

黄春红, 李 婷, 李志敏, 等. 三种药用植物及其复合物对湘云鲫(3号)饲用效果的评定[J]. 江苏农业学报, 2024, 40(6): 1045-1052.
doi: 10.3969/j.issn.1000-4440.2024.06.011

三种药用植物及其复合物对湘云鲫(3号)饲用效果的评定

黄春红¹, 李 婷¹, 李志敏¹, 杨福忠², 肖丕清², 陈正军²

(1. 湖南文理学院生命与环境科学学院/省部共建淡水鱼类发育生物学国家重点实验室鱼类健康养殖分中心/环洞庭湖水产健康养殖及加工湖南省重点实验室/水生动物重要疫病分子免疫技术湖南省重点实验室, 湖南 常德 415000; 2. 湖南湘云生物科技有限公司, 湖南 常德 415000)

摘要: 为明确药用植物的饲用价值, 将湘云鲫(3号)幼鱼随机分成5组, 分别投喂基础饲料(对照组)和分别添加了4%马齿苋、4%车前草、4%鱼腥草、4%复合物(马齿苋: 车前草: 鱼腥草=1: 1: 3, 重量比)的饲料, 养殖85 d。结果表明, 与对照组相比, 马齿苋和车前草均显著提高鱼体相对增重率和特定生长率($P<0.05$), 并显著降低饵料系数($P<0.05$), 鱼腥草则略降低特定生长率并稍增加饵料系数, 但差异不显著($P>0.05$); 马齿苋显著提高鱼体粗蛋白质含量和显著降低粗脂肪含量($P<0.05$), 车前草则显著降低粗蛋白质含量和显著增加粗脂肪含量($P<0.05$); 马齿苋、鱼腥草和复合物既显著降低肝脏丙氨酸氨基转移酶(ALT)、天冬氨酸氨基转移酶(AST)活性及丙二醛(MDA)、总胆固醇(TC)、总三酰甘油(TG)含量($P<0.05$), 又显著增强肝脏超氧化物歧化酶(SOD)和谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)活性($P<0.05$), 并改善肝组织结构; 马齿苋明显改善中肠绒毛结构, 鱼腥草则使中肠绒毛结构变差。综上所述, 4%添加水平下, 饲用价值最高的为马齿苋, 其次是车前草和复合物, 最次的为鱼腥草。

关键词: 马齿苋; 车前草; 鱼腥草; 湘云鲫(3号)

中图分类号: S963 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4440(2024)06-1045-08

Feeding effect assessment of three medicinal plants and their compounds for triploid crucian carp (No.3)

HUANG Chunhong¹, LI Ting¹, LI Zhimin¹, YANG Fuzhong², XIAO Piqing², CHEN Zhengjun²

(1. College of Life and Environmental Sciences, Hunan University of Arts and Science/State Key Laboratory of Development Biology of Freshwater Fish Sub-Center for Health Aquaculture/Key Laboratory of Health Aquaculture and Product Processing in Dongting Lake Area of Hunan Province/Hunan Provincial Key Laboratory for Molecular Immunity Technology of Aquatic Animal Diseases, Changde 415000, China; 2. Hunan Xiangyun Biotechnology Co., Ltd., Changde 415000, China)

Abstract: To clarify the feeding values of medicinal plants, juvenile triploid crucian carps (No.3) were randomly divided into five groups and fed with basic feed (control group) and feeds supplemented with 4% *Portulaca oleracea* L., 4% *Plantago asiatica* L., 4% *Houttuynia cordata* Thunb. and 4% compounds (*Portulaca oleracea* L. : *Plantago asiatica* L. : *Houttuynia cordata* Thunb. = 1 : 1 : 3) for 85 days. The results showed that compared with the control group, *Portulaca oleracea* L. and *Plantago asiatica* L. significantly increased the relative weight gain rate and specific growth rate of fish ($P<0.05$), and significantly reduced the feed coefficient ($P<0.05$). *Houttuynia cordata* Thunb. slightly reduced the specific growth rate and slightly increased the feed coefficient, but the difference was not significant ($P>0.05$). *Portulaca oleracea* L. significantly increased the content of crude protein and significantly decreased the

收稿日期: 2023-06-21

基金项目: 湖南省科技厅自然科学基金面上项目(2021JJ30468); 湖南省教育厅重点项目(20A339); 国家级大学生创新创业项目(202210549008)

作者简介: 黄春红(1978-), 女, 湖南资兴人, 博士, 副教授, 主要从事水产动物营养与生理方面的研究。(E-mail) 346132404@qq.com

Portulaca oleracea L. and *Plantago asiatica* L. significantly increased the relative weight gain rate and specific growth rate of fish ($P<0.05$), and significantly reduced the feed coefficient ($P<0.05$). *Houttuynia cordata* Thunb. slightly reduced the specific growth rate and slightly increased the feed coefficient, but the difference was not significant ($P>0.05$). *Portulaca oleracea* L. significantly increased the content of crude protein and significantly decreased the

content of crude fat ($P<0.05$), while *Plantago asiatica* L. significantly decreased the content of crude protein and significantly increased the content of crude fat ($P<0.05$). *Portulaca oleracea* L., *Houttuynia cordata* Thunb. and compounds could significantly reduce the activities of alanine aminotransferase (ALT) and aspartate aminotransferase (AST), the contents of malondialdehyde (MDA), total cholesterol (TC) and total triglyceride (TG) in liver ($P<0.05$), significantly enhance the activities of superoxide dismutase (SOD) and glutathione peroxidase (GSH-Px) in liver ($P<0.05$), and improve the structure of liver tissue. *Portulaca oleracea* L. significantly improved the midgut villus structure, while *Houttuynia cordata* Thunb. made the midgut villus structure worse. In summary, under the 4% addition level, the feeding value of *Portulaca oleracea* L. was the highest, followed by *Plantago asiatica* L. and compounds, and then *Houttuynia cordata* Thunb.

