

王大鹏,唐章生,林 勇,等. 不同投饲方式对克氏原螯虾稻田冬繁产量和水质的影响[J]. 江苏农业科学,2020,48(20):183-187.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.20.034

不同投饲方式对克氏原螯虾稻田冬繁产量和水质的影响

王大鹏¹, 唐章生¹, 林 勇¹, 任芳牯², 卢智发¹, 钟一治¹, 陆专灵¹

(1. 广西壮族自治区水产科学研究院/广西水产遗传育种与健康养殖重点实验室, 广西南宁 530021;

2. 广西润爽生态农业科技有限公司/广西壮族自治区南宁市良庆区院士专家工作站, 广西南宁 530000)

摘要:为对比广西小龙虾稻田冬繁生产中使用不同投饲方式的效果,研究施放有机肥、投饲 100% 大豆、投饲 50% 大豆 + 50% 人工配合饲料和投饲 100% 人工配合饲料这 4 种方式对稻田冬繁繁育期水质变化和产量的影响。结果表明,各处理组生产过程中的水体 pH 值和氮、磷营养盐含量均处于正常范围内,施放有机肥和投饲人工配合饲料会造成氮、磷营养盐含量显著提升。3 月水体溶解氧含量偏低,投饲人工配合饲料组溶解氧含量显著低于施肥组和单一投饲大豆组。苗种产量和总产量均以投饲 50% 大豆 + 50% 人工配合饲料处理组最高,其次为全人工配合饲料处理组。小龙虾稻田冬繁投饲人工配合饲料对产量的提升效果明显,大豆因其不易溶性,是人工配合饲料的有益补充。溶解氧是稻田冬繁管理过程中的关键控制因子,尤其是投喂人工配合饲料的情况下必须密切监测以防止缺氧。

关键词:小龙虾苗种;稻田冬繁;有机肥;大豆;人工配合饲料

中图分类号: S966.12 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2020)20-0183-05

克氏原螯虾(*Procambarus clarkii*),俗称小龙虾,是世界上分布面积最广,养殖产量最大的淡水螯虾。也是我国淡水水产出口创汇的主导产品,目前主产区为湖北、江苏、安徽、江西、湖南等长江流域省份^[1]。稻虾综合种养模式是最主要的养殖模式,该模式下养殖的小龙虾产量约占全国总产量的 60% 以上^[1-2]。小龙虾的卵巢发育至顶峰后,能维持较长的一段时间,造成个体间产卵不同步,后代大小相差较大,相互间残杀现象较严重^[3]。因此,自留亲虾进行稻田繁育仍是生产上最主要的苗种获取方式。广西北半部属中亚热带气候,南半部属亚热带气候,降水充沛、日照充足、雨热同季,小龙虾越冬期短,稻田繁育苗种的上市期可比目前主产区提前 2 个月以上,具有良好的产业化前景。国内外对小龙虾生物学、繁殖习性及其养殖技术的研究已有较多报道^[4-6]。从养殖实践中观察,小龙虾苗

种繁育成活率的高低主要取决于饲料供应、繁育环境控制和敌害杀灭^[7]。目前,小龙虾稻田苗种繁育仍未形成标准化的饲料投喂技术,培育天然饵料,投喂原粮、天然动物蛋白或人工配合饲料的方式均有报道^[8-10]。饲料对稻田水质影响的研究则主要集中在稻虾共作过程中投喂不同碳氮比饲料和秸秆还田对稻田水质的影响^[11-12],而对繁育过程中,尤其是冬繁过程中投喂不同饲料对稻田水质和产量的影响研究则未见报道。本研究探讨广西南宁地区稻田小龙虾苗种冬季繁育期(11 月至次年 4 月)不同投喂模式下的水质和产量变化情况,以期对稻田小龙虾苗种生产管理技术的改良提供数据支撑。

1 材料与方法

1.1 试验系统

试验地点位于南宁市良庆区大塘镇,选取 12 块养虾稻田,每块稻田面积约 0.33 hm²,围沟宽度为 2 m,深 80 cm,受进水渠水位限制,最高水深可达田面以上 60 cm。每块稻田独立进水、排水。12 块稻田均为初次投放种虾,稻桩留高统一为 40 cm。于 9 月底按 50 kg/667 m² 投放同一来源的种虾,其中雌虾占比约 80%。稳定 1 周后晒田促进小龙虾掘穴,

