

# 呼伦贝尔市大兴安岭东麓黑土区土壤侵蚀研究

崔文华<sup>1</sup> 辛亚军<sup>2</sup> 于彩娴<sup>1</sup>

(1 内蒙古呼伦贝尔市农技推广服务中心 内蒙古海拉尔 021008;

2 牙克石市农技推广中心 内蒙古牙克石 022150)

**摘要** 利用卫星遥感资料结合全国耕地地力调查与质量评价项目的实施,在内蒙古呼伦贝尔市大兴安岭东麓低山丘陵黑土区进行了土壤侵蚀现状调查研究,摸清了该地区土壤侵蚀现状。结果表明,该地区国土面积的29.83%、耕地面积的55.94%已经产生了水土流失,年流失表土层总量达916.74万t,已对当地人民的生产生活产生了严重影响。

**关键词** 黑土区;耕地;侵蚀;土壤退化

**中图分类号** S157

土壤侵蚀是造成黑土区土壤退化的主要因素之一,岭东地处丘陵山区,坡地多平地少,由于农业的不断发展,黑土区肥沃优质的土壤多被开辟为农田,植被覆盖率大幅度降低,水土流失日益严重,生态环境不断恶化。很多地区,耕地的表土层已经消失,心土层裸露,地表形成沟壑纵横的侵蚀地貌景观,使土地失去了耕种价值,已经严重影响了广大农民的生产生活。岭东地区本来生态环境优良,是国家和自治区重要的优质粮食生产基地;而现在灾情不断,农业生产效益大幅度下降,农民增收缓慢。为了解黑土区土壤侵蚀状况及为有效治理提供科学依据,2003年利用卫星遥感技术,结合全国耕地地力调查与质量评价项目的实施,开展了黑土区土壤侵蚀现状调查工作,取得了可靠的技术资料。

## 1 材料与方法

### 1.1 调查区域基本情况

调查区域位于内蒙古东部地区,呼伦贝尔市境内(图1)。属于大兴安岭东麓低山丘陵黑土区,是中国东北黑土区的重要组成部分。地理位置在东经 $120^{\circ}28'51'' \sim 125^{\circ}16'14''$ ,北纬 $47^{\circ}05'40'' \sim 49^{\circ}50'50''$ 之间。包括扎兰屯市、阿荣旗和莫力达瓦旗3个产粮大县,总面积为3.83万 $\text{km}^2$ ,现有耕地面积84.87万 $\text{hm}^2$ 。海拔高度在100~600m之间。年均气温 $2.5 \sim 3.5^{\circ}\text{C}$ ,年均降水450~550mm,属于中温带大陆性气候。主要的土壤类型为暗棕壤、

黑土、草甸土、沼泽土和少量的棕色针叶林土。耕地土壤类型主要为暗棕壤、黑土和草甸土,黑土土类多数被开垦为农田,南部的丘陵漫岗-平原区的暗棕壤、草甸土大多也被开垦。农业开发有百年的历史,主要种植作物为大豆、玉米、小麦、马铃薯、油菜、甜菜及多种蔬菜和瓜类,为一年一熟制,以旱作农业生产为主,是我国高油大豆、双低油菜等优质作物的生产基地。



图1 调查区位置图

Fig. 1 Location of survey

### 1.2 调查方法

采取了卫星遥感影像解译与现场实地调查相结合的调查方法。通过对2002年的卫星遥感影像的解译,确定土壤侵蚀的种类、强度、面积和分布等参数及数据化图,然后在图上分散布点;组织专业调

查组深入实地进行现场勘察,并走访农户,进一步了解当地的历史和现在的植被、生态环境、农民的生产生活,以及经济发展等方面的变化情况。共勘察了 407 个野外调查点,访问了 407 个农户,调查了 3 个县级、9 个乡镇级、27 个村级经济组织,代表了调查区 3.83 万 km<sup>2</sup> 的土地和 84.87 万 hm<sup>2</sup> 的耕地。

## 2 结果与分析

### 2.1 土壤侵蚀分类

根据卫星遥感调查结果,该地区的土壤侵蚀主要分为水力侵蚀、风力侵蚀、冻融侵蚀和工程侵蚀 4 种类型。其中风力侵蚀和工程侵蚀较弱,并集中在岭西的高平原地区;冻融侵蚀主要出现在大兴安岭山地的高海拔寒冷地区,面积不大;水力侵蚀为该地区的主要土壤侵蚀类型。