Key words: *Portulaca oleracea* L.; *Plantago asiatica* L.; *Houttuynia cordata* Thunb.; triploid crucian carp (No.3)

随着高密度养殖模式兴起,养殖水体中饲料投喂量、水体及底质改良剂投入量、水产动物粪便排泄量等均不断增加,这为水产动物疾病发生带来了很大风险。自 2020 年 1 月 1 日起,中国明文规定养殖动物饲料中禁止使用除中药外的所有促生长类药物饲料添加剂品种。明确药用植物对水产动物的具体作用,以探讨其在替代抗生素等药物添加剂方面的潜力,对于促进药用植物资源的开发和利用以及水产动物健康养殖都具有重要的意义。

植物及其提取物在动物饲料中的应用研究近年来成为一个热点,但其在水产动物饲料中的研究目前主要集中在药用植物对鱼类生长和免疫影响两方面^[1-3],对虾、贝类研究则较少^[4-6]。少数研究对单种药用植物的添加效果进行了探索,并发现在鲤饲料中添加 1% 和 2% 怀山药^[7],在青鱼饲料中添加 2.5%~7.5% 杜仲叶粉^[8],在尼罗罗非鱼饲料中添加 1% 茺蒿籽粉^[9]等均可显著提高鱼类生长和饲料利用率。少数对植物提取物或其活性成分的研究则发现,在鲤饲料中添加 0.05%~0.50% 银杏叶提取物^[10],在草鱼饲料中添加 0.16% 玉屏风多糖^[11],在施氏鲟幼鱼饲料中添加 0.5%~2.0% 板蓝根浓缩物^[12]等均能显著提高鱼体免疫力;在鲟鱼饲料中添加 40 mg/kg 大蒜素则可提高鲟鱼蛋白质含量,降低鱼体脂肪含量,改善鲟鱼肌肉品质^[13],给斑马鱼饲喂水飞蓟素则可以对脂肪细胞和斑马鱼脂质积累起到抑制作用^[14]。对部分药用植物的诱食作用研究发现,连翘、黄芩、苦参、黄连单方对牙鲈幼鱼具有很好的诱食作用^[15]。挥发性气味物质含量丰富的香芹、洋葱、薄荷、小豆蔻、大蒜等则对鲍鱼、东方风鱼和黄尾鱼具有较强的诱食作用^[16-17],且诱食效果往往与添加量呈正相关。马齿苋、车前草、鱼腥草是中国田间地头常见的具有药用价值的草本植物,与上述纯药用或调味为主的中草药不同的是,这 3 种中

草药也是人类可食用的蔬菜或动物可摄食的青饲料,但相关研究主要围绕其活性成分提取和含量分析展开^[18-20],有关这 3 种草本植物及其复合物对鱼类的综合应用效果则尚未见系统报道。湘云鲫(3 号)是由湖南湘云生物科技有限公司在原湘云鲤、鲫生物技术育种基础上,通过改良培育出的新三倍体鲫品种,具有生长速度快、抗病力强和耐低氧等优点,能很快适应室内循环水养殖系统。研究马齿苋、车前草、鱼腥草及其复合物在湘云鲫(3 号)养殖中的应用效果,不仅可以明确三者对鱼类的具体作用,还可为后续 3 种药用植物在水产饲料中的合理使用和鱼类的健康养殖提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验饲料

基础饲料组成及营养成分如表 1 所示。开花期野生马齿苋(*Portulaca oleracea* L.)、车前草(*Plantago asiatica* L.)、鱼腥草(*Houttuynia cordata* Thunb.)均产自湖南常德,将 3 种药用植物的地上部分干燥后,采用高速万能粉碎机粉碎,过 60 目筛,留筛下物备用。3 种药用植物及其复合物中部分营养物质及功能成分含量如表 2 所示。参照部分中草药及非常规饲料原料的用量,在基础饲料中按 4% 比例分别加入马齿苋、车前草、鱼腥草及其复合物(马齿苋:车前草:鱼腥草=1:1:3,重量比)制得 4 种试验用饲料。

1.2 试验鱼及养殖管理

将湖南湘云生物科技有限公司提供的 450 尾体重为(5.26±0.25) g 的湘云鲫(3 号)幼鱼随机分成对照组(G0)、马齿苋组(G1)、车前草组(G2)、鱼腥草组(G3)、复合物组(G4)5 个试验组,每组设 3 个重复,每个重复 30 尾鱼,依次投喂基础饲料和分别添加了 4% 马齿苋、4% 车前草、4% 鱼腥草和 4% 复

合物的试验饲料。试验鱼于2022年6月15日至9月8日养殖于室内循环水养殖系统中。养殖期间水温 $25\sim 30\text{ }^{\circ}\text{C}$,溶解氧 $7.0\sim 7.6\text{ mg/L}$, pH $7.2\sim 7.6$ 。每天08:30和16:30投喂饲料,日投饲率参考值为3%(以干物质含量计算),根据各组鱼实际摄食情况适当增减。养殖周期为85 d。

