

中国淡水鱼前处理加工技术研究进展

张军文^{1,2}, 陈庆余^{1,2*}, 欧阳杰^{1,2}, 周春生^{1,2}

(1. 农业部渔业装备与工程重点开放实验室, 上海 200092; 2. 中国水产科学研究院渔业机械仪器研究所, 上海 200092)

摘要 淡水鱼前处理加工技术是加工过程中的关键环节, 其加工技术的优劣直接影响后续加工的速度和品质。从前处理的工序出发, 即分级定向、去鳞、去头和去脏等方面介绍国内淡水鱼加工技术的发展现状和研究进展, 以为淡水鱼的规模化生产提供一些建议和参考。

关键词 淡水鱼; 前处理; 去头; 去鳞; 去脏

中图分类号 S985.1 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2018)21-0025-04

Research Progress on Pretreatment and Processing Technology of Freshwater Fish in China

ZHANG Jun-wen^{1,2}, CHEN Qing-yu^{1,2}, OUYANG Jie^{1,2} et al (1. Key Laboratory of Fishery Equipment and Engineering, Ministry of Agriculture, Shanghai 200092; 2. Fishery Machinery and Instrument Research Institute, Chinese Academy of Fishery Science, Shanghai 200092)

Abstract The pretreatment and processing technology of freshwater fish is the key link in the process of processing, and its processing technology directly affected the speed and quality of subsequent processing. In this paper, we first introduced the development of the processing technology of freshwater fish in the past, including grading, orienting, scaling, removing the head and guts. It can provide some suggestions and references for the large-scale production of freshwater fishes.

Key words Freshwater fish; Pretreatment; Head removal; Descaling; Removing guts

中国是一个淡水资源比较丰富的国家, 其中内陆水域面积 1 747.1 万 hm^2 , 可养殖水体面积 674.9 万 hm^2 ^[1]。2015 年, 全国淡水养殖总产量为 3 062.273 5 万 t, 其中淡水鱼类养殖产量为 2 715.007 5 万 t, 淡水加工产品 373.904 4 万 t, 不到淡水总量的 13.77%; 2016 年全国淡水养殖总产量为 3 179.262 3 万 t, 其中淡水鱼类养殖为 2 815.544 6 万 t, 而淡水加工产品为 390.366 8 万 t, 不到淡水总量的 13.86%^[2]; 可以看出淡水鱼养殖产量占全国总产量比例呈增长的趋势。随着近海渔业资源的日益枯竭, 淡水养殖业占的比重将会越来越高^[3]。

随着人们生活水平的不断提高, 对高品质的鱼蛋白需求将会持续增长。淡水鱼冷冻加工的产品已经不能满足人们对产品多样化、便捷化等日益增长的需求, 但由于缺少相配套的淡水鱼前处理设备, 国内很多菜市场、商场超市内依然是以人工宰杀活鱼为主, 再进行销售。然而, 随着大众消费习性的不断改变, 越来越多的人不满足于吃活鲜鱼, 而是转

向方便化、营养化和具有保健功能的鱼加工食品^[4]。国内的淡水鱼养殖、加工和销售中, 养殖和销售环节已经达到发达国家水平, 但其中淡水鱼加工一直是最为薄弱的环节, 加工设备的优劣直接影响我国淡水渔业健康发展^[4]。

为了提高淡水鱼的商品规模化市场价值, 必须提升其前处理的机械化发展水平; 而淡水鱼的前处理可以分为分级定向、去鳞、去脏、去头等几个关键工序^[5-6]。目前, 中国淡水鱼的前处理过程一般如图 1 所示。淡水鱼的前处理虽然简单, 但是作用举足轻重, 其处理效果的好坏直接关系到后处理的效率和产品质量。笔者所属的项目团队近些年来对国内主要淡水鱼加工企业进行了实地调研, 了解到淡水鱼加工企业在前处理阶段很多环节都是由人工完成的, 其不仅劳动强度大, 生产效率低下; 而且生产的产品二次污染、不卫生, 导致产品质检不合格, 也就无法实现规模化生产的市场需求^[7]。因此, 对淡水鱼前处理加工技术的现状和存在的问题进行综述, 以加速中国淡水渔业的持续健康发展。



图 1 淡水鱼前处理的一般加工过程

Fig. 1 The general process of processing freshwater fish

1 研究现状

1.1 鱼体分级、定向技术和设备 在淡水鱼加工过程中, 根据生产实际要求, 需要对被加工的鱼类进行分级, 鱼头(鱼

尾)按照一定的顺序进行, 可以作为前处理过程中的辅助环节, 能否“稳、准、狠”地进行分级、定向, 可以减轻人工的工作强度, 提高工作效率, 也关系到鱼类加工规模化、机械化程度^[6-8]。

