

中国水产综合养殖 理论与实践

中华人民共和国农业部水产司养殖增殖处

中国水产学会科普工作委员会

主编

科学普及出版社

中国水产综合养殖理论与实践

农业部水产司养殖增殖处

中国水产学会科普工作委员会

主编

科学普及出版社

内 容 提 要

本书为农业部水产司于1991年11月、12月在无锡和宁波举办的“淡水、海水综合养殖研讨会”上有关专家、教授和生产单位同志提供的部分技术资料汇编。主要内容为我国淡水综合养殖和虾池综合利用的基础理论、生产技术以及综合养殖中如何搞好病害防治等方面的知识。

可供从事水产养殖生产、科研、技术推广和管理工作的同志及水产院校的师生参考使用。

中国水产综合养殖理论与实践

农业部水产司养殖增殖处 主编
中国水产学会科普工作委员会

责任编辑：史晓红

封面设计：周秀璋

正文设计：王守祯

*

科学普及出版社出版（北京海淀区白石桥路32号）

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

北京昌平百善印刷厂印刷

*

开本：787×1092 毫米 1/16 印张：18 字数：420千字

1992年11月第1版 1992年11月第1次印刷

印数：1—2000册 定价：10.00元

ISBN 7-110-02613-2/S·249

序

我国浅海、滩涂和内陆水域辽阔，具有发展水产养殖生产优越的自然条件。自党的十一届三中全会以来，我国水产养殖生产，在改革、开放创造的良好经济环境下，在各级领导和有关部门的重视支持下，经过广大水产科技人员、养殖生产者的积极努力，取得了很大的成就，现在养殖产量和捕捞产量已经处于1:1的水平。水产养殖业的迅速发展，不仅促进了渔农村经济的繁荣、农村产业结构的调整和渔民生活水平的提高，而且明显加快了水产外向型经济的发展，改善了国内城乡市场水产品的供应，丰富了人民的菜篮子。

近几年来，各地在发展水产养殖生产过程中，继承和发扬了中国传统养鱼的宝贵经验，创造出成本低、产出高、合理利用自然资源、保护生态平衡的养殖模式，采用的主要技术措施就是进行多品种、多规格混养、轮养、间养、渔农牧副结合，种养加配套的多层次相互促进、协调发展的综合养殖技术。实行综合养殖，适合我国耕地少、人口多、底子薄的国情，其经济效益、社会效益、生态效益十分显著。

今后的水产养殖业应朝着高产、优质、高效的方向发展，实现这个目标需要依靠科技进步。为了推广各地在生产实践中形成的多种多样的综合养殖生产方式、经验和技术，不断提高养殖技术水平和经济效益，农业部水产司于1991年11月、12月分别在江苏省无锡市和浙江省宁波市举办了“淡水综合养殖技术研讨班”、“海水综合养虾技术研讨班”，请有关专家、教授和生产单位的同志就近几年淡水综合养殖和虾池综合利用的基础理论、生产技术以及发展综合养殖如何搞好病害防治等方面的知识进行了专题讲座和讨论。现将有关技术资料汇编成册，供从事水产养殖生产、科研、技术推广和管理工作的同志们参考使用，共同为促进我国水产养殖生产的进一步发展，作出更大的贡献。



1992年3月

前 言

中国淡水养鱼的特点之一是综合养鱼，以养鱼为主，养鱼与农业、畜牧业、林果业和加工业等综合经营，形成生态的、经济的良性循环。这种综合养鱼的生产方式，不仅在淡水养鱼区深受欢迎，近年在海水养殖生产中也蓬勃发展。综合养殖的实践，展示了无限的生命力和发展的广阔前景，是水产养殖业的发展方向。

但是，当前的综合养殖，基本上还处于经验阶段，对其基础理论的研究还很不够，如何运用生态学，经济学原理去指导综合养殖还有待于深入研究。为了开展和加强这方面的工作，农业部水产司特于1991年11月、12月分别举办了淡水、海水综合养殖研讨班，并将研讨资料汇编成此书，以期在总结经验的基础上，把综合养殖提高到一个新水平。

该书的汇编工作由农业部水产司养殖增殖处中国水产学会科普工作委员会共同承担，参加编审工作的同志有：朱述渊、孙喜模、丁晓明、陈学洲、樊祥国、岑丰、刘玉萍、王德芬、张继武、钱银龙等。中国水产学会李庆斋、郭继娥等同志为该书的尽快出版做出了积极的努力。在汇编过程中得到了各地水产主管部门和专家的大力支持，在此一并致谢。希望读者指正，以帮助我们今后的工作搞得更好。

