

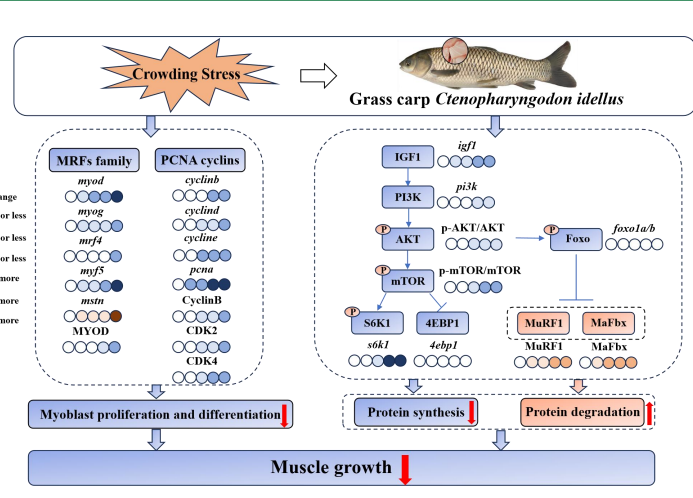
循环水养殖系统中拥挤胁迫对草鱼肌肉生长及品质的影响

蒋承辰, 李大鹏*

华中农业大学水产学院, 湖北 武汉430070

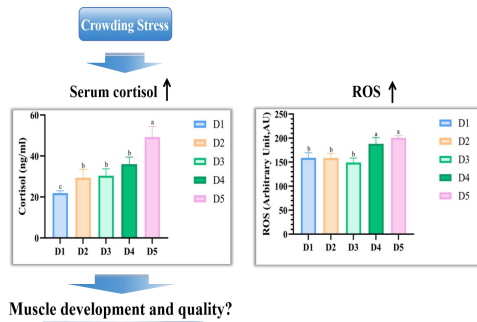
摘要

以高密度放养为基础的集约化养殖已成为水产养殖的主流模式, 肌肉作为鱼类最主要的食用部分, 在满足人们对优质蛋白需求方面发挥着重要作用。本研究以平均初始体重为 75.87 ± 10.97 g/尾的草鱼为对象, 设计了5个初始养殖密度(5, 10, 15, 20, 30 kg/m³), 探究拥挤胁迫对草鱼肌肉生长及品质的影响。研究发现D4和D5密度组草鱼肌肉中粗蛋白含量显著降低, 进一步测定了蛋白质沉积相关基因和蛋白表达, 研究结果显示D4和D5密度组草鱼肌肉*igf1*、*akt*、*mtor*和*s6k1*相对表达量显著降低, *foxo3a*、*murf1*和*mafbx*相对表达量显著升高, 同时MaFbx和MuRF1蛋白表达显著升高, p-mTOR和p-AKT蛋白表达显著降低。同时D3、D4和D5密度组草鱼肌肉中MRFs家族和细胞周期蛋白相关基因相对表达量显著降低, 且MYOD、CyclinB、CyclinD、PCNA、CDK2和CDK4蛋白相对表达量在D4和D5密度组中显著降低。肌肉系水力、硬度、黏附性、胶质性和咀嚼性随着养殖密度的升高而降低, 肌肉中水解氨基酸的含量也出现了显著降低。综上所述, 拥挤胁迫抑制草鱼肌肉生长可能通过下调生肌调节因子抑制肌纤维生长发育和激活IGF-1/PI3K/AKT/mTOR和IGF-1/PI3K/AKT/FoxO3a途径抑制蛋白质沉积, 同时初步证实了拥挤胁迫在一定程度上降低了草鱼肌肉的口感和营养价值。以上研究结果提示了在实际养殖生产中需要合理调控养殖密度以兼顾肌肉生长发育和品质维持的平衡关系。

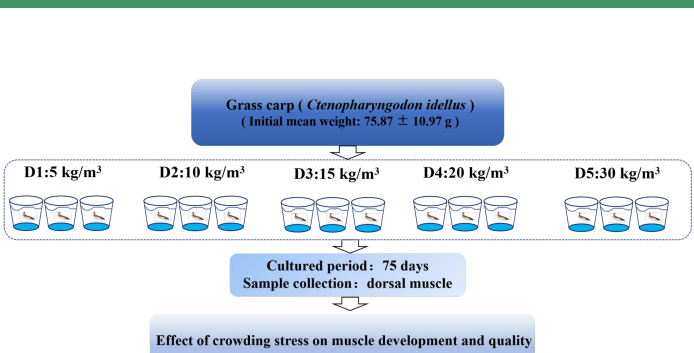


研究背景

- 随着水产养殖业的快速发展, 集约化养殖已成为当前水产生产的主要模式。
- 高密度养殖系统虽有助于提高产量, 但也会使鱼类承受拥挤胁迫, 从而引发显著的应激反应。
- 实验室前期研究表明, 拥挤胁迫会导致草鱼 (*Ctenopharyngodon idella*) 最终体重降低、生长速率减缓, 并伴随血清皮质醇和活性氧水平升高。然而, 此类胁迫条件对肌肉生长的影响及其对肌肉品质的后续作用仍不明确。



