

黑龙江省典型黑土区土壤生态环境质量评价

雷国平, 代路, 宋戈

(东北农业大学资源与环境学院, 哈尔滨 150030)

摘要: 黑土土壤生态环境质量评价是开发、利用和保护黑土的关键和基础。该文在已有研究的基础上, 从宏观和中观角度, 以黑龙江的嫩江县、克山县、五大连池市和海伦市作为研究的评价区; 依据土壤环境质量评价标准, 主要运用分级标准比例法、德尔斐法和模糊综合评价法, 综合考虑影响黑土土壤生态环境质量的因素, 结合评价区土壤生态环境的现状, 构建了黑龙江省典型黑土区土壤生态环境质量评价体系, 该体系从土壤侵蚀、土壤污染和土壤肥力退化三大评价因子共13个单项指标, 对4个评价区的土壤生态环境质量进行评价与比较。结果表明, 目前黑龙江省典型黑土区土壤生态环境质量存在一定差异, 嫩江县、五大连池市、克山县为中等偏差, 海伦市则为较差, 最后从土地管理、工程措施、农业耕作技术三方面提出针对性措施。

关键词: 土壤, 生态, 环境质量, 黑土, 黑龙江省

doi: 10.3969/j.issn.1002-6819.2009.07.044

中图分类号: X825

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2009)-7-0243-06

雷国平, 代路, 宋戈. 黑龙江省典型黑土区土壤生态环境质量评价[J]. 农业工程学报, 2009, 25(7): 243—248.

Lei Guoping, Dai Lu, Song Ge. Evaluation of soil ecological environment quality of typical black soils in Heilongjiang Province[J]. Transactions of the CSAE, 2009, 25(7): 243—248. (in Chinese with English abstract)

0 引言

黑土有机质含量大约是黄土的十倍, 是肥力最高、最适宜农耕的土地。黑土在世界上仅有三大块, 除美国密西西比河流域和乌克兰大平原外, 中国黑土区主要分布在东北, 其中以黑龙江省为主。黑龙江省黑土主要分布在中北部, 在滨北及滨长铁路线两侧, 北至黑龙江右岸, 南界由双城, 五常一带延伸到吉林省(图1)^[1], 黑土主要分布总面积大约有4 824 727 hm²。黑龙江省黑土占黑龙江省总耕地面积的31.24%^[2], 是中国的重要商品粮生产基地和粮食战略后备基地, 自古以来就有“谷物仓库”之称。处于此地带的黑土同样也因土壤肥沃, 腐殖质深厚, 有机质含量高, 团粒结构好等得天独厚的自然优势而成为重要的农业土壤, 是宝贵的土地资源。新中国成立以来, 黑土区土壤生态环境质量受自然因素、社会因素、生态因素、自然灾害、管理因素、技术等因素的影响, 水土流失日趋严重, 发展速度十分惊人, 水土流失面积已由20世纪50年代初期的2.46万km², 增加到1998年的4.47万km²。据1999年全国第二次土壤侵蚀遥感调查统计表明, 水土流失面积已达7.43万km², 占黑土区总面积的36.7%。同时, 长期的水土流失和掠夺式经营等人造的干扰已经使黑土层越来越薄, 黑土层已由开垦之初的50~100 cm减至10~20 cm, 有的农田高处, 黑土层已全部流失, 露出黄土母质, 被称为不打粮

