

侶国涵,袁家富,彭成林,等. 稻虾共作模式下小龙虾养殖对水体环境的影响[J]. 江苏农业科学,2019,47(23):299-303.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.23.071

稻虾共作模式下小龙虾养殖对水体环境的影响

侶国涵¹,袁家富¹,彭成林¹,赵书军¹,贾平安²,何节红²,谢雪萍³,刘 荣⁴

(1. 湖北省农业科学院植保土肥研究所/农业农村部废弃物肥料化利用重点实验室,湖北武汉 430064;

2. 湖北省潜江市农技推广中心,湖北潜江 433199; 3. 湖北省潜江市水务局,湖北潜江 433199;

4. 湖北省潜江市农业局高石碑农技服务中心,湖北潜江 433126)

摘要:通过监测稻虾共作模式下小龙虾养殖水体中氮、磷等营养物质以及重金属含量,系统分析小龙虾养殖水体营养状况及养分排放强度、重金属污染状况。结果表明,小龙虾养殖水体营养物质含量较高,其中总氮(TN)、总磷(TP)和化学需氧量(COD)平均含量分别为 2.21、0.50、59.0 mg/L;小龙虾养殖废水排放量平均为 4 377.3 m³/hm²,其 TN、TP 和 COD 的排放强度分别为 9.7、2.2、258.3 kg/hm²。小龙虾养殖水体中 Hg 和 Cr 含量符合 GB 3838—2002《地表水环境质量标准》Ⅲ级标准,而 Cu、Zn、As 和 Cd 的含量达到了Ⅰ级标准,可见稻虾共作模式下小龙虾受水体重金属污染的风险较低。

关键词:稻虾共作模式;小龙虾;水体环境;重金属

中图分类号: X824 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)23-0299-04

稻田种养结合提高了稻田综合利用率,实现了“一水两用、一田双收、稳粮增效”,不仅有效提高了农民收益,而且有利于粮食安全、食品安全和生态安全,是实施农业供给侧改革的关键途径,已成为推动农业绿色发展和乡村振兴的主导模式^[1]。近年来,稻虾[水稻(*Oryza sativa*)—小龙虾(克氏原螯虾,*Procambarus clarkii*)]共作模式已发展成为我国长江中下游地区一种新兴的稻田种养复合生态模式,该模式被农业农村部誉为“现代农业发展的成功典范,现代农业的一次革命”^[2]。稻虾共作模式具有显著的生态、经济和社会效益,它不仅能够大幅提高能量、水、肥等的利用率,而且能够通过稻田蓄水养殖调节稻田生态系统微环境,促进稻田物质和能量的多级利用^[3]。作为农业农村部 and 多数省份农业重点推广的核心技术之一,稻虾共作模式在全国得到快速推广应用,截至 2017 年,仅湖北省已推广近 27.78 万 hm²^[4]。

稻虾共作模式具体为每年 9—10 月稻收割后,向稻田灌深水(深度 40~50 cm)进行小龙虾养殖,在翌年 3—5 月进行小龙虾饲料投喂,饵料投喂量一般为 1 800~2 250 kg/hm²,至 5 月底捕捞成熟小龙虾完毕,将稻田小龙虾养殖废水排干后,进行整地、施肥以及水稻种植等农事操作^[5]。在该模式中小龙虾产值是水稻产值的 1.7~2.6 倍,因此“重虾轻稻”的问题比较突出。为了提高小龙虾的效益,农民往往过量投放饵料,加大病害防治药物的投入,过多的投入品以及由此所产生的固液态废弃物(残饵、排泄物等)的分解,使养殖水体中富

含各种营养物质。由于稻虾共作模式在长江中下游地区面积较大,且在小龙虾养殖季结束时养殖废水排放集中,易造成氮、磷等养分集中大量排放,可能会加剧周边水域水体富营养化,破坏水体生态系统。本试验以稻虾共作模式推广的核心区域——湖北省潜江市为研究区域,通过分析稻虾共作模式下小龙虾养殖水体中营养物质含量及排放强度、重金属浓度特征等,旨在明确该模式下小龙虾养殖水体中营养物质和重金属含量状况及其对周围水域富营养化的贡献程度,为稻虾共作模式进一步推广提供数据支撑。

