

不同种类杀螨剂对壁蜂蜂螨的防治及安全性

翟 浩 王金政* 王贵平 薛晓敏 张 勇 李晓军

(山东省果树研究所, 泰安 271000)

摘要: 为探讨不同杀螨剂对壁蜂 *Osmia cornifrons* 蜂螨的防控作用, 筛选了适合壁蜂定巢繁殖的巢管管口内径范围, 并采用药液浸渍法比较了螺螨酯、炔螨特、联苯肼酯、四螨嗪、三唑锡5种杀螨剂对壁蜂蜂螨的防治效果及安全性。结果表明, 壁蜂芦苇巢管管口内径在8.00~8.49 mm范围时最适合壁蜂定巢繁殖, 巢室数量最多, 为8.5个, 显著高于其它管口内径范围下的巢室数。与空白对照相比, 5种杀螨剂各剂量处理对芦苇巢管中壁蜂的巢室数均无显著影响, 不同剂量的三唑锡和四螨嗪浸渍芦苇巢管均可有效控制芦苇巢管内蜂螨的为害, 2种药剂各剂量处理对巢管中蜂螨的防治效果为97.22%~100.00%, 对巢室蜂螨的防治效果为98.75%~100.00%, 防治效果显著; 而不同剂量的螺螨酯、炔螨特和联苯肼酯对芦苇巢管中蜂螨的防治效果较低, 各剂量处理对巢管蜂螨的防治效果为39.81%~80.56%, 对巢室蜂螨的防治效果为46.01%~83.82%。表明四螨嗪和三唑锡浸渍处理芦苇巢管可作为有效防治壁蜂蜂螨为害的安全施药手段。

关键词: 三唑锡; 四螨嗪; 壁蜂蜂螨; 巢管浸液

Control effects of several acaricides on mites on horned-face bee

Osmia cornifrons and the safety evaluation

Zhai Hao Wang Jinzheng* Wang Guiping Xue Xiaomin Zhang Yong Li Xiaojun

(Shandong Institute of Pomology, Tai'an 271000, Shandong Province, China)

Abstract: To investigate the control effects of acaricides on mites associated with horned-face bee *Osmia cornifrons*, the appropriate inner diameter of honeycomb for the breeding of *O. cornifrons* was screened, and the efficacy and safety of spiromeclofen, propargite, bifenthrin, clofentezine and azocyclotin to *O. cornifrons* were investigated. The results showed that the best suitable inner diameter of honeycomb for the breeding of *O. cornifrons* was 8.00–8.49 mm, with the 8.5 cells per honeycomb, significantly better than the other inner diameters. Compared with the negative control, no significant differences were found in the number of honeycomb dipped with the five acaricides. Different treatments with azocyclotin and clofentezine had significant preventive effects on the mites, with a control efficacy of 97.22%–100.00% and 98.75%–100.00% to honeycombs and cells, respectively. On the contrary, the treatments with spiromeclofen, propargite and bifenthrin had relatively low control effect on the mites, with a control efficacy of 39.81%–80.56% and 46.01%–83.82% against honeycombs and cells, respectively. The results indicated that dipping honeycomb with azocyclotin and clofentezine had great application potential for controlling mites on *O. cornifrons*.

Key words: azocyclotin; clofentezine; *Osmia cornifrons* mite; dipped honeycomb

基金项目: 国家现代苹果产业技术体系(CARS-27), 国家重点研发计划(2016YFD0201100), 泰安市科学技术发展计划(2017NS0091)

* 通信作者 (Author for correspondence), E-mail: wjz992001@163.com

收稿日期: 2017-02-06

自上世纪80年代我国从日本引进壁蜂作为果树授粉昆虫并获得成功以来,壁蜂授粉技术已广泛应用于我国胶东半岛、渤海湾、黄河故道以及黄土高原等苹果产区,为苹果园增产、提质、增效发挥了重要作用(周伟儒等,1990;1992;郭柏寿等,2001)。随着壁蜂授粉技术的大面积推广,壁蜂蜂螨为害问题日益突出。在实际生产中,由于果农不清楚壁蜂蜂螨的症状表现,忽视了前期预防,导致壁蜂巢管中蜂螨发生普遍且为害严重。在青岛、烟台、威海等地区,壁蜂巢管螨害率在48.67%~55.75%之间,严重影响了壁蜂的繁殖率,降低了果园中壁蜂的数量和授粉效率,造成很大的经济损失(翟浩等,2015;2016)。因此,如何有效防治壁蜂蜂螨是果树产业发展亟待解决的问题。目前,国内外对寄生蜂螨类多集中于家养蜜蜂寄生螨类的研究(Aronstein et al., 2012; Steinhauer et al., 2014; 赵红霞等, 2016),关于授粉壁蜂寄生螨类的报道较少,魏枢阁和赵兰英(1995)及屈达才等(2010)报道了授粉壁蜂寄生螨类的为害;魏漪等(2016)对烟台市栖霞市的壁蜂蜂螨进行了形态特征描述,并对蜂螨进行了物种鉴定,认为为害壁蜂的蜂螨为我国新纪录属、新纪录种螨类平岛氏毛爪螨 *Chaetodactylus hirashimai* Kurosa, 1987。

