

# 河岸带不同植被类型对土壤有机碳和 全氮分布特征的影响\*

——以北京地区温榆河为例

郭二辉<sup>1,2</sup> 孙然好<sup>1</sup> 陈利顶<sup>1\*\*</sup> 王赵明<sup>1,2</sup> 肖 峻<sup>1,2</sup> 时 鹏<sup>1,2</sup>

(1. 中国科学院生态环境研究中心 城市与区域生态国家重点实验室 北京 100085; 2. 中国科学院研究生院 北京 100049)

**摘 要** 河岸带生态系统是河流生态系统和陆地生态系统之间的生态交错带,也是一个敏感和脆弱的生态区域。由于受河道周边人类活动的干扰,河岸带生态系统的植被类型发生了巨大变化。本文以北京市地区的温榆河为研究对象,分析了河岸带 7 种植被类型对土壤有机碳和全氮含量及其空间分布特征的影响。结果表明:(1)河岸带不同植被类型对土壤有机碳和全氮的影响主要表现在表层土壤,尤其是 0~5 cm 土层,而对 5 cm 以下土层的影响相对较小。(2)河岸带不同植被类型土壤全氮和有机碳含量的空间分布特征具有显著差异。随着土层深度增加,土壤全氮和有机碳整体上呈下降趋势,但不同植被类型的垂直变化规律有较大差异,如自然草地、退耕撂荒地和林地的土壤有机碳、全氮含量随土层深度加深而降低的速率明显高于农田生态系统。(3)在 0~30 cm 土壤剖面上,土壤有机碳平均含量从高到低依次为杨树林( $9.54 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ )、自然荒草地( $9.33 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ )、梨树果园( $9.18 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ )、火炬树林地( $8.89 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ )、退耕撂荒地( $7.91 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ )、玉米地( $7.22 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ )和黄豆地( $7.17 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ );土壤全氮的平均含量从高到低依次为自然荒草地( $1.30 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ )、杨树林( $0.91 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ )、梨树果园( $0.90 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ )、火炬树林地( $0.83 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ )、退耕撂荒地( $0.80 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ )、玉米地( $0.72 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ )和黄豆地( $0.70 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ )。

**关键词** 河岸带 植被类型 人类干扰 土壤有机碳 土壤全氮

中图分类号: S181 文献标识码: A 文章编号: 1671-3990(2012)10-1315-07

## Effects of riparian vegetation on soil organic carbon and total nitrogen distribution — a case study of Wenyu River, Beijing

GUO Er-Hui<sup>1,2</sup>, SUN Ran-Hao<sup>1</sup>, CHEN Li-Ding<sup>1</sup>, WANG Zhao-Ming<sup>1,2</sup>, XIAO Jun<sup>1,2</sup>, SHI Peng<sup>1,2</sup>

(1. State Key Laboratory of Urban and Regional Ecology; Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085, China; 2. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

**Abstract** Riparian ecosystem is an ecological ecotone that occurs between river and terrestrial ecosystems. Riparian ecosystems are normally sensitive and vulnerable ecological niches. There are vast changes in riparian vegetation systems due to human disturbances of river systems. Thus this study analyzed the effects of 7 riparian vegetation systems on the contents and spatial distributions of soil organic carbon and total nitrogen in Wenyu River in Beijing. The results showed that riparian vegetation mainly affected soil organic carbon and total nitrogen in the surface soil layer, especially in the 0~5 cm soil layer, with relatively minimal effect on below the 5 cm soil layer. The impact of vegetation on the content and distribution of soil total nitrogen and organic carbon was significant. While soil total nitrogen and organic carbon decreased with increasing soil depth, vertical variations among the 7 vegetation systems were different. The rate of decrease in soil organic carbon and total nitrogen with soil depth was significantly higher under natural grasslands, abandoned farmlands and forests than under farmland ecosystems. In the 0~30 cm soil profile, the

\* 国家水体污染控制与治理科技重大专项(2008ZX07526-002-02)、国家杰出青年基金项目(40925003)和城市与区域生态国家重点实验室自主项目(SKLURE2008-1-02)资助

\*\* 通讯作者: 陈利顶(1965—), 男, 博士, 研究员, 主要研究方向为景观生态学和区域生态安全及可持续发展。E-mail: liding@rcees.ac.cn  
郭二辉(1984—), 男, 博士研究生, 主要研究方向为景观生态规划。E-mail: guoerhui@126.com

收稿日期: 2011-10-31 接受日期: 2012-05-09

average content of soil organic carbon was highest under *Populus simonii* forestland ( $9.54 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ), followed by natural grassland ( $9.33 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ), pear orchard ( $9.18 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ), *Rhus typhina* forestland ( $8.89 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ), abandoned farmlands ( $7.91 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ), corn field ( $7.22 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) and then soybean field ( $7.17 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ). Also the average soil total nitrogen was highest under natural grassland ( $1.30 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ), followed by *P. simonii* forestland ( $0.91 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ), pear orchard ( $0.90 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ), *R. typhina* forestland ( $0.83 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ), abandoned farmlands ( $0.80 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ), corn field ( $0.72 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) and then soybean field ( $0.70 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ).

