

稻鸭共生对稻田水生动物群落的影响

曹凑贵, 汪金平, 邓 环

(华中农业大学植物科学技术学院, 武汉 430070)

摘要: 通过稻田共生的田间试验, 利用水生动物取样的方法, 对稻鸭共生中稻田水生动物的种类及数量进行定性定量分析。结果表明: 各类水生动物的种类数与水的动静有关, 放鸭越多, 种类数越少, 水源区最少, 为 15 种; 且稻田水生动物种类出现频次的分布符合 C. Raunkiaer 频度定律。各类水生动物的数目和生物量均按水源区、对照区、少鸭区、多鸭区的顺序下降。用 Margalef 多样性指数公式计算各处理的多样性指数, 以对照稻田的多样性指数 2.15 为最高, 水源区和放鸭的稻田均不高, 放鸭越多, 多样性指数越低。

关键词: 稻田; 稻鸭共生; 水生动物群落; 多样性指数

文章编号: 1000-0933(2005)10-2644-06 中图分类号: Q145, Q178.1, S181, S511 文献标识码: A

The impact of rice-duck intergrowth on aquatic animals community of rice fields

CAO Cou-Gui, WANG Jin-Ping, DENG Huan (College of Plant Science and Technology, Huazhong Agricultural University, Wuhan, 430070, Hubei, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2005, 25(10): 2644~2649.

Abstract: Rice-duck intergrowth is a complex ecological system with natural ecology and artificial interfere. This technology of Rice-duck intergrowth brings the production of paddy field, cultivation and ecological function into full play, and opens a new way of sustainable development for rice and waterfowl production. This paper discussed the influence of rice-duck intergrowth on the species, quantities, diversity and biomass of aquatic animals, which offered a research approach to aquatic animal diversity for rice-duck intergrowth ecosystem, and gave some theoretical directions to reasonably quantify ducks raised and standardize the technology of rice-duck intergrowth.

The experiment was conducted on experimental farm of Huazhong Agricultural University, Wuhan, Hubei province. The experiment was designed as 3 treatments, (1) no duck (CK); (2) 4 ducks (D4); (3) 6 ducks (D6) in each plot of 222 m². All the treatments were replicated 3 times in randomized blocks design. Ten days after rice replanting, ducks were put in the rice field, and 50 days after duck-raising, the sampling of zooplankton, benthic animals and aquatic insects in different treatment plot and water head field was made. The diversity index was calculated by Margalef method. In the whole period of rice growth, there were no weeding, no pesticide and no fertilizer performed.

The result showed that there existed one important relationship between the number of species of aquatic animals and flow of water. The more duck put, the less species. There were 15, 27, 27, 25 groups in CK, 4-duck, 6-duck and water head field, respectively. The frequency attribution of categories of aquatic animals in rice field was accorded to C. Raunkiaer theory. Both the species number and biomass of aquatic animals decreased with different treatments as an order of water head field, control field, 4-duck field and 6-duck field. The diversity index of CK, 4-duck, 6-duck and water head field treatments were 2.15, 2.06, 1.85, 1.46, respectively, but the difference was not significant.

Key words: rice field; rice-duck intergrowth; aquatic animal community; diversity index

稻鸭共作技术是我国传统稻田养鸭技术的继承和发展, 鸭子全程露宿放养赋予稻田养鸭新的稻鸭共生机制, 形成了以水田

基金项目: 国家重大科技专项资助项目 (2004BA520A02)

收稿日期: 2004-08-21; 修订日期: 2005-03-16

作者简介: 曹凑贵 (1963~), 男, 江西九江人, 博士, 教授, 主要从事农业生态系统研究. E-mail: ccgui@mail.hzau.edu.cn

Foundation item: the special project of the Chinese key science and technology (2004BA520A02)

Received date: 2004-08-21; Accepted date: 2005-03-16

Biography: CAO Cou-Gui, Ph. D., Professor, mainly engaged in agricultural ecosystem, E-mail: ccgui@mail.hzau.edu.cn

