

茶蚜龄期划分及各龄期形态特征的识别*

张方梅** 尤伟晨 陈磊 耿书宝 郭世保

乔利 周洲 陈俊华***

(信阳农林学院, 信阳 464000)

摘要 【目的】明确茶蚜 *Toxoptera aurantia* 虫龄鉴别特征, 为准确、快速识别茶蚜龄期提供理论基础。

【方法】利用体式显微镜分别对两翅型茶蚜各龄期若蚜和成蚜的体长、体宽、头壳宽、触角长度、腹管长度、尾片长度和后足胫节长度 7 项指标进行测量。【结果】无翅型和有翅型茶蚜的 7 个指标在各虫龄中均存在差异。不同龄期无翅型茶蚜体长、后足胫节长度和有翅型茶蚜后足胫节长度在不同龄期若蚜和成蚜间存在部分重叠或无, 可用于鉴定茶蚜虫龄。此外, 翅基发育程度可用于区分 3 和 4 龄若蚜, 触角节数可用于区分 1 和 2 龄若蚜与其他龄期蚜虫, 尾片的外部形态特征可用于区分若蚜和成蚜。【结论】无翅型茶蚜的龄期鉴定主要依据其体长和后足胫节长度, 而有翅型茶蚜的龄期鉴定主要依据其后足胫节长度, 同时结合胸部翅基发育、不同龄期触角节数及尾片形态等, 可准确识别两翅型不同龄期的茶蚜。

关键词 茶蚜; 虫龄; 翅型; 形态特征

Identification of the instar and morphological characteristics of *Toxoptera aurantia* Fonscolombe

ZHANG Fang-Mei** YOU Wei-Chen CHEN Lei GENG Shu-Bao GUO Shi-Bao

QIAO Li ZHOU Zhou CHEN Jun-Hua***

(Xinyang Agriculture and Forestry University, Xinyang 464000, China)

Abstract 【Aim】To provide a theoretical basis for the accurate and rapid identification of the instars of *Toxoptera aurantia*.

【Methods】Seven morphological indices of different instars nymph and adults of both morph from *T. aurantia*, including body length, body width, head width, antennae length, cornicle length, cauda length and hind tibia length, were measured using a stereo microscope. 【Results】There were differences in each of the seven morphological indices measured among various instars of both apterous and alate *T. aurantia*. The body length and length of the hind tibia of apterous individuals, and the length of the hind tibia of the alate individuals showed either part, or no, overlap between different instars nymphs and adults, and therefore could distinguish the instars of both morphs of *T. aurantia*. In addition, the development of the wing base could be regarded as a diagnostic characteristic for differentiating the 3rd and 4th nymph instars of alate individuals. The number of antennal segments could be used as a diagnostic characteristic to differentiate the 1st and 2nd instars from other instars, and cauda shape could be used to differentiate between nymphs and adults. 【Conclusion】Instars of *T. aurantia* could be accurately and quickly distinguished on the basis of body length and length of the hind tibia, in the case of apterous individuals, and on the basis of the length of the hind tibia, in the case of alate individuals, in combination with auxiliary characteristics such as the development of the wing base on thorax, number of antennal segments of different instars and cauda shape.

Key words *Toxoptera aurantia*; instars; wing type; morphological characteristics

*资助项目 Supported projects: 河南省高等学校青年骨干教师培养计划资助项目 (2020GGJS260); 信阳农林学院创新团队建设项目 (XNKJTD-007; KJCXTD-202001); 河南省中央引导地方科技发展资金项目 (Z20221341063); 河南省国际科技合作项目 (242102520042); 河南省科技攻关项目 (242102110178); 河南省高等学校重点科研项目 (24B210012); 信阳生态研究院开放基金 (2023XYQN08)

**第一作者 First author, E-mail: zhangfm@xyafu.edu.cn

***通讯作者 Corresponding author, E-mail: Junhua993@163.com

收稿日期 Received: 2022-12-27; 接受日期 Accepted: 2023-04-07

茶蚜 *Toxoptera aurantia* Fonscolombe 又称橘二叉蚜、茶二叉蚜, 隶属于半翅目 Hemiptera, 蚜科 Aphididae, 为茶树的重要害虫之一, 在世界各大产茶区均有分布 (Han *et al.*, 2012; Deng, 2019)。该蚜主要集中在茶树芽尖、叶背及嫩茎上以刺吸汁液危害, 影响茶树芽叶伸展。严重时可引起叶片萎缩, 甚至造成无茶可采。茶蚜除取食植物汁液外, 其排泄的蜜露可引起霉菌寄生, 诱发煤污病, 使茶叶嫩叶、嫩梢黄化凋落, 从而严重影响茶树树势和茶叶品质 (Sevim *et al.*, 2012; Roy *et al.*, 2014; Guidolin and Consoli, 2018)。

明确昆虫幼虫各龄期的形态学特征, 可用于昆虫龄期的划分, 也可为确定害虫的防治适期提供理论基础。在鳞翅目幼虫中, 如法氏柴胡宽蛾幼虫 (万喻等, 2015)、梨小食心虫幼虫 (王芳等, 2016) 和短梳角野螟幼虫 (李小敏等, 2017) 等主要以幼虫的头壳宽度为标准确定其龄期, 而在半翅目昆虫蚜虫中主要以其外部形态指标如体长、体宽、头壳宽、触角长等来确定其龄期。研究表明, 在不同的蚜虫中, 判断龄期的主要指标存在着差异。赵怀志等 (2021) 认为豌豆蚜的腹管长度是其龄期鉴定的重要特征, 配合其他形态指标特征如后足胫节长度、触角长度等, 可正确识别其各个龄期。而麦长管蚜 (许向利等, 2014; 张方梅等, 2015) 和大豆蚜 (李慧等, 2018) 后足胫节的长度随龄期呈现明显增长, 可作为两种蚜虫龄期鉴定的主要指标。此外, Zhong 等 (2019) 通过观察发现菊小长管蚜的翅芽、腹末形状、尾片形状等外部形态指标也可被用于该虫不同龄期的识别。

