

杨智景,顾海龙,顾明,等. 稻虾种养模式对土壤肥力的影响[J]. 江苏农业科学,2020,48(23):245-249.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.23.049

稻虾种养模式对土壤肥力的影响

杨智景¹, 顾海龙¹, 顾明², 王慧茹³, 王显¹, 杨大柳¹, 冯亚明¹

(1. 江苏省农业科学院泰州农科所, 江苏泰州 225300; 2. 江苏省兴化市水产技术推广站, 江苏兴化 225700;

3. 江苏省泰州市姜堰区水产技术指导站, 江苏泰州 225300)

摘要:稻虾种养模式是我国农业供给侧改革的重要举措。土壤肥力是评价稻虾种养模式绿色可持续发展的重要组成部分。选取新开挖的稻虾种养稻田为研究对象,通过与相邻的水稻单种稻田的土壤肥力进行比较,以此探讨稻虾种养模式对稻田土壤肥力的影响。结果表明,稻虾种养模式可以显著提高稻田及环沟内的土壤肥力。稻虾种养模式中稻田土壤中 pH 值增加 1.1,全氮含量增加了 0.96 g/kg,特别是配合用尿素进行追肥的稻田内全氮含量增加了 1.24 g/kg,差异显著。稻虾种养模式中稻田土壤中速效钾含量下降了 46.5 mg/kg,差异显著。稻田土壤有机质和有效磷含量呈上升趋势,但差异不显著。此外,新开挖的环沟土壤肥力显著低于稻田土壤肥力。经稻虾种养模式管理后,环沟内土壤肥力指标(pH 值除外)均有显著上升,但仍低于稻田土壤肥力。综上所述,稻虾种养模式对水稻单作下的土壤有改良作用,能增强土壤肥力。但是在施用有机肥的同时,还需要施用适量钾肥进行追肥。

关键词:稻虾种养模式;青虾;环沟土壤;土壤肥力

中图分类号: S158.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2020)23-0245-05

稻虾种养模式是一种将水稻与青虾水产品养殖相结合的农业生产模式,稻虾种养模式能有效利用水产品与水稻互利共生的生态优势,减少农药、化肥的使用量,有效降低农业点、面源污染^[1-2]。针对目前我国化肥和农药使用过量的现状以及农业供给侧结构性改革的需求^[3],稻虾种养模式确实是一种符合当前生产性应用的好模式。国内外对稻渔种养模式的研究主要集中在对水稻生长、产量、土壤细菌群落结构的研究^[4-5]。相关研究表明,稻蟹^[6]、稻鳖^[7]、稻鱼^[8]共作对土壤理化性质的改善

和提高发挥了积极的作用。但也有研究显示,湖北地区的稻小龙虾共作模式让土壤磷肥供给能力显著下降,长期的稻渔种养模式会破坏土壤中的磷肥供给能力^[9]。但湖北地区的稻小龙虾共作模式与江苏里下河地区的稻虾种养模式的生产管理、施肥管理等方面存在较大的差异,江苏里下河地区的稻虾种养模式对稻田土壤肥力的影响尚不清楚。

土壤肥力是土壤内物质、结构和理化性质与外界条件综合作用的结果^[10],它的重要评价指标是土壤养分^[11]。pH 值、有机质含量、全氮含量、有效磷含量、速效钾含量等对植物从土壤中吸收养分有重要的影响,是评价土壤肥力的重要指标^[8]。江苏里下河地区主要由稻虾种养模式集成了绿色施肥、病虫害防治等多种生态共作技术^[1]。通过这一模式的推广,农民收益持续增长,稻虾种养模式受到种养殖户的欢迎。

收稿日期:2020-03-16

基金项目:江苏省现代农业(青虾)产业技术体系项目(编号:JATS[2020]268);江苏省渔业科技类项目(编号:D2017-1-9)。

作者简介:杨智景(1991—),男,江苏泰州人,硕士,助理研究员,研究方向为水产健康生态养殖及育种。E-mail:744732108@qq.com。
通信作者:冯亚明,硕士,副研究员,研究方向为水产健康养殖。E-mail: fym771118@163.com。

[10]刘兆辉,江丽华,张文君,等. 山东省设施蔬菜施肥量演变及土壤养分变化规律[J]. 土壤学报,2008,45(2):296-303.

