

王裕玉,徐 跑,张志伟,等. 不同养殖模式对黑鲷生长、血清生化指标及抗氧化性能的影响[J]. 江苏农业科学,2020,48(23):155–160.
doi:10.15889/j.issn.1002–1302.2020.23.031

不同养殖模式对黑鲷生长、血清生化指标及抗氧化性能的影响

王裕玉¹, 徐 跑¹, 张志伟², 张志勇², 聂志娟¹, 吴建平², 曾海峰², 徐钢春¹

(1. 中国水产科学研究院淡水渔业研究中心/农业农村部淡水渔业和种质资源利用重点实验室, 江苏无锡 214081;

2. 江苏省海洋水产研究所/江苏省海水鱼类遗传育种重点实验室, 江苏南通 226007)

摘要:比较池塘流水槽养殖和传统池塘养殖模式下黑鲷幼鱼(初始平均体质量为 5.29 g)生长、血清生化指标及抗氧化能力。60 d 的养殖结果表明,流水槽养殖组黑鲷增质量率、特定生长率均显著高于池塘养殖组($P < 0.05$);血清中谷草转氨酶活性、谷丙转氨酶活性、总蛋白含量、总胆固醇含量、皮质醇含量、溶菌酶含量和超氧化物歧化酶在处理组之间无显著性差异;流水槽养殖组血清中碱性磷酸酶活性显著高于池塘养殖组,而血糖和甘油三酯含量正好相反;流水槽养殖组肝脏谷胱甘肽过氧化物酶活性、总超氧化物歧化酶活性、总抗氧化能力均显著高于池塘养殖组,而过氧化氢酶活性和丙二醛含量无显著性差异。总之,在本试验条件下,池塘流水槽养殖模式能提高黑鲷(体质量为 5 ~ 37 g)的生长和机体免疫力,降低肌肉脂肪含量。

关键词:池塘流水槽循环水养殖;黑鲷;养殖模式;血清生化指标;抗氧化

中图分类号: S965.231 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002–1302(2020)23–0155–05

池塘工程化循环水生态养殖,别称为池塘流水槽循环水养殖,是我国渔业转型升级、创新发展的一种养殖新模式,具有节水节地、高产量、低渔药使用量、污物资源化利用、肉质紧实美味、养殖全程可控等优点,已被列入《农业绿色发展技术导则(2018—2030 年)》,成为农业农村部主推的健康养殖技术之一。目前有关池塘工程化循环水养殖模式的研究主要集中在系统建设优化、淡水养殖品种筛选等方面^[1],而关于海水养殖鱼类生长适应情况及配套技术的研究尚未见报道。研究表明,养殖模式能影响鱼类的生长性能、肌肉品质、免疫性能、养殖水质以及经济效益等^[2–5]。黑鲷(*Acanthopagrus schlegelii*),别称乌颊鱼、黑立、黑加吉等,隶属鲈形目(Perciformes),鲷科(Sparidae)棘鲷属(*Acanthopagrus*),为暖温性底层鱼类,主要分布在太

平洋西部沿海,如日本、朝鲜半岛南部和东南亚国家附近海域等,在我国主要分布于渤海、黄海、东海沿岸以及台湾海峡南部水域等,是我国重要的海水养殖的经济鱼类之一,因其具有生长快、抗病力强、适盐性和适温性广、肉味鲜美、营养价值高等优点,深受广大养殖户和消费者的喜爱。本试验比较池塘工程化循环水养殖和传统池塘养殖模式下黑鲷生长、血清生化及抗氧化指标的影响,以期黑鲷工程化循环水养殖技术的推广与示范提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验条件

养殖试验在江苏省南通市通州湾渔业发展有限公司的 6 条流水槽(砖混结构)内进行。流水槽由气提推水增氧区、养殖区(20 m × 5 m × 2 m)和集排污区(30 m × 5 m)组成(图 1)。流水槽总面积为 600 m²,占池塘总面积的 1.12%,剩余池塘面积为水质净化区,净化区内放养牡蛎和文蛤等贝类用于水质净化和增加养殖效益。传统池塘面积为 1 334 m²,水深为 2.5 m。海水水质清新、无污染,符合《渔业水质标准》。

