

万海霞,余帮强,辛 明.多异瓢虫和中华草蛉幼虫对胡麻蚜虫的捕食功能[J].江苏农业科学,2016,44(12):164-166.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.12.048

多异瓢虫和中华草蛉幼虫对胡麻蚜虫的捕食功能

万海霞¹,余帮强¹,辛 明²

(1.宁夏农林科学院固原分院,宁夏固原 756000;2.宁夏大学农学院,宁夏银川 750021)

摘要:在室内研究多异瓢虫 4 龄幼虫和中华草蛉 3 龄幼虫对胡麻蚜虫的功能反应和种内干扰作用。结果表明:多异瓢虫 4 龄幼虫捕食亚麻蚜虫的功能反应为 Holling II 型反应,最大日捕食量为 56.9 头/皿;种内干扰条件下,2 种天敌捕食率 E 与天敌密度 P 的关系分别为 $E = 0.346 4P^{-0.277 9}$ 、 $E = 0.178 6P^{-0.321 9}$;胡麻蚜虫的分布对 2 种天敌捕食效率有一定影响,2 张复叶时捕食量最大;2 种天敌的捕食量受温度和湿度影响较大,低于 20 ℃ 或高于 30 ℃ 时捕食量明显降低,在湿度为 60%~80% 时捕食量较大。

关键词:多异瓢虫;中华草蛉;蚜虫;种内干扰;捕食功能

中图分类号: S435.63 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2016)12-0164-03

天敌功能反应是研究天敌对猎物作用能力大小的经典方法,能准确地得出天敌昆虫的搜寻能力,从而为评价天敌对害虫的控制作用提供重要依据,是了解天敌-猎物种群数量动态的重要内容。天敌昆虫对害虫捕食能力的大小直接决定了昆虫的生防应用效果。

多异瓢虫 [*Adonia variegata* (Goeze)], 属鞘翅目瓢甲科,可取食农作物及果树上的多种蚜虫^[1]。对温湿度适应性较强,能有效地控制蚜虫危害。中华草蛉 (*Chrysoperia sinica* Tjeder) 属脉翅目草蛉科,幼虫喜食蚜虫,故又称“蚜狮”,是粮食、果树和蔬菜等作物上多种害虫的重要捕食性天敌,对多种害虫特别是蚜虫和螨类具有明显的控制作用^[2]。2 种天敌在我国分布范围广,种群数量大。陈川等研究了多异瓢虫对绣线菊蚜、桃粉蚜的捕食功能反应^[3-4],肖云丽等测定了中华通草蛉幼虫对麦蚜、绣线菊蚜的捕食作用^[5-6]。胡麻蚜虫是近些年胡麻生产中出现的一种主要害虫,主要采取化学防治,容易引起环境污染和品质下降等问题,因此生物防治已经成为现代农业必须采取的技术手段之一。多异瓢虫和中华草蛉是宁夏固原地区胡麻地 2 种主要捕食蚜虫的天敌,关于这 2 种天敌对胡麻蚜虫的捕食行为和捕食作用至今未见报道。研究胡麻地蚜虫 2 种主要天敌多异瓢虫和中华草蛉的捕食功能和寻找效应,可以更好地了解 2 种天敌对胡麻蚜虫的控制能力、不同个体间相互影响作用,为生物防治提供理论依据。本试验于 2015 年 5 至 8 月进行多异瓢虫 4 龄幼虫和中华草蛉 2 龄幼虫对胡麻蚜虫的捕食功能研究,探讨天敌昆虫的自然保护和利用途径,以期开展生物防治、减少农药污染、建立无公害农业奠定基础。

1 材料与方法

1.1 供试虫源

多异瓢虫 4 龄幼虫、中华草蛉 3 龄幼虫和蚜虫均采自宁夏回族自治区固原市原州区张易镇胡麻田,捕回后的天敌昆虫在室内饥饿 24 h,选择行动敏捷、大小一致的天敌个体;于田间采集的胡麻蚜虫通过植物盆栽试验扩繁,挑选一致的高龄若蚜或成蚜进行试验。

