

稻田种养模式生态效益研究

王 纓,雷慰慈

(湖北农学院,荆州 434103)

摘要:1991 年在湖北潜江进行了一个包括 5 个处理、3 个重复的随机区组试验:处理 A,普通稻田,不养鱼(CK);B,茭稻沟鱼,宽、深各 33cm 的小沟中养鱼;C,B+横沟或围沟,深 50cm,宽 33cm,或加一小坑,宽 1~2m,深 1m,长度以占小区 8% 的面积为准,养鱼;D,B+大围沟,宽 2m,深 2~2.5m,占小区面积的 15%,养鱼;E,D+鸭。

结果表明,在酷暑 7、8 月份,宽而深的大沟的水温比窄而浅的更适于养鱼;水溶氧量、浮游生物和底栖动物量都以宽而深的沟为高,特别是加了鸭的。本课题组提出的“回”字型大沟鱼、鸭兼养模式还能大幅度提高土壤氮、磷、钾、有机质含量,且具防治稻田杂草、病、虫的作用。其对稻、鱼的增产作用当无疑。

关键词:稻田;生态效益;种养模式;稻-鱼-鸭体系

Studies on the ecological effect of plantingbreeding models in the rice field

WANG Ying,LEI Wei-Ci (Hubei Agricultural College,Jingzhou 434103,China)

Abstract:A random block experiment consisted of five treatments was conducted. Treatment A was an ordinary paddy field with no fish. B was rice planted on the ridge and fish reared in the little ditch, with the width and depth of ridges or ditches of 33cm; C was the same as B except the ridges and ditches are larger in width and depth; D was same as B except the large surrounding ditch of 2m in width and 2.0~2.5m in depth, occupying 15% area ; E, D+ducks.

The results indicated that in July and August, the temperature in the wide and deep ditches was more suitable to fish growth than that in narrow and shallow ones. The water soluble oxygen was higher in wide ditches than that in narrow ones, specially with ducks. The phytoplankton, zooplankton and benthic animals were richer in wide ditches, too. The fishes and ducks could eat weeds, rice insects and control the rice diseases, and increase nutrients and organic matter content in the soil. The more wider and deeper ditches, the more yield of rice and fishes were gained. Ducks were the most active factors in this system.

Key words:rice fields; ecological effect; plant-breeding model; rice-fish-duck system

文章编号:1000-0933(2000)02-0311-06 中图分类号:F316.4 文献标识码:A

梁家勉等曾报道明、清有以鸭治蝗、螭、蜢、蚱，以确保稻、鸭丰收^[1]；今人赵瑞香报道稻田养鱼能防治稻螟、稻苞虫、稻飞虱、叶蝉、子子、摇蚊，并能抑制稻瘟病、稻纹枯病等^[2]；倪达书、汪建国报道鱼、鸭都能灭草，治虫，增肥，增水溶氧^[3]；赵瑞香还计算了鸭、鱼的排粪量及其所含 N、P₂O₅、K₂O 量；G L Schroeder 研究了养鱼与浮游生物的关系^[4]。本研究旨在将各种稻田养鱼模式与本研究组提出的“回”字型大沟稻鱼鸭共栖模式对上述各生态因素的作用加以比较研究，以确定各模式的实用价值。

1 材料与方法

本试验于 1991 年在潜江进行，设 5 个处理、3 个重复，随机排列，小区面积 0.6667hm²，均为正方形，在该地 60~70 年代园田化的基础上，按处理和排列的要求布置。5 个处理为：A，对照，即一般平作稻田，不放养鱼、鸭；B，茭、沟宽、深各 33cm，茭上连作双季稻 2 行，沟中养鱼，无鸭；C，B+横沟、围沟和小坑，横沟或围

基金项目:湖北省数据”重大科技攻关项目;四湖湿地农业综合开发研究

收稿日期:1997-12-20;修订日期:1999-11-15

沟宽 50cm,深 33cm,不计面积,小坑宽 1~2m,深 1m,长度以占 8%的面积为准,有鱼无鸭;D,B+“回”字型大沟,即在茼稻沟鱼的基础上,加宽围沟,宽 2.125m,深 2.0~2.5m,占小区面积的 15%(如图 1),有鱼无鸭;留路让人、畜、机、具进田;E,鱼、鸭兼养,余同 D。