1 材料与方法

1.1 水样调查位点的分布

调查点共设 4 个乡镇,即潜江市浩口镇、龙湾镇、白鹭湖农场和后湖农场,每个乡镇选取 10 处采样点,每个采样点代表面积 2 hm² 以上稻田。具体分布见表 1。

1.2 水样采集及测定指标

于 2018 年 6 月即小龙虾养殖季结束,稻田排水前采集水样。所有水样均采用有机玻璃采水器于水面下 0.5 m 处采集,每个养殖稻田采集 5 个点的混合样。水样采集后分装于消毒过的聚乙烯瓶中,部分水样加 H₂SO₄ 酸化保存,所有的水样带回实验室后存放于 4℃ 下保存,于 48 h 内测定 pH 值、总氮(TN)含量、氨态氮(NH₄⁺-N)含量、硝态氮(NO₃⁻-N)含量、总磷(TP)含量、化学需氧量(COD)含量等参数;部分水样加 HNO₃ 以备用铜(Cu)、锌(Zn)、砷(As)、汞(Hg)、镉(Cd)和铬(Cr)等重金属测定。利用哈希 LDO™ 便携式溶解氧测定仪记录温度和溶氧量(DO)等参数。

1.3 分析方法

水样分析参照文献[6]方法进行,pH 值采用玻璃电极法测定;TN 含量采用碱性过硫酸钾消解紫外分光光度法测定;NH₄⁺-N 含量采用纳氏试剂比色法测定;NO₃⁻-N 含量采用酚二磺酸分光光度法测定;TP 含量采用钼酸铵分光光度法测

收稿日期:2018-09-21

基金项目:国家重点研发计划(编号:2018YFD0301305、2017YFD0301400、2016YFD0200807);湖北省农业科学院重大研发成果培育项目(编号:2017CGPY01)。

作者简介:侶国涵(1981—),男,河南濮阳人,博士,副研究员,主要从事植物营养与农业环境研究。E-mail:signuoh@qq.com。

通信作者:彭成林,硕士,副研究员,研究方向为农业生态与施肥。

E-mail:chlpeng@163.com。

表 1 小龙虾养殖稻田采样点分布

地点	经度	纬度
潜江市龙湾镇	112°43'47"~112°45'48"E	30°13'20"~30°14'07"N
潜江市白鹭湖农场	112°43'18"~112°43'21"E	30°11'05"~30°02'51"N
潜江市浩口镇	112°37'07"~112°37'24"E	30°22'21"~30°23'13"N
潜江市后湖农场	112°41'23"~112°42'2"E	30°22'28"~30°23'51"N

定;COD 含量采用重铬酸盐法测定;Cu、Zn、Cd 和 Cr 含量采用原子吸收分光光度法测定;Hg、As 含量采用原子荧光光度法测定。

1.4 水体营养物质排放强度计算

TN、TP 和 COD 排放强度 (TPF) 计算方程如下:

$$TPF_x = (C_{ex} \times V_1) / 1\,000。$$

式中: x 分别代表 TN、TP 和 COD; TPF_x 分别代表 TN、TP 和 COD 的排放强度, kg/hm²; C_{ex} 为小龙虾养殖废水中各主要营养物质质量浓度, mg/L; V_1 为小龙虾养殖结束时排水量,

m³/hm²。

1.5 水环境调查评价标准的选择

稻虾共作模式下小龙虾养殖季水环境评价标准采用 GB 3838—2002《地表水环境质量标准》Ⅰ级和Ⅲ级、GB 11607—1989《渔业水质标准》和 SC/T 9101—2007《淡水池塘养殖水排放要求》Ⅰ级和Ⅱ级, 详见表 2。