编者

1992年

目 录

序
前言

钱志林

淡 水 篇

综合养鱼的原理和实践	杨华祝	(3)
综合养鱼	谭玉钧等	(16)
论中国综合养鱼生态工程的特点原理及其主要技术	姚宏禄	(26)
关于综合养鱼的若干问题	张幼敏	(32)
发展渔场综合经营 提高渔业整体效益	上海市嘉定县畜牧水产局	(46)
连片鱼塘连续三年生态经营的剖析	周忠能等	(48)
浅谈生态养鱼的原理与特点	李荣福	(54)
南京市水产综合养殖情况	南京市多种经营管理局水产处	(57)
能量投入产出研究在渔业上的应用	章剑	(60)
建设生态渔业 提高综合效益	吴松林	(64)
综合养鱼的实践与理论探索	周胜国等	(69)
沂山区联合渔场生态工程	王美珍等	(72)
综合养殖模式与效益的初步探讨	南昌市郊区畜牧水产局	(77)
建立渔、猪、果经营模式,高效益发展生态渔业	闻德辉等	(79)
洞庭湖区鱼、畜、禽复合养殖工程技术初探	李文亮等	(85)
生态渔业——水产业发展的必由之路		
——记洪山区北港村魏辉武渔业联合体	武汉市洪山区水产局	(90)
推广综合生态养殖 提高养鱼经济效益	茂名市水产局	(92)
鱼鸭套养示范推广技术总结	广西鱼鸭套养项目实施组	(94)
山东省淡水渔业综合开发情况介绍	山东省水产局	(101)
平阴渔牧场综合养鱼高产、高效技术试验报告	刘树云等	(103)
渔牧农综合开发利用的研究(摘要)	李同国等	(108)
坚持池塘综合利用 促进生态良性循环	黑龙江省水产局	(110)
陕西省“淡水鱼池综合经营试点”项目技术总结	张佑民等	(113)
银川地区综合养鱼技术的应用和效益分析	银川市水产局	(119)
利用鸡粪养鱼试验报告	伊宁市水产养殖试验场生态养鱼课题组	(122)
池塘养殖品种结构与商品价值的关系	郭汉青	(126)
池塘主养青、草鱼亩产1000公斤的经济效益浅析	沈行惠	(131)
改善养殖结构 提高经济效益		
——珠江三角洲养殖名优鱼类简介	肖学锦	(135)
利用天然饵料生物在池塘套养名贵鱼	湖南省华容县水产技术推广站	(139)
关于池塘养鱼高产、高效路子的探讨	吴金坤	(141)

珠江三角洲土池养鳊概况及其发展前景·····	黄樟翰等	(147)
关于池塘天然、施肥、投饵鱼产力的研究		
——兼论细菌、腐屑的饵料价值(摘要)·····	史洪芬	(150)
从改革养殖制度着手提高池塘经济效益的有效途径·····	王泉芳等	(153)
“五改”与池塘渔业经济效益问题的探讨·····	李勤福等	(161)
池塘生态环境的恶化及其对策的探讨·····	周保中	(164)
小庄园中“鱼——畜——果——草”综合效益的初步探讨·····	王志尧	(167)
综合提高封闭式运鱼率的研究(摘要)·····	张筱兰等	(171)
运用生态经济学原理建设中国特色淡水养殖生产体系·····	丁晓明等	(176)

海 水 篇

河北省对虾池塘综合利用的现状 & 前景·····	河北省畜牧水产局	(183)
提高养虾技术降低成本促进养虾业的发展·····	天津市水产局	(187)
全面推广发展多品种、多造次对虾养殖模式是广东对虾养殖		
取得高产、高效益的可靠途径·····	广东省水产局对虾养殖办公室	(191)
虾池综合利用使对虾养殖业走出困境·····	广西壮族自治区水产局	(197)
虾池综合利用技术的探讨·····	大连市水产局	(199)
以科技进步为动力 以挖掘内涵潜力为导向促进我市养虾业的不断		
发展·····	青岛市水产局	(202)
中国对虾与海湾扇贝混养试验报告·····	吴兆林等	(208)
关于虾池综合利用的探讨·····	张起信	(211)
虾池混养贝类技术·····	谭国庆等	(215)
培育沙蚕作主饵的生态养虾技术·····	王道和等	(218)
虾贝混养试验技术·····	乳山县水产局	(221)
对虾文蛤混养技术·····	于志华等	(223)
探索虾贝混养新路 提高虾池综合利用率·····	江苏省大丰县水产局	(226)
中国对虾二茬养殖技术开发试验报告·····	江苏省射阳县水产研究所	(229)
虾塘多元化利用的前景·····	顾庆庭	(232)
浅谈对虾塘的综合利用·····	王存国等	(235)
虾塘混养泥蚶技术·····	吴树敬	(239)
虾塘综合利用的效益与技术措施·····	宁海县水产局	(242)
综合利用虾塘 提高养虾效益·····	浙江省玉环县水产养殖公司	(245)
双季养虾的几点浅议·····	浙江省东清县水产局	(247)
海水综合养虾概况及其生产技术的探讨·····	林定秋	(250)
浅谈虾与几种贝的混养技术·····	陈明达等	(254)
对虾多造养殖的若干技术措施·····	李德等	(257)
斑节对虾低耗高效养殖技术·····	广东省海康县两水一牧办公室	(261)
积极开展虾池综合利用 努力提高养虾经济效益·····	汕头市水产局	(264)
潮上带斑节对虾高产养殖试验报告·····	吴序运等 张栋国	(267)
大力开展虾池综合利用 充分挖掘虾池生产潜力·····	孙喜模	(272)

