

用 ELISA 方法研究稻田节肢动物的食物关系

刘雨芳^{1,2}, 张古忍¹, 古德祥¹, 温瑞贞¹

(1. 中山大学昆虫学研究所, 生物防治国家重点实验室, 广州 510275;

2. 湘潭师范学院生命科学与资源环境学院, 湘潭 411201)

摘要: 应用酶联免疫吸附试验双抗体夹心法, 研究了稻田节肢动物, 包括 19 种捕食性天敌、4 种主要水稻害虫及 1 种中性昆虫之间的食物关系。在检测的 19 种捕食者中, 有 15 种捕食了白背飞虱, 11 种捕食了褐飞虱。其中食虫沟瘤蛛、拟水狼蛛、八斑鞘蛛、棕管巢蛛、四斑锯螯蛛和拟环纹豹蛛对两种稻飞虱的捕食阳性率较高。有 7 种捕食了稻纵卷叶螟幼虫, 其中棕管巢蛛、褶管巢蛛、拟环纹豹蛛、青翅蚁形隐翅虫和印度细颈步甲的捕食阳性率较高。拟环纹豹蛛、浙江豹蛛和拟水狼蛛对稻蝗若虫有较高的阳性率。13 种捕食者捕食了摇蚊, 摇蚊作为替代或补充猎物, 对稻田捕食性节肢动物亚群落的重建和发展具有重要意义。在实验检测的基础上, 构建了被检测节肢动物猎物与捕食者间的食物关系图。

关键词: 酶联免疫吸附试验; 捕食者; 节肢动物; 食物关系; 稻田

中图分类号: Q148 文献标识码: A 文章编号: 0454-6296 (2002) 03-0352-07

Enzyme-linked immunosorbent assay used to detect the food relationships of the arthropods in paddy fields

LIU Yu-Fang^{1,2}, ZHANG Gu-Ren¹, GU De-Xiang¹, WEN Rui-Zheng¹ (1. Institute of Entomology & State Key Laboratory for Biological Control, Zhongshan University, Guangzhou 510275, China; 2. College of Life Science and Resource Environment, Xiangtan Normal University, Xiangtan 411201, China)

Abstract: The double antibody sandwich technique, an enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA), was developed to detect the food relationships among 19 species of predators, 4 pest insects and 1 neutral insect in paddy fields in Dasha Township, Sihui County, Guangdong Province. The results indicated that 15 and 11 species of predatory arthropods preyed on the white-back planthopper, *Sogatella furcifera*, and the brown planthopper, *Nilaparvata lugens*, respectively. *Ummeliata insecticeps*, *Pirata subpiraticus*, *Coleosoma octomaculatum*, *Clubiona japonocola*, *Dyschiriognatha quadrimaculata* and *Pardosa pseudoannulata* were the major natural enemies of the two planthoppers. Seven predatory species preyed on *Cnaphalocrocis medinalis* larva, of which *Clubiona japonocola*, *C. corrugata*, *Pardosa pseudoannulata*, *Paederus fuscipes* and *Casnoidea indica* were the important ones. *P. pseudoannulata*, *P. tschekiangensis* and *P. subpiraticus* were the major predators on nymph of *Oxya* sp. *Chironomus* sp. was preyed by 13 predatory species. As the major or supplementary prey of predators, *Chironomus* sp. played an important role in re-establishment and regulation the structure of arthropod community in paddy fields. The food relationship pattern of the assayed arthropods in paddy fields was constructed based on the results of the ELISA.

