

DOI: 10.11686/cyxb2020128

http://cyxb.magtech.com.cn

何恒果. 哒螨灵对酢浆草岩螨的亚致死效应. 草业学报, 2020, 29(11): 67-73.

He H G. Sublethal effects of pyridaben on the development and reproduction of *Petrobia harti*. Acta Prataculturae Sinica, 2020, 29(11): 67-73.

## 哒螨灵对酢浆草岩螨的亚致死效应

何恒果

(西南野生动植物资源保护教育部重点实验室, 西华师范大学生命科学院, 四川 南充 637009)

**摘要:** 酢浆草岩螨是为害红花酢浆草最为严重的害螨, 哒螨灵作为一类广谱、触杀性杀螨剂可高效防治该害螨。为明确哒螨灵对酢浆草岩螨的亚致死效应, 为酢浆草岩螨综合防控和哒螨灵的合理使用提供理论依据, 采用叶片浸渍法测定哒螨灵对酢浆草岩螨的毒力, 通过毒力回归方程得出哒螨灵对酢浆草岩螨的亚致死剂量  $LC_{10}$ 、 $LC_{20}$ , 采用建立生命表的方法评估哒螨灵亚致死剂量对酢浆草岩螨生长发育、繁殖力和生命表参数的影响。结果表明, 经哒螨灵亚致死剂量  $LC_{10}$ 、 $LC_{20}$  处理后, 酢浆草岩螨生殖力显著下降 ( $P < 0.05$ ),  $F_0$  和  $F_1$  代单雌产卵量分别下降了 53.37%、55.46% 与 41.34%、45.24%; 产卵期显著缩短 ( $P < 0.05$ ),  $F_0$  和  $F_1$  代产卵期分别缩短了 3.11、4.75 d 与 3.47、2.81 d; 成螨寿命也显著缩短 ( $P < 0.05$ ),  $F_0$  和  $F_1$  代成螨寿命分别缩短了 1.45、2.04 d 与 3.24、4.00 d。此外, 经哒螨灵  $LC_{10}$ 、 $LC_{20}$  处理后, 酢浆草岩螨  $F_1$  代净增殖率 ( $R_0$ )、内禀增长率 ( $r_m$ )、周限增长率 ( $\lambda$ ) 与对照相比均显著下降 ( $R_0$  由对照的 28.54 分别降低至 16.91、15.48;  $r_m$  由对照的 0.1650 分别降低至 0.1276、0.1249;  $\lambda$  由对照的 1.1794 分别降低至 1.1435、1.1330;  $P < 0.05$ ), 平均世代历期 ( $T$ )、种群加倍时间 ( $D_t$ ) 均显著延长 ( $T$  由对照的 20.31 d 分别延长至 22.17、21.94 d;  $D_t$  由对照的 4.20 d 分别延长至 5.43、5.55 d;  $P < 0.05$ )。由此可见, 哒螨灵亚致死剂量对酢浆草岩螨试验种群的增长有抑制作用。

**关键词:** 酢浆草岩螨; 哒螨灵; 亚致死效应; 生命表参数

## Sublethal effects of pyridaben on the development and reproduction of *Petrobia harti*

HE Heng-guo

Ministry of Education Key Laboratory of Southwest China Wildlife Resources Conservation, College of Life Science, China West Normal University, Nanchong 637009, China

**Abstract:** *Petrobia harti* is a very serious worldwide pest mite harming *Oxalis corymbosa*, and pyridaben as a broad-spectrum, contact-killing acaricide that is highly effective against *P. harti*. To clarify the sublethal effects of pyridaben on *P. harti* and provide data for developing comprehensive control strategies for this mite with minimal usage of pyridaben, the toxicity of pyridaben against *P. harti* was determined by a leaf impregnation method. The sublethal doses used were determined by a regression equation of *P. harti* death rate on pyridaben concentration, in order to identify concentrations predicted to be lethal to 10% or 20% of a test population of mites ( $LC_{10}$  and  $LC_{20}$ , respectively). The effects of the  $LC_{10}$  and  $LC_{20}$  sublethal pyridaben doses on the development, fertility and life-history parameters of *P. harti* were evaluated by establishing a life table. It was found that the fecundity of *P. harti* was significantly decreased after treatment with the sublethal doses of pyridaben ( $P < 0.05$ ) with the number of eggs laid per female reduced, respectively, by 53.37% and 55.46% in the  $F_0$  generation and 41.34% and 45.24% in the  $F_1$  generation in the  $LC_{10}$  and  $LC_{20}$  treatments, compared to