淡 水 篇

综合养鱼的原理和实践

中国水产科学研究院淡水渔业研究中心

杨华祝

亚太地区综合养鱼研究和培训中心

中国淡水养鱼的特点之一是综合养鱼 (integrated fish farming), 即以养鱼业为主, 养鱼与农业、畜牧业和农副产品加工业综合经营及综合利用的生产形式。“综合养鱼”是1976年引入我国的外来语。目前国内多采用这一概念, 但近几年也有称生态渔业等。笔者认为称综合养鱼为佳。理由有二: 其一, 为便于与国外交流, 应统一称综合养鱼, 而生态渔业对国外尚难理解; 其二、综合养鱼不但研究生态学, 研究物质能量流和生态系统相对平衡, 而且还研究社会经济学和经营管理学; 不但包括鱼畜禽养殖, 还包括产品加工和流通, 这是生态渔业所无法包含的。

中国综合养鱼具有悠久的历史。公元前2~1世纪古文献《玉壶冰》已有水生果蔬种植与养鱼综合的纪录。公元9世纪刘岫的《岭表录异》中阐述了稻田养鱼中稻鱼共生的初步理论。公元9世纪前珠江三角洲已有果基鱼塘, 16世纪则有了繁盛的桑基鱼塘。公元17世纪初出版的著名学者徐光启的《农政全书》记载了“江西养鱼法”, 其中详细介绍了养鱼和荇草 (*Nymphoides peltatum*) 轮作, 并用荇草养鱼。其中还详细介绍了鱼——畜综合, 以及畜粪在鱼池中的转化。又介绍了养鱼与“播谷种蔬, 树植蚕缲”的综合经营。这些说明了在公元16世纪中国已有了组织鱼草轮作和鱼畜综合的生产实践, 以及养鱼与多种专业综合的丰富经验。清代张履祥在《补农书》中记载了太湖流域多种专业与养鱼综合的良性生态结构。从本世纪70年代后期开始, 随着综合养鱼研究的发展和技术普及, 以及联合国计划署UNDP和加拿大IDRC等国际组织的支持, 应用综合养鱼技术的区域更广泛, 现在综合养鱼不仅在中国南方, 而且在北方也广泛采用; 并已在世界范围推广。

中国综合养鱼的形式多样, 内容丰富。按照投入物质的流向可分为下列六种类型: ①鱼——农型; ②鱼——畜/禽型; ③鱼——畜——农型; ④基塘体系型; ⑤多层次综合利用型; ⑥鱼——工——商型。现分述于下。

一、鱼——农综合类型

这是中国综合养鱼最基本的类型。因作物种类不同和种植地点不同又可分为三个子类型: 第一, 养鱼与陆生作物种植结合。绝大多数鱼场都有此类型。通常在饲料地、池埂及其斜坡、以及零星土地种植陆生饲料作物。近几年随着立体农业的发展, 有些鱼场在饲料作物间还栽种了果树。第二, 养鱼与水生作物种植结合。多在我国南方。在鱼场附近河、湖、沟、洼和池塘养殖水生饲料作物和果、蔬。第三, 鱼草轮作。冬春在空闲的鱼种池和干露的湖滩种植牧草, 割后用于养鱼, 最后一茬再生苗经水淹后作绿肥肥水, 用于培育滤、杂食性鱼的鱼种或食用鱼。

1. 主要作物品种及其效益

水陆生饲料作物主要品种见表1。选择作物品种的原则是：产量高（75吨/公顷以上），养分高，病害少，易管理。陆生作物还要求根幅半径大于20厘米。目前陆生饲料中效益最佳、最普遍的是黑麦草与苏丹草（或杂交狼尾草）轮作。广东等南方省份种象草效益亦佳。

鱼农综合类型主要水陆生饲料作物品种

表 1

品 种	播种期 (月份)	播种方法	播种量 (公斤/公顷)	生长期 (月份)	用途	产 量 (鲜重, 吨 /公顷)	饲料系数 (鲜重)
黑麦草 <i>Lolium multiflorum</i>	9~10	撒播或移栽	30~45	11~5	叶、茎作饲料	75~150	17~23*
苏丹草 <i>Sorghum vulgare var sudanese</i>	5	撒 播	40~60	6~10	叶、茎作饲料	150~225	19~28*
象 草 <i>Penisetum purpureum</i>	3~8	扞 插	120000~135000 株(扞插苗)	4~10	叶、茎作饲料	225~450	30~40
杂交狼尾草 <i>Penisetum americanum</i> x <i>Pennistum purpureum</i>	4~5	扞插或育苗移栽	45000~60000株 (扞插苗)	6~10	叶、茎作饲料	225~300	25~30
紫花苜蓿 <i>Medicago sativa</i>	3~6	撒 播	12~15	4~10	叶、茎作饲料 或绿肥	45~90	25~30
红、白车轮草 <i>Trifolium pratense & repense</i>	8~9	撒 播	12~15	4~10	叶、茎作饲料 或绿肥	60~90	25~30
苦苣菜 <i>Lactuca indica</i>	3~8	撒 播	15~22.5	5~10	叶、茎作饲料	75~112.5	30~35
青 菜 <i>Brassica chinensis</i>	4~5	撒播或 (每年) 移栽	10.5~45	全年	叶、茎作饲料	30~40 (每茬)	35~40
卷心菜 <i>Brassica oleracea var capitata</i>	3~4	撒播或 (每年) 移栽	10.5~30	全年	叶、茎作饲料	30~40 (每茬)	35~40
大豆 <i>Glycine max</i>	3~4 或6	点播	90~112.5	6~10	豆饼或豆浆作 饲料	0.75~1.95	3*
水葫芦 <i>Eichhirnia crassipes</i>	4~5	移植	4500~7500株 移植苗	6~10	全株作饲料	150~300	45~50*
水浮莲 <i>pistia stratiotes</i>	4~5	移植	1500~3000株 移植苗	6~10	全株作饲料	150~225	45~50

