



胡萝卜微管蚜孤雌蚜虫龄特征及鉴别*

史朝晖^{1**} 宋可心¹ 王疆越^{1,2} 李梦欣¹ 乔海莉¹ 郭 昆^{1***} 徐常青^{1***}

(1. 中国医学科学院, 北京协和医学院, 药用植物研究所, 北京 100193; 2. 陕西师范大学生命科学学院, 西安 710119)

摘 要 【目的】明确胡萝卜微管蚜 *Semiaphis heraclei* 孤雌蚜虫龄的鉴别特征, 实现快速和准确识别虫龄的目的。【方法】采用显微成像技术, 测量胡萝卜微管蚜孤雌世代无翅型与有翅型不同虫龄的体长、体宽、头壳宽、触角长、中胸宽、腹管长、尾片长和后足胫节长 8 项指标, 采用 LSD 多重比较方法对 8 项指标的测量值进行虫龄间方差分析, 并将测量值与虫龄数进行线性回归分析。【结果】胡萝卜微管蚜的 8 个形态特征指标在虫龄间均存在显著差异 ($P < 0.01$), 触角长和后足胫节长在无翅型和有翅型的各龄间均无重叠, 可作为该种虫龄识别的主要指标; 尾片长在无翅型 3 龄与 4 龄若蚜间、有翅型 4 龄若蚜与成蚜间有部分重叠, 可作为识别虫龄的次要指标。根据触角节数可以区分 1 龄和其它虫龄, 尾片发达程度可以区分若蚜和成蚜, 中胸膨大具翅芽是有翅型 3-4 龄若蚜的典型特征。【结论】利用外部形态可以对胡萝卜微管蚜进行龄期鉴别, 以触角长和后足胫节长为主要指标, 结合尾片长、触角节数、翅芽有无及尾片发达程度等指标可实现对胡萝卜微管蚜孤雌蚜不同翅型虫龄的快速识别。

关键词 胡萝卜微管蚜; 虫龄; 形态特征; 触角; 后足胫节

Morphological characteristics for identifying the instars of *Semiaphis heraclei*

SHI Zhao-Hui^{1**} SONG Ke-Xin¹ WANG Jiang-Yue^{1,2}
LI Meng-Xin¹ QIAO Hai-Li¹ GUO Kun^{1***} XU Chang-Qing^{1***}

(1. Institute of Medicinal Plant Development, Chinese Academy of Medical Sciences, Peking Union Medical College, Beijing 100193, China; 2. College of Life Sciences, Shaanxi Normal University, Xi'an 710119, China)

Abstract 【Objectives】To find morphological characteristics that can accurately discriminate between the different instars of the aphid *Semiaphis heraclei*. 【Methods】Eight morphological indices of winged and wingless *S. heraclei*, including body length, body width, head width, antenna length, mesothoracic width, cornicle length, cauda length and hind tibia length, were measured. Multiple comparisons were performed to detect differences in the length or width of morphological characteristics using an LSD test. Correlations between the length or width of morphological characteristics and instar number were analyzed with linear regression. 【Results】The instars of *S. heraclei* ($P < 0.01$) differ significantly in all eight morphological characteristics measured. Indeed, there was no overlap in the antenna or hind tibia length of adjacent winged or wingless instars, which means that these measurements can unequivocally identify instars of both morphs. There was a small amount of overlap in cauda length between the 3rd and 4th wingless instars, and between the 4th instar and adults of the winged morph. Furthermore, the antennae of 1st instar larvae have 5 segments whereas all other instars have 6 segments. Thus, 1st instar larvae can be reliably identified from the number of antennal segments. Cauda length could be regarded as a typical index to differentiate between nymphs and adults. 3rd and 4th instars of the winged morph can also be identified by their expanded mesothorax and wing bud characteristics. 【Conclusion】The instars of *S. heraclei* can be quickly and reliably identified based on antenna length and hind tibia length. The cauda length, the number of antennae segment, wing bud and cauda

*资助项目 Supported projects: 国家自然科学基金 (81873095); 中国医学科学院医学与健康科技创新工程 (CIFMS: 2021-I2M-1-071)

**第一作者 First author, E-mail: zhaohui1019847069@163.com

***共同通讯作者 Co-corresponding authors, E-mail: cqxu@implad.ac.cn.com; kguo@implad.ac.cn

收稿日期 Received: 2022-01-13; 接受日期 Accepted: 2022-02-19

development, also facilitate identifying the instars of this species.

Key words *Semiaphis heraclei*; instar; morphological characteristic; antenna; hind tibia

胡萝卜微管蚜 *Semiaphis heraclei* 隶属于半翅目 Hemiptera 蚜科 Aphididae 半蚜属 *Semiaphis*, 其生活史为异寄主全周期型, 夏季寄主为胡萝卜 *Daucus carota* var. *sativus*、芹菜 *Apium graveolens* 和当归 *Angelica sinensis* 等伞形科植物, 冬季寄主为忍冬 (金银花) *Lonicera japonica* 等忍冬属植物 (张广学和钟铁森, 1983; 姜立云等, 2011; 孙莹, 2013)。在山东、河北和河南等金银花主产区, 随着忍冬种植面积的增加, 胡萝卜微管蚜发生日益加重。该蚜虫通常群集在植株嫩梢、嫩叶和花蕾上刺吸汁液, 导致叶片向背面卷缩且变黄, 花蕾畸形不能正常发育, 严重时可导致植株死亡, 若不及时有效防治, 将严重影响金银花的产量, 甚至造成绝产 (王堇秀, 2016; 叶贵标等, 2020)。每年的 5-6 月份, 生产上普遍使用化学农药在胡萝卜微管蚜发生高峰期时进行防治, 此时正值金银花的主要采收期, 使用化学农药极易导致药材农药残留超标, 影响临床用药安全, 亟需对其开展绿色防控研究 (刘磊, 2015)。目前, 有关胡萝卜微管蚜的研究多集中在生长发育 (王堇秀等, 2016)、野外发生动态 (郭素芬, 2006; 孙莹, 2013) 和药剂筛选 (刘磊, 2015; 吴廷娟等, 2020; Sun et al., 2021) 等方面, 缺乏系统的生物学、生态学和防治方面的研究。

