

# 松嫩平原耕层土壤固碳潜力估算

刘国栋<sup>1</sup> 李 瑛<sup>1</sup> 张 立<sup>1</sup> 崔玉军<sup>1</sup> 杨 柯<sup>2</sup> 刘应汉<sup>2</sup>

(1.黑龙江省地质调查研究总院,黑龙江 哈尔滨 150036;

2.中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究所,河北 廊坊 065000)

**摘要:**提高土壤碳收集能力对减缓全球温室效应具有重要意义。利用松嫩平原南部第二次土壤普查及多目标区域地球化学调查获取的两期表层土壤有机碳数据,根据近20年来各土壤类型不同土地利用方式土壤有机碳量变化趋势,估算了松嫩平原南部各土壤类型、各用地方式下土壤碳源、汇潜力。由估算得出,如果目前的土地利用方式、气候条件、耕作方式、种植技术不变,松嫩平原耕地土壤0~20 cm土层的固碳潜力为-1.229 Tg碳,各土壤类型的林地土壤固碳潜力绝大多数为正值,说明林业用地为碳汇区,固碳潜力合计为3.169 Tg碳,而天然牧草地绝大多数的固碳潜力为负值,固碳潜力合计为-2.235 Tg碳,为碳源区,本次研究估算得出,松嫩平原总体的固碳潜力为-0.917 Tg碳。

**关键词:**土壤碳库;松嫩平原;碳源;碳汇;有机碳;

**中图分类号:**P632<sup>·</sup>1;P934 **文献标志码:**A **文章编号:**1000-3657-(2014)02-0658-07

大气CO<sub>2</sub>浓度的急剧升高引起全球气候变暖是人们关注的环境问题之一。目前全球大气中的CO<sub>2</sub>浓度正以1.5~1.8 ml/m<sup>3</sup>/a的速度增长。据Houghton<sup>[1]</sup>等预测,2030年其浓度将会达到600 ml/m<sup>3</sup>,21世纪末将达到650~700 ml/m<sup>3</sup>,政府和社会公众都在努力寻求各种措施以有效控制温室气体浓度增加的趋势。在全球碳循环中,陆地碳库起着重要的作用。陆地碳库主要以3种形式存在:植被碳库、土壤有机碳库和凋落物碳库。全球陆地植被碳库在420~830 Pg碳之间,凋落物在70~150 Pg碳之间<sup>[2]</sup>,土壤碳库是最大的碳库,是植被碳库的1.5~3倍,因此土壤碳库有一个微小的变化就会对大气CO<sub>2</sub>浓度产生很大的影响。土壤不仅是温室气体的主要排放源之一,同时也可能是温室气体的吸收汇。国内外学者对全球和区域尺度农田土壤固碳潜力已有不少研究,认为中国农业土壤固碳潜力较大<sup>[3-7]</sup>。准确评价目前土

地利用方式下土壤有机碳动态平衡水平及其固碳潜力,可为制定相应的CO<sub>2</sub>减排措施提供依据。松嫩平原作为中国一个重要的商品粮基地,具有保障国家粮食安全和减少大气CO<sub>2</sub>含量的双重责任,其土壤有机碳变化对大气CO<sub>2</sub>浓度的影响不可忽视。黑龙江省在1979—1986年间进行的中国第二次土壤普查以及2005年以来开展的多目标区域地球化学调查为估算松嫩平原土壤有机碳储量、格局及其演变研究提供了不可缺少的基础数据。本文利用第二次土壤普查及多目标区域地球化学调查两期数据进行整理分析,根据近20年松嫩平原同一土壤类型不同土地利用方式下的土壤有机碳量变化,估算了松嫩平原土壤碳源、汇潜力。本研究可为认识松嫩平原农田土壤碳源/汇现状及变化趋势,评价松嫩平原土壤碳汇能力及其土壤固碳减排潜力提供方法和依据。

