

刘晓峰,张莉,祝国荣,等.水蕹菜浮床覆盖度对淇河鲫的生长及营养品质的影响[J].华中农业大学学报,2023,42(1):139-145.
DOI:10.13300/j.cnki.hnlkxb.2023.01.017

水蕹菜浮床覆盖度对淇河鲫的生长及营养品质的影响

刘晓峰^{1,2},张莉³,祝国荣¹,陈宏霖¹,杨健¹,葛紫晗¹,李学军¹

1. 河南师范大学水产学院/水产动物疾病控制河南省工程实验室,新乡 453007;
2. 中国科学院城市环境研究所,厦门 361021; 3. 江西省农业科学院农产品质量安全与标准研究所,南昌 330200

摘要 为了获得淇河鲫池塘养殖中的最佳水蕹菜浮床覆盖度,试验随机选取360尾淇河鲫,设计水蕹菜浮床覆盖度为0%(C0)、10%(C1)、20%(C2)和30%(C3)4个试验组,每组3个重复,每个重复30尾鱼,饲养90 d后,测定各试验组养殖水质、淇河鲫的生长、常规营养成分和氨基酸含量,并比较其差异。结果显示,水蕹菜浮床覆盖度仅对鱼肉品质中的甘氨酸、缬氨酸和精氨酸有显著性影响($P<0.05$),3种氨基酸的最大值基本上在C1试验组,且各试验组间缬氨酸和精氨酸的含量变化与增重率变化一致。此外,与C0相比,C1、C2和C3试验组均含有较高的粗蛋白和灰分含量及较低的粗脂肪含量,其中C1试验组具有最高的粗蛋白含量和最低的粗脂肪含量。结果表明,10%水蕹菜浮床覆盖度最有利于淇河鲫的优良鱼肉品质的形成,过高的覆盖度则起相反作用。

关键词 水蕹菜;覆盖度;淇河鲫;营养品质;健康养殖;高密度养殖

中图分类号 S964.3 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2023)01-0139-07

目前我国水产养殖业普遍存在着养殖水体富营养化、病害频繁、养殖周边环境受污染等问题,已严重威胁我国水产养殖业的健康发展^[1]。经济植物生态浮床是改良和治理养殖问题的重要生物方式,不仅可以有效净化与稳定水质^[2]、降低鱼病发生率、促进鱼类生长、提高水体生物多样性^[3],还可起到节约用地、美化环境、获得额外经济收益的功效^[4]。然而,目前植物浮床在渔业养殖中的应用研究主要集中在适宜植物的筛选、植被净化水质效果^[2]、养殖动物的生长、生化指标等方面^[5-7],鲜有对池塘养殖对象的营养品质等方面的研究报道。

淇河鲫(Qihe crucian carp, *Carassius auratus*),隶属鲤形目、鲤科、鲫属,因其产于豫北的淇河,故称淇河鲫。淇河鲫是河南省的重要水产养殖品种,也是一种珍稀资源,具有品质好、生长快、抗逆性强、经济性状优良等优点,是一种具有广阔发展前景的名优养殖鱼类^[8]。水蕹菜(*Ipomoea aquatica* Forsk.)是我国南方常见的一种草本植物蔬菜,也是畜禽的优质饲料,具有较高的经济价值^[4]。由于其喜湿耐热、生长快速^[9]、适应水生、经济易得,且对养殖水体具有较

高效率的净化作用^[10],是目前经济植物浮床的首选植物^[11]。池塘水面浮植水蕹菜的研究已有较多,其浮植面积比例(即:水蕹菜覆盖度)的设置也具有很大差异,如15%水蕹菜覆盖度-黄颡鱼(*Pseudobagrus fulvidraco*)池塘^[3]、7.5%水蕹菜覆盖度-传统“四大家鱼”精养鱼池^[4]或-精养草鱼池塘^[12]、5.6%水蕹菜覆盖度-主养南美白对虾(*Penaeus vannamei*)大棚虾池^[6]、30%~50%水蕹菜覆盖度-泥鳅(*Misgurnus anguillicaudatus*)水泥池塘^[7],但水蕹菜浮床用于高密度养殖淇河鲫的研究尚未见报道。本研究通过在淇河鲫养殖水面设计不同水蕹菜浮床覆盖度,探索水蕹菜在人工高密度养殖淇河鲫过程中对淇河鲫生长、常规营养成分和氨基酸含量的影响,以为淇河鲫的高密度生态健康养殖提供一定的理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验鱼饲养及水蕹菜浮床制作

2龄淇河鲫取自河南师范大学水产养殖实训基地,在养殖基地温棚循环水桶内暂养7 d,暂养期间所

收稿日期:2022-06-09

基金项目:国家级大学生创新创业项目(201310476075,201610476091);大学生创新创业项目(20170255);河南科技智库调研课题(HNKJZK-2022-19B);河南省科技厅项目(142102310476);河南省现代农业产业技术体系项目(豫农文[2022]200号)

