

与两种茶树害虫数量关系上密切的优势种天敌分析

王国庆¹, 徐悦², 毕守东², 邹运鼎¹, 周夏芝^{1*}

(1. 安徽农业大学林学与园林学院, 合肥 230036; 2. 安徽农业大学信息与人工智能学院, 合肥 230036)

摘要: 为明确天敌与害虫在数量关系上的密切程度, 利用灰色关联度法与关联度序号之和相结合的方法研究2021年和2022年天敌与毛股沟臀叶甲(*Colaspoides femoralis*)、茶尺蠖(*Ectropis obliqua*)数量关系的密切程度。综合6种茶园研究结果表明, 2021年与毛股沟臀叶甲数量关系密切的前四位天敌是鞍型花蟹蛛(*Xysticus ephippiafusus*)、八点球腹蛛(*Theridion octomaculatum*)、斜纹猫蛛(*Oxyopes sertatus*)和三突花蟹蛛(*Misumenops tricuspoidatus*); 2022年是斜纹猫蛛、鳞纹肖蛸(*Tetragnatha squamata*)、棕管巢蛛(*Clubiona japonicola*)和八点球腹蛛, 同2021年有两种相同天敌。综合两年研究结果, 与毛股沟臀叶甲数量关系密切的前四位天敌依次是斜纹猫蛛、鞍型花蟹蛛、鳞纹肖蛸和棕管巢蛛。6种茶园间前四位天敌有一定差异。综合6种茶园研究结果表明, 2021年天敌与茶尺蠖数量关系密切的前四位天敌依次是棕管巢蛛、黑色跳蛛(*Plexippus paykulli*)、鞍型花蟹蛛和鳞纹肖蛸; 2022年依次是八点球腹蛛、斜纹猫蛛、条纹蝇虎(*Plexippus setipes*)和棕管巢蛛。综合两年结果, 与茶尺蠖数量关系密切的前四位天敌依次是棕管巢蛛、鞍型花蟹蛛、条纹蝇虎和鳞纹肖蛸。与茶园两年间前四位天敌有一定差异。害虫的种群数量, 对天敌与害虫数量关系的灰色关联度有一定影响, 雨日数对毛股沟臀叶甲和茶尺蠖数量影响最大。研究结果可为评定害虫优势种天敌提供参考。

关键词: 毛股沟臀叶甲; 茶尺蠖; 灰色关联度; 通径分析

中图分类号: S476

文献标志码: A

文章编号: 1005-9369(2023)10-0011-10

王国庆, 徐悦, 毕守东, 等. 与两种茶树害虫数量关系上密切的优势种天敌分析[J]. 东北农业大学学报, 2023, 54(10): 11-20. DOI: 10.19720/j.cnki.issn.1005-9369.2023.10.002.

Wang Guoqing, Xu Yue, Bi Shoudong, et al. Analysis of dominant species' natural enemies closely related to the quantity of two insect pests in tea gardens[J]. Journal of Northeast Agricultural University, 2023, 54(10): 11-20. (in Chinese with English abstract) DOI: 10.19720/j.cnki.issn.1005-9369.2023.10.002.

Analysis of dominant species' natural enemies closely related to the quantity of two insect pests in tea gardens/WANG Guoqing¹, XU Yue², BI Shoudong², ZOU Yunding¹, ZHOU Xiaozhi¹(1. School of Forestry and Landscape Architecture, Anhui Agricultural University, Hefei 230036, China; 2. School of Information and Artificial Intelligence, Anhui Agricultural University, Hefei 230036, China)

Abstract: In order to clarify the close degree of quantitative relationship between natural enemies and pests, and to provide scientific basis for evaluating the dominant species of natural enemies, the relationship between natural enemies and *Colaspoides femoralis* and *Ectropis obliqua* in 2021 and 2022 was studied by using the grey correlation method combined with the sum of correlation number. The results showed that, combining the results of the study of six kinds of tea gardens, the top four natural

基金项目: 安徽省高校自然科学基金重点项目(KJ2020A0111)

作者简介: 王国庆(1998-), 男, 硕士研究生, 研究方向为森林保护。E-mail: 416061077@qq.com

*通讯作者: 周夏芝, 副教授, 硕士生导师, 研究方向为森林保护、昆虫生态。E-mail: zhouxz@ahau.edu.cn

enemies closely related to the population of *Colaspoides femoralis* in 2021 were *Xysticus ephippiafus*, *Theridion octomaculatum*, *Oxyopes sertatus* and *Misumenops tricuspoidatus*; the year of 2022 were *Oxyopes sertatus*, *Tetragnatha squamata*, *Clubiona japonicola* and *Theridion octomaculatum*, with two of the same predators among the top four. According to the results of two years research, the top four natural enemies closely related to the number of *Colaspoides femoralis* were *Oxyopes sertatus*, *Xysticus ephippiafus*, *Tetragnatha squamata* and *Clubiona japonicola*. There were certain differences among the first four natural enemies in the six tea gardens. According to the research results of six types of tea gardens, the top four natural enemies closely related to the number of *Ectropis obliqua* in 2021 were *Clubiona japonicola*, *Plexippus paykulli*, *Xysticus ephippiafus* and *Tetragnatha squamata*; the year of 2022 were *Theridion octomaculatum*, *Oxyopes sertatus*, *Plexippus setipes* and *Clubiona japonicola*. Based on the results of the two years, the top four natural enemies closely related to the number of *Ectropis obliqua* were *Clubiona Japonicola*, *Xysticus ephippiafus*, *Plexippus setipes* and *Tetragnatha squamat*. There were some differences among the four natural enemies in the tea garden during the two years. The number of pest population had a certain influence on the grey correlation degree of the relationship between natural enemies and pest population, with the number of rainy days had the greatest influence on the number of *Colaspoides femoralis* and *Ectropis obliqua*. The results could provide a reference for evaluating the natural enemies of the dominant species.