1.2 试验鱼养殖管理

黑鲷苗种为江苏省海洋水产研究所海水增养殖

收稿日期:2020–03–24

基金项目:江苏省农业科技自主创新资金[编号:CX(17)2021];江苏省渔业科技类重大项目(编号:D2017–2–3)。

作者简介:王裕玉(1983—),男,山东日照人,博士,助理研究员,从事水产营养生理与生态养殖方面的研究。E-mail:wangyy@ffrc.cn。
通信作者:徐钢春,博士,研究员,从事特色淡水鱼规模化繁育及绿色生态养殖方面的研究, E-mail:xugc@ffrc.cn;张志勇,博士,研究员,从事海水鱼规模化繁育及养殖方面的研究, E-mail:13906292412@139.com。

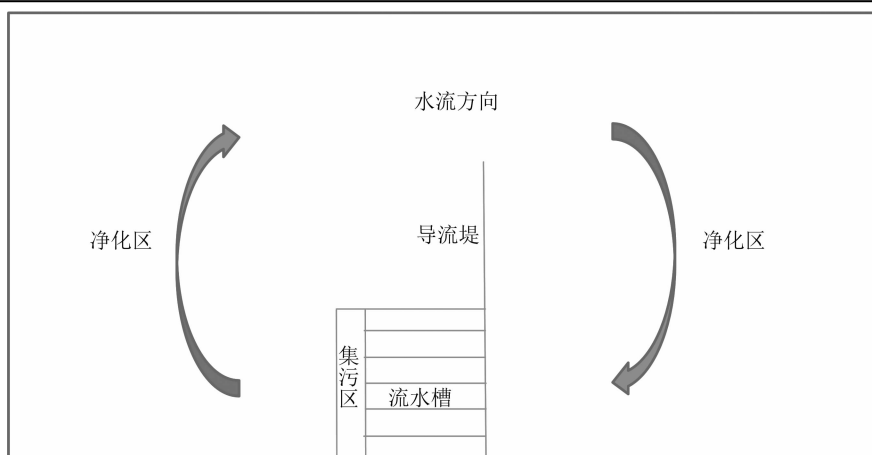


图1 池塘流水槽养殖系统模式

技术及种苗中心自主培育的苗种。试验开始前,将规格一致、体质健康的鱼苗(初始平均体质量为 5.29 g)随机分组,流水槽养殖密度为 15 000 尾/槽,池塘放养密度为 3 000 尾/0.067 hm²,每个处理组 3 个平行。试验期间,2 种养殖模式均投喂浮性颗粒饲料[饲料粗蛋白含量≥40%,购自天邦食品股份(宁波)有限公司]。投喂频率均为每天 3 次(08:00、13:00、17:00),日投喂量均为体质量的 2%~4%,具体投喂量根据水温、天气变化、生理状况等适时调整。投喂饲料时确保饲料不漂出流水槽,每次投饲时长为 30 min 左右,以上浮抢食鱼数量明显减少时停止投喂。试验期间,水体盐度为 25,水温为 24.0~33.8℃,溶解氧含量为 5.2 mg/L,pH 值为 8.3,流水槽水流速度为 2~4 cm/s。养殖试验于 2018 年 6 月 3 日开始,于 2018 年 8 月 1 日结束,持续 60 d。

1.3 样品采集

采样前试验鱼饥饿 24 h。每槽随机取 20 尾鱼,用 200 mg/L 间氨基苯甲酸乙酯甲磺酸盐(MS-222)将其麻醉,测量体质量和体长等指标。尾静脉取血,在温度为 4℃条件下静置 4 h,4 000 r/min 离心 15 min,吸取血清于 -80℃条件下保存待测。采血完成后,迅速解剖取肝脏、肌肉,液氮中速冻,转入 -80℃保存,用于抗氧化指标和肌肉成分分析。