1.6 数据处理与分析

所有数据分析借助 Excel 2007 和 SPSS 19.0 统计软件完成。

表 2 水质评价标准

标准	pH 值	DO	TN	TP	氨氮	COD	锌	铜	汞	镉	铬	砷
渔业水质标准 (GB 11607—1989)	6.5~8.5	>5.0	—	—	—	—	≤0.1	≤0.01	≤0.000 5	≤0.005	≤0.1	≤0.05
地表水环境质量标准Ⅰ级 (GB 3838—2002)	6.0~9.0	≥7.5	≤0.2	≤0.02	≤0.015	≤15.0	≤0.05	≤0.01	≤0.000 05	≤0.001	≤0.01	≤0.05
地表水环境质量标准Ⅲ级 (GB 3838—2002)	6.0~9.0	≥5.0	≤1.0	≤0.2	≤1.0	≤20.0	≤1.0	≤1.0	≤0.000 1	≤0.005	≤0.05	≤0.05
淡水池塘养殖水排放要求 (SC/T 9101—2007)Ⅰ级	6.0~9.0	—	≤3.0	≤0.5	—	—	≤0.5	≤0.1	—	—	—	—
淡水池塘养殖水排放要求 (SC/T 9101—2007)Ⅱ级	6.0~9.0	—	≤5.0	≤1.0	—	—	≤1.0	≤0.2	—	—	—	—

2 结果与分析

2.1 稻虾共作模式下小龙虾养殖水体化学基本特征

由表 3 可知, 潜江市稻虾共作模式下小龙虾养殖水体的 pH 值为 7.4~7.7, 平均值为 7.6, 属于中性偏碱, 溶解氧含量

为 3.2~17.2 mg/L, 其平均值为 8.6 mg/L, 均达到了 GB 3838—2002《地表水环境质量标准》中的Ⅰ级标准和 GB 11607—1989《渔业水质标准》。在调查的不同乡镇中, 小龙虾养殖水体的温度和 pH 值差异不大, 但 DO 含量差异较大, 为白鹭湖农场>龙湾镇>浩口镇>后湖农场。

表 3 小龙虾养殖水体化学基本特征

取样点	温度			pH 值			溶解氧 (DO)		
	平均值 (℃)	变幅 (℃)	变异系数 (%)	平均值	变幅	变异系数 (%)	平均值 (mg/L)	变幅 (mg/L)	变异系数 (%)
龙湾镇	25.3	24.6~26.5	2.3	7.7	7.5~7.7	0.8	8.9	3.2~12.0	35.7
白鹭湖农场	26.7	24.9~27.8	4.1	7.7	7.4~7.7	1.1	12.3	7.8~17.2	25.0
浩口镇	25.3	24.3~26.1	2.6	7.6	7.4~7.6	0.6	7.2	4.2~10.3	31.1
后湖农场	22.9	22.6~23.2	0.9	7.7	7.5~7.7	0.9	6.1	4.0~8.0	21.5
潜江市	25.0	22.6~27.8	6.0	7.6	7.4~7.7	1.1	8.6	3.2~17.2	39.1

2.2 稻虾共作模式下小龙虾养殖水体氮含量特征

由图 1 可知, 潜江市稻虾共作模式下小龙虾养殖水体 TN、NH₄⁺-N 含量分别为 2.21、1.01 mg/L, 其值高于 GB 3838—2002《地表水环境质量标准》中的Ⅲ级标准, 但符合 SC/T 9101—2007《淡水池塘养殖水排放要求》Ⅰ级标准。在调查的不同乡镇中, 以后湖农场小龙虾养殖水体中的 TN 和 NO₃⁻-N 含量最高, 分别为 2.65、1.20 mg/L, 而以龙湾镇小龙虾养殖水体中的 TN 和 NH₄⁺-N 含量最低, 分别为 1.98、0.85 mg/L。

2.3 稻虾共作模式下小龙虾养殖水体总磷含量特征

由图 2 可知, 潜江市稻虾共作模式下小龙虾养殖水体 TP 含量为 0.40~0.56 mg/L, 其平均含量为 0.50 mg/L, 其值高于 GB 3838—2002《地表水环境质量标准》中的Ⅲ级标准, 但

