

彭诗瑶,刘琼峰,杨友才,等. 稻鱼共作模式效益评价指标体系的构建——以湖南省辰溪县为例[J]. 江苏农业科学,2018,46(24):442-444.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.24.112

稻鱼共作模式效益评价指标体系的构建 ——以湖南省辰溪县为例

彭诗瑶^{1,2}, 刘琼峰³, 杨友才¹, 鄢贤梦¹, 周金玉⁴, 肖和艾², 李明德³, 吴海勇³, 谷 雨³

(1. 湖南农业大学生物科学技术学院, 湖南长沙 410128; 2. 中国科学院亚热带农业生态研究所, 湖南长沙 410125;

3. 湖南省土壤肥料研究所, 湖南长沙 410125; 4. 湖南省辰溪县农业局, 湖南辰溪 419500)

摘要:采用层次分析法和指标权重法,从经济效益、生态效益和社会效益 3 个方面对稻鱼共作模式的效益进行定量综合评价,并以湖南省辰溪县为例进行实证研究。结果表明:辰溪县稻鱼共作模式能增效 15 000 ~ 30 000 元/hm²,增加 5% ~ 10% 的水稻产量,同时收获 450 ~ 1 500 kg 水产品,使农药、化肥的使用量分别减少 68%、24%,从而提高了土地利用率。辰溪县稻鱼共作模式经济效益指数为 3.50,生态效益指数为 0.93,社会效益指数为 0.45,综合效益指数为 4.88,与单种水稻相比,经济效益、生态效益和综合效益明显。

关键词:稻鱼共作;效益评价;指标体系;生态农业;循环农业;定量综合评价

中图分类号: F323.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)24-0442-03

我国是世界上稻鱼共作最发达的国家,从南到北,从东到西,从平原到丘陵,凡是能种植水稻的地方,都有稻田养鱼的分布。总体上我国的稻鱼共作生产可以被划分为以下 3 个发展阶段:零星分散、自生自养阶段;人工精养、规模经营阶段;因地制宜、生态高效阶段^[1-2]。稻鱼共作生产在取得显著经济效益的同时,也带来了土壤肥力提高、稻区蓄水抗灾能力加强、环境污染减轻、稻鱼产品质量提高、市场竞争力增强等一系列生态效益和社会效益^[3-7]。近年来,稻鱼共作面积在我国急剧上升,已成为农业产业结构调整的重点方向。国内外已有的相关研究主要侧重于稻鱼共作系统中水稻品种的合理选用以及栽培管理措施等方面,而对于稻鱼生态种养模式综合效益评价的研究较少^[8-11]。本研究以湖南省怀化市辰溪县为例,拟采用层次分析法(AHP)和指标权重法,从经济效益、生态效益和社会效益 3 个方面对稻鱼共作模式的效益进行定量综合评价,旨在为该模式的理论体系与应用实践提供科学参考。

1 稻鱼共作模式的内涵

稻鱼共作生态系统是以稻作水田为条件,以种稻为中心,充分利用稻田立体空间与光、热、水及生物资源的高效人工湿地生态系统。这种模式将种植业与养殖业有机结合起来,最大限度地提高稻田产出率,已经成为我国南方稻作区提高水稻栽培产量和生态经济效益的一种主要种养模式^[11]。该模

式即在水稻生长季节利用稻田的浅水环境加入人工调控措施,把水稻和鱼、种植与养殖有机地组合在一起,形成一个共生的复合生态系统,不仅不影响各自组分的生长,而且水稻和鱼有相互促进、互惠互利的功效,能促进物质能量循环,实现系统的良性循环^[12-14]。稻鱼共作模式是应用稻田养鱼、鱼养稻、稻鱼共生的理论,有意识地利用生物种群、群落之间的生存竞争及动态协同,从而控制和调节稻田生态系统中物质循环和能量转化,将原有的稻田生态系统向更有利的方向转化,并且充分利用新的生态系统,发挥其共生互利的作用,使稻田生态系统产生更大的“承载力”,为人类提供更多的产品^[15-17]。稻鱼共作生态系统具备了和谐的结构,能高效经济地利用物质以及巧妙地安排能量的传输和转换,既能适应当地自然条件和弹性波动,又有一定的净化环境污染的能力。

