

甘草在水产养殖中的应用

王文博^{1,2,3} 陈鹏⁴ 刘品¹ 惠瑞敏¹ 赵琴¹ 窦玲玲¹ 王平¹
李爱华^{2,3,*} 张义兵^{2,3,*}

(1. 咸阳师范学院生命科学系, 咸阳 712000; 2. 中国科学院水生生物研究所农业部淡水养殖病害防治重点实验室, 武汉 430072; 3. 中国科学院水生生物研究所淡水生态与生物技术国家重点实验室, 武汉 430072; 4. 普渡大学林业与自然资源系, 西拉法叶 47907)

摘要: 甘草(*Glycyrrhiza uralensis* Fisch)因其具有调和诸药的特性, 被誉为“百草之王”, 是我国常见廉价药材, 被应用于水产养殖。其有效成分主要是多糖、甙类、生物碱、有机酸和挥发油等。在水产养殖中, 常见的甘草给药方法包括投喂、灌服、注射、浸泡以及泼洒等, 用于水产动物的免疫调理、病害防治以及其他用途。然而, 甘草在使用过程中也存在着一些问题, 比如药材质量不稳定、使用方法较为粗放、规范化药方较少、命名和描述不够准确等。本文对甘草的渔用价值进行了综述。

关键词: 甘草; 免疫调节; 病害防治; 绿色渔药

中图分类号: S965.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3207(2020)01-0231-06

随着人们对食品安全和生态保护的日益重视, 水产业逐渐转向研发环境友好、使用安全的新型渔药。相对于化学药物而言, 植物性渔药对水产养殖动物和环境更为安全, 加之它们资源丰富, 易于获得, 成本低廉, 因此在水产实践中得到了越来越多的应用^[1-3]。诸多研究表明, 中草药对水产动物有许多有益作用, 包括促进生长、增强抗病性、改善肉质、促进饲料摄入、提高消化酶活性等, 还对动物特异性和非特异性免疫力有调节作用^[1-3]。除了我国及亚洲其他国家, 欧美地区如美国、墨西哥、土耳其等, 也都有用药用植物成功控制水产病害的报道^[4-6], 这其中不少都用到了甘草(*Gly-*

cyrrhiza uralensis Fisch)^[5,6]。而甘草之所以能搭配其他草药一起广泛使用, 和它本身具有的“调和”、“平抑”等功效分不开^[1]。中医素有“十方九(甘)草”之说, 《神农本草经》中将甘草列为上品, 《本草纲目》也将甘草列为百药之首, 《中华人民共和国药典》里描述其“性平味甘, 调和诸药”。因此, 本文重点对中草药中的甘草进行综述。甘草是我国传统常用草药之一, 为豆科甘草属多年生的宿根草本植物, 又称甜草根、红甘草、粉甘草以及粉草等。甘草是甘草属物种的通称, 在世界范围内, 甘草属约有30种, 在我国它主要分布于东北、华北以及西北地区^[7]。在欧洲和中国药典中, 很多不同的

收稿日期: 2019-04-01; **修订日期:** 2019-08-17

基金项目: 国家自然科学基金(31872175); 陕西省重点研发计划(2019NY-103); 教育部“春晖计划”合作科研项目; 农业部淡水养殖病害防治重点实验室开放基金; 国家留学基金; 淡水生态与生物技术国家重点实验室开放课题(2013FB21); 陕西省高层次人才特殊支持计划区域发展人才项目; 陕西省青年百人计划项目(第七批); 咸阳师范学院科技成果转化项目(XFYHGKZ1706); 咸阳师范学院中青年拔尖人才项目(XSYBJ201802)资助 [Supported by the National Natural Science Foundation of China (31872175); Key Research and Development Program of Shaanxi Province (2019NY-103); Cooperative Research Project of “Chunhui Plan”, Ministry of Education, P. R. China; Open Fund of the Key Laboratory of Aquaculture Disease Control, Ministry of Agriculture, P. R. China; National Overseas Study Fund; Open Fund of the State Key Laboratory of Freshwater Ecology and Biotechnology (2013FB21); Regional Development Talent Project of the Special Support Plan for High-level Talents of Shaanxi Province; Project of the Hundred Young People of Shaanxi Province (7th batch); the Science and Technology Achievement Conversion Project of Xianyang Normal University (XFYHGKZ1706); Young and Middle-aged Top Talents Project of Xianyang Normal University (XSYBJ201802)]

