深点食螨瓢虫和塔六点蓟马对朱砂叶螨的捕食作用*

杨群芳** 卢永宏

(四川农业大学农学院 雅安 625014)

摘 要 本文通过室内对深点食螨瓢虫 *Stethorus punctillum* Weise 和塔六点蓟马 *Scolothrips takahashii* Priesener 成虫捕食朱砂叶螨 *Tetranychus cinnabarinus* (Boisduval)成螨的功能反应及种内干扰作用的研究,比较了 2 种天敌对朱砂叶螨的捕食能力。结果表明,深点食螨瓢虫和塔六点蓟马成虫对朱砂叶螨成螨的捕食功能反应均属 Holling Ⅱ型,其模型分别为 $N_a = 0.7181N_0/(1 + 0.0175N_0)$ 和 $N_a = 0.5168N_0/(1 + 0.0136N_0)$,日最大捕食量分别为 41.11 头和 38.14 头,处置时间分别为 0.0243 和 0.0262 d。深点食螨瓢虫和塔六点蓟马种内干扰模型分别为 $E = 0.1916P^{-0.1805}$ 和 $E = 0.1535P^{-0.4684}$。深点食螨瓢虫成虫对朱砂叶螨成螨的捕食能力强于塔六点蓟马。

关键词 深点食螨瓢虫,塔六点蓟马,朱砂叶螨,捕食作用

Study on predation of *Stethorus punctillum* and *Scolothrips takahashii* on *Tetranychus cinnabarinus*

YANG Qun-Fang** LU Yong-Hong

(College of Agronomy, Sichuan Agricultural University, Ya'an 625014, China)

Abstract The predatory abilities of *Stethorus punctillum* Weise and *Scolothrips takahashii* Priesener adults on *Tetranychus cinnabarinus* (Boisduval) adults were studied under laboratory conditions. The results showed that the functional responses of *S. punctillum* and *S. takahashii* to *T. cinnabarinus* both followed the Holling type Ⅱ model; the respective fitted Holling disc equations were $N_a = 0.7181N_0/(1 + 0.0175N_0)$ and $N_a = 0.5168N_0/(1 + 0.0136N_0)$. The maximum daily number of *T. cinnabarinus* consumed by individual *S. punctillum* and *S. takahashii* were 41.11 and 38.14, respectively and the respective prey – handling times for each species were 0.0243 and 0.0262 d. The models of intraspecific interference for *S. punctillum* and *S. takahashii* were $E = 0.1916P^{-0.1805}$ and $E = 0.1535P^{-0.4684}$, respectively. *S. punctillum* adults were more effective predators of *T. cinnabarinus* adults than *S. takahashii* adults.

Key words *Stethorus punctillum*, *Scolothrips takahashii*, *Tetranychus cinnabarinus*, predation

朱砂叶螨 *Tetranychus cinnabarinus* (Boisduval)属于蛛形纲 Arachnida,蜱螨亚纲 Acari,真螨目 Acariformes,叶螨科 Tetranychidae,可为害多种农作物、蔬菜和花卉等,为世界性害螨(忻介六,1988)。天敌昆虫的保护和利用是害螨综合治理的重要内容。据报道,朱砂叶螨具有丰富的天敌资源(杨有乾,1978;吴千红等,1996)。笔者调查发现,深点食螨瓢虫 *Stethorus punctillum* Weise 和塔六点蓟马 *Scolothrips takahashii* Priesener 在种群数量上为绣球、玉米和茄子上朱砂叶螨的 2 种优势种天敌。功能反应是评价天敌对害虫控制效能的基础性研究(Holling,1959)。沈妙青等(1996)和刘永生(2002)研究了深点食螨瓢虫对柑桔全爪螨 *Panonychus citri* 的功能反应;李定旭等(2006)、王存雪和刘芹轩(1991)分别研究了塔六点蓟马对山楂叶螨 *Tetranychus viennensis* 和朱砂叶螨的功能反应。本文通过对深点食螨瓢虫和塔六点蓟马 2 种天敌成虫捕食朱砂叶螨成螨的功能反应及种内干扰作用的研究,比较了 2 种天敌对朱砂叶螨成螨的捕食能力,旨在为朱砂叶螨的综合治理提供参考。

* 资助项目:四川省教育厅重点项目(08ZA075)。

** 通讯作者,E-mail: qunfangyang@hotmail.com

收稿日期:2010-10-05,接受日期:2010-10-28

1　材料与方法

1.1　材料

深点食螨瓢虫和塔六点蓟马成虫,以及朱砂叶螨成螨,均采自四川农业大学校园内未施农药的绣球(*Hydrangea macrophylla*)叶片上。天敌采回后先使其饱食,然后饥饿 24 h,待用。

