

# 七星瓢虫成虫对枸杞木虱的捕食作用

巫鹏翔<sup>1,2</sup> 欧阳浩永<sup>1</sup> 徐婧<sup>1</sup> 何嘉<sup>3</sup> 张蓉<sup>3</sup> 张润志<sup>1\*</sup>

(<sup>1</sup>中国科学院动物研究所,北京 100101; <sup>2</sup>中国科学院大学,北京 100049; <sup>3</sup>宁夏农林科学院植物保护研究所,银川 750002)

**摘要** 为了测定七星瓢虫成虫对枸杞木虱4种虫态的捕食作用,分别在室内测定七星瓢虫的捕食功能反应、种内干扰、自身密度干扰、捕食偏好性以及田间七星瓢虫对枸杞木虱的捕食效果。结果表明:七星瓢虫对枸杞木虱的捕食功能反应符合Holling II型方程,其中对卵的最大捕食量为112.6粒,对1~2龄若虫、3~5龄若虫、成虫的最大捕食量分别为536、415和113.9头;田间罩笼试验结果证明,七星瓢虫成虫在其生长周期30 d内能使枸杞木虱总虫口密度下降80.1%;七星瓢虫对1~2龄枸杞木虱若虫的搜寻效率参数 $a=0.9451$ ,处理时间参数 $T_h=0.001865$ 整体优于卵、3~5龄若虫与成虫,且在每皿100头的猎物密度下七星瓢虫的最大捕食率能达80.2%,益害比参考值为1:100。七星瓢虫对枸杞木虱的捕食作用受自身密度的影响显著大于种内干扰。在混合猎物密度为每皿100头下,七星瓢虫更偏好木虱成虫,在密度为每皿300头下,七星瓢虫更偏向于木虱若虫。表明七星瓢虫是很有控制潜力的捕食性天敌,人工释放七星瓢虫成虫可有效取食枸杞木虱初孵若虫,降低木虱为害。

**关键词** 七星瓢虫; 枸杞木虱; 捕食功能反应; 捕食偏好性

**Predation of *Poratrioza sinica* Yang & Li by the adults of *Coccinella septempunctata*.** WU Peng-xiang<sup>1,2</sup>, OUYANG Hao-yong<sup>1</sup>, XU Jing<sup>1</sup>, HE Jia<sup>3</sup>, ZHANG Rong<sup>3</sup>, ZHANG Run-zhi<sup>1\*</sup>  
(<sup>1</sup>Institute of Zoology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China; <sup>2</sup>University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China; <sup>3</sup>Institute of Plant Protection, Ningxia Academy of Agro-Forestry Sciences, Yinchuan 750002, China).

**Abstract:** To study predation by *Coccinella septempunctata* adults on 4 stages of *Poratrioza sinica* Yang & Li, predation functional response, mutual interference, density influence and preference of *C. septempunctata* on *P. sinica* were investigated in laboratory and preying effect in field. The study indicated that functional response of adult *C. septempunctata* to *P. sinica* could be fitted by Holling II model, the daily maximum numbers of *P. sinica* eggs, 1<sup>st</sup>-2<sup>nd</sup> instar nymphs, 3<sup>rd</sup>-5<sup>th</sup> instar nymphs and adults preyed theoretically by the adult *C. septempunctata* were 112.6, 536, 415 and 113.9, respectively. In 30 days of adult's life cycle, density of *P. sinica* inside cages could be decreased by 80.1% in the field. Searching efficiency of *C. septempunctata* to *P. sinica* 1<sup>st</sup>-2<sup>nd</sup> instar nymphs was 0.9451 and processing time was 0.001865, which were better than those of other stages. The maximum rate of *P. sinica* 1<sup>st</sup>-2<sup>nd</sup> instar nymphs preyed was 80.2% as the prey density was 100 heads per dish, so the ratio of predator: prey was 1:100. The density had a greater impact than mutual interference on *C. septempunctata*. When different stages of *P. sinica* co-existed equally, *C. septempunctata* preferred *P. sinica* adult in 100 heads per dish while *P. sinica* nymphs in 300 heads per dish. The study showed that *C. septempunctata* has the potential to be predator of *P. sinica* and the newly-hatched nymphs could be controlled more effectively by *C. septempunctata* adult in field.

**Key words:** *Coccinella septempunctata*; *Poratrioza sinica* Yang & Li; predation functional response; preference.

本文由宁夏回族自治区中宁县农业综合开发办公室项目(znnfkj2015)资助 This work was supported by the Agriculture Comprehensive Development Office Program of Zhongning, Ningxia Autonomous Region (znnfkj2015).

2016-03-03 Received, 2016-08-04 Accepted.

\* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: zhangrz@ioz.ac.cn

宁夏枸杞(*Lycium barbarum*) 属茄科(Solanaceae) 枸杞属(*Lycium*) 多年生灌木,用于食用及药用的成熟果实被称为枸杞或枸杞子<sup>[1]</sup>。枸杞营养生长与生殖生长同时进行,花果同期,是害虫多发的药食兼用中药材<sup>[2]</sup>。据调查有 60 多种害虫为害,成灾害虫有 10 多种<sup>[3]</sup>。

枸杞木虱(*Poratrioza sinica* Yang & Li) 是严重危害枸杞的四大害虫之一<sup>[4-5]</sup>,属同翅目(Homoptera) 木虱科(Psyllidae),分布于宁夏、甘肃、新疆、内蒙古、山西等地。枸杞木虱成虫和若虫均刺吸危害嫩叶、嫩枝、花及幼果,严重时导致新叶畸形,提早干枯落叶<sup>[5]</sup>。若虫还排泄一种白色分泌物黏附于叶片上,招致煤污病的发生<sup>[6]</sup>。枸杞木虱在宁夏地区一年发生 4 代,以成虫在土块、树皮缝、枝叉、枯枝落叶层等处越冬;第二年 4 月下旬、5 月上旬开始活动;若虫找到合适的取食部位后便固定取食直至羽化。成虫善跳易飞,主要在白天取食<sup>[7]</sup>。目前枸杞害虫的防治依然以化学防治为主<sup>[8-10]</sup>,辅以生物防治<sup>[11]</sup>。进而导致枸杞子农药残留超标严重,出口退货频繁发生,严重威胁枸杞产业的健康持续发展<sup>[12]</sup>。鉴于此,利用生物防治代替化学防治来控制枸杞害虫成为解决农残问题的突破口。利用宁夏枸杞种植区捕食性优势天敌七星瓢虫(*Coccinella septempunctata*) 对枸杞木虱进行有效控制,可为枸杞木虱的防治开辟一条新的途径。

七星瓢虫属鞘翅目(Coleoptera) 瓢虫科(Coccinellidae),对蚜虫、叶螨、木虱等重要害虫具有很强的捕食能力,目前在全世界农业生产中作为一种重要的生防天敌被广泛应用<sup>[13]</sup>。通过调查在枸杞田中发现有大量七星瓢虫存在,表明七星瓢虫有可能是枸杞木虱潜在的捕食性天敌。国内外对于枸杞木虱捕食性天敌的研究较少,天敌昆虫对枸杞木虱的捕食作用仅见李海平等<sup>[14]</sup>、刘爱萍等<sup>[9]</sup>有过报道,有关七星瓢虫对枸杞木虱的捕食作用研究尚未见报道。本试验研究了七星瓢虫对枸杞木虱的捕食功能、寻找效率、处理时间、干扰作用以及捕食偏好性,并建立了相关数学模型,以期科学评价七星瓢虫成为枸杞木虱捕食性天敌的潜能及其控制效果,为更好地保护利用枸杞木虱天敌资源提供科学依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 供试材料

供试枸杞木虱卵、若虫、成虫于 2015 年 7—9 月采自宁夏中宁县大地枸杞试验基地,将田间带有枸

杞木虱成虫的枝条或叶片摘下装入带有保湿脱脂棉的保鲜盒中,带回室内备用;七星瓢虫成虫同样采自大地枸杞试验基地,将七星瓢虫放入培养皿(30 mm×160 mm×150 mm)中,每个培养皿 5 头,置于室温下饲养,饲喂枸杞木虱若虫和成虫,选取饥饿 24 h 的成虫备用。

### 1.2 研究方法

**1.2.1 七星瓢虫对枸杞木虱捕食功能反应试验** 将 5 个密度梯度(100、150、200、250、300 头)的 4 种木虱虫态(卵、1~2 龄若虫、3~5 龄若虫、成虫)分别与 1 头经过 24 h 饥饿处理的七星瓢虫成虫组合,放入培养皿中并置于室温下,24 h 后记录被捕食量。试验共 20 个处理,每个处理重复 5 次,并进行 Holling II 功能反应模型<sup>[15]</sup>拟合,方程为  $N_a = a N_i T / (1 + a T_h N_i)$  式中: $N_i$  为供试猎物密度; $N_a$  为被捕食猎物数量; $T$  为猎物暴露于捕食者的时间, $T=1$ ;  $a$  为猎物搜寻效率; $T_h$  为捕食 1 头猎物所需要的时间。

### 1.2.2 田间释放七星瓢虫对枸杞木虱的防治试验

在宁夏中宁县大地枸杞试验基地随机选取自然生长的枸杞植株 1 株进行整株罩笼,于植株上、中、下层分别在东、南、西、北 4 个方向选取 5 片叶子,记录每片叶子上的木虱卵、若虫、成虫量,分别计算单片叶子上各种虫态木虱的平均量,然后上、中、下层分别选 3 条分枝,计算单个分枝上的平均叶片数;并记录单株分枝数,则罩笼单株植物上的枸杞木虱总数=单叶平均木虱数×单枝平均叶片数×单株分枝数。参考试验 1.2.1 所得结果,按照七星瓢虫:木虱为 1:150 头的比例释放七星瓢虫成虫,以不放七星瓢虫的笼子作空白对照。由于七星瓢虫成虫在温度为 35℃ 左右的枸杞田中生命周期在 30~35 d,因此选择治理周期为 30 d。试验处理重复 3 次,分别在释放后的第 15、30 天记录笼内枸杞木虱数,并根据下式计算枸杞木虱虫口下降率。

