

## 两品种茶园茶蚜和假眼小绿叶蝉天敌优势种的比较

王振兴<sup>1</sup>, 李尚<sup>2</sup>, 王建盼<sup>1</sup>, 毕守东<sup>1\*</sup>, 周夏芝<sup>2\*</sup>,

覃盛<sup>1</sup>, 陈云<sup>1</sup>, 刘飞飞<sup>1</sup>, 邹运鼎<sup>2</sup>, 朗坤<sup>1</sup>

(1. 安徽农业大学理学院, 合肥 230036; 2. 安徽农业大学林学与园林学院, 合肥 230036)

**摘要:** 为了科学施药, 合理保护和利用天敌进行茶园害虫的综合防治, 开展乌牛早和白毫早茶园主要害虫茶蚜和假眼小绿叶蝉的优势种天敌评定和比较。对两品种茶园间害虫及其天敌的数量进行 *t* 检验。结果表明, 两品种茶园之间春夏季 2 种害虫和 8 种天敌差异均不显著, 秋冬季草间小黑蛛 (3.7160) 和茶色新圆蛛 (4.3144) 差异极显著; 乌牛早茶园春夏季与秋冬季之间八点球腹蛛 (2.6298) 差异显著, 白毫早茶园茶色新圆蛛 (4.0056) 差异极显著, 草间小黑蛛 (2.8160) 和棕管巢蛛 (2.1408) 差异显著, 其余差异均不显著。采用灰色关联度分析方法和生态位分析方法对两品种茶园 2 种害虫与其天敌在数量、时间和空间等方面关系进行分析, 综合评判出天敌优势种, 并进行比较。结果表明, 春夏季两品种茶园茶蚜前 3 位优势种天敌均是锥腹肖蛸、三突花蟹蛛和棕管巢蛛, 但位次不同; 假眼小绿叶蝉前 1、2 位天敌均是棕管巢蛛和锥腹肖蛸, 但第 3 位天敌不同。秋冬季两品种茶园茶蚜前 3 位的天敌中均有鳞纹肖蛸和八点球腹蛛, 假眼小绿叶蝉前 3 位天敌中均有草间小黑蛛和棕管巢蛛。春夏季和秋冬季比较, 茶蚜前 3 位天敌乌牛早茶园中只有三突花蟹蛛相同, 白毫早茶园只有锥腹肖蛸相同; 假眼小绿叶蝉前 3 位天敌中, 乌牛早茶园只有棕管巢蛛相同, 而白毫早茶园有锥腹肖蛸和棕管巢蛛 2 种天敌相同。春夏季茶树品种对茶蚜天敌优势种影响大。茶树品种不同, 茶园的生物物理和生物化学条件也不完全相同, 从而影响茶树害虫及其天敌的种群动态差异, 造成害虫优势种天敌的差异。

**关键词:** 茶园; 害虫; 天敌优势种比较; 数学分析

中图分类号: S435.711; Q968.1

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X (2016)03-0350-09

### The dominant species of natural enemies of *Toxoptera aurantii* and *Empoasca vitis* in two tea gardens with different varieties

WANG Zhenxing<sup>1</sup>, LI Shang<sup>2</sup>, WANG Jianpan<sup>1</sup>, BI Shoudong<sup>1</sup>, ZHOU Xiaozhi<sup>2</sup>,

QIN Sheng<sup>1</sup>, CHEN Yun<sup>1</sup>, LIU Feifei<sup>1</sup>, ZOU Yunding<sup>2</sup>, LANG Kun<sup>1</sup>

(1. School of Science, Anhui Agricultural University, Hefei 230036;

2. School of Forestry and Landscape Architecture, Anhui Agricultural University, Hefei 230036)

**Abstract:** In order to conserve and utilize natural enemies for a comprehensive control of insect pests in tea plantation, the dominant natural enemies of *Toxoptera aurantii* and *Empoasca vitis* were evaluated in both Wuniuzao tea garden and Baihaozao tea garden. The number of pests and their main natural enemies in the two tea gardens were compared using *T*-test. The results showed that the differences in 2 pests and 8 enemies between two tea gardens were not significant in spring-summer seasons. The differences of *Oxyopes sertatus* (3.7160) and *Neoscona theisi* (4.3144) in autumn-winter seasons were highly significant. In the Wuniuzao tea garden, the differences of *Theridion octomaculatum* (2.6298) between the spring-summer season and the autumn-winter season were significant and in the Baihaozao tea garden, the difference of *Neoscona theisi* (4.0056) was highly significant. The numbers of *Erigonidium graminicolum* (2.8160) and *Oxyopes sertatus* (2.1408) were significantly different and the others were not significantly different. Grey correlation degree method and niche analysis method were applied to analyze the quantity and temporal and spatial relationships between two insect pests and their main

收稿日期: 2016-03-01

基金项目: 国家自然科学基金 (30871444) 和安徽省自然科学基金 (11040606M71) 共同资助。

作者简介: 王振兴, 硕士研究生。E-mail: wang986508620@126.com

\* 通信作者: 毕守东, 博士, 教授。E-mail: bishoudong@163.com 周夏芝, 副教授。E-mail: zhouxz@ahau.edu.cn

natural enemies. The top three dominant natural enemies of *Toxoptera aurantii* were *Tetragnatha maxillosa*, *Misumenops tricuspidatus* and *Oxyopes sertatus*, but they had different orders; for *Empoasca vitis*, the first and second dominant natural enemies were *Oxyopes sertatus* and *Tetragnatha maxillosa* and the third natural enemy was different. In autumn-winter seasons, the top three dominant natural enemies of *Toxoptera aurantii* in the two tea gardens were *Tetragnatha squamata* and *Theridion octomaculatum*, and the top three dominant natural enemies of *Empoasca vitis* were *Erigonidium graminicolum* and *Oxyopes sertatus*. Compared to the Baihaozao tea garden between spring-summer seasons and autumn-winter seasons, the same natural enemy of *Toxoptera aurantii* among three dominant species in the WuNiuZao tea garden was *Misumenops tricuspidatus*, and in the Baihaozao tea garden the same natural enemy of *Toxoptera aurantii* was *Tetragnatha maxillosa*. As for *Empoasca vitis*, the same natural enemy in the Wuniuzao tea garden was *Oxyopes sertatus*, and the same natural enemies in the Baihaozao tea garden were *Tetragnatha maxillosa* and *Oxyopes sertatus*. The tea variety had a major impact on the dominant species of natural enemies of *Toxoptera aurantii* in spring-summer seasons. The biophysical and biochemical conditions were not exactly the same in two different tea gardens, indicating the different effects on the population dynamics of the pests and their natural enemies in tea gardens.

