

茶翅蝽对猕猴桃果实的为害研究*

陈菊红^{1,2**} 李文敬^{1,2} 李建军³ 姚春潮⁴ 马 罡⁵
史树森² 张 峰¹ 张金平^{1,2***}

(1. 中国农业科学院植物保护研究所农业农村部-CABI 生物安全联合实验室, 北京 100193; 2. 吉林农业大学植物保护学院, 长春 130118; 3. 西北农林科技大学植物保护学院, 杨凌 712199; 4. 西北农林科技大学园艺学院, 杨凌 712199; 5. 中国农业科学院植物保护研究所, 北京 100193)

摘 要 【目的】茶翅蝽 *Halyomorpha halys* Stål 是为害猕猴桃果实的重要害虫, 且为害日益加重。本研究主要为明确茶翅蝽取食为害后的特征、果实的敏感易受害阶段及果实受害后的品质变化。【方法】利用田间网罩试验, 研究茶翅蝽取食不同发育阶段的猕猴桃果实的受害特征、果实受害率、每果受害点的数量及受害果实品质。【结果】生长发育阶段的果实受茶翅蝽刺吸为害后, 果实表面为绿色或者白色水浸状斑点, 受害斑点在果实的各个部位均有发生。其中 94.39% 为绿色斑点, 0.71% 为白色斑点, 4.90% 为绿色与白色斑点混合发生; 果实在 6 月和 7 月的受害率最高为 100%, 且在 7 月受害程度最重, 平均每果达到 26.00 个受害点; 受害果实与未受害果实的长、宽、重、硬度、含糖量和干物质含量均未发现显著差异。成熟后的猕猴桃果实受茶翅蝽为害后表现为白色受害点, 随着存放时间的增加, 受害点的范围逐渐扩大并转变为絮状的腐烂组织, 而未受害果实则无明显变化。【结论】猕猴桃坐果伊始便可受茶翅蝽为害, 且持续整个生长发育阶段, 其中在较快生长阶段 (7 月) 受害水平最高, 成熟后的猕猴桃果实如果保护不及时受到茶翅蝽为害后会缩短贮存期。

关键词 茶翅蝽; 猕猴桃; 受害特征; 受害水平; 果实品质; 贮存期

Identifying damage inflicted by *Halyomorpha halys* on kiwifruit crops

CHEN Ju-Hong^{1,2**} LI Wen-Jing^{1,2} LI Jian-Jun³ YAO Chun-Chao⁴
MA Gang⁵ SHI Shu-Sen² ZHANG Feng¹ ZHANG Jin-Ping^{1,2***}

(1. MARA-CABI Joint Laboratory for Bio-safety, Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China; 2. College of Plant Protection, Jilin Agricultural University, Changchun 130118, China; 3. College of Plant Protection, Northwest Agricultural and Forestry University, Yangling 712199, China; 4. College of Horticulture, Northwest Agricultural and Forestry University, Yangling 712199, China; 5. Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China)

Abstract 【Objectives】To clarify the characteristics of damage to kiwifruit caused by *Halyomorpha halys* Stål, a stink bug that is an increasingly important pest of kiwifruit crops but which leaves no obvious signs of damage on the surface of kiwifruit. 【Methods】We used enclosures to study the type of damage inflicted by *H. halys* on kiwifruit at different stages of growth. 【Results】All kiwifruit examined were measured and peeled to check for damage when they were harvested. Hygrophanous spots were the main kind damage observed, most (94.39%) kiwifruit had green spots, some had both green and white spots (4.90%) and a few (0.71%) had only white spots. These spots could occur anywhere on the fruit. The incidence of *H. halys* damage was 100% in June and July and the intensity of damage was most severe in July (26.00 spot/fruit). There was no significant difference in the length, width, weight, firmness, sugar content or dry matter content of damaged and undamaged kiwifruit. Damaged postharvest kiwifruit typically had white spongy spots, which gradually expanded becoming flocculent, rotting tissue. Intact kiwifruit underwent no obvious change over the same period of time. 【Conclusion】*H. halys* can damage

*资助项目 Supported projects: 中国捐赠 CABI 发展基金 (VM10051)

**第一作者 First author, E-mail: 15181674153@163.com

***通讯作者 Corresponding author, E-mail: j.zhang@cabi.org

收稿日期 Received: 2021-08-09; 接受日期 Accepted: 2021-11-20

kiwifruit anytime between fruit set and harvest. The main growth stage (July) was the most susceptible to damage which shortens the storage period and shelf-life of harvested kiwifruit.

Key words *Halyomorpha halys*; kiwifruit; damaged characteristics; damaged level; quality; storage period

茶翅蜡 *Halyomorpha halys* Stål 俗称臭板虫, 梨椿象, 属半翅目 Hemiptera 异翅亚目 Heteroptera 蜡总科 Pentatomoidea 蜡科 Pentatomidae 蜡亚科 Pentatominae 茶翅蜡属 *Halyomorpha*, 是农业和林业生态系统中重要的害虫(章士美, 1985)。其寄主植物高达 300 多种, 包括果树、蔬菜、大田作物和景观植物, 尤其喜欢为害苹果、樱桃、桃、梨和猕猴桃等果实 (Leskey *et al.*, 2012; Lee *et al.*, 2013; Rice *et al.*, 2014; Zhang *et al.*, 2017)。茶翅蜡源于中国、朝鲜、韩国及日本等东亚国家, 自 1996 年的秋天首次入侵到北美洲后 (Hoebeke and Carter, 2003), 相继传入欧洲 (Wermelinger *et al.*, 2007) 和南美洲 (Faúndez and Rider, 2017)。在我国除青海地区没有报道外, 其他各省(区)均有发生(章士美, 1985; 虞国跃等, 2016)。茶翅蜡不仅对寄主植物造成直接为害, 也可通过刺吸式口器传播病毒对泡桐等植物造成间接为害 (Hiruki, 1999; Rice *et al.*, 2014)。受害果实轻则会呈现部分凹陷斑, 重则可造成果实畸形、落果等, 从而造成经济损失。20 世纪 80 年代, 茶翅蜡的为害, 导致我国北方桃园和梨园 50%-80% 的产量损失。在美国茶翅蜡的为害导致 25% 苹果和桃受害 (Nielsen and Hamilton, 2009), 仅在 2010 年, 茶翅蜡在苹果园为害导致了 3 700 万美元的经济损失 (Leskey *et al.*, 2012)。此外, 茶翅蜡还因其聚集在房屋等人类建筑物中越冬, 给人类和生活带来不便 (Inkley, 2012)。

