



联合国  
粮食及  
农业组织

Food and Agriculture  
Organization of the  
United Nations

Organisation des Nations  
Unies pour l'alimentation  
et l'agriculture

Продовольственная и  
сельскохозяйственная организация  
Объединенных Наций

Organización de las  
Naciones Unidas para la  
Alimentación y la Agricultura

منظمة  
الأغذية والزراعة  
للأمم المتحدة

# 渔业委员会

## 水产养殖分委员会

### 第十届会议

2019年8月23-27日，挪威 特隆赫姆

## 通过水产养殖创新、推广和技术转让 提高效率、应对环境退化并适应气候变化

### 内容提要

水产养殖技术创新包括：发展多元化经济和食物生产，提高苗种场或养殖场的生产效率，同时减轻环境影响的技术；减少动物疾病或寄生虫的发生，或减少使用或摒弃抗生素药物治疗动物疾病的技术；先进的近海或陆基循环水养殖技术；开发新饲料原料；通过提高能源效率或能源再生来减少碳足迹的技术；为改善养殖场或加工厂的生活和工作条件而制定的社会计划。以及通过减少生产和收获后浪费和损失来大大提高效率。

通过水产养殖技术创新可以达到：1) 发展和改革产业经济；2) 发展多元化生计和食物生产；3) 提高资源管理效率；4) 应对环境退化；5) 适应气候变化。在很多国家，得益于水产养殖技术创新，传统水产养殖业提升了生产水平，蓝色经济增长形成了新兴的产业。

本文件重点介绍了世界范围内在提高效率、防止环境退化和适应气候变化方面的水产养殖技术创新，并指出了水产养殖技术创新转让和推广方面的实践和机制，特别是国际组织的技术支持、区域合作和知识共享、国家试点、发展中国家的研究和本地化工作。

本文件可通过此页快速响应二维码读取；粮农组织采用此二维码旨在尽量减轻环境影响并倡导以更为环保的方式开展交流。

其他文件可访问：<http://www.fao.org>。



na401

### 建议分委会采取的行动

请分委会：

- 肯定水产养殖技术创新在提高效率、降低环境影响和应对气候变化方面的重要性。
- 分享水产养殖技术创新的经验（包括成功案例和经验教训）。
- 提供咨询意见，鼓励国际社会，特别是现有的水产养殖网络，加强在水产养殖创新知识产品整合、更新和交流方面的合作，以提高资源利用效率，应对环境和气候变化问题。
- 提供指导意见，呼吁增加专门拨出财政资源，加强技术支持，以推广水产养殖技术创新，促进各种机制（如技术合作项目、建立网络、南南合作或公私伙伴关系）的建设。

## 引言

1. 水产养殖是一项具有数百年历史的活动，是在与农村地区的传统养鱼和养殖系统相互结合而出现和发展的。随着时间的推移，养殖户的创新<sup>1</sup>促成了复杂水产品生产系统的发展，如鱼类混养或综合农业种养技术。
2. 在 20 世纪和 21 世纪，水产养殖部门还迎来了重大创新，在新形势下开发了新品种、新技术和新系统，使水产养殖成为全球重要的粮食生产行业。随着水产养殖在粮食供应、农村发展或减贫方面发挥主要作用，新的挑战也在出现：提高目前较低的资源利用效率、应对气候变化带来的巨大影响、降低资源环境退化。<sup>2</sup>
3. 技术创新非常必要开展，以符合《2030 年可持续发展议程》要求，特别是可持续发展目标 1、2、3、5、6、8、9、11、12、13、14、15、16、17<sup>3</sup>，以及得到广泛认可的国际协调机制、途径和各种准则，包括《负责任渔业行为守则》<sup>4</sup>、生态系统水产养殖<sup>5</sup>和农业生态学<sup>6</sup>。
4. 气候变化是水产养殖创新需要应对的另一大挑战。2015 年《巴黎气候协定》认识到，需要通过采取减缓和适应措施，同时考虑到粮食生产系统的特殊脆弱性，有效、渐进地应对气候变化的紧迫威胁。全球脆弱性评估提供了非常宝贵的指标，揭示了与水产养殖有关的气候变化影响可能在何处发生，并指明今后进一步研究在哪些方面有助于开展与气候相关的创新。与此同时，指出应辅之以更本地化的研究，为利益相关方提供制定战略和实施自主创新所需的知识<sup>7</sup>。
5. 目前，创新及其促因已得到充分研究。创新可能是为解决某些具体问题（例如，破除限制、利用机会、提高效率或生产力等）而精心设计的研究或开发流程的结果，或是某种偶然性的结果，也可能是利益相关方的好奇心、需求、获得的经验或合作的结果<sup>8</sup>。

---

<sup>1</sup> “创新是一种新的或改进的产品或流程（或两者的组合），与以前的产品或流程有显著差异，并且已提供给潜在用户（产品），或由相关单位投入应用（流程）”。经合组织/欧盟统计局(2018)，《奥斯陆手册》(2018)：

“创新数据收集、报告和使用准则”，第 4 版，《科学、技术和创新活动的衡量》，经合组织出版社，巴黎/欧盟统计局，卢森堡。<https://doi.org/10.1787/9789264304604-en>

<sup>2</sup> 粮农组织，2018。《2018 年世界渔业和水产养殖状况》——实现可持续发展目标。罗马。许可号：<http://www.fao.org/3/I9540EN/i9540en.pdf>

<sup>3</sup> 《2030 年议程》和可持续发展目标：水产养殖发展和管理的挑战，<http://www.fao.org/cofi/38663-0a3e5c407f3fb23a0e1a3a4fa62d7420c.pdf>

<sup>4</sup> 《负责任渔业行为守则》<http://www.fao.org/3/a-v9878e.pdf>

<sup>5</sup> 建立水产养殖生态系统方法，<http://www.fao.org/3/a-i0339e.pdf>

<sup>6</sup> “生态农业 10 要素”<http://www.fao.org/3/i9037en/i9037en.pdf>

<sup>7</sup> Barange, M., Bahri, T., Beveridge, M.C.M., Cochrane, K.L., Funge-Smith, S., Poulain, F. (编辑)。“气候变化对渔业和水产养殖的影响”。粮农组织渔业及水产养殖技术文件，第 627 号。罗马。粮农组织，ISBN 978-92-5-130607-9 <http://www.fao.org/3/I9705EN/i9705en.pdf>

<sup>8</sup> Sanginga, P. C., Waters-Bayer, A. Kaaria, S., Wettasinha, C., Njuki, J. 2009. Innovation Africa: Enriching Farmers' Livelihoods. Earthscan, 2009-405p.

