

# 不同类型茶园游猎型蜘蛛亚群落特征的研究

邢树文<sup>1\*</sup>, 梁秀霞<sup>2</sup>, 朱慧<sup>1</sup>, 孙延杰<sup>1</sup>, 查广才<sup>1</sup>

(1. 韩山师范学院食品科学与工程与生物科技学院 潮州 521041; 2. 韩山师范学院图书馆, 潮州 521041)

**摘要** 以广东潮州市凤凰单丛茶区的高山、中山和低山茶园为研究对象, 对茶园游猎型蜘蛛亚群落及其环境因子和管理状况进行调查, 采用多样性指标、NMDS排序、perMANOVA检验、SIMPER分析和RDA排序等方法, 研究茶园游猎型蜘蛛亚群落特征与环境因子的关系。研究结果表明: 高山茶园的物种数和个体数量高, 中山茶园次之, 低山茶园最低, 且差异显著; 高山茶园的物种丰富度显著高于其他两个茶园, 高山茶园和中山茶园的物种多样性指数显著高于低山茶园, 但低山茶园的物种优势性高于其他两个茶园。NMDS排序表明三种茶园游猎型蜘蛛亚群落组成差异明显; SIMPER分析显示, 高山茶园与中山茶园的相异性较小(28.90%), 高山茶园与低山茶园的相异性较大(52.13%); 多重比较分析结果表明, 三种茶园游猎型蜘蛛亚群落在整体上差异显著( $P < 0.05$ )。RDA排序与pRDA分析表明, 海拔高度是影响茶园游猎型蜘蛛亚群落组成与分布的主要环境变量因子, 其独立贡献率为62.52%; 茶树盖度和除草剂是次要环境变量因子, 2个环境变量的独立贡献率分别为9.155%、10.99%, 其他环境变量因子对茶园蜘蛛群落组成与结构的影响较小。研究表明, 茶园开发过程中保留外围自然生境有利于茶园游猎型蜘蛛亚群落的保护, 更好地利用蜘蛛防控害虫, 减少农药的使用, 实现有机生产, 提高茶叶品质。

**关键词** 高山茶园; 丘陵茶园; 游猎型蜘蛛; 物种-环境关系; 管理措施

**中图分类号:** S 435.711; Q 959.226 **文献标识码:** A **DOI:** 10.16688/j.zwbh.2018488

## Studies on the characteristics of the wandering spider sub-community in different types of tea plantation

XING Shuwen<sup>1</sup>, LIANG Xiuxia<sup>2</sup>, ZHU Hui<sup>1</sup>, SUN Yanjie<sup>1</sup>, ZHA Guangcai<sup>1</sup>

(1. School of Food Engineering and Biotechnology, Hanshan Normal University, Chaozhou 521041, China;

2. Library of Hanshan Normal University, Chaozhou 521041, China)

**Abstract** This study aimed to investigate the effects of environmental factors and management conditions on the sub-communities of wandering spiders in three types of tea plantation. The survey was carried out in a high mountainous tea plantation, medium mountainous tea plantation and low mountainous tea plantation in the Fenghuang Dancong tea production area, located in Chaozhou, Guangdong province. The ecological sub-communities were evaluated by using the diversity index, NMDS ordination, perMANOVA test, SIMPER analysis and RDA ordination. The high mountainous tea plantation had the highest species and individual numbers of wandering spiders identified, followed by medium mountainous tea plantation and low mountainous tea plantation. In addition, the species abundance of the sub-communities of wandering spiders in high mountainous tea plantation were significantly higher than that in the other two tea plantations, and the diversity indexes in the high and medium mountainous tea plantations were significantly higher than that in the low mountainous tea plantation, whereas the dominance index of low mountainous tea plantation was higher than that of high and medium mountainous tea plantations. The results of NMDS ordination and SIMPER analysis showed that there were significant differences in the composition of spider community in three kinds of tea plantations. The average dissimilarity between high and medium mountainous tea plantations was relatively small (28.90%), and the average dissimilarity between high and low mountainous tea plantations was higher (52.13%). Multiple comparison analysis indicated that the

收稿日期: 2018-11-25 修订日期: 2019-01-10

基金项目: 广东省教育厅特色创新类项目(2014KTSCX160);潮州市科技计划项目(2014N09);广东省特色重点学科(生物学)建设项目

\* 通信作者 E-mail: xsw501@126.com

overall difference in the sub-community of wandering spiders significantly varied among the three kinds of tea plantations ( $P < 0.05$ ). The results of RDA ordination and SIMPER analysis showed that the altitude, with an independent contribution rate of 62.52%, was the main environmental variable factor affecting the composition and distribution of wandering spiders. The herbicide and coverage of tea trees were the secondary environment variable factors, and their independent contribution rates were 9.155% and 10.99%, respectively. The other environmental factors had little effect on the composition and structure of wandering spider sub-community. The results suggested that the preservation of peripheral natural habitats in the development of tea plantation is beneficial to the protection of wandering spider sub-community in tea plantations, which can make a better use of spiders for the prevention and control of pests, reducing the use of pesticides, realizing organic production and improving tea quality.

**Key words** high mountain tea plantation; hilly tea plantation; wandering-spiders; species-environment relationships; management measures

全球蜘蛛每年捕杀猎物量在 400 亿~800 亿 t (鲜重), 其中, 昆虫和弹尾目在被捕杀猎物中高达 90%<sup>[1]</sup>。在农业生态系统中, 蜘蛛是茶园害虫的主要天敌, 尤其是游猎型蜘蛛亚群落, 其活动范围大, 分布广, 对环境的适应能力强, 占茶园蜘蛛群落的 65%~70%, 在茶园生物防治中起着重要的作用<sup>[2]</sup>。有研究表明, 茶树上聚集较多的游猎型蜘蛛主要是管巢蛛科蜘蛛类群和斜纹猫蛛 *Oxyopes sertatus* L. Koch<sup>[3]</sup>, 高山茶园的优势种为斜纹猫蛛、条纹蝇虎 *Plexippus setipet* Karsch, 与低山茶园有一定的差异<sup>[4]</sup>。使用农药对茶园蜘蛛群落的组成与分布具有一定的影响, 不施农药茶园的主要天敌由斜纹猫蛛、蟹蛛科和盗蛛等游猎型蜘蛛类群组成<sup>[5]</sup>。蟹蛛科在棉田中是主要类群, 其优势集中性最高<sup>[6]</sup>。游猎型蜘蛛在农田茶园中的分布因种而异, 地表游猎型蜘蛛主要包括狼蛛科、平腹蛛科、圆颚蛛科等, 茶树上游猎型蜘蛛包括猫蛛科、管巢蛛科和跳蛛科等<sup>[7]</sup>。游猎型蜘蛛对维持茶园生态系统平衡起着重要作用, 是茶园生物防治中的重要类群<sup>[8]</sup>。然而, 茶叶产区在扩大茶叶种植规模的过程中, 因茶场过度开发造成山体生态环境的破坏<sup>[9]</sup>, 周边生境结构与茶园小生境条件退化导致茶园害虫发生趋势升高, 茶园的人为干扰和管理措施加强, 比如使用除草剂、农药等, 对地表和茶树上的游猎型蜘蛛亚群落都有很大程度的影响, 导致游猎型蜘蛛亚群落退化, 对害虫的捕食能力下降, 降低了茶园天敌对害虫的调控能力。而茶园中如假眼小绿叶蝉 *Empoasca vitis* Gothe、咖啡小爪螨 *Oligonychus coffeae* Nietner 等主要害虫会大量发生, 对茶叶造成很大的危害, 降低茶叶产量和品质<sup>[10-12]</sup>。本研究以广东省潮州市凤凰单丛茶园作为研究样区, 研究不同海拔与管理措施的茶园游猎型蜘蛛亚群落

