

DOI: 10.13718/j.cnki.xdzk.2017.10.002

长江上游江津段河岸带对陆源氮磷的 拦截作用研究^①

李 锐, 牛江波, 杨 超, 向繁国, 姚维志

西南大学 动物科技学院/渔业资源与环境研究中心/水产科学重庆市重点实验室, 重庆 400716

摘要: 2013 年 1 月至 2014 年 1 月对长江上游江津段德感坝河岸带进行了 1 年调查, 结果表明, 该河岸带能有效拦截来自陆地的氮、磷物质, 其中对总氮的拦截率为 45.05%, 土壤拦截量占 87.99%, 植被拦截量占 12.01%; 对总磷的拦截率为 20.27%, 土壤拦截量占 98.40%, 植被拦截量占 1.60%; 不同样带土壤对氮磷的拦截作用有统计学意义。岸坡区样带砂壤土质比近水区样带砂土土质更能有效地富集氮磷元素。

关 键 词: 长江上游; 河岸带; 氮; 磷; 拦截作用

中图分类号: X522

文献标志码: A

文章编号: 1673-9868(2017)10-0011-09

河岸带处于陆地与河流的交界处, 陆地与河流之间物质、能量的交流都要经过该区域, 河岸带的土壤和植物可以通过物理及生物作用对营养物质(主要是氮磷)起到有效的过滤、吸收和转化, 从而降低水体的营养物质含量, 起到净化水质, 控制水体污染的作用^[1]。国外学者对溪流河岸带对养分的拦截转化的机理和影响因素已经有了较深刻的了解, 许多研究表明, 河岸带能有效拦截农田的氮素, 有效降低水体中的氮、磷含量^[2-5]。国内在河岸带方面的研究起步较晚, 特别是在氮、磷拦截方面的研究不够深入, 很多研究者利用自制模型模拟河岸带进行了研究, 结果表明, 河岸带能显著降低进入水中污染物毒性^[6-10]。

近年来由于缺乏管理, 很多河岸带岸坡区域被开垦为农田, 并且有逐步蔓延扩大的趋势。河岸带植被遭受到一定程度的破坏, 生态系统表现出一定程度的退化。人为耕作施肥使得一些营养物质(主要是氮磷)随着地表径流进入到河流生态系统中, 污染水质。目前鲜有长江上游河岸带相关研究文献的报道, 因此本文以德感坝河岸带为研究对象, 采用现场调查和室内分析相结合的方法, 将土壤生态学应用到河岸带的基础研究上, 深入分析河岸带土壤对农田向河流输送氮磷等污染物质的拦截作用。研究将有利于长江上游生物多样性的保护, 提高管理部门和群众对河岸带重要性的认识, 保护自然河岸带生态, 并为恢复和重建被人类活动严重破坏的河岸带提供理论依据和技术支持。

① 收稿日期: 2014-12-08

基金项目: 美国大自然保护协会(TNC)基金资助项目(NA/BEIJING/SWU092110); 农业部长江渔业资源管理委员会基金资助项目(NA/BEIJING/SWU091510)。

作者简介: 李 锐(1987-), 男, 山西原平人, 硕士研究生, 主要从事渔业环境保护的研究。

通信作者: 姚维志, 教授。

1 材料与方法

1.1 研究地点

德感坝河岸带位于长江重庆江津段左岸($106^{\circ}14'42''\sim 106^{\circ}15'11''\text{E}$, $29^{\circ}15'28''\sim 29^{\circ}15'55''\text{N}$), 与江津城区隔江相望, 属于受周期性洪水冲击形成的河谷低地, 每年汛期 6—10 月, 河岸带被水淹没. 11 月洪水退去, 河岸带逐渐露出, 河岸植被开始生长, 主要植被类型为草本植物. 该江段属于长江上游珍稀特有鱼类国家级自然保护区实验区, 是长江上游珍稀特有鱼类重要的栖息水域.

1.2 采样点的布设

研究区域内样带的选取主要依据到水陆边界的距离、植物丰富度以及河岸带遭受人为干扰程度的不同来划分. 将研究区域从农田到近水区按梯度划分为 4 条典型样带, 分别编号为 A,B,C,D, 每条样带大致与河岸平行, 互相间隔约 150 m; 在每一条样带上, 相隔约 400 m 设置平行采样点 3 个, 共计 12 个采样点, 对设置的每个采样点 GPS 定位. 由于每次采样均将样方内植物全部采集, 因此每月采样样方均在采样点周围重新布设, 样方位置差异在 5 m 以内. 采样点布局如图 1.