枸杞木虱虫口下降率 =  $1 - [(1 - 30 \text{ d 内木虱下降率}) / 30 \text{ d 内对照组木虱上升率}]$

**1.2.3 种内干扰及自身密度对于七星瓢虫捕食枸杞木虱的影响试验** 4 种木虱虫态(卵、1~2 龄若虫、3~5 龄若虫、成虫)与 24 h 饥饿处理的七星瓢虫成虫分别以 5 种比例(100:1、200:2、300:3、400:4、500:5)的组合放入培养皿中,24 h 后检查各种组合下的被捕食数量。试验共 20 个处理,每处理重复 5 次。捕食量根据 Hassell 模型<sup>[16]</sup> ( $E = qP^{-m}$ ) 模拟七星瓢虫受到的种内干扰系数,式中: $E$  为平均捕食率; $P$  为天敌密度; $m$  为种内干扰系数; $q$  为  $P=1$  头

时的最大捕食率.

4 种木虱虫态(卵、1~2 龄若虫、3~5 龄若虫、成虫)与 24 h 饥饿处理的七星瓢虫成虫分别以 5 种比例(500 : 1、500 : 2、500 : 3、500 : 4、500 : 5)的组合放入培养皿中,24 h 后检查被捕食数量.试验共 20 个处理,每处理重复 5 次.统计的捕食量利用 Watt 模型<sup>[17]</sup>( $A = QP^{-m}$ )计算出七星瓢虫受到自身密度的干扰系数,式中:  $A$  为单头捕食者平均捕食量;  $P$  为捕食者密度;  $m$  为互相干扰系数;  $Q$  为  $P=1$  头时的最大捕食量.

1.2.4 七星瓢虫对枸杞木虱的捕食偏好性试验 在试验前对七星瓢虫进行 24 h 饥饿处理.1 头七星瓢虫与 4 种木虱虫态(卵、1~2 龄若虫、3~5 龄若虫、成虫)等量放置于培养皿中,设置 3 个总密度梯度(每皿 100、200、300 头)24 h 后检查各种虫态枸杞木虱的被捕食数量.试验共 12 个处理,每处理重复 5 次.

捕食量的统计利用周集中等<sup>[18]</sup>的方法,多种猎物共存时,捕食者对各种猎物的偏好性用方程  $Q_N = (1 + C_N) / (1 - C_N) \times F_N$  计算,式中:  $Q_N$  指捕食者对第  $N$  种猎物捕食的捕食比例;  $F_N$  指环境中第  $N$  种猎物所占的比例;  $C_N$  指捕食者对第  $N$  种猎物的偏好性,  $C_N=0$  指捕食者对第  $N$  种猎物没有偏好性,  $0 < C_N < 1$  表明捕食者对第  $N$  种猎物存在正偏好性,  $-1 < C_N < 0$  表示捕食者对第  $N$  种猎物具有负的偏好性.方程中,对偏好性  $C_N$  的统计值采用单样本  $t$  检验法,与零假设( $C_N=0$ )比较,验证其差异是否显著.

### 1.3 数据处理

使用 WPS Office 2013 和 SPSS 20.0 软件进行统计分析,参数均采用最小二乘法估计,并利用  $t$  检验对种内干扰与自身密度干扰系数的比较、偏好度进行差异显著性分析.

## 2 结果与分析

### 2.1 七星瓢虫对枸杞木虱的捕食功能反应

2.1.1 最大捕食量、搜寻时间和猎物处理时间 根据七星瓢虫在 5 种猎物密度下对 4 种虫态(卵、1~2 龄若虫、3~5 龄若虫、成虫)的枸杞木虱的每日捕食量可知,在一定范围内,七星瓢虫在捕食 4 种虫态枸杞木虱过程中,每日捕食量随猎物密度的升高而增加,枸杞木虱密度达到每皿 250~300 头时,增加趋势趋缓并达到一定阈值(图 1).捕食量符合 Holling II (1959) 型圆盘方程,根据拟合方程的阈值即可确定七星瓢虫对 4 种虫态枸杞木虱的最大捕