**Key words** Riparian ecosystem, Vegetation system, Human disturbance, Soil organic carbon, Soil total nitrogen

(Received Oct. 31, 2011; accepted May 9, 2012)

河岸带是河流生态系统和陆地生态系统之间的生态交错带,由相邻的水陆两个生态系统相互作用而成,具有明显的边缘效应。河岸带生态系统也是一个敏感和脆弱的生态区域<sup>[1-3]</sup>。由于我国人口众多、社会经济发展迅速,特别是近年来强烈的人类活动干扰如河岸区域土地利用及植被覆盖变化,使得河岸带的碳氮等元素的生物循环过程发生了严重退化。土壤有机碳(SOC)和全氮(TN)是反映河岸带土壤质量的重要指标,也是反映河岸带生态结构及生态过程变化的一个重要因素<sup>[4-5]</sup>。同时土壤有机碳的分解将可能显著影响大气中的 $\text{CO}_2$ 浓度,因而土壤有机碳的变异规律和环境效应也是当前全球气候变化研究中的热点问题之一<sup>[6-9]</sup>。

有关研究表明土壤有机碳和全氮含量的大小受气候、海拔、植被类型、土壤性质和人为管理措施等诸多因素的影响,其中人类活动干扰引起的土地利用与管理方式的变化对土壤有机碳和全氮含量、分布特征都具有重要影响,也是目前陆地生态系统土壤碳氮循环方面研究的热点和重点内容<sup>[10-14]</sup>。目前的研究多集中于森林、草原或农田生态系统,河岸带等水陆交错区土壤碳氮的空间变异特征也是全球碳氮循环的一个重要组成部分,但是对于河岸带生态系统的研究则相对较少,对于大城市周边河流的河岸带土壤有机碳、全氮变异规律及其影响因素的研究更是鲜见<sup>[5-6,13]</sup>。河岸带生态系统具有面积小、水分多,丰富的碳氮源、距离河流近等特点,也是碳氮循环过程相对比较复杂和敏感的区域<sup>[15-17]</sup>。河岸带的植被类型变化如林地砍伐会对土壤碳氮动态以及河流水质产生很大影响,在阿巴拉契亚山脉南部区域的研究表明,河岸带森林的砍伐显著提高了土壤和河流中的硝酸盐浓度,危害了河流健康<sup>[10,18]</sup>。而河岸区域的自然植被如林地和草地可以有效固定和截留土壤的碳氮等营养物质,有利于提高河流的水质和缓解全球温室效应<sup>[19]</sup>。本研究以北京市地区温榆河流域的河岸带为研究对象,分析了河岸带不同植被类型和人类活动干扰对土壤有机碳、土壤全氮含量及其空间分布特征的影响,研究结果对于揭示我国高度城市化区域的河岸带土地利用变化对土壤碳氮变异规律和循环过程的影响具有重要意义,也可

为脆弱区域生态系统的保护、退化河岸带生态系统的恢复重建提供依据和参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区域概况

温榆河又称北京市的“母亲河”,位于北京市北部,属于北运河水系,是北京市五大水系中惟一发源于境内且常年有水的河流。温榆河流经北京市的昌平、海淀、顺义、朝阳和通州5个区,在通州北关的拦河闸流入北运河。温榆河全长约47.5 km,流域面积2 478  $\text{km}^2$ 。温榆河流域属典型暖温带半湿润大陆性季风气候,夏季高温多雨,冬季寒冷干燥,春、秋短促,降水季节分配很不均匀,全年80%的降水集中在夏季的6、7、8月份。随着温榆河沿岸社会经济的迅速发展和城市化进程加快,河岸带的土地利用受到人类活动的极大干扰,使得河岸区域的生态系统结构和功能发生严重退化,对河流生态系统健康以及区域可持续发展造成严重威胁。

### 1.2 样品采集与测定

#### 1.2.1 取样方法

根据前期资料收集和野外现场调查,本试验选取了7个类型的河岸生态系统样带(每个样带设3次重复),样带从河流沿岸以垂直于河岸线方向设置,每条样带宽30 m,河边到河漫滩长约60~90 m左右,并根据距离河流水体的远近,从近水体到远离水体地带设置调查和采样样方,采样间距为10 m,每个样带的样方数为6~9个。每个草本植被调查样方为 $1 \text{ m}\times 1 \text{ m}$ ,木本植被调查样方为 $10 \text{ m}\times 10 \text{ m}$ 。在样方内采集土壤,利用调查表记录采样点的环境状况。在每个样方内用土钻按照0~5 cm、5~10 cm、10~20 cm、20~30 cm进行分层采样,采用5点混合的方式采集混合样,同一样方内同层的5个样品均匀混合为1个样,共采集混合土样200个。室外植被调查和土壤样品采集在2010年8—9月份进行,试验样地基本情况见表1。

