

豌豆修尾蚜不同龄期形态特征鉴别*

袁 月** 张廷伟*** 史 历 辛佳瑜

(甘肃农业大学植物保护学院, 甘肃省农作物病虫害生物防治工程实验室, 兰州 730070)

摘 要 【目的】为明确界定豌豆修尾蚜 *Megoura crassicauda* 的虫龄, 以期达到准确、快速识别豌豆修尾蚜龄期的目的。【方法】利用体式显微镜分别对豌豆修尾蚜不同翅型、不同龄期体长和体色、体宽、头宽、触角长度、后足胫节长度、腹管长度、尾片形状和长度 7 项指标进行观察与测量。【结果】在豌豆修尾蚜的不同虫龄中, 7 项形态指标均存在显著差异 ($P<0.05$)。无翅型与有翅型个体的触角长度在不同虫龄间无重叠, 可作为龄期鉴定的重要指标。体长和后足胫节长可作为辅助指标。此外, 翅芽发育程度可用于区分 3 龄和 4 龄若蚜, 尾片形状可用于区分若蚜和成蚜, 触角亚节的数量可以作为区分 1 龄、2 龄若蚜与其他龄期蚜虫的典型特征。【结论】用触角长度作为豌豆修尾蚜龄期鉴定的首要指标, 再结合触角节数的变化、体长和体色、后足胫节长、尾片形状和翅基的发育程度等指标, 准确且高效地鉴定不同龄期豌豆修尾蚜。

关键词 豌豆修尾蚜; 龄期; 形态特征鉴别

Morphological identification of different instars of *Megoura crassicauda*

YUAN Yue** ZHANG Ting-Wei*** SHI Li XIN Jia-Yu

(Bio-control Engineering Laboratory of Crop Diseases and Pests of Gansu Province, College of Plant Protection, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, China)

Abstract [Aim] To develop an accurate and rapid method for identifying instars of the aphid *Megoura crassicauda*. [Methods] A stereo microscope was used to record the body length and body color, body width, head width, antenna length, hind tibia length, cornicle length, and caudal shape and length, of different *M. crassicauda* instars. [Results] Seven morphological indicators differed significantly among different instars ($P<0.05$). The antennal length of apterous and alate individuals from different instars did not overlap, and can therefore be used to definitively identify instars. Body length and hind tibia length can be used as auxiliary indicators. In addition, the presence of wing buds, the shape of the cauda, and the number of antennal subsegments, can also be used for rapid and specific instar identification. [Conclusion] Antenna length can be used as the primary means of identifying the instars of *M. crassicauda*. When this is combined with the number of antennal segments, body length and color, hind tibia length, and the shape of caudal and wing bases, it is possible to accurately and efficiently identify the different instars of this species.

Key words *Megoura crassicauda*; instar; morphological identification

豌豆修尾蚜 *Megoura crassicauda* 又名蚕豆修尾蚜, 隶属半翅目 Hemiptera 蚜科 Aphididae, 为寡食性害虫, 其寄主范围主要集中于豆科作物, 包括蚕豆 *Vicia faba*、豌豆 *Pisum sativum*、

窄叶野豌豆 *Vicia angustifolia*、山黧豆 *Lathyrus quinquenervius*、歪头菜 *Vicia unijuga* 等 (Takemura *et al.*, 2002; Kasai, 2016)。根据全球核心生物数据资源库 (Global Core Biodata

*资助项目 Supported project: 国家自然科学基金地区项目 (31960227)

**第一作者 First author, E-mail: 1023658323@qq.com

***通讯作者 Corresponding author, E-mail: zhangtw@gsau.edu.cn

收稿日期 Received: 2024-10-22; 接受日期 Accepted: 2025-03-07

Resources) 记载该种存在 10 个同物异名, 国内使用最多的异名为 *Megoura japonica* (宫亚军等, 2006; Hales *et al.*, 2017; 杜军利等, 2018)。豌豆修尾蚜主要分布于中国、日本、韩国、俄罗斯等地, 现已传入澳大利亚, 被澳大利亚定义为外来入侵种 (Hales *et al.*, 2017; Duric *et al.*, 2022)。据记录, 豌豆修尾蚜常和苜蓿蚜 *Aphis craccivora*、豌豆蚜 *Acyrtosiphon pisum* 等 14 种蚜虫混合发生于世界第三大豆科作物蚕豆上, 除直接刺吸取食为害外, 还能传播豌豆种传花叶病毒 (Pea seed-borne mosaic virus, PSbMV) 和豆卷叶病毒 (Bean leaf roll mosaic virus, BLRV), 对豆类作物生产造成重大威胁, 严重时可导致蚕豆产量损失超过 50% (Stoddard *et al.*, 2010; Cheng *et al.*, 2018; Khodeir *et al.*, 2020; Duric *et al.*, 2022; Skovgård and Stoddard, 2023)。