Key words: ELISA; predator; arthropod; food relationship; paddy field

食物关系分析可提供关于群落中各营养水平的物种丰富度、有机体的相对数量、觅食对策、协同进化及其各物种相互作用的相对重要性、能流及存在于群落中的关键物种信息, 能使我们更好地理解

和预测生态系统的一些基本过程, 更好地解释相互作用的复杂的多物种系统的多样性格局和动态, 为害虫管理提供新思路 (Valladares and Salvo, 1999)。所以, 对有机体之间取食关系的研究是生态学中的

基金项目: 国家自然科学基金项目 (39770514)、国家自然科学基金重点项目 (39830040) 和湖南省教委项目 (00C239)

第一作者简介: 刘雨芳, 女, 1964 年 2 月生, 博士, 副教授, 主要从事昆虫群落生态、害虫综合防治与生物多样性等方面的研究。现在福建农林大学从事博士后研究工作, 通讯地址: 福州, 福建农林大学植保学院; 邮编: 350002; E-mail: yurainliu@yahoo.com.cn

收稿日期 Received: 2000-10-16; 接受日期 Accepted: 2001-10-08

一个重要问题，一直受到生态学家的普遍关注和重视。

稻田生态系统中的节肢动物个体小，行为隐蔽，捕食者和猎物多在夜间活动使得在自然状况下难以直接观察到捕食者与猎物之间的相互作用。而且大多数捕食者通过咀嚼和消化猎物，不可能进行直接的肠胃观察，要确定捕食者吃了什么非常困难。因而，许多的研究报道都是在室内或通过温室人工控制条件下完成的，根据田间直接或间接的捕食行为研究的报道很少。目前，研究者们认为最有前途、应用最多的检测捕食作用的方法是利用以免疫学为基础的检测技术，如酶联免疫吸附试验（enzyme-linked immunosorbent assay, ELISA）（Service *et al.*, 1986; Hagler and Naranjo, 1996; 张古忍等, 1996; Zhang *et al.*, 1999）。免疫学技术便于检测在自然的不可控制条件下发生的捕食行为。

本文作者应用酶联免疫吸附试验双抗体夹心法（ELISA double antibody sandwich technique）对稻田中常见的捕食性天敌、主要害虫及中性昆虫之间的食物关系进行了详细的研究。试图弄清楚稻田生态系统中主要节肢动物之间的取食关系，为水稻害虫的综合防治提供可靠的理论依据。

1 材料与方法

1.1 抗原

本研究选择水稻害虫白背飞虱 *Sogatella furcifera*、褐飞虱 *Nilaparvata lugens*、稻纵卷叶螟 *Cnaphalocrocis medinalis* 幼虫、稻蝗 *Oxya* sp. 若虫，捕食性天敌青翅蚁形隐翅虫 *Paederus fuscipes*、黑肩绿盲蝽 *Cyrtorrhinus livipennis*、斜纹猫蛛 *Oxyopes sertatus*、拟水狼蛛 *Pirata subpiraticus*、稻红瓢虫 *Micraspis discolor* 及中性昆虫摇蚊 *Chironomus* sp. 作为抗原材料。其中白背飞虱和褐飞虱由室内养殖，其它抗原材料由田间采集。

1.2 捕食者的采集与预处理

用吸虫器（刘雨芳等, 1999）在田间吸捕各种捕食者，迅速用小试管分装，带回实验室后给水饥饿至少 72 h，让捕食者消化掉可能存在于体内的各类抗原物质。作抗原用的捕食者，直接移入 -30℃ 冰箱中冷冻保存备用。作阴性对照检测的捕食者单个分装，并用适量的 PBS-Tween 20 浸润，然后移入

-30℃ 冰箱中冷冻保存备用。

作阳性检测的捕食者被采集后，即刻放入冰壶内冷冻临时保存，带回实验室后单个分装，并加适量的 PBS-Tween 20 浸润，迅速移入 -30℃ 冰箱中冷冻保存，待检测。每头捕食者同时检测其对白背飞虱、褐飞虱、稻纵卷叶螟幼虫、稻蝗若虫、青翅蚁形隐翅虫、黑肩绿盲蝽、斜纹猫蛛、拟水狼蛛、稻红瓢虫及摇蚊的捕食情况。

1.3 抗原提取、抗血清的制备及特异性反应检查

抗原提取及抗血清的制备详见张古忍等（1996）。制备好的抗血清在检测前作特异性检查，以确定抗血清是否纯净和具备只对相应抗原起沉淀反应的特异性反应，用中和法结合双向琼脂扩散试验和交叉反应法（周汉辉, 1986）来测定。