的“破皮黄”, 按现时每年平均减少0.3~1.0 cm计算, 再过20~50 a, 黑土区将不复存在^[3]。

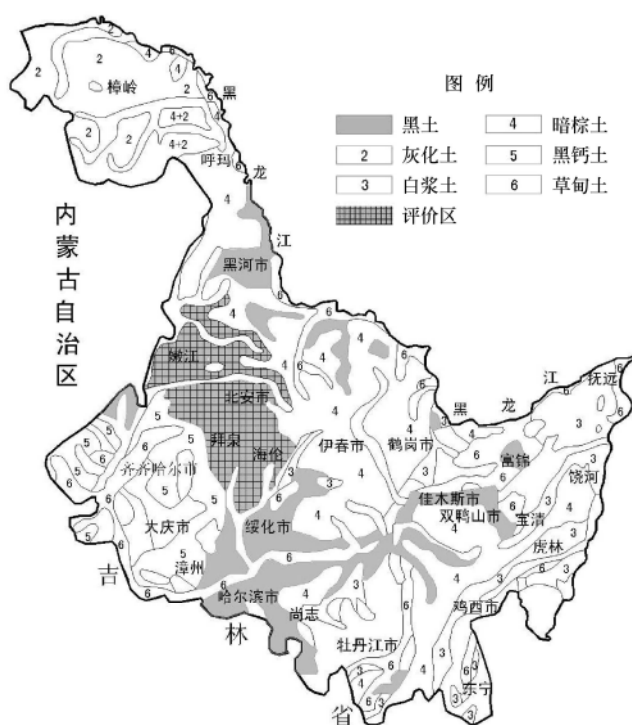


图1 黑龙江省黑土分布格局

Fig.1 Black soils distribution map in Heilongjiang Province

目前, 黑龙江省有60%以上的耕地存在不同程度的水土流失, 黑土区坡耕地每年流失6~7 mm厚的表层黑土, 全省共有104.73万hm²坡耕地表层黑土流失殆尽。20世纪60年代水土流失面积是500万hm², 到了20世纪80年代就达到了133万多hm², 20年增加了近两倍。

收稿日期: 2008-10-21 修订日期: 2009-04-08

基金项目: 黑龙江省耕地及后备资源调查与潜力评价与黑龙江省青年学术骨干项目(1154G45)及黑龙江省黑土实验室资助

作者简介: 雷国平(1963—), 男, 黑龙江人, 院长, 博士生导师, 中国农业工程学会会员(E041200358S), 主要研究方向: 土地利用。哈尔滨 东北农业大学资源与环境学院, 150030。Email: guopinglei@126.com

另外,全省目前有 10 万多条大型侵蚀沟,吞占耕地 7 万多 hm^2 。全省坡耕地每年跑水总量是 37~40 亿 m^3 ,这是造成岗地旱、洼地涝的重要因素;跑土总量是 2~3 亿 m^3 ,相当于全省每年农田水利基本建设完成的土方总量;黑龙江省每年流失掉的土壤氮磷钾养份折合标准吨化肥达 500~600 万 t,相当于 5 个年产百万吨的大庆化肥厂一年的生产总和;每年因水土流失少收粮食 20~25 亿 $\text{kg}^{[4]}$ 。这样发展下去,黑龙江省很有可能变成寸草难生的第二黄土高原。因此关注和保护宝贵黑土已经迫在眉睫。学者对黑土土壤生态环境的研究大致可分为两大类,一部分学者大多通过测量衡量土壤生态环境某一个体系中的某些指标,反映黑土地物理、化学和肥力性质上的变化,从而反映黑土土壤生态环境;另一部分学者则通过土壤生态环境变化表现出来的外部特征来研究土壤生态环境变化。本文主要从宏观和中观角度综合考虑影响黑土土壤生态环境的因素,采取适当的方法对黑土区土壤生态环境质量进行评价,找出黑土土壤生态恶化的根源,以便有针对性的解决问题,这是中国人民生存的基本需要,是保证粮食安全的需要,是人多地少国情的需要,是国家长治久安的基本需要。

1 研究区概况

本文选取最具代表性的嫩江县、克山县、五大连池市和海伦市 4 个区县作为评价区,对此地域的黑土土壤生态环境质量做出评价(如图 1)。评价区黑土的干燥度 ≤ 1 ,气候比较湿润,年降雨量一般是 450~550 mm 左右,绝大部分集中于暖季,年平均气温为 0~6.7℃。评价区的地形大部分是在现代新构造运动中间歇上升并受不同程度切割的高平原、台地和阶地地貌,地势平缓辽阔。目前评价区多开垦为农田,地表覆盖物多为农作物植株。经过多年的发展,黑龙江省黑土区已经成为著名的商品粮基地和黑龙江省经济发达区,对于粮食安全和国民经济的稳定有着重要的作用^[5]。

嫩江县位于北纬 48°43'~51°00',东经 124°45'~126°50',全境总面积 15 107 km^2 ,年平均气温为 1~2℃,年降水量平均为 450~550 mm。土壤污染是嫩江县土壤生态环境恶化的主要原因。据省农业科学院测定,污染区小麦、玉米、大豆等残留 666 检出率达 95%~100%,蔬菜中有机氯残留检出率达 100%。

克山县位于北纬 47°51'~48°34',东经 125°11'~126°8',全境总面积 3 053 km^2 ,年平均气温为 1.1℃,年降水量平均为 497.8 mm^[6]。克山县土壤生态环境恶化主要由于土壤侵蚀。据有关研究表明,克山县 1995 年土壤侵蚀面积为 2 010.92 km^2 ,2000 年土壤侵蚀面积 2 090.22 km^2 ,增加了 89.3 km^2 ^[7]。