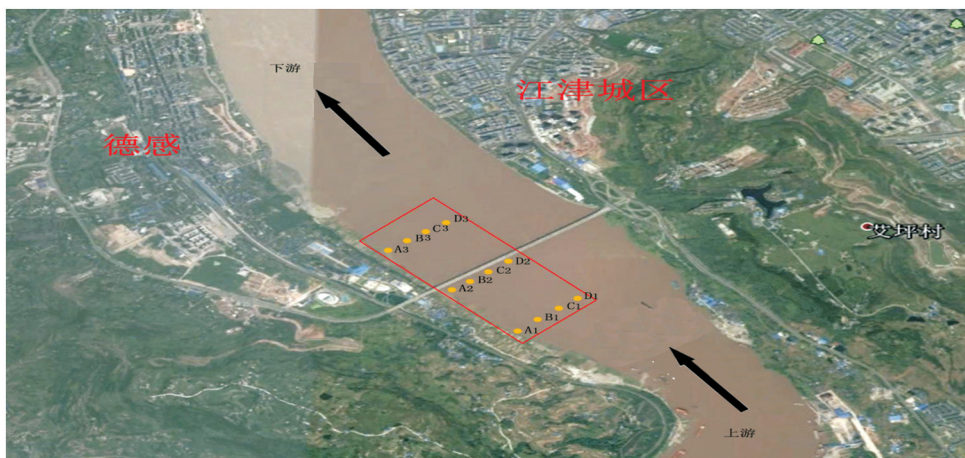


图 1 德感坝河岸带采样点示意图

1.3 样品采集与处理

1.3.1 植物样品的采集与处理

德感坝河岸带植被以草本植物为主, 设置样方面积为 $3\times 3\text{ m}^2$, 挖取各样方内植株用密封袋保存带回实验室. 在调查的同时记录各样点的海拔高度、地貌及土壤类型等环境因子, 德感坝河岸带自然状况如表 1. 回实验室后将样本取出, 放入 $80\sim 90\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的鼓风烘箱中烘 $15\sim 30\text{ min}$ (松软组织烘 15 min , 致密坚实的组织烘 30 min), 然后降温至 $60\sim 70\text{ }^{\circ}\text{C}$, 逐尽水分. 干燥时间需视新鲜样品含水量而定, 通常为 $12\sim 24\text{ h}$, 经过上述处理后, 再将烘干的植物样品在植物粉碎机中进行磨碎处理, 每个样方内全部植物一起粉碎, 然后通过 $0.5\sim 1\text{ mm}$ 孔径筛子, 用四分法取得适量的分析样品, 多余样品用密封袋干燥保存备用^[11]. 植株全氮的测定采用硫酸—过氧化氢消煮, 蒸馏法^[11]; 植株全磷的测定采用硫酸—过氧化氢消煮, 钼蓝比色法^[11]; 每个测定因子各重复 2 次, 取平均值.

1.3.2 土壤样品的采集与处理

与植物选用同一样方, 取 $10\times 10\text{ cm}^2$, 深度 $0\sim 20\text{ cm}$ 土样, 现场称取 500 g , 混合均匀装入密封袋, 编号并带回实验室处理. 全氮用半微量凯氏法测定^[11]; 全磷测定采用氢氧化钠熔融钼蓝比色法^[11]; 碱解氮用碱解扩散法测定^[11]; 有效磷用 0.5 mol/L 的碳酸氢钠提取土壤样品后, 用钼蓝比色法测定^[11]; 每个测定因子各重复 2 次, 取平均值.

表 1 德感坝河岸带自然状况

编号	土壤质地	生境概括	地表植被优势种
样带 A	砂壤土	岸坡区域,靠近农田,地表植被茂盛,受人为影响较大,土质保水性好	野青茅 <i>Deyeuxia arundinacea</i> , 假稻 <i>Leersia japonica</i> , 狗牙根 <i>Cynodon dactylon</i> , 秋华柳 <i>Salix variegata</i>
样带 B	砂壤土	河岸带中部,地表植被丰富,砂壤混合土质,保水性一般,少量鹅卵石	野青茅, 狗牙根, 尼泊尔蓼 <i>Polygonum nepalense</i>
样带 C	砂土	河岸带中部,地表植被丰富,保水性差,大量鹅卵石	披散问荆 <i>Equisetum diffusum</i> , 水麦冬 <i>Trielochin palustre</i>
样带 D	砂土	靠近水域,植被种类少,大量鹅卵石,受水体影响大	水麦冬

1.4 数据分析

数据、图表使用 Word2010, Excel2010 和 SPSS20.0 进行处理,统计分析运用单因素方差分析、相关性分析和 Duncan 多重比较。

2 结果与分析

2.1 德感坝河岸带土壤对陆源氮的拦截作用

2.1.1 德感坝河岸带土壤总氮储量的时空差异

每月德感坝河岸带不同样带土壤总氮储量差异有统计学意义. 样带 A 与样带 C, 样带 D 每月差异有统计学意义. 样带 A 总氮储量值最高, 样带 C 储量值最低, 样带 D 由于靠近水体, 其土壤含氮量受到水体一定的补偿作用, 导致含氮量有所回升. 土壤总氮储量由多到少均表现为 A,B,D,C.