1.4 酶标记抗体的制备及 ELISA 检测

采用简易戊二醛二步法交联辣根过氧化物酶（horseradish peroxidase, HRP, Sigma 出品, RZ ≥ 3）与抗体蛋白制备酶标记抗体，用 ELISA 双抗体夹心法检测（张古忍等, 1996）。

1.5 抗血清与酶标记抗体的最适工作浓度检测

各种抗血清用 pH 9.6, 0.05 mol/L 碳酸缓冲液从 50 至 1 600 倍进行倍比稀释。相应抗原含量为 0.1 mg/mL, ELISA 检测。将吸收值约为最大吸收值 50% 的抗血清稀释浓度确定为抗血清的最适工作浓度。这样既能满足实验检测需要，节约抗血清用量，又能减少非特异性干扰反应。酶标记抗体用 PBS-Tween 20 从 50 至 1 600 倍进行倍比稀释，用相应抗血清的最适工作浓度检测，具最高 OD₄₉₂ 值的酶标记抗体的稀释倍数确定为该种酶标记抗体的最适工作浓度。

2 结果与分析

2.1 特异性

特异性检测结果表明：所制备的抗血清对其相应抗原均具备特异性反应；用于制备抗血清的所有抗原材料之间、抗血清与各种待测天敌（阴性对照）、其它水稻害虫及稻苗提取液均无交叉反应。

2.2 抗血清与酶标记抗体的最适工作浓度

通过检测，各种抗血清与酶标记抗体的最适工作浓度见表 1。

表 1 各种抗血清与酶标记抗体的最适稀释倍数

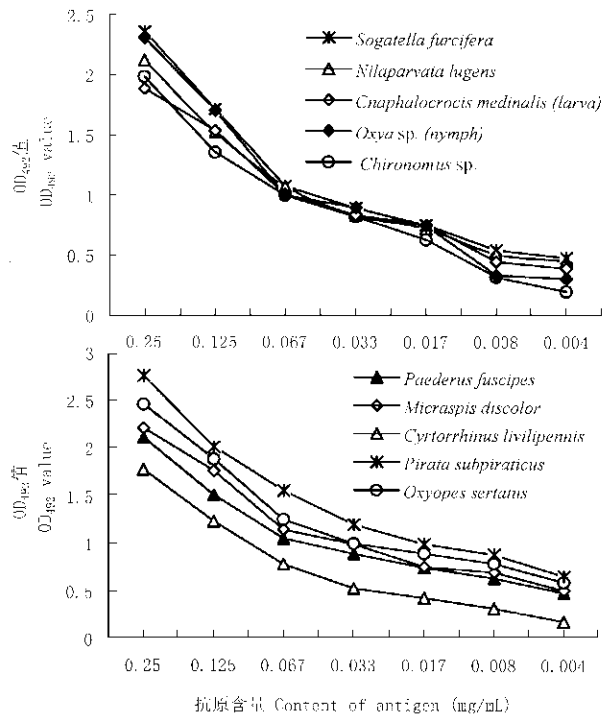
Table 1 The optimum dilutions of all antisera and enzyme-labeled antibodies

抗原 Antigen	Sf	NI	Cm	Osn	Ch	Pf	Md	Cl	Os	Ps
抗血清 Antiserum	400	200	200	400	200	200	800	200	400	400
酶标记抗体 Enzyme-labeled antibody	800	400	400	800	400	400	800	400	400	400

Sf: 白背飞虱 *Sogatella furcifera*; NI: 褐飞虱 *Nilaparvata lugens*; Cm: 稻纵卷叶螟幼虫 *Cnaphalocrocis medinalis larva*; Osn: 稻蝗若虫 *Oxya sp. nymph*; Ch: 摇蚊 *Chironomus sp.*; Pf: 青翅蚁形隐翅虫 *Paederus fuscipes*; Md: 稻红瓢虫 *Micraspis discolor*; Cl: 黑肩绿盲蝽 *Cyrtorrhinus livipennis*; Os: 斜纹猫蛛 *Oxyopes sertatus*; Ps: 拟水狼蛛 *Pirata subpiraticus*。下表及图同此 The same for the following tables and figures

