

七星瓢虫成虫对狭冠网蝽的捕食功能反应研究

刘锦乾¹, 李玉英², 张海江², 齐跃强³

(1 甘肃省白龙江林管局 林科所, 甘肃 陇南 746010;

2 河北政法职业学院, 河北 石家庄 050061;

3 石家庄市林业局, 河北 石家庄 050000)

[摘要] 在实验室自然温度条件下, 初步研究了七星瓢虫(*Coccinella septempunctata* L.)对狭冠网蝽(*Stephanitis anagustata* Bu. sp. nov)若虫的捕食功能反应。结果表明, 七星瓢虫成虫对狭冠网蝽若虫密度的功能反应属于Ⅱ型, 可用Holling圆盘方程拟合; 随着狭冠网蝽若虫密度的增大, 七星瓢虫成虫的捕食量也逐渐增加, 其最大捕食量为370.4头; 在供试的狭冠网蝽若虫、云杉大蚜和杉针黄叶甲3种猎物中, 七星瓢虫成虫对狭冠网蝽若虫均表现出较强的选择性; 当七星瓢虫与狭冠网蝽的数量同比例增加时, 七星瓢虫个体间的相互干扰系数为0.0769; 当狭冠网蝽数量不变而七星瓢虫数量增加时, 七星瓢虫个体间的相互干扰系数为0.6940。

[关键词] 七星瓢虫; 狭冠网蝽; 捕食作用

[中图分类号] S763.306.4

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2006)03-0111-04

狭冠网蝽(*Stephanitis anagustata* Bu. sp. nov)是危害云杉叶部的害虫^[1]。1996年在甘肃省白龙江林管局舟曲林业局的云杉人工林内暴发成灾, 后发现于迭部、白水江林业局的部分林场及甘肃省祁连山林区。该虫以成、若虫刺吸云杉针叶, 使针叶出现黄白色斑点, 排泄的褐色粘液覆盖在针叶、枝条上, 会进一步诱发煤污病、落针病, 严重时还会引起林木针叶大量脱落。1997年, 作者等先后进行了狭冠网蝽的生物学特性、若虫空间分布型与抽样技术、自然种群生命表、发生条件和化学防治技术等研究^[2-5], 但由于1998年实施天然林资源保护工程后, 该虫的主要发生区相继成为国家级森林公园, 因此控制该虫的非化学措施日益受到重视, 充分利用林间捕食性天敌的控害作用就是其中的主要措施之一。

七星瓢虫(*Coccinella septempunctata* L.)是狭冠网蝽若虫期主要的捕食性天敌, 对1~2龄若虫的捕食率为28.4%, 对3~4龄若虫的捕食率为42.0%, 可在一定程度上控制狭冠网蝽的发生^[4]。国内已就七星瓢虫对多种蚜虫的捕食效应进行了大量研究^[7-11], 但有关七星瓢虫对狭冠网蝽的捕食作用研究尚未见报道。本试验就七星瓢虫成虫对狭冠网蝽若虫的控害作用进行了定量分析, 以期对评价和充分利用七星瓢虫控制狭冠网蝽提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试虫源

七星瓢虫成虫于6月初采自舟曲林业局沙滩林场云杉林内的杂草上, 置于5~9℃冰箱中保存备用。狭冠网蝽若虫、云杉大蚜 *Cinara piceae* (Panzer)和杉针黄叶甲 *Xanthomia collaris* Chen. 均于试验前从舟曲林业局沙滩林场云杉林内采集。试验前30 min左右, 将七星瓢虫从冰箱中取出, 待其恢复活动后, 选择活动能力强的个体进行试验。

1.2 试验条件

试验在直径10 cm、深2.0 cm的培养皿内进行, 室温(25±2.0)℃, 相对湿度60%~70%, 自然光照。

1.3 试验方法

1.3.1 七星瓢虫成虫对猎物密度的功能反应 试验共设置5个猎物密度, 即分别将60, 80, 100, 120和140头狭冠网蝽若虫与1头七星瓢虫成虫组合, 每组重复5次, 24 h后检查被捕食的若虫数量, 估算密度功能反应型。

1.3.2 七星瓢虫成虫对猎物的选择捕食作用 将狭冠网蝽若虫与等量或不等量的云杉大蚜、杉针黄叶甲混合, 然后再放入1头七星瓢虫成虫, 观察七星

[收稿日期] 2005-07-19

[基金项目] 甘肃省科委资助项目(GKC97-24-1)