**Key words:** tea garden; compare the dominant species of natural enemies; insect pests; mathematical analysis

茶树害虫是影响茶叶产量和品质的主要因子之一,天敌是影响茶树害虫种群消长的重要生态因子。茶蚜(*Toxoptera aurantii*)是茶树的主要害虫,瓢虫种类中的异色瓢虫(*Harmonia axyridis*)等是茶蚜的天敌<sup>[1]</sup>,对茶蚜蜜露具有较强的搜索行为<sup>[2-3]</sup>。韩宝瑜等<sup>[4]</sup>研究了无翅茶蚜对茶树挥发物的触角电生理和行为反应;陈宗懋等<sup>[5-10]</sup>研究了茶蚜与瓢虫的关系以及茶树-害虫-天敌蜘蛛等三者之间的化学联系;杨林等<sup>[11]</sup>用地质统计学方法分析主要害虫茶蚜与其天敌的关系。刺吸类害虫假眼小绿叶蝉(*Empoasca vitis*)发生规律及其天敌的种类有大量报道,该害虫的天敌种类丰富,其中,多种瓢虫和蜘蛛都取食假眼小绿叶蝉<sup>[12-13]</sup>。钮羽群等<sup>[14]</sup>研究了不同迷迭香挥发物组合对假眼小绿叶蝉行为的调控;黎健龙<sup>[15]</sup>探讨了周边不同生境条件对茶园小绿叶蝉种群时空结构的影响;彭萍等<sup>[16]</sup>研究了黄板诱杀对假眼小绿叶蝉控制效果,但乌牛早茶园和白毫早茶园的上述 2 种主要害虫与其天敌之间关系的系统研究均未见报道。为此,作者研究乌牛早茶园和白毫早茶园 2 种害虫与其天敌的关系,从发生数量、时间及空间关系上评判出 2 种害虫的优势种天敌,并对两品种茶园 2 种害虫的优势种天敌进行比较,其结果可为 2 种害虫的生物防治提供科学依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 调查地点和试验地情况

调查地点为安徽农业大学农业科技示范园茶园,茶树为安徽省主栽丰产优质品种乌牛早和白毫早,调查的茶园面积均为 0.2 hm<sup>2</sup>。

### 1.2 调查时间

2015 年 3 月 28 日至 11 月 14 日,约半个月调

查 1 次,共调查 17 次,其中春夏季(3 月 28 日—8 月 2 日)10 次,秋冬季(8 月 16 日—11 月 14 日)7 次。

### 1.3 调查方法

采用平行跳跃法随机在茶园选取 3 行,每行间隔 1 m 取一个 2 m 长的样方,每行 10 个样方,共取 30 个样方,先目测调查,再每样方随机选取 10 片叶片,调查害虫及天敌种类和个体数,然后用沾有洗衣粉水液的搪瓷盆对样方中所有枝条进行盆拍(搪瓷盆口长为 40 cm,宽为 30 cm,洗衣粉水液的浓度 1000 倍),调查记载害虫及其天敌物种数和个体数。对于一些不能准确鉴定的物种进行编号保存,装毒瓶里带回室内鉴定或请专家鉴定。

### 1.4 数学分析方法

**1.4.1 2 种害虫与其天敌在数量关系上的灰色关联度分析<sup>[17]</sup>** 将 2 种害虫( $Y_i$ )及其天敌( $X_j$ )分别看作一个本征性系统,2 种害虫数量( $Y_1$ )和( $Y_2$ )作为该系统的参照序列。不同时间上的 2 种害虫( $Y_1$ )和( $Y_2$ )与天敌( $X_j$ )在第  $k$  点上的效果白化值,进行双序列关系分析:

$$Y_i = \{Y_i(1), Y_i(2), \dots, Y_i(n)\}, i=1,2;$$

$$X_j = \{X_j(1), X_j(2), \dots, X_j(n)\}, j=1,2, \dots, M \quad (1)$$

经数据均值化后得:

$$Y_i = \{Y_i(1), Y_i(2), \dots, Y_i(n)\}, i=1,2;$$

$$X_j = \{X_j(1), X_j(2), \dots, X_j(n)\}, j=1,2, \dots, M \quad (2)$$

$Y_i$  与  $X_j$  在第  $k$  点上的关联系数:

$$R_{ij} = [\min \min |Y_i(k) - X_j(k)| + \rho \max \max |Y_i(k) - X_j(k)|] / [Y_i(k) - X_j(k) + \rho \max \max |Y_i(k) - X_j(k)|], k=1,2, \dots, n \quad (3)$$

式中,  $\rho$  为分辨系数,取值区间[0-1],一般取  $\rho=0.5$ ,为了扩大几种天敌与 2 种害虫之间关联系数的差距,便于进行分析,取  $\rho=0.8$ ,  $\Delta_{ij}(k)=Y_i(k)-X_j(k)$

为  $Y_i$  与  $X_j$  序列在第  $k$  点上的绝对值差;  $\min|Y_i(k)-X_j(k)|$  为 1 级最小值, 表示找出  $Y_i$  与  $X_j$  序列对应点的差值中的最小差; 而  $\min \min|Y_i(k)-X_j(k)|$  为 2 级最小差, 表示在 1 级最小差的基础上再找出其中的最小差。 $\max|Y_i(k)-X_j(k)|$  与  $\max \max|Y_i(k)-X_j(k)|$  分别为 1 级和 2 级最大差, 其含义与上述最小差相似。 $R(Y_i, X_j) 1/n \sum r_{ij}(k)$  即为第  $j$  种天敌 ( $X_j$ ) 与 2 种害虫数量的关联度, 其大小反映  $X_j$  对  $Y_i$  的联系或影响程度。

**1.4.2 时间及空间生态位分析** 用 Levins<sup>[18]</sup> 的生态位宽度指数公式:

$$B = \frac{1}{S \sum P_i^2} \tag{4}$$

式中  $B$  为物种的生态位宽度;  $P_i$  为物种利用第  $i$  等级资源占利用总资源的比例;  $S$  为资源系列等级数。

生态位重叠采用 Levins<sup>[18]</sup> 的生态位重叠指数公式:

$$L_{ij} = B_i \sum_{h=1}^n P_{ih} P_{jh} \tag{5}$$

式中  $L_{ij}$  为物种  $i$  对物种  $j$  的生态位重叠,  $P_{ih}$  和  $P_{jh}$  为每个物种在资源序列的第  $h$  单位上的比例,  $B_i$  为物种  $i$  的生态位宽度。

生态位相似性比例采用 Morisita 相似性系数公式<sup>[19]</sup>:

$$C_{jk} = \frac{2 \sum_{i=1}^n P_{ij} P_{ik}}{\sum_{i=1}^n P_{ij} [(n_{ij} - 1) / (N_j - 1)] + \sum_{i=1}^n P_{ik} [(n_{ik} - 1) / (N_k - 1)]} \tag{6}$$

