

王伟,顾海龙,胡中泽,等. 南粳 9108 水稻-中华绒螯蟹共作模式下水体理化指标与生长动态分析[J]. 江苏农业科学,2017,45(12):109-112.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.12.029

南粳 9108 水稻-中华绒螯蟹共作模式下水体理化指标与生长动态分析

王伟,顾海龙,胡中泽,王显,冯亚明,张培通,焦庆清

(江苏省农业科学院泰州农科所,江苏泰州 225300)

摘要:开展了南粳 9108 水稻与中华绒螯蟹共作试验,通过定期测量水体的温度、pH 值、溶氧量(DO)、铵态氮($\text{NH}_4^+ - \text{N}$)含量、亚硝酸态氮($\text{NO}_2^- - \text{N}$)含量、硫化氢(H_2S)含量以及中华绒螯蟹体质量指标,探索南粳 9108 水稻与中华绒螯蟹共作模式,同时研究稻田水体理化指标与中华绒螯蟹生长的动态变化情况。共作模式下,水体 WT 变化范围为 7.70 ~ 31.19 °C, pH 值 7.40 ~ 8.23, DO 2.66 ~ 5.72 mg/L, $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 含量 0.17 ~ 1.19 mg/L, $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 含量 0.054 ~ 0.154 mg/L, H_2S 含量 0.040 ~ 0.176 mg/L;中华绒螯蟹的生长呈“S”形曲线,雄性个体平均体质量比雌性个体大。收获期,雄蟹的平均体质量达 146.32 g,雌蟹平均体质量达 123.82 g。本研究为养殖户进一步优化和改进稻田养蟹提供了依据,同时为摸索更适合当地推广的高效稻蟹共作模式提供参考。

关键词:稻蟹共作;高效模式;南粳 9108;中华绒螯蟹;溶氧量;铵态氮;亚硝酸态氮;pH 值;生长变化

中图分类号: S966.16 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2017)12-0109-04

中华绒螯蟹(*Eriocheir sinensis*)是我国重要的淡水养殖种类之一,养殖模式已从湖区养殖发展到池塘养殖、网箱养殖、稻田养殖。稻渔共作是由水稻种植与鱼、虾、蟹等水产经济动物养殖有机结合,从而达到互利共生的复合生态农业模式^[1]。利用稻田的浅水环境,将养殖与种植有机结合,既保证了耕地面积,又发展了水产养殖业^[2]。既实现水稻与水产品产量稳定,同时具有化肥农药减量和农业面源污染降低等效应。我国的稻田养殖面积和产量稳步发展,2010 年我国稻田养殖面积达 132.61 万 hm^2 ,年生产水产品达 124.27 万 t,占淡水养殖总产量的 5.30%^[3]。稻田养殖由原来传统、规模小、养殖单一的模式逐渐发展为规模化、专业化、机械化和养殖多样化的模式,逐渐形成适合各个稻作区的多样化稻田养殖模式(稻-鱼模式、稻-蟹模式、稻-虾模式和稻-鳅模式等)^[4]。以传统稻田养蟹为基础并经提升而形成“盘山”模式(别称“大垄双行模式”)是稻蟹共生的典型范例^[5]。近些年来,稻田生态共作模式在我国多个地区推广,已经成为一种有效的农业增产增收模式。

在稻-中华绒螯蟹共作模式下,中华绒螯蟹为水稻除草、除虫、抑制无效分蘖、疏土增肥;稻田为中华绒螯蟹的生长提供了良好的环境^[6]。然而稻田环境水体小,pH 值、水温等水质指标变化快,水质不稳定,且氮肥的施用会导致铵态氮含量

过高,对中华绒螯蟹的生长存在一定的影响。因此,实时监测稻田水质指标,研究其与中华绒螯蟹生长的动态规律尤为重要。

南粳 9108 水稻是由江苏省农业科学院选育的中粳稻品种,其株型较紧凑,长势较旺,分蘖力较强,茎秆粗壮,抗倒性强,抗病虫性好,已经在我国多个地区推广种植。但是,南粳 9108 水稻与中华绒螯蟹共作模式的研究还较为缺乏。因此,选用南粳 9108 水稻与中华绒螯蟹进行生态共作,初步探索该模式下稻田水体与中华绒螯蟹生长发育的动态变化,为养殖户进一步优化和改进稻田养蟹提供理论和技术依据,同时摸索建立形成适合本地区推广的高效稻田共作模式。