**收稿日期:**2013-07-08;**改回日期:**2013-11-18

**基金项目:**中国地质调查局地质调查工作项目(1212010511217、1212011087124、1212011087123)及国土资源部公益性行业专项(200911020)联合资助。

**作者简介:**刘国栋,男,1983年生,硕士,工程师,主要从事生态地球化学研究工作;E-mail:hljlgd@qq.com。

## 1 材料与方 法

### 1.1 研究区概况

研究区位于黑龙江松嫩平原(图1),处于大兴安岭和小兴安岭山脉之间,是由松花江和嫩江两大水系冲积作用形成的近南北向平原。总体上呈现出西北高、东南低的趋势。研究区土地面积辽阔,地势平缓且土地肥沃,共涉及9种土壤类型分别为草甸土、风砂土、沼泽土、黑土、白浆土、水稻土、暗棕壤、黑钙土、碱土。自然环境气候条件适宜农业生产,主要为种植和养殖业。农作物生长为一年一季作物,以种植玉米、大豆为主,少量种植水稻、高粱、亚麻、甜菜等。

### 1.2 数据来源

松嫩平原土壤有机碳数据来源于第二次土壤普查及多目标区域地球化学调查的成果。第二次土壤

普查土壤有机碳数据是根据中国科学院南京土壤所提供的分辨率为1 km的1:100万数字化图斑(图斑带土壤理化性质属性)获得。多目标区域地球化学调查数据为黑龙江省地质调查研究总院实测,表层土壤样品按照1个样品/km<sup>2</sup>进行网格化采集,按4 km<sup>2</sup>/4个样品组合分析有机碳等54项元素和指标。数据主要包括以下内容:土壤类型、用地类型、地理位置、0~0.2 m有机碳含量、1.5~1.8 m有机碳含量。土壤有机碳初始数据为第二次土壤普查结果,其变化数据来源于两次调查期间差值计算所得。

### 1.3 固碳潜力估算方法

目前计算土壤固碳潜力一般可采用两种方法:一种是建立土壤碳循环模型,将此模型运行若干年后,土壤碳趋于动态平衡时的值减去现有状态的值;另一种是找到土壤碳变化量为0时的土壤碳量减去现有状态的值<sup>[8-14]</sup>。本文采用后一种方法确定松嫩