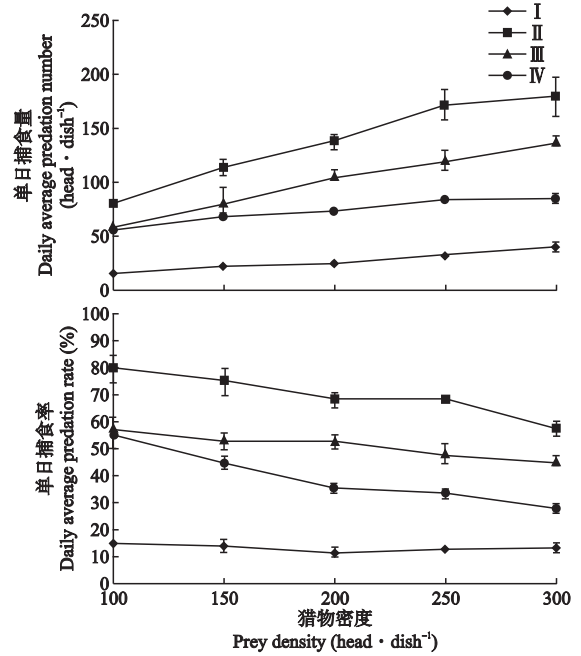


图 1 不同猎物密度下七星瓢虫对枸杞木虱的每日捕食量和每日捕食率

Fig.1 Daily average predation number and rate of *Coccinella septempunctata* on *Poratrioza sinica* under different prey densities.

I: 卵 Eggs; II: 1~2 龄若虫 1<sup>st</sup>-2<sup>nd</sup> nymphs; III: 3~5 龄若虫 3<sup>rd</sup>-5<sup>th</sup> nymphs; IV: 成虫 Adults. 下同 The same below.

食量.

猎物密度趋近无穷大时七星瓢虫对枸杞木虱卵的最大捕食量为 112.6 粒,1~2 龄若虫为 536 头,3~5 龄若虫为 415 头,成虫为 113.9 头.七星瓢虫对于枸杞木虱 4 种虫态的日均最大捕食量均在 100 头以上,对 1~2 龄若虫甚至在 500 头以上.七星瓢虫对枸杞木虱平均搜寻效率参数为(0.73±0.21),其中对卵的搜寻效率参数  $a$  为 0.18,仅为 1~2 龄若虫、3~5 龄若虫与成虫的 1/4.七星瓢虫对枸杞木虱平均处理时间参数( $T_h$ )为(0.0055±0.0019),其中 1~2 龄若虫的  $T_h$  为 0.0019,仅为卵、成虫的 1/4;3~5 龄若虫的  $T_h$  为 0.0024,约为卵、成虫的 1/3.七星瓢虫对 1~2 龄枸杞木虱若虫的捕食时间短,搜寻效率高,最大捕食量最大(表 1).

2.1.2 七星瓢虫对枸杞木虱最大捕食率 通过折线图分析可知(图 1),在猎物密度为每皿 100 头时,七星瓢虫对枸杞木虱卵、1~2 龄若虫、3~5 龄若虫、成虫的最大捕食率均最大,分别为(18.2±1.4)%、(80.2±5)%、(59.4±2.7)%、(55.6±4.9)%.比较 4 种虫态的最大捕食率发现,在猎物密度为每皿 100 头下,七星瓢虫对 1~2 龄木虱若虫的捕食效果最好,最大捕食率达 80.2%.

表 1 七星瓢虫对枸杞木虱的捕食功能反应

Table 1 Functional response of *Coccinella septempunctata* on *Poratrioza sinica*

虫态 Stage	$R^2$	$F$	$P$	Holling II 圆盘方程 Holling II disc equation	$a$	$T_h$
I	0.976	122.705	0.002	$N_a = 0.1768N / (1 + 0.001570N)$	0.18	0.0089
II	0.996	700.230	<0.001	$N_a = 0.94507N / (1 + 0.001763N)$	0.95	0.0019
III	0.997	934.681	<0.001	$N_a = 0.6888N / (1 + 0.001660N)$	0.69	0.0024
IV	0.979	141.471	0.001	$N_a = 1.1208N / (1 + 0.009842N)$	1.12	0.0088

I: 卵 Eggs; II: 1~2 龄若虫 1<sup>st</sup>-2<sup>nd</sup> nymphs; III: 3~5 龄若虫 3<sup>rd</sup>-5<sup>th</sup> nymphs; IV: 成虫 Adults. 下同 The same below.

2.2 田间释放七星瓢虫对枸杞木虱的防治效果

根据笼内取样统计结果, 分别在 3 个笼内释放 17、30、19 头七星瓢虫. 根据 2.1.1 的结果, 七星瓢虫对木虱卵的捕食效率极低, 因此选择对 1~2 龄若虫、3~5 龄若虫和成虫进行调查研究. 七星瓢虫释放后第 15 天笼内枸杞木虱总量下降率为 42.2%, 第 30 天为 79.2%, 且对不同虫态木虱均有显著的防治效果(表 2); 七星瓢虫释放后第 30 天单叶木虱虫口下降率为 80.1%, 表明田间释放七星瓢虫能够有效控制枸杞木虱的虫口量.

