

三江平原沟渠系统水体和底泥的 养分特征及效应

郝 敏¹, 孔范龙¹, 吕宪国², 姜 明², 李 悦¹

(1. 青岛大学化学化工与环境学院, 山东 青岛 266071; 2. 中国科学院东北地理与农业生态研究所, 吉林 长春 130012)

摘要:分季节原位采集三江平原不同土地利用方式下沟渠系统水体和底泥, 调查沟渠水体及底泥中养分的时空分布特征及生态环境效应, 分析了土地利用、沟渠植被生长及淹水状况等对沟渠养分时空分异的影响。结果表明, 湿地开垦为旱田有利于沟渠DOC的沉积, 但降低了沟渠水体DOC的浓度; 湿地的垦殖和大量化肥的施用使得旱田沟渠水体TN、TP浓度高于湿地和水田沟渠; 而沟渠植被生长和死亡分解又使得沟渠水体及底泥养分呈现一定的时空差异。养分的长期积累将使沟渠系统水体N/P不断降低, 影响湿地生态系统的稳定性。

关键词: 沟渠系统; 养分特征; 生态环境效应; 三江平原

中图分类号: X144 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0690(2014)03-0358-07

沟渠是湿地农业区重要的水利工程, 其排灌功能对农业生产和湿地生态环境具有重要的影响^[1]。然而, 沟渠不仅是重要的输水廊道, 还是养分传输的一个重要路径^[2,3]。一方面, 沟渠作为农田及湿地流失化学元素的汇和转化器, 通过植物吸收、底泥同化和微生物转化等作用方式有效截留和转化来自农田和湿地中大量C、N和P营养元素, 降低下游河流和湖泊发生富营养化的可能^[4]。另一方面, 沟渠作为化学元素的源和迁移通道, 将农田和湿地流失的营养元素缓慢或即时放出, 造成农田湿地系统养分的丧失和下游相关水环境的污染和破坏^[1,5]。同时, 在秋、冬季节, 沟渠植物地上部分死亡以后, 被吸收到植物体内的营养物质将随着有机残体的分解重新释放出来, 造成二次污染^[6]。因此, 沟渠是农田、湿地养分截留、转化和传输的关键场所。

三江平原沟渠系统是在湿地基础上开挖而成, 大部分沟渠内生长有湿地植物, 具有一定的生态环境功能, 是一种人类活动影响下的半自然化湿地生态系统。本文通过研究不同土地利用方式下两种沟渠水体和底泥中养分含量随季节的变

化, 揭示了沟渠系统养分的截留、转化和传输特点及其控制因素, 探讨沟渠系统养分积累的生态环境效应, 为土壤养分的迁移、转化和归趋追踪以及湿地生物多样性保护提供参考。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

研究区选择在中国科学院三江平原沼泽湿地生态试验站, 其核心位置的地理坐标为133°30'35"E、47°35'11"N。属温带湿润大陆性季风气候, 年均温1.9℃, 年均降雨量600 mm, 降雨集中于7~9月份。主要自然植被类型有漂筏苔草(*Carex pseudocuraica*)、毛果苔草(*Carex lasiocarpa*)、乌拉苔草(*Carex meyeriana*)和小叶章(*Calamagrostis angustifolia*)等; 农田试验场种植的主要作物类型是大豆和水稻。试验站目前有自然湿地综合观测试验场、已垦湿地农田(水田和旱田)综合试验场, 各试验场都有大量沟渠分布^[7], 具有较好的研究条件。

1.2 采样方法

在试验站附近, 选择相邻的、土壤类型相同的

收稿日期: 2013-03-21; 修订日期: 2013-05-10

基金项目: 国家自然科学基金项目(41101080)、山东省自然科学基金项目(ZR2011QD009、山东省高等学校科技计划项目(J12LC04)资助。

作者简介: 郝 敏(1978-), 女, 山东泰安人, 博士, 副教授, 主要研究方向为湿地变化及环境效应研究。E-mail: ximin2008@126.com