作者简介: 王文博(1976—), 男, 陕西西安人, 博士, 教授, 主要从事中草药和鱼类免疫学研究。E-mail: wenbowang@163.com

通信作者: 李爱华(1963—), 博士, 研究员, 主要从事健康养殖学研究。E-mail: liaihua@ihb.ac.cn; 张义兵(1969—), 博士, 研究员, 主要从事鱼类免疫学研究。E-mail: ybzhang@ihb.ac.cn *共同通信作者

甘草种名都可互用,这在一定程度上造成了甘草物种命名的模糊不清。

已有研究表明,甘草具有多种功效,比如,甘草根制剂具有显著的抗炎、抗病毒、抗癌、抗过敏、肝保护和雌激素等作用,并能调节机体的免疫功能^[8]。甘草亦可提高动物的食欲,降低其能耗^[9],促进T淋巴细胞的转化率,增强其细胞免疫功能^[10]。作者也曾开展过甘草的专项研究,评估了其对鲫(*Carassius auratus*)的免疫调节作用,通过体液免疫和细胞免疫各参数的评估,以及对人工细菌攻毒后的免疫保护率的分析,认为甘草对鲫的免疫功能有较好的调节作用,可以明显增强鲫对嗜水气单胞菌(*Aeromonas hydrophila*)的抵抗力^[11, 12]。因此,在水产养殖实践中,如果可以合理地运用甘草,不但可避免化学药物以及抗生素等引发的病原菌的抗药性问题,还因其具有纯天然的特性,对水体和鱼体均污染较小,从而可避免药物残留超标的问题。甘草的这些特质,符合当今发展无公害水产业、生产绿色水产品的行业趋势。

1 甘草的有效成分

我国中草药的品种繁多,已知的具有免疫活性的中草药就有200多种,有杀菌和抑菌作用的中草药有400多种,对病毒有灭活或者抑制作用的有50多种^[7-10]。在中医药实践中,通常会在复方药剂中加入甘草,因为它具有“调和”、“平抑”的功效,相当于“缓冲剂”,可有效的起到调理作用。甘草中的有效成分主要有多糖、甙类、生物碱、有机酸和挥发油,此外,还有很多充当营养的成分,包括油脂、树脂、糖类、蛋白质、氨基酸、维生素、常量元素和微量元素和一些不知名的促生长活性物质^[7]。在所有成分中,具有免疫活性的主要是多糖、甙类以及生物碱^[7]。甘草多糖是由若干个单糖以苷键结合的形式组成的高分子碳水化合物,是具免疫活性的最主要物质^[7];甙类化合物也称为“配糖体”、“糖苷”,是由糖或糖的衍生物的半缩醛羟基与另一非糖物质中的羟基以缩醛键(或“甙键”)脱水后缩合而成的环状缩醛衍生物,它广泛存在于甘草中,能有效增强网状内皮系统吞噬细胞的吞噬活性、促进抗体生成、加速抗原抗体反应以及淋巴细胞的转化^[8],从甘草中提取到的甘草皂甙能提高机体的巨噬细胞功能,使细胞内的脱氧核糖核酸、酸性磷酸酮、琥珀脱氢酶等的活性增强,对体液免疫和细胞免疫均能起到较好的调节作用^[9, 13];甘草中的生物碱又称为植物碱,种类较多,属于碱性含氮的有机化合物,由不同的氨基酸或者其直接的衍生物合成