[作者简介] 刘锦乾(1968—), 男, 甘肃平凉人, 高级工程师, 主要从事森林病虫害防治与技术推广工作。

瓢虫成虫对不同猎物的捕食数量,每处理重复 5 次,24 h 后检查被捕食的猎物数量,分析其对猎物的选择性。用 Cain 指数计算七星瓢虫的捕食选择作用:

$$S = (Ne \times N') / (Ne' \times N),$$

式中, Ne 和 Ne' 分别为被捕食的 2 种猎物数量; N 和 N' 分别为 2 种猎物的初始数量。

1.3.3 种内干扰对七星瓢虫成虫捕食率的影响

将 60,120,180,240 和 300 头狭冠网蝽若虫分别与 1,2,3,4 和 5 头七星瓢虫成虫组合,观察各种组合下七星瓢虫捕食的狭冠网蝽若虫数量,试验重复 5 次,24 h 后检查被捕食的猎物数量。

1.3.4 七星瓢虫成虫对自身密度的功能反应 试验设置 5 个七星瓢虫成虫密度,即分别以 1,2,3,4 和 5 头七星瓢虫成虫与 300 头狭冠网蝽若虫组合,每种瓢虫密度重复 5 次,24 h 后检查被捕食的狭冠网蝽若虫数量,估算其自身密度功能类型。

2 结果与分析

2.1 七星瓢虫成虫对狭冠网蝽若虫密度的功能反应

由图 1 可以看出,七星瓢虫成虫的捕食量随狭冠网蝽若虫数量的增加而增加,但当狭冠网蝽若虫数量超过 120 头时,七星瓢虫成虫的捕食量增加速度变缓,即捕食量与猎物密度为逆密度制约关系,功能反应属于 II 型,可以用 Holling 圆盘方程拟合^[12],即:

$$Na = a \cdot Nt \cdot T / (1 + a \cdot Th \cdot Nt),$$

式中, Na 为被捕食猎物数量; Nt 为初始猎物数量; T 为猎物暴露于捕食者的时间,此处为 1 d; a 为瞬间攻击率; Th 为处置时间。将方程线性化后, $1/Na$ 与 $1/Nt$ 之间的相关系数为 0.972 0,大于 $r_{(3,0.95)} =$

0.878,两者显著相关。用最小二乘法进行拟合,求得瞬间攻击率 $a=0.753\ 0$,处置时间 $Th=0.002\ 7$,最大捕食量 $1/Th=370.4$,即七星瓢虫成虫对狭冠网蝽若虫的捕食功能反应方程为: $Na=0.753\ 0\ Nt/(1+0.002\ 0Nt)$ 。其理论捕食量和实际捕食量经 χ^2 适合性检验后,误差不显著($\chi^2=1.010<\chi^2_{(3,0.95)}=9.488$),表明经实测值估算出的理论模型拟合较好。

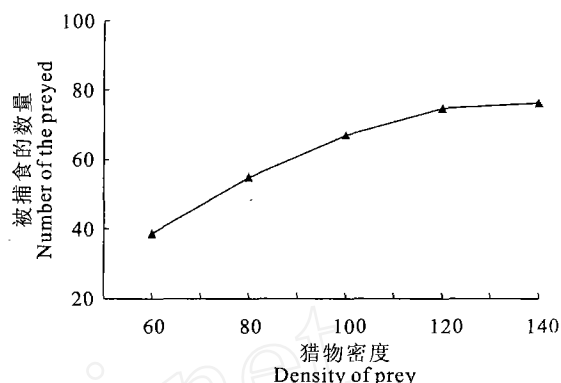


图 1 七星瓢虫成虫对狭冠网蝽若虫密度的功能反应曲线

Fig. 1 Curve of functional response of *Coccinella septempunctata* L. to the density of *Stephanitis anagustata* Bu. sp. nov

2.2 七星瓢虫成虫对猎物的选择捕食作用

由表 1 可以看出,不论云杉大蚜数量低于还是高于狭冠网蝽若虫数量,七星瓢虫成虫对狭冠网蝽若虫均表现出较强的选择性($S>1$);在杉针黄叶甲数量等于或者大于狭冠网蝽若虫数量时,七星瓢虫成虫仍对狭冠网蝽若虫表现出较强的选择性($S>1$)。可见,在供试的 3 种猎物中,七星瓢虫成虫对狭冠网蝽若虫的捕食选择性最强。

