

安徽合肥地区茶园蓟马与其捕食性天敌的关系

钱广晶¹, 宋学雨^{1,2}, 张书平¹, 李尚^{1,2}, 王振兴¹,
毕守东^{1*}, 周夏芝^{2*}, 邹运鼎², 闫萍¹

(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 采用灰色系统分析方法和生态位分析法,研究了安徽合肥地区 2015 年和 2016 年‘乌牛早’茶园和‘白毫早’茶园的蓟马与其捕食性天敌在数量、时间、空间格局等方面的关联,依据天敌与蓟马关系密切指数之和,评判出蓟马的主要天敌。结果表明‘白毫早’茶园蓟马的主要天敌是八斑球腹蛛(10.890 1)、锥腹肖蛸(9.8740)、鳞纹肖蛸(9.1478)和茶色新圆蛛(8.552 2);‘乌牛早’茶园蓟马两年的前四位主要天敌是八斑球腹蛛(11.347 8)、锥腹肖蛸(9.634 4)、异色瓢虫(9.627 0)和鳞纹肖蛸(9.507 3)。综合分析,2015 年和 2016 年‘乌牛早’茶园和‘白毫早’茶园蓟马前四位天敌中有三种相同,即八斑球腹蛛、锥腹肖蛸和鳞纹肖蛸。两种茶园两年高峰日的蓟马类都是聚集分布格局,其聚集是由蓟马本身原因或环境中的某一因子引起的。该分析方法是评判害虫主要天敌较为理想的方法。

关键词 蓟马类害虫; 茶园; 捕食性天敌; 综合评判

中图分类号: Q 968.1 **文献标识码:** A **DOI:** 10.16688/j.zwbh.2018441

Relationships between the tea thrips and the predatory natural enemies in Hefei, Anhui province

QIAN Guangjing¹, SONG Xueyu^{1,2}, ZHANG Shuping¹, LI Shang^{1,2}, WANG Zhenxing¹,
BI Shoudong¹, ZHOU Xiazhi², ZOU Yunding², YAN Ping¹

(1. School of Science, Anhui Agricultural University, Hefei 230036, China; 2. School of Forestry and Landscape Architecture, Anhui Agricultural University, Hefei 230036, China)

Abstract The quantity, time and spatial patterns of the tea thrips and the natural enemies were investigated by grey system analysis, ecological niche analysis in ‘Baihaozao’ and ‘Wuniuzao’ tea gardens in Hefei of Anhui province in 2015 and 2016. According to the sum of the closeness index of the relationship between natural enemies and thrips, the dominant natural enemies of thrips were judged. The results indicated that the top four natural enemies of thrips in ‘Baihaozao’ tea gardens over the two years were *Theridion octomaculatum* (10.890 1), *Tetragnatha maxillosa* (9.8740), *T. squamata* (9.1478) and *Neoscona Theisi* (8.552 2). The top four natural enemies of thrips in ‘Wuniuzao’ tea gardens over the two years were *T. octomaculatum* (11.347 8), *T. Maxillosa* (9.634 4), *Harmonia axyridis* (9.627 0) and *T. squamata* (9.507 3). The comprehensive analysis showed that three of the top four natural enemies of the thrips were the same in ‘Baihaozao’ and ‘Wuniuzao’ tea gardens in 2015 and 2016; the first and second were *T. octomaculatum* and *T. maxillosa*, followed by *T. squamata*. The thrips in the two tea gardens both had aggregated distribution during the peak period of the two years, due to thrips themselves or an environmental factor. This analysis is a good way to judge the dominant natural enemies of the pests.

Key words thrips pests; tea garden; predatory natural enemy; comprehensive analysis

蓟马是茶树的主要害虫之一,以刺吸方式为害 痕,或呈现红褐色细小枯斑,严重时整叶蜷缩变脆、焦
茶树芽叶,导致主脉两侧呈现两条或多条红褐色纵 枯脱落,严重影响茶叶品质和产量。为害茶树的蓟马

约 20 种,同属缨翅目蓟马科 Thripidae。在安徽茶区发生的有花蓟马 *Frankliniella intonsa* (Trybon)、端大蓟马 *Megalurothrips distalis* (Karnig)、黄带蓟马 *Taeniothrips flavidulus* (Bagnall)、色蓟马 *Thrips coloratus* (Schmütz)、黄胸蓟马 *T. hawaiiensis* (Morgan) 和烟蓟马 *T. tabaci* (Lindeman), 以花蓟马为主。天敌主要有捕食螨 *Typhlodromus* sp., 日均捕食蓟马 1~2 龄若虫 5.4 头, 还有草间小黑蛛 *Erigonidium graminiculum* 等蜘蛛类天敌和瓢虫类天敌^[1]。张鲁民等^[2]报道 *Orius strigicollis* 也是花蓟马的天敌, 其捕食花蓟马的功能反应符合 Holling II 反应模型, 理论上最大捕食量为 15.79 头。本文研究蓟马类害虫与其捕食性天敌在发生数量、发生时间和空间分布格局上的关系, 以此评判出蓟马类的优势种天敌, 为在蓟马的综合治理时保护和利用蓟马的自然界天敌提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 调查地点和时间

调查地点设在合肥市安徽农业大学农业科技试验基地‘白毫早’和‘乌牛早’茶园。调查时间为 2015 年 3 月 28 日至 11 月 14 日以及 2016 年 3 月 27 日至 11 月 17 日, 约半个月调查 1 次, 2015 年共调查 17 次, 2016 年共调查 16 次。两茶园周围为其他品种茶园, 茶园按常规措施管理, 但一直不施用农药。