1.2 器材与仪器

主要器材与仪器:培养皿(内径 8.5 cm,高 1.5 cm)、RXZ 智能型人工气候箱(宁波江南仪器厂)。

1.3 试验方法

1.3.1 主要天敌捕食功能反应的测定 试验在室内自然温度下进行,在培养皿中放入新鲜胡麻嫩叶,用脱脂棉球保湿,接入胡麻蚜虫,蚜虫密度设置为 30、60、90、120、150 头/皿,每个处理设 4 次重复,每皿引入 1 头天敌,皿上覆盖 1 层透气纱布,24 h 后观察记录各培养皿中剩余的蚜虫量和自然死亡的蚜虫数,测定天敌的日捕食量,并以自然死亡率校正,建立 Holling II 型反应模型。

1.3.2 主要天敌密度对捕食功能反应的影响 在室内自然温度下,2 种天敌密度均设为 1、2、3、4、5 头/皿,胡麻蚜虫密度设为 140 头/皿,设 4 次重复,24 h 后观察记录各培养皿中剩余的蚜虫量,分析天敌密度对捕食率的影响,建立 Hassel II 型捕食效应模型。

1.3.3 蚜虫分布对主要天敌捕食功能反应的影响 在室内自然温度下,在培养皿中分别放入 1、2、3、4、5 张复叶,胡麻蚜虫密度设为 100 头/皿,天敌 1 头,设 4 次重复,24 h 后观察记录各培养皿中剩余的蚜虫量,测定天敌的日捕食量。

1.3.4 温度对主要天敌捕食功能反应的影响 在温度分别为 10、15、20、25、30、35 ℃ 的人工气候箱内(精度为 ± 0.5 ℃,光-暗周期 14 h—10 h),分别放入含 1 头天敌和 40 头胡麻蚜虫的培养皿,设 4 次重复,24 h 后观察记录各培养皿中剩余的蚜虫数和自然死亡的蚜虫数,分析天敌的捕食效能与温度的关系。

收稿日期:2015-11-01

基金项目:宁夏农林科学院科技创新先导项目(编号:NKYQ-14-08)。

作者简介:万海霞(1982—),女,宁夏平罗人,硕士,助理研究员,主要从事胡麻栽培和病虫害防治技术研究。E-mail:whx3802@126.com。

1.3.5 湿度对主要天敌捕食功能反应的影响 在湿度分别为 50%、60%、70%、80%、90% 的人工气候箱内(精度为 $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$,光—暗周期 14 h—10 h),分别放入含有 1 头天敌和 40 头胡麻蚜虫的培养皿,设 4 次重复,24 h 后观察记录各培养皿中剩余的蚜虫数和自然死亡的蚜虫数,分析天敌的捕食效能与湿度的关系。

2 结果与分析

2.1 多异瓢虫 4 龄幼虫对胡麻蚜虫捕食功能

2.1.1 天敌捕食功能反应测定 由表 1 可见,天敌捕食率总体变化趋势是随猎物密度增加而降低,多异瓢虫 4 龄幼虫捕食 150 头蚜虫时的捕食率仅为捕食 30 头蚜虫的 45.27%,捕食 90、120 头蚜虫时天敌捕食率相差不大。

表 1 多异瓢虫 4 龄幼虫在不同猎物密度下的捕食量

蚜虫密度 (头/皿)	捕食量(头/皿)					捕食率 (%)
	重复 1	重复 2	重复 3	重复 4	平均	
30	16	22	18	20	19.0	63.33
60	25	30	21	23	24.8	41.33
90	25	30	33	30	29.5	32.78
120	39	43	39	41	40.5	33.75
150	40	41	46	45	43.0	28.67

根据表 1 的数据,用最小二乘法拟合求得天敌对胡麻蚜虫捕食功能反应曲线数量模型 Holling II 方程为 $N_a = N/(1.186\ 378 + 0.017\ 588N)$,其中 N_a 为被捕食猎物的数量,头; N 为猎物初始密度,头/皿。用直线回归方程求得的理论值与实测值进行卡方检验得出多异瓢虫 4 龄幼虫的 χ^2 值为 1.277 1,小于相应自由度下 $\chi^2_{0.05} = 9.49$,说明 Holling II 圆盘方程拟合结果较为理想,能够客观真实反映天敌多异瓢虫的捕食量随猎物密度的变化而增减的情况。由直线回归方程得出,多异瓢虫 4 龄幼虫捕食 1 头猎物所需时间(T_h)为 0.017 6 d,功能系数(a')为 0.842 9,当 $N \rightarrow \infty$ 时,最大捕食量为 56.9 头。有研究发现,多异瓢虫成虫对枸杞蚜虫最大日捕食量为 98.6 头^[7]。因此,多异瓢虫成虫、4 龄幼虫对不同种类蚜虫捕食潜力存在差异。

