

鱼菜共生系统的研究

丁永良 张明华 张建华 杨 菁

(中国水产科学研究院渔业机械仪器研究所, 上海 200092)

何明云 陈培兴 齐备备 蔡荣春

(上海市青浦区水产学校, 201700)

王 化 张务模 迟英杰

(上海市农业科学院园艺研究所, 201106)

摘 要 本文进行了水质和环境的动态调控,探索了氨氮、营养盐类、pH值、溶氧、温度等因子对鱼菜不同生长阶段的影响,总结出不同密度鱼类与不同种类、不同生长阶段蔬菜之间的优化配比关系。设计了实验性、中试性、庭园型设施,成功地饲养了鲤、鲫、罗非鱼等种类,并栽培了蕃茄、黄瓜、莴苣、芹菜、韭菜、蕹菜、落葵、秋海棠、冬珊瑚等植物。中试规模设施10个单元,单期(三个月)净产鲤鲫14.26kg/m³,莴苣21kg(6m²),蕃茄19kg(6m²)。

关键词 高密度养鱼,无土栽培,鱼菜共生系统

鱼菜共生系统是一种涉及鱼类和植物的营养生理、环境、理化、机电等学科的农业新技术。美国、丹麦、加拿大、埃及、以色列等国正在加紧这方面的研究,其中Judith Bender^[3]在城市环境中利用太阳能进行鱼菜综合系统的研究。本文作者于1988年开始工业化(集约型)鱼菜共生系统的专题研究,设计了国内首套实验性鱼菜共生装置,试验获得成功^[1],嗣后又进行了庭园型设施和中试的研究,中试研究项目于1991年通过了中国科学技术发展基金会和中国水产学会组织的技术鉴定。本文主要介绍中试研究的内容和结果。

1 材料和方法

1.1 设施与结构设计

鱼菜共生系统由鱼池、栽培盘和空气提水循环三部分组成(图1)。池、盘结构采用由抗碱纤维和低碱水泥复合的新型材料(GRC)。试验设南北鱼池各10只(1.2×1.2×0.8m),全部置于塑膜大棚内。南组分5单元,每单元2只鱼池,上搁置2.4m长的宽型栽培盘,盘中用板隔成宽为0.2m的沟槽,用以放置菜苗和流水。栽培采用裸根法,即栽培盘上覆盖硬质泡