1.2 茶树品种介绍

‘白毫早’*Camellia sinensis* Baihaozao 和‘乌牛早’*C. sinensis* Wuniuzao 茶树由湖南省农业科学院茶叶研究所于 1973—1992 年从安化群体中采用单株育种法育成, 茶树芽叶生育力强, 生长速度快, 产量高, 春茶萌发期在 3 月上旬, 适宜在长江南北绿茶茶区栽植。

1.3 调查方法

采用平行跳跃法随机在茶园选取 3 行, 行宽 2 m, 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, 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, 洗衣粉水液浓度为 1 000 倍液), 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 害虫与其天敌在数量关系上的灰色关联度分析^[3]

将害虫及其主要天敌分别看作为一个本征系统, 把害虫(Y_i)的数量作为该系统的参照序列, 把各种天敌(X_j)的数量作为该系统的比较序列, 并把不同样方上的害虫及其主要天敌的数量作为该序列在第 k 个样方的效果白化值 $y_i(k)$ 和 $x_j(k)$, 以此进行双序列关系分析:

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

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

其中 n 表示样方数, M 代表天敌种类数。经过数据均值化得:

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

$$x_j = \{x_j(1), x_j(2), \dots, x_j(n)\}, j = 1, 2, \dots, M;$$

Y_i 与 X_j 在第 k 点上的关联系数:

$$r_{ij} = \frac{[\min_{i,j} |y_i(k) - x_j(k)| + \rho \max_{i,j} |y_i(k) - x_j(k)|]}{[|y_i(k) - x_j(k)| + \rho \max_{i,j} |y_i(k) - x_j(k)|]}$$

式中, ρ 为分辨系数, 取值范围在 0 和 1 之间, 一般取 $\rho=0.5$, 为扩大各物种之间关联度的差异, 本文取 $\rho=0.8$ 。 $\Delta_{ij}(k) = y_i(k) - x_j(k)$ 为序列 Y_i 与 X_j 在第 k 点上差的绝对值差; $\min |y_i(k) - x_j(k)|$ 为 1 级最小差, 表示 y_i 与 x_j 序列对应点差值中的最小差; $\min_{i,j} |y_i(k) - x_j(k)|$ 为 2 级最小差, 表示在 1 级最小差基础上再找出其中的最小差。 $\max |y_i(k) - x_j(k)|$ 与 $\max_{i,j} |y_i(k) - x_j(k)|$ 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)与害虫(Y_i)数量之间的关联度, 它的大小反映害虫与天敌相互联系的紧密程度。某天敌与 Y_i 关联度值越大, 则该种天敌与 Y_i 在数量上关系就越密切。

1.4.2 时间及空间生态位分析

用 Levins^[4] 的生态位宽度指数公式:

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

式中, B 为物种的生态位宽度; P_i 为物种利用第 i 等级资源利用总资源的比例; S 为资源系列的等级数。

生态位重叠采用 Levins 的生态位重叠指数公式:

$$L_{ij} = B_i \sum_{i=1}^n P_{ih} P_{jh}$$

式中, L_{ij} 为物种 i 对物种 j 的生态位重叠指数, 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^[5] 相似性系数公式:

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

式中, P_{ij} , P_{ik} 分别表示 j 物种和 k 物种在第 i 个资源等级上可占的比例, n_{jk} 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 蓟马聚集程度及聚集原因分析

用 Arbous 和 Kerrich^[6] 提出的种群聚集均数(λ) 分析蓟马的聚集程度及聚集原因。

$$\lambda = \frac{\bar{x}}{2k} \cdot v;$$
$$k = \frac{\bar{x}^2}{(S^2 - \bar{x})}。$$

式中, S^2 为方差, v 为自由度等于 $2k$ 时的 $X^2_{0.5}$ 值, 用 Blackith^[7] 提出的判断聚集原因的标准进行判断。 $\lambda \geq 2$ 时, 聚集是害虫本身原因或环境中某一因子引起的, $\lambda < 2$ 时, 聚集是环境因子引起的。

1.4.4 天敌与其目标害虫关系的综合分析^[8-16]

将天敌与目标害虫之间数量上的关联度和时间、空间生态位重叠指数、生态位相似性比例参数, 分别除以本项参数值的最大值, 求得密切指数, 密切指数最大值为 1, 将数量、时间、空间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, 最后对‘白毫早’茶园和‘乌牛早’茶园中蓟马的前四位天敌进行比较。

2 结果与分析

2.1 ‘白毫早’茶园蓟马与天敌的关系

调查发现, 蓟马的天敌有捕食螨、蜘蛛和瓢虫, 两年调查中每年的个体总数大于 110 头/30 样方的 8 种主要天敌有鳞纹肖蛸 *Tetragnatha squamata*、锥腹肖蛸 *T. maxillosa*、草间小黑蛛 *Erigonidium graminicolum*、三突花蟹蛛 *Misumenops tricuspidatus*、八斑球腹蛛 *Theridion octomaculatum*、棕管巢蛛 *Clubiona japonicola*、茶色新圆蛛 *Neoscona theisi* 和异色瓢虫 *Harmonia axyridis*, 8 种捕食性天敌占整个捕食性天敌的比例: ‘白毫早’茶园 2015 年为 73.86%, 2016 年为 72.53%, 因此本文将这 8 种天敌作为蓟马的主要天敌, 研究其与蓟马的关系, 将其列于表 1~2。