式中,  $P_{ij}, P_{ik}$  分别表示种  $j, k$  在第  $i$  个资源等级上所占的比例,  $n_{ik}$  是  $k$  物种在  $i$  资源序列等级上的数量,  $n_{ij}$  是  $j$  物种在  $i$  资源序列等级上的数量。 $N_j, N_k$  分别表示  $j$  物种和  $k$  物种的个体数量之和。

**1.4.3 天敌与其目标害虫关系的综合分析** 将天敌与目标害虫之间数量上的关联度和时、空生态位重叠指数、生态位相似性比例参数, 分别除以本项参数值的最大值, 进行标准化求得密切指数, 密切指数最大值为 1, 将数、时、空方面的密切指数相加, 其密切指数之和最大的天敌为目标害虫的第一位天敌, 依次类推<sup>[20]</sup>, 最后对两品种茶园 2 种主要害虫的前 3 位天敌进行比较。

## 2 结果与分析

### 2.1 两品种茶园 2 种害虫及其天敌种群数量动态及其季节差异

乌牛早茶园共有节肢动物 78 种, 其中植食性昆虫 31 种, 捕食性天敌 36 种, 寄生性和中性昆虫 11 种; 白毫早茶园共有节肢动物 97 种, 其中植食性昆

虫 41 种, 捕食性天敌 44 种, 寄生性和中性昆虫 12 种。将 2 品种茶园前述 2 种主要害虫及其个体数量多的 8 种主要捕食性天敌种群数量列于表 1, 并将 2 品种茶园不同季节 2 种害虫和天敌种群数量  $t$  检验的  $t$  值列于表 2, 两品种之间春夏季害虫的  $t$  值均小于  $t_{0.05}$  (2.10), 表明春夏季两品种茶园 2 种害虫和天敌种群数量差异均不显著; 秋冬季阶段, 两品种间草间小黑蛛和茶色新圆蛛的  $t$  值均大于  $t_{0.01}$  (3.06), 分别为 3.7160 和 4.3144, 差异极显著。乌牛早茶园春夏季与秋冬季之间八点球腹蛛  $t$  值为 2.6298, 大于  $t_{0.05}$  (2.13), 差异显著, 其余害虫和天敌的  $t$  值均小于  $t_{0.05}$ , 差异不显著。白毫早茶园春夏季与秋冬季之间, 茶色新圆蛛的  $t$  值为 4.0056, 大于  $t_{0.01}$  (2.95), 差异极显著; 草间小黑蛛和粽管巢蛛的  $t$  值依次为 2.8160 和 2.1408, 均大于  $t_{0.05}$  (2.13), 差异均显著, 其余  $t$  值均小于  $t_{0.05}$ , 差异均不显著。

### 2.2 乌牛早茶园 2 种害虫与其天敌在数量上的关系

乌牛早茶园 2 种害虫与其天敌数量关系的关联度列于表 3。与害虫关联度大的前 3 位天敌, 茶蚜春夏季的为三突花蟹蛛 ( $X_4$ )、异色瓢虫 ( $X_8$ ) 和鳞纹肖蛸 ( $X_7$ ), 秋冬季的为八点球腹蛛 ( $X_5$ )、三突花蟹蛛 ( $X_4$ ) 和鳞纹肖蛸 ( $X_7$ ); 假眼小绿叶蝉春夏季的为粽管巢蛛 ( $X_6$ )、异色瓢虫 ( $X_8$ ) 和八点球腹蛛 ( $X_5$ ), 秋冬季的为粽管巢蛛 ( $X_6$ )、异色瓢虫 ( $X_8$ ) 和草间小黑蛛 ( $X_3$ )。

### 2.3 乌牛早茶园 2 种害虫与其天敌在时间上的关系

将 2 种害虫与其天敌之间的时间生态位重叠指数 ( $H$ ) 和相似性比例 ( $M$ ) 大小作为两者在时间关系上的密切程度依据, 参数值越大, 对害虫在时间上跟随关系越密切, 结果列于表 4。时间资源总单位春夏季为 10 个单位, 秋冬季为 7 个单位。春夏季与害虫时间生态位  $H$  和  $M$  值大的第一位天敌, 茶蚜的分别是锥腹肖蛸 ( $X_2$ ) 和茶色新圆蛛 ( $X_7$ ); 假眼小绿叶蝉的均是粽管巢蛛 ( $X_6$ )。

秋冬季与害虫时间生态位  $H$  和  $M$  值大的第一位天敌, 茶蚜的均是八点球腹蛛 ( $X_5$ ); 假眼小绿叶蝉的均是草间小黑蛛 ( $X_3$ )。

### 2.4 乌牛早茶园 2 种主要害虫与其天敌在空间上的关系

在害虫数量高峰日时可以较为准确地反映天敌对害虫空间跟随关系的密切程度。高峰日春夏季茶蚜和假眼小绿叶蝉都是 7 月 19 日。秋冬季茶蚜是 11 月 14 日, 假眼小绿叶蝉是 9 月 26 日。将 2 种害虫与其天敌间空间生态位重叠指数 ( $H$  值) 和相似

性比例 (M 值) 列于表 5, 资源总单位为 30 个单位 (30 样方)。春夏季与害虫空间生态位 H 和 M 值大的第一位天敌, 茶蚜的分别是棕管巢蛛 ( $X_6$ ) 和三突花蟹蛛 ( $X_4$ ); 假眼小绿叶蝉的分别是锥腹肖

蛸 ( $X_2$ ) 和三突花蟹蛛 ( $X_4$ )。

秋冬季与害虫空间生态位 H 和 M 值大的第一位天敌, 茶蚜的分别是鳞纹肖蛸 ( $X_1$ ) 和三突花蟹蛛 ( $X_4$ ); 假眼小绿叶蝉的均是茶色新圆蛛 ( $X_7$ )。