6. 水产养殖创新包括：提高苗种场或养殖场的生产效率，同时减少环境影响（例如减少污染、预防鱼类逃逸、获得饲料、敌害生物管理、减少废物和损失等）的技术；预防动物疾病或寄生虫的发生，或减少或消除使用抗生素药物或化学品治疗药物的技术；推动先进养殖系统的技术（例如近海网箱和陆基循环水养殖技术）；开发新饲料原料；通过提高能源效率或能源再生，减少碳足迹；制定社会计划，改善养殖场或加工厂的生活和工作条件<sup>9</sup>。

## 水产养殖创新趋势及主要进展

### 优化资源使用

7. 水产养殖规划和管理是优化区域资源利用的关键；在此方面<sup>10</sup>采用空间规划工具，支持基于自然和地理的水产养殖设施选址技术，有助于有效利用土地/水资源，减少对环境的影响。水产养殖规划和管理综合了将山地和湿地区域开发池塘和养殖系统的良好做法，有助于改进水产养殖治理<sup>11</sup>，并应对气候变化。这一领域的其他创新包括水、土地和水生遗传资源利用、水产养殖园区<sup>12</sup>、保护区、土地权证和许可制度。这些创新提高了资源管理效率，最大限度地减少了水产养殖设施对自然生境的影响，并有助于高效地进行废水处理。

8. 综合水产养殖和土地/水高效利用技术，是有效资源利用的另一项战略创新。在水产养殖因利用海洋和沿海资源而引发关切的很多沿海地区，许多创新做法引起了人们的关注，如越南的红树林综合水产养殖<sup>13</sup>、墨西哥湾、挪威和中国的深水网箱养殖<sup>14</sup>、海水养殖工程平台<sup>15</sup>，或地中海和大西洋多营养层级综合水产养殖<sup>16</sup>。在内陆地区，有限的土地供应和淡水短缺催生了稻田养殖、盐碱地水产养殖、鱼菜共生、集装箱养鱼<sup>17</sup>和池塘跑道养鱼系统<sup>18</sup>等创新技术。

<sup>9</sup> <https://www.aquaculturealliance.org/blog/what-is-an-aquaculture-innovation/>

<sup>10</sup> Aguilar-Manjarrez, J. Soto, D. Brummett, R. 2017. Aquaculture zoning, site selection and area management under the ecosystem approach to aquaculture, a handbook <http://www.fao.org/3/a-i6834e.pdf>

<sup>11</sup> Costa-Pierce, B.A., Bartley, D.M., Hasan, M., Yusoff, F., Kaushik, S.J., Rana, K., Lemos, D., Bueno, P. & Yakupitiyage, A. 2012. Responsible use of resources for sustainable aquaculture. R.P. Subasinghe, J.R. Arthur, D.M. Bartley, S.S. De Silva, M. Halwart, N. Hishamunda, C.V. Mohan 和 P. Sorgeloos, 编辑, 《为人类和食物开展水产养殖》。《2010 年全球水产养殖大会会议纪要》, 泰国普吉岛, 2010 年 9 月 22-25 日。第 113-147 页。粮农组织, 罗马和亚太水产养殖中心网, 曼谷。 <http://www.fao.org/3/i2734e/i2734e03a.pdf>

<sup>12</sup> <https://gia.org.br/portal/wp-content/uploads/2013/05/2013implementation.pdf>

<sup>13</sup> [http://www.snv.org/public/cms/sites/default/files/explore/download/mam\\_091014.pdf](http://www.snv.org/public/cms/sites/default/files/explore/download/mam_091014.pdf)

<sup>14</sup> <https://www.innovasea.com/>

<sup>15</sup> <https://www.mariculture-systems.com/>

<sup>16</sup> <http://www.idreem.eu/cms/what-is-imta/>

<sup>17</sup> <http://innovatedevelopment.org/2014/06/25/fishing-for-change>

<sup>18</sup> <https://ussoy.org/in-pond-raceway-system-a-technology-transfer-success-story/>

9. 应用生态农业技术推进的农业综合种养殖技术，激励更多的农民开展稻田养鱼（几内亚），海藻养殖（坦桑尼亚），从而提高了养殖户的收入稳定性和抗风险性，并大大降低了环境影响。因此，综合农业种养可在未来的可持续水产养殖发展中发挥重要作用。

### 水产养殖工程

10. 水产养殖工程的主要是提升水产养殖设施的设计水平。主要创新包括：用于优化生产、提高动物福祉和生物安保的鱼塘设计、近海水产养殖的安全性能、陆基鱼类循环水养殖的系统设计，以及一系列相关的水产饲料厂、加工厂使用的专门工程技术等。工程创新还包括在鲑鱼养殖中对海虱等寄生虫病进行非药物治疗技术（例如，与隆头鱼混养、激光、热处理疗法等）<sup>19, 20</sup>。

11. 养鱼场的规模越来越大，也越来越安全，而且进一步向深海发展。例如，挪威一家鲑鱼养殖场目前正在测试一种可容纳 150 万条鲑鱼的深海网箱系统。这个巨型网箱名为“海洋养殖场 1 号”，测试期为一年，目前试验已经过半，效果良好，生长率高，且死亡率低<sup>21</sup>。此外，随着养鱼场深入公海，技术含量也不断提高，可利用高清摄像机和水下自动投食器促进自动化管理水平，减少人工往返网箱的工作量。目前，中国的“深蓝 1 号”平台、挪威海水养殖系统的 Aquatraz 系统，以及美国的 Aquapod 养殖笼也在开展类似试验。