2.3 敏感性

捕食性天敌消化道内猎物蛋白含量的检测水平取决于 ELISA 检测的敏感性, 在确定了抗血清和酶标记抗体的最适稀释度后, 对抗原溶液进行系列稀释与检测。多孔板每板的第一排孔不加抗原, 代之以 PBS-Tween 20 作为空白对照调零。结果表明: 在抗原被稀释到 0.004 mg/mL 时, 仍然能被检测出来。如以白背飞虱为例进行换算, 相当于 0.01 头白背飞虱成虫。其最低可测出浓度则更低 (图 1)。这说明所建立的方法灵敏度较高, 完全能满足检测的需要。

图 1 各种抗原在系列稀释浓度下的 OD₄₉₂ 值Fig. 1 ELISA OD₄₉₂ values for dilutions of 10 antigens

2.4 各种捕食者的 OD₄₉₂ 临界值

检测时以蒸馏水调零, 在检测浓度范围内, 各

类空白对照的最大吸收值均低于阴性对照的最大吸收值。以 2 倍于阴性对照的 OD₄₉₂ 作为临界值, 当检测的 OD₄₉₂ ≥ 临界值 = 2 OD₄₉₂ (阴性对照) 时, 判定为阳性, 认为该种捕食者捕食了相应的猎物。不同捕食者对各种猎物抗原检测时的临界值见表 2。

2.5 捕食者的阳性反应率

1999 年 4 月 20 日至 1999 年 11 月 1 日, 系统采集稻田捕食者, 并对其中的主要捕食者进行 ELISA 检测。检测数据按水稻生长前期、中期和后期, 分早稻、晚稻进行统计。表 3 与表 4 列出了对稻田中主要捕食者所做的 ELISA 检测的阳性反应率。从中可以发现: 不同捕食者种类在同一时期对相同猎物具有不同的阳性反应率; 同一捕食者在同一时期对不同猎物以及在不同时期对相同猎物, 均具有不同的阳性反应率。

在检测的 19 种捕食者中, 有 15 种捕食了白背飞虱, 占检测种数的 78.9%; 有 11 种捕食了褐飞虱, 占检测总数的 57.9%; 有 7 种捕食了稻纵卷叶螟幼虫, 占检测种数的 36.8%; 有 3 种捕食了稻蝗若虫, 占检测种数的 15.8%。其中食虫沟瘤蛛、拟水狼蛛、八斑鞘蛛、粽管巢蛛、四斑锯螯蛛和拟环纹豹蛛对两种稻飞虱的阳性反应率较高, 是稻飞虱的重要捕食性天敌。粽管巢蛛、褶管巢蛛、拟环纹豹蛛、青翅蚁形隐翅虫和印度细颈步甲是稻纵卷叶螟幼虫的重要捕食性天敌。捕食稻蝗若虫的天敌是狼蛛科的拟环纹豹蛛、浙江豹蛛和拟水狼蛛。有 13 种捕食了摇蚊, 占检测种数的 68.4%。

2.6 稻田节肢动物猎物与捕食者食物关系图

为进一步了解稻田节肢动物群落中捕食者之间、捕食者与猎物 (水稻害虫、中性昆虫) 之间的相互关系, 根据 ELISA 检测结果, 构建稻田节肢动物猎物与捕食者之间的食物关系如图 2。

表 2 不同捕食者对各种抗原检测的 OD₄₉₂ 临界值
Table 2 The OD₄₉₂ critical values of 19 predators for 10 antigens