培养皿直径为 9 cm,中间放有一直径为 6 cm 的绣球叶碟,叶碟下垫有同样大小的湿滤纸。

人工气候箱温度为(25 ± 0.5)℃,RH 为 75% ~80%,L∶D = 12∶12。

1.2　2 种天敌对朱砂叶螨的功能反应

试验共设 20、50、80、100、120 和 150 头朱砂叶螨成螨 6 个处理。每个培养皿中接入一定数量的朱砂叶螨成螨后,投入 1 头供试天敌,用保鲜膜封口,并用昆虫针扎许多小孔,置人工气候箱中培养。以不接天敌且有相同密度朱砂叶螨成螨的处理为对照,以校正成螨死亡数量。每次每处理为 5 个培养皿,重复 3 次。24 h 后观察记载各处理培养皿中剩余的和自然死亡的成螨数。

1.3　2 种天敌种内干扰试验

试验共设 4 个处理,供试天敌分别为 1、2、3、4 头。每个培养皿中接入 80 头朱砂叶螨成螨,然后接入一定数量的供试天敌,置人工气候箱中培养。以不接天敌的处理为对照,以校正成螨死亡数量。每次每处理为 10 个培养皿,重复 3 次。24 h 后观察记载各处理培养皿中剩下的和自然死亡的成螨数。

1.4　数据处理

(1)功能反应　采用 Holling Ⅱ型圆盘方程模拟(Holling,1959):

$$N_a = \frac{aT_tN_0}{1 + aT_hN_0},$$

式中,N_a 为被捕食叶螨的数量;a 为瞬间攻击率;T_t 为天敌可利用以发现叶螨的时间(试验持续时间,1 d),$T_t = 1$;N_0 为初始叶螨数量;T_h 为处置时间。

将 Holling 方程线性化后用最小二乘法估算 a、T_h 和 $N_{a\,max}$ 参数。

(2)干扰反应　采用 Hassell 和 Varley(1969)提出的干扰反应模型模拟:

$E = QP^{-m}$,或 $\lg E = \lg Q - m\lg P$($E = N_a/N_0P$),

式中,Q 为搜索常数,m 为干扰系数,N_a 为被捕食叶螨的数量,N_0 为初始叶螨的数量,P 为天敌的密度,E 为捕食作用率(或寻找效应)。

2　结果与分析

2.1　2 种天敌对朱砂叶螨的功能反应

深点食螨瓢虫和塔六点蓟马成虫对朱砂叶螨成螨的日捕食量见表 1。在朱砂叶螨各密度下,深点食螨瓢虫成虫的日捕食量均大于塔六点蓟马成虫。2 种天敌各自日捕食量均随朱砂叶螨密度的增加而增加,但当朱砂叶螨密度达到 100 头后,2 种天敌捕食量增加均较缓慢,即捕食量与朱砂叶螨密度为逆密度制约关系,呈负加速型曲线。因此,可用 Holling 圆盘方程拟合。

表 1　深点食螨瓢虫和塔六点蓟马在朱砂叶螨不同密度下的日捕食量

Table 1　Daily preying capacity of *Stethorus punctillum* and *Scolothrips takahashii* on *Tetranychus cinnabarinus* at different density

天敌 Natural enemy	天敌在朱砂叶螨不同密度下的日平均捕食量(头) Daily predatory amounts of natural enemies on *Tetranychus cinnabarinus* at different density					
	20	50	80	100	120	150
深点食螨瓢虫 *Stethorus punctillum*	11.67	17.33	22.00	26.67	29.00	30.33
塔六点蓟马 *Scolothrips takahashii*	9.50	13.00	17.75	22.33	24.75	26.25

拟合结果表明,深点食螨瓢虫和塔六点蓟马 2 种天敌成虫对朱砂叶螨成螨的捕食功能反应均为 Holling Ⅱ型(图 1),圆盘方程各参数值见表 2。2 种天敌成虫捕食朱砂叶螨成螨的圆盘方程分别为:$N_a = 0.7181N_0/(1 + 0.0175N_0)$ 和 $N_a = 0.5168N_0/(1 + 0.0136N_0)$,卡方值分别为 2.328

和 3.886，均小于 $\chi^2_{(4,0.05)}$（9.49），说明用 Holling Ⅱ圆盘方程拟合效果较为理想。深点食螨瓢虫成虫日最大捕食量和瞬间攻击率（41.11 头，0.7181）均大于塔六点蓟马（38.14 头，0.5168），处置时间小于塔六点蓟马成虫，分别为 0.0243 和 0.0262 d，瞬间攻击率与处置时间之比明显大于塔六点蓟马，分别为 29.5514 和 19.7252。