近年来, 对茶蚜的研究主要涉及行为学 (崔林等, 2014)、分子生物学 (Hong *et al.*, 2020)、种群动态 (Li *et al.*, 2019) 和药剂防治 (Guidolin and Consoli, 2018) 等方面, 而对该蚜龄期的确定未见详细报道。本研究利用体式显微镜对茶蚜两翅型各龄期若蚜和成蚜的 7 项外部形态指标进行观察和测量, 并进行生物统计分析, 确定了不同龄期若蚜的特征, 为茶蚜的生物学特性和防治适期的研究提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 供试昆虫

供试茶蚜采自信阳市马鞍山茶园 (32°10'50"N, 113°50'17"E), 带回实验室内用新鲜带枝的茶叶饲养多代。饲养温度为 (25±1) °C, 相对湿度为 60%±5%, 光周期为 16L: 8D。取单头无翅型成虫饲养于直径 9 cm 的培养皿中, 产蚜后将初产若蚜单头饲养于培养皿中, 根据其蜕皮次数, 收集各龄期若蚜及成蚜。

1.2 形态指标测定

将各龄期茶蚜置于冰上 1 h 降低其活力, 利用体式显微镜 (OlympusSZX16) 对茶蚜两种翅型各虫龄个体的形态指标进行测量, 具体测量指标和位置见图 1。不同翅型不同龄期的茶蚜分别测定 20 头, 每个指标测量 3 次。

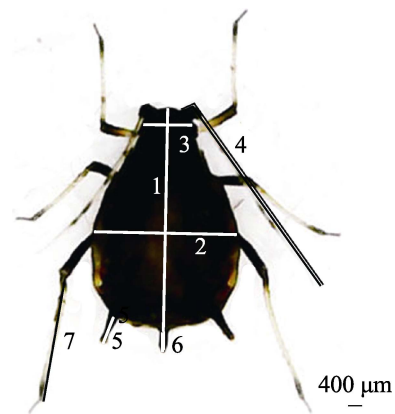


图 1 茶蚜 7 项外部形态指标

Fig. 1 Seven external morphological indices of *Toxoptera aurantia*

- 1: 体长; 2: 体宽; 3: 头壳宽; 4: 触角长; 5: 腹管长;
6: 尾片长; 7: 后足胫节长。
1: Body length; 2: Body width; 3: Head width; 4: Antenna length; 5: Cornicle length; 6: Cauda length; 7: Hind tibia length.

1.3 数据分析

利用 SPSS Statistics 20.0 软件单因素方差分析 (LSD 法, $P < 0.05$) 对两翅型不同龄期茶蚜若蚜和成蚜的 7 项外部形态指标进行处理和分析, 利用戴氏法则对不同龄期茶蚜所测定指标与龄

期进行线性回归分析, 验证茶蚜龄期划分的合理性。

2 结果与分析

2.1 茶蚜各虫龄外部形态特征

通过观察发现, 茶蚜出生后共有 5 个发育阶段, 包括若蚜 4 个龄期和成蚜期 (图 2)。1 龄与 2 龄若蚜外部形态上基本无差异, 均未见中胸部位膨大隆起, 为无翅若蚜 (图 2: A, B), 从 3

龄开始可明显区分出无翅或有翅, 无翅若蚜中胸部位无突起, 翅基不发达 (图 2: C), 而有翅若蚜中胸部位可见明显突起, 翅基较发达, 已可见小翅芽 (图 2: D, 箭头处)。4 龄无翅若蚜 (图 2: E) 和无翅成蚜 (图 2: G) 胸部结构简单无明显变化, 4 龄有翅若蚜 (图 2: F, 箭头处) 胸部翅基继续发育, 在中后胸部位可见明显的前、后翅的小翅芽, 至有翅成蚜期, 胸部可见发育完整的翅 (图 2: H), 表明胸部翅基的发育程度可用于区分 3 和 4 龄若蚜。