### 2.2 黑土区土壤侵蚀状况

**2.2.1 土壤侵蚀综合分析** 调查区域的扎兰屯市、阿荣旗和莫力达瓦旗 3 旗市是内蒙古黑土主要分布区,也是呼伦贝尔市土壤侵蚀最严重的地区。根据 2002 年卫片解译结果(表 1),该区域内的土壤资源产生明显侵蚀(二级以上)的总面积为 1.13 万 km<sup>2</sup>,其中水力侵蚀面积为 1.12 万 km<sup>2</sup>,占土壤侵蚀总面积的 99.22%,占本地区国土面积的 29.38%。水力侵蚀中一级微度侵蚀面积为 2.69 万 km<sup>2</sup>,占 70.55%;二级轻度侵蚀面积为 7611.76 km<sup>2</sup>,占 19.93%;三级中度侵蚀为 3582.47 km<sup>2</sup>,占 9.38%;四级强侵蚀为 51.57 km<sup>2</sup>,占 0.14%。另外还有 83.96 km<sup>2</sup> 的冻融侵蚀和 4.59 km<sup>2</sup> 的工程侵蚀,面积都比较小。以上分析表明,自然土壤虽有植被覆盖,但土壤侵蚀已经大面积发生,说明本地区的生态环境有逐步恶化的趋势,这与大量采伐木材使森林覆盖率大幅度降低有关。

表 1 土壤侵蚀面积分级

Table 1 Classification of soil erosion and their areas

调查范围		水力侵蚀							冻融侵蚀			工程侵蚀	合计
		小计	一级 微度	二级 轻度	三级 中度	四级 强度	二级以 上侵蚀 面积	二级以 上侵蚀 (%)	小计	一级 微度	二级 轻度		
全境	合计	38186.18	26940.38	7611.76	3582.47	51.57	11245.8	29.45	83.96	26.25	57.71	4.59	38274.73
(km <sup>2</sup> )	扎兰屯市	16919.67	12406.38	2937.72	1575.57	-	4513.29	26.67	26.25	26.25	-	2.34	16948.28
	阿荣旗	11009.82	7672.7	2326.65	958.89	51.57	3337.11	30.31	57.71	-	57.71	2.25	11069.78
	莫力达瓦旗	10256.69	6861.29	2347.39	1048.01	-	3395.4	33.10	-	-	-	-	10256.69
耕地	合计	846605.9	373008.5	306478.6	160600	6568.8	473597.4	55.80	风力	风力	风力	222.3	848720.5
(hm <sup>2</sup> )	扎兰屯市	197399.7	106801.1	51575.0	39023.6	-	90598.6	45.41	1892.2	58.9	1833.3	212.9	199504.9
	阿荣旗	312539.5	135570.7	128239.9	46045	2683.9	17968.8	56.62	1892.2	58.9	1833.3	9.4	312548.9
	莫力达瓦旗	336666.7	130636.7	126613.7	75531.4	3884.9	206030	61.20	-	-	-	-	336666.7

调查区域内现有耕地 84.87 万 hm<sup>2</sup>,大于二级明显侵蚀的面积达 47.36 万 hm<sup>2</sup>,占耕地总面积的 55.94%。其中一级微度侵蚀为 37.30 万 hm<sup>2</sup>,占 43.95%;二级轻度侵蚀面积为 30.64 万 hm<sup>2</sup>,占 36.1%;三级中度侵蚀 16.06 万 hm<sup>2</sup>,占 18.92%;四级强度侵蚀 6568.8 hm<sup>2</sup>,占 0.77%。耕地土壤因失去了植被的保护,水力侵蚀明显加重,侵蚀强度以轻度至中度为主,强度侵蚀的面积较少。3 旗市中莫力达瓦旗耕地土壤的侵蚀较重,耕地中有 61.2% 的面积产生明显的水土流失(二级以上);阿荣旗次

之,有 56.62% 的耕地产生明显侵蚀;扎兰屯市相对较轻,但也有 45.41% 的耕地产生明显侵蚀。

由于耕地水土流失严重,很多地区形成了纵横交错的侵蚀沟(表 2),区域内现已形成侵蚀沟 12.89 万条,总长度达 2.23 万 km,沟壑密度 1.87 km/km<sup>2</sup>,对比 1995 年分别增加了 8.54 万条、7876.5 km 和 1.49 km/km<sup>2</sup>,增加幅度分别为 195.99%、54.53% 和 392.21%,表明耕地土壤的侵蚀有逐年加重的趋势。侵蚀沟 70% 以上在耕地土壤中,新增的侵蚀沟 95% 以上发生在耕地土壤中,说明侵

蚀沟的扩大与人们大面积毁林开荒种地密切相关。

岭东黑土区已有 1/3 面积的土壤产生了比较严重的水土流失，其中莫力达瓦旗和阿荣旗发生侵蚀的总面积基本相当，分别为 3395.4 km<sup>2</sup> 和 3337.11

km<sup>2</sup>；扎兰屯市发生土壤侵蚀的面积最大，为 4513.29 km<sup>2</sup>（图 2、3）。在侵蚀程度上是莫力达瓦旗最重，二级以上明显侵蚀的面积占 33.1%；阿荣旗次之，为 30.1%；扎兰屯市所占比重最小，为 26.67%。