收稿日期:2020-02-15

基金项目:广西创新驱动发展专项(编号:桂科 AA17204095-4、桂科 AA17204094-6);南宁市良庆区重大专项(编号:201814N)。

作者简介:王大鹏(1981—),男,辽宁开原人,硕士,副研究员,主要从事养殖生态学研究。E-mail:oucwdp@163.com。

通信作者:陆专灵,博士,副研究员,主要从事水产苗种繁育技术研究。E-mail:30847683@qq.com。

晒田 10 d 后回水,在围沟内种植轮叶黑藻,面积约占围沟的 50%。投放种虾后按统一方法管理,11 月初首次观察到离体虾苗后开始试验,试验时间为 2018 年 11 月至 2019 年 4 月。

1.2 试验设计

共设 4 个处理组,分别为 N_0 组(施有机肥), N_1 组(投饲 100% 大豆), N_2 组(投饲 50% 大豆 + 50% 人工配合饲料), N_3 组(投饲 100% 人工配合饲料)。每组设置 3 次重复。有机肥和人工配合饲料均为市售产品。其中有机肥为颗粒态,人工配合饲料为沉性料。大豆从当地农户收购。

1.3 水质监测

试验期间每天测量溶解氧(DO)含量、水温(T),每块田在田面和围沟各取 2 个点进行检测记录后取平均值。每块田按月定期采集水样,运回实验室检测。检测指标如下:酸碱度(pH 值)采用 pH 计直接测定,总氮(TN)含量和总磷(TP)含量用过硫酸钾氧化-紫外分光光度法测定,氨氮($\text{NH}_4^+ - \text{N}$)含量用纳氏试剂分光光度法测定,亚硝酸盐氮($\text{NO}_2^- - \text{N}$)含量用盐酸萘乙二胺比色法测定。

1.4 产出记录

每次捕捞销售时在每块稻田按同样方法下地笼,记录每块稻田的出虾质量和规格,汇总估算每块田的总产量和苗种产量。按本地销售方法,体质量在 15 g 以下的小龙虾均计入苗种产量,15 g 以上的计入总产量。

1.5 数据分析

试验数据采用 SPSS 17.0 和 Excel 2010 软件处理,采用单因素方差分析(One-Way ANOVA)法和 Duncan's 法进行多重比较, $P < 0.05$ 为差异显著。试验结果均以重复分析的平均值来表示。

2 结果与分析

2.1 试验期间稻田水温变化情况

由图 1 可知,试验期间稻田水温变化趋势为先下降后上升,1 月水温最低。除 1 月有约 10 天水温低于 12 °C 外,其他时间水温基本均位于小龙虾摄食范围内,在试验期间可观察到在水温为 13 °C 时,仍能发现小龙虾虾苗的摄食行为。