随着季节的更替以及汛期洪水的淹没, 使得不同样带土壤总氮储量出现了波动. 1—3 月 A 样带土壤总氮储量持续降低, 其余各样带均较为稳定, 这是因为 A 样带植物生长茂盛, 需要从土壤中吸收大量的氮, 而其他样带此时植物密度很低. 3—5 月各样带土壤总氮质量分数均出现增长的趋势, 因为此时河岸植物大量生长, 导致地表枯落物丰富, 有机质分解, 对土壤中氮素进行了补充. 6—10 月的洪水淹没, 使得 A,B 样带土壤氮储量有明显的上升, 达到了周年最大值, 其中 A 样带总氮储量为 155.46 g/m²; B 样带总氮储量为 125.23 g/m². 而 C,D 样带却无较大波动, 这是因为 A,B 样带土质为砂壤土, 相比较 C,D 样带的砂土更能有效的富集营养元素, 另外地表植被丰富, 对洪水中营养物质也能起到一定的拦截作用. 而 C,D 样带为砂土土质, 并且地表植物稀少, 拦截作用小, 洪水中营养物质没有得到有效富集. 之后各样带土壤总氮质量分数均有所下降, 可能与地表径流流失有关, 见表 2.

表 2 德感坝河岸带土壤总氮储量

取样时间	样带 A	样带 B	样带 C	样带 D	F 值	拦截率/%
2013.01	130.92±24.43a	72.65±12.24b	56.09±2.69b	62.73±6.9b	17.54**	52
2013.02	117.55±9.54a	83.18±7.97b	60.52±6.81c	73.91±5.92bc	30.20**	37
2013.03	103.33±3.83a	91.67±17.21a	58.16±4.90b	56.60±4.61b	18.86**	45
2013.04	127.17±29.54a	80.85±3.40b	69.97±1.50b	88.34±10.32b	7.49*	31
2013.05	144.32±31.78a	87.92±4.14b	67.66±4.14b	82.23±1.71b	12.96**	43
2013.11	155.46±57.00a	125.23±25.10ab	73.09±5.34b	83.11±8.13b	4.41*	47
2013.12	118.31±4.34a	99.22±16.10ab	72.56±7.68b	78.66±7.76b	13.09**	34
2014.01	113.30±11.41a	80.20±7.99ab	55.25±19.69b	60.89±6.04b	13.32**	46
平均值	126.30	90.11	64.16	73.31		42

注: 结果用平均数±标准差表示, NS 表示差异无统计学意义($p>0.05$), * 表示差异有统计学意义($p<0.05$), ** 表示差异有统计学意义($p<0.01$); 小写字母为多重比较(t 检验法), 相同字母表示差异无统计学意义($p>0.05$), 不同字母表示差异有统计学意义($p<0.05$).

由表 2 可知,德感坝河岸带土壤对总氮拦截率为 31%~52%,平均拦截率为 42%.

2.1.2 德感坝河岸带土壤碱解氮储量的时空差异

全年监测中,只有 12 月不同样带间无统计学意义,其他月份不同样带间有统计学意义. 土壤中碱解氮储量表现出与总氮储量相同的变化趋势,A,B 样带季节波动性较大,而 C,D 样带较为稳定. 汛期洪水淹没使得 A,B 样带土壤的碱解氮质量分数达到周年最大值,分别为 14.99 g/m² 和 12.33 g/m². 1—3 月 A,B 样带土壤碱解氮持续减少与植物的吸收利用有关,3—5 月持续的增长是因为植物生长茂盛,地表枯落物形成的有机质分解对土壤氮进行了补充,并且 A 样带得到人为耕作施肥对氮的补充. C,D 样带一直处于较稳定的状态,是因为地表植被稀少,植物对土壤中氮吸收量少,加之从地表径流中得到一些从岸坡农田区域补充的氮,因此无较大波动. 由表 3 可知,德感坝河岸带土壤对碱解氮拦截率为 17%~55%,平均拦截率为 41%.