刘晓峰,E-mail:136751273@qq.com

通信作者:祝国荣,E-mail:zhugorong2012@hotmail.com

用饲料与正式试验所用的饲料一致,为郑州新希望六和公司的鲫配合饲料,每日08:00、16:00各投喂1次,日投饲量为鱼体质量的2%~3%。水蕹菜浮床以4 cm直径PVC管作为浮床框架,网眼直径为3 cm的网片作为浮床床体,网眼直径为1 cm的网片作为下衬网。水蕹菜选用江西丰收种业公司生产的尖叶水蕹菜种子,在养殖基地空地上进行育苗,用于不同覆盖度水蕹菜浮床制作。扦插时选取为30 cm高的水蕹菜植株地上部分,去叶,剪成10 cm左右且带1个腋芽或顶芽的小段,按照30 cm × 20 cm(行距 × 株距)插入网眼,每孔扦插植株3~5株,并保证每个植株有1~2 cm穿出浮床床体网片与水体接触。

1.2 试验过程与饲养管理

养殖试验于2014年6月1日—8月30日在河南师范大学水产养殖实训基地温棚(N 35°20'10.77", E 113°53'53.08")中进行(饲养周期为90 d)。随机选取经暂养后体格健壮、规格均匀的淇河鲫(体质量(16.78±3.08) g;体长(8.66±0.83) cm)360尾平均分养在12个半径80 cm、高80 cm的养殖桶(青岛中科海水处理有限公司的PP养殖桶)中,再将12个养殖桶随机平均分为4个试验组,每组3个重复,在各试验组的养殖桶内分别布上0%、10%、20%、30%水蕹菜覆盖度浮床,编号为C0、C1、C2、C3,其中0%(C0)为对照。

试验期间按照鱼体质量的3%进行投饵,每次投喂至鱼不再吃食、稍有剩余饵料为止;当水蕹菜高度达30 cm以上时,进行采收,采收时保留水面以上仍有10 cm左右;整个养殖试验期间不换水,但补足因蒸发渗透漏等因素损失的水。用气石连续充气,保持溶氧在5~7 mg/L,水温(30±1) °C。

1.3 测定指标与方法

1)生长性能指标测定。养殖试验开始和结束时,禁饲24 h,每个重复取鱼10尾,每组共取30尾;分别逐尾测量鱼体质量、体长和内脏质量。脏体比(VR)、肥满度(CF)、摄食率(FR)、特定生长率(SGR)、增重率(WGR)和饵料系数(FCR)的测定参考潘伟平等^[13]的方法进行。

2)常规营养成分指标测定。试验结束后,将鱼处死,在冰盘上去除内脏,去除鳞片和鳍条取鱼躯干部,剪碎,105 °C烘干,用于生化成分测定。鱼体水分测定在鱼体新鲜时进行,其余生化成分于烘干恒质量后测得。水分采用105 °C恒温烘干失重法测定,粗

蛋白采用凯氏定氮法、粗脂肪采用索氏抽提法、灰分采用马福炉灼烧法测定,氨基酸分析在HetachL-8800氨基酸自动分析仪(GB/T18246-2000)上进行。每组样品各项指标均重复测定3次。

3)水质指标测定。试验结束时按HJ494-2009水质采样方法采集水样并按以下测试方法测定水质指标,各项指标均重复测定3次。总氮(TN)采用碱性过硫酸钾消解紫外分光光度法(HJ636-2012)测定;总氨氮(TAN)用纳氏试剂光度法(HJ535-2009)测定;硝酸盐氮(NO₃⁻-N)采用酚二磺酸光度法(GB7480-1987)测定;亚硝酸盐氮(NO₂⁻-N)采用分光光度法(GB7493-1987)测定;总磷(TP)采用钼钒酸铵分光光度法(GB11893-1989)测定;正磷酸盐(PO₄³⁻-P):钼锑抗分光光度法^[14]测定。

1.4 数据分析与处理

试验数据以“平均值±标准差”表示,采用SPSS 19.0软件对数据进行单因素(One-way ANOVA)方差分析,如差异性显著(P<0.05),利用Duncan's法进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 水蕹菜浮床覆盖度对淇河鲫的生长和饲料利用情况的影响

由表1可见,水蕹菜浮床覆盖度对淇河鲫的生长和饲料利用情况均没有显著性影响(P>0.05)。但与C0组相比,C1~C3中的淇河鲫均具有较小的脏体比和较大的肥满度。与C2和C3相反,C1中的淇河鲫具有较大的增重率和特定生长率,但具有较小的

表1 各试验组淇河鲫的生长和饲料利用情况(n=30)

Table 1 Growth and feed utilization of Qihe crucian carp *C. auratus* in Qihe River with different coverage of the *Ipomoea aquatica* floating-bed (n=30)

参数 Parameters	C0	C1	C2	C3
饵料系数	5.25±	5.07±	5.43±	5.49±
Feed conversion rate	0.56	1.04	0.98	0.50
摄食率/%	0.26±	0.23±	0.27±	0.28±
Feeding rate	0.04	0.06	0.05	0.03
脏体比/%	15.79±	15.43±	14.27±	13.65±
Viscerosomatic ratio	3.57	2.31	1.41	2.63
肥满度/%	2.55±	2.73±	2.62±	2.75±
Condition factor	0.30	0.02	0.04	0.08
增重率/%	61.88±	62.66±	58.41±	56.49±
Weight gain rate	10.49	11.52	12.91	6.71
特定生长率/%	0.53±	0.54±	0.51±	0.50±
Specific growth rate	0.07	0.08	0.09	0.05