准确识别害虫各发育阶段的形态特征并解析其自然种群年龄结构, 不仅是预测虫害发生趋势、制定防控策略的科学基础, 更为昆虫生理生化研究和分子生物学定量分析提供关键数据支撑 (赵惠燕, 2010; 许向利等, 2014; Promislow *et al.*, 2022)。由于蚕豆上蚜虫种类多样、形态相近, 且豌豆修尾蚜存在明显的翅型多型现象, 易导致田间识别和科学研究中的虫龄判断错误。因此, 实现豌豆修尾蚜不同虫龄快速、准确的鉴别在害虫综合治理和科学研究中具有重要意义。当前有关蚜虫虫龄鉴别特征的研究已有相关报道, 但由于不同学者研究对象不同, 所得研究结果也不尽相同。李慧等 (2018) 和 Ishikawa 等 (2008) 通过研究发现, 后足胫节长度可作为大豆蚜 *Aphis glycines* 与豌豆蚜龄期划分的关键形态指标。研究表明, 麦长管蚜 *Sitobion avenae* (许向利等, 2014)、胡萝卜微管蚜 *Semiaphis heraclei* (史朝晖等, 2022) 和茶蚜 *Toxoptera aurantia* (张方梅等, 2024) 等蚜虫腹管亦可作为不同虫龄的鉴别特征。张润志等 (1999) 和赵怀志等 (2021) 研究认为, 翅芽的发育、触角节数的变化、尾片几何形态及其长宽比值均可作为麦双尾蚜 *Diuraphis noxia* 和豌豆蚜不同龄期的鉴别参数。鉴于当前有关豌豆修尾蚜不同虫龄鉴别特征的研究鲜有报道, 本试验利用体视显微镜对室内

饲养的无翅型和有翅型豌豆修尾蚜各发育阶段的 7 项外部形态指标进行观测, 通过单因素方差分析找出不同虫龄间差异显著、重叠程度小且稳定性强的鉴别特征, 为豆科作物和牧草蚜害预测预报及综合防控提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试昆虫

供试豌豆修尾蚜种群于 2023 年采自甘肃农业大学蚕豆试验基地 (兰州), 经实验室盆栽蚕豆饲养多代后备用。蚕豆苗和蚜虫均在温度 (21 ± 1) °C、相对湿度 60%±5%、光周期 16 L : 8 D 的人工气候箱 (SPX-250-GB 型, 上海跃进医疗器械有限公司) 中培养, 为防止蚜虫逃脱, 每盘蚕豆苗置于透明通气的笼罩 (40 cm × 40 cm × 40 cm) 中。

1.2 试虫收集

剪取新鲜的蚕豆叶片, 按照张育霞等 (2023) 离体蚕豆叶片制作方法, 制备多个离体蚕豆叶片放置于直径 12 cm 的玻璃培养皿中备用。每个培养皿中接入 1 头初产若蚜, 在 (21 ± 1) °C、相对湿度 60%±5%、光周期 16 L : 8 D 的实验条件下持续饲养至特定龄期用于测量观察。期间每隔 12 h 观察 1 次蚜虫蜕皮情况, 通过记录蜕皮次数明确界定蚜虫龄期。参考何衍彪等 (2021) 的方法, 通过密度效应诱导获得有翅型豌豆修尾蚜, 将收集的豌豆修尾蚜放于 4 °C 条件下 1 h, 待其活力降低后进行观察并拍照。

1.3 不同龄期形态指标测定

将行动迟缓的各龄期豌豆修尾蚜置于带有成像系统和目镜测微尺的体视显微镜 (OLYMPUS SZX16) 下进行观察拍照, 并利用 EP view 50 软件测量豌豆修尾蚜的 7 项形态指标。每个数据均测定 30 个生物学重复, 1 头蚜虫为 1 个重复。

1.4 数据分析

本试验所有数据均通过 Excel 2021 和 SPSS 24.0 软件进行统计分析。针对豌豆修尾蚜无翅型

和有翅型各发育阶段的形态特征参数通过单因素方差分析结合 Duncan 氏多重比较法进行差异性分析 ($P<0.05$)；不同形态特征参数在相邻虫龄间的重叠程度采用 Origin 2021 小提琴图进行比较,在小提琴图中,每个点表示一个测量数据,当两个龄期间的点均匀分布且无重合时,该指标可区分两个龄期;若存在部分重合,该指标可作为判定龄期的重要依据;若出现大量重合,则表明仅凭该指标难以区分两个龄期。

2 结果与分析

2.1 豌豆修尾蚜不同龄期外部形态特征比较

对豌豆修尾蚜进行单头饲养发现,从初产至性成熟共经历 4 个龄期。其中 1 龄与 2 龄若蚜无明显的表型分化 (图 1: A, B), 体色相较于与其他龄期更浅,呈淡绿色;当豌豆修尾蚜发育至 3 龄时,翅基出现,分别产生无翅 3 龄若蚜 (图 1: C) 和有翅 3 龄若蚜 (图 1: E), 同时腹管和尾片端部开始明显变黑,触角与足各节端部颜色

也逐渐加深;随着蜕皮次数增加,4 龄无翅基若蚜 (图 1: D) 和 4 龄有翅基若蚜 (图 1: F) 个体明显增大;豌豆修尾蚜无翅成蚜 (图 1: H) 通体亮绿色,呈纺锤形,头部、触角、前胸、足和尾片呈深褐色,中胸有不规则的深色斑点,黑色腹管着生于腹部第 5 节体背两侧,腹管基部具有深色斑块,腹部第 7 节和第 8 节背面有黑线;有翅成蚜体色 (图 1: G) 比无翅型成蚜颜色更深,头、胸部背面黑色,腹部背面绿色,1-6 腹节背面两侧具黑斑。豌豆修尾蚜 1-4 龄若蚜尾片呈三角锥形 (图 1: A-D), 成蚜尾片呈细长锥形且发达 (图 1: H)。因此,尾片形状可使豌豆修尾蚜成蚜和若蚜易于区分。