#### 1.2.2 测定方法

土样带回实验室,置于通风、阴凉、干燥的室内风干,以四分法取样并过2 mm筛,移出砾石和根系,之后再过100目筛备用。土壤有机碳(SOC)质量

表1 试验样地基本情况  
Table 1 General features of the sampling sites in this study

植被类型 Vegetation type	样地数 Number of plots	经纬度 Longitude and latitude	海拔 Altitude (m)	样地情况描述 Descriptions of experimental plots
黄豆地 Soybean field	9	40°0.612'N 116°37.120'E	24	黄豆高0.7 m左右, 盖度为98%, 没有施化肥。每年犁地、耙地各1次。The coverage of soybean field is 98%, soybean plant average height is 0.7 m. No fertilizer. The field was ploughed and harrowed once each year.
玉米地 Corn field	7	40°1.690'N 116°34.052'E	24	盖度为98%左右, 施加碳铵(NH <sub>4</sub> HCO <sub>3</sub> )肥料。每年犁地、耙地各1次。The coverage of corn field is 98%. NH <sub>4</sub> HCO <sub>3</sub> was used in the field. The field was ploughed and harrowed once each year.
梨树果园 Pear orchard	8	40°4.274'N 116°30.889'E	15	平均高2.5 m, 平均胸径为10.5 cm, 郁闭度为0.65, 密度为900 株·hm <sup>-2</sup> , 梨树下层种植花生和红薯, 土壤施加有牛粪、鸡粪等有机肥料。人工锄草每年2次。Pear average height is 2.5 m, crown density is 0.65, and average DBH is 10.5 cm. Planting density of pear is 900 plants·hm <sup>-2</sup> . Cow and chicken manures were applied in field. Peanuts and sweet potato were planted under pear. The field was artificially weeded twice each year.
火炬树林 <i>R. typhina</i> forestland	6	40°6.125'N 116°29.191'E	20	退耕7年左右的火炬树林地, 火炬树平均高度7.5 m, 木本层郁闭度0.70, 平均胸径12.5 cm, 密度2 000 株·hm <sup>-2</sup> , 林下植被有马唐( <i>Digitaria sanguinalis</i> )、狗尾草( <i>Setaria viridis</i> )和绿穗苋( <i>Amaranthus hybridus</i> )等草本植物。 <i>R. typhina</i> forestland converted from an abandoned 7-year-old cropland. <i>R. typhina</i> average height is 7.5 m, crown density is 0.70, average DBH is 12.5 cm. Planting density of <i>R. typhina</i> is 2 000 plants·hm <sup>-2</sup> . The grasses under <i>R. typhina</i> are <i>Digitaria sanguinalis</i> , <i>Setaria viridis</i> and <i>Amaranthus hybridus</i> .
杨树林 <i>P. simonii</i> forestland	6	40°5.431'N 116°29.129'E	22	退耕7年左右的杨树林地, 杨树平均高11.5 m, 木本层郁闭度为0.85, 平均胸径13.5 cm, 密度为3 000 株·hm <sup>-2</sup> , 林下有少许牛筋草( <i>Eleusine indica</i> )、猪毛蒿( <i>Artemisia scoparia</i> )、野艾蒿( <i>A. lavandulifolia</i> )等草本植物。 <i>P. simonii</i> forestland converted from an abandoned 7-year-old cropland. <i>P. simonii</i> average height is 11.5 m, crown density is 0.85, and average DBH is 13.5 cm. Planting density of <i>P. simonii</i> is 3 000 plants·hm <sup>-2</sup> . The grasses under <i>P. simonii</i> are <i>Eleusine indica</i> , <i>Artemisia scoparia</i> and <i>A. lavandulifolia</i> .
退耕撂荒地 Abandoned farmland	7	40°5.246'N 116°29.122'E	30	退耕7~8年左右的撂荒草地, 盖度96%, 优势种有猪毛菜( <i>Salsola collina</i> )、猪毛蒿( <i>A. scoparia</i> )、马唐( <i>D. sanguinalis</i> )、牛筋草( <i>E. indica</i> )、蒺藜( <i>Tribulus terrestris</i> )等。The grassland converted from an abandoned 7 or 8-year-old cropland. The coverage is 96%, and the dominant species of grass are <i>Salsola collina</i> , <i>A. scoparia</i> , <i>D. sanguinalis</i> , <i>E. indica</i> , and <i>Tribulus terrestris</i> .
自然草地 Natural grassland	7	39°56.186'N 116°38.430'E	24	盖度为98%, 主要草本植物为马唐( <i>D. sanguinalis</i> )、灰绿藜( <i>Chenopodium glaucum</i> )、绿穗苋( <i>A. hybridus</i> )、狗尾草( <i>S. viridis</i> )、地肤( <i>Kochia scoparia</i> )等。The coverage is 98%, and the dominant species of grass are <i>D. sanguinalis</i> , <i>Chenopodium glaucum</i> , <i>A. hybridus</i> , <i>S. viridis</i> , and <i>Kochia scoparia</i> .