Key words: *Colaspoides femoralis*; *Ectropis obliqua*; grey correlation degree; path analysis

茶园害虫影响茶叶的品质与产量。我国已知茶树害虫多达800多种,按取食及危害方式可分为咀食性、吸汁性、钻蛀性和地下害虫四类^[1]。毛股沟臀叶甲(*Colaspoides femoralis*)和茶尺蠖(*Ectropis obliqua*)是茶园主要的咀食性害虫,对茶树危害较大。

毛股沟臀叶甲主要通过幼虫啃食须根,成虫取食叶片造成危害,过度取食可加快植物病毒传播^[2]。茶尺蠖属鳞翅目尺蛾科,虫以幼虫食叶为害,危害严重时使茶叶产量骤减^[3-4]。陈雨思等研究发现茶园灰茶尺蠖(*Ectropis grisescens*)和茶尺蠖对虫螨脲、甲氨基阿维菌素苯甲酸盐和茚虫威敏感度高,抗性低^[5]。藜芦碱、苦参碱、印楝素等植物源农药,性信息素和性引诱剂等对茶尺蠖有较好的防控效果^[6-9]。

生物防治与农业防治等措施相结合为茶园害虫防治主要手段,生物防治在茶园生态安全中发挥重要作用^[10]。利用自然天敌防治茶园害虫可有效控制害虫的种群数量,最大程度地保证农产品绿色健康。咀食性害虫的特点是咀食寄主植物的叶、花果、根等器官,影响寄主植物的生长发育,天敌与目标害虫的关系包括发生数量、空间和时间上的关系^[11],其中数量关系尤为重要。灰色关联度

分析法是近年来在农业、工业等领域广泛应用的一种数量分析方法,在茶园^[12-14]、稻田^[15]、果园^[16]、菜园^[17]、棉田^[18]和麦田^[19]天敌与目标害虫的数量等关系上被大量应用,灰色关联度越大,两者关系越密切^[20-22]。本文应用灰色关联度法结合其排序和,研究2021年和2022年不同茶树品种茶园天敌与毛股沟臀叶甲及与茶尺蠖数量关系密切程度的差异及其原因,为两种害虫的生物防治提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 调查地点与时间

调查地点为安徽农业大学农业科技示范基地茶园,每种茶园面积均为0.2 hm²,茶树品种为黄山大叶种、安吉白茶、平阳特早、乌牛早、龙井43和农抗早。调查时间是两种咀食性害虫及其天敌种群数量的高峰期,均在2021、2022年秋冬季8月上旬~11月下旬。

1.2 调查取样方法

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长样方,每行10个样方,共30个样方。先目测调查,每样方随机选取10片叶片,

调查两种咀食性害虫及其天敌所有虫态数量，用1:1 000的沾有洗衣粉溶液的搪瓷盘对样方中所有枝叶进行盘拍(搪瓷盘长40 cm，宽30 cm)，记录害虫及其天敌的种类和个体数，约15 d调查1次。

1.3 分析方法

1.3.1 灰色系统分析

本文将两种害虫(Y_i)毛股沟臀叶甲和茶尺蠖数量作为参照序列，11种天敌(X_j)数量作为比较序列，利用公式计算 Y_i 与 X_j 在第 k 点的关联系数 r_{ij} ，最后计算关联度 $R(Y_i, X_j)$ ^[23]。

$$r_{ij} = \frac{\min_k \min_j |Y_i(k) - X_j(k)| + \rho \max_k \max_j |Y_i(k) - X_j(k)|}{\max_k |Y_i(k) - X_j(k)| + \rho \max_k \max_j |Y_i(k) - X_j(k)|} \quad (1)$$

关联度公式为：

$$R(Y_i, X_j) = 1/n \sum r_{ij}(k) \quad (2)$$

式中： ρ 为分辨系数，取值区间[0, 1]，本文取 $\rho=0.8$ 。 $\min \min |Y_i(k) - X_j(k)|$ 为2级最小差， $\max \max |Y_i(k) - X_j(k)|$ 为2级最大差。某天敌与 Y_i 关联度值越大，该种天敌与 Y_i 在数量上关系越密切。

