

周夏芝, 郎坤, 张书平, 等. ‘白毫早’茶园中蝽类害虫与天敌蜘蛛的关系[J]. 华南农业大学学报, 2018, 39(4): 46-54.

‘白毫早’茶园中蝽类害虫与天敌蜘蛛的关系

周夏芝¹, 郎坤^{1,2}, 张书平^{1,2}, 余燕^{1,2}, 李尚^{1,2}, 王振兴^{1,2},
毕守东², 邹运鼎¹, 王建盼^{1,2}, 刘飞飞^{1,2}

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

摘要:【目的】明确‘白毫早’茶园中茶网蝽 *Stephanitis chinensis* 和茶盲蝽 *Lygus lucorum* 等蝽类害虫与主要天敌的关系。【方法】在调查茶园蝽类害虫与主要天敌种群数量的基础上, 进一步用灰色关联度法、生态位分析法等数学统计方法分析天敌与茶网蝽和茶盲蝽在数量、时间、空间上的跟随关系。【结果】‘白毫早’茶园中蝽类害虫的天敌主要有鳞纹肖蛸 *Tetragnatha squamata*、锥腹肖蛸 *Tetragnatha maxillosa*、八斑球腹蛛 *Theridion octomaculatum*、棕管巢蛛 *Clubiona japonicola*、茶色新圆蛛 *Neoscona theisi*、三突花蟹蛛 *Misumenops tricuspidatus*、草间小黑蛛 *Erigonidium graminicolum* 和斜纹猫蛛 *Oxyopes sertatus* 等。2015 年与茶网蝽关系密切的前 4 位天敌是棕管巢蛛、斜纹猫蛛、锥腹肖蛸和茶色新圆蛛; 2016 年与茶网蝽关系密切的前 4 位天敌是棕管巢蛛、斜纹猫蛛、草间小黑蛛和茶色新圆蛛; 第 1、2、4 位天敌相同, 两年间天敌位次相异率为 62.5%。2015 年与茶盲蝽关系密切的前 4 位天敌是锥腹肖蛸、三突花蟹蛛、鳞纹肖蛸和八斑球腹蛛; 2016 年与茶盲蝽关系密切的前 4 位天敌是三突花蟹蛛、茶色新圆蛛、锥腹肖蛸和草间小黑蛛; 前 4 位天敌中有 2 种天敌相同, 但位次不同, 两年间天敌位次相异率为 87.5%。【结论】天敌位次变化可能取决于害虫与天敌数量比的变化。

关键词: 茶园; 害虫; 茶网蝽; 茶盲蝽; 天敌; 蜘蛛; 灰色关联度法; 生态位分析法
中图分类号: Q968.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-411X(2018)04-0046-09

Relationships between Pentatomoidea insects and natural enemies spiders in ‘Baihaozao’ tea garden

ZHOU Xiaozhi¹, LANG Kun^{1,2}, ZHANG Shuping^{1,2}, YU Yan^{1,2}, LI Shang^{1,2}, WANG Zhenxing^{1,2},
BI Shoudong², ZOU Yunding¹, WANG Jianpan^{1,2}, LIU Feifei^{1,2}
(1 School of Forestry and Landscape Architecture, Anhui Agricultural University, Hefei 230036, China;
2 School of Science, Anhui Agricultural University, Hefei 230036, China)

Abstract: 【Objective】To clarify the relationships of *Stephanitis chinensis* and *Lygus lucorum* with natural enemies in ‘Baihaozao’ tea garden. 【Method】The population numbers of pests and natural enemies were investigated. The numerical, temporal and spatial relationships of natural enemies with *S. chinensis* and *L. lucorum* were studied using grey relational analysis and niche analysis. 【Result】The major natural enemies of pests in ‘Baihaozao’ tea garden included *Tetragnatha squamata*, *Tetragnatha maxillosa*, *Theridion octomaculatum*, *Clubiona japonicola*, *Neoscona theisi*, *Misumenops tricuspidatus*, *Erigonidium graminicolum* and *Oxyopes sertatus*. The top four enemies showing close relationships with *S. chinensis* were *C. japonicola*, *O. sertatus*, *T. maxillosa* and *N. theisi* in 2015, while *C. japonicola*, *O. sertatus*, *E. graminicolum* and *N. theisi* in 2016. The natural enemies ranking the first, second and fourth were the same in two years. The differential

degree between the ranks of natural enemies in two years was 62.5%. The top four enemies showing close relationships with *L. lucorum* were *T. maxillosa*, *M. tricuspidatus*, *T. squamata* and *T. octomaculatum* in 2015, while *M. tricuspidatus*, *N. theisi*, *T. maxillosa* and *E. graminicolum* in 2016. Two of the four major enemies were the same in two years, but the order was different. The differential degree between the ranks of natural enemies in two years was 87.5%. 【Conclusion】 The changes in ranks of natural enemies possibly depend on the ratio of the number of pests to their natural enemies.

Key words: tea garden; pest; *Stephanitis chinensis*; *Lygus lucorum*; natural enemy; spider; grey relational analysis; niche analysis