湿地(小叶章)穿过型沟渠和湿地边界沟渠,水田(水稻地)穿过型沟渠和水田边界沟渠,旱田(大豆地)穿过型沟渠和旱田边界沟渠^[7](图1)。

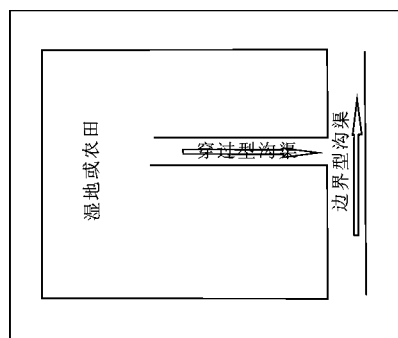


图1 两种类型沟渠的位置关系

Fig.1 Schematic diagram of the relationship between two kinds of ditches

在每条沟渠上选择3个断面(沟头、沟中间和沟尾),在每个断面的中间位置,于2006年分3个时期采集沟渠地表水和沟底0~10 cm底泥,即6月23日(化冻后)、8月23日(完全解冻)和10月25日(上冻前),每个时期重复采样2次。采样时以多点混合的方式得出沟渠代表性的混合样品。

沟渠底泥样品挑净、风干、过100目筛后待测。沟渠水样冷藏于采样箱中,1 h内送往实验室测定。

1.3 分析方法

底泥DOC含量测定:称取10 g风干土放入盛有40 mL蒸馏水的三角瓶中,常温下震荡浸提30 min,高速离心10 min,上清液用0.45 μm 滤膜过滤,用岛津总有机碳分析仪(TOC_{VCPH})测定浸提液中的有机碳浓度,得到DOC浓度^[8]。沟渠水中DOC浓度用0.45 μm 滤膜过滤后直接用岛津总有机碳分析仪(TOC_{VCPH})测定。水体及底泥中总有机碳(TOC)、全氮(TN)和全磷(TP)等依据相关国家标准测定^[9]。

2 结果与讨论

2.1 沟渠系统水体养分的浓度变化

沟渠系统水体DOC浓度的季节平均值为6.1~11.6 mg/L,8月DOC浓度最高,6月较高,10月最低。分散于不同土地利用中的沟渠系统,接受来自周边的径流和土壤颗粒,水体DOC浓度水平表现出较大的差异性,其浓度均值为1.76~13.88 mg/

L(图2a)。临近湿地的沟渠,接受来自湿地表层高浓度的土壤DOC流^[10],因此水体DOC浓度最高,其均值为10.73 mg/L。旱田和水田沟渠水体DOC浓度较低,其均值分别为6.99 mg/L和6.82 mg/L,主要与湿地土壤的开垦耕作导致土壤DOC库降低^[11]密切相关。水田沟渠水体DOC浓度最高值出现在8月份,与湿地沟渠一致,旱田沟渠则随季节变化呈降低趋势,与三江平原别拉洪排水沟渠一致^[12]。通过进一步分析发现,从穿过型沟渠到边界沟渠,湿地沟渠水体DOC浓度平均下降46%,旱田沟渠下降6.9%,这主要与近年来湿地沟渠的人工堵塞和农田沟渠的淤塞有关。沟渠阻塞通过降低排水沟渠的产水量可有效降低湿地DOC向地表水域的排放和输出^[13]。而水田沟渠,由于同时作为排水和灌溉沟渠,水体DOC浓度则有所上升。由此可见,挖沟排水促进湿地和农田土壤DOC向地表水域的释放,沟渠阻塞则有效降低湿地土壤DOC的迁移和输出。

沟渠系统水体TOC浓度的季节平均值为4~18.89 mg/L,6月份TOC浓度最低,8月份较高,10月份最高(图2b),说明植物残体分解是造成沟渠系统有机质含量增高的主要原因^[14]。降雨径流和湿地、农田排水是沟渠系统有机质的输入源。由于当地农民不再施用有机肥,湿地和农田中的有机质来自植被和作物残留秸秆的分解^[15]。湿地开垦为旱田,土壤侵蚀模数增大^[16],土壤中的有机碳可随土壤流失进入到旱田沟渠,因此旱田沟渠水体TOC浓度最高,其均值为12.9 mg/L。湿地沟渠水体TOC浓度较低,但高于水田沟渠,其TOC浓度均值分别为8.29和6.95 mg/L,主要与湿地沟渠植物残体中淋溶出较多的有机碳有关^[16]。

