

人工鱼礁投放对莱州金城海域 沉积环境地球化学要素的影响

张 艳¹ 过 锋¹ 王 军² 陈聚法^{1*} 李 娇¹ 袁 伟¹ 谢寒冰³

(¹ 农业部海洋渔业可持续发展重点实验室 中国水产科学研究院黄海水产研究所, 青岛 266071)

(² 大连海洋大学, 110623)

(³ 青岛市菜篮子商品质量监督检测中心, 266071)

摘 要 2009 年 7 月和 2010~2011 年春、夏、秋、冬 4 个季节共 9 个航次对莱州金城人工鱼礁区域和对照区域的沉积环境进行调查, 并对投礁前后沉积物粒径、总氮(TN)、总磷(TP)、有机碳(TOC)和硫化物等指标的变化进行分析。结果表明, 投礁后沉积物类型没有发生改变, 但沉积物粒径有所增加。2009 年 7 月, 沉积物中值粒径和平均粒径均值分别为(0.156±0.084) mm 和(0.157±0.076) mm, 投礁后的 2010 年 7 月, 沉积物中值粒径和平均粒径均值分别为(0.160±0.079) mm 和(0.162±0.092 mm), 且礁区沉积物中值粒径和平均粒径要高于对照区。2009~2011 年 7 月, 沉积物中其他指标变化趋势为: 投礁区 TN、TOC 和硫化物平均含量均表现为逐年降低, TP 为先升高后降低; 对照区 TN 和 TOC 平均含量为先降低后升高, 而 TP 和硫化物平均含量变化表现为逐年升高。2010 年和 2011 年各指标的变化趋势为: 礁区除 TP 平均含量为 2011 年高于 2010 年外, 其余 3 项指标均为 2010 年高于 2011 年, 而对照区除 TOC 平均含量 2010 年高于 2011 年外, 其余 3 种指标均为 2011 年高于 2010 年; TP 和硫化物平均含量为礁区高于对照区, 而 TN 和 TOC 则为对照区高于礁区。

关键词 人工鱼礁 沉积物 变化特征 莱州金城海域

中图分类号 X821 **文献标识码** A **文章编号** 1000-7075(2013)06-0009-06

The impact of artificial reef on geochemical factors of sediment in Jincheng area of Laizhou Bay

ZHANG Yan¹ GUO Feng¹ WANG Jun² CHEN Ju-fa^{1*}

LI Jiao¹ YUAN Wei¹ XIE Han-bing³

(¹ Key Laboratory of Sustainable Development of Marine Fisheries, Ministry of Agriculture, Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071)

(² Dalian Ocean University, 110623)

(³ Qingdao Quality Supervision and Inspection Center for Shopping Basket Commodity, 266071)

ABSTRACT Sediment samples in the artificial reef of Laizhou Bay were collected in March, May, July and November from 2010 to 2012. Sediment grain size, total nitrogen (TN), total

国家公益性行业(农业)科研专项(200903005;201003068)和中央级公益性科研院所基本科研业务费项目(2010-chb-01)共同资助

* 通讯作者。E-mail: chenjf@ysfri.ac.cn, Tel: (0532)85836341

收稿日期: 2013-01-22; 接受日期: 2013-04-25

作者简介: 张 艳(1977-), 女, 硕士, 助理研究员, 主要从事海洋微生物学研究。E-mail: yanzhang@ysfri.ac.cn, Tel: (0532)85836341

phosphorus (TP), total organic carbon (TOC) and sulfides were determined, and their variations were analyzed. The results showed that the type of sediment did not change, but there was an increase in the sediment grain size, with the medium diameter and the average particle diameter changing from (0.156 ± 0.084) mm and (0.157 ± 0.076) mm in July 2009 to (0.160 ± 0.079) mm and (0.162 ± 0.092) mm in July 2010. The medium diameter and the average particle diameter of the sediment samples in the artificial reef area were higher than those in the control area. The other elements in sediments in the artificial reef area in July from 2009 to 2011 had such a trend; the average content of TN, TOC and sulfides had the highest content in 2009, and the lowest content in 2011, the average content of TP had the highest content in 2010, and the lowest content in 2009; while in the control area, the average content of TN and TOC decreased in 2010 and then increased in 2011, and the average contents of TP and sulfides had an increasing trend from 2009 to 2011. The average content of TP in the artificial reef area was higher in 2011 than 2010, and the contents of other elements were higher in 2010 than 2011. In the control area, the average content of TOC was higher in 2010 than 2011, and the average contents of other elements were higher in 2011 than 2010; the average contents of TP and sulfides were higher in the artificial reef area than those in the control area, while the average contents of TN and TOC had an opposite variation trend in the control area.