蝽类是茶树的主要害虫, 危害茶树的蝽类害虫多达 60 余种^[1]。茶网蝽 *Stephanitis chinensis*, 又叫茶脊冠网蝽, 属半翅目网蝽科冠网蝽属, 以成、若虫群集于茶叶背面刺吸汁液, 致受害叶出现许多密集的白色细小斑点, 影响茶树光合作用, 严重时可导致茶树叶片脱落、树势衰弱、茶芽萌发缓慢且细小或发芽停滞, 严重影响茶叶的产量和品质。茶网蝽是西南茶区的重要害虫之一, 近年来有向北扩散的趋势, 研究指出若按近几年的平均速度每年向北推进 30 km, 2018 年前后茶网蝽将扩散至汉中、安康的部分茶区^[2-3]。茶网蝽为害的研究报道较多, 丁丽芬等^[4]报道茶网蝽对云南普洱市种植茶业危害严重。季小明等^[5]报道江苏太湖洞庭山茶园茶树遭到茶网蝽的危害, 严重影响了碧螺春的产量。田忠正^[6]系统研究了陕南地区茶网蝽发生规律。王国华等^[7]报道自 20 世纪 50 年代以来茶网蝽就是贵州茶区的主要害虫。何忠全等^[8]报道茶网蝽是四川茶区 11 种主要害虫之一。李红等^[9]研究发现茶网蝽是湖北茶区的主要害虫。刘红敏等^[10]报道茶网蝽在河南信阳茶区普遍发生。对茶网蝽的防治以化学方法为主, 于忠明等^[11]研究了 5 种杀虫剂防控茶网蝽的效果。对茶网蝽的天敌研究报道较少, 对网蝽科其他网蝽的天敌研究较多, 夏文胜等^[12]研究表明黑色蝇虎蛛 *Plexippus paykulli* 是方翅网蝽 *Corythucha ciliata* 的天敌, 徐玉蕊等^[13]报道梨网蝽 *Stephanitis nashi* 的主要天敌是草间小黑蛛 *Erigonidium graminicolum*、异色瓢虫 *Harmonia axyridis*、锥腹肖蛸 *Tetragnatha maxillosa* 和三突花蟹蛛 *Misumenops tricuspidatus*。茶盲蝽 *Lygus lucorum* 是早春头茶发生的重要害虫, 该虫频繁刺吸茶芽, 造成嫩芽的众多红点, 随后枯竭变褐, 随芽叶伸展形成大量穿孔残破, 为害严重的茶芽钩扭不发; 还可为害蚕豆 *Vicia faba*、茼蒿 *Chrysanthemum coronarium*、棉花 *Gossypium* spp. 等作物^[1]。胡新民^[14]研究了溧阳南部主产春季名特茶地区茶树绿盲蝽 *Apolygus lucorum* 的危害及防治对策, 徐德良^[15]报道茶绿盲蝽在江苏

<http://xuebao.scau.edu.cn>

无锡市 1 年发生 3 代, 对春茶造成严重危害, 该虫对茶树品种有极强的选择性, 无锡本地种一宜天群体小叶种上没有发现该虫危害, 随着大毫、福鼎等良种茶树的推广, 绿盲蝽危害逐年加重。已有危害多种作物的盲蝽生物学特性种群密度与危害的调查方法等研究^[16-18], 吴国强等^[19]研究了绿盲蝽成虫对茼蒿、棉花、大豆 *Glycine max* 等 6 种寄主植物及其挥发物的选择趋势, 李国平等^[20]研究了高温暴露对绿盲蝽和中黑盲蝽 *Adelphocoris suturalis* 存活及生殖的影响, 短时高温暴露对 2 种盲蝽卵的孵化率、若虫存活率、生殖及成虫寿命等均有不利影响, 温度越高, 影响越大。根据绿盲蝽喜食作物的特性, 段永春^[21]报道了茶园间作豌豆 *Pisum sativum* 控制绿盲蝽的技术; 全亚娟等^[22]报道了三突花蟹蛛对绿盲蝽的捕食作用; 门兴元等^[23]研究了绿盲蝽的试验种群生命表; 陆宴辉^[24]研究了绿盲蝽的生态适应性; 耿辉辉等^[25]研究了绿盲蝽成虫的田间活动规律; 郭晨茜等^[26]报道绿盲蝽的优势种天敌为蜘蛛类、草蛉类和瓢虫类, 特别是蜘蛛类相对密度高达 17.78%。

网蝽类和盲蝽类害虫与天敌在数量、时间和空间上的关系直接与天敌的保护和合理利用有关, 但鲜见这类研究报道, 本文研究 ‘白毫早’ 茶园网蝽类和盲蝽类与 8 种蜘蛛天敌在数量、时间和空间上的关系, 并对网蝽和盲蝽的优势种天敌及其年度间差异进行综合评判, 以期茶园网蝽和盲蝽等蝽类害虫的综合防治提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 调查地点和时间

调查地点为安徽农业大学科技示范园茶园, 调查茶树品种为树龄 13 年的 ‘白毫早’, 茶园面积为 0.2 hm²。调查时间为 2015 年 3 月 28 日至 11 月 14 日, 2016 年 3 月 27 日至 11 月 17 日, 约 15 d 调查 1 次, 2015 年调查 17 次, 2016 年调查 16 次。茶园周边为其他品种茶园, 茶园按常规措施管理, 但不施用农药。

1.2 调查方法

采用平行跳跃法随机在茶园选取 3 行茶树，每行间隔 1 m 取 2 m 长的样方。每行 10 个样方，共取 30 个样方，先目测调查，每样方随机选取 10 片叶，调查一些不易振落的害虫及天敌种类，然后用沾有洗衣粉溶液（洗衣粉稀释 1 000 倍）的搪瓷盘（搪瓷盘口长 40 cm、宽 30 cm）对样方中的所有枝条进行盘拍，调查记录害虫及其天敌物种数和个体数，对于一部分不能准确鉴定的物种样本编号保存，装瓶带回室内鉴定或请专家鉴定。

1.3 数学分析方法

1.3.1 天敌与茶网蝽和茶盲蝽在数量上的灰色关联度分析 用灰色关联度方法进行分析^[27]，将茶网蝽和茶盲蝽及其天敌分别看作一个本征系统，茶网蝽数量 Y_1 、茶盲蝽数量 Y_2 和天敌数量 X_j 作为该系统的参照序列，不同时间上的网蝽和盲蝽与天敌在 k 点上的效果白化值进行双序列关系分析。经数据均值化后，利用关联度公式求解天敌(X_j)与(Y_i)数量间的关联度 $R(Y_i, X_j)$ ， r_{ij} 为联系系数：

$$R(Y_i, X_j) = \frac{1}{n} \sum r_{ij}(k), \tag{1}$$

$$r_{ij} = \frac{\min \min |Y_i(k) - X_j(k)| + \rho \max \max |Y_i(k) - X_j(k)|}{|Y_i(k) - X_j(k)| + \rho \max \max |Y_i(k) - X_j(k)|}, \tag{2}$$

式中， $k=1, 2 \cdots, n$ ； ρ 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 种害虫之间联系系数的差距，便于进行分析，本文取 $\rho=0.8$ ， $\Delta_{ij}(k)=Y_i(k)-X_j(k)$ 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。