2 研究区概况

辰溪县位于湖南省西部、怀化市北边,全县土地总面积为 19.90 万 hm²,总耕地面积为 2.18 万/hm²,稻田面积为 1.8 万/hm²。稻鱼共生模式是辰溪县的一种传统农业生产形式,该模式充分挖掘稻田生态系统的生产潜力,通过生态种养,绿色防控,可以减少化肥农药的使用量,从而降低成本,减少污染,提高稻米和鱼的产量和品质^[18]。稻鱼共作生态种养模式是辰溪县(包括辰阳镇、孝坪镇、田湾镇、船溪乡等 23 个乡镇)主导农业生产模式,根据实地调研,辰溪县稻鱼共作模式下水稻平均产量为 7 690.5 kg/hm²,稻谷产值为 22 302 元/hm²,纯收入为 9 477 元/hm²;与单种水稻相比,水稻稻谷产量增加 763.5 kg/hm²,增幅为 11%,稻谷产值增加 2 907 元/hm²,种稻成本减少 2 025 元/hm²,稻谷纯收入增加 4 932 元/hm²。鲜鱼平均产量为 766.5 kg/hm²,鲜鱼产值为 31 426.5 元/hm²,鲜鱼纯收入为 24 930 元/hm²;与单种水稻相比,鲜鱼增产 766.5 kg/hm²,鱼产值增加 31 426.5 元/hm²,养鱼成本减少 6 496.5 元/hm²,鱼纯收入增加 24 930 元/hm²。稻鱼共生模式合计产值为 53 728.5 元/hm²,

收稿日期:2018-03-18

基金项目:国家“十二五”科技支撑计划(编号:2012BAD14B17);辰溪县堍门村科技助力示范项目。

作者简介:彭诗瑶(1991—),女,湖南益阳人,硕士研究生,主要从事农业生态与循环农业研究。E-mail:psyl66@sina.com。

通信作者:杨友才,博士,教授,主要从事农业与环境生态研究, yangyc163@163.com;刘琼峰,博士,副研究员,主要从事土壤资源利用与生态循环农业、农田重金属生态风险评估方面的研究, E-mail:lqf925@163.com。

纯收入为 34 407 元/hm²,与单种水稻相比,增加产值 34 333.5 元/hm²,增加纯收入 29 862 元/hm²。如果对稻米和鱼进行精加工还可实现二次增值,纯收入可达 6 万元/hm² 以上,与单种稻相比可节本增效 45 000 元/hm² 以上。

3 稻鱼共作模式的技术流程

稻鱼共作模式的具体流程如图 1 所示,水稻于 4 月 20 日左右播种,5 月 20 日左右插秧,鱼苗可以在插秧后 10~15 d 放养,也可于 3 月中下旬在空闲田先暂养,等大田移栽后 10~15 d 再转移到大田养殖,选择较大规格的鱼苗并适当增加放养数量,选择 2 指宽、10 cm 长的鱼苗放养,以利于提高鱼的成活率,可适当增加放养数量,放养密度为 3 000~4 500 尾/hm²。稻田施肥以有机肥为主,化肥为辅,施足基肥,施优质厩肥 11 250~15 000 kg/hm²,45% 缓控释肥 300 kg/hm²;移栽后 5~7 d 及时施分蘖肥,施充分发酵后的猪牛粪 2 250~3 000 kg/hm² (或鸡粪 750 kg/hm²),全田撒施,施尿素 75 kg/hm²、氯化钾 75 kg/hm²;幼穗分化始期施穗肥,根据禾苗长势,施尿素 45 kg/hm²,氯化钾 45 kg/hm²。禾

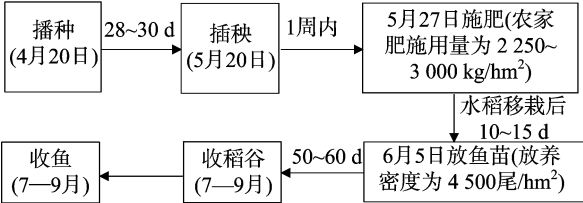


图1 稻鱼共作模式技术流程

苗旺长不施尿素,仅施钾肥。7 月下旬收割稻谷,7 到 9 月可以收稻花鱼。

4 稻鱼共作模式效益评价指标体系的构建

4.1 研究内容与试验年份

本研究采用层次分析法及权重分析法,选取评价指标计算出效益评价指数,从经济效益、生态学效益、环境效益 3 个方面进行研究。试验时间为 2017 年 3 月至 2018 年 3 月。

