莲缢管蚜龄期鉴别及特征分析*

李 倩[1, 2**] 王 攀[2] 周利琳[2] 望 勇[2]
杨 帆[2] 司升云[2***] 李 超[1***]

（1. 新疆农业大学农学院，农林有害生物监测与安全防控重点实验室，乌鲁木齐 830052；
2. 武汉市农业科学院蔬菜研究所，武汉 430345）

摘 要 **【目的】** 明确不同龄期莲缢管蚜 *Rhopalosiphum nymphaeae* 的外部形态特征，以期快速鉴别莲缢管蚜各龄期。**【方法】** 在显微镜下观察莲缢管蚜的形态特征并测量其体长、体宽和头壳宽，其触角、腹管、尾片、后足胫节和翅基在压片后进行测量，分析比较不同龄期的形态特征。**【结果】** 莲缢管蚜 1 龄若蚜触角为 4 节或 5 节，2 龄若蚜触角节数为 5 节，3 龄若蚜触角为 5 节或 6 节，4 龄及以上龄期蚜虫触角为 6 节。莲缢管蚜 1-2 龄若蚜尾片无或呈半月形至三角型，3-4 龄若蚜尾片呈半月形至三角形，成蚜尾片呈圆锥状。若蚜于 3 龄时开始翅基分化，有翅型 3 龄若蚜翅基长至腹部第 1 节至第 1 节中部，有翅型 4 龄若蚜翅基长至腹部第 2-4 节。不同龄期形态特征测量值间存在差异，但是各龄期间数值分布大多有重叠，其中不重叠的数值可作为龄期鉴别的关键指标，如有翅型 3-4 龄若蚜的翅基长；有少量重叠的数值可作为龄期鉴别的重要指标，如无翅型 1-4 龄若蚜的体长；有部分重叠数值可作为龄期鉴别的辅助指标，如无翅型 3-4 龄若蚜的后足胫节长。**【结论】** 触角的节数、尾片的发育程度和翅基的有无及长短可作为莲缢管蚜龄期鉴别的关键指标，各测量指标随莲缢管蚜龄期增长而增长趋势明显，可作为莲缢管蚜龄期鉴别的参考指标。

关键词 莲缢管蚜；龄期；体型；触角节数；尾片形状；翅基长

Instar identification and characteristic analysis of *Rhopalosiphum nymphaeae* (Hemiptera: Aphididae)

LI Qian[1, 2**] WANG Pan[2] ZHOU Li-Lin[2] WANG Yong[2]
YANG Fan[2] SI Sheng-Yun[2***] LI Chao[1***]

(1. Key Laboratory of the Pest Monitoring and Safety Control of Crops and Forests, College of Agronomy, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China; 2. Institute of Vegetables, Wuhan Academy of Agricultural Sciences, Wuhan 430345, China)

Abstract **[Aim]** The external morphological characteristics of each *Rhopalosiphum nymphaeae* instar was documented to facilitate rapid instar identification for future studies. **[Methods]** The morphological characteristics of *R. nymphaeae* were observed under the microscope, including measurements of body length, body width, and headshell width. The antennae, cornicle, cauda, hindfoot tibia, and wing base were measured after pressing. Differential and correlational analyses were carried out on the measurement data, followed by construction of box plots, to investigate the morphological variations across different developmental stages. **[Results]** The antennae of 1st instar *R. nymphaeae* nymphs consisted of 4 or 5 segments. Similarly, 5 segments were observed in 2nd instar nymphs, while the antennae of 3rd instar nymphs had 5 or 6 segments. The antennae of 4th instar nymphs and older had 6 segments. No cauda or half-moon to triangle cauda were observed in 1st or 2nd instar nymphs, whereas half-moon to triangle cauda were observed in the 3rd and 4th instar nymphs. A cone-shaped cauda was observed in adult *R. nymphaeae*. In the winged morph of *R. nymphaeae* nymphs, differentiation of the wing base was observed to start at the 3rd instar. At this stage, the wing base extends from the first to the middle of the first ventral segment. By the 4th

*资助项目 Supported project：湖北省重点研发计划项目（2022BBA0063）
**第一作者 First author，E-mail：2391510670@qq.com
***共同通讯作者 Co-corresponding authors，E-mail：sishengyun@126.com；lichaoyw@163.com
收稿日期 Received：2023-09-04；接受日期 Accepted：2024-04-11

instar, the wing base extends further to the second to fourth ventral segment. Significant differences and correlations were observed between the morphological characteristics measured at different instars. However, the distribution of values for these characteristics tended to overlap between the different instar stages. The absence of an overlap may serve as a key indicator for age identification. For example, the wing base length of winged 3rd-4th instar nymph. A small amount of overlap can be used as an important indicator for instar identification, such as the body length of wingless 1st-4th instar nymphs. Partial overlapping values can serve as an auxiliary index for instar identification, such as the length of hindfoot tibia of wingless 3rd-4th instar nymphs. **[Conclusion]** The number of antennae segments, cauda development, and the presence and length of the wing base can serve as key indices for determining the age of *R. nymphaeae*. The progressive increase in each index was correlated strongly with instar stage, providing a reliable reference index for determining *R. nymphaeae* age.

Key words *Rhopalosiphum nymphaeae*; instar; size; antennae node number; tail shape; wing base length

莲缢管蚜 *Rhopalosiphum nymphaeae* 属半翅目 Hemiptera 蚜科 Aphididae，广泛分布于我国江苏、福建、台湾、湖南和湖北等地（葛有茂等，2005；江扬先和严龙，2009；司升云等，2009；陈琪等，2013），对慈姑、莲藕、芡实、菱角、香蒲、满江红和泽泻等寄主植物（Hance *et al.*，1994；柯卫东，1996；杨文成和杨红，2001；葛有茂等，2005；江扬先和严龙，2009；Halder *et al.*，2020）造成严重危害，有偏嗜性，喜食莲、慈姑和芡实等，其次为水浮莲和紫背浮萍等，再次为陌上花和青萍等（杨文成和杨红，2001）。该虫冬季可在桃和李等核果类果树上越冬，夏季以莲藕、菱角等水生或沼泽型植物为寄主（陈琪等，2013），在长江流域一年有 2 个高发期，以成、若虫群集于植物嫩茎、嫩叶刺吸为害。受害植株叶片卷缩，生长停滞，严重时可造成枯叶，甚至全株死亡（柯卫东，1996；杨文成和杨红，2001；江扬先和严龙，2009；司升云等，2009）。莲缢管蚜可传播病毒，已知其至少可传播 5 种植物病毒（Center *et al.*，2002），诱导植株产生过敏反应（Oraze and Grigarick，1992）。被传毒的植株叶片枯黄而脆弱，生长缓慢（Pettet and Pettet，1970）。