增质量率(W_G)、特定生长率(S_{GR})、肥满度(C_F)、肝体指数(H_{SI})和脏体指数(V_{SI})计算公式如下:

$$W_G = (\text{末体质量} - \text{初始体质量}) / \text{初始体质量} \times 100\%; \quad (1)$$

$$S_{GR} (\%/d) = (\ln \text{末体质量} - \ln \text{初始体质量}) \times 100 / \text{养殖周期}; \quad (2)$$

$$C_F (g/cm^3) = 100 \times \text{体质量} / \text{体长}^3; \quad (3)$$

$$H_{SI} = 100 \times (\text{肝质量} / \text{体质量}); \quad (4)$$

$$V_{SI} = 100 \times (\text{内脏质量} / \text{体质量}). \quad (5)$$

1.4 样品分析

血清生化指标采用全自动生化分析仪(迈瑞 BS-400,深圳)进行测定,包括总蛋白(total protein,简称 TP)含量、谷草转氨酶(aspartate aminotransferase,简称 AST)活性、谷丙转氨酶(alanine aminotransferase,简称 ALT)活性、碱性磷酸酶(alkaline phosphatase,简称 ALP)活性、血糖(glucose,简称 GLU)含量、总胆固醇(total cholesterol,简称 TC)含量、甘油三酯(triglyceride,简称 TG)含量等;采取酶联免疫检测法(enzyme-linked immunosorbent assay,简称 ELISA)测定血清超氧化物歧化酶(superoxide dismutase,简称 SOD)活性、皮质醇和溶菌酶含量。

将肝脏样品解冻,准确称量肝脏质量,并加入 9 倍体积预冷的 0.86% 生理盐水,匀浆,匀浆液经 3 000 r/min 离心(4℃)10 min,取上清液,在 -80℃条件下保存用于抗氧化酶活性测定。抗氧化酶活性采用酶标仪(Synergy H1, Bio-Tek, 美国)进行测定,包括过氧化氢酶(catalase from micrococcus lysodeiktic,简称 CAT)活性、谷胱甘肽过氧化物酶(glutathione peroxidase,简称 GSH-PX)活性、总抗氧化能力(total antioxidant capacity,简称 T-AOC)、总超氧化物歧化酶(T-SOD)活性及丙二醛(malondialdehyde,简称 MDA)含量,均采用南京建成生物工程研究所生产的试剂盒进行测定。肝脏蛋白含量采用考马斯亮蓝法进行测定。

1.5 统计分析

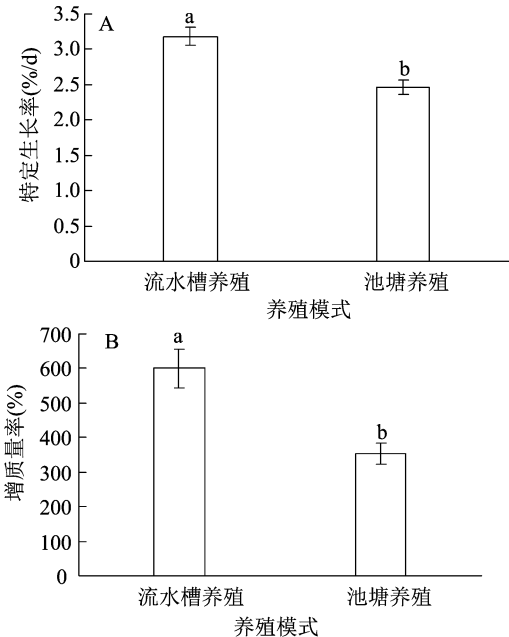
采用 SAS 9.12 对数据进行统计学分析。先作单因素方差分析(one-ANOVA),若处理组之间差异显著,再作 Duncan's 多重比较, $P < 0.05$ 表示处理

间在 0.05 水平上差异显著。试验结果采用“平均值 ± 标准差”表示。

2 结果与分析

2.1 不同养殖模式对黑鲟生长性能的影响

60 d 的养殖结果表明,流水槽养殖组黑鲟终增质量率和特定生长率均显著高于池塘养殖组(图 2)。



不同小写字母表示处理间在 0.05 水平上差异显著($P<0.05$)
图2 不同养殖模式对黑鲟生长的影响

黑鲟体长和体质量的关系如图 3 所示,将试验数据拟合,得到流水槽养殖和池塘养殖黑鲟体质量(y)与体长(x)均呈幂函数关系,拟合方程分别为

$y_{\text{流}}=0.069\ 3x^{2.718\ 2}\ (r^2=0.958\ 3);y_{\text{池}}=0.049\ 3x^{2.745\ 6}\ (r^2=0.965\ 5)$ 。幂指数均接近 3,表明黑鲟为近似等速生长类型。