试验田总面积 10hm²,原已都改为 0.6667hm² 见方,也有 50cm 宽的围沟,只作排、灌之用,从未放养鱼、鸭,年年栽秧,对本试验起到匀地播种作用。凡养鱼小区均于 4 月中旬放养大规格鱼苗(长约 15cm)800 尾/小区,即 80 尾/666.7m²,其中草、青、鲢、鳙各 1/4;牧鸭小区均于 5 月中旬投 1 龄当地良种鸭蛋用荆江麻鸭 50 只/小区,即 5 只/666.7m²,其中 45 只产蛋母鸭,5 只公鸭。因鸭已成年,故不计产肉,只记产蛋。围沟两侧均设有栏鱼埂和栏鸭网。在秧苗幼嫩,未达足够有效分蘖前、喷药后 7d 内及稻谷乳熟后,不准鱼、鸭擅入稻田。田角搭鸭棚,用于鸭群归宿,产蛋,蛋随收随计。稻种为杂交稻,早稻 3 月 25 日播种,7 月中收获,晚稻 7 月 20 日移栽,11 月 7 日收获;12 月 10 日捕鱼计产。

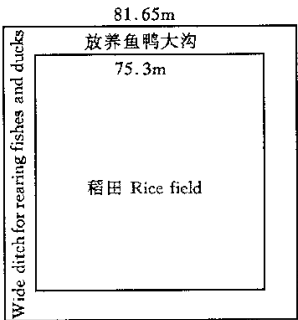


图 1 “回”字型大沟小区图

Fig. 1 A plot surrounded with a wide ditch

种是处理 D、E 的“回”字型大沟,宽>2m,深 2~2.5m(case 3)。三者 7、8 月的水温有显著差异(表 1),沟或坑越窄、越浅的 8~20h 的平均水温越高,尤其是 14h,33cm 深的沟底水温高达 31.9~35.7℃,变幅为 3.8℃,极端高温>39℃,手感很烫;凌晨 6:00 的沟底水温,除 8 月下旬的 26.6℃,7 月中旬的 27.0℃和 7 月上旬的 27.4℃,余均>28.0℃;1m 深的坑底水温,在 14:00 为 28.7~31.8℃,变幅为 3.1℃;凌晨 6:00 为 23.1~28.1℃,变幅为 5.6℃;2m 深的沟底水温,从凌晨 6:00 至下午 8:00 的变化于 20.0~28.2℃之间,变幅为 8.2℃。

表 1 上述 3 种情况下 7、8 月份的水温 C(4 点取样平均)

Table 1 Water temperature(℃)under above three cases in July(arerage of 4 samples)									
情况	7 月			7 月			July		
Case	上旬 The 1st ten-day			中旬 The 2nd ten-day			下旬 The 3rd ten-day		
No.	6:00	14:00	20:00	6:00	14:00	20:00	6:00	14:00	20:00
1	27.4	32.1	30.1	29.1	33.8	31.9	30.8	34.5	32.5
2	24.9	29.1	27.7	27.2	30.6	28.6	28.7	31.2	29.1
3	20.2	24.3	22.1	22.8	26.7	24.4	24.3	27.5	26.0
	8 月			8 月			August		
1	31.3	35.7	34.6	27.0	32.1	30.2	26.6	31.9	33.3
2	28.4	31.8	28.9	23.9	30.0	26.2	23.1	28.7	29.3
3	25.4	28.2	27.7	20.1	26.6	22.3	20.0	25.1	26.7

据刘乃芳等数据暖水性鱼种如草、青、鲢、鳙所需生存温度下限为 0℃,上限为 35℃;最适温度下限 20℃,上限 28℃^[5]。如此则第 3 种水体(case 3)7、8 两月全为最适温度,第 2 种水体(case 2)有 2/3 的时间超

过高限,第1种水体(case 1)的水温除上述3次在适宜范围内外,余均不适,有的已接近或超过生存最高限,故时有死鱼现象,即使不死,也谈不上有所生长。另据桂远明等研究证实,变温24~32℃(变幅为8℃)比恒温29~30℃(变幅为1℃)能使鱼体增重1倍多^[6]。凡此等等都说明了“回”字型大沟的优越性。

