

DOI: 10.12101/j.issn.1004-390X(n).201801028

中性昆虫蚊虫在不同品种茶园节肢动物群落中的作用和地位*

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

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

摘要:【目的】明确中性昆虫蚊虫在茶园节肢动物群落中的地位和作用, 为茶园害虫综合治理、科学合理地保护和利用自然天敌提供科学依据。【方法】对 2015、2016 年的白毫早茶园和乌牛早茶园及 2014、2015 年安吉白茶茶园蚊虫及主要害虫与 8 种蜘蛛类群的关系进行分析, 用灰色关联度法和时间生态位相似性系数法分析蚊虫及 5 种害虫与蜘蛛类群在数量上和时间上的关系, 利用通径分析法分析蚊虫及 5 种害虫对蜘蛛类群的直接和间接作用, 运用决策系数 $R^2(j)$ 大小判别蚊虫和 5 种害虫对蜘蛛类群的作用大小次序。对上述结果进行标准化处理, 综合评判, 求得与蜘蛛类天敌作用大的前 3 位食饵。【结果】在天敌食饵的数量、发生时间与天敌关系的密切程度上, 第 1 位的食饵是双斑长跗萤叶甲, 第 2 位是蚊虫, 第 3 位是茶蚜。3 种茶园 2 个年度的 $R^2(j)$ 值标准化处理综合分析得出: 对蜘蛛类天敌作用最大的第 1 位食饵是假眼小绿叶蝉, 第 2 位是蓟马, 第 3 位是蚊虫。【结论】由蚊虫作为天敌食饵的地位看出, 蚊虫替代害虫对蜘蛛的生长、繁殖起到很大作用。

关键词: 蚊虫; 5 种害虫; 蜘蛛类群; 灰色关联度; 时间生态位相似性系数; 决策系数 $R^2(j)$
中图分类号: S 476 文献标识码: A 文章编号: 1004-390X (2019) 02-0223-10

Effect and Status of Neutral Insect Mosquitoes on Arthropod Community in Different Tea Plantations

BI Shoudong¹, ZHANG Shuping^{1,2}, YU Yan^{1,2}, LI Shang^{1,2}, WANG Zhenxing^{1,2},
WANG Jianpan^{1,2}, ZHOU Xiaozhi², ZOU Yunding², LIU Feifei^{1,2}, LANG Kun^{1,2}

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

Abstract: [Purpose] In order to clarify the position and function of neutral insects and mosquitoes in arthropod community in tea plantations, this study provided a scientific basis for the scientific and rational protection and utilization of natural enemies in the integrated control of tea plant pests.

[Method] For 2015 and 2016 Baihaozao tea garden and Wuniuzao tea garden and 2014 and 2015 Anjibaicha tea plant mosquitoes and the main plant-eating insects *Brevipalpus obovatus*, *Monolepta hieroglyphica*, *Empoasca vitis*, *Thripidae* and *Toxoptera aurantii* five kinds of pests and eight kinds of spider taxa were analyzed. Gray relational degree method was used to analyze the correlation

收稿日期: 2018-01-19 修回日期: 2018-12-12 网络出版时间: 2019-01-25

*基金项目: 国家自然科学基金项目(30871444); 安徽省自然科学基金项目(11040606M71)。

作者简介: 毕守东(1963—), 男, 安徽合肥人, 博士, 教授, 主要从事昆虫生态学的研究。

E-mail: bishoudong@163.com

网络出版地址: [http://dx.doi.org/10.12101/j.issn.1004-390X\(n\).201801028](http://dx.doi.org/10.12101/j.issn.1004-390X(n).201801028)

between mosquitoes and five pests and spider groups. The method of niche similarity coefficient with time was used to analyze the relationship between mosquitoes and five kinds of insects and spiders that over time. The path analysis was used to analyze the direct and indirect effects of mosquitoes and five kinds of pests on the spider groups. The results are standardized and evaluated synthetically to obtain the first three preys which have a great effect on spider natural enemies. [Result] Dividing the maximum value of each parameter, the normalized ratios of the three varieties in different years were added, and the maximum was the most prevalent or most prey to the spider group. As a result, the number one predator was *M. hieroglyphica*, the second was mosquito and the third was *T. aurantii*. In time, the first prey bait was *M. hieroglyphica*, the second was the mosquito, the third was *T. aurantii*. According to the standardization of $R^2(j)$ values in two years of three kinds of tea gardens, the first prey was *E. vitis*, *Thripidae* was the second, the third place was the mosquito. [Conclusion] This shows that mosquitoes in the replacement of prey living in the main position in the growth and reproduction of spiders played a big role in the replacement.

Keywords: mosquitoes; five pests; spider taxon; gray correlation; time ecology similarity coefficient; decision coefficient $R^2(j)$

生物群落是指在特定时间聚集在一定地域或生境中所有生物种群的集合, 具有一些比种群水平更高层次的群体特征, 具有空间结构、时间结构和营养结构, 营养关系是生物群落中各成员之间最主要的联系, 是群落赖以生存的基础^[1-2]。生态学一般把营养级别不同的不同物种或相同物种的不同发育阶段归并为一个物种对待, 在这种意义上的物种称为营养物种^[3]。生态学理论认为: 系统中没有孤立存在的物种, 每个物种都与其他物种发生直接或间接联系, 这是害虫生态防治的理论依据^[4]。吴进才等^[5]把稻田中既非害虫也非天敌的一类昆虫称作中性昆虫, 且稻田中性昆虫数量占整个群落丰盛度的 20%~60%^[6-7]。中性昆虫主要是双翅目和弹尾目的一些昆虫, 包括摇蚊 (Chironomidae)、水蝇 (Ephydriidae)、毛蠓 (Psychodidae)、蚊科 (Culicidae)、蜉游科 (Ephemeroptera) 和弹尾目类 (Collembola) 等^[8]。研究发现: 在印度尼西亚收集到的 765 个稻田节肢动物中, 中性昆虫中腐蚀性昆虫和食蜉游生物昆虫共 145 种, 占 18.95%, 其中, 食蜉游生物者以蚊类和摇蚊类的幼虫为主, 腐蚀性昆虫则以水蝇和弹尾目为主^[9]; 江苏单晚稻田共有节肢动物 157 种, 其中中性昆虫 21 种, 占物种总数的 13.18%; 杭州双季早稻田有节肢动物 102 种, 中性昆虫 24 种, 占 23.53%; 杭州双季晚稻田有节肢动物 111 种, 中性昆虫 32 种, 占 28.3%。中性昆虫均以蚊