表1 基础饲料配方及营养成分(干样)

Table 1 Formulation and nutrient composition of basal diet (dry sample)

原料	含量(%)	营养成分	含量(%)
大豆粕	39.70	粗蛋白质	32.85
菜籽饼	18.30	粗脂肪	5.59
鱼粉	6.00	粗纤维	4.89
玉米	7.00	粗灰分	7.51
小麦	26.00		
磷酸二氢钙	2.00		
预混料	1.00		
合计	100.00		

预混料为每1 kg 饲料提供维生素A 600 000 IU,维生素D₃ 200 000 IU,维生素E 1.0 g,维生素K₃ 0.4 g,维生素B₁ 0.6 g,维生素B₂ 0.7 g,维生素B₆ 0.6 g,维生素B₁₂ 4.0 mg,维生素C 15.0 g,烟酸 2.5 g,叶酸 200.0 mg,D-泛酸钙 2.0 g, Fe 15.0 g, Mn 2.0 g, Zn 6.0 g, Cu 400.0 mg, Se 20.0 mg, I 60.0 mg。消化能为12.17 MJ/kg(计算值)。

表2 三种药用植物及其复合物部分营养物质及功能成分含量(干样)

Table 2 Contents of some nutrients and functional components of three medicinal plants and compounds (dry sample)

项目	马齿苋	车前草	鱼腥草	复合物
粗蛋白质(%)	23.72±0.68	14.65±1.18	13.58±0.26	15.82
粗脂肪(%)	5.96±0.22	4.01±0.09	3.78±0.43	4.26
粗灰分(%)	15.65±0.19	17.75±0.24	17.52±0.52	17.19
粗纤维(%)	23.85±0.15	25.87±0.11	26.69±0.41	25.96
无氮浸出物(%)	30.82	37.72	38.43	36.77
粗多糖(%)	8.49±0.17	6.26±0.05	4.36±0.22	5.57
粗黄酮(%)	5.38±0.12	3.08±0.09	3.58±0.10	3.88

表中复合物各成分含量均为计算值。

1.3 样品采集与制备

养殖试验结束的第2 d早上称量各组试验鱼总体重。每个重复随机采集20尾鱼,先用30 mg/L丁香酚麻醉试验鱼,解剖后取出内脏,将分离的肝脏和中肠置于4%甲醛溶液中,以制作组织石蜡切片,剩余肝脏置于10 ml 灭菌离心管中,液氮速冻后于 $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ 冰箱中保存。去内脏鱼体则于 $65\text{ }^{\circ}\text{C}$ 干燥至恒重,粉碎并过40目筛,筛下物用于鱼体营养成分

分析。

1.4 指标检测

1.4.1 营养成分 粗蛋白质、粗脂肪、粗灰分、粗纤维含量分别参照国家标准方法采用凯氏定氮法、索氏抽提法、高温灼烧法和酸碱洗涤法测定。无氮浸出物含量经计算而得,即100%减去粗蛋白质、粗脂肪、粗灰分、粗纤维4种成分的百分含量之和。3种药用植物粗多糖和粗黄酮含量分别采用微波提取法[料液比1:30(g/ml),温度 $70\text{ }^{\circ}\text{C}$,功率450 W,提取时间8 min]和超声波辅助的乙醇提取法[料液比1:40(g/ml),温度 $60\text{ }^{\circ}\text{C}$,乙醇体积分数70%,功率700 W,提取时间45 min]测定。

1.4.2 生长指标及饵料系数 存活率(SR)、饵料系数(FCR)、特定生长率(SGR)、相对增重率(RW)计算公式如下: $SR = N_t/N_0 \times 100\%$; $FCR = W_t/(W_t - W_0)$; $RW = (W_t - W_0)/W_0 \times 100\%$; $SGR(\%) = [\ln W_t - \ln W_0]/t \times 100\%$ 。式中, N_t 、 N_0 分别表示终末尾数、初始尾数, W_t 为饲料摄入量, W_t 、 W_0 分别为鱼体终末和初始平均体重, t 为养殖时间(d)。

1.4.3 肝脏生化指标 肝脏总三酰甘油(TG)、总胆固醇(TC)、丙二醛(MDA)含量,以及天冬氨酸氨基转移酶(AST)、丙氨酸氨基转移酶(ALT)、超氧化物歧化酶(SOD)、谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)活性均采用试剂盒(南京建成生物工程研究所提供)测定。

1.4.4 肝脏及中肠组织石蜡切片 鲫肝脏及中肠石蜡切片采用苏木精-伊红染色法制作,并于摄影显微镜下对肝细胞形态与脂肪沉积情况,以及中肠绒毛形态等进行观察和拍照。中肠绒毛高度、宽度及肌层厚度采用Image pro plus 6.0测量仪进行测量。

1.5 数据分析

采用软件SPSS 19.0对数据进行统计,结果以平均值±标准差($\bar{X} \pm SD$)表示。采用单因素方差分析(One-Way ANOVA, LSD)和Duncan's法多重比较对数据进行分析,以 $P < 0.05$ 表示处理间差异显著。

2 结果与分析

2.1 三种草本植物及其复合物对湘云鲫(3号)幼鱼生长及饵料系数的影响

由表3可知,与对照组相比,马齿苋组和车前草组鱼体RW和SGR均显著提高($P < 0.05$),FCR则显著降低($P < 0.05$)。复合物组鱼体RW和SGR虽然有所提高,FCR略有降低,但与对照组差异均不