组成与物种多样性和相似性, 以茶园类型和生境条件为变量, 分析不同类型茶园游猎型蜘蛛物种的分布特征, 探讨不同海拔茶园环境因子及管理措施与游猎型蜘蛛亚群落的相关性, 以及影响游猎型蜘蛛亚群落特征的主要环境与干扰因子, 构建景观生态茶园, 科学管理, 对于保护茶园蜘蛛物种和利用天敌控制虫害有着重要的理论和实践意义, 为科学合理管理茶园和构建景观生态高山茶园提供理论支撑。

## 1 研究方法

### 1.1 茶园概况

研究样地位于潮州市潮安区凤凰山及周边茶区, 海拔为 230~800 m, 年平均气温为 20.53℃, 年平均降雨量为 2 119.7 mm。低海拔地区最高气温为 39.8℃, 高海拔地区最低气温为 -5℃。茶区总面积约 2 000~4 000 hm<sup>2</sup>, 研究样地茶树树龄 13~15 年。调查样地茶园概况如下:

高山茶园: 位于凤凰山叫水坑村, 茶园周边分布有毛竹 *Phyllostachys edulis* (Carr.) J. Houz、樟树为主的阔叶混交林, 其间分布着灌木和杂草。茶园伴生植物量较多, 如野萵蒿 *Gynura crepidioides* Benth.、芒萁 *Dicranopteris dichotoma* (Thunb.) Bernh.、藿香蓟 *Ageratum conyzoides* L. 等植物; 茶园所在的山体坡度较大, 梯田间植杨桃树。3—4 月采茶 1 次, 秋后整枝和人工除草, 不使用农药和除草剂。

中山茶园: 位于凤凰镇上春村和中段村, 茶园周边主要分布以樟树为主的阔叶混交林, 边缘常见灌木和草丛, 茶园伴生植物量较少, 主要有黄毛耳草 *Herba hedysotis chrysotrichae* (Palib.) Merr.、芒萁、宽叶鼠麴草 *Gnaphalium adnatum* (Wall. ex

DC.)Kitam.、藿香蓟等植被。茶园坡度较舒缓,多数茶园梯田植树。每年采茶8~9次,3-4月采茶1次,5-11月期间,采茶1次/月。在5-10月期间,每个月使用农药2次,按国家标准<sup>[13]</sup>喷施农药,采茶前15 d停止使用。

低山茶园(丘陵茶园):位于凤凰镇桥头村茶园,为丘陵地带,茶园因扩大茶场种植面积,周边自然生境遭到破坏,形成单一的连片茶园。茶园伴生少量的鸡矢藤 *Paederia scandens* (Lour.) Merr. 及喜旱莲子草 *Alternanthera philoxeroides* (Mart.)

Griseb.等植被。茶树平地种植或梯田式种植。每年4月至次年2月期间,采茶10次左右。其中5-8月,采茶前喷施农药,每10 d喷施1次,使用除草剂1次;9-11月,每15 d喷药1次。采茶前15 d停止使用农药。2-4月,不使用农药。

农药与除草剂用量标准:每次以2.5%联苯菊酯乳油900倍液35 mL/667 m<sup>2</sup>,及24%灭多威水剂900倍液35 mL/667 m<sup>2</sup>茶树冠或茎叶喷雾,除草剂为41%草甘膦按盐水剂700倍液300 mL/667 m<sup>2</sup>茶行间喷雾。茶园其他环境因子及茶园管理方式情况见表1。

表1 不同类型茶园生境因子概况<sup>1)</sup>

Table 1 Overview of habitat factors in different types of tea plantations

茶园 Tea plantation	海拔/m Altitude	茶树盖度/% Tea tree coverage	平均气温/℃ Average temperatures	平均湿度/% Medial humidity	年采茶次数/次 Number of tea plucking	农药施用 次数/次 Pesticide	除草剂施用 次数/次 Herbicide	施肥 次数/次 Fertilization
HTP	796±0.11	82.50±7.55	19.23±5.26	71.74±8.17	1.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00
MTP	580±0.06	85.20±8.22	22.46±4.38	80.58±6.43	8.60±0.83	11.43±0.64	0.00±0.00	1.00±0.00
LTP	273±0.02	88.40±8.92	23.61±3.71	87.96±8.25	10.60±0.91	18.00±1.73	1.00±0.00	1.60±0.20

1) HTP: 高山茶园; MTP: 中山茶园; LTP: 低山茶园。下同。

HTP: High mountainous tea plantation; MTP: Medium mountainous tea plantation; LTP: Low mountainous tea plantation. The same below.

### 1.2 蜘蛛群落调查方法

2016年4-11月,在潮州市凤凰镇周边及凤凰山茶业产区,选定三种不同生境条件与管理措施的茶园(高山茶园、中山茶园和低山茶园)作为研究样地进行调查,每月调查2次。每种茶园各设置同等条件的5块茶园作为平行采样样地,各茶园样地位于不同的丘陵山坡,样地之间相距不少于300 m。在每个样地随机选取5个采样点,每个采样点的样方平行调查2行茶树,每行20株。茶行蜘蛛调查时在茶行两侧以塑料布承接,用力振动和拍打茶树,两个人在茶行两边同时用力振动和拍打,每棵茶树树干8次,以确保采样的一致性。用扣管法收集震落下来的蜘蛛。地表枯叶层蜘蛛的调查,在茶行间收集浅土层(包括凋落物),以过筛后手捡标本的方法和扣管法获取蜘蛛标本。将收集的蜘蛛标本置于75%乙醇中,带回实验室进行分类鉴定,成体蜘蛛标本鉴定到种,幼体蜘蛛鉴定到属<sup>[14-17]</sup>,并记录蜘蛛种类和个体数。

### 1.3 蜘蛛群落结构分析方法

多度(abundance): 优势度(dominance,  $D$ ): 采用第  $i$  个物种数 ( $N_i$ ) 占群落总个体数 ( $N$ ) 的比例。依据 Liu 等<sup>[18]</sup> 的方法将其划分为4个等级: 优势物

种(或类群):  $D \geq 10\%$ ; 丰盛种(或类群):  $5\% \leq D < 10\%$ ; 常见物种(或类群):  $1\% \leq D < 5\%$ ; 稀有物种(或类群):  $D < 1\%$ 。采用实际采样获得的游猎型蜘蛛亚群落物种数目与物种丰富度估计值(Abundance-based coverage estimator, ACE)的比值估算不同茶园游猎型蜘蛛亚群落物种丰富度及抽样充分性。采用 Shannon-Wiener 指数和 Margalef 丰富度指数分析物种多样性,以物种均匀性指数、物种优势度指数分析三类茶园蜘蛛群落的稳定性<sup>[19-20]</sup>。

1) 物种优势度( $D$ ) =  $N_i/N$ ;

2) Shannon-Wiener 指数:  $H' = -\sum P_i \times \ln P_i$ ;

3) Margalef 物种丰富度指数:  $R = (S-1)/\ln N$ ;

4) Pielou 均匀性指数:  $E = H'/H'_{\max}$ , 其中,  $H'_{\max} = \ln S$ ;

5) Simpson 优势集中性指数:  $C = \sum P_i^2$ , 其中,  $P_i = N_i/N$ 。

### 1.4 蜘蛛群落数据统计方法

统计参数进行 Duncan 氏新复极差法多重比较检验,取  $\alpha = 0.05$ , 比较三类茶园游猎型蜘蛛亚群落参数差异的显著性,并按上述方法分别计算三种茶园蜘蛛物种多样性各项生态学指标并进行 Duncan 氏检验。