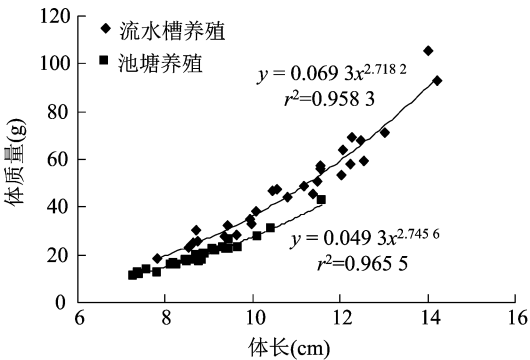


图3 不同养殖模式下黑鲟体质量与体长的关系

2.2 血清生化指标

由表 1 可知,不同养殖模式对血清总蛋白含量、ALY 活性、AST 活性、总胆固醇含量、超氧化物歧化酶活性、皮质醇含量和溶菌酶含量均无显著影响。流水槽养殖组黑鲟血清碱性磷酸酶活性显著高于池塘养殖组,而血糖和甘油三酯含量显著低于池塘养殖组。

2.3 抗氧化酶活性

由表 2 可知,流水槽养殖组肝脏谷胱甘肽过氧化物酶活性、总超氧化物歧化酶活性、总抗氧化力均显著高于池塘养殖组,而过氧化氢酶活性和丙二醛含量在组间无显著性差异。

2.4 体组成与形体指数

由表3可知,不同养殖模式对肌肉水分、蛋白质

表 1 不同养殖模式对黑鲟血清生化指标的影响

养殖模式	ALT 活性 (U/L)	AST 活性 (U/L)	ALP 活性 (U/L)	TP 含量 (g/L)	GLU 含量 (mmol/L)	TC 含量 (mmol/L)
流水槽养殖	12.72 ± 1.17a	30.59 ± 2.18a	22.26 ± 1.32a	12.25 ± 0.63a	5.37 ± 0.42b	4.73 ± 0.44a
池塘养殖	13.98 ± 1.06a	27.98 ± 1.90a	18.42 ± 0.81b	11.61 ± 0.47a	6.70 ± 0.23a	5.24 ± 0.59a

养殖模式	TG 含量 (mmol/L)	SOD 活性 (ng/mL)	乳酸 (mmol/L)	皮质醇 (ng/L)	溶菌酶 (ng/mL)
流水槽养殖	3.92 ± 0.18b	30.35 ± 1.05a	3.74 ± 0.98a	710.60 ± 99.23a	37.04 ± 2.23a
池塘养殖	5.03 ± 0.42a	25.89 ± 1.71a	3.62 ± 0.49a	648.52 ± 52.94a	36.42 ± 1.66a

注:数据后不同小写字母表示在 0.05 水平上差异显著($P<0.05$)。下表同。

表 2 不同养殖模式对黑鲟肝脏抗氧化指标的影响

养殖模式	GSH - PX 活性 (U/mg prot)	CAT 活性 (U/mg prot)	T - SOD 活性 (U/mg prot)	T - AOC (U/mg prot)	MDA 含量 (nmol/mg prot)
流水槽养殖	31.36 ± 1.73a	11.40 ± 0.49a	20.06 ± 0.81a	0.78 ± 0.05a	1.76 ± 0.21a
池塘养殖	25.81 ± 1.63b	10.81 ± 0.52a	17.34 ± 0.66b	0.61 ± 0.04b	1.84 ± 0.10a

和灰分无显著性影响;而流水槽养殖组黑鲟肌肉脂肪含量显著低于池塘养殖组。由表 4 可知,流水槽养殖组黑鲟肥满度、肝体指数和脏体指数均显著高于池塘养殖组。

表 3 不同养殖模式对黑鲟肌肉营养组成的影响

养殖模式	水分含量 (%)	蛋白质含量 (%)	脂肪含量 (%)	灰分含量 (%)
流水槽养殖	74.58 ± 0.46a	19.80 ± 0.19a	2.91 ± 0.47b	1.44 ± 0.12a
池塘养殖	73.31 ± 0.84a	18.87 ± 0.44a	4.04 ± 0.33a	1.42 ± 0.11a

表 4 不同养殖模式对黑鲟形体指数的影响

养殖模式	肥满度 (g/cm ³)	肝体指数	脏体指数
流水槽养殖	4.04 ± 0.47a	2.46 ± 0.11a	18.21 ± 0.77a
池塘养殖	2.83 ± 0.14b	2.05 ± 0.10b	9.41 ± 0.47b