显著($P>0.05$)。鱼腥草组鱼体 *SGR* 和 *FCR* 与对照组无显著差异($P>0.05$)。

2.2 三种药用植物及其复合物对湘云鲫(3号)幼鱼去内脏鱼体营养成分含量的影响

由表 4 可知,三种药用植物及其复合物对湘云鲫(3号)去内脏鱼体粗灰分和无氮浸出物含量均无显著影响($P>0.05$),但对粗蛋白质和粗脂肪含量的影响较大。与对照组相比,马齿苋组去内脏鱼体粗

蛋白质含量显著提高而粗脂肪含量则显著降低($P<0.05$)。与之相反的是,车前草组去内脏鱼体粗蛋白质含量显著降低($P<0.05$)而粗脂肪含量则显著增加($P<0.05$)。鱼腥草组去内脏鱼体粗蛋白质含量有所增加,而粗脂肪含量则有所下降,但两者均较对照组无显著差异($P>0.05$)。复合物组去内脏鱼体粗脂肪含量显著降低($P<0.05$),但蛋白质含量与对照组无显著差异。

表 3 三种药用植物及其复合物对湘云鲫(3号)幼鱼生长及饵料系数的影响

Table 3 Effects of three medicinal plants and their compounds on growth and feed coefficient of juvenile triploid crucian carp (No.3)

组别	初始体重 (g)	终末体重 (g)	存活率 (%)	相对增重率 (%)	特定生长率 (%,1 d)	饵料系数
G0	5.26±0.03a	14.47±0.21b	100	174.87±5.51b	1.19±0.02a	2.73±0.02c
G1	5.32±0.09a	17.72±0.84d	100	233.30±9.95d	1.42±0.04b	2.37±0.07a
G2	5.25±0.18a	16.10±0.90c	100	206.51±6.39c	1.32±0.02b	2.51±0.06b
G3	5.26±0.18a	14.04±0.75a	100	166.88±4.91a	1.15±0.02a	2.76±0.22c
G4	5.21±0.03a	14.68±0.52b	100	181.97±8.52b	1.22±0.18a	2.71±0.04c

G0 为对照组,G1 为马齿苋组,G2 为车前草组,G3 为鱼腥草组,G4 为复合物组。同列数据后不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。

表 4 三种药用植物及其复合物对湘云鲫(3号)幼鱼去内脏鱼体成分含量的影响(干样)

Table 4 Effects of three medicinal plants and their compounds on composition of eviscerated juvenile triploid crucian carp (No.3) (dry sample)

组别	粗蛋白质 (%)	粗灰分 (%)	粗脂肪 (%)	无氮浸出物 (%)
G0	64.20±0.27b	13.67±0.02a	21.60±0.09b	0.54a
G1	65.38±0.23c	13.84±0.16a	20.28±0.16a	0.50a
G2	62.67±0.18a	13.54±0.28a	23.34±0.38c	0.46a
G3	64.43±0.33b	13.84±0.33a	21.24±0.27ab	0.48a
G4	64.93±0.13bc	13.99±0.33a	20.50±0.40a	0.58a

G0 为对照组,G1 为马齿苋组,G2 为车前草组,G3 为鱼腥草组,G4 为复合物组。同列数据后不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。

2.3 三种药用植物及其复合物对湘云鲫(3号)幼鱼肝脏功能和组织结构的影响

由表 5 可知,马齿苋组、鱼腥草组及复合物组鱼肝脏 *ALT*、*AST* 活性及 *MDA*、*TC*、*TG* 含量均较对照组显著降低($P<0.05$),而肝脏 *SOD* 和 *GSH-Px* 活性则较对照组显著增强($P<0.05$);车前草组鱼肝脏 *ALT*、*AST* 活性及 *MDA* 含量无显著差异,而 *TG*、*TC* 含量以及 *SOD*、*GSH-Px* 活性均显著增加($P<0.05$)。

由图 1 所示,饲料中添加 4%马齿苋或 4%复合物后,鱼肝细胞轮廓清晰、大小均匀,细胞核位于细胞中央。对照组和鱼腥草组鱼肝细胞轮廓较清晰,但有少数细胞核偏向细胞一侧甚至消失不见。车前草组鱼肝细胞轮廓欠清晰,细胞核偏向细胞一侧甚至消失不见现象更明显。

表 5 三种药用植物及其复合物对湘云鲫(3号)幼鱼肝脏功能的影响

Table 5 Effects of three medicinal plants and their compounds on liver function of juvenile triploid crucian carp (No.3)