国内外关于莲缢管蚜的研究甚少，除了发生区域和寄主植物等危害外，也有极少对其形态特征识别方面的研究，侧重描述成蚜的外部形态，而对若蚜的描述局限于“体小，形似无翅胎生雌蚜”（司升云等，2009；陈琪等，2013），未涉及对其龄期主要特征及鉴别方法的描述，限制了对于莲缢管蚜的准确识别及精准防治工作的开展。蚜虫龄期的鉴别是开展其生物学、生态学研究及其预测预报和制定高效防控策略的基础和前提。对莲缢管蚜龄期进行快速鉴别，可准确计算和掌握其发生时期，为该虫的综合防治及预测预报提供依据，减轻经济损失，同时也有利于未来从分子水平对固定龄期莲缢管蚜进行基因改造，改变其对特定寄主植物的适应性，辅助基于 RNA 干扰技术（RNA interference）的害虫防治技术的发展。根据戴氏法则，幼虫某个部位的长宽度会随龄期的增长而呈现一定的几何数学关系（Dyar，1890）。本研究对莲缢管蚜不同龄期的 8 个形态特征指标进行了细致测量和分析，发现测量值与龄期间存在一定关系。

1 材料与方法

1.1 供试昆虫

2023 年 4-5 月，自莲缢管蚜在莲上开始为害时，在武汉市农业科学院蔬菜研究所莲田中采集虫源，于室内用莲叶进行继代饲养并形成稳定种群。饲养条件为：温度（25±1）℃、相对湿度 85%±5%、光周期 14 L∶10 D。

用莲叶单头饲养莲缢管蚜于长 30 cm、宽 20 cm、高 10 cm 的养虫盒内，待其产仔后每盒仅留一头 1 龄蚜虫继续饲养，每 24 h 观察一次蚜虫蜕皮情况并去除蚜蜕。收集无翅若蚜（1-4 龄）、有翅若蚜（3-4 龄）、无翅成蚜和有翅成蚜各 1 组，共 8 组，每组 30 个生物学重复，1 头蚜虫为 1 个重复，待镜检观测。由于莲缢管蚜在 3 龄时出现翅基分化，1-2 龄无翅若蚜和有翅若

蚜在外部形态上难以区分，所以 1-2 龄若蚜仅各收集一组。

1.2　仪器设备

蚜虫观察与指标测量使用 KEYENCE 数码显微镜[型号：VHX-J20T，基恩士（中国）有限公司]。

1.3　不同龄期莲缢管蚜形态指标测定

测量指标包括体长、体宽、头壳宽、触角长、腹管长、尾片长、后足胫节长和翅基长。其中体长（头部顶端至尾片基部）、体宽（腹部最宽处）和头壳宽（复眼间距离）为活体测量（图 1：A-C）。将待观察蚜虫置于载玻片上，滴加浓度为 75% 的酒精至完全将虫体淹没，降低蚜虫活性后拍摄静态照片，测量体长、体宽和头壳宽；测量完成后盖上盖玻片，将其压制成标本，测量腹管、尾片、后足胫节、触角各节及有翅蚜若蚜的翅基长度（图 1：D-H），由于 1-2 龄若蚜的尾片不发达，所以未进行测量。

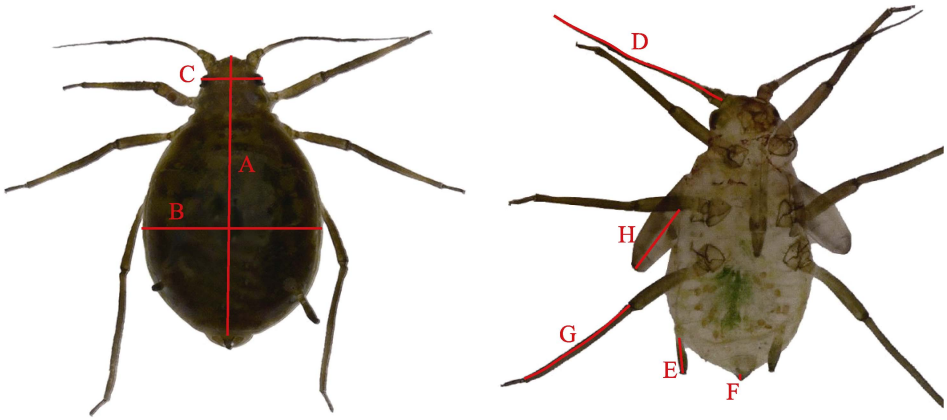


图 1　莲缢管蚜形态指标测量示意图

Fig. 1　Schematic drawing of measurements for morphological parameters of *Rhopalosiphum nymphaeae*

A. 体长；B. 体宽；C. 头壳宽；D. 触角长；E. 腹管长；F. 尾片长；G. 后足胫节长；H. 翅基长。
A. Body length; B. Body width; C. Headshell width; D. Antenna length; E. Cornicle length; F. Cauda length; G. Hindfoot tibia length; H. Wing base length.

1.4　数据分析

利用 Origin 2018 和 SPSS Statistics 22 软件进行作图和数据分析，绘制每项测定值的箱型图，计算测定的各龄期蚜虫各项指标的平均值、标准差及变化幅度，对数据进行回归分析确定莲缢管蚜的龄期与所测各项指标之间的相关性；结合单因素方差分析中的图基检验法分析莲缢管蚜各龄期间和各测量指标间的差异显著性，以获得最佳分龄标准。

箱型图中，每个点表示一个测量数据，若 2 个龄期间的点呈集群分布且无重叠，则该指标可将 2 个龄期分开；若有部分重叠，则该指标可作为鉴定蚜虫龄期的重要指标；若有大量重叠，则表示仅在该指标下 2 个龄期难以区别。