饵料系数和摄食率。

2.2 水蓼菜浮床覆盖度对淇河鲫常规营养成分的影响

由表 2 可见,水蓼菜浮床覆盖度对淇河鲫的常规营养成分(水分、粗蛋白、粗脂肪和灰分)没有显著性影响。但与 C0 组相比,C1~C3 组鱼体粗脂肪含量均较低而其粗蛋白和灰分含量均较高。相比而言,鱼体水分含量则以 C1 最大,在 C2 和 C3 中较小。

表 2 各试验组淇河鲫的常规营养成分

Table 2 The general nutritional composition of whole body of Qihe crucian carp *C. auratus* with different coverage of the *Ipomoea aquatica* floating-bed %

营养成分 Nutritional composition	C0	C1	C2	C3
水分 Moisture	77.64±0.61	77.86±0.52	77.18±1.29	77.21±1.06
粗蛋白 Crude protein	74.07±0.06	75.40±1.47	74.53±0.50	74.63±1.72
粗脂肪 Crude lipid	8.73±0.61	7.57±2.07	8.67±1.36	8.67±1.50
灰分 Ash	12.69±0.28	12.74±0.27	14.03±1.15	13.85±0.86

2.3 水蓼菜浮床覆盖度对淇河鲫氨基酸含量的影响

由表 3 可见,水蓼菜浮床覆盖度仅对 4 种鲜味氨基酸中的甘氨酸以及 10 种必需氨基酸中的缬氨酸和精氨酸的含量有显著性影响($P<0.05$)。其中,与 C0 相比,C1、C2、C3 淇河鲫的甘氨酸和精氨酸含量分别减少了 4.69%、8.39%、6.91% 和 0.09%、2.84%、3.67%;相比而言,淇河鲫缬氨酸含量则在 C1 和 C2 比 C0 分别增加了 3.17% 和 1.22%,而 C3 则比 C0 减少了 1.09%。上述 3 种必需氨基酸在 C0、C1、C2 和 C3 中,甘氨酸分别占淇河鲫总氨基酸含量的 7.52%、7.09%、6.79%、7.28%,缬氨酸分别占 5.07%、5.18%、5.07%、5.21%,精氨酸分别占 6.74%、6.67%、6.47%、6.76%。

其他氨基酸在 4 个试验组间均没有显著性差异($P>0.05$),但与 C0 相比,C1 的大部分氨基酸含量较大,C3 的则较小。鲜味氨基酸、必需氨基酸和总氨基酸的含量在 4 个试验组间也没有显著性差异($P>0.05$),但与 C0 相比,鲜味氨基酸、必需氨基酸和总氨基酸的最大含量均在 C1 和 C2。而鲜味氨基酸和必需氨基酸在 C0、C1、C2 和 C3 的总氨基酸含量中的比例分别为 41.11%、40.94%、40.14%、41.59% 和 50.72%、50.87%、51.60%、50.14%。

表 3 各试验组淇河鲫鱼体成分中氨基酸的组成情况

Table 3 Amino acids contents of whole body of Qihe crucian carp *C. auratus* with different coverage of the *Ipomoea aquatica* floating-bed %

氨基酸 Amino acids	C0	C1	C2	C3
天门冬氨酸 Asp [☆]	5.87±0.12a	5.98±0.08a	5.92±0.15a	5.77±0.13a
谷氨酸 Glu [☆]	8.39±0.14a	8.63±0.10a	8.53±0.33a	8.24±0.19a
甘氨酸 Gly [☆]	4.05±0.27b	3.86±0.09ab	3.71±0.10a	3.77±0.07ab
丙氨酸 Ala [☆]	3.83±0.05a	3.82±0.07a	3.75±0.04a	3.76±0.08a
苏氨酸 Thr [*]	2.54±0.07a	2.56±0.01a	2.52±0.02a	2.49±0.05a
缬氨酸 Val [*]	2.73±0.03a	2.82±0.04b	2.77±0.03ab	2.70±0.06a
甲硫氨酸 Met [*]	1.61±0.11a	1.70±0.24a	1.64±0.14a	1.54±0.08a
异亮氨酸 Ile [*]	2.45±0.04a	2.50±0.03a	2.57±0.19a	2.44±0.08a
亮氨酸 Leu [*]	4.94±0.12a	5.03±0.05a	5.24±0.46a	4.90±0.12a
苯丙氨酸 Phe [*]	2.57±0.05a	2.64±0.04a	2.80±0.38a	2.62±0.06a
赖氨酸 Lys [*]	5.19±0.16a	5.25±0.04a	5.46±0.45a	4.17±1.83a
组氨酸 His [*]	1.65±0.13a	1.57±0.08a	1.65±0.24a	1.61±0.07a
精氨酸 Arg [*]	3.63±0.02b	3.63±0.07b	3.53±0.04ab	3.50±0.07a
丝氨酸 Ser	2.33±0.07a	2.35±0.01a	2.30±0.02a	2.28±0.04a
胱氨酸 Cys	0.49±0.13a	0.49±0.12a	0.45±0.10a	0.44±0.07a
酪氨酸 Tyr	1.58±0.09a	1.62±0.11a	1.75±0.40a	1.57±0.05a
鲜味氨基酸 FAA	22.14±0.39a	22.29±0.20a	21.91±0.38a	21.55±0.46a
必需氨基酸 EAA	27.32±0.47a	27.70±0.32a	28.17±1.69a	25.98±2.15a
总氨基酸 TAA	53.86±0.45a	54.45±0.68a	54.59±1.91a	51.81±2.51a