依淡水鱼的形状, 可以按鱼头(鱼尾)进行定向排序; 或者按照鱼腹朝向进行定向排序。根据鱼体的重心位置、鱼腹鱼背部分的颜色变化来进行鱼腹的定向^[9-10]。国内关于此类研究起步较晚, 所以有关科研成果也较少。

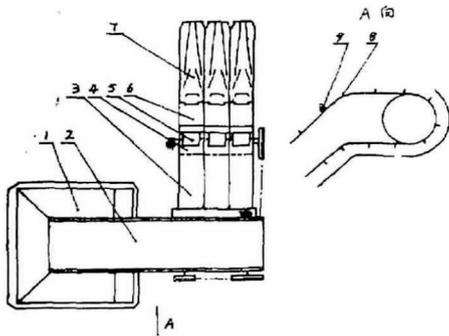
基金项目 国家 863 项目“新型水产品加工装备开发与新技术研究”(2011AA100803); 中国水产科学研究院渔业机械仪器研究所基本科研业务费资助(2016YJS002)。

作者简介 张军文(1983—), 男, 安徽合肥人, 助理研究员, 硕士, 从事水产品加工装备的研究。* 通讯作者, 高级工程师, 从事渔业装备与水产品加工机械。

收稿日期 2018-03-28

20世纪80年代,国内开始了有关鱼体的定向和定位问题的研究。如林启仪依据有鳞鱼鳞片构造是从头到尾是顺叠的,当用竹篾条编制的定向帘片做水平摇动时,摇动方向与鱼鳞片(顺叠)方向一致或者相反时,不断地左右摇摆往复运动,将鱼头和鱼尾自动分开,达到定向整理的目的^[11]。经试验验证发现,鱼体鲜度较好,鳞片越完整,定向效果越明显;相同条件下,鱼体体重越大,定向所需时间越短^[11]。

20世纪90年代初期,徐颂波等^[12]研究一种鱼头鱼尾(鱼腹)定向设备(图2),主要部分是由输送带、压轮、分压板等组成。其基本的工作原理是:鱼体在输送带上向前运动,在压轮和输送带的运转速度不一致的情况下,鱼体会产生一个同方向的弯矩,产生的弯矩使鱼体变形,鱼头和鱼尾的大小不一样,鱼头鱼尾的变形程度也就不同,这样就可以通过截面积大小来分选鱼头鱼尾,从而实现其定向^[8]。而鱼腹的定向是鱼体通过滑道变化的截面,鱼体重心不断变化,使鱼体的背腹向上或者向下^[12]。



注:1.料斗;2.提升输送带;3.输送带;4.输送带轮;5.压轮;6.分选板;7.腹部定位滑道;8.刮板;9.鱼体

Note:1. Hopper;2. Lifting conveyor belt;3. Conveyor belt;4. Conveyor belt pulley;5. Pressing wheel;6. Sorting board;7. Belly positioning slide;8. Scraper;9. Fish body

图2 鱼体定向输送装置

Fig. 2 Directional transmission device for fish body

2004年上海阿仁科机械有限公司研制出了鲢鱼鱼体定向装置(VMK31)(图3)。其主要工作原理是利用差动原理使鲢鱼在4条过道内排序,使其进入到后续工序之中。整个生产线由2人操作,加工鲢鱼的能力可以达到1300~1400 kg/h^[13]。

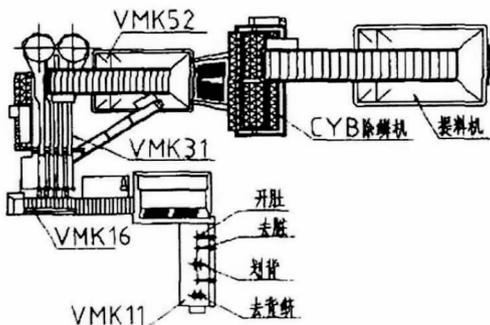


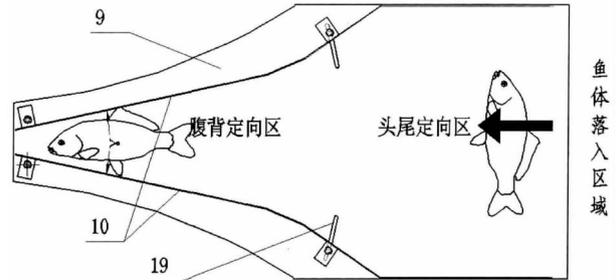
图3 鲢鱼加工流水线

Fig. 3 Dace processing line

2009年陈福礼等^[14]研发出一种定向、去头和去脏的鱼

类前处理设备,其工作原理是:当鱼体通过装有插针的传送带时,被插针插中的鱼体的头部都会朝上,这样鱼体的头部被定向;头部朝上的鱼体经过去头工序时,被切头的鱼体继续向前传输,鉴于鱼腹和鱼背部分颜色的差异化,借助于颜色传感器,使鱼腹部分的输送带朝外转动,从而解决了鱼腹和鱼背的定向问题^[8]。