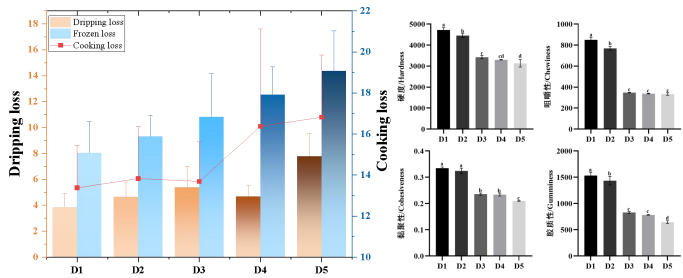
实验设计



研究结果

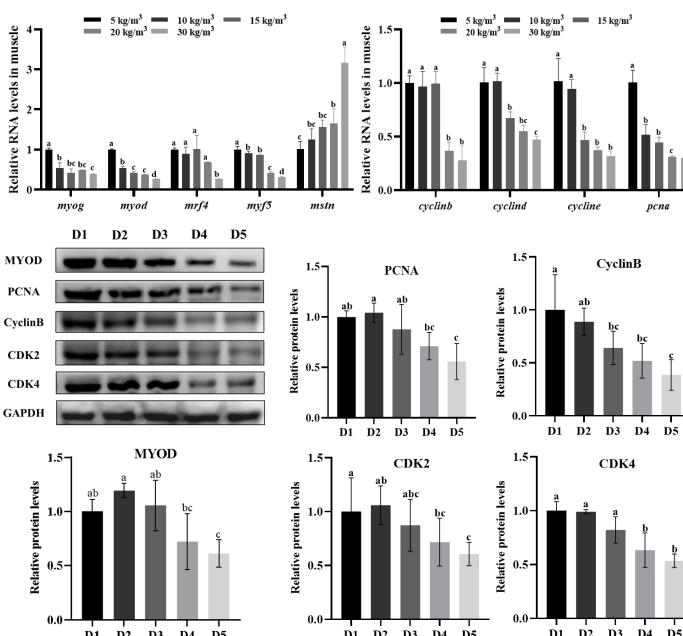
1. 拥挤胁迫显著降低了草鱼肌肉的系水力和肌肉品质

肌肉的滴水损失、蒸煮损失及冷冻解冻渗出率显著上升, 导致其持水力下降; 同时, 肌肉的硬度、黏附性、胶粘性和咀嚼性均显著降低。



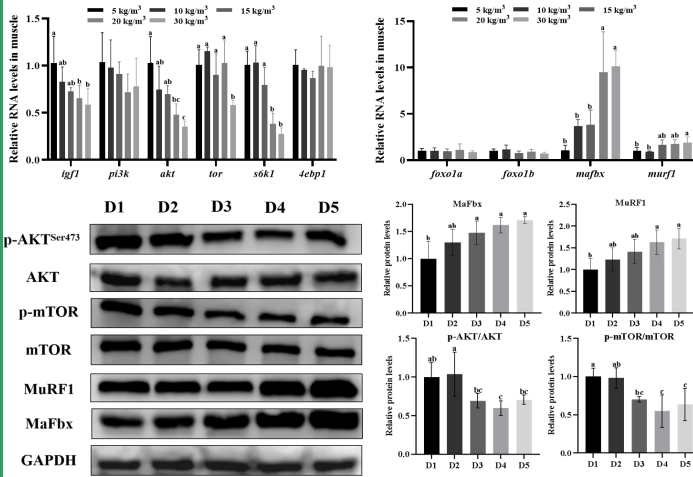
2. 拥挤胁迫抑制了草鱼肌纤维的发育

基因表达分析结果显示, 20与30 kg/m³高密度饲养组的MRF家族基因 (*myog*、*myod*、*mrf4*、*myf5*) 及细胞周期相关基因 (*cyclinb*、*cyclind*、*cycline*、*pcna*) 的转录水平均受到显著抑制。蛋白印迹分析结果进一步证实, 上述组别中MYOD、CyclinB、CDK2及CDK4的蛋白表达量也显著下降。



3. 拥挤胁迫显著抑制了草鱼肌肉的蛋白质合成

蛋白质沉积对肌肉生长至关重要。本研究结果显示, 在30 kg/m³高密度组中, 蛋白质合成通路关键基因 (*igf1*、*akt*、*mtor*、*s6k1*) 的mRNA表达显著下调; 与此同时, 蛋白质降解基因 (*murf1*、*mafbx*) 的转录水平则显著上调。此外, 在蛋白水平上, 15、20及30 kg/m³密度组的MaFbx蛋白表达均显著增加, MuRF1蛋白也在20与30 kg/m³组中明显上升。相比之下, 这些高密度组中mTOR和AKT的磷酸化水平则显著降低。



研究结论

- 对肌肉品质的影响: 拥挤胁迫会显著降低草鱼肌肉的持水力, 并对其质构特性产生不利影响。
- 对肌肉生长的机制: 拥挤胁迫通过下调生肌调节因子与细胞周期蛋白的表达来抑制肌纤维发育; 同时, 通过调控PI3K/AKT/mTOR和FoxO3a通路, 在抑制蛋白质合成的同时可能激活降解途径, 共同导致蛋白质沉积受阻, 最终抑制肌肉生长。
- 实践意义: 上述发现为在实际水产养殖中合理规划放养密度, 以期实现生长速度与肌肉品质的协同提升, 提供了重要的理论参考。

基金项目: 国家大宗淡水鱼产业技术体系 (CARS-45-23); 国家重研发计划 (2023YFD2400501)
作者邮件地址: chengchenjiang@webmail.hzau.edu.cn