2.3 种内干扰及自身密度对于七星瓢虫捕食枸杞木虱的影响

2.3.1 种内干扰的影响 生存空间一定时, 当七星瓢虫密度随枸杞木虱密度递增时, 总捕食量也相应增加. 由于七星瓢虫个体间的相互影响, 单头瓢虫的捕食量逐渐减少, 平均捕食率呈现下降趋势, 即七星瓢虫间存在种内干扰作用, 且随着两者密度的增加, 干扰作用逐渐加强. 根据拟合方程对 4 种虫态下的  $m$  值进行计算, 七星瓢虫捕食枸杞木虱受到种内干扰系数的平均值为(0.31±0.05), 且捕食不同虫态木

虱所受到的种内干扰不同, 顺序为成虫>若虫>卵, 即种内干扰程度随木虱发育虫态的增加而提高, 这与不同虫态木虱的活跃程度密不可分. 木虱成虫善跳易飞, 七星瓢虫捕食成功率低, 种内干扰影响大,  $m$  为 0.38; 若虫活动力较弱, 瓢虫捕食成功率高, 种内干扰影响次之,  $m$  为 0.34~0.35; 木虱卵静止不动, 瓢虫捕食受到的种内干扰影响最小,  $m$  为 0.18 (表 3).

2.3.2 自身密度的影响 枸杞木虱密度不变时, 七星瓢虫对木虱的平均捕食量随自身密度的增加而下降. 枸杞木虱总量一定时, 七星瓢虫对猎物资源的争夺在个体间存在较强干扰, 导致猎物处理时间过长, 搜寻效率下降进而捕食量下降. 根据拟合方程 4 种虫态的  $m$  值, 自身密度对于七星瓢虫捕食枸杞木虱的影响系数平均值为(0.81±0.08). 自身密度的增加导致七星瓢虫捕食量下降.

2.4 七星瓢虫对枸杞木虱的捕食偏好性

在猎物密度为每皿 100、200、300 头时, 七星瓢虫对木虱卵的偏好度分别为 -0.579、-0.743 和 -0.730, 均为显著负偏好性; 对 1~2 龄木虱若虫的

表 2 七星瓢虫对枸杞木虱虫口量的影响

Table 2 Effect of *Coccinella septempunctata* on *Poratrioza sinica* amount (heads · leaf<sup>-1</sup>)

虫态 Stage	初始量 Initial amount per leaf	释放瓢虫第 15 天 The 15 <sup>th</sup> d after <i>C. septempunctata</i> release		释放瓢虫第 30 天 The 30 <sup>th</sup> d after <i>C. septempunctata</i> release	
		单叶木虱量 Amount per leaf	下降率 Descent rate (%)	单叶木虱量 Amount per leaf	下降率 Descent rate (%)
III	24.3±3.4	12.3±0.7	49.4	4.3±0.4	82.3
IV	7.1±0.5	3.4±1.2	52.1	1.4±0.2	80.3
总量 Sum	60.2±2.1	34.8±2.7	42.2	12.5±0.8	79.2

表 3 七星瓢虫捕食枸杞木虱的种内干扰系数

Table 3 Coefficients of mutual interference impacting the predation of *Coccinella septempunctata* on *Poratrioza sinica*

虫态 Stage	$R^2$	$F$	$P$	Hassell 模型方程 Hassell model equation	$q$	$m$
I	0.845	16.298	0.027	$E = 0.184456P^{-0.1772}$	0.18	0.18
II	0.804	12.313	0.039	$E = 0.790877P^{-0.3425}$	0.79	0.34
III	0.795	11.647	0.042	$E = 0.630673P^{-0.3437}$	0.63	0.34
IV	0.867	19.615	0.021	$E = 0.580537P^{-0.3842}$	0.58	0.38

表 4 自身密度对七星瓢虫捕食枸杞木虱的干扰系数

Table 4 Influence coefficient of self-density impacting the predation of *Coccinella septempunctata* on *Poratrioza sinica*

虫态 Stage	$R^2$	$F$	$P$	Watt 模型方程 Watt model equation	$q$	$m$
I	0.921	34.834	0.010	$A = 47.2545P^{-0.6352}$	47.25	0.64
II	0.960	71.710	0.003	$A = 209.9558P^{-0.9217}$	209.96	0.92
III	0.906	29.046	0.013	$A = 175.0908P^{-0.9808}$	175.09	0.98
IV	0.924	36.585	0.009	$A = 97.5525P^{-0.7163}$	97.55	0.72

表 5 不同猎物密度下七星瓢虫对枸杞木虱的偏好性

Table 5 Preference of *Coccinella septempunctata* on *Poratrioza sinica* under different prey densities (mean±SE)

虫态 Stage	猎物密度 Prey density (head · dish <sup>-1</sup> )		
	100	200	300
I	-0.579±0.106**	-0.743±0.068**	-0.730±0.044**
II	-0.356±0.052**	-0.064±0.080	0.004±0.046
III	-0.278±0.092*	-0.064±0.059	-0.018±0.059
IV	0.286±0.050**	0.152±0.046*	-0.212±0.082

\*  $P < 0.05$ ; \*\*  $P < 0.01$ .