猕猴桃 (*Actinidia*) 原产于中国 (齐秀娟等, 2020), 因其果实富含维生素和口感独特被誉为“水果之王”, 深受消费者喜爱 (Bano and Scrimgeour, 2012)。目前‘海沃德’品种由于其果实中大, 果形端正、美观, 酸甜可口, 香气浓郁, 耐贮运性好等特点 (吴彬彬, 2008), 成为我国种植比例最多的品种, 也是世界的主栽品种。目前, 蜡类害虫是猕猴桃生产上最重要的害

虫之一, 在其适生区内对猕猴桃果实造成巨大损失 (张毅, 2018)。在意大利, 茶翅蜡在猕猴桃果园中为害导致果实产量损失了约 30% (Bernardinelli *et al.*, 2017)。在我国, 蜡类发生危害严重时, 受害果率可达 60%-70%, 常年平均 20%-30% (刘博和刘国鹏, 2017), 严重影响猕猴桃的品质和产量 (张锋等, 2000)。茶翅蜡成虫和若虫均可刺吸取食猕猴桃果树嫩芽、花及果实, 可导致落花、落果 (Rice *et al.*, 2014; 李建军等, 2020)。茶翅蜡为害成熟采摘后的猕猴桃果实时, 受害较轻的果实表面并无明显症状, 但削掉果皮后可见白色不规则海绵状受害点 (Andreadis *et al.*, 2018; Lara *et al.*, 2018)。此外, 研究发现茶翅蜡对不同品种猕猴桃果实的为害率和为害程度也有所差异 (Chen *et al.*, 2020)。

茶翅蜡在我国陕西眉县和周至县对猕猴桃的为害日益加重。然而田间生长发育阶段的猕猴桃果实在哪个阶段最容易遭受茶翅蜡为害? 受害后果实的品质是否有所改变? 成熟后的猕猴桃受害后是否影响贮藏等都尚无研究报道。因此, 本文选择我国猕猴桃主栽品种海沃德, 研究不同发育阶段果实的受害特征、受害率和受害程度, 并进一步测定受害果实成熟后的大小、重量、硬度、含糖量和干物质。同时对成熟果实受害后在贮藏期的受害特征变化进行了系统观察。为茶翅蜡的综合防治措施提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试虫源

2019 年 3-4 月, 茶翅蜡成虫采自西北农林大学猕猴桃实验站的仓库中, 并将成虫带回养虫室, 置于养虫笼 (帐篷式 60 cm×60 cm×60 cm) 中, 饲喂新鲜豆角 *Phaseolus vulgaris* L. 和玉米 *Zea mays* L., 以子代成虫为试验种群。饲养温度为 (25±1) °C, 湿度为 65%±5%, 光周期为 16L: 8D。

1.2 试验地点

本研究在西北农林科技大学猕猴桃试验站 (N34°07'27", E107°59'31") ‘海沃德’品种园中进行, 试验站内采用有机种植方式。

1.3 不同生长发育阶段猕猴桃果实受害水平及品质研究

在“海沃德”园中, 每隔一行随机选取 7 棵树, 共选 70 棵, 用 1 m 长的红色丝带捆绑树干作为标记。待猕猴桃坐果后, 在每棵已标记的树上将带有 5 个果实(如果多余 5 个果实则将多余果实摘除)的枝条伸入一端开口的网袋 (100 cm×80 cm, 60 μm), 并用麻绳缠绕将网袋封口使枝条完全处在网袋的保护中(图 1), 每棵树选取 1 个枝条(即罩 1 个网袋)。根据茶翅蜡蛾饲养情况分别在 5 月 21 日, 6 月 6 日, 7 月 13 日, 8 月 22 日, 9 月 13 日和 10 月 19 日(各日期对应猕猴桃果实的发育阶段如表 1 所示), 将 4 头 (2♀+2♂) 饥饿 8 h 的 5-15 日龄茶翅蜡蛾成虫接入网罩中, 48 h 后移除成虫, 网罩仍罩在树枝上直至果实收获。以不接虫为空白对照, 每个处理 10 个重复。在收获时(10 月 23 日至 24 日), 将果实带回实验室, 并对果实的受害水平及品质进行测定。首先利用电子天平 (DJ502FT) 将所有收集到的猕猴桃单果称重, 利用游标卡尺 (DL91150) 测定果实的长(梗端到花端)和宽(肩部之间的距离), 然后去皮检查果实是否有被刺吸的点, 并记录每个果实受害点的数量。利用硬度计 (WEL Electronic Penetrometer Stand) 测定猕猴桃腹部的硬度, 随后切下 1 cm 花端果



图 1 网袋内的果实和枝条

Fig. 1 Branch with fruits were protected in the cage

表 1 试验日期及相应的‘海沃德’果实生长发育阶段

Table 1 The date of experiment and correspond growth stages of ‘Hayward’ kiwifruit