表 2 沟壑调查统计表

Table 2 Statistical data of gullies in the areas

地区	调查时期	沟壑条数 (条)	沟壑长度 (km)	沟壑深度 (m)	沟壑宽度 (m)	沟壑密度 (km/km <sup>2</sup> )	耕地中的比例 (%)
扎兰屯市	1995	10620	5432.6	0.1-1.5	0.1-1.0	0.32	85.1
	2000	30712	6796.3	0.3-3.0	0.5-1.5	1.42	90.3
	2003	41320	7014.2	0.3-4.5	0.5-4.5	1.82	96.7
阿荣旗	1995	21717	5224.8	0.1-1.5	0.1-1.5	0.47	78.6
	2000	42367	7865.5	0.2-4.5	0.2-4.5	1.47	94.2
	2003	48327	9367.2	0.3-5.0	0.2-7.5	1.96	94.3
莫力达瓦旗	1995	11232	3785.9	0.2-1.6	0.1-1.5	0.37	70.3
	2000	31095	5014.9	0.2-4.5	0.2-5.0	1.28	83.1
	2003	39312	5938.4	0.2-6.5	0.2-8.5	1.83	91.2
合计	1995	43569	14443.3	0.1-1.6	0.1-1.5	0.38	78.0
	2000	104174	19676.7	0.2-4.5	0.2-5.0	1.39	87.9
	2003	128959	22319.8	0.2-6.5	0.2-8.5	1.87	94.1

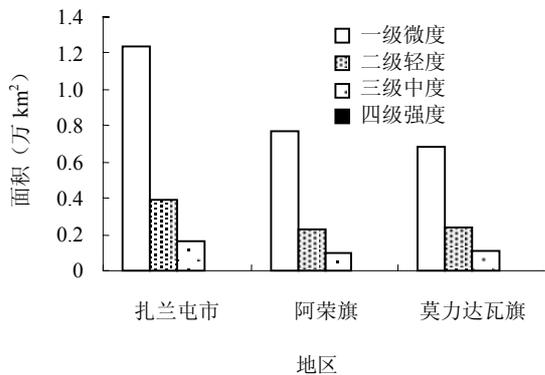


图 2 土壤资源侵蚀面积

Fig. 2 Area of erosion of soil resource

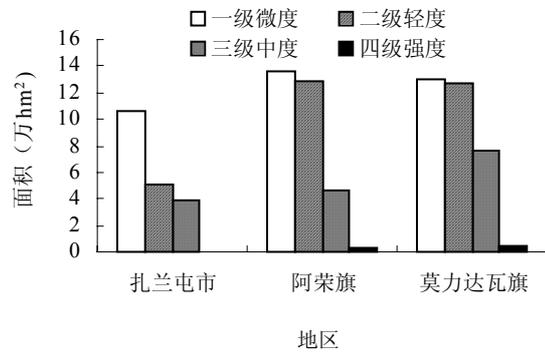


图 3 耕地土壤侵蚀面积

Fig. 3 Area of eroded croplands

黑土区 3 个旗市中，莫力达瓦旗靠近松嫩平原，黑土发育特征最典型，土层深厚，水土流失比较严重，易于形成大的侵蚀沟。阿荣旗北部暗棕壤分布区的陡坡垦殖较多，开荒到顶的现象比较普遍，水土流失总量较大，侵蚀沟纵横交错，耕地质量严重退化。扎兰屯市农业开发较早，水土流失面积最大，但后期的治理工作已初见成效。

2.2.2 黑土区耕地土壤流失量 根据表土层年均流失量测算 (表 3)，黑土区土壤水力侵蚀严重，每年有大量的表层土壤流失，平均年流失表土层 0.2 ~ 1.1 cm，流失总量达 916.74 万 t。按流失土壤有效

养分计算，相当于流失了 2.14 万 t 的 N 素、219.72 t 的 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、1562.17 t 的 K<sub>2</sub>O；流失有机质总量为 42.46 万 t，相当于流失优质农家肥 283.05 万 t，比目前该地区有机肥施用总量还多。流失的 N、P、K 养分相当于有效养分含量为 400 g/kg 的高浓度复合肥 5.81 万 t，是该地区年均化肥施用总量的 1.42 倍。由此可知，土壤侵蚀造成的损失是多么严重。在阿荣旗三岔河镇和扎兰屯市关门山乡等地区不仅流失了大量肥沃的表层土壤，同时还有泥石流形成，造成砂石下泄，形成大量侵蚀沟和洪积堆，使很多优质农田失去了耕种价值。水土流失严重地区主要