1 材料与方法

1.1 试验池塘

2015 年 3—12 月在江苏省兴化市中堡镇国家现代农业示范园区基地 2 号塘口开展试验。试验塘口面积为 2.7 hm^2 ,其中水稻栽培面积为 1.83 hm^2 。稻田四周开挖环沟,中间开挖中间沟。该区属于北亚热带湿润气候,常年雨水丰沛,日光充足,气候温暖,四季分明,无霜期较长。地势低洼,湖泊众多,河流纵横,非常适合开展稻田生态种养。

1.2 苗种放养和水草栽种

2015 年 3 月进行苗种放养,蟹种规格为 100 ~ 120 只/kg,放养密度为 10 500 ~ 12 000 只/ hm^2 。水稻品种选用南粳 9108,6 月进行育秧和移栽,11 月进行水稻收割。水草主要栽种品种为伊乐藻和轮叶黑藻,其中伊乐藻的栽种时间为 2 月,采取切茎分段扦插的方法,环沟栽植,扦插深度 3 ~ 5 cm,水草的覆盖率占池塘的 30% ~ 50%;5 月开始栽种轮叶黑藻,高温期使水草总面积维持在 60% ~ 70%。养蟹田施一次性生物有机肥作基肥,不施追肥,水稻生长期间均不使用农药除草、杀虫。

收稿日期:2016-03-10

基金项目:江苏省水产三新工程项目(编号:Y2015-15)。

作者简介:王伟(1989—),男,江西上饶人,硕士,助理研究员,研究方向为水产养殖。Tel:(0523)80813667;E-mail:ncusww@126.com。

通信作者:焦庆清,硕士,副研究员,研究方向为农作物新品种新技术研究及示范应用。Tel:(0523)80813688;E-mail:mtjq@163.com。

1.3 日常管理

1.3.1 投喂管理 养殖期间严格按照“两头精,中间青,荤素搭配,精青结合”的科学投喂原则进行投喂管理。前期主要投喂冰冻小鱼或杂鱼,中期主要投喂冰冻小鱼和颗粒性饵料,后期主要投喂煮熟的玉米和大豆。具体的投喂量一般视天气以及中华绒螯蟹的吃食情况来定,早晚投喂 1 次,主要以傍晚投喂为主。坚持定时巡查,及时观察中华绒螯蟹的吃食和生长状况。

1.3.2 水位控制 前期气温和水温较低,采取浅水位有利于养殖水体水温的迅速提高,使中华绒螯蟹尽快进入正常摄食状态;中期高温季节,加深水位有利于降低水温,让中华绒螯蟹正常摄食和蜕壳;后期稳定在一个适中的水位,有利于防止水温的急剧波动,提供中华绒螯蟹一个稳定的、有利于增质量育肥的水体环境。3—5 月水位控制在 50~70 cm,6—8 月水位保持在 1.0~1.2 m,9—11 月水位一般在 70~90 cm。

1.4 样品的采集与测定

4—11 月每月进行数据测量 2 次,沿稻田环沟取 3 个点进行采样,采样时间 08:00—09:00。水质测定项目包括水温、pH 值、DO(溶氧量)、 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 含量、 H_2S 含量、 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 含量。其中,水温、pH 值、DO、 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 含量的测量使用 YSI5820 水质分析仪进行现场测量表层 30 cm 和底层(70~120 cm)的数值,后取平均值;硫化氢含量、亚硝酸盐含量测量仪器为 MR220 水质分析仪。使用有机玻璃采水器采集水样带回实验室,水样存放于 4℃ 冰箱中,在 24 h 之内完成分析测试。同时,采用地笼捕捞中华绒螯蟹,随机抽样 30 只,滤纸吸去表面水分,使用电子天平测量体质量。