蜘蛛群落相似度分析运用 Primer 5.0 软件,采用非线性多维标度法(non-metric multidimensional scaling, NMDS)对三类茶园游猎型蜘蛛亚群落进行分类排序。在本文中, NMDS 排序所使用的数据是每个样方蜘蛛的活动密度,排序分析选用 Sorensen (Bray-Curtis)指数来比较蜘蛛群落结构的差异。

NMDS 分析结果的优劣用胁迫系数(stress)来衡量,通常认为当  $\text{stress} < 5$ , 表示排序结果很好;  $5 < \text{stress} < 10$ , 表示排序结果较好;  $10 < \text{stress} < 20$ , 表示排序结果尚可;  $\text{stress} > 20$ , 则表示排序结果较差<sup>[21]</sup>。非参数的多元方差分析也称为基于置换的多元方差分析(permutation based MANOVA, perMANOVA), 是一种利用置换方法来检验多元方差分析的非参数程序,适用于节肢动物生态学群落分析<sup>[22-23]</sup>。perMANOVA 用于检验三种茶园游猎型蜘蛛亚群落在整体上是否存在差异,以茶园类型为分组变量,用 Sorensen (Bray-Curtis)做距离测量, perMANOVA 的结果以传统方差分析表的形式输出。非参数多元方差分析使用国际通用的 PC-ORD 5.0 排序软件包。采用相似百分率(similarity percentages, SIMPER)方法分析各蜘蛛种类对样本组间平均相异性贡献率,将贡献率 $\geq 5\%$ 的蜘蛛定为主要特征种类<sup>[24]</sup>。

采用 RDA(redundancy analysis, RDA)排序和偏 RDA(partial RDA)分析三种茶园环境因子对游猎型蜘蛛亚群落的影响及贡献率。RDA 排序分析三种类型茶园游猎型蜘蛛亚群落组成与环境因子、管理措施的关系;以蒙特卡洛置换检验(Monte-Carlo permutation test 999)第一排序轴和所有排序轴的显著性,偏 RDA 分析(逐步筛选变量和变量分组分析)确定三种类型茶园与环境因子的独立贡献量<sup>[25]</sup>。同时采用 Pearson 相关分析,检验环境因子与排序轴(第 1 轴和第 2 轴的 Sample scores 值)的相关性。上述分析均采用国际通用的排序软件 CANOCO 4.5。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同茶园游猎型蜘蛛亚群落组成及优势度分析

调查数据表明,三种茶园共捕获游猎型蜘蛛 10 743 头,分属 15 科、41 属、52 种。由于三种茶园自身及外周生态环境因子及管理方式不同,蜘蛛

科、属、种及个体数量存在一定的差异。其中,高山茶园蜘蛛科、属、种数量(14、38、49)和个体数量(5 476 头)保持较高的水平;中山茶园蜘蛛科、属、种数量(13、36、46)和个体数量(3 456 头)低于高山茶园;而低山茶园蜘蛛科、属、种数量(11、26、35)和个体数量(1 811 头)显著低于其他两种茶园。从优势度分析,高山茶园(50.97%)显著高于中山茶园(32.17%)和低山茶园(16.86%)。

优势科的组成:除高山茶园增加了 1 个蟹蛛科 Thomisidae 外,三种茶园优势科的组成相同,均由跳蛛科 Salticidae、狼蛛科 Lycosidae、管巢蛛科 Clubionidae 和栅蛛科 Hahniidae 组成。每个优势科在不同茶园占总科数的比例虽有不同,但差异不大。跳蛛科的比例为高山茶园(17.92%)高于中山茶园(16.03%),低山茶园最低(12.21%);狼蛛科、栅蛛科(24.03%、20.76%)低山茶园高于中山茶园(22.99%、13.95%),高山茶园最低(18.44%、10.23%)。管巢蛛科的比例高山茶园与低山茶园差异不大,中山茶园最低。

优势物种的组成:高山茶园优势种是波纹花蟹蛛 *Xysticus croceus*、多色金蝉蛛 *Phintella versicolor*、沟渠豹蛛 *Pardosa laura*、羽斑管巢蛛 *Clubiona jucunda* 和栓栅蛛 *Hahnia corticicola*, 个体数量为 2 827 头,占该茶园的 51.63%。中山茶园优势种是沟渠豹蛛和栓栅蛛,个体数量 885 头,占该茶园的 25.61%。低山茶园优势种是沟渠豹蛛、羽斑管巢蛛和栓栅蛛,个体数量 791 头,占该茶园个体数量的 43.68%。总体表现是高山茶园蜘蛛的优势物种较多,相对丰度较高,低山茶园的的优势种和相对丰度高于中山茶园。

丰盛种、常见种和稀有种的组成:高山茶园和低山茶园的丰盛种是谷川管巢蛛 *Clubiona tanikarwai*, 中山茶园是羽斑管巢蛛,其相对丰度在 7.72%~8.64%之间,差异不大。高山茶园常见种的个体数量(1 778 头)与中山茶园(1 760 头)接近,但高山茶园相对丰度(32.49%)却远低于中山茶园(50.92%),低山茶园的个体数量(674 头)远低于其他两个茶园,相对丰度(37.23%)却高于高山茶园。高山茶园(27 种)的稀有种最多,中山茶园(24 种)次之,低山茶园(17 种)最少;而缺失物种的组成相反,高山茶园缺失 3 种,中山茶园缺失 6 种,低山茶园缺失 16 种。

表 2 不同类型茶园游猎型蜘蛛物种组成

Table 2 Species composition of wandering spiders in different types of tea plantations