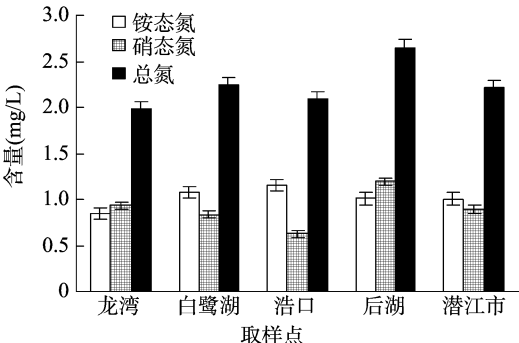


图1 小龙虾养殖水体氮含量

达到了 SC/T 9101—2007《淡水池塘养殖水排放要求》Ⅰ级标准。在调查的不同乡镇中, 龙湾镇小龙虾养殖水体中 TP 含

量为 0.40 mg/L,达到 SC/T 9101—2007《淡水池塘养殖水排放要求》I 级排放标准,而白鹭湖农场、浩口镇和后湖农场的 TP 含量分别为 0.56、0.51、0.55 mg/L,均高于 SC/T 9101—2007《淡水池塘养殖水排放要求》I 级的含量,但达到其 II 级标准,可见稻虾共作模式下小龙虾养殖水体中磷素是污染周围水域的潜在因子之一。

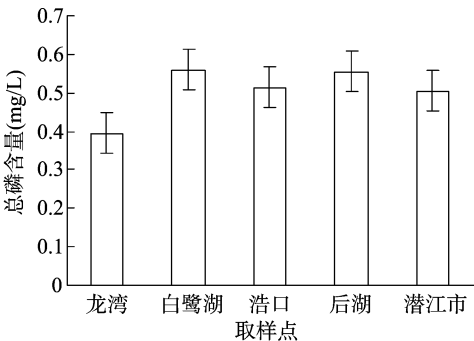


图2 小龙虾养殖水体总磷含量

2.4 稻虾共作模式下小龙虾养殖水体 COD 含量特征

由图 3 可知,潜江市稻虾共作模式下小龙虾养殖水体 COD 含量为 41.4 ~ 92.8 mg/L,其平均含量为 59.0 mg/L,其值高于 GB 3838—2002《地表水环境质量标准》中的 III 级标准。在调查的不同乡镇中,以后湖农场的小龙虾养殖水体中的 COD 含量最高,为 92.8 mg/L,而以浩口镇的含量最低,为

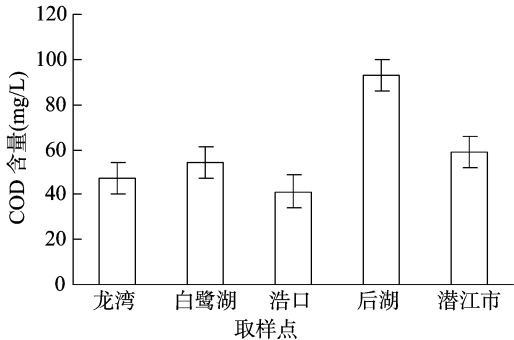


图3 小龙虾养殖水体 COD 含量

41.4 mg/L。
2.5 稻虾共作模式下小龙虾养殖废水养分排放强度
水产养殖排污是重要的农业面源污染来源之一,尤其是水产养殖业发达地区^[7]。由表 4 可知,潜江市稻虾共作模式下小龙虾养殖稻田田面水深为 40.2 ~ 49.7 cm,其平均值为 43.8 cm,排水量为 4 018.9 ~ 4 968.8 m³/hm²,其平均值为 4 377.3 m³/hm²,其中以浩口镇的田面水深和排水量最高,而以后湖农场最低。潜江市由小龙虾养殖废水排出的 TN、TP 和 COD 分别为 9.6 ~ 10.7、2.0 ~ 2.5、199.8 ~ 373.0 kg/hm²,其平均值分别为 9.7、2.2、258.3 kg/hm²;在调查的不同乡镇中,以后湖农场的 TN 和 COD 排放量最高,分别达到了 10.7、373.0 kg/hm²,而以龙湾镇的 TP 排放量最高,为 2.5 kg/hm²。