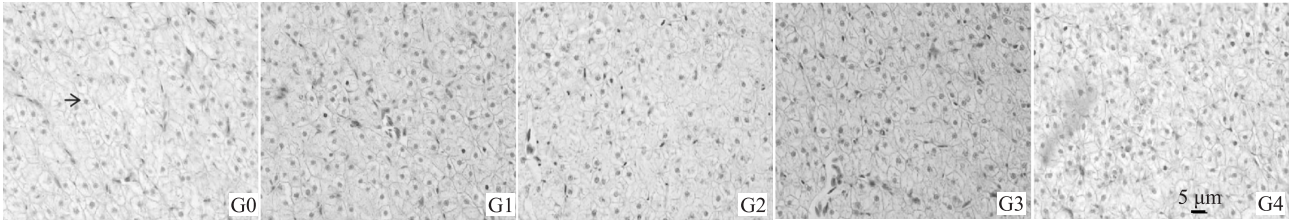
组别	<i>AST</i> (U/L)	<i>ALT</i> (U/L)	<i>TG</i> (mmol/g)	<i>TC</i> (mmol/g)	<i>MDA</i> (nmol/mg)	<i>SOD</i> (U/mg)	<i>GSH-Px</i> (μmol/g)
G0	6.87±0.08b	8.58±1.36b	1.13±0.06b	1.23±0.03b	2.34±0.05b	51.36±2.09a	98.62±13.45a
G1	4.56±0.26a	5.62±1.09a	0.80±0.01a	1.05±0.07a	1.21±0.02a	68.57±3.12b	123.45±22.01b
G2	7.49±0.19b	9.38±0.98b	1.41±0.11c	1.36±0.10c	2.58±0.31b	74.21±2.65c	168.91±14.11c
G3	4.78±0.07a	5.08±0.63a	0.68±0.16a	0.88±0.07a	1.04±0.26a	68.26±3.72b	144.65±20.03b
G4	4.35±0.09a	5.48±0.42a	0.75±0.29a	0.92±0.05a	1.13±0.18a	72.16±4.36c	132.87±10.56b

G0 为对照组,G1 为马齿苋组,G2 为车前草组,G3 为鱼腥草组,G4 为复合物组。同列数据后不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。*AST*:天冬氨酸氨基转移酶;*ALT*:丙氨酸氨基转移酶;*SOD*:超氧化物歧化酶;*GSH-Px*:谷胱甘肽过氧化物酶;*TG*:总三酰甘油;*TC*:总胆固醇;*MDA*:丙二醛。

2.4 三种药用植物及其复合物对湘云鲫(3号)幼鱼肠道组织结构及功能的影响

如图2和表6所示,中肠绒毛高度以马齿苋组和车前草组显著高于对照组($P<0.05$),而鱼腥草组中肠绒毛高度则显著低于对照组($P<0.05$)。中肠

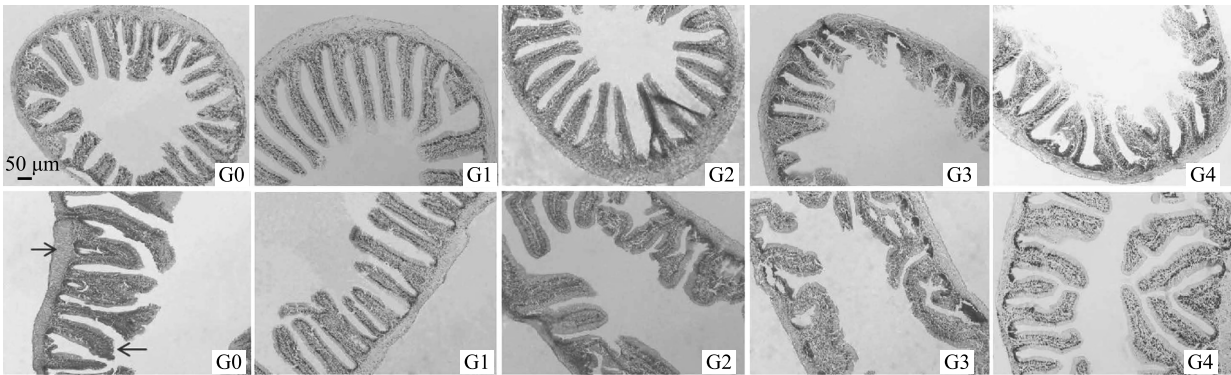
绒毛宽度则仅马齿苋组显著低于对照组($P<0.05$),而复合物组和鱼腥草组均显著高于对照组($P<0.05$)。各试验组中肠肌层厚度差异均不显著($P>0.05$)。



G0 为对照组;G1 为马齿苋组;G2 为车前草组;G3 为鱼腥草组;G4 为复合物组。黑色箭头所指为肝细胞核。

图1 三种药用植物及其复合物对湘云鲫(3号)肝脏组织的影响(×400)

Fig.1 Effects of three medicinal plants and their compounds on liver tissue of triploid crucian carp (No.3) (×400)



G0 为对照组;G1 为马齿苋组;G2 为车前草组;G3 为鱼腥草组;G4 为复合物组。上排图为横切,下排图为纵切。箭头←和→所指分别为肠绒毛和肌层。

图2 三种药用植物及其复合物对湘云鲫(3号)幼鱼中肠组织的影响(×100)

Fig.2 Effects of three medicinal plants and their compounds on midgut tissue of juvenile triploid crucian carp (No.3) (×100)

表6 三种药用植物及其复合物对湘云鲫(3号)幼鱼中肠绒毛形态的影响

Table 6 Effects of three medicinal plants and their compounds on morphology of midgut villi of juvenile triploid crucian carp (No.3)

组别	绒毛高度 (μm)	绒毛宽度 (μm)	肌层厚度 (μm)
G0	459.35±53.58b	64.25±15.85b	51.74±9.67a
G1	508.95±34.74d	53.92±13.11a	53.84±10.77a
G2	482.69±46.09c	66.29±12.34b	54.17±10.64a
G3	368.17±56.47a	73.82±16.35c	56.14±8.79a
G4	465.25±45.28b	72.53±12.31c	55.38±8.17a

G0 为对照组,G1 为马齿苋组,G2 为车前草组,G3 为鱼腥草组,G4 为复合物组。同列数据后不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。

