

刘吉平, 梁晨, 赵亮. 非生长季农田中孤立湿地土壤有机质及氮的空间分布规律[J]. 江苏农业学报, 2017, 33(6): 1288-1293.
doi: 10.3969/j.issn.1000-4440.2017.06.013

非生长季农田中孤立湿地土壤有机质及氮的空间分布规律

刘吉平, 梁晨, 赵亮

(吉林师范大学旅游与地理科学学院, 吉林 四平 136000)

摘要: 为探讨农田中孤立湿地的土壤养分特征, 以自然孤立湿地为参考, 基于野外采样与室内分析对 2012 年 11 月三江平原非生长季农田中孤立湿地不同植被带土壤有机质与氮的空间分布规律进行分析。结果表明, 垂直方向上 0~60.0 cm, 土壤有机质随土壤深度增加而逐渐减少, 含量在 0.26% 至 11.06% 之间; 总氮含量除在小叶章群落中表层土壤最高, 其他群落在土壤中层最高, 含量在 1 202.2 mg/kg 至 6 139.4 mg/kg 之间; 硝态氮含量以中上层土壤较高, 氨态氮除在小叶章群落明显富集于土壤上层, 其他群落主要分布在土壤中部, 二者含量分别为 0~49.51 mg/kg 及 1.26~18.83 mg/kg。由湿地中心向边缘, 有机质、硝态氮、氨态氮平均含量及碳氮比均呈先增后减的倒“V”字型规律, 前两者最高值分别为 6.76% 与 23.2 mg/kg, 氨态氮、碳氮比最高值分别为 9.92 mg/kg 和 26.14, 总氮呈先增后减再增的“N”字型分布, 最高值为 3 417.5 mg/kg。农田中孤立湿地土壤有机质和氮的分布受水分条件、植物多样性、生物过程、季节变化及人类活动的影响, 农田中孤立湿地有机质和氮的含量及其变幅均高于自然孤立湿地。

关键词: 农田中孤立湿地; 有机质; 氮

中图分类号: S153.6 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4440(2017)06-1288-06

Spatial distribution of soil organic matter and nitrogen in soil of isolated wetland in farmland during the non-growing season

LIU Ji-ping, LIANG Chen, ZHAO Liang

(College of Tourist and Geoscience Jilin Normal University, Siping 136000, China)

Abstract: In order to discuss soil nutrient feature of isolated wetland in farmland, using natural isolated wetland as reference, spatial distribution of soil organic matter and nitrogen in soil of different vegetation zones of isolated wetland in farmland in Sanjiang Plain was analyzed based on outdoor investigation and indoor analysis during the non-growing season of November 2012. The results showed that soil organic matter content ranged from 0.26% to 11.06% and decreased with the increase of vertical depth from 0 cm to 60.0 cm. The content of total nitrogen in communities was highest in middle layer apart from that in *Calamagrostis-angustifolia* community and the content ranged from 1 202.20 mg/kg to 6 139.40 mg/kg. The content of nitrate nitrogen was higher in pelagic soil and ammonia nitrogen content of *Calamagrostis-angustifolia* community was higher in upper layer. The content of nitrate nitrogen and ammonia nitrogen ranged from 0 mg/kg to 49.51 mg/kg and from 1.26 mg/kg to 18.83 mg/kg, respectively. From center to the edge of wetland, the average content of soil organic

matter, nitrate nitrogen, ammonia nitrogen and C/N presented inverted V type, and the maximum value was 6.76%, 23.20 mg/kg, 9.92 mg/kg and 26.14, respectively. Total nitrogen content was N type and its maximum value was 3 417.50 mg/kg. Distribution of soil organic matter and nitrogen in the wetland was affected by moisture, plant diversity, bioprocess, seasonal variation and

收稿日期: 2017-05-22

基金项目: 国家自然科学基金项目(41071037), 教育部新世纪优秀人才支持计划项目(NCET-12-0730); 吉林师范大学研究生科研创新计划资助项目(研创新 201633)

作者简介: 刘吉平(1972-), 男, 山东定陶人, 博士, 教授, 主要从事湿地生态学研究。(E-mail) liujpjl@163.com

human activity. The content and amplitude of soil organic matter and nitrogen of isolated wetland in farmland were all higher than those of natural isolated wetland.

