

不同葫芦科作物对二斑叶螨的抗性评价*

于 蓉^{1**} 张友军² 王少丽^{2***}

(1. 宁夏农林科学院园艺研究所, 银川 750002; 2. 中国农业科学院蔬菜花卉研究所, 北京 100081)

摘 要 【目的】二斑叶螨 *Tetranychus urticae* Koch 是世界性重大农业害螨, 葫芦科作物是其重要寄主植物。为明确不同葫芦科作物对二斑叶螨生长发育的抗性/适合性, 开展了二斑叶螨在葫芦科作物上的产卵和取食选择性研究。【方法】选择苦瓜、葫芦、南瓜、丝瓜、西瓜、甜瓜和黄瓜作为供试寄主植物, 室内采用离体叶片和室外采用活体植株比较了二斑叶螨对 7 种作物的取食选择性及其种群生存与繁殖动态。【结果】供试 7 种葫芦科作物中, 二斑叶螨对黄瓜的选择率最高, 为 35.49%, 其次为甜瓜和西瓜; 二斑叶螨在南瓜和黄瓜叶碟上的生存率和繁殖率高, 12 h 单雌产卵数分别为 9.72 粒和 7.83 粒; 在葫芦和苦瓜叶碟上, 二斑叶螨 48 h 螨口减退率达 47.5% 和 32.5%, 表现为较低的取食和生存适合度, 同时葫芦和苦瓜活体植株上二斑叶螨繁殖率显著低于其他 5 种葫芦科作物。【结论】二斑叶螨在黄瓜、西瓜和甜瓜上的种群发育适合度高, 在葫芦和苦瓜上适合度低。这一结果可为田间防控二斑叶螨生态措施的制定及开展葫芦科作物抗螨性机理和抗螨育种提供科学依据。

关键词 二斑叶螨; 葫芦科作物; 取食选择性; 种群动态

Resistance of different cucurbit crops to *Tetranychus urticae* Koch

YU Rong^{1**} ZHANG You-Jun² WANG Shao-Li^{2***}

(1. Institute of Horticulture, Ningxia Academy of Agricultural and Forestry Sciences, Yinchuan 750002, China;

2. Institute of Vegetables and Flowers, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China)

Abstract 【Objectives】To determine the resistance of different cucurbit crops to the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch, a major global pest of the cucurbitaceae. 【Methods】The preference, survival and reproductive dynamics of *T. urticae* on bitter melon, calabash, pumpkin, towel gourd, watermelon, melon and cucumber, were measured and compared using the leaf disc method in the laboratory and in field trials. 【Results】Cucumbers were the most preferred crop (35.49%), followed by melons and watermelons. *T. urticae* had a higher survival and reproductive rate on the leaf discs of pumpkins and cucumbers, laying 9.72 and 7.83 eggs per female within 12 h, respectively. The abundance of *T. urticae* had reduced by 47.5% and 32.5% after 48 h on leaf discs of calabash and bitter melon, respectively, indicating lower preference for, and survival on, these crops. The reproductive rate of *T. urticae* on calabash and bitter melon was also significantly lower than on the other 5 cucurbit crops. 【Conclusion】*T. urticae* has higher fitness on the leaves of cucumber, watermelon and melon than on those calabash and bitter melon. These findings provide a scientific basis for developing ecological strategies to control this pest in the field, research on mite-resistance mechanisms in the cucurbitaceae and breeding mite-resistant cucurbit cultivars.

Key words *Tetranychus urticae*; cucurbitaceae; feeding selectivity; population dynamics

二斑叶螨 *Tetranychus urticae* Koch 属叶螨科
叶螨属, 为世界性重大农业害螨, 其寄主植物超

过 1 000 种 (Van Leeuwen *et al.*, 2010)。二斑叶
螨通过刺吸植物汁液带来危害, 其生活史短, 繁

*资助项目 Supported projects: 国家重点研发计划 (2019YFD1002100); 西甜瓜产业技术体系 (CARS-25); 国家自然科学基金 (32072458); 农业高质量发展和生态保护科技创新示范项目 (NGSB-2021-7)