*试验结果，其余根据调查资料总结。

黑麦草刈割高度以40厘米上下为佳。苏丹草和象草以80~100厘米为佳。此时蛋白质含量最高。但苏丹草第一次刈割以60厘米为佳，利于分蘖。割后留茬3~5厘米。这些作物单位面积产量的季节变化能够与鱼类摄食量的季节变化保持一致（图1），而且产量高，成本低。种草养鱼，每公斤草鱼饲料成本只有商品大麦养鱼饲料成本的1/2。水生饲料主要是水葫芦和水浮莲，其次是茭萍、小浮萍和紫背浮萍。水葫芦和小浮莲经青饲料切碎机切碎后用作草食性鱼类的饲料。也可以用打浆机研磨成草浆，用于培育鱼苗和鱼种，以及滤、杂食性鱼的食用

鱼。浮萍类主要用于草食性鱼类的鱼种培育。种水葫芦养鱼，每公斤草鱼饲料成本只有大麦养鱼饲料成本的1/6。也有一些综合鱼场种植粮食作物，但是，相同面积的土地种草养鱼与种粮食养鱼相比，前者可生产的鱼产量是后者的2至3倍。

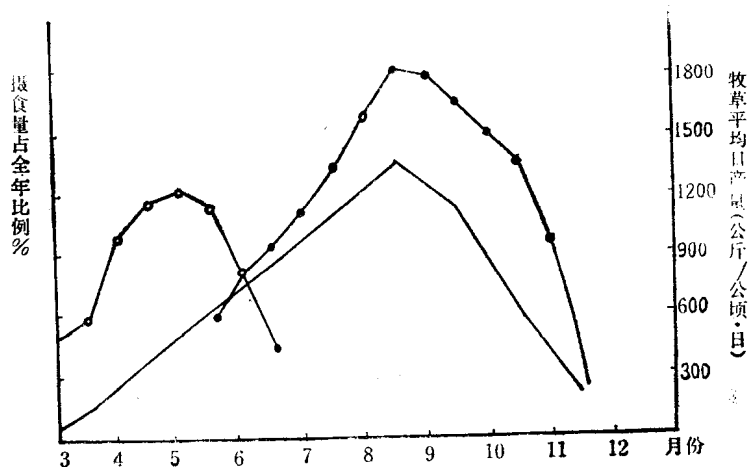


图 1 鱼类摄食量和黑麦草、苏丹草日产量变化

——鱼类摄食变化 —○—黑麦草 —●—苏丹草

2. 鱼农的合理配置

(1) 鱼池和饲料地比例。在饲料自给系统中，根据耕作制度不同，种植面积可分别按下列诸方法计算。

① 非轮作型种植。如常年只种一种饲料，并能被混养的多种吞食性鱼所摄食。例如象草红、白车轮草、青菜等，草食性鱼都能摄食。又如南方有些地区常年种一种谷类，一年种几茬。谷类能被所有吞食性鱼摄食，但各种鱼利用同一种饲料的饲料系数不同。此类情况应按下式计算：

$$S = \sum_{i=1}^n Y_i \cdot F_i \quad (\text{式1})$$

式中：

S——每公顷鱼池需要配备的种植面积（公顷）；

Y_i ——混养鱼池中该饲料所养的各种吞食性鱼的计划产量（公斤/公顷）；

F_i ——该饲料所养各种吞食性鱼的饲料系数；

P——该饲料平均每茬每公顷产量（公斤/公顷·茬）；

N——该饲料连作茬数（ $N \geq 1$ ）。

当该饲料所养各种鱼的饲料系数相近，或者单养一种吞食性鱼，式1可不求总和，而简化为：

$$S = Y \cdot F / P \cdot N \quad (\text{式2})$$

如同时种植几种非轮作型饲料，一是按照鱼类不同食性，用上述二式之一分别计算各饲料种植面积，然后合计；或者取其中一种用量最多，来源最可靠，或几种吞食性鱼都通用的饲料作“标准”，计算上述二式的分子项，即单位面积池饲料需要量：