收稿日期: 2020-03-24; 改回日期: 2020-05-25

基金项目: 四川省教育厅重点项目 (17ZA0388) 和西华师范大学英才基金项目 (17YC327) 资助。

作者简介: 何恒果 (1978-), 女, 四川宜宾人, 副教授, 博士。E-mail: hengguohe@163.com

the controls. Similarly, the oviposition duration was significantly shortened, respectively, by 3.11 and 4.75 days in  $F_0$  generation and 3.47 and 2.81 days in the  $F_1$  generation. The average adult longevity was also significantly shortened, respectively, by 1.45 and 2.04 days in the  $F_0$  generation and 3.24 and 4.00 days in the  $F_1$  generation. Compared to the control, after treatment with sublethal pyridaben doses, the net reproductive rate ( $R_0$ ), intrinsic rate of increase ( $r_m$ ) and finite rate of increase ( $\lambda$ ) of *P. harti* were all significantly decreased in the  $LC_{10}$  and  $LC_{20}$  treatments (the  $R_0$  from 28.54 to 16.91 and 15.48; the  $r_m$  from 0.1650 to 0.1276 and 0.1249; the  $\lambda$  from 1.17941 to 1.1435 and 1.1330;  $P < 0.05$ ), while the mean generation time ( $T$ ) and the population doubling time ( $Dt$ ) were both significantly prolonged (the  $T$  from 20.31 to 22.17 and 21.94 days; the  $Dt$  from 4.20 to 5.43 and 5.55 days, respectively;  $P < 0.05$ ). The results indicated that the sublethal doses of pyridaben at  $LC_{10}$  and  $LC_{20}$  decreased the development rate and fecundity of laboratory populations of *P. harti*.

**Key words:** *Petrobia harti*; pyridaben; sublethal effect; life-table parameters

红花酢浆草(*Oxalis corymbosa*)不仅因为花色鲜艳、花蜜和花粉丰富,花期长、生长迅速且易于成活被广泛应用于园林绿化和蜜源植物等方面,而且因其具有清热解毒、利湿消肿、清肺化痰的功效也被作为药用植物广泛栽种<sup>[1-4]</sup>。酢浆草岩螨(*Petrobia harti*),又名酢浆草如叶螨,俗称酢浆草红蜘蛛,是危害红花酢浆草的主要害虫(螨),以幼螨、若螨、成螨刺吸叶片汁液,使叶片形成许多黄白色小点,严重时密集成片,可造成全叶发黄枯萎<sup>[3-5]</sup>。一直以来对酢浆草岩螨的防治以化学农药为主,但长期的化学防治极易使该螨产生抗药性<sup>[6-7]</sup>。选择高效低毒的杀螨剂防治酢浆草岩螨,并对所选用杀螨剂进行全面评估势在必行。哒螨灵是一类广谱性杀螨剂,作为线粒体呼吸抑制剂,对成螨、若螨和幼螨均有效,因其用量少、见效快、击倒率高而成为发展最快、使用最多的杀螨剂,广泛用于防治各种叶螨,其中包括酢浆草岩螨<sup>[6-8]</sup>。但杀虫(螨)剂施用于田间后,随着时间的推移和昆虫(螨)个体间的差异,会产生亚致死效应,表现为昆虫(螨)的繁殖力、生长发育、生态行为和抗药性等方面的改变<sup>[9-10]</sup>。因此,要全面评价一种杀虫(螨)剂,不仅要看它对害虫(螨)的致死作用,还要考虑其亚致死效应。有研究发现,哒螨灵亚致死剂量对二斑叶螨(*Tetranychus urticae*)<sup>[11]</sup>、土耳其斯坦叶螨(*Tetranychus turkestani*)<sup>[12]</sup>、荔枝叶螨(*Oligonychus litchii*)<sup>[13]</sup>、截形叶螨(*Tetranychus truncatus*)<sup>[14]</sup>的种群增长有抑制作用,但对茶橙瘿螨(*Acaephylla theae*)表现为增加当代( $F_0$ )雌成螨产卵量降低 $F_1$ 代雌成螨产卵的作用<sup>[15]</sup>。到目前为止,有关哒螨灵对酢浆草岩螨的亚致死效应还未见报道。为此,本研究采用带螨叶片浸渍法测定哒螨灵对酢浆草岩螨的毒力,确定亚致死剂量,研究亚致死剂量哒螨灵对酢浆草岩螨当代( $F_0$ )及后代( $F_1$ )生长发育及繁殖的影响,为酢浆草岩螨的综合防治及哒螨灵的合理应用提供理论依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 供试螨源及药剂

