

292-297

21/62(12)

第17卷第3期
1997年5月生态学报
ACTA ECOLOGICA SINICAVol. 17, No. 3
May, 1997

蚊幼对狼蛛的营养作用研究

吴进才 徐建祥

程遐年

(扬州大学农学院植保系, 扬州, 225009)

(南京农业大学植保系, 南京, 210014)

A

摘要 研究蚊子幼虫(孑孓)对拟水狼蛛(*Pirata subpiraticus*)的营养、繁殖作用。结果表明狼蛛对蚊幼的捕食符合 Holling I 型功能反应; 喂以蚊幼和不喂蚊幼处理狼蛛的体重增长率和生殖有极显著差异。在相同蚊幼密度下, 狼蛛初始体重越小, 增长率越大, 经计算狼蛛每增重 1 mg, 需消耗 10.58 mg 蚊幼, 这基本符合生态系统营养级能量流动的 1/10 法则; 狼蛛体重大小又对褐飞虱的捕食量有明显差异, 体重大的个体瞬时发现率大于体重小的个体。由此表明早期稻田存在的大量蚊子幼虫为捕食性天敌繁殖提供了充裕的营养, 使天敌得以建群和繁殖, 这对后期稻飞虱的自然控制起了重要作用。

关键词: 蚊子幼虫, 拟水狼蛛, 营养作用。

稻田生态系, 天敌;

A STUDY ON TROPHIC EFFECT OF NEUTRAL INSECT
(WRIGGLER) FOR *PIRATA SUBPIRATICUS*

Wu Jincal Xu Jianxiang

(Department of Plant Protection, Agricultural College, Yangzhou University, 225000, China)

Cheng Xia'nian

(Department of Plant Protection, Nanjing Agricultural University, Nanjing, 210014, China)

Abstract Mosquitoes (adults and larvae) and wolf spiders are representatives of dominant groups for neutral insects and predators in arthropod community in the rice field, respectively. Trophic and reproductive effects of the wrigglers for wolf spider, *Pirata subpiraticus* were studied in this paper. The result showed that predation of the wolf spider for the wrigglers was coincident with functional response of Holling II. There was a significant difference between feeding on wrigglers and no feeding on increase rate of the wolf spider weight. Under the same wriggler density, the less initial weight of the spider was and the greater increase rate. The spider increased 1 mg of weight and needed to consume about 10 mg of wrigglers by calculation, that value approaches 1 : 10 raw of energy flow between trophic hierarchy of ecosystem. Heavy wolf spider individuals consumed more brown planthoppers than little ones, the instantaneous discovery rate of the former was greater than that of the later. Those results confirmed

- 国家攀登计划——褐飞虱大发生的生理生态因素研究的一部分。

扬州大学农学院冯汉金、郭卫二同学参加部分试验, 特表谢意。

收稿日期: 1995-10-03, 修改稿收到日期: 1996-06-03。

that a great number of wrigglers during rice early stage, about 30 day after transplantation, supplied abundant trophic for growth and reproduction of predaceous natural enemies, and then population construction of the predators played an important role of natural control of planthoppers in rice late stage.

Key words: mosquito larva, *Pirata subpiraticus*, trophic effect.

稻田中既非农业害虫也非天敌的一类昆虫(如双翅目的蚊类、弹跳虫等)被称为中性昆虫,这类物种在早期稻田占绝对优势,其中尤以蚊类为优势类群^[1,2]。稻田生态系统依其物理、空间特性可分为作物、水体和土壤三个亚系统,各亚系统均有一定的物种分布。水体中就有众多的蚊幼(不仅有吸血蚊子幼虫,还有非吸血的摇蚊等幼虫)及其它一些水生昆虫,生态系统理论认为,系统中物种不可能孤立存在。已有研究结果显示中性昆虫-捕食性天敌-害虫三者之间存在直接或间接相互作用,中性昆虫在群落食物网中起着重要的调控作用^[1,2]。在稻田捕食性天敌类群中,狼蛛无论是个体数量、还是捕食功能均是稻田天敌的主要类群。狼蛛活动于水体和作物两个亚系统之间,既捕食水生或半水生昆虫,也捕食作物植株上的害虫^[3,4]。因而本试验研究蚊幼对拟水狼蛛的营养、繁殖作用,为进一步认识水稻生态系统和增强天敌对水稻害虫的自然控制作用提供有价值的资料。