沟渠系统水体TN浓度的季节平均值为1.1~2.1 mg/L(表1),低于农田排水和自然湿地中TN浓度^[17],表明沟渠系统对氮素具有明显的去除能力和潜力。随着季节变化和植物生长,沟渠系统水体TN浓度呈降低趋势,说明沟渠系统植物是水体氮素去除的主要影响因子,同时如果在秋季不及时收割,植物积累的氮素在春季将分解释放,严重影响地表水水质^[18]。旱田沟渠水体TN浓度最高,均值为2.12 mg/L,主要与湿地的垦殖和氮肥的大量施用密切相关。据统计,目前该区农田化肥施用量约为350~800 kg/hm²,施用氮肥的利用率为40.6%~50.2%,其余残留于土壤中,经转化、挥发,

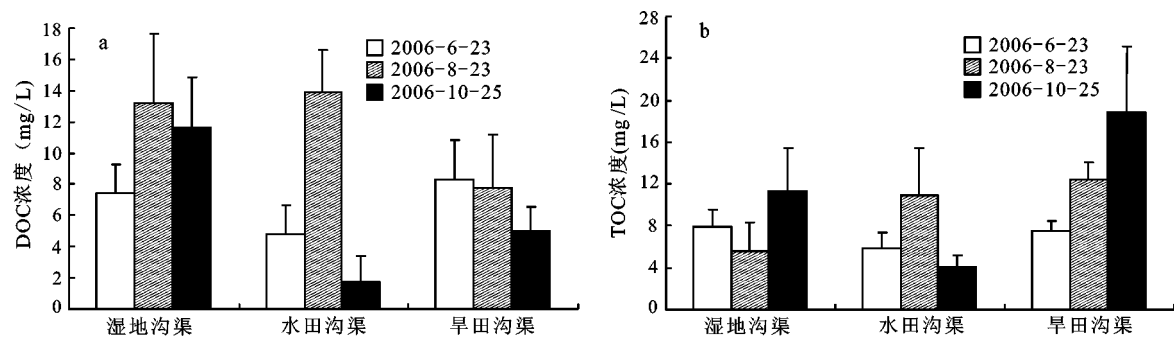


图2 沟渠水体DOC(a)和TOC(b)浓度的季节变化
Fig.2 Seasonal variation of DOC and TOC in water of the ditch systems

表1 沟渠系统水体氮、磷浓度的时空变化(mg/L)

Table 1 Spatial and temporal variation of nitrogen and phosphorus concentration in water of the ditch systems(mg/L)												
时 间	沟渠系统类别											
	湿地沟渠				水田沟渠				旱田沟渠			
	穿过型沟渠		边界沟渠		穿过型沟渠		边界沟渠		穿过型沟渠		边界沟渠	
	TN	TP	TN	TP	TN	TP	TN	TP	TN	TP	TN	TP
6月23日	0.98	0.037	3.695	0.041	1.115	0.115	0.85	0.041	0.86	0.341	5.145	0.079
8月23日	0.81	0.085	1.258	0.146	1.875	0.303	1.023	0.082	2.915	0.096	1.308	0.7
10月25日	1.23	0.109	0.911	0.086	0.586	0.062	1.354	0.146	1.759	0.181	0.759	0.146

通过降水及淋溶,径流进入周围水环境^[19,20]。湿地沟渠水体TN浓度较低,但高于水田沟渠,其TN浓度均值分别为1.48和1.13 mg/L,主要因水田沟渠内植被较少,内源氮产生较少,且由于光照条件和曝气作用较好,加快了氮的分解所致^[18]。旱田沟渠和湿地沟渠水体TN浓度最大值均出现在6月份,主要与沟渠内植被较多,植物积累的氮素在春季分解释放有关。水田沟渠水体TN浓度最大值出现在8月份,主要因为该月份正处于水稻分蘖抽穗期,水稻田施肥增多、灌溉水量增大、淋滤次数增多,大量氮素随农田径流排入沟渠系统。