2.1.2 水溶氧量 盛夏高温季节,鱼对水体溶氧量极为敏感,缺氧轻者使鱼“泛痒”,生长停滞,重者使鱼死亡。表2数字均为无风时所测。

表2 20cm 深水层溶氧量(mg/L,4点取样平均)

Table 2 Water soluble oxygen (mg/l)in 20cm depth layer (average of 4 samples)

处理 Treat- ment	取样处 Water sampled from	7月 July			8月 August				平均 Average	
		1	11	21	1	11	21	31	Volue	%
A	稻田 Rice field	4.09	3.81	4.12	4.32	3.95	4.07	4.05	4.06	100
B	小沟 Little ditch	6.13	6.27	6.21	6.04	6.50	6.33	6.41	6.26	154.19
C	小沟 Little ditch	5.98	6.30	6.11	6.18	6.35	6.07	5.87	6.12	150.74
	小坑 Little puddle	6.09	6.73	5.94	6.57	6.81	5.89	4.74	6.40	157.64
D	小沟 Little ditch	6.53	6.49	6.18	5.75	6.87	6.37	6.07	6.39	157.39
	大沟 Wide ditch	6.15	6.17	6.73	5.73	6.98	6.41	6.41	6.28	159.61
E	小沟 Little ditch	8.08	7.45	7.32	7.14	7.77	7.54	8.19	7.64	188.18
	大沟 Wide ditch	8.81	9.12	9.01	9.31	9.18	9.03	9.35	9.12	224.63

其结果表明:①对照(处理A)因无鱼、鸭活动,其7月1日至8月31日的水层溶氧量为3.81~4.32mg/L,均值为4.06mg/L,但处理B因有鱼活动,且其沟浅,鱼常跃出水面,其同期水层溶氧量为6.04~6.50mg/L,均值为6.26mg/L,比对照实增54.19%,鱼的觅食活动导致水体增氧,含氧高又能增强鱼的觅食活力,从而增产鲜鱼。②处理C、D与处理B养有同量的鱼,故其水体溶氧量与处理B近似。在处理C、D之间比较,处理C水体小,鱼体也小;处理D水体大,鱼体也大,故在溶氧量上无显著差别。③处理E在处理D养鱼的基础上加牧鸭,使水体溶氧量又猛增,比对照增88.18%~124.63%,比处理D大沟增17.90%~40.74%,其原因当在鸭。

鸭能增氧是无疑的,8月1日在“回”字型大沟中测得5只鸭结队游过的泳道上,20cm 水层中溶氧12.02mg/L,相距1m处溶氧8.51mg/L,而这时稻田间的小沟中溶氧仅3.14mg/L。原因在于酷暑之中鸭不喜进稻林,只游弋于大沟之中。据山东水产学校编《淡水鱼类养殖学》载,草鱼在溶氧2.73mg/L中比在5.56mg/L中,生产率低9.88倍,饲料系数高4倍。可见水层溶氧量关系重大。

2.2 模式对水生生物的影响

2.2.1 浮游植物 浮游植物是滤食性鱼类如鲢鱼的主要食源,本研究7、8两月每10天1次共7次对浮游植物的测定结果(表3)表明,每个模式自身在7、8两月的浮游植物数量并无显著变化,可能因为这两个月同为高温季节,其外界条件类似;处理B、C的浮游植物数量显著低于对照的原因在于有鱼捕食浮游植物,这其中可能有两个过程交叉进行,一是鱼粪增肥、鱼游增氧,使浮游植物有所增加,二是鱼捕食浮游植物,又使之有所减少,此二处理沟窄水浅,鱼无处不至,终使浮游植物所存甚少;处理D的浮游植物数量又大有增加,因为处理D的养鱼数量虽与处理B、C相同,但水体却大得多,有利浮游植物繁衍;处理E的浮游植物数量又比处理D猛增,原因在于鸭排粪多于鱼,再加投入鸭饲料,都有利繁衍浮游植物,这与上述深水层的水温较适,鱼能增氧,鸭更能增氧也有密切关系,从而对增产鲜鱼也有利。