分数采用重铬酸钾氧化-外加热法测定, 土壤全氮(TN)用Vario EL 型元素分析仪测定。

1.3 数据处理

采用 Excel 2010 和 SPSS 17.0 软件进行数据处理。采用单因素方差分析(ANOVA)方法检验在  $P=0.05$  显著水平上各试验处理间的差异, 如差异显著, 采用 LSD 法在  $P=0.05$  显著水平上进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 河岸带不同植被类型对土壤有机碳含量的影响

土壤有机碳是衡量土壤质量的一个重要指标, 也是陆地生态系统碳库的重要组成部分。由表 2 可知, 温榆河河岸带不同植被类型对土壤有机碳含量和分布特征都有重要影响。在 0~5 cm 表层土壤, 杨树林的有机碳含量最高, 其次为自然草地、退耕撂荒地、火炬树林地和梨树果园, 农田如玉米地和黄

豆地的表层有机碳含量最低。河岸林地、草地与玉米、黄豆地相比, 0~5 cm 土层的土壤有机碳含量均显著增加。但 5~10 cm、10~20 cm 和 20~30 cm 土层, 不同植被类型间的土壤有机碳含量变化较为复杂, 不同植被类型间的差异也没有 0~5 cm 土层明显。这表明河岸带不同植被类型对土壤有机碳含量的影响主要发生在土壤表层, 尤其是在 0~5 cm 土层。有关研究表明林地、果园等树木根系分布较深, 可为下层土壤提供大量有机物质, 因而深层土壤有机碳含量也较高<sup>[9,20]</sup>, 但本研究发现农田退耕还林后对 10~30 cm 土层的土壤有机碳含量没有明显增加效应, 这可能与植被恢复的时间以及林地的种植密度有关。

河岸自然草地和退耕撂荒地表层土壤有机碳含量较高的原因主要是草本植物种类多、分布广泛、盖度较高, 同时草本植物也具有致密的浅层根系, 可以富集土壤养分, 从而提高土壤有机碳含量。相

表2 河岸带不同植被类型对土壤有机碳含量及分布的影响  
Table 2 Effects of riparian vegetation types on the content and distribution of soil organic carbon  $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$

植被类型 Vegetation type	样地数 Plots number	剖面土层深度 Soil profile depth (cm)			
		0~5	5~10	10~20	20~30
黄豆地 Soybean field	9	7.59±1.57aA	7.59±1.30abA	7.63±1.22cA	5.88±1.75bB
玉米地 Corn field	7	8.12±1.73aA	8.08±2.00abA	7.32±1.37cA	5.34±0.82abB
梨树果园 Pear orchard	8	12.60±2.79bA	11.15±1.99cA	8.01±1.10cB	4.98±1.15abC
火炬树林 <i>R. typhina</i> forestland	6	14.03±2.99bcA	8.84±0.61abcB	7.11±1.19bcBC	5.58±1.14abC
杨树林 <i>P. simonii</i> forestland	6	18.24±6.83cA	8.99±2.27abcB	6.52±0.75bcBC	4.42±0.54aC
退耕撂荒地 Abandoned farmland	7	14.90±3.70bcA	6.80±1.26aB	5.65±1.53bBC	4.27±0.89aC
自然草地 Natural grassland	7	17.60±4.42cA	9.95±5.20bcB	4.41±2.11aC	5.36±2.06abC

同行不同大写字母表示不同土层间具有显著性差异, 同列不同小写字母表示不同植被类型间具有显著性差异。Different capital letters in the same line indicate significant difference among different soil profile depth at 0.05 level; Different lowercase letters in the same column indicate significant difference among different land use types at 0.05 level. 下同 The same below.

关研究也表明, 土地开垦为农田会显著降低表层土壤有机碳含量, 这主要是因为人为耕作活动如翻耕、耙地等扰动使农田土壤的有机质暴露, 加速其分解过程, 同时耕作过程也增强了土壤透气性、增加了土壤微生物数量和活性, 进一步提高了土壤有机质的降解速度, 使土壤有机碳含量降低<sup>[21]</sup>。史利江等<sup>[13]</sup>在上海市的研究也发现农田耕作扰动会造成土壤表层有机碳的分解和损失。还有研究表明, 表层土壤有机碳含量较高不仅与植被根系的分布情况有关, 而且与凋落物也密切相关<sup>[22]</sup>。植被枯落物是表层土壤有机碳的重要来源, 河岸的林地和草地生态系统受人类活动干扰相对较小, 每年秋季植被的枯枝落叶能正常归还土壤, 维持了生态系统的碳氮循环过程, 而农田生态系统由于农作物收割和土壤侵蚀, 在一定程度上也造成了进入农田土壤有机物质的降低。王淑芳等<sup>[23]</sup>在密云水库上游流域对不同林分的研究也说明, 土壤有机碳含量随土地利用强度和人类活动干扰的增加而呈现逐步降低的趋势。本试验结果还表明, 梨树果园 0~5 cm 和 5~10 cm 土层的土壤有机碳含量显著高于玉米地和黄豆地, 说明果园土壤具有有机碳表层富集作用, 这主要与人为管理措施的差异有关。在样地现场调查中发现, 农民在大豆地和玉米地基本不施加有机肥, 而在梨树果园施牛粪、鸡粪等有机肥料, 在增加果园土地经济效益的同时, 也提高了表层土壤的有机碳含量。张心昱等<sup>[24]</sup>在北京市延庆盆地的研究也得到了相似的结果。