表 1 七星瓢虫成虫对不同猎物的选择捕食作用

Table 1 Selective effect of *Coccinella septempunctata* L. on different preys

狭冠网蝽若虫 <i>Nymphae of Stephanitis nagustata</i> Bu. sp. nov		云杉大蚜 <i>Cinara piceae</i> (Panzer)		Cain 指数 (S) Index of cain	狭冠网蝽若虫 <i>Nymphae of Stephanitis nagustata</i> Bu. sp. nov		杉针黄叶甲 <i>Xanthoma collaris</i> Chen.		Cain 指数 (S) Index of cain
初始数 Initial number	被捕食数 Number of prey	初始数 Initial number	被捕食数 Number of prey		初始数 Initial number	被捕食数 Number of prey	初始数 Initial number	被捕食数 Number of prey	
60	42.7	30	12.4	1.72	60	51.8	60	14.3	3.62
30	26.4	50	15.8	2.78	30	27.4	60	16.7	3.28

2.3 种内干扰对七星瓢虫成虫捕食率的影响

由表 2 可知,在一定的空间条件和相同比例猎物存在的条件下,随着七星瓢虫成虫数量的增加,其平均捕食率下降,这说明七星瓢虫成虫之间存在种

内干扰作用,其作用可用 Hassell 的数学模型 $E=QP^{-m}$,即 $\log E=\log Q-m\log P$ 进行拟合,其中 E 为平均捕食率, Q 为寻找参数, P 为天敌密度, m 为相互干扰系数^[12]。经拟合,七星瓢虫成虫对狭冠网

蝽若虫的捕食率 $E = 0.8815 P^{-0.0769}$ ($r = -0.9391^{**}$), 对其理论值和实际值进行 χ^2 适合性检验, 误差不显著 ($\chi^2 = 0.001 < \chi^2_{(3, 0.05)} = 9.488$), 说明拟合较好。

表2 种内干扰对七星瓢虫成虫捕食率的影响

Table 2 Influence of intraspecific interaction on prey rate of *Coccinella septempunctata* L.

狭冠网蝽若虫密度 Density of nymphae of <i>Stephanitis anagustata</i> Bu. sp. nov	七星瓢虫成虫密度 Density of adult <i>Coccinella septempunctata</i> L.	被捕食的若虫数量 The number of preyed nymphae	平均捕食率/% Means prey rate
60	1	52.3	87.18(88.15)
120	2	101.4	84.50(83.57)
180	3	146.8	81.56(81.00)
240	4	193.7	80.71(79.22)
300	5	227.8	75.93(77.89)

注: () 内为理论值, 下表同。

Note: () is the theoretical value, which is suitable to the follows.

2.4 七星瓢虫成虫对自身密度的功能反应

由表3可以看出, 在猎物密度不变的情况下, 七星瓢虫成虫的捕食量随自身密度的增加而减小。其Watt模型为 $A = 169.86P^{-0.6940}$ ($r = -0.9982^{**}$),

经 χ^2 适合性检验后, 误差不显著 ($\chi^2 = 0.176 < \chi^2_{(3, 0.05)} = 9.488$), 表明经实测值估算出的理论模型拟合较好。

表3 七星瓢虫成虫对自身密度的功能反应

Table 3 Functional response of *Coccinella septempunctata* L. to the density of itself

七星瓢虫成虫数量 Number of <i>Coccinella septempunctata</i> L.	被捕食的若虫总数量 Total number of preyed nymphae	平均捕食若虫数量 Mean of prey nymphae	七星瓢虫成虫数量 Number of <i>Coccinella septempunctata</i> L.	被捕食的若虫总数量 Total number of preyed nymphae	平均捕食若虫数量 Mean of prey nymphae
1	173.4	173.4 (169.86)	4	254.2	63.55 (64.89)
2	204.6	102.3 (105.00)	5	287.9	57.58 (55.58)
3	235.8	78.6 (79.23)			

3 结论与讨论

本试验结果表明, 七星瓢虫成虫对狭冠网蝽若虫的捕食量初期随猎物密度的增大而增加, 后期变化不大, 其最大捕食量为370.4头, 功能反应的Holling圆盘方程为: $Na = 0.7530 Nt / (1 + 0.0020 Nt)$ 。王进忠等^[7]、曹世勤^[8]、张安盛等^[9]和侯茂林等^[10]均研究发现, 猎物密度对七星瓢虫捕食量的影响可以用圆盘方程来拟合, 这证明圆盘方程是模拟捕食者—猎物相互作用的较好方法。在供试的3种猎物中, 七星瓢虫成虫对狭冠网蝽若虫有较强的选择性; 在一定的空间条件和相同比例猎物存在的条件下, 七星瓢虫成虫对狭冠网蝽若虫的捕食率随猎物和自身密度的增加而下降, 即捕食者个体间有较