2.2 豌豆修尾蚜不同龄期形态测量值特征比较

由表 1 可知,在豌豆修尾蚜中,无论是无翅型还是有翅型,两者在不同虫龄间的 7 项形态测量值均存在显著差异 ($P<0.05$)。在龄期逐渐变大的过程中,无翅型和有翅型豌豆修尾蚜 7 项形态指标值均表现出逐渐递增的趋势,如成蚜的平

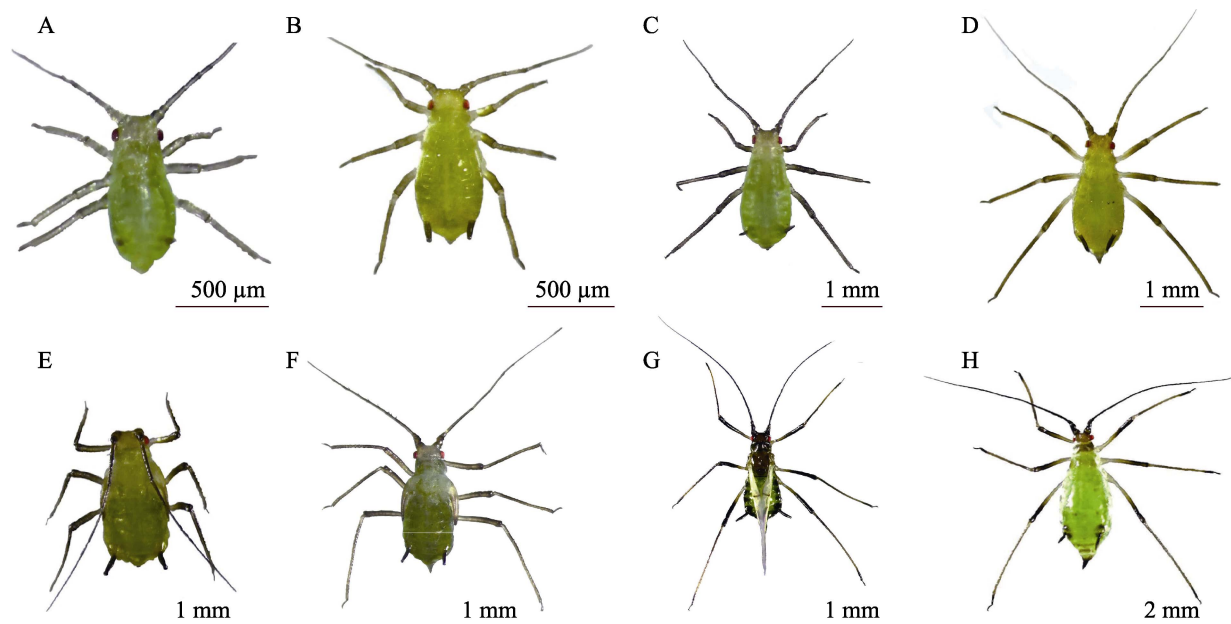


图 1 豌豆修尾蚜不同龄期的外部形态特征比较

Fig. 1 Morphology of different instars of *Megoura crassicauda*

A. 1 龄若蚜; B. 2 龄若蚜; C. 3 龄无翅若蚜; D. 4 龄无翅若蚜; E. 3 龄有翅若蚜;

F. 4 龄有翅若蚜; G. 有翅成蚜; H. 无翅成蚜。

A. 1st instar nymph; B. 2nd instar nymph; C. 3rd instar of apterous nymph; D. 4th instar of apterous nymph;

E. 3rd instar of alate nymph; F. 4th instar of alate nymph; G. Alate adult; H. Apterous adult.

表 1 豌豆修尾蚜无翅型和有翅型不同虫龄的外部形态指标测量
Table 1 Measurements of external morphological variables of different instars of apterous and alate *Megoura crassicauda*