准确鉴别胡萝卜微管蚜的虫龄是开展其生物学、生态学研究及害虫预测预报和制定有害生物防控策略的基础。19 世纪 90 年代之前, 人们通常综合利用蚜虫触角节数、触角总长、各节长及尾片形状和毛数等定性和定量指标编制蚜虫龄期检索表, 但尾片毛数等特征需制作玻片观察后方能确定, 鉴别过程复杂且费时 (Dodd, 1976; Lykouressis, 1983; Aalbersberg, 1987; 张秀荣, 1988)。文礼章和陈永年 (1988) 通过系统测量豆蚜 *Aphis craccivora* 系列体征, 建立体征-虫龄增长规律经验模型, 提出可以利用单一体征指标例如触角长来鉴别虫龄。随后在棉蚜 *Aphis gossypii* 和萝卜蚜 *Lipaphis erysimi* (Singh and Srivastava, 1989)、禾谷缢管蚜 *Rhopalosiphum padi* (张军等,

1990)、麦长管蚜 *Sitobion avenae* (许向利等, 2014)、大豆蚜 *Aphis glycines* (李慧等, 2018) 及豌豆蚜 *Acyrtosiphon pisum* (赵怀志等, 2021) 等多种蚜虫龄期鉴定研究中, 普遍采用系统测量个体多项形态指标后进行虫龄间重叠分析, 选用龄间无重叠或重叠极小的指标作为龄期鉴定的主要指标, 部分重叠的指标作为次要指标, 定性特征作为辅助指标的方法。结果表明龄期划分指标在蚜种间存在差异, 目前胡萝卜微管蚜虫龄识别特征尚有待研究。

春季胡萝卜微管蚜主要以无翅孤雌蚜在忍冬上发生和危害, 春末夏初有翅孤雌蚜大量发生并开始季节性迁飞 (张广学和钟铁森, 1983; 孙莹, 2013)。研究孤雌蚜无翅型和有翅型虫龄快速识别可为其种群动态定量分析提供基础和保证, 同时还可以预测其迁飞初期和高峰期, 为确定防治策略提供重要依据 (张孝羲, 2001; 许向利等, 2014)。鉴于此, 本文通过显微观察测量结合生物统计分析对胡萝卜微管蚜孤雌蚜两翅型不同虫龄个体进行外部形态观察, 测量其体长、体宽、头宽、触角长、中胸宽、腹管长、尾片长和后足胫节长等指标并进行分析比较, 以期找出虫龄内稳定性高, 虫龄间差异显著和重叠性小的形态特征, 最终明确胡萝卜微管蚜虫龄快速准确识别特征。

1 材料与方法

1.1 供试昆虫

2019 年 5 月在山东省平邑县郑城镇忍冬 (品种: 四季花) 种植基地 (35°16'0"N, 117°38'56"E) 采集胡萝卜微管蚜孤雌蚜无翅型成蚜和若蚜带回实验室, 在室内忍冬扦插苗上繁殖 10 代以上供试。具体方法为: 田间选取 2-3 年枝龄, 直径 (5.5±1.1) mm 忍冬枝条带回室内, 在 0.5 mg·L⁻¹ 生根粉 (中国农业科学院植物保护研究所) 溶液中浸根 1.5-2.0 h 后转入清水培养, 待其生根后, 移栽至花盆 (6.5 cm × 6.5 cm × 9 cm) 培养作为

第一代扦插苗。待一代扦插苗长出 3-4 个侧枝后, 选取直径 (3.2 ± 0.6) mm 的侧枝再次扦插, 2 代扦插苗长出 7 对叶片后, 挑取胡萝卜微管蚜转移至忍冬 2 代扦插苗叶片, 移入 60 目纱网虫笼 ($10 \text{ cm} \times 10 \text{ cm} \times 30 \text{ cm}$) 饲养繁殖, 5 d 浇水 1 次, 每 30 d 更换 1 次扦插苗。蚜虫和忍冬均培养在人工气候箱 (RPX-450, 宁波赛福), 温度 (25 ± 1) $^{\circ}\text{C}$, 相对湿度 $70\% \pm 5\%$, 光周期 L:D=14:10。

1.2 试虫收集

待忍冬 2 代扦插苗长出 5 对叶片时, 选择第 2-3 叶位叶片, 将叶柄插入琼脂凝块 ($2.5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$), 将单头健康成蚜转移至叶片上产仔, 2 h 后移除成蚜和多余若蚜, 仅保留 1 头初产若蚜继续饲养, 隔 3 d 更换一次叶片。每日 8:00 和 20:00 定时观察其蜕皮情况, 通过蚜蜕判定虫龄, 并从 3 龄起通过翅芽或翅的有无分辨有翅型或无翅型个体。分别收集 1-2 龄若蚜、无翅型和有翅型 3-4 龄若蚜及成蚜待镜检观察。