表 3 德感坝河岸带土壤碱解氮储量

取样时间	样带 A	样带 B	样带 C	样带 D	F 值	拦截率/%
2013.01	13.28±1.21a	8.81±1.14b	6.98±0.51b	7.61±1.18b	21.84**	43
2013.02	11.92±3.24a	8.46±0.19ab	5.90±0.20b	6.96±2.07b	5.58*	42
2013.03	9.10±1.49a	7.82±1.58ab	6.47±0.99b	6.07±1.19b	3.21*	33
2013.04	9.99±0.90a	7.04±1.52b	5.41±1.20b	6.63±1.19b	7.55*	34
2013.05	13.16±2.65a	9.18±1.12ab	7.00±1.15b	7.72±1.30b	8.00**	41
2013.11	14.99±4.59a	12.33±2.24a	6.64±1.12b	7.04±0.30b	7.28*	53
2013.12	8.73±1.60a	8.77±2.33a	6.38±0.40a	7.21±1.14a	1.78NS	17
2014.01	9.38±1.80a	6.04±0.29b	3.78±0.54c	4.21±0.79bc	18.32*	55
平均值	11.32	8.56	6.07	6.68		41

注:结果用平均数±标准差表示,NS 表示差异无统计学意义($p>0.05$),* 表示差异有统计学意义($p<0.05$),** 表示差异有统计学意义($p<0.01$);小写字母为多重比较(t 检验法),相同字母表示差异无统计学意义($p>0.05$),不同字母表示差异有统计学意义($p<0.05$).

2.2 德感坝河岸带土壤对陆源磷的拦截

2.2.1 德感坝河岸带土壤总磷储量的时空差异

从表 4 可以看出全年不同样带间土壤总磷差异有统计学意义. A 样带土壤的总磷储量最高,主要是因为人为耕作导致土质条件更有利于富集磷. C 样带总磷储量最低, D 样带由于靠近水体,其土壤磷储量受到水体一定的补偿作用,导致磷储量有所回升. 土壤总磷储量表现由多到少为 A,D,B,C. B,C,D 样带相对于 A 样带总磷储量依次减少了 20.58%,32.98%,20.02%;各样带总磷储量周年变化无较大波动,这是因为磷的生物地球化学循环属沉积型循环,生态系统中磷的主要来源不是生物作用,而是源于缓慢的矿物岩石风化作用. 磷在土壤中的难溶性和难移动性使得在大多数自然生态系统内磷的流失量很低. 其中 A,B 样带总磷储量高于 C 样带是因为砂壤土对于营养物质的富集要强于砂土, D 样带受到水体磷补偿作用,因此也保持较高的磷储量. 由表 4 可知,德感坝河岸带土壤对总磷拦截率为 12%~25%,平均拦截率为 20%.

2.2.2 德感坝河岸带土壤有效磷储量的时空差异

全年监测中,只有 11 月份不同样带间差异无统计学意义,其他月份不同样带间差异有统计学意义. 土壤有效磷储量由大到小均表现为 A,D,B,C. 各样带土壤有效磷储量在 1—5 月基本保持较为稳定的趋势,小幅的波动可能是由于植物生长吸收导致的. 在汛期洪水淹没过后, A 样带的有效磷质量分数有显著降低,其他各样带均保持较为稳定. 全年 A 样带有效磷质量分数显著高于 BCD 样带,这可能与人为耕作导致土质

条件更利于磷的富集有关. 水体的磷补偿作用使得位于近水区的 D 样带依然表现出较高的有效磷质量分数. 由表 5 可知, 德感坝河岸带土壤对有效磷拦截率为 18%~56%, 平均拦截率为 40%.

表 4 德感坝河岸带土壤总磷储量

取样时间	样带 A	样带 B	样带 C	样带 D	<i>F</i> 值	拦截率/%
2013. 01	294. 29±15. 34a	217. 86±14. 03b	185. 61±4. 88c	225. 57±3. 01b	53. 91* *	23
2013. 02	277. 41±15. 97a	232. 72±4. 17b	198. 47±8. 49c	223. 73±7. 98bc	31. 85* *	19
2013. 03	298. 35±13. 20a	228. 49±6. 87b	191. 40±2. 45c	223. 23±11. 89b	66. 09* *	25
2013. 04	293. 73±26. 71a	217. 18±19. 23b	195. 13±3. 74b	226. 31±4. 00b	19. 46* *	23
2013. 05	288. 64±25. 74a	226. 86±21. 35b	189. 97±15. 59b	225. 45±6. 94b	14. 31* *	22
2013. 11	261. 80±28. 64a	249. 77±31. 73a	180. 36±8. 77b	230. 74±2. 71ab	8. 09* *	12
2013. 12	265. 20±22. 55a	209. 8±13. 65bc	175. 77±15. 07c	227. 11±6. 15ab	17. 30* *	14
2014. 01	259. 27±14. 47a	195. 37±5. 33bc	183. 79±12. 20c	208. 50±3. 11b	33. 51*	20
平均值	279. 84	222. 26	187. 56	223. 83		20

注: 结果用平均数±标准差表示, NS 表示差异无统计学意义($p>0.05$), * 表示差异有统计学意义($p<0.05$), * * 表示差异有统计学意义($p<0.01$); 小写字母为多重比较(t 检验法), 相同字母表示差异无统计学意义($p>0.05$), 不同字母表示差异有统计学意义($p<0.05$).