为基础、种稻为中心、家鸭野养为特点的自然生态和人为干预相结合的复合生态系统。稻鸭共作技术大大地发挥了水田的生产、养殖、生态功能,开辟了水稻、水禽可持续发展的新途径。这种养殖方法,利用雏鸭旺盛的杂食性,吃掉稻田里的杂草和害虫,利用鸭子不间断的活动产生中耕浑水效果,刺激水稻生长,同时鸭的粪便可作为肥料,为水稻生长创造了良好的生长环境,正如俗话说“浑水稻子收成好”。当前,有关稻鸭共生技术的研究很多^[1~5],但对稻鸭共生的中耕浑水效果以及稻田引入鸭子后对稻田生物多样性的影响则不多^[6,7]。本文研究稻鸭共生对稻田水生动物种类、数量多样性及生物量的影响,为稻鸭共生水体生物多样性提供依据;此外,水生动物作为鸭子重要的饵料来源,本研究亦为合理确定放鸭数量、规范稻鸭共生技术提供了理论依据,对进一步提高稻鸭共生经济效益提供可能。

1 材料与方法

1.1 材料与设计

- (1)试验地点 华中农业大学试验农场,实验地肥力中等,前茬为油菜。
- (2)试验材料 中稻品种两优培九,鸭子为本地麻鸭。
- (3)试验设计 小区试验按放鸭数设3个处理:(1)不放鸭(CK);(2)放鸭4只(D4);(3)放鸭6只(D6),各小区随机区组设计,3次重复。小区面积为222m²。

1.2 田间管理及设置 田间开挖围沟深40cm、宽40cm,田角开挖200cm×50cm×50cm的水洼,以便鸭子嬉水和取样。田角设1m²的栖息台。小区之间用泥巴砌成田埂,防止肥水串流。以4指规格尼纶丝网沿田滕围隔,围网高度以0.6~0.8m,以防鸭逃走。水稻种植方式以宽窄行栽插,各小区均实行浅水淹灌(无沟处水深10cm)。移栽后10d放鸭。鸭放养后,根据田间饵料情况酌情补饲料。

1.3 田间取样及室内分析

1.3.1 田间采样 采样时间选择在2003年7月18日(放鸭后50d)8:00~10:00点进行。具体步骤如下:

- (1)浮游生物采集 取25号浮游生物网,在稻田中采集浮游生物,带回实验室,置于显微镜下,进行定性观察。
- (2)水样采集 各小区均匀取10L水样,用25号浮游生物网过滤,过滤后的样品收集在150~200ml广口瓶中,加甲醛液固定,待计数用。
- (3)水生昆虫、底栖动物的采集 在稻田内划定30cm×30cm的样本方框,将方框内泥表面2cm的物质用手掬起放入筛中,检出动物放入瓶中,最后将渣质装塑料瓶中。

1.3.2 室内分析^[8~11]

- (1)原生动物的计数 将标本摇匀后,吸取均匀浓缩标本0.1ml,注入0.1ml计数框中,盖上玻片,进行全片计数。
- (2)轮虫动物的计数 将标本摇匀后,吸取均匀浓缩标本1ml,注入1ml计数框中,该上玻片,进行全片计数。
- (3)枝角类、桡足类、贝甲目计数 10L水样中浓缩样品需全部计数。
- (4)水生昆虫、底栖动物 先将其分门别类后再进行计数,称重,称重时先把样品放在吸水纸上,吸干体表水分后称重。

1.4 多样性指数的计算方法

运用R. 马加利夫(Margalef)多样性指数公式:

$$d = (s - 1)/\ln N$$

式中,S为水生动物的种类数,N为群落的个体总数^[12~15]。

2 结果与分析

2.1 水生动物群落的组成

稻鸭生态系统水生动物由枝角类、桡足类、原生动物、水生昆虫、贝甲目、寡毛纲和轮虫纲七大类,共33属组成,其中枝角类有5科10属;原生动物有6属;轮虫纲有9属^[8~11]。