1 研究方法

1.1 拟水狼蛛对蚊幼捕食的功能反应

供试蚊幼虫为江苏稻田优势种三带喙库蚊(*Culex tritaeniorhynchus*),采自扬州郊区,经室内饲养的 3~4 龄幼虫。拟水狼蛛采自田间,均用成蛛,饥饿 24 h 进行捕食试验。蚊幼密度设置为 5、10、15、20、25、30、40 头,每处理重复 8~10 次。饲养容器为 450 ml 罐头瓶,瓶内放 2 cm 左右的水层,设置杂草隐蔽物,每瓶一头狼蛛,纱布扎口,24 h 后检查蚊幼被捕食量。用 Holling 圆盘方程拟合。

1.2 蚊幼对狼蛛体重增长的影响

自然采集的狼蛛试验前分个体称重,精确到 0.1 mg。饲养方法同上。蚊幼密度为 0、5、10、20、30、40 头/瓶。隔 1 d 补充被捕食的蚊幼数至设计密度。每 14 d 称重一次,计算狼蛛增重率。按初始狼蛛重分为 5~10 mg、11~20 mg 和 >20 mg 3 组计算初重与增重的关系。饲养中同时记载死亡及产卵囊情况。

1.3 不同体重狼蛛对褐飞虱捕食的功能反应

把蛛重分为 <10 mg、20~30 mg 和 40~50 mg 3 组测定对褐飞虱的捕食量。

1.4 狼蛛对蚊幼和褐飞虱共存时的选择捕食

稻田前期的中性昆虫对捕食性天敌种群的生存和发展起着营养作用,但稻田后期的中性昆虫的存在有可能削弱捕食性天敌对目标害虫的控制作用。通过两猎物共存时的选择捕食试验可得到证实。本试验两种猎物的密度呈互补状态。判断捕食者对 i 种猎物的喜好性参考周集中和李超等的方法^[5,6]。对 i 种猎物的选择参数公式为:

$$C_i = \frac{N_{ai}/N_{ar}}{N_i/N_T}$$

$C_i > 1$ 说明捕食者选择 i 种猎物; $C_i < 1$ 说明捕食者选择的是另一种猎物; $C_i = 1$ 对两种猎物喜好程度一致。

1.5 蚊幼对狼蛛营养作用的模拟试验

在盆栽水稻内,自 6 月 20 日始每盆接入预先称重的狼蛛 4 头,以后每隔 7 d 接蚊幼 80 头左右至 7 月 20 日,以不接蚊幼为对照。两处理 7 月 20 日同时接入白背飞虱 10 头,重复 6 次。8 月 20 日把所有狼蛛称重,计算狼蛛总生物量。

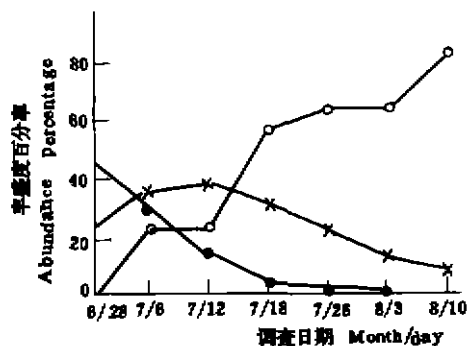


图1 句容单季晚稻区稻田天敌、中性昆虫和飞虱的数量比例

Fig. 1 Abundant percentage of neutral insects (mosquitoes), spiders and planthoppers in Jurong later rice

x-x-x 蜘蛛 Spiders
o-o-o 飞虱 Planthoppers
●-● 蚊虫 Mosquitoes

2.3 拟水狼蛛对蚊幼捕食的功能反应

试验结果见图3。捕食量与猎物密度的关系符合 Holling I 型功能反应, 其参数方程为:

$$N_x = 0.6046 T_x N_o / (1 + 0.0427 N_o)$$

方程的理论值与实测值经 X^2 检验误差并不显著 ($P > 0.05$), 表明拟合效果较好。拟水狼蛛的捕食量随蚊幼密度增加而增加, 但捕食百分率下降。

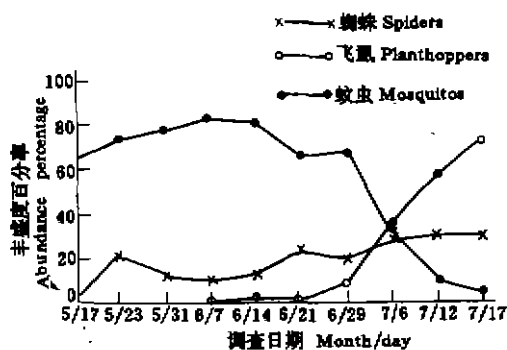


图2 浙江双季早稻区稻田天敌、中性昆虫和飞虱的数量比例

Fig. 2 Abundant percentage of neutral insects (mosquitoes), spiders and planthoppers in Zhejiang double rice

2 结果与分析

2.1 稻田水体生物

据群落的系统调查, 稻田水体生物种类多, 有捕食性的龙虱 (dytiscidae), 中性昆虫蚊幼 (包括摇蚊等), 优势类群主要是蚊幼, 在调查中发现每平方米最多有 1620 头。水体生物又通过某些水体-植株两栖捕食性物种 (如水狼蛛属 *Pirata* 的一些种和尖沟宽尾蟾 *Microvelia horvathi* 等) 与稻田整个食物网联系在一起。因而研究稻田水生生物动态变化与整个稻田食物网的相互作用对认识生态系统和研究水稻害虫综合治理具有一定的理论和实践意义。

2.2 稻田中性昆虫-天敌-飞虱数量动态

几年来的群落调查结果显示江苏句容单季晚稻区和浙江双季早稻区栽秧后 30 d 左右作为蜘蛛主要猎物的飞虱、叶蝉数量极少, 而此期间捕食性天敌已颇具规模。维持这些天敌生存、繁殖的营养猎物是什么, 从图 1~2 可见, 中性昆虫为天敌提供了丰富的营养源。中性昆虫与飞虱作为捕食性天敌的猎物在时间上呈互补状态。

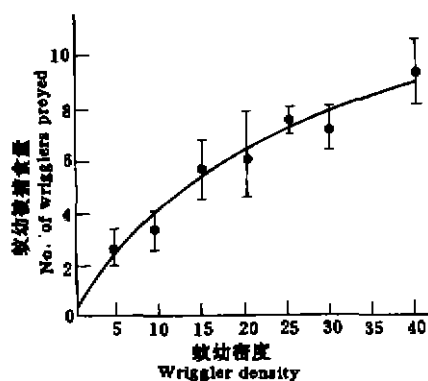


图3 狼蛛对蚊幼捕食的功能反应

Fig. 3 Functional response of wolf spider to wrigglers

2.4 蚊幼对狼蛛的增重作用

试验结果见图 4~5。饲喂蚊幼 14 d 后,各蚊幼密度处理与饥饿组狼蛛体重有显著差异。饲以 20 头蚊幼,初始体重 5~10 mg 的处理体重增长 170.8%,而饥饿处理仅增长 12.18%;不同的初始体重其增长率差异较大。初始体重越小,体重增长越快。同为 20 头蚊幼,初始体重大于 20 mg 仅增长 41.3%。饲喂 28 d,初始体重 5~10 mg 处理最高增长 329.74%,大于 20 mg 的处理最高增长 58.72%;饲养 40 d,饥饿处理的体重下降 5%。

除了蚊幼对狼蛛体重增长有显著的作用外,饥饿处理死亡率高、产卵囊少。蚊幼密度分别为 0、5、10、20、30、40 头,至实验结束狼蛛死亡率分别为 65%、15%、0%、0%、0%、和 5%。另把带卵囊的个体分别进行饥饿与喂以 40 头蚊幼饲养 25 d,前者均未再现卵囊。后者全部再产卵囊根据捕食量记录,狼蛛每增重 1 mg,平均消耗猎物 10.58 mg,这一比例与猎物密度无关,基本符合生态系统能量金字塔的 1:10 法则。以上结果说明长江中下游稻区,早期稻田大量的中性昆虫为捕食性天敌提供了丰富的营养,增加了捕食性天敌的数量,对后期害虫的自然控制起了重要作用。