表 1 2015 年‘白毫早’茶园蓟马与其天敌的种群动态¹⁾

Table 1 Dynamic of thrips and their natural enemies in ‘Baihaozao’ tea garden in 2015									
日期/月-日 Date	种群数量/头 · (30 样方) ⁻¹ Population size								
	Y	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8
03 - 28	1	273	119	15	80	59	5	33	8
04 - 11	1	187	85	1	54	12	8	26	2
04 - 26	5	117	82	14	33	14	9	31	7
05 - 10	0	80	33	25	8	2	11	13	3
05 - 24	0	69	48	21	13	5	15	36	1
06 - 08	0	79	60	9	7	36	25	34	5
06 - 20	8	55	102	15	6	19	28	19	10
07 - 04	12	49	141	9	14	16	48	26	13
07 - 19	25	82	118	7	10	5	35	21	12
08 - 02	6	32	50	5	6	10	49	20	0
08 - 16	35	8	36	4	6	5	43	8	0
08 - 30	37	7	30	0	2	4	53	12	6
09 - 13	49	24	35	6	3	12	70	6	5
09 - 26	101	16	49	6	12	23	57	9	7
10 - 11	51	62	61	4	10	104	32	12	19
10 - 28	225	138	142	6	41	140	36	19	44
11 - 14	390	136	141	2	5	120	6	21	4

1) Y: 蓟马; X1: 鳞纹肖蛸; X2: 锥腹肖蛸; X3: 草间小黑蛛; X4: 三突花蟹蛛; X5: 八斑球腹蛛; X6: 棕管巢蛛; X7: 茶色新圆蛛; X8: 异色瓢虫。下同。
Y: Thrips; X1: *Tetragnatha squamata*; X2: *Tetragnatha maxillosa*; X3: *Erigonidium graminicolum*; X4: *Misumenops tricuspidatus*; X5: *Theridion octomaculatum*; X6: *Clubiona japonicola*; X7: *Neoscona theisi*; X8: *Harmonia axyridis*. The same below.

表 2 2016 年‘白毫早’茶园蓟马与其天敌的种群动态

Table 2 Dynamic of thrips and their natural enemies in ‘Baihaozao’ tea garden in 2016

日期/月-日 Date	种群数量/头·(30 样方) ⁻¹ Population size								
	Y	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8
03 - 27	34	149	140	20	52	86	3	27	7
04 - 11	36	61	88	9	59	14	12	19	11
04 - 28	22	49	72	7	35	12	13	49	24
05 - 12	27	63	47	25	13	20	25	46	12
05 - 30	28	58	90	31	12	25	19	52	4
06 - 14	90	43	91	22	1	29	26	33	5
06 - 29	146	62	169	17	19	38	39	25	17
07 - 14	99	114	165	30	14	26	53	21	4
07 - 29	98	23	100	10	6	18	29	17	0
08 - 13	31	12	31	3	2	5	24	7	0
08 - 28	12	6	33	9	3	6	11	13	6
09 - 12	26	8	19	2	1	7	13	5	2
09 - 25	53	24	36	3	5	25	32	17	11
10 - 10	43	36	55	7	4	110	24	16	3
11 - 02	193	47	101	7	17	248	26	23	1
11 - 19	524	40	150	10	25	187	7	27	4

2.1.1 ‘白毫早’茶园蓟马与其天敌在数量上的关系

分别将 2015 年和 2016 年全年及高峰日蓟马与其天敌在数量上的关联度列于表 3。2015 年与蓟马关联度大的前四位天敌是八斑球腹蛛(0.890 9)、异色瓢虫(0.869 8)、棕管巢蛛(0.857 9)和锥腹肖蛸(0.846 4),2016 年与蓟马关联度大的前四位天敌是锥腹肖蛸(0.891 3)、八斑球腹蛛(0.879 3)、棕管巢蛛(0.869 0)和茶色新圆蛛(0.856 3)。

‘白毫早’茶园 2015 年蓟马的高峰日是 11 月 14 日,与蓟马在高峰日数量上的灰色关联度最大的前四位天敌依次是鳞纹肖蛸(0.948 3)、八斑球腹蛛(0.942 6)、锥腹肖蛸(0.932 0)和茶色新圆蛛(0.894 3);2016 年蓟马的高峰日是 11 月 19 日,前四位天敌依次是锥腹肖蛸(0.909 3)、八斑球腹蛛(0.904 5)、茶色新圆蛛(0.895 4)和鳞纹肖蛸(0.891 9)。两年天敌种类相同,但位次不同。

表 3 ‘白毫早’茶园蓟马与其天敌之间数量上的关联度

Table 3 Correlation degree of the amounts of thrips and their natural enemies in ‘Baihaozao’ tea garden

时间段 Period	年份 Year	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8
全年 All year	2015	0.828 1	0.846 4	0.816 0	0.837 0	0.890 9	0.857 9	0.821 9	0.869 8
	2016	0.853 1	0.891 3	0.846 1	0.832 8	0.879 3	0.869 0	0.856 3	0.820 5
高峰日 Peak day	2015	0.948 3	0.932 0	0.893 6	0.880 6	0.942 6	0.881 2	0.894 3	0.886 4
	2016	0.891 9	0.909 3	0.833 6	0.839 4	0.904 5	0.801 8	0.895 4	0.809 8

2.1.2 ‘白毫早’茶园蓟马与其天敌在时间和空间上的关系

通过蓟马与其天敌之间的时间生态位重叠指数(H)和相似系数(M)判定两者在时间关系上的密切程度,参数值越大,表明天敌与蓟马在时间上跟随关系越密切,结果列于表 4。2015 年与蓟马时间生态位重叠指数大的前四位天敌是八斑球腹蛛(0.820 1)、锥腹肖蛸(0.618 3)、异色瓢虫(0.551 4)和鳞纹肖蛸(0.455 4)。2015 年与蓟马之间时间生态位相似系数大的前四位天敌是八斑球腹蛛(0.799 5)、异色瓢虫(0.539 3)、锥腹肖蛸(0.523 1)和鳞纹肖蛸(0.412 4)。