收稿日期:1996-08-01。

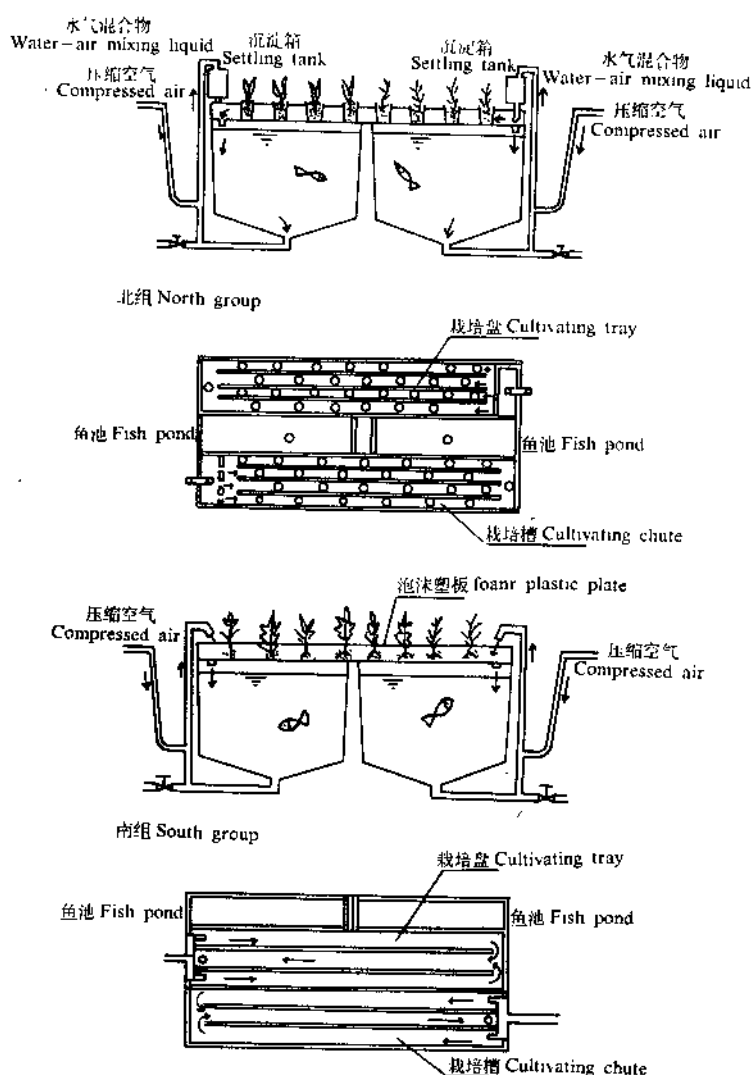


图1 鱼菜共生系统图

Fig. 1 Diagram of Fish and vegetable co-existing system

塑板,每间隔 15cm 开一圆孔,菜苗根裹海绵,置植孔内,根系裸浸盘中。北组也以 2 只鱼池为单元,上并列 2 只狭型栽培盘,盘未遮盖鱼池部分留作光照和投饵等操作管理之用,此组采用基质栽培法,盘内的菜苗定植于栽培基质中,基质蛭石有较强吸附能力。鱼池水提升至沉淀箱(内铺纤维棉),经过滤溢流到栽培盘,由根系吸收、基质过滤,净化的水质再流回鱼池,形成鱼菜共生的生态循环系统。

系统的水体循环通过空气提水方式进行,具有提水、增氧双重作用,辅助设备还包括加热器、控制器等。

试验的有效占地 $28.8/\text{m}^2$,养鱼水体 16m^3 ,种菜面积为 20m^2 。鱼池水面与菜盘面积为 1:1 左右。

1.2 试验方法

1.2.1 试验对象的投放、编排 见表 1。

1.2.2 鱼种放养 鱼种用漂白粉或盐水消毒,每池取鱼 10 尾分别标记,以跟踪测试。

1.2.3 饲料制备及投饲方法 以常规鱼饲料为基础,兼顾鱼菜共生、互促的要求和生长阶段性需要,适当调整配方,制成颗粒饲料,每天投喂 2 次,投量根据水温、鱼菜生长情况进行动态调节。

1.2.4 水质监控 试验采用市政供水,循环使用,基本不换水,为取得鱼菜生态平衡,形成共生互促机制,在苗种、生长、成熟期分阶段地对基本水质和氮、磷、钾等营养盐类成份进行监测和调控。

表 1 鱼类放养与收获统计
Table 1 The release and catch of fish

1991.4-7

编号 Site	放养 Release			收获 Catch		
	种 类 Species	体 重(g) Body weight	数 量(尾) Number	数 量(尾) Number	成 活 率(%) Survival	重 量(kg) Weight
S ₁	红鲤 Red common carp	60	100	100	100	28
S ₂	红鲤 Red common carp	230	50	50	100	30.5
S ₃	鲫 Crucian carp	50	80	79	99	21
S ₄	红鲤 Red common carp	60	80	80	100	24
S ₅	鲫 Crucian carp	75	60	59	99	13
S ₆	鲫 Crucian carp	75	60	58	98	13.5
S ₇	鲫 Crucian carp	75	60	59	99	12.5
S ₈	鲫+红鲤 Crucian carp + Red common carp	75+50	60+10	70	100	15
S ₉	鲫+红鲤 Crucian carp + Red common carp	75+50	60+10	69	98	15.5
S ₁₀	鲫+红鲤 Crucian carp + Red common carp	75+50	60+10	67	96	16.5
N ₁	鲫 Crucian carp	75	80	80	100	16
N ₂	鲫 Crucian carp	75	80	77	96	15.4
N ₃	鲫 Crucian carp	75	100	94	94	16.45
N ₄	鲫 Crucian carp	75	100	93	93	16.25
N ₅	鲫 Crucian carp	75	120	108	90	16.5
N ₆	鲫 Crucian carp	75	120	110	92	17.05
N ₇	鲫 Crucian carp	75	70	68	98	14.3
N ₈	鲫 Crucian carp	75	70	69	99	14.55
N ₉	鲫+红鲤 Crucian carp + Red common carp	75+50	60+10	68	98	16
N ₁₀	鲫+红鲤 Crucian carp + Red common carp	75+50	60+10	67	96	16.55
累 计 Total		120.35kg		1 525	96.5	348.55
净 产 Net output		228.2kg				

2 结果和讨论

中试研究连续进行了三个周期(1990.9—12, 1991.4—7, 1991.9—12)的试验。结果数据

主要采集于第二次试验。

2.1 养鱼密度试验 表2是在蔬菜净水条件和鱼苗放养品种、规格相同的情况下进行不同放养密度试验的结果。表明在 0.8m^3 水体条件下,放养鲫的密度以80尾为佳,但100尾组的放养规格小,增长最为明显。