各体重增长率(Y)与蚊幼密度(X)的关系可用二次抛物线拟合。其方程为:

$$\begin{aligned} Y_{(5\sim10)} &= 14.7832 + 13.3078 X - 0.2701 X^2 \\ Y_{(11\sim20)} &= 7.0972 + 7.2296 X - 0.1279 X^2 \\ Y_{(>20)} &= 2.4872 + 2.8339 X - 0.0564 X^2 \\ Y_{(5\sim10)} &= 45.1116 + 18.3033 X - 0.2889 X^2 \\ Y_{(11\sim20)} &= 14.7004 + 8.0962 X - 0.1358 X^2 \\ Y_{(>20)} &= 4.7446 + 3.8731 X - 0.0779 X^2 \end{aligned} \quad (14 \text{ d})$$

$$\begin{aligned} Y_{(5\sim10)} &= 45.1116 + 18.3033 X - 0.2889 X^2 \\ Y_{(11\sim20)} &= 14.7004 + 8.0962 X - 0.1358 X^2 \\ Y_{(>20)} &= 4.7446 + 3.8731 X - 0.0779 X^2 \end{aligned} \quad (28 \text{ d})$$

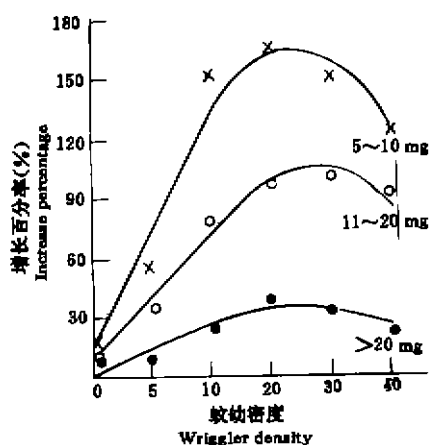


图 4 狼蛛体重增长率与蚊幼密度的关系(14 d)

Fig 4 Relationship of increase percentage of wolf spider weight with wiggler density(14 d)

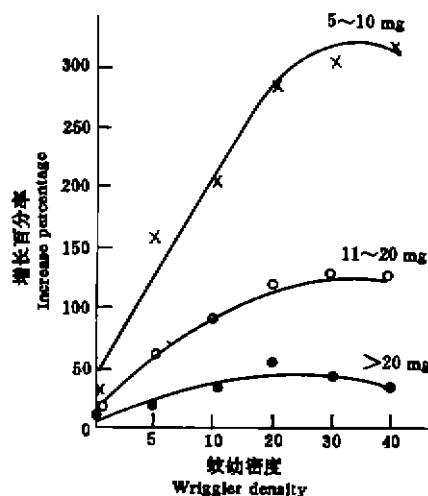


图 5 狼蛛体重增长率与蚊幼密度的关系(28 d)

Fig 5 Relationship of increase percentage of wolf spider weight with wiggler density(28 d)

2.5 蚊幼对狼蛛营养作用的模拟试验

在盆栽水稻上进行的模拟试验结果列于表 1。表 1 中饲喂蚊幼处理狼蛛个体数量显著大于不喂蚊幼处理,生物量亦有所增加。不喂处理生物量比试验前有所减少,表中生物量的增量较小,主要是由于繁殖一代亲代的死亡,后代个体尚小的缘故。

表 1 蚊幼对狼蛛的营养作用(1995, 江苏句容)

Table 1 Trophic effect of the wrigglers on the wolf spider (Jurong, Jiangsu 1995)

处理 Treatment	试验前 Before experiment		试验后 After experiment		数量比值 $\frac{N_T}{N}$	生物量比值 $\frac{TB_T}{TB_0}$
	狼蛛数量 No. wolf spider (N_0)	总生物量 Total biomass of the spider (TB_0)	狼蛛数量 No. wolf spider (N_T)	总生物量 Total biomass of the spider, TB_T		
喂蚊幼 Feeding wriggler	30	932	123	963	4.1	1.03
不喂 No feeding	30	842	60	733	2.0	0.87