五大连池市位于北纬 48°30'~48°50',东经 126°00'~126°25',全境总面积 7 050 km^2 ,平均海拔 250~300 m,年平均气温为 1~2℃,全年降水平均在 468 mm。土壤肥力退化是五大连池市土壤环境恶化的主要原因。据监测,由于重种轻养、重化肥轻有机肥,黑土耕层有机质仍在以平均每年 0.1%的速度下降。全氮下降了 30%~

60%;全磷下降了 16%~24%;土壤供肥、供水能力减弱,土壤养分库容不断降低^[3]。

海伦市位于黑龙江省的中部,位于北纬 46°58'~47°52',东经 126°14'~127°45',全境总面积 4 546 km^2 ,海拔为 147~471 m,一般为 200 m,年平均气温为 1.5℃,年降水量 550 mm^[8]。水土流失面积已经达到 16.47 万 hm^2 ,占总土地面积的 35.3%。腐殖质层厚度渐趋浅薄,自然黑土腐殖质层厚度一般多在 30~70 cm 之间,小于 30 cm 的比较少见。目前由于多年耕种和土壤侵蚀的发展,第 2 次普查结果已有近 40%的面积腐殖质层厚度不足 30 cm,黑土层已渐浅薄^[9,10]。

2 黑土生态环境质量评价指标体系的构建

2.1 评价因子和指标的确定

黑土土壤生态环境质量优劣的影响因素既为评价因子。根据黑龙江省黑土生态环境的实际情况,经过分析识别,筛选其中 3 类评价因子,分别为土壤侵蚀(a),土壤污染(b)和土壤肥力退化(c),并选择 13 个评价指标,将评价因子根据《土壤环境质量标准》分为优、良、中、差、劣 5 个级别,评价因子经具体分级就形成了评价的指标体系。若用 M 代表评价因子,那么 M_i 为评价指标, M_{ij} 为指标分级标准值,其中 $M \in \{a, b, c\}$, $i \in [1, 3]$, $j \in [1, 5]$,且在标准分级中, M_{ij} 是两种走向,一种为 $M_{ij} > M_{i(j+1)}$,另一种为 $M_{ij} < M_{i(j+1)}$ ^[11]。指标及其标准分级情况见表 1^[12]。

表 1 指标及其标准分级
Table 1 Indicators and grading standards

指 标	分级标准				
	I	II	III	IV	V
a_1 : 年均降水量/mm	(400,450]	(450,500]	(500,550]	(550,600]	>600
a_2 : 坡度/(°)	(3,5]	(5,7]	(7,10]	(10,15]	>15
a_3 : 植被覆盖度/%	(60,80]	(40,60]	(20,40]	(10,20]	≤ 10
b_1 : 锌 Zn/mg·kg ⁻¹	≤ 82.59	(82.59,97.9]	(97.9,195.8]	(195.8,293.7]	>293.7
b_2 : 铜 Cu/mg·kg ⁻¹	≤ 15.83	(15.83,17.3]	(17.3,34.6]	(34.6,51.9]	>51.9
b_3 : 铅 Pb/mg·kg ⁻¹	≤ 12.14	(12.14,13.76]	(13.76,27.52]	(27.52,41.28]	>41.28
b_4 : 镉 Cd/mg·kg ⁻¹	≤ 0.061	(0.061,0.08]	(0.08,0.16]	(0.16,0.24]	>0.24
c_1 : 有机质/g·kg ⁻¹	>46.4	(40.6,46.4]	(34.8,40.6]	(29.0,34.8]	(14.5,34.8]
c_2 : 全氮/g·kg ⁻¹	>3.91	(3.45,3.91]	(2.97,3.45]	(2.53,2.97]	(1.38,2.53]
c_3 : 全磷/g·kg ⁻¹	>1.0	(0.7,1.0]	(0.6,0.7]	(0.5,0.6]	≤ 0.5
c_4 : 速效磷/mg·kg ⁻¹	>30	(20,30]	(10,20]	(5,10]	≤ 5
c_5 : 速效钾/mg·kg ⁻¹	>200	(150,200]	(110,150]	(80,110]	≤ 80
c_6 : pH 值	7.0	(6.0,6.5]	(5.5,6.0]	(5.0,5.5]	≤ 5.0

本文在已有研究的基础上,综合各指标实测值,从宏观和中观的角度,对 4 个评价区黑土土壤生态环境质量进行评价和比较。土壤样品于 2002 年 5 月采自黑龙江省嫩江市(115 个样点)、五大连池市(75 个样点)、克山县(83 个样点)^[6,13]和海伦市(75 个样点)^[10,13-15],采样深度为 0~20 cm,每个样点均采用 GPS 进行野外定位。土壤全量锌、铜、铅和镉的测定采用王水-高氯酸消化-原子吸收分光光度法测定;有机质、全氮、全磷采用元素分析仪(Elementar verio III,德国)测定;pH 值采