2.2 各处理组溶解氧含量和 pH 值变化情况

由图 2 可知,各处理组溶解氧含量在 11 月至次年 3 月间均呈下降趋势,经 2 月和 3 月的不断出塘销售,4 月溶解氧含量呈现回升趋势。 N_3 处理组在

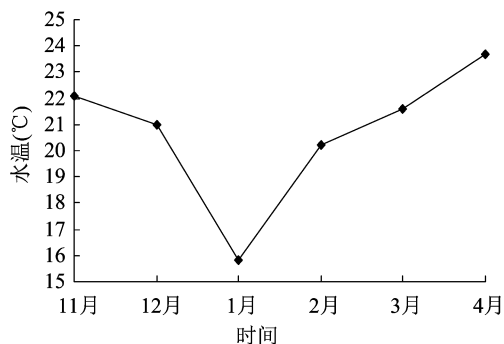


图1 试验期间稻田水温变化情况

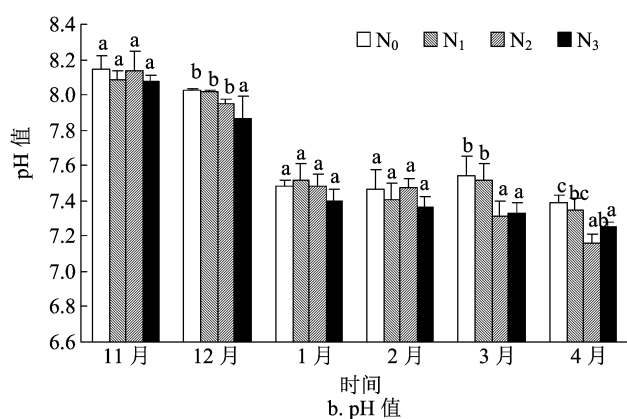
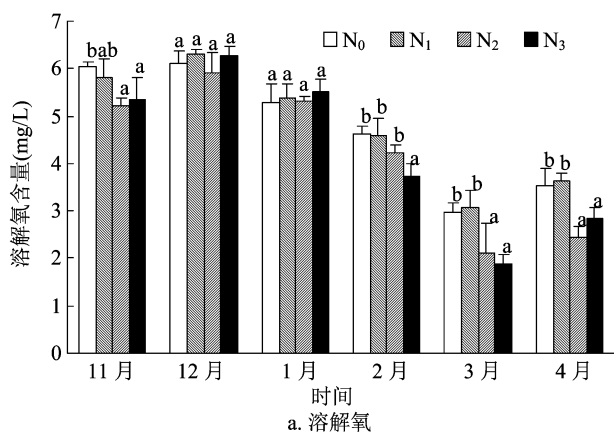
2 月溶解氧显著低于其他处理组($P < 0.05$);在 3 月和 4 月显著低于 N_0 和 N_1 处理组($P < 0.05$),但与 N_2 处理组差异不显著($P > 0.05$)。3 月 N_3 处理组溶解氧含量平均值仅为 1.87 mg/L, N_2 处理组也仅有 2.10 mg/L,已接近养殖生物的溶解氧耐受临界值。pH 值整体呈下降趋势,12 月 N_3 处理组 pH 值显著低于其他处理组($P < 0.05$);但 1 月和 2 月各组间 pH 值差异不显著($P > 0.05$)。3 月 N_2 和 N_3 处理组 pH 值显著低于其他处理组($P < 0.05$);4 月 N_0 处理组 pH 值显著高于 N_2 、 N_3 处理组。pH 值最高为 8.14,最低为 7.16,均处于正常范围内。

2.3 各处理组水体氮磷变化情况

由图 3 可知,各处理组水体总氮含量从 12 月起开始出现差异, N_0 处理组总氮含量显著高于其他处理组($P < 0.05$);1 月至 3 月 N_0 处理组和 N_3 处理组总氮含量显著高于 N_1 和 N_2 处理组($P < 0.05$);4 月 N_1 处理组与 N_0 处理组总氮含量差异不显著($P > 0.05$)。总磷含量总体呈上升趋势,在 2—4 月 N_0 组和 N_3 组总氮含量显著高于 N_1 处理组($P < 0.05$);在 2 月和 4 月亦显著高于 N_2 处理组($P < 0.05$)。氨氮和亚硝酸盐氮含量在 3 月前基本呈上升趋势,4 月有下降趋势。12 月 N_0 处理组氨氮含量显著高于其他处理组($P < 0.05$); N_1 处理组氨氮浓度始终明显低于其他处理组;2—4 月 N_2 处理组显著低于 N_3 处理组($P < 0.05$),但多数时间与 N_0 处理组差异不显著($P > 0.05$)。1—4 月 N_0 组和 N_3 组亚硝酸盐氮含量显著高于 N_1 处理组($P < 0.05$);但在多数时间与 N_2 处理组差异不显著($P > 0.05$)。施放有机肥会造成水体氮、磷营养盐含量的明显提升,投喂饲料比例越高,水体中氮、磷营养盐含量提升越明显。