1.3 样品的制备与参数的测量

将胡萝卜微管蚜个体使用乙酸乙酯处理 5-10 s 将其迷晕, 置于连接有成像系统的体视显微镜 (M205C Leica) 的载物台上, 用解剖针整姿后进行观察并拍照。使用软件 Digimizer 测量体长 (头部顶端至尾片基部)、体宽 (腹部最宽处)、头宽 (复眼间距离)、触角长、中胸宽、腹管长、尾片长和后足胫节长 8 项形态特征 (图 1)。1-2 龄若蚜、无翅型和有翅型 3-4 龄若蚜及成蚜各测量 25 头。

1.4 数据分析

对所测胡萝卜微管蚜体长、体宽、头宽、触角长、中胸宽、腹管长、尾片长和后足胫节长 8 项指标测量值与相应龄数进行曲线拟合, 依据戴氏法则对相应数据和龄期进行线性回归分析 (Dyar, 1890; 彩万志和庞雄飞, 2001), 确定胡萝卜微管蚜虫龄数与测定指标的相关性。采用 LSD 多重比较方法对胡萝卜微管蚜各龄间的差异进行方差分析, 并对指标测量值作图进行虫龄

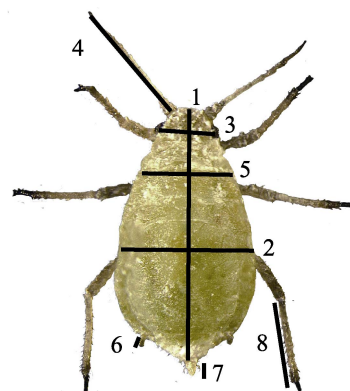


图 1 胡萝卜微管蚜孤雌蚜形态指标测定示意图

Fig. 1 Schematic drawing of measurement for morphological indices of viviparae in *Semiaphis heraclei*

- 1: 体长; 2: 体宽; 3: 头宽; 4: 触角长; 5: 中胸宽; 6: 腹管长; 7: 尾片长; 8: 后足胫节长。
1: Body length; 2: Body width; 3: Head width; 4: Antenna length; 5: Mesothoracic width; 6: Cornicle length; 7: Cauda length; 8: Hind tibia length.

间重叠分析, 从而获得最佳分龄指标。所有数据分析均使用 SPSS 22.0 和 Sigmaplot 软件完成。

2 结果与分析

2.1 胡萝卜微管蚜孤雌蚜各龄期外部形态特征比较

胡萝卜微管蚜孤雌蚜无翅型和有翅型若蚜发育为成蚜均需经过 4 个虫龄, 不同虫龄个体形态特征存在明显区分 (图 2)。1-2 龄若蚜均为无翅蚜, 3 龄若蚜开始出现翅型分化, 分别为 3 龄无翅型、有翅型若蚜, 并继续发育为 4 龄无翅型、有翅型若蚜, 最后发育为无翅型成蚜和有翅型成蚜 (图 2)。有翅型 3-4 龄若蚜中胸明显膨大、具翅芽; 无翅型 3-4 龄若蚜中胸无明显膨大。因此, 中胸膨大具翅芽是 3-4 龄有翅型若蚜的典型特征, 可作为判断胡萝卜微管蚜翅型的早期特征。

观察胡萝卜微管蚜不同龄期的触角节数, 发现 1 龄若蚜触角为 5 节, 2-4 龄若蚜及成蚜触角均为 6 节, 触角节数可作为区别 1 龄若蚜与其他龄期蚜虫的典型特征。同时, 成蚜具有发达的尾片, 1-4 龄若蚜尾片均不发达, 说明发达的尾片是该种成蚜的典型特征 (图 3)。

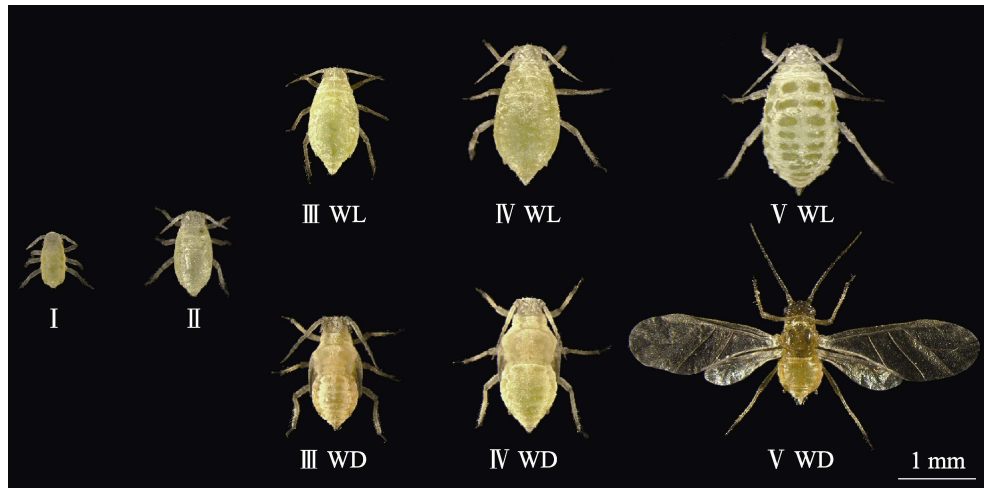


图 2 胡萝卜微管蚜孤雌蚜各龄期外部形态

Fig. 2 Morphology of different instar of viviparae in *Semiaphis heraclei*

I : 1 龄若蚜; II : 2 龄若蚜; III : 3 龄若蚜; IV : 4 龄若蚜; V : 成蚜; WL : 无翅型; WD : 有翅型。下图同。

I : 1st instar nymph; II : 2nd instar nymph; III : 3rd instar nymph; IV : 4th instar nymph; V : Adult;

WL: Wingless morph; WD: Winged morph. The same as below.