用电位法测定；速效磷采用碳酸氢钠浸提-钼锑抗比色法测定；速效钾采用 NH_4Ac 浸提，火焰光度法测定^[16]。评价区各指标实测值见表 2。

表 2 2002 年嫩江县、五大连池市、克山县和海伦市的指标实测值

Table 2 Measured values of index in Nenjiang county, Wudalianchi city, Keshan county and Hailun city in 2002

指标	采样区			
	嫩江县	五大连池市	克山县	海伦市
a_1 : 年均降水量/mm	500	468	497.8	550
a_2 : 坡度/(°)	5	6	7	7
a_3 : 植被覆盖率/%	31.7	31.9	30.8	28.5
b_1 : 锌 $\text{Zn}/\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	49.51	42.95	49.74	103.2
b_2 : 铜 $\text{Cu}/\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	20.66	18.89	24.56	15.5
b_3 : 铅 $\text{Pb}/\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	18.28	15.79	14.64	22.1
b_4 : 镉 $\text{Cd}/\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	0.097	0.110	0.107	0.32
c_1 : 有机质/ $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$	59.56	58.72	44.16	50.64
c_2 : 全氮/ $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$	3.15	3.15	2.48	2.56
c_3 : 全磷/ $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$	2.27	2.35	1.48	0.61
c_4 : 速效磷/ $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	24.71	25.52	24.72	9.45
c_5 : 速效钾/ $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$	220.68	199.72	208.67	229.8
c_6 : pH 值	5.87	5.60	6.14	6.80

2.2 指标权重的确定

各评价因子对土壤生态环境质量的影响程度是不同的，在评价中必须确定各指标的权重值。为减少人为因素的干扰，在确定指标权重时采用分级标准比例法，即采用各指标的 5 个级别标准数值的平均值为基准值 S_l ，且

有 $S_l = \frac{1}{5} \sum_{j=1}^5 M_{ij}$ 。假设实际指标为 x_l ，当 $M_{ij} > M_{i(j+1)}$ 时，

取 $W_l = \frac{S_l}{x_l}$ ；当 $M_{ij} < M_{i(j+1)}$ 时，取 $W_l = \frac{x_l}{S_l}$ ，将 W_l 归一化

后得到各指标的权重 $K_l = \frac{W_l}{\sum_{l=1}^n W_l}$ ，其中 $l \in [1, n]$ 。

K_l 则为评价因子各评价指标的权重，通过计算便可得到各评价因子的权重集，即： $K_a = (K_{a1}, K_{a2}, K_{a3})$ ； $K_b = (K_{b1}, K_{b2}, K_{b3}, K_{b4})$ ； $K_c = (K_{c1}, K_{c2}, K_{c3}, K_{c4}, K_{c5}, K_{c6})$ 。

经计算可求得 4 个评价区各评价因子的权重集：

嫩江：

$K_a = (0.34, 0.21, 0.45)$ ； $K_b = (0.12, 0.28, 0.31, 0.29)$ ；

$K_c = (0.14, 0.23, 0.08, 0.15, 0.14, 0.26)$

五大连池：

$K_a = (0.31, 0.25, 0.44)$ ； $K_b = (0.11, 0.27, 0.28, 0.34)$ ；

$K_c = (0.14, 0.23, 0.07, 0.14, 0.15, 0.27)$

克山：

$K_a = (0.31, 0.27, 0.42)$ ； $K_b = (0.12, 0.33, 0.24, 0.31)$ ；

$K_c = (0.17, 0.25, 0.1, 0.13, 0.13, 0.22)$

海伦：

$K_a = (0.32, 0.25, 0.43)$ ； $K_b = (0.14, 0.12, 0.21, 0.53)$ ；

$K_c = (0.11, 0.19, 0.19, 0.26, 0.10, 0.15)$

2.3 隶属度的计算

鉴于土壤生态环境与其组成要素（即评价因子）成正相关关系，故采用线性函数为隶属度函数，即

$$R_m = y = \begin{cases} 1 & x = x_1 \\ \frac{x - x_0}{x_1 - x_0} & x_0 < x < x_1 \\ \frac{x_2 - x}{x_2 - x_1} & x_1 < x < x_2 \\ 0 & x \leq x_0, x \geq x_2 \end{cases}$$