$M = \sum_{i=1}^n Y_i \cdot F_i$ (或 $M = YF$)，然后取其中不足部分按下式换算成另一饲料需要量：

$$M_b = M_a \cdot F_b / F_a = M_a \cdot R \quad (\text{式3})$$

M_b ——由标准饲料换算成的某饲料量 (公斤/公顷)；

M_a ——标准饲料中待换算的部分 (即不足部分，公斤/公顷)；

F_b ——某饲料的饲料系数；

F_a ——标准饲料的饲料系数；

F_b 和 F_a 必须是养同一种鱼的饲料系数。求得各饲料需要量后，再分别除以式1分母项 $P \cdot N$ ，即得各饲料面积，随之求总面积。当系统内 (鱼场) 饲料供应不足时，式3也可计算需外购的饲料数量。

R ——等效比值，即不同饲料或肥料在相同条件下养鱼，其饲料系数或肥料转化系数的比值。

②轮作型种植。全年采取两种以上饲料作物轮作时，因为各个轮作期的鱼产量难以确定，难以用式1计算，所以设某一轮作期的一种饲料作“标准”，按式1的分子项求“标准饲料”全年的计划需要量，那么某轮作期“标准饲料”需要量 M_a 应按下式计算：

$$M_a = \sum_{i=1}^n Y_i F_{a..i} R, \text{ 或 } M_a = Y F_a R \quad (\text{式4})$$

式中：

Y_i ——以种植饲料所养的各种吞食性鱼的计划净产量 (公斤/公顷)；

F_a ——“标准饲料”的饲料系数；

R ——为该轮作期鱼类摄食量占全年摄食量的比例 (%)。此比例可通过投喂同一种饲料测出。有关这方面资料也较多。如根据资料或试验得知当地各轮作期鱼产量比例，那 R 即为第一轮作期计划净产量比例 (%)。

另一轮作期所种某饲料的需要量按式3推导出的下式计算：

$$M_b = Y F_a (1-R) \cdot F_b / F_a = Y F_b (1-R) \quad (\text{式5})$$

M_b 和 F_b 分别是另一轮作期某饲料的需要量和饲料系数。

概括式4和式5可知，某轮作期某种饲料的需求量等于这种饲料所养的吞食性鱼的全年计划净产量与该饲料的饲料系数以及与该轮作期鱼类摄食量占全年摄食量比例的乘积，或者等于这种饲料所养的吞食性鱼在该轮作期的计划净产量与该饲料的饲料系数的乘积。即下式：

$$M_z = Y_i F_{zi} R_{zi} \text{ 或者表示为 } M_z = (Y_i R_{zi}) F_{zi}, \quad (\text{式6})$$

M_z ——单位面积鱼池对第 z 轮作期所种饲料的需求量 (公斤/公顷)；

Y_i ——种植饲料所养的各种吞食性鱼全年计划净产量 (公斤/公顷)；

F_{zi} ——第 z 轮作期所种饲料的饲料系数；

R_{zi} ——第 z 轮作期鱼类摄食量占全年摄食量的比例 (%)；或种植饲料所养的各种吞食性鱼在该轮作期净产量占全年净产量的比例 (%)。

当第 z 轮作期种植的饲料所养的各种吞食性鱼饲料系数相近，或者单养一种吞食性鱼，式6简化为：

$$M_z = Y F_z R_z, \text{ 或者表示为 } M_z = Y R_z F_z \quad (\text{式7})$$

各轮作期的饲料需要量除以式1中相应的P、N值，即为各轮作期计划种植面积。

如果各轮作期种植的饲料为同一类别（如只种青饲料，或只种粮食饲料），并供养相似食性的鱼（如只养草食性鱼、即草鱼、团头鲂等，或者只养主要吃谷类而不甚吃草料的鱼，即青鱼、鲤鱼等）。这种情况可采取下式可简略计算全年种植面积的平均值：

$$S=YF/P \quad (\text{式8})$$

式中：

S——单位面积鱼池需配备的全年种植面积的平均值（公顷/公顷）；

Y——以种植饲料所养的所有吞食性鱼的计划净产量（公斤/公顷）；

F——全年轮作饲料的饲料系数（按各轮作饲料单位面积产量比例加权平均）；

P——轮作饲料全年累计单位面积产量（公斤/公顷）。

综合试验结果和调查资料，在长江流域，每年10月至翌年5月底每公顷鱼池配备黑麦草面积0.3公顷左右（包括池埂及其斜坡，下同），5~10月配备苏丹草或杂交狼尾草0.6公顷左右，水肥管理适当，可收割上述饲草合计约120吨，可净产草食性鱼4500多公斤，带养滤、杂食性鱼约1500公斤。如上半年扩大种植面积，多余青饲料采取适当的贮藏方法，用于下半年调剂；下半年则选用产量更高的牧草，那么下半年面积可减少，两轮作期面积可趋于相等。

因为水生青饲料生长期在我国大半地区仅半年左右，在此期间，如以水生青饲料为唯一饲料，每公顷鱼池应配备水生青饲料面积可按轮作型牧草的有关计算方法计算（即式7）。如计划鱼产量与上例相同，每公顷鱼池需配水葫芦面积也是0.6公顷左右。