表 3 耕地土壤水土流失量

Table 3 Soil and water losses from croplands

地区	水土流失面积 (km <sup>2</sup> )	占耕地总面积 (%)	平均侵蚀模数 (t/(km <sup>2</sup> ·a))	年均土壤流失总量 (t)	流失有效养分量 (t)				相当于 400 g/kg 含量浓度 复混肥 (t)	流失有机质量 (t)	相当优质的有机肥 量 (t)
					N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	合计			
扎兰屯市	905.986	45.41	1955.8	1771927.4	3861.0	31.36	310.97	4203.33	10508.33	78903.9	526026.2
阿荣旗	1769.488	56.62	1691.8	2993619.8	7903.2	79.3	502.9	8485.4	21213.5	147585.5	983903.0
莫力达瓦旗	2060.3	61.20	2136.5	4401831	9684.03	109.06	748.3	10541.4	26353.5	198082.4	1320549
合计	4735.974	55.94	1935.7	9167378.2	21448.23	219.72	1562.17	23230.13	58075.33	424571.8	2830478.2

发生在暗棕壤分布较多的地区和植被破坏严重的地区, 以及陡坡垦殖、不合理耕作的地区。岭东黑土区为典型的丘陵漫岗地貌, 坡地多, 植被破坏后, 易产生土壤水力侵蚀, 加上当地有顺坡打垅的耕作习惯及人们追求短期经济效益思想的驱使, 进行大面积陡坡毁林开荒, 进一步加剧了土壤侵蚀程度。

**2.2.3 黑土区的耕地土壤侵蚀程度分析** 黑土区土壤经多年的侵蚀, 土层逐年变薄, 有的地区其表土层已经消失, 砾石和心土层裸露, 使土地失去耕作价值。根据 3 个旗市 407 个野外勘测点的调查资料分析, 该地区耕地自农业开发以来, 表土层流失厚度总量为 3.0 ~ 16.8 cm, 平均为 8.4 cm, 年均流失土层厚度为 0.2 ~ 1.1 cm, 严重地区个别年度表土层的流失量达 5 cm 以上 (表 4)。如 1998 年的特大洪水使阿荣旗三岔河镇的暗棕壤区耕地土壤平均流失表土层达 5 ~ 15 cm 的厚度, 造成该镇耕地质

量大幅度下降, 生产能力明显降低。耕地土壤类型的侵蚀程度是暗棕壤最重, 黑土次之, 草甸土最轻。其中暗棕壤表土层的总流失量达 11.3 cm, 占腐殖质层厚度的 51.83%, 已达中度侵蚀程度; 黑土土类的总流失厚度为 9.5 cm, 占该土类腐殖质层厚度的 28.83%; 草甸土流失厚度为 4.4 cm, 占该土类腐殖质层厚度的 6.22%。黑土区暗棕壤的土壤侵蚀最重, 1/2 以上的腐殖质层已经流失, 很多地区腐殖质层已消失, 心土层裸露, 失去了耕种价值, 恢复起来异常困难 (表 4)。

不同时期的土壤侵蚀程度是不均衡的 (表 5), 其中 1998 年和 2003 年是本地区土壤水力侵蚀最严重的两个时期。1993 ~ 2003 年间的土壤侵蚀较重, 平均侵蚀厚度为 5.2 cm, 最大侵蚀厚度达 18.3 cm, 主要是因为 1998 年特大洪水和 2003 年的长期干旱之后的强降雨而造成的。

表 4 耕地土壤侵蚀程度

Table 4 Erosion degrees of cropping soils

地区	土壤类型	腐殖质层厚度 (cm)	有效土层厚度 (cm)	土层侵蚀厚度 (cm)	占腐殖质层 (%)	占有效土层厚度 (%)	土壤侵蚀程度分级
扎兰屯市	黑土	46.7	65.8	4.6	9.85	6.99	轻度侵蚀
	暗棕壤	20.2	36.7	6.1	30.2	16.62	轻度侵蚀
	草甸土	55.3	83.2	3.0	5.42	3.61	轻度侵蚀
	平均	40.7	61.9	4.6	11.30	7.43	轻度侵蚀
阿荣旗	黑土	43.6	82.1	16.8	38.5	20.46	轻度侵蚀
	暗棕壤	25.3	47.9	14.8	58.5	30.89	中度侵蚀
	草甸土	86.0	108.2	7.0	8.13	6.47	轻度侵蚀
	平均	51.6	72.7	12.9	25.0	17.74	轻度侵蚀
莫力达瓦旗	黑土	56.7	110.4	7.3	12.87	6.61	轻度侵蚀
	暗棕壤	19.81	30.1	13.1	66.13	43.52	中度侵蚀
	草甸土	76.2	91.4	3.2	4.19	3.50	轻度侵蚀
	平均	50.9	77.3	7.8	15.32	10.09	轻度侵蚀
平均	黑土	51.6	89.4	9.5	15.42	10.62	轻度侵蚀
	暗棕壤	21.8	39.2	11.3	51.83	28.83	中度侵蚀
	草甸土	70.7	93.2	4.4	6.22	4.72	轻度侵蚀
	平均	48.0	73.9	8.4	17.75	11.37	轻度侵蚀