1.3.2 t 检验

t 检验适用于通过两样本平均值比较两总体间差异，本文通过SPSS 22.0软件对不同年份同一茶园咀食性害虫的种群数量作 t 检验。

1.3.3 方差分析及新复极差法

方差分析适用于3个及以上样本平均数的假设检验^[24]。本文通过SPSS 22.0软件对同一年份6品种茶园咀食性害虫种群数量进行方差分析。

1.3.4 数量上的天敌优势种的综合分析

按6个品种茶园同一种天敌灰色关联度序号和大小，排出茶园害虫的主要天敌，序号和越小，与害虫关系越密切。

1.3.5 通径分析

利用通径分析法分析影响两种害虫数量的生态因子^[25]。本文通径分析通过SPSS 22.0软件实现。

2 结果与分析

将2021、2022年两种害虫及其天敌种群数量列于表1、2。

2.1 天敌与毛股沟臀叶甲数量关系分析

2.1.1 各年度天敌与毛股沟臀叶甲数量关系的灰色关联度

为明确毛股沟臀叶甲与其天敌在数量关系上的密切程度，分析两年间害虫与其天敌的种群数量关系的灰色关联度，如表3所示。

比较6种茶园关联度序号和，和越小，两者关系越密切。与2021年毛股沟臀叶甲数量关系最为密切的前四位天敌依次是鞍型花蟹蛛、八点球腹蛛、斜纹猫蛛和三突花蟹蛛。与2022年数量关系最为密切的前四位天敌依次是斜纹猫蛛、鳞纹肖蛸、棕管巢蛛和八点球腹蛛。2021和2022年相同的优势种天敌是八点球腹蛛、斜纹猫蛛。

评定两年各茶园毛股沟臀叶甲优势种天敌，安吉白茶茶园中与毛股沟臀叶甲数量关系最为密切的前四位天敌依次是鳞纹肖蛸、条纹蝇虎、八点球腹蛛和鞍型花蟹蛛。龙井43茶园中的前四位天敌依次是斜纹猫蛛、黑色跳蛛、鞍型花蟹蛛和棕管巢蛛。乌牛早茶园中的前四位天敌依次是八点球腹蛛、斜纹猫蛛、草间小黑蛛和鳞纹肖蛸。农抗早茶园中的前四位天敌依次是棕管巢蛛、鳞纹肖蛸、斜纹猫蛛和鞍型花蟹蛛。黄山大叶种茶园中前四位天敌依次是八点球腹蛛、条纹蝇虎、斜纹猫蛛和草间小黑蛛。平阳特早茶园中的前四位天敌依次是鞍型花蟹蛛、三突花蟹蛛、棕管巢蛛和草间小黑蛛。不同品种茶园与毛股沟臀叶甲在数量关系上密切程度不同，其原因有待分析。

比较两年6种茶园天敌序号和，与毛股沟臀叶甲数量关系最为密切的前四位天敌依次是斜纹猫蛛、鞍型花蟹蛛、鳞纹肖蛸和棕管巢蛛。若以此为对照，分析每种茶园与对照间的差异，前四位天敌中安吉白茶茶园有鞍型花蟹蛛、鳞纹肖蛸两种相同；龙井43茶园有鞍型花蟹蛛、斜纹猫蛛和棕管巢蛛3种相同；乌牛早茶园有鳞纹肖蛸、斜纹猫蛛两种相同；农抗早茶园与对照完全相同；黄山大叶种茶园有斜纹猫蛛一种相同；平阳特早茶园有鞍型花蟹蛛和棕管巢蛛两种相同。

2.1.2 毛股沟臀叶甲各年度间的数量差异

毛股沟臀叶甲的种群数量对灰色关联度大小有一定影响，为明确两年间茶园中毛股沟臀叶甲的种群数量差异，将6个品种茶园年度害虫种群数量数据进行 t 检验。6种茶园的毛股沟臀叶甲种群数量在2021~2022两年间 t 值依次为1.242、1.076、1.024、1.332、1.389和0.648， $df=13$ 时， $t_{0.05}=2.001$ ，

表 1 2021年毛股沟臀叶甲和茶尺蠖及其天敌的种群数量

Table 1 Population numbers of the *Colaspoides femoralis*, *Ectropis obliqua*, and their natural enemies in 2021 (头·30样方⁻¹)

茶树品种 Tea variety	日期 Date	Y ₁	Y ₂	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀	X ₁₁
T ₁	08-10	64	0	27	13	19	36	7	34	24	102	19	32	42
	08-22	40	0	20	3	26	27	17	12	30	89	45	22	13
	09-06	63	134	20	8	21	38	19	28	11	38	56	19	22
	09-17	20	130	9	5	10	7	11	11	15	4	12	12	10
	10-13	12	23	3	2	19	9	0	9	1	2	4	4	1
	11-01	7	48	6	5	17	4	8	14	10	5	0	2	0
	11-19	0	7	5	2	8	6	1	5	2	9	8	1	4
T ₂	08-10	37	0	8	25	18	17	36	14	36	37	27	24	8
	08-22	30	0	12	31	23	12	33	35	27	51	28	2	12
	09-06	63	73	16	0	13	21	10	15	16	14	128	22	13
	09-17	20	113	12	0	15	6	5	15	10	14	23	7	14
	10-13	12	22	3	1	12	12	11	11	9	9	29	10	8
	11-01	7	13	7	3	12	3	7	33	7	7	20	3	6
	11-19	0	11	4	0	3	3	3	7	0	3	7	2	0
T ₃	08-10	36	0	24	14	27	26	8	31	18	57	20	20	21
	08-22	28	0	29	3	34	18	20	40	22	26	43	25	16
	09-06	89	144	18	4	24	27	9	17	14	22	23	0	19
	09-17	13	76	19	10	15	7	15	15	19	22	11	0	18
	10-13	16	46	9	1	15	15	9	14	9	11	16	0	6
	11-01	34	22	6	0	10	5	6	40	4	4	17	0	5
	11-19	3	13	5	5	6	3	0	17	1	2	3	2	1
T ₄	08-10	30	0	30	0	25	27	23	29	15	60	20	26	24
	08-22	24	0	38	3	40	23	19	38	29	59	33	25	6
	09-06	28	63	25	2	17	19	9	23	19	23	57	0	18
	09-17	27	41	31	13	21	17	17	21	13	10	31	3	13
	10-13	2	8	6	8	21	8	1	6	2	0	45	0	4
	11-01	14	4	10	3	5	4	2	8	9	9	39	0	4
	11-19	1	2	18	1	7	1	1	19	3	6	15	3	3
T ₅	08-10	19	0	31	25	28	29	23	30	20	65	22	30	26
	08-22	31	0	34	10	44	19	17	37	31	57	22	24	17
	09-06	19	110	35	0	28	18	10	21	24	28	20	0	13
	09-17	21	117	8	0	10	9	9	17	20	7	37	0	6
	10-13	17	33	9	2	13	10	10	16	6	4	13	0	13
	11-01	0	36	4	11	5	7	2	11	0	1	4	0	3
	11-19	81	23	8	0	5	16	14	43	6	3	20	5	5
T ₆	08-10	31	0	29	2	9	17	3	16	17	42	33	13	0
	08-22	28	0	34	22	49	8	18	35	21	48	31	10	29
	09-06	42	45	26	0	15	29	12	14	14	18	39	0	16
	09-17	14	30	13	0	14	13	12	11	12	19	37	0	12
	10-13	4	5	3	4	8	7	2	2	0	0	20	0	11
	11-01	7	8	6	5	11	5	2	6	8	3	2	3	2
	11-19	1	0	33	2	11	1	2	44	3	5	26	0	2