2　结果与分析

2.1　不同龄期外部形态特征

经观察，莲缢管蚜若虫发育大多有 4 个龄期，少数为 3 龄或 5 龄，1-2 龄若蚜均为无翅型（图 2：A，B），从 3 龄开始出现翅基分化，3-4 龄若蚜和成蚜分别形成无翅型与有翅型（图 2：C-H）。此外，莲缢管蚜 1 龄若蚜触角为 4 节或 5 节，2 龄若蚜触角均为 5 节，3 龄若蚜触角为 5 节或 6 节，4 龄及以上龄期蚜虫的触角均为 6 节（图 3：A-H）。不同龄期蚜虫的尾片发育程度不同，成蚜的尾片为长圆锥形，若蚜尾片为宽半月形至三角形，龄期越大，尾片形状越趋于三角形（图 4：A-H），是区分成蚜与若蚜的关键形态特

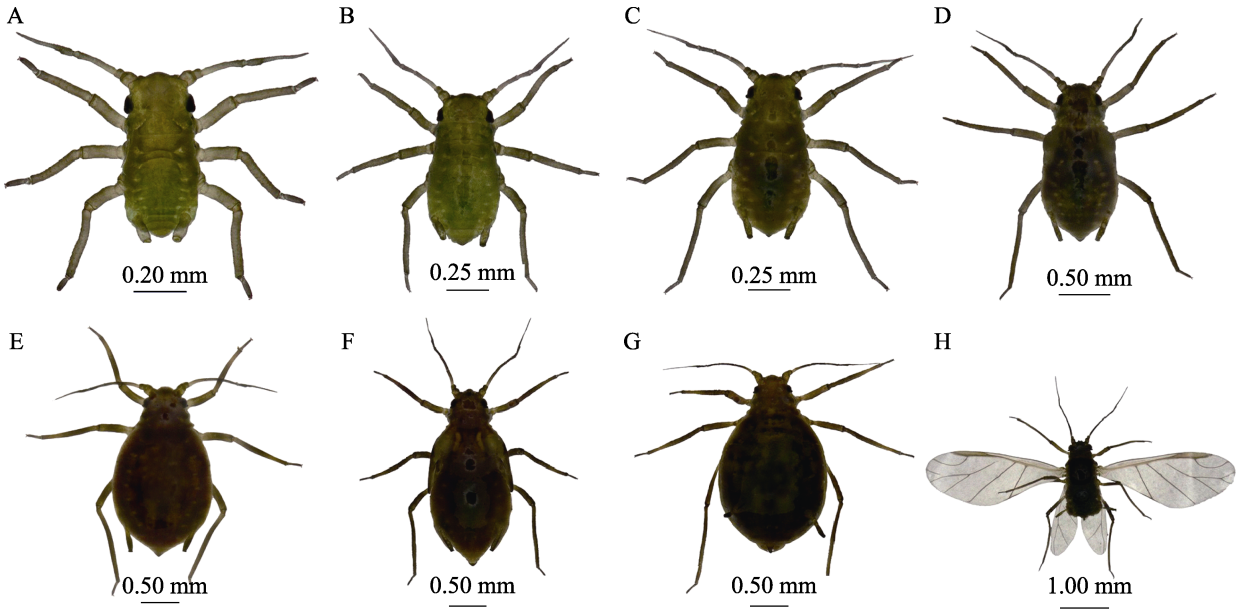


图 2　不同龄期莲缢管蚜的外部形态

Fig. 2　External morphology of *Rhopalosiphum nymphaeae* at different instars

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 wingless morph; D. 3rd instar nymph of winged morph; E. 4th instar nymph of wingless morph; F. 4th instar nymph of winged morph; G. Wingless adult; H. Winged adult.

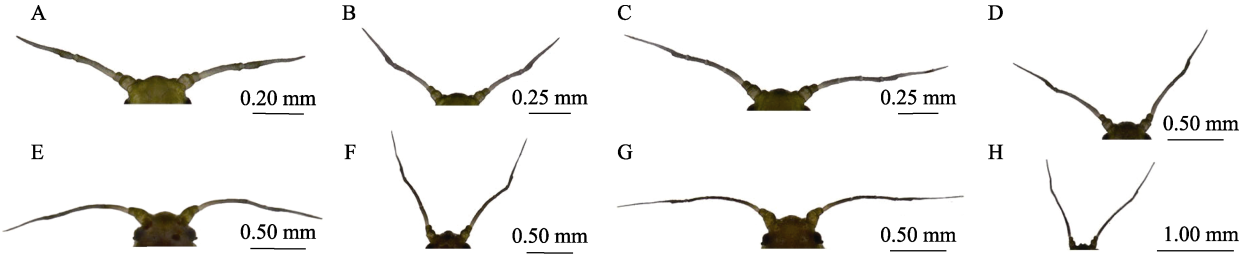


图 3　不同龄期莲缢管蚜的触角形态特征

Fig. 3　Antenna morphology of *Rhopalosiphum nymphaeae* at different instars

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 wingless morph; D. 3rd instar nymph of winged morph; E. 4th instar nymph of wingless morph; F. 4th instar nymph of winged morph; G. Wingless adult; H. Winged adult.

征。翅基蚜翅基明显，表现为中后胸凸起，与前胸成 90°直角，3 龄翅基蚜前翅最长可达腹部第 1 节至第 1 节中部（图 5：A），4 龄翅基蚜前翅长达腹部第 2 节中部至第 4 节（图 5：B），翅基长度是鉴别 3 龄与 4 龄翅基蚜的关键形态特征。

2.2　不同龄期形态测量特征比较

对无翅型莲缢管蚜的龄期与测定的体长、体宽、头壳宽、触角长、腹管长、尾片长和后足胫节长 7 个指标分别进行单因素方差分析（表 1）。除 4 龄若蚜与成蚜的体长间无显著差异外（F=1.916，df=2,59，P>0.05），1-3 龄若蚜的体长（F=360.190，df=4,149，P<0.01）、各龄期莲缢管蚜的体宽（F=462.541，df=4,149，P<0.01）、头壳宽（F=299.378，df=4,148，P<0.01）、触角长（F=391.959，df=4,149，P<0.01）、腹管长（F=346.341，df=4,149，P<0.01）、尾片长（F=202.945，df=2,89，P<0.01）和后足胫节长