表 1 两品种茶园害虫及其天敌种群动态

季节 Season	日期 Date	品种 Varieties	$Y_1$	$Y_2$	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$X_6$	$X_7$	$X_8$
春夏 Spring-summer	03-28	a	9	8	307	100	13	52	48	8	43	0
		b	4	3	273	119	15	80	59	5	33	8
	04-11	a	68	1	229	106	3	48	9	6	34	3
		b	48	1	187	85	1	54	12	8	26	2
	04-26	a	60	31	99	74	3	29	2	14	25	16
		b	52	1	117	82	14	33	14	9	31	7
	05-10	a	49	53	104	50	26	7	1	19	21	8
		b	44	4	80	33	25	8	2	11	13	3
	05-24	a	12	132	122	81	46	8	11	16	10	4
		b	4	13	69	48	21	13	5	15	36	1
	06-08	a	3	128	99	83	33	1	34	25	1	3
		b	6	56	79	60	9	7	36	25	34	5
	06-20	a	2	149	84	111	21	3	10	44	8	4
		b	11	67	55	102	15	6	19	28	19	10
	07-04	a	27	309	98	125	21	7	9	53	40	1
		b	131	302	49	141	9	14	16	48	26	13
	07-19	a	87	674	107	193	11	7	8	90	26	4
		b	41	491	82	118	7	10	5	35	21	12
	08-02	a	11	349	56	140	7	4	0	34	23	4
		b	7	118	32	50	5	6	10	49	20	0
08-16	a	2	42	33	105	4	1	5	43	20	1	
	b	63	8	8	36	4	6	5	43	8	0	
08-30	a	17	97	23	70	12	0	6	55	20	2	
	b	76	34	7	30	0	2	4	53	12	6	
09-13	a	9	442	46	102	15	0	20	51	39	5	
	b	11	159	24	35	6	3	12	70	6	5	
秋冬 Autumn-winter	09-26	a	69	479	100	86	14	8	60	49	36	5
		b	11	285	16	49	6	12	23	57	9	7
	10-11	a	77	150	129	132	12	12	189	36	54	13
		b	28	179	62	61	4	10	104	32	12	19
	10-28	a	49	87	176	105	7	24	98	8	31	43
		b	35	85	138	142	6	41	140	36	19	44
	11-14	a	95	96	185	140	9	14	193	10	39	18
		b	112	90	136	141	2	5	120	6	21	4

$Y_1$  茶蚜(*Toxoptera aurantii*);  $Y_2$  假眼小绿叶蝉(*Empoasca vitis*);  $X_1$  鳞纹肖蛸(*Tetragnatha squamata*);  $X_2$  锥腹肖蛸(*Tetragnatha maxillosa*);  $X_3$  草间小黑蛛(*Erigonidium graminicolum*);  $X_4$  三突花蟹蛛(*Misumenops tricuspidatus*);  $X_5$  八点球腹蛛(*Theridion octomaculatum*);  $X_6$  棕管巢蛛(*Oxyopes sertatus*);  $X_7$  茶色新圆蛛(*Neoscona theisi*);  $X_8$  异色瓢虫 (*Leis axyridis*); a: 乌牛早(Wuniuzao), b: 白毫早(Baihaozao)。下同 The same below.

## 2.5 乌牛早茶园 2 种主要害虫与其天敌在数量、时间和空间关系上的综合分析

将乌牛早茶园春夏季 2 种害虫与其天敌在数、时、空关系的密切指数列于表 6。密切指数之和越大, 表明该天敌与害虫关系越密切, 春夏季害虫前 3 位的天敌, 茶蚜的是三突花蟹蛛 ( $X_4$ )、棕管巢蛛

( $X_6$ ) 和锥腹肖蛸 ( $X_2$ ); 假眼小绿叶蝉的是棕管巢蛛 ( $X_6$ )、锥腹肖蛸 ( $X_2$ ) 和鳞纹肖蛸 ( $X_1$ )。

秋冬季的计算结果列于表 7。害虫前 3 位的天敌, 茶蚜的是鳞纹肖蛸 ( $X_1$ )、八点球腹蛛 ( $X_5$ ) 和三突花蟹蛛 ( $X_4$ ); 假眼小绿叶蝉的是茶色新圆蛛 ( $X_7$ )、棕管巢蛛 ( $X_6$ ) 和草间小黑蛛 ( $X_3$ )。

表 2 两品种茶园不同季节 2 种害虫及其天敌差异性 t 值  
Table 2 The otherness t-value of the pests and their natural enemies in two varieties of tea garden

比较项 Comparative object	Y <sub>1</sub>	Y <sub>2</sub>	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>6</sub>	X <sub>7</sub>	X <sub>8</sub>	备注 Remark
不同品种间 Inter-varieties											
a 春夏与 b 春夏	0.1188	0.8661	0.5891	1.2395	1.1910	0.6278	0.5849	0.7365	0.5281	0.7601	df=18, t <sub>0.05</sub> =2.10, t <sub>0.01</sub> =2.88
a 秋冬与 b 秋冬	0.1299	1.0192	1.2760	1.6850	3.7160***	0.4642	0.6070	0.5998	4.3144***	0.0356	df=12, t <sub>0.05</sub> =2.18, t <sub>0.01</sub> =3.06
不同季节间 Inter-seasons											
a 春夏与 b 秋冬	0.7755	0.1601	0.6700	0.0345	1.4736	1.1348	2.6298*	0.4437	1.7092	1.5784	df=15, t <sub>0.05</sub> =2.13, t <sub>0.01</sub> =2.95
b 春夏与 b 秋冬	0.6927	0.2089	1.3915	0.6446	2.8160**	1.1302	2.0457	2.1408**	4.0056***	1.2002	df=15, t <sub>0.05</sub> =2.13, t <sub>0.01</sub> =2.95

表 3 2 种害虫与其主要天敌之间的关联度  
Table 3 Correlation between the amount of two insect pests and their natural enemies

季节 Season	害虫 Pest	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>6</sub>	X <sub>7</sub>	X <sub>8</sub>
春夏	Y <sub>1</sub>	0.7704	0.6557	0.7213	0.8186	0.7070	0.6840	0.7685	0.7761
Spring-summer	Y <sub>2</sub>	0.7258	0.7545	0.7448	0.6758	0.7554	0.8245	0.7130	0.7619
秋冬	Y <sub>1</sub>	0.8038	0.7085	0.6287	0.8135	0.8524	0.6157	0.7198	0.7989
Autumn-winter	Y <sub>2</sub>	0.6349	0.6380	0.6770	0.6563	0.6100	0.7150	0.6413	0.7141

表 4 2 种害虫与其天敌在时间生态位上的重叠指数 (H) 和相似系数 (M)  
Table 4 Time niche overlap index and similarity coefficients of the two pests and their natural enemies

季节 Season	害虫 Pest		X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>6</sub>	X <sub>7</sub>	X <sub>8</sub>
春夏	Y <sub>1</sub>	H	0.6687	0.7695	0.4095	0.6242	0.2770	0.7072	0.7692	0.7318
		M	0.6674	0.7580	0.4171	0.6323	0.2811	0.7173	0.7759	0.6225
Spring-summer	Y <sub>2</sub>	H	0.4319	0.8557	0.5123	0.1745	0.2987	0.9594	0.5967	0.3979
		M	0.4197	0.8147	0.5110	0.1766	0.3030	0.9574	0.5856	0.4153
秋冬	Y <sub>1</sub>	H	0.9469	0.8595	0.7833	0.8482	0.9543	0.5621	0.8847	0.7142
		M	0.9537	0.8510	0.8026	0.8678	0.9578	0.5668	0.8858	0.7170
Autumn-winter	Y <sub>2</sub>	H	0.5831	0.7094	0.8900	0.4217	0.4621	0.8203	0.7914	0.3632
		M	0.5823	0.6912	0.8975	0.4313	0.4634	0.8175	0.7806	0.3658