注: Y₁-毛股沟臀肖叶甲; Y₂-茶尺蠖; X₁-鳞纹肖蛸; X₂-锥腹肖蛸; X₃-草间小黑蛛; X₄-鞍型花蟹蛛; X₅-三突花蟹蛛; X₆-八点球腹蛛; X₇-棕管巢蛛; X₈-斑管巢蛛; X₉-斜纹猫蛛; X₁₀-黑色跳蛛; X₁₁-条纹蝇虎; T₁-安吉白茶; T₂-龙井43; T₃-乌牛早; T₄-农抗早; T₅-黄山大叶种; T₆-平阳特早。下同。

Note: Y₁-*Colaspoides femoralis*; Y₂-*Ectropis obliqua*; X₁-*Tetragnatha squamata*; X₂-*Tetragnatha maxillosa*; X₃-*Erigonidium graminicolum*; X₄-*Xysticus ephippiafus*; X₅-*Misumenops tricuspidatus*; X₆-*Theridion octomaculatum*; X₇-*Clubiona japonicola*; X₈-*Clubiona reichlini*; X₉-*Oxyopes sertatus*; X₁₀-*Plexippus paykulli*; X₁₁-*Plexippus setipes*; T₁-Anji white tea; T₂-Longjing43; T₃-Wuniuzao; T₄-Nongkangzao; T₅-Huangshangdaye-zhong; T₆-Pingyangtezao. The same as below.

表 2 2022年毛股沟臀叶甲和茶尺蠖及其天敌的种群数量

Table 2 Population numbers of the *Colaspoides femoralis*, *Ectropis obliqua* and their natural enemies in 2022 (头·30样方⁻¹)

茶树品种 Tea variety	日期 Date	Y ₁	Y ₂	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀	X ₁₁
T ₁	09-02	36	134	14	9	17	26	13	22	10	25	34	12	17
	11-10	0	6	5	24	20	23	12	10	1	16	26	24	11
	11-19	2	0	20	11	11	15	22	11	12	18	20	10	8
	12-02	6	5	7	2	9	1	3	0	6	2	3	3	2
T ₂	09-02	33	73	11	0	11	16	10	15	14	15	49	16	13
	11-10	0	0	14	29	13	31	42	29	22	32	21	0	0
	11-19	5	0	9	16	13	9	14	4	14	15	9	7	5
	12-02	6	0	7	8	13	5	6	0	8	8	5	0	10
T ₃	09-02	45	78	18	3	18	16	8	12	11	14	15	14	9
	11-10	3	0	14	8	12	15	27	6	18	11	15	10	3
	11-19	3	0	14	24	10	20	15	0	0	0	0	16	17
	12-02	8	13	6	4	12	6	7	0	9	9	0	5	0
T ₄	09-02	24	0	16	4	11	12	7	14	13	16	27	15	8
	11-10	0	0	18	26	23	12	13	6	16	15	25	17	15
	11-19	3	0	10	13	19	13	19	16	9	9	10	14	7
	12-02	7	0	6	4	4	5	4	4	7	4	4	7	3
T ₅	09-02	19	110	26	0	18	12	12	11	13	17	14	17	20
	11-10	7	0	11	18	9	17	15	7	17	18	16	13	9
	11-19	0	4	12	10	6	7	9	0	3	8	5	14	5
	12-02	7	4	8	4	3	2	2	0	3	2	4	0	4
T ₆	09-02	35	20	14	0	13	14	14	15	12	11	23	14	12
	11-10	0	5	8	15	5	11	9	8	11	16	13	22	23
	11-19	3	0	26	34	14	8	16	22	15	12	2	13	12
	12-02	9	8	9	6	4	5	6	0	9	6	4	0	7