2.4 各处理组单位产量变化

苗种的销售时间主要集中在 2—4 月,成虾销售



不同小写字母表示同一时间点不同处理组之间差异显著($P < 0.05$)。下图同

图2 各处理组水体溶氧和 pH 值变化情况

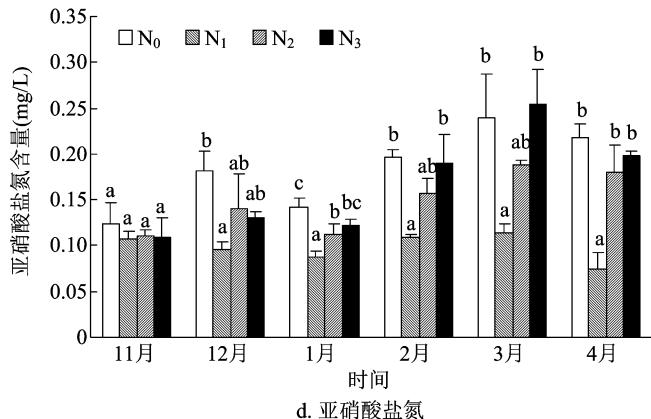
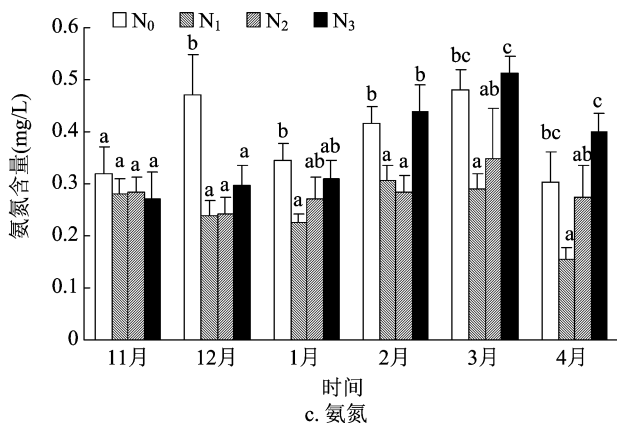
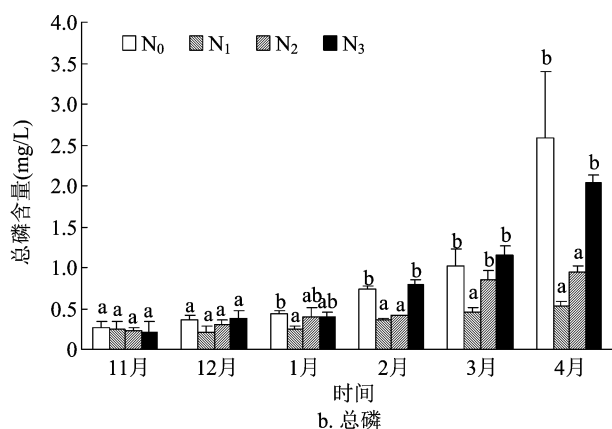
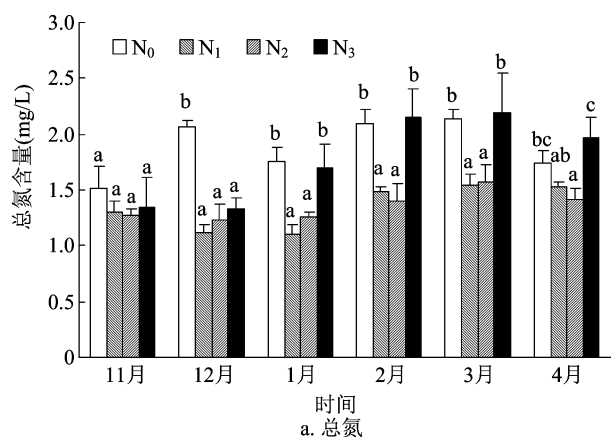


图3 各处理组水体氮、磷含量变化情况

时间主要集中在3—4月,由图4可知, N_2 处理组的苗种产量和总产量显著高于 N_1 处理组与 N_0 处理组($P < 0.05$),但与 N_3 处理组差异不显著($P > 0.05$)。 N_1 处理组的苗种产量和总产量显著高于 N_0 处理组($P < 0.05$),与 N_3 处理组差异不显著($P > 0.05$)。苗种产量最低值为 $69 \text{ kg}/667 \text{ m}^2$,出现在 N_0 处理组,最高值为 $97 \text{ kg}/667 \text{ m}^2$,出现在 N_2

处理组。总产量最低值为 $96 \text{ kg}/667 \text{ m}^2$,出现在 N_0 处理组,最高值为 $146 \text{ kg}/667 \text{ m}^2$,出现在 N_2 处理组。