1.5 数据分析

试验所得数据使用 Excel 2007 进行分析,对数据采用单因素方差分析。水质指标与体质量测定数据均取平均值分析作图。

2 结果与分析

2.1 水温与 pH 值

2.1.1 水温 中华绒螯蟹为变温动物,体温与外界水温基本持平。杨风萍等研究认为,造成中华绒螯蟹生长差异的主要原因是其生长条件,尤其是不同生长发育阶段的温度条件不一样^[7]。胡安霞等研究表明,在自然环境中对中华绒螯蟹生长发育影响最大的是温度^[8]。王勇军研究发现,中华绒螯蟹幼蟹在平均温度为(22±3)℃下生长最快,±4.5℃的变化幅度即对其生长有抑制作用^[9]。本试验过程中,稻田的水温变化范围为 7.70~31.19℃(图 1),总体呈先上升后下降的趋势。中华绒螯蟹的最适生长温度一般在 18~30℃之间,一般水温在 10℃时开始明显摄食,在适温条件下温度越高,中华绒螯蟹的摄食越旺盛,生长和变态迅速加快,10℃以下时摄食能力减弱。稻田水体下层水温基本保持在 30℃以下,不会影响中华绒螯蟹的正常生长。如图 1 所示,4、5 月稻田水体的温度大体上在 15~20℃,呈缓慢上升趋势;6 月水温达到 25℃以上;7、8 月水温开始超过 30℃;9 月水温开始随逐渐将低;11 月水温降低至 7℃左右。

2.1.2 pH 值 pH 值是养殖水体的重要指标之一,其大小直接影响水体生物的生长和存活,其变化规律可以反映水体的

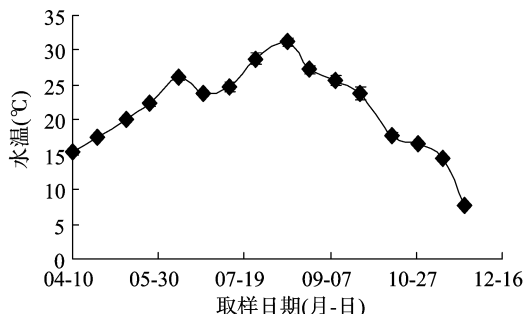


图1 稻田水温动态变化

环境变化情况,稳定的 pH 值是保证中华绒螯蟹养殖稳产、高产的重要手段^[10]。中华绒螯蟹成蟹养殖最适的 pH 值一般在 7.5~8.5,从测量的结果(图 2)来看,共作模式下水体的 pH 值变化范围在 7.4~8.3 之间波动,均符合 GB11607—1989《渔业水质标准》规定的 6.2~8.5^[11]。水体呈弱碱性,适合中华绒螯蟹的生长。pH 值总体上呈先上升后下降的趋势,10 月水体的 pH 值最低,数值在 7.4 左右。过高或者过低的 pH 值都会对中华绒螯蟹生长造成不良的影响,而稻田共作模式下水体的 pH 值稳定性较好,未出现 pH 值过高或过低的现象。

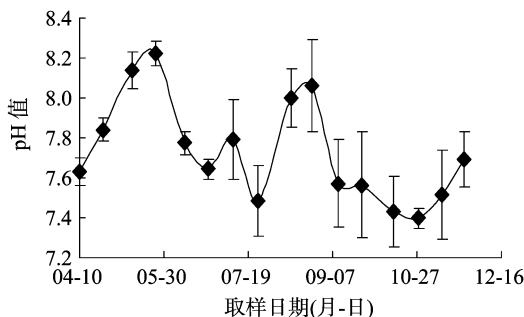


图2 稻田水体 pH 值动态变化

2.2 溶氧量和铵态氮含量

2.2.1 溶氧量 DO 是池塘水产养殖管理中的一项重要指标,其变化是水体理化性质和生物学过程的综合反映^[11]。池塘溶氧量水平的高低与养殖效果好坏紧密相关。一般认为,池塘的溶氧量随夜间生物代谢和有机物分解逐渐降低,在黎明时降至最低。测量的结果(图 3)显示,4—11 月稻田中水体 DO 在 2.66~5.80 mg/L 之间波动。4—6 月,随着水温的升高、水体中水草的生长,水中溶氧量充足,在 5.0 mg/L 以上。在 7—8 月,水体 DO 开始降低,其总体上在 3 mg/L 左右波动,在 8 月测量数值达到最低值。