供试螨源:酢浆草岩螨于2019年6月采自四川省南充市西华师范大学校园内红花酢浆草上,在人工气候箱内用盆栽红花酢浆草饲养多代后使用,饲养期间未接触任何药剂。饲养及试验条件为温度( $26 \pm 1$ ) $^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度70%~75%、光周期14 h光照/10 h黑暗。

15%哒螨灵(pyridaben)乳油由江苏蓝丰生物化工股份有限公司生产。

### 1.2 生物测定

采用带螨叶片浸渍法进行生物测定<sup>[16]</sup>。先用清水将哒螨灵稀释成6个浓度,然后随机从室内红花酢浆草上挑取大小一致、行动活泼的前若螨40头于红花酢浆草叶碟(直径5 cm)上,待其稳定后用镊子夹住带螨叶片浸入预先配制的药液5 s,取出后迅速用吸水纸吸掉螨体及叶片上多余的药液,放入垫有吸水海绵和棉花的培养皿内(培养皿内加浅水形成孤岛状以防叶螨外逃和叶片干枯)。培养皿置于1.1所述条件的人工气候箱内,24 h检查结果,计算死亡率。重复3次,以清水处理为对照(control)。

### 1.3 亚致死效应的测定

随机从室内盆栽红花酢浆草上挑取大小一致、行动活泼的酢浆草岩螨前若螨约 150 头于叶碟上,将带螨叶片浸入预先配好的浓度为 3.471 (LC<sub>10</sub>)或 5.395 mg · L<sup>-1</sup> (LC<sub>20</sub>)的哒螨灵药液 5 s,取出,迅速吸掉螨体及叶片上多余的药液,放入之前的培养皿内。24 h 后,将健壮活泼的螨移至新鲜叶片上进行单头饲养,羽化为成螨后进行雌雄配对,保留 20 对(不足的雄螨从备用中挑取),单对饲养,继续观察其产卵情况和死亡情况[考察对当代(F<sub>0</sub>)的影响]。待 F<sub>0</sub> 代雌成螨达到产卵高峰期时,挑取同一时段(12 h 内)所产卵共约 150 粒(20 对中每对所产卵里各挑取 6~8 粒)组成 F<sub>1</sub> 代,观察其孵化情况;待卵孵化后,将孵化后的幼螨转移至新鲜的酢浆草叶碟上进行单独饲养,每天记录蜕皮及存活情况;F<sub>1</sub> 代至发育为成螨后记录好雌雄比例,同时将雌雄螨配对,保留 20 对(不足的雄螨从备用中挑取),单对饲养,每天记录产卵与死亡情况,并随机留取部分卵(F<sub>2</sub> 代)发育为成螨记录雌雄比。重复 3 次,以清水处理作为对照(control)。