类和弹尾目昆虫及蚊幼虫为代表^[6]。从稻田节肢动物群落总体分析, 中性昆虫不论是总体数量或物种数均在群落中占较大比重。郭玉杰等^[10]研究了稻田中性昆虫的发生特点, 中性昆虫在水稻移栽后的前 60 d 比例最大; 浙江富阳早稻田在移栽后的前 49 d 内, 中性昆虫的比例占总猎物的 80% 以上, 而后迅速下降, 且前期以蚊类为主。蜘蛛可以捕食多种昆虫^[11]。吴进才等^[12]研究了中性昆虫对狼蛛的营养作用表明: 它为中位和顶位物种提供猎物, 通过影响中位和顶位物种对害虫有着间接的调控作用。进一步研究发现: 在水稻生长前期, 害虫数量较少, 而数量庞大的中性昆虫可作为天敌的替代食物^[5-6, 8], 有利于天敌的繁殖和聚集, 形成强大的天敌库, 从而使天敌的建群过程摆脱对害虫的依赖; 水稻生长的中后期是防治害虫的关键时期, 充分发挥和强化该时期天敌的自然控制作用是害虫综合治理 (integrated pest management, IPM) 的重点。大多数捕食性天敌表现为多食性, 在多猎物共存时表现一定程度的随机捕食, 这时中性昆虫的存在分摊了天敌的食物份额, 削弱天敌对害虫的集中控制作用, 出现了分散控制, 使一些害虫逃脱天敌的控制而猖獗^[13]。已有研究多是对茶园节肢动物群落中中性昆虫亚群落的数量动态进行研究^[14-21], 但只对中性昆虫蚊虫在茶园节肢动物群落中的作用未见报道。本研究分析中性昆虫蚊虫类在白毫早

茶园、乌牛早茶园和安吉白茶茶园节肢动物群落中的地位 and 作用, 以期为茶园害虫综合防治策略的制定提供科学依据。

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、乌牛早和安吉白茶, 茶园面积各为 0.2 hm²。白毫早和乌牛早调查时间为 2015 年 3 月 28 日—11 月 14 日、2016 年 3 月 27 日—11 月 17 日, 约 15 d 调查 1 次, 2015 年调查 17 次, 2016 年调查 16 次。安吉白茶调查时间为 2014 年 4 月 1 日—12 月 2 日、2015 年 3 月 28 日—11 月 14 日, 约 15 d 调查 1 次, 2014 年调查 18 次, 2015 年调查 17 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, 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和个体数; 然后用沾有洗衣粉水溶液的搪瓷盘对样方中的所有枝条进行盘拍 (搪瓷盘口长为 40 cm, 宽 30 cm, 洗衣粉水溶液浓度为 1 000 倍), 调查记录害虫及其天敌物种数和个体数。对于不能准确鉴定的物种样本进行编号保存, 装瓶带回室内鉴定。

1.3 数学分析方法

1.3.1 蚊虫与 5 种害虫和天敌在数量上的灰色关联度分析

用灰色关联度方法^[22], 将蚊虫与 5 种害虫及其天敌分别看作 1 个本征系统, 天敌 Y 作为参照序列, 蚊虫与 5 种害虫 X_i 作为比较序列, 不同时间上的天敌与蚊虫和 5 种害虫在 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 $R(Y_i, X_i) = \frac{1}{n} \sum r_{ij}(k)$ 求蚊虫与 5 种害虫 (X_i) 与天敌 Y 数量间的关联度, r_{ij} 为关联系数, 其公式为

$$r_{ij} = \frac{\min \min |Y_i(k) - X_i(k)| + \rho \max \max |Y_i(k) - X_i(k)|}{|Y_i(k) - X_i(k)| + \rho \max \max |Y_i(k) - X_i(k)|}$$

关联度值越大, 表明天敌在数量上与蚊虫或 5 种害虫中某害虫的跟随关系越密切。

1.3.2 天敌与蚊虫和 5 种害虫在发生时间上的跟随关系

将蚊虫、5 种害虫和天敌的时间生态位相似性系数作为比较天敌与蚊虫、5 种害虫时间上跟随关系密切程度的一个度量指标, 相似性系数越大, 天敌在时间上对蚊虫或 5 种害虫中的某害虫跟随关系越密切。

时间生态位测度的指标公式采用 Morista-Horn 指数, 测定生态位相似性 Morista 指数的简化公式为^[23]

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

式中, C_H 为简化 Morista 种类 k 对种类 j 的生态位相似性系数; 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。

1.3.3 蚊虫和 5 种害虫对天敌作用的通径分析

通径分析^[16]测定的是两变量间的相互关系, 从而得出自变量对结果的影响。利用决定系数 $R^2(j)$ 评价 X_j 对 Y 的重要性进行排序, 袁志发等^[24]提出了 $R^2(j) = R_j^2 + \sum 2b_j^* r_{ik} b_k^*$ 公式, 式中 $R_j^2 = b_j^{*2}$, b_j^* 和 b_k^* 为 X_j 和 X_k 因子对 Y 的直接作用系数, $r_{ik} b_k^*$ 是 X_j 通过其他的变量 X_k 对 Y 的间接影响, $R^2(j)$ 值越大, X_j 对 Y 的作用越大。

1.3.4 蚊虫及 5 种害虫与天敌关系的综合分析

将蜘蛛类群与蚊虫及 5 种害虫在数量和时间上的关联度和时间生态位相似性系数及 $R^2(j)$ 除以各自参数的最大值, 然后把相应品种茶园和年度的标准化值相加, 值最大者就是在某一方面第 1 位的食饵。