4.2 评价指标因子的选取

通过结合稻鱼共作模式的技术流程与循环经济发展评价指标体系设计的原则,筛选出 13 个指标因子构成树形结构的稻鱼共作模式效益评价指标体系的基本框架(表 1),采用层次分析法从经济、社会和生态效益 3 个方面考虑构建稻鱼共作模式综合效益评价指标体系,该体系由目标层 A、准则层 B 和方案层 C 构成,将稻鱼共作模式综合效益定为目标层,将经济效益、社会效益和生态效益设为准则层,将各单项指标设为方案层。在借鉴其他学者相关研究成果的基础上,根据数据的可获取性,确定评价指标因子^[19-23]。

4.3 评价指标权重的确定

指标权重的确定方法是先采取专家打分法,对所列指标进行两两比较重要程度而逐层进行判断评分,构造判断矩阵,然后利用方根法求得最大特征根对应的特征向量,得到单项指标对总目标的重要性权值,经过层次单排序及一致性检验和层次总排序及一致性检验,计算出稻鱼共作模式的综合效益评价指标权重。

表 1 稻鱼共作模式综合效益评价指标体系基本框架及权重

目标层 A	准则层 B	指标权重	方案层 C	指标说明	单因子权重	组合权重 W ₁ ~W ₁₃
稻鱼共作模式综合效益	经济效益指标 (B ₁ ~B ₆)	0.584	C ₁ :农民人均纯收入(元/人)	农民人均总收入-人均费用性支出	0.199	0.116
			C ₂ :单位播种面积农业 GDP(即国内生产总值,万元/hm ²)	农业总产值/稻田面积	0.055	0.032
			C ₃ :单位面积产值(元/hm ²)	稻鱼产值/耕地面积	0.199	0.116
			C ₄ :经济产投比(%)	(产出/投入)×100%	0.344	0.201
			C ₅ :单位面积田水稻的产量(kg/hm ²)	单位面积田水稻的产量	0.107	0.063
			C ₆ :单位面积养鱼的产量(kg/hm ²)	单位面积田养鱼的产量	0.096	0.056
	生态效益指标 (B ₇ ~B ₁₀)	0.282	C ₇ :单位面积化肥施用量(kg/hm ²)	化肥施用纯量/稻田面积	0.475	0.134
			C ₈ :单位面积农药施用量(kg/hm ²)	农药实物量/稻田面积	0.275	0.077
			C ₉ :秸秆产量(万 t/hm ²)	稻谷产量×0.97	0.092	0.026
			C ₁₀ :秸秆还田率(%)	[(水稻秸秆还田量+小麦秸秆还田量)/小麦水稻秸秆总量]×100%	0.158	0.045
	社会效益指标 (B ₁₁ ~B ₁₃)	0.135	C ₁₁ :人均粮食产量(kg/人)	粮食产量/人口	0.584	0.079
			C ₁₂ :农村从业人数(万人)	农村从业人数	0.281	0.038
			C ₁₃ :人均耕地面积(hm ² /人)	耕地面积/总人口	0.135	0.018

4.4 原始数据的标准化处理

本研究所涉及统计数据的采集途径主要包括 2014—2017 年《湖南农村统计年鉴》和怀化市辰溪县农业局的调研数据。数据的标准化处理采用目标值方法,各指标目标值的确定分为 3 种情况:一是具有国际可比性的指标,参考高收入

城市的现阶段水平;二是在辰溪县相关文件或规划中已设定发展目标的指标,取既定目标作为目标值;三是 2020 年末应达到的状态为目标值^[24];四是来自《湖南农村统计年鉴》的具有可比性的指标。测算方法如下:

正向指标: $X_i = a_i/A_i \times 100$,极大值法(理想值法);负向

指标: $X_i = A_i / a_i \times 100$, 极小值法(理想值法); 适度指标(双向指标): $X_i = (1 - |A_i - a_i| / A_i) \times 100$, 差值法。其中: a_i 为指标初始实际值; A_i 为指标的目标值。此外, 实现度超过 100% 时, 一律按 100% 计算。

4.5 评价模型的构建

本研究确定了稻鱼共作模式综合效益评价指标体系及各指标的权重, 再将数据标准化处理后, 得到计算稻鱼共作模式综合效益评价的模型如下: $P = \sum_{i=1}^{13} C_i W_i$; $E = \sum_{i=1}^6 C_i B_i$; $F = \sum_{i=7}^{10} C_i B_i$; $S = \sum_{i=11}^{13} C_i B_i$ 。

式中: P 为综合效益指数; E 为经济效益指数; F 为生态效益指数; S 为社会效益指数; C_i 为第 i 个指标的分值; W_i 为组合权重值; B_i 为经济效益、生态效益、社会效益的单因子权重。 $\sum W_i = 1$; $\sum B_i = 1$ 。

辰溪县稻鱼共作模式效益评价指数的计算结果表明, 与单种水稻模式效益评价指数相比, 稻鱼共作模式具有更好的经济效益、生态效益和社会效益。稻鱼共作模式经济效益指数为 3.50, 生态效益指数为 0.93, 社会效益指数为 0.45, 综合效益指数为 4.88。单种水稻模式效益评价指数的计算结果表明, 经济效益指数为 2.24, 生态效益指数为 0.71, 社会效益指数为 0.40, 综合效益指数为 3.35。与单种水稻模式效益指数相比, 稻鱼共作模式的经济效益指数高出很多, 说明稻鱼共作模式在促进经济发展方面起到了很好的作用。生态效益指数较高于单种水稻模式, 而社会效益指数在 2 种模式间相差不大。

5 结论

稻鱼共作模式充分挖掘稻田生态系统的生产潜力, 通过生态种养, 绿色防控, 可以减少化肥农药使用量, 降低成本, 减少污染, 提高稻米和鱼的产量和品质^[25-27]。本研究以辰溪县为例, 通过采用层次分析法和指标权重法, 从经济效益、生态效益和社会效益 3 个方面对稻鱼共作模式的效益进行了定量综合评价。结果表明, 与单种水稻模式效益评价指数相比, 稻鱼共作模式具有更好的经济效益、生态效益和社会效益。辰溪县稻鱼共作模式能增效 15 000 ~ 30 000 元/hm², 增加 5% ~ 10% 的水稻产量, 同时收获 450 ~ 1 500 kg/hm² 水产品, 分别使农药、化肥的使用量减少 68%、24%, 并提高土地利用率。稻鱼共作模式经济效益指数为 3.50, 生态效益指数为 0.93, 社会效益指数为 0.45, 综合效益指数为 4.88, 与单种水稻相比, 经济效益指数明显提高, 生态效益指数也有一定的提高, 综合效益指数明显提高。

稻鱼共作模式融合我国传统的精耕细作农业、生态农业和现代低耗高效农业于一体, 实现了稻鱼互利共生, 是一种有利于生产符合无公害、绿色食品标准的稻鱼产品的高效生态农业模式。

参考文献:

- [1] 杨 勇. 稻渔共作生态特征与安全优质高效生产技术研究[D]. 扬州: 扬州大学, 2004.
- [2] 胡小军. 稻渔共作水稻生态生理特征及优质高产无公害生产技术研究[D]. 扬州: 扬州大学, 2005.
- [3] 郑永华, 邓国彬, 卢光敏. 稻鱼鸭复合生态经济效益的初步研究