2011年高星星等^[8]研究发现,运用边振动边推进的工作原理对鱼体进行定向。并通过试验振动平台对其理论进行论证,结果显示:该平台可以实现鱼体的头尾定向问题,试验装置如图4所示^[8]。



注:9.底面;10.渐变滑道;19.弧形槽

Note:9. Bottom surface;10. Gradient slideway;19. Arc wall

图4 振动试验平台

Fig. 4 Vibration test platform

目前,中国水产科学研究院渔业机械仪器研究所水产品加工研发团队,正在研制包括鱼体定向、去头、去脏于一体的前处理加工装备。

1.2 除鳞技术和装备 去鳞也是前处理中一道非常重要的工序。除了手工的去鳞方法之外,还可以用其他办法去鳞。如将待加工的鱼体放入70~80℃的烧碱溶液中,浸泡之后用高压喷射水使其去鳞,最后用稀释的强酸溶液进行中和,完成去鳞过程^[15]。另外可以使用机械去除鱼鳞,即利用搓擦、剥离等机械作业,将鱼鳞从鱼体上去除。使用化学方法去除鱼鳞可能会有化学物质残留在鱼体上,影响鱼类食品安全和风味口感。机械去除鱼鳞能回收,提高生产的附加值,有更大的实用价值。

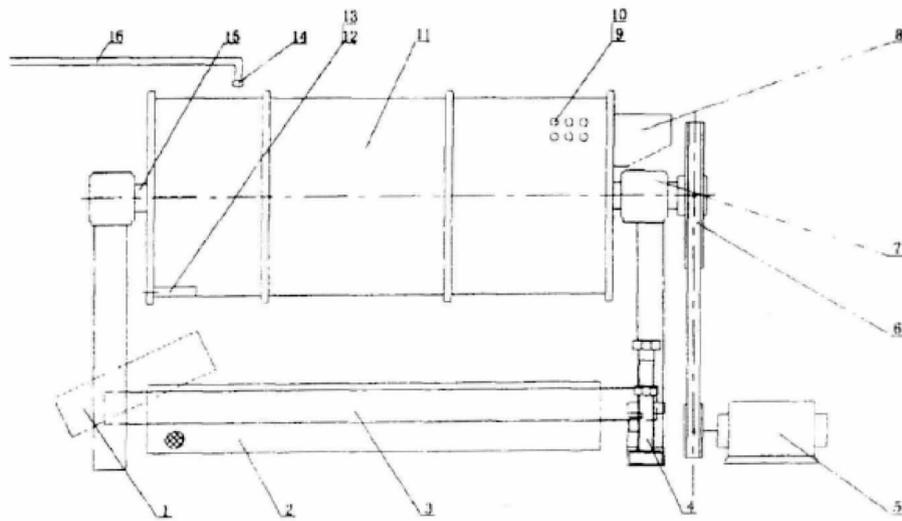
我国学者开发设计出许多机械除鳞技术和装备。在国内江苏省淡水水产研究所率先利用滚筒旋转产生的离心力和鱼体之间的搓擦原理,设计了PGL-800型刮鳞机;该套机器主要部件有柱形网筒、电机和进出水阀^[15]。

2004年张均波^[15]利用离心力和搓擦原理设计了一种边清洗、边去鳞并可以回收鱼鳞功能的设备,主要由旋转滚筒、进出料口、刀具和刀孔等组成(图5)。同年,谢星海等^[16]发明了一种在旋转滚筒的底部装有去鳞刮刀的设备,鱼体和滚筒一起在电机旋转,通过刮刀去除鱼鳞,去除鱼鳞效率能达到98%以上;该设备具有省时省力、工作效率高、鱼体保持完整等优点,可适用于各种大小不等的鱼体去鳞^[16]。2010年胡勤斌等^[17]发明一种淡水鱼去鳞机,它包括机架和转筒,转筒的一端设有进料口,另一端装有活动门,转筒内均匀有拨杆;采用机械旋转摩擦的方法去鱼鳞,并利用转筒内的拨杆带动鱼与鱼之间相互摩擦,使鱼翻滚自如,达到快速去鳞的