表 5 2 种害虫与其天敌之间空间生态位重叠指数 (H) 和相似系数 (M)  
Table 5 Space niche overlap index and similarity coefficients of the two pests and natural enemies

季节 Season	日期 Date	害虫 Pest		X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>6</sub>	X <sub>7</sub>	X <sub>8</sub>
春夏	07-19	Y <sub>1</sub>	H	0.5800	0.6394	0.2004	0.4930	0.5113	0.7256	0.4401	0.2130
			M	0.6848	0.7155	0.3495	1.6677	0.7607	0.8715	0.6515	0.3055
Spring-summer	07-19	Y <sub>2</sub>	H	0.7690	0.7949	0.3610	0.5549	0.2543	0.7073	0.4854	0.2164
			M	0.8645	0.8538	0.5862	1.9804	0.3386	0.8152	0.6816	0.2718
秋冬	11-14	Y <sub>1</sub>	H	0.7811	0.7472	0.2684	0.5430	0.7240	0.4187	0.4616	0.4006
			M	0.9219	0.9052	0.5030	1.1733	0.8587	0.8270	0.6038	0.7194
Autumn-winter	09-26	Y <sub>2</sub>	H	0.7449	0.6753	0.4242	0.2762	0.7123	0.6005	0.7529	0.3814
			M	0.8520	0.7861	0.6917	0.2617	0.8787	0.7648	1.0248	0.6078

2.6 白毫早与乌牛早茶园主要害虫优势种天敌比较

2.6.1 春夏季两品种茶园主要害虫的优势种天敌比较 按照上述的分析方法求得另一茶树品种白毫早茶园春夏季 2 种害虫与其天敌在数、时、空关

系的密切指数, 并将其列于表 8。可以看出, 茶蚜的前 3 位的天敌是粽管巢蛛 (X<sub>6</sub>)、锥腹肖蛸 (X<sub>2</sub>) 和三突花蟹蛛 (X<sub>4</sub>)。假眼小绿叶蝉的是粽管巢蛛 (X<sub>6</sub>)、锥腹肖蛸 (X<sub>2</sub>) 和异色瓢虫 (X<sub>8</sub>)。对表 6 乌牛早

的数据与表 8 白毫早的数据比较得出, 春夏季两品种茶园害虫前 3 位天敌中的相同天敌, 茶蚜的都是

锥腹肖蛸( $X_2$ )、三突花蟹蛛( $X_4$ )和棕管巢蛛( $X_6$ ); 假眼小绿叶蝉的是锥腹肖蛸( $X_2$ )和棕管巢蛛( $X_6$ )。

表 6 乌牛早茶园春夏季 2 种害虫与其天敌在数时空关系上的密切指数

Table 6 Quantity, time and space framework of the close indexes between the two pests and their natural enemies in the Wuniuzao tea garden in Spring and Summer

害虫 Pest		$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$X_6$	$X_7$	$X_8$
$Y_1$	A	0.9411	0.8010	0.8811	1.0000	0.8637	0.8356	0.9388	0.9481
	B	0.8690	1.0000	0.5322	0.8112	0.3600	0.9190	0.9996	0.9510
	C	0.8602	0.9769	0.5376	0.8149	0.3623	0.9245	1.0000	0.9992
	D	0.7993	0.8812	0.2762	0.6794	0.7047	1.0000	0.6065	0.2936
	E	0.4106	0.4290	0.2096	1.0000	0.4561	0.5226	0.3907	0.1832
	$\Sigma$	3.8803	4.0882	2.4366	4.3055	2.7467	4.2017	3.9356	3.3751
位次 Order		5	3	8	1	7	2	4	6
$Y_2$	A	0.8803	0.9151	0.9033	0.8196	0.9162	1.0000	0.8648	0.9241
	B	0.4502	0.8919	0.5340	0.1819	0.3113	1.0000	0.6220	0.4147
	C	0.4384	0.8510	0.5337	0.1845	0.3165	1.0000	0.6117	0.4338
	D	0.9674	1.0000	0.4541	0.6981	0.3199	0.8898	0.6106	0.2722
	E	0.4365	0.4311	0.2960	1.0000	0.1710	0.4116	0.3442	0.1372
	$\Sigma$	3.1728	4.0891	2.7212	2.8841	2.0349	4.3014	3.0532	2.1821
位次 Order		3	2	6	5	7	1	4	8

A: 数量关联度; B: 时间生态位重叠指数; C: 时间生态位相似性指数; D: 空间生态位重叠指数; E: 空间生态位相似性指数。下同。

A: Correlation degree; B: Time niche overlaps index; C: Time niche proportional similarity; D: Space niche overlaps index; E: Space niche proportional similarity. The same below.

表 7 乌牛早茶园秋冬季 2 种害虫与其天敌在数时空关系上的密切指数

Table 7 Quantity, time and space framework between the close index of the two pests and their natural enemies in Wuniuzao tea garden in Autumn and Winter

害虫 Pest		$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$X_6$	$X_7$	$X_8$
$Y_1$	A	0.9430	0.8312	0.7376	0.9544	1.0000	0.7223	0.8444	0.9372
	B	0.9922	0.9007	0.8208	0.8888	1.0000	0.5890	0.9271	0.7484
	C	0.9957	0.8885	0.8380	0.9060	1.0000	0.5918	0.9248	0.7486
	D	1.0000	0.9566	0.3436	0.6952	0.9269	0.5360	0.5910	0.5129
	E	0.7857	0.7715	0.4287	1.0000	0.7319	0.7048	0.5146	0.6131
	$\Sigma$	4.7167	4.3484	3.1687	4.4444	4.6588	3.1440	3.8019	3.5602
位次 Order		1	4	7	3	2	8	5	6
$Y_2$	A	0.8880	0.8923	0.9469	0.9179	0.8531	1.0000	0.8969	0.9987
	B	0.6552	0.7971	1.0000	0.4738	0.5192	0.9217	0.8892	0.4081
	C	0.6488	0.7701	1.0000	0.4806	0.5163	0.9109	0.8697	0.4076
	D	0.9894	0.8969	0.5634	0.3668	0.9461	0.7976	1.0000	0.5066
	E	0.8314	0.7671	0.6750	0.2554	0.8574	0.7463	1.0000	0.5931
	$\Sigma$	4.0127	4.1235	4.1852	2.4945	3.6922	4.3764	4.6559	2.9141
位次 Order		5	4	3	8	6	2	1	7