2016 年与蓟马时间生态位重叠指数大的前四位

天敌是八斑球腹蛛(0.799 4)、锥腹肖蛸(0.732 4)、茶色新圆蛛(0.528 1)和棕管巢蛛(0.496 4)。2016 年与蓟马之间时间生态位相似系数大的前四位天敌是八斑球腹蛛(0.802 8)、锥腹肖蛸(0.685 8)、茶色新圆蛛(0.497 7)和棕管巢蛛(0.468 8)。

害虫高峰日时蓟马与其天敌之间空间生态位重叠指数(H)和相似系数(M)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(表 4)。

‘白毫早’茶园 2015 年蓟马的高峰日是 11 月 14 日,该日与蓟马空间生态位重叠指数大的前四位天敌是鳞纹肖蛸(0.736 2)、八斑球腹蛛(0.661 3)、锥腹肖蛸(0.558 8)和异色瓢虫(0.298 3),与蓟马空间生态位

相似系数大的前四位天敌是草间小黑蛛(1.532 5)、异色瓢虫(1.221 8)、三突花蟹蛛(0.861 5)和鳞纹肖蛸(0.791 8)。(0.800 7)、锥腹肖蛸(0.746 1)、八斑球腹蛛(0.722 3)和鳞纹肖蛸(0.642 2)。与蓟马空间生态位相似系数大的前四位天敌是异色瓢虫(1.213 8)、茶色新圆蛛(1.183 9)、草间小黑蛛(1.097 7)和棕管巢蛛(1.078 9)。

2016 年蓟马的高峰日是 11 月 19 日,与蓟马空间生态位重叠指数大的前四位天敌是茶色新圆蛛

表 4 ‘白毫早’茶园蓟马与其天敌在时间生态位和空间生态位上的重叠指数(*H*)和相似系数(*M*)

Table 4 Temporal and spatial niche overlap index and proportional similarity of thrips and their natural enemies in ‘Baihaozao’ tea garden

类型 Type	年份 Year	项目 Item	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8
时间 Time	2015	<i>H</i>	0.455 4	0.618 3	0.180 8	0.262 8	0.820 1	0.374 7	0.376 4	0.551 4
		<i>M</i>	0.412 4	0.523 1	0.165 0	0.253 8	0.799 5	0.326 5	0.316 8	0.539 3
	2016	<i>H</i>	0.476 6	0.732 4	0.466 8	0.461 9	0.799 4	0.496 4	0.528 1	0.350 1
		<i>M</i>	0.459 4	0.685 8	0.453 3	0.462 7	0.802 8	0.468 8	0.497 7	0.353 5
空间 Space	2015	<i>H</i>	0.736 2	0.558 8	0.264 5	0.235 1	0.661 3	0.232 4	0.276 3	0.298 3
		<i>M</i>	0.791 8	0.600 5	1.532 5	0.861 5	0.714 7	0.432 1	0.390 2	1.221 8
	2016	<i>H</i>	0.642 2	0.746 1	0.487 0	0.327 5	0.722 3	0.287 9	0.800 7	0.244 9
		<i>M</i>	0.876 5	0.825 1	1.097 7	0.370 0	0.786 7	1.078 9	1.183 9	1.213 8

2.1.3 ‘白毫早’茶园蓟马与其天敌在数量、时间和空间关系上的综合分析

将‘白毫早’茶园蓟马与其捕食性天敌在数量、时间和空间关系上的密切指数列于表 5。通过密切

指数之和综合评判,‘白毫早’茶园蓟马前四位的天敌依次是八斑球腹蛛(10.890 1)、锥腹肖蛸(9.874 0)、鳞纹肖蛸(9.147 8)和茶色新圆蛛(8.552 2)。

表 5 ‘白毫早’茶园蓟马与其捕食性天敌在数时空关系上的密切指数¹⁾

Table 5 Closeness index of quantitative, temporal and spatial relationships between the thrips and their predator natural enemies in ‘Baihaozao’ tea garden

年份 Year	项目 Item	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8
2015	<i>A</i> ₁	0.929 5	0.950 1	0.915 9	0.939 5	1.000 0	0.963 0	0.922 6	0.976 3
	<i>A</i> ₂	1.000 0	0.982 8	0.942 3	0.928 6	0.994 0	0.929 2	0.943 1	0.934 7
	<i>B</i> ₁	0.555 3	0.753 9	0.220 5	0.320 4	1.000 0	0.456 9	0.459 0	0.672 4
	<i>B</i> ₂	0.515 8	0.654 3	0.206 4	0.317 4	1.000 0	0.408 4	0.396 2	0.674 5
	<i>C</i> ₁	1.000 0	0.759 0	0.359 3	0.319 3	0.898 3	0.315 7	0.375 3	0.405 2
	<i>C</i> ₂	0.516 7	0.391 8	1.000 0	0.562 2	0.466 4	0.282 0	0.254 6	0.797 3
	Σ	4.517 3	4.491 9	3.644 4	3.387 4	5.358 7	3.355 2	3.350 8	4.460 4
	位次 Order	2	3	5	6	1	7	8	4
	<i>A</i> ₁	0.957 1	1.000 0	0.949 3	0.934 4	0.986 5	0.975 0	0.960 7	0.920 6
2016	<i>A</i> ₂	0.980 9	1.000 0	0.916 7	0.923 1	0.994 7	0.881 8	0.984 7	0.890 6
	<i>B</i> ₁	0.596 2	0.916 2	0.583 9	0.577 8	1.000 0	0.621 0	0.660 6	0.438 0
	<i>B</i> ₂	0.572 2	0.854 3	0.564 6	0.576 4	1.000 0	0.584 0	0.620 0	0.440 3
	<i>C</i> ₁	0.802 0	0.931 8	0.608 2	0.409 0	0.902 1	0.359 6	1.000 0	0.305 9
	<i>C</i> ₂	0.722 1	0.679 8	0.904 3	0.304 8	0.648 1	0.888 9	0.975 4	1.000 0
	Σ	4.630 5	5.382 1	4.527 0	3.725 5	5.531 4	4.310 3	5.201 4	3.995 4
	位次 Order	4	2	5	8	1	6	3	7
	两年的密切指数之和	9.147 8	9.874 0	8.171 4	7.112 9	10.890 1	7.665 5	8.552 2	8.455 8
	位次 Order	3	2	6	8	1	7	4	5
汇总 Sum	两年的密切指数之和	9.147 8	9.874 0	8.171 4	7.112 9	10.890 1	7.665 5	8.552 2	8.455 8
	位次 Order	3	2	6	8	1	7	4	5