效果。2010 年刘良忠等^[18]发明了一种带有柱状表面去鳞突起去鳞辊,通过转轴和鱼体表面作用,可以达到批量去鳞的效果。2012 年程世俊等^[19]研制出一种连续式弹簧刷淡水鱼去鳞机。该设备首次将弹簧刷应用于去鳞设备之中,采用了两对

压辊和去鳞辊组合的设计方案,实现了连续式的去鳞加工。

在设计去鳞设备时,优先考虑去鳞的高效性、鱼体的完整性和鱼鳞的回收性,尽量将这三者有机结合起来,这也是去鳞装置发展的趋势和要求。



注:1. 出料斗;2. 回收槽;3. 机架;4. 调节螺钉;5. 电动机;6. 传动带轮;7. 轴承座;8. 进料斗;9. 刀具;10. 刀孔;11. 滚筒;12. 阀门;13. 插销;14. 喷头;15. 闷头;16. 水管

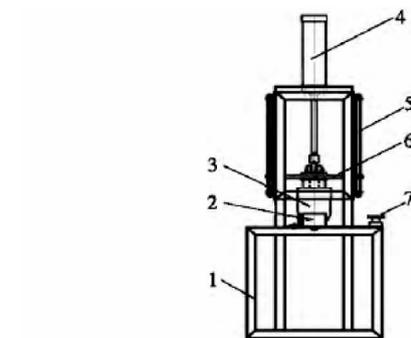
Note:1. Discharge hopper;2. Reclaim tank;3. Stander;4. Adjusting screw;5. Electric motor;6. Pulley;7. Bearing seat;8. Feed hopper;9. Tool bore;10. Tool;11. Cylinder;12. Valve;13. Bolt;14. Nozzle;15. Pipe close;16. Waterpipe

图 5 去鳞装置

Fig. 5 Descaling device

1.3 去头技术和装备 为了提高淡水鱼鱼肉的出成率,需要对鱼头进行去除处理^[20]。1990 年湖北农机所王平权收集资料,采用链式输送机构,利用旋转的圆盘刀对鲜鱼进行去头、去脏、切成小块等前处理工序^[21];利用该设备,可以加工 0.40~0.75 kg 的商品鱼;生产效率是平均每 15~20 s 切 5 条鱼,折算成 8 h 计,可加工鲜鱼 3 600~4 800 kg,与人工相比,效率提高 6~8 倍。2004 年上海阿仁科机械有限公司研制出鲢鱼的机械化加工流水线。该设备以鱼体去头工序为质量控制点,设备中的 VMK16 鱼类去头机完成对鲢鱼的去头加工。去头机使用带槽的螺旋滚轮调节鱼体,确定鱼头砍落位置^[13]。该机器在一定加工尺寸范围内可以保证鱼体去头的精度,同时它结合了现代计算机识别技术,可以测出鱼头的实际大小,同时对其计数^[6],这个耦合功能是以后去头机器发展的趋势。2009 年陈福礼等^[14]发明了一种淡水鲜鱼加工装置,具有定向、去头和去脏功能;通过挡板和传送带之间设置的切刀来去除鱼头。2012 年农业部渔业装备与工程重点实验室的陈庆宇等^[22]测量和分析了深水红娘鱼、竹筴鱼和叉斑狗母鱼,对其进行 3 种加工方式、刀具的放置方式和构型及其旋向,研制了一个机械去除小杂鱼鱼头的加工试验装置。2017 年刘静等^[23]以白鲢作为研究对象,提出一种利用气缸带动仿形去头刀具进行鱼体机械去头加工的方法,设计并研制了仿形结构刀具以及气动式机械去头机样机,在试验条件下,去头率为 90.6%(图 6)。

1.4 去脏技术和装备 淡水鱼捕捞离开水之后,若不及时对体内的内脏进行处理,会加速鱼体的腐烂,所以要对鱼进



注:1. 机架;2. 去头平台;3. 刀片;4. 气缸;5. 刀架导轨;6. 刀架;7. 气缸控制按钮

Note:1. Stander;2. Head off platform;3. Blade;4. Cylinder;5. A tool guide;6. Blade carrier;7. Control button of the cylinder