而来,是次级代谢产物之一,对机体有着较强的调理作用,在一定程度上也能够增强体液和细胞免疫^[14]。

2 甘草的应用

2.1 给药方法

在水产养殖中,甘草通常有几种常见的给药方法,包括投喂、灌服、注射、浸泡以及泼洒等。第一,投喂法。把新鲜的甘草洗净后切碎,按照一定的质量百分比和基础饲料进行混和,并拌粘合剂,制成适口的药料。如果用干燥的甘草则需要切碎后煮汁,将药汁或连同药渣和饲料一起混和投喂。制成的常用药饵主要有浮性药饵、沉性药饵以及糖化药饵三种。此法不需要接触鱼体就可大面积给药,可行性好,普遍适用于鱼病的预防和治疗。第二,灌服法。把甘草切碎后煮汁,按照一定的稀释度经口灌喂。本法主要用于针对名贵水产品的细菌性肠炎等急性病,吸收较快,疗效较好,但是较易引起机体的应激反应,可能会给机会致病菌创造入侵条件,造成机体易感性升高。另外,此法药液容易溢出而造成损耗,操作也较为费时费力。第三,注射法。将甘草切碎后煮汁,按照一定的稀释度经腹腔注射或者肌肉注射导入体内。也可以对甘草的有效成分进行提取,然后再腹注或肌注到体内。腹注时,将针头沿着鱼体的腹鳍内侧基部斜向胸鳍的方向进入,肌注时,从背鳍的基部向头部方向和鱼体呈一定的角度进针。常见的甘草提取的方法和分离技术有传统回流法、微波提取法、超声波提取法、色谱技术以及液相层析技术等^[14]。注射法剂量较为准确,对养殖水体没有污染,但工作量较大,而且针口处容易感染病原菌。第四,浸泡法。把甘草捆扎成束,放在鱼池的进水口或者食场附近进行浸泡,利用浸泡出来的药汁扩散到全池,达到防治病害的目的。本法操作较为简便易行,但容易使药物大面积残留于水中。此外,还有一种小面积浸泡法,或称为药浴法,将鱼集中到较小的容器中进行短期高浓度的药浴,从而杀灭体外病原菌。此法用药较少,不影响其他饵料生物的生长,但是不能杀灭水体中的病菌。第五,泼洒法。把甘草捣碎后,用水浸泡出汁,连渣带汁进行全池泼洒。如果是干的草药,还须切碎以后,煎煮一段时间再使用。泼药应在喂食后进行,于上风处向下风处泼,随时观察鱼群动态,当鱼难以耐受而浮头时,应立即加新水暂缓泼药。此法可避免由于捕捞而引起的鱼体损伤或者应激反应等,但是用药量较大,药效会受池中的水质、水温、pH等制约而不稳定。

2.2 甘草的免疫调理作用

与高等动物一样, 水产动物也是依靠特异性和非特异性的免疫机制来保护自己免受病原体的侵害。在鱼类中, 非特异性防御主要是靠皮肤和粘液完成。而当病原体一旦进入鱼体时, 细胞和体液的非特异性防御就会被激活。甘草对鱼体的免疫功能作用主要表现为刺激机体的非特异性免疫力, 这方面报道相对较多。比如, 简纪常等^[15]将甘草、黄芪(*Radix astragali*)、当归(*Angelica sinensis*)等几种中草药粉碎后, 分别以不同的质量分数添加到饵料中投喂建鲤(*Cyprinus carpio* var. Jian), 结果显示1.0%药物组能够明显提高建鲤的溶菌酶活性和巨噬细胞以及中性粒细胞的数量。另有研究表明, 通过食用甘草和黄芪可以改变黄鲈(*Perca flavescens*)的先天性免疫和生理反应, 在整个实验过程中, 饲喂甘草后能显著地提高($P<0.05$)黄鲈的生长性能、抗氧化性和免疫反应, 表明甘草是天然的免疫增强剂^[8]。王文博等^[11, 12]对甘草进行粗提, 之后用混饲投喂以及腹腔注射两种方式研究了甘草粗提物对鲫的免疫调节作用, 通过体液免疫和细胞免疫各项指标的检测, 以及对人工攻毒后免疫保护率和皮质醇水平的检测, 认为甘草粗提物对鲫有免疫调节作用, 增强了鱼体对嗜水气单胞菌的抵抗力, 高药物组和低药物组的免疫保护率分别是21.4%和35.7%, 而对照组是0。还有研究表明, 甘草可明显地提高细胞产生诱导干扰素的能力, 增强网状内皮系统的吞噬力和巨噬细胞的吞噬力, 保护肝脏^[16-18]。陈超然等^[19]实验表明, 中华鳖(*Pelodiscus sinensis*)饲料中添加一定量的甘草素, 饲喂一段时间后, 中华鳖免疫应答能力得到增强, 嗜水气单胞菌人工感染后的死亡率下降。Elabd等^[8]评价了黄芪和甘草对黄鲈(*Perca flavescens*)的潜在免疫调节作用和促生长作用, 结果表明, 在饮食中加入黄芪和甘草能显著改善黄鲈体内超氧化物歧化酶(SOD)、谷胱甘肽过氧化物酶(GPX)、过氧化氢酶(CAT)、脂质过氧化物酶(LPX)和溶菌酶活性, 并能调节生化酶活性, 如天冬氨酸转氨酶(AST)和丙氨酸转氨酶(ALT)活性。此外, 与对照组相比, 药物组的相关基因, 如胰岛素样生长因子-1(IGF-1)、血清淀粉样蛋白A(SAA)、补体成分C3(CcC3)、 $\alpha 2$ 巨球蛋白(A2M)、SOD和GPX的表达均显著上升。由此得出结论, 在整个实验过程中, 饲喂黄芪和甘草能显著提高($P<0.05$)黄鲈生长性能、抗氧化能力和免疫力, 表明它们是天然免疫调节剂。从以上研究可以看出, 甘草对机体的非特异性免疫功能的影响, 主要表现在甘草中的多糖和甙类化合物等激活