3 讨论

3.1 三种药用植物及其复合物对鱼类生长性能和饵料系数的影响

湘云鲫(3号)幼鱼饲料中按4%比例分别添加马齿苋、车前草均可促进鱼体生长和降低饵料系数。其中,马齿苋的促生长和降低饵料系数效果最突出,这与马齿苋中粗蛋白质、粗脂肪以及对小肠功能具有很强促进作用的多糖和黄酮等含量均最高等有关^[20]。挥发油和黄酮类化合物为鱼腥草的主要功能成分,其在新鲜鱼腥草中的含量约为0.05%和0.10%^[21]。鱼腥草挥发油中 α -蒎烯、 β -蒎烯、 β -月桂烯、癸酰乙醛

(鱼腥草素)等含量分别为4.60~5.82 $\mu\text{g/g}$ 、6.31~9.25 $\mu\text{g/g}$ 、257.07~323.66 $\mu\text{g/g}$ 、13.32~60.48 $\mu\text{g/g}$ ^[22]。其中, β -月桂醛和癸酰乙醛分别是鱼腥草独特臭气和鱼腥气的主要来源。鱼腥草因其独特的气味,可能降低饲料适口性,进而减少鱼体摄食量,这可能是鱼腥草致鱼体生长性能及饵料系数均不如对照组的重要原因。已有研究结果表明,有些药用植物成分可明显影响鱼类摄食行为,但不同药用植物成分对同种鱼摄食行为的影响存在较大差异。例如,饲料中添加阿魏对鲈鱼具有显著诱食作用,添加陈皮的诱食作用次之,而肉桂、白芷、山楂和大茴香则反而降低鲈鱼摄食量,且单独添加时的诱食效果较复合使用时的诱食效果好^[23]。本研究中,复合物组因鱼腥草添加量较鱼腥草组减少,对鱼体摄食量的不利影响降低,鱼体生长性能和饵料系数也随之改善。由此可见,挥发性气味物质含量丰富的植物对特定鱼类摄食量的影响及其在饲料中的适宜添加量值得深入研究。

3.2 三种药用植物及其复合物对鱼类脂肪沉积的影响

湘云鲫(3号)幼鱼饲料中分别添加4%马齿苋和复合物均较对照组不同程度地降低了去内脏鱼体脂肪及肝脂沉积量,但添加4%车前草则反而显著增加去内脏鱼体脂肪和肝脂沉积量。马齿苋富含有机酸,且有机酸中包含了大量不饱和脂肪酸,仅可转化成 $n-3$ 系列多不饱和脂肪酸^[24]。因 $n-3$ 多不饱和脂肪酸可以降低胆固醇和血脂^[25],故马齿苋具有改善脂质代谢和防止脂质过量蓄积作用。马齿苋还含有芹菜素-4'- O - α -L鼠李糖苷,该物质可以通过降低Akt磷酸化水平来实现增加葡萄糖消耗和改善HepG2细胞的胰岛素抵抗作用^[26],故马齿苋还具有降血糖作用。鱼腥草因独特气味降低了饲料适口性和鱼类摄食量,可能使鱼体长期处于半饥饿状态,故体脂和肝脂沉积也均较对照组减少。车前草籽种皮具有黏液,且黏液主要由多糖组成^[27],车前草籽多糖已被证实不仅对脂多糖诱导的小鼠肝损伤具有保护作用^[28],而且可在不影响小鼠摄食量和体重情况下降低小鼠腹部脂肪含量和血清总胆固醇、甘油三酯、游离脂肪酸和肝脏三酰甘油含量,并使脂肪细胞变小^[29]。这表明车前草籽提取物可以改善高脂饮食诱导的肥胖小鼠脂质积累和高血糖,且其作用机制与车前草籽提取物上调肥胖小鼠肝脏和脂肪组织中与脂肪酸代谢和能量消耗相关基因的表达有关。本研究中的车前草采自