12. 循环水养殖系统也变得越来越普遍，因为有助于水资源循环利用，促进养殖废物转化为农业肥料，减少对自然环境的影响，从而减少养殖期间对生态系统的环境危害，降低发病率。循环水养殖系统还可将海产品的碳足迹减少 高达 50%<sup>22</sup>，这些系统中的养殖鱼类可以在可控且可追溯的环境中生长，而无需使用激素或抗生素。这些系统几乎可以放置在任何地方，包括城市中心附近。2011 年在丹麦成立的一家 测试机构 在佛罗里达州迈阿密建立了全球最大的循环水养殖系统中心，命名为迈阿密“蓝屋”，用于养殖大西洋鲑鱼。循环水养殖系统领域的最新工程创新是“气举真空柱”，它不仅控制溶解气体，而且能够以较低的能源成本完成大量的水循环，并将悬浮物与水分离<sup>23</sup>。

---

<sup>19</sup> 粮农组织，2019。《世界粮食和农业生物多样性状况》，J. Bélanger & D. Pilling（编辑）。粮农组织粮食和农业遗传资源委员会评估。罗马。第 572 页，<http://www.fao.org/3/CA3129EN/CA3129EN.pdf>

<sup>20</sup> <https://globalsalmoninitiative.org/en/what-is-the-gsi-working-on/biosecurity/non-medicinal-approaches-to-sea-lice-management/>

<sup>21</sup> <https://www.salmar.no/en/offshore-fish-farming-a-new-era/>

<sup>22</sup> <https://aquaculturemag.com/2018/08/28/technological-innovation-in-aquaculture/>

<sup>23</sup> <http://www.coldep.com/en/>

## 生物学和遗传学

13. 在物种驯化或引进新品种方面也涌现了很多创新做法，或是为了满足当地市场需求，或是为了促进种群增殖（增殖渔业和海洋牧场）。今天，大多数养殖品种已经驯化，虽然大多数品种近期才实现驯化——与陆地农业中的品种相比尤其如此。一个品种的生物学特性决定着它对不同养殖系统的适应能力，并会影响诸如生命力和抗逆性、繁殖力、营养层级和食性可塑性等特征。遗传技术可用于改变水产养殖品种重要的经济学性状。

14. 因此，遗传学和基因组学是创新潜力巨大的领域，近几十年来，通过增进对各种组学（如蛋白质组学、转录组学、代谢组学）的认识，进一步推动了这一潜力。人们通过积累对生物体生物功能的知识不断增强能力，使这些生物体适应我们的粮食生产系统。水产养殖中与遗传相关的创新包括对新性状进行选择性培育<sup>24</sup>，如快速生长能力、特定病原体抗性、食用植物源饲料的生长能力<sup>25</sup>、耐寒性、抗逆性或投饲效率<sup>26, 42</sup>。应用于水产养殖养殖快速、可靠繁育方法的手段还有，如标记辅助育种、BLUP 估计值育种<sup>27</sup>、分子标记育种<sup>28, 29, 30</sup>等。

15. 对配子（精子和卵子）和胚胎的成功冷冻保存提供了新的商业机会，可无限量培育苗种和鱼苗，提供更健康、更好状况的鱼类亲本和遗传信息管理。还有助于对受威胁和濒危物种的基因组进行异地保护。

---

<sup>24</sup> <https://doi.org/10.1111/raq.12202>

<sup>25</sup> Le Boucher, R., Quillet, E., Vandeputte, M., Lecalvez, J. M., Goardon, L., Chatain, B., ... & Dupont-Nivet, M. (2011). Plant-based diet in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum): Are there genotype-diet interactions for main production traits when fish are fed marine vs. plant-based diets from the first meal?. *Aquaculture*, 321(1-2), 41-48.

<sup>26</sup> <https://doi.org/10.1111/raq.12202>

<sup>27</sup> 最佳线性无偏预测法。

<sup>28</sup> De Verdal, H., Komen, H., Quillet, E., Chatain, B., Allal, F., Benzie, J. A., & Vandeputte, M. (2018). Improving feed efficiency in fish using selective breeding: a review. *Reviews in Aquaculture*, 10(4), 833-851. <https://doi.org/10.1111/raq.12202>

<sup>29</sup> Beardmore, J.A.; Porter, J.S. Genetically modified organisms and aquaculture. 粮农组织渔业通函。No. 989. 罗马, 粮农组织。2003. 38p. <http://www.fao.org/tempref/docrep/fao/006/y4955e/Y4955E00.pdf>

<sup>30</sup> “遗传技术在水产养殖开发与管理中的应用”。<http://www.fao.org/3/mc856e/mc856e.pdf>

16. 化学或环境性逆转<sup>31</sup>、遗传性别控制、<sup>32</sup>染色体组操纵（YY 亲本<sup>33</sup>、三倍体<sup>34</sup>等）或种内/种间/属间杂交<sup>35, 36</sup>，已应用于若干养殖品种，如罗非鱼、比目鱼、鲤鱼等。

17. 基因修饰，如转基因和基因编辑，也应用于若干品种的试验性研究，但转基因鲑鱼是迄今为止唯一获准供人类食用<sup>37</sup>的转基因鱼类。新的组学技术有可能对鱼类遗传资源的生产和管理产生深刻影响，特别是 CRISPR<sup>38</sup>-cas9 可以增加生长快、耐寒、抗病等新性状。

### 营养和饲料

18. 饲料是水产养殖的重要成功因素，是影响效益、利润和环境的主要因素和来源<sup>39, 40</sup>。这一领域的创新包括将微藻油用作鱼油替代品——微藻油中含有大多数鱼类所需的高质量优质 omega-3 脂肪酸（DHA 和 EPA）。大型农业综合企业正在通过将细菌置于发酵罐中利用甲烷的方法来开发鱼饲料。以粮食废物或谷类副产品为食的黑水虻等快速生长的昆虫是鱼类饲料的另一种极好的可持续蛋白质来源，目前已被欧盟批准用作水产饲料（美国食药局正在审批中）<sup>41</sup>。

---

<sup>31</sup> Baroiller, J. F., & D'Cotta, H. (2018). Sex control in tilapias. In: Sex Control in Aquaculture. Hanping Wang, Francesc Piferrer, Songlin Chen (eds). John Wiley & Sons, 888 p.