2.6 不同蛛重对褐飞虱的功能反应

如前所述,蚊幼对狼蛛的生长、繁殖起了重要的营养作用。蛛重增加能否增加对飞虱的捕食量,进行的不同蛛重对褐飞虱捕食功能反应结果见图 6。经统计分析蛛重 <10 mg 组对褐飞虱的捕食量显著小于 20~30 mg、40~50 mg 组;蛛重 20~30 mg 与 40~50 mg 组间无显著差异。3 组功能反应的 Holling 模型为:

$$Na = 0.69547 TNa / (1 + 0.0348 No) \quad \text{蛛重} < 10 \text{ mg}$$

$$Na = 0.9445 TNa / (1 - 0.02755 No) \quad \text{蛛重 } 20 \sim 30 \text{ mg}$$

$$Na = 0.9897 TNa / (1 + 0.02769 No) \quad \text{蛛重 } 40 \sim 50 \text{ mg}$$

从参数的比较中可见小于 10 mg 个体的瞬时发现率较小。

2.7 狼蛛对蚊幼和飞虱的选择捕食作用

猎物总密度固定 40 头,狼蛛对两种猎物的捕食量及选择捕食参数(C_i)值列于表 2。狼蛛对两种猎物的喜好性差异不明显,基本属于随机捕食。捕食量与该种猎物在总猎物中的比例呈线性相关,对蚊幼: $Q_1 = 1.1863 F_1 - 0.1231$ ($r = 0.9862^{**}$),对飞虱: $Q_2 = 1.1862 F_2 - 0.0631$ ($r = 0.9861^{**}$)。

3 讨论

3.1 捕食性天敌的集中控制和分散控制问题

蜘蛛作为稻田主要捕食性天敌,其保护利用是生物防治的主要内容之一,也是水稻害虫综合治理的主要内容之一。蜘蛛是一类多食性、十分耐饥的天敌^[4]。但大量研究又表明,蜘蛛种群增长明显受到猎物短缺的限制^[7]。猎物短缺而造成营养摄入不足影响个体生长、繁殖。要充分利用

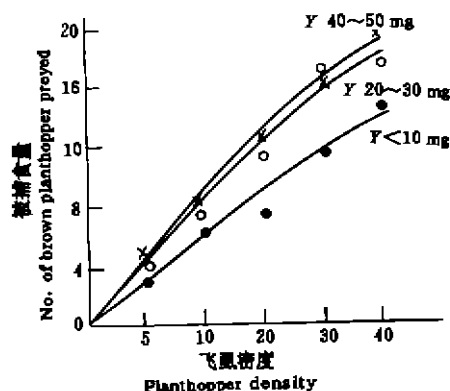


图 6 不同体重的狼蛛的功能反应

Fig 6 Functional responses of different wolf spider weights

捕食性天敌控制水稻后期害虫,就必须有足够的天敌数量(或称天敌库容量)。从天敌的库、源关系来看,按系统的空间性,麦田是稻田的天敌库,田埂是田间的天敌库;按系统的时间层次性,水稻前期是后期的天敌库。而稻田前期大量存在的中性昆虫就为捕食性天敌库容量的增加提供了重要营养源。有关捕食性天敌对害虫的控制特性这里提出集中控制和分散控制问题。捕食性天敌的集中控制是在具备一定的天敌库容量的前提下,通过调控多食性天敌的某些猎物使之集中控制作物植株上的目标害虫。例如,烤田比不烤田褐飞虱虫口减少 90% 以上^[6],其作用机制有可能是天敌的集中控制。烤田切断了捕食性天敌水体中的猎物,使得天敌集中捕食水稻植株上的稻飞虱。因此从某种意义上说,捕食性天敌的作用是可以人

为调控的, 烤田就是调控途径之一。

表 2 狼蛛对蚊幼和褐飞虱的选择捕食参数

Table 2 Selective predation parameters of wolf spider to wigglers and *Nilaparvata lugens*