Key words: isolated wetland in farmland; soil organic matter; nitrogen

湿地土壤在碳、氮的地球生物化学循环中发挥重要作用^[1-2]。孤立湿地土壤中的土壤有机质和氮作为湿地生态系统中的重要生态因子,对湿地生态系统的初级生产力、净初级生产力以及总初级生产力影响显著^[3]。有机质是气候变化的一种敏感指示物,它能够用来指示湿地对气候变化的响应^[4];氮素则是导致江河湖海等水体发生富营养化的重要因子之一^[5]。对湿地土壤有机质与氮的空间分布规律的研究有助于了解湿地生态系统的发展与演化^[1]。

目前国内外学者已对湿地土壤以及泥炭层沉积物中的有机质及氮的空间分布规律有一定的研究^[6-11],但大多是对自然孤立湿地碳氮空间分布规律的揭示^[12-14],对在自然条件与人类活动共同影响下的农田中孤立湿地的研究很少,赵亮仅对生长季农田中孤立湿地的碳氮分布进行了研究^[15]。三江平原是中国最大的淡水湿地分布区之一,其中农田中孤立湿地是三江平原湿地的重要组成部分,与自然孤立湿地相比,其受人类活动的影响程度更高,物种多样性和环境梯度变化及土壤碳氮空间分布均具有自身特性^[3]。本试验主要研究受到人为干扰后的非生长季湿地土壤碳氮空间分布规律,并将自然孤立湿地与农田中孤立湿地对比,为农田中孤立湿地保护、恢复和可持续利用提供科学依据。

1 样地设置与研究方法

研究样地分布在三江平原农田中,地理位置为东经 134°9'48",北纬 48°11'54",形状近似椭圆,呈东北—西南走向,东北—西南向长约 257.00 m,西北—东南向宽约 141.50 m,面积约为 2.58 hm²^[15]。湿地中心向边缘,依次为漂筏苔草-芦苇群落(*Carex-pseudocuraica-Phragmites communis*)、毛果苔草群落(*Carex lasiocarpa*)、小叶章群落(*Calamagrostis angustifolia*)及大豆田(*Glycine max*),在四个样带中设立样点。选取三江平原沼泽试验站内的自然孤立湿地,其地理坐标为东经 133°30'35",北纬 47°35'11",并设立样点与农田中孤立湿地相对比,其植物群落为漂筏苔草群落、毛果苔草群落、小叶章群落,两类

孤立湿地的地形、发育历史、环境条件、样点在湿地中的相对位置均相似,分别对两种孤立湿地观测并采样,采样时间为 2012 年 11 月,土壤呈冻结状态,易采集 60 cm 深度的土样,各样点均位于样带偏中心部位。土壤采样分为表层、中层、底层 3 层进行,作为每样带样点的土壤代表,利用带衬管的原状取土器(ZL201210534424.7)在野外取 60.0 cm 深土样并带回实验室按 10 cm 或 20 cm 长度分为 4 层,将其放在不同的密封袋中编号,并进行采样深度等信息的记录。结束时,查缺补漏,确保采样准确性。漂筏苔草(样点 1)与毛果苔草(样点 2)属莎草科植物,前者多蓼科与蔷薇科植物伴生,后者多鸢尾科、龙胆科、木贼科植物伴生,土壤类型分别为泥炭土和沼泽土,小叶章(样点 3)属禾本科,常与其他多年生草本植物共生,其土壤类型为白浆土,大豆(样点 4)为豆科(图 1)。

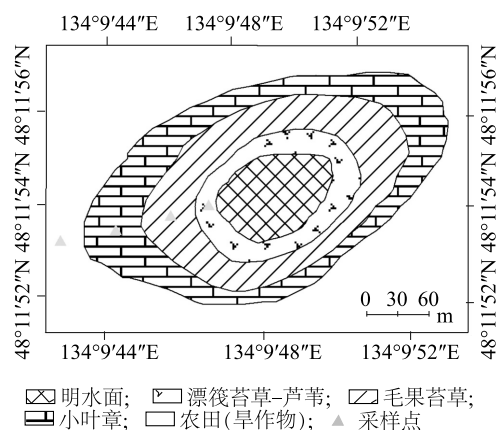


图 1 农田中孤立湿地采样点

Fig.1 Samples of isolated wetland in farmland

农田中孤立湿地垂直方向上的土壤特征具有差异。在湿地内部可分为草根层(0~10.0 cm),泥炭层(10.1~20.0 cm),过渡层(20.1~40.0 cm),白浆层或潜育层(40.1~60.0 cm);在农田中分为耕作层(0~20.0 cm)、犁底层(20.1~40.0 cm)、潜育层(40.1~60.0 cm)^[16]。