该方法分别计算每个指标在每一分级标准下的隶属度，进而得到隶属度模糊矩阵 R_m 。其中， $m \in [a, b, c]$ ， x 为各指标实测值， x_1 分别为规定的各指标的 5 个级别的标准数值， x_0 和 x_2 是与 x_1 相邻的 2 个级别的标准值， R_m （即 y 值）是实测指标 x 对应于 x_1 所规定的那一级标准值的隶属度。由此，可计算出各指标实际值的隶属度，并得到隶属度模糊矩阵：

嫩江：

$$R_a = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0.31 & 0 & 0.585 & 0.415 & 0.69 \end{bmatrix};$$

$$R_b = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.806 & 0.194 & 0 & 0 \\ 0 & 0.672 & 0.328 & 0 & 0 \\ 0 & 0.788 & 0.213 & 0 & 0 \end{bmatrix};$$

$$R_c = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.375 & 0.625 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.472 & 0.528 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.74 & 0.26 & 0 \end{bmatrix}$$

五大连池：

$$R_a = \begin{bmatrix} 0 & 0.64 & 0.36 & 0 & 0 \\ 0 & 0.5 & 0.5 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.595 & 0.405 & 0 \end{bmatrix};$$

$$R_b = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.91 & 0.09 & 0 & 0 \\ 0 & 0.85 & 0.15 & 0 & 0 \\ 0 & 0.625 & 0.375 & 0 & 0 \end{bmatrix};$$

$$R_c = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.375 & 0.625 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.552 & 0.448 & 0 & 0 & 0 \\ 0.994 & 0.006 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.1 & 0.9 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

克山：

$$R_a = \begin{bmatrix} 0 & 0.044 & 0.956 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.54 & 0.46 & 0 \end{bmatrix};$$

$$R_b = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.58 & 0.42 & 0 & 0 \\ 0 & 0.94 & 0.06 & 0 & 0 \\ 0 & 0.66 & 0.34 & 0 & 0 \end{bmatrix};$$

$$R_c = \begin{bmatrix} 0.61 & 0.39 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.957 & 0.043 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.472 & 0.528 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.64 & 0.36 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

海伦:

$$R_a = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.425 & 0.575 & 0 \end{bmatrix};$$

$$R_b = \begin{bmatrix} 1 & 0.95 & 0.05 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0.39 & 0.61 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix};$$

$$R_c = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.068 & 0.932 & 0 \\ 0 & 0.1 & 0.9 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.89 & 0.11 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.6 & 0.4 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

2.4 黑土生态环境质量综合指标值的确定

这是各因子的单项评价,即表明该系统的某一生态问题处于何等级别。运用模糊合成公式

$$U_m = \bigvee_{m=A}^E (K_m \wedge R_m), \text{ 其中 } K_m \text{ 为各指标的权重行阵, } R_m \text{ 是}$$

某单项评价的各指标隶属度矩阵, U_m 为 K_m 和 R_m 两矩阵的模糊乘积,经过归一化即得某一评价因子的土壤生态环境矩阵 $U_m \in (U_a, U_b, U_c)$ 。分别为:

嫩江:

$$U_a = (0, 0.19, 0.42, 0.39, 0); U_b = (0.16, 0.42, 0.42, 0, 0); U_c = (0.22, 0.39, 0.39, 0, 0)$$

五大连池:

$$U_a = (0, 0.27, 0.38, 0.35, 0); U_b = (0.14, 0.43, 0.43, 0, 0); U_c = (0.23, 0.35, 0.42, 0, 0)$$

克山:

$$U_a = (0, 0.04, 0.48, 0.48, 0); U_b = (0.16, 0.42, 0.42, 0, 0); U_c = (0.19, 0.24, 0.24, 0.28, 0.05)$$

海伦:

$$U_a = (0, 0, 0.5, 0.5, 0); U_b = (0.112, 0.196, 0.196, 0, 0.496); U_c = (0.2, 0.2, 0.35, 0.25, 0)$$

在上述各单项评价的基础上,形成综合隶属度矩阵:

$$U = \begin{bmatrix} U_a \\ U_b \\ U_c \end{bmatrix} \text{ 分别为:}$$

嫩江:

$$U = \begin{bmatrix} 0 & 0.19 & 0.42 & 0.39 & 0 \\ 0.16 & 0.42 & 0.42 & 0 & 0 \\ 0.22 & 0.39 & 0.39 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

五大连池:

$$U = \begin{bmatrix} 0 & 0.27 & 0.38 & 0.35 & 0 \\ 0.14 & 0.43 & 0.43 & 0 & 0 \\ 0.23 & 0.35 & 0.42 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