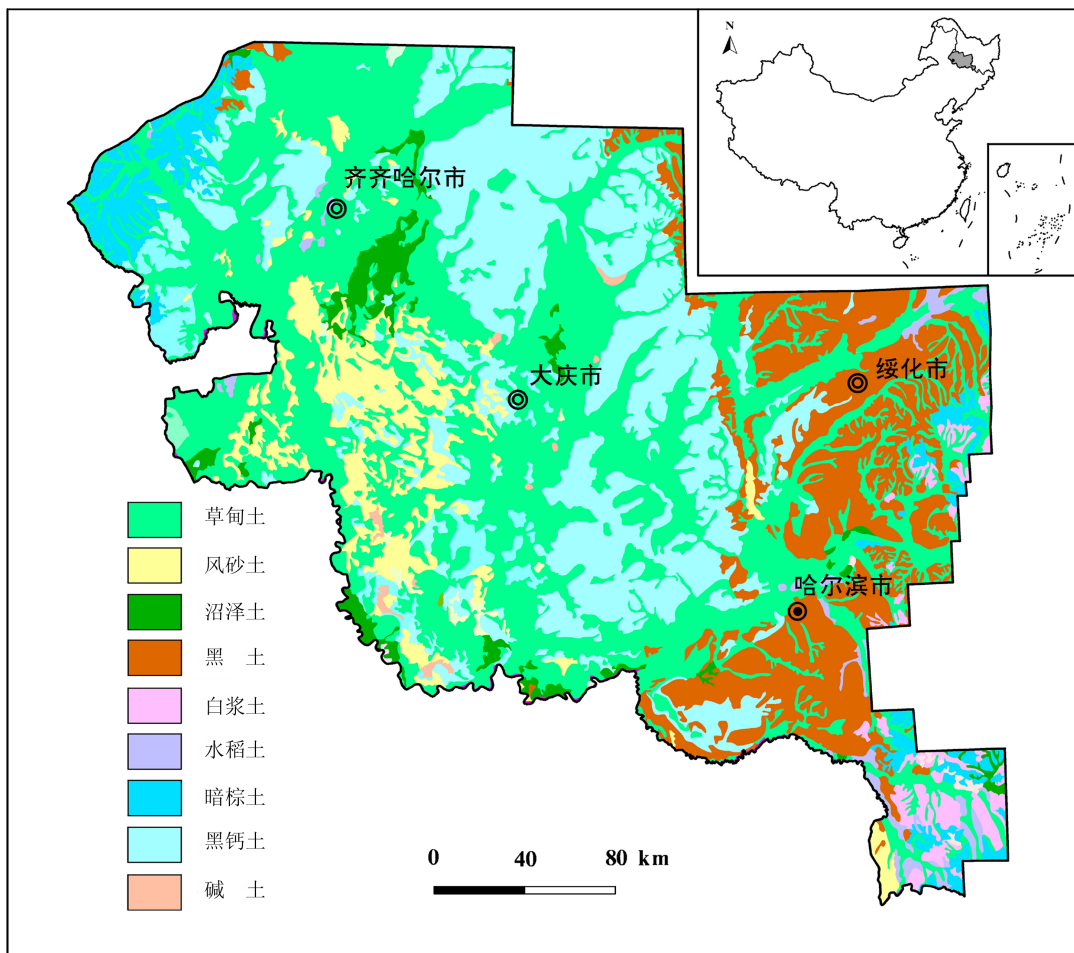


图1 研究区位置及土壤类型分布

Fig.1 Location of the study area, showing soil type distribution

平原同一土壤类型不同土地利用方式土壤有机碳的动态平衡水平。估算方法是以第二次土壤普查时为基期数据,根据两期土壤调查的有机碳变化量,得出二者之间的拟合关系曲线(图2)。在此曲线上,土壤碳密度变化量为0时所对应的土壤碳密度即为松嫩平原同一土壤类型不同土地利用方式下土壤碳库达到一个新的动态平衡水平参考值。本研究是假设在当前的土地利用方式和传统的栽培耕作措施不变的情况下,松嫩平原同一土壤类型不同土地利用方式下土壤的固碳潜力估算为:土壤碳库达到动态平衡状态时的碳密度值减去松嫩平原土壤现有碳密度值。具体计算方法及公式如下:

当 $y=0$ 时,对应的 $x$ 值为动态平衡水平参考值 $x_0$ ;

$$\Delta \text{SOC} = x_i - x_0 \quad (1)$$

中:  $\Delta \text{SOC}$  为单位面积(0~0.2 m)厚度土层固碳潜力( $\text{kg}/\text{m}^2$ );  $x_i$ 为当前单位面积(0~0.2 m)厚度土层有机碳密度( $\text{kg}/\text{m}^2$ );

$$C = \Delta \text{SOC} \times S \quad (2)$$

$C$ 为总固碳潜力(Tg);  $S$ 为面积( $\text{m}^2$ )。

## 2 结果与讨论

### 2.1 松嫩平原土壤碳库动态平衡水平

根据上述原理进行估算,得到松嫩平原同一土壤类型不同土地利用方式下第二次土壤普查有机碳密度与两期变化之间关系方程(图3),其中 $y=0$ 时对应土壤有机碳密度为动态平衡参考值。它代表

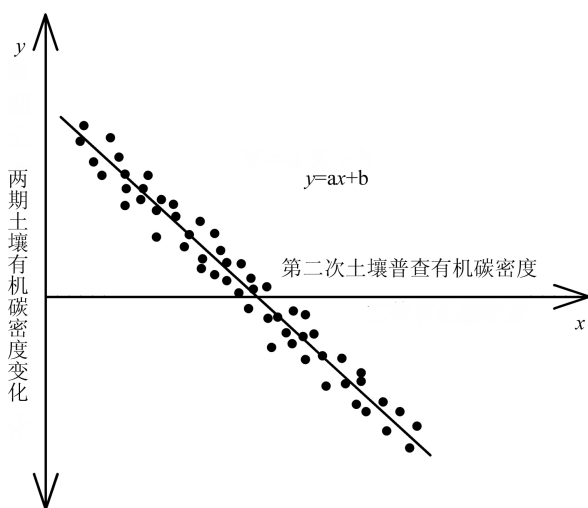


图2 拟合关系曲线示意图  
Fig.2 Diagram of fitting curve

当前气候条件、土地利用方式、人类生产活动不变的情况下,松嫩平原土壤经过若干年后会逐渐趋向于的碳密度水平值。也就是说,如果当前土壤有机碳密度低于该值,就意味着土壤有机碳密度将处于上升的趋势,土壤固碳潜力较大;如果当前土壤有机碳密度高于该值,则意味着土壤有机碳将处于下降的趋势,在这种状态下即成为碳源区,政府和公众就应该采取一定的措施改变耕作方式、栽培措施或植树造林等,以减缓土壤中碳向大气中的释放,从而进一步使土壤由大气 $\text{CO}_2$ 源变成汇。