注:同行数据后不同字母表示组间差异显著($P<0.05$),☆为鲜味氨基酸;*为必需氨基酸。Note: Values with different small letter superscripts mean significant difference ($P<0.05$), ☆: Delicious amino acids; *: Essential amino acids.

2.4 水蓼菜浮床覆盖度对养殖水质指标的影响

从水质的测定结果(表 4)来看,水蓼菜浮床覆盖度对养殖水中的 TN、TAN、NO₃⁻-N、NO₂⁻-N、TP

和 $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ 均未表现出显著影响($P>0.05$)。TN值为7.79~9.16, TAN值为0.40~0.49, $\text{NO}_3^{-}\text{-N}$ 值为1.32~1.51, $\text{NO}_2^{-}\text{-N}$ 值为0.02~0.09, TP值为6.33~10.79, $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ 值为5.54~6.95。4个处理中, C1试验组的6项水质指标均显示出最小值。

表4 水葫芦浮床覆盖度对养殖水质的影响

Table 4 Effect of different coverage of the *Ipomoea aquatica* floating-bed on aquaculture

指标 Index	water quality			
	C0	C1	C2	C3
TN	9.16±2.08	7.79±1.79	9.19±3.00	8.23±2.09
TAN	0.49±0.16	0.40±0.09	0.42±0.03	0.47±0.01
$\text{NO}_3^{-}\text{-N}$	1.51±0.06	1.32±0.15	1.51±0.11	1.36±0.20
$\text{NO}_2^{-}\text{-N}$	0.09±0.07	0.02±0.01	0.05±0.01	0.03±0.01
TP	7.67±1.11	6.33±0.75	10.79±0.94	10.40±2.37
$\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$	5.99±0.84	5.54±0.21	6.95±0.55	6.05±2.40

3 讨论

3.1 水葫芦浮床覆盖度对淇河鲫生长的影响

本研究结果表明,在相同的饲料水平(按照鱼体质量的3%进行投饵)下,水葫芦浮床覆盖度对试验鱼的脏器比、饵料系数、肥满度、摄食率、增重率、特定增长率无显著性影响,但10%水葫芦浮床覆盖度处理组的数值较其他处理组对应指标数值大。与本研究结果相一致,王景伟^[12]也发现除增重率外,7.5%水葫芦浮床覆盖度对精养草鱼池塘中草鱼的体长、体高、体宽、脏器比和肥满度均无显著性影响,且其数值也均大于对照池塘的对应指标数值。与本研究类似,覃宝利等^[7]发现30%和40%水葫芦浮床覆盖度的水葫芦促进泥鳅仔鱼的生长,但50%覆盖度反而降低泥鳅的生长,且3种覆盖度间也没有显著性差异。另外,王景伟^[12]还发现放置7.5%水葫芦浮床覆盖度池塘的鲢(*Hypophthalmichthys molitrix*)和鳙(*Aristichthys mobilis*)体质量反而低于对照池塘的对应指标;黄敏等^[6]也发现5.6%水葫芦浮床覆盖度在促进主养南美白对虾的体质量增加的同时降低鲢鳙的体质量增长率;而玉山等^[15]发现40%覆盖度的水葫芦促进克氏原螯虾(*Procambarus clarkii*)的生长。在观赏鱼研究中也发现了水葫芦浮床覆盖率的影响差异现象,如曲木等^[5]发现25%、30%和35%水葫芦浮床覆盖度中,30%覆盖度处理的红白锦鲤(*Cyprinus carpio* L.)的生长最好,但这可能与其初始体长体质量也相对较大有关。

现有的研究结果一方面表明水葫芦浮床覆盖度

对养殖动物生长的影响具有种间差异,比如较低水葫芦浮床覆盖度会促进主养水产动物(如鲫、草鱼)的生长^[12],但不利于配养种(鲢、鳙)的生长,而较高水葫芦浮床覆盖度不利于淇河鲫的生长但有利于泥鳅和克氏原螯虾等喜阴水产养殖动物的生长,而超高覆盖度也会降低泥鳅的生长^[7,15]。另一方面,同一物种生长对水葫芦浮床覆盖度的显著差异响应可能也与养殖动物初始生长情况有关^[5],而非显著性响应,也可能与试验用鱼的发育阶段密切相关。6—8月是鲫的繁殖盛期,而性腺发育必然会消耗相当一部分蛋白质、脂肪及其他营养物质,从而影响体长与体质量增长^[16]。本研究所用试验鱼为2龄淇河鲫,处于鲫的性成熟年龄,在试验过程中发现各试验组均存在鱼卵,这进一步表明处于繁育阶段的淇河鲫可能将营养和能量主要用于性腺发育繁育,从而在一定程度上弱化了淇河鲫的生长差异程度^[16]。