蚊幼 密度 Wrig- gler density N_1	飞虱密 度 N_2 <i>lugens</i> density N_2	总捕食 量 Total number preyed N_{AT}	蚊幼被 捕食量 No. N_1 <i>lugens</i> wiggler preyed N_{s1}	飞虱被 捕食量 No. preyed N_{s2}	$Q_1 =$ $\frac{N_{s1}}{N_1}$	$F_1 =$ $\frac{N_2}{N_T}$	选择参 数 Se- lective param- eter $\left(C_1 = \frac{Q_1}{F_1} \right)$	$Q_2 =$ $\frac{N_{s2}}{N_2}$	$F_2 =$ $\frac{N_1}{N_T}$	选择参 数 Se- lective pa- rameter $\left(C_2 = \frac{Q_2}{F_2} \right)$
5	35	22.3±5.9	1.8±1.2	20.5±5.7	0.0787	0.125	0.6292	0.9213	0.875	1.0529
10	30	24±3.6	3.8±1.2	20.3±2.4	0.1563	0.25	0.6250	0.8438	0.75	1.125
20	20	10.8±2.6	4.0±1.4	6.8±1.3	0.3721	0.50	0.7442	0.6279	0.50	1.2558
30	10	24.3±2.1	20±1.6	4.3±1.7	0.8247	0.75	1.0996	0.1753	0.25	1.4265
35	5	20.3±1.5	18.7±1.5	1.7±0.6	0.9183	0.875	1.0495	0.819	0.125	0.6559

集中控制的另一方面是天敌的分散控制。随着稻田群落的演替, 物种丰富度、丰盛度增加, 捕食者可选择的猎物种类增加, 因而分散了对目标害虫的控制。前期中性昆虫为捕食者的建群提供了营养源, 而后期中性昆虫的增加就会分散对害虫的控制。在一定的生态因素组合下, 捕食者的分散控制使得害虫(如飞虱)得以“逃脱”天敌控制而猖獗。

3.2 以蚊虫为代表的中性昆虫的营养作用

从植物保护角度把稻田既非害虫也非天敌的一类昆虫称为中性昆虫, 其种类很多, 不仅有数量占优势的蚊虫, 还有腐生性的弹尾目昆虫等。稻田蚊虫也不仅包括人类要加以控制的卫生害虫, 还有许多对人类无害的类群, 如摇蚊等。本文研究以蚊幼为代表的中性昆虫在稻田生态系统中的地位和作用并非简单地要保护蚊虫, 真正的科学意义在于以整体论的思想来认识生态系统, 以整体论的思想进行 IPM 的理论和实践研究。从生物群落的总体出发, 使中性昆虫与天敌、害虫一起完整地构成昆虫系统, 这将有助于研究和分析群落各物种间的相互作用。

此外, 从生态系统着眼, 蜘蛛捕食蚊虫, 连接了分别以绿色植物和腐质为基础的两条食物链, 对系统中物质、能量的流动及营养转移, 维持群落的正常功能具有重要意义^[7,9,10]。稻田蚊虫也是鱼类的重要饵料, 对稻田养鱼具有一定的经济意义。

参 考 文 献

- 1 吴进才, 胡国文等. 稻田节肢动物群落营养物种的初步研究. 农业科学集刊, 1993, (1): 234~238
- 2 吴进才, 胡国文等. 稻田中性昆虫对群落食物网的调控作用. 生态学报, 1994, 14(4): 381~386
- 3 Greenstone M H. Spider feeding behaviour optimise dietary essential amino acid composition. *Nature*, 1979, 282: 501~503
- 4 Nyffeler M, Sterling W L et al. How spiders make a living. *Environmental Entomology*, 1994, 23(6): 1357~1367
- 5 周集中, 陈常铭. 捕食者对猎物选择性的数量测定方法. 生态学报, 1987, 7(1): 50~55
- 6 李 超, 丁岩钦等. 草间小黑蛛对棉铃虫幼虫的捕食作用及其模拟模型的研究 I. 捕食者-多种猎物系统的模拟. 生态学报, 1982, 2(4): 363~373
- 7 Wise D H. *Spiders in ecological webs*. 1993, Cambridge University Press, New York, U. S. A. 25~32
- 8 朱绍先等编著. 稻飞虱及其防治. 上海: 上海科学技术出版社, 1984. 71~72
- 9 Turnbull A L. Ecology of the true spiders (Araneomorphae). *Annu. Rev. Entomol.*, 1973, 18: 305~348
- 10 Schoener T W. Food webs from the small to the large. *Ecology*, 1989, 70: 1559~1589