KEY WORDS Artificial reef area Sediment Variation characteristics
Jincheng sea area of Laizhou Bay

沉积物是海洋环境的重要组成部分,其中污染物的浓度可以间接反映水体的污染程度,因此,底泥的污染状况是全面衡量水体质量的重要因素。近年来,随着工业的迅速发展,各种含毒工业废水大量排放(郑习健 1994)以及由于养殖规模过大,大量有机碎屑沉积到底部,使底泥中的有机物含量增加,产生氨和硫化氢等有毒气体,底层水处于厌氧环境,水质恶化,对养殖对象造成危害。

人工鱼礁作为修复海洋环境的一种重要手段,其对沉积环境的影响也日益受到人们的重视。人工鱼礁有效改善了网箱养殖底质环境和底栖生物资源状况,底质中总有机碳、总凯氏氮和总磷含量均呈现下降趋势(Gao *et al.* 2008)。本研究根据人工鱼礁海域投礁前、后的调查结果,分析该海域沉积物中 TN、TP、TOC、硫化物和粒径等指标的变化趋势,探讨人工鱼礁对沉积环境的影响,为综合评价人工鱼礁的生态效应提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料来源

以山东省莱州金城海域为研究区域,共设置 7 个调查站点(图 1)。其中 R1~R5 为人工鱼礁投放海域站点, C1 和 C2 为对照站点。2009 年 7 月进行投礁前的本底调查,投放人工鱼礁后于 2010 年 5 月~2012 年 3 月春、夏、秋、冬四季共进行 8 次跟踪调查,调查指标为沉积物粒度和沉积物中 TN、TP、TOC 和硫化物含量。

1.2 样品采集及处理方法

站位采用手持式 GPS 定位,泥样用抓斗式采泥器采集,取表层泥样并保存于 -20°C 备用。样品放于烘箱中 60°C 条件下烘至恒重,冷却后研磨成粉末状,过筛后进行各指标的测定。TP 用过硫酸盐消化法(Ebina *et al.* 1983)测定, TN、TOC 采用元素分析仪进行测定,硫化物采用《海洋监测规范》中规定的碘量法测定,粒径分析使用粒度分析仪进行测量。