科和属 Family and genus	种 Species	HTP		MTP		LTP	
		多度	优势度	多度	优势度	多度	优势度
		Abundance	Dominance	Abundance	Dominance	Abundance	Dominance
蟹蛛科 Thomisidae							
蟹蛛属 <i>Thomisus</i>	角红蟹蛛 <i>Thomisus labefactus</i>	149	2.72	130	3.76	42	2.32
	冲绳蟹蛛 <i>Thomisus okinawensis</i>	17	0.31	3	0.09	12	0.66
微蟹蛛属 <i>Lysiteles</i>	梅微蟹蛛 <i>Lysiteles maius</i>	46	0.84	18	0.52	19	1.05
花蟹蛛属 <i>Xysticus</i>	千岛花蟹蛛 <i>Xysticus kurilensis</i>	181	3.31	100	2.89	38	2.10
	波纹花蟹蛛 <i>Xysticus croceus</i>	595	10.87	70	2.03	26	1.44
锯足蛛属 <i>Runcinia affinis</i>	近缘锯足蛛 <i>Runcinia affinis</i>	19	0.35	3	0.09	13	0.72
三门蟹蛛属 <i>Pharta</i>	郑氏三门蟹蛛 <i>Sanmenia zhengi</i>	28	0.51	10	0.29	0	0.00
跳蛛科 Salticidae							
金蝉蛛属 <i>Phintella</i>	多色金蝉蛛 <i>Phintella versicolor</i>	551	10.06	149	4.31	74	4.09
兜跳蛛属 <i>Ptocasius</i>	毛垛兜跳蛛 <i>Ptocasius strupifer</i>	62	1.13	13	0.38	6	0.33
斑蛛属 <i>Euophrys</i>	前斑蛛 <i>Euophrys frontalis</i>	4	0.07	5	0.14	0	0.00
西菱头蛛属 <i>Sibianor</i>	斜纹西菱头蛛 <i>Sibianor aurocinctus</i>	4	0.07	3	0.09	0	0.00
哈莫蛛属 <i>Harmochirus</i>	鳃哈莫蛛 <i>Harmochirus brachiatus</i>	99	1.81	146	4.22	59	3.26
方胸蛛属 <i>Thiania</i>	巴莫方胸蛛 <i>Thiania bhamaensis</i>	35	0.64	30	0.87	17	0.94
	细齿方胸蛛 <i>Thiania suboppressa</i>	21	0.38	29	0.84	10	0.55
布氏蛛属 <i>Bristowia</i>	巨刺布氏蛛 <i>Bristowia heterospinosa</i>	8	0.15	5	0.14	0	0.00
华蛛属 <i>Chinattus</i>	胫华蛛 <i>Chinattus tibialis</i>	59	1.08	23	0.67	8	0.44
哈沙蛛属 <i>Hasarius</i>	花哈沙蛛 <i>Hasarius adansoni</i>	121	2.21	141	4.08	47	2.60
丽跳蛛属 <i>Chrysilla</i>	华美丽跳蛛 <i>Chrysilla lauta</i>	10	0.18	5	0.14	0	0.00
蝇象属 <i>Hyllus</i>	斑腹蝇象 <i>Hyllus diardi</i>	4	0.07	2	0.06	0	0.00
拟伊蛛属 <i>Pseudicius</i>	四川拟伊蛛 <i>Pseudicius szechuanensis</i>	4	0.07	3	0.09	0	0.00
狼蛛科 Lycosidae							
豹蛛属 <i>Pardosa</i>	沟渠豹蛛 <i>Pardosa laura</i>	558	10.19	403	11.66	189	10.44
	拟环纹豹蛛 <i>Pardosa pseudoannulata</i>	197	3.60	133	3.85	67	3.70
	幼豹蛛 <i>Pardosa pusiola</i>	70	1.28	108	3.13	75	4.14
涡蛛属 <i>Wadicosa</i>	忠涡蛛 <i>Wadicosa fidelis</i>	4	0.07	2	0.06	7	0.39
水狼蛛属 <i>Pirata</i>	拟水狼蛛 <i>Pirata subpiraticus</i>	5	0.09	4	0.12	11	0.61
脉狼蛛属 <i>Venonia</i>	旋囊脉狼蛛 <i>Venonia spirocysta</i>	4	0.07	9	0.26	8	0.44
狼蛛属 <i>Lycosa</i>	格氏狼蛛 <i>Lycosa grahamsi</i>	7	0.13	14	0.41	5	0.28
熊蛛属 <i>Arctosa indicus</i>	印熊蛛 <i>Arctosa indica</i>	18	0.33	17	0.49	13	0.72
獾蛛属 <i>Trochosa</i>	版纳獾蛛 <i>Trochosa bamaensis</i>	138	2.52	91	2.63	60	3.31
马蛛属 <i>Hippasa</i>	格里马蛛 <i>Hippasa greenalliae</i>	9	0.16	13	0.38	0	0.00
猫蛛科 Oxyopidae							
猫蛛属 <i>Oxyopes</i>	斜纹猫蛛 <i>Oxyopes sertatus</i>	134	2.45	96	2.78	29	1.60
	爪哇猫蛛 <i>Oxyopes javanus</i>	12	0.22	5	0.14	7	0.39
	类斜纹猫蛛 <i>Oxyopes sertatoides</i>	88	1.61	66	1.91	18	0.99
管巢蛛科 Clubionidae							
管巢蛛属 <i>Clubiona</i>	羽斑管巢蛛 <i>Clubiona jucunda</i>	563	10.28	277	8.02	226	12.48
	谷川管巢蛛 <i>Clubiona tanikawai</i>	435	7.94	262	7.58	162	8.95
	盔黄蛛 <i>Xantharia galea</i>	129	2.36	53	1.53	15	0.83
优列蛛科 Eutichuridae							
红螯蛛属 <i>Cheiracanthium</i>	短刺红螯蛛 <i>Cheiracanthium brevispinum</i>	32	0.58	0	0.00	0	0.00
	单独红螯蛛 <i>Cheiracanthium unicum</i>	29	0.53	0	0.00	0	0.00
平腹蛛科 Gnaphosidae							
平腹蛛属 <i>Gnaphosa</i>	佐贺平腹蛛 <i>Gnaphosa kompirensis</i>	125	2.28	132	3.82	60	3.31
狂蛛属 <i>Zelotes</i>	通道狂蛛 <i>Zelotes tongdao</i>	30	0.55	36	1.04	4	0.22
长纺蛛科 Hersiliidae							
长纺蛛属 <i>Hersilia</i>	波纹长纺蛛 <i>Hersilia dtriatra</i>	25	0.46	0	0.00	0	0.00
逍遥蛛科 Philodromidae							
逍遥蛛属 <i>Philodromus</i>	胡氏逍遥蛛 <i>Philodromus hui</i>	91	1.66	63	1.82	18	0.99
栉足蛛科 Ctenidae							
阿纳蛛属 <i>Anahita</i>	阿纳蛛属一种 <i>Anahita</i> sp.	58	1.06	49	1.42	25	1.38
类球蛛科 Nesticidae							
类球蛛属 <i>Nesticella</i>	类球蛛一种 <i>Nesticella</i> sp.	77	1.41	94	2.72	53	2.93

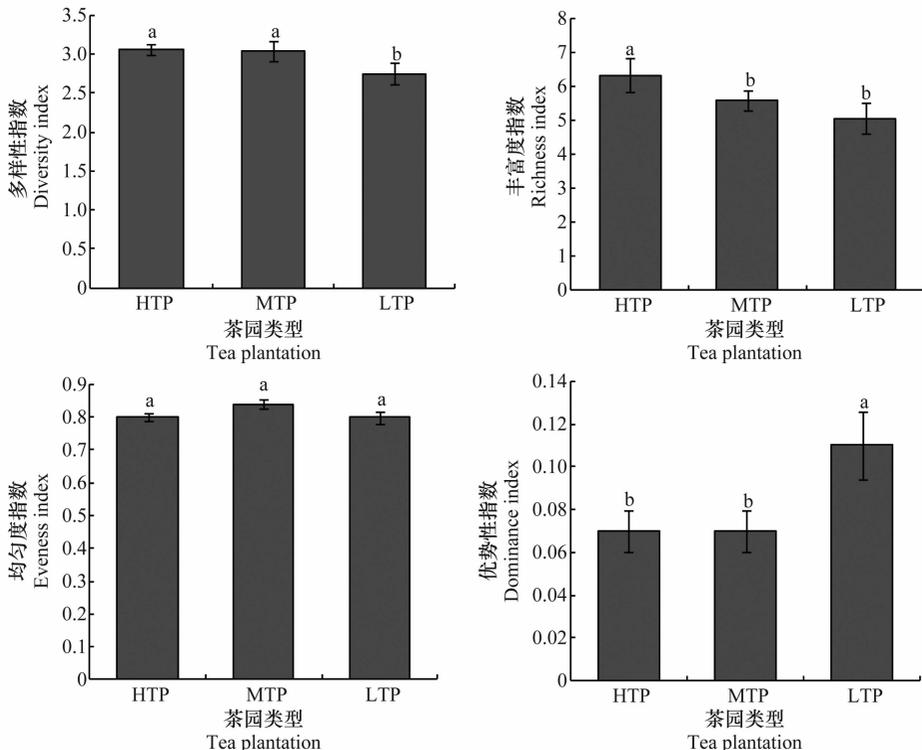
续表 2 Table 2(Continued)