表 3 2021和2022年各品种茶园中天敌与毛股沟臀叶甲的灰色关联度值

Table 3 Grey correlation degree values between natural enemies and *Colaspoides femoralis* in various tea gardens in 2021 and 2022

茶树品种 Tea variety	项目 Project	天敌 Natural enemies										
		X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀	X ₁₁
T ₁	2021	0.837 6	0.743 4	0.682 3	0.883 7	0.720 6	0.803 3	0.688 0	0.683 1	0.718 7	0.830 8	0.756 1
	R	2	6	11	1	7	4	9	10	8	3	5
	2022	0.710 9	0.623 9	0.701 5	0.665 4	0.642 8	0.697 2	0.724 7	0.674 6	0.678 5	0.649 1	0.703 2
	R	2	11	4	8	10	5	1	7	6	9	3
T ₂	2021	0.826 7	0.722 2	0.833 4	0.854 7	0.820 4	0.822 3	0.827 7	0.839 9	0.888 3	0.846 0	0.780 6
	R	7	11	5	2	9	8	6	4	1	3	10
	2022	0.747 0	0.676 2	0.715 4	0.739 1	0.700 6	0.710 8	0.743 9	0.729 2	0.841 1	0.872 6	0.827 7
	R	4	11	8	6	10	9	5	7	2	1	3
T ₃	2021	0.789 4	0.698 0	0.806 8	0.833 3	0.767 9	0.820 4	0.786 3	0.784 4	0.838 2	0.671 8	0.818 0
	R	6	10	5	2	9	3	7	8	1	11	4
	2022	0.740 9	0.665 3	0.742 2	0.711 8	0.685 9	0.807 0	0.715 3	0.750 6	0.735 8	0.727 7	0.639 3
	R	4	10	3	8	9	1	7	2	5	6	11

续表 3

茶树品种 Tea variety	项目 Project	天敌 Natural enemies										
		X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀	X ₁₁
T ₄	2021	0.806 4	0.638 2	0.719 0	0.836 9	0.812 4	0.767 5	0.833 6	0.718 1	0.729 8	0.620 4	0.791 2
	R	4	10	8	1	3	6	2	9	7	11	5
	2022	0.702 8	0.611 7	0.624 6	0.679 9	0.624 5	0.697 3	0.712 7	0.701 8	0.713 5	0.689 2	0.662 9
	R	3	11	9	7	10	5	2	4	1	6	8
T ₅	2021	0.768 2	0.684 1	0.777 9	0.827 3	0.848 9	0.873 2	0.783 0	0.734 3	0.839 0	0.695 1	0.785 7
	R	8	11	7	4	2	1	6	9	3	10	5
	2022	0.826 4	0.612 3	0.824 6	0.689 6	0.689 6	0.834 0	0.737 4	0.716 1	0.742 3	0.707 9	0.860 4
	R	3	11	4	10	9	2	6	7	5	8	1
T ₆	2021	0.794 4	0.745 4	0.830 7	0.857 5	0.867 7	0.796 0	0.850 2	0.815 0	0.779 3	0.747 6	0.854 1
	R	8	11	5	2	1	7	4	6	9	10	3
	2022	0.725 8	0.631 7	0.736 8	0.749 2	0.727 4	0.675 5	0.741 7	0.706 7	0.811 0	0.659 8	0.702 9
	R	6	11	4	2	5	9	3	7	1	10	8
	Σ _R	57	124	73	53	84	60	58	80	49	88	66
	R _{ΣR}	3	11	7	2	9	5	4	8	1	10	6

注: R-排序; Σ_R-序号和; R_{ΣR}-序号和排序。下同。

Note: R-Ranking; Σ_R-Total ranking; R_{ΣR}-Ranking total ranking. The same as below.

$t < t_{0.05}$, 表明差异不显著。

2.1.3 同一年份不同茶园毛股沟臀叶甲种群数量差异比较

同一年份不同茶园间害虫种群数量数据方差分析与新复极差分析, 结果见表4。由方差分析及新复极差分析结果可见, F 值均小于 $F_{0.05}$, 毛股沟

表 4 各茶园间毛股沟臀叶甲种群数量差异的方差分析与新复极差分析结果

Table 4 Results of ANOVA and NREO for the differences in the population size of *Colaspoides femoralis* among tea gardens

茶树品种 Tea variety	2021年				2022年			
	F 值 F value	均值 Average	5%	1%	F 值 F value	均值 Average	5%	1%
T ₁	0.444 0 $F_{0.05}(5,36)=2.48$	29.428 6	a	A	0.109 0 $F_{0.05}(5,18)=3.16$	11.000 0	a	A
T ₂		24.142 9	a	A		11.000 0	a	A
T ₃		31.285 7	a	A		14.750 0	a	A
T ₄		18.000 0	a	A		8.000 0	a	A
T ₅		26.857 1	a	A		8.250 0	a	A
T ₆		18.142 9	a	A		11.750 0	a	A

臀叶甲在各品种茶园间种群数量差异均不显著。

2.2 天敌与茶尺蠖数量关系分析

2.2.1 各年度天敌与茶尺蠖数量关系的灰色关联度

为明确茶尺蠖与其天敌在数量关系上的密切程度, 对2021~2022年害虫及其天敌的种群数量数据进行灰色关联度分析(见表5)。

由灰色关联度序号和评定同一年度优势种天敌种类, 茶尺蠖在2021年数量关系最为密切的前四位天敌依次是棕管巢蛛、黑色跳蛛、鞍型花蟹蛛和鳞纹肖蛸; 在2022年数量关系最密切的前四位天敌依次是八点球腹蛛、斜纹猫蛛、条纹蝇虎和棕管巢蛛。茶尺蠖在这两年间只有一种相同优