了机体的非特异性酶的活性和免疫细胞的吞噬活性。

2.3 甘草的病害防治作用

甘草因具有成本低、疗效好以及绿色环保等优点, 被国内外广泛应用于水产动物的病害防治。在病毒病方面, 草鱼(*Ctenopharyngodon idellus*)出血病(Bacterial hemorrhagic septicemia)最为常见。用于预防草鱼出血病的药物主要包括甘草、大黄(*Radix et rhizoma*)、黄柏(*Phellodendron amurense*)、黄芩(*Spirodela polyrrhiza*)、大青叶(*Folium isatidis*)、马鞭草(*Verbena officinalis* L.)等^[20, 21]。邹明泉和潘恒玑^[22]经过室内和室外实验证明, 甘草、大黄、海藻(*Alaria esculenta*)等多种中草药对草鱼的出血病有较好疗效, 成活率可提高17.7%—30%。甘草对细菌病也有防治功效。郭建坤等^[23]用甘草、大黄、黄芩、黄柏、郁金(*Radix curcumae*)、黄连(*Primula malacoides*)、板兰根(*Radix Isatidis*)等治疗虹鳉(*Oncorhynchus mykiss*)的链球菌病, 与对照组相比疗效非常明显, 投药后第3天死鱼就显著减少, 到第7天停止死亡, 基本恢复正常水平。张兆华等^[24]报道, 甘草、连翘(*Forsythia suspensa*)、板兰根等十多味中草药, 可以很好地预防和治疗甲鱼(*Amyda sinensis*)白点病、红脖子病、红底板病等。段贤彩^[25]的实验表明, 用甘草、辣蓼草(*Polygonum hydropiper*)、石菖蒲(*Acorus tatarinowii*)、松针(*Pinus armandi*)各1%(质量百分比), 大黄、黄连、黄柏、地榆(*Sanguisorba officinalis*)各0.5%(质量百分比)加入饲料中投喂草鱼和鲤, 其成活率从30%—50%提高到70%—80%, 亩产从150 kg提高到450 kg。Hassan等^[18]用50条成年鲤评价了甘草植物提取物(LPE)对四氯化碳(CCl₄)诱导鲤肝中毒的保护作用。试验组暴露于CCl₄中, 对照组用生理盐水处理, 所有组的鱼在CCl₄暴露后1h麻醉并采集血样, 解剖肝脏标本, 并将其储存在10%福尔马林中进行进一步的病理学研究。血清测定表明, 急性CCl₄暴露组中毒水平显著升高($P<0.05$)。而用甘草植物提取物(LPE)预处理3d的鱼可降低中毒程度, 表明甘草植物提取物(LPE)具有良好的抗氧化作用, 对CCl₄诱导的肝中毒疾病具有保护作用。综上所述, 以甘草或其提取物为免疫刺激剂, 可以刺激细胞和体液对病原体(如病毒、细菌和真菌)的防御机制, 而这些病原体主要是通过皮肤损伤进入体内引发疾病。因此, 如果在疾病暴发前使用甘草等免疫刺激剂, 则可以避免水产动物大量死亡。甘草之所以能提高机体对病毒、细菌、真菌以及寄生虫等的抗性, 主要是其增强了机体的自身免疫力, 尤其