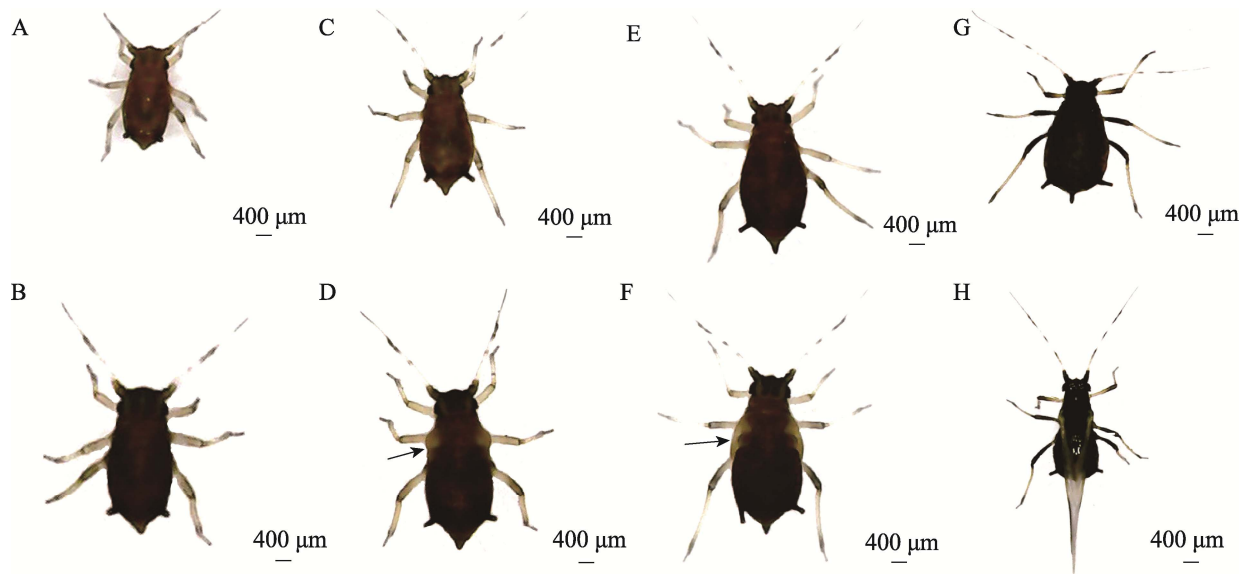


图 2 茶蚜两翅型不同龄期的外部形态

Fig. 2 Body phenotype of different instars of both morphs of *Toxoptera aurantia*

A. 1 龄若蚜; B. 2 龄若蚜; C. 无翅型 3 龄若蚜; D. 有翅型 3 龄若蚜; E. 无翅型 4 龄若蚜;
F. 有翅型 4 龄若蚜; G. 无翅型成蚜; H. 有翅型成蚜。

A. 1st instar nymph; B. 2nd instar nymph; C. 3rd instar nymph of apterous morph; D. 3rd instar nymph of alate morph;
E. 4th instar nymph of apterous morph; F. 4th instar nymph of alate morph; G. Apterous adult; H. Alate adult.

茶蚜两翅型不同龄期若蚜的触角与成蚜期的外形相似, 但触角节数长度及节数会随着龄期的增长发生变化 (图 3)。1 龄 (图 3: A) 和 2 龄 (图 3: B) 若蚜的触角节数均为 5 节, 无翅型和有翅型的 3 龄 (图 3: C, D)、4 龄 (图 3: E, F) 若蚜和成蚜 (图 3: G, H) 的触角节数相同, 均为 6 节。结果表明, 茶蚜触角节数可用于区分 1 和 2 龄若蚜与其他龄期蚜虫。

茶蚜两翅型不同龄期若蚜尾片在外部形态上较相似, 呈圆锥形 (图 4: A-F), 而两翅型的成蚜尾片呈明显的长棍状 (图 4: G-H), 表明茶

蚜尾片形状可用于快速准确地鉴别茶蚜的若蚜和成蚜, 说明尾片形状也可作为鉴别茶蚜虫龄的辅助形态特征。

2.2 茶蚜各虫龄形态测量值比较

茶蚜各虫龄形态测量值见表 1。从表 1 可以看出, 两翅型茶蚜的 7 项外部形态指标在相邻龄期间均存在显著差异 (无翅型: 体长 $F=308.1$, $P<0.001$; 体宽 $F=317.2$, $P<0.001$; 头壳宽 $F=161.6$, $P<0.001$; 触角长度 $F=368.3$, $P<0.001$; 腹管长度 $F=213.7$, $P<0.001$; 尾片长度 $F=936.2$,

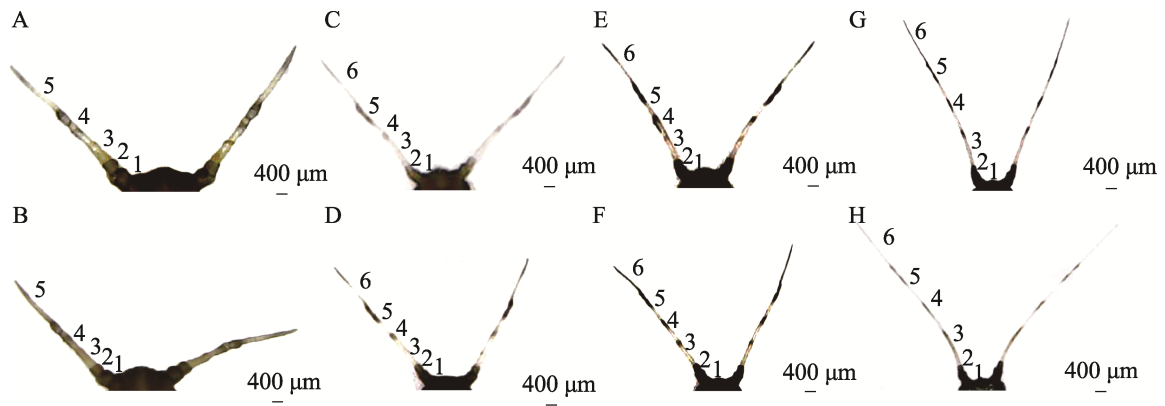


图 3 茶蚜两翅型不同龄期若蚜和成蚜触角形态

Fig. 3 The antennae characteristics of different instar nymphs and adults of the both morphs of *Toxoptera aurantia*

A. 1 龄若蚜; B. 2 龄若蚜; C. 无翅型 3 龄若蚜; D. 有翅型 3 龄若蚜; E. 无翅型 4 龄若蚜;
F. 有翅型 4 龄若蚜; G. 无翅型成蚜; H. 有翅型成蚜。

A. 1st instar nymph; B. 2nd instar nymph; C. 3rd instar nymph of apterous morph; D. 3rd instar nymph of alate morph;
E. 4th instar nymph of apterous morph; F. 4th instar nymph of alate morph; G. Apterous adult; H. Alate adult.