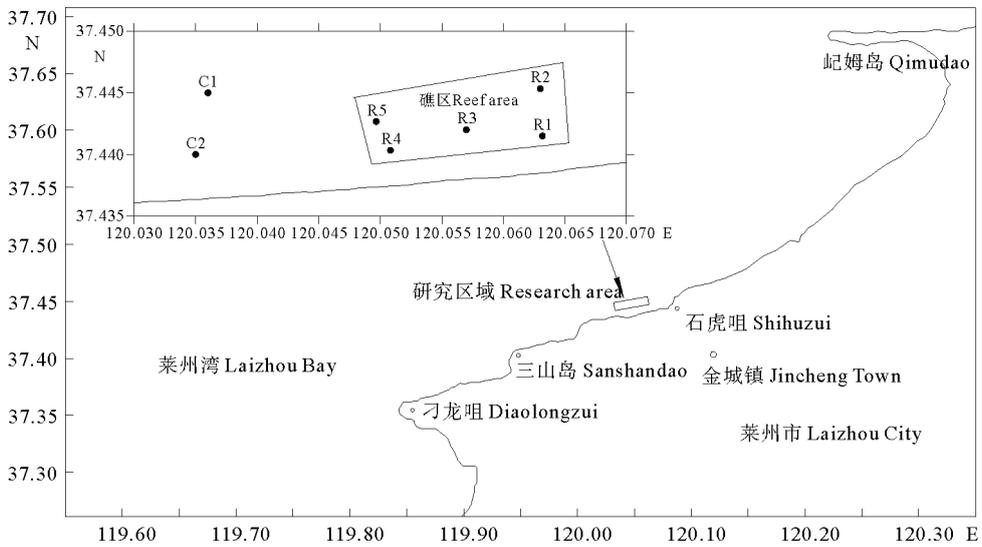


图 1 莱州金城海洋牧场调查站位

Fig. 1 Surveyed sites in Jincheng marine ranching of Laizhou Bay

1.3 数据处理

采用 SPSS 软件进行单因素方差分析(One-Way ANOVA)对不同调查时间采集的投礁区和对照区沉积物中 TN、TP、TOC 和硫化物含量进行显著性分析。

2 结果

2.1 沉积物粒径的变化

调查海域沉积物类型以细砂(FS)和中砂(MS)为主,投礁前后调查海域沉积物类型没有改变,但沉积物粒径发生了微小变化。投礁前的 2009 年 7 月,沉积物中值粒径和平均粒径均值分别为(0.156±0.084) mm 和(0.157±0.076) mm,投礁后的 2010 年 7 月,沉积物中值粒径和平均粒径均值分别为(0.160±0.079) mm 和(0.162±0.092) mm,投礁后粒径略大于投礁前(表 1);2010 年投礁区中值粒径和平均粒径均值分别为(0.165±0.096) mm 和(0.165±0.085) mm,对照区中值粒径和平均粒径均值分别为(0.155±0.064) mm 和(0.159±0.067) mm(表 2)。

表 1 投礁前后调查海域沉积物粒径变化

Table 1 Sediment particle size before and after administration of artificial reef

年份 Year	中值粒径(mm) Medium diameter	平均粒径(mm) Average diameter
2009	0.156±0.084	0.157±0.076
2010	0.160±0.079	0.162±0.092

表 2 投礁区和对照区沉积物粒径变化

Table 2 Variation of sediment particle size in artificial reef area and control area

年份 Year	调查区域 Surveyed area	中值粒径(mm) Medium diameter	平均粒径(mm) Average diameter
2010	投礁区 Artificial reef area	0.165±0.096	0.165±0.085
	对照区 Control area	0.155±0.064	0.159±0.067

2.2 沉积物中各要素含量变化

2.2.1 TN

沉积物中 TN 含量以 7 月为代表月份,进行投礁前后的含量比较,结果表明,投礁区 TN 平均含量范围为 0.020%~0.023%,对照区 TN 平均含量范围为 0.022%~0.024%,2009 年 7 月~2011 年 7 月对照区 TN 含

量略高于投礁区。投礁前后比较发现,投礁区 TN 含量表现为逐年降低的趋势,而对照区为先降低后升高的变化趋势。方差分析表明,2009 年 7 月、2010 年 7 月和 2011 年 7 月,投礁区与对照区沉积物中 TN 含量均无显著性差异($P>0.05$)(图 2)。

2010 年与 2011 年 TN 平均含量比较发现,投礁区 2010 年要高于 2011 年,而对照区则相反,两年中 TN 平均含量均为对照区高于投礁区。方差分析表明,2010 年和 2011 年,投礁区和对照区沉积物中 TN 含量均无显著性差异($P>0.05$)(图 3)。

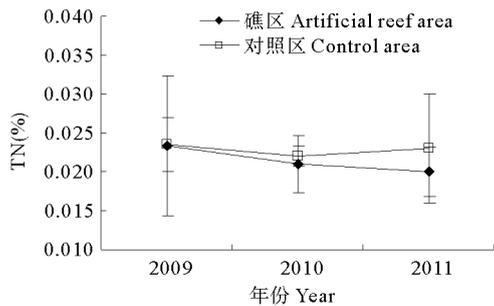


图 2 投礁前后沉积物中 TN 含量变化

Fig. 2 Variation of TN content in sediment before and after administration of artificial reef

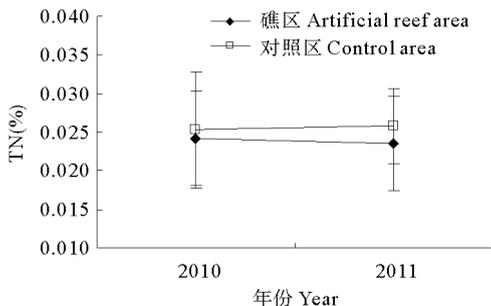


图 3 投礁第 1 年和第 2 年沉积物中 TN 含量变化

Fig. 3 Variation of TN content in sediment of artificial reef during 2010-2011

2.2.2 TP

沉积物中 TP 平均含量变化为:投礁区在 2010 年 7 月调查时含量最高,2009 年 7 月含量最低,而对照区 TP 在 3 次调查中 TP 含量变化表现为逐年升高的趋势。方差分析表明,2009 年 7 月、2010 年 7 月和 2011 年 7 月 3 次调查中投礁区和对照区沉积物中 TP 含量均无显著性差异($P>0.05$)(图 4)。