蜜蜂寄生螨类的防治一般采用热处理、雄蜂脾诱杀(Charrière et al., 2003)和化学防治等方法,其中应用药剂防治是当前控制蜜蜂寄生螨类的重要措施(Sammataro et al., 2000)。生产上防治蜂螨一般结合蜜蜂在蜂箱的生活习性,采用水剂喷雾、烟雾熏蒸、粉剂撒治以及螨扑挂片等方法(罗其花等, 2010),最为常见的药剂包括氟胺氰菊酯、氟氯苯氰菊酯和升华硫药物等,但由于长期频繁使用,导致蜂螨产生抗药性(Lipinski & Szubstarski, 2007)。

国内外关于授粉壁蜂种类、授粉技术、生物学特性、生态行为学等已有报道(丁楠等, 2013; Garratt et al., 2014; 申晋山等, 2015),而对授粉壁蜂蜂螨的生活特性、为害特点、防治药剂及方法还缺乏系统性研究。蜂螨在芦苇管等巢管中为害,其管状巢管的特殊构造使巢管中蜂螨的防治极为困难。因此,本研究在比较芦苇巢管管口内径对巢室数量影响的基础上,系统研究几种杀螨剂浸渍芦苇巢管处理对壁蜂蜂螨的防治效果,以期对壁蜂蜂螨的综合防控提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

供试蜂茧:蜂茧从山东省威海市葛家镇旺瞳村

试验果园释放的壁蜂巢管中回收。

药剂:240 g/L螺螨酯(spirodiclofen)悬浮剂,德国拜耳作物科学公司;57%炔螨特(propargite)乳油、43%联苯肼酯(bifenazate)悬浮剂,科聚亚美国公司上海贸易有限公司;500 g/L四螨嗪(clofentezine)悬浮剂,深圳诺普信农化股份有限公司;25%三唑锡(azocyclotin)可湿性粉剂,山东招远三联化工厂。

供试壁蜂巢管:芦苇管管口内径范围为4.50~9.99 mm,长约15 cm,巢管一端封严,另一端开口。

1.2 方法

1.2.1 壁蜂蜂螨种类鉴定

2015年3月于自山东省栖霞市西城镇采集壁蜂芦苇巢管,将其剥开检视并记录巢管中总巢室数及蜂螨附着巢室数。同时将巢管中的蜂螨样品委托中国科学院动物研究所动物进化与系统学院重点实验室进行物种鉴定。

1.2.2 巢管筛选

巢管筛选试验于2015年在山东省威海市葛家镇旺瞳村(N 37°07.393'、E 121°50.509')苹果园中进行,果园面积为4 000 m²。试验共设11个处理:巢管管口内径分别为4.50~4.99、5.00~5.49、5.50~5.99、6.00~6.49、6.50~6.99、7.00~7.49、7.50~7.99、8.00~8.49、8.50~8.99、9.00~9.49和9.50~9.99 mm,芦苇管长约15 cm。于2015年4月3日释放壁蜂蜂茧,同时放置芦苇巢管。每个果园放置3个壁蜂蜂房,蜂房间隔50 m,每个蜂房放800粒蜂茧。根据壁蜂的营巢筛选最适宜壁蜂繁殖的巢管。

1.2.3 药剂防治试验

2016年药剂防治试验共设16个处理:分别以15、30、60 mg/L螺螨酯溶液,71.25、142.5和285 mg/L炔螨特溶液,53.75、107.5、215 mg/L联苯肼酯溶液,62.5、125、250 mg/L四螨嗪溶液和31.25、62.5、125 mg/L三唑锡溶液对芦苇巢管进行浸渍处理;以未浸渍处理作空白对照。

采用2015年筛选的最适宜壁蜂繁殖的巢管管口内径,2016年3月中旬进行芦苇巢管浸渍处理,将不同浓度药剂均匀溶于10 kg纯净水中配制成各剂量浓度,将芦苇巢管整体浸渍5 min,使芦苇巢管内壁湿润,沥干药液后放入阴凉处静置3 d以上,待芦苇巢管干燥以后收集备用。2016年4月1日释放壁蜂蜂茧,同时放置芦苇巢管。每个浓度药剂处理30支芦苇巢管,用标记带捆绑标记,重复3次,分别置于3个不同蜂房中。每个果园放3个壁蜂蜂房,蜂房间隔50 m,每个蜂房放800粒蜂茧。5月下旬