科和属 Family and genus	种 Species	HTP		MTP		LTP	
		多度 Abundance	优势度 Dominance	多度 Abundance	优势度 Dominance	多度 Abundance	优势度 Dominance
圆颚蛛科 Corinnidae							
奥塔蛛属 <i>Otacilia</i>	尖峰岭奥塔蛛 <i>Otacilia jianfengling</i>	18	0.33	0	0.00	0	0.00
盾球蛛属 <i>Orthobula</i>	福建盾球蛛 <i>Orthobula fujian</i>	0	0.00	0	0.00	0	0.00
刺蛛属 <i>Echinax</i>	类猫刺蛛 <i>Echinax oxyopoides</i>	0	0.00	0	0.00	0	0.00
栅蛛科 Hahniidae							
栅蛛属 <i>Hahnia</i>	栓栅蛛 <i>Hahnia corticicola</i>	560	10.23	482	13.95	376	20.76
卵形蛛科 Oonopidae							
巨膝蛛属 <i>Opopaea</i>	角巨膝蛛 <i>Opopaea cornuta</i>	30	0.55	18	0.52	0	0.00
	羽巨膝蛛 <i>Opopaea plumula</i>	7	0.13	103	2.98	12	0.66
奥蛛属 <i>Orchestina</i>	纹胸奥蛛 <i>Orchestina thoracica</i>	6	0.11	11	0.32	0	0.00
颠蟾蛛科 Ctenizidae							
拉土蛛属 <i>Latouchia</i>	拉土蛛属一种 <i>Latouchia</i> sp.	0	0.00	27	0.78	0	0.00
个体数 Individual numbers		5 476	100.00	3 456	100.00	1 811	100.00
物种数 Species numbers		49		46		35	

## 2.2 不同类型茶园游猎型蜘蛛物种多样性

茶园外围复杂的植被生境为节肢动物群落提供了适宜的栖息和繁殖场所,同时也为高山茶园中更多数量的蜘蛛物种提供食物来源,蜘蛛种类较丰富,数量较大,多样性指数和丰富度指数高。中山茶园生境虽然与高山茶园相接近,但因使用了农药,优势种、丰盛种及常见种个体数量有所减少,部分稀有物种缺失,数量减少,多样性和丰富度指数

降低;低山茶园因受生境破坏和使用农药的双重影响,多样性指数和丰富度指数最低,且高山茶园与中山茶园、低山茶园之间的差异达到显著水平( $P < 0.05$ )。相反,低山茶园外围生境遭到破坏,以及农药的负面影响,茶园缺失 16 个蜘蛛物种,蜘蛛亚群落优势种和丰盛种的组成更为集中,导致优势性指数显著高于高山茶园和中山茶园( $P < 0.05$ )。三种茶园的均匀度指数无显著差异,见图 1。



柱上不同小写字母表示数据间差异达到显著水平( $P < 0.05$ )。下同  
Different lowercase letters indicate significant difference at 0.05. The same below

图 1 三种不同类型茶园游猎型蜘蛛多样性

Fig. 1 Diversity of wandering spiders in 3 different types of tea plantations

### 2.3 不同茶园游猎型蜘蛛亚群落结构的差异分析

三种茶园蜘蛛群落 NMDS 排序分析结果表明, 排序轴 1 和轴 2 存在明显的正交性(83.3%,  $r = -0.39$ ), 这两个排序轴累计解释了 90.7% 的数据变异(排序轴 1:  $R^2 = 0.868$ ; 排序轴 2:  $R^2 = 0.068$ ), NMDS 排序图中的两个排序轴均较好地反映了三种茶园游猎型蜘蛛亚群落的分布梯度, 排序分析计算出的  $stress < 5$  ( $stress = 4.63$ ), 表明 NMDS 排序分析结果很好。从排序图中可以看出, 三种茶园游猎型蜘蛛亚群落组成明显不同, 高山茶园游猎型蜘蛛亚群落组成与低山茶园的差异较大, 而中山茶园与低山茶园差异较小(见图 3)。PerMANOVA 的分析结果与 NMDS 排序结果一致, 三种茶园蜘蛛群落之间具有显著差异( $F_{2,14} = 12.34, P < 0.001$ )。多重比较的结果表明, 每两个茶园间蜘蛛亚群落差异显著( $HTP vs MTP: t = 3.06, P = 0.004$ ;  $HTP vs LTP: t = 4.90, P = 0.007$ ;  $MTP vs LTP: t = 2.32, P = 0.013$ )。

SIMPER 分析结果, 高山茶园与中山茶园的相异性 28.90%, 高山茶园与低山茶园的相异性 52.13%, 表明高山茶园与中山茶园蜘蛛群落结构之间有较高的相似性, 高山茶园与低山茶园蜘蛛群落之间有较高的相异性, 这与茶园的海拔高度、茶园及外围植被生境状况、管理方式密切相关。高山茶园与中山茶园的相异性蜘蛛物种相同, 即多色金蝉蛛、羽斑管巢蛛、波纹花蟹蛛、栓栅蛛、谷川管巢蛛、沟渠豹蛛等 6 种, 其贡献率在 6.11%~16.95% 之间, 多色

金蝉蛛、羽斑管巢蛛、波纹花蟹蛛贡献率较大, 是主要贡献者。中山茶园与低山茶园主要特征物种栓栅蛛和沟渠豹蛛, 贡献率为 15.18% 和 13.06%, 是主要贡献者。栓栅蛛、谷川管巢蛛和沟渠豹蛛是 3 组茶园共同的特征性物种, 花哈沙蛛 *Hasarius adansoni*、角红蟹蛛 *Thomisus labefactus*、鳃哈莫蛛 *Harmochirus brachiatus* 是中山茶园和低山茶园独有特征性物种。中山茶园与低山茶园的相异性是 37.56%, 介于其他两组茶园之间, 见表 3。

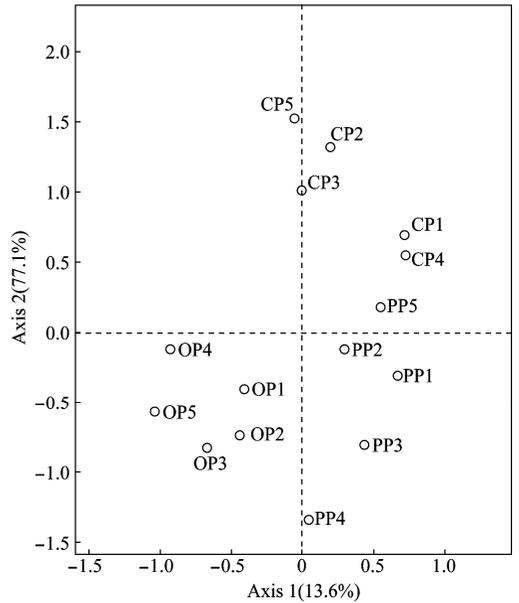


图 2 三种茶园游猎型蜘蛛亚群落的 NMDS 排序图  
Fig. 2 NMDS plots indicating 2-dimensional distances of wandering spider sub-communities among three habitats

表 3 游猎型蜘蛛亚群落平均相异性贡献率  $\geq 5\%$  的主要特征种类及其贡献率<sup>1)</sup>

Table 3 Taxa with more than 5% contribution to overall average dissimilarity of wandering spider sub-communities groups in different tea plantations

茶园 Tea plantation	平均相异性/% Average dissimilarity	贡献率/% Degree of contribution								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
HTP vs MTP	28.90	16.95	12.08	10.04	9.13	7.67	6.11			
HTP vs LTP	52.13	13.85	11.17	9.12	8.17	8.72	11.76			
MTP vs LTP	37.56				15.18	7.11	13.06	5.36	6.01	5.15

1) 1: 多色金蝉蛛; 2: 羽斑管巢蛛; 3: 波纹花蟹蛛; 4: 栓栅蛛; 5: 谷川管巢蛛; 6: 沟渠豹蛛; 7: 花哈沙蛛; 8: 角红蟹蛛; 9: 鳃哈莫蛛;  
1: *Phintella versicolor*; 2: *Clubiona jucunda*; 3: *Xysticus croceus*; 4: *Hahnia corticicola*; 5: *Clubiona tanikawai*; 6: *Pardosa laura*; 7: *Hasarius adansoni*; 8: *Thomisus labefactus*; 9: *Harmochirus brachiatus*.