捕食者 Predator	抗原 Antigen									
	Sf	Nl	Cm	Osn	Ch	Pf	Md	Cl	Os	Ps
Ai	2.100	1.940	1.508	1.960	1.468	2.098	1.550	1.040	1.662	1.870
Dq	1.646	1.598	2.240	2.216	1.420	1.768	1.974	1.860	1.606	2.100
Tn	0.996	1.164	0.804	1.004	0.894	0.926	1.164	1.402	1.908	1.078
Co	1.442	1.250	2.036	2.414	1.296	1.746	2.242	1.596	1.914	2.032
Eg	2.224	2.072	2.150	2.323	1.844	1.782	1.838	2.488	1.662	2.208
Ui	1.296	0.912	1.344	2.122	1.048	1.630	1.162	1.244	1.500	1.674
Ps	1.486	1.002	1.570	1.294	0.740	1.306	1.364	1.030	1.468	-
Pp	2.154	1.874	1.734	1.800	1.826	1.992	2.274	1.656	1.628	2.444
Pt	2.096	2.448	2.046	2.574	2.088	2.080	1.834	2.836	1.878	1.894
Cc	0.884	0.902	0.610	0.824	0.654	0.806	0.824	0.822	0.942	0.642
Cj	0.940	0.676	0.476	0.866	0.792	0.916	0.766	0.938	1.158	1.132
Os	0.896	0.832	1.324	1.214	0.784	0.704	0.952	1.100	-	1.550
Bh	1.892	1.988	1.720	1.304	1.306	1.492	1.680	1.384	2.020	2.402
Mm	1.670	1.608	1.480	1.504	1.552	1.298	1.654	1.674	1.414	1.904
Mh	0.194	0.204	0.302	0.218	0.244	0.222	0.216	0.280	0.214	0.198
Cl	0.264	0.284	0.274	0.270	0.254	0.230	0.324	-	0.378	0.396
Ci	0.234	0.226	0.274	0.218	0.242	0.280	0.286	0.260	0.228	0.306
Pf	0.224	0.222	0.220	0.178	0.226	-	0.252	0.180	0.264	0.370
Md	0.324	0.310	0.334	0.332	0.300	0.318	-	0.324	0.362	0.576

Ai: 卵形园蛛 *Araneus inustus*, Dq: 四斑锯螯蛛 *Dyschiriognatha quadrimaculata*, Tn: 华丽肖蛸 *Tetragnatha nitens*, Co: 八斑鞘蛛 *Coleosoma octomaculatum*, Eg: 草间小黑蛛 *Erigonidium graminicolum*, Ui: 食虫沟瘤蛛 *Ummeliata insecticeps*, Pp: 拟环纹豹蛛 *Pardosa pseudoannulata*, Pt: 浙江豹蛛 *Pardosa tschekiangensis*, Cc: 褶管巢蛛 *Clubiona corrugata*, Cj: 棕管巢蛛 *Clubiona japonocola*, Bh: 华南菱头蛛 *Bianor hotingchiechi*, Mm: 纵条绳狮 *Marpiss magister*, Mh: 尖钩宽龟蝽 *Microvelia horvathi*, Ci: 印度细颈步甲 *Casnoidea indica*。下表及图同此 The same for the following tables and figures

3 讨论

捕食者的阳性反应率对猎物密度有一定的依赖性。如在两种飞虱盛发期，即早稻的中、后期和晚稻的前、中期，猎物（飞虱）密度高，捕食者阳性率较高，即捕食性天敌的捕食率较高。猎物密度低时，捕食者的阳性反应率也相应降低。但由于不同捕食者对各种猎物的捕食作用的差异性及其捕食者的捕食有限度，同时捕食者在猎物低密度时对猎物有主动搜索和积极捕食效应，使捕食者的阳性反应率与猎物密度之间并无严格对应关系。

根据物种功能的不同，稻田节肢动物群落可以分为捕食性节肢动物、寄生性、植食性及中性昆虫四个亚群落。摇蚊是稻田中性昆虫亚群落的优势类群（吴进才等，1994）。在水稻移栽后，稻田中的