表 2 深点食螨瓢虫和塔六点蓟马捕食朱砂叶螨的圆盘方程及其参数

Table 2 Disc equation and parameters of *Stethorus punctillum* and *Scolothrips takahashii* to *Tetranycus cinnabarinus*

项目 Item	深点食螨瓢虫 *Stethorus punctillum*	塔六点蓟马 *Scolothrips takahashii*
Holling Ⅱ 型圆盘方程 Holling Ⅱ-type disc equation	$N_a = 0.7181N_0/(1+0.0175N_0)$	$N_a = 0.5168N_0/(1+0.0136N_0)$
卡方值（χ^2） Chi-square（χ^2）	2.328	3.886
日最大捕食量（$N_{a\,max}$） Daily maximum predatory amounts（$N_{a\,max}$）	41.1	38.1
瞬间攻击率（a） Instantaneous attack rate（a）	0.7181	0.5168
处置时间（T_h）（d） Handling time（T_h）（d）	0.0243	0.0262
瞬间攻击率与处置时间之比（a/T_h） Ratio of instantaneous attack rate and handling time（a/T_h）	29.5514	19.7252

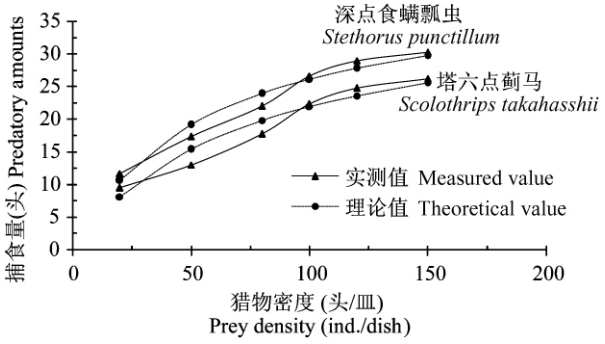


图 1 深点食螨瓢虫和塔六点蓟马对朱砂叶螨的捕食功能反应

Fig. 1 Predatory functional response of *Stethorus punctillum* and *Scolothrips takahashii* to *Tetranycus cinnabarinus*

2.2 2 种天敌种内干扰效应

深点食螨瓢虫和塔六点蓟马 2 种天敌成虫对朱砂叶螨成螨的捕食作用率及干扰模型见表 3。各处理天敌捕食作用率均随天敌头数的增加而逐渐减小，但是，在相同密度下，深点食螨瓢虫成虫捕食作用率均大于塔六点蓟马。深点食螨瓢虫和塔六点蓟马种内干扰模型分别为 $E = 0.1916P^{-0.1805}$ 和 $E = 0.1535P^{-0.4684}$，深点食螨瓢虫成虫的搜索常数（0.1916）大于塔六点蓟马（0.1535），而干扰系数（0.1806）明显小于塔六点蓟马（0.4684）。

3 结论与讨论

天敌功能反应是指每头捕食者在一定时间内捕食量随猎物密度变化的反应（吴坤君等，2004），它是测定捕食者捕食潜能较为理想的方法（Holling，1959）。本文研究结果表明，与大多数捕食性天敌昆虫一样，深点食螨瓢虫和塔六点蓟马成虫捕食朱砂叶螨成螨的功能反应均属于 Holling Ⅱ型。日最大捕食量（N_{amax}）、瞬间攻击率（a 值）和处置时间（T_h）是反映捕食者作用大小的 3 个重要尺度，$N_{a\,max}$ 和 a 值愈大，T_h 愈短，天敌对猎物的捕食潜能愈强（Holling，1959）。由于深点食螨瓢虫成虫日最大捕食量和瞬间攻击率均大于塔六点蓟马，而处置时间小于塔六点蓟马成虫，因此，深点食螨瓢虫成虫较塔六点蓟马对朱砂叶螨成螨捕食能力强。周集中和陈常铭（1986）认为，用瞬间攻击率与处置时间之比值（a/T_h）可以更好地衡量天敌对害虫的控制能力，其比值越大，天敌的控制能力越强。从 a/T_h 来看，深点食螨瓢虫成虫 a/T_h

表 3　深点食螨瓢虫和塔六点蓟马成虫对朱砂叶螨成螨的捕食作用率及干扰模型

Table 3　Predation rate and interference models of *Stethorus punctillum* and *Scolothrips takahashii* to *Tetranycus cinnabarinus*