势种天敌是棕管巢蛛。

比较两年间各品种茶园茶尺蠖的优势种天敌，安吉白茶茶园中与茶尺蠖数量关系密切的前四位天敌依次是棕管巢蛛、八点球腹蛛，条纹蝇虎和鳞纹肖蛸。龙井43茶园中的前四位天敌依次是条纹蝇虎、黑色跳蛛、鳞纹肖蛸和斜纹猫蛛。乌牛早茶园中的前四位天敌依次是斑管巢蛛、鞍型花蟹蛛、草间小黑蛛和鳞纹肖蛸。农抗早茶园中的前四位天敌依次是鞍型花蟹蛛、黑色跳蛛、棕管巢蛛和鳞纹肖蛸。黄山大叶种茶园中的前四位天敌依次是条纹蝇虎、棕管巢蛛、草间小黑蛛和斜纹猫蛛。平阳特早茶园中的前四位天敌依次是鞍

型花蟹蛛、三突花蟹蛛、斜纹猫蛛和棕管巢蛛。

按序号和综合分析2021~2022年6种茶园天敌，与茶尺蠖数量关系最为密切的前四位天敌依次是棕管巢蛛、鞍型花蟹蛛、条纹蝇虎和鳞纹肖蛸。若以此为对照，前四位天敌中安吉白茶茶园有棕管巢蛛、条纹蝇虎和鳞纹肖蛸3种相同；龙井43茶园有条纹蝇虎和鳞纹肖蛸两种相同；乌牛早茶园有鞍型花蟹蛛和鳞纹肖蛸两种相同；农抗早茶园有鞍型花蟹蛛、棕管巢蛛和鳞纹肖蛸3种相同；黄山大叶种茶园有棕管巢蛛和条纹蝇虎两种相同；平阳特早茶园有鞍型花蟹蛛和棕管巢蛛两种相同。

表5 2021~2022年各品种茶园中天敌与茶尺蠖的灰色关联度值

Table 5 Grey correlation degree values between natural enemies and *Ectropis obliqua* in various tea gardens in 2021 and 2022

茶树品种 Tea variety	项目 Project	天敌 Natural enemies										
		X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀	X ₁₁
T ₁	2021	0.814 9	0.790 3	0.650 0	0.667 6	0.769 0	0.766 7	0.821 0	0.656 9	0.659 8	0.815 1	0.697 0
	R	3	4	11	8	5	6	1	10	9	2	7
	2022	0.696 4	0.671 6	0.677 9	0.715 5	0.685 3	0.744 4	0.711 6	0.729 3	0.729 4	0.680 9	0.739 0
	R	7	11	10	5	8	1	6	4	3	9	2
T ₂	2021	0.868 2	0.663 6	0.835 5	0.821 4	0.803 4	0.787 3	0.832 4	0.879 2	0.815 0	0.832 2	0.883 3
	R	3	11	4	7	9	10	5	2	8	6	1
	2022	0.708 0	0.651 4	0.692 6	0.720 8	0.692 5	0.753 3	0.703 2	0.701 2	0.808 0	0.862 2	0.777 0
	R	6	11	9	5	10	4	7	8	2	1	3
T ₃	2021	0.816 5	0.603 0	0.792 4	0.849 4	0.707 2	0.640 8	0.789 8	0.842 9	0.743 7	0.817 7	0.756 1
	R	4	11	5	1	9	10	6	2	8	3	7
	2022	0.726 2	0.660 0	0.730 2	0.701 7	0.676 6	0.808 0	0.740 3	0.769 7	0.751 3	0.714 9	0.680 1
	R	6	11	5	8	10	1	4	2	3	7	9
T ₄	2021	0.814 5	0.713 8	0.755 5	0.876 8	0.805 6	0.774 0	0.823 9	0.783 8	0.699 5	0.868 5	0.751 2
	R	4	10	8	1	5	7	3	6	11	2	9
	2022	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	R	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T ₅	2021	0.876 4	0.697 1	0.876 8	0.862 9	0.835 3	0.824 7	0.949 2	0.853 3	0.90 9	0.884 5	0.894 0
	R	6	11	5	7	9	10	1	8	2	4	3
	2022	0.772 1	0.658 4	0.792 2	0.745 1	0.740 7	0.817 3	0.763 6	0.762 2	0.753 5	0.743 5	0.800 8
	R	4	11	3	8	10	1	5	6	7	9	2
T ₆	2021	0.775 0	0.583 1	0.769 1	0.921 7	0.898 2	0.726 5	0.852 7	0.859 3	0.794 6	0.832 6	0.880 7
	R	8	11	9	1	2	10	5	4	7	6	3
	2022	0.732 6	0.621 1	0.748 5	0.743 9	0.734 5	0.692 0	0.739 1	0.688 6	0.833 7	0.638 3	0.677 6
	R	6	11	2	3	5	7	4	8	1	10	9
	Σ _R	57	113	71	54	82	67	47	60	61	59	55
	R _{ΣR}	4	11	9	2	10	8	1	6	7	5	3