### 1.4 数据处理

采用 SPSS 22.0 软件计算哒螨灵的毒力回归方程<sup>[17]</sup>,得出 LC<sub>10</sub>、LC<sub>20</sub> 及 LC<sub>50</sub>;并用该软件 Duncan's 新复极差法分析不同处理组酢浆草岩螨发育历期、成螨寿命、繁殖力等的差异显著性。参照丁岩钦<sup>[18]</sup>的方法构建生命表:

净繁殖率  $R_0 = \sum l_x m_x$ ; 平均世代历期  $T = \sum x l_x m_x / \sum l_x m_x$ ; 内禀增殖力  $r_m = \ln R_0 / T$ ; 周限增长速率  $\lambda = \exp(r_m)$ ; 种群加倍时间  $Dt = \ln 2 / r_m$ 。式中:  $x$  为时间间隔(d),  $l_x$  表示个体在  $x$  期间的存活率,  $m_x$  表示个体在  $x$  期间的平均每雌产雌量(头)。

## 2 结果与分析

### 2.1 哒螨灵对酢浆草岩螨的毒力

哒螨灵对酢浆草岩螨有较强的毒力,其毒力回归方程为  $y = -2.523 + 2.296x$ ,皮尔逊拟合度的卡方检验显著水平为 4.295 ( $P > 0.15$ ),可以判断方程式对数据的拟合度是满意的。通过毒力回归方程计算出致死中浓度(LC<sub>50</sub>)为 12.547 mg · L<sup>-1</sup>,95%的置信限为 10.830~14.425 mg · L<sup>-1</sup>,确定 LC<sub>10</sub> 3.471 mg · L<sup>-1</sup>和 LC<sub>20</sub> 5.395 mg · L<sup>-1</sup>为后续试验浓度。

### 2.2 哒螨灵亚致死剂量对酢浆草岩螨 F<sub>0</sub> 代的影响

用哒螨灵 LC<sub>10</sub>、LC<sub>20</sub> 两种亚致死剂量处理酢浆草岩螨若螨后,与对照相比试验种群当代羽化率有所下降,但差异不显著 ( $P > 0.05$ );单雌产卵量显著下降 ( $P < 0.05$ ),与对照相比分别下降了 53.37%、55.46%;产卵期与成螨寿命均显著缩短 ( $P < 0.05$ ),与对照相比分别缩短了 3.11、4.75 d 与 1.45、2.04 d。后代雌性比例有所增加,但与对照相比差异不显著 ( $P > 0.05$ );两处理间差异均不显著 ( $P > 0.05$ ) (表 1)。总体来看,哒螨灵亚致死剂量可以显著降低酢浆草岩螨当代存活率、成螨寿命和产卵量。

表 1 哒螨灵亚致死剂量对当代成螨生物学特征的影响

Table 1 Effect of sublethal dosages of pyridaben on biological traits of F<sub>0</sub> generation of *P. harti* adults

处理 Treatment	羽化率 Emergence rate (%)	单雌产卵量 Number of laid eggs per female	产卵期 Oviposition duration (d)	成螨寿命 Adult longevity (d)	后代雌性比 Proportion of female of F <sub>1</sub> generation [♀/(♀+♂)] (%)
Control (%)	92.77±7.48a	46.92±3.61a	14.79±0.81a	17.03±0.86a	86.88±7.02a
LC <sub>10</sub>	87.30±6.21a	21.88±2.03b	11.68±0.73b	15.58±0.37b	88.64±6.31a
LC <sub>20</sub>	88.26±7.34a	20.90±1.99b	10.04±1.01b	14.99±0.51b	89.02±9.18a

注:表中数字为平均值±标准差,同列数据后不同小写字母表示差异显著 ( $P < 0.05$ ),下同。

Note: Data in the table are mean±SD, and different small letters in the same column indicate significant differences ( $P < 0.05$ ). The same below.

