hm <sup>2</sup>	面积比例/%
微度侵蚀	125.10	14.71	262.81	29.97	387.91	22.46
轻度侵蚀	669.27	78.69	607.85	69.32	1 277.12	73.93
中度侵蚀	54.43	6.40	5.96	0.68	60.39	3.50
强度侵蚀	1.62	0.19	0.27	0.03	1.89	0.11
极强度侵蚀	0.09	0.01	0.00	0.00	0.09	0.00
剧烈侵蚀	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
合计	850.51	100.00	876.89	100.00	1 727.40	100.00
水土流失面积	725.41	85.29	614.08	70.03	1 339.49	77.54

地总面积的 0.70%。小于 0.5° 的耕地土壤侵蚀较轻,土壤侵蚀主要集中在 0.5°~5° 的坡耕地上,这部分耕地占黑土区耕地总面积的 56%,应是今后治理的重点。根据过去 50 年的治理经验,3°以下的坡耕地主要采取改垄措施,将顺坡垄与斜坡垄改为横垄,顺坡耕作改为等高耕作。3°~8°的坡耕地通过修建梯田和地埂植物带控制水土流失,建设基本农田。8°以上的坡耕地通过坡面工程整地后退耕还林,因地制宜营造水土保持林、用材林、经济林等。

#### 4.2 加强科技投入,采取综合治理方法

应采取耕作、培肥和工程措施相结合的方法,通过增施有机肥、化肥平衡施用、秸秆还田、深松、宽窄行交替休闲、轮作、保护性耕作、免耕、少耕等措施,增加土壤有机质,改善土壤理化性状和结构,提高地表覆盖,减少对土层扰动,增加抗蚀性,控制侵蚀。同时,广泛引进国内外水土保持先进技术,加强黑土区水土保持的科技投入,将黑土区水土流失综合防治纳入东北老工业基地振兴战略和国家科技发展战略中,不断总结开发适用的新技术,促进黑土区水土保持的发展。

#### 4.3 建议推行农民投工投劳承诺制解决水土保持投工难题

“两工”取消后,水土保持在用工上面临严峻形势,出现受益大的农户愿意出工、受益小的农户不肯出工的现象,很难通过“一事一议”达成共识。经过近几年的实践,一些地方以宣传和引导为手段,以推行农民投工投劳承诺制为突破口,在尊重群众自愿的前提下,结合“一事一议”,通过治理与未治理典型小流域的教育,调动群众投工投劳的积极性。此次水土流失与生态安全综合科学考察中与农民座谈时了解到,为改善农民自身的生存条件、增加农民收

入,在秋冬农闲季节每年出 5~8 个水土保持义务工,农民也是接受的。

#### 4.4 建立适合东北黑土区的土壤侵蚀分级标准

黑土区水土保持的目标是确保国家粮食生产安全,稳定商品粮基地。坡耕地黑土层厚度有限,目前多数在 30 cm 以下,下伏的黄土状亚黏土或沙砾石层基本没有生产力,因此,黑土保护主要是保护黑土层。现行的土壤侵蚀分级标准对坡耕地分级只有坡度 1 项指标,按此标准,5°~8°的坡耕地为轻度侵蚀,小于 5°的不属水土流失区,而黑土区地形地貌的最大特点是坡缓而长,致使黑土区坡耕地水土流失基本得不到治理资金。同时,遥感调查得出的水土流失面积小于实际的水土流失面积,也影响了黑土区水土流失防治的宏观决策。实际上,黑土区由于坡面长,汇水面积大,加之土壤松散,冻融交替削弱土体抗蚀力等因素,即使坡度小于 0.5°的耕地,水土流失亦十分严重;因此,建议尽快制订适合东北黑土区的土壤侵蚀强度分级标准和坡耕地水土保持的地方性保护条例。在水土流失执法对象上,不仅要把企业纳入管理的范围,而且要把承包户包含进来。

#### 4.5 拓宽水土流失治理资金的筹措渠道

过去黑土区水土流失治理建立在大量的农民投工投劳的基础上,今后在国家财政拨款有限的情况下,应考虑多渠道筹款,广开财路,通过设立水土保持基金、发放无息水土保持贷款、发行水土保持彩票和水土保持国债、发展民营水土保持等措施,募集社会资金,坚持“谁治理谁受益”的原则,引导全社会进行水土保持建设,使黑土区水土流失治理得到全面、稳定发展。

#### 4.6 建立补偿机制,发挥水土保持的长期效应

东北黑土区每年可提供全国商品粮的 1/3,而

且还有 2 500 万 t 的粮食增产潜力;因此,从保障我国今后的粮食安全、保护农民种粮积极性考虑,国家应对实施水土保持、稳定粮食生产的东北黑土区实行补偿,同时,在东北黑土区内,也应建立生态补偿机制,受益地区应对实施水土保持投入的地区进行经济补偿。