2.2.2 茶尺蠖各年度间的数量差异

为明确茶园中茶尺蠖种群数量两年间差异，将6品种茶园两年间害虫种群数量进行 t 检验， t 值依次为0.770 2、1.009 2、1.192 5、1.719 0、0.338 5和0.899 2， $df=10$ 时， $t_{0.05}=2.228$ ， $t < t_{0.05}$ ，差异均不显著，但同一品种茶园2021年茶尺蠖数量均大于2022年。

2.2.3 同一年份不同品种茶园茶尺蠖种群数量差异比较

同一年份不同茶园间害虫的种群数量数据作方差分析与新复极差分析，结果见表6。2021~2022年茶园间的 F 值均小于 $F_{0.05}$ ，表明不同品种茶园间茶尺蠖数量差异不显著。

表6 各茶园茶尺蠖种群数量差异的方差分析与新复极差分析结果

Table 6 Results of ANOVA and NREO for the differences in the population size of *Ectropis obliqua* among tea gardens

茶树品种 Tea variety	2021年				2022年			
	F 值 F value	均值 Average	5%	1%	F 值 F value	均值 Average	5%	1%
T ₁	1.204 0 $F_{0.05}(5,36)=2.48$	68.400 0	a	A	0.434 0 $F_{0.05}(5,18)=2.77$	36.250 0	a	A
T ₂		46.400 0	a	A		18.250 0	a	A
T ₃		60.200 0	a	A		22.750 0	a	A
T ₄		23.600 0	a	A		0	a	A
T ₅		63.800 0	a	A		29.500 0	a	A
T ₆		17.600 0	a	A		8.250 0	a	A

2.3 气象条件对害虫数量的影响

本研究在同一时间段统计两种害虫在两年间的种群数量。影响害虫种群数量的8、9、10月的气象资料见表7。

毛股沟臀叶甲与茶尺蠖在六个品种茶园各月份的数量分别为因变量 y_1 和 y_2 ，月最高温、月平均气温、月降雨天数分别为自变量 Q_1 、 Q_2 、 Q_3 作通径分析，结果见表8。

表7 影响害虫种群数量的气候数据

Table 7 Climatic data affecting the number of pest populations

年度 Year	时期 Period	月最高温(°C) Monthly maximum temperature	平均气温(°C) Average temperature	降雨天数(d) Rainfall days
2021	8月	35	30	8
	9月	35	29	2
	10月	34	21	5
2022	8月	40	34	2
	9月	36	28	1
	10月	39	21	4

表8 两种咀食性害虫在调查期间数量与气象因子通径分析

Table 8 Path analysis of the mean number and meteorological factors of two types of chewing pests during the investigation period

自变量 Independent variable	y_1		y_2	
	简单相关系数 Simple correlation coefficient	通径系数 Path coefficient	简单相关系数 Simple correlation coefficient	通径系数 Path coefficient
Q_1	-0.199 0	-0.028 0	-0.161 0	-0.020 0
Q_2	0.374 0	0.583 0	0.463 0	0.666 0
Q_3	0.805 0	0.923 0	0.762 0	0.901 0

3个自变量对 y_1 和 y_2 的直接影响中，月降雨天数的直接作用最大，月平均气温次之，月最高温度的直接作用最小。比较调查期间各年度的种群数量得出，总体上2022年两种害虫的种群数量明显少于2021年。这可能与2021年8月降雨天数有关，降雨天数8d为调查期间最多，阴雨连绵的气候相对湿度较高，有利于害虫的生存繁殖。但2022年夏季干旱，八月上旬至中旬日最高温均在38℃以上，整月日间平均温度34℃，最高温达40℃，降雨量极少，持续极端高温干旱影响害虫的生长发育，导致秋冬季虫口爆发期的种群数量明显少于前两年。

3 讨 论

天敌与害虫数量关系的灰色关联度表示天敌与目标害虫在数量关系上的密切程度，据此可评判其优势种天敌。根据灰色关联系数 r 公式，可见灰色关联系数 r 公式中与一个害虫天敌系统中 $\min \min |y'-x'|$ 和 $\max \max |y'-x'|$ 均为常数，分子 $\min \min |y'-x'|$ 和 $\rho \max \max |y'-x'|$ 为常数，分母中 $\max \max |y'-x'|$ 为常数。唯一变动的是分母中 $|y'-x'|$ ，可看出变差 y' 越大，关联系数 r 越小，变差 x' 越大，关联系数 r 越大。在本例中， y 是目标害虫，其变差一般均大于天敌个体数量的变差 x' ，所以灰色关联系数与目标害虫个体数量有关。

6种茶园目标害虫的优势天敌均有一定差异，与6种茶园中目标害虫的数量差异有关。通过分析，目标害虫的种群数量与调查期间降雨天数有关，茶园中目标害虫的天敌远不止本文所述11种，其他天敌也取食目标害虫。殷坤山等研究发现，20~30℃内适合茶尺蠖成虫的产卵、孵化及幼虫生长发育^[26]。王国昌等研究发现，在25和30℃时鞍形花蟹蛛等捕食者对茶尺蠖的捕食能力更强^[27]。张汉鹄等报道，湖南省茶园温度高于20℃有利于叶甲成虫孵化，比18℃时的羽化时间缩短两天以上^[1]。毕守东等^[18, 21]，钱广晶等^[20]，周夏芝等^[22]研究发现，不同茶园同一种天敌与目标害虫的灰色关联度大小排序均有一定差异，与不同茶园目标害虫种群数量和某天敌种群数量有关。