关联度值越大，表明天敌在数量上与网蝽和盲蝽的跟随关系越密切。

1.3.2 天敌与茶网蝽和茶盲蝽在空间关系上的地学统计学分析 根据区域化变量的理论^[28]，在空间上昆虫种群数量是区域化变量，因此可以用区域化变量理论与方法，即地学统计学方法，分别研究天敌和茶网蝽以及茶盲蝽的空间关系。求得它们的半变异函数 $R^*(h)$ 的理论模型及变程 (Range of spatial dependence, RSD)，然后用灰色关联度方法，分析研

究天敌与茶网蝽和茶盲蝽半变异函数理论模型变程间的灰色关联度，关联度值越大，表明天敌在空间上对茶网蝽和茶盲蝽跟随关系越密切。

$$R^*(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum [Z(X_i) - Z(X_i+h)]^2, \tag{3}$$

式中， $N(h)$ 是被 h 分割的数据对 (X_i, X_i+h) 对数， $Z(X_i)$ 和 $Z(X_i+h)$ 分别是在点 X_i 和 (X_i+h) 处样本的测量值， h 是分隔两样点的距离。

1.3.3 天敌与茶网蝽和茶盲蝽在发生时间上的跟随关系 将天敌与茶网蝽和茶盲蝽时间生态位重叠指数作为分析比较天敌与茶网蝽和茶盲蝽时间上跟随关系密切程度的 1 个度量指标，重叠指数越大，天敌在时间上对茶网蝽和茶盲蝽跟随关系越密切。

时间生态位测度的指标采用 Morista-Horn 指数，其计算公式是：

$$C_H = \frac{2 \sum_{i=1}^n P_{ij} P_{ik}}{\sum_{i=1}^n P_{ij}^2 + \sum_{i=1}^n P_{ik}^2}, \tag{4}$$

式中， C_H 为简化 Morisita 种类 k 对种类 j 的生态位重叠指数； P_{ij} 、 P_{ik} 为由种类 k 或种类 j 所利用的整个资源中第 i 种资源所占比例； n 为资源状态总数。

1.3.4 天敌与茶网蝽和茶盲蝽数量、时间和空间上关系密切程度的综合比较 将数量、时间和空间上天敌与茶网蝽和茶盲蝽的关联度和时间生态位重叠指数分别标准化，即除以该类关联度或时间生态位重叠指数的最大值，其商暂称作密切指数，然后将数量、时间和空间上的密切指数相加，密切指数之和最大的即是与茶网蝽和茶盲蝽在数量、时间和空间上跟随关系密切的第 1 位天敌，依次类推。8 种天敌的位次两两相比，计算位次相异率。

2 结果与分析

2015 年‘白毫早’茶园共调查节肢动物 18 180 头，共 92 种，分属 21 目 53 科，其中植食性害虫 8 085 头，39 种，分属 9 目 26 科，其中茶网蝽 126 头，茶盲蝽 133 头，捕食性天敌 6 111 头，42 种，分属 7 目 18 科。2016 年该茶园共调查节肢动物 19 249 头，总计 72 种，分属 21 目 53 科，其中植食性害虫 8 800 头，31 种，分属 9 目 23 科，其中茶网蝽 245 头，茶盲蝽 253 头，捕食性天敌 6 045 头，31 种，分属 6 目 16 科，将每年调查的个体总数 119 头以上的 8 种天敌、茶网蝽和茶盲蝽的种群数量列于表 1 和表 2。

表 1 2015 年 ‘白毫早’ 茶园常见害虫及天敌的种群动态¹⁾

Table 1 Population dynamics of the pests and their natural enemies in ‘Baihaozao’ tea garden in 2015

日期	Y_1	Y_2	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8
3月28日	0	0	273	119	59	5	33	80	15	1
4月11日	0	1	187	85	12	8	26	54	1	4
4月26日	0	69	117	82	14	9	31	33	14	0
5月1日	2	9	80	33	2	11	13	8	25	1
5月24日	0	0	69	48	5	15	36	13	21	5
6月8日	2	0	79	60	36	25	34	7	9	0
6月20日	11	0	55	102	19	28	19	6	15	3
7月4日	4	1	49	141	16	48	26	14	9	6
7月19日	30	0	82	118	5	35	21	10	7	8
8月2日	21	0	32	50	10	49	20	6	5	7
8月16日	14	0	8	36	5	43	8	6	4	3
8月30日	27	0	7	30	4	53	12	2	0	8
9月13日	1	6	24	35	12	70	6	3	6	3
9月26日	8	6	16	49	23	57	9	12	6	18
10月11日	4	29	62	61	104	32	12	10	4	18
10月28日	0	0	138	142	140	36	19	41	6	36
11月14日	2	12	136	141	120	6	21	5	2	11
合计	126	133	1 414	1 332	586	530	346	310	149	132

1)表中数据为30个样方的调查结果; Y_1 : 茶网蝽; Y_2 : 茶盲蝽; X_1 : 鳞纹肖蛸; X_2 : 锥腹肖蛸; X_3 : 八斑球腹蛛; X_4 : 棕管巢蛛; X_5 : 茶色新圆蛛; X_6 : 三突花蟹蛛; X_7 : 草间小黑蛛; X_8 : 斜纹猫蛛

表 2 2016 年 ‘白毫早’ 茶园常见害虫及天敌的种群动态¹⁾

Table 2 Population dynamics of the pests and their natural enemies in ‘Baihaozao’ tea garden in 2016

日期	Y_1	Y_2	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8
3月27日	0	0	149	140	86	3	27	52	20	2
4月11日	0	175	61	88	14	12	19	59	9	4
4月28日	0	62	49	72	12	13	49	35	7	2
5月12日	16	3	63	47	20	25	46	13	25	0
5月30日	5	0	58	90	25	19	52	12	31	4
6月14日	17	2	43	91	29	26	33	1	22	3
6月29日	17	5	62	169	38	39	25	19	17	6
7月14日	5	1	114	165	26	53	21	14	30	4
7月29日	36	0	23	100	18	29	17	6	10	8
8月13日	72	0	12	31	5	24	7	2	3	10
8月28日	55	0	6	33	6	11	13	3	9	9
9月12日	11	0	8	19	7	13	5	1	2	14
9月25日	9	1	24	36	25	32	17	5	3	14
10月10日	2	0	36	55	110	24	16	4	7	13
11月2日	0	2	47	101	248	26	23	17	7	10
11月17日	0	2	40	150	187	7	27	25	10	16
合计	245	253	795	1 387	856	356	397	268	212	119