土壤有机质:选取四个样点不同深度的土样,风

干后,采用重铬酸钾-外加热法测定^[8];全氮:将风干的土样,利用半微量凯氏定氮法对土壤中的全氮含量进行测定^[17];硝态氮、氨态氮:拣出新鲜土样中的其他枯落物和根,并将其在 0~4 ℃ 保存,分别采用酚二黄比色法^[18]和 KCl 浸提-靛酚蓝比色法^[19]测定。

2 结果与分析

2.1 农田中孤立湿地土壤有机质的空间分布规律

由图 2 可知,农田中孤立湿地土壤有机质含量为 0.26%~11.06%。样点 3 与样点 4 土壤有机质含量随土壤深度的增加而降低;样点 1 和样点 2 有机质含量均呈先升后降的趋势,在 20.1~40.0 cm 土层内富集。在 40.1~60.0 cm 深度,各样点有机质含量均降到最小值。由湿地中心向边缘土壤有机质含量(0~60.0 cm 均值)分别为 1.32%、6.76%、5.86%、4.06%,呈样点 2>样点 3>样点 4>样点 1 的先增后减的倒“V”字型分布,最高值出现在毛茛群落。

受水分条件差异的影响,农田中孤立湿地土壤常年处于积水的还原环境或季节性积水的氧化还原交替环境下,土壤有机质的分布和累积状况具有一定的差异性^[20]。这主要与距湿地中心远,淹水时间短,土壤有机质容易发生释放以及植物和农作物的吸收利用有关。淹水时间长短和植物生命过程对有机质的累积与释放具有重要影响。

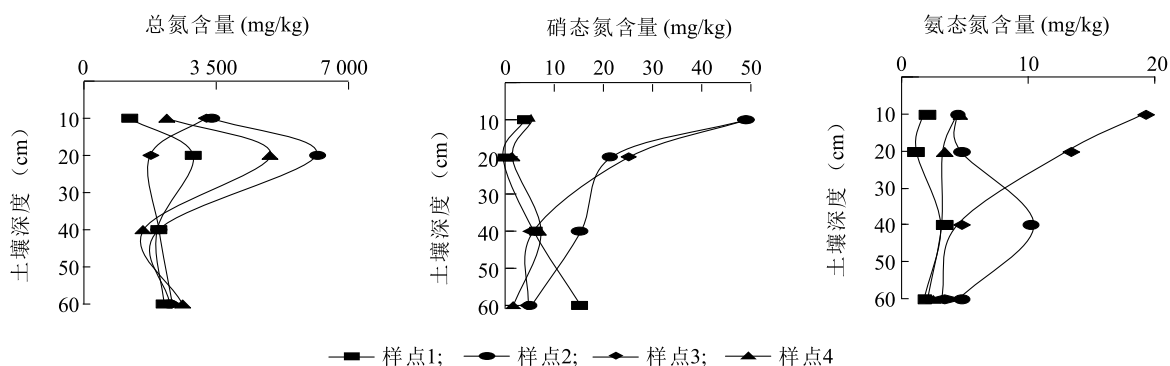


图 3 农田中孤立湿地各样点不同类型氮含量垂直分布

Fig.3 Vertical distribution of different types of nitrogen of different samples in isolated wetland in farmland

硝态氮含量在样点 2 与样点 3 内随土壤深度的增加呈不断下降趋势,且两群落的硝态氮含量均在土壤深度 0~20.0 cm 内最高,在土壤中部 20.1~40.0 cm 深度,硝态氮含量样点 2 大于其他各样点,