害虫数量较少，摇蚊成为捕食性天敌的重要猎物，使天敌得以迅速生长、聚集和繁殖，形成强大的捕食性天敌亚群落，从而使天敌亚群落的建群过程摆脱了对害虫种群的依赖（徐建祥和吴进才，1999）。摇蚊等中性昆虫的存在对稻田捕食性节肢动物亚群落的建群及结构调节具有重要意义。摇蚊作为捕食者的猎物，构成一条由腐殖质、浮游生物→中性昆虫→捕食者的食物链，是联接另一条由作物→植食者→捕食者构成的食物链的桥梁，对进一步理解稻田生态系统中的物质循环、营养转移和能量传递及了解群落结构与功能的关系有重要意义。

ELISA 方法简便、敏感，酶标记抗体试剂制备容易、稳定、有效期长，应用于研究昆虫的捕食与被捕食关系具有明显的特异性，能较客观地揭示天敌与害虫的捕食与被捕食的关系，方法可靠（Boreham and Ohiagu, 1978）。而 ELISA 双抗体夹心

法能减弱非特异性颜色的干扰，是检测抗原最常用的方法。

表 3 早稻生长期不同捕食者的 ELISA 检测阳性率 (1999 年)

Table 3 The ELISA positive percentage of predators in early rice season in 1999*

早稻生长期 Stage of early rice	捕食者 Predator	检测头数 Number of insects tested	阳性率 Positive (%)									
			Sf	Nl	Cm	Osn	Ch	Pf	Md	Cl	Os	Ps
前期 early stage	Tn	6	0	0	0	0	33.3	0	0	0	0	0
	Ui	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ps	8	0	0	0	0	25.0	0	0	0	0	-
	Pp	12	8.3	0	0	0	16.7	0	0	0	0	0
	Pt	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Cc	2	0	0	0	0	50.0	0	0	0	0	0
	Pf	9	11.1	0	11.1	0	22.2	-	0	0	0	0
中期 intermediate stage	Ai	9	22.2	11.1	0	0	11.1	0	0	0	0	0
	Dq	7	28.6	28.6	0	0	0	0	0	0	0	0
	Tn	9	22.2	33.3	0	0	0	0	0	0	0	0
	Co	8	37.5	12.5	0	0	12.5	0	0	0	0	0
	Eg	6	16.7	16.7	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ui	18	55.7	50.0	0	0	16.7	5.6	0	5.6	0	0
	Ps	11	36.4	27.3	9.1	0	0	0	9.1	0	0	0
	Pp	3	33.3	0	0	33.3	0	0	33.3	0	0	0
	Cj	8	25.0	37.5	37.5	0	12.5	0	25.0	0	0	0
	Os	9	11.1	0	0	0	11.1	11.1	0	0	-	0
	Bh	3	0	0	0	0	33.3	0	0	0	0	33.3
	Mm	2	50.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Cl	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Pf	12	33.3	16.7	16.7	0	8.3	-	0	0	8.3	0
Md	12	16.7	8.3	0	0	0	0	-	0	0	0	
后期 late stage	Dq	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Co	7	28.6	14.3	0	0	0	0	0	0	0	0
	Eg	3	0	0	0	0	33.3	33.3	0	0	0	0
	Ui	10	40.0	70.0	0	0	10.0	10.0	0	0	0	0
	Ps	7	14.3	57.1	0	14.3	14.3	0	10.3	0	14.3	-
	Pp	6	16.7	16.7	0	33.3	0	0	0	0	33.3	0
	Pt	1	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0
	Cj	5	0	60.0	0	0	20.0	20.0	40.0	20.0	0	0
	Os	5	0	40.0	0	0	0	0	0	0	-	0
	Mm	3	0	0	0	0	0	0	0	0	33.3	33.3
	Pf	6	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0

表 4 晚稻生长期不同捕食者的 ELISA 检测阳性反应率 (1999 年)