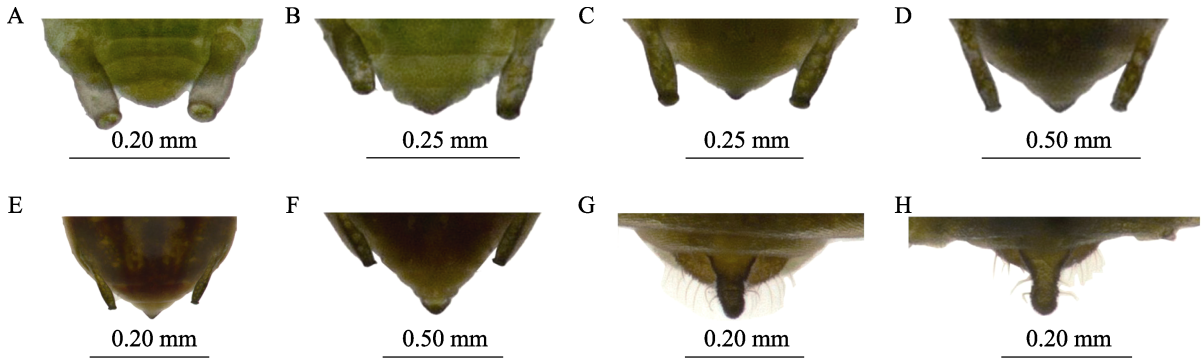


图 4　不同龄期莲缢管蚜的尾片形态特征

Fig. 4　Cauda morphology of *Rhopalosiphum nymphaeae* at different instars

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 wingless morph; D. 3rd instar nymph of winged morph; E. 4th instar nymph of wingless morph; F. 4th instar nymph of winged morph; G. Wingless adult; H. Winged adult.

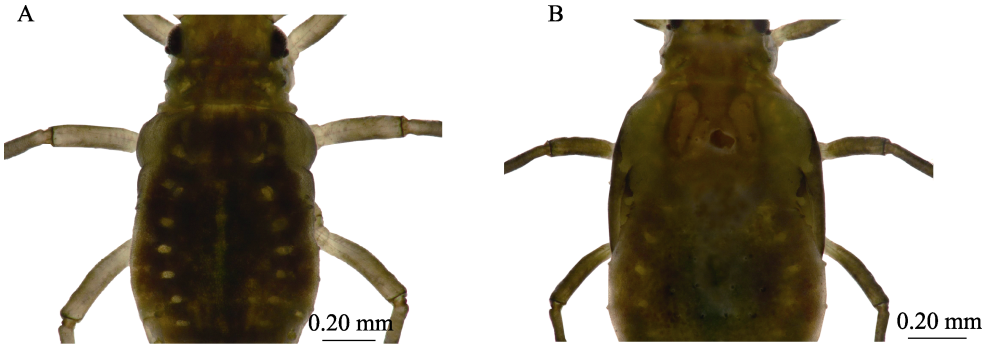


图 5　有翅若蚜翅基形态特征

Fig. 5　Wing base morphology of winged morph

A. 3 龄翅基蚜；B. 4 龄翅基蚜。

A. 3rd instar nymph of winged morph; B. 4th instar nymph of winged morph.

表 1　无翅型莲缢管蚜不同龄期 7 个形态特征测量值

Table 1　Determination of 7 morphological variables of different instars of wingless *Rhopalosiphum nymphaeae*

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
体长 Body length	0.790±0.065 d (0.663-0.891)	1.052±0.084 c (0.913-1.203)	1.372±0.076 b (1.229-1.496)	1.823±0.158 a (1.549-2.144)	1.894±0.231 a (1.433-2.383)
体宽 Body width	0.362±0.036 e (0.283-0.425)	0.519±0.050 d (0.426-0.607)	0.752±0.065 c (0.622-0.853)	1.106±0.110 b (0.877-1.337)	1.234±0.157 a (1.020-1.544)
头壳宽 Headshell width	0.315±0.021 e (0.271-0.352)	0.362±0.019 d (0.329-0.411)	0.391±0.021 c (0.343-0.433)	0.464±0.019 b (0.416-0.506)	0.484 ±0.030a (0.408-0.550)
触角长 Antenna length	0.604±0.059 e (0.507-0.699)	0.783±0.069 d (0.648-0.929)	0.926±0.082 c (0.807-1.109)	1.212±0.066 b (1.039-1.366)	1.404±0.143 a (1.052-1.665)
腹管长 Cornicle length	0.127±0.017 e (0.097-0.163)	0.189±0.028 d (0.133-0.234)	0.237±0.022 c (0.203-0.278)	0.339±0.026 b (0.291-0.402)	0.378±0.049 a (0.285-0.450)

续表 1 (Table 1 continued)

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
尾片长 Cauda length	———	———	0.057±0.007 c (0.036-0.069)	0.082±0.006 b (0.072-0.096)	0.163±0.036 a (0.066-0.273)
后足胫节长 Hindfoot tibia length	0.355±0.044 e (0.236-0.429)	0.482±0.049 d (0.381-0.574)	0.593±0.052 c (0.504-0.719)	0.832±0.052 b (0.698-0.973)	1.006±0.108a (0.718-1.181)

表中数据为平均值±标准误，括号内数据为变化幅度，同行不同小写字母表示各指标在不同龄期间差异显著（P<0.05，Tukey 检验）。“——”表示无此值。下表同。

The data in the table are mean±SE, and the data in parentheses are the range of change. Date followed by the different lowercase letters in the same row indicate significant difference in each index among different instars (P<0.05, Tukey test). “——” means without this value. The same below.

（F=484.302，df=4,149，P<0.01）间均存在显著差异，且随蚜虫龄期的增长，各测量指标的均值也在增大，成蚜的均值最大。

对有翅型莲缢管蚜的龄期与测定的体长、体宽、头壳宽、触角长、腹管长、尾片长和后足胫节长 7 个指标分别进行单因素方差分析，对翅基长进行独立样本 T 检验（表 2）。除有翅成蚜与 4 龄若蚜的体长（F=0.401，df=2,59，P>0.05）、体宽（F=0.171，df=2,59，P>0.05）、头壳宽（F=0.019，df=2,59，P>0.05）和腹管长（F=0.807，df=2,59，P>0.05）间无显著差异外，有翅型蚜各龄期 7 个测量指标间存在显著差异（体长，F=268.940，df=4,149，P<0.01；体宽，F=259.070，df=4,149，P<0.01；头壳宽，F=368.811，df=4,148，P<0.01；触角长，F= 507.047，df=4,149，P<0.01；腹管长，F=232.000，df=4,149，P<0.01；尾片长，

表 2　有翅型莲缢管蚜不同龄期 8 个形态特征测量值

Table 2　Determination of 8 morphological variables of different instars of winged *Rhopalosiphum nymphaeae*