3.2 水葫芦浮床覆盖度对水质和淇河鲫营养品质的影响

种植水葫芦浮床后对养殖水质具有净化作用,其中10%水葫芦覆盖度的试验组水质最优,但各个试验组间无显著性差异。从试验结果来看,对照组有些水质指标优于试验组,是因为高密度水葫芦根系长出下衬网被鱼类啃食,其残渣腐烂物释放氮磷等营养盐类,同时受鱼类搅动的影响。同时,在养殖过程中是否换水也会影响水质差异程度^[17-18]。 NH_3 和 NH_4^+ 都对鱼类有害,而水温和pH值的变化可引起 NH_3 和 NH_4^+ 相互变化,鉴于一天内水温存在变化,因此,文中使用总氨(TAN)作为检测指标^[19]。

鱼类的营养价值主要取决于其蛋白质和脂肪的含量^[20]。类似于其他植物对水产动物常规营养成分的影响^[21-22],本研究也未发现淇河鲫的肌肉水分、粗蛋白、粗脂肪、灰分等常规营养成分在4个试验组间存在显著性差异;但与对照组相比,种植水葫芦的3个试验组内淇河鲫均具有较高的粗蛋白和灰分含量及较低的粗脂肪含量,其中,10%试验组的粗蛋白含量最高,且粗脂肪含量最低,这与王景伟^[12]和张爱芳等^[21]的研究结果基本一致。与乔志刚等^[23]研究的淇河鲫全鱼体成分含量相比,本研究中淇河鲫的粗蛋白含量和灰分含量较高,而粗脂肪含量较低,这可能与所用试验鱼年龄、饲养环境(水温、水流、光照等)^[24]、投喂方法以及所用饲料的蛋白和能量水平等^[25]因素不同有关。同时,水质会影响鱼类的品质,例如:李清等^[26]分别用滇池、盘龙江和水库水体做水

源养殖鲤,其鱼肉品质,尤其粗蛋白和粗脂肪含量由大到小呈降低趋势,但相应水体的 $\text{NH}_3\text{-N}$ 含量是由小到大呈增加的趋势,且均超出渔业用水标准。氨基酸的组成和含量,尤其是必需氨基酸的含量高低和构成比例,是评价食物蛋白质营养价值的重要指标^[27]。鱼类存在10种必需氨基酸^[28],其中精氨酸和缬氨酸在本研究的4个试验组间均存在显著性差异,且与其对应的增长率变化一致,4个试验组中覆盖度10%的水蕹菜试验组最高。由此可以推测,10%水蕹菜覆盖度最有利于淇河鲫的生长和对饲料蛋白源的利用。一方面,精氨酸不仅可以通过胰岛素介导机制促进氨基酸的摄取,还可以通过刺激垂体分泌生长素促进水产动物的生长^[29];另一方面,可能与缬氨酸在生物体的正常生命活动中,尤其是神经系统的正常运转中起重要作用有关^[30],它不仅是蛋白合成的原料,参与机体组织修复,还能维持肠道菌群的平衡、提高幼建鲤的摄食量^[31],从而促进水产动物的生长^[32]。当然饲料中精氨酸和缬氨酸含量不足或过高会导致氨基酸不平衡,不利于鱼类生长,甚至造成机体损伤^[29-30,33]。此外,动物蛋白质的鲜美与可口程度取决于其所含鲜味氨基酸的组成和含量^[34]。本研究结果表明,4种鲜味氨基酸中谷氨酸、天门冬氨酸和丙氨酸的含量及这4种鲜味氨基酸的总含量最大值均在10%试验组,而20%和30%试验组的对应指标相对较小。因而,可以推测本研究范围中较低的水蕹菜浮床覆盖度会提高淇河鲫肌肉的鲜美和可口程度,而高覆盖度水蕹菜浮床反而会降低淇河鲫的鲜美。与本研究结果基本一致,张爱芳等^[21]和程辉辉等^[22]也发现植物与鱼共生系统中草鱼的4种鲜味氨基酸总含量较单养殖系统对应指标数值大。蒋艾青^[35]研究发现池塘中 $\text{NH}_3\text{-N}$ 含量越低,鱼肉品质越好。因而,我们推测精养池塘种植水蕹菜及类似具有净化能力的水草有利于提高鱼类品质,其中淇河鲫的最佳覆盖度可能是10%,水体种植植物可以提高养殖动物鲜美和可口程度。

综上,在精养淇河鲫过程中,10%水蕹菜覆盖度会改善养殖水质,提高鱼肉品质,但是过高的覆盖度则不利于鱼类优质鱼肉品质的形成,其深入机制还有待进一步研究。此外,由于本研究饲养水体较小,离实际生产规模还有一定距离,因而本研究结果还有待于在更大的养殖规模和不同养殖对象中进行验证。