2.1.2 多异瓢虫对胡麻蚜虫寻找效应估计 Holling 认为,捕食性天敌的食欲不可能是无限制的,在不同的猎物密度下,天敌寻找猎物所需的时间是不同的^[8],因此寻找效应不可能是一个常数。其表达式为 $S = a'/(1 + a' \times T_h \times N)$,其中 S 为寻找效应; a' 为功能系数; T_h 为时间,d; N 为猎物初始密度,头/皿。由表 2 可见,寻找效应随着蚜虫密度的增加而逐渐减小;与猎物密度增幅相比,寻找效应 S 减少幅度相对较小。

表 2 多异瓢虫 4 龄幼虫与胡麻蚜虫密度的关系

蚜虫密度(头/皿)	寻找效应 S
30	0.583 3
60	0.446 0
90	0.361 0
120	0.303 2
150	0.261 3

2.2 天敌密度对捕食功能反应的影响

由表 3 可见,随着捕食者密度的增加,天敌总捕食量增

加,但平均每头天敌的捕食量下降,说明在捕食空间和蚜虫密度不变的情况下,2 种天敌的捕食量随自身密度的增加而下降,这种结果可用 Hassel II 干扰反应方程进行模拟。Hassel II 干扰反应方程为 $E = QP^{-m}$,式中: E 表示捕食率,%; Q 表示寻找系数; P 表示捕食者密度,头/皿; m 表示干扰参数。

表 3 不同天敌密度下的捕食量

天敌 密度 (头/皿)	多异瓢虫 4 龄幼虫			中华草蛉 3 龄幼虫		
	总捕 食量 (头/皿)	平均捕 食量 (头/皿)	捕食率 (%)	总捕 食量 (头/皿)	平均捕 食量 (头/皿)	捕食率 (%)
1	48.5	48.5	34.64	25.0	25.00	17.86
2	80.0	40.0	28.57	40.0	20.00	14.29
3	102.0	34.0	24.29	53.0	17.67	12.62
4	115.0	28.8	20.57	64.0	16.00	11.43
5	120.3	24.1	17.21	72.5	14.50	10.36

根据表 3 的数据,模拟求得多异瓢虫 4 龄幼虫、中华草蛉 3 龄幼虫 2 种天敌密度对胡麻蚜虫捕食功能反应的模型方程分别为 $E = 0.346\ 4P^{-0.277\ 9}$ 、 $E = 0.178\ 6P^{-0.321\ 9}$,寻找系数分别为 0.346 4、0.178 6;干扰系数分别为 0.277 9、0.321 9。可以看出 2 种天敌昆虫种内干扰性不大,与多异瓢虫 4 龄幼虫相比,中华草蛉 3 龄幼虫的种内干扰较大。

用回归方程求得的理论值与实测值进行卡方检验,结果表明多异瓢虫 4 龄幼虫、中华草蛉 3 龄幼虫的 χ^2 值分别为 0.015 58、0.000 08,均小于相应自由度下的 $\chi^2_{0.05} = 9.49$,说明 Hassel II 模型拟合结果较为理想,能够客观真实反映 2 种天敌的捕食量随自身密度的变化而增减的情况。

2.3 蚜虫分布对主要天敌捕食功能反应的影响

由图 1 可见,蚜虫分布对 2 种天敌的捕食量有一定影响。多异瓢虫 4 龄幼虫、中华草蛉 3 龄幼虫均在 2 张复叶时捕食量最大,分别为 32.33、26.00 头/皿,分别是 1 张复叶时的 1.405 7、1.405 4 倍;之后随着复叶数量的增加,捕食量逐渐降低,5 张复叶时捕食量最小,分别为 13.00、12.00 头/皿,仅是 1 张复叶时的 56.52%、64.86%。

2.4 温度对主要天敌捕食功能反应的影响

由图 2 可见,在 25 $^{\circ}\text{C}$ 时,多异瓢虫 4 龄幼虫捕食量最大;中华草蛉 3 龄幼虫在 30 $^{\circ}\text{C}$ 时捕食量最大,为 25.00 头/皿,25 $^{\circ}\text{C}$ 次之,为 24.33 头/皿,二者差异不大。多异瓢虫、中华草蛉的捕食量对温度较为敏感,温度过高或过低都会严重影响捕食量。在温度为 10、35 $^{\circ}\text{C}$ 时,多异瓢虫 4 龄幼虫的捕食量分别是最大捕食量的 12.39%、59.57%;而在温度为 10、35 $^{\circ}\text{C}$ 时,中华草蛉 3 龄幼虫的捕食量分别是最大捕食量的 18.68%、37.32%。