1)表中数据为30个样方的调查结果; Y_1 : 茶网蝽; Y_2 : 茶盲蝽; X_1 : 鳞纹肖蛸; X_2 : 锥腹肖蛸; X_3 : 八斑球腹蛛; X_4 : 棕管巢蛛; X_5 : 茶色新圆蛛; X_6 : 三突花蟹蛛; X_7 : 草间小黑蛛; X_8 : 斜纹猫蛛

2.1 天敌与茶网蝽在数量、时间、空间关系上密切程度的年度间差异

将 8 种天敌与茶网蝽在数量关系上的关联度列于表 3, 2015 年与茶网蝽关联度最大的天敌是棕管巢蛛, 2016 年也是棕管巢蛛。

害虫数量多的时候可以比较准确地反映天敌与害虫之间的空间关系, 为了分析天敌与茶网蝽之间的空间关系, 2015 年茶网蝽选择 6 月 20 日、7 月 19 日、8 月 2 日、8 月 16 日和 8 月 30 日, 2016 年茶

网蝽选择 6 月 14 日、6 月 29 日、7 月 29 日、8 月 13 日和 8 月 28 日; 对茶网蝽及其 8 种天敌的数据进行地学统计学分析, 半变异函数理论模型的 RSD 分别列于表 4。表 4 中 2015 最小的决定系数 R^2 为 0.308 0($r=0.555$ 0, $df=26$ 时, $r_{0.05}=0.347$ 0, $r_{0.01}=0.478$ 0), 2016 年中最小的决定系数 (R^2) 为 0.204 1($r=0.451$ 8), 表明理论模型与实际的拟合度很高。将求得的天敌与茶网蝽半变异函数变程之间进行灰色关联度分析, 结果列于表 5。由表 5 可以看出

表 3 茶网蝽和茶盲蝽与 8 种主要天敌数量间的关联度¹⁾

Table 3 Correlation degrees between the numbers of <i>Stephanitis chinensis</i> , <i>Lygus lucorum</i> and eight natural enemies									
物种	年份	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8
茶网蝽	2015	0.721 6(8)	0.759 5(3)	0.728 7(7)	0.814 9(1)	0.746 7(5)	0.744 8(6)	0.754 5(4)	0.767 8(2)
	2016	0.752 1(6)	0.755 7(5)	0.741 0(7)	0.802 8(1)	0.763 5(3)	0.732 1(8)	0.758 9(4)	0.767 9(2)
茶盲蝽	2015	0.851 2(3)	0.843 4(5)	0.870 3(1)	0.825 0(8)	0.835 4(7)	0.838 1(6)	0.843 9(4)	0.857 7(2)
	2016	0.858 8(3)	0.852 8(4)	0.852 5(5)	0.846 2(7)	0.863 0(2)	0.890 4(6)	0.849 0(1)	0.841 8(8)

1) X_1 : 鳞纹肖蛸; X_2 : 锥腹肖蛸; X_3 : 八斑球腹蛛; X_4 : 棕管巢蛛; X_5 : 茶色新圆蛛; X_6 : 三突花蟹蛛; X_7 : 草间小黑蛛; X_8 : 斜纹猫蛛;括号内数字为关联度位次

表 4 2015 和 2016 年茶网蝽与天敌的半变异函数变程和决定系数¹⁾

Table 4 Observed RSD and R^2 for <i>Stephanitis chinensis</i> and natural enemies in 2015 and 2016											
年份	物种	6月20日		7月19日		8月2日		8月16日		8月30日	
		RSD	R^2	RSD	R^2	RSD	R^2	RSD	R^2	RSD	R^2
2015	Y_1	6.788 1	0.862 2	8.564 2	0.873 0	5.315 7	0.700 6	7.231 4	0.758 8	5.268 4	0.585 9
	X_1	8.695 2	0.978 5	6.138 7	0.739 9	8.035 4	0.705 6	7.770 6	0.932 8	6.195 7	0.881 4
	X_2	6.052 1	0.826 9	4.490 8	0.762 9	6.799 1	0.687 5	7.356 9	0.776 0	7.405 8	0.480 4
	X_3	6.584 2	0.891 2	8.635 4	0.888 0	7.239 7	0.898 1	8.025 6	0.736 6	7.031 4	0.777 5
	X_4	9.614 3	0.919 6	7.528 6	0.816 4	9.228 2	0.914 4	8.052 4	0.755 0	7.265 3	0.892 3
	X_5	7.154 2	0.760 5	4.869 4	0.489 6	6.643 4	0.750 9	6.684 1	0.712 3	9.536 7	0.702 7
	X_6	8.164 7	0.832 3	7.360 7	0.799 0	9.063 9	0.985 7	7.872 8	0.848 2	4.072 5	0.308 0
	X_7	7.354 3	0.840 4	6.357 6	0.814 9	6.348 4	0.550 1	4.356 7	0.981 7	0	0
	X_8	6.227 7	0.812 4	4.546 7	0.514 9	6.611 7	0.835 4	9.534 5	0.791 7	5.783 4	0.932 4
年份	物种	6月14日		6月29日		7月29日		8月13日		8月28日	
		RSD	R^2	RSD	R^2	RSD	R^2	RSD	R^2	RSD	R^2
2016	Y_1	8.042 2	0.927 0	5.269 4	0.948 4	6.150 7	0.740 2	8.023 5	0.743 6	7.965 8	0.869 2
	X_1	7.956 8	0.773 0	8.808 1	0.595 7	8.405 2	0.827 5	5.894 2	0.801 1	7.774 4	0.938 4
	X_2	6.129 7	0.858 8	8.732 6	0.874 9	6.872 1	0.792 0	6.070 8	0.994 0	7.238 2	0.900 5
	X_3	6.894 3	0.760 5	6.728 8	0.643 0	6.153 4	0.933 1	8.109 4	0.932 5	8.164 1	0.873 7
	X_4	6.897 1	0.967 7	7.261 5	0.817 9	5.829 6	0.914 7	6.154 2	0.694 2	8.094 3	0.816 1
	X_5	6.859 6	0.483 1	8.153 7	0.859 4	7.234 6	0.785 5	7.240 8	0.799 8	6.894 1	0.950 4
	X_6	9.022 6	0.853 1	6.497 2	0.434 5	5.926 5	0.849 9	7.824 6	0.204 1	8.863 5	0.853 0
	X_7	6.399 8	0.779 8	6.854 9	0.858 1	7.496 8	0.946 0	5.147 6	0.643 3	7.264 9	0.490 4
	X_8	4.452 8	0.945 3	7.943 1	0.842 9	7.456 2	0.829 7	6.136 9	0.748 1	7.338 7	0.452 9