2 结果与分析

2.1 蚊虫和 5 种害虫及其天敌的种群动态

由表 1 可知: 白毫早和乌牛早茶园年度间的总群落个体数相差不大, 只有安吉白茶茶园 2014 年和 2015 年的个体数差别较大。

由表 2 可知: 8 种蜘蛛数量占捕食类天敌的 56.09%~83.67%, 5 种害虫占植食类昆虫的 77.96%~92.78%, 蚊虫与植食性昆虫之比为 0.113 2~0.397 7, 故选用 8 种蜘蛛与包括中性昆虫在内的 6 种食饵的关系作为研究对象。

表 1 3 种茶园节肢动物群落及亚群落结构
Tab. 1 Arthropod community and its subcommunity structure in three tea plantations

茶园 tea garden	年份 year	总群落 total community				植食类亚群落 phytophagous subcommunity				捕食类亚群落 predatory subcommunity				中性—寄生亚群落 neutral parasitic subcommunity			
		个体数 individual number	物种数 species number	所属 目数 heading number of sections	所属 科数 number of sections	个体数 individual number	物种数 species number	所属 目数 heading number of sections	所属 科数 number of sections	个体数 individual number	物种数 species number	所属 目数 heading number of sections	所属 科数 number of sections	个体数 individual number	物种数 species number	所属 目数 heading number of sections	所属 科数 number of sections
白毫早 Baihaozao	2015	18 180	92	21	53	8 085	39	9	26	6 111	42	7	18	3 984	11	5	9
	2016	19 249	72	21	53	8 800	31	9	23	6 045	31	6	16	4 404	10	5	9
乌牛早 Wuniuzao	2015	23 604	78	16	53	9 682	32	8	26	7 374	37	6	18	3 444	9	4	9
	2016	22 547	85	17	54	11 657	37	8	26	5 002	40	8	20	5 888	8	3	8
安吉白茶 Anjibaicha	2014	18 109	85	16	58	10 178	36	10	31	5 471	35	7	18	2 460	10	4	9
	2015	13 862	84	16	57	6 700	37	10	31	4 787	37	7	17	2 375	10	4	9

表 2 8 种蜘蛛、5 种害虫及蚊虫数量和比例

茶园 tea garden	年份 year	8 种蜘蛛个体总数 spider individual total		占捕食性天敌比例/% percentage		5 种害虫个体数 pest individual number		占植食性昆虫比例/% percentage		蚊虫个体数 mosquito individual number		与植食性昆虫之比 ratio to phytophagous insects	
		8 种蜘蛛个体总数 spider individual total	占捕食性天敌比例/% percentage	5 种害虫个体数 pest individual number	占植食性昆虫比例/% percentage	蚊虫个体数 mosquito individual number	与植食性昆虫之比 ratio to phytophagous insects						
白毫早 Baihaozao	2015	4 799	78.54	6 303	77.96	1 191	0.147 3						
	2016	4 390	72.63	7 033	79.80	3 263	0.370 2						
乌牛早 Wuniuzao	2015	6 170	83.67	11 390	89.61	1 440	0.113 2						
	2016	4 037	80.72	10 036	86.09	4 636	0.397 7						
安吉白茶 Anjibaicha	2014	3 070	56.09	9 451	92.78	1 146	0.397 7						
	2015	3 103	64.81	6 209	89.67	790	0.117 9						

注: 8 种蜘蛛 (指全年个体总数大于 126 头的蜘蛛, 即数量最多的前 8 位蜘蛛): 鳞纹肖蛸、锥腹肖蛸、八斑球腹蛛、棕管巢蛛、茶色新圆蛛、三突花蟹蛛、草间小黑蛛和斜纹猫蛛。5 种害虫 (指全年个体数量居于害虫数量前 5 位的害虫): 卵形短须须蛾、双斑长跗茧叶甲、假眼小绿叶蝉、蓟马和茶蚜。
 Note: 8 species of spiders (a spider with a total number of more than 126 in the year, that is, the top 8 spiders in the largest number): *Tetragnatha squamata*, *Tetragnatha maxillosa*, *Theridion octomaculatum*, *Clubiona japonicola*, *Neoscona theisi*, *Misumenops tricuspidatus*, *Erigonidium graminicolum* and *Oxyopes sertatus*. 5 species of pests (refers to the annual number of individuals in the top 5 pest number of pests): *Brevipalpus obovatus*, *Monolepta hieroglyphica*, *Empoasca vitis*, *Thripidae* and *Toxoptera aurantii*.

由图 1~3 可知: 8 种蜘蛛在 3—4 月数量特别多, 蚊虫和卵形短须螨数量多, 而其他害虫数量却极少, 卵形短须螨虽数量较多但个体小, 这个时段的蚊虫数量较多, 蚊虫作为天敌的替代食饵, 对天敌的繁衍、扩大种群起到了重要的作用, 10—11 月蚊虫数量再次增多, 可能干扰天敌对害虫的控制作用。