是非特异性免疫力。甘草中多糖、甙类、生物碱、有机酸、挥发油等以及各种微量元素为病害防治提供了重要的物质基础。

2.4 甘草的其他作用

甘草含有多种天然的营养物质和活性物质,能有效地促进机体代谢和蛋白质及酶的合成,从而提高生产性能,降低饵料系数,缩短养殖的周期^[24]。和其他动物一样,鱼类对食物的色、香、味也有偏好,甘草和其他中草药配合使用可以对某些鱼类产生诱食作用^[25]。有研究表明^[26],甘草、香芹(*Petroselinum crispum*)、小豆蔻(*Elsholtzia stauntonii*)、香味薄荷(*Mentha Piperita*)对泥鳅(*Misgurnus anguillicaudatus*)和鲫鱼具有较强的诱食作用,诱食程度与诱食剂的浓度正相关。此外,甘草还可调节某些海水鱼类体内的渗透压。据报道,甘草根衍生物(LRDS)、甘草酸(GL)和甘草次酸(18β GA)对虹鳟的盐-水平衡及鳃离子转运都有影响,可以改变鱼体内离子迁移的终点,和改善盐-水平衡^[5]。Chen等^[6]的研究表明,膳食中添加甘草成分(18β GA)可改变虹鳟鳃组织中跨上皮离子转运终点和皮质类固醇水平,在鳃组织和循环皮质醇水平上发现甘草次酸(18β GA)喂养的鱼对突发性应激产生了较好的抗性,甘草次酸(18β GA)还可以改善虹鳟突然暴露于贫离子水中的离子调节障碍。Li等^[17]通过对三种甘草的提取物进行测试,评估了甘草膳食补充剂与药物代谢相互作用的潜力,将14种分离的甘草化合物,用于抑制9种细胞色素P450酶的研究,结果显示,植物性膳食补充剂中常用的三种甘草作为细胞色素P450亚型抑制剂具有不同的药物-植物相互作用潜力。每种甘草都表现出独特的成分特征,有可能与药物发生相互作用。另外,甘草还可以调节受外界环境胁迫后鱼体内皮质醇激素的分泌水平,从而提高鱼体抗应激能力^[11, 12]。甘草所具有的多种功效作用机理还有待今后进一步的深入研究。

3 甘草应用中存在的问题及建议

相对于抗生素和化学药品而言,甘草在水产病害防治上具有诸多的优势,加上人们对天然绿色食品的推崇,甘草在水产养殖实践中的应用必然会越来越广泛。然而,和大多数中草药一样,甘草在使用过程中也存在着一些问题需要解决。第一,药材质量不稳定。甘草是指甘草属多个种的统称,甘草种间的遗传变异可以导致次生代谢产物(有效成分)在种类和数量上的差异,因此才有“道地药材”的提法。即使同一种甘草,由于季节、产地和炮制方法等的不同,其有效成分的含量也往往存在着差