1)RSD: 半变异函数的变程; R^2 : 决定系数; Y_1 : 茶网蝽; X_1 : 鳞纹肖蛸; X_2 : 锥腹肖蛸; X_3 : 八斑球腹蛛; X_4 : 棕管巢蛛; X_5 : 茶色新圆蛛; X_6 : 三突花蟹蛛; X_7 : 草间小黑蛛; X_8 : 斜纹猫蛛

表 5 茶网蝽和茶盲蝽与 8 种天敌变程间的关联度¹⁾

Table 5 Correlation degrees between the RSD of <i>Stephanitis chinensis</i> , <i>Lygus lucorum</i> and eight natural enemies									
物种	年份	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8
茶网蝽	2015	0.769 7(2)	0.711 5(7)	0.824 7(1)	0.748 1(4)	0.713 5(5)	0.751 0(3)	0.638 5(8)	0.711 6(6)
	2016	0.616 9(7)	0.621 9(6)	0.846 3(1)	0.735 2(3)	0.650 5(4)	0.821 6(2)	0.643 8(5)	0.603 7(8)
茶盲蝽	2015	0.441 3(4)	0.561 4(1)	0.349 5(6)	0.488 6(3)	0.392 4(5)	0.511 6(2)	0.324 4(7)	0.229 2(8)
	2016	0.692 1(7)	0.773 9(4)	0.696 5(6)	0.821 4(3)	0.726 5(5)	0.836 8(2)	0.865 4(1)	0.628 7(8)

1) X_1 : 鳞纹肖蛸; X_2 : 锥腹肖蛸; X_3 : 八斑球腹蛛; X_4 : 棕管巢蛛; X_5 : 茶色新圆蛛; X_6 : 三突花蟹蛛; X_7 : 草间小黑蛛; X_8 : 斜纹猫蛛;括号内数字为关联度位次

2015 年茶网蝽与天敌之间空间上关联度最大的前 4 位是八斑球腹蛛、鳞纹肖蛸、三突花蟹蛛和棕管巢蛛, 2016 年是八斑球腹蛛、三突花蟹蛛、棕管巢蛛和茶色新圆蛛, 前 4 位天敌有 3 位相同, 但位次不全相同, 两年对茶网蝽跟随关系密切的第 1 位天敌都是八斑球腹蛛。

为了分析天敌在时间上对茶网蝽跟随关系的密切程度差异, 用 Morista-Horn 公式分别计算出 2015 年和 2016 年茶网蝽和茶盲蝽与 8 种天敌的时间生态位重叠指数, 并将结果列于表 6。两年间, 第 1、2、4 位天敌相同, 前 5 位天敌相同, 但第 3、第 5 位次年度间天敌不同。

表 6 茶网蝽和茶盲蝽与 8 种天敌间的时间生态位重叠指数¹⁾

Table 6 Ecological niche overlap indexes of <i>Stephanitis chinensis</i> , <i>Lygus lucorum</i> and eight natural enemies									
物种	年份	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8
茶网蝽	2015	0.437 5(6)	0.623 8(3)	0.393 4(8)	0.793 5(1)	0.601 7(4)	0.395 1(7)	0.519 2(5)	0.626 6(2)
	2016	0.478 9(6)	0.563 8(5)	0.348 4(7)	0.716 2(1)	0.571 7(4)	0.348 4(8)	0.591 6(3)	0.664 4(2)
茶盲蝽	2015	0.496 1(2)	0.477 6(4)	0.504 1(1)	0.388 6(8)	0.475 8(5)	0.445 9(6)	0.490 5(3)	0.408 6(7)
	2016	0.425 2(3)	0.395 2(4)	0.223 5(8)	0.315 4(6)	0.433 9(2)	0.655 5(1)	0.325 9(5)	0.249 6(7)

1) X_1 : 鳞纹肖蛸; X_2 : 锥腹肖蛸; X_3 : 八斑球腹蛛; X_4 : 棕管巢蛛; X_5 : 茶色新圆蛛; X_6 : 三突花蟹蛛; X_7 : 草间小黑蛛; X_8 : 斜纹猫蛛;括号内数字为时间生态位重叠指数位次

对天敌在数量、时间、空间上对茶网蝽跟随关系的密切程度差异进行综合分析, 将分析结果列于表 7。两年综合比较, 前 4 位天敌中第 1、第 2、第

4 位天敌相同, 且位次也相同。2015 年锥腹肖蛸为第 3 位, 茶网蝽全年数量与锥腹肖蛸数量相比的比率为 0.094 6, 2016 年锥腹肖蛸为第 5 位, 茶网蝽全