### 2.3 哒螨灵亚致死剂量对酢浆草岩螨 $F_1$ 代的影响

**2.3.1 哒螨灵亚致死剂量对酢浆草岩螨  $F_1$  代发育历期的影响** 哒螨灵  $LC_{10}$ 、 $LC_{20}$  两种亚致死剂量处理酢浆草岩螨若螨后,其  $F_1$  代的卵期、若螨期与对照相比差异均不显著( $P>0.05$ );幼螨期与产卵前期与对照相比有所延长,其中  $LC_{20}$  处理组与对照差异显著( $P<0.05$ );成螨寿命显著缩短( $P<0.05$ ),与对照相比分别缩短了 3.24、4.00 d;两处理间除产卵前期外差异均不显著( $P>0.05$ )(表 2)。

**2.3.2 哒螨灵亚致死剂量对酢浆草岩螨  $F_1$  代存活率和生殖力的影响** 哒螨灵亚致死剂量对酢浆草岩螨  $F_1$  代的存活和繁殖有较大影响,经  $LC_{10}$ 、 $LC_{20}$  处理后,其试验种群  $F_1$  代的孵化率、羽化率与对照相比分别下降了 7.01%、6.28%与 5.60%、6.63%,但均无显著差异( $P>0.05$ );产卵期显著缩短( $P<0.05$ ),与对照相比分别缩短了 3.47、2.81 d;单雌产卵量也显著降低( $P<0.05$ ),与对照相比分别下降了 41.34%、45.24%;后代( $F_2$ )雌性比例显著增大( $P<0.05$ ),与对照相比分别增加了 11.78%、6.61%;两处理组之间均无显著差异( $P>0.05$ )(表 3)。

**2.3.3 哒螨灵亚致死剂量对酢浆草岩螨  $F_1$  代种群参数的影响** 哒螨灵亚致死剂量对酢浆草岩螨  $F_1$  代生命表参数影响较大,经  $LC_{10}$ 、 $LC_{20}$  处理后,其  $F_1$  代净增殖率( $R_0$ )、内禀增长率( $r_m$ )、周限增长率( $\lambda$ )与对照相比均显著下降( $R_0$  由对照的 28.54 分别降至 16.91、15.48; $r_m$  由对照的 0.1650 分别降低至 0.1276、0.1249; $\lambda$  由对照的 1.1794 分别降低为 1.1435、1.1330;  $P<0.05$ ),平均世代历期( $T$ )和种群加倍时间( $Dt$ )与对照相比均显著延长( $T$  由对照的 20.31 d 分别延长至 22.17、21.94 d; $Dt$  由对照的 4.20 d 分别延长至 5.43、5.55 d;  $P<0.05$ );除平均世代历期外, $LC_{20}$  处理组比  $LC_{10}$  处理组变化相对更大,但两处理间均无显著差异( $P>0.05$ )(表 4)。

表 2 哒螨灵亚致死剂量对酢浆草岩螨  $F_1$  代发育历期的影响

Table 2 Effect of sublethal dosages of pyridaben on developmental duration of  $F_1$  generation of *P. harti* (d)

处理 Treatment	卵期 Eggs period	幼螨期 Larva period	若螨期 Nymph period	产卵前期 Pre-oviposition period	未成熟期 Immature stag	成螨寿命 Adult longevity
Control	5.83±0.32a	2.28±0.14b	4.71±0.36a	1.70±0.11b	14.82±1.07a	16.95±1.01a
$LC_{10}$	5.96±0.12a	2.49±0.06ab	4.52±0.54a	1.78±0.05b	14.75±0.87a	13.71±0.74b
$LC_{20}$	5.93±0.03a	2.97±0.50a	4.60±0.02a	1.94±0.15a	15.44±0.70a	12.95±0.64b

表 3 哒螨灵亚致死剂量对酢浆草岩螨  $F_1$  代生物学特征的影响

Table 3 Effect of sublethal dosages of pyridaben on biological traits of  $F_1$  generation of *P. harti*