收回果园蜂房中的芦苇巢管,并放置于阴凉干燥处。

1.2.4 壁蜂蜂螨为害调查

2015—2016年每年11月1日至11月15日(壁蜂在巢管内此阶段虫态为蜂茧),剥开试验芦苇巢管,记录巢管中总巢室数及蜂螨附着巢室数。同时将有蜂螨附着的巢管记为蜂螨为害巢管,无蜂螨附着的巢管记为健康巢管,计算为害率和防治效果。 $\text{巢室蜂螨为害率} = \text{调查蜂螨附着巢室数} / \text{调查总巢室数} \times 100\%$; $\text{巢管蜂螨为害率} = \text{调查蜂螨附着巢管数} / \text{调查总巢管数} \times 100\%$; $\text{巢室蜂螨防治效果} = (\text{空白对照蜂螨附着巢室数} - \text{药剂处理蜂螨附着巢室数}) / \text{空白对照蜂螨附着巢室数} \times 100\%$; $\text{巢管蜂螨防治效果} = (\text{空白对照蜂螨附着巢管数} - \text{药剂处理蜂螨附着巢管数}) / \text{空白对照蜂螨附着巢管数} \times 100\%$ 。

1.3 数据分析

试验数据采用DPS 16.05软件进行统计分析,

应用Duncan氏新复极差法进行差异显著性检验。

2 结果与分析

2.1 平岛氏毛爪螨的为害特征

壁蜂在巢管内繁殖,壁蜂定巢后在巢管内构筑数量不等且相互隔离的巢室。在15 cm长的巢管内一般可有6~10个巢室。壁蜂采集花粉花蜜后在巢室内作成花粉团并在巢室内完成产卵。蜂螨侵入壁蜂巢管在巢室内寄生,通过其成螨、幼螨和若螨在巢管内与壁蜂幼虫和蛹争夺食料—花粉团,大量繁殖为害,并且蜂螨可寄生于巢室内的壁蜂幼虫、蛹及成蜂体表,吸取血淋巴,造成壁蜂巢管内壁蜂寿命缩短、活动及采集力下降,严重时会导致壁蜂的死亡。经中国科学院动物研究所动物进化与系统学院重点实验室鉴定,该蜂螨为平岛氏毛爪螨 *Chaetodactylus hirashimai*,属盗寄生性携播型螨类(图1)。



图1 平岛氏毛爪螨对巢室、巢管中壁蜂的为害情况

Fig. 1 Symptoms of *Osmia cornifrons* honeycombs and cells damaged by *Chaetodactylus hirashimai*

a: 受害壁蜂巢管巢室; b: 壁蜂蜂茧(左为健康蜂茧,右为受害蜂茧); c: 受害壁蜂成虫。a: Infested provisioned cells; b: cocoon (non-infested and infested); c: infested adult.

2.2 壁蜂芦苇巢管管口内径对巢室数量的影响

观察不同巢管管口内径对巢室数量的影响,结果显示,不同管口内径处理的巢管其巢室数量差异显著。巢管管口内径在8.00~8.49 mm范围内巢室数量最多,为8.50个,显著高于其它管口内径;其次为管口内径7.50~7.99 mm及7.00~7.49 mm,巢室数量分别为7.70个和7.68个。芦苇巢管在管口内径为4.50~8.49 mm范围内,巢室数量随巢管管口内径增大而增加;芦苇巢管在管口内径为8.50~9.99 mm范围内,巢室数量随管口内径增大而巢管减少(图2)。

2.3 不同杀螨剂处理对巢管蜂螨的防治效果

药剂的种类和剂量对巢管中蜂螨的防治效果存在显著差异。三唑锡、四螨嗪各剂量处理巢管对蜂

螨的防治效果均较高,且随药剂浓度的增加而提高,其中三唑锡和四螨嗪各剂量处理巢管对蜂螨的防治效果在97.22%~100.00%之间,不同剂量三唑锡处理的防治效果均为100.00%。炔螨特、联苯肼酯和螺螨酯各剂量处理对蜂螨的防治效果在39.81%~80.56%之间,防治效果较低,浓度为285 mg/L的炔螨特高剂量处理巢管对蜂螨的防治效果高于其它2种药剂(表1)。

2.4 不同杀螨剂处理对巢室蜂螨的防治效果

芦苇巢管浸渍不同药剂后,处理巢室数量与空白对照间均无显著差异,说明所用杀螨剂浸渍处理芦苇巢管对壁蜂定巢繁殖无影响。不同药剂处理间对巢室中蜂螨防治效果存在显著差异,同种药剂对巢室内蜂螨的防治效果随浓度增加而提高。三唑