表5 不同时期耕地土壤侵蚀程度(cm)  
Table 5 Erosion degrees of cropping soils in differen periods(cm)

地区	侵蚀 时期	腐殖质 层厚度	平均值		最大值		最小值	
			厚度	占A层(%)	厚度	占A层(%)	厚度	占A层(%)
扎兰屯市	1983	45.3	1.4	3.09	11.2	24.72	2.1	4.64
	1993	43.9	3.2	7.29	17.6	40.09	3.0	6.83
	2003	40.7	4.6	11.30	18.5	45.45	3.0	7.37
阿荣旗	1983	64.5	4.6	7.13	9.3	14.42	1.0	1.55
	1993	59.9	8.3	13.86	19.2	32.05	3.2	5.34
	2003	51.6	12.9	25.00	21.0	40.7	7.0	13.57
莫边达瓦旗	1983	58.7	2.9	4.94	14.1	24.02	1.1	1.87
	1993	55.8	4.9	8.78	18.2	32.62	1.8	3.23
	2003	50.9	7.8	15.32	19.0	37.33	3.2	6.29
平均	1983	56.4	3.2	5.67	11.5	20.39	1.4	2.48
	1993	53.2	5.2	9.77	18.3	34.4	2.67	5.02
	2003	48.0	8.4	17.50	19.5	40.63	4.4	9.17

## 2.3 土壤侵蚀的相关性因素分析

2.3.1 土壤类型对土壤侵蚀的影响 由于土壤本身的特性决定了在同等环境条件下侵蚀程度的明显差异，自然土壤因有植被保护侵蚀较轻，而耕地的土壤侵蚀明显加重。对于国土资源来说，暗棕壤土类的侵蚀面积较大，达到二级轻度侵蚀以上等级的面积占国土总面积的15%~20%，而黑土和草甸土同等级只占4%~8%。各土类的侵蚀情况是黑土比较严重，该土类45%以上的面积已发生明显侵蚀，这与黑土多被开垦为耕地有关；而草甸土和暗棕壤的侵蚀面积只占本土类面积的25%~30%；沼泽土也有侵蚀，占本土类面积的20%左右。

黑土区现有耕地84.87万hm<sup>2</sup>，占国土资源面积的22.18%。主要的耕地土壤类型为黑土、暗棕壤、草甸土和少量的沼泽土。耕地土壤产生明显侵蚀（二级以上）的面积为47.36万hm<sup>2</sup>，占耕地总面积的55.94%。其中黑土产生明显侵蚀的面积占本土类的67.15%；草甸土明显侵蚀面积占本土类的35.16%；沼泽土明显侵蚀面积占本土类的30.01%。暗棕壤耕地中三级中度侵蚀和四级强度侵蚀的面积比例较黑土和草甸土明显增加，因此在耕地土壤中暗棕壤土类水土流失面积最大，其次为黑土和草甸土，沼泽土最轻。侵蚀程度上是黑土最重（表6、7）。

表6 土壤资源侵蚀分级(hm<sup>2</sup>)  
Table 6 Classification of erosion of soil resources(hm<sup>2</sup>)

地区	土壤类型	水力侵蚀					冻融侵蚀			总计
		合计	一级微度	二级轻度	三级中度	四级强度	合计	一级微度	二级轻度	
扎兰屯市	黑土	83717.9	45121.2	23029.2	15567.5	-	222.9	222.9	-	83940.8
	暗棕壤	1331213.7	1019866.4	205473.0	105874.3	-	2220.6	2220.6	-	1333434.3
	草甸土	250022.7	161212.1	58680.0	30130.6	-	-	-	-	250022.7
	沼泽土	20879.8	12796.2	5498.5	2585.1	-	-	-	-	20879.8
	合计	1685834.1	1238995.9	292680.7	154157.5	-	-	-	-	1688277.6
阿荣旗	黑土	131688.5	63895.8	55553.3	11556.3	683.1	-	-	-	131688.5
	暗棕壤	714725.5	525858.1	122151.8	63413.9	3301.7	5684.0	2.3	5681.7	720409.5
	草甸土	153171.5	107336.4	32020.7	12903.0	911.4	16.8	-	16.8	153188.3
	沼泽土	102009.7	70793.7	22939.2	8015.6	261.2	70.9	-	70.9	102080.6
	合计	1101595.2	767884	232665.0	95888.8	5157.4	5771.7	2.3	69.4	1107366.9