3 讨论

3.1 养殖模式对黑鲟生长的影响

黑鲟具有集群抢食的特性,摄食能力较强。在整个养殖试验周期内,试验鱼很快适应了养殖环境和膨化饲料,未发生病害和明显死亡,流水槽和池塘养殖黑鲟成活率分别为 94.17%、92.24%。流水槽养殖模式将传统池塘开放式散养模式创新为新型的圈养模式,通过构建滤水性鱼类、贝类和水生植物为一体的水质净化技术,有利于营养物质的循环利用,既可以解决养殖自身污染的根本问题,又可以做到变废为宝,增加经济效益。在本研究中,流水槽养殖组黑鲟增质量率和特定生长率均显著高于池塘养殖组,这可能与持续适宜的水流有利于鱼类的生长有关,流水槽中水流速度约为 3 cm/s,在推荐范围内。Ibarz 等对金头鲷(*Sparus aurata*)的研究结果表明,运动强度为 1.5 cm/s 组饲料摄入量无增加,而体质量和特定生长率显著上升,这说明通过游泳锻炼可以提高营养利用率,有助于改善鱼类的生长和减少氮的流失^[6]。类似的相关研究中,Hackbarth 等对头石脂鲤(*Brycon cephalus*)^[7]、Brown 等对黄尾鲷(*Seriola lalandi*)^[8]和 Huang 等对西伯利亚鲟(*Acipenser baeri*)^[9]的研究结果均表明,适度的游泳运动训练(14.0 ~ 35.7 cm/s)对生长有明显的促进作用。与之相反,虞顺年等探讨了水流速度(0、6.75、13.50、27.00 cm/s)对黑鲟生长的影响,结果表明,游泳训练组的增质量率和特定生长率均显著下降^[10];Alcaraz 等研究发现,与对照组相比较,水

流速度为 4.1、7.8、12.9 cm/s 组的剑尾鱼(*Xiphophorus montezumae*)生长率分别降低 33.8%、39.3%、21.8%^[11];持续游泳运动训练会抑制金带篮子鱼(*Siganus rivulatus*)(13.3 cm/s)^[12]和真鲷(*Pagrosomus major*)(3 ~ 16.8 cm/s)^[13]的生长,这可解释为鱼类消耗大量的能量用于游泳运动,而用于生长的能量分配减少,从而抑制生长率,更为严重的会对鱼体造成损伤,最终导致鱼死亡。不同研究者得出不同的结论可能与鱼的种类、生活习性、生长阶段、养殖周期和环境条件等的差异有关。

3.2 养殖模式对黑鲟血清生化指标的影响

鱼类血液学指标能够反映机体营养、生理代谢及健康状况等,当鱼体受到外界因子的影响而发生生理或病理变化时,必定会在血液指标中反映出来,因此其通常被广泛地用于评价鱼类的营养、健康以及对环境的适应状况,并为防治方案提供有价值的信息^[14]。AST 和 ALT 是动物体内 2 种重要的转氨酶,在非必需氨基酸合成和蛋白质分解代谢中起着重要的作用,当肝脏受损时会释放到血液中,血液中 AST 和 ALT 含量升高表明肝脏可能受到了损伤^[15]。虞顺年等研究表明,游泳训练强度为 2.0 bl/s (bl 为体长)时,黑鲟血清中 AST 和 ALT 活性均显著降低,表明在该强度下运动训练能保护肝脏,增强肝脏的机能^[10]。本研究中,流水槽养殖和池塘养殖对黑鲟血清中 AST 和 ALT 活性无显著影响,这说明水流速度为 2 ~ 4 cm/s 以及池塘养殖对肝脏功能和蛋白质分解代谢无影响。血清总蛋白和 ALP 对鱼体代谢和免疫机能有重要的作用,可反映机体蛋白质代谢水平和抵抗力等^[16]。本研究中,流水槽养殖的鱼血清中 ALP 含量显著高于池塘养殖组,这表明逆流运动能增强机体代谢和免疫机能,这与虞顺年等对黑鲟的研究结果^[10]相似。研究者对黑鲟^[10]和大鼠^[17-18]的研究结果表明,适度的有氧运动能够调节血清中 GLU 含量,降低 TG、TC、低密度脂蛋白(LDL)含量。本研究结果显示,流水槽养殖组黑鲟血清中血糖和甘油三酯含量显著降低,表明流水槽养殖中适度的逆流运动具有降血糖和血脂的作用,这可解释为在适度的运动刺激下鱼类的代谢机能提高,促进了鱼体对血脂的转运和血糖的利用。值得注意的是,并不是水流刺激越高越好。虞顺年等研究发现,当游泳训练强度为 27 cm/s 时,超过鱼体自身的负荷,一方面会加剧对能量的消耗,另一方面会对黑鲟机体造成损伤,引起血糖和脂