2010 年与 2011 年 TP 平均含量比较发现,投礁区和对照区均为 2011 年略高于 2010 年,且 2010 年和 2011 年 TP 平均含量均为投礁区高于对照区。方差分析表明,2010 年和 2011 年,投礁区和对照区沉积物中 TP 含量均无显著性差异($P>0.05$)(图 5)。

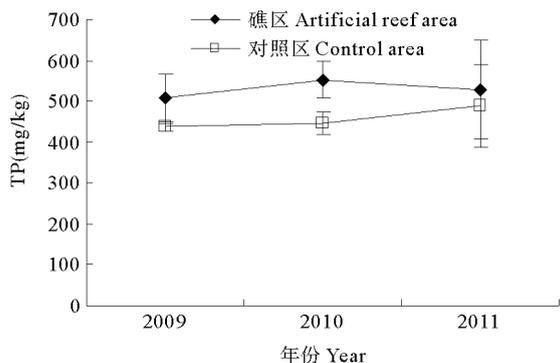


图 4 投礁前后沉积物中 TP 含量变化

Fig. 4 Variation of TP content in sediment before and after administration of artificial reef

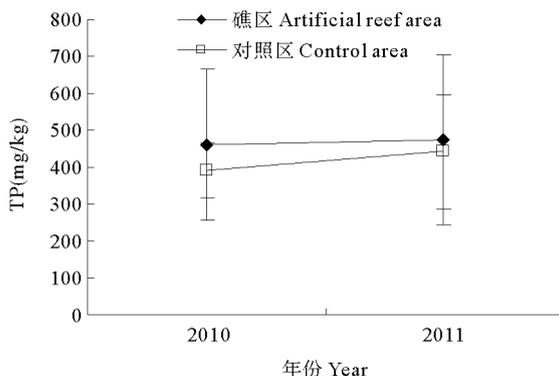


图 5 投礁第 1 年和第 2 年沉积物中 TP 含量变化

Fig. 5 Variation of TP content in sediment of artificial reef during 2010-2011

2.2.3 TOC

沉积物中 TOC 平均含量变化为,投礁区 TOC 含量变化表现为逐渐降低的趋势,而对照区表现为先降低后升高的变化趋势,且 3 次调查结果均为对照区高于投礁区。方差分析表明,2009 年 7 月、2010 年 7 月和

2011 年 7 月投礁区和对照区沉积物中 TOC 含量均无显著性差异($P>0.05$)(图 6)。

2010 年与 2011 年 TOC 平均含量比较发现,投礁区和对照区均为 2010 年高于 2011 年,但 2010 年和 2011 年,投礁区和对照区沉积物中 TOC 含量均无显著性差异($P>0.05$)(图 7)。

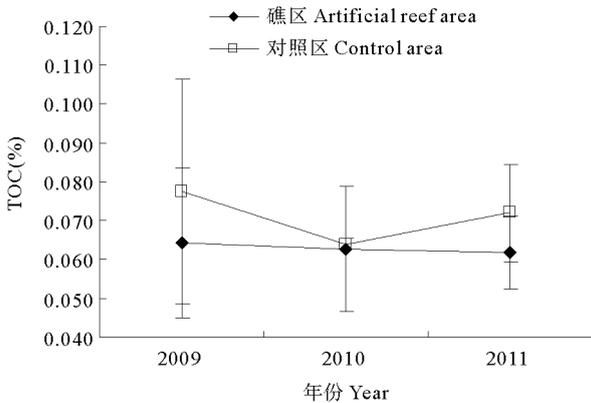


图 6 投礁前后沉积物中 TOC 含量变化

Fig. 6 Variation of TOC content in sediment before and after administration of artificial reef