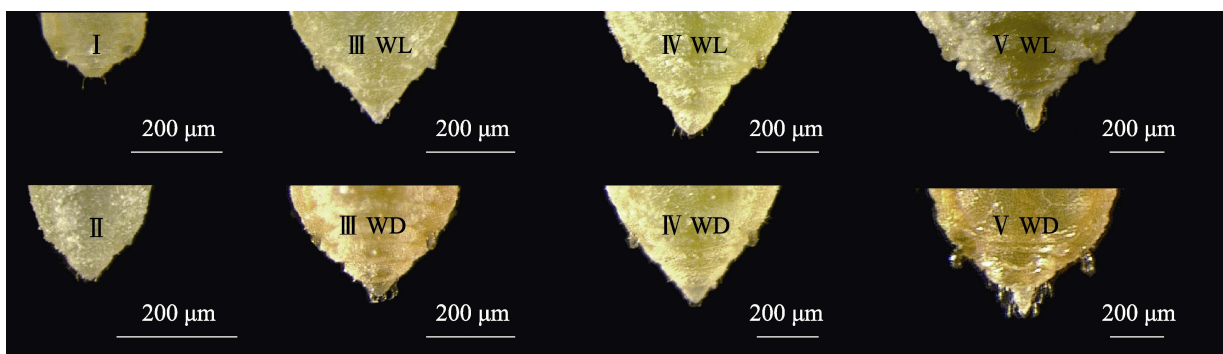


图 3 胡萝卜微管蚜孤雌蚜各龄期尾片

Fig. 3 Cauda morphology of different instar of viviparae in *Semiaphis heraclei*

2.2 胡萝卜微管蚜孤雌蚜各龄期形态测量特征

胡萝卜微管蚜无翅型与有翅型个体的体长、体宽、头宽、触角长、中胸宽、腹管长、尾片和后足胫节长在不同龄期间均存在显著差异 ($P < 0.01$) (表 1)。1 龄若蚜体型最小, 无翅型所有指标均随着虫龄的增加而逐渐增大, 成虫体型最大, 各龄间均存在显著差异。而有翅型个体只有触角长和后足胫节长两个指标随虫龄增加逐渐增大, 成虫最大, 各龄间均存在显著差异; 其他指标仅在若蚜期随着虫龄的增长而增大, 4 龄若蚜最大。羽化后成蚜的腹管长和尾片长与 4 龄若蚜相比无显著差异, 但体长、体宽、头宽和中胸

宽比 4 龄若蚜显著降低。无翅型和有翅型各龄期指标测量值的变化幅度见表 1, 无翅型头宽、有翅型体长与体宽变化幅度大, 相邻龄期间重叠严重, 而触角长、尾片长和后足胫节长变化幅度小, 相邻虫龄间重叠程度较小或无重叠。

2.3 胡萝卜微管蚜孤雌蚜各龄期触角长、尾片长和后足胫节长的重叠分布分析

胡萝卜微管蚜无翅型与有翅型个体不同龄期的触角长与后足胫节长均存在清晰区间 (图 4)。无翅型尾片长在 3 龄与 4 龄若蚜间有少量重叠, 其他龄期间均无重叠; 有翅型尾片长在 4 龄与成虫间有部分重叠外, 其他龄期均无重叠 (图 4)。

表 1 胡萝卜微管蚜孤雌蚜不同龄期形态测量特征

Table 1 Comparison of morphometric characteristics among different instars of viviparae in *Semiaphis heraclei*