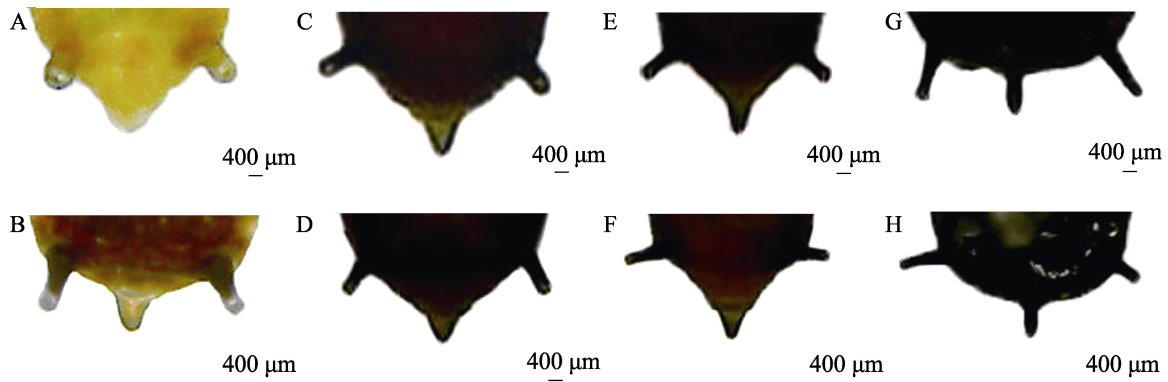


图 4 茶蚜两翅型不同龄期若蚜和成蚜尾片形态

Fig. 4 The cauda characteristics of different instar nymphs and adults of the both morphs of *Toxoptera aurantia*

A. 1 龄若蚜; B. 2 龄若蚜; C. 无翅型 3 龄若蚜; D. 有翅型 3 龄若蚜; E. 无翅型 4 龄若蚜;
F. 有翅型 4 龄若蚜; G. 无翅型成蚜; H. 有翅型成蚜。

A. 1st instar nymph; B. 2nd instar nymph; C. 3rd instar nymph of apterous morph; D. 3rd instar nymph of alate morph;
E. 4th instar nymph of apterous morph; F. 4th instar nymph of alate morph; G. Apterous adult; H. Alate adult.

$P < 0.001$; 后足胫节长度 $F = 437.5$, $P < 0.001$; 有翅型: 体长 $F = 189.4$, $P < 0.001$; 体宽 $F = 240.9$, $P < 0.001$; 头壳宽 $F = 150.2$, $P < 0.001$; 触角长度 $F = 364.2$, $P < 0.001$; 腹管长度 $F = 218.7$, $P < 0.001$; 尾片长度 $F = 174.6$, $P < 0.001$; 后足胫节长度 $F = 731.3$, $P < 0.001$ 。其中, 无翅型茶蚜头壳宽、触角长度及腹管长度和有翅型茶蚜体长、体宽、头壳宽、触角长度及尾片长度等形态测量值变化幅度较大, 且在各相邻龄期间存在不同程度的重

叠现象; 无翅型茶蚜体长、体宽、尾片长度及后足胫节长度和有翅茶蚜腹管长度及后足胫节长度等形态特征变化幅度较小, 在各相邻龄期间重叠程度不明显。

2.3 不同龄期茶蚜形态特征的重叠分布

如图 5 所示, 无翅型的体长、后足胫节长度在各龄期均无明显重叠 (图 5: A, C), 尾片在 2 龄和 3 龄之间有少量重叠, 其他龄期间均无重

表 1 茶蚜两翅型各龄期若蚜和成蚜的外部形态指标测量

Table 1 The measurements for external morphological indices among different instar nymphs and adults of both morphs of *Toxoptera aurantia*

翅型 Wing type	外部形态指标 (mm) External morphological indices (mm)		不同虫龄 Different instars				
			1 龄 1st instar	2 龄 2nd instar	3 龄 3rd instar	4 龄 4th instar	成蚜 Adult
无翅型 Apterous	体长 Body length	平均值 ± 标准误 Mean ± SE	0.555±0.055 e	0.719±0.028 d	0.892±0.048 c	1.119±0.084 b	1.404±0.159 a
		变化范围 Range	0.445-0.633	0.658-0.759	0.804-0.962	0.984-1.239	1.241-1.575
	体宽 Body width	平均值 ± 标准误 Mean ± SE	0.252±0.029 e	0.345±0.032 d	0.462±0.030 c	0.584±0.045 b	0.822±0.104 a
		变化范围 Range	0.214-0.321	0.299-0.395	0.399-0.518	0.486-0.653	0.671-1.042
	头壳宽 Head width	平均值 ± 标准误 Mean ± SE	0.183±0.009 e	0.203±0.007 d	0.223±0.009 c	0.253±0.009 b	0.277±0.023 a
		变化范围 Range	0.166-0.199	0.193-0.217	0.204-0.225	0.235-0.271	0.236-0.324
	触角长 Antenna length	平均值 ± 标准误 Mean ± SE	0.409±0.025 e	0.617±0.067 d	0.742±0.081 c	1.038±0.066 b	1.400±0.157 a
		变化范围 Range	0.351-0.445	0.498-0.741	0.541-0.860	0.916-1.140	1.136-1.764
	腹管长 Cornicle length	平均值 ± 标准误 Mean ± SE	0.038±0.004 e	0.058±0.006 d	0.080±0.004 c	0.107±0.008 b	0.129±0.022 a
		变化范围 Range	0.030-0.050	0.048-0.069	0.069-0.087	0.095-0.125	0.097-0.168
	尾片长 Cauda length	平均值 ± 标准误 Mean ± SE	0.024±0.003 e	0.040±0.005 d	0.050±0.005 c	0.080±0.005 b	0.122±0.009 a
		变化范围 Range	0.018-0.031	0.033-0.052	0.042-0.058	0.075-0.089	0.108-0.139
	后足胫节长 Hind tibia length	平均值 ± 标准误 Mean ± SE	0.196±0.023 e	0.279±0.019 d	0.357±0.024 c	0.526±0.060 b	0.783±0.094 a
		变化范围 Range	0.168-0.243	0.248-0.321	0.316-0.392	0.433-0.620	0.620-0.951
有翅型 Alate	体长 Body length	平均值 ± 标准误 Mean ± SE	0.555±0.055 d	0.719±0.028 c	1.191±0.133 b	1.479±0.180 a	1.457±0.200 a
		变化范围 Range	0.445-0.633	0.658-0.759	0.839-1.405	1.173-1.785	1.149-1.834
	体宽 Body width	平均值 ± 标准误 Mean ± SE	0.252±0.029 d	0.345±0.032 c	0.533±0.054 b	0.672±0.060 a	0.684±0.085 a
		变化范围 Range	0.214-0.321	0.299-0.395	0.424-0.623	0.536-0.801	0.501-0.803
	头壳宽 Head width	平均值 ± 标准误 Mean ± SE	0.183±0.009 e	0.203±0.007 d	0.233±0.014 c	0.266±0.021 b	0.277±0.017 a
		变化范围 Range	0.166-0.199	0.193-0.217	0.202-0.256	0.224-0.291	0.243-0.301
	触角长 Antenna length	平均值 ± 标准误 Mean ± SE	0.409±0.025 e	0.617±0.067 d	0.907±0.080 c	1.222±0.124 b	1.523±0.169 a
		变化范围 Range	0.351-0.445	0.498-0.741	0.739-1.023	1.035-1.386	1.311-1.825
	腹管长 Cornicle length	平均值 ± 标准误 Mean ± SE	0.038±0.004 e	0.058±0.006 d	0.087±0.009 c	0.117±0.019 b	0.156±0.022a
		变化范围 Range	0.030-0.050	0.048-0.069	0.071-0.104	0.072-0.148	0.114-0.190
	尾片长 Cauda length	平均值 ± 标准误 Mean ± SE	0.024±0.003 e	0.040±0.005 d	0.060±0.009 c	0.080±0.011 b	0.094±0.016 a
		变化范围 Range	0.018-0.031	0.033-0.052	0.047-0.075	0.051-0.091	0.072-0.119
	后足胫节长 Hind tibia length	平均值 ± 标准误 Mean ± SE	0.196±0.023 e	0.279±0.019 d	0.454±0.034 c	0.629±0.046 b	0.794±0.071 a
		变化范围 Range	0.168-0.243	0.248-0.321	0.386-0.506	0.548-0.707	0.710-0.968