3 讨论

3.1 小龙虾稻田繁育期水质管理要点

本研究对稻田繁育期间投喂模式下稻田水质

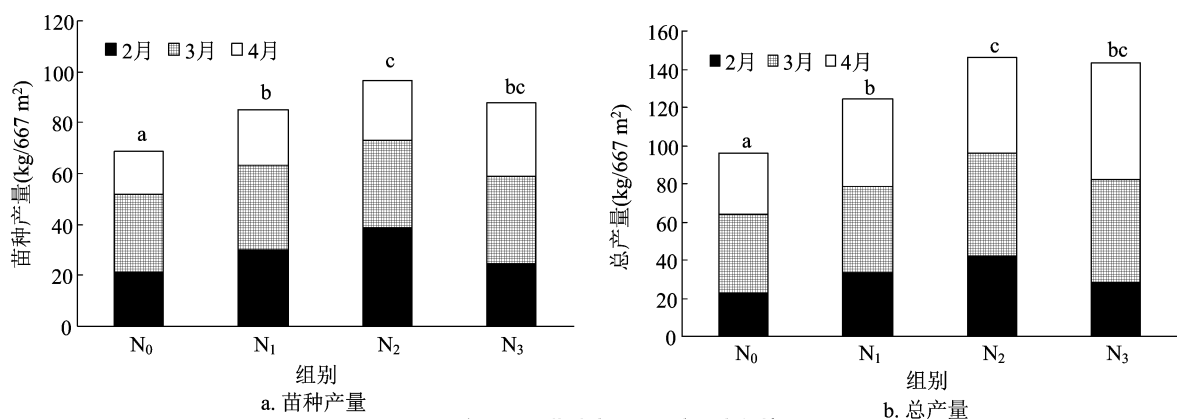


图4 各处理组苗种产量和总产量变化情况

的检测结果表明,除溶解氧含量外,pH 值和氮、磷营养盐指标的波动范围均处于适合小龙虾生长的水质标准内。可见施用有机肥或投喂不同比例的原粮和人工配合饲料,对水体 pH 值和氮、磷营养盐造成的影响均是有限的,这可能是由于相对其他养殖模式,稻田养殖小龙虾的密度较低,投入的氮、磷较少,残余的饵料及小龙虾的排泄物也相对较少,因此氨氮、亚硝酸盐氮等上升幅度较小。溶解氧含量在 3 月明显下降,可能是因为随着温度的升高,小龙虾开始活动摄食,消耗了大量水体溶解氧,也可能与稻田繁育过程中秸秆分解有关。对秸秆粉碎还田的研究表明,秸秆还田在冬泡期会降低水中的溶解氧含量,一方面是由于微生物在分解秸秆过程中消耗了一分部溶解氧,另一方面是秸秆还田及稻田养虾限制了水生植物及浮游植物的生长,随之影响其光合作用,导致水体溶解氧含量下降^[11,13]。到 4 月小龙虾存塘量减少,溶解氧含量有所回升。本试验未进行秸秆粉碎还田,但试验结束后,稻田中的秸秆在小龙虾摄食和自然分解的作用下,基本全部消耗完毕。秸秆被水中微生物分解的过程中会产生一系列酸性物质,同时土壤中有机质分解也会产生有机酸,从而导致水体 pH 值下降。小龙虾苗种规格达到 7~10 g 前,喜欢栖息在田面浅水区,秸秆是极佳的天然庇护所,湖北地区为提升冬季水温,常将水稻秸秆投入稻田,利用秸秆分解过程中释放的热量为苗种提供一个相对高温的小环境。但从本试验的水温变化来看,水温不是广西冬季小龙虾苗种生长的限制因子,在小龙虾苗种冬季繁育过程中,应重点关注水体溶解氧含量的变化。在整个生产过程中,稻田水体溶解氧含量一直处于动态变化,水体中植物的光合作用是水体溶解氧的主要来源^[14],而水体中养殖生物、浮游生物、细菌呼吸和底

质呼吸作用消耗氧气是水体溶解氧消耗的主要原因^[15]。3 月沉水植物被小龙虾大量摄食,生物量最低,小龙虾存量也最大,因此应注意采取措施增氧,保证虾苗的成活率和品质。