表 4 小龙虾养殖废水营养物质的排放强度

取样点	田面水深 (cm)	排水量 (m ³ /hm ²)	总氮 (kg/hm ²)	总磷 (kg/hm ²)	COD (kg/hm ²)
浩口镇	49.7 ± 5.2	4 968.8 ± 466.7	9.8 ± 1.0	2.0 ± 0.3	235.5 ± 49.2
白鹭湖农场	42.9 ± 3.2	4 291.7 ± 286.5	9.6 ± 1.9	2.4 ± 0.6	233.5 ± 41.4
龙湾镇	48.3 ± 2.0	4 825.0 ± 179.3	10.1 ± 2.6	2.5 ± 0.3	199.8 ± 26.0
后湖农场	40.2 ± 2.2	4 018.9 ± 192.6	10.7 ± 1.8	2.2 ± 0.4	373.0 ± 15.9
潜江市	43.8 ± 7.8	4 377.3 ± 688.9	9.7 ± 2.1	2.2 ± 0.2	258.3 ± 27.4

2.6 稻虾共作模式下小龙虾养殖水体中重金属含量及评价

由表 5 可知,潜江市稻虾共作模式下小龙虾养殖水体中 As、Hg、Cd 和 Cr 的浓度范围分别为 0.41 ~ 4.61、nd ~ 0.12、nd ~ 0.02、nd ~ 52.0 μg/L,其平均浓度分别为 2.21、0.05、0.003、23.2 μg/L,均符合 GB 11607—1989《渔业水质标准》和 GB 3838—2002《地表水环境质量标准》III 级标准,其中 As 和 Cd 的含量达到了 GB 3838—2002《地表水环境质量标准》I 级标准。小龙虾养殖水体中 Cu 和 Zn 的浓度范围分别为 nd ~ 10.36 μg/L、10.0 ~ 66.0 μg/L,其平均浓度分别为 4.87、17.9 μg/L,均符合 GB 11607—1989《渔业水质标准》、GB 3838—2002《地表水环境质量标准》I 级标准以及 SC/T 9101—2007《淡水池塘养殖水排放要求》I 级标准;在调查的小龙虾养殖水体中,以 Zn 和 As 的检出率最高,均为 100%,而以 Cd 的检出率最低,仅为 25%。在调查的不同乡镇中,以白鹭湖农场养殖水体的 Zn、As 和 Cr 含量最高,分别为 28.6、2.71、37.2 μg/L,以后湖农场养殖水体中 Cu 和 Cd 含量最高,分别为 8.68、0.006 μg/L, Hg 的含量以龙湾镇最高,为 0.08 μg/L。

3 讨论与结论

随着稻虾共作面积的逐年扩大,小龙虾养殖对水体环境影响及其所带来的营养物质排放问题已逐渐引起农业和环境保护工作者的重视。本研究表明,潜江市稻虾共作模式下小龙虾养殖水体的 pH 值为 7.6 ~ 7.7, DO 平均含量为 6.1 ~ 12.3,均达到了 GB 3838—2002《地表水环境质量标准》中的 III 级标准和 GB 11607—1989《渔业水质标准》,这与稻田中种植了大量水草有关,水草的光合作用大量消耗水体中的 CO₂,从而使得 pH 值和溶解氧均有不同程度上升^[8],另外小龙虾可能在水体中通过觅食、迁徙等方式扰动水体从而增加水体溶氧量。本研究表明,潜江市稻虾共作模式下小龙虾养殖水体的总氮、铵态氮和总磷含量分别达到了 2.21、1.01、0.50 mg/L,其值均高于 GB 3838—2002《地表水环境质量标准》中的 III 级标准。正常情况下,水体自身具有自净能力,能够为小龙虾养殖提供良好的环境条件^[9],但是农户为了追求高效益,在小龙虾养殖过程中过量投入饲料,甚至有些农户为了“肥水”,人为在小龙虾养殖水体中撒施磷肥和有机肥,另