（2）合理安排青饲料作物茬口。因6月初黑麦草生长转慢，并渐枯萎。为保证6月份鱼类摄食高峰期仍然能均衡地供应充足的青饲料，笔者采取黑麦草地免耕套播苏丹草颇为有效。5月下旬，预计割最后一次黑麦草前10天左右，在黑麦草行列间仅挖3~5厘米的浅沟，在沟中均匀播入苏丹草种，然后将土耙松盖上，再浇上一层薄泥浆或腐熟的畜粪水。约7~10天苏丹草普遍出苗，此时将黑麦草全部收割，并除去草根。以免黑麦草再生遮行，影响苏丹草长苗和阴雨天烂苗。挖除黑麦草根时切忌伤及苏丹草幼苗。采用此法，只要播种得法，并做到上述两点，并不影响苏丹草产量。笔者试验，即使在黑麦草株行距为15×20厘米密植条件下播种苏丹草种，最后一次割黑麦草到第一次割苏丹草仅隔18~20天，与割黑麦草间隔时间一样。第一次收割产量和累计产量与不套种的对照地块相似。

（3）青饲料养鱼的鱼类放养模式。种植水、陆生青饲料养鱼，应主养草鱼和团头鲂，带养滤、杂食性鱼。放养重量比例如下：大、中规格草鱼（2~4尾/公斤）占总放养重量的65~70%；水深1~2.5米的鱼池，每公顷放养900~1200公斤（此幅度随水深增加）。团头鲂占10~15%，规格30~40尾/公斤。鲢、鳙占15~20%，规格15~20尾/公斤。鲤、鲫占5~7%，规格：鲤20~40尾/公斤，鲫30~50尾/公斤。按此比例，草鱼和团头鲂的粪便和排泄物肥水，足以带养一定的鲢、鳙、鲤、鲫，不需施肥和其他饲料。如增投其他饲料和肥料，放养比例相应调整。

二、鱼—畜/禽类型

饲养畜禽，用畜禽粪肥养鱼，是我国综合养鱼的基本类型之一。主要畜禽有猪、奶牛、鸡、鸭、鹅。最普遍的是鱼—猪模式。近八九年鱼—牛和鱼—鸭模式也得到迅速发展。

1. 畜禽粪肥养鱼的生物学原理和效果

因畜禽粪肥混有大量未消化饲料、被畜禽泼撒的饲料，以及消化道分泌物，所以畜禽粪肥含有相当多的能量、蛋白质和营养盐。因为家禽的啄食和掏食习惯，以及消化道短等特点其粪肥的未消化饲料和泼撒饲料尤其多、鸡粪中未消化饲料约占鸡摄食量的35%。饲养未剪喙的鸡，食槽边缘未向内卷，每天泼撒的饲料约占投饲量的30%左右。这些饲料使畜禽粪肥养分提高。据报道鸡粪和猪粪粗蛋白质含量分别占干重的20.32%和13.47%，每公斤鲜鸡粪和鲜猪粪分别含有能量1729大卡和571大卡。畜禽粪肥还有大量消化道新陈代谢产物，如粘液、脱落上皮细胞、酶和维生素等；也包含消化管壁排出的无机质（主要是营养盐和一些微量元素），此外，还带有大量微生物（排出体外后大部分死亡）。上述物质或直接被鱼类利用，或通过自养食物链（以浮游植物为起端）和异养食物链（以异养菌为起端）间接地被鱼类利用。

因此用畜禽粪肥养鱼具有明显的效果。方映雪等多次研究了不同畜禽粪肥养鱼的效果，平均每立方米水体仅施畜禽粪肥4~5克（干重），鱼池无机氮、磷含量和浮游植物生物量分别达0.879~2.275毫克/升，0.024~0.434毫克/升和19.15~38.70毫克/升。都达到或超过鲢鳙鱼旺盛生长季节无机氮含量（0.34毫克/升）和磷含量（0.04毫克/升）的要求，以及满足“鲢鳙要求的浮游植物生物量20毫克/升的要求，见表2。综合不同类型鱼池（水泥池和土池，水深0.8~2米）试验结果：鸡、鸭、鹅、猪、牛粪肥养滤、杂食性鱼的肥料转化系数按干重计分别是2.28~5.45、2.32~5.70、3.48~5.73、2.17~5.77、3.15~6.24；按湿重计分别是4~10、10~15、15~25、10~24、21~41。试验发现，肥料转化系数随粪肥的蛋白质含量增加而降低；随水深增加而偏向上述高限，水深2米的鱼池常为上述最高限。试验还发现，不同畜禽粪肥对不同鱼类养殖效果不同，见图2。