注：以上统计值为耕地和非耕地面积之和。

表 7 耕地土壤侵蚀分级表(hm<sup>2</sup>)  
Table 7 Classification of croplands in soil erosion

地区	耕地土壤类型	水力侵蚀					风力侵蚀				工程侵蚀
		合计	一级微度	二级轻度	三级中度	四级强度	合计	一级微度	二级轻度	三级轻度	
扎兰屯市	黑土	31285.21	16734.52	8852.56	5698.13	-	573.09	11.54	-	561.55	19.63
	暗棕壤	113379.3	55781.95	31993.5	25603.85	-	576.42	-	-	576.42	144.59
	草甸土	49906.23	32425.9	10204.94	7275.39	-	549.37	45.14	-	504.23	48.67
	沼泽土	2865.09	1869.76	536.05	459.28	-	193.27	2.19	-	191.08	-
	合计	197435.83	106812.13	51587.05	39036.65	-	1892.15	58.87	-	1833.28	212.89
阿荣旗	黑土	95679.3	43210.9	43379.2	8609.9	479.3	-	-	-	-	9.39
	暗棕壤	132448.3	40455.7	61707.8	28729.9	1554.9	-	-	-	-	-
	草甸土	65663.9	40430.7	18289.5	6433.8	509.9	-	-	-	-	-
	沼泽土	18747.8	11473.3	4863.3	2271.4	139.8	-	-	-	-	-
	合计	312539.3	135570.6	128239.8	46045	2683.9	-	-	-	-	9.39

2.3.2 侵蚀对耕地土壤养分的影响 用土壤侵蚀图与土壤养分分布图进行叠加反映了不同的侵蚀等级土壤养分变化情况(表 8)。分析结果表明,在 13 项测定项目中,土壤有效 K、有效 Fe、有效 Si、有效 Cu、有效 B、有效 Mn 等几项指标,随侵蚀的等级升高而表现含量下降的趋势。由这一点证明,黑土区的土壤侵蚀对土壤肥力退化有明显影响。

2.3.3 坡度对土壤侵蚀的影响 岭东黑土区土壤 80% 的面积分布在 $\leq 15^\circ$ 的坡度上。 $< 3^\circ$ 的平地面积占 30%, $3^\circ \sim 7^\circ$ 的平缓坡面积占 20%~23%, $7^\circ \sim 15^\circ$ 的缓坡面积占 20%~25%, $15^\circ \sim 25^\circ$ 陡坡面积占 15%左右, $25^\circ \sim 35^\circ$ 坡度的面积占 4%~7%, $> 35^\circ$ 的坡度面积占 0.2%~1%。黑土的分布坡度相对较平缓,90%以上的面积分布在 $< 7^\circ$

的平缓坡范围内,其中 $\leq 3^\circ$ 的平地面积占 60%,因此黑土多被开辟为农田;暗棕壤分布的坡度较陡, $\leq 3^\circ$ 的平地面积只占 10%~15%, $> 15^\circ$ 的陡坡面积达 25%以上,而黑土只有 1%~3%,但由于暗棕壤土质肥沃,因此在适宜地区, $< 15^\circ$ 的中厚层土壤多被开垦为农田;草甸土和沼泽土 80%以上的面积分布在 $< 7^\circ$ 的平缓坡范围内(表 9)。

通过不同坡度条件下土壤侵蚀情况分析,一级微度侵蚀多分布在 $\leq 3^\circ$ 的平地内(占 65%以上的面积);二级轻度侵蚀的面积 85%以上发生在 $< 7^\circ$ 的平缓坡以内,其中在 $3^\circ \sim 7^\circ$ 平缓坡上发生的面积位于其他侵蚀等级之首,占该坡度等级总侵蚀面积的 50%以上;三级中度侵蚀面积 90%以上发生在 $< 15^\circ$ 的坡度之内,其中 $< 7^\circ$ 的平缓坡之内的