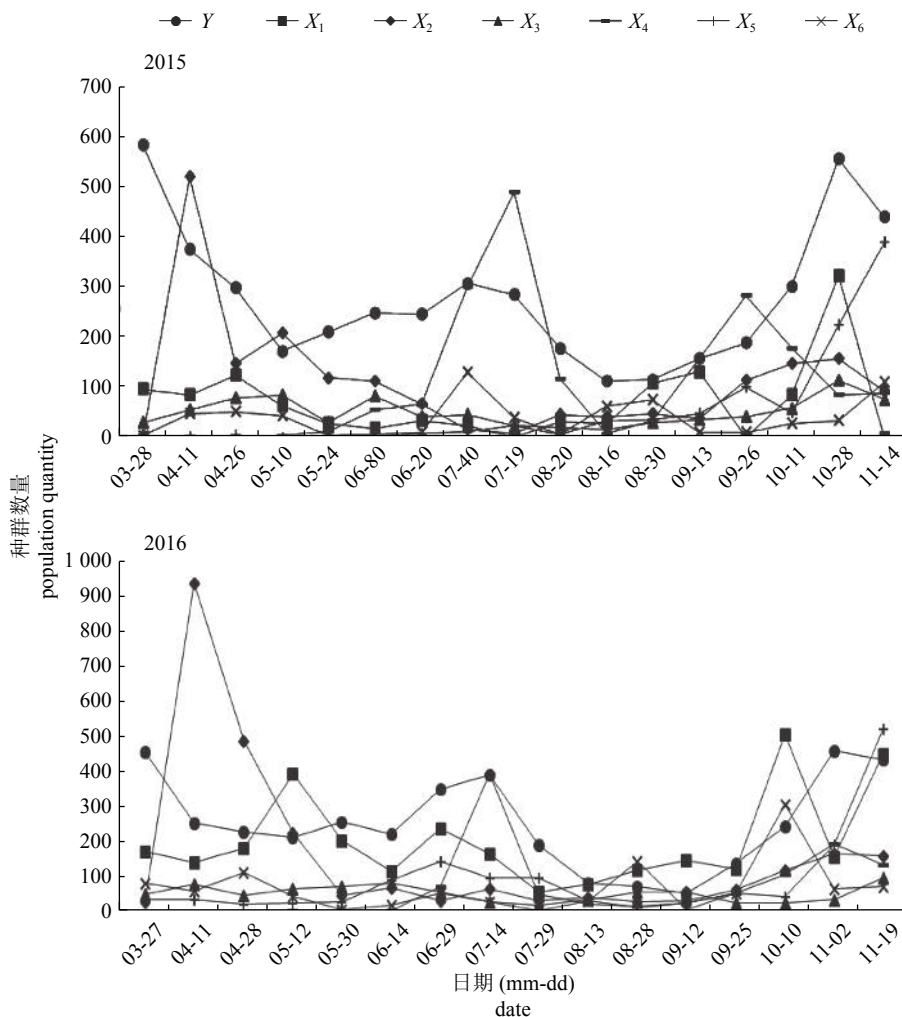
2.2 蚊虫和 5 种害虫与天敌之间在数量上的关联度

由表 3 可知: 白毫早茶园 2015 年蚊虫 (X_1) 居于第 3 位, 2016 年居于第 1 位, 乌牛早茶园 2015 年和 2016 年蚊虫均居于第 1 位, 表明上述两个茶园蚊虫类与天敌在数量上关系密切。安吉白茶茶园 2014 年蚊虫居于第 2 位, 2015 年蚊虫

居于第 4 位。综合评判, 按照标准化值之和来比较, 蚊虫位于第 2 位, 表明蚊虫在数量上与蜘蛛类关系非常密切。

2.3 蚊虫类和 5 种害虫在时间与天敌之间的关系

由表 4 可知: 白毫早茶园蚊虫类 (X_1) 2015 年居于第 4 位, 2016 年居于第 1 位; 乌牛早茶园蚊虫 2015 年居于第 1 位, 2016 年居于第 2 位; 安吉白茶茶园 2014 年蚊虫居于第 2 位, 2015 年居于第 3 位。按照时间生态位相似系数标准化值之和比较, 蚊虫在时间与天敌的密切关系居于第 2 位。蚊虫作为食饵的替代作用时间主要是春季, 春季害虫数量极少, 蚊虫数量多, 白毫早茶园 2015 年和 2016 年蚊虫占全年数量的 31.26%



注: Y. 蜘蛛; X_1 . 蚊虫; X_2 . 卵形短须螨; X_3 . 双斑长跗蚱叶甲; X_4 . 假眼小绿叶蝉; X_5 . 蓟马; X_6 . 茶蚜; 下同。

Note: Y. spider; X_1 . mosquito; X_2 . *Brevipalpus obovatus*; X_3 . *Monolepta hieroglyphica*; X_4 . *Empoasca vitis*; X_5 . *Thripidae*; X_6 . *Toxoptera aurantii*; the same as below.

图 1 2015 和 2016 年白毫早茶园害虫及其天敌种群动态

Fig. 1 Population dynamics of the pests and their natural enemies in the Baihaozao tea garden (2015 and 2016)