3.2 不同投喂方式对小龙虾稻田繁育效果影响分析

小龙虾适应性强、食性杂,不同生长阶段的食性有所差别。徐增洪等对幼虾及成虾的胃及肠道内容物的分析结果表明,小龙虾在幼虾阶段以浮游动、植物和有机碎屑为主要食物,成虾阶段则以水草、人工饲料及水生昆虫为主^[8]。因此,对照组仅使用有机肥培育水草和浮游生物,也获得了一定的苗种产量。研究表明,小龙虾可以根据其生存环境中的食物来源建立起适合自身生长需求的相应的食物链^[16]。但丽等将小龙虾放置于沟渠、池塘、生活污水等 3 种不同的生长环境中,小龙虾表现出明显的食性差异,体现出极强的适应性^[17]。谢文星等选取洞庭湖、洪湖及鄱阳湖的小龙虾进行肠道内容物分析发现,不同地域小龙虾的食性主要受当地食源生物量多少的影响^[6]。本研究也表明,投喂原粮和配合饲料均可增加小龙虾的摄食选择,从而有效地提升苗种成活率。本研究构建的养殖生态系统中,包含有轮叶黑藻、预留秸秆、杂草等植物,有机肥处理组和全配合饲料处理组的氮磷浓度提升较快,可能有助于促进水生植物生长,但受冬季较低水温和摄食压力的影响,在养殖过程中未发现水草覆盖度的明显提升。到 3 月小龙虾收获高峰期,上述植物已基本被摄食完毕,表明水草和有机碎屑是小龙虾中后期主要食物来源之一^[18]。对比有机肥处理组和其他处理组,大豆和配合饲料的投入,可提升产量 30%~40%。与玉米、米糠、花生饼、棉仁饼等相比,大豆不易产生黄曲霉素,是最佳的人工

配合饲料替代品。大豆在前期须要粉碎或打成豆浆投喂,兼具施肥和投饵的功能,在中后期直接投喂,对水质的影响小于配合饲料。由于小龙虾有昼伏夜出的习性,喜欢隐藏于水草丛中或洞穴中,白天活动较少,晚上多聚集在浅水区觅食,因此投饲时一般需将饲料投在围沟边的浅水区中虾活动较多的地方,提高饲料利用率,小龙虾一次摄食量不大,因此在投喂区常可见未摄食完的大豆颗粒和配合饲料溶解残痕。夏季溶解的饲料可促进水草生长,而冬季则完全是败坏水质,因此,基本不会溶解的大豆摄食效率更高。但单一投喂大豆可能存在营养方面的缺陷,大豆虽然蛋白含量比较丰富,但同时也含抗营养因子,主要是胰蛋白酶抑制因子和胰凝乳蛋白酶抑制因子^[19],因此也需要人工配合饲料的营养补充。

3.3 稻田冬繁期人工配合饲料使用及发展探讨

使用人工配合饲料是实现小龙虾养殖产业化的必要条件,本研究中大豆与配合饲料搭配投喂的方式获得了最高的苗种产量和总产量,而全人工配合饲料投喂方式的总产量平均值虽然低于大豆与人工配合饲料搭配投喂,但差异并不显著,且总产量的最高值也出现在全人工配合饲料组。从目前的使用情况看,饲料的缺点在于溶解较快,须要更准确地把握投喂时间和地点,因此对管理者和工人的技术要求较高。稻田冬繁期可摄食的天然饵料少,且苗种阶段蜕壳频繁,更需要通过摄食人工配合饲料以保证营养的全面。目前,小龙虾人工配合饲料市场仍较为混乱,产品多为其他虾、蟹甚至鱼类饲料改换包装,缺乏精准营养需求的理论支撑,因此急需对小龙虾幼虾的蛋白质、脂肪、钙和磷等关键营养需求进行系统深入的研究,建立蛋白质等营养素精准需求模型和配合饲料标准,并筛选诱食、蜕壳和免疫增强等添加剂,开发高效高能型人工配合饲料,满足冬季低温期生长需求,提升苗种成活率。小龙虾的习性是昼伏夜出,喜阴怕光。夜晚是小龙虾摄食活跃期,冬季夜晚水温相对较低,小龙虾活跃时间和活动范围都小于其他季节,本研究是在17:00前后0.5 h投饲,效果较好,但处理组间产量仍有较大波动,说明还需根据当日气温,优化饲料投喂时间、投喂间隙、投喂范围等技术参数,实现饲料投喂技术的标准化。最后,人工配合饲料在水中的稳定性问题仍是饲料推广的关键,需改进人工配合饲料生产工艺或添加黏合剂,尤其是增加