致谢:感谢江西省农业科学院农产品质量安全与标准研究所张大文研究员和江西省生态环境科学研究与规划院张萌研究员在样品测定分析及论文修改中给予的帮助和建议。

参考文献 References

- [1] 周劲风,温琰茂.珠江三角洲基塘水产养殖对水环境的影响[J].中山大学学报(自然科学版),2004,43(5):103-106.ZHOU J F, WEN Y M.Effects of fish aquaculture on water environment in the Zhujiang River delta[J].Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Sunyatseni, 2004, 43(5): 103-106 (in Chinese with English abstract).
- [2] 张劲,黄薇,桑连海.浮床植物水质净化能力及其影响因素研究[J].长江科学院院报,2011,28(12):39-42.ZHANG J, HUANG W, SANG L H.The water purification ability of plants on floating bed and its influencing factors[J].Journal of Yangtze River Scientific Research Institute, 2011, 28(12): 39-42 (in Chinese with English abstract).
- [3] 高溢聪.池塘水蕹菜与黄颡鱼共生养殖技术研究[D].广州:华南农业大学,2018.GAO Y C.Study on the compound cultivation model of *Pseudobagrus fulvidraco* and *Ipomoea aquatica* in pond [D].Guangzhou: South China Agricultural University, 2018 (in Chinese with English abstract).
- [4] 黄海平.水蕹菜浮床在精养鱼池中的应用效果研究[D].武汉:华中农业大学,2012.HUANG H P.Research on the effect of *Ipomoea aquatica* floating-bed used in intensive fish pond[D].Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2012 (in Chinese with English abstract).
- [5] 曲木,唐子鹏,赵子续,等.浮床种植空心菜不同覆盖率对锦鲤生理生化指标的影响[J].南方农业,2022,16(2):1-4.QU M, TANG Z P, ZHAO Z X, et al.Effects of different coverage rates of floating bed planting water spinach on physiological and biochemical indexes in Koi fish[J].South China agriculture, 2022, 16(2): 1-4 (in Chinese).
- [6] 黄敏,段春生,黄天乐,等.水蕹菜浮床在南美白对虾养殖池塘中的应用研究[J].科学养鱼,2017(6):54-56.HUANG M, DUAN C S, HUANG T L, et al.Study on the application of *Ipomoea aquatica* floating bed in *Penaeus vannamei* culture pond[J].Scientific fish farming, 2017(6):54-56 (in Chinese).
- [7] 覃宝利,丁辰龙.空心菜浮床栽培对泥鳅仔鱼生长的影响[J].水产养殖,2017,38(9):1-4.QIN B L, DING C L.Effect of floating bed cultivation of *Ipomoea aquatica* on growth of loach larvae [J].Journal of aquaculture, 2017, 38(9): 1-4 (in Chinese).
- [8] 李学军,刘洋洋.淇河鲫研究进展与开发策略[J].淡水渔业,2012,42(6):93-96.LI X J, LIU Y Y.Discussion on development and research progress of *Carassius auratus* in Qihe River [J].Freshwater fisheries, 2012, 42(6): 93-96 (in Chinese with English abstract).
- [9] 敬小军,袁新华.水蕹菜生长速率的初步观测[J].安徽农学通报(上半月刊),2009,15(5):157-158.JING X J, YUAN X H.Preliminary observation of growth rate of water spinach[J].An-