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

***通讯作者 Corresponding author, E-mail: wangshaoli@caas.cn

收稿日期 Received: 2021-12-03; 接受日期 Accepted: 2022-02-01

殖率高, 常年对作物造成损失达 15%-20%。目前, 生产中对二斑叶螨防治多采用化学药剂, 由于药剂的长期及不科学施用, 加上二斑叶螨生长发育快速、世代重叠和孤雌生殖等特性, 导致二斑叶螨的抗药性发展迅速, 对阿维菌素 (Tang *et al.*, 2014; Xu *et al.*, 2018; 乔晓芳等, 2019)、拟除虫菊酯类 (王玲等, 2015; Ilias *et al.*, 2017) 等不同类型化学农药已产生高水平的抗性, 因此, 二斑叶螨的防控面临更大的挑战。

害虫的寄主植物广泛, 蔬菜作物在田间生产过程中对害虫呈现自然的适合度差异, 即害虫对不同种类的寄主植物存在不同程度的主动选择性差异, 也就是寄主植物对害虫害螨呈现自然抗性 (王少丽等, 2011)。葫芦科作物有很多种类, 包括常见的蔬菜和瓜果, 是二斑叶螨的重要寄主植物 (王少丽和张友军, 2017), 但常见葫芦科作物对二斑叶螨的自然抗虫性尚不明确。本文选择 7 种常见的葫芦科蔬菜和瓜果, 研究二斑叶螨在这些寄主植物上的取食和产卵选择性及其生长发育适合性, 以期明确不同葫芦科蔬菜和瓜果对二斑叶螨生长发育的影响, 筛选对二斑叶螨具

有抗性或耐性的作物, 为葫芦科作物生产中采用隔离措施及生态防控等进行叶螨防治策略的制定提供科学基础, 也为进一步开展葫芦科作物抗螨机理和抗螨育种提供研究材料。

1 材料与方法

1.1 供试二斑叶螨和葫芦科作物

供试二斑叶螨于 2020 年 4 月采集自宁夏银川市西夏区日光温室栽培西瓜植株, 室内在菜豆寄主叶片上繁育 3 代后用于本试验。

试验所选用的 7 种葫芦科蔬菜和瓜果种子为市场销售商品种和宁夏农林科学院保存的育种材料, 在宁夏银川本地已进行多年种植, 寄主种类及品种名称见表 1。各种葫芦科作物于 2020 年 4 月 8 日在育苗公司日光温室繁育至三叶一心, 移植入直径 8 cm, 高 10 cm 的圆形小花盆, 再放入洁净无病虫的拱棚内生长。

1.2 二斑叶螨对不同葫芦科作物叶碟的选择性

二斑叶螨对不同葫芦科作物的选择性试验

表 1 7 种葫芦科作物种子类型及来源

Table 1 Seed type and origin of 7 cucurbitaceae crops

作物 Crop	品种 Varieties	种子来源 Seed origin
苦瓜 Bitter gourd	如玉 33 号 No. 33 Ruyu	福建省农业科学院 Fujian Academy of Agricultural Sciences
葫芦 Calabash	蝈蝈葫芦 Guoguo calabash	北京花儿朵朵仙子农业有限公司 Beijing Flower Fairy Agriculture Co., Ltd.
南瓜 Pumpkin	锦元南瓜 Jinyuan pumpkin	湖南雪峰种业有限责任公司 Hunan Xuefeng Seed Co., Ltd
丝瓜 Sponge gourd	1536 1536	福建省农业科学院 Fujian Academy of Agricultural Sciences
西瓜 Watermelon	美都 Meidu	宁波微萌种业有限公司 Ningbo Weimeng Seed Co., Ltd
甜瓜 Melon	宁甜 1 号 No. 1 Ningtian	宁夏农林科学院园艺研究所 Institute of Horticulture, Ningxia Academy of Agricultural and Forestry Sciences
黄瓜 Cucumber	改良 626 No. 626 Gailiang	天津百利种苗培育有限公司 Tianjin Baili Seed Breeding Co., Ltd