偏好度随着木虱密度增加而升高,由-0.356升至0.004,逐渐转变为显著正偏好性;对3~5龄木虱若虫的偏好度由-0.278升至-0.018,负偏好性逐渐消除并有转变为正偏好性的趋势;随着木虱密度增大,七星瓢虫对木虱成虫的偏好度降低,由正偏好性逐渐转变为负偏好性(表5)。

### 3 讨 论

七星瓢虫对枸杞木虱的捕食量在初期随着猎物密度的增加而上升,之后在某一阈值范围内趋于稳定,该阈值即为最大捕食量。猎物密度对七星瓢虫捕食量的影响可用 Holling II 圆盘方程拟合。在研究七星瓢虫对狭冠网蝽(*Stephanitis anagustata*)若虫<sup>[19]</sup>、大豆蚜(*Aphis glycines*)<sup>[20]</sup>、桃蚜(*Myzus persicae*)<sup>[21]</sup>、萝卜蚜(*Lipaphis ensiformis*)<sup>[22]</sup>、百合桃蚜<sup>[23]</sup>、苜蓿斑蚜(*Therioaphis trifolii*)<sup>[24]</sup>、苹果黄蚜(*Aphis pomi*)<sup>[25]</sup>以及三叶草斑蚜<sup>[26]</sup>的捕食功能反映中均发现,猎物密度对七星瓢虫捕食量的影响可用 Holling II 圆盘方程拟合,表明 Holling II 圆盘方程是分析七星瓢虫捕食功能的较佳方法。捕食性天敌食虫齿爪盲蝽(*Deraeocoris punctulatus*)对枸杞木虱的最大捕食量为180头<sup>[27]</sup>,而七星瓢虫对枸杞木虱最大捕食量在112.6~536头,说明七星瓢虫也是控制枸杞木虱很有潜力的捕食性天敌。

通过田间罩笼试验验证,七星瓢虫成虫在30 d生命周期内能使枸杞木虱的总密度下降80.1%,说明防治效果十分明显,与戈峰等<sup>[28]</sup>发现瓢虫在害虫生态调控中有重要作用的结论相一致。七星瓢虫对

木虱卵的搜寻效率是木虱若虫的1/4,而处理时间将近为木虱若虫的4倍,因此在防治枸杞木虱过程中,应避免采胜七星瓢虫直接防治木虱卵,以免七星瓢虫因缺乏食物而大量饿死,应重点防治1~2龄木虱若虫,按照七星瓢虫与木虱量1:100的比例去释放,以使七星瓢虫达到其最大捕食率。七星瓢虫对善跳易飞的木虱成虫在防治效果上不如木虱若虫,木虱成虫对黄色光具有趋光性<sup>[29]</sup>,可选择黄板进行诱捕。木虱成虫的扩散率高,4月上旬枸杞木虱发生第一代前先在地里放上黄板诱捕木虱成虫,可将越冬归来的木虱成虫阻挡在黄板上。一旦在黄板上发现有大量的木虱成虫被黏住,则开始释放七星瓢虫来进行防治。如果发现有部分木虱卵已经产生,则在5月上旬木虱若虫期的初期再释放一批七星瓢虫,重点针对初孵若虫,将木虱危害消灭于萌芽之中。

随着七星瓢虫和枸杞木虱密度的同比例增加,瓢虫捕食率呈现下降趋势,该结果与七星瓢虫成虫在捕食狭冠网蝽(*Stephanitis anagustata*)会受到种内干扰<sup>[19]</sup>的研究结果一致。在枸杞木虱密度不变的情况下,七星瓢虫捕食量随自身密度的增加而下降,此结果与张蓉等<sup>[24]</sup>关于七星瓢虫在捕食苜蓿斑蚜时会受到自身密度干扰的研究报道一致,说明七星瓢虫对枸杞木虱的捕食率均会因空间或猎物资源的限制而受到影响,而且猎物的活跃度越高,影响程度越大,七星瓢虫所受到的种内干扰显著小于自身密度干扰,表明相对于空间限制,猎物资源的限制对七星瓢虫的捕食效果影响更大。

研究表明,七星瓢虫对猎物能表现出捕食偏好性,如薛明等<sup>[22]</sup>报道称,七星瓢虫对萝卜蚜和桃蚜具有捕食偏好性。本试验结果也得出类似结果,在不同猎物密度下,七星瓢虫对枸杞木虱卵均表现出负偏好性( $C_N = -0.579 \sim -0.743$ )。在低密度下,七星瓢虫对木虱成虫表现出正偏好性( $C_N = 0.286$ ),可能由于空间较富裕,木虱成虫不活跃且无背板保护,七星瓢虫对成虫的捕食成功率高;当猎物密度增加时,善跳易飞的成虫开始活跃起来,七星瓢虫捕捉木虱成