2.2.2 铵态氮 水体中的铵态氮大多来自生物代谢和有机物的分解还原,铵态氮含量的高低是水体是否受到有机污染的重要标志之一^[12]。由图 4 可以看出,水体中 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 含量在 0.17~1.19 mg/L 之间波动。其中,高温季节 6、7、8 月水体中的 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 含量高于 GB 11607—1989《渔业水质标准》的 0.69 mg/L,但是在中华绒螯蟹的安全生长含量范围之内;其他时间 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 含量都在 0.69 mg/L 波动。与池塘养殖相比,稻田养殖水体的铵态氮含量往往相对高一些,水中的铵态氮含量过高,很可能与养殖初期投放中华绒螯蟹的密度有关,此外高温季节中华绒螯蟹的大量排泄物和水草的死亡也会引起水中铵态氮含量上升。铵态氮毒性与池水的 pH 值及

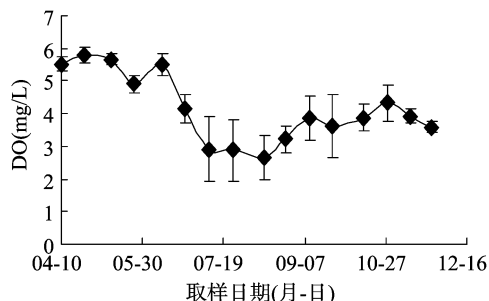
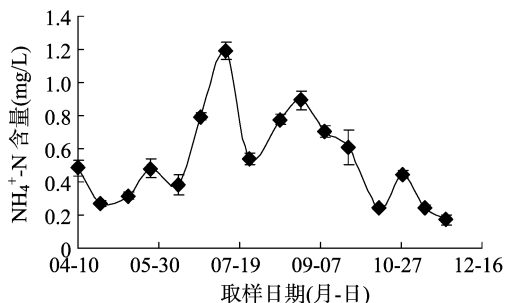