由于系统环境的差异,不同处理间水生动物组成存在明显不同,入水口水源区、对照区、4只鸭和6只鸭处理区分别涉及15、27、27、25属;按平均分别是15、21、19、3、17属,可见水生动物的种类数与水的动静有关。入水口水源区,由于是流动水体,水生动物只有15种,除了桡足类、蚌虫在水源区和各处理均有分布外,其他种类都明显少于稻田,特别是枝角类,不易在动水及清水中生存。

从放鸭与不放鸭来看,放鸭的稻田水生动物种类数明显少于不放鸭的稻田,而且放鸭数越多,水生动物种类数越少。枝角类、原生动物、轮虫纲都随放鸭数增多而减少,只有水生昆虫表现相反的趋势。

从稻田水生动物种类出现频次的分布来看(图1),出现1至2次的有9种,几乎全部出现的有9种,都占总种数的27.3%,这符合C. Raunkiaer 频度定律。同时也可看出,低频度的种类的数目并不是很高,这表明稻田生态系统的自然属性较弱,人为干扰较强,水生动物群落组成相对稳定和固定,优势种的优势明显。不同稻鸭处理的稻田生态系统均反映出这个规律,但不放鸭的

对照表现更突出,一方面低频度种类的数目相对较低,稻田人工性强;另一方面高频度种类的数目相对较高,水生动物群落优势种的优势明显。随着放鸭数量的增加,低频度种类的数目增加,高频度种类的数目减少,水生动物群落优势种的优势减弱,预示着放鸭后稻田生态系统的自然属性增强。

表 1 不同稻鸭生态系统水生动物组成

Table 1 Composition of aquatic animals in different rice-duck intergrowth ecosystems

		水源 Waterhead	不放鸭			放鸭 4 只			放鸭 6 只		
			no duck	CK		4 ducks	D4		6 ducks	D6	
			1	2	3	1	2	3	1	2	3
原生动物 Protozoa											
	表壳虫属 Alcella		+	+	+			+			
	砂壳虫属 Diffflugia		+	+	+	+	+	+	+	+	+
	累枝虫属 Epistylis	+							+		
	钟虫属 Vorticella	+	+		+			+	+		
	侠盗虫属 Strobilidium						+	+		+	
	刺胞虫属 Acanthocystis					+					
轮虫纲 Rotifera											
	臀尾轮属 Brachianus	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	异尾轮属 Trichocerca	+	+	+	+	+		+			
	腔轮属 Iecane		+	+	+	+	+	+	+	+	
	鞍甲轮属 Lepadella	+	+	+	+	+		+	+	+	
	胶尾轮属 Gastropus		+								
	三肢轮属 Filinia	+	+	+	+	+	+	+	+		
	多肢轮属 Polyarthra		+				+				
	晶囊轮属 Asplanchna	+		+	+	+	+		+		
	裂足轮属 Schizocerca	+	+	+	+	+			+	+	
枝角类 Cladocera											
仙达溞科 Sidoidea	秀体溞属 Diaphanosoma		+		+	+	+	+		+	+
盘肠溞科 Chydolidea	大尾溞属 Leydigia		+		+	+	+	+		+	
	尖额溞属 Alona		+	+	+	+	+	+			+
	锐额溞属 Alonlla	+	+	+	+				+		
	盘肠溞属 Chydovus		+	+		+			+		
	平直溞属 Pleuroxus					+					
溞科 Daphniida	船卵溞属 Scapholeberis		+		+	+		+	+	+	+
	低额溞属 Sinoceplalus		+								+
裸胶溞科 Minidea	裸额溞属 Moina	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
粗毛溞科 Macrothricidea	粗毛溞属 Macrothrix		+								
桡足类 Copepoda											
	无节幼体 Auuplrus	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	桡足幼体 Copepodid	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	剑水蚤 Cycloporda	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
贝甲目 Conchostraco											
	蚌虫 Conchostraco	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
寡毛纲 Oligochoeta											+
水生昆虫 Aquatic insecta											
	蜻蜓目 Odonata					+					
	摇蚊科 Tendipedidae					+		+	+	+	+
	蚊科 Culicidae	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
合计 Total		15	24	19	20	22	17	19	20	16	15