**2.6.2 秋冬季两品种茶园主要害虫的优势种天敌比较** 将白毫早茶园秋冬季 2 种害虫与其天敌在数、时、空关系的密切指数列于表 9, 秋冬季害虫前 3 位的天敌, 茶蚜的是锥腹肖蛸( $X_2$ )、鳞纹肖蛸( $X_1$ )和八点球腹蛛( $X_5$ ); 假眼小绿叶蝉的是棕管巢蛛( $X_6$ )、草间小黑蛛( $X_3$ )和锥腹肖蛸( $X_2$ )。对表 7 乌牛早数据与表 9 比较得出, 在秋冬季两品种茶园中害虫前 3 位天敌中的相同天敌, 茶蚜的是鳞纹肖蛸( $X_1$ )

和八点球腹蛛( $X_5$ ); 假眼小绿叶蝉的是棕管巢蛛( $X_6$ )和草间小黑蛛( $X_3$ )。

## 2.7 两品种茶园 2 种害虫优势种天敌比较

**2.7.1 两品种茶园 2 种害虫优势种天敌位次比较** 为了便于比较 2 品种茶园 2 种害虫的优势种天敌的差异, 将 2 品种茶园 2 种害虫优势种天敌位次列于表 10, 春夏季茶蚜在 2 品种茶园的前 3 位优势种天敌均是锥腹肖蛸( $X_2$ )、三突花蟹蛛( $X_4$ )和棕管巢蛛

( $X_6$ ), 但位次不同。春夏季假眼小绿叶蝉在 2 品种茶园第 1、第 2 位次的天敌均是棕管巢蛛( $X_6$ )和锥腹

肖蛸( $X_2$ ), 但第 3 位天敌乌牛早茶园的是鳞纹肖蛸( $X_1$ ), 白毫早茶园的是异色瓢虫( $X_8$ )。

表 8 白毫早茶园春夏季 2 种害虫与其天敌在数时空关系上的密切指数

Table 8 Quantity, time and space framework of the close indexes between the two pests and their natural enemies in Baihaozao tea garden in Spring and Summer

害虫 Pest		$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$X_6$	$X_7$	$X_8$
$Y_1$	A	0.9929	0.9621	0.9478	1.0000	0.9300	0.9128	0.9651	0.9136
	B	0.6349	0.9986	0.6796	0.5666	0.4646	0.8997	0.8048	1.0000
	C	0.6099	0.9341	0.6585	0.5569	0.4572	0.8701	0.7495	1.0000
	D	0.7981	0.9016	0.2426	0.6350	0.5756	1.0000	0.3151	0.5301
	E	0.7898	0.7761	0.4022	0.8769	0.7443	1.0000	0.3589	0.6627
	$\Sigma$		3.8257	4.5724	2.9307	3.6353	3.1716	4.6826	3.1934
位次 Order		5	2	8	3	7	1	6	4
$Y_2$	A	0.9146	0.9521	0.9319	0.9172	0.9649	1.0000	0.9459	0.9296
	B	0.3819	0.8907	0.4252	0.2295	0.3388	1.0000	0.6198	0.9843
	C	0.3747	0.8335	0.4153	0.2379	0.3475	0.9846	0.5724	1.0000
	D	0.8631	1.0000	0.2691	0.4688	0.5244	0.7889	0.8446	0.4830
	E	0.6972	0.7740	0.2912	0.7018	0.6147	0.7162	1.0000	0.7122
	$\Sigma$		3.2316	4.4503	2.3327	2.5552	2.7903	4.4896	3.9826
位次 Order		5	2	8	7	6	1	4	3

表 9 白毫早茶园秋冬季 2 种害虫与其天敌在数时空关系上的密切指数

Table 9 Quantity, time and space framework of the close indexes between the two pests and their natural enemies in Baihaozao tea garden in Autumn and Winter

害虫 Pest		$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$X_6$	$X_7$	$X_8$
$Y_1$	A	1.0000	0.9431	0.8223	0.9625	0.9417	0.9951	0.9627	0.9289
	B	0.8173	0.9066	0.5599	0.4799	0.7536	0.6432	1.0000	0.4563
	C	0.7994	0.8935	0.5933	0.4698	0.7376	0.6324	1.0000	0.4436
	D	1.0000	0.9452	0.2462	0.4004	0.9653	0.4923	0.5437	0.4227
	E	0.4977	0.4673	0.8235	0.8471	0.4904	0.3919	0.3429	1.0000
	$\Sigma$		4.1144	4.1556	3.0453	3.1597	3.8885	3.1549	3.8493
位次 Order		2	1	8	6	3	7	4	5
$Y_2$	A	0.8767	0.8148	0.9610	0.9648	0.8785	0.9459	0.7962	1.0000
	B	0.6220	0.7425	1.0000	0.6372	0.6849	0.9229	0.7914	0.6237
	C	0.5757	0.6915	1.0000	0.5906	0.6342	0.8568	0.7470	0.5743
	D	0.5993	1.0000	0.6495	0.7633	0.7821	0.9632	0.5377	0.5925
	E	0.2525	0.4213	0.2737	0.3216	0.3295	0.4058	0.2265	0.2496
	$\Sigma$		2.9263	3.6701	3.8842	3.2775	3.3093	4.0946	3.0989
位次 Order		8	3	2	5	4	1	6	7

表 10 两品种茶园 2 种害虫优势种天敌位次比较

Table 10 The places of the dominant natural enemies with two kinds of pests were compared in two varieties of tea garden

季节 Season	害虫 Pest	品种 Varieties	天敌位次 Order if natural enemy							
			$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$X_6$	$X_7$	$X_8$
春夏 Spring-summer	$Y_1$	a	5	3	8	1	7	2	4	6
		b	5	2	8	3	7	1	6	4
	$Y_2$	a	3	2	6	5	7	1	4	8
		b	5	2	8	7	6	1	4	3
秋冬 Autumn-winter	$Y_1$	a	1	4	7	3	2	8	5	6
		b	2	1	8	6	3	7	4	5
	$Y_2$	a	5	4	3	8	6	2	1	7
		b	8	3	2	5	4	1	6	7

秋冬季乌牛早茶园茶蚜的前 3 位优势种天敌依次是鳞纹肖蛸( $X_1$ )、八点球腹蛛( $X_5$ )和三突花蟹蛛( $X_4$ ), 白毫早茶园茶蚜的依次是锥腹肖蛸( $X_2$ )、鳞纹肖蛸( $X_1$ )和八点球腹蛛( $X_5$ ), 其中有 2 种天敌相同。乌牛早茶园假眼小绿叶蝉前 3 位的优势种天敌依次