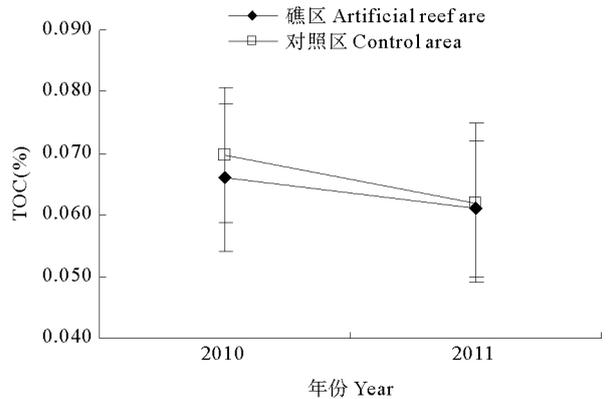


图 7 投礁第 1 年和第 2 年沉积物中 TOC 含量变化

Fig. 7 Variation of TOC content in sediment of artificial reef during 2010-2011

2.2.4 硫化物

2009~2011 年沉积物中硫化物含量变化为:投礁后礁区硫化物平均含量呈现逐年降低的变化趋势,而对照区含量则与之相反,呈现逐年上升的趋势,3 次调查均为投礁区平均含量高于对照区,但投礁区和对照区硫化物含量均无显著性差异($P>0.05$)(图 8)。

2010 年与 2011 年硫化物平均含量比较发现,投礁区为 2010 年高于 2011 年,对照区相反,两年中硫化物平均含量均为投礁区高于对照区。方差分析表明,2010 年和 2011 年,投礁区和对照区硫化物含量均无显著性差异($P>0.05$)(图 9)。

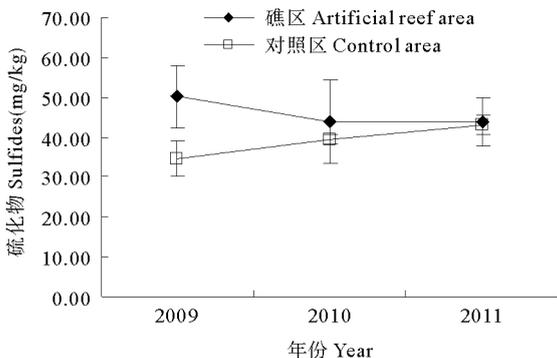


图 8 投礁前后沉积物中硫化物含量变化

Fig. 8 Variation of sulfides content in sediment before and after administration of artificial reef

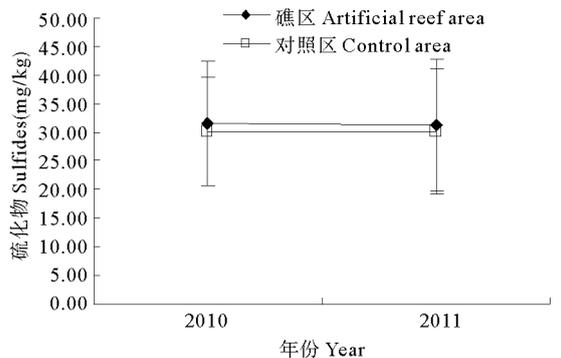


图 9 投礁第 1 年和第 2 年沉积物中硫化物含量变化

Fig. 9 Variation of sulfides content in sediment of artificial reef during 2010-2011

3 讨论

沉积物中 N、P 在海洋生态系统中具有重要意义。N 的变化是准确理解沉积物-水体系统中 N 地球化学循环及其环境影响的前提(韩博平等 2006)。磷是生命有机体所必需的宏量元素之一,在水体富营养化过程中

起着关键作用,当环境条件发生变化时,沉积磷可再次释放到水体中(Richardson *et al.* 1985; Sims *et al.* 1998; Kenney *et al.* 2002)。而释放到水体中的 N 和 P 会影响到浮游植物等初级生产者,进而影响浮游动物等更高一级的生物。人工鱼礁投放后,鱼礁在海底的堆放改变了海水的流态,在礁体的前侧产生了滞流和紊流,后侧产生了涡流和流影,在礁体的涡流和流影一侧,海水由于压力减少而向上涌升(张怀慧等 2001),使得累积于沉积物中的 N 和 P 随着上升流而重新释放于水体中,并转变为能够重新被浮游植物所能利用的形态,从而也使得礁区沉积物中的 TN 和 TP 有所降低。