异。因此,应当健全和规范甘草的质量监测体系,制定出成品的生产标准。第二,使用方法较为粗放。比如,将甘草直接浸泡于池塘中预防病害的方法,缺乏科学的定量分析。加之生药的使用,无效成份占比大,重复性较差。而甘草中有效成分主要是多糖、甙类及生物碱,如果能对甘草有效成分进行针对性提取和浓缩,则可减少用药量,提高药效。在研究方法上,国内目前较多的是生药投喂,而国外已经转向提取物的精准研究。因此,随着国内水产业条件的改善,甘草的使用和研究方法也应该更为精细化。第三,规范化药方较少。中医理论倡导辩证施治和综合调理,虽然甘草为“百搭之首”,但由于其自身单方成分及其功效已十分复杂,而多味药材结合的复方制剂就更加复杂,如果不能科学的配伍,药效不但不会“相生”反而会“相克”^[13, 14]。因而,应当规范甘草与其他草药的使用,合理配伍,加强相关精方、专方的研制与注册。第四,命名和描述不够准确。如前所述,在欧洲和中国药典中,很多同属不同种的甘草种名交叉使用,这无论是在生产实践上还是理论研究上,都容易引起混淆。在药性及药效描述方面,国内目前仍沿用的是中医学语,比如“理气消食、活血散瘀、补血养气、补虚扶正”等,这些都是针对人而言的,对水产动物显然是不适用的。因此,在这方面也有待加强规范水产术语,便于借鉴与交流。

参考文献:

- [1] Chen L T, Huan Z L, Wang X Q, *et al.* Research progress of application of dietary Chinese herbal medicine additives in fish: a review [J]. *Fisheries Science*, 2014, **33**(3): 190-194.
- [2] Zhai Q Q, Li J. Effectiveness of traditional Chinese herbal medicine, San-Huang-San, in combination with enrofloxacin to treat AHPND-causing strain of *Vibrio parahaemolyticus* infection in *Litopenaeus vannamei* [J]. *Fish and Shellfish Immunology*, 2019(87): 360-370.
- [3] Lin Z W, Tang J F, Jian J C, *et al.* Safety evaluation of compound Chinese herbal medicine in tilapia culture [J]. *Journal of Guangdong Ocean University*, 2017, **37**(3): 43.
- [4] Dügenci S K, Arda N, Candan A. Some medicinal plants as immunostimulant for fish [J]. *Journal of Ethnopharmacology*, 2013(88): 99-106.
- [5] Chen C C, Kolosov D, Kelly S P. Effect of the liquorice root derivatives on salt and water balance in a teleost fish, rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) [J]. *Comparative Biochemistry and Physiology, Part A*, 2015(180): 86-97.
- [6] Chen C C, Kolosov D, Kelly S P. The liquorice root derivative glycyrrhetic acid can ameliorate ionoregulatory disturbance in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) ab-