克山:

$$U = \begin{bmatrix} 0 & 0.04 & 0.48 & 0.48 & 0 \\ 0.16 & 0.42 & 0.42 & 0 & 0 \\ 0.19 & 0.24 & 0.24 & 0.28 & 0.05 \end{bmatrix}$$

海伦:

$$U = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0.5 & 0.5 & 0 \\ 0.112 & 0.196 & 0.196 & 0 & 0.496 \\ 0.2 & 0.2 & 0.35 & 0.25 & 0 \end{bmatrix}$$

根据实际情况及德尔菲法,通过专家答卷,确定 a 、 b 、 c 3 个评价因子在总评价中的权重为: $N_a=0.35$, $N_b=0.33$, $N_c=0.32$ 。于是,得到综合评价的权重矩阵 $N=(0.35, 0.33, 0.32)$ 。最后,进行模糊合成和归一化,得到各评价区土壤生态环境质量评价矩阵 V :

$$V = N_0 U = (V_a, V_b, V_c, V_d, V_e) = (N_a, N_b, N_c) \begin{bmatrix} U_a \\ U_b \\ U_c \end{bmatrix}$$

分别为:

$$\text{嫩江: } V = (0.176, 0.264, 0.28, 0.28, 0)$$

$$\text{五大连池: } V = (0.18, 0.26, 0.28, 0.28, 0)$$

$$\text{克山: } V = (0.15, 0.26, 0.28, 0.28, 0.03)$$

$$\text{海伦: } V = (0.139, 0.139, 0.245, 0.245, 0.232)$$

2.5 评价结果

按最大隶属度原则和次大值贴近原则,分别对 4 个评价区的黑土土壤生态环境质量进行评价,得到:嫩江县、五大连池市、克山县的黑土土壤生态环境质量为中等偏差,海伦市则为较差。总的看来,目前评价区黑土土壤生态环境质量属于中等偏差,问题主要表现为土壤侵蚀、土壤污染和土壤肥力退化,实现黑土资源的可持续利用任重道远。

黑土区是重要工业和商品粮基地,然而长期以来该区的发展却是以牺牲生态环境为代价的,由于自然因素影响及人为不合理生产活动的破坏,导致土壤侵蚀比较严重,不少地区已经出现了成土母质露于地表的现象。评价区的侵蚀主要包括风蚀和水蚀。据松辽委 2002 年统计报告,黑龙江省黑土侵蚀面积 9.55 万 km^2 ,其中水力侵蚀 8.53 万 km^2 ,风力侵蚀 1.02 万 km^2 。目前严重的土壤侵蚀已经 104.7 万 km^2 ,黑土失去了原有的风采,使垦初的“黑土地,油汪汪,不上粪,也打粮”变成了今日的“火烧岗,破皮黄”,自然灾害十分严重。

评价区是该省工农业发达的地区,工业,“三废”的排放,污水灌溉加上不合理的使用农药和化肥,使黑土

污染问题比较严重。近年来, 哈尔滨、齐齐哈尔、大庆、黑河市等6个城市年排污水量6.5亿t, 土壤受污染面积达2.7万多 hm^2 。

另外, 研究区黑土有机质数量和质量明显下降, 耕层有机质含量明显减少。黑土一经开垦耕种, 由于生态条件的急剧变化, 有机质迅速矿化, 含量不断下降^[17]。自然黑土垦前表层有机质含量多在3%~6%之间, 目前评价区耕地有机质含量基本在1.5%~3%之间。

由此可以看出, 土壤侵蚀、土壤污染和土壤肥力退化对黑龙江省黑土土壤生态环境质量产生了一定的影响, 保护和改善黑土土壤生态环境质量迫在眉睫, 要在改造自然条件的基础上, 从土地规划, 工程措施等方面采取措施。

4 黑龙江省黑土土壤生态环境保护对策

4.1 加大土地管理力度

依据土地规划和城市总体规划, 严格控制农用地向非农用地转化, 宅基地和经济建设避开黑土区, 将以黑土为耕作土壤的农业用地划定为基本农田保护区, 并根据黑土的退化程度, 对实施保护的黑土区按标准划定保护等级, 以便因地制宜地制定保护措施。

4.2 完善工程措施

营建农田防护林。通过加密农田防护林网和加宽防护林带, 改善黑龙江省局地小气候, 减轻部分地区风力作用对土壤的侵蚀, 提高农田土壤涵养水分的能力, 同时加强农田水利设施建设, 提高黑龙江省黑土区农业抵抗旱灾和涝灾的能力。对五大连池市和嫩江市扩大植被种植面积、种植牧草, 对克山县和海伦县营造防火林, 减少耕地裸露面积, 更好的保护黑土区生态环境。