沟渠系统水体TP浓度均值为0.11~0.24 mg/L,与水体DOC浓度的季节变化趋势相似,最高值均出现在8月份,6和10月差距不大(表1),主要与TP、DOC都容易随水迁移的特性有关^[21]。旱田沟渠水体TP浓度最高,水田沟渠较高,两者均高于湿地沟渠,主要与湿地的垦殖和化肥的大量施用密切相关。该区农田化肥中磷肥的利用率为10.3%~20.8%^[19,20],其余的则残留于土壤中并通过降水及淋溶、径流进入沟渠系统,使得旱田和水田沟渠水体磷浓度明显高于湿地沟渠。与水田沟渠相比,旱田沟渠水体TP浓度更高,主要与旱田土

壤侵蚀模数大并且其沟渠内植被更有利于磷的截留有关。通过进一步分析发现,旱田沟渠水体TP浓度均值为6月份高于10月份,水田沟渠则与之相反,主要原因在于旱田沟渠内植被较多,植物积累的磷素在春季分解释放所致。

2.2 沟渠系统底泥养分的含量变化

沟渠系统是周围农田和湿地流失养分的汇聚场所,底泥中积累了丰富的有机碳和N、P营养物质^[6]。研究区沟渠系统底泥DOC含量的季节平均值为121.6~285.2 mg/kg,10月份DOC含量最高,6月份较高,8月份最低,与邻近小叶章湿地表土DOC季节变化趋势相似,但时间上约滞后1个月。小叶章湿地表土DOC含量的季节变化趋势为:9月份最高,5月份较高,7月份最低,主要与湿地近期生物过程密切相关^[22]。由于长时间的积水和季节性过水,沟渠系统已经逐渐演化成具有湿地生态性质的特殊类型的湿地^[1],其土壤DOC含量随季节变化呈现出与邻近湿地基本一致的趋势。与此同时,周围农田或湿地土壤表层积累的大量DOC随降雨径流或排水进入沟渠系统,形成比湿地表土稍滞后的DOC含量峰,但具体的消长变化关系还有待考证。湿地开垦为旱田有利于沟

渠DOC的沉积,因此旱田沟渠底泥DOC含量高于湿地沟渠,其均值分别为200和172.5 mg/kg;湿地沟渠内植被较水田沟渠多,而湿地表土DOC含量与近期生物过程密切相关,如植物光合产物(立枯物、根系分泌物)、微生物的代谢产物和消耗有机碳数量都影响表土DOC含量和季节动态,故湿地沟渠DOC含量高于水田沟渠,而且3种类型沟渠底泥DOC含量最高值均出现在10月份,6月和8月份差距不大(图3a)。从沟渠等级类型来看,穿过型沟渠底泥DOC含量均值大于边界沟渠,说明DOC含量随沟渠等级的增加而降低。其中,湿地沟渠底泥DOC含量平均下降了48%,水田沟渠下降了24%,旱田沟渠则上升38%,进一步证实了沟渠阻塞能有效降低湿地土壤DOC的输出。

沟渠系统底泥TOC含量的季节平均值为1.45~2.24 g/kg,与水体TOC浓度的季节变化趋势相似,均随季节变化呈升高趋势。由于有机质的迁移能力比较弱,沟渠系统排水不畅,因此在较短时段内底泥和土壤有机质含量的变化,可被认为是由于矿化作用造成的。淹水条件下有机质的矿化速率较早地低^[23,24],干-湿交替条件更有利于表层有机质的分解转化。一年中的大部分时间,湿