翅型 Wing morph	形态测量特征 (mm) Morphometric characteristics (mm)		龄期 Instars				
			1 龄若蚜 1st instar nymph	2 龄若蚜 2nd instar nymph	3 龄若蚜 3rd instar nymph	4 龄若蚜 4th instar nymph	成蚜 Adult
无翅型 Wingless morph	体长	平均值 Mean	0.740±0.012e	1.064±0.017d	1.262±0.012c	1.422±0.020b	1.745±0.042a
	Body length	变化幅度 Range	0.605–0.840	0.978–1.202	1.205–1.381	1.260–1.637	1.467–2.189
	体宽	平均值 Mean	0.356±0.008e	0.517±0.012d	0.645±0.006c	0.711±0.008b	0.891±0.026a
	Body width	变化幅度 Range	0.278–0.415	0.454–0.611	0.588–0.684	0.638–0.758	0.647–1.090
	头宽	平均值 Mean	0.251±0.004d	0.322±0.004c	0.356±0.002b	0.361±0.003b	0.404±0.007a
	Head width	变化幅度 Range	0.222–0.276	0.300–0.351	0.324–0.371	0.336–0.392	0.370–0.469
	触角长	平均值 Mean	0.285±0.006e	0.473±0.008d	0.654±0.004c	0.769±0.006b	1.014±0.026a
	Antenna length	变化幅度 Range	0.235–0.316	0.409–0.543	0.630–0.680	0.729–0.801	0.862–1.274
	中胸宽	平均值 Mean	0.292±0.007e	0.436±0.007d	0.542±0.005c	0.592±0.007b	0.715±0.019a
	Mesothoracic width	变化幅度 Range	0.233–0.345	0.383–0.481	0.497–0.604	0.531–0.645	0.565–0.879
	腹管长	平均值 Mean	0.021±0.001d	0.042±0.001c	0.062±0.001b	0.064±0.001b	0.093±0.002a
	Cornicle length	变化幅度 Range	0.018–0.025	0.029–0.049	0.059–0.067	0.058–0.068	0.078–0.111
	尾片长	平均值 Mean	0.027±0.001e	0.054±0.001d	0.086±0.002c	0.110±0.003b	0.158±0.003a
	Cauda length	变化幅度 Range	0.021–0.035	0.049–0.061	0.075–0.110	0.089–0.140	0.141–0.192
有翅型 Winged morph	后足胫节长	平均值 Mean	0.237±0.004e	0.382±0.009d	0.533±0.005c	0.656±0.004b	0.815±0.016a
	Hind tibia length	变化幅度 Range	0.211–0.273	0.308–0.450	0.505–0.579	0.631–0.687	0.711–0.978
	体长	平均值 Mean	0.740±0.012e	1.064±0.017d	1.330±0.025c	1.522±0.028a	1.372±0.027b
	Body length	变化幅度 Range	0.650–0.840	0.978–1.202	1.112–1.485	1.318–1.769	1.100–1.589
	体宽	平均值 Mean	0.356±0.008d	0.517±0.012c	0.596±0.007b	0.673±0.013a	0.548±0.009c
	Body width	变化幅度 Range	0.278–0.415	0.454–0.611	0.515–0.665	0.586–0.761	0.476–0.637
	头宽	平均值 Mean	0.251±0.004d	0.322±0.004c	0.361±0.001b	0.386±0.002a	0.371±0.003b
	Head width	变化幅度 Range	0.222–0.276	0.300–0.351	0.345–0.369	0.369–0.407	0.347–0.389
	触角长	平均值 Mean	0.285±0.006e	0.473±0.008d	0.862±0.006c	0.966±0.007b	1.251±0.017a
	Antenna length	变化幅度 Range	0.235–0.316	0.409–0.543	0.804–0.891	0.925–1.055	1.127–1.395
	中胸宽	平均值 Mean	0.292±0.007d	0.436±0.007c	0.622±0.003b	0.723±0.006a	0.510±0.009c
	Mesothoracic width	变化幅度 Range	0.233–0.345	0.383–0.481	0.601–0.643	0.675–0.766	0.441–0.571
	腹管长	平均值 Mean	0.021±0.000d	0.042±0.001c	0.053±0.001b	0.070±0.002a	0.068±0.003a
	Cornicle length	变化幅度 Range	0.018–0.025	0.029–0.049	0.049–0.060	0.059–0.072	0.046–0.099
	尾片长	平均值 Mean	0.027±0.001d	0.054±0.001c	0.072±0.001b	0.079±0.001a	0.085±0.003a
	Cauda length	变化幅度 Range	0.021–0.035	0.049–0.061	0.067–0.076	0.072–0.096	0.063–0.110
	后足胫节长	平均值 Mean	0.237±0.004e	0.382±0.009d	0.544±0.005c	0.636±0.004b	0.847±0.018a
	Hind tibia length	变化幅度 Range	0.211–0.273	0.308–0.450	0.504–0.587	0.614–0.677	0.681–1.007

表中数据为平均值±标准误；同行数据后标有不同小写字母表示差异显著（ $P<0.05$ ）。
Data in the table are mean ± SE, and followed by different lowercase letters within a row indicate significant differences at the 0.05 level.