Table 4 The ELISA positive percentage of predators in late rice season in 1999

晚稻生长期 Stage of late rice	捕食者 Predator	检测头数 Number of insects tested	阳性率 Positive (%)										
			Sf	Nl	Cm	Osn	Ch	Pf	Md	Cl	Os	Ps	
前期 early stage	Ai	1	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Dq	11	9.1	18.2	0	0	18.2	0	0	0	0	0	0
	Tn	6	16.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Co	3	33.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Eg	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ui	6	33.3	33.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ps	13	7.7	7.7	7.7	7.7	23.1	0	0	0	7.7	-	
	Pp	8	25.0	12.5	12.5	12.5	0	12.5	0	0	12.5	0	
	Pt	2	0	50.0	0	50.0	0	50.0	0	0	0	50.0	
	Cc	1	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0
	Os	9	22.2	22.2	0	0	22.2	0	0	0	-	0	
	Bh	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Mm	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Mh	7	0	14.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Cl	3	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	
	Pf	6	16.7	16.7	33.3	0	0	-	0	0	0	0	0
中期 intermediate stage	Dq	15	33.3	6.7	0	0	6.7	0	0	0	0	0	0
	Tn	2	0	50.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Co	11	54.6	54.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Eg	3	33.3	33.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ui	16	43.8	37.5	6.3	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ps	10	60.0	70.0	0	40.0	40.0	0	30.0	0	0	-	
	Pp	6	33.3	33.3	33.3	16.7	0	0	16.7	0	33.3	0	
	Cj	9	33.3	33.3	44.4	0	22.2	0	22.2	0	0	0	0
	Mh	8	12.5	37.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Cl	4	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	
	Ci	2	50.0	50.0	50.0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Pf	5	40.0	20.0	40.0	0	0	-	0	0	0	0	0
	Md	3	0	33.3	0	0	0	0	-	0	0	0	0
后期 late stage	Dq	7	0	28.6	0	0	0	0	0	0	14.3	0	
	Co	3	33.3	66.7	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Ui	2	0	50.0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Cj	1	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0	0
	Bh	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Cl	1	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0
	Pf	2	0	50.0	0	0	0	-	0	0	0	0	0
	Md	6	16.7	33.3	0	0	0	0	-	0	0	0	0

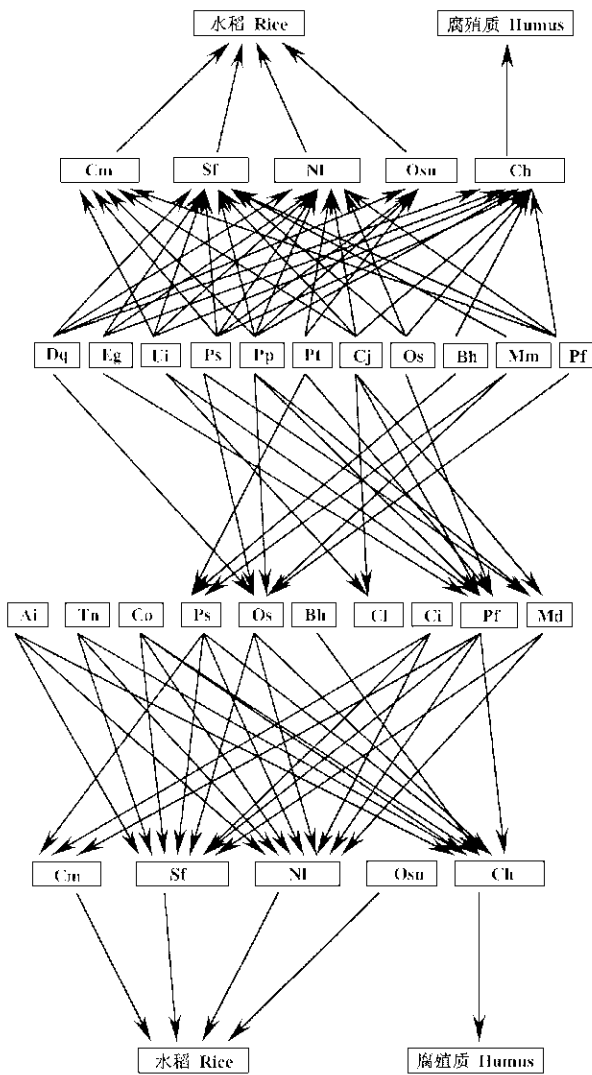


图2 稻田节肢动物猎物与捕食者食物关系图 (1999年)

