

沟渠湿地水体和底泥中有机质时空分布规律研究

姜翠玲 章亦兵 范晓秋

(河海大学水资源环境学院 ,江苏 南京 210098)

摘要 通过分析沟渠湿地水体和底泥中有机质浓度的时空分布规律 ,发现在芦苇和茭草湿地 40 cm 以下深度底泥中有机质含量高 ,是同一层次农田土壤的 3 倍左右 ,即底泥对有机质有显著的累积效应 .湿地水体中的 COD_{Cr} 浓度随季节发生很大变化 ,最高浓度出现于 1 ~ 3 月 ,远超地表水 V 类水质标准 ,有很大的污染性 ,而在其余季节含量较低 .有机质的这种年度变化主要由植物生长和残体分解引起 .死亡的植物茎叶沉积在底泥表层 ,引起底泥有机质矿化速率发生变化 ,9 月至次年 6 月芦苇底泥有机质的矿化速率为 $21.3 \sim 133.6 \text{ g}(\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1})$,茭草底泥为 $30.4 \sim 119.6 \text{ g}(\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1})$.

关键词 有机质 ;沟渠湿地 ;挺水植物

中图分类号 :X52

文献标识码 :A

文章编号 :1000-1980(2004)06-0618-04

有机质是水体中的一种主要污染物 ,其来源除人为排放的有机废水、污水外 ,自然条件下植物残体的分解也是其主要污染源 .由于农民使用有机肥越来越少 ,农业活动产生的有机物主要是由秸秆还田造成的 .有机质也是水体中 N、P 等无机营养元素的主要来源^[1,2] .在生长季节 ,降雨径流将农田中 N、P 营养元素排入沟渠湿地中 ,促进了湿地植物的生长 ,减轻了 N、P 在水体中的污染负荷 .但在秋、冬季节 ,植物地上部分死亡以后 ,有机残体开始分解 ,营养物质将重新释放出来 ,加重水体的污染 .有机物也能在底泥中累积和储存^[3,4] ,或在微生物的作用下发生矿化作用 ,转变为无机营养物质^[5] .这些因素的综合作用结果 ,将影响湿地输出有机物及 N、P 的浓度^[6~8] ,因此 ,沟渠湿地是截留和转化农业非点源污染物的关键场所 .本文通过研究不同季节有机质在沟渠湿地底泥、水体中含量的变化 ,确定沟渠湿地对有机质的累积和矿化能力以及水生植物生长对水体有机质浓度的影响程度 .

1 实验条件和方法

实验选在南京市浦口区高旺村的一条长 600 m ,宽 10 ~ 30 m 的天然沟渠湿地中 .该沟渠呈 L 型 ,自然生长着芦苇(*Phragmites communis* Trin.)和茭草(*Zizania latifolia* Turcz.) ,两种挺水植物之间分界明显 ,芦苇生长范围占沟渠的 2/3 ,茭草为 1/3 .沟渠夏季水深可达 40 ~ 80 cm ,冬季随降雨出现干-湿交替现象 .向湿地排水的农田面积为 0.23 hm^2 ,位于“L”型沟渠的两轴之内 ,栽培措施为小麦-水稻轮种 ,收获后的小麦、水稻秸秆还田 .

a. 水体样品采集.从 2002 年 9 月至 2004 年 1 月 ,每隔 2 ~ 3 个月分别取淹水芦苇地和茭草地水样分析有机质的浓度 ,以 COD_{Cr} (化学需氧量)表示 .在 2003 年 4 月降雨频繁季节监测农田降雨径流过程 ,4 月 25 日 ,从降雨开始每隔 2 h 在排水口处取样 ,共取样 4 次 ,分析径流中有机质含量 .9 月 6 日(水稻生长期)取 2 次农田排水样品 ,分析 COD_{Cr} 的浓度 .

b. 土壤和底泥样品采集.在 2002 年 9 月、12 月 ,2003 年 3 月、6 月、9 月及 2004 年 1 月分别在农田、芦苇和茭草湿地取 0 ~ 10 cm ,10 ~ 20 cm ,20 ~ 40 cm ,40 ~ 60 cm ,60 ~ 80 cm ,80 ~ 100 cm 深的土壤和湿地底泥 ,分析有机质含量 .湿地取样点在沟渠的中泓位置 ,农田取样点位于排水流向的下游 ,距湿地边缘 8 ~ 10 m 的位置 .

c. 分析方法.土壤和底泥有机质用重铬酸钾-硫酸氧化法测定 ,水样 COD_{Cr} 用重铬酸钾法分析 .