同行平均值±标准误后的相同字母表示同一形态指标不同龄期间无差异 ($P>0.05$, LSD 检验)。Data are mean ± SE, and followed by the same letters in a row indicate no significant difference under same morphological indices ($P>0.05$, LSD test).

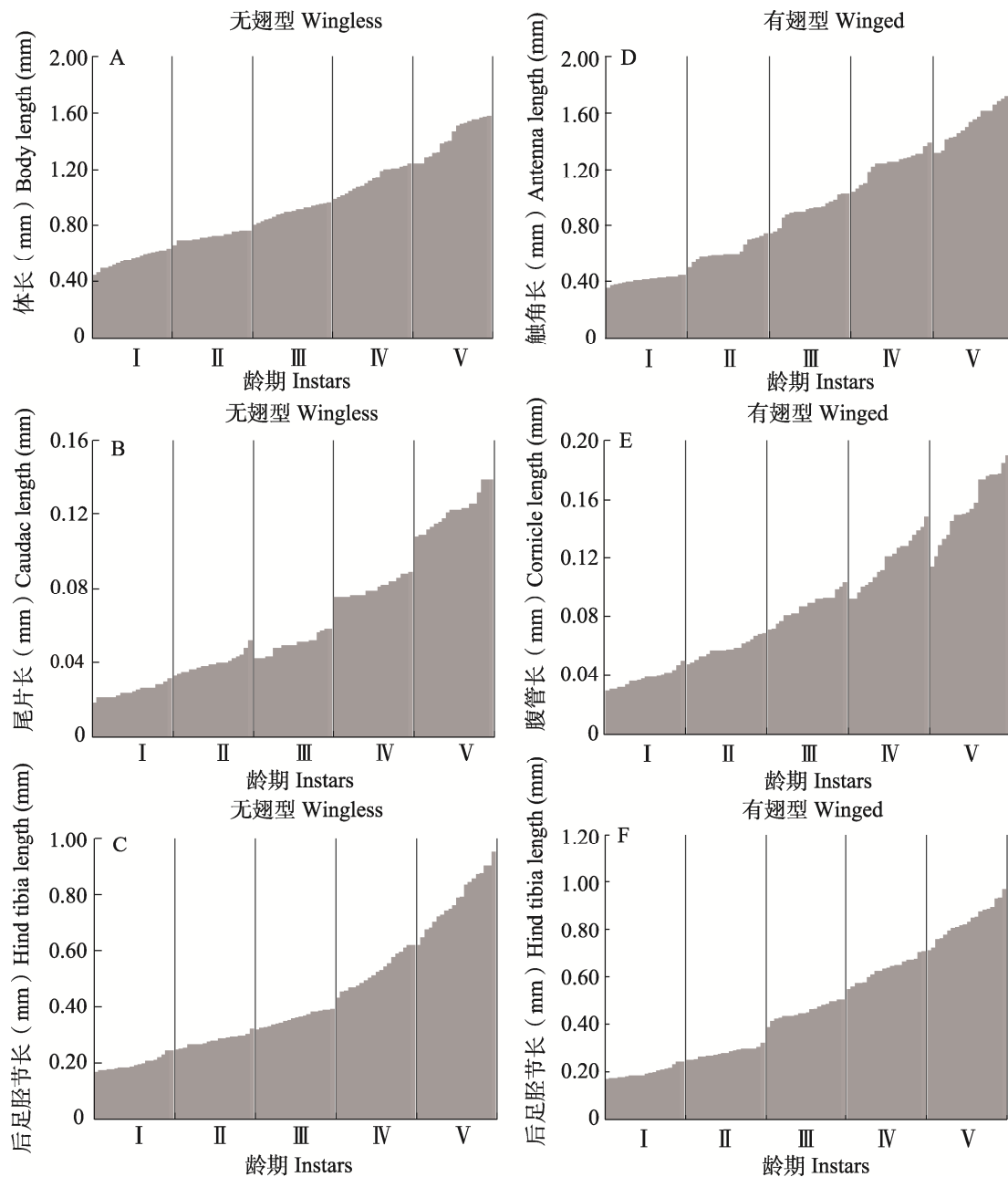


图 5 茶蚜两翅型形态指标的重叠分布

Fig. 5 Overlap of external morphological indices of both morphs from *Toxoptera aurantia*