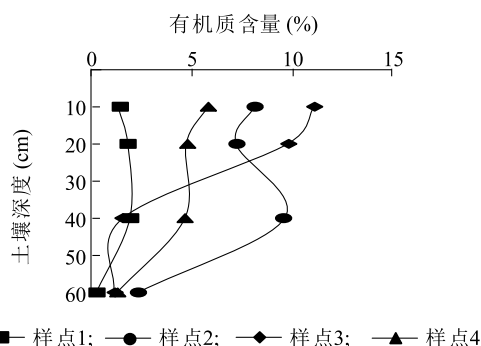


图 2 农田中孤立湿地各样点土壤有机质垂直分布

Fig.2 Vertical distribution of soil organic matter of different samples in isolated wetland in farmland

2.2 农田中孤立湿地土壤中氮的空间分布规律

由图 3 可知,三江平原农田中孤立湿地土壤中的氮可分为总氮、硝态氮、氨态氮,三者由湿地中心到农田的含量分别在 1 202.2~6 139.4 mg/kg、0~49.51 mg/kg及 1.26~18.83 mg/kg。总氮含量除样点 3 随土壤深度增加先降低后升高外,其他三个样点的分布均呈相反趋势。在土壤表层,总氮含量为样点 2>样点 3>样点 4>样点 1,其中样点 2 在 10.1~20.0 cm 深度达到所有样点最高值;在土壤中层,样点 2 与样点 4 总氮含量呈快速下降趋势,而样点 1 与样点 3 则下降幅度较缓,在 20.1~40.0 cm 深度处各样点总氮含量已相近;在土壤底层,各样点的总氮含量趋于一致。

而 0~20.0 cm 深度上,以样点 3 硝态氮含量最高,到底层降为最低。样点 1 硝态氮含量垂直分布为先减少后增加,在底层出现含量的高值。样点 4 的硝态氮分布情况呈现出先减少后增加再减少的状态,主

要富集于过渡层。

氨态氮在样点 1 与样点 2 的 0~20.0 cm 深度含量变化小,而在 20.1~40.0 cm 深度富集现象明显,呈先升高再降低的趋势,而样点 3 和样点 4 的含量在 0~60.0 cm 土层,随土壤深度的增加不断下降,在中上层二者相差较大,最终在 40.1~60.0 cm 深度趋于一致,但在农田的各层间下降幅度较小,下降率为 20%~30%,各样点底层氨氮含量均降到最低值。

由湿地中心到边缘,各样点 0~60.0 cm 总氮含量平均值呈“N”字型分布规律,硝态氮与氨态氮含量平均值呈先增加后减少的倒“V”型规律,总氮与硝态氮最高值出现在毛果苔草群落,氨态氮出现在小叶章群落,且各样点不同类型氮平均含量的离散程度为总氮>硝态氮>氨态氮,这表明 3 种氮的平均含量差距较大(表 1)。

表 1 农田中孤立湿地各样点不同类型氮平均含量空间分布 (mg/kg)

Table 1 Spatial distribution of different types of nitrogen average content of different samples in isolated wetland in farmland (mg/kg)

种类	样点 1	样点 2	样点 3	样点 4	标准差
总氮	2 014.42	3 417.57	2 280.33	2 785.91	535.18
硝态氮	6.54	23.20	21.26	4.37	8.45
氨态氮	2.04	5.88	9.92	3.40	3.00

总氮、硝态氮与氨态氮的垂直与水平分布均受到水分条件、有机氮矿化、植物的生命过程影响^[21]。植物生长过程中,需要从土壤中吸取大量的氮并储于体内,尤其是大豆,由于根瘤菌的存在,可通过固氮作用将氮集中于体内,所以总氮含量除小叶章群落外,均呈中层富集的状态,而小叶章群落在表层出现峰值可能是由于靠近农田,人工施肥流失其中所致。由湿地中心到边缘,总氮平均值为样点 2>样点 4>样点 3>样点 1。

漂筏苔草-芦苇群落土壤呈还原状态,阻碍有机氮矿化,植物对无机氮的利用导致硝态氮在土壤表层含量降低,而硝态氮的淋失使土壤深层含量上升。毛果苔草和小叶章群落硝态氮含量在 0~60.0 cm 深度内持续下降受上述因素和硝化与反硝化作用的影响,两群落的平均值为峰值与次峰值。农田此时正处于休耕季节,无机氮的输出大于输入,导致农田硝