虫的成功率急剧下降,因此,产生明显的负偏好性( $C_N = -0.212$ )。在低密度下,七星瓢虫对捕食成功率更高的1~2龄木虱若虫( $C_N = 0.004$ )以及3~5龄木虱若虫( $C_N = -0.018$ )趋于正偏好性。捕食偏好性试验还发现,在木虱发生较轻的植株或区域,利用七星瓢虫防治木虱成虫更有效;而在木虱发生较为严重的植株或区域,防治初孵若虫的效果会更好。通过研究七星瓢虫对枸杞木虱的捕食偏好性,能够为更科学有效地利用天敌防治不同虫态的枸杞木虱提供理论依据。

致谢 感谢中国科学院动物进化与系统学重点实验室刘宁、闻慧在数据汇总过程中的帮助,感谢姜春燕在研究过程中提出的宝贵意见。感谢宁夏中宁县大地生态公司提供试验场地。感谢宁夏大学刘红勋在试验中给予的辅助。感谢段子渊、陈延、王瑛和刘立超等的帮助和指导。

#### 参考文献

- [1] Xue L-W (薛立文), Li Y-N (李以暖). Nutrition and health functions of *Lucium barbarum* L. *Guangdong Trace Elements Science* (广东微量元素科学), 2000, 7(6): 1-4 (in Chinese)
- [2] Duan W-J (段文杰). Pharmacological function and value of Chinese wolfberry. *Heilongjiang Medicine Journal* (黑龙江医学), 2013, 26(1): 127-128 (in Chinese)
- [3] Zhao Z-H (赵紫华), Zhang R (张蓉), He D-H (贺达汉), et al. Risk assessment and control strategies of pests in *Lycium barbarum* fields under different managements. *Chinese Journal of Applied Ecology* (应用生态学报), 2009, 20(4): 843-850 (in Chinese)
- [4] Wu F-Z (吴福楨), Gao Z-N (高兆宁). Analysis and description of the fauna and species of Chinese wolfberry in Ningxia. *Ningxia Agricultural Science and Technology* (宁夏农业科技), 1984(5): 22-26 (in Chinese)
- [5] Zhang C-H (张长海), Ma Y-L (马玉铃). Preliminary observation of *Paratrioza sinica* in Hami. *Xinjiang Agricultural Sciences* (新疆农业科学), 1982, 25(5): 13-14 (in Chinese)
- [6] Tan D-F (谭大风), Chen A-L (陈阿兰). Bionomics of *Paratrioza sinica* and its control. *Journal of Qinghai Normal University* (Natural Science) (青海师范大学学报: 自然科学版), 2006(4): 91-94 (in Chinese)
- [7] Liu X-L (刘晓丽), Li F (李锋), Li X-L (李晓龙), et al. Study on population dynamics and vertical activity habits of *Paratrioza sinica* Yang & Li. *Northern Horticulture* (北方园艺), 2013(12): 122-124 (in Chinese)
- [8] Duan L-Q (段立清), Liu K-Y (刘宽余), Otvos IS, et al. Behavior responses of *Tetrastichus* sp., an ectoparasitoid wasp, to its host, *Paratrioza sinica* Yang & Li and host plant, *Lycium barbarum* L. *Acta Entomologica Sinica* (昆虫学报), 2005, 48(5): 725-730 (in Chinese)
- [9] Liu A-P (刘爱萍), Xu L-B (徐林波), Wang H (王慧). The occurrence regularity and control measures of the insect pests in Chinese wolfberry. *Protection Forest Science and Technology* (防护林科技), 2007, 11(6): 64-66 (in Chinese)
- [10] Ren Y-P (任月萍), Hu Z-Q (胡忠庆). The progress of research on chemical control for main diseases and insect pests of Chinese wolfberry in Ningxia. *Journal of Ningxia Agricultural College* (宁夏农学院学报), 2004, 25(3): 88-91 (in Chinese)
- [11] Duan L-Q (段立清), Zou X-L (邹晓林), Feng S-J (冯淑军), et al. Study on pest integrated management of wolfberry. *Journal of Inner Mongolia Agricultural University* (Natural Science) (内蒙古农业大学学报: 自然科学版), 2002, 23(4): 51-54 (in Chinese)
- [12] Xu C-Q (徐常青), Liu S (刘赛), Qiao H-L (乔海莉), et al. Effects of bionic glue on experimental population dynamics of *Paratrioza sinica* and its natural enemies. *China Journal of Chinese Materia Medica* (中国中药杂志), 2013, 38(5): 666-669 (in Chinese)
- [13] Cheng Y (程英), Li Z-Y (李忠英), Li F-L (李凤良). Research progress of *Coccinella septempunctata*. *Guizhou Agricultural Sciences* (贵州农业科学), 2006, 34(5): 117-119 (in Chinese)
- [14] Li H-P (李海平), Duan L-Q (段立清), Feng S-J (冯淑军), et al. Investigation of predatory bug in wolfberry woods and the function response of the dominant species. *Journal of Inner Mongolia Agricultural University* (Natural Science) (内蒙古农业大学学报: 自然科学版), 2002, 23(3): 69-71 (in Chinese)
- [15] Holling CS. Principles of Insect Predation. *Annual Review of Entomology*, 2003, 6: 163-182
- [16] Hassell MP. A population model for the interaction between *Cyzenis albicans* (Fall.) (Tachinidae) and *Operophtera brumata* (L.) (Geometridae) at Wytham, Berkshire. *Journal of Animal Ecology*, 1969, 38: 567-576
- [17] Watt KE. A mathematical model for the effect of densities of attacked and attacking species on the number of attacked. *Canadian Entomologist*, 1959, 91: 129-144
- [18] Zhou J-Z (周集中), Chen C-M (陈常铭). Predation of wolf spider *Lycosao pseudoannulata* to Brown planthopper *Nilaparvata lugens* and simulation models: III Selective predation. *Acta Ecologica Sinica* (生态学报), 1987, 7(3): 228-237 (in Chinese)
- [19] Liu J-Q (刘锦乾), Li Y-Y (李玉英), Zhang H-J (张海江), et al. Research on the functional responses of *Coccinella septempunctata* L. to prey on *Stephanitis angustata* Bu. sp. nov. *Journal of Northwest A&F University* (Natural Science) (西北农林科技大学学报: 自然科学版), 2006, 34(3): 111-114 (in Chinese)
- [20] Wang H-J (王海建), Jiang C-X (蒋春先), Chen Y (陈瑶), et al. Predation of *Coccinella septempunctata* L. on *Aphis glycines*. *Soybean Science* (大豆科学), 2013, 32(3): 389-392 (in Chinese)
- [21] Hao D-Q (郝丹青), Hao D-D (郝丹东). Study on the functional response of *Coccinella septempunctata* L. to *Myzus persicae*. *Journal of Agricultural Sciences* (农业科学研究), 2005, 26(2): 18-20 (in Chinese)