1) *A*₁: 全年数量上的关联度的密切指数; *A*₂: 高峰日数量上的关联度的密切指数; *B*₁: 时间生态位重叠指数的密切指数; *B*₂: 时间生态位相似系数的密切指数; *C*₁: 空间生态位重叠指数的密切指数; *C*₂: 空间生态位相似系数的密切指数。下同。
*A*₁: Closeness index of the correlation degree in the whole year; *A*₂: Closeness index of the correlation degree in the number during peak days; *B*₁: Closeness index of temporal niche overlap index; *B*₂: Closeness index of temporal niche similarity coefficient; *C*₁: Closeness index of spatial niche overlap index; *C*₂: Closeness index of spatial niche similarity coefficient. The same below.

2.2 ‘乌牛早’茶园蓟马与其天敌的关系

蓟马的发生高峰期在 10 月—11 月,2015 年 11 月 14 日‘乌牛早’茶园高达 3 214 头。8 种捕食性天敌占整个捕食性天敌的比例:2015 年为 83. 40%,2016 年为 81. 04%。将 8 种天敌作为蓟马的主要天敌,研究其与蓟马的关系,将其列于表 6、表 7。

表 6 2015 年‘乌牛早’茶园蓟马与其天敌的种群动态

Table 6 Population dynamics of the thrips and their natural enemies in ‘Wuniuzao’ tea garden in 2015

日期/月-日 Date	种群数量/头·(30 样方) ⁻¹ Population size								
	Y	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8
03-28	9	307	100	13	52	48	8	43	0
04-11	7	229	106	3	48	9	6	34	3
04-26	4	99	74	3	29	2	14	25	16
05-10	11	104	50	26	7	1	19	21	8
05-24	1	122	81	46	8	11	16	10	4
06-08	10	99	83	33	1	34	25	1	3
06-20	43	84	111	21	3	10	44	8	4
07-04	64	98	125	21	7	9	53	40	1
07-19	139	107	193	11	7	8	90	26	4
08-02	38	56	140	7	4	0	34	23	4
08-16	305	33	105	4	1	5	43	20	1
08-30	183	23	70	12	0	6	55	20	2
09-13	300	46	102	15	0	20	51	39	5
09-26	586	100	86	14	8	60	49	36	5
10-11	549	129	132	12	12	189	36	54	13
10-28	312	176	105	7	24	98	8	31	43
11-14	3214	185	140	9	14	193	10	39	18

表 7 2016 年‘乌牛早’茶园蓟马与其天敌的种群动态

Table 7 Population dynamics of the thrips and their natural enemies in ‘Wuniuzao’ tea garden in 2016

日期/月-日 Date	种群数量/头·(30 样方) ⁻¹ Population size								
	Y	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8
03-27	84	162	112	5	18	35	3	39	4
04-11	50	65	41	2	34	23	12	30	11
04-28	0	47	46	6	12	7	8	23	20
05-12	14	83	52	23	3	14	14	28	14
05-30	24	89	84	27	3	27	23	32	10
06-14	24	83	86	10	3	21	12	10	12
06-29	29	51	97	9	5	15	28	6	7
07-14	124	128	149	14	6	19	58	29	7
07-29	28	116	240	9	10	8	62	16	1
08-13	0	24	78	5	7	5	49	12	1
08-28	1	7	54	5	2	22	53	21	1
09-12	3	6	26	2	0	5	23	9	2
09-25	71	17	38	4	5	18	65	14	5
10-10	40	36	60	15	8	72	36	14	18
11-02	165	40	89	5	10	98	25	23	6
11-19	108	36	93	10	18	89	13	25	11

2.2.1 ‘乌牛早’茶园蓟马与其天敌在数量上的关系

将两年中蓟马与其天敌数量上的关联度列于表 8。2015 年与蓟马关联度大的前四位天敌是八斑球腹蛛(0. 915 0)、茶色新圆蛛(0. 902 9)、异色瓢虫(0. 894 5)和锥腹肖蛸(0. 892 6)。2016 年与蓟马关联度大的前四位天敌是八斑球腹蛛(0. 835 3)、三突花蟹蛛

(0. 808 3)、茶色新圆蛛(0. 784 5)和鳞纹肖蛸(0. 775 1)。

将高峰日蓟马与其天敌在数量上的关联度也列于表 8。‘乌牛早’茶园 2015 年蓟马高峰日是 11 月 14 日,与蓟马高峰日关联度大的前四位天敌是八斑球腹蛛(0. 847 8)、锥腹肖蛸(0. 842 5)、异色瓢虫(0. 834 0)和茶色新圆珠(0. 829 4)。2016 年蓟

马高峰日是 11 月 20 日,与蓟马高峰日关联度大的前四位天敌是鳞纹肖蛸(0.882 3)、锥腹肖蛸(0.874 7)、八斑球腹蛛(0.872 6)和异色瓢虫(0.869 2);两年中前四位天敌有三种相同。