## 2.2 河岸带不同植被类型下土壤有机碳的垂直分布特征

试验结果表明, 随着土层深度增加, 土壤有机碳含量整体上呈现降低趋势, 但不同植被类型对土壤有机碳剖面分布的影响存在明显差异。对于林地和草地生态类型, 随着土层深度的增加, 土壤有机

碳含量在0~5 cm和5~10 cm变化较为迅速, 出现显著降低, 如自然草地、退耕撂荒地、杨树林和火炬树林的0~5 cm土壤有机碳含量分别是5~10 cm的1.77倍、2.19倍、2.03倍和1.59倍。河岸的火炬树、杨树林和退耕撂荒地土壤有机碳含量在5~10 cm和10~20 cm以及10~20 cm和20~30 cm土层之间均无显著变化, 呈现出比较缓慢的下降趋势, 但是5~10 cm和20~30 cm之间存在显著降低(表2)。而农田类型如黄豆地和玉米地在0~5 cm、5~10 cm、10~20 cm土层之间基本无显著变化, 梨树果园在0~5 cm和5~10 cm土层之间也不存在显著性差异, 这主要是由于农业耕作措施如农田的翻耕、果园的锄草等破坏了土层自然结构造成的。张容娟等<sup>[25]</sup>在上海市崇明岛东端滩涂附近前哨农场的研究也表明, 农田土壤0~5 cm、5~10 cm、10~20 cm土层中土壤有机碳和微生物生物量碳含量均无显著性差异。本研究还表明, 自然草地、退耕撂荒地、杨树林和火炬树林地的土壤有机碳含量随土层深度增加而降低的速率明显高于农田生态系统, 这与史利江等<sup>[13]</sup>在上海市的研究具有相同规律。曾宏达等<sup>[15]</sup>在福州市区沿江地段的研究也表明, 沿江区域3种土地覆被类型(芦苇湿地、草坪和人工片林)的土壤有机碳含量均表现为在土壤表层富集并向下层递减的趋势。总之有机碳含量在土壤剖面上的垂直分布特征受到植被类型和管理措施等综合因素的影响。

土壤有机碳是评价土壤质量的重要指标之一, 也是植物所需养分和土壤微生物生命活动的能量来源, 提高土壤有机碳含量可以改善土壤的物理、化学性质和生物学性状, 还可以降低大气碳库中碳的含量, 有利于降低温室效应的影响<sup>[26-27]</sup>。本研究表明在河岸带生态系统类型中0~30 cm土壤有机碳平均含量为: 杨树林( $9.54 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ )、自然荒草地( $9.33 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ )、梨树果园( $9.18 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ )、火炬树林地( $8.89$

$\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ )、退耕撂荒地( $7.91\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ )、玉米地( $7.22\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ )、黄豆地( $7.17\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ )。杨刚等<sup>[28]</sup>在洞庭湖区的研究也表明了种植杨树后,由于杨树具有较高的生产力、凋落物多且分解周期相对较长,因而有助于土壤有机质积累。本研究也发现,在北京温榆河河岸带7种植被类型中杨树林的0~30 cm土层土壤平均有机碳含量最高。梨树果园的土壤有机碳含量较高,这与农业管理措施有很大关系,也表明加强对农业生态系统类型的管理和维护,如适量施加有机肥料也是提高土壤有机碳含量的一个有效途径,但同时也要采取有效生态措施,以防止果园生态系统表层土壤的侵蚀。

### 2.3 河岸带不同植被类型对土壤全氮含量和空间分布特征的影响

土地利用方式的改变和管理措施的异质性也是影响土壤全氮含量和分布的重要因素。对于0~5 cm的表层土壤,土壤全氮含量从大到小依次为:自然草地、杨树林、退耕撂荒地、梨树果园、火炬树林、玉米地和黄豆地。河岸的林地、草地以及梨树果园与玉米、黄豆地相比,0~5 cm土层的土壤全氮含量均有显著增加,但在5~10 cm、10~20 cm和20~30 cm土层不同植被类型之间的土壤全氮含量差异没有0~5 cm土层明显(表3)。在20~30 cm土层,7种植被类型下土壤全氮均不存在显著差异。本试验结果发现,自然草地类型表层0~5 cm土壤全氮含量为 $3.09\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,显著高于其他6种河岸带植被类型,这可能与自然草地所在的位置有密切关系。自然草地样带位于温榆河通州北关拦河闸附近,河流水位相对较高,河岸带土壤与河流水体存在明显的水土交换过程,有关研究也表明温榆河水体全氮含量较高,存在明显的富营养化现象<sup>[29]</sup>。还有研究表明短周期的干湿交替有利于湿地有机质的分解作用<sup>[30-31]</sup>,这也是造成自然草地表层0~5 cm土层全氮含量明显偏高的原因之一,但还有待于今后进行长期的动态监测和深入研究。