- [J]. 应用生态学报, 1997, 8(4): 431-434.
- [4] 刘某承, 张 丹, 李文华. 稻田养鱼与常规稻田耕作模式的综合效益比较研究——以浙江省青田县为例[J]. 中国生态农业学报, 2010, 18(1): 164-169.
- [5] 李嘉尧, 常 东, 李柏年, 等. 不同稻田综合种养模式的成本效益分析[J]. 水产学报, 2014, 38(9): 1431-1438.
- [6] 李学军, 乔志刚, 聂国兴. 稻-鱼-蛙立体农业生态效益的研究[J]. 生态学杂志, 2001, 20(2): 37-40.
- [7] 方 丽, 章家恩, 蒋艳萍. 全球重要农业文化遗产-青田县稻鱼共生系统保护与可持续发展之思考[J]. 中国农学通报, 2007, 23(2): 389-392.
- [8] 杨治平, 刘小燕, 黄 璜, 等. 稻田养鸭对稻鸭复合系统中病、虫、草害及蜘蛛的影响[J]. 生态学报, 2004, 24(12): 2756-2760.
- [9] 陈飞星, 张增杰. 稻田养蟹模式的生态经济分析[J]. 应用生态学报, 2002, 13(3): 323-326.
- [10] 杨 勇, 张洪程, 胡小军, 等. 稻渔共作水稻生育特定及产量形成研究[J]. 中国农业科学, 2004, 37(10): 1451-1457.
- [11] 甄若宏. 稻鸭(萍)共作系统的主要生态环境效应及其作用机制研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2007.
- [12] 黄 梅. 免耕稻-鸭生态种养模式及综合效益研究[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2003.
- [13] D'Oultremont T, Gutierrez A P. A multitrophic model of a rice-fish agroecosystem: II. Linking the flooded rice-fishpond systems[J]. Ecological Modelling, 2002, 155(2/3): 159-176.
- [14] D'Oultremont T, Gutierrez A P. A multitrophic model of a rice-fish agroecosystem: I. A tropical fishpond food web[J]. Ecological Modelling, 2002, 156(2/3): 123-142.
- [15] 倪达书, 汪建国. 我国稻田养鱼的新进展[J]. 水生生物学报, 1988, 12(4): 364-375.
- [16] 孙业红, 闵庆文, 成升魁. “稻鱼共生系统”全球重要农业文化遗产价值研究[J]. 中国生态农业学报, 2008, 16(4): 991-994.
- [17] 曹志强, 梁知洁, 赵艺欣, 等. 北方稻田养鱼的共生效应研究[J]. 应用生态学报, 2001, 12(3): 405-408.
- [18] 张承元, 单志芬, 赵连胜. 略论稻田养鱼与农田环境[J]. 生态学杂志, 2001, 20(3): 24-26.
- [19] 胡艳霞, 李 红, 王 宇, 等. 北京郊区多目标产出循环型农业效益评估——以房山区南韩继大型养猪-沼气生态经济系统为例[J]. 中国农学通报, 2009, 25(9): 251-257.
- [20] 赵 波, 李根荣. 区域农业循环经济评价指标体系构建与实证研究[J]. 农机化研究, 2012, 4(4): 8-12.
- [21] 盛 婧, 陈留根, 朱普平. 稻麦轮作农田生态系统服务功能价值评估[J]. 中国生态农业学报, 2008, 16(6): 1541-1545.
- [22] 袁伟玲, 曹凑贵, 李成芳, 等. 稻鸭、稻鱼共作生态系统 CH₄ 和 N₂O 温室效应及经济效益评估[J]. 中国农业科学, 2009, 42(6): 2052-2060.
- [23] 章家恩, 陆敬雄, 张光辉, 等. 鸭稻共作生态农业模式的功能与效益分析[J]. 生态科学, 2002, 21(1): 6-10.
- [24] 王爱玲, 周连第, 文 化. 北京市循环农业综合评价与分析[J]. 中国农学通报, 2012, 28(29): 176-180.
- [25] Rothuis A J, Vromant N, Xuan V T, et al. The effect of rice seedling rate on rice and fish production, and weed abundance in direct-seeded rice-fish culture[J]. Aquaculture, 1999, 172(3/4): 255-274.
- [26] Vromant N, Nhan D K, Chau N T H, et al. Can fish control planthopper and leafhopper populations in intensive rice culture? [J]. Biocontrol Science and Technology, 2002, 12(6): 695-703.
- [27] 袁伟玲, 曹凑贵, 汪金平, 等. 稻鱼共作生态系统浮游植物群落结构和生物多样性[J]. 生态学报, 2010, 30(1): 253-257.