Fig. 2 Food relationship pattern of arthropod prey-predator in paddy fields in 1999

尽管 ELISA 相当敏感, 血清学检测的敏感性还依赖于高效价、特异性的抗血清。在免疫制备抗血清时, 必须先测定效价, 只有在效价达到要求后才能停止免疫并采血。采血时应防止标本溶血, 以减少非特异显色。在进行 ELISA 检测前, 必须对所制备的抗血清进行特异性鉴定, 以确定抗血清中含有与待测猎物反应的抗体成份, 且对待测猎物具高特异性而与其它猎物和捕食者蛋白无交叉反应。

由于对捕食者的采集是在田间进行的随机取样, 猎物在捕食者消化道内存留的时间有差异, 一些个体较小或检测数量也较少的种类, 虽然在试验中没有出现阳性反应, 但它们与猎物之间的关系, 仍有待进一步研究。

参 考 文 献 (References)

- Boreham P F L, Ohiagu C E, 1978. The use of serology in evaluating invertebrate prey-predator relationships: a review. *Bull. Entomol. Res.*, 171 - 194.
- Hagler, J R, Naranjo S E, 1996. Using gut content immunoassays to evaluate predaceous biological control agents: a case study. In: Symondson W O C, Liddell J E eds. *The Ecology of Agricultural Pests (Biochemical Approaches)*. London. 383 - 400.
- Liu Y F, Zhang G R, Gu D X, 1999. Investigating the arthropods community in paddy fields using an improvement suction sampling machine. *Plant Protection*, 25 (6): 39 - 40. [刘雨芳, 张古忍, 古德祥, 1999. 利用改装的吸尘器研究稻田节肢动物群落. 植物保护, 25 (6): 39 - 40]
- Service M W, Voller A, Bidwell D E, 1986. The enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) test for the identification of bloodmeals of hematophagous insects. *Bull. Entomol. Res.*, 76: 321 - 330.
- Valladares G R, Salvo A, 1999. Insect-plant food webs could provide new clues for pest management. *Environ. Entomol.*, 28 (4): 539 - 544.
- Wu J C, Hu G W, Tang J, 1994. Studies on the regulation effect of neutral insect on the community food web in paddy field. *Acta Ecologica Sinica*, 14 (4): 381 - 386. [吴进才, 胡国文, 唐健, 1994. 稻田中性昆虫对群落食物网的调控作用. 生态学报, 14 (4): 381 - 386]
- Xu J X, Wu J C, 1999. On the significance, role and manipulating of neutral insects in paddy ecosystem. *Chinese Journal of Ecology*, 18 (5): 41 - 44. [徐建祥, 吴进才, 1999. 综论稻田生态系中性昆虫的意义及其调控. 生态学杂志, 18 (5): 41 - 44]
- Zhang G R, Gu D X, Zhang W Q, 1996. Enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) and its application in predation studies. *Chinese Journal of Biological Control*, 12 (1): 33 - 38. [张古忍, 古德祥, 张文庆, 1996. 酶联免疫吸附实验在捕食作用研究中的方法与应用. 中国生物防治, 12 (1): 33 - 38]
- Zhang G R, Zhang W Q, Gu D X, 1999. Quantifying predation by *Ummeliata insecticeps* Boes. et Str. (Araneae: Linyphiidae) on rice planthoppers using ELISA. *Entomologia Sinica*, 6 (1): 77 - 82
- Zhou H H, 1986. A serological method in insect ecology. *Entomological Knowledge*, 23 (1): 44 - 45. [周汉辉, 1986. 研究昆虫生态学的一种血清学检测法. 昆虫知识, 23 (1): 44 - 45]