2 结果与讨论

2.1 降雨径流和农田排水中的有机质

降雨径流和农田排水是沟渠湿地有机质的输入源.由于当地农民不再施用有机肥,农田中的有机质来自小麦和水稻残留秸秆的分解.

2003 年 4 月 4 次监测农田降雨径流,结果表明,COD_{Cr}的质量浓度变化范围大,为 5.1~18.1 mg/L,平均值为 13.7 mg/L.水稻生长季节的 9 月,2 次测定农田排水中 COD_{Cr}的质量浓度,分别为 19.8 mg/L 和 24.7 mg/L.因此来自降雨径流和农田排水中的有机质浓度并不高,没有超过《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)的Ⅳ类水标准,但排水进入沟渠后,由于湿地水交换缓慢,有机质经过沟渠湿地底泥截留、植物吸收和微生物转化作用后,在 1 a 中的不同季节,浓度发生显著变化.

2.2 湿地水中有机质浓度的变化

从 2002 年 9 月至 2004 年 1 月,芦苇湿地水中的 COD_{Cr}质量浓度变化范围为 13.9~120.0 mg/L,最高值出现于 2003 年 3 月,此时 COD_{Cr}质量浓度为 120.0 mg/L,是 GB 3838—2002 V 类水的 3 倍;2004 年 1 月,COD_{Cr}质量浓度为 76.0 mg/L,也远远超过 V 类水标准,其余时间均低于Ⅲ类水标准.茭草湿地水中的 COD_{Cr}质量浓度变幅在 15.3~164.0 mg/L 之间,最高值 164.0 mg/L,出现于 2004 年 1 月;2003 年 3 月为 51.0 mg/L,均超出地表水 V 类水标准;2002 年 11 月为 37.9 mg/L,接近Ⅳ类水标准.在一年中的其他季节,COD_{Cr}质量浓度较低.植物残体分解是造成沟渠湿地有机质含量增高的主要原因^[9],因此,水生植物宜在秋季定期收割,以防止残株分解对水体的污染^[10].

2.3 有机质在底泥中的迁移和累积

沟渠原来也是农田的一部分,只是因排灌需要,几年前由人为开挖形成,因此,沟渠底泥营养物质的垂向分布反映了农田排水中非点源污染物进入湿地后的累积规律.从 2002 年 9 月至 2004 年 1 月,每间隔 3 个月的监测结果表明,有机质在芦苇和茭草湿地底泥中的垂直分布与在农田土壤剖面上的分布不同(图 1).土壤表层有机质含量的年度变化小,0~10 cm 的变动幅度为 27.8~32.1 g/kg.芦苇与茭草湿地底泥有机质含量的变化范围较大.芦苇湿地 0~10 cm 表层底泥中的有机质最低与最高值相差近 3 倍,茭草湿地 0~10 cm 表层底泥中有机质的变动范围在 3.5 倍左右,因此,湿地的干湿交替条件有利于表层有机质的分解转化.将 2002 年 9 月至 2004 年 1 月农田土壤和湿地底泥中的有机质加以平均,比较处于同一层次中有机质含量的差别,发现从表层至 100 cm 的深度范围,芦苇和茭草湿地底泥中有机质的平均含量均高于农田(图 1).尤其在 40 cm 以下深度,芦苇底泥中的有机质含量是农田土壤的 2.9~3.3 倍,茭草底泥中的有机质含量是农田土壤的 3.0~3.5 倍.因此,有机质能缓慢向下迁移,40 cm 以下深度底泥对有机质有很强的累积效应^[11].

2.4 农田土壤和湿地底泥中有机质的矿化作用

由于有机质的迁移能力比较弱,沟渠湿地排水不畅,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.有机质的矿化速率受有机质含量及温度影响^[12,13],两者越高,矿化速率越高.