<sup>32</sup> Mair, G. C., Abucay, J. S., Beardmore, J. A., & Skibinski, D. O. (1995). Growth performance trials of genetically male tilapia (GMT) derived from YY-males in *Oreochromis niloticus* L.: On station comparisons with mixed sex and sex reversed male populations. *Aquaculture*, 137(1-4), 313-323

<sup>33</sup> Mair, G. C., Abucay, J. S., Beardmore, J. A., & Skibinski, D. O. (1995). Growth performance trials of genetically male tilapia (GMT) derived from YY-males in *Oreochromis niloticus* L.: On station comparisons with mixed sex and sex reversed male populations. *Aquaculture*, 137(1-4), 313-323.

<sup>34</sup> Peruzzi, S., & Chatain, B. (2000). Pressure and cold shock induction of meiotic gynogenesis and triploidy in the European sea bass, *Dicentrarchus labrax* L.: relative efficiency of methods and parental variability. *Aquaculture*, 189(1-2), 23-37.

<sup>35</sup> De Verdal, H., Rosario, W., Vandeputte, M., Muyalde, N., Morissens, P., Baroiller, J. F., & Chevassus, B. (2014). Response to selection for growth in an interspecific hybrid between *Oreochromis mossambicus* and *O. niloticus* in two distinct environments. *Aquaculture*, 430, 159-165.

<sup>36</sup> West, J. L., & Hester, F. E. (1966). Intergeneric hybridization of centrarchids. *Transactions of the American Fisheries Society*, 95(3), 280-288.

<sup>37</sup> <https://aquabounty.com/>

<sup>38</sup> 成簇规律间隔短回文重复序列

<sup>39</sup> Robb, D.H.F., MacLeod, M., Hasan, M.R. 和 Soto, D. 2017 年。水产养殖温室气体排放：亚洲三国系统生命周期评估。粮农组织渔业及水产养殖技术文件，第 609 号。罗马，粮农组织。第 110 页。<http://www.fao.org/3/a-i7558e.pdf>

<sup>40</sup> Hasan, M.R. & Soto, S. 2017. 提升饲料转化率及其对减少水产养殖温室气体排放的影响。粮农组织非系列出版物。罗马，粮农组织。33 pp. <http://www.fao.org/3/a-i7688e.pdf>

<sup>41</sup> <http://www.fish20.org/images/resources/Fish2.0-FISHFEED-Investor-Insights.pdf>

19. 鱼类营养（配方、肌肉成分、益生菌和肠道微生物等）的研究为鱼饲料生产带来了创新，例如，使用更可持续的蛋白质来源作为鱼粉的替代品（如植物蛋白、细菌蛋白或昆虫蛋白）；使用当地饲料源或将二氧化碳或甲烷或有机废物转化为饲料源；使用煤炭气化产生的一氧化碳和氢原料；使用膨化饲料和浮性饲料；在饲料配方中应用数学模型和营养基因组学等。

20. 鱼类投喂技术创新（例如计算机辅助饲料分配、功能性饲料开发，如药饵饲料、开口饵料和按生长阶段的饲料等）可以带来更大收益。例如，在鲑鱼养殖方面，De Verdal 等人（2018 年）计算出，饲料使用效率每提高 2%至 5%，每年可节省成本 4290-1.07 亿美元<sup>42</sup>。

### 生物技术

21. 开发基本和附带功用的水生生物技术可极大地提高生产力和效率，并确保水产养殖的可持续性。可以通过生物技术应用优化养殖周期的主要环节（包括生长、营养、健康和繁殖），包括提高生长率和饲料转化效率、改善营养和产品质量、抗逆性、疫苗、提高抗病能力、现代疾病诊断和治疗、遗传性选择、转基因等。

22. 纳米技术为开展生物分子学分析、开发用于基因治疗的非病毒载体作为 DNA、蛋白质或细胞的运输工具、靶向药物输送、临床诊断、疾病治疗等开辟了新的视野。生物技术干预措施也展示出光明的前景，可将生物修复工具和益生菌应用于废水、有毒物质和病原体的环境管理。目前和未来的生物技术使用将促成开发出智慧和高效的鱼类品种。

23. 天然微生物对于调节水生环境非常重要，它们可以发挥广泛的作用，包括营养物质循环利用、降解有机物、保护鱼类免受感染。在水质管理中引入 EM 菌、生物滤池、益生菌，可有效改善环境，优化鱼类生境<sup>43</sup>。

24. 疫苗接种是另一项可能带来重大经济效益的技术创新。在英国和挪威的水产养殖业中，接种疫苗被认为是减少抗生素药物使用的重要手段<sup>44</sup>。例如，对巴西罗非鱼养殖场中链球菌注射疫苗的经济分析证明，接种疫苗的鱼类存活率可提高 60-80%，饲料转化率可提高 5-10%，因而可以显著节省开支，提高销售额和利润<sup>45</sup>。

<sup>42</sup> De Verdal, H., Komen, H., Quillet, E., Chatain, B., Allal, F., Benzie, J. A. and Vandeputte, M. (2018), Improving feed efficiency in fish using selective breeding: a review. *Rev Aquacult*, 10: 833-851. doi:10.1111/raq.12202