A. 无翅型体长; B. 无翅型尾片长; C. 无翅型后足胫节长; D. 有翅型触角长; E. 有翅型腹管长;
F. 有翅型后足胫节长。I-IV: 分别为 1-4 龄若蚜; V: 成蚜。

A. Body length of apterous morph; B. Cauda length of apterous morph; C. Hind tibia length of apterous morph; D. Antenna length of alate morph; E. Cauda length of alate morph; F. Hind tibia length of apterous morph. I-IV: 1st-4th instar nymph, respectively; V: Adult.

叠(图 5: B); 有翅型茶蚜的触角长在 4 龄和成虫之间有少量重叠, 其他龄期间均无重叠(图 5: D), 腹管长在 3 和 4 龄若蚜和成蚜间均存在一定程度的重叠(图 5: E), 后足胫节长在各相邻

龄期间也均无明显重叠(图 5: F)。表明无翅型茶蚜的体长、后足胫节长度及有翅型茶蚜的后足胫节长度可作为快速准确地鉴别茶蚜龄期的主要形态特征, 无翅型茶蚜的尾片长、有翅型茶蚜

触角长和腹管长有少量重叠,可作为鉴别茶蚜龄期的辅助参考指标。

2.4 茶蚜外部形态指标与龄期的关系

如表 2 所示,茶蚜两翅型形态指标测定值的平均值 (y_i) 与相应龄期数 (x_i) 间均存在一定的线性关系 ($P<0.05$),其中无翅型茶蚜的 3 项外部形态指标体长、头壳宽和腹管长与相应龄期数间的线性回归系数 R^2 分别为 0.997 2、0.994 3

和 0.997 2,有翅型茶蚜的 2 项外部形态指标触角长和尾片长与相应龄期数间的线性回归系数 R^2 分别为 0.994 9 和 0.995 6,表明龄期数与无翅型茶蚜的体长、头壳宽、腹管长和有翅蚜的触角长和尾片长极显著相关。茶蚜外部形态指标测定值与龄期数的回归关系分析结果进一步表明,无翅型茶蚜的龄期可依据其体长、头壳宽和腹管长来进行鉴定,而有翅型茶蚜的龄期可用触角长和尾片长来进行鉴定,以上鉴定方法具有一定的可靠性。

表 2 茶蚜两翅型不同龄期若蚜形态指标与龄期的关系

Table 2 The relationship between external morphological indices and instars in different instars nymphs of both morphs from *Toxoptera aurantia*

翅型 Wing type	外部形态指标 External morphological indices	线性方程 Linear equation	相关系数 R^2 Correlation coefficient	P 值 P-value
无翅型 Apterous	体长 Body length	$y_1=0.184\ 9x_1+0.355\ 0$	0.997 2	0.001
	体宽 Body width	$y_2=0.137\ 8x_2+0.079\ 3$	0.963 2	0.003
	头壳宽 Head width	$y_3=0.023\ 7x_3+0.156\ 5$	0.994 3	0.001
	触角长 Antenna length	$y_4=0.240\ 3x_4+0.120\ 2$	0.965 6	0.003
	腹管长 Cornicle length	$y_5=0.023\ 1x_5+0.013\ 0$	0.997 2	0.001
	尾片长 Cauda length	$y_6=0.024\ 2x_6+0.008\ 6$	0.928 8	0.008
	后足胫节长 Hind tibia length	$y_7=0.133\ 7x_7+0.017\ 4$	0.945 1	0.006
有翅型 Aate	体长 Body length	$y_8=0.256\ 4x_8+0.311\ 1$	0.913 8	0.011
	体宽 Body width	$y_9=0.119\ 2x_9+0.014\ 0$	0.945 7	0.005
	头壳宽 Head width	$y_{10}=0.025\ 2x_{10}+0.156\ 8$	0.981 4	0.002
	触角长 Antenna length	$y_{11}=0.283\ 2x_{11}+0.086\ 0$	0.994 9	0.002
	腹管长 Cornicle length	$y_{12}=0.029\ 5x_{12}+0.002\ 8$	0.987 5	0.006
	尾片长 Cauda length	$y_{13}=0.017\ 9x_{13}+0.005\ 6$	0.995 6	0.003
	后足胫节长 Hind tibia length	$y_{14}=0.162\ 5x_{14}+0.009\ 2$	0.982 0	0.001

3 讨论

研究证实,不同种类的昆虫鉴定龄期的测量指标存在差异。如双翅目 (Shi *et al.*, 2017)、鞘翅目 (李志文等, 2015) 及鳞翅目 (李小敏等, 2017) 等昆虫的幼虫龄期鉴定是基于戴氏法则测定其头壳宽度进行划分,而蚜虫龄期鉴定常以其外部形态特征作为划分指标,并且已准确应用于多种蚜虫的龄期鉴定,如禾谷缢管蚜 (张军等, 1990)、麦双尾蚜 (张润志等, 1999)、麦长管蚜 (张方梅等, 2015)、菊小长管蚜 (Zhong *et al.*,