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
体长 Body length	0.790±0.065 d (0.663-0.891)	1.052±0.084 c (0.913-1.203)	1.486±0.098 b (1.295-1.641)	1.830±0.120 a (1.608-2.079)	1.794±0.286 a (1.151-2.336)
体宽 Body width	0.362±0.036 d (0.283-0.425)	0.519±0.050 c (0.426-0.607)	0.750±0.045 b (0.656-0.817)	0.877±0.067 a (0.787-1.052)	0.865±0.139 a (0.544-1.181)
头壳宽 Headshell width	0.315±0.021 d (0.271-0.352)	0.362±0.019 c (0.329-0.411)	0.430±0.011 b (0.409-0.446)	0.464±0.011 a (0.445-0.481)	0.464±0.027 a (0.389-0.509)
触角长 Antenna length	0.604±0.059 e (0.507-0.699)	0.783±0.069 d (0.648-0.929)	1.047±0.034 c (0.971-1.120)	1.238±0.043 b (1.165-1.317)	1.489±0.159 a (1.080-1.791)
腹管长 Cornicle length	0.127±0.017 d (0.097-0.163)	0.189±0.028 c (0.133-0.234)	0.271±0.010 b (0.247-0.284)	0.308±0.016 a (0.277-0.348)	0.317±0.054 a (0.201-0.426)
尾片长 Cauda length	———	———	0.064±0.005 c (0.055-0.073)	0.078±0.007 b (0.066-0.093)	0.146±0.023 a (0.096-0.195)
后足胫节长 Hindfoot tibia length	0.355±0.044 e (0.236-0.429)	0.482±0.049 d (0.381-0.574)	0.690±0.022 c (0.626-0.735)	0.839±0.033 b (0.775-0.908)	1.045±0.126 a (0.720-1.260)
翅基长 Wing base length	———	———	0.054±0.020 (0.031-0.123)	0.509±0.040 (0.405-0.584)	———

F=298.107，df=2,89，P<0.01；后足胫节长，F=521.109，df=4,149，P<0.01），3 龄有翅蚜与 4 龄有翅蚜的翅基长存在极显著差异（t=-56.081，P<0.01）。

2 种翅型莲缢管蚜的龄期与各形态测量指标的相关性分析结果表明，无翅型和有翅型莲缢管蚜的龄期与体长、体宽、头壳宽、触角长、腹管长、尾片长、后足胫节长和翅基长等指标均存在显著相关性（P<0.01）（表 3）。

表 3　两种翅型莲缢管蚜形态特征测量值与龄期的相关性分析

Table 3　Correlation analysis between morphological characteristics and age of two winged *Rhopalosiphum nymphaeae*

形态测量特征 Morphometric characteristics		R^2	P
无翅型 Wingless	体长 Body length	0.880	<0.01
	体宽 Body width	0.908	<0.01
	头壳宽 Headshell width	0.870	<0.01
	触角长 Antenna length	0.905	<0.01
	腹管长 Cornicle length	0.890	<0.01
	尾片长 Cauda length	0.752	<0.01
	后足胫节长 Hindfoot tibia length	0.912	<0.01
有翅型 Winged	体长 Body length	0.814	<0.01
	体宽 Body width	0.797	<0.01
	头壳宽 Headshell width	0.833	<0.01
	触角长 Antenna length	0.930	<0.01
	腹管长 Cornicle length	0.803	<0.01
	尾片长 Cauda length	0.757	<0.01
	后足胫节长 Hindfoot tibia length	0.930	<0.01
	翅基长 Wing base length	0.982	<0.01

2.3 各龄期外部形态特征的重叠分布

在无翅型莲缢管蚜的形态特征测量值箱型图中，1-4 龄莲缢管蚜的体长和体宽有少量重叠，可作为无翅型 1-4 龄莲缢管蚜龄期鉴别的重要指标（图 6：A，B），3-4 龄莲缢管蚜的头壳宽、触角长、腹管长、尾片长和后足胫节长有部分重叠（图 6：C-G），可作为区分无翅型 3-4 龄蚜虫的辅助指标。

在有翅型莲缢管蚜的形态特征测量值箱型图中，1-3 龄莲缢管蚜的体长和体宽有少量重叠，可作为有翅型 1-3 龄蚜虫区分的重要指标，但 3-4 龄蚜虫的体长和体宽重叠较 1-3 龄蚜虫的重叠多，只能作为 3-4 龄莲缢管蚜鉴别的辅助指标（图 7：A，B）；2-4 龄莲缢管蚜的头壳宽有部分重叠，可辅助鉴别 2-4 龄蚜虫（图 7：C）；2-4 龄蚜虫的触角长只有少量重叠，可作为重点指标进行 2-4 龄莲缢管蚜的鉴别（图 7：D）；2-3 龄蚜虫的腹管长有少量重叠，可作为 2-3 龄蚜虫区分的重要指标，但 3-4 龄蚜虫的腹管长重叠较 2-3 龄蚜虫重叠多，只能作为 3-4 龄蚜虫龄期鉴别的辅助指标（图 7：E）；2-4 龄莲缢管蚜的后足胫节长有少量重叠，是 2-4 龄莲缢管蚜龄期区分的重要指标（图 7：G）；在 3-4 龄有翅型莲缢管蚜的龄期鉴别中，翅基长是一个关键指标，3 龄莲缢管蚜的翅基长明显短于 4 龄蚜虫（图 7：H）。

无论是无翅型还是有翅型莲缢管蚜，尾片长有少量重叠（图 6：F，图 7：F），可作为成蚜与 4 龄若蚜区分的重要指标，其余指标成蚜与 4 龄若蚜的数据重叠较多，不能作为鉴别指标。所有指标随莲缢管蚜龄期增大而增大的趋势明显，说明龄期越大，莲缢管蚜体型越大，可作为田间莲缢管蚜龄期鉴别的参考指标。

2.4　莲缢管蚜龄期鉴别方法

本研究在对莲缢管蚜的龄期鉴别中，综合考虑了其他蚜虫的鉴别依据，选择定量指标（体长、体宽、头壳宽、触角长、腹管长、尾片长、后足胫节长和翅基长）和定性指标（触角节数、尾片发育状态和翅基发育状态）进行分析，最终提出快速鉴别莲缢管蚜各龄期的方法（表 4）。