翅型 Wing type	外部形态指标 (mm) External morphological indices (mm)		龄期 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	1.013±0.012 e	1.380±0.007 d	1.741±0.015 c	2.319±0.014 b	3.364±0.014 a
		变化幅度 Range	0.924-1.146	1.317-1.465	1.618-1.922	2.138-2.566	3.112-3.552
	体宽 Body width	平均值±标准误 Mean±SE	0.491±0.007 e	0.648±0.005 d	0.812±0.008 c	0.961±0.006 b	1.158±0.008 a
		变化幅度 Range	0.408-0.583	0.579-0.695	0.694-0.880	0.874-1.035	1.023-1.248
	头宽 Head width	平均值±标准误 Mean±SE	0.339±0.002 e	0.380±0.003 d	0.407±0.002 c	0.443±0.003 b	0.454±0.004 a
		变化幅度 Range	0.319-0.363	0.345-0.399	0.378-0.427	0.410-0.482	0.416-0.486
	触角长 Antenna length	平均值±标准误 Mean±SE	0.950±0.005 e	1.334±0.009 d	1.771±0.010 c	2.434±0.015 b	3.317±0.012 a
		变化幅度 Range	0.905-1.004	1.218-1.396	1.676-1.865	2.293-2.647	3.233-3.506
	腹管长 Cornicle length	平均值±标准误 Mean±SE	0.115±0.010 e	0.166±0.016 d	0.206±0.007 c	0.250±0.022 b	0.403±0.032 a
		变化幅度 Range	0.094-0.135	0.133-0.187	0.190-0.219	0.201-0.289	0.357-0.480
	尾片长 Cauda length	平均值±标准误 Mean±SE	0.063±0.012 e	0.124±0.016 d	0.137±0.011 c	0.190±0.021 b	0.402±0.029 a
		变化幅度 Range	0.036-0.084	0.102-0.183	0.119-0.161	0.146-0.242	0.349-0.485
	后足胫节长 Hind tibia length	平均值±标准误 Mean±SE	0.510±0.004 e	0.668±0.011 d	0.932±0.027 c	1.275±0.027 b	1.916±0.008 a
		变化幅度 Range	0.476-0.543	0.525-0.701	0.892-0.995	1.213-1.345	1.805-1.992
有翅型 Alate	体长 Body length	平均值±标准误 Mean±SE	1.013±0.012 e	1.380±0.007 d	1.779±0.010 c	2.206±0.011 b	2.326±0.011 a
		变化幅度 Range	0.924-1.146	1.318-1.465	1.668-1.889	2.113-2.364	2.227-2.438
	体宽 Body width	平均值±标准误 Mean±SE	0.491±0.007 e	0.648±0.005 d	0.844±0.010 c	0.985±0.007 b	1.050±0.013 a
		变化幅度 Range	0.408-0.583	0.579-0.695	0.693-0.910	0.908-1.091	0.963-1.193
	头宽 Head width	平均值±标准误 Mean±SE	0.339±0.002 d	0.380±0.003 c	0.414±0.002 b	0.454±0.004 a	0.456±0.003 a
		变化幅度 Range	0.319-0.363	0.345-0.399	0.402-0.446	0.420-0.500	0.428-0.488
	触角长 Antenna length	平均值±标准误 Mean±SE	0.950±0.005 e	1.334±0.009 d	1.803±0.007 c	2.913±0.011 b	3.411±0.024 a
		变化幅度 Range	0.905-1.004	1.219-1.396	1.708-1.886	2.815-3.054	3.232-3.699
	腹管长 Cornicle length	平均值±标准误 Mean±SE	0.115±0.010 e	0.166±0.016 d	0.218±0.002 c	0.346±0.005 b	0.425±0.004 a
		变化幅度 Range	0.094-0.135	0.134-0.187	0.196-0.246	0.282-0.397	0.381-0.461
	尾片长 Cauda length	平均值±标准误 Mean±SE	0.063±0.012 e	0.124±0.016 d	0.142±0.002 c	0.235±0.003 b	0.409±0.005 a
		变化幅度 Range	0.036-0.084	0.102-0.183	0.121-0.185	0.212-0.263	0.329-0.449
	后足胫节长 Hind tibia length	平均值±标准误 Mean±SE	0.510±0.004 e	0.668±0.011 d	0.977±0.007 c	1.396±0.008 b	2.091±0.008 a
		变化幅度 Range	0.476-0.543	0.525-0.701	0.898-1.098	1.345-1.506	1.996-2.172

表中同行不同小写字母表示不同龄期间相同形态指标在 $P<0.05$ 水平上显著差异 (Duncan 氏新复极差法)。下表同。
Different lowercase letters in the same row indicate significant difference at 0.05 level by Duncan's multiple range test between different instars for the same morphometric value. The same below.

均体长为 3.364 mm, 是 1 龄若蚜的 3.3 倍左右, 且在 4 龄至成蚜间的数值变化范围上重叠较小; 无翅型和有翅型豌豆修尾蚜触角长在各龄期间无重叠, 后足胫节长在早期发育阶段 (1-2 龄) 的形态特征变化范围较小。

2.3 豌豆修尾蚜不同龄期触角形态特征

由图 2 知, 豌豆修尾蚜不同龄期间触角亚

节数及形态有所差异。1 龄若蚜时触角亚节共 5 节, 其中柄节和梗节各 1 节、鞭节 3 节, 除分节处颜色较深外其余颜色较浅 (图 2: A)。2 龄时, 触角总亚节数仍为 5 个亚节, 但鞭节第 1 节中部已出现分节痕迹而且颜色加深 (图 2: B)。随着龄期数增大, 3 龄若蚜至成蚜期触角亚节共 6 节, 颜色也由浅变深 (图 2: C-H)。