是茶色新圆蛛( $X_7$ )、棕管巢蛛( $X_6$ )和草间小黑蛛( $X_3$ ); 白毫早茶园假眼小绿叶蝉前 3 位的优势种天敌依次是棕管巢蛛( $X_6$ )、草间小黑蛛( $X_3$ )和锥腹肖蛸( $X_2$ ), 其中有 2 种天敌相同。

表 11 两品种茶园 2 种害虫前 4 位优势种天敌比较

Table 11 The top four dominant natural enemies with two kinds of pests were compared in two varieties of tea garden

季节 Season	害虫 Pest	品种 Varieties	天敌位次 Order if natural enemy			
			第 1 位 First	第 2 位 Second	第 3 位 Third	第 4 位 Fourth
春夏 Spring-summer	$Y_1$	$a$	三突花蟹蛛	棕管巢蛛	锥腹肖蛸	茶色新圆蛛
		$b$	棕管巢蛛	锥腹肖蛸	三突花蟹蛛	异色瓢虫
	累计相同天敌比率/%		0%	50%	100%	75%
	$Y_2$	$a$	棕管巢蛛	锥腹肖蛸	鳞纹肖蛸	茶色新圆蛛
$b$		棕管巢蛛	锥腹肖蛸	异色瓢虫	茶色新圆蛛	
累计相同天敌比率/%		100%	100%	66.67%	75%	
秋冬 Autumn-winter	$Y_1$	$a$	鳞纹肖蛸	八点球腹蛛	三突花蟹蛛	锥腹肖蛸
		$b$	锥腹肖蛸	鳞纹肖蛸	八点球腹蛛	茶色新圆蛛
	累计相同天敌比率/%		0%	50%	66.67%	75%
	$Y_2$	$a$	茶色新圆蛛	棕管巢蛛	草间小黑蛛	锥腹肖蛸
$b$		棕管巢蛛	草间小黑蛛	锥腹肖蛸	八点球腹蛛	
累计相同天敌比率/%		0%	50%	66.67%	75%	

春夏季和秋冬季比较, 乌牛早茶园茶蚜春夏季和秋冬季前 3 位的天敌只有三突花蟹蛛( $X_4$ )相同, 白毫早茶园只有锥腹肖蛸( $X_2$ )相同。乌牛早茶园假眼小绿叶蝉春夏季和秋冬季前 3 位的天敌只有棕管巢蛛( $X_6$ )一种相同, 白毫早茶园假眼小绿叶蝉春夏季和秋冬季前 3 位的天敌有锥腹肖蛸( $X_2$ )和棕管巢蛛( $X_6$ )2 种相同。

**2.7.2 两品种茶园 2 种害虫前 4 位优势种天敌比较**  
为了比较茶树品种对 2 种害虫的天敌优势种的影响, 以各位次累计天敌相同比率为依据列于表 11。由表 11 可以看出, 春夏季假眼小绿叶蝉优势种天敌在第 1 位至第 4 位其累计相同比率均很高, 而茶蚜优势种天敌累计相同比率较低, 表明春夏季两茶树品种对假眼小绿叶蝉天敌优势种影响小。

秋冬季两品种茶园 2 种害虫从第 1 位到第 4 位累计天敌相同比率变动趋势是茶蚜和假眼小绿叶蝉的都是随着天敌种类增加而增加, 表明茶树品种对其影响较小。

### 3 讨论与结论

运用灰色关联度分析法和生态位分析法, 对乌牛早和白毫早茶园主要害虫与其天敌在数、时、空关系的分析得出:

(1) 乌牛早茶园害虫前 3 位的天敌, 春夏季茶蚜的是三突花蟹蛛、棕管巢蛛和锥腹肖蛸; 假眼小

绿叶蝉的是棕管巢蛛、锥腹肖蛸和鳞纹肖蛸。秋冬季茶蚜的是鳞纹肖蛸、八点球腹蛛和三突花蟹蛛; 假眼小绿叶蝉的是茶色新圆蛛、棕管巢蛛和草间小黑蛛。

(2) 白毫早茶园害虫的前 3 位天敌, 春夏季茶蚜的是棕管巢蛛、锥腹肖蛸和三突花蟹蛛; 假眼小绿叶蝉的是棕管巢蛛、锥腹肖蛸和异色瓢虫。秋冬季茶蚜的是锥腹肖蛸、鳞纹肖蛸和八点球腹蛛; 假眼小绿叶蝉的是棕管巢蛛、草间小黑蛛和锥腹肖蛸。

(3) 春夏季两品种茶园茶蚜前 3 位优势种均是锥腹肖蛸、三突花蟹蛛和棕管巢蛛, 但位次不同, 假眼小绿叶蝉前 1、2 位天敌均是棕管巢蛛和锥腹肖蛸, 但第 3 位天敌不同, 秋冬季两品种茶园茶蚜前 3 位的天敌中均有鳞纹肖蛸和八点球腹蛛, 假眼小绿叶蝉前 3 位天敌中均有草间小黑蛛和棕管巢蛛。

(4) 春夏季和秋冬季比较, 茶蚜前 3 位天敌乌牛早茶园中只有三突花蟹蛛相同, 白毫早茶园只有锥腹肖蛸相同, 假眼小绿叶蝉前 3 位天敌中, 乌牛早茶园只有棕管巢蛛相同, 而白毫早茶园有锥腹肖蛸和棕管巢蛛 2 种相同的天敌。

(5) 春夏季茶树品种对茶蚜天敌优势种影响大。究其原因, 可能是两茶树品种的生物物理条件和生物化学条件不同, 首先影响到 2 种害虫, 进而影响到优势种天敌, 其机制有待进一步研究和探讨。

两品种茶园同一种害虫的天敌优势种是有差异



的,究其原因,似乎可以认为是植物、昆虫、天敌三者之间的错综复杂关系在外部环境同时作用下的结果,植物、害虫、天敌三者的生长发育等生物学特性的表现是受环境中生态因子影响的结果,由于茶树品种对昆虫的抗感性差异<sup>[21]</sup>,致使昆虫种群数量产生差异,环境因子也有重要的影响作用。