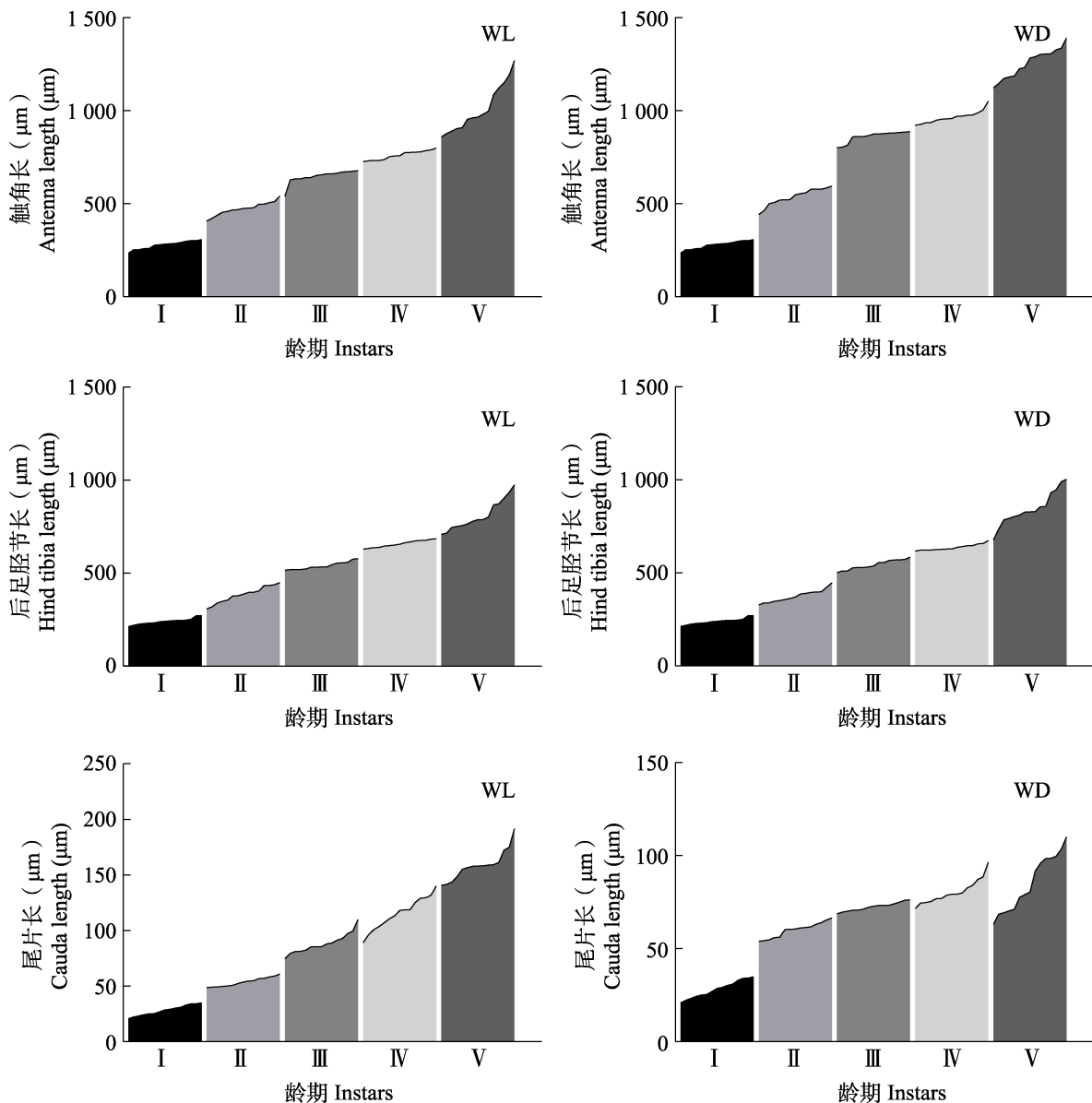


图 4 胡萝卜微管蚜孤雌蚜触角长、后足胫节长与尾片长的重叠分布

Fig. 4 Overlap of the antenna length, hind tibia length and cauda length of of viviparae in *Semiaphis heraclei*

其他形态特征测量值在不同龄期间存在不同程度重叠,因此触角长和后足胫节长在胡萝卜微管蚜无翅型和有翅型龄期间无重叠,可作为龄期鉴别的主要指标;尾片长在部分虫龄间存在重叠,可作为龄期区分的次要指标。

2.4 胡萝卜微管蚜孤雌蚜不同龄期形态特征测定与龄数的回归分析

对胡萝卜微管蚜体长及体宽等 8 个形态特征测量值与相应虫龄数进行回归分析,结果如表

2 所示,所有形态指标数据与龄数间均存在极显著的线性关系 ($P < 0.01$),其中无翅型若蚜触角长与后足胫节长与龄数的线性相关系数分别为 0.974 与 0.978,有翅型这两个形态特征与龄数的线性相关系数分别为 0.948 与 0.967,表明触角长与后足胫节长与胡萝卜微管蚜虫龄数相关性强,将这两个指标作为胡萝卜微管蚜孤雌蚜龄期鉴别的主要指标是准确可靠的。无翅型和有翅型尾片长与龄数的相关系数分别为 0.935 和 0.906,因此可以将尾片长作为该蚜虫龄识别的次要指标。

表 2 胡萝卜微管蚜孤雌蚜形态特征指标测量值与龄数的回归关系
Table 2 Regression relationship between morphometric measurement and instar number of viviparae in *Semiaphis heraclei*

翅型 Wing morph	形态测量特征 Morphometric characteristics	回归方程 Regression equation	相关系数 R^2 Correlation coefficient	P 值 P value
无翅型 Wingless morph	体长 Body length	$y=224.20x+561.50$	0.923	$P<0.01$
	体宽 Body width	$y=119.37x+258.57$	0.914	$P<0.01$
	头宽 Head width	$y=36.34x+232.00$	0.797	$P<0.01$
	触角长 Antenna length	$y=163.29x+137.14$	0.974	$P<0.01$
	中胸宽 Mesothoracic width	$y=100.65x+214.00$	0.911	$P<0.01$
	腹管长 Cornicle length	$y=14.82x+10.15$	0.882	$P<0.01$
	尾片长 Cornicle length	$y=28.18x-1.44$	0.935	$P<0.01$
	后足胫节长 Hind tibia length	$y=141.00x+99.30$	0.978	$P<0.01$
有翅型 Winged morph	体长 Body length	$y=261.14x+511.26$	0.915	$P<0.01$
	体宽 Body width	$y=102.97x+277.74$	0.864	$P<0.01$
	头宽 Head width	$y=44.25x+219.59$	0.907	$P<0.01$
	触角长 Antenna length	$y=243.07x+38.82$	0.948	$P<0.01$
	中胸宽 Mesothoracic width	$y=147.87x+148.60$	0.969	$P<0.01$
	腹管长 Cornicle length	$y=15.81x+6.89$	0.941	$P<0.01$
	尾片长 Cornicle length	$y=17.66x+13.79$	0.906	$P<0.01$
	后足胫节长 Hind tibia length	$y=136.12x+109.25$	0.967	$P<0.01$