表 5 德感坝河岸带土壤有效磷储量

取样时间	样带 A	样带 B	样带 C	样带 D	<i>F</i> 值	拦截率/%
2013. 01	1. 58±0. 07a	0. 68±0. 10c	0. 58±0. 11c	0. 93±0. 05b	77. 33* *	41
2013. 02	1. 67±0. 11a	0. 69±0. 15b	0. 64±0. 14b	0. 90±0. 15b	35. 08* *	46
2013. 03	1. 51±0. 13a	0. 72±0. 08b	0. 48±0. 10c	0. 67±0. 06b	68. 63*	56
2013. 04	1. 50±0. 10a	0. 74±0. 07bc	0. 61±0. 12c	0. 86±0. 04b	62. 10*	43
2013. 05	1. 57±0. 07a	0. 75±0. 03bc	0. 56±0. 13c	0. 79±0. 07b	91. 63* *	50
2013. 11	1. 28±0. 38a	0. 90±0. 32a	0. 79±0. 09a	0. 97±0. 20a	1. 79NS	24
2013. 12	1. 22±0. 16a	0. 65±0. 30b	0. 66±0. 21b	1. 00±0. 23ab	4. 49*	18
2014. 01	1. 64±0. 20a	0. 59±0. 13c	0. 69±0. 35bc	1. 06±0. 06b	15. 08*	36
平均值	1. 50	0. 71	0. 63	0. 90		40

注: 结果用平均数±标准差表示, NS 表示差异无统计学意义($p>0.05$), * 表示差异有统计学意义($p<0.05$), * * 表示差异有统计学意义($p<0.01$); 小写字母为多重比较(t 检验法), 相同字母表示差异无统计学意义($p>0.05$), 不同字母表示差异有统计学意义($p<0.05$).

2.3 德感坝河岸带植被对陆源氮、磷的拦截效果

在许多河岸带中, 植物的生长状况是影响其吸收土壤中营养物质的主要因子, 因而植物生物量与植物吸收土壤氮磷效率之间可能存在一定的相关性, 见表 6. 根据对调查数据的统计分析, 发现德感坝河岸带植物的生物量与植物吸收土壤中氮磷的效率之间存在显著的线性关系.

植物生物量(B , g/m^2)与植物吸收土壤总氮效率(N , mg/m^2)的回归方程为

$$N = 8.470\ 6B + 423.07 \qquad n = 32, r = 0.977\ 9, p < 0.05$$

植物生物量(B , g/m^2)与植物吸收土壤总磷效率(P , mg/m^2)的回归方程为

$$P = 1.144\ 9B + 16.624 \qquad n = 32, r = 0.987\ 5, p < 0.05$$

德感坝河岸带属于草地河岸带, 不同样带植物对土壤氮磷的吸收转化作用也有明显差异. 样带 A 与其他样带全年差异有统计学意义. 位于岸坡区域的 A 样带植物对土壤中总氮和总磷吸收量的周年平均值最

大, 分别达到 7 376.32 mg/m² 和 915.37 mg/m², 逐渐靠近水岸区域, 由于植物生物量的减少, 其对土壤氮磷的吸收量也逐渐减少, 德感坝河岸带植被对总氮的拦截率为 97.73%~98.81%, 平均拦截率为 97.96%, 见表 7; 对总磷的拦截率为 98.29%~99.34%, 平均拦截率为 98.69%, 见表 8.

表 6 德感坝河岸带植被生物量

取样时间	样带 A	样带 B	样带 C	样带 D
2013.01	228.83±30.01	79.8±8.36	6.5±0.70	3.13±0.65
2013.02	407.35±18.31	142.57±12.06	9.55±0.57	4.17±0.35
2013.03	825.38±124.97	293.33±29.63	18.16±1.50	14.97±1.43
2013.04	1 498.41±255.06	434.23±24.66	34.56±3.51	26.02±3.45
2013.05	2 114±219.69	731.76±72.60	54.98±3.44	35.86±3.25
2013.11	148.87±10.18	52.33±1.45	4.8±0.20	2.67±0.32
2013.12	176.13±15.90	62.2±1.35	5±0.10	2.97±0.15
2014.01	219.97±18.40	78.83±4.73	5.83±0.25	3.47±0.42