质代谢功能紊乱,最终影响鱼类生长与健康^[10]。当养殖水环境对鱼体产生胁迫效应时,会激活下丘脑-垂体-肾间轴(HPI)而产生皮质醇^[19]。皮质醇含量过高时,会造成动物生长减缓、体内脂肪合成速率降低,肌肉消退,最终导致机体消瘦^[20]。SOD 和溶菌酶作为非特异性免疫因子,在鱼类的免疫应答和抗病力方面起着重要作用^[21],鱼类可以通过增加溶菌酶或补体水平、提高免疫水平以应对应激^[22-23]。本研究中,血清中皮质醇含量、SOD 活性和溶菌酶含量在流水槽养殖和池塘养殖组之间无显著性差异,表明这 2 种养殖模式未对黑鲟应激和免疫应答产生负面影响。须要注意的是,血清生化指标这些参数的波动可能与养殖季节、温度和营养摄入等有关。

3.3 养殖模式对黑鲟抗氧化酶的影响

氧化应激在集约化水产养殖中是常见的现象,当鱼体受到拥挤等应激时抗氧化系统失调,导致代谢紊乱,最终影响其生长、抗氧化力和抗病力等^[24]。本试验比较适宜养殖密度下 2 种模式黑鲟抗氧化酶活性的差异。结果表明,流水槽养殖组肝脏 GSH-PX 活性、T-SOD 活性、T-AOC 显著高于池塘养殖组,这表明游泳运动训练能增强肝脏代谢水平和免疫机能^[25-26]。类似的,运动训练对黑鲟^[10]和中华倒刺鲃^[27]肝脏 T-AOC 均有提升趋势,但组间差异并不显著,说明肝脏总抗氧化能力处于相对稳定的状态。在本研究中,CAT 活性在组间无显著性差异。不同的是,虞顺年等研究发现,随着运动强度的增加,肝脏 CAT 活性呈上升趋势,其中流速为 4 bl/s 试验组显著高于对照组,这可能是在该强度下训练能促进黑鲟肝脏相关酶的合成或分泌,从而有利于肝脏代谢机能和抗氧化机能的提升^[10]。肝脏 MDA 含量在组间无显著性差异,这说明 2~4 cm/s 的水流速度和静水养殖并未引发黑鲟肝脏脂质过氧化。这与虞顺年等的结果^[10]相似。

4 结论

综上所述,在本试验条件下,池塘工程化循环水养殖模式有利于提高黑鲟(体质量为 5~37 g)的生长、代谢和部分免疫指标。随着黑鲟的生长,养殖后期高养殖密度可能会引起应激反应,这有待于进一步深入研究。

参考文献:

[1] Wang Y, Xu G C, Nie Z J, et al. Growth performance of bluntnose

black bream, channel catfish, yellow catfish, and largemouth bass reared in the in-pond raceway recirculating culture system[J]. North American Journal of Aquaculture, 2019, 81(2): 153-159.

[2] 邵俊杰, 张世勇, 朱昱璇, 等. 不同养殖模式对斑点叉尾鲟生长和肌肉品质特性的影响[J]. 水产学报, 2017, 41(8): 1256-1263.

[3] 张曦, 李天, 李小兵, 等. 不同养殖模式对尼罗罗非鱼生长、免疫性能及水质的影响[J]. 水生态学杂志, 2017, 38(4): 65-70.

[4] 廖凯, 张英丽, 杨正勇, 等. 中国花鲈不同养殖模式经济效益比较研究[J]. 上海海洋大学学报, 2018, 27(4): 508-514.