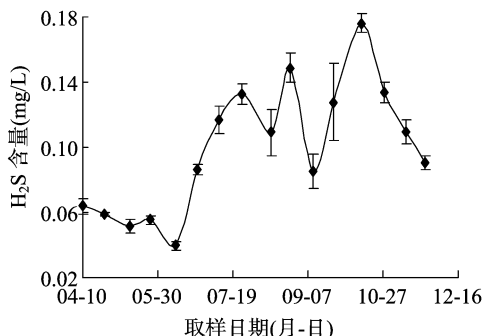
图3 水体 DO 动态变化

图4 水体中 NH_4^+-N 含量的动态变化

水温有密切关系,一般情况下,pH 值及水温愈高,毒性愈强^[13]。因此,稻田养殖中华绒螯蟹高温季节尤其要注意调节水质,防止水中铵态氮含量过高。

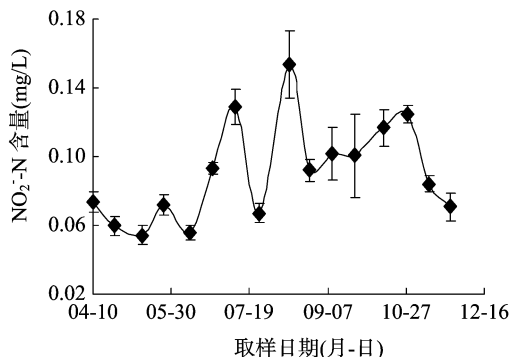
2.3 硫化氢与亚硝酸盐

2.3.1 硫化氢 养殖池塘中的残饵、粪便、动植物残骸在厌氧型硫酸盐还原菌的作用下分解产生硫化氢,是水体中 H_2S 的主要来源^[15]。当其含量较高时,通过渗透与吸收进入水产动物的组织与血液,与血液中的携氧蛋白相结合,破坏其结构,使其失去携带氧气的功能。对水产动物的皮肤和鳃丝黏膜有很强的刺激和腐蚀作用。图 5 表明,稻蟹共作模式下 4—11 月水体的 H_2S 含量总体较低,变化范围为 0.040 ~ 0.176 mg/L。GB 11607—1989《渔业水质标准》中规定,硫化物含量不超过 0.2 mg/L。常温下,当 pH 值 > 9 时,硫化物 98% 以上都是以 HS^- 形式存在,毒性较小;当 pH 值 < 6 时,90% 以上硫化物以硫化氢形式存在,毒性很大。

图5 水体中 H_2S 含量动态变化

2.3.2 亚硝酸盐 亚硝酸盐作为硝酸盐和铵盐还原与氧化过程的中间产物,在水体中的含量较不稳定^[14]。图 6 表明,养殖过程中 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 的含量总体较低,变化范围为 0.054 ~ 0.154 mg/L。石俊艳等研究表明, $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 对幼蟹的安全质量浓度为 2.086 mg/L,而且随着其生长发育,抗毒能力明显

增强^[15],生态养殖池塘水体 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 含量远低于安全质量浓度。测量的结果(图 6)显示,稻田水体中 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 含量在 4—7 月较低,在 8 月出现小幅增长,其很可能与水温的升高、伊乐藻的衰亡而导致水体 DO 含量下降有关。

图6 水体 $\text{NO}_2^- - \text{N}$ 含量的动态变化

2.4 中华绒螯蟹生长动态变化

影响甲壳动物生长和蜕壳最重要的环境因素是水温、水质和食物。在本试验中,中华绒螯蟹的食物主要有配合饲料、螺蛳及稻田中的浮游动植物。通常按照中华绒螯蟹体质量的 3% ~ 5% 进行投喂饲料,所以投喂量不会成为中华绒螯蟹生长的限制因素^[16]。对中华绒螯蟹进行随机抽样测量,所得的平均体质量月变化如图 7 所示。从生长分析结果可知,中华绒螯蟹的生长呈“S”型曲线变化,雄性个体平均体质量均比雌性个体大。随着水温的上升,中华绒螯蟹开始生长发育,但总体上 4、5 月中华绒螯蟹体质量的生长相对较慢,因此其生长曲线较为平稳;6 月之后,生长开始变快;7、8、9 月为生长快速期;10 月之后,生长开始变得缓慢。从中华绒螯蟹体质量月增加量(图 8)可知,雄蟹体质量增加最快的为 8 月,雌蟹体质量增加最快的为 9 月,在 10 月之后,雌雄中华绒螯蟹的体质量增加量都不大。收获期,雄蟹的平均体质量达到 146.32 g,雌蟹平均体质量达 123.82 g,产中华绒螯蟹达 1 141.5 kg/hm²。

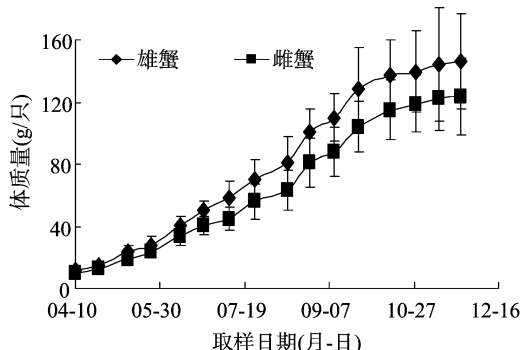


图7 中华绒螯蟹体质量动态变化

3 讨论与结论

中华绒螯蟹营养丰富,味道鲜美,市场需求日益增长,其养殖业呈现出蓬勃发展的态势。稻田养蟹技术充分发挥了稻田的种植、养殖和生态功能,开辟了水稻、水产的可持续发展新途径。众多研究表明,稻田养蟹模式远远高于单作稻田模式。由于不同地区采用的模式和方法不同,其经济效益也各不相同。周学林等采取渔业科技入户的推广机制,以“大垄