- ruptly exposed to ion-poor water [J]. *Comparative Biochemistry and Physiology, Part A*, 2016(199): 120-129.
- [7] Huang T K. Handbook of Composition and Pharmacological Action of Commonly-Used Traditional Chinese Medicine [M]. Beijing: China Agricultural Press, 1994: 178. [黄泰康. 常见中药成分与药理手册 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1994: 178.]
- [8] Elabd H, Wang H P, Shaheen A, *et al.* Feeding *Glycyrrhiza glabra* (licorice) and *Astragalus membranaceus* (AM) alters innate immune and physiological responses in yellow perch (*Perca flavescens*) [J]. *Fish and Shellfish Immunology*, 2016(54): 374-384.
- [9] Li C M. Chinese Herbal Feed Additives [M]. Beijing: China Agricultural Press, 1994: 5-30. [李呈敏. 中药饲料添加剂 [M]. 北京: 中国农业出版社, 1994: 5-30.]
- [10] Zhang Z H. Study on the active components and immune mechanisms of Chinese herbal additives [J]. *Chinese Feed*, 1997(13): 20-22. [张兆华. 中草药添加剂有效成分及免疫机理的研究 [J]. 中国饲料, 1997(13): 20-22.]
- [11] Wang W B, Lin X T, Fang P, *et al.* Effect of intraperitoneal injection of licorice extract on the immunity of crucian [J]. *Journal of Sun Yat-Sen University* (Natural Science Edition), 2007(46): 84-88. [王文博, 林小涛, 方平, 等. 腹注甘草粗提物对鲫免疫力的影响 [J]. 中山大学学报(自然科学版), 2007(46): 84-88.]
- [12] Wang W B, Fang P, Lin X T, *et al.* The immunoregulative effects of licorice extract on crucian [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2007, **31**(5): 655-660. [王文博, 方平, 林小涛, 等. 甘草粗提物对鲫的免疫调节作用 [J]. 水生生物学报, 2007, **31**(5): 655-660.]
- [13] Luo Y J. Character identification and pharmacological action of *Glycyrrhiza uralensis* [J]. *Modern Chinese Medicine and Clinic*, 2016(4): 49-51. [罗拥军. 甘草性状鉴别及药理作用 [J]. 中华现代医学与临床, 2016(4): 49-51.]
- [14] Wang H M. Pharmacological action and clinical application of *Glycyrrhiza uralensis* [J]. *Journal of Tianjin College of Traditional Chinese Medicine*, 2014(23): 184-185. [王惠敏. 甘草药理作用及其临床应用 [J]. 天津中医学院学报, 2014(23): 184-185.]
- [15] Jian J C, Wu Z H. Effect of Chinese herbal medicine on non-specific immune function of *Cyprinus carpio* Jian [J]. *Journal of Dalian Fisheries University*, 2002, **17**(2): 114-119. [简纪常, 吴灶和. 中草药对建鲤非特异性免疫功能的影响 [J]. 大连水产学院学报, 2002, **17**(2): 114-119.]
- [16] Cai Z H. Effects of four Chinese herbs on nonspecific immune function of carp [J]. *Journal of Tianjin Agricultural College*, 1998, **5**(2): 31-32. [蔡中华. 四种中药对鲤鱼非特异性免疫功能的影响 [J]. 天津农学院学报, 1998, **5**(2): 31-32.]
- [17] Li G, Simmler C, Chen L Y, *et al.* Cytochrome P450 inhibition by three licorice species and fourteen licorice constituents [J]. *European Journal of Pharmaceutical Sciences*, 2017(109): 182-190.
- [18] Hassan M, Arash A, Hadi C, *et al.* The protective effect of liquorice plant extract on CC₁₄-induced hepatotoxicity in common carp (*Cyprinus carpio*) [J]. *Veterinary Research Forum*, 2010, **1**(3): 158-164.
- [19] Chen C R, Chen X H, Chen C F. Effect of oral glycyrrhizin on anti-*Aeromonas hydrophila* infection of juvenile soft-shelled turtle, *Trionyx sinensis* [J]. *Journal of Huazhong Agricultural University*, 2000, **19**(6): 577-580. [陈超然, 陈晓辉, 陈昌福. 口服甘草素对中华鳖稚鳖抗嗜水气单胞菌感染的作用 [J]. 华中农业大学学报, 2000, **19**(6): 577-580.]
- [20] Huang Q Y. Aquatic Animal Diseases [M]. Shanghai: Shanghai Science and Technology Press, 1993: 50-59. [黄琪琰. 水产动物疾病学 [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1993: 50-59.]
- [21] Zhang G H. Application of Chinese herbal medicine in the prevention and treatment of fish diseases [J]. *China Fisheries*, 1998(11): 27-28. [张国红. 中草药在鱼病防治中的应用 [J]. 中国水产, 1998(11): 27-28.]
- [22] Zou M Q, Pan H J. Theory and practice of Chinese herbal medicine in controlling fish disease [J]. *Studies on Fish Diseases*, 1992, **14**(3): 5-13. [邹明泉, 潘恒玑. 中草药防治鱼病的理论与实践 [J]. 鱼类病害研究, 1992, **14**(3): 5-13.]
- [23] Guo J K, Yang X Z, Jing J J, *et al.* Report on treatment of streptococcosis of rainbow trout with traditional Chinese medicine [J]. *Freshwater Fishery*, 1999, **29**(12): 27-29. [郭建坤, 杨雪珍, 景建江, 等. 中药治疗虹鳟鱼链球菌病报告 [J]. 淡水渔业, 1999, **29**(12): 27-29.]
- [24] Zhang Z H, Zhou Z D, Ni H X. Application of Chinese herbal medicine in the production of soft-shelled turtle [J]. *Chinese Feed*, 1999(6): 12-13. [张兆华, 周正度, 倪和宪. 中草药在养鳖生产上的应用 [J]. 中国饲料, 1999(6): 12-13.]
- [25] Duan X C. Preliminary study on fish culture with Chinese herbal compound feed [J]. *Feed Research*, 1988(8): 33-34. [段贤彩. 中草药配合饲料养鱼初探 [J]. 饲料研究, 1988(8): 33-34.]
- [26] Xu B. Application of Chinese herbal medicine in fungi, viruses and parasitic fish diseases [J]. *Scientific Fish Farming*, 1998(8): 26-27. [徐斌. 中草药在真菌性、病毒性及寄生虫鱼病中的应用 [J]. 科学养鱼, 1998(8): 26-27.]