<sup>43</sup> *Fishes* 2018, 3, 33; doi:10.3390/fishes3030033

<sup>44</sup> 挪威各部委，挪威政府《防治微生物药物耐药性国家战略》，挪威卫生和护理服务部，2015-2020 年；出版编号：I-1164

<sup>45</sup> Marina K.V.C.Delphino, Rafael S.C.Barone, Carlos A.G.Leal, Henrique C.P.Figueiredo, Ian A. Gardner, Vitor S.P.Gonçalves, 2019. Economic appraisal of vaccination against *Streptococcus agalactiae* in Nile tilapia farms in Brazil. *Preventive Veterinary Medicine* 162: 131-135. Doi:10.1016/j.prevetmed.2018.12.003



## 数字和信息技术

25. 粮食系统、养殖系统、健康和环境管理的未来在于数字化。这些领域日益受到使用新技术、传感器、机器人和人工智能的数据和高科技创新所驱动，这些技术将推动与水产养殖相关的不同方面的技术进步，例如使用自动水下潜水器管理网箱、定制饲料投喂、实施个性化鱼类健康管理、开展遗传特征分析、开发新的食物产品，以及对气候和环境变化的预期影响开展有效监测。

26. 计算机辅助水产养殖决策系统可根据气候和环境变化获得基于投入物的生长数据，进而决定适当的养殖周期。目前，已可以通过生物经济模型，来提高水产养殖效益。例如，“用户界面友好的水产养殖投资决策工具”成功帮助养殖户根据不同的假设优化水产养殖业效益<sup>46, 47</sup>。很多手机应用程序得到开发，供管理生产过程，开展远程监控，促进销售，如电子商务和在线营销。

27. 围绕农业基础设施的创新至关重要，传感器的应用和相关数据衍生服务可不断提高养殖场生产效率。信息通信技术应用方面的最新进步包括：空中无人机或水下机器人、用于检查设备和系泊的水下传感器和摄像机、实时水质、环境和鱼类监测，以及辅助优化陆基和海水网箱的养殖管理。在养殖鱼通道中安装水产养殖管理系统 UmiGarden 设备，可通过传感器和管理软件进行直播鱼类游动行为，实现鱼群远程监控。Umitron 设备具有开放计算功能，因此可以通过分析鱼群来降低投喂成本<sup>48</sup>。

## 标准和认证

28. 在水产养殖产品的生产和销售方面，近年来的一项重大创新是，制定了以市场为主导的监管体系<sup>49</sup>，目的是制订了让养殖户能够遵循的参照标准和要求，满足远程(地理和文化意义上的远程)消费者对产品和生产过程的了解。在发展政府监管、第三方认证、商业认证和水产养殖俱乐部等的经验证明可以成功改善养殖场管理、信息共享，以及与供应链中其他利益相关方的关系<sup>50, 51</sup>。

---

<sup>46</sup> <http://www.fao.org/3/i8442en/I8442EN.pdf>

<sup>47</sup> <http://www.fao.org/fishery/statistics/software/utida/en>

<sup>48</sup> <https://thebridge.jp/en/2018/06/umitron-jpy920-funding>

<sup>49</sup> Mialhe, F., Morales, E., Dubuisson-Quellier, S., Vagneron, I., Dabbadie, L., & Little, D. C. (2018). Global standardization and local complexity. A case study of an aquaculture system in Pampanga delta, Philippines. *Aquaculture*, 493, 365-375. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2017.09.043>

<sup>50</sup> 对亚太区域适用于水产养殖的标准和认证计划的定性评估, <http://www.fao.org/3/ai388e/AI388E00.htm>

<sup>51</sup> Padiyar, P.A., Phillips, M.J., Bhat, B.V., Mohan, C.V., Ravi, B.G., Mohan, A.B.C. & Sai, P. 2008. Cluster level adoption of better management practices in shrimp (*P. monodon*) farming: an experience from Andhra Pradesh, India. In: M.B.Reantaso, C.V.Mohan, M. Crumlish & R. Subasinghe, eds. *Diseases in Asian Aquaculture VI*. Fish Health Section, Asian Fisheries Society.

29. 粮农组织在 25 年前制定的《负责任渔业行为守则》可能是政府间商定的首批旨在支持水产养殖可持续发展的原则之一。粮农组织的若干负责任渔业技术准则<sup>52</sup>，以及许多描述《良好水产养殖实践》的集体或私人准则，进一步细化了相关规定内容，建议了一些实际改良实践，如鱼类品种、放养密度、水质管理、疾病预防、运输、投喂、渔获后处理或商业模式。最佳水产养殖实践准则根据科学、经验教训以及推广者的目标提供了改进的做法。建议采取的生物安保、风险分析<sup>53</sup>和审慎方法<sup>54</sup>，在活体水生动物的越境转移方面尤其如此<sup>55, 56</sup>。

30. 在越南，全球良好农业操作规范（GlobalGAP）、良好水产养殖操作规范（AquaGAP）和最佳水产养殖操作规范（BAP）认证的实施，以及水产养殖认证（ASC）表明，越南渔民致力于开展环境友好的巴沙鱼生产、监控鱼粉和鱼油来源，并承担社会责任。应用良好做法的目的是提高鱼种质量、饲料质量和生产标准，重点是改善食品安全、可追溯性、动物健康、环境保护和社会标准。大型公司具有综合业务功能，因此能够控制生产过程的每个阶段<sup>57</sup>。

### 推广和技术转让

31. 有前途的技术或流程与创新之间的区别，取决于其能否成功转让和推广<sup>58</sup>。现在人们认识到，在技术开发过程中，不同利益相关方代表的观点会影响到新技术是否“适当”的评价及其后续的采纳<sup>59, 60</sup>。为此，创新需要加强养殖户的参与，并采用更具包容性的思考方法<sup>61</sup>。农业创新系统中各利益相关方之间开展知识共享和互动，以及能力建设，并且因地制宜显得尤为重要<sup>62</sup>。