锡、四螨嗪各剂量处理对巢室蜂螨防治效果较好,在98.75%~100.00%之间,不同剂量三唑锡的防治效果均为100.00%;炔螨特、联苯肼酯、螺螨酯高剂量处

理对巢室内蜂螨防治效果较低,为46.01%~83.82%,其中浓度为285 mg/L的炔螨特处理的防治效果高于其它2种药剂(表2)。

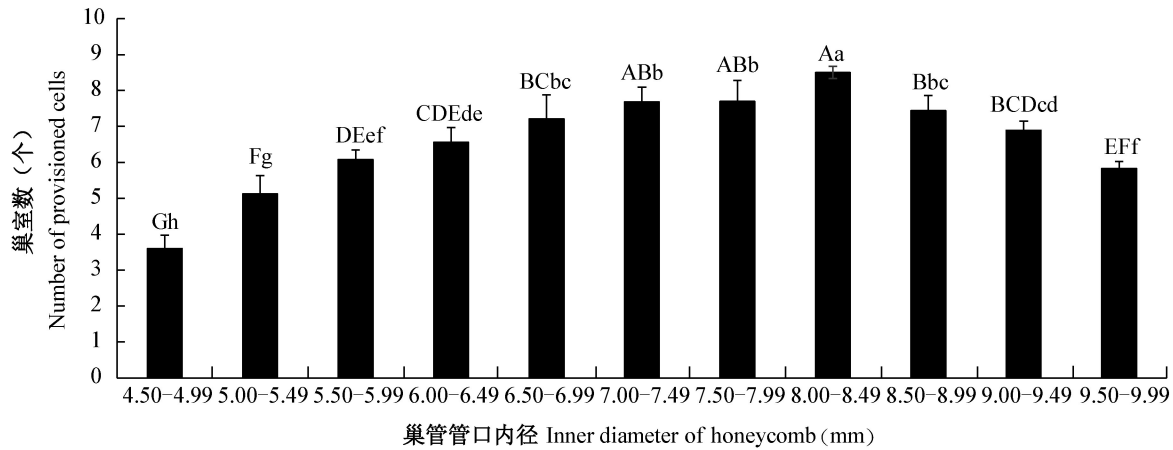


图2 壁蜂巢管不同内径对巢室数量的影响

Fig. 2 Effects of the inner diameter of honeycomb on the number of provisioned cells

图中数据为平均数±标准差。不同大、小写字母表示经Duncan氏新复极差法检验在 $P<0.01$ 和 $P<0.05$ 水平差异显著。Data are mean±SE. Different uppercase or lowercase letters on the bars indicate significant difference at $P<0.01$ or $P<0.05$ level by Duncan's new multiple range test, respectively.

表1 不同杀螨剂处理对巢管内蜂螨的防治效果

Table 1 Control efficacy of acaricides to the honeycomb infested by mites

药剂 Insecticide	剂量 Dose (mg/L)	蜂巢数 No. of honeycomb	蜂螨为害巢管数 No. of infested honeycomb	巢管受害率 Percentage of infested honeycomb (%)	防治效果 Control efficacy (%)
螺螨酯	15.00	30	5.67±0.67 Bbc	18.89±2.22 Bbc	41.67±10.52 Cd
Spirodiclofen	30.00	30	3.67±0.33 BCd	12.22±1.11 BCd	62.04±6.48 BCc
	60.00	30	4.33±0.67 BCbcd	14.44±2.22 BCbcd	56.48±6.48 Ccd
	71.25	30	5.67±0.33 Bbc	18.89±1.11 Bbc	42.59±4.90 Cd
Propargite	142.50	30	4.00±0.00 BCcd	13.33±0.00 BCcd	59.26±3.70 BCc
	285.00	30	2.00±0.58 CDe	6.67±1.92 CDe	80.56±4.24 ABb
	53.75	30	6.00±1.15 Bb	20.00±3.85 Bb	40.74±7.41 Cd
Bifenazate	107.50	30	6.00±1.00 Bb	20.00±3.33 Bb	39.81±9.67 Cd
	215.00	30	4.00±0.58 BCcd	13.33±1.92 BCcd	60.19±3.34 BCc
	62.50	30	0.33±0.33 Df	1.11±1.11 Df	97.22±2.78 Aa
Clofentezine	125.00	30	0.33±0.33 Df	1.11±1.11 Df	97.22±2.78 Aa
	250.00	30	0.00±0.00 Df	0.00±0.00 Df	100.00±0.00 Aa
	31.25	30	0.00±0.00 Df	0.00±0.00 Df	100.00±0.00 Aa
Azocyclotin	62.50	30	0.00±0.00 Df	0.00±0.00 Df	100.00±0.00 Aa
	125.00	30	0.00±0.00 Df	0.00±0.00 Df	100.00±0.00 Aa
对照 CK		30	10.00±1.00 Aa	33.33±3.33 Aa	—

表中数据为平均数±标准差。同列数据后不同大、小写字母表示经Duncan氏新复极差法检验在 $P<0.01$ 和 $P<0.05$ 水平差异显著。Data are mean±SE. Different uppercase or lowercase letters in the same column indicate significant difference at $P<0.01$ or $P<0.05$ level by Duncan's new multiple range test, respectively.