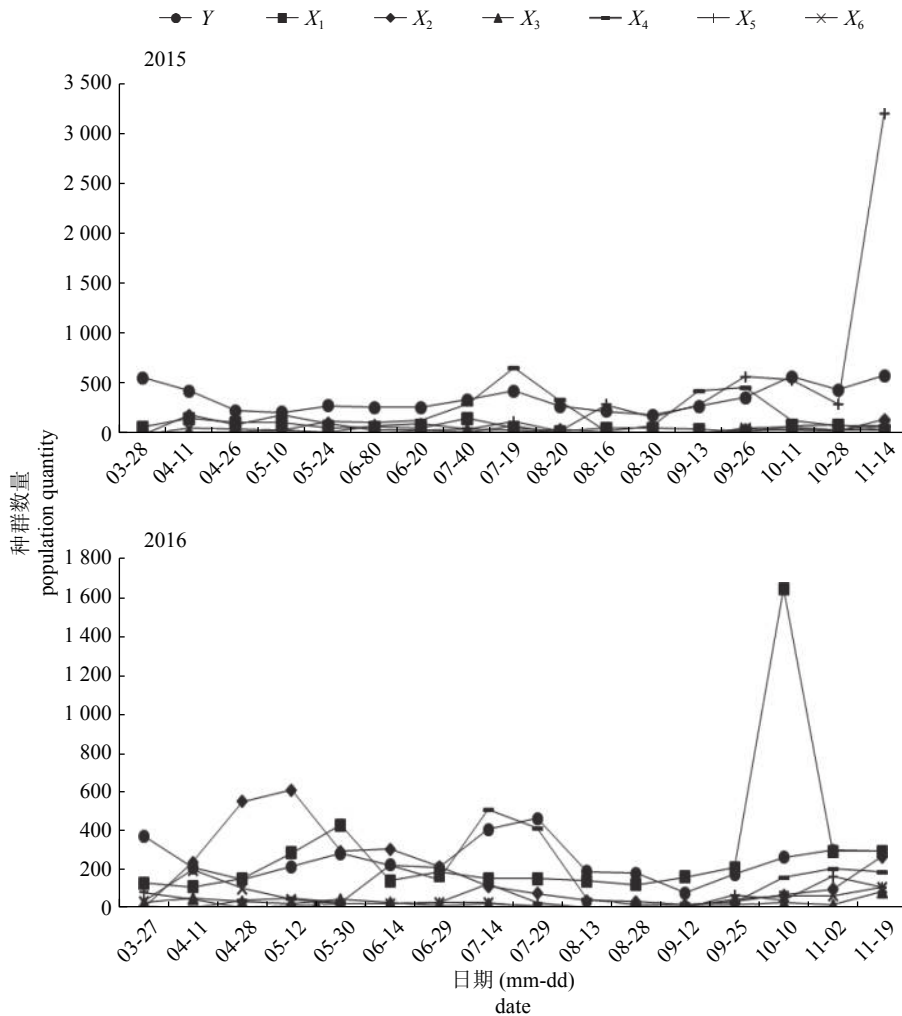


图 2 2015 和 2016 年乌牛早茶园害虫及其天敌种群动态

Fig. 2 Population dynamics of the pests and their natural enemies in the Wuniuzao tea garden (2015 and 2016)

和 33.52%，乌牛早茶园为 24.17% 和 24.12%，2014 年和 2015 年安吉白茶茶园蚊虫占全年数量的 11.43% 和 36.71%。春季天敌数量较丰富，白毫早茶园 2015 年和 2016 年春季的数量占全年的 29.90% 和 35.18%，乌牛早茶园为 24.17% 和 30.64%，安吉白茶茶园 2014 年和 2015 年春季天敌数量占全年的 13.88% 和 32.10%。这段时间天敌数量多，需要大量食饵，但害虫数量极少，蚊虫充分发挥了替代食饵的作用。

2.4 蚊虫和 5 种害虫对天敌作用的通径分析

2.4.1 白毫早茶园蚊虫和 5 种害虫对天敌作用的通径分析

由表 5 可知：2015 年蚊虫对天敌的直接作用为 0.307 1，居于食饵中的第 2 位，通过双斑长跗萤叶甲和蓟马的间接作用分别为 0.078 4 和 0.059 5，居于第 1 位和第 2 位。根据 $R^2(j)$ 的大小

判断，蚊虫对天敌的作用居于第 1 位，蓟马和双斑长跗萤叶甲居于第 2 位和第 3 位。2016 年蚊虫对天敌的直接作用为 0.109 7，居于第 4 位，通过蓟马的间接作用为 0.141 2，居于第 1 位。根据 $R^2(j)$ 的大小判断，蚊虫对天敌的作用居于第 3 位。

2.4.2 乌牛早茶园蚊虫和 5 种害虫对天敌作用的通径分析

由表 6 可知：2015 年蚊虫对天敌的直接作用为 0.073 9，居于食饵中的第 4 位，通过茶蚜和假眼小绿叶蝉的间接作用分别为 0.103 8 和 0.100 6，居于第 1 位和第 2 位。2016 年蚊虫对天敌的直接作用为 -0.003 9，居于第 4 位，通过双斑长跗萤叶甲和假眼小绿叶蝉的间接作用为 0.037 2 和 0.021 8，居于第 1 位和第 2 位。根据 $R^2(j)$ 的大小判断，蚊虫对天敌的作用居于第 6 位。

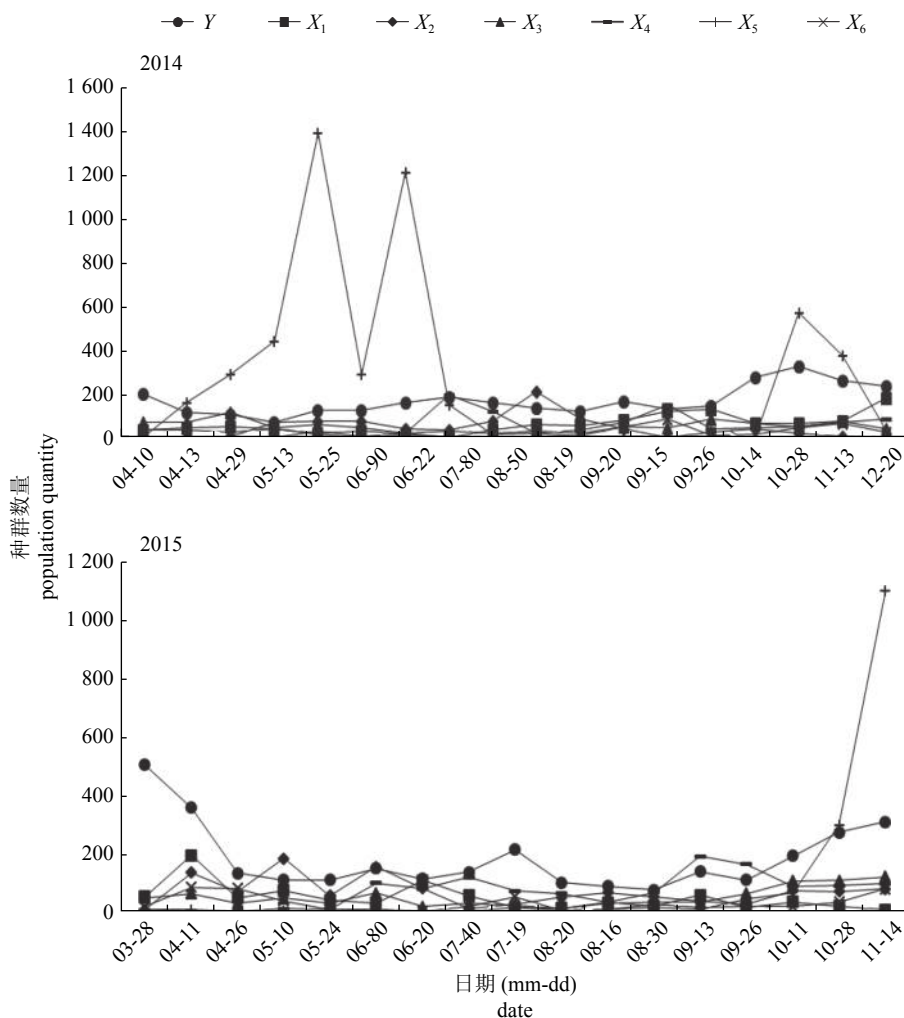


图 3 2014 和 2015 年安吉白茶茶园害虫及其天敌种群动态

Fig. 3 Population dynamics of the pests and their natural enemies in the Anjibaicha tea garden (2014 and 2015)