参考徐丹丹等(2019)的方法,有所改进。在塑料培养皿(直径 20 cm)内倒入浓度 0.2%的琼脂糖凝胶自然冷却至凝固。将洁净无虫的叶片制作成直径 3 cm 的圆形叶碟,背面朝上,平展放在培养皿内的琼脂上。不同作物叶碟依次相叠 0.3 cm,围绕中心形成闭合环状,为了降低二斑叶螨遇水死亡情况的发生和方便观察二斑叶螨自主选择活动,设计制作简易装置,在培养皿的环形叶碟中间空位处,放置塑料小平台(直径 1 cm,高于琼脂糖凝胶 0.3 cm),用洁净白色枪头将小平台与各作物叶碟相连,形成叶螨可以自由选择从平台向叶碟爬行的通路。使用零号毛笔小心挑取二斑叶螨雌成螨 50 头放在塑料小平台上,用带孔的培养皿盖盖上,保持皿内叶片新鲜及空气流通。试验设置 4 个重复。将带螨培养皿放置在(26±1)℃、16 L:8 D 光周期和相对湿度 70% 的人工气候箱内培养,2 h 和 4 h 后在体视显微镜下(XTL-165-VT, phenix)检查并记录每片叶碟上的二斑叶螨数量。

1.3 二斑叶螨在不同葫芦科作物叶碟上的生存及繁殖

按照 1.2 中所述方法制作培养皿和叶碟,在每种葫芦科作物叶碟上采用零号毛笔挑取活跃的并且生长状态一致的二斑叶螨雌成螨各 10 头,培养条件同 1.2,分别于处理后 24、36 和 48 h 在显微镜下观察不同作物叶片上二斑叶螨雌成螨及其产卵数量,按照下列公式计算螨口减退率和单雌产卵数。实验设置 4 个重复。

螨口减退率(%)=(螨口数量-螨口基数)/螨口基数×100,

单雌 24 h 产卵数=叶碟卵量/叶碟螨口数量,

单雌 12 h 产卵数=(当前叶碟卵量-12 h 前叶碟卵量)/叶碟螨口数量。

1.4 二斑叶螨在不同葫芦科作物活体植株上的种群动态

供试 7 种不同葫芦科作物在洁净的日光温室内采用 72 穴穴盘育苗,待长至 3-4 片真叶时,移入 10 cm 直径的小花盆中,5 d 后选择生长基本一致的植株,每棵植株上采用零号毛笔挑取活

跃的二斑叶螨雌成螨 10 头,每个养虫网箱内放入苦瓜、葫芦、南瓜、丝瓜、西瓜、甜瓜和黄瓜植株各 1 棵,各植株叶片均有相互交叠,室外避雨常温环境下放置。随后分别于 3、5、10 和 15 d 后对不同作物叶片上二斑叶螨的螨口数量进行调查。试验重复 4 次。

1.5 数据处理

试验数据采用平均值±SE 表示(寄主选择性试验中未做选择的二斑叶螨数量不计入内)。统计分析采用 SPSS(version 19.0, USA)软件的 One-way ANOVA 进行,二斑叶螨对不同葫芦科作物的选择性差异采用 LSD test($P<0.05$)进行多重比较分析。

2 结果与分析

2.1 二斑叶螨对葫芦科作物叶片的取食选择性

二斑叶螨由中央位置对周围不同叶碟进行自由选择,2 h 后二斑叶螨仍处于中央平台与各叶碟间,尚未固定取食位置;4 h 后,二斑叶螨在各叶片上的数量趋于稳定,统计 4 h 后各作物叶碟上的成螨数量。试验结果表明,二斑叶螨对 7 种不同葫芦科作物间的选择性存在显著差异,黄瓜叶碟上二斑叶螨数量最高(17 头),选择率为 35.49%;其次为西瓜和甜瓜,其单叶碟上二斑叶螨数量超过 10 头,选择率超过 22.00%。葫芦和丝瓜上二斑叶螨数量最少,选择率也最低,葫芦、丝瓜与苦瓜、南瓜间无显著差异(表 2)。

2.2 二斑叶螨在不同葫芦科作物叶片上取食及生存

将二斑叶螨置于葫芦科作物叶片上 24 h 后,除黄瓜上螨口数量略有增加外,其余叶碟上螨口数量均降低,其中葫芦叶碟上螨口减退率达 17.50%,各叶碟处理间无显著差异;36 h 后,葫芦和丝瓜叶碟上的二斑叶螨数量减退速度增加,分别为 37.50%和 12.50%,螨口数量显著低于其余 5 种作物;48 h 后,南瓜和黄瓜叶碟上二斑叶螨数量增长 5%,南瓜、西瓜、甜瓜和黄瓜叶片上二斑叶螨取食、活动正常,螨口数量稳定;同

表 2 二斑叶螨对不同葫芦科作物叶片的取食选择性
Table 2 Feeding selectivity of *Tetranychus urticae* on different cucurbitaceae crops