试验日期 (年-月-日) Experiment date (year-month-day)	果实生长发育阶段 The stages of fruit	花后天数 (d) Post-flowering days (d)
2019-05-21	快速生长阶段 Rapid growth stage	11
2019-06-06	快速生长阶段 Rapid growth stage	27
2019-07-13	较快生长阶段 Faster growth stage	64
2019-08-22	缓慢生长阶段 Slow growth stage	104
2019-09-13	缓慢生长阶段 Slow growth stage	126
2019-10-19	停滞生长阶段 Mature stage	162

肉, 挤出果汁, 利用数显测糖仪 (Atago PR32) 测定花端糖度, 使用烘干机 (ULTRA FD1000) 干燥一片猕猴桃果肉 12 h (60 °C) 后测定果实的干物质含量。

干物质含量 (%) = 干重/鲜重×100。

1.4 成熟后猕猴桃果实的受害特征及变化规律研究

于猕猴桃果实坐果后, 利用与 1.3 方法相同的网罩随机将 150 个果实(保证成熟后有 120 个果实)进行罩网保护, 待果实成熟后将网罩内所有果实采摘并带回实验室。随机选取 60 个果实作为对照(即不接虫处理), 另随机选取 60 个果实置于有 120 头茶翅蜡蛾成虫(饥饿处理 8 h, 即不提供任何食物及水)的养虫笼(帐篷式 60 cm×60 cm×60 cm)中, 待其取食 48 h 后取出猕猴桃果实, 置于室温为 25 °C 的干燥通风条件下, 待果实发育后熟。分别在接虫当日、第 7 天、第 14 天、第 21 天、第 28 天和第 38 天时, 随机选取接虫组果实和对照组果实各 10 个, 经削皮解剖处理后, 检查果实是否受害、受害斑的特征及变化规律, 并拍照记录。

受害率=受害果实的数量/果实总的数量×100%;

受害程度=所有取食点数量/受害果数。

1.5 数据分析

试验数据采用 Excel 进行整理, 并利用 SPSS 24.0 进行统计分析。采用广义线性模型 (Generalized linear model, GLM) 的二元逻辑斯蒂分析猕猴桃果实的受害率。采用广义线性模型 (GLM) 泊松对数线性分析果实的受害程度。利用单因素方差分析不同为害月份间猕猴桃品质的差异显著性, 并用 Tukey 法进行多重比较分析。所有数据图均由 Origin 2018 绘制, 表由 Excel 2017 绘制。

2 结果与分析

2.1 不同生长发育阶段猕猴桃果实受害特征研究

由于耕种机械碰触等意外导致 11 个果实脱落, 本研究中共获得接虫处理果实 295 个和

对照处理果实 44 个 (表 2)。测定接虫处理果实总受害点为 3 122 个, 其中 94.39% 为绿色水浸状斑, 仅有 0.71% 为白色水浸状斑, 4.90% 为绿色与白色斑点混合发生 (表 2)。5 月、6 月和 7 月猕猴桃果实受害后均表现为绿色受害斑点, 8 月以后则伴有白色受害斑与绿色受害斑混合在同一个果实上发生, 或者单独发生的现象 (表 2)。

5-10 月, 随着猕猴桃果实的发育, 受害点由小范围逐渐扩大。5 月受害点为小的局部绿色水浸状刺吸点 (图 2: A), 6-8 月的受害点一致, 均表现出绿色刺吸点范围扩大, 刺吸点中央颜色较深 (图 2: B-D), 9-10 月受害症状一致, 均表现为刺吸点范围扩大, 刺吸点中央为不规则的白色海绵状, 且周围成水浸状 (图 2: E, F)。未接虫处理的网罩中猕猴桃果实削皮后颜色均匀, 无任何刺吸点。

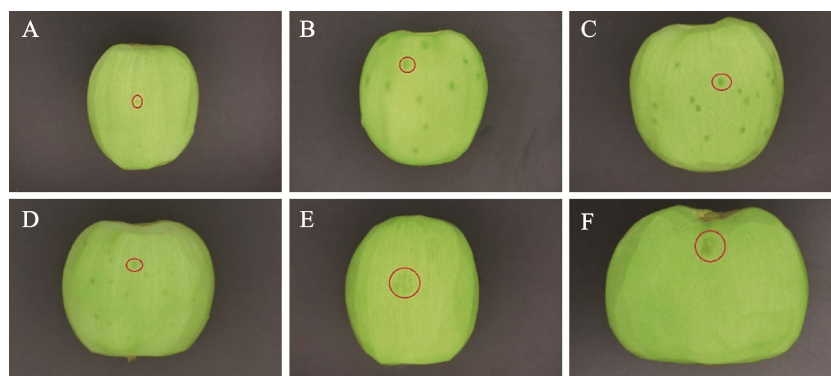


图 2 田间不同生长发育阶段猕猴桃果实受茶翅蜡为害的特征

Fig. 2 The characteristics of damaged kiwifruit in different growth stages caused by *Halyomorpha halys*

A. 5 月份受害的果实; B. 6 月份受害的果实; C. 7 月份受害的果实; D. 8 月份受害的果实;
E. 9 月份受害的果实; F. 10 月份受害的果实。红色圆圈内为果实的受害特征。

A. Fruit was damaged in May; B. Fruit was damaged in June; C. Fruit was damaged in July; D. Fruit was damaged in August;
E. Fruit was damaged in September; F. Fruit was damaged in October. The red circles show the characteristics of damage.