处理 Treatment	孵化率 Hatching rate (%)	羽化率 Emergence rate (%)	单雌产卵量 Number of laid eggs per female	产卵期 Oviposition duration (d)	后代雌性比 Proportion of female of $F_2$ generation [♀/(♀+♂)] (%)
Control	83.41±5.98a	95.26±4.92a	42.33±2.03a	14.82±1.01a	73.52±2.00b
$LC_{10}$	77.56±6.67a	89.93±6.73a	24.83±1.06b	11.35±0.47b	82.18±2.28a
$LC_{20}$	78.17±7.42a	88.94±6.22a	23.18±1.88b	12.01±0.76b	78.38±2.57a

表 4 哒螨灵亚致死剂量处理对  $F_1$  代酢浆草岩螨生命表参数的影响

Table 4 Effect of sublethal dosages of pyridaben on life table parameters of  $F_1$  generation of *P. harti*

处理 Treatment	净增殖率 Net reproduction rate ( $R_0$ )	内禀增长率 Intrinsic increase rate ( $r_m$ )	周限增长率 Finite increase rate ( $\lambda$ )	平均世代历期 Mean generation time ( $T$ , d)	种群加倍时间 Doubling time ( $Dt$ , d)
Control	28.54±1.36a	0.1650±0.0061a	1.1794±0.0143a	20.31±0.51b	4.20±0.16b
$LC_{10}$	16.91±0.97b	0.1276±0.0061b	1.1435±0.0321b	22.17±0.67a	5.43±0.38a
$LC_{20}$	15.48±0.67b	0.1249±0.0060b	1.1330±0.0503b	21.94±0.45a	5.55±0.25a

### 3 讨论

有研究表明,一些药剂的亚致死剂量能刺激叶螨繁殖,使种群发展加快,另一些药剂则表现为降低叶螨的生长发育和繁殖,使种群发展减慢<sup>[19-26]</sup>。本试验用哒螨灵 LC<sub>10</sub>、LC<sub>20</sub> 处理酢浆草岩螨若螨后,试验种群当代和后代(F<sub>1</sub>)雌成螨的产卵量显著降低,成螨寿命显著缩短,种群数量减小。这与前人研究哒螨灵对二斑叶螨<sup>[11]</sup>、土耳其斯坦叶螨<sup>[12]</sup>、荔枝叶螨<sup>[13]</sup>、截形叶螨<sup>[14]</sup>的亚致死效应结果一致,表明哒螨灵对多种叶螨的亚致死效应表现为降低试验种群生长发育和繁殖,抑制其种群发展。胡桂萍等<sup>[15]</sup>对茶橙瘿螨的研究发现,哒螨灵亚致死剂量 LC<sub>10</sub>、LC<sub>20</sub>、LC<sub>50</sub>可刺激其当代成螨产卵,本研究结果与其不同。但他们继续观察发现,这些试验种群后代(F<sub>1</sub>)产卵量下降,从这点看,哒螨灵亚致死剂量仍然具有潜在的降低茶橙瘿螨种群数量的作用。

比较种群生命表参数是评价药剂对昆虫(螨)种群全面影响的重要方法,其中内禀增长率  $r_m$  是推测种群增长或降低的重要参数<sup>[27-28]</sup>。本试验结果显示亚致死剂量的哒螨灵处理后的酢浆草岩螨种  $r_m$  与对照相比显著下降,这与前人在研究哒螨灵对其他多种叶螨亚致死效应结果一致<sup>[11-14]</sup>,进一步说明哒螨灵亚致死剂量可以降低大多数叶螨种群。有研究发现用药对象的龄期也影响其种群参数,如阿维菌素亚致死剂量处理柑橘全爪螨(*Panonychus citri*)成螨和若螨后,两个种群的当代和子代产卵量显著下降,短期内看两种处理对试验种群增长都有明显抑制作用;但子代  $r_m$  却差异明显,成螨处理组后代  $r_m$  显著下降,若螨处理组后代  $r_m$  显著上升,F<sub>2</sub> 代比 F<sub>1</sub> 代更明显<sup>[29]</sup>。因此要评判农药是否具有潜在的刺激或抑制害虫种群发展是一个复杂的问题,不仅要考虑用药的龄期差异,也需要一个长期连续的观察以进行综合评价。