表 8 耕地土壤侵蚀等级养分含量

Table 8 Nutrient contents in soils different in erosion grade

地区	侵蚀类型	侵蚀等级	有机质	全 N	有效 P	有效 K	pH	有效 Cu	有效 Fe	有效 Zn	有效 Mn	有效 B	有效 Mo	有效 S	有效 Si
扎兰屯市	水力侵蚀	一级	44.76	2.18	17.7	176.1	6.0	1.67	99.1	1.21	22.0	0.33	0.080	-	-
		二级	44.63	2.19	17.5	174.9	6.0	1.62	97.6	1.18	21.7	0.32	0.081	-	-
		三级	44.23	2.17	17.9	175.3	6.0	1.68	97.3	1.20	22.9	0.32	0.070	-	-
		四级	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	风力侵蚀	一级	26.54	1.37	21.7	171.2	6.0	1.62	98.8	1.22	19.2	0.28	0.233	-	-
		三级	29.2	1.44	19.8	150.2	6.0	1.58	104.7	1.18	20.0	0.27	0.208	-	-
	工程侵蚀		28.29	1.52	14.7	95.1	5.6	1.11	88.9	0.92	20.1	0.26	0.080	-	-
	阿荣旗	水力侵蚀	一级	49.68	2.59	26.9	169.6	6.1	1.27	126.4	0.95	22.1	0.39	0.17	16.15
二级			49.87	2.6	26.9	173.6	6.1	1.25	129.3	0.96	22.2	0.39	0.14	16.01	273.9
三级			48.85	2.56	26.6	161.4	6.0	1.27	138.2	1.01	22.3	0.38	0.18	16.48	210.2
四级			47.29	2.50	33.6	161.7	6.0	1.08	102.8	1.06	18.8	0.37	0.19	16.41	211.4
工程侵蚀			43.16	2.28	28.1	199	6.4	1.49	76.6	0.70	24.9	0.50	0.23	11.88	431.2

注:有机质、全 N 单位为 g/kg,其他项目单位为 mg/kg。

表9 土壤资源坡度分级面积比例 (%)

Table 9 Area percentages of lands different in slope

地区	土壤类型	≤ 3°	3° ~ 7°	7° ~ 15°	15° ~ 25°	25° ~ 35°	≥ 35°
扎兰屯市	黑土	45.04	30.84	10.70	7.53	5.70	0.18
	暗棕壤	8.95	20.03	13.19	23.81	33.48	0.53
	草甸土	64.02	14.96	5.36	5.25	10.3	0.10
	沼泽土	63.96	11.87	5.54	6.63	11.81	0.20
	合计	19.61	19.72	11.81	20.03	28.39	0.44
阿荣旗	黑土	60.8	32.6	5.4	0.9	0.2	0.006
	暗棕壤	12.9	23.9	33.7	22.8	6.3	0.4
	草甸土	74.9	13.9	7.2	2.3	1.5	0.2
	沼泽土	7.1	14.5	8.1	6.9	3.1	0.3
	合计	32.2	22.7	24.3	15.9	4.6	0.3

面积占该等级面积的 75 % 以上, 说明三级中度侵蚀主要发生在缓坡以内, 在缓坡-陡坡之间也有少量发生; 四级强度侵蚀面积主要也发生在 <15° 的缓坡以内。由于耕地土壤多分布在 <15° 的缓坡以内的坡度上, 而 ≤3° 的平地侵蚀发生较少。因此, 耕地土壤的水力侵蚀主要发生在 7° ~ 15° 的坡度内, 其中 ≤3° 的范围内, 一级微度侵蚀面积较大; 3° ~ 7° 的平缓坡内二级轻度侵蚀面积较多; 7° ~ 15° 的缓坡内一、二、三级侵蚀等级面积分布较均衡; > 15° 坡度分布面积较少 (表 10)。

**2.3.4 坡度对耕地土壤养分的影响** 不同的坡度由于微生态环境的变化, 影响土壤养分的积累、

转化和释放, 同时由于水力的搬运作用, 也可以使不同空间的养分产生再分配的过程。扎兰屯市和阿荣旗两地不同坡度条件下的土壤养分分析结果表明, 多数养分项目随坡度的升高而下降。其中土壤有机质、全 N、有效 P、有效 K、有效 Cu、有效 Mn、有效 B、有效 Si 共 8 项养分指标下降明显, 说明以上养分有明显的空间位移现象; 而土壤有效 Zn 在不同的坡度上变化不大; 土壤有效 Fe、有效 Mo、有效 S 3 个项目随坡度的升高表现含量增加, 这与高位的气、热条件, 利于这 3 种养分释放有关。土壤 pH 值是坡度升高、酸性增强, 主要是山区坡陡, 森林植被覆盖率高, 表现偏酸性反应 (表 11)。

表10 黑土区耕地土壤不同坡度侵蚀分级 (hm<sup>2</sup>)

Table 10 Classification of slopelands in soil erosion in black soil area

地区	用地类型	坡度 (°)	水力侵蚀				合计
			一级微度	二级轻度	三级中度	四级强度	
扎兰屯市	耕地	≤3	45947.4	14851.0	13116.5	-	73914.9
		3~7	24318.8	18088.2	16481.3	-	58888.3
		7~15	19495.1	13269.3	5418.3	-	38182.7
		15~25	12640.9	4048.5	3401.2	-	20090.6
		25~35	4369.9	1309.8	595.8	-	6275.5
		>35	29.0	8.2	10.6	-	47.8
阿荣旗	耕地	≤3	91202.1	58484.1	19848.9	1220.2	170755.3
		3~7	30633.3	56131.4	15911.7	987.3	103663.4
		7~15	10985.3	10747.7	7945.5	458.7	30137.2
		15~25	2224.1	2507.8	2178.2	16.6	6926.7
		25~35	502.5	342.8	145.6	1.2	992.1
		>35	23.5	26.0	15.3	-	64.8