表 5 小龙虾养殖水体中重金属浓度统计量

取样点	统计量	Cu ($\mu\text{g/L}$)	Zn ($\mu\text{g/L}$)	As ($\mu\text{g/L}$)	Hg ($\mu\text{g/L}$)	Cd ($\mu\text{g/L}$)	Cr ($\mu\text{g/L}$)
浩口镇	含量范围	nd ~ 3.95	13.0 ~ 20.0	0.41 ~ 1.65	nd ~ 0.03	nd	19.0 ~ 36.0
	均值	1.91	16.0	1.08	0.01	nd	27.6
白鹭湖农场	含量范围	nd ~ 7.75	11.0 ~ 66.0	1.67 ~ 4.61	nd ~ 0.10	nd ~ 0.01	30.0 ~ 52.0
	均值	3.25	28.6	2.71	0.04	0.002	37.2
龙湾镇	含量范围	1.10 ~ 10.18	10.0 ~ 19.0	1.43 ~ 4.15	0.04 ~ 0.12	nd ~ 0.01	nd ~ 19.0
	均值	5.65	12.6	2.59	0.08	0.004	9.0
后湖农场	含量范围	6.97 ~ 10.36	12.0 ~ 18.0	1.45 ~ 2.15	0.05 ~ 0.07	nd ~ 0.02	3.0 ~ 26.0
	均值	8.68	14.4	2.47	0.07	0.006	19.2
潜江市	含量范围	nd ~ 10.36	10.0 ~ 66.0	0.41 ~ 4.61	nd ~ 0.12	nd ~ 0.02	nd ~ 52.0
	均值	4.87	17.9	2.21	0.05	0.003	23.2
检出率 (%)		90	100	100	85	25	95

外水稻秸秆全量还田也会增加水体中的养分物质浓度。Oehme 等研究发现,稻鱼系统中田面水养分含量受投饵料量影响较大,投饵越多,田面水养分含量越高^[10]。苏跃朋等对中国明对虾精养池塘水中营养盐收支情况的研究发现,饵料中氮、磷营养盐的输入量分别占水体中氮、磷总输入量的 81.4%、90.2%^[11]。COD 是表征环境水样中有机物污染的特定综合指标,反映水环境中有机物的含量,且其主要来源为养殖过程中的代谢产物和残饵累积^[12]。本研究表明,潜江市稻虾共作模式下小龙虾养殖水体 COD 平均含量为 59.0 mg/L,其值高于 GB 3838—2002《地表水环境质量标准》V 级标准 ($\leq 40.0\text{ mg/L}$),其 COD 排放强度达到 258.3 kg/hm²。在稻虾共作模式中,小龙虾养殖水体中 COD 主要来源一方面为残饵累积,但很大一部分可能来自于水稻全量还田的秸秆泡水腐解产生的有机碎屑。本研究表明,稻虾共作模式下小龙虾养殖废水排出的总氮和总磷分别为 9.7、2.2 kg/hm²。陈家长等报道,太湖流域青虾塘中 TN、TP 排放强度分别为 28.7、2.9 kg/hm²^[13];Páez - Osuna 等报道,半精养虾塘排放的 TN、TP 分别为 52.1、8.4 kg/hm²^[14]。可见稻虾共作模式下小龙虾养殖水体中排放的养分总量均低于上述报道,其原因可能是在稻田中养殖小龙虾水体总量低于池塘养殖水体,一般情况下池塘养殖青虾、对虾等水产品时,池塘平均水深为 1.56 ~ 1.71 m,而稻田养殖小龙虾水体的深度一般为 0.4 ~ 0.5 m。

重金属元素在水环境中的累积,严重危害着渔业水环境和水生生物,也对人类健康造成潜在威胁^[15]。本研究表明,潜江市稻虾共作模式下小龙虾养殖水体中 Cu、Zn、As、Hg、Cd 和 Cr 含量均符合 GB 11607—1989《渔业水质标准》和 GB 3838—2002《地表水环境质量标准》Ⅲ级标准,其中 Cu、Zn、As 和 Cd 的含量达到了 GB 3838—2002《地表水环境质量标准》Ⅰ级标准,这表明小龙虾养殖水体中重金属含量较低,达到洁净级别。水产养殖过程中的重金属污染主要分为 2 类,一类为外源性污染,即养殖过程中外来重金属污染源的排入造成的污染;另一类为内源性污染,即在养殖过程中,由于饲料的投放、渔药的施用等养殖行为所导致的重金属污染^[16]。稻虾共作模式下小龙虾养殖区域均为典型稻田,受周边工矿、冶炼加工等高污染企业影响的概率较低,因此小龙虾养殖过程中的重金属污染可能主要来自于内源性污染,即饲料和渔药投