3 讨论

胡萝卜微管蚜是金银花的重要害虫,具有典型的寄主转换现象。本研究结果表明,用触角长和后足胫节长为主要指标,结合尾片长、触角节数、翅芽有无和尾片发达程度等指标可实现胡萝卜微管蚜孤雌蚜不同虫龄的快速识别。这一研究结果不仅为该种的翅型分化和寄主转换等科学问题的研究奠定基础,还可为其在金银花上的种群动态定量分析、迁飞初期和高峰期的预测等防控策略应用研究提供重要依据。胡萝卜微管蚜孤雌蚜主要采用触角长、后足胫节长和尾片长 3 个指标作为龄期鉴别的重要指标,这些指标在其它蚜虫龄期鉴别也经常使用,其中后足胫节长使用频次最多。在所有选用后足胫节长作为测量指标的豌豆蚜、麦长管蚜、大豆蚜等种类研究均显示该指标在虫龄间区分明显,可作为重要指标 (Ishikawa *et al.*, 2008; 许向利等, 2014; 李慧

等, 2018; 赵怀志等, 2021); 触角长在有翅型大豆蚜和豌豆蚜龄期鉴别中作为重要指标(李慧等, 2018; 赵怀志等, 2021), 豆蚜、棉蚜和甘蓝蚜则选择触角末节长作为重要指标(Singh and Srivastava, 1989)。尾片长仅在大豆蚜有翅型(李慧等, 2018)中作为重要指标。此外与胡萝卜微管蚜不同, 禾谷缢管蚜、麦长管蚜和豌豆蚜龄期鉴别研究显示腹管长也可作为龄期鉴别的重要指标(张军等, 1990; 许向利等, 2014; 赵怀志等, 2021)。多种蚜虫研究表明体长、体宽、头宽和中胸宽等指标在虫龄间重叠严重, 不适用于虫龄鉴别。因此在后续蚜虫龄期鉴别研究中可优先选择后足胫节长、触角长、腹管长和尾片长这 4 个指标进行龄期鉴别。

胡萝卜微管蚜成蚜具有发达的尾片, 而若蚜尾片均不发达; 有翅型 3-4 龄若蚜翅胸明显膨大, 翅芽明显, 这与麦长管蚜、大豆蚜、豌豆蚜和菊小长管蚜 *Macrosiphoniella sanborni* 等种类的研

究结果一致(张军等, 1990; 许向利等, 2014; 李慧等, 2018; Zhong *et al*, 2019; 赵怀志等, 2021)。因此, 我们推测发达的尾片是蚜虫成虫的典型特征; 翅胸膨大和翅芽明显是 3-4 龄有翅型若蚜的典型特征。此外, 触角节数也可以作为特定龄期的典型特征, 但触角节数在蚜种间存在明显差异。本文研究表明胡萝卜微管蚜 1 龄若蚜触角 5 节, 2 龄若蚜至成蚜触角 6 节, 说明触角节数是区分胡萝卜微管蚜 1 龄和其他虫龄的典型特征。而豌豆蚜 1 龄若蚜触角 4 节, 2 龄若蚜至成虫均为 5 节(赵怀志等, 2021); 麦长管蚜 1-2 龄若蚜触角 5 节, 3 龄若蚜至成虫 6 节(许向利等, 2014); 禾谷缢管蚜 1 龄若蚜触角 4 节, 2-3 龄若蚜 5 节, 4 龄若蚜至成蚜 6 节(张军等, 1990)。因此触角节数、翅胸形状和尾片发达程度可以作为蚜虫龄期鉴别的辅助指标, 也可作为特定虫龄快速鉴别的典型特征。

胡萝卜微管蚜生活史为典型的异寄主全周期型, 整个生活周期存在孤雌生殖和有性生殖两种生殖方式, 具有干母、无翅孤雌蚜、有翅孤雌蚜、雌性母、雄性母、雄性蚜和雌性蚜等多个蚜型(张广学和钟铁森, 1983; Hardie, 2017)。无翅和有翅孤雌蚜室内种群虫龄识别特征的确定不仅为孤雌蚜生物学研究奠定基础, 而且为该种其它蚜型虫龄识别提供参考。蚜虫野外自然种群的虫龄识别与室内种群基本一致, 但温湿度和寄主植物等因素对个体大小和形态特征长宽有一定影响(陈晓慧等, 2015), 因此基于室内种群研究虫龄识别方法在野外调查研究中需调整使用。

参考文献 (References)