<sup>52</sup> 粮农组织，2011。《水产养殖认证技术准则》。<http://www.fao.org/3/a-i2296t.pdf>

<sup>53</sup> Arthur, J.R.和 Bondad-Reantaso M.G.2012。“活体水生动物运动风险分析入门培训课程”粮农组织太平洋岛屿分区办事处，萨摩亚。第 167 页。<http://www.fao.org/3/a-i2571e.pdf>

<sup>54</sup> Bondad-Reantaso, M.G., Arthur, J.R.和 Subasinghe, R.P., 编辑。2012。通过在水产品生产审慎和负责任地使用兽药来增强生物安全。粮农组织渔业和水产养殖技术文件。No. 547.罗马，粮农组织。第 207 页。<http://www.fao.org/3/ba0056e/ba0056e.pdf>

<sup>55</sup> 粮农组织，2007。水产养殖业的发展。2。进行健康管理以促进活水生动物负责任运输。《粮农组织负责任渔业技术准则》，第 5 号，补编 2。罗马，粮农组织。2007。第 31 页。<http://www.fao.org/3/a-a1108e.pdf>

<sup>56</sup> Arthur, J.R.; Bondad-Reantaso M.G.; Subasinghe, R.P.活水生动物检疫程序：手册。粮农组织渔业技术文件。No. 502.罗马，粮农组织。2008。第 74 页。<http://www.fao.org/3/a-i0095e.pdf>

<sup>57</sup> Miriam Greenwood, Seafood Supply Chains: Governance, Power and Regulation, Routledge, 2019

<sup>58</sup> Valvåg, O.R.通过网络进行技术转让：挪威海产品行业的经验。粮农组织渔业通函，第 1004 号。罗马，粮农组织。2005。第 14 页。<http://www.fao.org/3/a-a0012e.pdf>

<sup>59</sup> Asopa, V.N., Beye, G. 1997.农业研究管理：培训手册。模块 8：研究与推广的联系。替代研究和推广系统技术转让模型。罗马：粮农组织，<http://www.fao.org/3/W7508E/w7508e0d.htm>

<sup>60</sup> 粮农组织，2018。推广气候智能型农业。推广和咨询服务的经验教训。家庭农业创新不定期论文。罗马：粮农组织，第 66 页。[http://www.fao.org/uploads/media/Climate\\_Smart\\_Agriculture\\_draft08.pdf](http://www.fao.org/uploads/media/Climate_Smart_Agriculture_draft08.pdf)

<sup>61</sup> 南方研究的影响：<https://impress-impact-recherche.cirad.fr/>

<sup>62</sup> 使农业创新系统在热带国家的发展发挥作用，<http://www.fao.org/uploads/media/sustainability%20paper.pdf>

32. 技术转让和推广的一个成功例子是越南鲶鱼养殖业的发展。上世纪 90 年代中期，越南网箱养殖的主要品种是博氏巨鲶，年产量为 15000 吨。与另一种多年来一直能够人工繁殖、且主要在池塘中养殖的越南楂鱼不同的是，博氏巨鲶从未报告过有人工繁殖，养鱼户每年要从河里捕捞 2000 万尾鱼苗<sup>63</sup>。在博氏巨鲶获得人工繁殖成功和育苗技术后不久<sup>64</sup>，越南全国鲶鱼产量开始呈指数级增长，2017 年达到近 130 万吨，但主要养殖品种也从博氏巨鲶后转移到了楂鱼。这凸显了创新过程的复杂性，以及偶发性的重要性。对博氏巨鲶的研究似乎不仅实现了该物种的诱导繁殖，而且间接地为楂鱼的养殖发展解决了难点。

### 国家发展战略

33. 20 世纪 90 年代初，泰国为海水对虾养殖产业建立了一个国家创新体系（包括产业联盟、学术界、政府以及生产者协会），成为针对系列问题通过建立的国家级创新集群来探索解决方案的典范。

34. 很多具有水产养殖传统的国家制定了自己的可持续水产养殖发展战略。这些国家基于技术发展和强大的研发能力，进行水产养殖技术创新，以实现可持续发展目标。

35. 在中国，自 2010 年起，这类政府目标是促使水产养殖技术日益得到优先发展的关键因素。中国“十二五计划”（2011-2015 年）的任务之一是开发防止水产养殖所用饲料造成水体污染的技术，以保护环境<sup>65</sup>。此外，中国政府在“十三五计划”（2016-2020 年）中高度重视水产养殖技术的发展，以推动产业进步。该计划呼吁研究机构和大学协作开发新的水产养殖技术。

36. 这种产业协作不仅涵盖技术创新，还涉及到政策、标准、管理能力构建等方面。中国作为最大的水产养殖生产国，通过建立农业技术创新体系，实施了国家水产养殖创新战略。该系统已覆盖中国五大经济水产品种，即鲤鱼、罗非鱼、贝类、虾和比目鱼。“十三五计划”任务之一是推动环保水产养殖技术创新，包括生态养殖、开放式循环水养殖系统、稻田综合种养。据报道，2018 年稻田综合种养总面积达到 200 万公顷。中国的做法展示了通过研究机构、行业与政府三方合作共同关注同一个问题的有效性。表明产业主要参与者需要建立系统的（与特设或项目驱动相对）的联系，以解决一些广泛的、特定的、持续的以及突发的问题。

---

<sup>63</sup> Cacot, P., Legendre, M., Dan, T. Q., Tung, L. T., Liem, P. T., Mariojouis, C., & Lazard, J. (2002). Induced ovulation of *Pangasius bocourti* (Sauvage, 1880) with a progressive hCG treatment. *Aquaculture*, 213(1-4), 199-206. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(02\)00033-9](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(02)00033-9)

<sup>64</sup> Cacot, P. (1999). Étude du cycle sexuel et maîtrise de la reproduction de *Pangasius bocourti* (sauvage, 1880) et *Pangasius hypophthalmus* (sauvage, 1878) dans le delta du Mékong au Viêt-Nam. Doctoral dissertation. Institut national d'agronomie de Paris Grignon, Paris, France: 317 p.