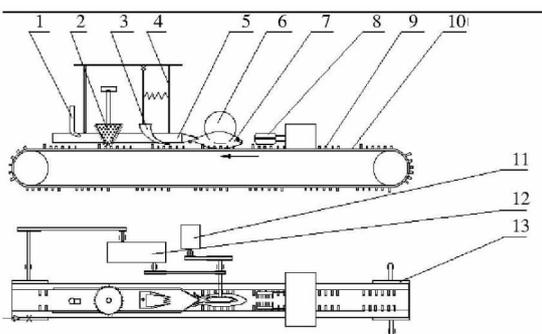
图 6 气动式去头样机简图

Fig. 6 Sketch map of pneumatic head

行及时去脏或冷冻,这是保证鱼肉品质的重要环节^[6]。对于淡水鱼去脏前处理工序来说,一般可以采用机械物理加工的方法去除、利用压差去除或者其他方法来去除鱼类内脏。国外研发的设备一般是不剖切鱼腹,比如德国的巴达 465 型设备,其采用两只纺锤形的辊轴将鱼内脏从体内拽出,去头过程也随之完成;去脏过程中不需要对鱼腹进行剖切^[6]。

目前,国内对淡水鱼去脏的过程基本上首先是用刀具将鱼腹剖切,再用其他办法去除内脏和其附属物。阿夫诺霍姆·皮雷兹^[24]发明用于剥鱼鳞并去除内脏器官的装置,在处理过程中将鱼体垂直定位,使其腹部朝下;沿一处理路径连

续输送同时将鱼体暴露于高压水柱下进行剥鱼鳞和去除内脏。中国水产科学研究院渔业机器仪器研究所的陈庆余等发明一种小型鱼类去脏加工的除脏轮装置及其去脏方法,针对不同类型的鱼类,提供3种不同结构的除脏轮,从而更有针对性地提高小杂鱼机械去脏加工的除净效果^[25]。李儒君^[26]研发了针对特定鱼类(黑鱼、草鱼、清江鱼)去鳞及内脏加工机;设计出针对鱼体不同部位的多种除鳞装置,并进行了对比试验;还对鱼体纵向剖切状态进行分析,设计并开发出小齿圆盘锯片和两侧“爪”式去内脏刀具作为剖切复合刀具,该刀具具有加工效率高、去除内脏干净等特点。黄红^[27]发明了鱼类去脏机,其工作过程是:将待去脏的鱼从进料托鱼器方向放进去,放时鱼肚朝下,开启电机通过一系列的传动,鱼在2个驱动轮驱动下由开肚圆盘刀将鱼肚切开,进入金属去脏轮,再进入橡胶去脏轮将内脏刮净,内脏由出脏口流出,鱼从导向槽出来。彭三河等^[28]设计了鱼加工预处理机(图7),该机型采用齿带固鱼输送、毛刷除鳞、掏铲去内脏及擦盘去黑膜联合处理工艺。其工作过程是:鱼体随着输送带一起运转,当通过除鳞刷时,首先对鱼体两侧去鳞,然后遇到旋转的刀具,鱼腹部分被剖切开,在鱼腹撑展板的作用下,掏铲将鱼腹内脏去除;当去除完内脏的鱼体通过锥形擦膜器作用下,鱼内脏两侧的黑膜被拭去;这样就完成了去鳞、去脏、去黑膜、回收杂物等前处理过程^[28]。



注:1. 冲洗头;2. 锥形擦膜器;3. 内脏掏挖铲;4. 撑展板固定杆;5. 鱼腹撑展板;6. 剖鱼刀盘;7. 鱼;8. 除磷刷;9. 固鱼齿;10. 输送带;11. 电机;12. 减速器;13. 输送带

Note: 1. Syringe pipe; 2. Conical wiper; 3. Splanchnic shovel; 4. Bracing plate fixed rod; 5. Fish belly display board; 6. Cutter; 7. Fish; 8. Dephosphorization brush; 9. Fixed fish gear; 10. Conveyor belt; 11. Electric machinery; 12. Retarder; 13. Conveyor belt

图7 鱼加工预处理工作示意图

Fig. 7 Sketch map of fish processing

2 存在的问题

随着改革开发的飞速发展,中国水产品加工技术和设备取得一些可喜的成果,但和国外同类设备相比较,还有很大差异,需要进一步研究发展^[29-30]。具体表现在国内水产品加工业起步晚,多数设备是引进国外的技术消化和吸收的;一些水产品加工设备简陋、可调节性不强、鱼体下脚料等综合利用率低下、企业标准体系不健全等^[29-32]。

综合近几十年来国内水产品加工机械设备的特点主要有以下几点^[31]:一是很多设备都是模仿之后再消化吸收国

外设备,但很多性能上尚达不到国外同类设备的性能,差距较为明显。二是针对国内淡水鱼的多样性,加工设备或装置可调节性能较差,导致适用性差,不利于规模化生产。三是在研制的设备或者装置中,很少将前处理的功能实现一体化,普遍都是单机作业。四是研发出来的设备自动化程度不高,很多都需要人工来辅助操作。五是处理后的鱼鳞、鱼头和内脏等占据鱼体的40%~50%,但这些下脚料的回收利用率都很低^[33]。六是很多科研机构的研究成果和实际生产应用联系不够紧密,成果转化率不高^[4,34]。