以黑钙土旱田为例,分析其基期土壤有机碳密度与两期调查土壤有机碳密度的变化量的关系,可以看出,随着基期土壤有机碳密度增高,经过20年后土壤碳的损失量也增大;随着土壤有机碳密度的下降,损失量也下降,当土壤有机碳密度达到某一低值后,土壤碳变化很小,逐渐趋向于0。通过大量数据的统计分析,松嫩平原分布广泛的黑钙土旱田,在耕作措施、施肥水平和气候条件不变的情况下,土壤有机碳变化量为0时0~0.2 m土层有机碳密度为 $4.07 \text{ kg}/\text{m}^2$ ,这也就是松嫩平原黑钙土旱田土壤碳库逐渐趋向于的动态平衡水平参考值。从松嫩平原土壤各土地利用方式下的土壤有机碳动态平衡参考值看,林业用地及未利用土地(主要为沼泽湿地)达到动态平衡时的碳密度水平值最高,草地、农业用地相对较低。从土壤类型看,黑土及白浆土达到动态平衡水平参考值时的碳密度水平值最高,风砂土最低0~0.2 m土层平均值仅为 $2.47 \text{ kg}/\text{m}^2$ (表1)。

### 2.2 松嫩平原土壤固碳潜力

由不同土壤类型不同土地利用方式单位固碳潜力及对应的分布面积计算得出各种类型用地的固碳潜力,详见表2。黑龙江省松嫩平原土壤随着土壤类型的不同固碳空间也是不同的,如假设在20世纪80年代土地利用方式、耕作措施、施肥水平和气候条件不变的情况下,黑龙江省松嫩平原黑土及黑钙土旱田土壤基本已经处于动态平衡状态,白浆土旱田固碳潜力为 $0.063 \text{ Tg}$ 碳,水田为 $0.029 \text{ Tg}$ 碳,黑土水田为 $0.107 \text{ Tg}$ 碳,其余所有类型的耕地固碳潜力均为负值。松嫩平原各土壤类型的耕地总固碳潜力结果显示,旱田为 $-1.214 \text{ Tg}$ 碳,水田为 $-0.015 \text{ Tg}$ 碳,这说明松嫩平原的耕地在现有的耕作措施、气候条件不变的情况下,总体处于碳源的