[11]宋永林. 设施蔬菜施肥存在的问题及对策建议[J]. 中国农业信息,2009(3):33-34.

[12]王小波. 设施蔬菜施肥亟待解决的问题及其方法[J]. 现代农业,2007(4):26-27.

[13]赵银厚,张桂莲,谭明星. 设施蔬菜施肥存在的问题及对策

[J]. 中国果菜,2012(1):16-17.

[14]王军强,纪国才,兰孝帮. 设施蔬菜栽培土壤污染的成因与对策[J]. 中国园艺文摘,2009(3):136-137.

[15]彭澎,梁龙,李海龙,等. 我国设施农业现状、问题与发展建议[J]. 北方园艺,2019(5):161-168.

[16]鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 3版. 北京:中国农业出版社,2000.

为了研究稻虾种养模式对稻田土壤肥力的影响,在兴化市中堡镇国家现代农业示范园区新开挖了稻虾种养塘口,通过改变施肥方法及病虫害防治方法,检测土壤肥力评价指标变化规律,以期为稻田土壤肥力的提高提供基础数据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

1.1.1 试验稻田 试验于 2019 年 3 月至 2019 年 12 月在江苏省泰州市兴化市中堡镇国家现代农业示范园区基地进行:稻小龙虾种养面积 2.33 hm^2 ,其中水稻种植面积 2.1 hm^2 ;稻青虾种养面积 1.33 hm^2 ,其中水稻种植面积 1.2 hm^2 。稻田四周开挖环沟,环沟深度为 $1.2 \sim 1.5 \text{ m}$ 。在稻田环沟栽植水生植物,水草覆盖面积占环沟面积的 $40\% \sim 60\%$ 。

1.1.2 种养品种 养殖品种为青虾,苗种来源于繁育基地,活力强,肢体完整,规格整齐,经检验检疫合格;水稻品种为迟熟中梗稻品种南粳 9108,具有优质、高产、耐肥力强及抗病能力强等特点。

1.2 试验方法

1.2.1 试验设计 试验设 3 个处理, T_0 为水稻单作常规种植,按照水稻单作施用化肥; T_1 为稻青虾种养,施用有机肥取代化肥; T_2 为稻青虾种养,施用有机肥的同时以尿素进行追肥。水生动物养殖面积以环沟面积进行统计。青虾苗种于 3 月份放养。其中,青虾苗种规格 $1\,000 \sim 2\,000$ 尾/kg,放养密度 $15\,000 \sim 20\,000$ 尾/ 667 m^2 ,青虾平时采用地笼方式适时捕捞、上市,水稻收割后干池捕捞。水稻于 6 月份育秧和移栽,水稻生长期间, T_1 、 T_2 组水稻均不使用除草剂、农药,11 月份收割水稻。稻田种养模式的日常管理参照冯亚明等的管理方法^[12]。苗种按照各模式要求放入环沟中养殖。整个种养周期内做好饲料投喂、水稻种植、水位控制、生物疾病防控等管理工作。饲料投喂遵循定时、定位、定量、定质投喂和“荤素搭配,精粗结合”的原则。

水稻种植过程中前期做到薄水返青、浅水分蘖、够苗搁田;搁田复水后湿润管理,孕穗期和抽穗期建立浅水层;抽穗以后采用干湿交替管理,遇到高温天气灌深水调温。水位过浅及时补充,水质过浓及时换水。根据水质的变化情况定期泼洒微生物制剂改善水质。

坚持“预防为主,防治结合”的方针,一般每隔

$15 \sim 20 \text{ d}$,生石灰加水溶解成 $150 \sim 225 \text{ kg/hm}^2$ 后在环沟中泼洒 1 次。定期在饲料中添加光合细菌、免疫多糖、维生素 C、维生素 E 等药物,制成药饵投喂,以增强水生动物体质,减少病害的发生。