2. 2 水生动物的数量及多样性

不同稻田生态系统水样水生动物的平均数目达 8765 个/L,其中绝大部分是原生动物(占总数的 74. 6%),原生动物、枝角

类、桡足类、轮虫、蚌虫、水生昆虫的平均数目分别是 6540 个/L、606.2 个/L、417 个/L、990 个/L、161.4 个/L、47.6 个/L。原生动物的数目以水源区最高,达 12000 个/L,进入稻田后,下降为 8900 个/L,放鸭进一步降低原生动物的数目,放 4 只和 6 只鸭的稻田原动物数目分别是 6000 个/L、2900 个/L。轮虫、蚌虫的数目也有类似的规律,水生昆虫平均数目则相反。枝角类在放 6 只鸭小区显著增加,可能是由于鸭子的增加,其取食蚌虫,导致蚌虫减少所致^[16];至于各处理之间原生动物的不同,可能与水体环境的变化、有机质的多寡及其他水生动物之间存在的复杂食物关系所致。

表 2 不同稻鸭生态系统水生动物组成差异

Table 2 The variation of the composition of aquatic animals in different rice-duck intergrowth ecosystems																	
组成	水源	CK					D4					D6					F
Composition	Water head	1	2	3	平均	Average	1	2	3	平均	Average	1	2	3	平均	Average	
原生动物 Protozoa	2	3	2	3	2.7		2	2	4	2.7		3	2	1	2		0.50
轮虫 Rotifera	6	8	7	7	7.3		6	6	4	5.3		6	5	1	4.0		2.92
枝角类 Cladocera	2	8	5	5	6		7	4	5	5.3		5	3	6	4.7		0.52
桡足类 Copepoda	3	3	3	3	3		3	3	3	3		3	3	3	3		0
蚌虫 Conchostraco	1	1	1	1	1		1	1	1	1		1	1	1	1		0
寡毛类 Oligochoeta	0	0	0	0	0		0	0	0	0		0	0	1	0.33		1
水生昆虫 Aquatic insecta	1	1	1	1	1		3	1	2	2		2	2	2	2		3.00
合计 Total	15	24	19	20	21.0		22	17	19	19.3		20	16	15	17.0		1.78

* $F(2,6)_{0.1}=3.46$; * * $F(2,6)_{0.05}=5.14$

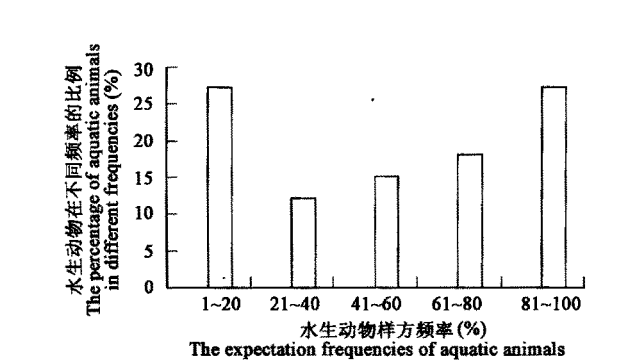


图 1 水生动物在不同样方频率的比例

Fig. 1 Percentage of aquatic animals in different frequencies

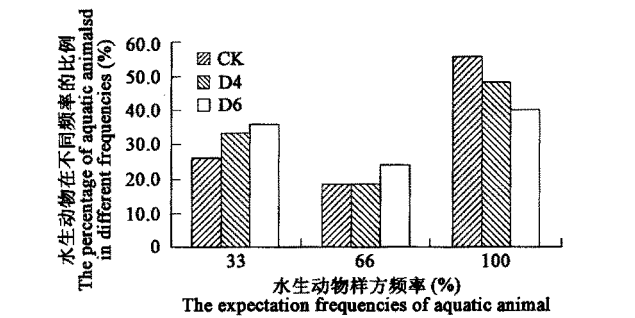


图 2 不同处理水生动物在不同样方频率的比例

Fig. 2 Percentage of aquatic animals in different frequencies in different treatments

表 3 不同稻鸭生态系统水生动物数目(个/L)