由表3可见,随着土层深度的增加,土壤全氮总体上呈现下降趋势,但不同植被类型下土壤全氮变化幅度存在差异。对于农田如玉米地和黄豆地,0~20 cm各土层土壤的全氮基本相同,而在20~30 cm全氮迅速降低,表明农田生态系统土壤全氮的垂直分层规律与有机碳的变化具有协同性。玉米地和黄豆地0~20 cm全氮并没有明显变化的主要原因也是由于农业的耕作措施,如人工施肥、翻耕等使得表层0~20 cm土壤变得均一化,破坏了自然土层结构。梨树果园在0~5 cm和5~10 cm土层的土壤全氮也不存在明显差异,这也与人类活动的干扰有密切关系。而对于火炬树林、杨树林、退耕撂荒地和自然草地,5~10 cm土层土壤全氮与0~5 cm土层相比,均显著降低。本研究表明在河岸带生态系统类型中0~30 cm土壤全氮平均含量由高到低依次为自然荒地( $1.30\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ )、杨树林( $0.91\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ )、梨树果园( $0.90\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ )、火炬树林地( $0.83\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ )、退耕撂荒地( $0.80\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ )、玉米地( $0.72\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ )、黄豆地( $0.70\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ )。

河岸带位于周边陆地生态系统和河流水体之间,具有独特的地理位置和重要的生态功能。因而河岸带的植被覆盖变化不仅会对河岸土壤的碳氮含量和分布特征产生影响,而且也会威胁到河流生态系统的稳定和健康。河岸区域的林地和草地可以截留周边地表径流的氮磷等营养物质,还可以通过固定和滞留有机碳而缓解温室效应,在区域的碳氮循环过程中起着“汇”景观的作用<sup>[32-33]</sup>。但河岸林地和草地转变为农田,会使得河岸带生态系统由“汇”景观变成“源”景观类型,对区域的碳氮循环过程以及河流的水质都会造成严重生态后果。有研究表明,河岸林地砍伐或开垦为农田会加速土壤碳氮等营养物质的分解和侵蚀,增加水体硝酸盐含量,造成水体富营养化等严峻的生态问题<sup>[34]</sup>。因而应该加大对河岸林地和草地生态系统的保护,同时加强对河岸周边农田的管理和维护,防止农田土壤表层有机碳的分解和土壤氮素的侵蚀。

表3 河岸带不同植被类型对土壤全氮含量和分布特征的影响

Table 3 Effects of riparian vegetation types on the content and distribution of soil total nitrogen  $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$

植被类型 Vegetation type	样地数 Plots number	剖面土层深度 Depth of soil layer (cm)			
		0~5	5~10	10~20	20~30
黄豆地 Soybean field	9	0.73±0.12aA	0.73±0.12aA	0.75±0.14bcA	0.57±0.16aB
玉米地 Corn field	7	0.79±0.17aA	0.78±0.17aA	0.73±0.13bcAB	0.57±0.09aB
梨树果园 Pear orchard	8	1.22±0.25bA	1.07±0.20bcA	0.77±0.08cB	0.54±0.11aC
火炬树林 <i>R. typhina</i> forestland	6	1.15±0.14bA	0.85±0.04abB	0.72±0.10bcC	0.59±0.10aD
杨树林 <i>P. simonii</i> forestland	6	1.50±0.49bA	0.92±0.24abB	0.71±0.09bcBC	0.52±0.06aC
退耕撂荒地 Abandoned farmland	7	1.32±0.23bA	0.76±0.12aB	0.63±0.12bBC	0.49±0.05aC
自然草地 Natural grassland	7	3.09±0.56cA	1.23±0.41cB	0.40±0.18aC	0.49±0.18aC

### 3 结论

本文通过对北京市温榆河河岸带 7 种植被类型的土壤有机碳、全氮含量及其空间分布特征的对比研究, 获得如下结论:

(1) 河岸带的杨树林地、火炬树林地、自然草地和退耕撂荒地与玉米地、黄豆地相比, 均能有效提高 0~5 cm 土层的有机碳和全氮含量, 而对 5 cm 以下土层的有机碳和全氮含量影响则相对比较复杂。在 0~5 cm 和 5~10 cm 土层, 梨树果园的土壤有机碳和全氮含量显著高于玉米地和黄豆地, 这主要是由于果园的管理措施造成土壤有机物质输入较多造成的。

(2) 在 0~30 cm 的土壤剖面上, 随着土层深度增加, 河岸带 7 种植被类型土壤的有机碳和全氮含量整体呈现降低趋势。但自然草地、退耕撂荒地和杨树林地、火炬树林地的土壤有机碳和全氮含量随土层深度的增加而降低的速率明显高于农田生态系统, 这种差异主要是由植被类型和人类活动的干扰等综合作用形成的。河岸玉米地和黄豆地的有机碳和全氮含量在 0~5 cm、5~10 cm 和 10~20 cm 土层之间不存在显著差异, 这主要是由于农业耕作措施破坏了土层自然结构造成的。

(3) 在 0~30 cm 土壤剖面上, 土壤有机碳平均含量从高到低依次为杨树林地、自然荒草地、梨树果园、火炬树林地、退耕撂荒地、玉米地、黄豆地。在 0~30 cm 土壤剖面上, 土壤全氮含量从高到低依次为自然荒草地、杨树林地、梨树果园、火炬树林地、退耕撂荒地、玉米地、黄豆地。本研究表明, 在河岸带实施退耕还林或还草可以有效提高土壤有机碳和土壤全氮含量, 对于提高土壤质量以及缓解全球气候变化具有重要意义。同时也要加强对河岸果园、玉米地和黄豆地等农业生态系统的管理和维护, 防止其土壤表层有机碳的分解和全氮的流失。