2.2 不同生长发育阶段猕猴桃果实的受害率

不同生长发育阶段的猕猴桃果实受害率呈现先增高后降低的趋势, 且差异显著 ($\chi^2 = 272.469$, $df = 6$, $P < 0.001$) (图 3)。5 月果实的受害率为 $90.00\% \pm 4.24\%$, 在 6 月和 7 月果实的受害率均为 100%, 8 月果实的受害率为 $97.92\% \pm 2.06\%$, 9 月果实的受害率下降为 $33.33\% \pm 6.80\%$, 10 月果实的受害率为 $30.00\% \pm 6.48\%$ 。

2.3 不同生长发育阶段猕猴桃果实的受害程度

不同生长发育阶段的猕猴桃果实受害程度存在显著差异 ($\chi^2 = 3\,554.829$, $df = 6$, $P < 0.001$), 且受害程度随着果实的生长发育呈现出先增加后减少的趋势 (图 4)。在 7 月果实的平均受害点数量最多, 达到 (26.00 ± 0.73) 个/果, 其次为 6 月 (19.28 ± 0.62) 个/果、8 月 (11.06 ± 0.48) 个/果、5 月 (5.26 ± 0.32) 个/果, 在 9 月和 10 月茶

表 2 不同生长发育阶段猕猴桃果实受害点所占百分比

Table 2 The percentage of damaged kiwifruit on different growth stages caused by *Halyomorpha halys*

生长发育阶段 The stages of fruit	试验果数 Number of fruits tested	评估果数 Number of fruits assessed	未受害果数 Number of undamaged fruits	受害果数 Number of damaged fruits	绿点果数 Number of fruits with green spots only	白点果数 Number of fruits with white spots only	白点+绿点 点果数 Number of fruit with mixed spots	取食总 点数 Number of damage spots from all damaged fruits	绿点 比例 (%) Proportion of green spots only	白点 比例 (%) Proportion of white spots only	白点+绿点 比例 (%) Proportion of mixed spots	败育 果数 Number of aborted or drop fruits
空白 CK	50	44	44	0	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00	6
5 月 May	50	50	5	45	45	0	0	263	100.00	0.00	0.00	0
6 月 June	50	50	0	50	50	0	0	964	100.00	0.00	0.00	0
7 月 July	50	49	0	49	49	0	0	1 274	100.00	0.00	0.00	1
8 月 August	50	48	1	47	30	5	12	531	68.36	2.26	29.38	2
9 月 September	50	48	32	16	16	0	0	40	100.00	0.00	0.00	2
10 月 October	50	50	35	15	14	1	0	50	98.00	2.00	0.00	0

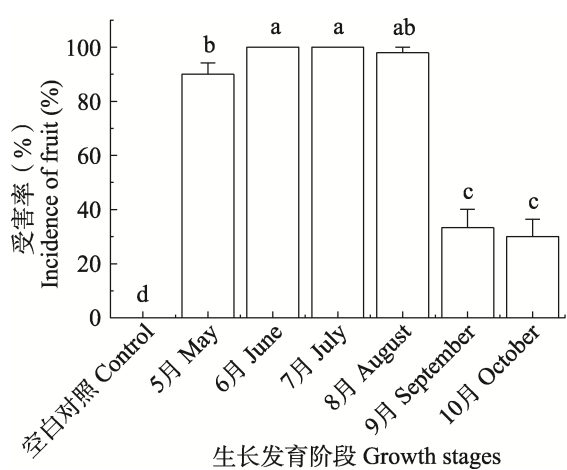


图 3 猕猴桃果实不同生长阶段的受害率

Fig. 3 The incidence of damaged kiwifruit in different growth stages

图中数据为平均值±标准误，柱上标有不同小写字母表示不同月份果实的受害率差异显著 ($P < 0.05$, GLM)。下同。

Data are mean ± SE. Histograms with different lowercase letters indicate significant differences among damaged incidence of fruits in different months tested ($P < 0.05$, GLM). The same as below.

翅蜡的为害水平显著低于其他月份，在整个生长季最低，分别为(0.83±0.13)个/果和(1.00±0.14)个/果。

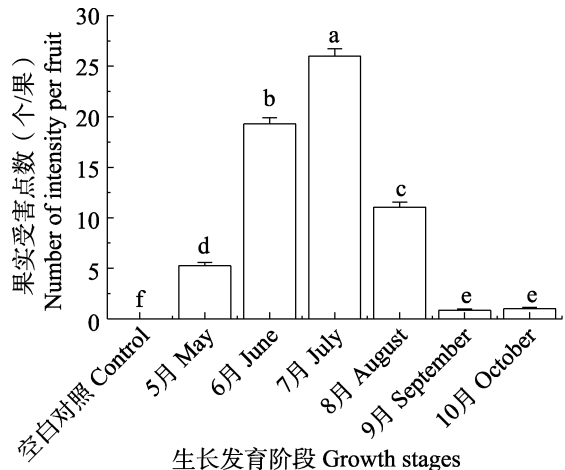


图 4 在猕猴桃不同生长阶段接虫时猕猴桃的受害程度

Fig. 4 The intensity of damaged kiwifruit in different growth stages

2.4 不同生长发育阶段猕猴桃果实不同部位的受害点数

猕猴桃果实的受害部位主要集中在肩部和腹部，只有少量的受害点分布在花端和梗端。腹部受害的比例从 5 月至 8 月逐渐增大，在 8 月腹部受害比例高达 68.55%，9 月和 10 月有所降低，在 10 月腹部受害比例降低为 42.00%。肩部受害的比例从 5 月至 8 月逐渐降低，8 月最低，为 28.06%，9 月和 10 月有所增加，在 10 月肩部受