## 5 结论与讨论

关于东北黑土区土壤侵蚀与水土保持问题,在中国水土流失与生态安全综合科学考察报告中已有详细阐述,笔者只对农地水土流失监测结果进行了分析。

1) 东北黑土区是我国重要的粮食基地,对于保障我国粮食安全具有重要的战略地位,但目前水土流失已经十分严重。本文研究区位于松嫩平原,是东北黑土区的核心区,面积为 2 080 万 hm<sup>2</sup>,农地面积 1 727.40 万 hm<sup>2</sup>,占东北地区农地面积的 65.38%。根据径流小区和<sup>137</sup>Cs 监测结果和土壤侵蚀模型计算结果,研究区水土流失面积为 1 399.49 万 hm<sup>2</sup>,占该区总土地面积的 64.40%,占研究区农地面积的 77.54%。目前水土保持措施较少,必须加速水土流失治理与土地资源的保护,其中农地是东北黑土区水土流失治理的重点。

2) 东北地区水土流失监测资料较少,根据遥感调查规程,本研究区面积 1 727.40 万 hm<sup>2</sup> 的农地中,水土流失面积仅为 12.09 万 hm<sup>2</sup>(即大于 5°以上的坡耕地),占农地面积的 0.70%,致使多年来东北地区的水土流失问题没有得到足够重视。事实上,东北地区 1/4 的农地已经出现“破皮黄”,并有大量切沟出现,这些都表明水土流失已经到了很严重的地步。本文研究结论是对东北黑土区水土流失状况的初步分析,对松嫩黑土区的研究比较深入。为了更全面地了解东北地区水土流失和土地退化问题,需要加强对呼伦贝尔黑土区、三江黑土区以及辽宁省丘陵区水土流失监测与土壤侵蚀规律的深入研究,东北地区水土流失特点明显不同于众所周知的侵蚀严重区——黄土高原,有其自身特殊的侵蚀规律,必须引起足够的重视,其中建立适合东北黑土区的土壤侵蚀强度分级标准是目前亟需解决的一个问题。除了加强农地水土流失监测,还要加强林草地水土流失

监测,获得长期准确的科学数据,为水土保持工作提供科学依据。

3) 针对东北黑土区在我国粮食生产中的地位以及该地区水土流失特点,需要采取以坡耕地为重点的综合治理对策,包括采取适宜的坡耕地水土保持耕作措施,拓宽水土保持资金的筹措渠道,建立水土保持的生态补偿机制,提高群众参与水土保持的积极性等。

## 6 参考文献

- [1] 刘育成. 中国土地资源调查数据集. 北京:中华商务联合印刷有限公司,2000: 20-21
- [2] 熊毅,李庆连. 中国土壤. 第 2 版. 北京:科学出版社,1990
- [3] 中华人民共和国农业部. NY/T 309—1996 全国耕地类型区、耕地地力等级划分. 1996:1-3
- [4] 张树文,张养贞,李颖,等. 东北地区土地利用/覆被时空特征分析. 北京:科学出版社,2006:42-48
- [5] 张宪奎,许清华,卢秀琴,等. 黑龙江省土壤流失方程的研究. 水土保持通报,1992,12(4):1-18
- [6] Menzel R G. Transport of strontium - 90(<sup>90</sup>Sr) in runoff. Science (Washington), 1960(131): 499-500
- [7] Frere M H, Roberts H J Jr. The loss of strontium - 90 from small cultivated watersheds. Soil Science Society of America Proceedings, 1960(27): 82-83
- [8] Graham E R. Factors affecting Sr-85 and I-131 removal by runoff water. Water and Sewage Works, 1963(110): 407-410
- [9] Ritchie J C, McHenry J R. Fallout Cs-137: a tool in conservation research. Journal of Soil and Water conservation, 1975 (30): 283-286
- [10] McHenry J R, Ritchie J C. Estimating field erosion losses from fallout Cs-137 measurements. Wallingford: IAHS Publication, 1977: 26-33
- [11] 阎百兴,汤洁. 黑土侵蚀速率及其对土壤质量的影响. 地理研究,2005,24(4):499-506
- [12] 方华军,杨学明,张晓平,等. <sup>137</sup>Cs 示踪技术研究坡耕地黑土侵蚀和沉积特征. 生态学报,2005,25(6):1376-1382
- [13] 中华人民共和国水利部. SL/T 190—1996 土壤侵蚀分类分级标准. 北京:中国水利水电出版社,1997: 9-12

(责任编辑:宋如华)