1.2.2 土壤样品采集与测定指标

1.2.2.1 土壤采样 分别于实施稻田种养模式前后在各稻田采集土壤样品。按照 5 点取样法随机取 5 个点的土样,取样深度在 $0 \sim 20 \text{ cm}$ 。混匀每块稻田的土壤并编号,简单处理后在室温下风干,进行后续相关指标测定。

1.2.2.2 土壤理化性质测定 土壤 pH 值、有机质含量、全氮含量、有效磷含量、速效钾含量的测定方法参考郭海松等的方法^[8]。土壤 pH 值的测定方法为 NY/T 1121.2—2006《土壤检测第 2 部分:pH 的测定》中的玻璃电极法,有机质含量测定方法参照 LY/T 1237—1999 森林土壤有机质的测定中的重铬酸钾氧化—外加热法,全氮含量测定方法参照 LY/T 1228—1999 森林土壤全氮的测定中的半微量凯氏法,有效磷含量测定方法参照 HJ 704—2014 土壤有效磷的测定碳酸氢钠浸提—钼锑抗分光光度法,速效钾含量测定方法参照 LY/T 1236—1999 森林土壤速效钾的测定乙酸铵浸提—火焰光度法。

1.3 数据统计与分析

使用 Excel 2007 进行数据统计与分析。

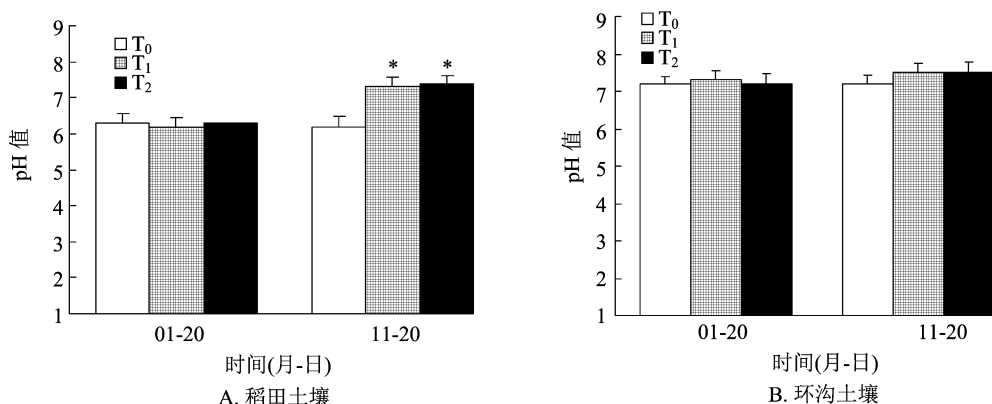
2 结果与分析

2.1 不同种养模式对土壤 pH 值的变化规律

从图 1 可以看出,刚开挖的环沟内的土壤 pH 值比稻田内土壤 pH 值高 1.0;与处理前相比,处理后 T_0 、 T_1 、 T_2 处理稻田土壤 pH 值分别为 6.2、7.3、7.4,分别增加了 -0.1、1.1、1.1, T_1 、 T_2 组稻田土壤 pH 值显著提高;环沟土壤 T_0 、 T_1 、 T_2 处理 pH 值分别为 7.2、7.5、7.5,分别增加了 0.0、0.2、0.3 个单位,处理间差异不显著。

2.2 不同种养模式对土壤有机质含量的影响

从图 2 可以看出,刚开挖的环沟土壤有机质含量比稻田土壤有机质含量低 23.7 g/kg ;与处理前相比,处理后 T_0 、 T_1 、 T_2 稻田土壤有机质含量分别为 29.7 、 29.6 、 28.4 g/kg ,分别增加了 1.4、2.8、0.9 g/kg,处理间差异不显著;处理 T_0 、 T_1 、 T_2 环沟土壤有机质含量分别为 4.7、10.7、12.3 g/kg,分别较处理前增加 0.1、6.0、7.7 g/kg, T_1 、 T_2 组环沟土壤有机质含量较处理前显著增加。