3 对策与建议

为发展国内淡水鱼的前处理技术,国内需要不断向欧美、日本等一些发达国家学习先进的技术,针对上述存在的问题及其水产品工业化需要,建议从以下几个方面考虑:①综合运用现代电子技术如电子鼻、机器识别和遥感等技术对鱼体头部或腹部进行识别,再通过计算机技术对其进行准确快速定向和分级。②针对不同种类鱼头部形状,开发出与之相适应的弧形刀头,运用现代计算机控制技术,精确地完成自动调整切刀位置和剖切深度、自动规划切割路线等,从而实现较高的采肉率,获得良好的加工品质^[35]。③为了尽可能降低除磷、去脏时对鱼体的伤害程度,针对不同鱼类研发相应的去鳞和去脏设备^[6]。④在去脏过程中,对去脏仿形轮等进行优化设计,以尽量避免对鱼腹内脏的破坏和鱼体的二次污染^[6]。⑤针对国内前处理设备几乎是单机操作,可以将分级、定向整理、去头、去鳞、去脏等加工过程整合起来,尽量用一套设备或生产线来实现淡水鱼的前处理,这也是淡水鱼规模化生产的发展趋势和要求。另外,在前处理过程中产生的鱼体下脚料,若不及时收集和处理,不仅浪费资源也对环境造成污染,研制出下脚料回收和处理系统也是淡水鱼前处理过程中亟待考虑的问题之一。

参考文献

- [1] 刘伟. 淡水鱼头尾、腹背定向机理研究及设备研制[D]. 武汉:华中农业大学,2013.
- [2] 农业部渔业渔政管理局. 2017中国渔业统计年鉴[M]. 北京:中国农业出版社,2017:15-142.
- [3] 徐皓,张建华,丁建乐,等. 国内外渔业装备与工程技术研究进展综述[J]. 渔业现代化,2010,37(3):1-5.
- [4] 张懋,张骏. 国内外低值淡水鱼加工与下脚料利用的研究进展[J]. 食品与生物技术学报,2006,25(5):115-120,126.
- [5] 程世俊. 连续式淡水鱼鱼鳞去除设备的研制[D]. 武汉:华中农业大学,2012.
- [6] 李玲,宗力,王玖玖,等. 大宗淡水鱼加工前处理技术和装备的研究现状及方向[J]. 渔业现代化,2010,37(5):43-46,71.
- [7] 程世俊. 连续式淡水鱼鱼鳞去除设备的研制[D]. 武汉:华中农业大学,2012.
- [8] 高星星. 淡水鱼鱼体头尾与腹背定向整理设备的研究[D]. 武汉:华中农业大学,2011.
- [9] 王玖玖. 淡水鱼鱼鳞去除方法的研究[D]. 武汉:华中农业大学,2011.
- [10] KOSMOWSKI M, GERLACH K. The new method of setting the small fishes' backs in the desired direction[J]. Journal of food engineering, 2007,83(1):99-105.
- [11] 林占仪,穆金才. 鱼体定向机械的初步探索[J]. 渔业现代化,1980(4):7-9.
- [12] 徐颂波,徐学渊. 鱼体定向输送装置设计的可行性分析[J]. 浙江水产学院学报,1990,9(2):131-134.
- [13] 赵正龙. 鲢鱼的机械化加工[J]. 渔业现代化,2005(3):36-37.
- [14] 陈福礼,牟鹏顺. 鲜鱼加工装置:CN200820015512.5[P]. 2009-06-10.

(下转第41页)

良的效果以及改良机理成为亟待加强的研究。

总的来说,土壤改良剂通过改善土壤结构和土壤黏性来减少水土流失、土壤结皮、养分流失、土壤侵蚀。土壤改良剂的研究和使用对于土壤的修复、重金属污染土壤的改善、作物品质和产量的提高,生态环境的改善越来越具有十分重要的理论和实践意义。