<sup>65</sup> 《2015 年中国农业年鉴》，<http://english.agri.gov.cn/service/ayb/201701/W020170105346858276040.pdf>

37. 非洲国家认识到水产养殖规划对发展的重要性，不断制定了国家水产养殖发展战略。非洲发展新伙伴关系（最近更名为非洲联盟发展署）是非洲联盟的一项经济发展计划。许多非洲国家还建立了国家发展新伙伴关系，负责与非洲大陆经济改革和发展计划倡议进行联络。粮农组织和合作伙伴向许多已经制定或正在制定具体水产养殖战略文件或计划的非洲国家提供了援助。这种针对具体部门的计划有助于提高人们对水产养殖部门重要性的认识，并确定目标<sup>66, 67</sup>。

38. 通过制定国家战略而成功地扩大水产养殖的一个例子是马达加斯加的稻田养鱼。在几十年发展池塘养鱼的尝试均以失败告终后，粮农组织从 1985 年开始实施一系列项目<sup>68</sup>，并完全改变了这一状况。最终选择的不是追求鱼塘养殖，而是注重改善传统的稻鱼综合种养。通过开发和推广新技术，放养普通鲤鱼而不是野生鱼，开挖深渠，同时加固堤埂，据报道每公顷可生产多达 200-300 公斤的鱼，同时水稻产量也提高 10-30%。同时还吸引私营部门参与鱼苗供应和销售。所有这些活动对全国鱼类产量产生了重大影响，从 1990 年前的 200 吨增加到 10 年后的 2500-3000 吨/年，增加了 10 至 15 倍<sup>69</sup>。

39. 一些国家（贝宁共和国、喀麦隆共和国、科特迪瓦共和国、加纳共和国、肯尼亚共和国、尼日利亚联邦共和国、乌干达共和国、南非共和国、赞比亚共和国）越来越多地使用手机等信息通信技术进行营销，以减少贸易商和生产者之间的信息不对称，让生产者受益。总体而言，专业人员和许多利益相关方团体越来越多地利用新的通信工具获取信息，以改善其业务成效<sup>70</sup>。

40. 私营部门在推动研究和创新方面发挥了关键作用。研发投入大多由发达经济体的私营部门提供，其驱动因素是产品或服务的经济价值和收益率高。在某些情况下，研发产品已成功与欠发达国家和地区分享。例如，在动物卫生方面，疫苗开发、诊断和治疗方面的进步极大减少了水产养殖中与疾病相关的损失。私营部门已认识到，与政府、学术界、国际机构和非政府组织联合研究以改善鱼种和饲料供应至关重要，这反过来又可以减少当地市场供应方面的压力，提高水产养殖的生产力和环境效益。

---

<sup>66</sup> Brugere, C., Aguilar-Manjarrez, J., Halwart, M. 2009. 制定喀麦隆可持续水产养殖发展计划。粮农组织水产养殖通讯第 43 号。24-25

<sup>67</sup> Moehl, J.; Halwart, M.; Brummett, R. Report of the FAO-WorldFish Center Workshop on Small-scale Aquaculture in SubSaharan Africa: Revisiting the Aquaculture Target Group Paradigm. Limbé, Cameroon, 23 - 26 March 2004. 非洲内陆渔业委员会不定期论文，第 25 号。罗马，粮农组织。2005。第 54 页。

<sup>68</sup> MAG/76/002, MAG/82/014, MAG/86/005, MAG/88/005, MAG/92/004, MAG/058/6023

<sup>69</sup> Dabbadie L., Mikolasek O. 2017. 实施粮农组织项目二十年后，马达加斯加高地的稻田养鱼。粮农组织水产养殖通讯第 56 号（2017 年 4 月）。33-36。 <http://www.fao.org/3/a-i7171e.pdf>

<sup>70</sup> 粮农组织，2017。撒哈拉以南非洲水产养殖发展现状和趋势区域审查，2015 年，Benedict P. Satia。粮农组织渔业和水产养殖通函第 1135/4 号。意大利罗马， <http://www.fao.org/3/a-i6873e.pdf>

### 国际组织的技术支持

41. 面对资源使用、环境退化和气候变化等日益严峻的挑战，许多国家当局请求粮农组织、农发基金、国际农业研究磋商组织和非政府组织等国际组织提供技术支持。

42. “技术合作计划”的目的是促使粮农组织能够将其专门知识和技术力量，根据请求，利用其自身资源提供给成员国。“技术合作计划”在《战略框架》涵盖的粮农组织职责和主管范围所有相关领域内提供援助，满足政府的重点要求。粮农组织通过“技术合作计划”积极加快向成员国转让和推广水产养殖创新技术，包括吉尔吉斯斯坦的鲤科鱼类繁殖技术、越南虾病控制、桑给巴尔岛海藻和遮目鱼养殖，以及促进非洲“将水产养殖作为一种经营活动”的能力建设。这类例子不胜枚举。粮农组织通过协助各国当局采用水产养殖技术创新，让农民和农民组织获益，并推动渔业经济可持续发展。技术合作计划项目也间接影响水产养殖的发展，例如伊朗采用了空间规划来发展海水网箱养殖，秘鲁开展了适应气候变化的智能化水产养殖。

43. 南南合作和三方合作计划包括了南南合作和三方合作两个部分。事实证明，这些项目在创造就业、建设基础设施和促进全球南方各国贸易方面行之有效。这些项目力求促进发展中国家之间建立广泛的合作框架，并为捐助者和受援国之间的传统关系提供了补充模式。由于南南合作在解决粮食不安全问题方面发挥着空前的作用，全球对经过测试并证明有效的南方发展解决方案的需求创下新高。这类合作方案已在纳米比亚、乌干达、南非等国家的苗种中心、颗粒饲料厂、稻田养鱼技术得到应用，并推动将巴西、中国、越南等水产养殖技术创新转移到其他发展中国家。