*表示与对照组比较差异显著 ($P < 0.05$) ($n=6$)。图 2~图 5 同

图1 不同种养模式下稻田土壤、环沟土壤 pH 值动态变化

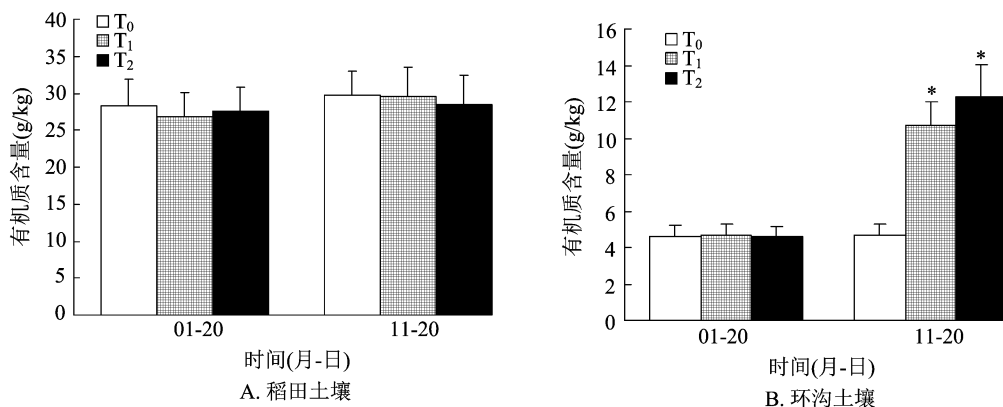


图2 不同种养模式下稻田土壤、环沟土壤有机质含量的变化

2.3 不同养殖模式对土壤全氮含量的影响

从图 3 可以看出,刚开挖的环沟土壤全氮含量比稻田土壤全氮含量低 1.38 g/kg;与处理前相比,处理后 T₀、T₁、T₂ 稻田土壤全氮含量分别为 2.15、2.92、3.19 g/kg,分别较处理前增加 0.18、0.96、

1.24 g/kg, T₁、T₂ 组稻田土壤全氮含量显著提高;处理 T₀、T₁、T₂ 环沟土壤全氮含量分别为 0.6、1.38、1.52 g/kg,分别较处理前增加 0.01、0.80、0.81 g/kg, T₁、T₂ 组环沟内全氮含量显著增加。

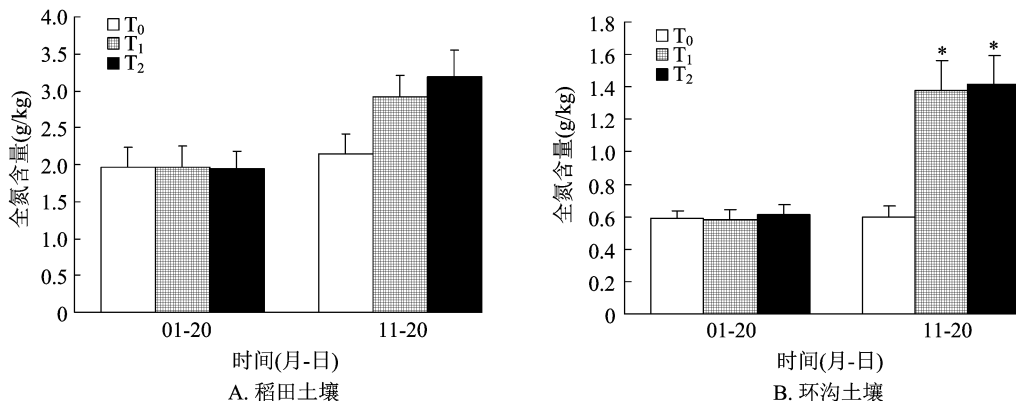


图3 不同种养模式下稻田土壤、环沟土壤全氮含量动态变化

2.4 不同种养模式对土壤有效磷含量的影响

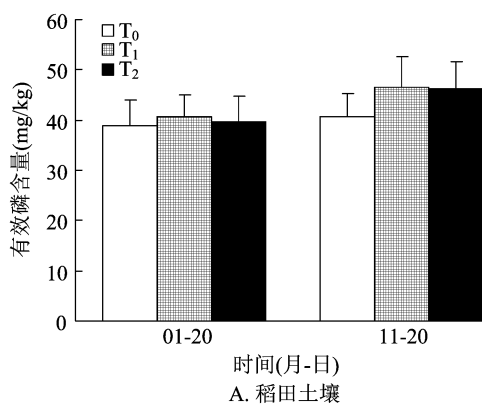
从图 4 可以看出,刚开挖的环沟土壤有效磷含量比稻田土壤有效磷含量低 19.5 mg/kg;与处理前相比,处理后 T₀、T₁、T₂ 稻田土壤有效磷含量分别为