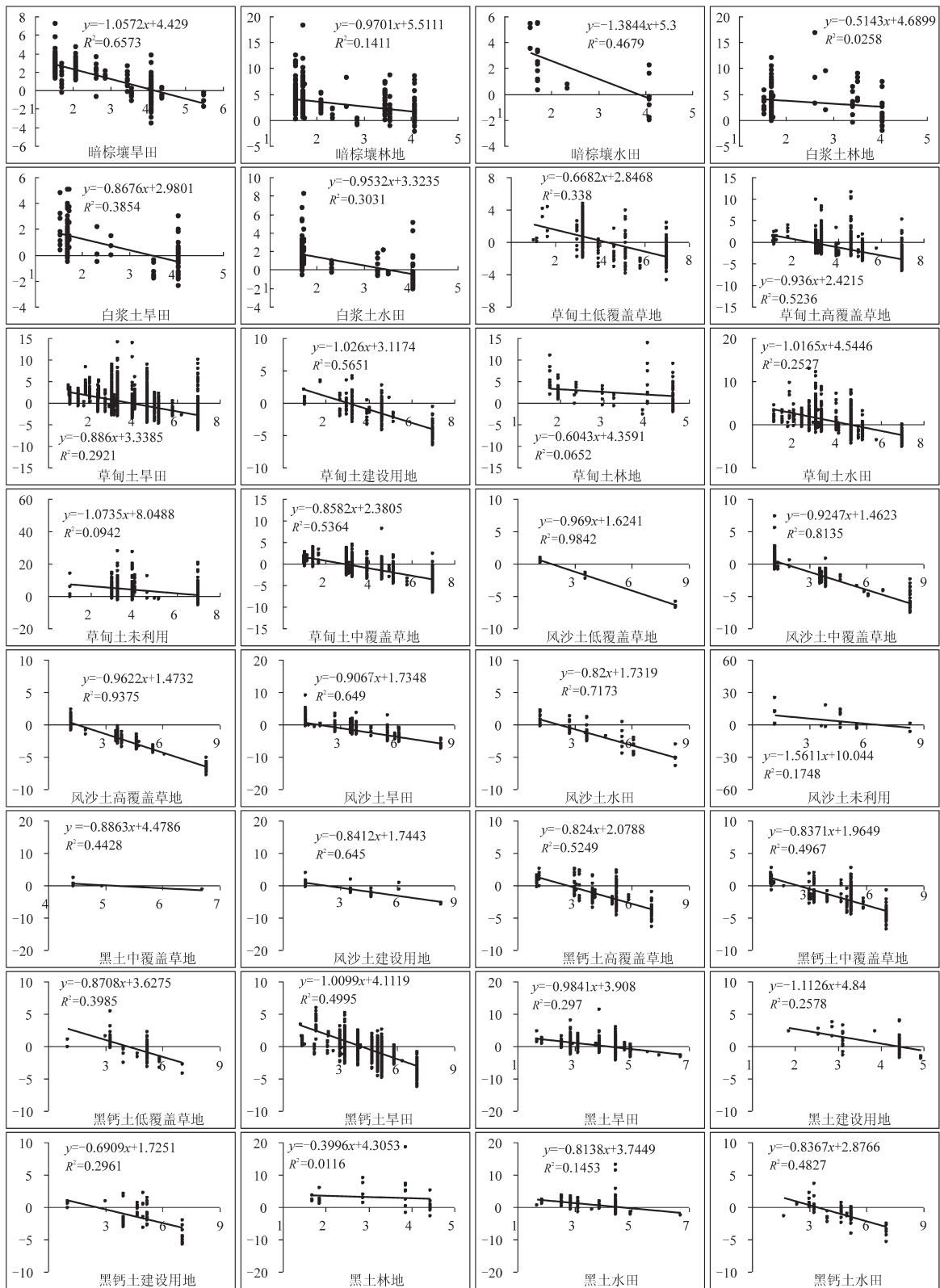


图3 黑龙江松嫩平原表层(0~0.2m)土壤有机碳含量变化拟合  
注: x坐标为土壤碳密度(kg/m<sup>2</sup>); y坐标为土壤碳密度变化量(kg/m<sup>2</sup>)

Fig.3 Matching of organic carbon content variation in surface soil (0~0.2m) of Songnen plain, Heilongjiang Province

表1 黑龙江松嫩平原(0~20cm)土层有机碳平衡值等特征参数统计  
 Table 1 Statistics of (0~20cm) characteristic parameters such as soil organic carbon balance values in Songnen Plain, Heilongjiang