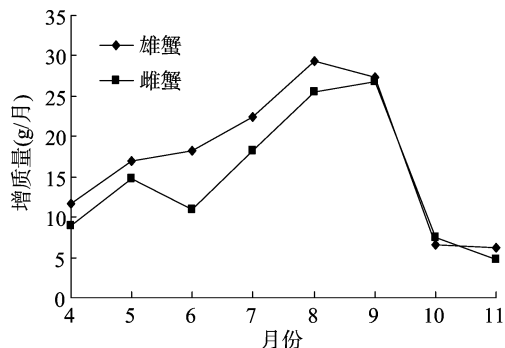


图8 中华绒螯蟹月增加质量

双行,早放精养,种养结合,稻蟹双赢”的稻田种养技术为依托,稻田养蟹纯收入总计 73 650 元/hm²,稻田养殖中华绒螯蟹与普通种植水稻相比增加 56 325 元/hm²^[17]。吕东锋等研究指出,从综合经济效益来看,养蟹田盈利 7 125 元/hm²,是对照田盈利(3 245 元/hm²)的 2.20 倍^[18]。南粳 9108 水稻与中华绒螯蟹生态共作模式下,中华绒螯蟹产量达 1 141.5 kg/hm²,收获期雄蟹平均体质量达 146.32 g/只,雌蟹平均体质量达 123.82 g/只,基本上达到优质中华绒螯蟹的规格。从中华绒螯蟹的生长测量数据来看,稻蟹共作模式下中华绒螯蟹的生长呈“S”形曲线,10 月后中华绒螯蟹的生长速度明显降低。

南粳 9108 水稻与中华绒螯蟹生态共作模式的试验结果显示,南粳 9108 水稻生育期较长、茎秆粗壮、抗倒性强、抗病虫性好、适应深水层,与中华绒螯蟹共作相耦合,养殖水体的水质总体上相对稳定。水温是环境因子中最为重要的因素之一,它能直接影响水生动物的新陈代谢、生长、存活以及蜕壳等。中华绒螯蟹适宜生长水温为 15~30℃,水温在 33℃以上时便大多摄食量减少。从定期测量水温来分析,稻田水温未出现高于 33℃的现象,随着水稻的生长很可能遮挡了部分阳光的直射,对稻田水温有适量的降低作用。水体的 pH 值在正常的范围之内波动,总体上呈现先升高后降低的趋势。空气中氧气溶于水、浮游植物在白天通过光合作用产生氧气以及加注新水是养殖水体溶解氧的主要来源。水体的溶氧量总体上相对稳定,基本维持在 3 mg/L 以上,但 7、8 月的高温季节稻田水体出现了短期的溶氧量偏低的现象。水体的铵态氮、亚硝酸盐、硫化氢含量在测量的部分时期出现偏高现象。这可能是由大量投饵而留下的残饵,水体中水生动物大量排泄物的累积所造成的。与池塘、湖泊养殖相比,稻田养殖的水体面积相对较小,稻田土壤更加肥沃,所种植的水稻施肥、追肥都很可能引起水体相关指标偏高。同时,中华绒螯蟹的高密度放养也与水质相关指标的升高有关。因此,在日常的管理过程中更要加强养殖水质的调控,尤其是养殖的高温季节,更要做好防控措施。

与其他产业相比,水稻种植经济效益低下的问题日益突出,农户水稻种植的积极性受影响^[6]。稻蟹生态共作模式,将水产养殖和水稻种植进行结合,既提高有限的淡水和耕地利用效率,又显著增加农民的收益,大大地促进农户种植水稻的热情,从而稳定水稻生产,同时又发展了水产养殖业,获得稳定的水产品。此外,人们关于有机食品或绿色食品的意识正在逐步增强,而稻蟹生态共作模式下生产过程中较少使用