- Aalbersberg YK, 1987. A simple key for the diagnosis of the instars of the Russian wheat aphid, *Diuraphis noxia* (Mordvilko) (Hemiptera: Aphididae). *Bulletin of Entomological Research*, 77(4): 637-640.
- Cai WZ, Pang XF, 2001. General Entomology. Beijing: Agriculture University Press. 230. [彩万志, 庞雄飞, 2001. 普通昆虫学. 北京: 中国农业大学出版社. 230.]
- Chen XH, Fan YJ, Tian ZQ, Liu J, Zhao KJ, 2015. Effects of temperature and hosts on morphological development of soybean aphid. *Journal Environmental Entomology*, 37(2): 250-257. [陈晓慧, 范艳杰, 田镇齐, 刘健, 赵奎军, 2015. 温度及四种植物对大豆蚜形态发育的影响. 环境昆虫学报, 37(2): 250-257.]
- Dodd G, 1976. Key for the identification of the instars of the cabbage aphid (*Brevicoryne brassicae* (L.)). *Plant Pathology*, 25(2): 84-86.
- Dyar HG, 1890. The number of molts of Lepidopterous larvae. *Psyche*, 5(175/176): 420-422.
- Guo SF, 2006. Studies on occurrence and control technique of the major pests on honeysuckle in Hanzhong area. Master thesis. Yangling: Northwest Agriculture & Forestry University. [郭素芬, 2006. 汉中地区金银花主要害虫发生及防治技术研究. 硕士学位论文. 杨陵: 西北农林科技大学.]
- Hardie J, 2017. Life cycles and polyphenism//van Emden HF, Harrington R (eds.). *Aphids as Crop Pests*. Croydon: CPI Group (UK) Ltd. 81-97.
- Ishikawa A, Hongo S, Miura T, 2008. Morphological and histological examination of polyphenic wing formation in the pea aphid *Acyrtosiphon pisum* (Hemiptera, Hexapoda). *Zoomorphology*, 127(2): 121-133.
- Jiang LY, Qiao GX, Zhang GX, 2011. Aphid of Agriculture and Forestry in Northeast China, Insecta, Hemiptera, Aphids. Beijing: Science Press. 595-597. [姜立云, 乔格侠, 张广学, 钟铁森, 2011. 东北农林蚜虫志, 昆虫纲 半翅目 蚜虫类. 北京: 科学出版社. 595-597.]
- 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.]
- Liu L, 2015. The control techniques of honeysuckle aphids and insecticide residues detection. Master dissertation. Tai'an: Shandong Agricultural University. [刘磊, 2015. 金银花蚜虫防治技术及农药残留检测. 硕士学位论文. 泰安: 山东农业大学.]
- Lykouressis DP, 1983. Key for the identification of the instars of the English grain aphid, *Sitobion avenae* (F.) (Hemiptera: Aphididae). *Entomologia Hellenica*, 1(2): 47-51.
- Singh R, Srivastava M, 1989. Length of last antennal segment as a criterion for identifying field collected nymphal instars of the aphids. *Giornale italiano di Entomologia*, 4(22): 217-222.
- Sun PP, Huang LY, Li M, Ju LT, Wu YM, Li J, 2021. Bioactivity

- determination and control effect evaluation of three plant secondary metabolites against *Semiaphis heraclei*. *Plant Diseases and Pest*, 12(4): 8.
- Sun Y, 2013. The occurrence and control techniques of the major pests on honeysuckle. Master dissereation. Tai'an: Shandong Agricultural University. [孙莹, 2013. 金银花主要害虫发生和防治技术的研究. 硕士学位论文. 泰安: 山东农业大学.]
- Wang JX, Li XJ, Wang N, 2016. Influence of temperature on the development, survival and reproduction of *Semiaphis heraclei* (Takahashi). *Chinese Bulletin of Entomology*, 53(3): 564–573. [王堃秀, 李学军, 王宁, 2016. 温度对胡萝卜微管蚜生长发育繁殖的影响. *应用昆虫学报*, 53(3):564–573.]
- Wen LZ, Cheng YN, 1988. Study on age identification of parthenogenetic and viviparous aphids of bean aphid. *Journal of Hunan Agricultural University (Natural Sciences)*, 14(1): 37–42. [文礼章, 陈永年, 1988. 豆蚜孤雌胎生蚜虫龄鉴别方法的探讨. *湖南农学院学报*, 14(1): 37–42.]
- Wu TJ, Xie XL, Li JL, Dong CM, 2020. The control effect of different pesticides on aphid of honeysuckle. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 48(1): 145–146, 149. [吴廷娟, 谢小龙, 李景亮, 董诚明, 2020. 不同农药种类对金银花蚜虫的防治效果. *安徽农业科学*, 48 (1): 145–146, 149.]
- 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.]
- Ye GB, Zhuang HQ, Zhu GY, Zhou PG, 2020. Situation of pesticide residues and development of pesticide products registered for *Lonicerae japonicae* Flos in China. *Pesticide Science and Administration*, 41(5): 26–32. [叶贵标, 庄慧千, 朱光艳, 周普国, 2020. 我国金银花农药残留情况及病虫害防治用药登记进展. *农药科学与管理*, 41(5): 26–32.]
- Zhang GX, Zhong TS, 1983. Economic Entomology of China. Volume 25: Homoptera Aphids. Beijing: Science Press. 286–287. [张广学, 钟铁森, 1983. 中国经济昆虫志. 第二十五册: 同翅目 蚜虫类. 北京: 科学出版社. 286–287.]
- Zhang J, Zhang GX, He FG, Qu GM, 1990. Study on age identification characteristics and standards of *Rhopalosiphum padi* (L.) (Hemiptera: Aphididae). *Entomological 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 XR, 1988. Study on the age of (*Aphis glycines* Matsumura) in Jilin province. *Journal of Jilin Agricultural University*, 10(3): 15–17, 46, 108. [张秀荣, 1988. 吉林省大豆蚜龄期的研究. *吉林农业大学学报*, 10(3): 15–17, 46, 108.]
- Zhang XX, 2001. Insect Ecology and Prediction. Beijing: China Agricultural University Press. 228. [张孝羲, 2001. 昆虫生态及预测预报. 北京: 中国农业出版社. 228.]
- Zhao HZ, Yang Y, Zhang JL, Li JJ, Zhao C, Shi YD, Liu TX, 2021. Morphological characteristics for distinguishing theinstars of *Acyrtosiphon pisum*. *Chinese Bulletin of Entomology*, 58(3): 747–754. [赵怀志, 杨炆, 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, Zhang QX, 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.