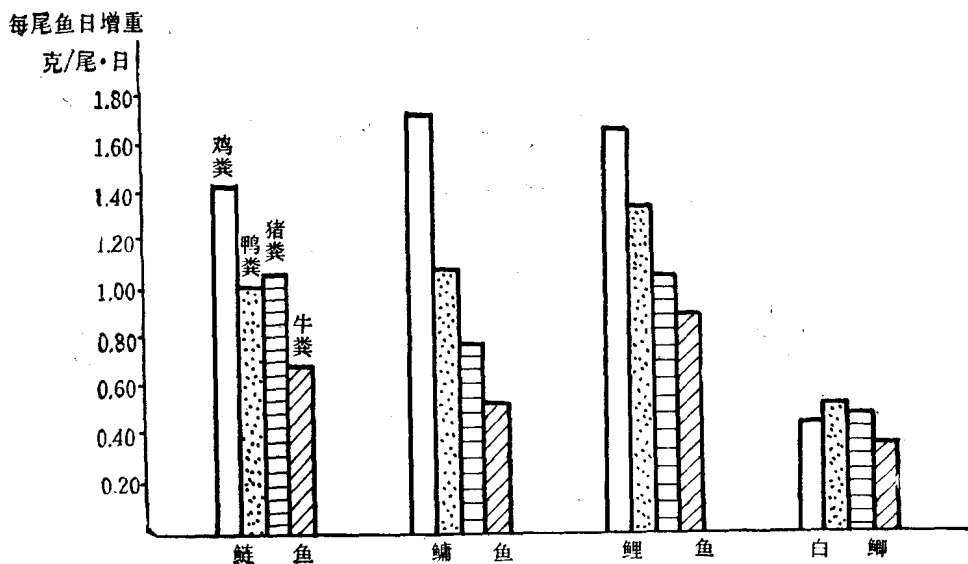


图2 四种粪肥对不同鱼类生长速度的作用不同

笔者测定了主要畜禽的粪肥产量和泼撒饲料量，并调查了大量综合鱼场利用畜禽粪肥养鱼的结果，以及综合方映雪等上述研究结果后得知，如果每只家禽每年的粪肥和泼撒饲料全部用于养鱼，蛋鸡可产滤、杂食性鱼2公斤左右，卡基康贝尔鸭可产鱼3公斤左右，太湖种鹅

可产鱼约4公斤（包括部分草鱼、团头鲂），一头肉猪从小养到八月龄，其粪尿和废弃饲料可产鱼约40多公斤，一头体重450~500公斤的乳牛的粪尿和废弃饲料可产鱼450~500公斤（其中草鱼和团头鲂约占10%）。

2. 鱼—畜、禽的合理配置

（1）布置。鱼—鸭（鹅）综合有三种布置形式：①集群放牧。利于大水面鱼类增殖。②塘外集中圈饲。鱼池附近建大型鸭、鹅棚，并排设置活动场和洗羽池。鸭、鹅粪和泼撒饲料集中后投入鱼池，或扫入洗羽池，洗羽池的肥水每天被引入鱼池。后一方法对泼撒和未消化饲料利用不足。③鱼、鸭（鹅）混养。此法较佳。在食用鱼池、外荡围养区或网箱附近的堤埂上建简易鸭、鹅棚，围部分埂面和池坡作活动场。棚、场饲养密度4~5只/米²。用网片或篾棚围鱼池一角作洗羽池，密度3~4只/米²。鸭一般不能捕食3厘米以上的健康鱼类。实践证明，在食用鱼池中套养夏化，回捕率无下降，因此鱼鸭混养对鱼并无威胁。鸡可以养在池埂上的简易鸡舍里，采取多层笼养；也可集中养在鱼池附近的较大型的鸡舍里。猪多数饲养在池埂上的简易猪舍里，平均每头肉猪占圈面积1~1.2平方米育肥效果较佳。奶牛多集中饲养，每头奶牛平均需牛舍建筑面积约7平方米和活动场15~20平方米。池埂宽度在6米以上时，也可在池埂上建简易牛棚。

（2）配合比例。单位面积鱼池配备畜、禽数量可按下式计算：

$$N = (Y_1 + RY_2) \cdot C/M \quad (\text{式9})$$

式中：

N——单位面积鱼池配备畜、禽数量（头/公顷）；

Y_1 ——滤、杂食性鱼计划净产量（公斤/公顷）。据报道（陈乃德1982，雷衍之1983，杨华祝1986）高产肥水鱼池滤食性鱼净产量多在3000~6000公斤/公顷。方映雪（1986）报道畜禽粪肥养鱼，杂食性鱼约为鲢鳙的1/4。因此 Y_1 应为4000~7500公斤/公顷。

Y_2 ——吞食性鱼计划毛产量（公斤/公顷）；

R——吞食性鱼单位产量能带养出滤、杂食性鱼净产量的比例。与若干生态因子有关。杨华祝等（1990）报道，完全依靠草鱼粪便和排泄物肥水，可带养比例为35%左右。其他吞食性鱼带养比例亦相近。生产上常用30%。

C——某畜禽粪肥养鱼的肥料转化系数，亦与若干生态因子有关，可参考前文。

如使用两种以上粪肥，可选用一种粪肥为标准，然后按式3换算，但其中饲料系数改为肥料转化系数。如畜禽饲养生产周期不满一年者（肉畜和肉禽），求得畜禽头数后按不同季节的需肥量分配在适当时间饲养。如式9的括弧项为零，从理论上说，表示吞食性鱼计划毛产量可带养出滤、杂食性鱼的计划净产量，两者产量比例适当，不需施肥。实践中则要看吞食性鱼放养量，其排粪量能否足以肥水。一般水深1米至2.5米的鱼池需放吞食性鱼900~1500的公斤/公顷。此外还要看鱼池底质，塘泥量多少等条件。如果式9括弧项为负值时，表示吞食性鱼可带养滤、杂食性鱼的净产量大于计划产量。在鱼池负载能力允许时，可以增加滤、杂食性鱼计划产量，而且不需施肥。当然，实践中也要考虑吞食性鱼放养量和鱼池条件等因素。