表 3 3 种茶园 5 种食饵与蜘蛛类群数量上关联度的标准化值

Tab. 3 The standardized values of the correlations of the numbers of five kinds of prey and spider groups in three types of tea plantations

品种 varieties	年份 year	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6
白毫早 Baihaozao	2015	0.925 3	0.942 7	1	0.877 2	0.875 4	0.914 3
	2016	1	0.931 1	0.991 8	0.950 1	0.991 3	0.943 7
乌牛早 Wuniuzao	2015	1	0.962 3	0.994 5	0.948 0	0.944 5	0.973 6
	2016	1	0.929 2	0.990 3	0.967 2	0.962 6	0.954 8
安吉白茶 Anjibaicha	2014	0.977 7	0.898 6	1	0.944 2	0.882 2	0.946 3
	2015	0.972 5	0.985 6	1	0.966 2	0.929 1	0.980 8
总和 sum		5.875 5	5.649 5	5.976 6	5.652 9	5.585 1	5.713 5

注: X_1 . 蚊虫; X_2 . 卵形短须螨; X_3 . 双斑长跗萤叶甲; X_4 . 假眼小绿叶蝉; X_5 . 蓟马; X_6 . 茶蚜; 下同。

Note: X_1 . mosquito; X_2 . *Brevipalpus obovatus*; X_3 . *Monolepta hieroglyphica*; X_4 . *Empoasca vitis*; X_5 . *Thripidae*; X_6 . *Toxoptera aurantii*; the same as below.

2.4.3 安吉白茶茶园蚊虫和 5 种害虫对天敌作用的通径分析

由表 7 可知: 2014 年蚊虫对天敌的直接作用为 0.198 1, 居于食饵中的第 1 位, 通过卵形短须

螨 (X_2) 的间接作用为 0.076 3, 居于第 1 位。根据 $R^2(j)$ 的大小判断, 蚊虫对天敌的作用居于第 3 位。2015 年蚊虫对天敌的直接作用为 0.476 6, 居于食饵中的第 2 位, 通过蓟马 (X_5) 的间接作用

表 4 3 种茶园不同年份蚊虫和 5 种害虫与蜘蛛类群在时间生态位相似性的标准化值

Tab. 4 Normalized values of niche similarity in time among mosquitoes and five pests and spider groups in three types of tea plantations

品种 varieties	年份 year	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6
白毫早 Baihaozao	2015	0.859 4	0.877	1	0.760 5	0.702 1	0.865 6
	2016	1	0.833 3	0.992 4	0.809 2	0.949 6	0.886 9
乌牛早 Wuniuzao	2015	1	0.9	0.979 8	0.863 5	0.714 7	0.937 2
	2016	0.954 4	0.887	1	0.947 7	0.945 2	0.901 2
安吉白茶 Anjibaicha	2014	0.974 3	0.806 1	1	0.875 8	0.684 5	0.922 6
	2015	0.917 4	0.905 9	1	0.814 8	0.55	0.934 3
总和 sum		5.705 5	5.209 3	5.972 2	5.071 5	4.546 1	5.447 8

表 5 白毫早茶园蚊虫和 5 种害虫对天敌作用的通径分析

Tab. 5 Path analysis of effects of mosquitoes and five pests on natural enemies in the Baihaozao tea garden

年份 year	主成分 main index	直接作用 (b_j^*) direct effect	间接作用 ($r_{jk}b_k^*$) indirect effect						X_j 对 Y 的总作用 Σ	$R^2(j)$
			X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6		
2015	X_1	0.307 1		0.014 2	0.078 4	-0.022 9	0.059 5	0.005	0.441 3	0.112 7
	X_2	0.075 6	0.057 6		0.060 5	-0.028 3	-0.011	0.001	0.155 4	0.006 2
	X_3	0.150 1	0.160 4	0.030 5		-0.019 3	0.140 5	-0.006 8	0.455 4	0.035 7
	X_4	0.079 9	-0.088	-0.026 8	-0.036 2		0.018 8	-0.007 3	-0.059 6	0.007 6
	X_5	0.321 8	0.056 8	-0.002 6	0.065 6	0.004 7		-0.020 4	0.425 8	0.104 2
	X_6	-0.051 7	-0.029 9	-0.001 5	0.019 8	0.011 3	0.127 1		0.075	0.002 7
2016	X_1	0.109 7		0.004 4	0.019 7	0.056 2	0.141 2	-0.005 6	0.325 6	0.028 1
	X_2	0.136 3	0.003 5		0.022 7	-0.075 6	-0.024 3	-0.000 9	0.061 8	0.008 4
	X_3	0.074 4	0.029	0.041 6		-0.131	0.135 2	0.002 1	0.151 3	0.004 4
	X_4	0.407 4	0.015 2	-0.025 3	-0.023 9		0.126 8	-0.000 2	0.499 9	0.200 9
	X_5	0.338 5	0.045 8	-0.009 8	0.029 7	0.152 6		0.000 6	0.557 4	0.114 6
	X_6	-0.009 6	0.063 4	0.012 3	-0.016	0.009 5	-0.021 9		0.037 7	0.000 09

表 6 乌牛早茶园蚊虫和 5 种害虫对天敌作用的通径分析

Tab. 6 Path analysis of effects of mosquitoes and five pests on natural enemies in the Wuniuzao tea garden