表 7 德感坝河岸带植被总氮储量

取样时间	样带 A	样带 B	样带 C	样带 D	F 值	拦截率/%
2013.01	3 172.22±914.89a	1 077.95±65.27b	115.15±23.06c	57.03±10.65c	30.18*	98.20
2013.02	5 405.33±544.63a	1 728.28±511.84b	169.23±19.82c	64.47±7.79c	133.57*	98.81
2013.03	9 938.93±3 346.08a	3 147.04±127.12b	217.85±16.35b	209.09±32.66b	22.52**	97.90
2013.04	14 042.21±2 728.06a	3 811.71±183.56b	309.19±44.82c	307.22±93.42c	67.65*	97.81
2013.05	16 977.89±4 509.84a	4 723.26±472.87b	473.13±46.77b	385.13±112.82b	35.71**	97.73
2013.11	2 901.58±490.58a	1 018.32±66.77b	93.51±9.09c	52.18±7.40c	87.01**	98.20
2013.12	2 937.28±616.56a	995.78±269.83b	101.79±10.48c	55.41±4.36c	48.12*	98.11
2014.01	3 638.28±727.34a	1 132.63±82.46b	111.78±11.60c	72.03±6.13c	62.69**	98.02
平均值	7 376.32	2 204.37	198.95	150.32		97.96

注: 结果用平均数±标准差表示, NS 表示差异无统计学意义($p>0.05$), * 表示差异有统计学意义($p<0.05$), * * 表示差异有统计学意义($p<0.01$); 小写字母为多重比较(t 检验法), 相同字母表示差异无统计学意义($p>0.05$), 不同字母表示差异有统计学意义($p<0.05$).

表 8 德感坝河岸带植被总磷储量

取样时间	样带 A	样带 B	样带 C	样带 D	F 值	拦截率/%
2013.01	371.43±117.75a	99.90±12.29b	8.31±2.18b	3.64±1.08b	25.58**	99.02
2013.02	617.29±112.69a	164.21±18.68b	12.31±1.34c	4.09±1.00c	76.31*	99.34
2013.03	1 155.60±232.25a	303.19±107.12b	13.03±2.52c	13.29±5.98c	53.55*	98.85
2013.04	1 932.90±503.80a	389.46±131.17b	21.44±3.88b	22.42±14.22b	36.71*	98.84
2013.05	2 288.88±880.44a	647.88±162.14b	34.52±2.10b	39.11±26.98b	16.93**	98.29
2013.11	262.37±24.44a	89.59±7.76b	7.72±1.91c	3.65±0.64c	265.73**	98.61
2013.12	287.33±76.06a	76.62±21.20b	8.50±0.74b	4.18±0.62b	34.04**	98.54
2014.01	407.13±95.39a	107.08±7.33b	9.29±0.98c	5.60±1.33c	46.91*	98.62
平均值	915.37	234.74	14.39	12		98.69

注: 结果用平均数±标准差表示, NS 表示差异无统计学意义($p>0.05$), * 表示差异有统计学意义($p<0.05$), * * 表示差异有统计学意义($p<0.01$); 小写字母为多重比较(t 检验法), 相同字母表示差异无统计学意义($p>0.05$), 不同字母表示差异有统计学意义($p<0.05$).

2.4 德感坝河岸带对陆源氮、磷的拦截效果

德感坝河岸带对总氮的拦截率为 45.05%，其中土壤拦截量占 87.99%，拦截率为 41.96%；植被拦截量占 12.01%，拦截率为 97.97%。对总磷的拦截率为 20.27%，其中土壤拦截量占 98.40%，拦截率为 20.02%；植被拦截量占 1.60%，拦截率为 98.70%，见表 9。

表 9 德感坝河岸带氮磷总储量

	样带 A	样带 B	样带 C	样带 D	拦截率/%	拦截量百分比/%
土壤 N	126.30	90.11	64.16	73.31	41.96	87.99
植被 N	7.38	2.20	0.20	0.15	97.97	12.01
总氮	133.68	92.31	64.36	73.46	45.05	
土壤 P	279.84	222.26	187.56	223.83	20.02	98.40
植被 P	0.92	0.23	0.014	0.012	98.70	1.60
总磷	280.76	222.49	187.574	223.842	20.27	

3 讨 论

3.1 河岸带拦截陆源氮、磷的作用机理

河岸带土壤和植被可以通过一系列物理的、化学的、生物的作用截留过滤、吸收转化从相邻陆地向河流传输的氮和磷^[12]。本研究通过对德感坝河岸带土壤氮磷储量的测定，以及植物对土壤氮磷的吸收含量测定，分析发现土壤和植物均能够有效截留相邻农田输入的氮和磷，这些研究结论与国内外已有的研究结果相似，只是由于地形、植被、土壤等类型的不同，在截留量上有所不同^[12]。