地沟渠均处于淹水状态,湿地沟渠底泥有机质矿化速率最低,因此湿地沟渠底泥TOC含量最高;与旱田沟渠相比,水田沟渠淹水时间稍长,水田沟渠底泥有机质矿化速率较低,所以水田沟渠底泥TOC含量较高;旱田沟渠淹水时间最短,干-湿交替最频繁,故底泥TOC含量最低,这3种类型沟渠底泥TOC含量均值分别为2.15、1.68和1.44 g/kg(图3b)。因此,沟渠系统底泥TOC含量变化主要受植被生长状况及淹水条件的影响。

沟渠系统底泥TN含量的季节平均值为1.06~1.94 g/kg(表2),随季节变化呈高-低-高趋势,与小叶章腐殖质沼泽土壤基本规律一致^[25]。但是与小叶章腐殖质沼泽土壤相比,沟渠系统底泥TN含量较低而且随季节变化大,说明沟渠底泥表层中总氮分解转化速度快,这主要与沟渠系统干-湿交替频繁有关。旱田沟渠干湿交替最频繁,底泥表层中总氮分解转化速度最快,因此TN含量最低约1.03 g/kg;湿地沟渠全年水位比较稳定,底泥TN含量最高,均值为1.66 g/kg;水田沟渠处于两者之间,因此底泥TN含量居中,均值为1.59 g/kg。运用SPSS的Pearson相关分析,发现沟渠底泥中TN和TOC之间有显著的相关性,相关系数为0.881,证

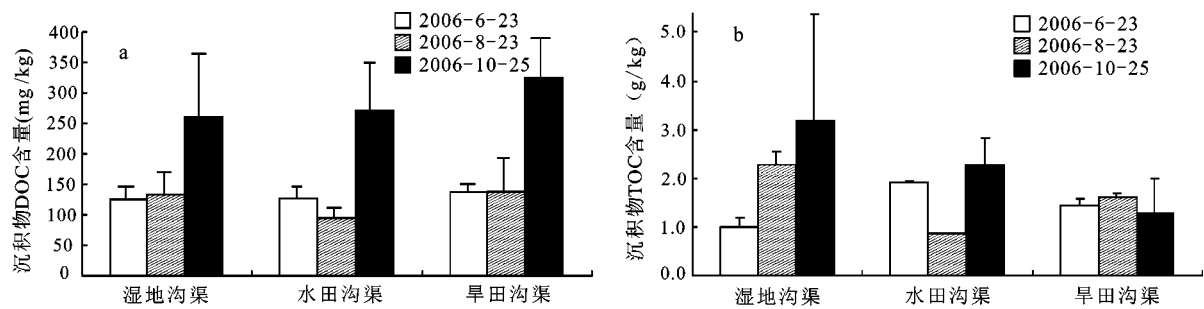


图3 沟渠系统底泥DOC(a)和TOC(b)含量的季节变化

Fig.3 Seasonal variation of DOC and TOC in sediments of the ditch systems

表2 沟渠系统底泥氮、磷含量的时空变化(g/kg)

Table 2 Spatial and temporal variation of nitrogen and phosphorus content in sediments of the ditch systems

时间	沟渠系统类别											
	湿地沟渠				水田沟渠				旱田沟渠			
	穿过型沟渠		边界沟渠		穿过型沟渠		边界沟渠		穿过型沟渠		边界沟渠	
	TN	TP	TN	TP	TN	TP	TN	TP	TN	TP	TN	TP
6月23日	1076	306	747	439	1575	578	1812	497	1317	416	1179	381
8月23日	1775	498	746	377	878	481	820	433	1491	487	670	474
10月25日	4443	530	1176	459	2830	584	1637	407	830	354	694	394

明沟渠系统底泥中总氮主要为有机氮,来自植物的生长和死亡分解^[26]。因此,沟渠系统底泥 TN 含量变化也主要受植被生长状况及淹水条件的影响。沟渠植物和底泥对 P 有很好的吸收和截留作用^[18],沟渠底泥 TP 含量的季节平均值为 436~458 g/kg(表 2)。与自然湿地相比,沟渠系统底泥 TP 含量稍低,但均随季节变化不大^[27]。其中,水田沟渠底泥 TP 含量最高,旱田和湿地沟渠则差异不大。