或不使用农药、化肥,因而产出的稻米或水产品受到消费者的青睐^[19]。因此,南粳 9108 水稻与中华绒螯蟹共作模式从最终的经济效益和社会效益来看还是高于普通的种植业和养殖业,势必成为农民增收和农业增效的新渠道。当然,全球 1.63 亿 hm² 稻田面积中 90% 以上的稻田具备发展稻鱼的条件,但是目前稻田共作模式的比例仍很低^[20];在中国拥有灌溉条件良好的稻田中,进行水产养殖的比例也仅占 4.48%^[21]。因此,利用稻田资源发展高产高效、环境友好的稻田共作模式,仍会面临很多挑战。

参考文献:

- [1] 张云杰,王 昂,马旭洲,等. 稻蟹共作模式稻田水质水平变化初步研究[J]. 广东农业科学,2013,40(14):16-19.
- [2] 沈雪达,苟伟明. 我国稻田养殖发展与前景探讨[J]. 中国渔业经济,2013,31(2):151-156.
- [3] 王 武. 我国稻田种养技术的现状与发展对策研究[J]. 中国水产,2011(11):43-48.
- [4] 胡亮亮,唐建军,张 剑,等. 稻-鱼系统的发展与未来思考[J]. 中国生态农业学报,2015,23(3):268-275.
- [5] 肖祖国,李文宽,于永清,等. 河蟹养殖技术之三:稻田养殖河蟹不同规格、不同密度对比试验[J]. 中国水产,2008,394(9):40-42.
- [6] 王 坚,吴铁宏,杨明江,等. 稻田养蟹研究[J]. 宁夏农林科技,2011,52(12):193-196.
- [7] 杨风萍,霍中洋,张洪程,等. 稻渔共作复合生态模式下中华绒螯蟹生长特点及其影响因素[J]. 江苏农业科学,2007(5):167-171.
- [8] 胡安霞,张 岭. 气象条件对河蟹生态养殖的影响及气象服务要点[J]. 农技服务,2009,26(2):122-123.
- [9] 王勇军. 周期性温度变化对幼蟹生长发育的影响[J]. 水产养殖,1999,20(4):19-20.
- [10] 刘志华,王铁军. pH 值对水产养殖的影响[J]. 中国畜牧兽医文摘,2012,28(12):99.
- [11] 何义进,周群兰,刘 勃,等. 不同增氧方式对中华绒螯蟹的养殖池塘水质的影响[J]. 渔业现代化,2009,36(4):23-26.
- [12] 杨品红,谢春华,王晓艳,等. 超大珍珠养殖池与鱼池水质昼夜变化规律比较研究[J]. 水利渔业,2007,27(2):76-78.
- [13] 钮冀平. 不同温度及 pH 值对氨氮浓度的影响[J]. 水利科技与经济,2013,6:48-49.
- [14] 石俊艳,刘 中. 亚硝酸盐、硫化物与氨对河蟹幼体的急性毒性实验[J]. 辽宁大学学报(自然科学版),1999,26(1):91-96.
- [15] 戴恒鑫,马旭洲,李应森,等. 湖南大通湖河蟹池塘生态养殖模式对水质净化的试验研究[J]. 安全与环境学报,2012,12(5):89-94.
- [16] 孙文通,唐 春,马旭洲,等. 桂林地区池塘生态养蟹水环境与河蟹生长初探[J]. 水产科技情报,2015,42(5):262-267.
- [17] 周学林,曹玉魁,黄迎春. 吴忠市稻田养殖河蟹技术浅析[J]. 宁夏农林科技,2010(6):46-48.
- [18] 吕东锋,王 武,马旭洲,等. 稻田生态养蟹的水质变化与水稻生长关系的研究[J]. 江苏农业科学,2010(4):233-235.
- [19] 闫志利,林瑞敏,牛俊义,等. 我国稻蟹共作技术研究的现状与前景展望[J]. 北方水稻,2008,38(2):5-8,27.
- [20] 李娜娜. 中国主要稻田种养模式生态分析[D]. 杭州:浙江大学,2013:27.
- [21] Halwart M. Biodiversity and nutrition in rice-based aquatic ecosystems[J]. Journal of Food Composition and Analysis,2006,19(6/7):747-751.