地表径流中的氮素，主要是通过沉积和渗透等作用实现拦截，Magette 等^[13]发现河岸带可截获地表径流中 66%的颗粒物，而渗透到土壤中和地下水中的氮素则是通过植物吸收、微生物固定、反硝化作用及土壤吸附等过程实现截留转化^[14]。本研究德感坝河岸带对总氮的拦截率为 45.05%，其中土壤对氮素的拦截率为 20.02%，植被对氮素拦截率达到 97.97%。土壤的拦截量占河岸带总拦截量的 87.99%，而植被的拦截量只有 12.01%。实验结果表明河岸带对陆源氮的拦截以土壤作用为主，但植被的拦截效率更高。Lowrance 等^[3]的研究表明森林河岸缓冲带和草地河岸缓冲带能转化农田径流中氮素的 68%和 48%；Delgado 等^[15]和 Heathwaite 等^[5]的研究表明，草地河岸缓冲带对 TN 的平均去除率为 70%~95%；王磊等^[16]通过对扎龙湿地缓冲带的采样分析发现，湿地缓冲带对 TN 的去除率达到了 74.1%。不同河岸带之间氮素拦截效率存在较大差异，主要受到河岸带植被状况、土壤特征、河岸带宽度、地下水位及其它因素的影响^[12]。

河岸带土壤中的磷素主要来源于岩石的风化释放、施肥、凋落物的归还等^[18]。颗粒态磷主要通过过滤作用被拦截，可溶性磷主要是依靠土壤吸附和植物吸收。本研究德感坝河岸带对总磷的拦截率为 20.27%，其中土壤对磷素的拦截率为 41.96%，植被对磷素拦截率达到 98.70%。土壤的拦截量占河岸带总拦截量的 98.40%，而植被的拦截量只有 1.60%。实验结果表明河岸带对陆源磷的拦截跟氮结果一样，以土壤作用为主，但植被的拦截效率更高。Delgado 等^[15]和 Heathwaite 等^[5]的研究发现草地河岸缓冲带对 TP 的平均去除率为 70%~98%，王磊等^[16]对湿地缓冲带研究结果为对总磷的去除率达到了 84.6%。河岸带只能通过植被吸收和土壤吸附作用把磷储存在缓冲区，因此一段时间后缓冲带去除磷的效率会下降，时间长了可能会被磷饱和，随后缓冲带逐渐将磷释放到河流中去。因此，要想避免磷进入水体，则需要对植物进行定期的收割^[18]。

3.2 河岸带拦截陆源氮、磷效率的影响因素

河岸缓冲带对氮、磷等营养元素的截留转化受各种因素的影响，如河岸缓冲带的宽度、河岸缓冲带的

水文情况、土壤情况、植物生长情况、季节变化情况以及人为活动情况^[12]. 本研究发现, 河岸带对氮、磷的拦截效率与土壤情况、植物生长情况密切相关. 5 月份河岸带各样带植物生物量均达到最大值, A,B,C,D 各样带植物对土壤总氮的吸收量达到最大值, 分别为 $16\,977.89\text{ mg/m}^2$, $4\,723.26\text{ mg/m}^2$, 473.13 mg/m^2 , 385.13 mg/m^2 . 对土壤总磷的吸收也达到最大值, 分别为 $2\,288.88\text{ mg/m}^2$, 647.88 mg/m^2 , 34.52 mg/m^2 , 39.11 mg/m^2 . 季节性差异也很明显. 这与 Schwer 和 Clausen^[19]的研究结果一致. 生长季节河岸带的截留量最大, 而融雪时期的截留量最小.

综上所述, 为了提高河岸带对农田向水体输入氮磷的拦截作用, 我们可以保护或者恢复河岸带植被, 改善土壤性质, 不但能防止水体富营养化的发生, 还起到防止水土流失, 防洪护岸, 美化景观, 维持河岸带生物多样性等作用.