态氮含量下降。由湿地中心向边缘,硝态氮含量为样点 2>样点 3>样点 1>样点 4。

氨态氮分布在漂筏苔草-芦苇群落与毛果苔草群落出现表层含量低及中层富集现象的因素与总氮、硝态氮相同。由于下层土体土质黏重,对氨态氮吸附性较强,且处于植物凋落期,大部分氮会转移到土壤中。小叶章群落与农田的氨态氮含量均随土壤深度的增加不断下降,农田的下降速率低于小叶章群落。由湿地中心向边缘,各群落氨态氮含量为样点 3>样点 2>样点 4>样点 1,这主要与干湿交替和人类活动有关。干湿交替通过影响土壤的氧化还原状况及微生物群落的交替来影响有机质的降解和腐殖化过程,而这些过程又影响着湿地氮素的持留能力^[22]。

2.3 农田中孤立湿地土壤中碳氮比的空间分布规律

碳氮比(C/N)在垂直方向上,除样点 3 随土壤深度的增加,先增加后减少外,其他 3 个样点均呈先减少再增加再减少的趋势。碳氮比值为 1.24~56.90,在样点 3 的 10.1~20.0 cm 出现所有群落的最大值(图 4)。各群落碳氮比平均值由湿地中心向边缘,呈样点 3>样点 2>样点 4>样点 1,呈倒“V”字型规律,在小叶章群落出现最高值,与氨态氮空间分布相同。土壤碳氮比平均值为 7~26,这表明土壤有机质腐殖化程度高,除农田外,由样点 1 到样点 3, C/N 不断增大,即由湿地中心向边缘,由于淹水时间长短不同,腐殖作用有差异。

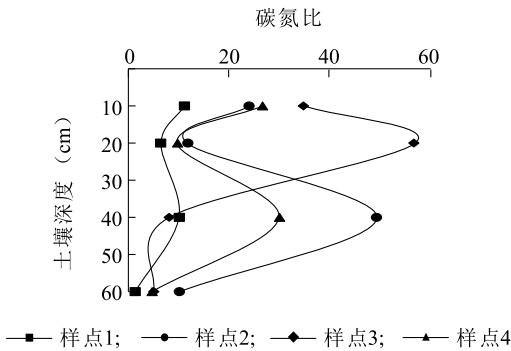


图 4 农田中孤立湿地各样点碳氮比垂直分布
Fig.4 Vertical distribution of C/N of different samples in isolated wetland in farmland

2.4 自然孤立湿地土壤中有机质、氮的空间分布规律

自然孤立湿地各样点不同层次有机质含量在

0.01%至9.31%之间,在垂直方向上,有机质含量随土壤深度的增加均呈不断下降趋势,在40.1~60.0 cm深度降至最低(图5)。由于自然条件的复杂影响,由湿地中心向边缘的有机质含量变化规律性差。

自然孤立湿地土壤总氮、硝态氮和氨态氮分别为1 887.50~3 729.50 mg/kg、0~28.38 mg/kg及1.26~18.83 mg/kg。总氮含量在自然孤立湿地土壤中呈随土层深度的增加而减少的趋势,样点2变化不甚明显;硝态氮含量除样点2差异较大外,样点1呈随土层深度的增加而降低的趋势,样点3则呈随土层深度的增加略增加的趋势;氨态氮含量呈随土层深度的增加而降低的趋势(图6)。