### 参考文献

- [1] Lazdinis M, Angelstam P. Functionality of riparian forest ecotones in the context of former Soviet Union and Swedish forest management histories[J]. *Forest Policy and Economics*, 2005, 7(3): 321–332
- [2] Anbumozhi V, Radhakrishnan J, Yamaji E. Impact of riparian buffer zones on water quality and associated management considerations[J]. *Ecological Engineering*, 2005, 24(5): 517–523
- [3] Balestrini R, Arese C, Delconte C A, et al. Nitrogen removal in subsurface water by narrow buffer strips in the intensive farming landscape of the Po River watershed, Italy[J]. *Ecological Engineering*, 2011, 37(2): 148–157
- [4] 韩惠芳, 宁堂原, 李增嘉, 等. 保护性耕作和杂草管理对冬小麦农田土壤水分及有机碳的影响[J]. *应用生态学报*, 2011, 22(5): 1183–1188
- [5] 赵同谦, 张华, 徐华山, 等. 黄河湿地孟津段不同植物群落类型土壤有机质含量变化特征研究[J]. *地球科学进展*, 2008, 23(6): 638–643
- [6] Petrone R M, Chahil P, Macrae M L, et al. Spatial variability of CO<sub>2</sub> exchange for riparian and open grasslands within a first-order agricultural basin in Southern Ontario[J]. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 2008, 125(1/4): 137–147
- [7] Lal R. Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security[J]. *Science*, 2004, 304(5677): 1623–1627
- [8] 王征, 刘国彬, 许明祥. 黄土丘陵区植被恢复对深层土壤有机碳的影响[J]. *生态学报*, 2010, 30(14): 3947–3952
- [9] 武小钢, 郭晋平, 杨秀云, 等. 芦芽山典型植被土壤有机碳剖面分布特征及碳储量[J]. *生态学报*, 2011, 31(11): 3009–3019
- [10] Cabezas A, Comin F A. Carbon and nitrogen accretion in the topsoil of the Middle Ebro River Floodplains (NE Spain): Implications for their ecological restoration[J]. *Ecological Engineering*, 2010, 36(5): 640–652
- [11] 李裕元, 邵明安, 郑纪勇, 等. 黄土高原北部草地的恢复与重建对土壤有机碳的影响[J]. *生态学报*, 2007, 27(6): 2279–2287
- [12] 耿增超, 姜林, 李珊珊, 等. 祁连山中段土壤有机碳和氮素的剖面分布[J]. *应用生态学报*, 2011, 22(3): 665–672
- [13] 史利江, 郑丽波, 梅雪英, 等. 上海市不同土地利用方式下的土壤碳氮特征[J]. *应用生态学报*, 2010, 21(9): 2279–2287
- [14] Soosaar K, Mander Ü, Maddison M, et al. Dynamics of gaseous nitrogen and carbon fluxes in riparian alder forests[J]. *Ecological Engineering*, 2011, 37(1): 40–53
- [15] 曾宏达, 杜紫贤, 杨玉盛, 等. 城市沿江土地覆被变化对土壤有机碳和轻组有机碳的影响[J]. *应用生态学报*, 2010, 21(3): 701–706
- [16] 沈玉娟, 赵琦齐, 冯育青, 等. 太湖湖滨带土壤活性有机碳沿水分梯度的变化特征[J]. *生态学杂志*, 2011, 30(6): 1119–1124
- [17] 刘子刚. 湿地生态系统碳储存和温室气体排放研究[J]. *地理科学*, 2004, 24(5): 634–639
- [18] Cabezas A, Comin F A, Walling D E. Changing patterns of organic carbon and nitrogen accretion on the middle Ebro floodplain (NE Spain)[J]. *Ecological Engineering*, 2009, 35(10): 1547–1558
- [19] Hazlett P W, Gordon A M, Sibley P K, et al. Stand carbon stocks and soil carbon and nitrogen storage for riparian and upland forests of boreal lakes in northeastern Ontario[J]. *Forest Ecology and Management*, 2005, 219(1): 56–68
- [20] 刘景双, 杨继松, 于君宝, 等. 三江平原沼泽湿地土壤有机碳的垂直分布特征研究[J]. *水土保持学报*, 2003, 17(3): 5–8
- [21] 迟光宇, 王俊, 陈欣, 等. 三江平原不同土地利用方式下土壤有机碳的动态变化[J]. *土壤*, 2006, 38(6): 755–761