害的比例达到最高, 为 50.00% (图 5)。

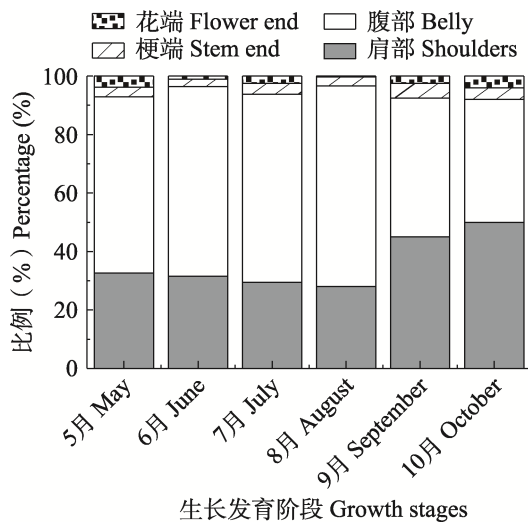


图 5 不同生长发育阶段猕猴桃果实受害部位的比例

Fig. 5 The percentage of damaged kiwifruit positions for each growth stages

2.5 不同生长发育阶段猕猴桃果实受害对果实品质的影响

不同生长发育阶段受害猕猴桃果实与未受害猕猴桃果实的长、宽、重、硬度、糖度和干物质含量均无显著差异 ($P > 0.05$), 除了 10 月份受害的猕猴桃果实宽度 (5.65 ± 0.17) cm 显著宽于未受害 (5.21 ± 0.06) cm 猕猴桃果实 ($P = 0.038$) (表 3)。快速生长阶段后期 (6 月) 受害

的猕猴桃果实硬度显著高于缓慢生长阶段 (8 月: $P < 0.001$ 和 9 月: $P = 0.005$) 受害的猕猴桃果实硬度。

2.6 采收后猕猴桃果实的受害特征及其对贮藏期的影响

采收后的猕猴桃果实受茶翅蜡为害后表现为白色的受害点, 且随着存放时间的增加, 受害点的范围逐渐扩大, 接虫第 28 天后转变为周围絮状组织的腐烂斑 (图 6: T-28, T-38), 而未受害果实则无明显变化。具体表现为采收后的果实受害 0-48 h 后, 受害症状为白色受害点, 剖开受害果其纵深内部存在白色海绵状的点。观察果实受害第 7 天、第 14 天和第 21 天时, 发现受害部位呈不规则白色海绵絮状, 且受害点的范围不断扩大 (图 6: T-7, T-14, T-21)。果实受害第 28 天, 白色絮状受害部位转变为软化的淡黄色腐烂果肉, 腐烂果肉周围呈透明水浸状, 横剖受害部位后发现受害部位的周围果肉已经出现较大面积的透明状腐烂 (图 6: T-28)。果实受害第 38 天, 表面出现大范围淡黄色的腐烂组织 (图 6: T-38)。而未受害果实在发育第 28 天时仍处于较硬状态, 表面无变色现象, 果实内部亦未出现其他现象 (图 6: C-28), 第 38 天时, 果实虽然已经表现出失水, 但无腐烂现象 (图 6: C-38)。

表 3 采收时比较不同生长发育阶段受害与未受害猕猴桃果实的品质

Table 3 The quality of intact and damaged kiwifruit from different development stages tested at postharvest

指标 Parameters	空白对照 Control	5 月 May	6 月 June	7 月 July	8 月 August	9 月 September	10 月 October
长 (cm) Length (cm)	6.10±0.10ab	5.80±0.08ab	5.88±0.13ab	5.69±0.11b	5.84±0.09ab	5.68±0.11ab	6.37±0.13a
宽 (cm) Width (cm)	5.21±0.06b	5.19±0.06b	5.24±0.08ab	4.99±0.08b	5.16±0.06b	5.11±0.06b	5.65±0.17a
重 (g) Weight (g)	86.98±3.02ab	80.08±2.22ab	84.73±3.82ab	75.03±3.28b	80.43±2.95ab	75.85±2.62ab	97.64±3.99a
硬度 (kgf) Firmness of belly (kgf)	7.40±0.15ab	7.36±0.15ab	8.00±0.14a	7.38±0.14ab	6.99±0.24b	6.78±0.37b	7.36±0.18ab
糖度 (Brix) Sugar of flower end (Brix)	5.91±0.07a	6.85±1.14a	5.80±0.09a	6.01±0.07a	6.68±0.40a	5.89±0.20a	6.08±0.13a
干物质含量 (%) Dry content (%)	16.15±0.15a	15.99±0.37a	16.39±0.16a	16.67±0.17a	16.98±0.58a	17.48±0.60a	17.08±0.61a

表中数据为平均值±标准误, 同行数据后标有小写字母表示各指标在不同月份之间差异显著 (ANOVA, $P < 0.05$)。

Data in the table are the mean ± SE, and followed by the different small letters in the same row indicate significant differences of parameters between different months (ANOVA, $P < 0.05$).



图 6 采收后猕猴桃果实的受害症状及随存放时间增加受害症状的变化

Fig. 6 The damaged characteristics and development of postharvest kiwifruit caused by *Halyomorpha halys*

T-0. 在猕猴桃受害当天检查处理组果实 (白色海绵状点); T-7. 在猕猴桃受害第 7 天检查处理组果实 (白色海绵絮状斑); T-14. 在猕猴桃受害第 14 天检查处理组果实 (白色海绵絮状斑); T-21. 在猕猴桃受害第 21 天检查处理组果实 (白色海绵絮状斑); T-28. 在猕猴桃受害第 28 天检查处理组果实 (腐烂状); T-38. 在猕猴桃受害第 38 天检查处理组果实 (腐烂状); C-0. 在猕猴桃受害当天检查对照组果实 (无受害症状); C-28. 在猕猴桃受害第 28 天检查对照组果实 (无受害症状); C-38. 在猕猴桃受害第 38 天检查对照组果实 (无受害症状)。

T-0. The treatment kiwifruit checked at the test day (white spongy spot); T-7. The treatment kiwifruit checked at day 7 (white spongy flocculent spot); T-14. The treatment kiwifruit checked at day 14 (white spongy flocculent spot); T-21. The treatment kiwifruit checked at day 21 (white spongy flocculent spot); T-28. The treatment kiwifruit checked at day 28 (rotten spot); T-38. The treatment kiwifruit checked at day 38 (rotten spot); C-0. The control kiwifruit checked at the test day (no symptom); C-28. The control kiwifruit checked at day 28 (no symptom); C-38. The control kiwifruit checked at day 38 (no symptom).