Table 3 Number of aquatic animals in different rice-duck ecosystems(ind./L)															
组成 Composition	水源 Water head	CK				D4				D6				F	
		1	2	3	平均 Average	1	2	3	平均 Average	1	2	3	平均 Average		
原生动物 Protozoa	12000	5400	12000	9300	8900	5400	4500	8100	6000	1800	4500	2400	2900	4.90 *	
轮虫 Rotifera	1710	570	1140	2610	1440	570	510	810	630	180	1050	750	660	1.43	
枝角类 Cladocera	595.5	539.3	657	441	545	383	225	405	337	858	642	1317	939	5.99 * *	
桡足类 Copepoda	151.5	349.7	570	138	352	594	510	798	634	354	120	585	353	1.93	
蚌虫 Conchostraco	379.5	25.5	660	96	260.5	162	48	93	101	129	9	12	50	0.84	
寡毛类 Oligochoeta	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	31.85	10.62	1	
水生昆虫 Aquatic insecta	10.5	20.9	30	15	21.97	69.7	6	104.54	60.08	81.69	37.85	468.69	73.19	1.78	
合计 Total	14847	6905	15057	12600	11520	7178	5799	10310	7762	3402	6358	5195	4985	3.86 *	

* $F(2,6)_{0.1}=3.46$; * * $F(2,6)_{0.05}=5.14$

运用 Margalef 多样性指数分析表明(见表 4),对照稻田的多样性指数 2.15 为最高,水源和放鸭的稻田的多样性指数均不高,放鸭越多,多样性指数越低,但差异不明显。

2.3 水生动物的生物量

不同稻田生态系统水样水生动物的生物量达 313.25mg/L,其中绝大部分是蚌虫(占总数的 70.0%),原生动物、枝角类、桡足类、轮虫、蚌虫、水生昆虫的平均生物量分别是 0.2mg/L、30.3mg/L、12.5mg/L、0.8/L、209.8mg/L、59.6mg/L。水生动物的

总生物量以水源区最高,为 539.9mg/L,次之为对照稻田(399.9mg/L)。作为鸭子的饵料,稻鸭共生蚌虫减少,由于其体形大,对生物量结果影响大;如果把蚌虫除外进行比较,稻田其他水生动物总生物量要明显高于水源区,其中以放 4 只鸭为最高,为 200.3 mg/L,依次为放 6 只鸭、对照区和水源区,分别为 67.7、61.25、46.55。不同放鸭数比较,原生动物随着放鸭数增加,生物量明显下降,而枝角类则以放 6 只鸭为高,差异显著,其他各类差异不显著。

表 4 不同稻鸭生态系统水生动物生物多样性指数

Table 4 Bio-diversity indexes of aquatic animals in different rice-duck ecosystems														
组成 Composition	水源 Water head	CK				D4				D6				F
		1	2	3	平均 Average	1	2	3	平均 Average	1	2	3	平均 Average	
原生动物 Protozoa	0.11	0.23	0.11	0.22	0.19	0.12	0.12	0.33	0.19	0.27	0.12	0	0.13	0.23
轮虫 Rotifera	0.67	1.1	0.85	0.76	0.91	0.79	0.8	0.45	0.68	0.96	0.57	0	0.51	1.15
枝角类 Cladocera	0.16	1.11	0.62	0.66	0.79	1.01	0.55	0.67	0.74	0.59	0.31	0.7	0.53	1.08
桡足类 Copepoda	0.4	0.34	0.32	0.41	0.35	0.31	0.32	0.3	0.31	0.34	0.42	0.31	0.36	1.17
水生昆虫 Aquatic insecta	0	0	0	0	0.00	0.47	0	0.22	0.23	0.23	0.28	0.22	0.24	2.99
合计 Total	1.46	2.44	2.03	1.98	2.15	2.37	1.85	1.95	2.06	2.17	1.74	1.58	1.83	1.05

* $F(2,6)_{0.1}=3.46$; ** $F(2,6)_{0.05}=5.14$; 蚌虫和寡毛类的多样性指数皆为 0 The diversity index of the Conchostraco and the Oligochoeta both were zero