- [22] 王莹, 阮宏华, 黄亮亮, 等. 围湖造田不同土地利用方式土壤有机碳和易氧化碳[J]. 生态环境学报, 2010, 19(4): 913–918
- [23] 王淑芳, 王效科, 张千千, 等. 密云水库上游流域不同林分土壤有机碳分布特征[J]. 生态环境学报, 2010, 19(11): 2558–2562
- [24] 张心昱, 陈利顶, 傅伯杰, 等. 不同农业土地利用方式和管理对土壤有机碳的影响——以北京市延庆盆地为例[J]. 生态学报, 2006, 26(10): 3198–3204
- [25] 张容娟, 布乃顺, 崔军, 等. 土地利用对崇明岛围垦区土壤有机碳库和土壤呼吸的影响[J]. 生态学报, 2010, 30(24): 6698–6706
- [26] 王清奎, 汪思龙, 高洪, 等. 土地利用方式对土壤有机质的影响[J]. 生态学杂志, 2005, 24(4): 360–363
- [27] 张金波, 宋长春. 土地利用方式对土壤碳库影响的敏感性评价指标[J]. 生态环境, 2003, 12(4): 500–504
- [28] 杨刚, 谢永宏, 陈心胜, 等. 退田还湖后洞庭湖区土壤颗粒组成和化学特性的变化[J]. 生态学报, 2009, 29(12): 6392–6400
- [29] 杨丽蓉, 孙然好, 陈利顶. 流域地表水体污染过程的时空差异及其影响机制分析: 以温榆河中上游地区为例[J]. 环境科学, 2011, 32(1): 73–79
- [30] 白军红, 邓伟, 张玉霞. 莫莫格湿地土壤氮磷空间分布规律研究[J]. 水土保持学报, 2001, 15(4): 79–81
- [31] Muñoz-Leoz B, Antigüedad I, Garbisu C, et al. Nitrogen transformations and greenhouse gas emissions from a riparian wetland soil: An undisturbed soil column study[J]. Science of the Total Environment, 2011, 409(4): 763–770
- [32] Rassam D W, Fellows C S, de Hayr R, et al. The hydrology of riparian buffer zones: Two case studies in an ephemeral and a perennial stream[J]. Journal of Hydrology, 2006, 325(1/4): 308–324
- [33] Chen D J Z, MacQuarrie K T B. Numerical simulation of organic carbon, nitrate, and nitrogen isotope behavior during denitrification in a riparian zone[J]. Journal of Hydrology, 2004, 293(1/4): 235–254
- [34] Knoepp J D, Clinton B D. Riparian zones in southern Appalachian headwater catchments: Carbon and nitrogen responses to forest cutting[J]. Forest Ecology and Management, 2009, 258(10): 2282–2293

## 第十六届中国农业生态与生态农业研讨会

### (第一轮通知)

第十六届中国农业生态与生态农业研讨会初步定于2013年7月29日至8月3日在黑龙江省哈尔滨市召开。大会将对近年来国内外农业生态学领域的最新研究成果进行交流, 了解农业生态学科研究最新动态, 探讨全球变化下农业生态学面临的新问题与最新研究方法, 促进国内外农业生态学专家、学者交流与合作, 为提高我国农业生态学研究水平及学科建设服务。本次大会由中国生态学会农业生态专业委员会主办, 东北农业大学承办, 黑龙江省农垦经济研究所(农垦总局)、中国科学院东北地理与农业生态研究所、海亮集团有限公司等协办。现将有关事项通知如下:

### 1 会议主题

会议主题: 全球变化背景下的现代农业与粮食安全、食品安全及生态安全。围绕会议主题设以下专题, 开展学术交流: 粮食主产区现代农业生态理论与实践, 生态农业、有机农业与食品安全生产, 农业生物多样性保护与生物入侵, 全球变化与循环农业、低碳农业, 农业生态系统健康与区域农业生态安全, 农业生态学研究领域的新理论与新方法, 农业生态教学改革研究与实践, 有机农业产业链与有机食品。

### 2 会议时间与地点

会议时间: 2013年7月29日至2013年8月3日 会议地点: 哈尔滨市香坊区农垦大厦

### 3 会议论文征集

3.1 会议论文应是前瞻性综述, 学科现状、前沿及展望, 系统性研究成果, 原创性研究工作等。

3.2 参会者请于2013年5月10日前将论文及摘要提交会议秘书处, 会前将出版论文(摘要)集。论文摘要400字以内, 中文全文长度4~6页, 英文全文长度8~10页。作者应根据大会主题和相关专题撰写论文或论文摘要, 会议组委会将遴选优秀论文, 推荐刊登在《中国生态农业学报》等核心期刊。具体格式严格按照《中国生态农业学报》期刊要求进行撰写。

3.3 论文全文或论文摘要通过电子信箱发送至大会筹委会学术组, 无条件的作者请寄光盘和清样各一份, 稿件截止日期为2013年5月10日。

### 4 联系方式

地址: 哈尔滨市香坊区木材街59号, 东北农业大学资源与环境学院 邮编: 150030

联系人: 张璐阳(东北农业大学) 手机: 18304626679 电话: 0451-55190671 E-mail: r0613@126.com

传真: 0451-55191942

秘书处联系方式:

林瑞余(福建农林大学) 手机: 13067303760 E-mail: lrylin2004@163.com

周东兴(东北农业大学) 手机: 15945111948 电话: 0451-55190671 E-mail: zhboshi@163.com

中国生态学会农业生态专业委员会