4 结 论

运用灰色关联度法结合序号和分析，研究

2021~2022年6种茶园秋冬季天敌与两种咀食性害虫毛股沟臀叶甲和茶尺蠖数量上的灰色关联度，综合分析发现，与毛股沟臀叶甲数量上关系密切的前四位天敌依次是斜纹猫蛛、鞍型花蟹蛛、鳞纹肖蛸和棕管巢蛛；与茶尺蠖数量上关系密切的前四位天敌依次是棕管巢蛛、鞍型花蟹蛛、条纹蝇虎和鳞纹肖蛸；前四位天敌在茶树品种上和年度间有一定差异。

[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] 周孝贵, 肖强, 余玉庚, 等. 茶树叶片“千疮百孔”之元凶——黑足角胸肖叶甲和毛股沟臀肖叶甲[J]. 中国茶叶, 2018, 40(10): 10-12.
- [3] 李喜旺, 刘丰静, 邵胜荣, 等. 茶尺蠖绿色防控技术研究现状及展望[J]. 茶叶科学, 2017, 37(4): 325-331.
- [4] 李红莉, 崔宏春, 余继忠. 茶尺蠖生物学特性及防治技术研究现状[J]. 安徽农业科学, 2017, 45(19): 150-151, 233.
- [5] 陈雨思, 周孝贵, 曾维健, 等. 不同茶园灰茶尺蠖和茶尺蠖对5种杀虫剂的抗药性监测[J]. 环境昆虫学报, 2023, 45(4): 1103-1110.
- [6] 吴庆丽, 秦刚, 黄艳飞, 等. 3种植物源农药对茶尺蠖的防治效果[J]. 农药, 2020, 59(5): 379-381, 390.
- [7] 李喜旺, 黄晨, 于永晨, 等. 茶尺蠖性信息素的田间使用技术及防治效果[J]. 植物保护学报, 2018, 45(5): 1054-1060.
- [8] 黎八保, 饶漾萍, 李罡, 等. 性引诱剂对茶尺蠖防治效果研究[J]. 湖北植保, 2021(5): 26-28.
- [9] 赵丽, 程永祥, 袁少华. 4种生物农药对茶尺蠖的控制效果评价[J]. 中国植保导刊, 2018, 38(2): 70-72.
- [10] Gurr G M, Wratten S D, Landis D A, et al. Habitat management to suppress pest populations: Progress and prospects [J]. Annual Review of Entomology, 2017, 62: 91-109.
- [11] 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.
- [12] 徐悦, 吴筱萌, 程鸿浩, 等. 合肥不同茶园广翅蜡蝉与蜘蛛空间、数量和时间关系[J]. 东北农业大学学报, 2022, 53(8): 25-35.
- [13] Cheng H H, Chen S Y, Wu X M, et al. Analysis of the following effect of the natural enemies with *Frankliniella intonsa* in tea garden [J]. Entomological Research, 2022, 52 (8): 356-366.
- [14] Chen S Y, Cheng H H, Wu X M, et al. The dominant species of

- natural enemies of *Pentatomidae* in the peak period[J]. Entomological Research, 2023, 53 (3): 95-105.
- [15] 林源, 周夏芝, 毕守东, 等. 中稻田3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.
- [16] 柯磊, 施晓丽, 邹运鼎, 等. “雨花露”水蜜桃主要害虫与其捕食性天敌的关系[J]. 生态学报, 2012, 32(22): 6972-6983.
- [17] 赵鹏, 付文锋, 赵燕红, 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.
- [18] 毕守东, 邹运鼎, 耿继光, 等. 棉蚜及龟纹瓢虫空间格局的地学统计学研究[J]. 应用生态学报, 2000, 11(3): 421-424.
- [19] 邹运鼎, 毕守东, 孟庆雷等. 天敌对麦长管蚜和麦二叉蚜种群数量影响程度的分析[J]. 应用生态学报, 1998(6): 55-58.
- [20] 钱广晶, 宋学雨, 张书平, 等. 安徽合肥地区茶园蓟马与其捕食性天敌的关系[J]. 植物保护, 2019, 45(6): 229-237.
- [21] 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.
- [22] 周夏芝, 张书平, 余燕, 等. 茶园卵形短须螨的优势种天敌研究[J]. 生态学报, 2019, 39(18): 6932-6942.
- [23] 邓聚龙. 灰色系统理论教程[M]. 武汉: 华中理工大学出版社, 1990.
- [24] 宋学雨, 钱广晶, 张书平, 等. 茶园天敌昆虫与卵形短须螨及双斑长跗萤叶甲的空间跟随关系[J]. 中国农业大学学报, 2019, 24(11): 89-97.
- [25] 杜家菊, 陈志伟. 使用SPSS线性回归实现通径分析的方法[J]. 生物学通报, 2010, 45(2): 4-6.
- [26] 殷坤山, 熊兴平, 单夏锋. 茶尺蠖发育历期和有效积温的研究[J]. 植物保护, 1995, 20(1): 16-18.
- [27] 王国昌, 孙晓玲, 董文霞, 等. 不同温度下鞍形花蟹蛛亚成蛛对茶尺蠖3日龄幼虫的捕食功能[J]. 茶叶科学, 2010, 30(3): 173-176.