40.8、46.5、46.2 mg/kg,分别增加 1.9、5.9、6.5 mg/kg,差异不显著;处理后 T₀、T₁、T₂ 环沟土壤有效磷含量分别为 19.6、26.2、26.1 mg/kg,分别增加了 0.2、7.3、7.0 mg/kg, T₁、T₂ 处理组环沟土壤有

效磷含量显著增加。

2.5 不同种养模式对土壤速效钾含量的影响

从图 5 可以看出,与处理前相比,处理后 T_0 、 T_1 、 T_2 稻田内土壤速效钾含量分别为 138.7、94.8、108.3 mg/kg,分别降低了 1.8、46.5、44.5 mg/kg,



T_1 、 T_2 处理组稻田土壤速效钾含量显著降低;处理 T_0 、 T_1 、 T_2 环沟土壤速效钾含量分别为 64.8、89.4、88.8 mg/kg,较处理前分别增加 1.6、23.9、27.0 mg/kg, T_1 、 T_2 处理组环沟土壤速效钾含量显著增加。

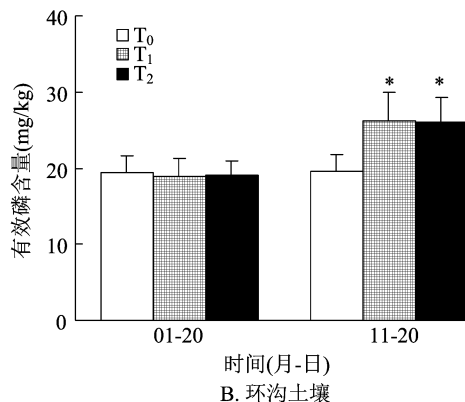


图4 不同种养模式下稻田土壤、环沟土壤有效磷含量的变化

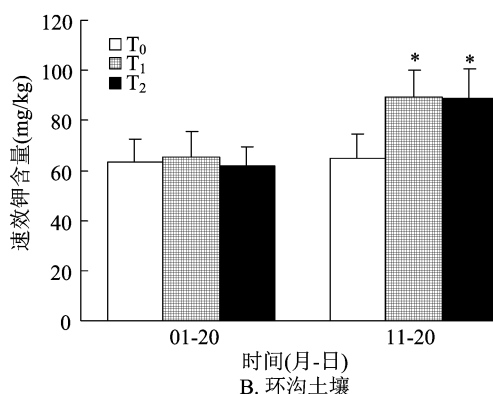
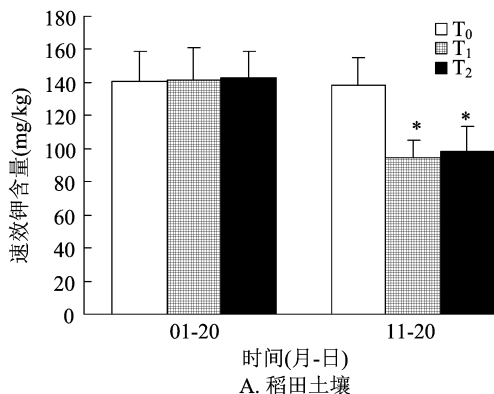