表 2 不同杀螨剂处理对巢室内蜂螨的防治效果

Table 2 Control efficacy of acaricides to provisioned cells infested by mites

药剂 Insecticide	剂量 Dose (mg/L)	巢室数量 No. of provisioned cells	蜂螨为害巢室数 No. of infested provisioned cells	巢室蜂螨为害率 Percentage of infested provisioned cells (%)	防治效果 Control efficacy (%)
螺螨酯	15.00	257.67±2.03 Aa	27.67±0.33 Bb	10.74±0.16 Bbc	50.07±2.16 Eef
Spirodiclofen	30.00	255.33±1.45 Aa	30.00±1.15 Bb	11.75±0.49 Bb	46.01±1.03 Ef
	60.00	256.33±2.40 Aa	16.67±0.88 Cc	6.51±0.39 Cd	70.06±0.06 Dd
炔螨特 Propargite	71.25	256.00±2.08 Aa	28.33±1.20 Bb	11.08±0.56 Bbc	49.01±1.34 Eef
	142.50	258.00±4.04 Aa	16.33±0.88 CDc	6.33±0.29 CDd	70.56±1.66 Dd
	285.00	256.33±3.18 Aa	9.00±0.58 Ee	3.51±0.20 Ef	83.82±0.74 Bb
联苯肼酯 Bifenazate	53.75	256.67±0.33 Aa	27.00±1.53 Bb	10.52±0.60 Bc	51.19±4.02 Ee
	107.50	258.33±0.33 Aa	12.67±0.88 CDEd	4.90±0.34 DEe	77.12±1.95 Cc
	215.00	254.00±0.58 Aa	12.33±0.33 DEd	4.86±0.14 DEe	77.65±1.85 Cc
四螨嗪 Clofentezine	62.50	256.67±2.60 Aa	0.67±0.33 Ff	0.26±0.13 Fg	98.75±0.63 Aa
	125.00	253.67±0.33 Aa	0.33±0.00 Ff	0.13±0.13 Fg	99.31±0.58 Aa
	250.00	258.00±1.73 Aa	0.00±0.00 Ff	0.00±0.00 Fg	100.00±0.00 Aa
三唑锡 Azocyclotin	31.25	255.33±0.33 Aa	0.00±0.00 Ff	0.00±0.00 Fg	100.00±0.00 Aa
	62.50	258.33±0.33 Aa	0.00±0.00 Ff	0.00±0.00 Fg	100.00±0.00 Aa
	125.00	261.00±2.65 Aa	0.00±0.00 Ff	0.00±0.00 Fg	100.00±0.00 Aa
对照 CK		261.33±2.73 Aa	55.67±2.96 Aa	21.28±0.95 Aa	—

表中数据为平均数±标准差。同列数据后不同大、小写字母表示经 Duncan 氏新复极差法检验在 $P<0.01$ 和 $P<0.05$ 水平差异显著。Data are mean±SE. Different uppercase or lowercase letters in the same column indicate significant difference at $P<0.01$ or $P<0.05$ level by Duncan's new multiple range test, respectively.

3 讨论

雌蜂营巢对壁蜂巢管的内径、长度以及管壁厚度具有较强的选择性,内径过细或过粗均会降低壁蜂营巢率(魏永平等,2000)。本研究发现最适合壁蜂定巢繁殖的芦苇巢管口内径为 8.00~8.49 mm,在该范围内巢室数量为 8.5 个,这与徐环李等(1994)报道的结果较为接近。以内径 8.00~8.49 mm 的芦苇巢管为供试材料,用螺螨酯、炔螨特、联苯肼酯、四螨嗪、三唑锡 5 种杀螨剂浸渍处理后,不同药剂种类和不同剂量对巢管和巢室中的蜂螨防治效果存在显著差异。其中,31.25~125 mg/L 的三唑锡和 62.5~250 mg/L 四螨嗪可有效控制蜂螨的为害,防治效果显著,而螺螨酯、炔螨特和联苯肼酯控制效果较差,这可能与这 5 种杀螨剂的作用机理、持效期、低温药剂稳定性以及蜂螨抗药性不同等有关。三唑锡和四螨嗪以触杀为主,杀螨谱广,残效期长(陈学仁等,1992;田惠芝等,1993);而炔螨特虽具有触杀作用和杀螨谱广的特点,但它属于感温型的杀螨剂,苹果花期壁蜂定巢繁殖时气温一般在 22℃ 以下,而炔螨特在低于 22℃ 时药效较差(刘又高等,2009)。国内使用的是螺环季酮酯类螺螨酯,由于这类杀螨剂的