湿地底泥和农田土壤的矿化速率用式(1)计算:

$$K_m = \frac{C_{t_2} - C_{t_1}}{t_2 - t_1}$$

(1)

$$C_t = \sum (W_{h_i} A_j h_i \rho) \times (A_j \sum h_i)$$

(2)

式中: K_m ——有机质的矿化速率, $\text{g}(\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1})$; C_{t_1} , C_{t_2} ——在 t_1 , t_2 时单位体积有机质含量, g/m^3 ; W_{h_i} ——在 h_i 层土壤或底泥中有机质含量, g/kg ; A_j ——面积, $j = 1, 2, 3$, 分别指农田(2 300 m^2)、芦苇(5 200 m^2)和茭草

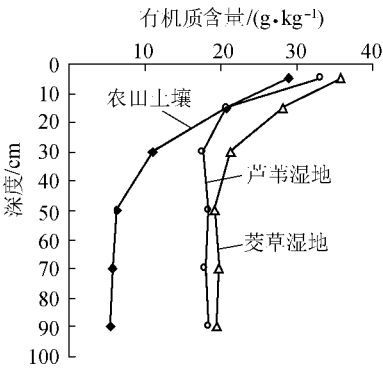


图 1 有机质(平均值)在农田土壤和湿地底泥中的纵向分布

Fig.1 Vertical distribution of organic matters in cropland soil and wetland sediment

(800 m²)湿地的面积; t_1, t_2 ——时间;d; ρ ——土壤或底泥的密度,0~100 cm土壤的平均密度为1.5 g/cm³,芦苇和茭草底泥的平均密度为1.02 g/cm³。

农田中的水稻籽粒在10月收获,残株在11月播种小麦时翻入土壤,造成土壤有机质含量在2002年12月上升,因此计算农田土壤的矿化速率时,时间段取2002年12月至次年3月。根据公式(1)和(2),计算从表层至100 cm深度农田土壤的平均矿化速率为53.8 g/(m³·d⁻¹)。

芦苇和茭草底泥中有机质含量的明显变化主要是由于秋冬季节挺水植物残体分解引起的。李文朝^[14]认为,茭草的分解过程可一直延续到初夏,因此,计算芦苇和茭草底泥中有机质的矿化速率时,分3个时段,分别是2002年9~12月,2002年12月至2003年3月,2003年3~6月。

2002年9~12月,芦苇底泥有机质的矿化速率很高,达到了133.6 g/(m³·d⁻¹)。每年的9~10月份,芦苇下层叶片就明显变黄、开始分解,水体出现植株分解形成的黑色残体,但芦苇分解速度慢,至次年4月新植株已有1.5 m高时,水体中仍可见直立的残株。从2002年12月至次年3月,芦苇湿地底泥有机质的矿化速率下降,为34.9 g/(m³·d⁻¹)。这一阶段,茭草地上部分组织伏倒在水底,开始迅速分解,底泥的矿化速率达到最高,为119.6 g/(m³·d⁻¹)。茭草植株的死亡和分解过程比芦苇迟,但分解速度快。3~6月,芦苇湿地底泥的矿化速率为21.3 g/(m³·d⁻¹)。茭草湿地底泥的矿化速率为30.4 g/(m³·d⁻¹)。是一年中矿化速率最低的时期。这一阶段矿化速率低的原因是由于湿地处于淹水状态,淹水条件下有机质的矿化速率较旱地低^[15],另外由于2003年3月以前的矿化过程,消耗了大量有机质,虽然3~6月温度提高,微生物活性增强,对矿化作用是有利的,但由于淹水和有机质含量减少的缘故,芦苇和茭草湿地的矿化速率下降。因此,有机质的矿化作用受到有机质含量、温度和淹水程度的影响,矿化速率反映了各种影响因素综合作用的效果。

农田土壤、芦苇和茭草湿地底泥在0~40 cm深度范围内,有机质含量高,其矿化速率均显著高于下层土壤。

3 结 论

a. 降雨径流和农田排水中的有机质浓度并不高,但芦苇和茭草湿地水体中有机质含量变化幅度大,最高值出现在1~3月,超过GB 3838—2002《地表水环境质量标准》的Ⅴ类水标准,有很大的污染性,而在其他季节浓度低。在植物非生长季节,湿地水中有机质含量显著增高的原因是植物地上部分死亡分解造成的。因此,湿地植物应在每年秋季定期收割,以避免残株分解对水体的污染。

b. 表层底泥中有机质含量随季节变化大,最高与最低值相差3倍左右,即在干-湿交替条件下有机质在表层的分解转化速度快。但在40 cm以下,有机质在芦苇和茭草湿地底泥中有显著的持留和累积作用。

c. 秋冬季节,植株茎叶死亡后发生分解,增加了水体和底泥中有机质的含量,促进矿化作用的进行。芦苇底泥有机质的矿化速率最高值出现于9~12月,达133.6 g/(m³·d⁻¹)。茭草底泥的矿化速率在12月至次年的3月最高,为119.6 g/(m³·d⁻¹)。3~6月由于来自植物残体的有机质大部分被分解,矿化速率降低,在芦苇湿地仅为21.3 g/(m³·d⁻¹)。茭草湿地为30.4 g/(m³·d⁻¹)。