### 2.4 不同茶园游猎型蜘蛛亚群落与环境因子的关系

三种茶园游猎型蜘蛛亚群落 5 种环境因子的 RDA 排序结果表明, 第一轴( $F = 8.823, P = 0.001$ )和所有典型轴( $F = 4.429, P = 0.001$ )在统计学分析上达到极显著水平, 说明排序分析能够很好地反映三种茶园游猎型蜘蛛亚群落分布对环境变量的响应。对环境因子逐步向前筛选变量的偏 RDA 分析结果

表明, 海拔高度( $F = 11.84, P = 0.001$ )、茶园茶树树冠盖度( $F = 1.898, P = 0.042$ )和除草剂( $F = 2.12, P = 0.024$ )是影响茶园蜘蛛亚群落分布的主要环境因子, 海拔高度对茶园蜘蛛亚群落的影响最大, 贡献率达 62.52%。其次, 茶园盖度和除草剂对蜘蛛亚群落的影响较大, 贡献率分别为 9.155% 和 10.99%; 采茶次数对茶园蜘蛛亚群落的影响最小, 贡献率小于

5%(见表 4)。海拔高度与第 1 排序轴呈显著正相关( $r=0.9396$ ),与第 2 排序轴正相关( $r=0.0079$ );茶树冠的盖度与第 2 排序轴呈正相关( $r=0.5025$ );农药( $r=-0.9012$ )、除草剂( $r=-0.819$ )、采茶次数( $r=-0.918$ )与第 1 排序轴呈显著负相关。第 1 排序轴解释了蜘蛛亚群落与茶园环境因子 49.5% 的相关关系,第二轴解释了蜘蛛群落与茶园环境因子 11.4% 的相关关系。

从图 2 中的蜘蛛物种排序结果看出,沟渠豹蛛、盔黄蛛 *Xantharia galea*、多色金蝉蛛、谷川管巢蛛、羽斑管巢蛛、波纹花蟹蛛、毛垛兜跳蛛 *Ptocasius strupifer*、斜纹猫蛛 *Oxyopes sertatus* 等 8 种蜘蛛对海拔高度具有极显著响应,海拔高度与其分布呈极显

著正相关;梅微蟹蛛 *Lysiteles maius*、郑氏三门蟹蛛 *Pharta brevipalpus*、胡氏逍遥蛛 *Philodromus hui*、角红蟹蛛 *Thomisus labefactus*、胫节华蛛 *Chinattus tibialis*、花哈沙蛛 *Hasarius adansoni*、拟环纹豹蛛 *Pardosa pseudoannulata*、版纳獾蛛 *Trochosa bannaensis* 和类斜纹猫蛛 *Oxyopes sertatoides* 等 9 种蜘蛛对海拔高度具有显著的响应,与其分布呈显著正相关。而农药、采茶次数与茶园绝大多数的蜘蛛物种呈显著负相关,盖度、除草剂与茶园部分蜘蛛物种呈负相关。优势度大于 1% 的蜘蛛类群主要分布在高山茶园的 5 个生境样地中,位于第二排序轴的右侧;而低山茶园的 5 个样地则位于第二排序轴的左侧。中山茶园的 5 个样地介于高山茶园与低山茶园之间,接近于第二轴上。

表 4 环境因子对蜘蛛群落变化的相对贡献偏 RDA 分析

Table 4 Variation partition analysis of the relative contribution of the environmental variables to the variation of wandering spider communities

变量 Variable	特征值 Eigenvalue	F	P	贡献率/% Degree of contribution
海拔高度/m Altitude	0.477	11.84	0.001	62.52
年采茶次数/次 Number of tea picking	0.032	0.994	0.440	4.50
农药施用次数/次 Number of pesticide application	0.059	1.825	0.064	8.30
除草剂施用次数/次 Number of herbicide application	0.078	2.12	0.024	10.99
盖度/% Coverage	0.065	1.898	0.042	9.155

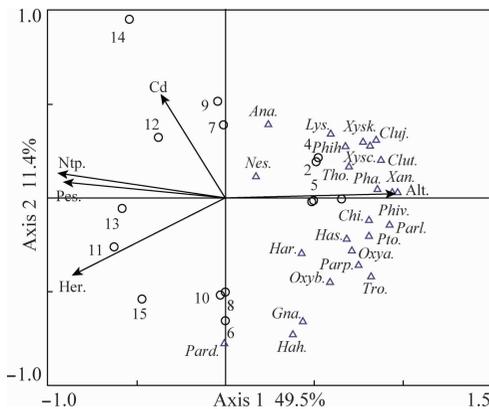


图 3 三种茶园游猎型蜘蛛亚群落分布与 5 个关键解释变量关系的 RDA 二维排序图

Fig. 3 RDA two-dimensional ordination diagram of the relationships between the five key environmental variables (altitude, tea-picking, pesticide, herbicide, cover degree) and the distribution of wandering spiders communities in the three tea plantations

### 3 结论与讨论

茶园的外周景观是指围绕在茶园四周的植被生境组成及与邻近茶园的植被隔离带宽度<sup>[7,26-27]</sup>。茶园是单一的作物生态系统,其外围景观是由不同种植物叠加而成的复合生态系统,其中栖息着不同的节肢动物群落,生态系统越复杂,其中栖息的节肢动物物种就越丰富<sup>[28-29]</sup>。由不同种植物组成的景观

生态会吸引更多数量的害虫和天敌种类,这对生态系统中天敌与害虫之间的调控与制约、维持生态系统的平衡意义重大<sup>[30-32]</sup>。茶园外围植被多样性与稳定性为游猎型蜘蛛提供了更好的栖息、觅食和繁育场所,游猎型蜘蛛通过快速迁移,扩大其猎食空间而成为茶园的主要天敌类群。研究表明,茶园海拔高度、伴生植被状况及外周生境的复杂程度与使用农药、除草剂是影响茶园蜘蛛群落结构的两大

图中的缩写符号为蜘蛛物种名的缩写,具体代表的物种如下: *Tho.*: 角红蟹蛛; *Lys.*: 梅微蟹蛛; *Xysk.*: 蛛干岛花蟹蛛; *Xysc.*: 波纹花蟹蛛; *Pha.*: 郑氏三门蟹蛛; *Phiv.*: 多色金蝉蛛; *Pto.*: 毛垛兜跳蛛; *Har.*: 鳃哈莫蛛; *Chi.*: 胫节华蛛; *Has.*: 花哈沙蛛; *Parl.*: 沟渠豹蛛; *Parp.*: 拟环纹豹蛛; *Pard.*: 幼豹蛛; *Tro.*: 版纳獾蛛; *Oxya.*: 斜纹猫蛛; *Oxyb.*: 类斜纹猫蛛; *Cluj.*: 羽斑管巢蛛; *Clut.*: 谷川管巢蛛; *Xan.*: 盔黄蛛; *Gna.*: 佐贺平腹蛛; *Phih.*: 胡氏逍遥蛛; *Ana.*: 阿纳蛛属待定种; *Nes.*: 类球蛛属待定种; *Hah.*: 栓脚蛛; *Alt.*: 海拔高度; *Pes.*: 农药; *Ntp.*: 采茶次数; *Cd.*: 盖度; *Her.*: 除草剂。