表2 养鱼密度对照试验

Table 2 Test on fish density

池号	放养数量(尾)	测定日期	体长(cm)	体重(kg)	体重增长量	净产量(kg)	备注
Site	Release number	Date	Average length	Average weight	Weight increase (kg)	Net output	Remarks
N ₂	80	4.20 5.15	12.3 13.9	0.075 0.115	0.04	9.6	1. 养鱼水体和种菜面积各池均相同; Water body & vegetable planting area being the same. 2. 种菜品种均为莴苣,密度也相同。 Lettuce planted and density being the same.
N ₄	100	4.20 5.15	11.95 13.94	0.06 0.095	0.035	3.95	
N ₆	120	4.20 5.15	12.5 13.3	0.07 0.095	0.025	8.05	

2.2 鱼菜生长速度 图2是对N₂号鱼池中10条标记红鲤跟踪测定生长速度的结果(取平均值);图3是蔬菜生长的曲线表。均表明试验的共生系统中鱼菜能正常生长。

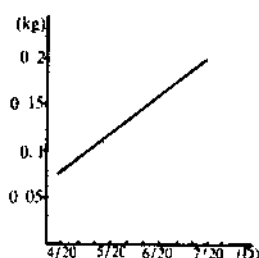


图2 鱼体生长速率

Fig.2 The growth rate of fish

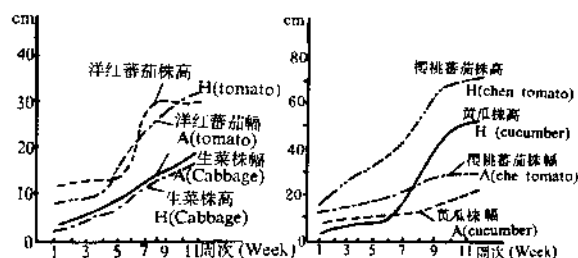


图3 蔬菜生长曲线

Fig.3 The growth of vegetables

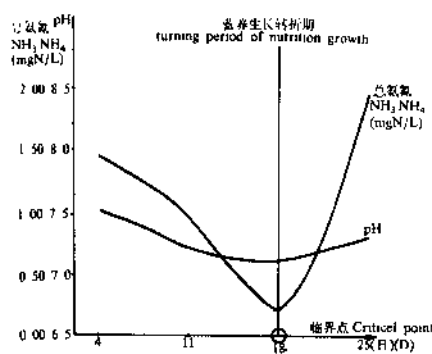


图4 酸度和总氨氮变化及相关曲线表

Fig.4 The change of pH value and total ammonia nitrogen

图4 酸度和总氨氮变化及相关曲线

Fig.4 The change of pH value and total ammonia nitrogen

2.3 水质分析和调控 图4是对S₇号池水质中pH值和总氨氮量连续测定的结果,种养品种分别为洋红蕃茄和鲫,从相关曲线中可以看出如下结果。

2.3.1 蔬菜苗种期对氨氮吸收能力差,水体中总氮含量高。随着营养生长加快,蔬菜吸收和净水能力渐增,水中氨氮下降,在营养生长期顶峰时,氨氮去除能力最强,水中氨氮浓度降至最低点。随后转入生殖生长期,吸收氨氮能力明显下降,水中氨氮含量急剧升高(如蕃茄的营养生长期对氮的吸收为 400mg/l ,转入生殖生长期就降至 100mg/l 。

2.3.2 氨氮与 pH 值呈正相关变化趋势。其中蔬菜营养期顶峰出现的 pH 值区域,为鱼菜共生所需酸碱度的理想范围。

2.3.3 上述两点作为一种调控依据,可通过适当的种养技术(幼苗插入配置、养鱼密度增减等)进行动态平衡调控。

表3是第三次试验的水质分析,除个别数值外,基本符合鱼类生长需要。蔬菜栽培对养鱼水有净化作用,且随循环次数的增多和累积,达到总体净水效果。蔬菜所需的营养除钾外,其它含量都显不足,但随饲料不断投入,鱼粪、残饲不断分解,蔬菜所需各种营养物质也会逐渐增加,趋于平衡。蔬菜旺盛长势和高产结果佐证了此点。同时营养物质含量失调,微量元素不足,试验证明通过饲料配方的添加和叶面喷液技术的调控也有效果。