2019)、豌豆蚜 (赵怀志等, 2021) 和胡萝卜微管蚜 (史朝晖等, 2022) 等。本研究通过观察和测定茶树重要害虫茶蚜各龄期的形态特征,发现其形态特征随着龄期的增长呈现显著的变化,其中部分特征可作为该蚜龄期鉴定的指标。

后足胫节长度一直被认为是区别蚜虫各龄期若蚜和成蚜的重要标准 (钟觉民, 1990)。在麦长管蚜中发现,后足胫节长随蚜虫龄期的变化呈明显增长,被认为是识别该蚜龄期的最优参数 (许向利等, 2014; 张方梅等, 2015)。本研究结果发现茶蚜后足胫节长在两种翅型相邻龄期

间均存在显著差异,且无明显重叠现象,表明后足胫节长也可以作为茶蚜龄期鉴别的可靠形态指标。此外,尾片长、触角长及体长是识别有翅型大豆蚜的主要指标(李慧等,2018)。但是本研究发现有翅型茶蚜的尾片长、触角长及体长在4龄若蚜及成蚜间均有明显的重叠现象,表明这些特征不能作为识别有翅型茶蚜4龄若蚜及成蚜的形态指标,但可作为鉴别有翅型茶蚜4龄以下若蚜的形态依据。

本研究观察发现不同龄期茶蚜触角节数存在差异。触角节数在1和2龄为5节,其他龄期至成蚜均为6节,与先前报到的麦长管蚜(张方梅等,2015)和大豆蚜(李慧等,2018)等的触角节数变化规律一致,表明触角节数可作为鉴定茶蚜龄期的辅助特征。翅基的发育程度和尾片形状等形态特征也可作为蚜虫龄期鉴别的重要辅助特征。茶蚜在1和2龄若蚜外部形态差异不明显,3龄后期可通过外部形态识别有翅型和无翅型。3龄有翅型若蚜中胸两侧具有小翅芽,4龄期翅芽逐渐生长,至成蚜期着生有发达的翅,而无翅型若蚜和成蚜中胸翅基均不发达,这一结果进一步证实,胸部翅基的发育程度也可用于茶蚜龄期的鉴定。此外,尾片形态、体积及着生刚毛数量等也可作为蚜虫龄期判断的标准(杨慧等,2008; Yang *et al.*, 2009)。李慧等(2018)发现,豌豆蚜不同龄期若蚜和成蚜期尾片形状不一,分别呈圆锥形和长棍状,在长度上也存在差异,与本研究结果基本一致,说明尾片形状和长度也可作为鉴别茶蚜虫龄的辅助形态特征。

本研究通过详细测定茶蚜两翅型不同龄期外部形态特征,证实无翅型茶蚜虫龄鉴别的主要特征是体长和后足胫节长度,有翅型茶蚜虫龄鉴别的主要特征是其后足胫节长度。同时结合触角节数的不同、胸部翅基发育及尾片的形状等辅助形态特征,可以做到准确快速地鉴别不同翅型不同龄期的茶蚜。研究表明,昆虫体内的器官系统、某些化学组分含量等在不同龄期间也会存在一定的变化,故茶蚜龄期鉴定也可结合这些变化做进一步地深入研究,为其他昆虫龄期鉴定提供新的依据。

参考文献 (References)

- Cui L, Han SJ, Zhu Y, Han BY, 2014. Phototaxis of tea aphids and efficacy of infochemicals enhancing coloured sticky boards to trap tea aphids. *Chinese Journal of Tropical Agriculture*, 34(11): 80–83. [崔林, 韩善捷, 祝愿, 韩宝瑜, 2014. 茶蚜趋色性及信息物质增进色板诱蚜效应研究. 热带农业科学, 34(11): 80–83.]
- Deng J, 2019. The detection and midgut intracellular location of rickettsia symbiont in the camellia aphid (*Aphis aurantii*). *Applied Ecology and Environmental Research*, 17 (5): 12203–12212.
- Guidolin AS, Cônsoli FL, 2018. Diversity of the most commonly reported facultative symbionts in two closely-related aphids with different host ranges. *Neotropical Entomology*, 47(4): 440–446.
- Han BY, Zhang QH, Byers JA, 2012. Attraction of the tea aphid, *Toxoptera aurantii*, to combinations of volatiles and colors related to tea plants. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 144 (3): 258–269.
- Hong F, Mo SH, Liu YH, Wei D, 2020. Transcriptomic profiling of various developmental stages of *Aphis aurantii* to provide a genetic resource for gene expression and SSR analysis. *Frontiers in Physiology*, 11: 578939.
- Li H, Liu XX, Zhi HJ, Li K, Zhang QW, Li Z, 2018. Morphological characteristics for instar identification of *Aphis glycines* (Hemiptera: Aphididae). *Acta Entomologica Sinica*, 61(7): 877–884. [李慧, 刘小侠, 智海剑, 李凯, 张青文, 李贞, 2018. 大豆蚜虫龄鉴别特征. 昆虫学报, 61(7): 877–884.]
- Li LK, Wang MF, Pokharel SS, Li CX, Parajulee MN, Chen FJ, Fang WP, 2019. Effects of elevated CO₂ on foliar soluble nutrients and functional components of tea, and population dynamics of tea aphid, *Toxoptera aurantii*. *Plant Physiology et Biochemistry*, 145: 84–94.
- Li XM, Liu JA, Ouyang BW, Dong WT, Zhou B, Zhou GY, 2017. Morphological characteristics and determination of *Merocetia tullalis* larval instars. *Plant Protection*, 43(3): 136–142. [李小敏, 刘君昂, 欧阳博文, 董文统, 周斌, 周国英, 2017. 短梳角野螟的形态描述及幼虫虫龄判断. 植物保护, 43(3): 136–142.]
- Li ZW, He LH, Xia J, Ma L, Zeng AP, 2015. Determination of larval instars of the camellia weevil, *Curculio chinensis* (Coleoptera: Curculionidae). *Acta Entomologica Sinica*, 58(2): 181–189. [李志文, 何立红, 夏姣, 马玲, 曾爱平, 2015. 油茶象幼虫虫龄的划分. 昆虫学报, 58(2): 181–189.]
- Roy S, Muraleedharan N, Mukhopadhyay A, 2014. The red spider mite, *Oligonychus coffeae* (Acari: Tetranychidae): its status, biology, ecology and management in tea plantations. *Experimental and*