作物 Crop	二斑叶螨 数量 (头) Quantities of <i>T. urticae</i> (ind.)	选择率 (%) Selection rate (%)
苦瓜 Bitter gourd	3.00±1.16c	6.34±2.55c
葫芦 Calabash	1.00±0.58c	2.04±1.78c
南瓜 Pumpkin	4.33±0.88c	8.97±1.70c
丝瓜 Sponge gourd	1.00±0.58c	2.13±1.26c
西瓜 Watermelon	11.00±1.73b	22.80±3.23b
甜瓜 Melon	10.67±2.91b	22.21±5.90b
黄瓜 Cucumber	17.00±1.53a	35.49±3.46a

同列数据后标有不同小写字母表示在 $P<0.05$ 水平差异显著 (LSD 检验)。下表同。
Data followed by the different letters in the same column indicate significantly different at $P<0.05$ level by LSD test. The same below.

表 3 二斑叶螨在不同葫芦科作物上的取食及生存
Table 3 Feeding and survival of *Tetranychus urticae* on different cucurbitaceae crops

作物 Crop	24 h		36 h		48 h	
	螨口数量 (头)	螨口减退率 (%)	螨口数量 (头)	螨口减退率 (%)	螨口数量 (头)	螨口减退率 (%)
	Quantities of <i>T. urticae</i> (ind.)	Population decline rate (%)	Quantities of <i>T.</i> <i>urticae</i> (ind.)	Population decline rate (%)	Quantities of <i>T. urticae</i> (ind.)	Population decline rate (%)
苦瓜 Bitter gourd	9.75±0.48a	2.50	10.25±1.03a	- 2.50	6.75±2.10bc	32.50
葫芦 Calabash	8.25±0.25a	17.50	6.25±0.85b	37.50	5.25±0.75c	47.50
南瓜 Pumpkin	9.75±0.85a	2.50	10.50±1.19a	- 5.00	10.50±0.87a	- 5.00
丝瓜 Sponge gourd	9.00±1.08a	10.00	8.75±0.63b	12.50	8.00±0.91abc	20.00
西瓜 Watermelon	9.25±0.48a	7.50	9.50±0.29a	5.00	9.50±0.29ab	5.00
甜瓜 Melon	9.00±0.41a	10.00	9.25±0.85a	7.50	9.75±1.25ab	2.50
黄瓜 Cucumber	10.50±0.87a	- 5.00	11.00±0.91a	- 10.00	10.50±0.87a	- 5.00

2.4 二斑叶螨在不同葫芦科作物植株上的种群动态

在不同瓜类作物植株上二斑叶螨的种群数量存在不同程度的差异。整个试验期内,二斑叶螨对黄瓜和甜瓜植株均表现出相较其他作物更高的选择性,种群数量最高,而对苦瓜和葫芦植株的选择性低,二斑叶螨可在葫芦叶片上活动,

时,苦瓜、葫芦和丝瓜叶片上二斑叶螨死亡率逐渐升高,螨口减退率分别为 32.50%、47.50%和 20.00% (表 3)。

2.3 二斑叶螨在不同葫芦科作物叶片上的产卵选择性

在 24 h 和 36 h 时,二斑叶螨在 7 种葫芦科作物叶碟上产卵量差异明显,单雌产卵量高低顺序为:南瓜>黄瓜>西瓜>甜瓜>丝瓜>苦瓜>葫芦。24 h 时,各作物叶碟上二斑叶螨雌成螨产卵量最高;在南瓜叶碟上二斑叶螨单雌产卵数高达 9.72 粒,48 h 后持续高于其他 6 种葫芦科作物,但与丝瓜间无显著差异 ($P=0.06$);其次为黄瓜,其叶碟上二斑叶螨的总卵量低于南瓜,但二者之间无显著差异 ($P=0.12$)。在葫芦和苦瓜叶碟上二斑叶螨的繁殖力始终显著低于其它作物,表现在产卵 24、36 和 48 h 时,葫芦和苦瓜上卵量均低于其他 5 种作物 (表 4)。