影响天敌种群动态的因子,包括食饵(害虫)、天敌的天敌以及无机环境因子,这些因子中食饵作用最大。食饵(害虫)又受寄主植物影响,抗感性不同的寄主影响害虫的种群数量和空间分布,影响天敌种群因子作用的权重,若寄主植物和害虫占70%,依此为依据分析茶树品种对2种害虫天敌优势种的影响,若令茶树品种对天敌没有影响,理论上累计相同天敌比率为70% ( $u_0$ ),用  $t$  检验方法分析表11的结果,春夏季茶蚜优势种的天敌的  $t$  值为0.6441,假眼小绿叶蝉优势种天敌的  $t$  值为1.7950;秋冬季茶蚜和假眼小绿叶蝉优势种天敌的  $t$  值均为1.3147,  $df=3$ ,  $t_{0.05}=3.18$ ,  $t$  值均小于  $t_{0.05}$ ,表明春夏季和秋冬季茶树品种对茶蚜和假眼小绿叶蝉优势种天敌的影响差异均不显著。若将理论上累计相同比率 ( $u_0$ ) 提高到75%,春夏季和秋冬季茶蚜的优势种天敌的  $t$  值为0.8783和1.2129,假眼小绿叶蝉优势种天敌的  $t$  值均为1.6124,其结论与上述相同。比较春夏季两品种茶树对2种害虫优势种天敌的影响差异,前4位累计相同比率  $t$  检验的  $t$  值为1.9466,  $t < t_{0.05}$  (2.45) 尽管茶蚜优势种相同比率低于假眼小绿叶蝉,但差异不显著。秋冬季两品种茶树2种害虫天敌优势种累计相同比率  $t$  值为0,差异不显著。

评价害虫的天敌优势种是有分别用灰色系统分析法、生态位分析法和空间格局分析法评价天敌的报道<sup>[22-26]</sup>。本研究采用的密切指数法比直接按各参数大小序号相加的结果更为准确,从害虫与其天敌的复杂关系考虑在目前情况下仍不失为一种较好的评价方法。

## 参考文献:

- [1] 韩宝瑜, 崔林, 王成树. 茶园瓢虫群落结构、动态及优势种生态位[J]. 茶叶科学, 1996, 16(1): 77-78.
- [2] 戴轩. 茶蚜及其天敌生态位的初步研究[J]. 茶叶科学, 1995, 15(1): 79-80.
- [3] 韩宝瑜, 陈宗懋. 七星瓢虫和异色瓢虫四变种成虫对茶蚜蜜露的搜索行为和蜜露的组分分析[J]. 生态学报, 2000, 20(3): 495-501.
- [4] 韩宝瑜, 韩宝红. 无翅茶蚜对茶树挥发物的触角电生理和行为反应[J]. 生态学报, 2007, 27(11): 4485-4490.
- [5] CHEN Z M, XU N, HAN B Y. Role of volatile allelochemicals on host location of tea pests and host foraging of natural enemies in tea ecosystem[J]. Proc First Asia-Pacific Conference on Chem Ecol, 1999: 81-83.
- [6] CHEN Z M, SUN X L, DONG W X. Genetics and Chemistry of the Resistance of Tea Plant to Pests[M]. Global Tea Breeding, 2012: 343-360.
- [7] PERSONS M H, RYPSTRA A L. Preference for chemical cues associated with recent prey in the wolf spider *Hogna helluo* (Araneae: Lycosidae)[J]. Ethol, 2000, 106(1): 27-35.
- [8] CLARK R J, JACKSON R R, CUTLER B. Chemical cues from ants influence predatory behavior in *Habrocestum pulex*, an ant-eating jumping spider (Araneae, Salticidae)[J]. J Arachnol, 2000, 28(3): 309-318.
- [9] XIAO Y H, ZHANG J X, LI S Q. A two-component female-produced pheromone of the spider *Pholcus beijingensis*[J]. J Chem Ecol, 2009, 35(7): 769-778.
- [10] YU H L, ZHANG Y J, WU K M, et al. Field-testing of synthetic herbivore-induced plant volatiles as attractants for beneficial insects[J]. Environ Entomol, 2008, 37(6): 1410-1415.
- [11] 杨林, 郭骅, 毕守东, 等. 合肥秋冬季茶园天敌对假眼小绿叶蝉和茶蚜的空间跟随关系[J]. 生态学报, 2012, 32(13): 4215-4227.
- [12] 王沅江, 谢振伦, 庞雄飞. 假眼小绿叶蝉及天敌蜘蛛生态位的研究[J]. 茶叶科学, 2008, 28(6): 401-406.
- [13] 邓欣, 谭济才. 生态控制茶园害虫、天敌种类与数量的季节变化规律[J]. 生态学报, 2002, 22(7): 1166-1172.
- [14] 钮羽群, 王梦馨, 崔林, 等. 迷迭香挥发物不同组合对假眼小绿叶蝉行为的调控[J]. 生态学报, 2015, 35(7): 2380-2387.
- [15] 黎健龙, 唐劲驰, 黎秀娣, 等. 周边不同生境条件对茶园蜘蛛群落及叶蝉种群时空结构的影响[J]. 生态学报, 2014, 34(9): 2216-2227.
- [16] 彭萍, 唐敏, 侯渝嘉, 等. 黄板诱杀茶园黑刺粉虱及假眼小绿叶蝉效果及特性研究[J]. 西南农业学报, 2010, 23(1): 87-90.
- [17] 邓聚龙. 灰色系统理论教程[M]. 武汉: 华中科技大学出版社, 1990: 33-84.
- [18] LEVINS R. Evolution in Changing Environments[M]. Princeton New Jersey: Princeton University Press, 1968: 120-121.
- [19] 张金屯. 植被数量生态学方法[M]. 北京: 科学技术出版社, 1995.
- [20] 施晓丽, 毕守东, 耿继光, 等. “518”油桃主要害虫与其捕食性天敌的关系[J]. 生态学报, 2011, 31(15): 4372-4384.
- [21] 曾莉, 王平盛, 许玫. 茶树对假眼小绿叶蝉的抗性研究[J]. 茶叶科学, 2001(2): 90-93.
- [22] 邹运鼎. 害虫管理中的天敌评价理论与应用[M]. 北京: 中国林业出版社, 1997: 27-90.
- [23] 秦玉川, 蔡宁华, 黄可训. 卵形短须螨、苹果全爪螨及其捕食性天敌生态位的研究-时间与空间生态位[J]. 生态学报, 1991, 11(4): 331-337.
- [24] 徐玉蕊, 王晓翠, 林雪飞, 等. 砀山梨梨网蝽与其天敌关系动态分析[J]. 南京农业大学学报, 2010, 33(3): 71-76.
- [25] 赵学娟, 徐玉蕊, 邹运鼎, 等. 不同年份油桃园三种主要害虫与其天敌的关系[J]. 生态学报, 2010, 30(20): 5527-5536.
- [26] 邹运鼎, 李昌根, 周夏芝, 等. 葡萄园叶甲和捕食性天敌草间小黑蛛的空间格局及其联系[J]. 植物保护学报, 2007, 34(3): 241-246.