- Applied Acarology*, 63 (4): 431–463.
- Sevim E, Çelebi Ö, Sevim A, 2012. Determination of the bacterial flora as a microbial control agent of *Toxoptera aurantii* (Homoptera: phididae). *Biologia (Bratisl)*, 67(2): 397–404.
- Shi Y, Wang L, Dou W, Jiang HB, Wei DD, Wei D, Niu JZ, Wang JJ, 2017. Determination of instars of *Bactrocera dorsalis* (Diptera: Tephritidae). *Florida Entomologist*, 100(2): 270–275.
- Shi CH, Song KX, Wang JY, Li MX, Qiao HL, Guo K, Xu CQ, 2022. Morphological characteristics for identifying the instars of *Semiaphis heraclei*. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 59(2): 457–465. [史朝晖, 宋可心, 王疆越, 李梦欣, 乔海莉, 郭昆, 徐常青, 2022. 胡萝卜微管蚜孤雌蚜虫龄特征及鉴别. 应用昆虫学报, 59(2): 457–465.]
- Wan Y, Liu TH, Wang JJ, He YZ, 2015. Identification of the larval instars of the *Depressaria falkovitshi* Lvovsky (Lepidoptera: Elachistidae: Depressariinae). *Chinese Journal of Applied Entomology*, 52(6): 1491–1495. [万喻, 刘廷辉, 王静静, 何运转, 2015. 法氏柴胡宽蛾幼虫龄期的划分. 应用昆虫学报, 52(6): 1491–1495.]
- Wang F, Yu Q, Guo GM, Hao C, Fan RJ, 2016. Determination of larval instar number and duration of the *Grapholita molesta* (Lepidoptera: Tortricidae). *Chinese Journal of Applied Entomology*, 53(2): 390–395. [王芳, 庾琴, 郭贵明, 郝赤, 范仁俊, 2016. 梨小食心虫幼虫龄数和龄期的划分. 应用昆虫学报, 53(2): 390–395.]
- Xu XL, Liu XX, Zhang QW, Wu JX, 2014. Identification of the instars of *Sitobion avenae* (Fabricius) (Hemiptera: Aphididae). *Acta Entomologica Sinica*, 57(1): 81–87. [许向利, 刘小侠, 张青文, 仵均祥, 2014. 麦长管蚜虫龄鉴别特征. 昆虫学报, 57(1): 81–87.]
- Yang H, Yan SC, Liu D, 2009. Ultrastructural observations on antennal sensilla of *Coleophora obducta* (Meyrick) (Lepidoptera: Coleophoridae). *Micro*, 40(2): 231–238.
- Yang H, Yan SC, Peng L, 2008. Scanning electron microscopic observations of the sensilla of *Coleophora obducta*. *Chinese Bulletin of Entomology*, 45(3): 405–417. [杨慧, 严善春, 彭璐, 2008. 兴安落叶松鞘蛾触角及其传感器的扫描电镜观察. 昆虫知识, 45(3): 405–417.]
- Zhang FM, Li XR, Zhang YH, Cheng DF, 2015. Morphological examination of winged and wingless forms of the grain aphid *Sitobion miscanthi*. *Plant Protection*, 41(1): 56–62. [张方梅, 李祥瑞, 张云慧, 程登发, 2015. 麦长管蚜有翅型与无翅型外部形态比较研究. 植物保护, 41(1): 56–62.]
- Zhang J, Zhang GX, He FG, Qu GM, 1990. Morphological characteristics and index of instar stage of *Rhopalosiphum padi*. *Insect Knowledge*, 27(4): 204–206. [张军, 张广学, 何富刚, 曲国民, 1990. 禾谷缢管蚜虫龄鉴别特征及标准的研究. 昆虫知识, 27(4): 204–206.]
- Zhang RZ, Zhang J, Du BR, 1999. Identification of different instars and adult of Russian wheat aphid. *Acta Entomologica Sinica*, 42(Suppl.): 26–30. [张润志, 张军, 杜秉仁, 1999. 麦双尾蚜的龄期鉴别. 昆虫学报, 42(增刊): 26–30.]
- Zhao HZ, Yang Y, Zhang JL, Li JJ, Zhao CD, Shi Y, Liu TX, 2021. Morphological characteristics for distinguishing the instars of *Acyrtosiphon pisum*. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 58(3): 747–754. [赵怀志, 杨炀, 张嘉乐, 李江杰, 赵川德, 石岩, 刘同先, 2021. 豌豆蚜虫龄期特征及鉴别. 应用昆虫学报, 58(3): 747–754.]
- Zhong J, Guo YH, Xu T, Li DW, Sun M, 2019. Observation on the morphological characteristics for age identification of *Macrosiphoniella sanborni* (Hemiptera: Aphididae) and the ultrastructure of its antennal sensilla. *Acta Entomologica Sinica*, 62(11): 1315–1324.
- Zhong JM, 1990. Larval Taxonomy. Beijing: Agricultural Press. 156–221. [钟觉民, 1990. 幼虫分类学. 北京: 农业出版社. 156–221.]