天敌 Natural enemy	不同密度的天敌捕食作用率(E) Predation rate of natural enemies at different density (E)				干扰模型 Interference model
	1	2	3	4	
深点食螨瓢虫 *Stethorus punctillum*	0.1975	0.1588	0.1583	0.1531	$E=0.1916P^{-0.1805}$
塔六点蓟马 *Scolothrips takahashii*	0.1650	0.0975	0.0883	0.0881	$E=0.1535P^{-0.4684}$

值明显大于塔六点蓟马,也表明,深点食螨瓢虫对朱砂叶螨的控制能力要强于塔六点蓟马。

寻找效应(即捕食作用率)是捕食者在捕食猎物过程中对猎物攻击的一种行为效应,在一定的空间内,由于相互干扰,寻找效应随捕食者数量的增加降低(丁岩钦,1994)。本文研究结果也表明,随着天敌自身密度增加,由于种内个体间相互干扰,深点食螨瓢虫和塔六点蓟马成虫寻找效应均下降,但是,深点食螨瓢虫种内干扰效应明显小于塔六点蓟马,种内竞争明显弱于塔六点蓟马。

本文进一步研究表明,深点食螨瓢虫成虫对朱砂叶螨成螨的捕食能力强于塔六点蓟马。因此,当田间朱砂叶螨种群数量增殖到接近防治指标而采取药剂防治措施时,要尽可能选用对深点食螨瓢虫杀伤力小的药剂进行防治,尽可能营造适于深点食螨瓢虫栖息和繁衍的生态条件,也可以采取人工助迁的方式利用深点食螨瓢虫控制朱砂叶螨种群数量。

本文对深点食螨瓢虫和塔六点蓟马成虫捕食量的测定是在室内限定条件下进行的,2 种天敌与朱砂叶螨均处于一个简单的封闭系统内,其生存条件与自然环境存在较大的差异。此外,由于深点食螨瓢虫和塔六点蓟马体长分别仅为 1.3 ~ 1.4 和 1.1 ~ 1.2 mm(庞雄飞和毛金龙,1979; 韩运发,1997),要在体视显微镜下辨别活虫的性别而又不伤及试虫非常困难,加之试验所需试虫数量大,田间塔六点蓟马雌性个体为大多数(占 70%)(高宗仁等,1989),因此,本文没有对试虫的性别加以区分。本文研究结果可能与田间实际情况存在着一定差距。但是尽管如此,本文研究结果仍代表了 2 种天敌成虫对朱砂叶螨成螨捕食能力的趋势,较为客观地评价了 2 种天敌对朱砂叶螨的捕食能力。

参考文献(References)

丁岩钦,1994. 昆虫数学生态学. 北京:科学出版社. 303—304.

高宗仁,邱峰,李巧丝,1989. 棉田塔六点蓟马的生物学及捕食功能研究. 昆虫知识,26(6): 332—335.

韩运发,1997. 中国经济昆虫志(第十五册). 北京:科学出版社. 251—252.

Hassell MP, Varley GC, 1969. New inductive population model for insect parasite and its bearing on biological control. *Nature*, 223: 1113—1117.

Holling CS, 1959. Some characteristics of simple type of predation and parasitism. *Can. Entomol.*, 91: 385—398.

李定旭,田娟,沈佐锐,2006. 塔六点蓟马对山楂叶螨的功能反应. 生态学报,26(5):1414—1421.

刘永生,2002. 深点食螨瓢虫生物学特性及捕食功能反应的初步研究. 中国南方果树,31(1):15—16.

庞雄飞,毛金龙,1979. 中国经济昆虫志(第十四册). 北京:科学出版社. 33—34.

沈妙青,郭振中,熊继文,1996. 深点食螨瓢虫对桔全爪螨的捕食作用. 贵州农学院学报,15(4): 35—38.

王存雪,刘芹轩,1991. 塔六点蓟马捕食功能反应及其数学模拟. 植物保护,17(1):16—17.

吴坤君, 盛承发,龚佩瑜,2004. 捕食性昆虫的功能反应方程及其参数的估算. 昆虫知识,41 (3):267—269.

吴千红,杨国平,经佐琴,钱吉,王海波,1996. 茄子田朱砂叶螨 - 天敌关系灰色关联分析. 复旦学报(自然科学版),35(2):170—176.

忻介六,1988. 农业螨类学. 北京:农业出版社. 1—247.

杨有乾,1978. 天敌昆虫. 郑州:河南人民出版社. 1—8.

周集中,陈常铭,1986. 拟环纹狼蛛对褐飞虱的捕食作用及其模拟模型的研究 I. 功能反应. 生物防治通报,2(1): 2—9.