表 8 ‘乌牛早’茶园蓟马与其天敌在数量上的关联度

Table 8 Correlation degree of the amounts of the thrips and their natural enemies in ‘Wuniuzao’ tea garden									
时间段 Period	年份 Year	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8
全年 All year	2015	0.875 6	0.892 6	0.872 6	0.865 2	0.915 0	0.883 1	0.902 9	0.894 5
	2016	0.775 1	0.766 2	0.721 5	0.808 3	0.835 3	0.746 3	0.784 5	0.737 2
高峰日 Peak day	2015	0.823 6	0.842 5	0.797 4	0.819 8	0.847 8	0.802 2	0.829 4	0.834 0
	2016	0.882 3	0.874 7	0.822 2	0.846 5	0.872 6	0.868 3	0.840 0	0.869 2

2.2.2 ‘乌牛早’茶园蓟马与其天敌在时间和空间上的关系

将天敌与蓟马的时间生态位重叠指数(H)和相似系数(M)列于表 9。2015 年与蓟马时间生态位重叠指数大的前四位天敌是八斑球腹蛛(0.791 7)、茶色新圆蛛(0.505 8)、异色瓢虫(0.475 6)和锥腹肖蛸(0.474 0)。2015 年与蓟马时间生态位相似系数大的前四位天敌是八斑球腹蛛(0.757 4)、异色瓢虫(0.447 6)、茶色新圆蛛(0.387 6)和鳞纹肖蛸(0.348 3)。

2016 年与蓟马时间生态位重叠指数大的前四位天敌是八斑球腹蛛(0.856 9)、茶色新圆蛛(0.753 3)、锥腹肖蛸(0.698 0)和鳞纹肖蛸(0.680 3)。2016 年与蓟马时间生态位相似系数大的前四位天敌是八斑球腹蛛(0.867 2)、茶色新圆蛛(0.743 6)、锥

腹肖蛸(0.691 1)和三突花蟹蛛(0.689 1)。

2015 年蓟马高峰日是 11 月 14 日。将该日蓟马与其天敌之间空间生态位重叠指数(H)和相似系数(M)也列于表 9。与蓟马空间生态位重叠指数大的前四位天敌是八斑球腹蛛(0.595 2)、锥腹肖蛸(0.572 8)、茶色新圆蛛(0.496 1)和鳞纹肖蛸(0.435 1)。与蓟马空间生态位相似系数大的前四位天敌是三突花蟹蛛(0.727 0)、异色瓢虫(0.588 8)、茶色新圆蛛(0.583 3)和八斑球腹蛛(0.581 2)。

2016 年蓟马高峰日是 11 月 20 日。与蓟马空间生态位重叠指数大的前四位天敌是鳞纹肖蛸(0.583 3)、八斑球腹蛛(0.560 5)、异色瓢虫(0.502 6)和锥腹肖蛸(0.469 9)。与蓟马空间生态位相似系数大的前四位天敌是三突花蟹蛛(0.968 6)、异色瓢虫(0.933 3)、鳞纹肖蛸(0.698 6)和棕管巢蛛(0.606 0)。

表 9 ‘乌牛早’茶园蓟马与其天敌在时间生态位和空间生态位上的重叠指数(H)和相似系数(M)

Table 9 Temporal and spatial niche overlap index and proportional similarity of thrips and their natural enemies in ‘Wuniuzao’ tea garden										
类型 Type	年份 Year	项目 Item	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8
时间 Time	2015	H	0.442 7	0.474 0	0.225 6	0.236 2	0.791 7	0.256 3	0.505 8	0.475 6
		M	0.348 3	0.347 6	0.185 6	0.216 4	0.757 4	0.206 3	0.387 6	0.447 6
	2016	H	0.680 3	0.698 0	0.533 2	0.668 8	0.856 9	0.592 3	0.753 3	0.552 7
		M	0.679 5	0.691 1	0.546 3	0.689 1	0.867 2	0.592 6	0.743 6	0.568 1
空间 Space	2015	H	0.435 1	0.572 8	0.142 8	0.433 4	0.595 2	0.222 7	0.496 1	0.399 4
		M	0.437 8	0.577 9	0.238 8	0.727 0	0.581 2	0.378 7	0.583 3	0.588 8
	2016	H	0.583 3	0.469 9	0.095 8	0.449 5	0.560 5	0.454 5	0.343 7	0.502 6
		M	0.698 6	0.508 0	0.291 9	0.968 6	0.579 7	0.606 0	0.469 2	0.933 3

2.2.3 ‘乌牛早’茶园蓟马与其天敌在数量、时间和空间关系上的综合分析

将‘乌牛早’茶园蓟马与其捕食性天敌在数量、时间及空间上的密切指数列于表 10。通过 2015 年和 2016 年蓟马与其天敌的密切指数之和评判,‘乌牛早’茶园蓟马前四位的天敌依次是八斑球腹蛛

(11.347 8)、锥腹肖蛸(9.634 4)、异色瓢虫(9.627 0)和鳞纹肖蛸(9.507 3)。

对 2015 年和 2016 年‘乌牛早’茶园和‘白毫早’茶园蓟马主要天敌的综合分析表明,前四位的天敌中有三位相同,即第一、第二位依次是八斑球腹蛛和锥腹肖蛸,其次是鳞纹肖蛸。

表 10 ‘乌牛早’茶园蓟马与其捕食性天敌在数时空关系上的密切指数

Table 10 Closeness index of quantitative, temporal and spatial relationships between the thrips and their predator natural enemies in ‘Wuniuzao’ tea garden