表 7 天敌与茶网蝽在数量、时间、空间上的密切指数¹⁾

Table 7 Close indexes of <i>Stephanitis chinensis</i> and natural enemies in quantity, time and space									
年份	项目	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8
2015	A	0.885 5	0.932 0	0.894 2	1	0.916 3	0.914 0	0.925 9	0.942 2
	B	0.933 3	0.862 7	1	0.907 1	0.865 2	0.910 6	0.774 2	0.862 9
	C	0.551 3	0.786 1	0.495 8	1	0.758 3	0.497 9	0.654 3	0.789 7
	Σ	2.370 1	2.580 8	2.390 0	2.907 1	2.539 8	2.322 5	2.354 4	2.594 8
	排序	6	3	5	1	4	8	7	2
2016	A	0.936 8	0.941 3	0.923 0	1	0.951 0	0.911 9	0.945 3	0.956 5
	B	0.728 9	0.734 8	1	0.868 7	0.768 6	0.970 8	0.760 7	0.713 3
	C	0.668 7	0.787 2	0.486 5	1	0.798 2	0.486 4	0.826 0	0.927 7
	Σ	2.334 4	2.463 3	2.409 5	2.868 7	2.517 8	2.369 1	2.532 0	2.597 5
	排序	8	5	6	1	4	7	3	2

1)A: 天敌与茶网蝽在数量上的密切指数;B: 天敌与茶网蝽在空间上的密切指数;C: 天敌与茶网蝽在时间上的密切指数; X_1 : 鳞纹肖蛸; X_2 : 锥腹肖蛸; X_3 : 八斑球腹蛛; X_4 : 棕管巢蛛; X_5 : 茶色新圆蛛; X_6 : 三突花蟹蛛; X_7 : 草间小黑蛛; X_8 : 斜纹猫蛛

年数量与锥腹肖蛸数量之比为 0.176 6, 2015 年的比率小于 2016 年, 表明对于锥腹肖蛸而言, 似乎是茶网蝽数量不足, 所以锥腹肖蛸的位次 2015 年高于 2016 年。

2.2 天敌与茶盲蝽在数量、时间、空间关系上密切程度的差异

茶盲蝽与天敌在数量上的关联度见表 3, 与茶盲蝽关联度最大的天敌, 2015 年是八斑球腹蛛, 2016 年是三突花蟹蛛。为了分析天敌与茶盲蝽间的空间关系, 2015 年茶盲蝽选择 4 月 26 日、5 月 10 日、9 月 26 日、10 月 11 日和 11 月 14 日, 2016 年茶盲蝽选择 4 月 11 日、4 月 28 日、5 月 12 日、6 月 29 日和 11 月 2 日, 对茶盲蝽及其 8 种天敌的数据进行地学统计学分析, 半变异函数理论

模型的变程分别列于表 8 和表 9。表 8 中最小的 R^2 为 0.439 0($r=0.662\ 6$, $df=26$ 时, $r_{0.05}=0.374\ 0$, $r_{0.01}=0.478\ 0$), 表 9 中最小的 R^2 为 0.417 5($r=0.646\ 1$), 表明表 8 和表 9 中的理论模型与实际拟合度高。天敌与茶盲蝽在空间上半变异函数理论模型的变程间的关联度见表 5, 2015 年茶盲蝽与天敌之间关联度最大的前 4 位是锥腹肖蛸、三突花蟹蛛、棕管巢蛛和鳞纹肖蛸, 2016 年是草间小黑蛛、三突花蟹蛛、棕管巢蛛和锥腹肖蛸, 前 3 位天敌有 3 位相同, 但位次不全相同。茶盲蝽与天敌在时间上的时间生态位重叠指数也列于表 6, 与茶盲蝽在时间跟随关系密切的第 1 位天敌, 2015 年是八斑球腹蛛, 2016 年是三突花蟹蛛。

表 8 2015 年茶盲蝽与天敌的半变异函数变程和决定系数¹⁾

物种	4月26日		5月10日		9月26日		10月11日		11月14日	
	RSD	R^2	RSD	R^2	RSD	R^2	RSD	R^2	RSD	R^2
Y_2	8.687 5	0.727 2	4.978 1	0.806 3	6.534 9	0.864 7	5.498 1	0.536 9	7.928 9	0.932 3
X_1	5.613 1	0.823 0	8.644 4	0.827 5	4.266 5	0.798 6	6.052 1	0.870 2	7.596 4	0.730 7
X_2	6.521 4	0.829 2	6.135 4	0.727 6	5.692 4	0.858 0	5.235 1	0.775 7	8.246 9	0.552 8
X_3	6.123 4	0.597 9	8.593 2	0.908 1	5.834 2	0.945 1	7.295 7	0.495 1	7.164 8	0.831 1
X_4	8.297 4	0.920 6	7.638 4	0.953 2	8.183 5	0.974 1	6.274 6	0.667 0	6.985 2	0.782 2
X_5	5.799 0	0.842 3	6.415 8	0.865 1	3.685 1	0.821 3	5.342 6	0.740 3	6.002 5	0.486 0
X_6	8.197 2	0.866 4	7.551 8	0.853 2	8.000 1	0.840 1	5.934 9	0.758 8	6.983 5	0.940 7
X_7	7.953 4	0.911 1	12.880 8	0.968 5	4.893 6	0.600 9	5.267 4	0.439 0	7.658 4	0.643 9
X_8			9.022 7	0.853 1	10.619 4	0.914 1	6.089 5	0.954 0	5.478 6	0.741 2

1)RSD: 半变异函数的变程; R^2 : 决定系数; Y_2 : 茶盲蝽; X_1 : 鳞纹肖蛸; X_2 : 锥腹肖蛸; X_3 : 八斑球腹蛛; X_4 : 棕管巢蛛; X_5 : 茶色新圆蛛; X_6 : 三突花蟹蛛; X_7 : 草间小黑蛛; X_8 : 斜纹猫蛛