The abbreviation symbols in the figure are the abbreviations of the species name of spiders: *Tho.*: *Thomisus labefactus*; *Lys.*: *Lysiteles maius*; *Xysk.*: *Xysticus kurilensis*; *Xysc.*: *Xysticus croceus*; *Pha.*: *Pharta brevipalpus*; *Phiv.*: *Phintella versicolor*; *Pto.*: *Ptocasius strupifer*; *Har.*: *Harmochirus brachiatus*; *Chi.*: *Chinattus tibialis*; *Has.*: *Hasarius adansoni*; *Parl.*: *Pardosa laura*; *Parp.*: *Pardosa pseudoannulata*; *Pard.*: *Pardosa psiola*; *Tro.*: *Trochosa bannaensis*; *Oxya.*: *Oxyopes sertatus*; *Oxyb.*: *Oxyopes sertatoides*; *Cluj.*: *Clubiona Jucunda*; *Clut.*: *Clubiona tanikawai*; *Xan.*: *Xantharia galea*; *Gna.*: *Gnaphosa kampirensis*; *Phih.*: *Philodromus hui*; *Ana.*: *Anahia sp.*; *Nes.*: *Nesticella sp.*; *Hah.*: *Hahnia corticicola*. *Alt.*: Altitude; *Pes.*: Pesticide; *Ntp.*: Number of tea picking; *Cd.*: Cover degree; *Her.*: Herbicide.

类因素<sup>[33-34]</sup>。前者对茶园游猎型蜘蛛优势种、丰盛种和常见种具有显著影响,后者对稀有类群和缺失物种具有显著的影响。海拔高度与茶园植被状况密切相关,茶园内部植被群落组成和外围景观的复杂程度强烈影响茶园游猎型蜘蛛物种的组成与分布状况,并且决定了茶园游猎型蜘蛛亚群落的分布格局<sup>[35]</sup>。本研究茶树树冠盖度随海拔高度的增加而降低,中山茶园和低山茶园使用农药与除草剂,改变了茶树冠和地表、枯叶层游猎型蜘蛛亚群落物种的组成,蜘蛛的物种数和个体数量显著减少,从而降低茶园游猎型蜘蛛亚群落的多样性,减弱了蜘蛛对虫害的防控效率。中山茶园与高山茶园的生境复杂状况相近,且中山茶园使用的均为低毒农药,严格控制用量,茶园蜘蛛优势种、丰盛种和常见种对农药也会产生一定的耐受性,因此对蜘蛛物种变化影响不大,在个体数量上同增同减幅度也不大<sup>[36]</sup>。低山茶园因外周景观生境遭到严重破坏,农药和除草剂成为游猎型蜘蛛亚群落的主要影响因子,虽然采茶前的农药停用期、蜘蛛对农药耐受性等因素,会减轻药物对蜘蛛优势物种、丰盛种的影响,但对茶园蜘蛛常见种和稀有种具有强烈的影响,显著地降低蜘蛛的物种数和个体数量<sup>[37]</sup>,从而产生显著差异。本研究结果与蒋杰贤等<sup>[38]</sup>、王凯学等<sup>[39]</sup>和冉隆珣等<sup>[40]</sup>对不同生境条件的桃园、稻田和茶园节肢动物的研究结果一致。由此表明,在茶园的开发和管理过程中,茶园因开发导致外围自然生境的破坏以及使用农药和除草剂的负面影响,降低蜘蛛物种的丰富度与多样性,破坏茶园天敌与害虫之间的平衡关系,可能引起害虫快速繁殖而发生虫害<sup>[41]</sup>。因此在茶园开发的过程中,保留其自然景观可以吸引更多数量的游猎型蜘蛛物种迁入茶园,提高茶园游猎型蜘蛛亚群落的丰富度和多样性,有益于利用蜘蛛防控害虫进行生物防治,减少或不用化学药物,对提高茶叶产量和品质具有重要意义。

## 参考文献

- [1] NYFFELER M, BIRKHOFFER K. An estimated 400 – 800 million tons of prey are annually killed by the global spider community [J/OL]. *The Science of Nature*, 2017, [2017-03-14], 104:30. <https://doi.org/10.1007/s00114-017-1440-1>.
- [2] 陈伯刚. 蜘蛛对茶园害虫控制作用的研究[J]. *蛛形学报*, 2003, 12(2): 125 – 127.
- [3] 韩宝瑜. 有机、无公害和普通茶园蜘蛛群落组成及动态差异[J]. *蛛形学报*, 2005, 14(2): 104 – 107.
- [4] 曾明森, 吴光远, 王庆森, 等. 茶园蜘蛛种类与种群动态的初步研究[J]. *贵州科学*, 2008, 6(2): 35 – 38.
- [5] 李代芹, 赵敬钊. 棉田蜘蛛群落及其多样性研究[J]. *生态学报*, 1993, 13(3): 205 – 213.
- [6] 赵金钊. 中国棉田蜘蛛[M]. 武汉: 武汉出版社, 1993.
- [7] 邢树文, 朱慧, 马瑞君, 等. 不同生境条件与管理方式对茶园蜘蛛群落结构及多样性的影响[J]. *生态学报*, 2017, 37(12): 4236 – 4246.
- [8] 王友平, 李儒海, 毛迎新, 等. 不同修剪模式对有机茶园节肢动物群落多样性的影响[J]. *茶叶学报*, 2015, 56(3): 179 – 183.
- [9] 王月竹. 不同海拔凤凰单丛茶化学成分组成及其生长环境调查研究[D]. 广州: 华南师范大学, 2013.
- [10] HE Yueping, SHEN Jinliang. The genetic origin and molecular basic of the evolution of insect resistance to insecticides [J]. *Chinese Bulletin of Entomology*, 2008, 45(2): 175 – 181.
- [11] YU Yueshu, SHEN Guoqing, LU Yitong, et al. Advances in the hormesis of pesticides to the natural enemies [J]. *Plant Protection*, 2009, 35(5): 10 – 13.
- [12] DUAN Meichun, LIU Yuanhui, ZHANG Xin, et al. Agricultural disease and insect-pest control via agro-ecological landscape construction [J]. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2012, 20(7): 825 – 831.
- [13] 陈宗懋, 陈雪芬. 新编无公害茶园农药使用手册[M]. 北京: 人民出版社, 2000.
- [14] PLATNICK N I. The world spider catalog, version 13. 5 [DB/OL]. 2013, (2013-05V06)[2018-05-22]. <http://research.amnh.org/iz/spiders/catalog/INTRO1.html>.
- [15] 宋大祥. 中国农区蜘蛛[M]. 北京: 农业出版社, 1987: 60 – 340.
- [16] 尹长民, 彭贤锦, 颜亨梅. 湖南动物志[M]. 长沙: 湖南科学技术出版社, 2012.
- [17] SONG Daxiang, ZHU Mingsheng, CHEN Jun. The spiders of China [M]. Hebei: Hebei Science And Technology Press, 1999.
- [18] LIU Jiliang, REN Wei, ZHAO Wenzhi, et al. Cropping systems alter the biodiversity of ground-and soil-dwelling herbivorous and predatory arthropods in a desert agroecosystem: Implications for pest biocontrol [J]. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 2018, 266: 109 – 121.
- [19] 马克平, 刘玉明. 生物群落多样性的测度方法[J]. *生物多样性*, 1994, 2(4): 231 – 239.
- [20] 黎健龙, 黎华寿, 黎秀娣, 等. 广东英德茶区蜘蛛群落结构及多样性研究[J]. *茶叶科学*, 2014, 34(3): 253 – 260.
- [21] CLARKE K R. Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure [J]. *Australian Journal of Ecology*, 1993, 18(1): 117 – 143.
- [22] MCCUNE B, GRACE J B. Analysis of ecological communities [M]. Oregon: MJM Software Design, 2002.
- [23] BARTON P S, MANNING A D, GIBB H, et al. Conserving ground-dwelling beetles in an endangered woodland community: Multi-scale habitat effects on assemblage diversity [J]. *Biological Conservation*, 2009, 142(8): 1701 – 1709.
- [24] 林胜, 陈李林, 尤民生, 等. 多作对稻田蜘蛛功能团结构及多样性的影响[J]. *福建农林大学学报(自然版)*, 2011, 40(1): 1 – 7.