参考文献:

- [1] BORIN M, BONAITI G, GIARDINI L. Controlled drainage and wetlands to reduce agricultural pollution: a lysimetric study[J]. J Environ Qual 2001 30: 1330—1340.
- [2] DAVID A K, DAVID M B, GENTRY L E, et al. Effectiveness of constructed wetlands in reducing nitrogen and phosphorus export from agriculture tile drainag[J]. J Environ Qual 2000 29: 1262—1274.
- [3] JORDEN T E, WHIGHAM D F, HOFMOCKET K S, et al. Nutrient and sediment removal by a restored wetland receiving agricultural runoff [J]. J Environ Qual 2003 32: 1534—1547.
- [4] HOSOI Y, KIDO Y, MIKI M, et al. Field examination on reed growth, harvest and regeneration for nutrient removal[J]. Wat Sci Tech, 1998, 38(1): 351—359.
- [5] 张甲耀, 夏盛林, 邱克明, 等. 潜流型人工湿地污水处理系统氮去除及氮转化细菌的研究[J]. 环境科学学报, 1999, 19(3): 323—327.
- [6] BRASKERUD B C. Factors affecting nitrogen retention in small constructed wetlands treating agricultural non-point source pollution[J].

Ecol Eng 2002 ,18 :351—370.

[7] WOLTEMADE C J. Ability of restored wetlands to reduce nitrogen and phosphorus concentrations in agricultural drainage water[J]. Journal of Soil and Water Conservation 2000 ,55(3) :303—309.

[8] BERIT A ,HANS B W. Modelling nitrogen removal in potential wetlands at the catchment scale[J]. Ecol Eng 2002 ,19 :63—80.

[9] JACOBS T C ,GILLIAM J M. Riparian losses of nitrate from agricultural drainage waters[J]. J Environ Qual ,1985 ,14 :472—478.

[10] 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 :467—475.

[11] 姜翠玲 ,夏自强 ,崔广柏.土壤含水量与氮化合物迁移转化的相关性分析[J].河海大学学报(自然科学版) ,2003 ,31(3) :241—245.

[12] GRIFFIN D M ,BHATTARAI Jr R R ,XIANG H. The effect of temperature on biochemical oxygen demand removal in a subsurface flow wetland[J]. Water Environment Research ,1999 ,71(4) :475—482.

[13] MANIOS T ,MILLNER P ,STENTIFORD E I. Effect of rain and temperature on performance of constructed reed beds[J]. Water Environment Research 2000 ,72(3) :305—312.

[14] 李文朝.东太湖茭黄水发生原因与防治对策探讨[J].湖泊科学 ,1997 ,9(4) 364—368.

[15] 俞慎 ,李振高.稻田生态系统生物硝化、反硝化作用与氮素损失[J].应用生态学报 ,1999 ,10(5) 630—634.

Mineralization and accumulation of organic matters
in water phase and sediment of ditch wetlands

JIANG Cui-ling , ZHANG Yi-bing , FAN Xiao-qi

(College of Water Resources and Environment , Hohai Univ . , Nanjing 210098 , China)

Abstract :An analysis was given to the spatial and temporal variation of organic matters in water phase and the sediment of ditch wetlands. It is found that the content of organic matters is high in the sediment below 40 cm in wetlands grown with *Phragmites communis* Trin and *Zizania latifolia* Turcz , which is about 3 times as high as that in cropland soil of the same layer. Therefore , the sediment has high ability to accumulate organic matters. The concentration of COD_{Cr} in water phase of the wetlands varies greatly with seasons , the highest concentration occurring from January to March , which is far beyond the concentration of V-class water quality standard , so the pollution in water phase is very serious , but in other months , the concentration of COD_{Cr} is low. The annual rise and fall of the concentration of COD_{Cr} is induced by the growth of plants and decomposition of their remains. The deposition of dead stems and leaves in the surface of the sediment results in the variation of mineralized rate of organic matters in the sediment. The mineralized rates of organic matters in the sediment grown with *Phragmites communis* Trin and *Zizania latifolia* Turcz vary in the ranges of 21.3—133.6 g/(m³ · d⁻¹) and 30.4—119.6 g/(m³ · d⁻¹) respectively from September of a year to June of the next year.

Key words :organic matter ; ditch wetland ; emerged plants