2.3 沟渠系统的生态环境效应

沟渠系统作为农田与水体之间的一个过渡带,即是农业非点源污染物的最初汇聚地,又是河道和湖泊营养盐的输入源^[18],极大的影响着沟渠下游的水质,因此近来受到生态学界和环境学界的广泛关注^[28]。

沟渠系统通过植物吸收和底泥的同化作用有效去除水流中的 N、P,从而减少进入河流和湖泊的污染物,降低发生富营养化的可能。但沟渠系统水体中氮、磷含量较高也应引起足够的重视,因为氮磷等生源要素的含量决定着水体中初级生产力的水平^[29,30],是水体富营养化的主要限制因子。PCDitch 就是专门用于模拟农田沟渠水环境变化及其对沟渠生物影响的富营养化模型。因 N 和 P 超标所引起的水体富营养化的典型标志是水体中植物的优势种从沉水植物变为浮游植物,用 PCDitch 可确定引起这种转变的营养物质的阈值^[31]。

而且对于湿地植物群落来说,当湿地系统内可被吸收利用的氮、磷营养物质达到平衡时,物种丰度以及生物生产力才能达到最大。Sabine 等^[32]对淡水沼泽植物体 N/P 的研究发现, $N/P < 14$, 植物生长受氮限制; N/P 介于 14~16, 则同时受氮、磷限制; $N/P > 16$, 则受磷限制。沟渠系统水体 N/P 多小于 14, 说明沟渠系统植物生长过程中大多受到氮的限制。湿地和农田排水中的磷含量较高,其进入沟渠系统后,造成沟渠水体 N/P 降低,短期内可促进湿地植物的生长,但长期来看,沟渠系统中营养物质富集,可能影响湿地生态系统的稳定性^[33]。例如, Davis 对佛罗里达沼泽湿地研究表明,由于湿地中富集过量的营养物质,特别是磷的不断富集,导致大量高香蒲的生长,群落组成和优势种群等生态学特征发生显著变化^[34]。只有湿地水体 N/P 比值在适当的范围值内,物种之间不会为吸收利用营养物质而竞争,生态系统会保持较高的物种

多样性和生物生产力。

3 结 论

沟渠系统水体中的养分主要来自周围的农田和湿地,土地利用、沟渠植被生长、淹水状况及沟渠阻塞程度的差异是造成沟渠系统水体及底泥养分变化的主要因素。

湿地土壤的开垦耕作导致土壤 DOC 库降低,沟渠的阻塞可以有效降低湿地土壤 DOC 的迁移和输出;湿地开垦为旱田有利于沟渠 DOC 的沉积,但同时也降低了沟渠水体 DOC 的浓度;湿地的垦殖和大量化肥的施用使得旱田沟渠水体 TN、TP 浓度高于湿地和水田沟渠;而沟渠植被生长和死亡分解又使得沟渠水体及底泥养分呈现一定的时空差异。淹水条件主要通过影响底泥有机质矿化和总氮分解转化速度间接影响沟渠系统 TOC 和 TN 含量。沟渠系统养分的长期积累将使其水体 N/P 不断降低和失衡,对湿地生态系统的稳定性形成潜在威胁。

沟渠系统水体及底泥养分的特征变化反映了周围土地利用和管理方式的差异性,但是沟渠系统的内在过程也会产生 C、N、P 等养分,而且沟渠系统各组成部分之间通过元素的迁移转化相互作用,共同影响湿地生态系统的稳定性。因此,笔者建议加强沟渠系统内部生态过程的研究和监测,以深入揭示沟渠系统的生态环境功能,为沟渠系统管理提供科学依据。

参考文献:

- [1] 周 俊,邓 伟,刘伟龙.沟渠湿地的水文和生态环境效应研究进展[J].地球科学进展,2008,23(10):1079~1083.
- [2] Tomer M D, Meek D W, Jaynes D B, et al. Evaluation of nitrate nitrogen fluxes from a tile-drained watershed in Central Iowa[J]. Journal of Environmental Quality, 2003, 32: 642-653.
- [3] Smith D R, Pappas E A. Effect of ditch dredging on the fate of nutrients in deep drainage ditches of the Midwestern United States[J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2007, 62(4): 252-261.
- [4] Sharpley A N, Krogstad T, Kleinman P A, et al. Managing natural processes in drainage ditches for nonpoint source phosphorus control[J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2007, 62(4): 197-206.
- [5] Herzon I, Helenius J. Agricultural drainage ditches, their biological importance and functioning[J]. Biological Conservation, 2008, 141(5): 1171-1183.
- [6] 姜翠玲,崔广柏,范晓秋,等.沟渠湿地对农业非点源污染物的

- 净化能力研究[J].环境科学,2004,25(2):125~128.
- [7] 郗 敏,孔范龙,吕宪国.三江平原不同土地利用方式下沟渠沉积物可溶性有机碳含量和分布[J].水土保持学报,2008,22(3):132~135.
- [8] 李忠佩,张桃林,陈碧云.可溶性有机碳的含量动态及其与土壤有机碳矿化的关系[J].土壤学报,2004,41(4):544~552.
- [9] 谢贤群,王立军.水环境要素观测与分析(中国生态系统研究网络观测与分析标准方法)[M].北京:中国标准出版社出版,1998:56~57,66~67,89.
- [10] 孔范龙,郗 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):211~216.
- [11] 张金波,宋长春,杨文燕.土地利用方式对土壤水溶性有机碳的影响[J].中国环境科学,2005,25(3):343~347.
- [12] Song C C,Wang L L,Guo Y D,et al.Impacts of natural wetland degradation on dissolved carbon dynamics in the Sanjiang Plain, Northeastern China[J].Journal of Hydrology,2011,398(1-2):26-32.
- [13] Turner E K,Worrall F,Burt T P.The effect of drain blocking on the dissolved organic carbon (DOC) budget of an upland peat catchment in the UK Original Research Article[J].Journal of Hydrology,2013,479:169-179.
- [14] Jacobs T C,Giilliam J M.Riparian losses of nitrate from agricultural drainage waters[J].J Environ Qual,1985,14:472-478.
- [15] 张俊华,李国栋,南忠仁,等.黑河中游不同土地利用类型下土壤碳储量及其空间变化[J].地理科学,2011,31(8):166~171.
- [16] 赵光影,刘景双,王 洋,等.三江平原主要河流氮、磷营养元素时空变化规律研究[J].干旱区资源与环境,2009,23(2):144~149.
- [17] 王 洋,刘景双,王国平,等.农田排水对沼泽湿地毛茛苔草的影响及效应[J].水科学进展,2008,19(2):198~204.
- [18] 姜翠玲,范晓秋,章亦兵.非点源污染物在沟渠湿地中的累积和植物吸收净化[J].应用生态学报,2005,16(7):1351~1354.
- [19] 周维博,李佩成.我国农田灌溉的水环境问题[J].水科学进展,2001,12(3):413~417.
- [20] 姜翠玲,崔广柏.湿地对农业非点源污染的去除效应[J].农业环境保护,2002,21(5):471~473,476.
- [21] 魏秀国,李宁利,沈承德,等.西江水体有机碳含量变化及悬浮物碳同位素的意义[J].地理科学,2011,31(2):1480~1486.
- [22] 张金波,宋长春,杨文燕.小叶章湿地表土水溶性有机碳季节动态变化及影响因素分析[J].环境科学学报,2005,25(10):1397~1402.
- [23] 李英臣,宋长春,侯翠翠,等.氮可利用性对东北不同类型湿地土壤有机碳矿化的影响[J].地理科学,2011,31(12):1480~1486.
- [24] 赵锐锋,张丽华,赵海莉,等.黑河中游湿地土壤有机碳分布特征及其影响因素[J].地理科学,2013,33(3):363~370.
- [25] 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.
- [26] Kang S,Kang H,Ko D,et al.Nitrogen removal from a riverine wetland: A field survey and simulation study of Phragmites japonica[J].Ecol Eng,2002,18(4):467-475.
- [27] 罗先香,敦 萌,闫 琴.黄河口湿地土壤磷素动态分布特征及影响因素[J].水土保持学报,2011,25(5):154~160.
- [28] 邓 伟,白军红.典型湿地系统格局演变与水生态过程——以黄淮海地区为例[M].北京:科学出版社,2012.
- [29] Mcisaac G F,David M B,Gertner G Z,et al.Eutrophication:nitrate flux in the Mississippi River[J].Nature,2001,414:166-167.
- [30] Karl D M.Aquatic ecology: phosphorus, the staff of life [J].Nature,2000,406:31-33.
- [31] Janse J H, Van Puijenbroek P J.Effects of eutrophication in drainage ditches[J].Environmental Pollution,1998,102(1):547-552.
- [32] Sabine G,Willem K.Variation in nitrogen and phosphorus concentrations of wetland plants[J].Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics,2002,5(1):37-61.
- [33] Miao S L,Newman S,Sklar F H.Effects of habitat nutrients and seed sources on growth and expansion of Typha domingensis[J].Aquatic Botany,2000,68(4):297-311.
- [34] Davis S M.Growth, decomposition and nutrient retention of Cladium Jamaicense crantz and Typha domingensis Pers.In Florida Everglades[J].Aquatic Botany,1991,40(3):203-224.