3 结论与讨论

蜡类对不同发育阶段的寄主果实造成的受害症状有所差异,造成这一差异的因素较多,如果实的种类、品种、成熟度、阳光照射的位置及紫外线强弱等 (Brown and Short, 2010)。梨果被蜡类多次或长时间刺吸的部位在 3 d 内即出现明显下陷症状 (余春林等, 2002); 桃、梨和苹果等果实被害处组织变褐呈海绵状, 且停止生长, 使果实成为“猴头果”、“疙瘩梨” (张翠瞳等, 1993)。另有研究表明茶翅蜡取食发育中不同品种的猕猴桃果实, 果实的受害点类型不一致 (Chen *et al.*, 2020)。机械损伤及其它刺吸类害虫为害也有可能和茶翅蜡为害后造成的受害特征相同, 如利用针灸针刺伤苹果来模拟蜡类害虫取食为害时, 因无蜡类取食时分泌的酶类, 针灸刺伤苹果的受害特征与蜡类取食后导致的果实受害状无明显差异 (Brown and Short, 2010)。因此, 我们推测果实受害后的受害状, 主要取决于寄主植物对损伤的响应机制, 而蜡类的取食造成的损伤只是在一定程度上触发了寄主的防御机制 (Brown and Short, 2010)。而采收后果实已经没有能力进一步对果实进行补偿愈合。茶翅蜡为害生长前期的猕猴桃果实后, 受害状前期主要表现为绿色水浸状受害斑, 后期则伴有白色水浸状斑点出现, 且在快速生长阶段后期 (6 月) 受害的猕猴桃果实硬度显著高于缓慢生长阶段 (8 月和 9 月), 这可能是由于果实的不同发育阶段防御和补偿能力有所差异所致, 但对此还需要进一步试验证明。除了硬度以外受害与未受害果实的糖度和干物质含量均无显著差异, 说明茶翅蜡为害后猕猴桃果实的口味未发生变化, 然而茶翅蜡在猕猴桃的不同生长发育阶段取食为害如何触发果实硬度的改变, 却不触发果实发生生化反应, 包括淀粉转化为糖、细胞壁成分的变化和特征挥发物的产生 (Ritenour *et al.*, 1999), 尚待研究。

本研究结果显示猕猴桃果实在 6 月和 7 月受害率最高为 100%, 且在 7 月受害程度最重, 9 月和 10 月猕猴桃果实的受害水平最低。这一结

果与 Nielsen 和 Hamilton (2009) 的田间网罩试验发现苹果和桃在果实发育的中、后期较易受害的结果有所差异。这可能是由于不同果实的成熟季节不一致, 猕猴桃为 9、10 月成熟, 而在我国陕西省眉县地区 9、10 月环境温度较低, 虽然此时猕猴桃果实趋于成熟, 且营养成分更加丰富 (杨朋燕, 2014), 但低温会降低昆虫的活动能力 (陈菊红等, 2018), 并且自然环境中的茶翅蜡亦此时已开始寻找越冬地点准备越冬 (李建军等, 2020), 因此对猕猴桃果实的为害明显减少。

成熟的果实采摘后如果不妥善保存, 仍然可以继续遭受茶翅蜡的为害, 受害特征为白色海绵状组织, 本研究中随着果实放置时间的增加, 受害部位逐渐变大溃烂。而茶翅蜡刺吸为害采收后的猕猴桃果实只是单一的出现白色海绵状组织 (Andreadis *et al.*, 2018; Lara *et al.*, 2018)。这一差异可能是本研究中的果实未存放在无菌环境中, 病原菌由茶翅蜡刺吸的伤口侵入后发病导致腐烂。这也解释了之前报道的蜡类为害可导致 20% 的猕猴桃在贮藏期腐烂的现象 (张毅等, 2014)。猕猴桃受茶翅蜡为害后, 货架期缩短, 其受害部位果肉逐渐腐烂, 导致无法食用, 从而导致经济损失。加之茶翅蜡在猕猴桃果实的坐果初期便可对其进行为害, 且持续整个生长季直至收获, 这与 Leskey 等 (2012) 在苹果和桃上调查茶翅蜡的为害情况一致。因此, 无论是田间果实生长发育期间还是果实成熟采收后都应采取预防措施避免果实受到茶翅蜡的为害。

对于茶翅蜡的防治应采用综合防治, 即多种措施相结合, 可在 5 月份茶翅蜡在田间产量初期, 释放卵期寄生蜂对茶翅蜡进行生物防治, 已有研究表明单独或联合释放茶翅蜡沟卵蜂 *Trissolcus japonicus* Ashmead 和日本平腹小蜂 *Anastatus japonicus* Ashmead 均能够显著增加田间寄生率 (Mi *et al.*, 2021)。6-8 月茶翅蜡对猕猴桃的为害水平高, 且此时卵、若虫和成虫混合发生为害 (李建军等, 2020), 连续多次释放寄生蜂的同时, 采用信息素诱捕器作为决策支持工具, 在达到阈值时喷施高效低毒的化学药剂, 降低茶翅蜡的种群数量 (Short *et al.*, 2017)。此外, 可以利用茶翅蜡聚集越冬的习性, 采取相应的防