放所带入的重金属污染,且通常以 Cu 和 Zn 为主^[15]。本研究发现,小龙虾养殖水体中 Cu 和 Zn 的浓度均较低,可见由内源性污染源所带来的潜在重金属污染风险较低。由于水生动物尤其是小龙虾对金属元素有较强的富集作用,可通过食物链直接或间接进入人体内^[17],因此应加强饲料和渔药等重金属内源性污染源的监管力度,实时监测小龙虾养殖排入水中重金属含量的变化,为小龙虾的生长和人类的食品安全营造一个良好的环境。

稻虾共作模式下小龙虾养殖水体的 pH 值为 7.6,溶解氧平均含量为 8.6 mg/L,均达到了 GB 3838—2002《地表水环境质量标准》中的Ⅰ级标准和 GB 11607—1989《渔业水质标准》。

稻虾共作模式下小龙虾养殖水体中 TN、NH₄⁺ - N 和 NO₃⁻ - N 含量分别为 2.21、1.01、0.89 mg/L,TP 和 COD 平均含量分别为 0.50、59.0 mg/L,其值均高于 GB 3838—2002《地表水环境质量标准》中的Ⅲ级标准,但符合 SC/T 9101—2007《淡水池塘养殖水排放要求》Ⅰ级标准。

稻虾共作模式下小龙虾田面水深和排水量平均分别为 43.8 cm、4 377.3 m³/hm²,其养殖废水排出的总氮、总磷和 COD 平均含量分别为 9.7、2.2、258.3 kg/hm²。

稻虾共作模式下小龙虾养殖水体中 Cu、Zn、As、Hg、Cd 和 Cr 含量均符合 GB 11607—1989《渔业水质标准》和 GB 3838—2002《地表水环境质量标准》中的Ⅲ级标准,其中 Cu、Zn、As 和 Cd 的含量达到了 GB 3838—2002《地表水环境质量标准》中的Ⅰ级标准。

参考文献:

[1] 王强盛. 稻田种养结合循环农业温室气体排放的调控与机制[J]. 中国生态农业学报,2018,26(5):633-642.
[2] 曹涛贵,江 洋,汪金平,等. 稻虾共作模式的“双刃性”及可持续发展策略[J]. 中国生态农业学报,2017,25(9):1245-1253.
[3] 奚业文,周 洵. 稻虾连作共作稻田生态系统中物质循环和效益初步研究[J]. 中国水产,2016(3):78-82.
[4] 湖北省水产局. 2017 年湖北小龙虾产业综合产值超过 800 亿元[J]. 渔业致富指南,2018(2):3-4.
[5] 佘国涵,彭成林,徐祥玉,等. 稻-虾共作模式对涝渍稻田土壤微生物群落多样性及土壤肥力的影响[J]. 土壤,2016,48(3):503-509.

廖 冰. 面向生态文明的“经济与生态”系统结构及其运作机制——以赣南原中央苏区为例[J]. 江苏农业科学, 2019, 47(23): 303–306.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.23.072

面向生态文明的“经济与生态”系统结构及其运作机制 ——以赣南原中央苏区为例

廖 冰

(江西农业大学经济管理学院, 江西南昌 330045)

摘要:对贫困及生态的研究对于未来反贫困具有重要作用和意义。以赣南原中央苏区为研究对象,在揭示其经济贫困和生态脆弱的基础上进一步分析两者的作用机制。结果表明,生态文明是产业子系统、生态子系统及其相互作用构成的复合大系统,强调的是产业与生态互利共生,经济发展与生态建设之间是相互影响的,区域发展依靠经济发展与生态协同而不能偏废其一;生态文明复合系统包含资源链、价值链和资金链的高度统一;赣南原中央苏区的经济贫困和生态脆弱现状极其恶劣,须要加以强化,未来赣南原苏区政府要特别注重加大经济发展,将自然资源转化为经济优势和生态优势,才能更好地建立生态文明试验区。

关键词:经济贫困;生态脆弱;作用机制;赣南原中央苏区

中图分类号: F327 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)23-0303-04

贫困已成世界性难题,减贫更是各国政府的共同使命、职责和目标,任重道远。赣南原中央苏区(简称“赣南苏区”)别称“中央革命根据地”,为我国革命的胜利作出了巨大贡献。然而,由于战争、地理、自然条件等原因,赣南苏区经济发展仍然落后、民生问题突出、生态环境脆弱、基础设施薄弱、产业结构单一,是典型的“集中连片特困”地区之一,支持赣南苏区发展意义重大但任重道远。赣南苏区发展要靠产业^[1],而赣南苏区特色经济林产业比较优势突出,资源禀赋较强,开发潜