3　讨论

不同龄期蚜虫的外部形态特征存在明显区别，体长、体宽、头壳宽、触角长、腹管长、尾片长、后足胫节长和翅基长等指标常用于蚜虫龄期的鉴别（张润志等，1999；李慧等，2018；

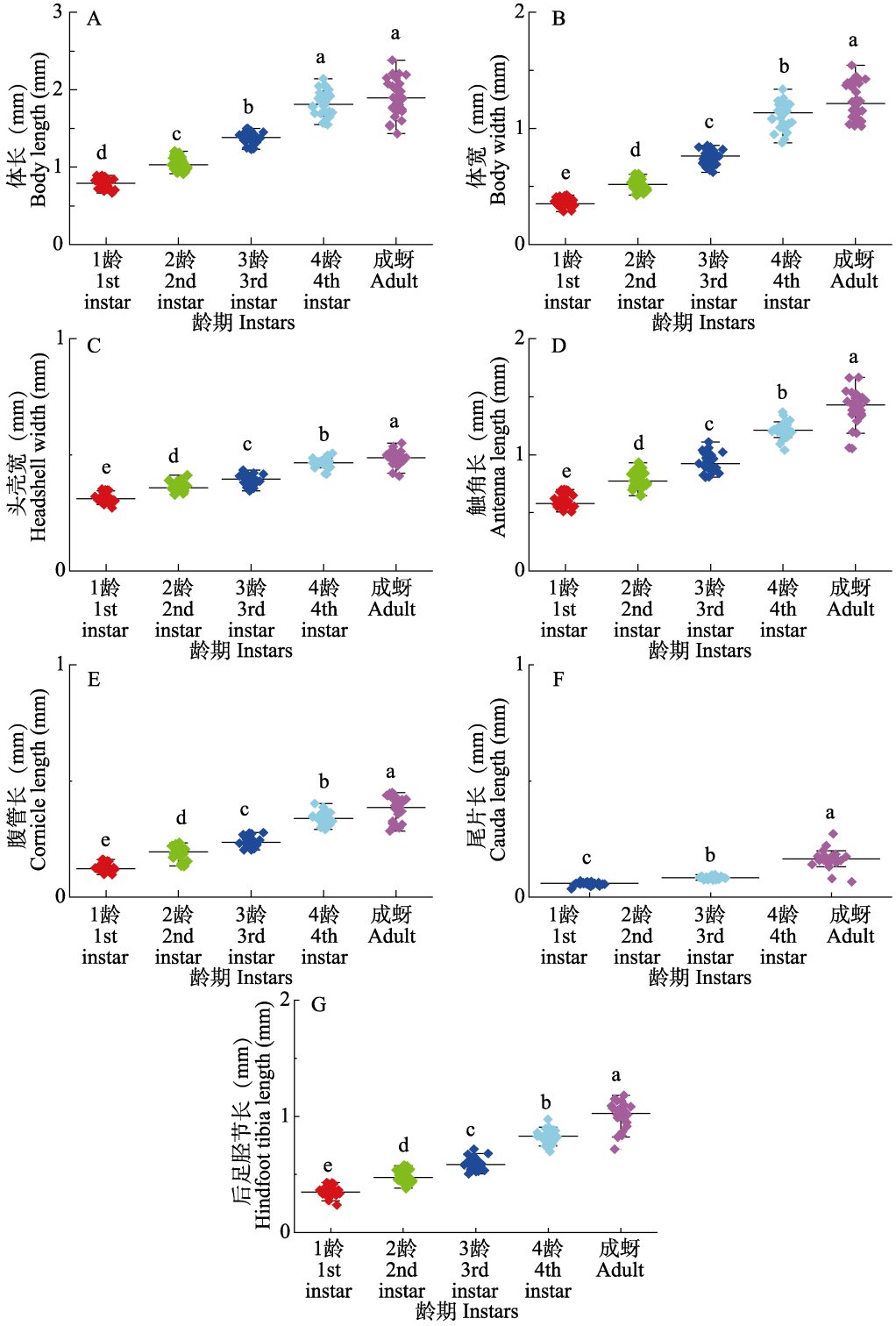


图 6　无翅型莲缢管蚜各龄期 7 个形态特征测量值

Fig. 6　Measurements of 7 morphological variables of wingless *Rhopalosiphum nymphaeae* at different instars

A. 体长；B. 体宽；C. 头壳宽；D. 触角长；E. 腹管长；F. 尾片长；G. 后足胫节长。图中不同颜色的点代表不同龄期，箱体上方不同小写字母表示差异显著（P<0.05，Tukey 检验）。下图同。

A. Body length; B. Body width; C. Headshell width; D. Antenna length; E. Cornicle length; F. Cauda length; G. Hindfoot tibia length. Dots with different colors represent different instars of *R. nymphaeae*, and different lowercase letters above the box indicate significant difference (P<0.05, Tukey test). The same below.