2.2.2 浮游动物 浮游动物是鳊鱼和青鱼大量取食之物,7月1日和8月15日取样检查结果(表4),和浮游植物一样,浮游动物的繁衍也有赖水面宽,水层厚、水温适、溶氧多、水质肥。处理B因有鱼供氧,供粪,故其浮游动物数量比CK高17.78%;处理C在处理B的基础上加个小坑,使浮游动物有较大的藏身和繁殖之地,其数量又有所增加;处理D因加了“回”字型大沟,水更宽且深,使浮游动物数量大幅度增加;处理E因在“回”字型大沟基础上又加了鸭和鸭饲料,其浮游动物的数量又大为增加。

2.2.3 底栖动物 底栖动物个体较大,是动物食性鱼类如青鱼的一大食源,7月1日至8月31日分5次

测定各处理实有底栖动物数量(表 5),结果除个别数字如处理 C 小坑有误差外,其余均高于 CK,趋势与浮游动、植物同,凡沟深而大并富含养料的便有利底栖动物的生长和繁殖,此点在处理 E “回”字型大沟中特别突出。而底栖动物大而又多是增产鲜鱼、鸭蛋的一大因素,与浮游动、植物所不同的是,鸭、鱼都取食底栖动物。但在处理 D、E 大沟中,底栖动物反而特多,原因在于水体宽、深而且富于氧气和食料。

2.3 模式对稻田草害、虫害和病害的影响

2.3.1 草害 7 月 22 日在各小区按垄、沟面积比例随机采样 10 处,每处 1m²,调查各种杂草株数、测定杂草鲜重,结果(表 6)表明,处理 B、C 仅除草 1 次,但因有鱼食草,其效果比对照除草 4 次还好;处理 D 虽未除草,但因其水体宽而深,鱼生长较快,放鱼数量与处理 B、C 同,除草效力却相当;处理 E 仍未除过草,但其杂草株数仅是其它 4 个处理的 1/5.05~1/8.42,杂草鲜重仅是 1/4.25~1/6.74,这当然是鸭的作用。

做于湖北农学院试验场的稻田放鸭(1 只/10m²)辅助试验,7 月 27 日放鸭前,莎草类、双穗雀稗、鸭舌草、矮慈菇及其它各种杂草,放鸭小区为 81.68 株/m²,不放鸭 CK83.97 株/m²;杂草鲜重分别为 318.6 和 329.4g/m²。5d 后(8 月 1 日),放鸭小区为 2.67 株/m²,CK 20.67 株/m²,后者是前者的 7.74 倍;杂草鲜重分别为 112.5 和 58.8g/m²,后者是前者的 4.97 倍。随机区组试验和辅助试验均显示了鸭的除草威力。

表 4 浮游动物(个/L)测定(4 样平均)

取样日期 Sampling date	处理和取样地点		Treatment & water sampled places					
	CK	B	C		D		E	
	田中	小沟	小沟	小坑	小沟	大沟	小沟	大沟
	Field	ditch	Ditch	Puddle	Ditch	Wide ditch	Ditch	Wide ditch
1/7July 1	58	59	63	89	121	154	140	187
15/8 Aug. 15	32	47	62	101	134	143	138	201
平均 Average	45.00	53.00	62.50	95.00	127.50	148.50	139.00	194.00
%	100	117.78	138.87	211.11	283.33	330.00	308.89	431.11

表 5 底栖动物的数量(个/m²,4 样平均)

取样日期 Sampling date	处理和取样地点		Treatment & warter sampled places					
	CK	B	C		D		E	
	田中	小沟	小沟	小坑	小沟	大沟	小沟	大沟
	Field	Ditch	Ditch	Puddle	Ditch	Wide ditch	Ditch	Wide ditch
1/7July 1	102	124	119	97	132	197	147	208
15/7July 15	98	119	128	109	135	202	149	214
1/8Aug. 1	111	131	141	113	150	183	178	221
15/8 Aug. 15	128	140	154	123	140	231	151	254
30/8Aug. 30	125	126	138	121	161	217	170	246
平均 Average	112.80	128.00	136.00	112.60	143.60	206.00	159.00	228.60
%	100	113.48	120.57	99.82	127.30	182.62	148.56	202.66

表 3 7、8 两月浮游植物数量(10⁴/L)