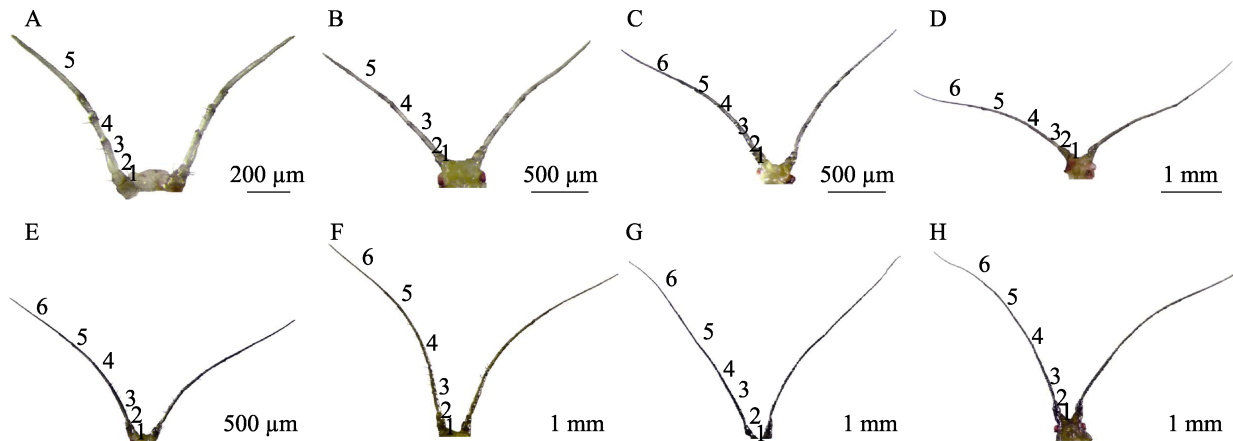


图 2 豌豆修尾蚜不同虫龄触角形态

Fig. 2 Antenna morphology of different instars of *Megoura crassicauda*

A. 1 龄若蚜; B. 2 龄若蚜; C. 3 龄无翅若蚜; D. 4 龄无翅若蚜; E. 3 龄有翅若蚜;
F. 4 龄有翅若蚜; G. 有翅成蚜; H. 无翅成蚜。

图中数字表示豌豆修尾蚜两翅型不同龄期若蚜与成蚜的触角节数。

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

The numbers in the figure indicate the number of antennal segments of different instar nymphs and adults of the both morphs of *M. crassicauda*.

2.4 豌豆修尾蚜不同龄期外部形态特征的重叠分布

根据 2.2 的测量值, 对不同龄期豌豆修尾蚜体长、触角长度及后足胫节长 3 个测量指标与龄期作小提琴图分析 (图 3: A-F)。结果表明, 豌豆修尾蚜体长、触角长和后足胫节长在不同龄期下变化幅度较大。无翅型和有翅型豌豆修尾蚜的体长在 4 龄和成虫之间有重叠 (图 3: A, D), 可作为鉴别 4 龄与成蚜间的重要指标; 触角长在不同龄期间均无明显重叠 (图 3: B, E), 可作为龄期鉴别的主要形态指标; 后足胫节在 1 龄和 2 龄若蚜之间有少量重叠 (图 3: C, F), 可作

为鉴别 1-2 龄的辅助参考指标。

2.5 豌豆修尾蚜不同龄期形态指标测定值的线性回归分析

由表 2 可知, 豌豆修尾蚜两翅型形态参数测定均值 (y_i) 与相应龄期数 (x_i) 间均呈现显著的线性关系 ($P < 0.01$), 其中, 无翅型豌豆修尾蚜的体长和触角长的决定系数 R^2 分别为 0.976 8 和 0.964 0, 有翅型豌豆修尾蚜的体长和触角长与对应龄期数间的决定系数 R^2 分别为 0.959 2 和 0.949 8, 揭示了龄期数与两翅型豌豆修尾蚜的体长和触角长之间存在的线性相关性强, 充分表明体长和触角长作为鉴别龄期的指标是具有准确