- [22] Xue M (薛明), Li Z-H (李照会), Li Q (李强), et al. Study on predatory function of *Coccinella septempunctata* to the cruciferous vegetable aphids (*Lipaphis ensysimi* and *Myzus Persicae*). *Journal of Shandong Agricultural University* (山东农业大学学报), 1996(2): 171-175 (in Chinese)
- [23] Cao Y (曹毅), Cui Z-X (崔志新), Chen W-S (陈文胜), et al. The predation response of *Coccinella septempunctata* L. to *Myzus persicae* Sulz. in lily. *Journal of Foshan University* (Natural Science) (佛山科学技术学院学报:自然科学版), 2003, 21(2): 74-76 (in Chinese)
- [24] Zhang R (张蓉), Yang F (杨芳), Ma J-H (马建华). Studies on predation of *Coccinella septempunctata* on *Therioaphis trifolii*. *Plant Protection* (植物保护), 2007, 33(4): 42-45 (in Chinese)
- [25] Wu B-M (吴步梅), Li L (李玲). Research on the predation of *Coccinella septempunctata* on *Aphis pomi* De-Geer. *Gansu Agricultural Science and Technology* (甘肃农业科技), 2000(12): 39-40 (in Chinese)
- [26] Liu Q (刘乾), Liu C-Z (刘长仲), Sun L (孙鹭), et al. Functional responses of *Coccinella septempunctata* and *Hippodamia variegata* to *Therioaphis trifolii*. *Plant Protection* (植物保护), 2009, 35(2): 78-81 (in Chinese)
- [27] Liu A-P (刘爱萍), Wang J-Q (王俊清), Xu L-B (徐林波), et al. Studies on predation of *Deraeocoris punctulatus* on *Paratrioza sinica*. *Plant Protection* (植物保护), 2008, 34(4): 85-89 (in Chinese)
- [28] Ge F (戈峰), Liu X-H (刘向辉), Pan W-D (潘卫东), et al. Biological control efficiency of ladybirds on arthropod pests in cotton agroecosystems. *Chinese Journal of Applied Ecology* (应用生态学报), 2002, 13(7): 841-844 (in Chinese)
- [29] Wang P (王平), Tong D-Y (佟德艳), Wang Y (王艳), et al. Study on the lure function of colors to the *Paratrioza Sinica* Yang & Li. *Journal of Inner Mongolia Agricultural University* (Natural Science) (内蒙古农业大学学报:自然科学版), 2006, 27(4): 102-104 (in Chinese)

---

作者简介 巫鹏翔 男,1989年生,博士研究生.主要从事枸杞害虫生物防治技术研究. E-mail: wupengxiang@ioz.ac.cn  
责任编辑 肖红

---



---

巫鹏翔, 欧阳浩永, 徐婧, 等. 七星瓢虫成虫对枸杞木虱的捕食作用. 应用生态学报, 2016, 27(11): 3712-3718

Wu P-X, Ouyang H-Y, Xu J, et al. Predation of *Paratrioza sinica* Yang & Li by the adults of *Coccinella septempunctata*. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2016, 27(11): 3712-3718 (in Chinese)