APPLICATION OF LICORICE IN AQUACULTURE

WANG Wen-Bo^{1,2,3}, CHEN Peng⁴, LIU Pin¹, HUI Rui-Min¹, ZHAO Qin¹, DOU Ling-Ling¹, WANG Ping¹,
LI Ai-Hua^{2,3} and ZHANG Yi-Bing^{2,3}

(1. Department of Life Sciences, Xianyang Normal University, Xianyang 712000, China; 2. Key Laboratory of Aquaculture Disease Control, Ministry of Agriculture, Institute of Hydrobiology, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430072, China; 3. State Key Laboratory of Freshwater Ecology and Biotechnology, Institute of Hydrobiology, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430072, China; 4. Department of Forestry and Natural Resources, Purdue University, West Lafayette 47907, USA)

Abstract: Licorice (*Glycyrrhiza cyrrhiza uralensis* Fisch) is known as the “king of all herbs” because of its characteristics of harmonizing various medicines. It is a common cheap medicine in China and is therefore used in aquaculture. It's main active components are polysaccharides, glycosides, alkaloids, organic acids and volatile oil. In aquaculture, the common methods of licorice administration include feeding, perfusing, injecting, soaking and sprinkling, by which way are used for immune conditioning, disease control and other purposes for aquatic animals. However, there are also some problems in use of licorice, such as unstable quality of medicinal materials, extensive use methods, less standardized prescriptions, and inaccurate naming and description. In this paper, the fishery value of licorice was reviewed.

Key words: Licorice; Immunomodulation; Disease control; Green fishery medicine

《水生生物学报》编辑委员会

EDITORIAL BOARD OF ACTA HYDROBIOLOGICA SINICA

主 编	桂建芳 (院 士)				
副主编	缪 炜 (研究员)	解绶启 (研究员)			
水生生物多样性与资源					
责任编辑	毕永红 (研究员)	刘焕章 (研究员)			
委 员	陈宜瑜 (院 士)	曹文宣 (院 士)	陈毅峰 (研究员)	陈勇生 (教 授)	
	何舜平 (研究员)	Martin Reichard	宋立荣 (研究员)	王克雄 (研究员)	
	吴小平 (教 授)	徐旭东 (研究员)	张承才 (研究员)	朱新平 (研究员)	
	庄 平 (研究员)				
水生态与环境					
责任编辑	王洪铸 (研究员)	周巧红 (研究员)			
委 员	唐启升 (院 士)	Annette Janssen	陈宇顺 (研究员)	韩博平 (教 授)	
	黄邦钦 (教 授)	刘家寿 (研究员)	Ralf Aben	吴辰熙 (研究员)	
	吴庆龙 (研究员)	吴振斌 (研究员)	谢 平 (研究员)	杨 军 (研究员)	
	张 黎 (研究员)	赵亚乾 (教 授)	周炳升 (研究员)	周集中 (教 授)	
渔业与生物技术					
责任编辑	肖武汉 (研究员)	周 莉 (研究员)			
委 员	麦康森 (院 士)	包振民 (院 士)	刘少军 (院 士)	艾庆辉 (教 授)	
	段存明 (教 授)	葛 伟 (教 授)	何建国 (教 授)	胡 炜 (研究员)	
	李创举 (研究员)	李富花 (研究员)	鲁义善 (教 授)	梅 洁 (教 授)	
	聂 品 (研究员)	秦启伟 (教 授)	石连玉 (研究员)	宋林生 (教 授)	
	徐 跑 (研究员)	殷 战 (研究员)	张永安 (教 授)	周志刚 (研究员)	
	邹 钧 (教 授)				
编辑部	杜新征 (副编审)	余 茜 (编 辑)	叶文娟 (编 辑)		