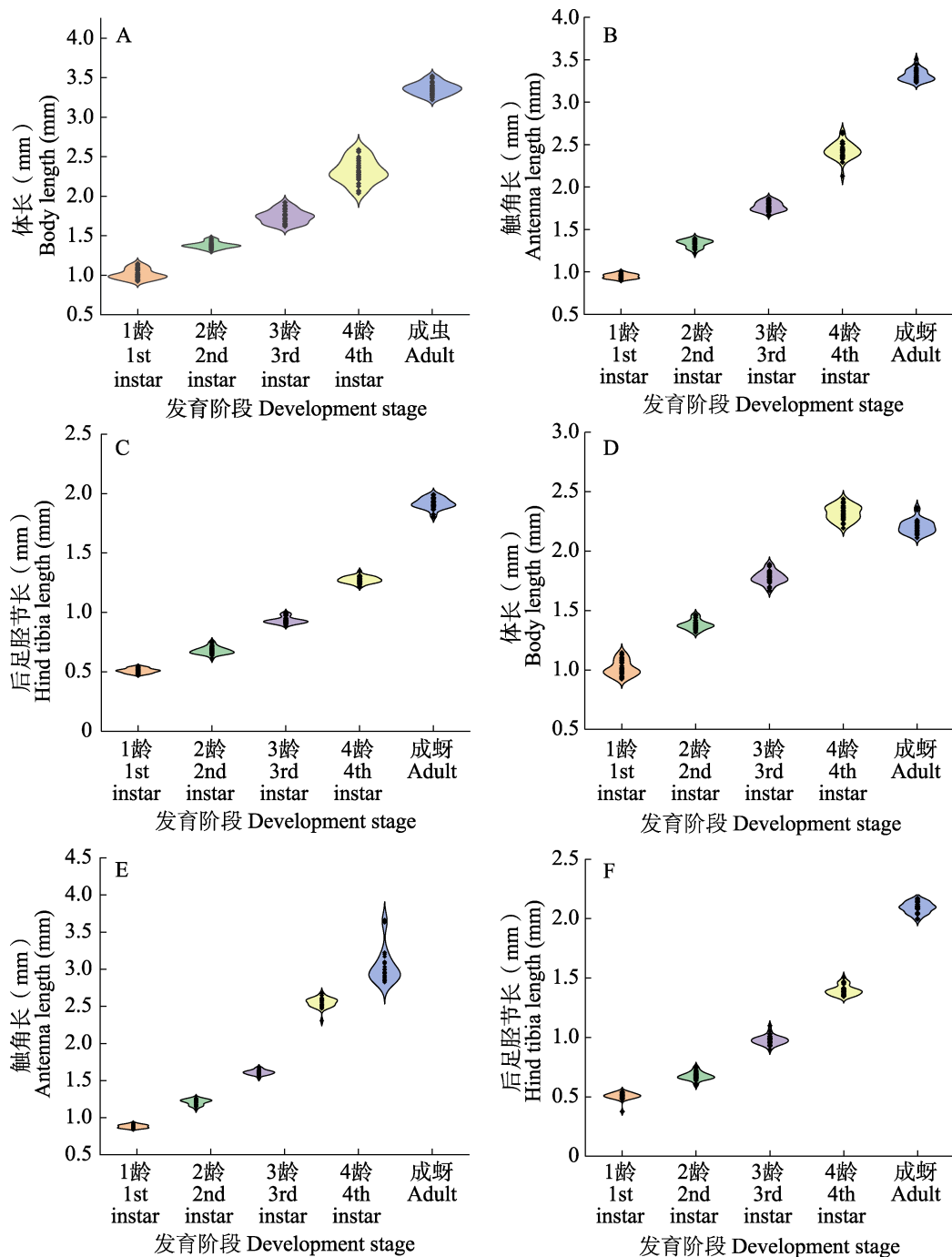


图 3 豌豆修尾蚜若蚜和成蚜的外部形态特征测量值小提琴图

Fig. 3 Violin-plot of measurements of morphological variables of nymphs and adults of *Megoura crassicauda*

A-C: 无翅型; D-F: 有翅型。

A-C: Apterous; D-F: Alate.

性与可靠性的。

3 讨论

豌豆修尾蚜作为豆类植物的重要害虫, 快速

区分其龄期不仅是种群动态研究的基础, 也是进行预测预报和有效治理的前提 (于化龙等, 2021)。本研究结果表明, 豌豆修尾蚜主要采用体长、触角长和后足胫节长 3 个形态特征作为龄

表 2 豌豆修尾蚜不同龄期形态指标与龄期的关系
Table 2 The relationship between external morphological indices and instars
in different instars of *Megoura crassicauda*

翅型 Wing type	外部形态指标 External morphological indices	线性方程 Linear equation	决定系数 R^2 Coefficient of determination	P 值 P-value
无翅型 Apterous	体长 Body length	$y_1=0.341\ 2x_1+0.694\ 3$	$R^2=0.976\ 8$	$P<0.01$
	体宽 Body width	$y_2=0.164\ 7x_2+0.319\ 6$	$R^2=0.972\ 8$	$P<0.01$
	头宽 Head width	$y_3=0.029\ 3x_3+0.316\ 6$	$R^2=0.862\ 5$	$P<0.01$
	触角长 Antenna length	$y_4=0.583\ 4x_4+0.210\ 9$	$R^2=0.964\ 0$	$P<0.01$
	腹管长 Cornicle length	$y_5=0.065\ 9x_5+0.030\ 5$	$R^2=0.867\ 3$	$P<0.01$
	尾片长 Cauda length	$y_6=0.074\ 4x_6+0.039\ 9$	$R^2=0.793\ 1$	$P<0.01$
	后足胫节 Hind tibia length	$y_7=0.341\ 3x_7+0.037\ 4$	$R^2=0.930\ 5$	$P<0.01$
有翅型 Alate	体长 Body length	$y_1=0.355\ 6x_1+0.684\ 6$	$R^2=0.959\ 2$	$P<0.01$
	体宽 Body width	$y_2=0.144\ 9x_2+0.368\ 3$	$R^2=0.911\ 7$	$P<0.01$
	头宽 Head width	$y_3=0.032\ 0\ x_3+0.314\ 0$	$R^2=0.823\ 1$	$P<0.01$
	触角长 Antenna length	$y_4=0.629\ 8x_4+0.172\ 7$	$R^2=0.949\ 8$	$P<0.01$
	腹管长 Cornicle length	$y_5=0.080\ 2x_5+0.015\ 0$	$R^2=0.876\ 9$	$P<0.01$
	尾片长 Cauda length	$y_6=0.070\ 7x_6-0.026\ 9$	$R^2=0.848\ 2$	$P<0.01$
	后足胫节 Hind tibia length	$y_7=0.351\ 2x_7+0.039\ 0$	$R^2=0.931\ 9$	$P<0.01$