图5 不同种养模式下稻田土壤、环沟土壤速效钾含量的变化

3 讨论与结论

pH 值是土壤的一项重要指标,会影响土壤肥力及土壤微生物环境^[13]。稻田内长期施用化肥导致土壤利用强度大,土壤酸化面临严峻的挑战。土壤 pH 值对植物的生长有较大影响,土壤 pH 值降低会造成植株株高变矮,产量降低^[14]。水稻最适宜生长的土壤 pH 值在 7 左右,但长江中下游粮食主产区在传统的耕作模式下稻田土壤 pH 值总体缓慢下降,呈酸化的趋势,这与施用过磷酸钙等化肥有关^[15]。刚开挖的环沟土壤 pH 值比稻田土壤 pH 值高 1.0,长期的水稻种植对土壤 pH 值有较大的影响,使土壤呈酸化趋势;与稻虾种养模式前相比,稻田土壤 pH 值约提高了 1.1,这与稻虾种养模式下使用石灰水消毒有关,石灰水消毒既能满足青虾的生长,又能中和土壤中的酸,促进有机肥的腐熟分解,

达到土壤养分平衡的作用。同时,在水稻管理中应该减少过磷酸钙这类化肥的使用。

有机质含量和全氮含量是衡量土壤肥力的重要指标,是水稻获得高产的主要限制因素^[16]。相关研究表明,长期施用氮肥土壤有机质含量大多是增加的^[17],全氮含量影响不明显^[18];施用有机肥后,土壤有机质含量和全氮含量增加比较明显^[17,19]。本研究结果表明,刚开挖的环沟土壤有机质、全氮含量比稻田土壤有机质、全氮含量分别降低了 23.7、1.38 g/kg,环沟底层土壤养分比稻田表层土壤养分少。与 T_0 组相比, T_1 、 T_2 组稻田土壤中有机质含量均有所提高,但各组之间差异不显著;全氮含量显著增加;环沟土壤有机质和全氮含量均显著增加。有机质含量有上升的趋势但变化不明显,这可能与有机肥及追加施用的尿素用量比较小有关。施用有机肥和化肥能使土壤中的全氮含量显著增

加,本结论与李燕青等研究结果^[19]一致。环沟土壤有机质和全氮含量的显著增加应与环沟新开挖养分较低、种植水草、饲料投喂、排泄物等因素有关。此外,环沟内虽然长期淹水但为了满足青虾生长需要,水体氧气充足,有利于有机质的积累,能在 1 个养殖周期内迅速提高环沟底层土壤养分。

土壤中有有效磷和速效钾是能够被植物吸收利用的形态,是评价土壤供磷、供钾水平的重要指标^[20]。本研究结果表明,刚开挖的环沟土壤有效磷、速效钾含量比稻田土壤有效磷、速效钾含量分别降低了 19.5、77.3 mg/kg;与 T_0 组相比, T_1 、 T_2 组稻田土壤中有有效磷含量均有所提高,但差异不显著,速效钾含量显著减少;环沟土壤有效磷和速效钾含量均显著增加。稻虾种养模式下有机肥、饲料及排泄物增加了土壤的有机质含量,减少了无机磷的固定,促进了无机磷的溶解,从而有效提高了土壤中有有效磷的含量,本结论与佘国涵等研究结果^[21]基本一致。稻田土壤中速效钾含量显著下降,这可能是由于水稻生长过程中未施用钾肥,而且有机肥中钾含量偏低,水稻生长消耗速效钾较多^[8,21-22]导致的。在稻虾种养模式中,可能还需要试验配合适时适量的补充钾肥,以供水稻正常生长所需。

稻虾种养模式下土壤肥力指标提升存在差异。由于养殖产生的残饵、排泄物等原因,土壤中 pH 值、有机质含量、全氮含量和有效磷含量均呈上升趋势,土壤肥力得到显著提高,有利于水稻的生长。经过一轮生长周期,环沟土壤的肥力显著上升。但研究发现种植水稻的土壤中速效钾含量显著降低。在连续种养的田块需要及时补充钾肥以满足水稻生长所需。

稻虾种养模式下青虾可以利用稻田的杂草、浮游生物等天然饵料,减少水稻的病虫害,青虾的排泄物还能促进水稻的生长。稻虾种养模式不仅是水稻种植和青虾养殖的简单空间结合,而且稻虾种养模式改变了稻田的管理和生产方式,如增大了有机肥的投入,减少了化肥的使用,能避免喷洒农药,是一条可持续的绿色农业生产道路。

参考文献:

- [1] 杨智景,顾海龙,唐建清,等. 稻-虾与稻-蟹种养模式下的水质及虾、蟹生长动态[J]. 贵州农业科学,2018,46(2):84-88.
- [2] 罗 衡,赵良杰,李 丰,等. 养殖蟹的引入对稻田土壤细菌群落结构的影响[J]. 水产学报,2018,42(5):720-732.
- [3] 刘新宇,巨晓棠,张丽娟,等. 不同施氮水平对冬小麦季化肥氮去

- 向及土壤氮素平衡的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2010,16(2):296-303.
- [4] 王 蓉,朱 杰,金 涛,等. 稻虾共作模式下稻田土壤氨氧化微生物丰度和群落结构的特征[J]. 植物营养与肥料学报,2019,25(11):1887-1899.
- [5] 聂志娟,李非凡,赵文武,等. 哈尼梯田稻-鲤综合种养模式下的微生物群落结构[J]. 水产学报,2020,44(3):470-480.
- [6] 汪 清. 稻蟹共作对土壤理化性质和土壤有效养分影响的初步研究[D]. 上海:上海海洋大学,2011.
- [7] 赵 静. 蟹稻综合种养模式生态学效应及其机理研究[D]. 杭州:浙江大学,2018.
- [8] 郭海松,罗 衡,李 丰,等. 不同水稻栽培密度下青田稻-鱼共生系统的土壤肥力[J]. 水产学报,2020,44(5):805-815.
- [9] Li Q M, Lei X, Xu L J, et al. Influence of consecutive integrated rice-crayfish culture on Phosphorus fertility of paddy soils [J]. Land Degradation & Development,2018,29(10):3413-3422.
- [10] 唐海明,孙国峰,肖小平,等. 轮耕对双季稻田土壤全氮、有效磷、速效钾质量分数及水稻产量的影响[J]. 生态环境学报,2011,20(3):420-424.
- [11] 康 轩,黄 景,吕巨智,等. 保护性耕作对土壤养分及有机碳库的影响[J]. 生态环境学报,2009,18(6):2339-2343.
- [12] 冯亚明,杨智景,顾海龙,等. 稻田生态养殖青虾技术[J]. 农业工程技术,2018,38(32):68-73.
- [13] Pietri J, Brookes P C. Relationships between soil pH and microbial properties in a UK arable soil [J]. Soil Biology & Biochemistry, 2008,40(7):1856-1861.
- [14] 易镇邪,袁珍贵,陈平平,等. 土壤 pH 值与镉含量对水稻产量和不同器官镉累积的影响[J]. 核农学报,2019,33(5):988-998.
- [15] 李建军,辛景树,张会民,等. 长江中下游粮食主产区 25 年来稻田土壤养分演变特征[J]. 植物营养与肥料学报,2015,21(1):92-103.
- [16] 张广凯,宋祥云,刘树堂,等. 长期定位施肥对小麦-玉米氮素利用及产量品质的影响[J]. 华北农学报,2015,30(4):157-161.
- [17] 卢志红,嵇素霞,张美良,等. 长期定位施肥对水稻土有机质含量及组成的影响[J]. 中国农学通报,2014,30(27):98-103.
- [18] 张 刚,王德建,俞元春,等. 秸秆全量还田与氮肥用量对水稻产量、氮肥利用率及氮素损失的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2016,22(4):877-885.
- [19] 李燕青,温延臣,林治安,等. 不同有机肥与化肥配施对氮素利用率和土壤肥力的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2019,25(10):1669-1678.
- [20] 王伟妮,鲁剑巍,鲁明星,等. 水田土壤肥力现状及变化规律分析——以湖北省为例[J]. 土壤学报,2012,49(2):319-330.
- [21] 佘国涵,彭成林,徐祥玉,等. 稻虾共作模式对涝渍稻田土壤理化性状的影响[J]. 中国生态农业学报,2017,25(1):61-68.
- [22] 黄绍文,金继运,杨俐苹,等. 粮田土壤养分的空间格局及其与土壤颗粒组成之间的关系[J]. 中国农业科学,2002,35(3):297-302.