参考文献

- [1] 周岩,武继承. 土壤改良剂的研究现状、问题与展望[J]. 河南农业科学,2010,39(8):152-155.
- [2] 张黎明,邓万刚. 土壤改良剂的研究与应用现状[J]. 华南热带农业大学学报,2005,11(2):32-34.
- [3] YOUSAF B,LIU G J,ABBAS Q,et al. Investigating the uptake and acquisition of potentially toxic elements in plants and health risks associated with the addition of fresh biowaste amendments to industrially contaminated soil[J]. Land degradation development,2017,28(8):2596-2607.
- [4] 何春杨,李彬,李青苗,等. 一种新型土壤改良剂对土壤活性态镉及川芎钼含量的影响[J]. 中药材,2016,39(2):250-253.
- [5] 塔依尔,王东方,张风华,等. “施地佳”土壤改良剂对盐渍化土壤的改良效果[J]. 新疆农垦科技,2011(1):63-66.
- [6] 解开治,徐培智,严超,等. 不同土壤改良剂对南方酸性土壤的改良效果研究[J]. 中国农学通报,2009,25(20):160-165.
- [7] 李丹,王道泽,赵玲玲,等. 不同土壤改良剂对设施蔬菜土壤酸化的改良效果研究[J]. 中国农学通报,2017,33(27):112-116.
- [8] 文星,李明德,吴海勇,等. 土壤改良剂对酸性水稻土 pH 值、交换性钙镁及有效磷的影响[J]. 农业现代化研究,2014,35(5):618-623.
- [9] 杨宇,金强,卢国政,等. 生化黄腐酸土壤改良剂对菜田盐碱土壤理化性质的影响[J]. 北方园艺,2010(5):45-46.
- [10] MOUNISSAMY V C,KUNDU S,SELLADURAI R,et al. Effect of soil amendments on microbial resilience capacity of acid soil under Copper stress[J]. Bulletin of environmental contamination and toxicology,2017,99(5):625-632.
- [11] 邵玉翠,任顺荣,廉晓娟,等. 有机-无机土壤改良剂对滨海盐渍土降盐防碱的效果[J]. 生态环境学报,2009,18(4):1527-1532.
- [12] 李国萍,范彩霞,李强. 施地佳盐碱土壤改良剂在油葵地的试验效果[J]. 农村科技,2008(9):21.
- [13] 张修宁. 盐碱地土壤改良剂筛选的分析[J]. 农业与技术,2017,37(14):27.
- [14] KAMEYAMA K,IWATA Y,MIYAMOTO T. Biochar amendment of soils according to their physicochemical properties[J]. Japan agricultural research quarterly,2017,51(2):117-127.
- [15] 杜红霞,吴普特,冯浩,等. 新型土壤改良剂对冬小麦生长及养分吸收的影响[J]. 水土保持学报,2009,23(3):97-101.
- [16] 肖占文,闫治斌,王学,等. 有机碳土壤改良剂对风沙土改土效应的影响[J]. 水土保持通报,2017,37(3):35-42.

- [17] 许晓平,冯浩,赵西宁,等. 土壤改良剂与氮肥配施对玉米生长及其养分含量的影响[J]. 西北农业学报,2008,17(3):139-142.
- [18] 刘慧军,刘景辉,于健,等. 土壤改良剂对燕麦土壤理化性状及微生物量碳的影响[J]. 水土保持学报,2012,26(5):68-72,77.
- [19] SINGH P,MITRA S,MAJUMDAR D,et al. Nutrient and enzyme mobilization in earthworm casts: A comparative study with addition of selective amendments in undisturbed and agricultural soils of a mountain ecosystem[J]. International biodeterioration & biodegradation,2017,119:437-447.
- [20] SYUHADA A B,SHAMSHUDDIN J,FAUZIAH C I,et al. Biochar as soil amendment: Impact on chemical properties and corn nutrient uptake in a Podzol[J]. Canadian journal of soil science,2016,96(4):400-412.
- [21] MARCHAND L, BRUNEL-MUGUET S, LAMY I, et al. Modulation of trace element bioavailability for two earthworm species after biochar amendment into a contaminated technosol[J]. Ecotoxicology,2017,26:1378-1391.
- [22] 王锋,郭琪玖,邱家路,等. 新型土壤改良剂对马铃薯增产效应的研究[J]. 湖北农业科学,2015,54(18):4404-4407.
- [23] 周继,陈晓燕,谢德体,等. 土壤改良剂聚丙烯酰胺对紫色土物理性质及其空间变异的影响[J]. 水土保持学报,2009,23(6):171-177.
- [24] 蒋坤云,郭建斌,张宾宾,等. 环保型土壤改良剂的引进及对沙化土壤改良效果的研究[J]. 湖南农业科学,2011(11):76-78,81.
- [25] 吴海勇,李明德,刘琼峰,等. 不同土壤改良剂在红壤旱地上的应用效果[J]. 湖南农业科学,2010(11):45-47,50.
- [26] 安东,李新平,张永宏,等. 不同土壤改良剂对碱积盐成土改良效果研究[J]. 干旱地区农业研究,2010,28(5):115-118.
- [27] CARMEIS FILHO A C A, CRUSCIOL C A C, GUIMARAES T M, et al. Impact of amendments on the physical properties of soil under tropical long-term no till conditions[J]. PLoS One,2016,11(12):1-21.
- [28] HERNANDEZ T,HERNANDEZ M C,GARCIA C. The effects on soil aggregation and carbon fixation of different organic amendments for restoring degraded soil in semiarid areas[J]. Soil science,2017,68(6):941-950.
- [29] KHAN M A,KHAN S,KHAN A,et al. Soil contamination with cadmium, consequences and remediation using organic amendments[J]. Science of the total environment,2017,601/602:1591-1605.
- [30] 王凯荣,张玉焯,胡荣桂. 不同土壤改良剂对降低重金属污染土壤上水稻糙米铅镉含量的作用[J]. 农业环境科学学报,2007,26(2):476-481.
- [31] 龚海军,刘昭兵,纪辉辉,等. 新型土壤改良剂对水稻吸收累积 Cd、Pb 的影响初探[J]. 湖南农业科学,2010(5):50-53.
- [32] MICHÁLKOVÁ Z, MARTÍNEZ-FERNÁNDEZ D, KOMÁREK M. Interactions of two novel stabilizing amendments with sunflower plants grown in a contaminated soil[J]. Chemosphere,2017,186:374-380.
- [33] MOLLA A,IOANNOU S, MOLLAS S, et al. Removal of chromium from soils cultivated with maize (*Zea mays*) after the addition of natural minerals as soil amendments[J]. Bulletin of environmental contamination and toxicology,2017,98(3):347-352.