小的相互干扰作用 ($m = 0.0769$); 在猎物密度不变的情况下, 七星瓢虫成虫对狭冠网蝽若虫的捕食量随自身密度的增加明显下降, 个体间的干扰作用较大 ($m = 0.6940$), 这与曹世勤^[8]、侯茂林等^[10]报道的七星瓢虫成虫对麦蚜和烟蚜的捕食规律相同。

本试验是在实验室条件下完成的, 捕食者与猎物均处于相对简单的封闭环境中, 试验结果不能完全反应捕食者在自然状态下的捕食能力, 但仍对实际有一定的参考价值。同时由于条件所限, 试验中采用的七星瓢虫成虫是未分雌雄的混合种群, 猎物也仅为狭冠网蝽3~4龄若虫, 对雌雄个体各自的捕食功能反应以及对狭冠网蝽1~2龄若虫和成虫的捕食功能反应尚有待进一步研究。

[参考文献]

- [1] 卜文俊. 冠网蝽属三种记述(异翅目: 异翅亚目: 网蝽科)[J]. 动物学研究, 1997, 18(3): 235-241.
- [2] 刘锦乾. 白龙江林区狭冠网蝽生物学特性的研究[J]. 甘肃农业大学学报, 2000, 35(1): 83-86.
- [3] 曹秀文, 苏连生, 刘锦乾, 等. 狭冠网蝽若虫空间分布型及抽样技术研究[J]. 甘肃林业科技, 1996, 21(2): 58-61.

- [4] 黄志洋,单秉华.狭冠网蝽自然种群生命表的编制[J].甘肃林业科技,2001,26(4):36-38.
- [5] 曹秀文,刘锦乾,何 华.狭冠网蝽发生条件及营林措施防治研究[J].甘肃林业科技,1997,22(3):53-56.
- [6] 吴兴邦.应用敌马烟剂防治云杉网蝽的试验[J].甘肃林业科技,1996,21(3):45-47.
- [7] 王进忠,王 熠,孙淑玲.七星瓢虫对刺槐蚜和锈线菊蚜的功能反应[J].北京农学院学报,1999,14(1):19-23.
- [8] 曹世勤.七星瓢虫对麦蚜混合种群的捕食功能反应[J].甘肃农业科技,2003,40(2):51-53.
- [9] 张安盛,冯建国,于 毅,等.七星瓢虫、大草蛉对桃粉蚜捕食功能研究[J].华东昆虫学报,2004,13(1):69-71.
- [10] 侯茂林,万方浩.七星瓢虫成虫对烟蚜的捕食作用[J].昆虫知识,2004,41(4):347-350.
- [11] 郝丹青,郝丹东.七星瓢虫对桃蚜的捕食功能反应研究[J].农业科学研究,2005,26(2):18-20.
- [12] 丁岩钦.昆虫数学生态学[M].北京:科学出版社,1994:252-317.

Research on the functional responses of *Coccinella septempunctata* L. to prey on *Stephanitis anagustata* Bu. sp. nov

LIU Jin-qian¹, LI Yu-ying², ZHANG Hai-jiang², QI Yue-qiang³

(1 Forest Research Section of Bailongjiang Forestry Administration Bureau of Gansu, Longnan, Gansu 746010, China;

2 Hebei Professional College of Political Science and Law, Shijiazhuang, Hebei 050061, China;

3 The Forestry Bureau of Shijiazhuang City, Shijiazhuang, Hebei 050000, China)

Abstract: The functional responses of *C. septempunctata* L. to prey on nymphae *Stephanitis anagustata* Bu. sp. nov were studied initially in laboratory under natural temperature. The research results show that the functional responses of the predators to the prey can be described by the models of Holling II. With the increasing density of the nymphae *Stephanitis anagustata* Bu. sp. nov, the prey amount was promoted gradually and the maximum quantity reached 370.4. Nymphae *Stephanitis anagustata* Bu. sp. nov was the most favorite food of Ladybird, the interaction between the efficiency of prey and individual could be fitted by Hassell Model and the interaction coefficient was 0.0769, the functional responses of the imago to the density of themselves could be fitted by Watt model and the coefficient was 0.6940.

Key words: *Coccinella septempunctata* L.; *Stephanitis anagustata* Bu. sp. nov; functional response