4.3 改善农业耕作技术

改变原来不合理的耕作习惯, 可以隔年交替耕翻, 减少开垄; 采用用养结合的轮作体系, 调整土壤营养元素的平衡^[18]。在类似克山县和海伦市的坡耕地采用横垄进行等高种植, 并且改良耕翻制度, 调整种植业结构, 在耕作中尽量避免在春季起垄, 改在上年的秋天进行, 并及时镇压, 防止风蚀^[19]。

改变原来粗放经营方式, 注重有机肥的施用和农作物秸秆还田, 改变原来单一种植为多种作物轮作、轮耕制度, 调整种植结构, 科学施肥。除了加强农村有机肥农户分散的积造之外, 还要实现大型养殖企业有机肥产业化, 以推动有机肥料的使用。黑龙江省目前可利用造肥的各种作物秸秆及根茬4000万t/a、人畜粪便3300万t/a、褐煤、草炭20亿t。在有机肥使用上, 采取有机无机相结合技术路线, 一方面可保证提高作物产量, 另一方面可以保护黑土资源, 提高土壤肥力, 降低化学肥料的使用量, 减少环境污染, 保护生态环境。

5 结 论

本文采用了分级标准比例法、德尔斐法和模糊综合评价法对黑龙江省4个典型黑土区土壤生态环境质量进行了评价, 为保护和改善黑龙江省黑土土壤生态环境提

供了理论支撑。根据黑龙江省黑土生态环境现状, 我们建议编制科学合理的土地利用规划, 加大土地管理力度; 完善工程措施; 改善农业耕作技术。

本文的评价结果与实际情况相符合, 说明该评价方法具有适用性、简洁性、实用性和可操作性, 有一定的推广作用。

[参 考 文 献]

- [1] 黑龙江省地方志编纂委员会. 黑龙江省志, 第八卷: 土地志[M]. 哈尔滨: 黑龙江人民出版社, 1997.
- [2] 黑龙江省土地管理局, 黑龙江省土壤普查办公室编. 黑龙江土壤[M]. 北京: 农业出版社, 1992: 149—152.
- [3] 黑龙江省土地管理局, 黑龙江省土壤普查办公室. 黑龙江土壤[M]. 北京: 农业出版社, 1992.
- [4] 王其存, 齐晓宁, 王 洋, 等. 黑土的水土流失及其保育治理[J]. 地理科学, 2003, 23(3): 361—365.
Wang Qicun, Qi Xiaoning, Wang Yang, et al. Erosion of black soils and its reclamation[J]. Scientia Geographica Sinica, 2003, 23(3): 361—365. (in Chinese with English abstract)
- [5] 于磊, 张柏. 基于GIS的黑土区土壤相对环境容量空间分异特征研究[J]. 土壤学报, 2004, 41(4): 511—516.
Yu Lei, Zhang Bai. Spatial characteristics of environmental capacity in black soil area based on GIS[J]. Acta Pedologica Sinica, 2004, 41(4): 511—516. (in Chinese with English abstract)
- [6] 史文娇, 汪景宽, 边振兴, 等. 黑龙江北部土壤中主要重金属和微量元素状况及其评价[J]. 土壤通报, 2005, 36(6): 880—883.
Shi Wenjiao, Wang Jingkuan, Bian Zhenxing, et al. Distribution and evaluation of main heavy metals and available microelements in soils in the northern area of Heilongjiang province[J]. Chinese Journal of Soil Science, 2005, 36(6): 880—883. (in Chinese with English abstract)
- [7] 杨小垂, 王玉玺, 解运杰. 黑土区土壤侵蚀与土地利用关系分析: 以黑龙江省克山县为例[J]. 水土保持研究, 2009, 16(1): 55—58.
Yang Xiaochui, Wang Yuxi, Xie Yunjie. Relationship between land use change and soil erosion in black soil: Taking the county of Keshan, Heilongjiang province as an example[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2009, 16(1): 55—58. (in Chinese with English abstract)
- [8] 赵军, 孟凯, 隋跃宇, 等. 海伦黑土有机碳和速效养分空间异质性分析[J]. 土壤通报, 2005, 36(4): 487—491.
Zhao Jun, Meng Kai, Sui Yueyu, et al. Analysis for spatial heterogeneity of organic carbon and available nutrients in black soil region of Hailun county[J]. Chinese Journal of soil science, 2005, 36(4): 487—491. (in Chinese with English abstract)
- [9] 汪景宽, 王铁宇, 张旭东, 等. 黑土土壤质量演变初探 I. 不同开垦年限黑土主要质量指标演变规律[J]. 沈阳农业大学学报, 2002, 33(1): 43—47.
Wang Jingkuan, Wang Tiewu, Zhang Xudong, et al. An approach to the changes of black soil quality(I)—changes of the indices of black soil with year(s) of reclamation[J].