期鉴定的主要指标。而在其他蚜虫种类的龄期鉴别中,也经常使用以上提到的各项指标,其中后足胫节长的使用更为频繁,如在麦长管蚜、大豆蚜和豌豆蚜中,后足胫节在各龄期间区分明显,被认为是鉴定蚜虫龄期的最优参数(许向利等, 2014; 李慧等, 2018; 赵怀志等, 2021)。在鉴定有翅型大豆蚜和胡萝卜微管蚜龄期过程中,触角长被作为龄期鉴定的重要指标(李慧等, 2018; 史朝晖等, 2022); 而体长在茶蚜的龄期鉴定中,被认为是一项稳定且可靠的形态指标(张方梅等, 2024)。鉴于此,可首选后足胫节长和触角长 2 个指标作为重要参数应用于后续蚜虫的龄期鉴别。

豌豆修尾蚜有翅型若蚜的典型特征是其翅胸和翅芽的发育程度不同,而且若蚜与成蚜的尾片形状也不尽相同,这个现象与其他蚜虫种类的研究结果较为相似(Ishikawa *et al.*, 2008; 李慧等, 2018; 赵怀志等, 2021; 史朝晖等, 2022; 张方梅等, 2024)。在不同种类蚜虫中,成蚜尾片的发达程度也不相同。与豆类作物上常见的豌豆蚜相比,豌豆修尾蚜成蚜尾片黑色,较短呈锥形,

腹管黑色呈细管状;而绿色型豌豆蚜成蚜尾片绿色且明显较豌豆修尾蚜长,端部细而尖,腹管淡绿色,细长筒状(赵怀志等, 2021)。此外,豌豆修尾蚜与豌豆蚜相比较,体色偏深,其头部、前胸和足都呈黑褐色,且红色复眼是区别于其他蚜虫种类的典型外部特征,而豌豆蚜体色较豌豆修尾蚜浅,复眼颜色为红褐色,二者在田间易于区分。在不同种蚜虫间以及同种蚜虫不同龄期间,触角节数及颜色也存在明显的差异。豌豆修尾蚜 1-2 龄若蚜触角共 5 个亚节(图 3: A), 3 龄若蚜至成蚜阶段共 6 个亚节,与许向利等(2014)对麦长管蚜的观察结果一致。然而禾谷缢管蚜的触角节数变化较为复杂: 1 龄有 4 节触角,在 2-3 龄时,触角节数增至 5 节, 4 龄至成蚜则有 6 节(张军等, 1990)。因此翅芽是否存在、尾片形状和触角亚节节数的多少也可以作为蚜虫不同龄期的鉴别特征,可快速鉴别特定虫龄。

本研究通过豌豆修尾蚜两翅型不同龄期的外部形态特征观测,证实触角长度可作为区分无翅型和有翅型豌豆修尾蚜虫龄鉴别的典型特征,

同时结合翅芽发育状态、尾片形态特征和触角亚节数目及体色等辅助判别指标,能够准确迅速地识别不同发育阶段、不同翅型的豌豆修尾蚜。另外,研究表明,如温度、食物、天敌等环境因素均会改变豌豆修尾蚜的发育及形态,在田间应根据具体情况进行相对应的调整(Asai *et al.*, 2002; 张瑶瑶等, 2022; 张晓媛等, 2023)。

参考文献 (References)