年份 Year	项目 Item	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8
2015	A ₁	0.956 9	0.975 5	0.953 7	0.945 6	1.000 0	0.965 1	0.986 8	0.977 6
	A ₂	0.971 5	0.993 7	0.940 6	0.967 0	1.000 0	0.946 2	0.978 3	0.983 7
	B ₁	0.559 2	0.598 7	0.285 0	0.298 3	1.000 0	0.323 7	0.638 9	0.600 7
	B ₂	0.459 9	0.458 9	0.245 0	0.285 7	1.000 0	0.272 4	0.511 8	0.591 0
	C ₁	0.731 0	0.962 4	0.239 9	0.728 2	1.000 0	0.374 2	0.833 5	0.671 0
	C ₂	0.602 2	0.794 9	0.328 5	1.000 0	0.799 4	0.520 9	0.802 3	0.809 9
	Σ	4.280 7	4.784 1	2.992 7	4.224 8	5.799 4	3.402 5	4.751 6	4.633 9
	位次 Order	5	2	8	6	1	7	3	4
2016	A ₁	0.927 9	0.917 3	0.863 8	0.967 7	1.000 0	0.893 5	0.939 2	0.882 6
	A ₂	1.000 0	0.991 4	0.931 9	0.959 4	0.989 0	0.984 1	0.952 1	0.985 2
	B ₁	0.793 9	0.814 6	0.622 2	0.780 5	1.000 0	0.691 2	0.879 1	0.645 0
	B ₂	0.783 6	0.796 9	0.630 0	0.794 6	1.000 0	0.683 3	0.857 5	0.655 1
	C ₁	1.000 0	0.805 6	0.164 2	0.770 6	0.960 9	0.779 2	0.589 2	0.861 6
	C ₂	0.721 2	0.524 5	0.301 4	1.000 0	0.598 5	0.625 6	0.484 4	0.963 6
	Σ	5.226 6	4.850 3	3.513 4	5.272 8	5.548 4	4.657 0	4.701 5	4.993 1
	位次 Order	3	5	8	2	1	7	6	4
汇总 Sum	两年的密切指数之和 Sum of the closeness index in two years	9.507 3	9.634 4	6.506 1	9.497 6	11.347 8	8.059 5	9.453 1	9.627 0
	位次 Order	4	2	8	5	1	7	6	3

2.3 蓟马高峰日的空间分布格局及其聚集原因

将茶园蓟马高峰日的分布格局的丛生指数 I 、久野指数 C_A 、种群聚集均数 λ 列于表 11, 可看出 I 均大于 0, C_A 也均大于 0, 即两种茶园两年高峰日

的蓟马均是聚集分布格局, 两种茶园两年高峰日蓟马种群聚集均数 λ 均大于 2, 表明高峰日蓟马的聚集是由于蓟马本身原因或者环境中某一因子引起的。

表 11 高峰日蓟马类空间分布格局¹⁾

Table 11 Spatial distribution patterns of the thrips in peak days

茶园 Tea garden	年份 Year	日期/月-日 Date	I	C_A	λ	空间分布格局 Spatial distribution pattern	备注 Remarks
白毫早 Baihaozao	2015	11-14	11.498 7	0.884 5	7.968 3	聚集格局 Aggregation pattern	$I=0$ 随机分布 Random distribution $I>0$ 聚集分布 Aggregation distribution
	2016	11-19	4.933 4	0.282 4	15.660 9	聚集格局 Aggregation pattern	$I<0$ 均匀分布 Uniform distribution
乌牛早 Wuniuzao	2015	11-14	158.773 7	1.482 0	36.118 6	聚集格局 Aggregation pattern	$C_A=0$ 随机分布 Random distribution $C_A>0$ 聚集分布 Aggregation distribution
	2016	11-02	9.843 3	1.789 7	2.239 2	聚集格局 Aggregation pattern	$C_A<0$ 均匀分布 Uniform distribution

1) I : 丛生指数; C_A : 久野指数; λ : 种群聚集均数。
 I : Clumping index; C_A : Hisano index; λ : Population aggregation mean.

3 小结与讨论

2015 年和 2016 年对安徽合肥地区‘白毫早’茶园和‘乌牛早’茶园蓟马与其天敌种群进行调查, 用灰色关联度分析法、生态位分析法和聚集强度分析法分析茶园蓟马与其天敌种群的关系, 对种群数量、发生时间、空间格局 3 个方面的参数进行标准化处理, 求得密切指数, 利用密切指数之和综合评判蓟马

的主要天敌。结果表明: 1) ‘白毫早’茶园蓟马的前四位天敌依次是八斑球腹蛛、锥腹肖蛸、鳞纹肖蛸和茶色新圆蛛; 2) ‘乌牛早’茶园蓟马的前四位主要天敌是八斑球腹蛛、锥腹肖蛸、异色瓢虫和鳞纹肖蛸; 3) 综合评判两种茶园蓟马的主要天敌, 前两位的天敌依次是八斑球腹蛛和锥腹肖蛸, 前四位天敌中相同的天敌还有鳞纹肖蛸。

从本研究结果可看出, 蓟马的主要捕食性天敌

除了异色瓢虫外,其余都是蜘蛛类天敌,我国茶园蜘蛛有 27 科 290 种^[17],其发生数量巨大,繁殖率高,是捕食性天敌的一个主要类别,在茶园占捕食性天敌 83.2%~90%,食性杂,对害虫的捕食量大^[18-20]。