| 土壤类型 | 参数    | 暗棕壤   | 白浆土  | 草甸土   | 风沙土   | 黑钙土   | 黑土    |
|------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|
| 旱田   | 动态平衡值 | 4.19  | 3.43 | 3.77  | 1.91  | 4.07  | 3.97  |
|      | 当前背景  | 4.26  | 3.31 | 3.82  | 2.02  | 4.07  | 3.97  |
|      | 潜力    | -0.07 | 0.12 | -0.05 | -0.11 | 0     | 0     |
| 水田   | 动态平衡值 | 3.83  | 3.49 | 4.47  | 2.11  | 3.44  | 4.6   |
|      | 当前背景  | 4.33  | 3.44 | 4.48  | 2.4   | 3.61  | 4.47  |
|      | 潜力    | -0.5  | 0.05 | -0.01 | -0.29 | -0.17 | 0.13  |
| 林地   | 动态平衡值 | 5.68  | 9.13 | 7.21  | --    | 3.66  | 10.77 |
|      | 当前背景  | 5.58  | 5.77 | 5.65  | --    | 4.05  | 6.27  |
|      | 潜力    | 0.1   | 3.36 | 1.56  | --    | -0.39 | 4.5   |
| 低覆盖  | 动态平衡值 | --    | --   | 4.26  | 1.68  | 4.17  | --    |
|      | 当前背景  | --    | --   | 4.27  | 1.72  | 4.22  | --    |
|      | 潜力    | --    | --   | -0.01 | -0.04 | -0.05 | --    |
| 中覆盖  | 动态平衡值 | --    | --   | 2.77  | 1.58  | 2.35  | 5.05  |
|      | 当前背景  | --    | --   | 3.02  | 1.68  | 2.73  | 5.03  |
|      | 潜力    | --    | --   | -0.25 | -0.1  | -0.38 | 0.02  |
| 高覆盖  | 动态平衡值 | --    | --   | 2.59  | 1.53  | 2.52  | --    |
|      | 当前背景  | --    | --   | 2.77  | 1.6   | 2.91  | --    |
|      | 潜力    | --    | --   | -0.18 | -0.07 | -0.39 | --    |
| 未利用  | 动态平衡值 | --    | --   | 7.5   | 6.43  | 1.57  | --    |
|      | 当前背景  | --    | --   | 7.72  | 7.72  | 5.37  | --    |
|      | 潜力    | --    | --   | -0.22 | -1.29 | -3.8  | --    |
| 建设用地 | 动态平衡值 | --    | --   | 3.04  | 2.07  | 2.5   | 4.35  |
|      | 当前背景  | --    | --   | 3     | 2.29  | 3.14  | 4.38  |
|      | 潜力    | --    | --   | 0.04  | -0.22 | -0.64 | -0.03 |

注:数据单位为 kg/m<sup>2</sup>;潜力一栏负值代表负潜力,正值代表正潜力;--为无数据。

表2 黑龙江省各土壤类型各用地方式(0~0.2 m)土层固碳潜力(Tg)  
 Table 2 Land use pattern (0~0.2 m) carbon sequestration potentials of various types of soil in Heilongjing Province(Tg)

| 用地方式  | 暗棕壤    | 白浆土   | 草甸土    | 风沙土    | 黑钙土    | 黑土     | 合计     |
|-------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 旱田    | -0.128 | 0.063 | -0.925 | -0.224 | 0.000  | 0.000  | -1.214 |
| 水田    | -0.044 | 0.029 | -0.046 | -0.007 | -0.054 | 0.107  | -0.015 |
| 林地    | 0.138  | 1.841 | 0.655  | --     | -0.023 | 0.558  | 3.169  |
| 低覆盖草地 | --     | --    | -0.014 | -0.002 | -0.020 | --     | -0.037 |
| 中覆盖草地 | --     | --    | -1.142 | -0.137 | -0.371 | 0.001  | -1.649 |
| 高覆盖草地 | --     | --    | -0.088 | -0.078 | -0.384 | --     | -0.549 |
| 未利用   | --     | --    | -0.277 | -0.134 | --     | --     | -0.411 |
| 建设用地  | --     | --    | 0.033  | -0.037 | -0.197 | -0.009 | -0.210 |
|       |        |       | 合计     |        |        |        | -0.917 |

状态。国内外许多学者研究认为,如果从传统耕作转向免耕,增加秸秆还田,退耕还林,调整种植制度等措施均可以提高土壤固碳潜力<sup>[15-18]</sup>。根据目前松嫩平原耕地土壤的固碳潜力,建议改变传统的耕作方式,增加秸秆还田以便从松嫩平原耕地的碳“源”转为“汇”。对黑龙江省各土壤类型及各用地方式的固碳潜力求和计算,得到研究区内的固碳潜力总体为-0.917 Tg 碳,即表明在假设条件下,松嫩平原南部土壤要释放0.917 Tg 碳才能达到一种动态平衡状态。从松嫩平原各土壤类型的林地看除黑钙土外,土壤的固碳潜力均为正值,说明林业用地为碳汇区,固碳潜力合计为3.169 Tg 碳,而天然牧草地绝大多数的固碳潜力为负值,固碳潜力合计为-2.235 Tg 碳,为碳源区,建议在松嫩平原天然牧草地应适当的植树造林,从而降低天然牧草地土壤碳的排放。