长期施用,其防治效果已明显下降;联苯肼酯作用位点单一,极易产生抗药性(Ochiai et al., 2007; 华乃震,2016)。

壁蜂蜂螨具有自然繁殖能力强、种群数量大以及盗寄生携播等特性(Klimov & Oconnor, 2008),严重影响了授粉壁蜂的安全繁殖,威胁到了壁蜂授粉这项技术的长期应用。目前,化学防治依然是蜂螨的主要防治措施(李旭涛和刘新宇,2001)。化学药剂的持续施用使蜂螨产生了抗药性,只能通过加大药剂施用量和增加施用次数才能达到预期防治效果,从而增加了防治成本,也极大影响了蜜蜂的安全性和蜂产品的质量(Rosenkranz et al., 2010; 苏晓玲等,2016)。因此,使用化学药剂防治蜂螨必须权衡蜂螨的抗药性和蜜蜂对化学药剂的承受能力(姬聪慧和戴荣国,2009)。本研究结果显示,螺螨酯、炔螨特、联苯肼酯、四螨嗪、三唑锡 5 种杀螨剂对雌性壁蜂在芦苇巢管中的营巢数量均无显著影响,说明本试验所用杀螨剂及使用剂量对壁蜂的定巢繁殖是安全的。壁蜂在管状巢管内的巢室相互隔离并且与外界环境隔绝(徐环李等,1994),而蜂螨则在巢室内为害,因此在壁蜂定巢后,治螨药剂因接触不到巢管内

的蜂螨而无法发挥其应有的防治作用。本研究中,在壁蜂寻巢定巢前,分别使用31.25~125 mg/L的三唑锡溶液和62.5~250 mg/L的四螨嗪溶液浸渍芦苇巢管,对壁蜂定巢后巢管和巢室中蜂螨的防治效果均在97.22%以上,说明在壁蜂寻巢定巢前使用杀螨剂浸渍芦苇巢管可有效减少蜂螨的为害。

目前,关于壁蜂蜂螨的研究基础仍比较薄弱(魏漪等,2016),因此,在我国应用壁蜂授粉技术的地区调查蜂螨为害情况和蜂螨种类,对壁蜂蜂螨的生物学特性、为害特点及其防治措施等进行系统性研究,并借鉴家养蜜蜂寄生螨类的防治方法(王东升等,2005;谢宪兵等,2008;张好好等,2017),结合壁蜂寻巢定巢和访花营巢繁衍后代的生物学特性,通过中草药的筛选、抗螨品种的培育以及蜂螨引诱剂的研发,对壁蜂蜂螨进行综合防控,可为壁蜂的安全繁殖、推广应用以及果树产业的可持续发展奠定基础。

参 考 文 献 (References)