年份 year	主成分 main index	直接作用 (b_j^*) direct effect	间接作用 ($r_{jk}b_k^*$) indirect effect						X_j 对 Y 的总作用 Σ	$R^2(j)$
			X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6		
2015	X_1	0.073 9		-0.183 5	0.009 4	0.100 6	-0.109	0.103 8	-0.004 7	0.022 1
	X_2	-0.500 6	0.027 1		0.000 6	0.118 8	0.083 8	0.288 5	0.018 2	0.064 4
	X_3	0.087 1	0.007 9	-0.003 3		-0.004 1	-0.002 2	-0.016 8	0.068 7	0.005 7
	X_4	-0.29	-0.025 7	0.205	0.001 2		-0.013 3	0.124 5	0.001 8	0.038 1
	X_5	0.317 1	-0.025 4	-0.132 4	-0.000 6	0.012 2		0.344 8	0.515 7	0.247 5
	X_6	0.671 8	0.011 4	-0.215	-0.002 2	-0.053 8	0.162 8		0.575	0.451 3
2016	X_1	-0.003 9		0.012 9	0.037 2	0.021 8	0.002 8	-0.016 6	0.054 2	-0.000 2
	X_2	-0.147 5	0.000 3		0.137 1	-0.067 3	-0.047 7	-0.077 2	-0.202 2	0.017 5
	X_3	0.330 5	-0.000 4	-0.061 2		-0.014 1	0.058 5	-0.139 2	0.174 1	0.131 3
	X_4	0.570 9	-0.000 1	0.017 4	-0.008 1		0.084 4	0.044 2	0.708 6	0.333 4
	X_5	0.191 8	-0.000 1	0.036 7	0.100 8	0.251 3		-0.055 6	0.524 9	0.041 4
	X_6	-0.217 5	-0.000 3	-0.052 3	0.211 6	-0.116 1	0.049 1		-0.125 5	0.047 3

为 0.141 7, 居于第 1 位, 根据 $R^2(j)$ 的大小判断, 蚊虫对天敌的作用居于第 3 位。

将 3 种茶园 6 个样次的 $R^2(j)$ 进行标准化处理 (表 8), 根据 $R^2(j)$ 标准化值之和比较: 蚊虫 (x_1) 对蜘蛛类天敌的作用排在 6 种食饵中的第 3 位, 表明蚊虫对天敌的生长和繁育起了很大作用。

2.5 蚊虫类群的数量动态

对 2015 年与 2016 的年度间蚊虫数量进行 t 检验, 白毫早茶园两年间的 t 值为 3.565 1, $df=31$ 时 $t_{0.01}=2.744$, 2016 年极显著多于 2015 年; 乌牛早茶园两年间的 t 值为 2.258 0, $df=31$, $t > t_{0.05}$, 2016 年显著多于 2015 年。安吉白茶茶园 2014、2015 年两年间的 t 值为 0.954 4, $df=33$ 时 $t_{0.05}=2.039$, 两年间差异不显著。2015 年 3 个茶树品种间蚊虫数量的差异性分析结果显示: 白毫早与乌牛早间的 t 值为 0.677 6, 白毫早与安吉白茶间的 t 值为 0.295 0, 乌牛早与安吉白茶的 t 值

为 1.465 3, t 值均小于 $t_{0.05}$ (2.036) 的值, 差异不显著。另外, 2016 年白毫早与乌牛早间的 t 值为 0.924 2, $t < t_{0.05}$ 差异不显著, 表明茶树品种间和年度间蚊虫数量差异均不显著。

3 讨论

在 6 种食饵中, 蚊虫与蜘蛛类在数量关系密切程度排序中居于第 2 位, 与蜘蛛类在发生时间关系密切程度排序中也居于第 2 位。综合分析蚊虫与蜘蛛类的关系, 通径分析得到的结果是蚊虫对蜘蛛类群的作用居于前 3 位, 特别是春季害虫数量极少时, 蚊虫的替代作用有利于天敌的繁殖和聚集, 形成强大的天敌库, 使天敌的建群过程摆脱对害虫的依赖, 对整个茶园节肢动物群落形成和发展起到关键作用, 这是蚊虫作用的关键所在。本研究结果与郭玉杰等^[10]报道的中性昆虫在稻田节肢动物群落中作为捕食者营养桥梁作用的

表 7 安吉白茶茶园蚊虫和 5 种害虫对天敌作用的通径分析

Tab. 7 Path analysis of effects of mosquitoes and five pests on natural enemies in the Anjibaicha tea garden

年份 year	主成分 main index	直接作用 (b_j^*) direct effect	间接作用 ($r_{jk}b_k^*$) indirect effect						X_j 对 Y 的总作用 Σ	$R^2(j)$
			X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6		
2014	X_1	0.198 1		0.076 3	-0.005 7	0.032	-0.025 6	-0.016 9	0.258 2	0.033 2
	X_2	-0.272 7	-0.055 4		0.018 6	-0.031 1	0.001 2	0.024 5	-0.314 9	0.078 6
	X_3	-0.040 9	0.027 7	0.124 3		-0.074	-0.002 3	-0.012	0.022 8	0.002 8
	X_4	0.193 4	0.032 8	0.043 9	0.015 7		-0.015 7	-0.006 8	0.263 3	0.037 1
	X_5	0.063 6	-0.079 8	-0.005 3	0.001 5	-0.047 7		0.004 1	-0.063 6	0.004 1
	X_6	-0.045 1	0.074 3	0.148	-0.010 9	0.029 2	-0.005 8		0.189 7	0.002 1
2015	X_1	0.476 6		-0.240 2	-0.082 6	0.141 7	-0.032 3	-0.002 3	0.260 9	0.251 9
	X_2	-0.592 1	0.193 4		0.158 5	0.135 9	0.004 8	-0.001 8	-0.101 3	0.295 2
	X_3	0.648 4	-0.060 7	-0.144 7		-0.072 7	0.078 4	-0.002 5	0.446 2	0.471 4
	X_4	-0.416 4	-0.162 1	0.193 3	0.113 2		0.019 7	0.002 4	-0.249 9	0.171 5
	X_5	0.115 2	-0.133 8	-0.024 6	0.441 4	-0.071 1		-0.003 4	0.323 7	0.013 3
	X_6	-0.007 6	0.142 1	-0.138 9	0.216 1	0.133 4	0.051 3		0.396 4	0.000 06