Nutrient Variation in Water and Sediments of Ditch Wetlands and Their Effects on Environment in Sanjiang Plain, China

XI Min¹, KONG Fan-long¹, LU Xian-guo², JIANG Ming², LI Yue¹

(1. College of Chemical and Environmental Engineering, Qingdao University, Qingdao, Shandong 266071, China; 2. Northeast Institute of Geography and Agricultural Ecology, Chinese Academy of Sciences, Changchun, Jilin 130012, China)

Abstract: The effect of land use, vegetation growth and flooded condition on spatial-temporal variation of nutrient and eco-environmental effects in two typical ditch systems of Sanjiang Plain, Northeast China, was analyzed through in situ sampling of surface waters and sediments. The results showed that the nutrition of ditch systems mainly came from the farmland and the wetlands in the surrounding area. And the key factors influencing the change of nutrients in sediments and ditch systems include land use, vegetation growth, flooding condition and the degree of blocks. Ditch systems accommodate and purify the runoff from the surrounding farmland and wetland, and reduce the risk of the eutrophication of down stream water body. However, the accumulation of nutrients in ditch systems will bring potential threats to the stability of wetland ecosystem.

The land reclamation leads to the reduction of soil DOC storage and the blocking of the ditches can effectively reduce the transport and export of soil DOC. The reclamation from wetland to dry land is beneficial to the accumulation of sediment DOC in ditches, but at the same time, it reduces the soil DOC storage. Therefore, the content of sediment DOC was highest and the ditch water DOC concentrations were lowest in the dry land ditches. The reclamation of Sanjiang Plain wetland and the utilization of large amounts fertilizers made the concentrations of TN and TP in dry land ditch higher than that in the wetland and paddy field ditches. The difference of vegetation growth status made the concentrations of TN in wetland ditch water higher than that in paddy field ditch. Nitrogen and phosphorus accumulated in the plant would be decomposed and released in spring, which made N and P in water increased obviously. The TOC and TN content in the sediments of the ditch systems increased with the decay decomposition of plants in autumn and winter.

There is a strong correlation between the flooding conditions of the ditch system and the TOC and TN content in the sediments. The flooding conditions have an indirect impact on the TOC and TN content through influencing the mineralization process of the organic matter and the rate of decomposition or transformation of the total nitrogen. In addition, as a result of the long-term accumulation of nutrients in ditch systems, the concentration of N/P in wetland waters decreases, which will consequently bring potential threats to the stability of the wetland ecosystem.

Key words: Ditch systems; nutrient characteristics; eco-environmental effects; Sanjiang Plain