[5] 高露姣, 黄艳青, 夏连军, 等. 不同养殖模式下红鳍东方鲀的品质比较[J]. 水产学报, 2011, 35(11): 1668-1676.

[6] Ibarz A, Felip O, Fernández-Borràs J, et al. Sustained swimming improves muscle growth and cellularity in gilthead sea bream[J]. Journal of Comparative Physiology B, 2011, 181(2): 209-217.

[7] Hackbarth A, Moraes G. Biochemical responses of matrinxã *Brycon cephalus* (Günther, 1869) after sustained swimming[J]. Aquaculture Research, 2010, 37(11): 1070-1078.

[8] Brown E J, Bruce M, Pether S, et al. Do swimming fish always grow fast? Investigating the magnitude and physiological basis of exercise-induced growth in juvenile New Zealand yellowtail kingfish, *Seriola lalandi*[J]. Fish Physiology and Biochemistry, 2011, 37(2): 327-336.

[9] Huang N Y, Cheng Q Q, Gao L J, et al. Effect of water current and temperature on growth of juvenile *Acipenser baeri*[J]. Journal of Fisheries of China, 2007, 31(1): 31-38.

[10] 虞顺年, 魏小岚, 韦芳三, 等. 不同运动强度对黑鲟生长、血清和肝脏抗氧化指标的影响[J]. 水生生物学报, 2018, 42(2): 255-263.

[11] Alcaraz G, Urrutia V. Growth in response to sustained swimming in young montezumae swordtails, *Xiphophorus montezumae*[J]. Marine and Freshwater Behaviour and Physiology, 2008, 41(1): 65-72.

[12] Ghanawi J, Chadi M, Saoud I P. Effect of continuous water movement on growth and body composition of juvenile rabbitfish, *Siganus rivulatus*[J]. Journal of the World Aquaculture Society, 2010, 41(5): 834-839.

[13] Forster I P, Ogata H. Growth and whole-body lipid content of juvenile red sea bream reared under different conditions of exercise training and dietary lipid[J]. Fisheries Science, 1996, 62(3): 404-409.

[14] 周玉, 郭文场, 杨振国, 等. 鱼类血液学指标研究的进展[J]. 上海水产大学学报, 2001, 10(2): 163-165.

[15] 王晓艳, 王际英, 马晶晶, 等. VE 和 L-肌肽对大菱鲆幼鱼生长、抗氧化、非特异性免疫及血清生化指标的影响[J]. 水生生物学报, 2017, 41(1): 86-94.

[16] 赵书燕, 林黑着, 黄忠, 等. 不同蛋白质水平下添加小肽对石斑鱼生长、消化酶、血清生化 and 抗氧化能力的影响[J]. 南方水产科学, 2016, 12(3): 15-23.

[17] Tan N, Morimoto K, Sugiura T, et al. Effects of running training on the blood glucose and lactate in rats during rest and swimming[J]. Physiology and Behavior, 1992, 51(5): 927-931.

[18] 章罗庚. 有氧运动对大鼠血糖、血脂和血液凝固功能的影响[J]. 北京体育大学学报, 2009, 32(7): 66-68.

程云辉,潘艺伟,许能祥,等. 添加乳酸菌及不同含水量对多花黑麦草青贮品质的影响[J]. 江苏农业科学,2020,48(23):160-166.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.23.032

添加乳酸菌及不同含水量对多花黑麦草青贮品质的影响

程云辉¹, 潘艺伟^{1,2}, 许能祥¹, 宦海琳¹, 张文洁¹, 刘蓓一¹, 田吉鹏¹, 丁成龙¹

(1. 江苏省农业科学院畜牧研究所/农业农村部种养结合重点实验室, 江苏南京 210014; 2. 南京农业大学草业学院, 江苏南京 210095)

摘要:多花黑麦草是我国南方地区重要的冷季牧草,为探索高效的多花黑麦草青贮加工技术,试验以开花期多花黑麦草为材料,研究不同含水量和乳酸菌添加剂对多花黑麦草青贮品质的影响,探究制作多花黑麦草青贮饲料的适宜含水量和乳酸菌添加技术,为优质多花黑麦草青贮的制作提供理论依据。试验设不同含水量(凋萎与未凋萎)和添加乳酸菌处理,分别测定青贮后 0、1、7、15、30、60 d 微生物含量、发酵品质和营养品质。结果表明,在含水量为 69% 且添加适量的乳酸菌处理组的青贮饲料中乳酸含量显著高于其他处理组($P < 0.05$),干物质、体外消化率提高,氨态氮、中性洗涤纤维及酸性洗涤纤维含量降低,能够得到优质的多花黑麦草青贮饲料。