2.5 湿度对主要天敌捕食功能反应的影响

由图 3 可见,在环境湿度为 70% 时,多异瓢虫 4 龄幼虫捕食量最大,而中华草蛉 3 龄幼虫在环境湿度为 80% 时捕食量最大。多异瓢虫和中华草蛉的捕食量对湿度也具有一定的敏感度,湿度过低或过高都会影响捕食量。在环境湿度为 50%、90% 时,多异瓢虫 4 龄幼虫的捕食量分别是最大捕食量的 51.03%、53.05%;而中华草蛉 3 龄幼虫在环境湿度为 50%、90% 时的捕食量分别是最大捕食量的 40.25%、64.03%。

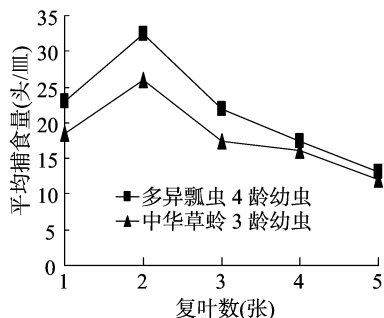


图1 蚜虫分布对 2 种天敌捕食量的影响

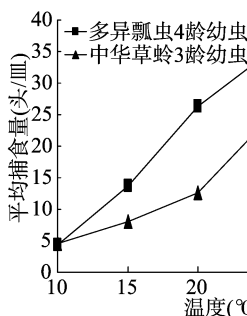


图2 不同温度下 2 种天敌的平均捕食量

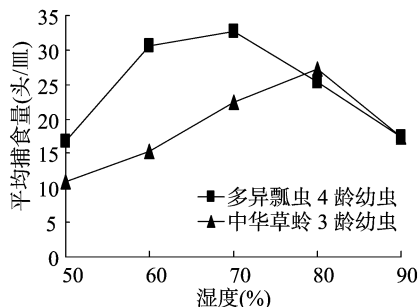


图3 不同湿度下 2 种天敌的平均捕食量

3 结论与讨论

多异瓢虫 4 龄幼虫捕食胡麻蚜虫的功能反应属于 Holling II 型圆盘方程,拟合结果较为理想。对胡麻蚜虫最大捕食量为 56.9 头/(皿·d),与陈川等研究的多异瓢虫 4 龄幼虫对绣线菊蚜最大捕食量为 44 头/(皿·d)以及对桃粉蚜最大捕食量 60.2 头/(皿·d)^[3-4]相比差异不大,与赵紫华等研究的多异瓢虫成虫对枸杞蚜虫最大捕食量 98.6 头/(皿·d)^[7]差距较大,可能与选择的天敌为 4 龄幼虫,且多异瓢虫个头较小,活动能力相对较弱有关^[9]。

天敌对害虫的作用效果评价可以用攻击系数(a')和时间(T_h)之比来衡量, a'/T_h 越大,天敌对害虫的控制能力越强。多异瓢虫 4 龄幼虫的 a'/T_h 为 47.89,与多异瓢虫 4 龄幼虫捕食桃粉蚜的 a'/T_h 为 52.45^[4]相比差异不大,与多异瓢虫成虫捕食枸杞蚜虫的 a'/T_h 为 121.2^[7]相比偏小,多异瓢虫 4 龄幼虫对胡麻蚜虫控制能力低于成虫,可能与其即将进入蛹期,活动力弱,捕食量下降有关。在试验过程中发现,部分天敌瓢虫行动较为迟缓,一段时间后即静止不动。多异瓢虫 4 龄幼虫捕食胡麻蚜虫的寻找效应与蚜虫的密度相关,随着蚜虫密度的增加,寻找效应逐渐降低。