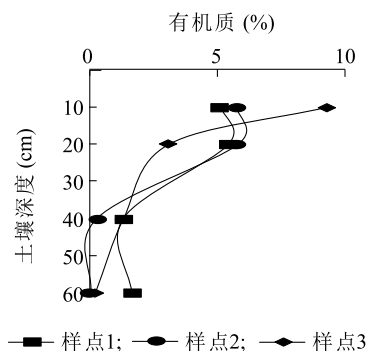


图5 自然孤立湿地土壤有机质垂直分布

Fig.5 Vertical distribution of soil organic matter in natural isolated wetland

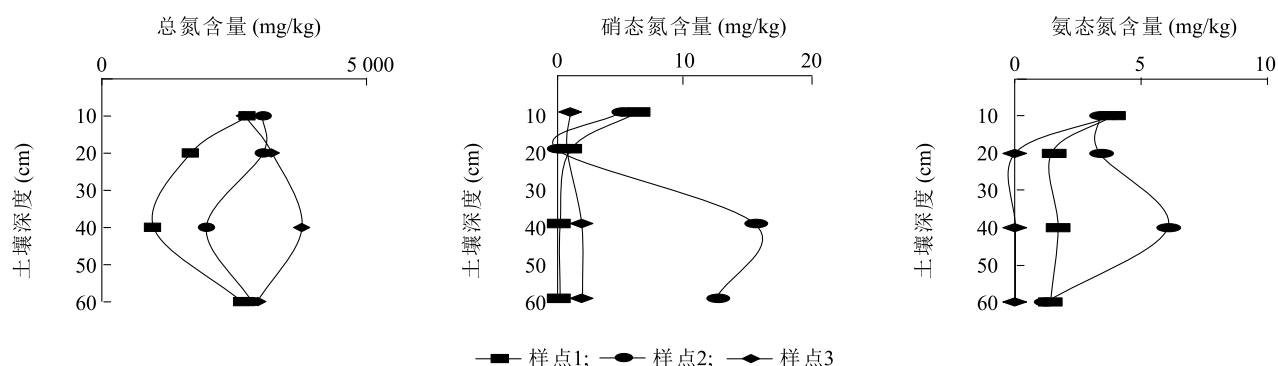


图6 自然孤立湿地各种氮含量垂直分布

Fig.6 Vertical distribution of different types of nitrogen in natural isolated wetland

3 讨论

3.1 水分与植物群落对孤立湿地有机质及氮的空间分布影响

水分条件特别是淹水条件是影响有机质与氮矿化的重要因素^[23],植物体元素的含量与其生物过程及生物多样性制约和控制着湿地土壤元素的空间分布规律^[3]。农田中孤立湿地植物群落单一,高度与总盖度减少,由湿地中心向边缘,丰富度指数和多样性指数先增后减,在毛果苔草群落达到最大值^[24]。漂筏苔草-芦苇群落水深10.1~20.0 cm,多样性指数为各群落最低,生物量也最低,所以有机质含量最低。毛果苔草群落水深0~10.0 cm,多样性指数最高,有机质与总氮、硝态氮均在该群落出现峰值与其生物量高有密切关系。小叶章群落为季节性积水或地面湿润,多样性指数仅次于毛果苔草群落,且靠近农田,受人工施肥流失影响大,因此有机质与氮含量

较高且氨态氮出现最高值,总氮出现次高峰。

3.2 季节变化对孤立湿地有机质及氮的空间分布影响

湿地土壤有机质及氮含量的季节变化特征不仅可反映出不同时期湿地土壤的养分储存、供给状况及可利用水平,而且还在一定程度上对湿地植物群落组成、湿地系统生产力以及湿地系统的稳定与健康等产生深刻影响^[25]。在非生长季,除硝态氮、氨态氮外,有机质与总氮的分布规律与生长季一致;由孤立湿地中心到边缘,非生长季,除总氮外,有机质与氨态氮、硝态氮的分布均呈先增后减的倒“V”字型分布。非生长季降水少,植被枯萎,土壤动物与微生物活动程度降低,养分多集中于根系与土壤中,这导致两季土壤碳氮的分布差异。

3.3 人类活动对孤立湿地有机质及氮的空间分布影响

农田中孤立湿地土壤有机质含量及变幅略高于

自然孤立湿地,这是因为农田中孤立湿地中土壤动物及微生物数量比自然孤立湿地多^[5],凋落物分解速度更快,导致农田中孤立湿地有机质累积量更高。

农田中孤立湿地各样点不同土层土壤总氮、硝态氮、氨态氮含量及其变幅均高于自然孤立湿地土壤,这主要与人类的施肥活动有关。

三江平原农田中孤立湿地土壤有机质与氮素的空间分布研究是基于实地采样进行的,它有助于了解土壤养分的生态功能、评价湿地的环境效应并合理利用湿地^[15]。但对影响湿地土壤碳氮空间分布因素研究不够全面和深入,今后应从湿地土壤动物、微生物及酶的角度进一步研究。

参考文献:

- [1] 陆琪,马克明,张洁瑜,等.三江平原退化湿地和农田土壤养分的比较研究[J].生态与农村环境学报,2007,23(2):23-28.
- [2] 章芳,吴梦纤,王晓亮,等.新疆玛纳斯湿地土壤细菌生理类群数量变化及其与土壤环境的相关分析[J].江苏农业科学,2015,43(8):327-332.
- [3] 刘吉平,吕宪国,杨青,等.三江平原环型湿地土壤养分的空间分布规律[J].土壤学报,2006,43(2):247-255.
- [4] 宫超,宋长春,谭稳稳,等.三江平原沼泽湿地垦殖对土壤微生物学性质影响研究[J].生态环境学报,2015,24(6):972-977.
- [5] 肖烨,黄志刚,武海涛,等.三江平原典型湿地类型土壤微生物特征与土壤养分的研究[J].环境科学,2015,36(5):1842-1848.
- [6] GRASSET C, ABRIL G, GUILLARD L, et al. Carbon emission along a eutrophication gradient in temperate riverine wetlands: effect of primary productivity and plant community composition[J]. Freshwater Biology, 2016, 61(9):1405-1420.
- [7] DAS G A, SARKAR S, SINGH J, et al. Nitrogen dynamics of the aquatic system is an important driving force for efficient sewage purification in single pond natural treatment wetlands at East Kolkata Wetland[J]. Chemosphere, 2016, 164:576-584.
- [8] 孔范龙,郝敏,吕宪国,等.三江平原环型湿地土壤溶解性有机碳的时空变化特征[J].土壤学报,2013,50(4):847-852.
- [9] 肖烨,黄志刚,武海涛,等.三江平原4种典型湿地土壤碳氮分布差异和微生物特征[J].应用生态学报,2014,25(10):2847-2854.
- [10] 王洋,刘景双,孙志高,等.三江平原典型碟形湿地土壤氮素分布特征[J].土壤通报,2011,42(3):598-602.
- [11] 孙志高,刘景双,陈小兵.三江平原小叶章土壤中硝态氮和铵态氮的空间分布格局[J].水土保持通报,2009,29(3):66-72.
- [12] WANG Y, LIU J S, DOU J X, et al. Seasonal characteristic of *Carex lasiocarpa* biomass and nutrient accumulation in the typical wetland of Sanjiang Plain, China[J]. Journal of Forestry Research, 2010, 21(3):389-393.
- [13] 殷书柏,杨青,吕宪国.三江平原典型环型湿地土壤有机碳剖面分布及碳贮量[J].土壤通报,2006,37(4):659-661.
- [14] 孙志高,刘景双.三江平原典型小叶樟湿地土壤氮的垂直分布特征[J].土壤通报,2009,40(6):1342-1348.
- [15] 赵亮.三江平原孤立湿地土壤碳氮磷的空间结构和季节变化研究[D].四平:吉林师范大学,2013.
- [16] 王国栋, BETH, MIDDLETON, 等.农田开垦对三江平原湿地土壤种子库影响及湿地恢复潜力[J].生态学报,2013,33(1):205-213.
- [17] 陈建磊,谢文霞,崔育倩,等. SmartChem140 全自动化学分析仪测定土壤全氮全磷的研究[J].分析科学学报,2016,32(1):84-88.
- [18] 陕红,张庆忠,张晓娟,等.保存、分析方法等因素对土壤中硝态氮测定的影响[J].分析测试学报,2013,32(12):1466-1471.
- [19] 吴迪,陈建平,徐慧慧.农田土壤中氨氮测定问题讨论[J].环境科学与技术,2010(S2):499-501.
- [20] 窦鑫鑫,刘景双,王洋,等.三江平原草甸湿地土壤有机碳矿化对 C/N 的响应[J].地理科学,2009,29(5):773-778.
- [21] 万忠梅,宋长春.三江平原不同类型湿地土壤酶活性及其与营养环境的关系[J].水土保持学报,2008,22(5):158-161.
- [22] 刘景双.湿地生态系统碳、氮、磷、硫生物地球化学过程[M].合肥:中国科学技术大学出版社,2013.
- [23] 杨继松,刘景双,孙丽娜.温度、水分对湿地土壤有机碳矿化的影响[J].生态学杂志,2008,27(1):38-42.
- [24] 卢涛,马克明,倪宏伟,等.三江平原不同强度干扰下湿地植物群落的物种组成和多样性变化[J].生态学报,2008,28(5):1893-1900.
- [25] 孙志高,刘景双,于君宝.三江平原小叶章湿地土壤中碱解氮和全氮含量的季节变化特征[J].干旱区资源与环境,2009,23(8):145-149.

(责任编辑:姜华珏)