治措施减少越冬种群。有研究表明越冬代茶翅蝽种群对化学药剂更为敏感 (Leskey *et al.*, 2014), 且出蛰后繁殖能力高于夏季种群的繁殖能力 (Costi *et al.*, 2017), 因此采用越冬诱捕器, 在茶翅蝽迁徙到越冬场所后将其捕获 (Weber *et al.*, 2017), 或者采用其它方法灭杀聚集越冬的种群, 均能够有效减少次年田间茶翅蝽的数量, 达到减少损失的目的。

致谢: 感谢西北农林科技大学猕猴桃实验站提供试验场所。

参考文献 (References)

- Andreadis SS, Navrozidis EI, Farmakis A, Pisalidis A, 2018. First evidence of *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) infesting kiwi fruit (*Actinidia chinensis*) in Greece. *Journal of Entomological Science*, 53(3): 402–405.
- Bano S, Scrimgeour F, 2012. The export growth and revealed comparative advantage of the New Zealand kiwifruit industry. *International Business Research*, 5(2): 73–82.
- Bernardinelli I, Malossini G, Benvenuto L, 2017. *Halyomorpha halys*: Risultati preliminari di alcune attività sperimentali condotte in Friuli Venezia Giulia nel 2016. *Notiziario ERSA*, 2017(1): 24–26.
- Brown MW, Short BD, 2010. Factors affecting appearance of stink bug (Hemiptera: Pentatomidae) injury on apple. *Environmental Entomology*, 39(1): 134–139.
- Chen JH, Avila GA, Zhang F, Lindy FG, Sandanayaka M, Mi QQ, Shi SS, Zhang JP, 2020. Field cage assessment of feeding damage by *Halyomorpha halys* on kiwifruit orchards in China. *Journal of Pest Science*, 93(3): 953–963.
- Chen JH, Cui J, Zhang JP, Bi R, Gao Y, Xu W, Shi SS, 2018. Effects of temperature on the activities of key enzymes related to respiratory metabolism in *Riptortus pedestris* (Hemiptera: Coreidae) adults. *Acta Entomologica Sinica*, 61(9): 1003–1009. [陈菊红, 崔娟, 张金平, 毕锐, 高宇, 徐伟, 史树森, 2018. 温度胁迫对点蜂缘蝽成虫呼吸代谢关键酶活性的影响. 昆虫学报, 61(9): 1003–1009.]
- Costi E, Haye T, Maistrello L, 2017. Biological parameters of the invasive brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys*, in southern Europe. *Journal of Pest Science*, 90(4): 1059–1067.
- Faúndez E, Rider D, 2017. The brown marmorated stink bug *Halyomorpha halys* (Stål, 1855) (Heteroptera: Pentatomidae) in Chile. *Archivos Entomológicos*, 2017 (17): 305–307.
- Hiruki C, 1999. Paulownia witches'-broom disease important in East Asia. *Acta Horticulturae*, 496(43): 63–68.
- Hoebeke ER, Carter ME, 2003. *Halyomorpha halys* (Stål) (Heteroptera: Pentatomidae): A polyphagous plant pest from Asia newly detected in North America. *Proceedings of the Entomological Society of Washington*, 105(1): 225–237.
- Inkley DB, 2012. Characteristics of home invasion by the brown marmorated stink bug (Hemiptera: Pentatomidae). *Journal of Entomological Science*, 47(2): 125–130.
- Lara JR, Kamiyama M, Hernandez G, Lewis M, Hoddle MS, 2018. Laboratory assessment of feeding injury and preference of brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* Stål (Hemiptera: Pentatomidae), for *Actinidia chinensis* var. *deliciosa* 'Hayward' (Zespri® Green) and *Actinidia chinensis* var. *chinensis* 'Zesy002' (Zespri® SunGold). *New Zealand Entomologist*, 41(1): 12–24.
- Lee DH, Short BD, Joseph SV, Bergh JC, Leskey TC, 2013. Review of the biology, ecology, and management of *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) in China, Japan, and the Republic of Korea. *Environmental Entomology*, 42(4): 627–64.
- Leskey TC, Short BD, Butler BR, Wright SE, 2012. Impact of the invasive brown marmorated stink bug, *Halyomorpha halys* (Stål), in mid-Atlantic tree fruit orchards in the United States: Case studies of commercial management. *Psyche: A Journal of Entomology*, 2012(1): 1–14.
- Leskey TC, Short BD, Lee DH, 2014. Efficacy of insecticide residues on adult *Halyomorpha halys* (Stål) (Hemiptera: Pentatomidae) mortality and injury in apple and peach orchards. *Pest Management Science*, 70(7): 1097–1104.
- Li JJ, Liu ZD, Yao CC, He LL, 2020. Investigation and study on pest damage of the kiwifruit stink bug. *Shaanxi Journal of Agricultural Sciences*, 66(1): 77–78. [李建军, 刘占德, 姚春潮, 何丽丽, 2020. 猕猴桃蝽象类害虫危害调查研究. 陕西农业科学, 66(1): 77–78.]
- Liu B, Liu GP, 2017. The harmness and control measures of *Erthesina fullo* in kiwi orchard. *Shaanxi Journal of Agricultural Sciences*, 63(12): 63–64. [刘博, 刘国鹏, 2017. 麻皮蝽在猕猴桃园的危害及防治措施. 陕西农业科学, 63(12): 63–64.]
- Mi QQ, Zhang JP, Haye T, Zhang BX, Zhao C, Lei YM, Li DS, Zhang F, 2021. Fitness and interspecific competition of *Trissolcus japonicus* and *Anastatus japonicus*, egg parasitoids of *Halyomorpha halys*. *Biological Control*, 152: 104461.
- Nielsen AL, Hamilton GC, 2009. Seasonal occurrence and impact of *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) in tree fruit. *Journal of Economic Entomology*, 102(3): 1133–1140.
- Qi XJ, Guo DD, Wang R, Zhong YP, Fang JB, 2020. Development status and suggestions on Chinese kiwifruit industry. *Journal of*