开花期,缺少车前草籽及其活性成分,这可能是添加4%车前草后鱼体脂肪和肝脂沉积没有改善的原因之一,故该组鱼体脂肪和肝脏脂质沉积增加的原因还需深入研究。

3.3 三种药用植物及其复合物对鱼体肝脏功能的影响

同许多相关研究报道类似,本研究也证实饲料中无论单独添加还是复合添加三种药用植物均可提高鱼体肝脏的抗氧化能力。马齿苋中富含酚类化合物,具有很强的抗氧化活性,其抗氧化能力甚至高于化学合成物抗氧化剂丁基羟基甲苯^[30]。例如,黄酮类化合物是存在于马齿苋中的最大类别酚类化合物,体内外试验结果均表明马齿苋黄酮具有强抗氧化活性,是很好的天然抗氧化剂^[31]。车前草除含黄酮类抗氧化物外,Dong等^[19]从车前草中还分离得到了七叶树素和芹菜素,并发现七叶树素可通过上调抗氧化相关基因表达改善过氧化氢诱导的细胞活力下降等问题,芹菜素则主要通过改善谷胱甘肽抗氧化系统,如增加谷胱甘肽过氧化物酶、谷胱甘肽还原酶的活性以及谷胱甘肽与谷胱甘肽二硫化物的比例来保护细胞免受 H_2O_2 的影响。本研究中,车前草组几种抗氧化酶活性与MDA含量均最高,这与该组鱼体脂肪和肝脂沉积均最多和可能存在脂质过氧化等有关。黄酮类化合物是鱼腥草的重要抗氧化成分。甲基正壬酮则是鱼腥草挥发油中的重要成分,除具有抗病毒和抗炎作用外,也具有抗氧化作用^[22]。锦鲤幼鱼日粮中添加0.006 0%鱼腥草或0.002 4%鱼腥草素^[32],或草鱼饲料中添加0.5%~1.5%的马齿苋乙醇提取物^[33],或尼罗罗非鱼饲料中添加1%~3%马齿苋叶粉^[34]均可提高鱼体抗氧化能力或对嗜水气单胞菌感染的抵抗力,缓解肝功能损伤,并提高鱼体免疫力。草鱼饲料中添加1%、2%或3%鱼腥草,幼鱼成活率均较对照组有所提高,但鱼腥草添加剂量以2%为宜,且适宜投喂周期为30~60 d,投喂时间过长,肝脏ALT和AST活性反而上升,肝脏溶菌酶活力则下降^[35]。鱼腥草地上部分及其根茎提取物已被证实对斑马鱼成鱼具有急性毒性作用,对斑马鱼胚胎也可产生卵黄囊水肿和心包水肿等胚胎发育毒性^[36]。由此可见,饲料中鱼腥草添加量偏高不利于幼鱼健康和鱼类养殖,这与本研究结果很相似。为避免鱼腥草及其提取物添加过量对水产动物造成损害,水产饲料中使用鱼腥草及其提取物时应注意控制添加量,故不同水产动物饲料中的鱼腥

草及其提取物的适宜添加量值得深入研究。

3.4 三种药用植物及其复合物对鱼类肠道的影响

马齿苋性凉,味酸,归肝经和大肠经,因含有槲皮素、山柰酚、橙皮苷、杨梅素等成分,常用于治疗人的皮肤病和肠道疾病等^[37]。给大鼠按体重 200 mg/kg 饲喂马齿苋多糖,可显著降低其肠道中紫单胞菌属丰度,同时提高帕拉普氏菌属丰度,明显改善小鼠的肠道菌群结构^[38]。因此,马齿苋可能通过其活性物质改善肠道组织形态结构和微生物群落结构,进而促进鱼体生长。目前,有关车前草和鱼腥草对鱼类肠道的影响报道极少,但由于两者均含有多糖类、黄酮类和生物碱等活性成分^[19,21],因此被认为具有抗菌、消炎和抗病毒作用,在维护鱼类肠道微生态健康方面应该仍具有积极作用。

4 结论

饲料中添加 4% 马齿苋草粉可促进湘云鲫(3号)幼鱼的生长和健康,因其粗蛋白质含量高,故马齿苋草粉是一种潜在的蛋白质饲料资源,其饲用价值也高。饲料中添加 4% 车前草或 4% 复方中草药对湘云鲫(3号)幼鱼生长影响不大,其饲用价值低于马齿苋。饲料中添加 4% 具有腥臭味的鱼腥草则明显降低配合饲料的饲用价值,不利于湘云鲫(3号)幼鱼生长和养殖。

参考文献:

- [1] 刁菁,王友红,王淑娟,等.一种复方中草药免疫增强剂对牙鲆免疫力及抗病力的影响[J].广西科学院学报,2020,36(2):137-144.
- [2] 马国红,宋理平,张延华,等.4种复方中草药对鲤生长性能及其体成分的影响[J].大连海洋大学学报,2019,34(1):87-93.
- [3] 谭晓晨,麻艳群,董升辉,等.中草药复方制剂对团头鲂生长性能及肝脏组织的影响[J].饲料研究,2021(17):39-43.
- [4] 魏紫,陈心瑜,王爽,等.中草药复方制剂对副溶血弧菌致南美白对虾肝胰腺坏死的保护作用[J].黑龙江畜牧兽医,2022(16):108-115.
- [5] XUE J, XU Y, JIN L, et al. Effects of traditional Chinese medicine on immune responses in abalone, *Haliotis discus hannai* Ino [J]. Fish and Shellfish Immunology, 2008, 24(6):752-758.
- [6] 王印庚,陈宗阳,廖梅杰,等.一种中草药复方对刺参苗期玻璃海鞘的杀除效果[J].水产科技情报,2013,40(5):245-249.
- [7] 李衡,曹慧,杨国坤,等.饲料添加怀山药对鲤生长、肠屏障及肠道菌群的影响[J].动物营养学报,2022,34(3):1831-1844.
- [8] 张青红.饲料中添加杜仲叶粉对青鱼生长、免疫和肉质的影响研究[D].南宁:广西大学,2015.
- [9] MOHAMMAD H A, MOHSEN A T. The use of caraway seed meal as a feed additive in fish diets: growth performance, feed utilization, and whole-body composition of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.) Fingerling [J]. Aquaculture, 2011, 314:110-114.
- [10] HE Q, JIA R, CAO L, et al. Effect of ginkgo, *Ginkgo biloba*, leaf extracts on growth performance, antioxidant function, and immune-related gene expressions of common Carp, *Cyprinus carpio* [J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2021, 28(3):326-336.
- [11] 王志敬,刘明珠,于辉,等.玉屏风多糖对草鱼生长性能、免疫器官指数和肝胰脏非特异性免疫指标的影响[J].动物营养学报,2016,28(11):3679-3686.
- [12] 彭翔,夏磊,张洪玉,等.板蓝根对施氏鲟幼鱼抗氧化及免疫功能的影响[J].大连海洋大学学报,2013,28(6):573-577.
- [13] 吴春昊.大蒜素对鲟鱼生长性能、体成分及肌肉品质的影响[J].中国饲料,2021(10):62-65.
- [14] SUH H J, CHO S Y, KIM E Y, et al. Blockade of lipid accumulation by silibinin in adipocytes and zebrafish [J]. Chemico-Biological Interactions, 2015, 227:53-62.
- [15] 季延滨,孙学亮,邢克智.12种中草药对牙鲆幼鱼的诱食效果的研究[J].中国水产,2012(5):62-64.
- [16] JUNG M, KIM S, KIM Y, et al. The efficacy of *Plantago asiatica* L. water extract on lipid metabolism in a high-fat diet-induced obese C57BL/6 mice [J]. Molecular & Cellular Toxicology, 2024, 20:399-408.
- [17] KATSUHIKO H. Attraction activities of herbal crude drugs for abalone, oriental weather fish and yellowtail [J]. Nippon Suisan Gakkaishi, 1991, 57(11):2083-2088.
- [18] LI D, LIU J P, HAN X, et al. Chemical constituents of the whole plants of *Houttuynia cordata* [J]. Chemistry of Natural Compounds, 2017, 53(2):365-367.
- [19] DONG Y, HOU Q, SUN M, et al. Targeted isolation of antioxidant constituents from *Plantago asiatica* L. and *in vitro* activity assay [J]. Molecules, 2020, 25(8):1825.
- [20] 袁淑青.马齿苋及桑叶中改善小肠推进作用活性成分的筛选及其初步药效学研究[D].上海:中国医药工业研究总院,2016.
- [21] 肖娟,向安萍,张年凤.鱼腥草的化学成分及药理作用研究进展[J].现代中西医结合杂志,2022,31(11):1563-1567.
- [22] 孟杰,张村,王礼均,等.不同干燥方式对鱼腥草中挥发性成分的影响[J].华西药学杂志,2022,37(3):398-408.
- [23] 张琳琳,曾慧,张佳明,等.中草药对鲈鱼诱食活性的研究[J].海洋水产研究,2008,29(4):101-105.
- [24] 侯永华.马齿苋化学成分及质量评价研究[D].沈阳:沈阳药科大学,2008.
- [25] 王辉敏,李冠文,杨金梅,等.马齿苋多不饱和脂肪酸对高脂血症大鼠的降脂作用[J/OL].中国粮油学报.https://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2864.TS.20220609.1805.027.html.
- [26] 金妍,徐华影,陈琛.马齿苋抗糖尿病活性成分的研究[J].中成药,2015,37(1):124-128.
- [27] YE C L, HU W L, DAI D H. Extraction of polysaccharides and the antioxidant activity from the seeds of *Plantago asiatica* L. [J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2011, 49(4):466-470.
- [28] LI F, HUANG D, IE S, et al. Polysaccharide from the seeds of

- Plantago asiatica* L. protect against lipopolysaccharide-induced liver injury [J]. Journal of Medicinal Food, 2019, 22 (10): 1058-1066.
- [29] YANG Q, QI M, TONG R, et al. *Plantago asiatica* L. seed extract improves lipid accumulation and hyperglycemia in high-fat diet-induced obese mice[J]. International Journal of Molecular Sciences, 2017, 18(7):1393.
- [30] 李大峰,贾冬英,杜雪,等. 马齿苋酚类提取物的抗氧化作用研究[J]. 中国油脂, 2010, 35(12): 41-43.
- [31] 王杰,王瑞芳,王园,等. 响应面优化马齿苋黄酮水提工艺及其抗氧化活性评价[J]. 食品与发酵工业, 2020, 46(19): 197-204.
- [32] 吕兆君,仇钧仪,张震,等. 日粮添加鱼腥草及鱼腥草素钠对锦鲤幼鱼肝功能、免疫及抗氧化指标的影响[J]. 经济动物学报, 2022, 26(4): 268-275.
- [33] AHMADIFAR A, HOSEINIFAR S H, ADINEH H, et al. Assessing the impact of purslane (*Portulaca oleracea* L.) on growth performance, anti-oxidative, and immune activities in grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) [J]. Annals of Animal Science, 2020, 20(4): 1427-1440.
- [34] ABDEL R N, AWAD S M, ABDEL T M. Effect of dietary purslane (*Portulaca oleracea* L.) leaves powder on growth, immunostimulation, and protection of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* against *Aeromonas hydrophila* infection[J]. Fish Physiology and Biochemistry, 2019, 45(6): 1907-1917.
- [35] 谭娟,邓雨飞,曹宇舰,等. 鱼腥草单方制剂对草鱼幼鱼生长及生理生化指标的影响[J]. 中国农学通报, 2014, 30(32): 26-31.
- [36] 陈宏降,刘佳楠,阮洪生,等. 鱼腥草、三白草地上部分和根茎醇提物对斑马鱼成鱼和胚胎的毒性研究[J]. 中成药, 2020, 42(6): 1633-1636.
- [37] CHEN D, YAO J N, LIU T, et al. Research and application of *Portulaca oleracea* in pharmaceutical area [J]. Chinese Herbal Medicines, 2019, 11(2): 150-159.
- [38] 黄小流,许东风,罗辉,等. 马齿苋多糖对断奶大鼠血清氨基酸代谢谱及肠道菌群影响[J]. 营养学报, 2022, 44(3): 276-283.

(责任编辑:蒋永忠)