Table 3 Ditermination of the number of phytoplankton(10⁴/L)in July & August

处理 Treat- ment	取样处 Water sampled from	7 月 July			8 月 August				平均 Average	
		1	11	21	1	11	21	31	Value	%
A	稻田①	98	87	93	85	89	78	97	89.57	100
B	小沟②	51	56	59	54	55	67	52	56.29	62.84
C	小沟	63	61	67	67	67	65	65	65.00	72.57
	小坑③	57	53	58	58	51	61	57	56.43	63.00
D	小沟	113	122	125	131	137	119	127	124.86	138.40
	大沟④	231	258	270	229	245	271	257	251.57	280.86
E	小沟②	364	374	367	377	359	374	343	365.43	407.98
	大沟④	401	401	483	423	437	419	405	431.29	481.51

①Rice field,②Little ditch,③Little puddle,④Wide ditch.

表 6 杂草株数/m²和鲜重(g/m²)

Table 6 Weed plant number/m² and fresh weight

处理	除草次数	莎草	双穗雀稗	鸭舌草	矮慈姑	萍类及其它	总计株数	总量	
Treat- ment	Weeding times	Nutgrass	Lakegrass	Pickerer weed	Dwarf old world arrowhead	Duck weeds &. others	Plants total	Total wt.	%
A	4	2.1	1.9	2.0	4.5	5.5	16.0	218.4	674.10
B	1	2.5	1.5	1.3	2.2	2.6	10.1	174.5	466.57
C	1	2.3	1.3	1.2	2.7	2.5	10.0	158.8	424.71
D	0	2.9	2.1	1.6	2.5	4.3	13.4	168.0	518.61
E	0	0.6	0.2	0.1	1.0	0	1.9	37.4	100

2.3.2 病虫 8月18日按垄、沟面积比例,每小区随机取样10处,每处1m²,调查稻虫和稻病情况(表7)可知:①治虫4次的CK只在防治稻飞虱上起了一些作用,其每m²稻飞虱头数比治虫2次的处理B、C和不治虫的处理D减少了32.26%~41.40%,但比不治虫的处理E还高出2.23倍,说明鸭防治稻飞虱的功
效大于鱼;②在防治稻苞虫、稻螟上,喷药4、2、2、0次的处理A、B、C、D之间并无太大差别,因有些害虫的生育周期中要经过水层和土层,可能被鱼、鸭吃掉,处理E各种害虫都少得多,这是鱼、鸭结合的功
效;③鱼、鸭并无防治稻病功能,但处理E的白叶枯病株和稻瘟病株却显著减少,原因可能在于此处理的水稻长势特旺,增强了稻株自身的抗病力。

表 7 水稻病、虫调查

Table 7 Investigation of rice insect and disease

处理	喷药次数	稻苞虫(头/m ²)	稻飞虱(头/m ²)	稻螟(头/m ²)	白叶枯病株	稻瘟病穗%
Treatment	Spraying times	Skipper (No. /m ²)	Fulgorid (No. /m ²)	Borer (No. /m ²)	Blight plant (%)	Blast head (%)
A	4	0.3	31.7	0.3	10.1	7.7
B	2	1.2	54.1	0.1	8.5	8.1
C	2	0.9	49.9	0.4	8.8	7.5
D	0	0.5	46.9	0.3	4.1	2.6
E	0	0	9.8	0	2.1	1.7

2.4 模式对稻田土壤 N、P₂O₅、K₂O 有机质含量的影响

至12月中旬,大、小沟已干,按各处理大、小沟面积之比,每小区随机取4点0~20cm土层的混合土
样,测定土壤全氮、全磷、全钾含量,计算其相对比例,结果(表8)表明,处理B垄稻沟鱼比处理A在土壤
N、K₂O、有机质含量及三要素总量均略有所增,增幅为6.97%~9.77%,P₂O₅反稍有减少;处理C的土壤
氮、磷、钾含量及三要素总量比处理B也只是稍增,有机质略减;说明在垄稻沟鱼上加点小沟、小坑这种小
的变动是无足轻重的。处理D加了大沟,三要素和有机质含量明显增加,处理E又在处理D的基础上加了
鸭和鸭饲料,其增幅极为突出,比处理B垄稻沟鱼,N增20.00%,P₂O₅增43.75%,K₂O增13.01%,三要
素总量增15.68%,有机质增22.79%。其中磷量的增大,可认为源于鸭粪,因水禽粪便含磷较丰富。