- Aronstein KA, Saldivar E, Vega R, Westmiller S, Douglas AE. 2012. How *Varroa* parasitism affects the immunological and nutritional status of the honey bee, *Apis mellifera*. *Insects*, 3(3): 601–615
- Charrière JD, Imdorf A, Bachofen B, Tschan A. 2003. The removal of capped drone brood: an effective means of reducing the infestation of *Varroa* in honey bee colonies. *Bee World*, 84(3): 117–124
- Chen XR, Zhu LH, Xie QL, Liu TY, Wu GB, Bai WX, Qin KH, Wu HC. 1992. Efficacy evaluation of azocyclotin for injurious mites control. *Pesticides*, 31(1): 47–48 (in Chinese) [陈学仁, 朱兰蕙, 谢庆兰, 刘同英, 吴桂本, 白文星, 秦克辉, 吴厚程. 1992. 三唑锡防治害螨药效评价. *农药*, 31(1): 47–48]
- Ding N, Xin XG, Zhou XH, Men XY, Yu Y, Zhang AS, Li LL, Zhuang QY. 2013. Effects of body weight and feeding on the flight capacity of adults of *Osmia excavata* (Hymenoptera: Megachilidae). *Acta Entomologica Sinica*, 56(8): 884–889 (in Chinese) [丁楠, 辛星光, 周仙红, 门兴元, 于毅, 张安盛, 李丽莉, 庄乾营. 2013. 凹唇壁蜂成蜂体重与取食对其飞行能力的影响. *昆虫学报*, 56(8): 884–889]
- Garratt MPD, Breeze TD, Jenner N, Polce C, Biesmeijer JC, Potts SG. 2014. Avoiding a bad apple: insect pollination enhances fruit quality and economic value. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 184: 34–40
- Guo BS, Yang JM, Xu YB. 2001. Problems and research advance of the pollination insects. *Southwest China Journal of Agricultural Sciences*, 14(4): 102–108 (in Chinese) [郭柏寿, 杨继民, 许育彬. 2001. 传粉昆虫的研究现状及存在的问题. *西南农业学报*, 14(4): 102–108]
- Hua NZ. 2016. A review of new high efficiency and low toxicity acaricides. *World Pesticides*, 38(3): 25–34 (in Chinese) [华乃震. 2016. 新型高效、低毒杀螨剂产品的综述. *世界农药*, 38(3): 25–34]
- Ji CH, Dai RG. 2009. Progress on control technique of bee mites. *Progress in Veterinary Medicine*, 30(10): 94–97 (in Chinese) [姬聪慧, 戴荣国. 2009. 蜂螨防控技术研究进展. *动物医学进展*, 30(10): 94–97]
- Klimov PB, Oconnor BM. 2008. Morphology, evolution, and host associations of bee-associated mites of the family Chaetodactylidae (Acari: Astigmata), with a monographic revision of North American taxa. *Miscellaneous Publications, Museum of Zoology, University of Michigan*, 199: 1–243
- Li XT, Liu XY. 2001. The current situation of development and utilization and the development trend of bee acaricide. *Journal of Bee*, (12): 3–4 (in Chinese) [李旭涛, 刘新宇. 2001. 蜜蜂杀螨剂开发利用现状与发展趋势. *蜜蜂杂志*, (12): 3–4]
- Lipinski Z, Szubstarski J. 2007. Resistance of *Varroa destructor* to most commonly used synthetic acaricides. *Polish Journal of Veterinary Sciences*, 10(4): 289–294
- Liu YG, Li XL, Jin TW, Chen GJ, Cai YQ. 2009. Efficacy of propargite plus abamectin 56% EC against *Panonychus citri* Mc Gregor in field experiments. *South China Fruits*, 38(4): 75–76 (in Chinese) [刘又高, 厉晓腊, 金铁伟, 陈官菊, 柴一秋. 2009. 56%阿维菌素·炔螨特乳油防治桔全爪螨药效试验. *中国南方果树*, 38(4): 75–76]
- Luo QH, Zhou T, Wang Q, Dai PL, Wu YY. 2010. Advances in research on classification and major species of bee mites. *Scientia Agricultura Sinica*, 43(3): 585–593 (in Chinese) [罗其花, 周婷, 王强, 代平礼, 吴艳艳. 2010. 蜂螨的种类及蜜蜂主要害螨研究进展. *中国农业科学*, 43(3): 585–593]
- Ochiai N, Mizuno M, Mimori N, Miyake T, Dekeyser M, Canlas LJ, Takeda M. 2007. Toxicity of bifenazate and its principal active metabolite, diazene, to *Tetranychus urticae* and *Panonychus citri* and their relative toxicity to the predaceous mites, *Phytoseiulus persimilis* and *Neoseiulus californicus*. *Experimental & Applied Acarology*, 43(3): 181–197
- Qu DC, Qiu JY, Maeta Y. 2010. Biological character of *Tortonia* sp. *Genomics and Applied Biology*, 29(3): 495–500 (in Chinese) [屈达才, 邱婧芸, 前田泰生. 2010. 日本托特螨的生物学特性. *基因组学与应用生物学*, 29(3): 495–500]
- Rosenkranz P, Pia A, Bettina Z. 2010. Biology and control of *Varroa destructor*. *Journal of Invertebrate Pathology*, 103(2010): 96–119
- Sammataro D, Gerson U, Needham G. 2000. Parasitic mites of honey bee: life history, implications, and impact. *Annual Review of Entomology*, 45(1): 519–548
- Shen JS, Wu WQ, Song HL, Ma WH, Shao YQ. 2015. The study of pollinating insects and their flower-visiting behavior on *Malus pumila* Mill. *Natural Enemies of Insects*, 37(4): 720–725 (in Chinese) [申晋山, 武文卿, 宋怀磊, 马卫华, 邵有全. 2015. 苹果传粉昆虫种类及其访花习性的研究. *环境昆虫学报*, 37(4): 720–725]
- Steinhauer NA, Rennich K, Wilson ME, Caron DM, Engerich EJ, Pettis JS, Rose R, Skinner JA, Tarpy DR, Wilker JT, et al. 2014. A national survey of managed honey bee 2012–2013 annual colony losses in the USA: results from the Bee Informed Partnership. *Journal of Apicultural Research*, 53(1): 1–18