- hui agricultural science bulletin, 2009, 15(5): 157-158 (in Chinese with English abstract).
- [10] 陈家长, 孟顺龙, 胡庚东, 等. 空心菜浮床栽培对集约化养殖鱼塘水质的影响[J]. 生态与农村环境学报, 2010, 26(2): 155-159. CHEN J Z, MENG S L, HU G D, et al. Effect of *Ipomoea aquatica* cultivation on artificial floating rafts on water quality of intensive aquaculture ponds [J]. Journal of ecology and rural environment, 2010, 26(2): 155-159 (in Chinese with English abstract).
- [11] 林启存, 冯晓宇, 黄卫, 等. 水蕹菜浮床在富营养化水体中的应用研究进展[J]. 安徽农业科学, 2014, 42(29): 10111-10113. LIN Q C, FENG X Y, HUANG W, et al. Research progress on application of *Ipomoea aquatica* floating bed in eutrophication water [J]. Journal of Anhui agricultural sciences, 2014, 42(29): 10111-10113 (in Chinese with English abstract).
- [12] 王景伟. 架设水蕹菜浮床对池塘养殖草鱼生长、肌肉品质和组织抗氧化能力的影响[D]. 武汉: 华中农业大学, 2015. WANG J W. Effect of *Ipomoea aquatica* floating-bed on growth, flesh quality and antioxidant capacity of grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) [D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2015 (in Chinese with English abstract).
- [13] 潘伟平, 王伊凡, 应李民, 等. 投饲频率对青鱼生长、生理生化指标及摄食相关基因表达水平的影响[J]. 中国粮油学报, 2020, 35(4): 83-91. PAN W P, WANG Y F, YING L M, et al. Effects of feeding frequency on growth, physiological and biochemical indexes and expression levels of ingestion-related genes of black carp [J]. Journal of the Chinese cereals and oils association, 2020, 35(4): 83-91 (in Chinese with English abstract).
- [14] 魏复盛. 水和废水监测分析方法[M]. 4版. 北京: 中国环境科学出版社, 2002. WEI S F. Water and waste water monitoring and analysis method [M]. 4th edition. Beijing: China Environment Science Press, 2002 (in Chinese).
- [15] 王山, 胡南, 严维辉. 水蕹菜两种收割式栽培在克氏原螯虾养殖中的增产效果[J]. 水产养殖, 2017, 38(6): 22-24. WANG S, HU N, YAN W H. Effect of two harvesting cultivation methods of *Ipomoea aquatica* on yield increase in *Procambarus clarkii* culture [J]. Journal of aquaculture, 2017, 38(6): 22-24 (in Chinese).
- [16] 李红敬, 李坤陶, 储张杰. 南湾鲫鱼年龄与生长的研究[J]. 信阳师范学院学报(自然科学版), 2006, 19(2): 188-190. LI H J, LI K T, CHU Z J. Studies on age and growth of crucian carp from Nanwan [J]. Journal of Xinyang Normal University (natural science edition), 2006, 19(2): 188-190 (in Chinese with English abstract).
- [17] 刘鑫, 王哲, 张一, 等. 两种沉水植物对黄颡鱼(*Pseudobagrus fulvidraco*)夏花培育水体主要水质因子的影响[J]. 湖泊科学, 2003, 15(2): 184-188. LIU X, WANG Z, ZHANG Y, et al. Effects of two kinds of submerged plant on the quality of waters cultured with *Pseudobagrus fulvidraco* fry [J]. Journal of lake science, 2003, 15(2): 184-188 (in Chinese with English abstract).
- [18] 田源, 杨新月, 陈雪梅, 等. 不同沉水植物-黄河鲤综合种养模式中养殖水体理化因子的变化特征[J]. 应用与环境生物学报, 2022, 28(3): 668-676. TIAN Y, YANG X Y, CHEN X M, et al. Variation of physicochemical parameters in water from different eco-planting and farming models of submerged macrophytes and *Cyprinus carpio haematopterus* [J]. Chinese journal of applied and environmental biology, 2022, 28(3): 668-676 (in Chinese with English abstract).
- [19] GAO Y, ZHU G R, TIAN Y, et al. Blood biochemistry profile of Qihe crucian carp *Carassius auratus* in different aquaponic systems [J]. Environmental science and pollution research, 2020, 27(34): 42898-42907.
- [20] 尹洪滨, 石连玉, 李丽坤. 方正银鲫肌肉营养成分分析[J]. 水产学杂志, 1999, 12(1): 53-56. YIN H B, SHI L Y, LI L K. Analysis of the nutritive composition in muscle of *Carassius auratus gibelio* Bloch [J]. Chinese journal of fisheries, 1999, 12(1): 53-56 (in Chinese).
- [21] 张爱芳, 章海鑫, 肖俊, 等. 不同池塘养殖模式下草鱼肌肉营养成分及氨基酸组成的比较[J]. 安徽农业科学, 2019, 47(6): 91-93, 96. ZHANG A F, ZHANG H X, XIAO J, et al. Comparison of nutritional components and amino acid composition in the muscles of grass carp under different pond culture models [J]. Journal of Anhui agricultural sciences, 2019, 47(6): 91-93, 96 (in Chinese with English abstract).
- [22] 程辉辉, 谢从新, 李大鹏, 等. 种青养鱼模式下的草鱼肌肉营养成分和品质特性[J]. 水产学报, 2016, 40(7): 1050-1059. CHENG H H, XIE C X, LI D P, et al. The study of muscular nutritional components and fish quality of grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) in ecological model of cultivating grass carp with grass [J]. Journal of fisheries of China, 2016, 40(7): 1050-1059 (in Chinese with English abstract).
- [23] 乔志刚, 张卫芳, 马龙. 2种微生态制剂对淇河鲫鱼摄食、生长和体成分的影响[J]. 水产科学, 2015, 34(1): 26-31. QIAO Z G, ZHANG W F, MA L. Effects of two probiotics on feeding, growth and body composition of juvenile Qihe crucian carp *Carassius auratus* [J]. Fisheries science, 2015, 34(1): 26-31 (in Chinese with English abstract).
- [24] NUWANSI K K T, VERMA A K, PRAKASH C, et al. Effect of water flow rate on polyculture of koi carp *Cyprinus carpio* var [J]. Aquaculture international, 2016, 24(1): 385-393.
- [25] 何志刚, 伍远安, 王金龙, 等. 饲料蛋白水平对芙蓉鲤鲫幼鱼增重和消化酶活性的影响[J]. 湖北农业科学, 2014, 53(1): 153-156. HE Z G, WU Y A, WANG J L, et al. Effect of dietary protein levels on growth performance and digestive enzyme activities of Furong crucian carp (*Furong carp* × *red crucian carp*) juvenile [J]. Hubei agricultural sciences, 2014, 53(1): 153-156 (in Chinese with English abstract).
- [26] 李清, 李德运, 刘勇, 等. 不同水源池塘对鱼肉品质的影响[C]. 昆明: 中国水产学会学术年会, 2010. LI Q, LI D Y, LIU Y, et al. Effect of different water source ponds on fish flesh quality [C]. Kunming: Academic Annual Meeting of China Fisheries Society, 2010 (in Chinese with English abstract).
- [27] 倪娟, 赵晓勤, 陈立侨, 等. 日本沼虾4种群肌肉营养品质的比较[J]. 中国水产科学, 2003, 10(3): 212-215. NI J, ZHAO X Q, CHEN L Q, et al. A comparison of nutritional quality in muscle of *Macrobrachium nipponensis* from four populations [J]. Journal of fishery sciences of China, 2003, 10(3): 212-215 (in Chinese with English abstract).
- [28] HALVER J E. Fish nutrition [M]. 3rd edition. New York: Academic Press, 2002: 145-175.
- [29] ALAM M S, TESHIMA S I, KOSHIO S, et al. Arginine requirement of juvenile Japanese flounder *Paralichthys olivaceus*