3 讨论与结论

鸭、鱼能除草,灭虫,抑病,增肥,促肥,松土已为古今各家^[1,2,5]所证实,本研究结果亦然;不过将稻、鱼、
鸭三者优点集中于一田;更表明“回”字型大沟稻、鱼、鸭模式优势最为显著,其中当以鸭为最活跃因素。

刘乃壮、陈宜婉等为鱼提出适宜生长水温^[6,7],而这种适宜水温以“回”字型大沟中保持的时间最长;桂
远明等证明温水性鱼种的日增重量在变温(24~32℃)中比在恒温(29~30℃)中提高1倍^[8],而这种变温在

表 8 0~20cm 土层氮、磷、钾、有机质含量%及其与对照之比

Table 8 N、P₂O₅、K₂O、organic matter content(%) in 0~20 soil layer and its comparison with CK

处理	全氮	全磷	全钾	氮磷钾之和	有机质
Treatment	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Total N、 P ₂ O ₅ 、K ₂ O	Org matter
A	0.097	0.067	1.74	1.940	2.01
	100	100	100	100	100
B	0.105	0.064	1.91	2.079	2.15
	108.25	95.52	109.77	107.16	106.97
C	0.109	0.071	2.01	2.190	2.08
	112.37	105.97	115.52	112.89	103.48
D	0.124	0.079	2.08	2.283	2.35
	126.84	117.91	119.54	117.68	116.92
E	0.126	0.09	2.16	2.378	2.64
	129.90	137.31	124.14	122.58	131.34

“回”字型大沟中保持的时间又比小沟、小坑为长；而“回”字型大沟加牧鸭的水溶氧量又最高。实则浮游生物、底栖动物及其它各类水生生物、植物对水体、水温、水溶氧量的要求也略同于此。

倪达书、汪建国报道稻田养鱼能提高共生生态系统的生产力和应用价值^[3],但彼所论者都是“茭稻沟鱼”式,尚未涉及“回”字型大沟兼养鱼、鸭模式。G L Schroeder 论及鱼池施肥有利增殖浮游动、植物,从而又提高鱼产,但未涉及牧鸭^[4]。稻田养鱼有净化稻田,培肥稻田,改善稻田生态条件,发挥稻田生态系统的增产潜力,又节省人力、物力,起到增产、增值作用……等等已为本研究所证实,不过本文的特色仍在于印证了“回”字型大沟兼养鱼、鸭在上述各方面的更大威力。

茭稻沟鱼即半旱式有改造冷浸田、烂泥田和锈水田的作用^[8],也可在山区推广^[9],若能以“回”字型大沟代替之当更佳。

参考文献

[1] 梁家勉,彭世奖. 我国古代防治害虫的知识. 中国古代农业科技,1980,(12):207~218.

[2] 赵瑞香. 稻田养鱼提高农田生态系统生产力. 河北农业科技,1988,(7):25~26.

[3] 倪达书,汪建国. 论稻鱼共生生态系统的应用价值. 水产科技情报,1983,(6):1~4.

[4] Schroeder G L. Autotrophic and heterotrophic production of micro-organisms in intensely manured fish ponds and related fish yields Aquaculture,1978,(14):303~325.

[5] 卢高升,黄冲平. 稻田养鱼生态经济效益的初步分析. 生态学杂志,1988,7(4):26~29.

[6] 刘乃壮,郑秀美. 淡水鱼类水温区划的气候生态探讨. 水产学报,1991,15(1):9~16.

[7] 陈宜婉,吴永平. 鸭、鱼混养池塘浮游生物种群结构及生态因子的初步研究. 水产学报,1989,13(2):152~156.

[8] 桂远明,左镇生,鲁 男,等. 利用变温促进罗非鱼生长的试验. 水产科学,1986,5(1):5~8.

[9] 苟玢泊. 水稻半旱式栽培是改造冷烂锈田的有效途径. 耕作与栽培,1986,(5):13~15,29.

[10] 罗光昂. 山区稻田养鱼也能鱼稻双高产. 中国水产,1987,(4):17.