但未见取食为害及产卵。试验 10 d 后,二斑叶螨在南瓜、丝瓜和西瓜植株上的取食选择性增强,种群数量也快速增加 (图 1)。总体上看,丝瓜、甜瓜、西瓜和黄瓜上二斑叶螨种群数量最高,说明这 4 种作物为二斑叶螨喜食寄主,其次为南瓜;苦瓜和葫芦上种群数量最低,为二斑叶螨不喜食寄主。

表 4 二斑叶螨在不同葫芦科作物叶碟上的产卵量
Table 4 Fecundity of *Tetranychus urticae* on different cucurbitaceae crops

作物 Crop	24 h		36 h		48 h	
	总卵量 (粒) Total fecundity (grains)	单雌 24 h 产卵数 (粒) Eggs per female in 24 h (grains)	总卵量 (粒) Total fecundity (grains)	单雌 12 h 产卵数 (粒) Eggs per female in 12 h (grains)	总卵量 (粒) Total fecundity (grains)	单雌 12 h 产卵数 (粒) Eggs per female in 12 h (grains)
苦瓜 Bitter gourd	11.50±7.853.93d	1.14±0.37d	18.75±2.93d	0.79±0.31bc	25.50±4.52d	1.30±0.64cd
葫芦 Calabash	13.50±2.10d	1.65±0.28d	16.25±1.89d	0.47±0.15c	19.00±1.41d	0.55±0.13d
南瓜 Pumpkin	95.75±12.45a	9.72±0.58a	131.00±14.53a	3.42±0.35a	172.75±18.11a	3.98±0.18a
丝瓜 Sponge gourd	44.75±6.38c	5.14±0.73c	63.50±10.91c	2.09±0.44ab	87.50±12.65c	2.99±0.25ab
西瓜 Watermelon	57.50±7.64bc	6.16±0.58bc	83.00±8.49bc	2.67±0.42a	108.75±9.37bc	2.71±0.38b
甜瓜 Melon	64.50±6.36bc	7.12±0.43bc	72.50±3.12c	0.93±0.57bc	93.75±3.09c	2.33±0.38bc
黄瓜 Cucumber	81.50±17.81ab	7.83±1.69ab	115.50±24.47ab	3.10±0.63a	141.50±26.11ab	2.47±0.24b