表明:发酵液在 50℃ 以下、pH 为偏酸性和中性条件下杀虫活性比较稳定;具有良好的光照稳定性、耐贮藏性;且菌株遗传性稳定。因此,菌株 LKY208 具有很好的开发研究价值及应用前景。

利用 16S rRNA 基因对菌株 LKY208 进行了分类鉴定,将菌株 LKY208 初步定名为链霉菌属雷格链霉菌 *Streptomyces regensis*。

## 参考文献

- [1] 徐明,刘冬梅,徐福元,等. Bt 与灭幼脲混剂对美国白蛾第 2,3 代幼虫的联合毒力及预防效果[J]. 林业科学, 2013, 49(12): 171 - 174.
- [2] 魏建荣,杨忠岐,苏智. 利用生命表评价白蛾周氏啮小蜂对美国白蛾的控制作用[J]. 昆虫学报, 2003, 46(3): 318 - 324.
- [3] 萧刚柔. 中国森林昆虫[M]. 北京:中国林业出版社, 1992: 1039.
- [4] 房立新,陈连正,张联合,等. 花布灯蛾生物学特性及综合防治技术[J]. 吉林林业科技, 2012, 41(4): 53 - 54.
- [5] 贾中鸥,张晓军,张健. 花布灯蛾生物学特性及综合防治技术[J]. 吉林农业, 2013(6): 64.
- [6] TAKAHASHI A, KURASAWA S, IKEDA D, et al. Altemicidin, a new acaricidal and antitumor substance. I. Taxonomy, fermentation, isolation and physico-chemical and biological properties [J]. The Journal of Antibiotics, 1989, 42(11): 1556 - 1561.
- [7] 欧阳琼,涂国全,高勇生,等. 南昌链霉菌新种及其产生的两种杀虫抗生素[J]. 江西农业大学学报, 1984, 15(8): 148 - 153.
- [8] 熊丽霞. 海洋微生物杀虫活性物质的分离筛选与海洋杀虫链霉菌 L173 的研究[D]. 北京:中国科学院生态环境研究中心, 2004.
- [9] 方中达. 植病研究方法[M]. 北京:中国农业出版社, 2007: 243 - 250.
- [10] 胡志钰,刘三震,黄浩,等. 海洋放线菌杀虫抗生素的一种快速筛选模型[J]. 海洋通报, 2000, 19(4): 36 - 41.
- [11] 左一鸣,王开运,姜兴印. 4 种抗生素类杀虫剂对小菜蛾不同龄期幼虫的毒力和杀卵作用[J]. 农药, 2004, 43(1): 26 - 27.
- [12] 徐树兰,李辉,陈其津. 甜菜夜蛾核型多角体病毒的致病力测定与群养对病毒产量的影响[J]. 长江蔬菜, 2010(18): 10 - 12.
- [13] FAO. Revised method for spider mites and their egg (e. g. *Tetranychus* spp. and *Panonychus ulmi* Koch) [J]. FAO Plant Production and Protection, 1980, 21(4): 49 - 54.
- [14] 刘济宁. 海洋微生物 050101 菌株的杀虫活性筛选及其基因重组研究[D]. 海口:华南热带农业大学, 2004.
- [15] 杨瑞,王岐,张露,等. 放线菌扫描电镜样品制备方法比较研究[J]. 电子显微学报, 2014, 33(1): 84 - 89.
- [16] 潘云娣,杨文鸽. 产杀虫活性物质海洋放线菌的筛选和初步鉴定[J]. 海洋通报, 2006, 5(4): 92 - 95.
- (责任编辑: 杨明丽)
- (上接 200 页)
- [25] LEPS J, SMILAUER P. Multivariate analysis of ecological data using CANOCO [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2003.
- [26] FERENC S, ANDRÁS H, DÓRA N, et al. Metacommunities of spiders in grassland habitat fragments of an agricultural landscape [J]. Basic and Applied Ecology, 2018, 31: 92 - 103.
- [27] MIYASHITA T, SHINKAI A, CHIDA T. The effects of forest fragmentation on web spider communities in urban areas [J]. Biological Conservation, 1998, 86(3): 357 - 364.
- [28] BRAAKER S, OBRIST MK, GHAZOU J, et al. Habitat connectivity and local conditions shape taxonomic and functional diversity of arthropods on green roofs [J]. Journal of Animal Ecology, 2017, 86(3): 521 - 531.
- [29] 周子扬. 不同类型稻田非作物生境的节肢动物多样性[D]. 南京:南京农业大学, 2001.
- [30] HARVEY J A, ODE P J, MALCICKA M, et al. Short-term seasonal habitat facilitation mediated by an insect herbivore [J]. Basic and Applied Ecology, 2016, 17(5): 447 - 454.
- [31] 刘冰. 不同景观结构下华北农田主要天敌的种群数量以及控害功能[D]. 扬州:扬州大学, 2016.
- [32] DIEHL E, MADER V L, WOLTERS V, et al. Management intensity and vegetation complexity affect web-building spiders and their prey [J]. Oecologia, 2013, 173(2): 579 - 589.
- [33] 黄顶成,尤民生,侯有明,等. 化学除草剂对农田生物群落的影响[J]. 生态学报, 2005, 25(6): 1451 - 1458.
- [34] LEFEBVRE M, FRANCK P, OLIVARES J, et al. Spider predation on rosy apple aphid in conventional, organic and insecticide-free orchards and its impact on aphid populations [J]. Biological Control, 2017, 104: 57 - 65.
- [35] ZAKKAK S, CHATZAKI M, KARAMALIS N, et al. Spiders in the context of agricultural land abandonment in Greek Mountains: species responses, community structure and the need to preserve traditional agricultural landscapes [J]. Journal of Insect Conservation, 2014, 18(4): 599 - 611.
- [36] 黄德超,梁广文. 不同耕种稻田稻株上部节肢动物群落种间协变[J]. 广东农业科学, 2010, 37(1): 9 - 11.
- [37] 陈银方. 浙西南茶园蜘蛛消长动态和影响关键因子研究[J]. 蛛形学报, 2016, 25(1): 56 - 60.
- [38] 蒋杰贤,万年峰,季香云,等. 桃园生草对桃树节肢动物群落多样性与稳定性的影响[J]. 应用生态学报, 2011, 22(9): 2303 - 2308.
- [39] 王凯学,张清泉,陈丽丽,等. 生态稻田及常规稻田节肢动物群落结构特征的比较研究[J]. 植物保护, 2013, 39(3): 31 - 35.
- [40] 冉隆陶,玉香甩,毛加梅,等. 勐海茶区不同类型茶园节肢动物群落组成及多样性研究[J]. 湖南农业科学, 2012, 9(13): 88 - 91.
- [41] 黎秀娣,冯平万,黎健龙,等. 茶树上游猎型蜘蛛功能团对景观低碳管理模式的反应[J]. 生态环境学报, 2014, 23(1): 64 - 72.
- (责任编辑: 田 喆)