被小龙虾部分啃食过后的稳定性,才可有效降低饵料系数,减少饲料成本。

参考文献:

- [1] 农业农村部渔业渔政管理局,全国水产技术推广总站,中国水产学会. 中国小龙虾产业发展报告[J]. 中国渔业经济,2019,37(5):120-126.
- [2] 殷悦. 克氏原螯虾不同养殖模式的特点和养殖方法[D]. 南京:南京农业大学,2010.
- [3] 朱端亚,严维辉,唐建清. 稻田高效繁育克氏原螯虾苗种试验[J]. 水产养殖,2018,39(6):30-31.
- [4] Payette A L, Megaw I J. Thermoregulatory behavior of the crayfish *Procambarus clarki* in a burrow environment [J]. Comparative Biochemistry and Physiology,2003,136(3):539-556.
- [5] Louis R D, Cortney L O, Terrill R H, et al. Semi-intensive production of red swamp crawfish in earthen ponds without planted forage[J]. Southern Regional Aquaculture Center,2004,24(1):1-12.
- [6] 谢文星,董方勇,谢山,等. 克氏原螯虾的食性、繁殖和栖息习性的研究[J]. 水利渔业,2008,28(4):63-65.
- [7] 徐增洪,周鑫,水燕,等. 克氏原螯虾繁殖行为生态学的实验研究[J]. 中国水产科学,2014,21(2):382-389.
- [8] 徐增洪,周鑫,水燕. 克氏原螯虾的食物选择性及其摄食节律[J]. 大连海洋大学学报,2012,27(2):166-170.
- [9] 沈寒冰. 干蛆粉对小龙虾幼虾培育及生长影响的试验[J]. 江西水产科技,2018(2):14-16.
- [10] 何金星,窦寅,唐建清,等. 饲料添加螺旋藻对克氏原螯虾生长性能的影响[J]. 江苏农业科学,2009(2):209-211,250.
- [11] 刘卿君. 秸秆还田与投食对稻虾共作水质的影响[D]. 武汉:华中农业大学,2017.
- [12] 李聪. 稻-虾综合种养系统中不同碳/氮投喂模式对克氏原螯虾食性、可食部分营养组成及稻田水质的影响初探[D]. 上海:上海海洋大学,2018.
- [13] Vromant N, Nhan D K, Chau N H, et al. Can fish control planthopper and leafhopper populations in intensive rice culture? [J]. Biocontrol Science and Technology,2002,12(6):695-703.
- [14] 戴恒鑫,李应森,马旭洲,等. 河蟹生态养殖池塘溶解氧分布变化的研究[J]. 上海海洋大学学报,2013,22(1):66-73.
- [15] 潘腾飞,齐树亭,武洪庆,等. 影响池塘养殖水体溶解氧的主要因素分析[J]. 安徽农业科学,2010,38(17):9155-9157.
- [16] Correia A M. Niche breadth and trophic diversity:feeding behaviour of the red swamp crayfish (*Procambarus clarkii*) towards environmental availability of aquatic macroinvertebrates in a rice field (Portugal) [J]. Acta Oecologica,2002,23(6):421-429.
- [17] 但丽,张世萍,羊茜,等. 克氏原螯虾食性和摄食活动的研究[J]. 湖北农业科学,2007,46(3):436-438.
- [18] 吕敬才,张海波,代亮亮,等. 克氏原螯虾摄食对沉水植物生长和群落结构的影响[J]. 江苏农业科学,2019,47(21):298-301.
- [19] 王耀,吴佳蓓,王珍玉,等. 大豆胰蛋白酶抑制因子的危害及其检测研究进展[J]. 饲料工业,2019,40(13):61-64.