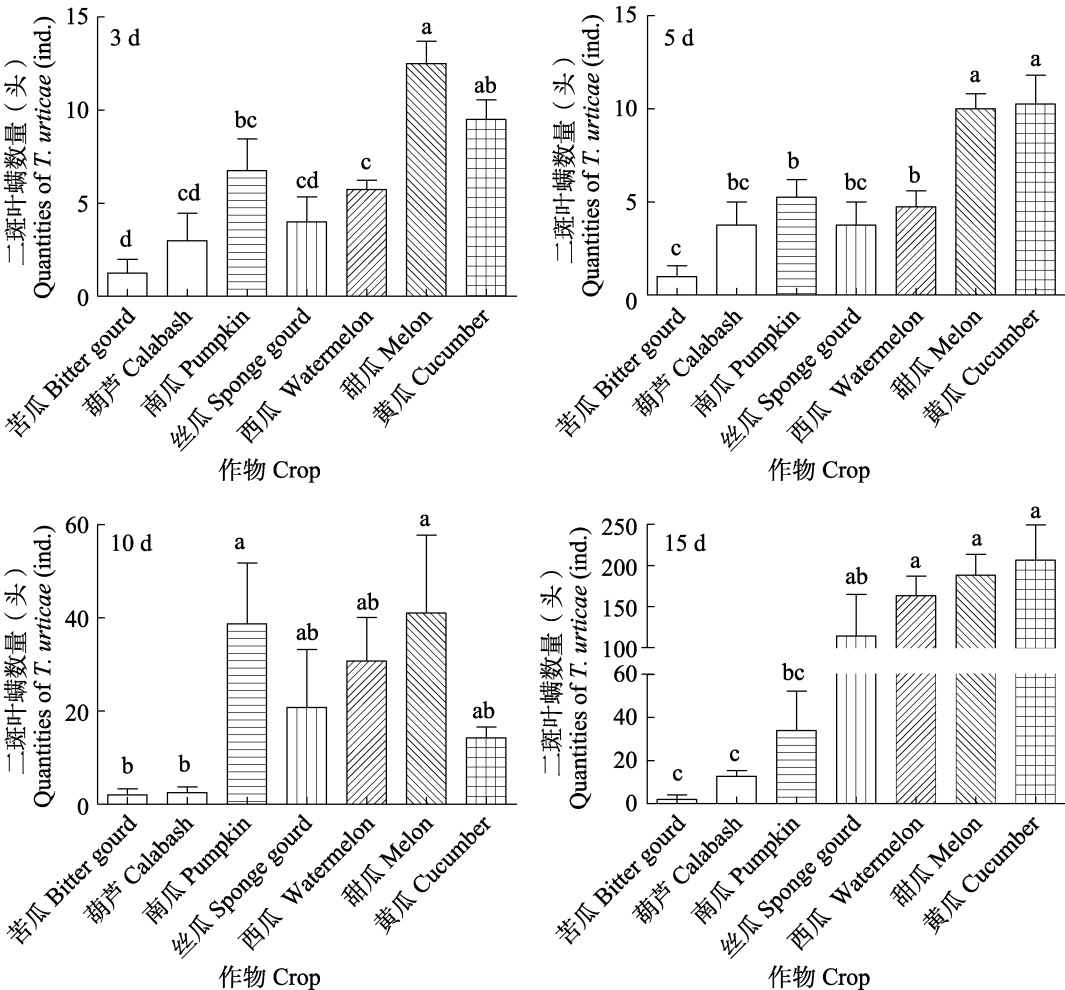


图 1 不同葫芦科作物上二斑叶螨的种群动态

Fig. 1 Population dynamics of *Tetranychus urticae* on different cucurbitaceae crops

柱上标有不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$, LSD 检验)。

Histograms with different small letters indicate significantly different at 0.05 level by LSD test.

3 讨论与分析

二斑叶螨寄主谱广泛, 葫芦科作物是其重要寄主植物种类。本研究筛选 7 种有代表性的葫芦科作物开展二斑叶螨抗性评价试验。结果表明, 二斑叶螨自由选择不同寄主植物时, 对黄瓜、西瓜和甜瓜的选择性高, 选择率均超过 22%; 在活体植株上, 二斑叶螨种群在黄瓜、西瓜和甜瓜上的种群增长数量高于其余供试作物, 室内和室外测试结果表现一致。这与贺达汉等 (2001) 对二斑叶螨在自然界不同寄主作物上的数量及为害的调查研究结果相吻合, 同一区域的黄瓜、西瓜和甜瓜上二斑叶螨为害程度接近。本研究中, 二斑叶螨对于寄主植物苦瓜、丝瓜和葫芦叶片的选择率较低, 也与后期其生存和繁殖力试验结果及活体植株上种群数量变化的试验结果基本相符。对于南瓜来说, 室内叶碟上二斑叶螨雌成螨对其 4 h 选择性在所有测试作物中属中等, 48 h 存活数量与黄瓜、西瓜、甜瓜间无差异, 但其在南瓜上产卵量最高, 说明南瓜叶片适合二斑叶螨产卵, 对其成螨也具有较高的适合度, 但在活体植株上, 二斑叶螨在南瓜上存活 15 d 后, 其种群数量与 10 d 时相比变化不大, 这可能与南瓜植株生长过程中因感染轻度白粉病, 导致对二斑叶螨适合性降低有关, 与此相似, 庆网蛱蝶 *Melitaea cinxia* 幼虫及绿龟甲 *Cassida rubiginosa* 等在感染白粉病菌等真菌病害的植物叶片上出现产卵、取食和生长发育等的降低 (Kruess, 2002; Laine, 2004)。实际生产中, 叶螨在苦瓜和葫芦上也存在区域性的发生危害。在本研究中, 在苦瓜和葫芦 2 种作物叶碟上, 二斑叶螨逐渐死亡, 48 h 时其螨口减退率分别为 32.5% 和 47.5%, 且在该 2 种叶片上的产卵率显著低于其它 5 种葫芦科作物, 在活体植株上连续 15 d 观察, 二斑叶螨种群数量也呈现类似趋势。因此, 比较供试的 7 种寄主植物, 苦瓜 (如玉 33 号) 和葫芦 (蝻蝻葫芦) 对二斑叶螨的适合度低, 表现出较强的抗螨性, 其次具有一定抗螨性的是丝瓜, 这与刘映红等 (1995) 研究朱砂叶螨 *Tetranychus cinnabarinus* 在苦瓜上的生长发育结