表 9 2016 年茶盲蝽与天敌的变程和决定系数¹⁾

物种	4月11日		4月28日		5月12日		6月29日		11月2日	
	RSD	R^2	RSD	R^2	RSD	R^2	RSD	R^2	RSD	R^2
Y_2	6.142 5	0.894 0	7.165 4	0.847 7	5.778 5	0.623 2	5.842 1	0.417 5	9.603 5	0.900 7
X_1	5.737 8	0.581 3	6.545 8	0.660 8	8.726 3	0.875 2	8.808 1	0.595 7	6.945 8	0.954 3
X_2	6.218 1	0.636 6	7.246 8	0.446 8	7.068 2	0.772 5	8.732 6	0.874 9	6.012 8	0.974 2
X_3	5.217 9	0.770 7	8.157 6	0.914 3	8.390 8	0.989 9	6.728 8	0.643 0	5.253 5	0.647 4
X_4	6.521 3	0.806 3	8.616 2	0.896 9	7.986 1	0.843 0	7.261 5	0.817 9	8.548 4	0.899 0
X_5	6.024 3	0.914 5	5.965 2	0.745 3	8.304 1	0.981 4	8.153 7	0.859 4	7.912 7	0.776 7
X_6	5.978 2	0.758 8	7.946 2	0.907 4	5.364 1	0.878 7	6.497 2	0.434 5	7.213 6	0.912 1
X_7	6.184 9	0.790 5	6.118 3	0.742 6	5.421 9	0.722 2	6.854 9	0.858 1	8.402 7	0.987 9
X_8	6.864 1	0.966 1	5.126 4	0.900 8			7.943 1	0.842 9	9.352 3	0.531 1

1)RSD: 半变异函数的变程; R^2 : 决定系数; Y_2 : 茶盲蝽; X_1 : 鳞纹肖蛸; X_2 : 锥腹肖蛸; X_3 : 八斑球腹蛛; X_4 : 棕管巢蛛; X_5 : 茶色新圆蛛; X_6 : 三突花蟹蛛; X_7 : 草间小黑蛛; X_8 : 斜纹猫蛛

对天敌在数量、时间、空间上对茶盲蝽跟随关系的密切程度差异进行综合分析, 将分析结果列于表 10。

2015 年与茶盲蝽关系密切的前 4 位天敌是锥腹肖蛸、三突花蟹蛛、鳞纹肖蛸和八斑球腹蛛, 2016 年是三突花蟹蛛、茶色新圆蛛、锥腹肖蛸和草间小黑蛛, 两年综合比较, 前 4 位天敌中有 2 位天

敌相同, 但位次不全相同。2015 年锥腹肖蛸为第 1 位, 茶盲蝽全年数量与锥腹肖蛸数量相比的比率为 0.099 8, 2016 年锥腹肖蛸为第 3 位, 茶盲蝽全年数量与锥腹肖蛸数量之比为 0.182 4, 似乎是 2015 年食饵(茶盲蝽) 数量不足造成锥腹肖蛸与茶盲蝽跟随关系最密切。

表 10 茶盲蝽与天敌在数量、时间、空间上的密切指数¹⁾
Table 10 Close indexes of *Lygus lucorum* and natural enemies in quantity, time and space

年份	项目	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8
2015	A	0.978 1	0.969 1	1	0.947 9	0.959 9	0.963 0	0.969 7	0.985 5
	B	0.786 1	1	0.622 6	0.870 3	0.698 9	0.911 3	0.577 8	0.408 3
	C	0.984 1	0.947 4	1	0.770 9	0.943 9	0.884 5	0.973 0	0.810 6
	Σ	2.748 3	2.916 5	2.622 6	2.589 1	2.602 7	2.758 8	2.520 5	2.204 4
	排序	3	1	4	6	5	2	7	8
2016	A	0.964 5	0.957 8	0.957 4	0.950 4	0.969 2	1	0.953 5	0.945 4
	B	0.799 7	0.894 3	0.804 8	0.949 2	0.839 5	0.967 0	1	0.726 5
	C	0.648 7	0.609 0	0.341 0	0.481 2	0.661 9	1	0.497 2	0.380 8
	Σ	2.412 9	2.461 1	2.103 2	2.380 8	2.470 6	2.967 0	2.450 7	2.052 7
	排序	5	3	7	6	2	1	4	8

1)A: 天敌与茶盲蝽在数量上的密切指数; B: 天敌与茶盲蝽在空间上的密切指数; C: 天敌与茶盲蝽在时间上的密切指数; X_1 : 鳞纹肖蛸; X_2 : 锥腹肖蛸; X_3 : 八斑球腹蛛; X_4 : 棕管巢蛛; X_5 : 茶色新圆蛛; X_6 : 三突花蟹蛛; X_7 : 草间小黑蛛; X_8 : 斜纹猫蛛

3 结论

本研究用灰色关联度及地学统计学和生态位分析法相结合的方法, 研究 ‘白毫早’ 茶园天敌与网蝽类和盲蝽类害虫在数量、时间和空间跟随关系的密切程度及年度间差异。对试验结果进行综合分析, 得到如下结论:

1)2015 年与茶网蝽跟随关系密切的前 4 位天敌是棕管巢蛛、斜纹猫蛛、锥腹肖蛸和茶色新圆蛛, 2016 年前 4 位天敌是棕管巢蛛、斜纹猫蛛、草间小黑蛛和茶色新圆蛛, 两年间前 4 位天敌中有 3 种天敌相同, 且第 1 位、第 2 位、第 4 位天敌完全相同。比较 8 种天敌位次, 两年间位次相异率为 62.5%。

2)2015 年与茶盲蝽跟随关系密切的前 4 位天敌是锥腹肖蛸、三突花蟹蛛、鳞纹肖蛸和八斑球腹蛛, 2016 年前 4 位天敌是三突花蟹蛛、茶色新圆蛛、锥腹肖蛸和草间小黑蛛, 两年间前 4 位天敌中有 2 种天敌相同, 但位次不同。比较 8 种天敌位次, 两年间位次相异率为 87.5%。

由于害虫与天敌间是相互依存、相互制约的关系, 数量关系是天敌与害虫的核心关系, 所以目标害虫数量的变化可影响天敌的数量和行为^[29-30]。

2015 年茶网蝽、茶盲蝽及 8 种天敌与 2016 年相比, 其 t 检验的 t 值依次为 1.349 9、0.663 4、1.724 2、0.530 2、0.930 9、1.510 8、1.074 1、0.215 0、1.539 8 和 0.128 9, $df=31$ 时, $t_{0.05}=2.040 0$, $t_{0.01}=2.750 0$, t 值均小于 $t_{0.05}$, 表明网蝽类、盲蝽类及其 8 种天敌两年间数量上差异不显著。尽管两年间差异不显著, 但是仍有一定差异, 如 2015 年茶网蝽数量为 126 头, 2016 年为 245 头。2015 年锥腹肖蛸处在与茶网蝽关系密切的第 3 位, 茶网蝽数量与锥腹肖蛸数量之比为 0.094 6, 而 2016 年锥腹肖蛸处在与茶网蝽关系密切的第 5 位, 茶网蝽与锥腹肖蛸数量之比为 0.176 6, 2015 年比率小于 2016 年, 表明对于锥腹肖蛸而言, 似乎是 2015 年茶网蝽数量相对不足, 即食饵缺乏引起天敌行为发生变化, 所以锥腹肖蛸的位次 2015 年高于 2016 年。