2 种天敌的干扰反应符合 Hassel II 模型。在相同蚜虫密度下,多异瓢虫 4 龄幼虫、中华草蛉 3 龄幼虫的捕食总量随自身密度的增加而增加,而 2 种天敌由于密度增大,增加了个体间的相互干扰,使得平均捕食量减少,捕食率也随之下降。多异瓢虫 4 龄幼虫、中华草蛉 3 龄幼虫捕食率方程分别为 $E = 0.3464P^{-0.2779}$ 、 $E = 0.1786P^{-0.3219}$,干扰系数分别为 0.2779、0.3219。Hassel II 模型拟合结果较为理想,能够客观真实反映 2 种天敌的捕食量随自身密度的变化而增减的情况。与陈川等研究的多异瓢虫 4 龄幼虫、中华草蛉 2 龄幼虫自身密度功能反应模型分别为 $E = 0.323P^{-0.498}$ 、 $E = 0.265P^{-0.2106}$ 的结果^[3,6]相似,天敌之间干扰作用较小。本试验发现,多异瓢虫捕食潜力较大。

天敌昆虫在自然界的捕食作用和行为,除了与物种自身特性相关外,同时还受到种群密度、空间分布、环境因子(温、湿度等)的影响^[10-11]。因此,进一步阐明这些因素在天敌捕食行为中的地位和作用,对于深入揭示天敌与猎物间的关系和天敌捕食行为特性的机制具有重要意义。胡麻蚜虫的分布对多异瓢虫 4 龄幼虫和中华草蛉 3 龄幼虫捕食量有一定影响。在 2 张复叶时捕食量最大,之后随复叶数量的增加捕食量逐渐降低。多异瓢虫 4 龄幼虫和中华草蛉 3 龄幼虫的捕食

量受温度的影响较大,低于 20 °C 或高于 30 °C 时捕食量明显降低。有研究发现,在日平均温度 25.8 °C 的情况下,多异瓢虫食蚜量最大,温度降低至 19.1 °C 时食蚜量减少^[12]。本研究得出,多异瓢虫 4 龄幼虫在 25 °C 时捕食量最大,与前人研究结果一致,2 种天敌中多异瓢虫对高温的耐受能力更强。多异瓢虫和中华草蛉的捕食量对湿度也具有一定的敏感度,多异瓢虫 4 龄幼虫在湿度 70% 时捕食量最大,中华草蛉 3 龄幼虫在湿度 80% 时捕食量最大,可见中华草蛉幼虫捕食行为对环境湿度要求更高。

由于本试验是在室内限定条件下进行的,天敌与猎物均处于一个简单的封闭系统内,所以试验结果与自然条件下的捕食量有一定差异,在田间的功能反应有待进一步研究。

参考文献:

- [1] 庞雄飞,毛金龙. 中国的瓢虫属(瓢虫科)[J]. 昆虫天敌,1979(1):1-12.
- [2] 赵敬钊. 草蛉的保护和利用[M]. 武汉:武汉大学出版社,1989,35-50.
- [3] 陈川,唐周怀,惠伟,等. 多异瓢虫对绣线菊蚜捕食作用的初步研究[J]. 西北林学院学报,2003,18(4):79-80.
- [4] 古丽加玛丽·吐尔汗,于江南,陈金霞,等. 七星瓢虫和多异瓢虫对桃粉蚜的捕食功能反应研究[J]. 新疆农业大学学报,2011,34(1):40-42.
- [5] 肖云丽,郭海波,李明贵,等. 中华通草蛉幼虫对麦蚜捕食作用的初步研究[J]. 昆虫天敌,2006,28(3):109-114.
- [6] 郑书文,刘学谦,李明贵,等. 中华通草蛉幼虫对绣线菊蚜捕食作用的研究[J]. 山东农业科学,2008(6):50-52.
- [7] 赵紫华,张蓉,贺达汉. 宁夏枸杞主要天敌对枸杞蚜虫的捕食功能反应[J]. 宁夏大学学报:自然科学版,2009,30(3):275-277.
- [8] Holling C S. Same characteristics of simple types of predation and parasitism[J]. The Canadian Entomologist,1959,91(7):385-398.
- [9] 宋宏伟,卢绍辉,梅象信,等. 河南省田间 3 种主要瓢虫对飞蓬指管蚜的捕食功能[J]. 植物保护,2007(3):30-33.
- [10] 周集中,陈常铭. 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[J]. 中国生物防治学报,1986,2(1):2-9.
- [11] Lee J H, Kang T J. Functional response of *Harmonia axyridis* (Pallas) (Coleoptera:Coccinellidae) to *Aphis gossypii* Glover (Homoptera:Aphididae) in the laboratory [J]. Biological Control, 2004, 31(3):306-310.
- [12] 丰秀珍. 多异瓢虫食蚜量及生活习性观察[J]. 山西农业科学,1990(11):16.