论一致。该研究结果为田间实施间作套种等作物布局、害螨生态防控及抗性砧木的选择应用等提供了理论基础。

试验使用的二斑叶螨群体来自西瓜植株, 叶碟试验中二斑叶螨在南瓜和黄瓜叶片的生存繁殖力最高, 其次才是西瓜、甜瓜和丝瓜, 而活体植株试验中, 二斑叶螨在黄瓜和甜瓜植株上繁殖快速, 可能是二斑叶螨在南瓜、西瓜和丝瓜植株上有 5 d 左右的适应期, 故生长到第 10 天后才开始呈现种群的快速增加, 单株螨量增加 453%-638%。实际生产中, 建议二斑叶螨的田间监测频率为 5 d 左右, 并及时开展早期防治以降低螨害传播, 或设置该螨喜食的瓜类作物与抗螨品种或叶螨不喜食植物间作种植, 抑制二斑叶螨种群数量的快速增长。

寄主植物和有害生物互作的过程中, 寄主植物叶片的颜色、蜡质、绒毛长度与密度及叶片厚度等物理性状均可影响植物的抗虫 (螨) 性 (雍小菊和丁伟, 2011; Xu *et al.*, 2019)。有研究报道, 二斑叶螨倾向于为害叶片背面多茸毛的茄子、番茄和菜豆等栽培作物/品种 (贺达汉等, 2001); 叶表面蜡质层越厚, 阻碍叶螨取食且对叶螨消化产生影响, 因此作物抗螨性越强 (王朝生等, 1991); 而甜瓜叶片厚度与其品种的抗螨性呈负相关关系 (Xu *et al.*, 2019)。本研究中, 测试 7 种葫芦科作物中南瓜、西瓜、甜瓜和黄瓜叶片绒毛数量多的, 二斑叶螨在这 4 种葫芦科作物上的生存和繁殖力较强, 且对这 4 种作物的选择性高; 而丝瓜叶片表面绒毛少且蜡质多, 但均不突出, 虽然二斑叶螨初期选择性较低, 但并不影响其生长和繁殖; 苦瓜叶面光滑油亮, 绒毛极少, 富含蜡质; 葫芦叶片较为特别, 绒毛和蜡质无显著特点, 但具有浓郁的异味, 二斑叶螨对葫芦叶片的选择性和在其叶碟上的生存和繁殖力都显著低于其它几种葫芦科作物; 另外, 苦瓜叶片也具有清淡苦味, 且表现出对二斑叶螨的抗性强, 这种抗螨机制可能是与叶片特征有关的物理抗性, 或者是由作物本身挥发性气味引发的生化抗性, 或者与作物的营养物质等有关, 这些问题尚不清楚, 都是下一步需要研究和阐明的问题。

需要注意的是,同种作物不同的品种具有自身独有的生物学特性,品种间也存在对有害生物不同程度的抗性(徐丹丹等,2019;邱晔等,2021),因此,有必要基于抗性作物类别对不同品种间抗性差异进行对比研究。

参考文献 (References)