- estimated by growth and biochemical parameters [J]. *Aquaculture*, 2002, 205(1/2):127-140.
- [30] 周歧存,王用黎,黄文文,等.凡纳滨对虾幼虾的缬氨酸需要量[J]. *动物营养学报*, 2015, 27(2):459-468. ZHOU Q C, WANG Y L, HUANG W W, et al. Valine requirement of juvenile Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei* [J]. *Chinese journal of animal nutrition*, 2015, 27(2):459-468 (in Chinese with English abstract).
- [31] 董敏.缬氨酸与幼建鲤消化吸收能力,免疫能力以及氧化能力之间的关系[D].雅安:四川农业大学,2011. DONG M. Effects of dietary valine digestive ability, immune function and antioxidative ability of juvenile Jian carp (*Cyprinus carpio* Var. Jian) [D]. Yaan: Sichuan Agricultural University, 2011 (in Chinese with English abstract).
- [32] 李桂梅,解绶启,雷武,等.异育银鲫幼鱼对饲料中缬氨酸需求量的研究[J]. *水生生物学报*, 2010, 34(6):1157-1165. LI G M, XIE S Q, LEI W, et al. Dietary valine requirement for juvenile gibel carp (*Carassius auratus gibelio*) [J]. *Acta hydrobiologica sinica*, 2010, 34(6):1157-1165 (in Chinese with English abstract).
- [33] 武文一.吉富罗非鱼对饲料精氨酸、苯丙氨酸和缬氨酸的需要量研究[D].上海:上海海洋大学,2016. WU W Y. Studies on the requirements of arginine, phenylalanine and valine in the diet to gift *Tilapia (Oreochromis niloticus)* [D]. Shanghai: Shanghai Ocean University, 2016 (in Chinese with English abstract).
- [34] 刘纯洁,张娟亭.食品添加剂手册[M].北京:中国展望出版社,1988:157-160. LIU C J, ZHANG J T. Handbook of food additives [M]. Beijing: Prospect of China Press, 1988: 157-160 (in Chinese).
- [35] 蒋艾青.山区池塘主要水化因子及对鱼产品质量影响的研究[D].长沙:湖南农业大学,2004. JIANG A Q. The research on the main hydro-chemical factors in mountain area ponds and their effects on the aquatic product quality [D]. Changsha: Hunan Agricultural University, 2004 (in Chinese with English abstract).

Effects of *Ipomoea aquatica* floating-bed coverage on growth and nutrient quality of Qihe crucian carp *Carassius auratus*

LIU Xiaofeng^{1,2}, ZHANG Li³, ZHU Guorong¹, CHEN Honglin¹, YANG Jian¹, GE Zihan¹, LI Xuejun¹

1. College of Fisheries/Engineering Lab of Henan Province for Aquatic Animal Disease Control, Henan Normal University, Xinxiang 453007, China;

2. Institute of Urban Environment, the Chinese Academy of Sciences, Xiamen 361021, China;

3. Institute for Quality & Safety and Standards of Agricultural Products Research, Jiangxi Academy of Agricultural Sciences, Nanchang 330200, China

Abstract In order to obtain the best coverage of *Ipomoea aquatica* floating-bed in pond culture of Qihe crucian carp, *Carassius auratus*, a total of 360 individuals of Qihe crucian carp were randomly cultured in four groups with coverage of the *I. aquatica* floating-bed of 0 (C0), 10% (C1), 20% (C2) and 30% (C3), respectively, with 3 replicates per group and 30 fish per replicate. After culture for 90 days, the aquaculture water quality, growth, general nutritional composition and amino acid contents were examined, and the differences were compared. The results showed that only the contents of three amino acids (glycine, valine and arginine) were significantly affected by *I. aquatica* floating-bed coverage ($P < 0.05$), with the maximum value mostly in group C1, followed by the control. In addition, the changes of valine and arginine contents were consistent with that of weight gain rate among the four treatments. Moreover, compared with C0, the crude protein and ash contents of the three treatments (C1-C3) were higher, and the crude lipid content was lower, among which 10% treatment (C1) exhibited the highest crude protein content and lowest crude lipid content. Therefore, we suggest that 10% *I. aquatica* floating-bed coverage is most beneficial to the excellent quality of Qihe crucian carp, but too high coverage would have opposite effect.

Keywords *Ipomoea aquatica*; coverage; Qihe crucian carp *Carassius auratus*; nutritive quality; healthy aquaculture; high density breeding

(责任编辑:边书京)