- Asai M, Yoshida H, Honda KI, Tsumuki H, 2002. Cold hardiness of three aphid species, *Acyrtosiphon pisum*, *Megoura crassicauda* and *Aulacorthum solani* (Hemiptera: Aphididae). *Applied Entomology and Zoology*, 37(3): 341–346.
- Cheng LY, Chang Y, Chen ZZ, Xu YY, 2018. Effects of constant and fluctuating temperatures on development and reproduction of *Megoura crassicauda* and *Aphis craccivora* (Hemiptera: Aphididae). *Entomologica Fennica*, 29(1): 1–12.
- Du JL, Wu DG, Huang BH, Huang WD, Wang ZX, 2018. Predatory functional response of *Harmonias axyridis* on *Megoura japonica*. *Pratacultural Science*, 35(7): 1772–1779. [杜军利, 武德功, 黄保宏, 黄伟东, 王增霞, 2018. 异色瓢虫对豌豆修尾蚜的捕食功能反应. 草业科学, 35(7): 1772–1779.]
- Duric Z, George J, van Leur J, 2022. *Megoura crassicauda* Mordvilko (Hemiptera: Aphididae), a potential threat to faba bean industry in New South Wales. *General and Applied Entomology*, 50: 11–17.
- Gong YJ, Shi BC, Lu H, Zhang SL, Wei L, 2006. Effects of temperatures on the development and fecundity of three species of aphids. *Acta Agriculturae Boreali-Sinica*, 21(5): 96–98. [宫亚军, 石宝才, 路虹, 张胜利, 魏蕾, 2006. 温度对 3 种蚜虫生长发育及繁殖的影响. 华北农学报, 21(5): 96–98.]
- Hales DF, Gillespie PS, Wade S, Bernard D, 2017. First detection of 'Megoura crassicauda' Maudvilko (Hemiptera: Aphididae) in Australia and a review of its biology. *General and Applied Entomology: The Journal of the Entomological Society of New South Wales*, 45: 77–81.
- He YB, Li YC, Zhang M, Li J, Liu JH, Liu X, Jin CZ, 2021. The influencing factors and mechanism of wing dimorphism in aphid. *Chinese Journal of Tropical Crops*, 42(12): 3409–3415. [何衍彪, 李意成, 张敏, 李佳, 刘建宏, 刘秀, 金晨钟, 2021. 蚜虫翅型分化的影响因素及其发生机制. 热带作物学报, 42(12): 3409–3415.]
- 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.
- Kasai A, 2016. Vetch aphid, *Megoura crassicauda* (Hemiptera: Aphididae), parasitism does not reduce the bean production of narrow-leaved vetch, *Vicia sativa* subsp. *nigra* (Fabaceae). *Ecological Research*, 31(2): 189–194.
- Khodeir AI, Khattab AM, Rakha MO, Sharabash SA, Ueno T, Mousa MK, 2020. Population densities of pest aphids and their associated natural enemies on faba bean in Kafr EL-Sheikh, Egypt. *Kyushu University Institutional Repository*, 65(1): 97–102.
- 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.]
- Promislow DEL, Flatt T, Bonduriansky R, 2022. The biology of aging in insects: From *Drosophila* to other insects and back. *Annual Review of Entomology*, 67(1): 83–103.
- Shi ZH, 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.]
- Skovgård H, Stoddard FL, 2023. Reproductive potential of the black bean aphid (*Aphis fabae* Scop.) on a range of faba bean (*Vicia faba* L.) accessions. *Legume Science*, 5(4): e199.
- Stoddard FL, Nicholas AH, Rubiales D, Thomas J, Villegas-Fernández AM, 2010. Integrated pest management in faba bean. *Field Crops Research*, 115(3): 308–318.
- Takemura M, Nishida R, Mori N, Kuwahara Y, 2002. Acylated flavonol glycosides as probing stimulants of a bean aphid, *Megoura crassicauda*, from *Vicia angustifolia*. *Phytochemistry*, 61(2): 135–140.
- 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.]
- Yu HL, Li JJ, Ren MR, Liu LW, Ma SJ, 2021. Insecticidal activity of extracts from 110 traditional Chinese medicines. *Chinese Journal of Tropical Crops*, 42(7): 2085–2093. [于化龙, 李晶晶,

- 任美儒, 刘禄威, 马树杰, 2021. 110 种植物提取物杀虫活性初步研究. *热带作物学报*, 42(7): 2085–2093.]
- Zhang FM, You WC, Chen L, Geng SB, Guo SB, Qiao L, Zhou Z, Chen JH, 2024. Identification of the instar and morphological characteristics of *Toxoptera aurantia* Fonscolombe. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 61(1): 197–205. [张方梅, 尤伟晨, 陈磊, 耿书宝, 郭世保, 乔利, 周洲, 陈俊华, 2024. 茶蚜龄期划分及各龄期形态特征的识别. *应用昆虫学报*, 61(1): 197–205.]
- Zhang J, Zhang GX, He FG, Qu GM, 1990. Characterization and criteria for identifying the age of the *Rhopalosiphum padi*. *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 RZ, Zhang J, Du BR, 1999. Identification of the age of the *Diuraphis noxia*. *Acta Entomologica Sinica*, 42(S1): 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(S1): 26–30.]
- Zhang XY, Wang T, Zha XR, Zan QA, Zhang HR, 2023. Predation of three aphid species on faba bean by *Orius strigicollis*. *Chinese Journal of Biological Control*, 39(1): 9–37. [张晓媛, 王葶, 查旭榕, 咎庆安, 张宏瑞, 2023. 南方小花蝽对为害蚕豆的三种蚜虫的捕食作用. *中国生物防治学报*, 39(1): 9–37.]
- Zhang YY, Zhou YY, Xu Q, Qin QJ, He YZ, Zhang YJ, Liu S, 2022. Differences in the fitness between two aphid species on *Vicia faba*. *Plant Protection*, 48(3): 136–141, 164. [张瑶瑶, 周岳阳, 徐青, 秦秋菊, 何运转, 张永军, 刘顺, 2022. 2 种蚜虫在蚕豆上适合度的研究. *植物保护*, 48(3): 136–141, 164.]
- Zhang YX, Zhang TW, Shi L, Yuan Y, Liu CZ, 2023. Effects of exogenous melatonin on the growth and reproduction of *Aphis craccivora*. *Chinese Journal of Ecology*, 42(5): 1150–1154. [张育霞, 张廷伟, 史历, 袁月, 刘长仲, 2023. 外源褪黑素对苜蓿蚜生长发育和繁殖的影响. *生态学杂志*, 42(5): 1150–1154.]
- Zhao HY, 2010. *Insect Research Methods*. Beijing: China Science Publishing & Media Lid (CSPM). 149–154. [赵惠燕, 2010. 昆虫研究方法. 北京: 科学出版社. 149–154.]
- 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.]