- Su XL, Hua QY, Zhao DX, Fei ZH, Zheng HQ. 2016. The effect of essential oils of truestar anisetree against mites in honeybee colonies. *Journal of Environmental Entomology*, 38(6): 1251–1255 (in Chinese) [苏晓玲, 华启云, 赵东绪, 费中华, 郑火青. 2016. 八角茴香精油防治蜂螨的蜂群效果研究. *环境昆虫学报*, 38(6): 1251–1255]
- Tian HZ, Zhao RJ, Du JY, He SW, Shi J, Li M. 1993. Research on function characteristic and optimum control period of clofentazine. *Pesticides*, 32(3): 13–14 (in Chinese) [田惠芝, 赵日瑾, 杜景元, 何淑文, 史记, 李鸣. 1993. 四螨嗪的作用特点和使用适期研究. *农药*, 32(3): 13–14]
- Wang DS, Zhang JY, Li XT, Zhou XZ, Li JY, Li JS, Huang YD, Pu WX, Wei XJ, Zhang M. 2005. Study of effect of Chinese herbal medicine on bee acaricide. *Journal of Traditional Chinese Veterinary Medicine*, (3): 14–16 (in Chinese) [王东升, 张继瑜, 李旭涛, 周绪正, 李剑勇, 李金善, 黄有德, 蒲万霞, 魏小娟, 张梅. 2005. 抗蜂螨中草药的药效研究. *中兽医医药杂志*, (3): 14–16]
- Wei SG, Zhao LY. 1995. The cautions in application of *Osmia* pollination to the fruit trees. *Northern Fruits*, (2): 15–16 (in Chinese) [魏枢阁, 赵兰英. 1995. 利用壁蜂为果树授粉应注意的问题. *北方果树*, (2): 15–16]
- Wei Y, Zhai H, Chen J. 2016. *Chaetodactylus hirashimai* Kurosa, 1987, a newly recorded species and genus of the family Chaetodactylidae (Acari, Sarcoptiformes) from China, which harmful to *Osmia* bees. *Acta Arachnologica Sinica*, 25(1): 1–5 (in Chinese) [魏漪, 翟浩, 陈军. 2016. 危害壁蜂的我国毛爪螨科1新纪录属、种——平岛氏毛爪螨 (*Chaetodactylus hirashimai* Kurosa, 1987) (蜱螨亚纲: 疥螨目). *蛛形学报*, 25(1): 1–5]
- Wei YP, Yuan F, Zhang YL. 2000. Flower visiting habits and the essential number of *Osmia excavata* Alfken for economic apple production. *Acta Universitatis Agriculturae Boreali-Occidentalis*, (5): 76–79 (in Chinese) [魏永平, 袁锋, 张雅林. 2000. 凹唇壁蜂的访花习性及其必要放蜂量. *西北农业大学学报*, (5): 76–79]
- Xie XB, Peng WJ, Zeng ZJ. 2008. Breeding of mite-resistant honeybee by using nutritional crossbreed technology. *Scientia Agricultura Sinica*, (5): 1530–1535 (in Chinese) [谢宪兵, 彭文君, 曾志将. 2008. 应用蜜蜂营养杂交技术培育抗螨蜂种. *中国农业科学*, (5): 1530–1535]
- Xu HL, Wu YR, Zhou WR, Wei SG, Wang T. 1994. Biological study on pollinators of fruit trees—*Osmia jecoti*, *Osmia excavata*. *Journal of Fruit Science*, (3): 153–156 (in Chinese) [徐环李, 吴燕如, 周伟儒, 魏枢阁, 王涛. 1994. 果树授粉昆虫——紫壁蜂、凹唇壁蜂生物学研究. *果树科学*, (3): 153–156]
- Zhai H, Wang GP, Li XJ, Xue XM, Wang JZ. 2016. Preliminary report on mite damage to *Osmia* bee comb tube nest in apple orchard of Weihai. *Shandong Agricultural Sciences*, 48(4): 106–108 (in Chinese) [翟浩, 王贵平, 李晓军, 薛晓敏, 王金政. 2016. 威海市苹果园授粉壁蜂巢管螨害情况调查初报. *山东农业科学*, 48(4): 106–108]
- Zhai H, Wang GP, Xue XM, Wang JZ, Yu SZ, Tang YH, Cao HJ. 2015. Preliminary report on mite damage to *Osmia* bee comb tube nest in apple orchard of Shandong. *China Fruits*, (6): 82–84 (in Chinese) [翟浩, 王贵平, 薛晓敏, 王金政, 于树增, 唐永辉, 曹洪建. 2015. 山东省主要苹果产区授粉壁蜂巢管螨害情况调查初报. *中国果树*, (6): 82–84]
- Zhang HH, Liu ZG, Gong YH, Diao QY. 2017. Research progress of the interaction between *Apis mellifera* and *Varroa destructor* mediated by pheromones. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 28(6): 2055–2062 (in Chinese) [张好好, 刘振国, 龚佑辉, 刁青云. 2017. 信息素介导的西方蜜蜂与狄斯瓦螨互作研究进展. *应用生态学报*, 28(6): 2055–2062]
- Zhao HX, Luo YX, Liang Q, Zhang XF, Chen HS, Huang WZ. 2016. Current knowledge of the Tropiclaelaps mites. *Journal of Environmental Entomology*, 38(4): 852–856 (in Chinese) [赵红霞, 罗岳雄, 梁勤, 张学锋, 陈华生, 黄文忠. 2016. 小蜂螨的研究现状. *环境昆虫学报*, 38(4): 852–856]
- Zhou WR, Wang R, Wei SG, Wei SL, Zhao LY. 1990. Use of *Osmia* pollination for fruit trees. *Bulletin of Agricultural Science and Technology*, (6): 15 (in Chinese) [周伟儒, 王韧, 魏枢阁, 魏守礼, 赵兰英. 1990. 人工利用壁蜂为果树授粉. *农业科技通讯*, (6): 15]
- Zhou WR, Wang R, Wei SG, Xu HL, Wu YR. 1992. Introduce two kinds of fine *Osmia*-pollination for northern fruit trees. *Bulletin of Agricultural Science and Technology*, (6): 15 (in Chinese) [周伟儒, 王韧, 魏枢阁, 徐环李, 吴燕如. 1992. 介绍两种优良北方果树授粉壁蜂. *农业科技通讯*, (6): 15]

(责任编辑:王璇)