- Journal of Shenyang Agricultural University, 2002, 33(1): 43—47. (in Chinese with English abstract)
- [10] 汪景宽, 张旭东, 王铁宇, 等. 黑土土壤质量演变初探 II. 不同地区黑土中有机质, 氮, 硫和磷现状及变化规律[J]. 沈阳农业大学学报, 2002, 33(4): 270—273.
- Wang Jingkuan, Zhang Xudong, Wang Tieyu, et al. An approach to the changes of black soil quality(II)—the status and changes of organic matter, total N, total S and total P in black soils(isohumusols) in different areas[J]. Journal of Shenyang Agricultural University, 2002, 33(4): 270—273. (in Chinese with English abstract)
- [11] 谢季坚. 模糊数学方法及其应用[M]. 武汉: 华中科技大学出版社, 2005.
- [12] 国家环境保护局. GB 15618-1995, 土壤环境质量标准[S]. 北京: 中国标准出版, 1995.
- [13] 黑龙江省统计局. 黑龙江省统计年鉴(2006) [M]. 北京: 中国统计出版社, 2006.
- [14] 孟凯, 张兴义, 随跃宇, 等. 黑龙江海伦农田黑土水分特征[J]. 土壤通报, 2003, 34(1): 11—14.
- Meng Kai, Zhang Xingyi, Sui Yueyu, et al. Black soil water characteristic in Hailun, Heilongjiang[J]. Chinese Journal of Soil Science, 2003, 34(1): 11—14. (in Chinese with English abstract)
- [15] 汪景宽, 张旭东, 王铁宇, 等. 黑土土壤质量演变初探 III. 不同地区黑土中主要微量元素状况及其评价[J]. 沈阳农业大学学报, 2002, 33(6): 420—424.
- Wang Jingkuan, Zhang Xudong, Wang Tieyu, et al. An approach to the changes of black soil quality(III)—distribution and evaluation of micronutrients in black soils in different areas[J]. Journal of Shenyang Agricultural University, 2002, 33(6): 420—424. (in Chinese with English abstract)
- [16] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1999.
- [17] 辛刚, 颜丽, 汪景宽, 等. 不同开垦年限黑土有机质变化的研究[J]. 土壤通报, 2002, 35(5): 332—335.
- Xin Gang, Yan Li, Wang Jingkuan, et al. Changes of organic carbon in black soils with the different reclamation years[J]. Chinese Journal of soil science, 2002, 35(5): 332—335. (in Chinese with English abstract)
- [18] 王占哲, 韩秉进. 松嫩平原黑土区用养结合高产高效轮作制研究[J]. 东北农业大学学报, 1997, 28(1): 9—14.
- Wang Zhanzhe, Han Bingjin. Study on crop rotation system of utilization combined with maintenance, high yield and high efficiency in black soil region of Songnen plain[J]. Journal of Northeast Agricultural University, 1997, 28(1): 9—14. (in Chinese with English abstract)
- [19] 吴国庆. 区域农业的可持续发展的生态安全及其评价探析[J]. 生态经济, 2001, (8): 22—25.
- Wu Guoqing. Ecological safety and assessment of regionally sustainable agriculture development[J]. Ecological Economy, 2001, (8): 22—25. (in Chinese with English abstract)

Evaluation of soil ecological environment quality of typical black soils in Heilongjiang Province

Lei Guoping, Dai Lu, Song Ge

(College of Resource and Environment, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China)

Abstract: Evaluation of soil ecological environment quality is the key foundation of the development, utilization as well as protection of the black soils. On the basis of previous research, Nenjiang county, Keshan county, Wudalianchi city and Hailun city of Heilongjiang Province were selected as the research region at macro and mesoscale, considering the influence factors and the existing status of soil ecological environment quality under the guidance of the standard of evaluation of soil environment, and using grading standards proportional, Delphi method and fuzzy comprehensive assessment were used to establish evaluation system of black soil ecological environment quality in the research region. The system included 13 factors related to soil erosion, soil pollution and degradation of soil fertility. The results indicated that there were some differences in soil environment of Heilongjiang Province. Specifically, the soil quality in Nenjiang, Wudalianchi and Keshan areas was slightly lower than the medium level, however the soil quality of Hailun was worse than that of three other cities. In the end, a series of measures including land management, engineering and farming technology were taken to improve the soil quality.

Key words: soil, ecology, environment quality, black soils, Heilongjiang Province