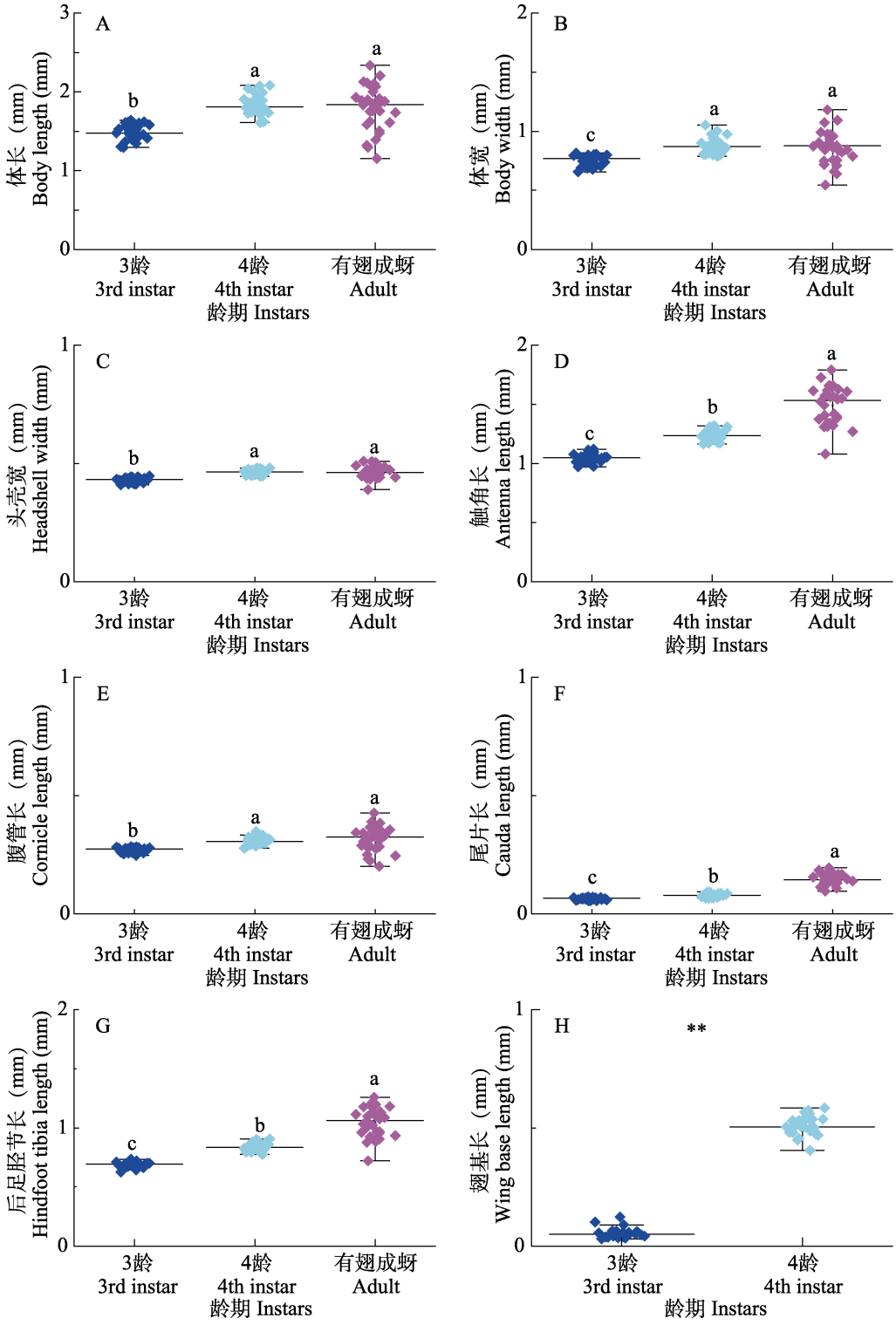


图 7　有翅型莲缢管蚜各龄期 8 个形态特征测量值

Fig. 7　Measurements of 8 morphological variables of winged *Rhopalosiphum nymphaeae* at different instars

A. 体长；B. 体宽；C. 头壳宽；D. 触角长；E. 腹管长；F. 尾片长；G. 后足胫节长；H. 翅基长。**表示两者间存在极显著差异（P<0.01，Tukey 检验）。

A. Body length; B. Body width; C. Headshell width; D. Antenna length; E. Cornicle length; F. Cauda length; G. Hindfoot tibia length; H. Wing base length. ** means extremely significant difference (P<0.01, Tukey test).

表 4 莲缢管蚜各龄期特征简易鉴别方法

Table 4 A simple key to determine the different instars of *Rhopalosiphum nymphaeae*

龄期 Instar	无翅型 Wingless	有翅型 Winged
1 龄若蚜 1st instar nymph	触角 4-5 节；尾片无或宽半月形；体长：0.663-0.891 mm，体宽：0.283-0.425 mm Antennae 4-5 nodes; No cauda or wide half-moon cauda; Body length: 0.663-0.891 mm, Body width: 0.283-0.425 mm	触角 4-5 节；尾片无或宽半月形；体长：0.663-0.891 mm，体宽：0.283-0.425 mm Antennae 4-5 nodes; No cauda or wide half-moon cauda; Body length: 0.663-0.891 mm, Body width: 0.283-0.425 mm
2 龄若蚜 2nd instar nymph	触角 5 节；尾片宽半月形至三角形；体长：0.913-1.203 mm，体宽：0.426-0.607 mm Antennae 5 nodes; Wide half-moon to triangle cauda; Body length: 0.913-1.203 mm, Body width: 0.426-0.607 mm	触角 5 节；尾片宽半月形至三角形；体长：0.913-1.203 mm，体宽：0.426-0.607 mm Antennae 5 nodes; Wide half-moon to triangle cauda; Body length: 0.913-1.203 mm, Body width: 0.426-0.607 mm
3 龄若蚜 3rd instar nymph	触角 5-6 节；尾片宽半月形至三角形；无翅基；体长：1.229-1.496 mm，体宽：0.622-0.853 mm Antennae 5-6 nodes; Wide half-moon to triangle cauda; Wingless base; Body length: 1.229-1.496 mm, Body width: 0.622-0.853 mm	触角 5-6 节；尾片宽半月形至三角形；有翅基（长达腹部第 1 节至第 1 节中部） Antennae 5-6 nodes; Wide half-moon to triangle cauda; Winged base (grows to the 1st to the middle of the 1st ventral segment)
4 龄若蚜 4th instar nymph	触角 6 节；尾片近似三角形；无翅基；体长：1.549-2.144 mm，体宽：0.877-1.337 mm Antennae 6 nodes; Cauda nearly triangular; Wingless base; Body length: 1.549-2.144 mm, Body width: 0.877-1.337 mm	触角 6 节；尾片近似三角形；有翅基（长达腹部第 2 节中部至第 4 节） Antennae 6 nodes; Cauda nearly triangular; Winged base (grows to the 2nd to 4th ventral segment)
成蚜 Adult	触角 6 节；尾片长圆锥形；无翅 Antennae 6 nodes; Long cone-shaped cauda; Wingless	触角 6 节；尾片长圆锥形；有翅 Antennae 6 nodes; Long cone-shaped cauda; Winged

赵怀志等，2021）。不同龄期豌豆蚜 *Acyrthosiphon pisum* 的腹管长度有很大区别，结合后足胫节长、触角长度、触角节数、尾片与翅基的发育程度，可快速鉴定龄期（赵怀志等，2021）。大豆蚜 *Aphis glycines* 的龄期鉴定以无翅型大豆蚜后足胫节长、尾片长及有翅型大豆蚜后足胫节长、体长、触角长和尾片长作为主要指标，结合触角节数、尾片形状、体宽、腹管长及翅基的发育程度，可准确鉴定不同翅型的各龄期大豆蚜（李慧等，2018），张秀荣（1988）指出不同龄期的大豆蚜其尾片上的毛数也有变化。狄草谷网蚜 *Sitobion avenae* 1 龄若蚜与 2-4 龄若蚜、有翅成蚜和无翅成蚜的尾片形状不一样，尾片上着生刚毛数量也不同，仅 1 龄若蚜尾片上着生 2 根刚毛（张方梅等，2015）。此外，可通过外部形态测量数据的比值来确定龄期，如麦双尾蚜 *Diuraphis noxia* 尾片长与宽的比值作为龄期鉴别的重要特征（张润志等，1999）。