### 3 结 论

(1) 本文的估算结果得出,松嫩平原耕地土壤0~0.2 m 土层的固碳潜力为-1.229 Tg 碳,也就是说假如目前的土地利用方式耕作条件不变的情况下,松嫩平原耕地0~20 cm 土层将释放1.229 Tg 碳才能达到相对平衡的状态。

(2) 松嫩平原各土壤类型中,林地绝大多数固碳潜力为正值,总体看林业用地为碳汇区。而天然牧草地绝大多数的固碳潜力为负值,总体看为碳源区。建议在松嫩平原天然牧草地应适当的植树造林,从而降低天然牧草地土壤碳的排放。

(3) 本次研究估算得出,松嫩平原总体的固碳潜力为-0.917 Tg 碳,意味着松嫩平原在保持现有条件下,表层土壤将释放0.917 Tg 碳,如果今后人类不加以改造,宏观上松嫩平原将长期处于碳“源”,仅有局部存在一定面积的碳“汇”。

### 参考文献(References):

- [1] Houghton R A. Balancing the global carbon budget[J]. Annual Review of Earth and Planetary Sciences, 2007, (35): 313-347.
- [2] Lal R. Soil carbon sequestration to mitigate climate change[J]. Geoderma, 2004, 123: 1-22.
- [3] 李克让, 王绍强, 曹明奎. 中国植被和土壤碳贮量[J]. 中国科学, 2003, 33(1): 72-80.  
Li Kerang, Wang Shaoqiang, Cao Mingkui. Plants and soil carbon storage in China [J]. Science in China, 2003, 33(1): 72-80(in Chinese).
- [4] West T O, Gregg M, Anthony W K, et al. Carbon management response curves: Estimates of temporal soil carbon dynamics[J]. Environmental Management, 2003, 33(4): 507-518.
- [5] West T O. Considering the influence of sequestration duration and carbon saturation on estimates of soil carbon capacity [J]. Climatic Change, 2007, 80: 25-41.
- [6] West T O, Post W M. Soil organic carbon sequestration by tillage and crop rotation [J]. Soil Science Society of America Journal, 2002, 66: 1930-1946.
- [7] Yan Huimin, Cao Mingkui, Liu Jiyuan, et al. Potential and sustainability for carbon sequestration with improved soil management in agricultural soils of China [J]. Agriculture, Ecosystems and Environment, 2007, 121(4): 325-335.
- [8] 韩冰, 王效科, 欧阳志云. 中国农田生态系统土壤碳库的饱和水平及其固碳潜力[J]. 农村生态环境, 2005, 12(4): 6-11.  
Han Bing, Wang Xiaoke, Ouyang Zhiyun. Saturation levels and carbon sequestration potentials of soil carbon pools in farmland ecosystems of China[J]. Rural Eco-environment, 2005, 12(4): 6-11 (in Chinese with English abstract).
- [9] West T O, Gregg M. A synthesis of carbon sequestration, carbon emissions, and net carbon flux in agriculture: Comparing tillage practices in the United States[J]. Agriculture Ecosystems and Environment, 2002, 91(1/3): 217-232.
- [10] 方精云, 郭兆迪, 朴世龙, 等. 1981—2000年中国陆地植被碳汇的估算[J]. 中国科学(D辑), 2007, 37(6): 804-812.  
Fang Jingyun, Guo Zhaodi, Piao Shilong, et al. Estimating of carbon sink of terrestrial vegetation in China from 1981 to 2000[J]. Science in China (Series D), 2007, 37 (6): 804-812(in Chinese).
- [11] 潘根兴. 中国土壤有机碳和无机碳库量研究[J]. 科技通报, 1999, 15(5): 330-332.  
Pan Genxing. Study on Carbon Reservoir in Soils of China [J]. Bulletin of Science and Technology, 1999, 15(5): 330-332(in Chinese).
- [12] 王绍强, 刘纪远, 于贵瑞. 中国陆地土壤有机碳蓄积量估算误差分析[J]. 应用生态学报, 2003, 14(5): 797-802.  
Wang Shaoqiang, Liu Jiyuan, Yu Guirui. Error analysis of estimating terrestrial soil organic carbon storage in China[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2003, 14(5): 797-802(in Chinese with English abstract).
- [13] 解宪丽, 孙波, 周慧珍, 等. 中国土壤有机碳密度和储量的估算与空间分布分析[J]. 土壤学报, 2004, 41(1): 35-43.  
Xie Xianli, Sun Bo, Zhou Huizhen, et al. Organic carbon density and storage in soils of China and spatial analysis[J]. Acta Pedologica Sinica, 2004, 41(1): 35-43(in Chinese with English abstract).
- [14] Wu H B, Guo Z T, Peng C H. Land use induced changes of organic carbon storage in soils of China[J]. Global Change Biology, 2003, 9(3): 305-315.