参考文献:

- [1] PETERJOHN W T, CORRELL D L. Nutrient Dynamics in an Agricultural Watershed: Observations on the Role of a Riparian Forest [J]. Ecology, 1984, 65(5): 1466—1475.
- [2] COOPER A B. Nitrate Depletion in the Riparian Zone and Stream Channel of a Small Headwater Catchment [J]. Hydrobiologia, 1990, 202(1): 13—26.
- [3] LOWRANCE R R, TODD R L, FAIL J, et al. Riparian Forests as Nutrient Filters in Agricultural Watersheds [J]. Bioscience, 1984, 34(8): 374—377.
- [4] DABNEY L D. Depositional Patterns of Sediment Trapped by Grass Filter Strips During Simulated [J]. Transactions of the American Society of Agricultural Engineers, 1995, 38(6): 1719—1729.
- [5] HEATHWAITE A L, GRIFFITHS P, PARKINSON R J. Nitrogen and Phosphorus in Runoff from Grassland with Buffer Strips Following Application of Fertilizers and Manures [J]. Soil Use and Management, 2006, 14(31): 142—148.
- [6] 唐 浩, 黄沈发, 王 敏, 等. 不同草皮缓冲带对径流污染物的去除效果试验研究 [J]. 环境科学与技术, 2009, 32(2): 109—112.
- [7] 钱 进, 王 超, 王沛芳, 等. 坡度对入渗河岸带表土层氮素截留效果的影响 [J]. 河海大学学报(自然科学版), 2001, 39(5): 489—493.
- [8] 殷 有, 王立磊, 于立忠, 等. 河岸带对面源污染物的消减效果研究 [J]. 北方园艺, 2011, 14: 89—91.
- [9] 邓焕广, 王东启, 陈振楼, 等. 上海城市河岸带对降雨径流氮垂直去除研究 [J]. 长江流域资源与环境, 2013, 22(8): 1064—1071.
- [10] 何仁江, 江 韬, 木志坚, 等. 三峡库区典型农业小流域土壤系统氮磷收支研究 [J]. 西南大学学报(自然科学版), 2011, 33(5): 95—101.
- [11] 张 韪. 土壤·水·植物理化分析教程 [M]. 北京: 中国林业出版社, 2011.
- [12] 汤家喜, 孙丽娜, 孙铁珩, 等. 河岸缓冲带对氮磷的截留转化及其生态恢复研究进展 [J]. 生态环境学报, 2012, 21(8): 1514—1520.
- [13] MAGETTE W L, BRINSFIELD R B, PALMAER R E, et al. Nutrient and Sediment Removal by Vegetated Filter Strips [J]. Trans. ASAE, 1989, 32(2): 663—667.
- [14] 王庆成, 于红丽, 姚 琴, 等. 河岸带对陆地水体氮素输入的截流转化作用 [J]. 应用生态学报, 2007, 18(11): 2611—2617.
- [15] DELGADO A N, PERIAGO E L, VIQUEIRA F D F. Vegetated Filter Strips for Wastewater Purification: a Review [J]. Bioresource Technology, 1995, 51(1): 13—22.
- [16] 王 磊, 章光新. 湿地缓冲带对氮磷营养元素的去除研究 [J]. 农业环境科学学报, 2006, 25(2): 649—652.
- [17] 尹逊霄, 华 璐, 张振贤, 等. 土壤中磷素的有效性及其循环转化机制研究 [J]. 首都师范大学学报(自然科学版),

2005, 26(3): 96—101.

[18] 罗晓娟, 余勇利. 植被缓冲带结构与功能对水质的影响 [J]. 水土保持应用技术, 2006(4): 1—3.

[19] SCHWER C B, CLAUSEN J C. Vegetative Filter Treatment of Dairy Milkhouse Wastewater [J]. Journal of Environmental Quality, 1989, 18(4): 446—451.

Study on the Interception of Riparian to Nitrogen and Phosphorus at Deganba of Jiangjin in the Upper Reaches of the Yangtze River

LI Rui, NIU Jiang-bo, YANG Chao,
XIANG Fan-guo, YAO Wei-zhi

*School of Animal Science and Technology/Research Center of Fishery Resources and Environment/
Key Laboratory of Aquatic Science of Chongqing, Southwest University, Chongqing 400716, China*

Abstract: According to a year-long investigation from Jan. 2013 to Jan. 2014 at the Deganba Riparian of Jiangjin in the upper reaches of the Yangtze river, the riparian zone effectively intercepted the nitrogen and phosphorus from the land. The interception efficiency of the riparian to total nitrogen was 45.05%, of which the interception rates of the soil and the plants accounted for 87.99% and 12.01%, respectively. The interception efficiency of the riparian to total phosphorus was 20.27%, of which the interception rates of the soil and the plants accounted for 98.40% and 1.60%, respectively. The soils in different transects of the riparian varied significantly in interception of nitrogen and phosphorus. The soil in the riparian zone, which was sandy loam in texture, enriched nitrogen and phosphorus more effectively than that in the waterfront zone, which was a sandy soil.

Key words: the upper reaches of the Yangtze; riparian zone; nitrogen; phosphorus; interception

责任编辑 周仁惠