表3 鱼菜共生系统水质分析

Table 3 Water quality analysis

池号		pH	浊度(度)	OC	亚硝酸盐	硝酸盐	氨 氮	N	P	Ca	Mg	Ec
Site			Furbidity	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(uv/cm × 10 ³)
S ₁	进水 Inflow	7.21	4.0	26.0	0.668	5.158	2.48	28.67	1.02	80.97	13.70	0.78
	出水 Outflow		4.6	25.7	0.639	5.638	0.55	26.21	1.14	81.00	13.00	0.65
S ₂	进水 Inflow	7.39	21.0	34.5	2.540	5.031	4.27	26.77	3.48	70.29	12.40	0.50
	出水 Outflow		20.0	34.0	2.117	4.967	4.00	25.15	3.17	69.92	12.30	0.50
S ₃	进水 Inflow	7.01	21.0	34.4	1.123	7.397	6.61	35.80	1.73	80.13	12.80	0.62
	出水 Outflow	7.04	19.5	33.5	1.143	7.525	6.06	29.80	1.43	79.97	10.70	0.61
N ₁	进水 Inflow	7.77	18.0	31.0	1.175	0.649	30.20	33.00	0.88	82.20	13.30	0.84
	出水 Outflow	7.64	18.0	29.2	1.156	0.489	31.08	35.80	0.80	82.22	13.40	0.86
N ₂	进水 Inflow	7.25	27.0	38.67	1.571	1.529	10.27	18.92	0.39	73.41	11.20	0.50
	出水 Outflow	21.0	21.0	22.8	1.701	2.408	10.03	17.64	0.39	70.31	11.00	0.46
N ₃	进水 Inflow	8.5	8.5	16.0	0.857	1.129	9.39	18.06	0.56	61.01	11.60	0.44
	出水 Outflow	4.0	4.0	10.57	0.714	1.289	8.93	21.18	0.77	69.24	11.40	0.49

2.4 病害防治 试验中未见鱼病发生。除设施本身的隔离条件有利于病害的防治外,植物根系会分泌一种排它性的微毒素,对动物某些病菌有抑制作用。具体机理有待进一步研讨。

2.5 鱼菜产量及品质 鱼类收获统计见表1,放养总水体为16m³,三个月平均产商品鱼21.78kg/m³,净产14.26kg/m³。蔬菜栽培品种为莴苣(生菜)、黄瓜、樱桃蕃茄和洋红蕃茄,其中樱桃蕃茄和莴苣三个月产量分别为21kg/6m²、19kg/6m²,按每年种植3茬计,樱桃蕃茄年产量为6327kg/亩,莴苣年产量为6999kg/亩。鱼菜产品经卫生检验,达到无公害要求。

2.6 种养关系探讨 中试结果表明以1m³水体放养75g/尾规格的鱼种100尾,配合1m²栽种莴苣66株或25株蕃茄为较优配比。以1m²营养生长期蔬菜净化1m³养鱼水,其pH值稳定接近中性,且吸收氨氮较好。

试验还证明,裸根法栽培适合叶菜类栽种,其根系发展充分,生长快;基质法栽培吸收营养丰富,根系易固定,适宜果菜类植物的栽种。

3 小结

3.1 本研究饲料为唯一物质投入,是鱼类营养源,也是蔬菜直接或间接的营养源。水体作为载体或介质。鱼类为第一产出,蔬菜为第二产出,并均具无公害品质,与工业化养鱼系统比较,体现了净化中自身增值的优点。

3.2 本研究特点是可立体化生产,节水省地,投入产出比高,生态环境效益佳,适用性广。

3.3 本研究通过鱼菜共生系统设施的创建和生态化综合种养技术的探索,初步揭示了鱼菜这两个不同门类生产对象之间可能存在的生态联系,形成一个鱼菜共生互促的特定生态系统和良性循环机制,作为一种多学科的高新科技,综合性工程有可能进入生产领域,成为发展现代农业的有效途径之一。

参 考 文 献

- [1] 王子瑾等,1990。鱼菜共生系统在上海研制成功。《人民日报》2月7日第一版。
- [2] Carl N.Hodges, 1987. Solar oasis - arizona highways. Discover. 3:14 - 16.
- [3] Judith Bender, 1984. An integrated system of aquaculture, vegetable pro. and solar heating in an urban environment. Aquacultural engineering, 3(2):141 - 152.

RESEARCHES ON FISH AND VEGETABLE CO - EXISTING SYSTEM

Ding Yongliang Zhang Minghua Zhang Jianhua Yang Qing

(Fishery Machinery Instrument Research Institute, Chinese Academy of Fishery Science, Shanghai 200090)

He Mingyun Chen Peixing Qi Beibei Cai Rongchun

(Shanghai Qingpu Fisheries School, 201700)

Wang Hua Zhang Wumo Chi Yingjie

(Gardening Research Institute, Shanghai Academy of Agriculture Sciences, 201106)

ABSTRACT This experiment were made in the dynamic control of temperature and other environmental parameters, the influence of $\text{NH}_4^+ - \text{N}$, dissolved oxygen, pH value, and temperature on the growing of vegetable and fish in different stages. Altogether 3 tests were made with different scales: the first was on small scale, the second was a middle one and the third was in the open yard, In the mid-sized test, 10 groups of test object were had. It took three months and the net output of common carp and crucian carp was $14.26\text{kg}/\text{m}^2$, of the lettuce $21\text{kg}/6\text{m}^2$, and of the tomato $19\text{kg}/6\text{m}^2$ for a phase of 3 months.

KEY WORDS High density fish culture, No - soil planting, Fish and vegetable co - existing system