表 11 黑土区不同坡度耕地土壤养分含量

Table 11 Nutrient contents of croplands different in slope in Black Soil area

地区	坡度(°)	有机质	全 N	有效 P	有效 K	pH	有效 Cu	有效 Fe	有效 Zn	有效 Mn	有效 B	有效 Mo	有效 S	有效 Si
扎兰屯市	≤3	49.04	2.29	20.8	187.3	6.0	175	100.7	1.22	22.6	0.32	0.084	-	-
	3~7	47.21	2.27	18.5	194.2	6.0	1.76	116.3	1.19	23.9	0.32	0.075	-	-
	7~15	46.21	2.19	17.6	179.6	6.0	1.63	122.7	1.17	22.3	0.32	0.067	-	-
	15~25	44.41	2.19	17.1	173.5	6.0	1.67	129.8	1.21	22.2	0.31	0.075	-	-
	25~35	43.64	2.15	17.7	177.9	6.0	1.66	134.6	1.23	21.2	0.29	0.089	-	-
	>35	44.72	2.15	17.7	177.3	6.1	1.66	123.9	1.30	20.8	0.29	0.131	-	-
阿荣旗	≤3	43.26	2.72	27.2	172.4	6.1	1.28	127.5	0.95	22.2	0.40	0.15	15.86	286.3
	3~7	50.23	2.64	27.4	169.1	6.1	1.27	121.1	0.91	22.2	0.40	0.15	15.37	283.1
	7~15	49.2	2.61	27.1	165.5	6.0	1.25	135.6	1.04	21.3	0.37	0.18	17.06	224.2
	15~25	48.85	2.60	25.4	166.9	5.9	1.17	148.3	1.11	21.2	0.37	0.18	17.79	192.2
	25~35	48.21	2.59	23.3	162.9	5.9	1.19	175.9	1.10	21.8	0.34	0.26	21.62	161.4
	>35	47.00	2.57	22.1	163.7	5.9	1.13	181.4	0.94	21.1	0.33	0.28	20.19	176.8

注: 有机质、全 N 单位为 g/kg, 其他项目单位为 mg/kg。

### 3 小结

通过分析可知, 内蒙古呼伦贝尔市岭东黑土区土壤侵蚀严重, 生态环境在逐步恶化, 使宝贵的黑土资源遭到严重破坏, 耕地生产力明显下降, 已经影响了当地广大农民的生产生活, 成为限制农村经济发展的主要因素之一, 并有逐年加重的趋势, 应当引起相关部门的高度重视, 列入计划, 采取有力措施, 加强治理, 以修复破坏了了的生态环境, 巩固黑土区粮仓的地位, 这对建立我国优质粮食生产基地, 确保国家粮食安全都具有重要意义。

### 参考文献

- 1 李昌峰, 高峻峰, 曹慧. 土地利用变化对水资源影响研究的现状和趋势. 土壤, 2002, 34 (4): 191~196
- 2 曹慧, 杨浩, 孙波, 赵其国, 臧波. 太湖流域丘陵地区土壤养分的空间变异. 土壤, 2002, 34 (4): 201~205
- 3 刘新卫, 黄大鹏, 蔡爱民. 安徽省耕地资源持续利用研究. 土壤, 2001, 33 (6): 300~304
- 4 康烈年, 徐金城, 潭跃等. 呼伦贝尔盟土壤. 呼和浩特: 内蒙古人民出版社, 1992
- 5 中华人民共和国水利部标准. 土壤侵蚀分类分级标准 (SL 190-96). 北京: 中国水利水电出版社, 1997

## SOIL EROSION IN THE BLACK SOIL AREA TO THE EAST OF THE GREAT XINGAN MOUNTAINS IN HULUNBUIR

CUI Wen-hua<sup>1</sup> XIN Ya-jun<sup>2</sup> YU Cai-xian<sup>1</sup>

(1 The Service Center of Agricultural Technology of Hulunbuir in Inner Mongolia, Nailar, Inner Mongolia 021008;

2 The Technological and Servical Center of Agriculture of Yakeshi, Yakeshi, Inner Mongolia 022150 )

**Abstract** A survey has been carried out of soil erosion in the black soil area at the east piedmont of the Great Xingan Mountains in Hulunbuir, by making use of satellite remote sensing data available and findings of the national survey of soil fertility and assessment of soil quality of croplands. The results showed that soil erosion were found affecting 29.83 % of the total land area or 55.94 % of the cultivated area, resulting in the loss of 9.1674 million tons of soil from the surface layer of the land, which has already seriously affected the life and production of the local people.

**Key words** Black soil area, Cultivated land, Erosion, Soil degradation