- He DH, Zhao XP, Jin QH, Zhang BB, Liu C, 2001. Dispersion of two spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch, and its selection of host plants on farmland in Ningxia. *Chinese Journal of Applied and Environmental Biology*, 7(5): 447–451. [贺达汉, 赵晓萍, 靳巧红, 张蓓蓓, 刘超, 2001. 宁夏地区二斑叶螨的寄主植物选择及其季节转移. 应用与环境生物学报, 7(5): 447–451.]
- Ilias A, Vassiliou VA, Vontas J, Tsagkarakou A, 2017. Molecular diagnostics for detecting pyrethroid and abamectin resistance mutations in *Tetranychus urticae*. *Pestic. Biochem. Physiol.*, 135: 9–14.
- Kruess A, 2002. Indirect interactions between a fungal plant pathogen and a herbivorous beetle of the weed *Cirsium arvense*. *Oecologia*, 130(4): 563–569.
- Laine AL, 2004. A powdery mildew infection on a shared host plant affects the dynamics of the *Glanville* fritillary butterfly populations. *Oikos*, 107(2): 329–337.
- Liu YH, Deng XP, Li ZM, 1995. Resistance of four vegetables to *Tetranychus cinnabarinus*. *Acta Arachnologica Sinica*, 4(1): 68–71. [刘映红, 邓新平, 李志明, 1995. 4 种蔬菜对朱砂叶螨的抗性研究. 蛛形学报, 4(1): 68–71.]
- Qiao XF, Xu DD, Zhang YYJ, Xu BY, Wang SL, 2019. Effects of bifenazate-etoxazole on the oviposition and development of dominant mite species on vegetables and its control efficacy. *Journal of Plant Protection*, 46(6): 1310–1315. [乔晓芳, 徐丹丹, 张友军, 徐宝云, 王少丽. 联肟·乙螨唑对蔬菜优势叶螨产卵发育的影响及其田间防效. 植物保护学报, 46(6): 1310–1315.]
- Qiu Y, Yang R, Lu MX, Gong WR, Hu J, Du YZ, 2021. Effects of melon cultivars on the growth, development and reproduction of *Tetranychus truncatus* Ehara (Acarina: Tetranychidae). *Chinese Journal of Applied Entomology*, 58(2): 390–397. [邱晔, 杨润, 陆明星, 龚伟荣, 胡婕, 杜予州, 2021. 不同西甜瓜品种对截形叶螨生长发育和繁殖的影响. 应用昆虫学报, 58(2): 390–397.]
- Tang XF, Zhang YJ, Wu QJ, Xie W, Wang SL, 2014. Stage-specific expression of resistance to different acaricides in four field populations of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *Journal of Economic Entomology*, 107(5): 1900–1907.
- Van Leeuwen T, Vontas J, Tsagkarakou A, Dermauw W, Tirry L, 2010. Acaricide resistance mechanisms in the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* and other important Acari: A review. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, 40(8): 563–572.
- Wang CS, Yang G, Dong SW, Fu YZ, 1991. The identification and selection of carmine spider mite resistance in cotton stock CH 98. *Scientia Agricultura Sinica*, 24(4): 32–40. [王朝生, 杨刚, 董顺文, 付一中, 1991. 抗棉叶螨棉花种质川 98 系的选育. 中国农业科学, 24(4): 32–40.]
- Wang L, Zhang YJ, Wu QJ, Xie W, Wang SL, 2015. Establishment and application of the PASA technique of resistance detection to bifenthrin resistance in *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). *Chinese Journal of Applied Entomology*, 52(2): 510–518. [王玲, 张友军, 吴青君, 谢文, 王少丽, 2015. 二斑叶螨对联苯菊酯抗药性的 PASA 快速检测技术建立与应用. 应用昆虫学报, 52(2): 510–518.]
- Wang SL, Zhang YJ, 2017. Important insect pests and the integrated control techniques on watermelon and melon in protected cultivation in Northern China. *China Vegetables*, 2017(7): 95–96. [王少丽, 张友军, 2017. 北方设施西甜瓜常见害虫及全程绿色防控技术. 中国蔬菜, 2017(7): 95–96.]
- Wang SL, Zhang YJ, Xu BY, Wu QJ, 2011. Feeding preference of carmine spider mite, *Tetranychus cinnabarinus*, on different host plants. *Journal of Environmental Entomology*, 33(3): 139–146. [王少丽, 张友军, 徐宝云, 吴青君, 2011. 朱砂叶螨对不同蔬菜寄主的取食选择性. 环境昆虫学报, 33(3): 139–146.]
- Xu DD, He YY, Zhang YJ, Xie W, Wu QJ, Wang SL, 2018. Status of pesticide resistance and associated mutations in the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae*, in China. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 150: 89–96.
- Xu DD, Li WJ, Zhang YJ, Wang HS, Wang SL, 2019. Feeding and oviposition preferences of *Tetranychus urticae* on different melon varieties. *Journal of Environmental Entomology*, 41(5): 1070–1075. [徐丹丹, 李文静, 张友军, 王怀松, 王少丽, 2019. 二斑叶螨对不同甜瓜品种的取食和产卵选择性. 环境昆虫学报, 41(5): 1070–1075.]
- Xu DD, Wang K, Zhang YT, Wang HS, Wu QJ, Wang SL, 2019. The performance of *Tetranychus urticae* on five melon cultivars is correlated with leaf thickness. *Systematic and Applied Acarology*, 24(4): 645–658.
- Yong XJ, Ding W, 2011. The resistant mechanisms of plants to mites. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 48(5): 1495–1504. [雍小菊, 丁伟, 2011. 植物的抗螨机理. 应用昆虫学报, 48(5): 1495–1504.]