2015 年茶盲蝽数量为 133 头, 2016 年为 253 头, 2015 年锥腹肖蛸为盲蝽的第 1 位天敌, 茶盲蝽数量与锥腹肖蛸数量之比为 0.099 8, 2016 年锥腹肖蛸是盲蝽的第 3 位天敌, 茶盲蝽与锥腹肖蛸数量之比为 0.182 4, 2015 年小于 2016 年, 表明对于锥腹肖蛸而言, 似乎是 2015 年盲蝽数量相对不

足,引起天敌行为发生变化,所以锥腹肖蛸的位次 2015 年高于 2016 年。

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: 244-250.

[2] 吴平昌, 马良才, 张敏. 茶网蝽口密度调查方法和为害程度的分级[J]. 茶叶通报, 2012, 34(3): 141-143.

[3] 唐美君, 郭华伟, 殷坤山, 等. 茶网蝽卵的形态及其分布[J]. 中国茶叶, 2016(4): 22-23.

[4] 丁丽芬, 马中媛, 吕永康, 等. 普洱市国家主体生态茶园病虫害种类调查[J]. 热带农业科技, 2014, 37(2): 11-14.

[5] 季小明, 韩宝瑜, 余杏生, 等. 太湖洞庭山茶园病虫害及其天敌区系的调查[J]. 湖北农业科学, 2011, 50(11): 2240-2243.

[6] 田忠正. 茶网蝽发生规律与防治技术研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2017: 4.

[7] 王国华, 夏绍涓, 韩宝瑜. 贵州茶园害虫区系考查及优势种演替趋势分析[J]. 安徽农业大学学报, 2010, 37(3): 411-416.

[8] 何忠全, 陈德西, 毛建辉, 等. 四川茶树病虫害种类调查及重大害虫(螨)田间种群数量消长动态研究[J]. 西南农业学报, 2015, 28(6): 2546-2551.

[9] 李红, 于洁, 张求东, 等. 湖北省茶树害虫种类和分布情况调查初报[C]//湖北昆虫学会, 湖南昆虫学会, 河南昆虫学会. 华中三省(湖北、湖南、河南)昆虫学会 2012 年学术年会暨全国白蚁防治学术研讨会论文集. 北京: 中国学术期刊电子出版社, 2012: 161-167.

[10] 刘红敏, 雷福成. 信阳市茶树病虫害种类调查及其名录[J]. 湖北农业科学, 2010, 49(2): 346-348.

[11] 于忠明, 李瑞清, 甘立奎, 等. 5 种杀虫剂防控茶树茶网蝽试验初报[J]. 农药科学与管理, 2016, 37(7): 48-50.

[12] 夏文胜, 刘超, 董立坤, 等. 悬铃木方翅网蝽的发生与生物学特性[J]. 植物保护, 2007, 33(6): 142-145.

[13] 徐玉蕊, 王晓翠, 林雪飞, 等. 杨山酥梨梨网蝽与其天敌关系动态分析[J]. 南京农业大学学报, 2010, 53(3): 71-81.

[14] 胡新民. 溧阳南部主产春季名特茶地区茶树绿盲蝽危害及防治对策[J]. 现代农业科技, 2010(6): 165-166.

[15] 徐德良. 绿盲蝽发生规律及防治[J]. 昆虫知识, 1993,

30(2): 82-84.

[16] 陆宴辉, 曾娟, 姜玉英, 等. 盲蝽类害虫种群密度与危害的调查方法[J]. 应用昆虫学报, 2014, 51(3): 848-852.

[17] 陆宴辉, 吴孔明. 我国棉花盲蝽生物学特性的研究进展[J]. 应用昆虫学报, 2012, 49(3): 578-584.

[18] LU Y H, WU K M, JIANG Y Y, et al. Mirid bug outbreaks in multiple crops correlated with wide-scale adopting of Bt cotton in China[J]. Science, 2010, 328(5982): 1151-1154.

[19] 吴国强, 肖留斌, 谭永安, 等. 绿盲蝽成虫对六种寄主及其挥发物的选择趋势[J]. 应用昆虫学报, 2012, 49(3): 641-647.

[20] 李国平, 封洪强, 黄博, 等. 短时高温暴露对绿盲蝽和中黑盲蝽存活及生殖的影响[J]. 生态学报, 2017, 37(11): 3939-3945.

[21] 段永春. 茶园间作豌豆控制绿盲蝽技术[J]. 中国茶叶, 2016, 11: 22-23.

[22] 仝亚娟, 吴孔明, 高希武. 三突花蟹蛛对绿盲蝽和苜蓿盲蝽的捕食作用[J]. 中国生物防治, 2009, 25(2): 97-101.

[23] 门兴元, 于毅, 张安盛, 等. 不同温度下绿盲蝽实验种群生命表研究[J]. 昆虫学报, 2008, 51(11): 1216-1219.

[24] 陆宴辉. 盲蝽象生态适应性研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2008.

[25] 耿辉辉, 陆宴辉, 杨易众. 绿盲蝽成虫的田间活动规律[J]. 应用昆虫学报, 2012, 49(3): 601-604.

[26] 郭晨茜, 王璇, 杨宇辉, 等. 北京梨园绿盲蝽及其天敌的种群动态[J]. 昆虫学报, 2013, 56(12): 1516-1522.

[27] 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.

[28] 侯景儒, 黄竞先. 地质统计学的理论与方法[M]. 北京: 地质出版社, 1990: 82-102.

[29] 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: 311-326.

[30] 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: 146-149.

【责任编辑 霍 欢】