莲缢管蚜各龄期间 8 个测量指标数值呈集群分布，相邻 2 个龄期同一测量指标间的数值分布大多有重叠，说明单个定量指标不能完全准确鉴定相邻 2 个龄期，需要结合定性指标分析。自然状态下，通过观察莲、睡莲、浮萍、水葫芦和紫叶李等植物上莲缢管蚜的形态特征，发现当莲缢管蚜食物充足时，可参照表 4 的方法进行鉴别；当食物不充足时，同龄期莲缢管蚜的体型较食物充足时小，鉴别方法中的体长和体宽对此状态下莲缢管蚜的龄期鉴别不准确，但各龄期触角节数、尾片发育状态和翅基发育状态均与室内调查结果一致，对食物不充足时莲缢管蚜的龄期鉴别有参考意义。无论食物充足与否，各寄主植物上无翅型和有翅型莲缢管蚜的 1-2 龄若蚜在显微

镜下均无明显区别。1 龄若蚜体色均较浅，由于植物内含色素的不同，其呈现的颜色亦有区别，为浅绿色或浅黄色；随着龄期增大，蚜虫体型越来越大，颜色越来越深，会出现绿色、红色、黄色、浅棕色至深绿色、棕红色和深棕色，成蚜多为墨绿色至黑色；腹部形状由长椭球形逐渐向圆球形转变，无翅型成蚜腹部近似圆球状，体色明亮，无翅型成蚜末期，体色开始暗沉。因此，在以表 4 特征难以区分各龄期时，可以根据莲缢管蚜体色深浅和体型大小来辅助鉴别。

在研究过程中发现，莲缢管蚜有变形的幼体生殖现象，即若蚜孕育胚胎的情况，该现象最早发现于大豆蚜种群中（张秀荣，1988）。当前，对于若蚜孕育胚胎的研究还很少，本研究观察对象为正常幼体，变形幼体的形态特征与龄期鉴别与正常幼体的鉴别方法是否一致，若蚜孕育和成蚜孕育的蚜虫发育历期是否一致等还有待研究。

参考文献 (References)

Center TD, Dray FA, Jubinsky GP, Grodowitz MJ, 2002. Insects and other arthropods that feed on aquatic and wetland plants. U.S. Dept. of Agriculture, Agricultural Research Service, Technical Bulletin No. 1870.

Chen Q, Ma L, Zhu J, Wei YL, Huang GH, 2013. Biological characteristics and control of *Rhopalosiphum nymphaeae*. *Journal of Changjiang Vegetables*, 2013(18): 116–118. [陈琪, 马力, 朱捷, 魏永路, 黄国华, 2013. 莲缢管蚜生物学特性及防治研究概况. 长江蔬菜, 2013(18): 116–118.]

Dyar HG, 1890. The number of molts of lepidopterous larvae. *Psyche*, 5(175/176): 420–422.

Ge YM, Zhao SX, Huang JY, Yi JH, 2005. Control index of *Alisma orientale* (Sam.) Juzep. damaged by *Rhopalosiphum nymphaeae* L and the field trial of the pesticide efficacy. *Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis*, 27(6): 847–851. [葛有茂, 赵士熙, 黄俊义, 易靖汉, 2005. 莲缢管蚜为害泽泻的防治指标及田间药效试验研究. 江西农业大学学报, 27(6): 847–851.]

Halder J, Rai AB, Chakrabarti S, Dey D, 2020. Distribution, host range and bionomics of *Rhopalosiphum nymphaeae* (Linnaeus, 1761), a polyphagous aphid in aquatic vegetables. *Defence Life Science Journal*, 5(1): 49–53.

Hance T, Nibelle D, Lebrun P, van Impe G, van Hove C, 1994. Selection of *Azolla* forms resistant to the water lily aphid, *Rhopalosiphum nymphaeae* susceptibility of *Azolla* forms to *Rhopalosiphum nymphaeae*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 70(1): 19–25.

Jiang YX, Yan L, 2009. Damage characteristics and integrated control of *Rhopalosiphum nymphaeae*. *Scientific Breeding*, 2009(2): 30–31. [江扬先, 严龙, 2009. 莲缢管蚜的为害特点及综合防治. 科学种养, 2009(2): 30–31.]

Ke WD, 1996. Occurrence and control of *Rhopalosiphum nymphaeae*. *Shanghai Vegetables*, 1996(2): 37. [柯卫东, 1996. 莲缢管蚜的发生及防治. 上海蔬菜, 1996(2): 37.]

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.]

Oraze MJ, Grigarick AA, 1992. Biological control of ducksalad (*Heteranthera limosa*) by the waterlily aphid (*Rhopalosiphum nymphaeae*) in rice (*Oryza sativa*). *Weed Science*, 40(2): 333–336.

Pettet A, Pettet SJ, 1970. Biological control of *Pistia stratiotes* L. in Western State, Nigeria. *Nature*, 226(5242): 282.

Si SY, Liu XM, Zhou LL, Xiong Y, 2009. Identification and control of *Rhopalosiphum nymphaeae*. *Journal of Changjiang Vegetables*, 2009(13): 34–35. [司升云, 刘小明, 周利琳, 熊艺, 2009. 莲缢管蚜的识别与防治. 长江蔬菜, 2009(13): 34–35.]

Yang WC, Yang H, 2001. Occurrence and control of *Rhopalosiphum nymphaeae*. *China Plant Protection*, 21(7): 15–16. [杨文成, 杨红, 2001. 莲缢管蚜的发生情况及防治方法. 植保技术与推广, 21(7): 15–16.]

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(4): 56–62, 67. [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(4): 56–62, 67.]

Zhang RZ, Zhang J, Du BR, 1999. Age identification of *Sitobion avenae*. *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 XR, 1988. Study on the stadtum of soybean aphid of 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.]

Zhao HZ, Yang Y, Zhang JL, Li JJ, Zhao CD, Shi Y, Liu TX, 2021. Morphological characteristics for distinguishing the instars of *Acyrthosiphon 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.]