- [15] 于东升, 史学正, 孙维侠, 等. 基于1:100万土壤数据库的中国土壤有机碳密度及储量研究[J]. 应用生态学报, 2005, 16(12): 2279–2283.  
Yu Dongsheng, Shi Xuezheng, Sun Weixia, et al. Estimation of China soil organic carbon storage and density based on 1:1000000 soil database[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2005, 16(12): 2279–2283(in Chinese with English abstract).
- [16] 方华军, 杨学明, 张晓平. 东北黑土有机碳储量及其对大气CO<sub>2</sub>的贡献[J]. 水土保持学报, 2003, 3: 9–12.  
Fang Hua jun, Yang Xueming, Zhang Xiaoping. Organic carbon stock of black soils in northeast China and its contribution to atmospheric CO<sub>2</sub>[J]. Journal of Soil Water Conservation, 2003, 3: 9–12(in Chinese with English abstract).
- [17] 张秀芝, 赵相雷, 李宏亮, 等. 河北平原土壤有机碳储量及固碳机制研究[J]. 地学前缘, 2011, 18(6): 41–55.  
Zhang Xiuzhi, Zhao Xianglei, Li Hongliang, et al. Research on organic carbon storage and sequestration mechanism of soils in the Hebei Plain[J]. Earth Science Frontiers, 2011, 18(6): 41–55 (in Chinese with English abstract).
- [18] 黄耀, 孙文娟. 近20年来中国大陆农田表土有机碳含量的变化趋势[J]. 科学通报, 2006, 51(7): 750–763.  
Huang Yao, Sun Wenjuan. Variation tendency in topsoil organic carbon changes of China's cropland in recent 20 years[J]. Chinese Science Bulletin, 2006, 51(7): 750–763(in Chinese).

## The estimation of soil carbon sequestration potential in southern Songnen plain

LIU Guo-dong<sup>1</sup>, LI Ying<sup>1</sup>, ZHANG Li<sup>1</sup>, CUI Yu-jun<sup>1</sup>, YANG Ke<sup>2</sup>, LIU Ying-han<sup>2</sup>

(1. Heilongjiang Academy of Geological Survey, Harbin 150036, Heilongjiang, China; 2. Institute of Geophysical and Geochemical Exploration, Chinese Academy of Geological Sciences, Langfang 065000, Hebei, China)

**Abstract:** The improvement of soil capacity of carbon sequestration has great significance for reducing global greenhouse effect. Using two phases' data of organic carbon in surface soil in second soil survey and multi-purpose regional geochemical survey in south Songnen plain and employing variation tendency of organic carbon content in soil in different soil types and land uses in the past 20 years, the authors estimated soil carbon sourcing and gathering potential in different soil types and different land uses in south Songnen plain. The results show that, if the current land use, climate conditions, tillage, and planting technique are fixed, the carbon sequestration potential of soil in the depth of 0–20 cm of cultivated land in Songnen plain is  $-1.229$  Tg C, and the carbon sequestration potential of soil in forestry land is positive in Songnen plain. The data obtained show that the forestry land is a carbon storage area, whose total carbon sequestration potential is  $3.169$  Tg C, whereas in natural pasture, the data of carbon sequestration potential adds up to  $-2.235$  Tg C, and the values are mostly negative, indicating a carbon resource area. It is estimated that the carbon sequestration potential of Songnen plain is totally  $-0.917$  Tg C.

**Key words:** soil carbon pool; Songnen plain; carbon source; carbon gathering; organic carbon

**About the first author:** LIU Guo-dong, male, born in 1983, master, mainly engages in the study of ecological geochemistry; E-mail: hljlgd@qq.com.