44. 伙伴关系和公私合作伙伴关系，例如粮农组织与欧盟地中海水产养殖综合发展伙伴关系(MedAID)、寻求增长空间的生态系统水产养殖联盟(Aquaspace)等，是粮农组织推动建设一个零饥饿世界达成共识的使命的核心。作为一个决策论坛和独特的多语种卓越中心、知识和专门技术中心，本组织的成效和信誉在很大程度上取决于能否开展工作，并建立战略伙伴关系。只有通过与政府、民间社会、私营部门、学术界、研究中心和合作社开展有效协作，利用彼此的知识 and 相对优势，才能解决粮食不安全问题。

45. 网络机制是促进知识共享和传播的一种办法。粮农组织支持在许多区域建立了水产养殖网络，如亚太水产养殖中心网（NACA）、非洲水产养殖网（ANAF）、中东欧水产养殖中心网（NACEE）、密克罗尼西亚可持续水产养殖协会（MASA）、美洲水产养殖网（RAA）。还有促进水产养殖创新的区域间网络，如渔业和水产养殖创新平台（FAIP）、挪威海鲜联合会等。建立这些网络旨在改善研究机构和业界之间的沟通，并确定水产养殖部门的相关研究和交流计划应优先考虑哪些方面。网络合作机制的另一个长期影响是，海产品行业逐渐对研发普遍持更加积极的态度<sup>71</sup>。

46. 建立产业联盟是促进本区域或各区域水产养殖创新的另一个重要办法。水产养殖行业已成立很多全球性联盟，如欧洲强化绿色水产养殖联合会（GAIN）、亚欧会议水产养殖平台，以及东盟-中国技术和职业教育培训合作联盟。社交网络是特殊的联网手段，可以为水产养殖业企业家和工人提供机会，来分享知识并与家庭和社会团体保持联系，这种联系在他们出海或需要为捕鱼/养殖活动而迁徙时尤其重要。

47. 创新技术转让和推广面临的一大新挑战，是气候和其他全球变化的不确定性越来越大<sup>72</sup>。能力发展是粮农组织在“提供技术支持，促进技术转让和能力建设”使命下的核心职能之一，是潜在的解决办法提供方式。能力发展指“人、组织和社会作为一个整体不断地发挥、加强、创造、调整和保持能力的过程”；传统上与知识传播和人员培训有关，但也是一个复杂、非线性和长期的变革过程，并非任何单一因素（如信息、教育和培训、技术援助、政策咨询等）可以实现<sup>73</sup>。通过农民田间学校，在各地实施了水产养殖创新技术转让<sup>74, 75</sup>。

48. 饲料创新网络节点（FIN）是为美洲、中国和东南亚主要养殖国家提供信息服务的。饲料创新网络点可以指导对本地物种的饲料进行成分评估，并在成分数据库中共享效用数据。定期举行区域会议和电话会议，为知识交流提供一个论坛。

---

<sup>71</sup> Valvåg, O.R.通过网络进行技术转让：挪威海产品行业的经验。粮农组织渔业通函。第 1004 号。罗马，粮农组织。2005。第 14 页。<http://www.fao.org/3/a-a0012e.pdf>

<sup>72</sup> Barange, M., Bahri, T., Beveridge, M.C.M., Cochrane, K.L., Funge-Smith, S., Poulain, F.（编辑）。“气候变化对渔业和水产养殖的影响”。粮农组织渔业及水产养殖技术文件，第 627 号。罗马。粮农组织，ISBN 978-92-5-130607-9。<http://www.fao.org/3/I9705EN/i9705en.pdf>

<sup>73</sup> 全组织能力建设战略。<http://www.fao.org/3/a-k8908e.pdf>

<sup>74</sup> Halwart, M., Settle, W. 2008。圭亚那和苏里南农民田间学校的参与式培训和课程编制。水稻病虫害综合管理和水产养殖实地指南。罗马，粮农组织。第 122 页。<http://www.fao.org/3/a-ba0031e.pdf>

<sup>75</sup> 通过区域稻米倡议和南南合作建设稻田养鱼综合系统的能力：<http://www.fao.org/3/a-i7239e.pdf>

## 知识产品与分享

49. 粮农组织作为一个知识中心，致力于将水产养殖技术创新整合到知识产品中，如基于网络的知识工具和工具、视频、书籍、会议记录、海报、手册、说明书、便携式培训包等。粮农组织还致力于通过组织关于农业创新的全球或区域专题研讨会、政策对话、会议和研讨班，来促进成员之间的交流，以提高人们对水产养殖创新的认识，交流良好操作规范和示范试点项目。另一方面，粮农组织负责出版知识产品，提供以联合国所有语文编写的重要出版物，并可翻译成当地语言，供受众广泛阅读。

50. 国际和国家两级的组织和机构，如国际农业研究磋商组织机构、政府机构、学术界和大学、技术示范站和职业学校，出版了许多关于水产养殖创新的知识产品，旨在提供给私营部门和小农商业养鱼户提高人力资源能力、更新水产养殖知识和获得最新的实用技能。目前，在信息往往是分散和零碎的情况下，特别是在交叉学科创新平台和知识中心，水产养殖知识可以有更好表现和联系<sup>76</sup>。协作和伙伴关系可以促进更广泛地获得创新知识产品，使更多的利益相关方受益。粮农组织鼓励在水产养殖创新方面更多地交流和知识分享。

## 征求指导意见

51. 请分委会：

- 肯定水产养殖技术创新在提高效率、降低环境影响和应对气候变化方面的重要性。
- 分享水产养殖技术创新的经验（包括成功案例和经验教训）。
- 提供咨询意见，鼓励国际社会，特别是现有的水产养殖网络，加强在水产养殖创新知识产品整合、更新和交流方面的合作，以提高资源利用效率，应对环境和气候变化问题。
- 提供指导意见，呼吁增加专门财政资源，加强技术支持，以推广水产养殖技术创新，促进各种机制（如技术合作项目、建立网络、南南合作或公私伙伴关系）的建设。

---

<sup>76</sup> 如热带水产养殖平台：<http://www.tapipedia.org/search/tap>