(上接第 28 页)

- [15] 张均波. 淡水鱼机械除鳞技术研究[D]. 武汉:华中农业大学,2004.
- [16] 谢星海,张景生. 改进的除鱼鳞机:CN200420049138. 2[P]. 2005-05-04.
- [17] 胡勤斌,张怀斌,李家新,等. 淡水鱼去鳞机:CN200920087780. 2[P]. 2010-06-09.
- [18] 刘良忠,陶震,彭三河,等. 一种去鱼鳞装置:CN201010160601. 0[P]. 2011-11-09.
- [19] 程世俊,万鹏,宗力,等. 连续式弹簧刷去鳞机的研制与试验[J]. 渔业现代化,2012,39(3):46-50.
- [20] 徐中伟. 鱼类前处理设备的发展方向和前景[J]. 现代渔业信息,2007,22(12):32-34.
- [21] 王平权. 鲜鱼去头去脏机的设计[J]. 粮油加工与食品机械,1990(5):27-29.
- [22] 陈庆余,沈建,傅润泽,等. 典型海产小杂鱼机械去头方法研究[J]. 渔业现代化,2012,39(5):38-42.
- [23] 刘静,张帆,万鹏,等. 白鲢气动式机械去头方法研究[J]. 食品与机械,2017,33(1):87-92.
- [24] 阿夫诺霍姆·皮雷兹. 用于剥鱼鳞并去除其内脏器官的方法及其实

施装置:CN1413085[P]. 2003-04-23.

- [25] 陈庆余,沈建,郑晓伟,等. 一种小型鱼类去脏加工的除脏轮装置及其去脏方法:CN103190469A[P]. 2013-07-10.
- [26] 李儒君. 特定鱼类去鱼鳞及内脏加工机应用研究[D]. 天津:河北工业大学,2015.
- [27] 黄红. 鱼类去脏机:CN205912782U[P]. 2017-02-01.
- [28] 彭三河,刘良忠. 鱼加工预处理机的研制[J]. 包装与机械,2010,26(4):84-86.
- [29] 岑剑伟,李来好,杨贤庆,等. 我国水产品加工行业发展现状分析[J]. 现代渔业信息,2008,23(7):6-9.
- [30] 李少华. 我国水产品加工行业发展现状分析[J]. 企业技术开发,2008,28(2):35-36.
- [31] 李儒君. 特定鱼类去鱼鳞及内脏加工机应用研究[D]. 天津:河北工业大学,2015.
- [32] 张帆. 淡水鱼去头方法及装置设计试验研究[D]. 武汉:华中农业大学,2015.
- [33] 刘伟. 淡水鱼头尾、腹背定向机理研究及设备研制[D]. 武汉:华中农业大学,2013.
- [34] 贾敬德. 21 世纪我国淡水渔业展望[J]. 淡水渔业,2000,30(1):3-6.
- [35] 雷树德. 小型剖鱼机的研制[D]. 武汉:华中农业大学,2009.