表 5 不同处理组中水生动物的生物量

Table 5 Biomass of aquatic animals in different treatments														
组成 Composition	水源 Water head	CK				D4				D6				F
		1	2	3	平均 Average	1	2	3	平均 Average	1	2	3	平均 Average	
原生动物 Protozoa	0.36	0.16	0.36	0.28	0.27	0.16	0.14	0.24	0.18	0.05	0.14	0.07	0.09	4.81*
轮虫 Rotifera	1.37	0.46	0.91	2.09	1.15	0.46	0.41	0.65	0.50	0.14	0.84	0.60	0.53	1.43
枝角类 Cladocera	29.78	26.97	32.85	22.05	27.29	19.15	11.25	20.25	16.88	42.90	32.10	65.85	46.95	5.99**
桡足类 Copepoda	4.55	10.49	17.10	4.14	10.58	17.82	15.30	23.94	19.02	10.62	3.60	17.55	10.59	1.93
蚌虫 Conchostraco	493.35	33.15	858.00	124.80	338.65	210.60	62.40	120.90	131.30	167.70	11.70	15.60	65.00	0.849
寡毛类 Oligochoeta	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	1.00
水生昆虫 Aquatic insect	10.50	20.90	30.00	15.00	21.97	476.10	6.00	9.04	163.71	18.05	6.00	4.56	9.54	0.90
合计 Total	539.90	92.13	939.22	168.36	399.91	724.29	95.5	175.02	331.59	239.46	54.38	104.24	132.7	0.50

* $F(2,6)_{0.1}=3.46$; ** $F(2,6)_{0.05}=5.14$

3 小结与讨论

稻鸭共生作为一种新型的生态系统,目前有关稻鸭共生生态系统水生动物群落研究还很少。本研究表明,在稻鸭共生生态系统中,随着放鸭数量的增加,各类水生动物的数目、生物量及多样性指数减少,且稻田水生动物种类出现频次的分布符合 C. Raunkiaer 频度定律^[12]。总体而言,稻鸭共生生态系统中的水生动物群落的类群关系趋向平衡和稳定,是向良性方向发展的。传统稻田生态系统的自然属性较弱,稻田人工属性较强,低频度的种类的数目并不高,随着放鸭和放鸭数量的增加,低频度种类的数目增加,高频度种类的数目减少,水生动物群落优势种的优势减弱,预示着放鸭后稻田生态系统的自然属性增强。

稻田水体作为鸭子重要的生活环境,稻鸭共生水体环境的研究应该是该技术研究的一个重要方面。水生动物是鸭子重要的饵料,研究稻鸭共生对稻田水生动物种类、数量、多样性及生物量的影响,可合理确定放鸭数量、提高稻鸭共生经济效益,规范稻鸭共生技术,进一步促进稻鸭共生技术的推广应用,同时也为稻鸭共生水体生物多样性的研究提供依据。

稻田水生动物群落是一个动态变化过程,会随着雏鸭的生态动态和水稻的生长动态而发生变化。本文在研究水生动物时,仅在水稻孕穗期进行一次取样,没有能动态反映水生动物的动态变化过程,这需在以后研究中进行完善,此外,在以后稻鸭生态系统水体生物动态变化的研究中,应把水生植物、水生动物、水体环境、水稻生长及鸭子的生活习性结合起来,从而为进一步规范稻鸭共生技术,指导农业生产提供理论依据。

References:

[1] Zhen R H, Wang Q S, Shen X K, *et al.* Current status and technical prospect of rice-duck mutualistic eco-farming in China. *Rural Eco-Envi.*, 2004, **20** (4):1~5.

[2] Teng J J. Intradiction and countermeasure of rice-duck mutualism. *Ecol Domestic Anim.*, 1994, **15** (1):25~26.

[3] Zheng Y H, Deng G B, Lu G M. Economic benefits of rice-fish-duck complex ecosystem-preliminary study. *Chin. J. Appl. Ecol.*,

1997, **8**(4): 431~434.