- Fruit Science*, 37(5): 754–763. [齐秀娟, 郭丹丹, 王然, 钟云鹏, 方金豹, 2020. 我国猕猴桃产业发展现状及对策建议. 果树学报, 37(5): 754–763.]
- Rice KB, Bergh CJ, Bergmann EJ, Biddinger DJ, Dieckhoof C, Dicely G, Fraser H, Gariepy T, Hamilton G, Haye T, Herbert A, Hoelmer K, Hooks CR, Jones A, Krawczyk G, Kuhar T, Martinson H, Mitchell W, Nielsen AL, Pfeiffer DG, Raupp MJ, Rodringuze-Saona C, Shearer P, Shrewsbury P, Venugopal PD, Whalen J, Wiman NG, Leskey TC, Tooker JF, 2014. Biology, ecology, and management of brown marmorated stink bug (Hemiptera: Pentatomidae). *Journal of Integrated Pest Management*, 5(3): A1–A13.
- Ritenour MA, Crisosto CH, Garner DT, Cheng GW, Zoffoli JP, 1999. Temperature, length of cold storage and maturity influence the ripening rate of ethylene pre-conditioned kiwifruit. *Postharvest Biology and Technology*, 15(2): 107–115.
- Short BD, Khirmian A, Leskey T, 2017. Pheromone-based decision support tools for management of *Halyomorpha halys* in apple orchards: Development of a treatment threshold. *Journal of Pest Science*, 90(4): 1191–1204.
- Weber DC, Morrison WR, Khirmian A, Rice KB, Leskey TC, Rodriguez-Saona C, Nielsen AL, Blaauw BR, 2017. Chemical ecology of *Halyomorpha halys*: Discoveries and applications. *Journal of Pest Science*, 90(4): 989–1008.
- Wermelinger B, Wyniger D, Forster B, 2007. First records of an invasive bug in Europe: *Halyomorpha halys* Stål (Heteroptera: Pentatomidae), a new pest on woody ornamentals and fruit trees? *Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft*, 81(1/2): 1–8.
- Wu BB, 2008. Study on timely harvesting time of several main cultivars of kiwifruit. Master dissertation. Yangling: Northwest A & F University. [吴彬彬, 2008. 几个猕猴桃主栽品种适宜采收期研究. 硕士学位论文. 杨凌: 西北农林科技大学.]
- Yang PY, 2014. Study on the biological characteristics and fruit development of the good variety of kiwifruit. Master dissertation. Yangling: Northwest A & F University. [杨朋燕, 2014. 猕猴桃优系生物学特性和果实生长动态的研究. 硕士学位论文. 杨凌: 西北农林科技大学.]
- Yu CL, Jin XF, Liu XQ, Zhao HY, Jin CC, Sun LH, 2002. Study of the damage and prevention of *Halyomorpha halys* and *Dolycoris baccarum*. *China Fruits*, 2002(2): 7–9. [余春林, 金新富, 刘先驱, 赵洪义, 靳彩彩, 孙丽华, 2002. 茶翅蜡和斑须蜡对梨树的危害及防治研究. 中国果树, 2002(2): 7–9.]
- Yu GY, Wang H, Feng SK, 2016. Insects of Wangjiayuan. Beijing: Science Press. 93. [虞国跃, 王合, 冯术快, 2016. 王家园昆虫. 北京: 科学出版社. 93.]
- Zhang CT, Li DL, Su HF, Xu GL, 1993. The study of biological characteristics of *Halyomorpha halys* and *Erthesina fullo*. *Forest Research*, 1993(3): 271–275. [张翠瞳, 李大乱, 苏海峰, 徐国良, 1993. 茶翅蜡和黄斑蜡生物学特性研究. 林业科学研究, 1993(3): 271–275.]
- Zhang F, Chen ZJ, Zhang SL, 2000. The occurrence and prevention of *Halyomorpha halys* (Hemiptera: Pentatomidae) in kiwiorchard. *Northwest Hortic.*, 2000(2): 38. [张锋, 陈志杰, 张淑莲, 2000. 猕猴桃园茶翅蜡的发生与防治. 西北园艺, 2000(2): 38.]
- Zhang J, Zhang F, Gariepy T, Mason P, Gillespie D, Talamas E, Haye T, 2017. Seasonal parasitism and host specificity of *Trissolcus japonicus* in northern China. *Journal of Pest Science*, 90(4): 1127–1141.
- Zhang SM, 1985. Economic Entomology of China, Vol. 31, Hemiptera (—). Beijing: Science Press. 103–104. [章士美, 1985. 中国经济昆虫志, 第三十一册, 半翅目(—). 北京: 科学出版社. 103–104.]
- Zhang Y, 2018. Study on occurrence regularity of sloe bug in kiwi fruit. *Shaanxi Journal of Agricultural Sciences*, 64(10): 27–28, 52. [张毅, 2018. 蜡象在猕猴桃上的发生规律研究. 陕西农业科学, 64(10): 27–28, 52.]
- Zhang Y, Feng H, Xu J, Han YX, Li G, Du Y, 2014. Investigation on pest and disease types and occurrence characteristics of kiwifruit in Xian. *Fruit Grower' Friend*, 2014(5): 33–34. [张毅, 冯华, 徐进, 韩养贤, 李刚, 杜艳, 2014. 西安地区猕猴桃病虫害种类及发生特点调查. 果农之友, 2014(5): 33–34.]