关键词:多花黑麦草;乳酸菌;发酵品质;营养品质;含水量

中图分类号: S816.5⁺3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2020)23-0160-07

多花黑麦草(*Lolium multiflorum* L.)又叫一年生黑麦草、意大利黑麦草^[1],具有适应性广、耐湿性强等特点,较喜湿润温热的气候,适合于南方地区栽培利用。多花黑麦草在春夏季节生长速度快、再生能力强,生物产量高,与农作物争地、争季节竞争小,适于利用南方地区冬闲稻茬进行饲草生产和草食畜禽养殖^[2],并可以与粮食或其他作物轮作,有

利于土地资源的高效利用。多花黑麦草适口性好,家畜消化利用率高,粗蛋白含量高,营养丰富^[3],是所有草食家畜均喜食的饲草之一,可以直接进行青饲,也可以进行青贮。但是多花黑麦草大部分种植于南方地区,收获季节多阴雨天气,调制青干草非常困难,同时由于产草和收获期过度集中,短时间内直接饲喂很难充分利用^[4]。将多花黑麦草进行青贮,可以减少多雨高湿气候的影响,并且可以较长时间地保存多花黑麦草,减少其营养成分的损失。

青贮是目前保存饲草的一种重要加工方式,主要集中在玉米、紫花苜蓿、秸秆和高粱等^[5-8]饲草方面的应用,而在多花黑麦草实际生产中应用相对较少。由于多花黑麦草本身的含水量极高,直接青贮

收稿日期:2020-08-25

基金项目:江苏省农业科技自主创新资金[编号: CX(17)1005]。

作者简介:程云辉(1973—),男,江苏丹阳人,副研究员,从事牧草种质资源、育种及栽培利用研究。E-mail:chengyh@jaas.ac.cn。

通信作者:丁成龙,博士,研究员,从事草饲料的调制加工与利用研究。E-mail:dingcl@jaas.ac.cn。

[19] Vijayan M M, Leatherland J F. High stocking density affects cortisol secretion and tissue distribution in brook charr, *Salvelinus fontinalis* [J]. The Journal of Endocrinology, 1990, 124(2): 311-318.

[20] 张 墨, 李吉方, 温海深, 等. 放养密度对大杂交鲟生长性能的影响及生理应答机制[J]. 海洋科学, 2016, 40(8): 35-41.

[21] Dong J, Zhao Y Y, Yu Y H, et al. Effect of stocking density on growth performance, digestive enzyme activities, and nonspecific immune parameters of *Palaemonetes sinensis* [J]. Fish & Shellfish Immunology, 2018, 73: 37-41.

[22] Ortuño J, Esteban M A, Meseguer J. Effects of short-term crowding stress on the gilthead seabream (*Sparus aurata* L.) innate immune response[J]. Fish and Shellfish Immunology, 2001, 11(2): 187-197.

[23] Ming J H, Xie J, Xu P, et al. Effects of emodin and vitamin C on growth performance, biochemical parameters and two HSP70s mRNA

expression of Wuchang bream (*Megalobrama amblycephala* Yih) under high temperature stress[J]. Fish and Shellfish Immunology, 2012, 32(5): 651-661.

[24] Sevcikova M, Modra H, Slaninova A, et al. Metals as a cause of oxidative stress in fish: a review[J]. Veterinární Medicína, 2011, 56(11): 537-546.

[25] Tung B T, Rodriguez - Bies E, Thanh H N, et al. Organ and tissue - dependent effect of resveratrol and exercise on antioxidant defenses of old mice[J]. Aging Clinical and Experimental Research, 2015, 27(6): 775-783.

[26] Radak Z, Chung H Y, Goto S. Systemic adaptation to oxidative challenge induced by regular exercise[J]. Free Radical Biology & Medicine, 2008, 44(2): 153-159.

[27] 于丽娟. 运动训练对中华倒刺鲃幼鱼生长、抗氧化及免疫机能的影响[D]. 重庆: 西南大学, 2014.