表 8 3 种茶园不同年份决策系数 $R^2(j)$ 的标准化值

Tab. 8 Standardized values of the decision-making coefficient $R^2(j)$ in different years for three types of tea plantations

品种 varieties	年份 year	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6
白毫早 Baihaozao	2015	1	0.055	0.316 8	0.067 4	0.924 6	0.024
	2016	0.139 9	0.041 8	0.021 9	1	0.570 4	0.000 4
乌牛早 Wuniuzao	2015	0.049	0.142 7	0.012 6	0.084 4	0.548 4	1
	2016	-0.000 6	0.052 5	0.393 8	1	0.124 2	0.141 9
安吉白茶 Anjibaicha	2014	0.422 4	1	0.035 6	0.472	0.052 2	0.026 7
	2015	0.534 4	0.626 2	1	0.363 8	0.028 2	0.000 1
总和 sum		2.145 1	1.918 2	1.780 7	2.987 6	2.248	1.193 1

结论是一致的。关于专门论述农田、果园、森林等的中性昆虫在节肢动物群落中的作用和地位的研究论文极少,在茶园方面的此类研究也未见报道。尤其是茶叶作为主要饮品禁用或少用化学农药,依靠天敌持续控制害虫,蚊虫对天敌建群的关键作用显得更重要。害虫防治和植物保护工作者不能只关注害虫的数量,也要关注天敌的种类和数量,更要关注与天敌数量有关的其他因子,如影响天敌数量的替代食饵数量、抑制天敌数量增长的生物、物理和化学因素等。中性昆虫主要包括双翅目和弹尾目的一些昆虫,蚊虫类是重要的中性昆虫。因此对中性昆虫的食饵替代作用要逐步研究到物种,明确每种中性昆虫的作用,这样可以有针对性的利用这些中性昆虫,促进害虫综合治理工作向纵深发展。

[参考文献]

- [1] 赵志模,郭依泉.群落生态学原理与方法[M].重庆:科学技术文献出版社重庆分社,1990.
- [2] 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.
- [3] COHEN J E, BRIAND F, NEWMAN C M. Community food webs: data and theory[M]. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 1990.
- [4] 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.
- [5] 吴进才,胡国文,唐健,等.稻田中性昆虫对群落食物网的调控作用[J].生态学报,1994,14(4): 381. DOI: 10.3321/j.issn:1000-0933.1994.04.015.
- [6] 吴进才,胡国文,唐健,等.稻田节肢动物群落营养物种的初步研究[J].农业科学集刊,1993(1): 234.
- [7] 吴进才,郭玉杰,束兆林,等.稻田节肢动物群落不同取样方法的比较[J].昆虫知识,1993,30(3): 182.
- [8] SETTLE W H, ARIAWAN H, ASTUTI E T. Managing tropical rice pests through conservation of generalist natural enemies and alternative prey[J]. Ecology, 1996, 77(7): 1975. DOI: 10.2307/2265694.
- [9] REISSIG W H, HEINRICHS E A, LITSINGER J A, et al. Illustrated guide to integrated pest management in rice in tropical Asia[M]. Los Baños: International Rice Research Institute, 1986.
- [10] 郭玉杰,王念英,蒋金炜,等.中性昆虫在稻田节肢动物群落中作为捕食者营养桥梁作用的研究[J].中国生物防治,1995,11(1): 5.
- [11] 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. DOI: 10.5846/stxb201112171926.
- [12] 吴进才,徐建祥,程遐年.蚊幼对狼蛛的营养作用研究[J].生态学报,1997,17(3): 292. DOI: 10.3321/j.issn:1000-0933.1997.03.012.
- [13] 徐建祥,吴进才.综论稻田生态系统中性昆虫的意义及其调控[J].生态学杂志,1999,18(5): 41. DOI: 10.3321/j.issn:1000-4890.1999.05.008.
- [14] 李慧玲,郭剑雄,张辉,等.茶园间不同绿肥对节肢动物群落结构和多样性的影响[J].应用昆虫学报,2016,53(3): 545. DOI: 10.7679/j.issn.2095-1353.2016.070.
- [15] 刘晨,陈国华,唐嘉义,等.不同茶园昆虫群落结构及稳定性分析[J].云南农业大学学报(自然科学),2010,25(6): 786. DOI: 10.3969/j.issn.1004-390X.2010.06.006.
- [16] 邹武,林瑾,林乃铨.福州茶园节肢动物群落季节消长研究[J].华东昆虫学报,2008,17(4): 277.
- [17] 王昀,陈亦然,张勇,等.黄板防治和化学防治下茶园节肢动物群落结构的比较[J].安徽农业大学学报,2017,44(4): 553. DOI: 10.13610/j.cnki.1672-352x.20170811.025.
- [18] 陈李林.茶园节肢动物类群多样性恢复和害虫持续控制[D].福州:福建农林大学,2011.
- [19] 陈起英.茶园节肢动物群落结构、动态及其数字模型[D].福州:福建农林大学,2004.
- [20] 季小明,王梦馨,江丽容,等.太湖洞庭山十种茶果间作茶园节肢动物群落组成的异同性[J].应用昆虫学报,2011,48(5): 1471. DOI: 10.7679/j.issn.2095-1353.2011.231.
- [21] 吴满霞.茶园间作增进生物多样性和提升茶叶品质的研究[D].杭州:中国农业科学院茶叶研究所,2010.
- [22] 邓聚龙.灰色系统理论教程[M].武汉:华中科技大学出版社,1990.
- [23] 唐启义.DPS数据处理系统[M].2版.北京:科学出版社,2010.
- [24] 袁志发,周静芊.多元统计分析[M].北京:科学出版社,2002.

责任编辑:何馨成