王建盼等^[21]曾报道‘安吉白茶’花蓟马与其捕食性天敌的关系,其主要天敌是棕管巢蛛、草色小黑蛛、龟纹瓢虫、异色瓢虫和锥腹肖蛸。柯胜兵等^[22]报道了大别山区茶园的茶黄蓟马 *Scirtothrips dorsalis* 的主要捕食性天敌是草间小黑蛛、八斑球腹蛛、锥腹肖蛸、龟纹瓢虫和棕管巢蛛,由于研究年份和调查地区不同,其结果与本文结果有一定差别。

害虫主要天敌的评价是一项比较复杂而又非常重要的工作,特别是粮食和饮料作物的害虫天敌,对减少用药,保护环境和食品安全都有重要意义,也直接与合理保护和利用自然界天敌有关^[23]。已有的研究文献有用灰色关联度分析法、地学统计学分析法、空间格局分析法和生态位分析法评价天敌的报道,这些文献涉及农田、茶园、菜园和果园害虫与其捕食性天敌的关系^[24-28]。但实际评估工作涉及的内容比较复杂,包括天敌的种类、数量和虫态,特别是在多种害虫共存时对目标害虫的嗜性大小及天敌的繁殖率高低,其次是天敌与害虫在发生时间上的同步性以及害虫发生作物及部位上的同域性,即在发生时间和空间上天敌对害虫的搜索和跟随作用。本文从数量、时间、空间 3 个方面进行探索研究,用密切指数之和的方法评判蓟马科害虫的主要天敌,不失为一种较好的评判方法。

参考文献

- [1] 张汉鹄,谭济才. 中国茶树害虫及其无公害治理[M]. 合肥:安徽科学技术出版社,2004:2-4.
- [2] 张鲁民,刘志诚,孙天全,等. 南方小花蝽和花蓟马种群季节动态及捕食功能反应[J]. 中国生物防治,2008,24(S1):21-27.
- [3] 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.
- [4] LEVINS R. Evolution in Changing Environments [J]. Princeton New Jersey:Princeton University Press,1968:120-121.
- [5] 张金屯. 植被数量生态学方法[M]. 北京:科学技术出版社,1995.
- [6] ARBOUS A G,KERRICH J E. Accident statistics and the concept of accident-proneness [J]. Biometrics,1951(7):340-432.
- [7] BLACKITH R E. Nearest-Neighbour distance measurements for the estimation of animal populations [J]. Ecology,1958 (39):147-150.

- [8] 邹运鼎,王弘法. 农林昆虫生态学[M]. 合肥:安徽科学技术出版社,1989.
- [9] 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.
- [10] 刘飞飞,王建盼,林源,等. 不同季节黄山大叶种茶园主要害虫的捕食性天敌优势种比较[J]. 华南农业大学学报,2014,35 (6):67-73.
- [11] 赵学娟,施晓丽,王建盼,等. 油桃园捕食性天敌对山楂叶螨和李肖叶甲的空间跟随关系[J]. 中国农业大学学报,2015,20 (5):146-155.
- [12] 余燕,王振兴,李尚,等. 天敌对“乌牛早”茶园 4 种害虫空间跟随关系密切程度的年度差异[J]. 生态学报,2018,38(13): 4817-4833.
- [13] 林源,周夏芝,毕守东,等. 中稻田三种飞虱的捕食性天敌优势种及农药对天敌的影响[J]. 生态学报,2013,33(7):2189-2199.
- [14] 赵鹏,付文锋,赵燕,等. 不同播期辣椒和番茄上烟粉虱成虫与捕食性天敌之间的关系[J]. 生态学报,2009,29(10):5455-5462.
- [15] 王晓翠,徐玉蕊,李先秀,等. 三种蔷薇科果树小绿叶蝉及捕食性天敌种群动态的比较[J]. 生态学报,2010,30(5):1272-1279.
- [16] 徐玉蕊,王晓翠,林雪飞,等. 砀山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.
- [17] 陈银芳,宋昌琪,刘林敏,等. 中国茶园蜘蛛种类研究[J]. 茶叶科学,2000,20(1):59-66.
- [18] 陈银芳,陈忠华,宋昌琪,等. 茶园蜘蛛调查和保护研究综述 [J]. 浙江农业科学,2004(6):343-345.
- [19] 谢振伦. 茶园三种蜘蛛对假眼小绿叶蝉捕食量的观察[J]. 广东茶叶,1946(2):32-34.
- [20] 林海清,尤民生,陈李林,等. 草间小黑蛛对茶蚜的捕食功能反应[J]. 华东昆虫学报,2007,16(1):44-47.
- [21] 王建盼,刘飞飞,毕守东,等. “安吉白茶”花蓟马和茶短须螨与其捕食性天敌的关系研究[J]. 西南大学学报(自然科学学报), 2016,38(8):1-9.
- [22] 柯胜兵,周夏芝,毕守东,等. 大别山区茶园茶黄蓟马与捕食性天敌的关系[J]. 华南农业大学学报,2011,32(4):40-46.
- [23] 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.
- [24] 秦玉川,蔡宁华,黄可训,等. 山楂叶螨、苹果全爪螨及其捕食性天敌的研究 I——时间与空间生态位[J],生态学报,1991,11 (4):331-337.
- [25] 毕守东,邹运鼎,陈高潮,等. 影响棉蚜种群数量的优势种天敌的灰色系统分析[J]. 应用生态学报,2004,11(3):417-422.
- [26] 邹运鼎,李昌根,周夏芝,等. 葡萄跳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.
- [27] 周夏芝,毕守东,柯胜兵,等. 茶园 4 种半翅目主要害虫与其捕食性天敌的关系[J]. 生态学报,2010,30(22):6183-6192.
- [28] 毕守东,柯胜兵,徐劲峰,等. 3 种海拔高度茶园中 2 种害虫与其天敌间的数量和空间关系 [J]. 生态学报,2011,31(2): 455-464.

(责任编辑:杨明丽)