力大,如脐橙、柑橘、板栗等。经济林较其他 4 种林种而言,具有经济效益好、投入产出见效快、市场化运行周期短、扶贫作用明显等特点,在促进农林脱贫致富方面效果显著、大力培育特色经济林、促使产业优势转化为经济优势、促进区域经济可持续发展等方面具有广阔的前景。然而,明显的资源优势并未高效地转化为经济优势。如何依靠强有力的地域优势转化为生态优势和资源优势等,成为值得关注的问题。因此,本研究对赣南原中央苏区经济贫困现状进行分析,以期对赣南苏区管理者制定政策提供决策参考。

收稿日期:2019-06-10

基金项目:江西农业大学博士科研启动基金(编号:9232306941);江西省教育科学规划一般项目(编号:19YB026);江西农业大学教学改革研究课题(编号:2018BZZ05);江西省教育厅科学技术研究一般项目(编号:CJJ180191)。

作者简介:廖 冰(1989—),男,江西高安人,博士,讲师,主要从事林业经济理论与政策、生态经济理论与政策研究。E-mail: liaobing1002@126.com。

1 赣南苏区经济贫困与生态脆弱特征分析

1.1 人均 GDP

人均 GDP 发展水平可以用来衡量一个国家和地区的经济发展水平、社会发展实力。由图 1 可知,赣南苏区人均 GDP 始终低于江西省人均 GDP,赣南苏区人均 GDP 占江西省人均 GDP 的比例稳定在 62%~67%之间,每年的增长变化幅度很

[6] 国家环境保护总局. 水和废水检测分析方法[M]. 北京:中国环境科学出版社,2002.

[7] Li H M, Li X M, Li Q, et al. Environmental response to long-term mariculture activities in the Weihai coastal area, China[J]. Science of the Total Environment, 2017, 601–602: 22–31.

[8] 吴 伟, 范立民, 瞿建宏, 等. 池塘河蟹生态养殖对水体环境的影响[J]. 安全与环境学报, 2006, 6(4): 50–54.

[9] 黄 萌. 富营养化对水生生态系统的污染生态效应[J]. 科技情报开发与经济, 2006, 16(20): 137–138.

[10] Oehme M, Frei M, Razzak M A, et al. Studies on nitrogen cycling under different nitrogen inputs in integrated rice-fish culture in Bangladesh[J]. Nutrient Cycling in Agroecosystems, 2007, 79(2): 181–191.

[11] 苏跃朋, 马 铨, 田相利, 等. 中国明对虾精养池塘氮、磷和碳收支的研究[J]. 南方水产, 2009, 5(6): 54–58.

[12] 刘倩纯, 胡 维, 葛 刚, 等. 鄱阳湖枯水期水体营养浓度及重金属含量分布研究[J]. 长江流域资源与环境, 2012, 21(10): 1230–1235.

[13] 陈家长, 胡庚东, 瞿建宏. 太湖流域池塘养殖青虾对环境的影响[C]//全国农业面源污染与综合防治学术研讨会论文集. 北京:中国农学会, 2004: 96–99.

[14] Páez-Osuna F, Guerrero-Galván S R, Ruiz-Fernández A C, et al. Fluxes and mass balances of nutrients in a semi-intensive shrimp farm in north-western Mexico[J]. Marine Pollution Bulletin, 1997, 34(5): 290–297.

[15] 蔡继哈, 李 凯, 郑向勇, 等. 水产养殖重金属污染现状及治理技术研究进展[J]. 水产科学, 2010, 29(12): 749–752.

[16] 曹 磊, 王方园, 刘书谐, 等. 三角帆蚌养殖水体重金属污染的研究进展[J]. 环境保护与循环经济, 2017(9): 56–58.

[17] 张东杰. 重金属危害与食品安全[M]. 北京:人民卫生出版社, 2011.