章守宇等(2006)对海州湾人工鱼礁海域的生态环境研究时发现,人工鱼礁产生的上升流将沉积于底泥的氮营养盐携带至上层,使鱼礁区的海水由氮限制转变为磷限制。作者在调查时发现,沉积物中的 TN 含量呈现逐年降低,而 TP 呈逐渐升高的变化趋势,这一结论与之前学者的研究略有区别。TN 含量降低的原因可能与之前学者提到的上升流有关,沉积物中的氮营养盐随着上升流而重新释放于水体中,从而使得沉积物中 TN 含量降低、而沉积物中 TP 含量降低可能是由复杂的水动力条件和极不稳定的沉积环境引起的(段丽琴 2011)。通过投放人工鱼礁,礁区沉积物中 TN 降低、TP 升高,从而使沉积物中 P 元素缺乏有所缓解,说明人工鱼礁对沉积环境有所改善。

沉积物中 TOC 含量分析发现,投礁区 TOC 含量呈现逐年降低的变化趋势,而对照区 TOC 含量表现为先降低后升高的变化趋势,所有调查月份 TOC 含量均为对照区高于投礁区。沉积物中硫化物调查发现,虽然投礁区硫化物含量高于对照区,但其主要原因是 2009 年 7 月投礁前本底调查时投礁区硫化物含量远远高于对照区,导致 2010 年和 2011 年调查中硫化物的含量也均是投礁区高于对照区。但投礁区硫化物含量呈逐年降低的变化趋势,2009 年 7 月含量最高,2011 年含量最低,而对照区硫化物含量则为逐年升高的变化趋势。投礁区和对照区硫化物含量的差距在 2009 年 7 月最大,2010 年 7 月和 2011 年 7 月差距越来越小,2011 年 7 月两个区域中硫化物含量基本相同。而投礁区沉积物中硫化物含量的降低表明了沉积环境的改善,从而也可以说明,人工鱼礁的投放对环境具有改善的作用。投礁区沉积物中 TOC 和硫化物含量降低的原因可能也是由于礁体产生上升流,使沉积物中的有机物和硫化物释放于水体中,从而使 TOC 和硫化物含量降低。

投礁前后调查海域沉积物类型没有改变,但沉积物粒径发生了微小变化。投礁后的 2010 年 7 月调查发现,沉积物中值粒径和平均粒径均要高于投礁前 2009 年 7 月调查数据,且投礁区粒径要大于对照区,引起这种变化的原因可能也与之前提到的礁体投放后产生的上升流有关。

参 考 文 献

- 李秀辰,崔引安,雷衍之. 1998. 水产养殖环境工程技术的研究展望. 中国农业大学学报, 3(4): 59-62
- 张怀慧,孙 龙. 2001. 利用人工鱼礁工程增殖海洋水产资源的研究. 资源科学, 23(5): 6-10
- 郑习健. 1994. 珠江广州河段底泥中汞铜铅的污染及其与有机质硫化物积累的关系. 热带亚热带土壤科学, 3(3): 132-137
- 段丽琴. 2011. 渤海湾与长江口稀有元素生物地球化学特征与沉积环境演变分析. 北京: 中国科学院研究生院博士研究生学位论文
- 章守宇,张焕君,焦俊鹏,李曰嵩,朱孔文. 2006. 海州湾人工鱼礁海域生态环境的变化. 水产学报, 30(4): 475-480
- 韩博平,石秋池,陈文祥. 2006. 中国水库生态学与水质管理研究. 北京: 科学出版社
- Ebina J, Tsutsui T, Shirai T. 1983. Simultaneous determination of total nitrogen and total phosphorus in water using peroxodisulfate oxidation. *Water Res* 17(12): 1721-1726
- Gao XL, Chen SY, Long AM. 2008. Composition and sources of organic matter and its solvent extractable components in surface sediments of a bay under serious anthropogenic influences; Daya Bay, China. *Mar Poll Bull* 56(6): 1066-1075
- Kenney WF, Waters MN, Schelske CL, Brenner M. 2002. Sediment records of phosphorus-driven shifts to phytoplankton dominance in shallow Florida Lakes. *J Paleolimnol* 27(3): 367-377
- Richardson CJ. 1985. Mechanisms controlling phosphorus retention capacity in freshwater wetlands. *Science* 228(4706): 1424-1427
- Sims JT, Simard RR, Joern BC. 1998. Phosphorus loss in agricultural drainage historical perspective and current research. *J Environ Qual* 27: 277-293