[4] Yang Z H, Huang H, Wang H. Paddy soil quality of wetland rice-duck complex ecosystem. *Chin. J. Soil. Sci.*, 2004, **35**(2) :117~121.

[5] Wang Q S, Huang P S, Zhen R H, *et al.* Effect of rice-duck mutualism on nutrition ecology of paddy field and rice quality. *Chin. J. Appl. Ecol.*, 2004, **15**(4) : 639~645.

[6] Liu W Q, Wang Y F, Xu R L. Ecological characteristics of phytoplankton in waters of biological-controlling and ordinary rice fields. *Chin. J. Appl. Ecol.*, 2001, **12**(1) : 59~62.

[7] Wang Y, Lei W C. Studies on the ecological effect of plantingbreeding models in the rice field. *Acta Ecologica sinica*, 2000, **20**(2) : 311~316.

[8] Zhu G Y, Huang X F. Species composition of rotifera with reference to some taxonomic aspects in lake Donghu, Wuhan. *Acta Hydrobiologica Sinic*, 1993, **12**: 347~356.

[9] Zhang Z S, Huang X F. *Research methods of Fresh-water plankton*. Beijing: Science Press, 1991. 232~327.

[10] NEPA, *Aquatic organism monitoring manual*. Nanjing: Dongnan University Press, 1992. 34~37.

[11] Alatalo R V. Problems in the measurement of evenness in ecology. *Oikos*, 1981,**37**: 199~204.

[12] Ma K P. The methods of measuring community diversity I. Measurement of a diversity. *Chinese Biodiversity*, 1994, **2**: 162~168.

[13] Magurran A E. *Ecological diversity and its measurement*. Princeton: Princeton University Press, 1988.

[14] Yang Y F, Chen X M, Huang X F. Ecological Changes of copepods in Lake Donghu, Wuhan. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 1994, **12**: 334~340.

[15] Xie P and T Noriko. Community structure of planktonic Copepoda in a shallow, macrophytic lake, Lake Biandantang. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 1998, **22**(2): 135~142.

[16] Li Y H, Zhao W. *Aquatic rearing biology*. Dalian: Dalian Press, 2002. 122~166.

参考文献:

[1] 甄若宏,王强盛,沈晓昆,等. 我国稻鸭共作生态农业的发展现状与技术展望. 农村生态环境, 2004, **20**(4) : 1~5.

[2] 滕建军. 稻鸭共栖的矛盾与对策. 家畜生态, 1994, **15** (1) : 25~26.

[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. 应用生态学报, 1997, **8**(4) : 431~434.

[4] 杨志辉, 黄璜, 王华. 稻-鸭复合生态系统稻田土壤质量研究. 土壤通报, 2004, **35**(2) :117~121.

[5] 王强盛, 黄丕生, 甄若宏, 等. 稻鸭共作对稻田营养生态及稻米品质的影响. 应用生态学报, 2004, **15**(4):639~645.

[6] 刘蔚秋, 王永繁, 徐润林. 生物防治稻田与普通稻田水体中浮游植物的生态特征研究. 应用生态学报, 2001, **12**(1) : 59~62.

[7] 王纓, 雷慰慈. 稻田种样模式生态效益研究. 生态学报, 2000, **20**(2) : 311~316.

[8] 诸葛燕, 黄祥飞. 武汉东湖轮虫种类组成及其分类讨论. 水生生物学报, 1993, **12**: 347~356.

[9] 章宗涉, 黄祥飞. 淡水浮游生物研究方法. 北京: 科学出版社, 1991. 232~327.

[10] 国家环保局. 水生生物监测手册. 南京: 东南出版社, 1992, 34~37.

[11] 马克平. 生物群落多样性的测度方法 I. α 多样性的测度方法(上), 生物多样性, 1994, **2**(3) : 162~168.

[14] 杨宇峰, 陈雪梅, 黄祥飞. 武汉东湖桡足类的生态学演变. 水生生物学报, 1994, **12**: 334~340.

[16] 李永函, 赵文. 水产饵料生物学. 大连: 大连出版社, 2002. 122~166.