综合试验和调查研究结果，在长江流域，每公顷净产6000公斤（其中滤、杂食性鱼占60~65%，其余为草鱼和青鱼），除草鱼、青鱼靠投饲外，每公顷鱼池配蛋鸡1400~1500只，或康贝尔鸭900~1100只，或种鹅750只，或肉猪60头左右，或体重450~500公斤的成乳牛6头，可满足鱼池肥料需求。如只养滤、杂食性鱼，每公顷净产量3800公斤（其中杂食性鱼占

1/4~1/3)时每公顷鱼池搭配畜禽数量应比上述数量约增加20%(因无吞食性鱼带养)。

3. 用畜禽粪肥养鱼的鱼类放养模式

单纯用畜禽粪肥养鱼应以滤、杂食性鱼为主,鲢占总放养量的65%左右,鳙占20%左右,鲤占7%左右,鲫和罗非鱼占3%左右,团头鲂占5%左右。由于各种畜禽粪肥养分不同,对各种鱼的养殖效果亦有差别,因此用不同畜禽粪肥养鱼,其混养比例略有差异。

三、鱼—畜—农类型

鱼—畜—农是鱼—农和鱼—畜两个基本类型的结合。有猪—草(菜)—鱼和牛—草(菜)—鱼,以及菜—猪—鱼等模式。据作者调查评估,相同面积的饲料地和鱼池,猪—草(菜)—鱼和菜—猪—鱼总的蛋白质和能量产出相近,但前者鱼产量高,经济效益好,是鱼—畜—农的代表模式。猪—草(菜)—鱼和牛—草(菜)—鱼中的畜粪肥全部或大部分用作高产牧草的肥料。用草主养草食性鱼,以草食性鱼的粪便和排泄物肥水,带养滤、杂食性鱼,塘泥再作种草肥料。在必要时给鱼池施少量畜禽粪肥。见图3。猪粪种草养鱼既利用了高效率的牧草生产力,又利用了浮游植物生产力。杨华祝(1986)评估每公顷牧草初级生产力是相同面积浮游植物生产力的2~2.5倍,前者能量产出是后者的3.3~3.6倍。有报道,不施任何肥料的猪—草—鱼鱼池,在只靠鱼类粪肥和排泄物以及少量塘泥肥水的情况下,无机氮、磷含量浮游植物和浮游动物生物量都超过了鲢鳙旺盛生长时有关的肥水水平,有些因子还超过河埭高产鱼池(表2)。又据报道,在排除塘泥肥水和残剩饲料肥水的情况下,可以靠草鱼粪便和排泄物肥水,池水仅铵态氮可达到 0.919 ± 0.07 毫克/升,浮游植物、浮游动物都超过上述鲢鳙旺长时的肥水水平。只是无机磷含量偏低,为 0.037 ± 0.002 毫克/升(表2)。通过碳同位素的 δ_c 值分析,证明了滤、杂食性鱼类生长的碳源主要来自草鱼的粪便。毛产1公斤草鱼

不同鱼池主要营养盐和天然饵料含量 单位: mg/l

表 2

鱼池类型	平均施肥量 (kg/m ² ·d)	无机氮 NH ₄ ⁺ 、NO ₂ ⁻ NO ₃ ⁻	无机磷 P O ₄ ³⁻	浮游植物	浮游动物	总菌数 (个/ml)	有机碎屑
鱼类旺长季节的 临界值或范围		0.34	0.04	20-100	5	1×10 ⁶	—
施猪粪鱼池	0.004	0.958	0.875	20.61±6.15	7.73	4.15×10 ⁶	52.57
施牛粪鱼池		0.879	0.024	19.15±6.5	5.61	5.18×10 ⁶	64.44
施鸭粪鱼池	0.005	0.995	0.094	22.55±6.88	6.29	6.31×10 ⁶	61.96
施鸭粪鱼池 (干重)		2.275	0.434	38.70±19.46	18.30	11.05×10 ⁶	71.00
河埭口高产鱼 池(八口池平均)		0.97~2.66 (1.38)	0.003~0.17 (0.028)	46.2~47.8 (46.8)	10.1~15.1 (12.7)		67.9~111.2
“猪—草—鱼” 池(土池,仅留 5~10cm淤泥)	不施肥	1.548	0.900	54.24	11.46	13.07×10 ⁶	106.65
“猪—草—鱼” 鱼池,水泥池坡,清 除淤泥(九口池平均)	只投草, 不施肥, 每天清剩 草	0.846~1.043 0.919±0.007	0.034~0.039 0.037±0.002	16.98~32.33 26.31±5.43	5.15~15.46 9.7 ±5.43	2.4~3.7×10 ⁶ 3.26±0.36×10 ⁶	257~665 459±235