此外,农药对害虫(螨)天敌也会产生影响,在评价农药对害虫(螨)防治效果上也需要考虑。有研究发现,哒螨灵对叶螨的多种天敌如巴氏钝绥螨(*Amblyseius barkeri*)<sup>[30]</sup>、巴氏新小绥螨(*Neoseiulus barkeri*)<sup>[31]</sup>、沃氏新小绥螨(*Neoseiulus womersleyi*)<sup>[32]</sup>、智利小植绥螨(*Phytoseiulus persimilis*)<sup>[32]</sup>都有较强的毒性,并抑制这些天敌种群的增长,这在某种程度上降低了这些捕食螨在田间对叶螨的自然控制力。因此,哒螨灵的田间使用还需在调查田间天敌发生情况的基础上选择合适的时机进行。

### 4 结论

亚致死剂量的哒螨灵能够显著降低 F<sub>0</sub> 和 F<sub>1</sub> 代酢浆草岩螨成螨的单雌产卵量,缩短 F<sub>0</sub> 和 F<sub>1</sub> 代产卵期和成螨寿命。生命表参数分析表明,与对照相比,哒螨灵 LC<sub>10</sub> 和 LC<sub>20</sub> 处理组的净增殖率( $R_0$ )、内禀增长率( $r_m$ )、周限增长率( $\lambda$ )均显著下降,且 LC<sub>20</sub> 比 LC<sub>10</sub> 下降幅度更大;平均世代历期( $T$ )以及种群加倍时间( $Dt$ )显著延长。说明亚致死剂量的哒螨灵能够抑制酢浆草岩螨种群的增长。

### 参考文献 References:

- [1] Zhang Z Y, Liu H F, Yu H, *et al.* Observation and study on nectar source of *Oxalis corybosa*. *Journal of Bee*, 2005, 25(11): 7-8.  
张中印, 刘荷芬, 余昊, 等. 铜锤草蜜源的观察与研究. *蜜蜂杂志*, 2005, 25(11): 7-8.
- [2] Zhao Y G, Wang L S, Fan Y J, *et al.* Comparison on the contents of the total flavonoid in herba *Oxalidis comiculatae*. *Lishizhen Medicine and Materia Medica Research*, 2011, 22(1): 81-82.  
赵跃刚, 王隶书, 范艳君, 等. 酢浆草药材中总黄酮的含量测定. *时珍国医国药*, 2011, 22(1): 81-82.
- [3] Qin X F, Wang G C, Wang L H, *et al.* Threshold temperature and effective accumulated temperature of *Petrobia (Tetranychina) hatri*. *Plant Protection*, 2013, 39(4): 103-105.  
秦雪峰, 王国昌, 王刘豪, 等. 酢浆草岩螨的发育起点温度和有效积温. *植物保护*, 2013, 39(4): 103-105.
- [4] Yang L H, Chen G S, Jia X D, *et al.* Research on toxicities and synergism of several pesticides against the oxalis spider mite, *Tetranychina hatri*. *Journal of Environmental Entomology*, 2017, 39(6): 1382-1386.  
杨丽红, 陈光升, 贾小东, 等. 几种杀虫剂对酢浆草如叶螨的毒力及增效作用研究. *环境昆虫学报*, 2017, 39(6): 1382-1386.
- [5] Zheng X G, Hong X Y. An overview of the research on the oxalis spider mite. *Chinese Bulletin of Entomology*, 2007, 44(5): 647-651.  
郑兴国, 洪晓月. 酢浆草如叶螨研究概述. *昆虫知识*, 2007, 44(5): 647-651.

- [6] Wang D L. Effect of several miticides on controlling *Oxalis corymbosa* rock acarid under field condition. Grassland and Turf, 2007, 124(5): 60–61, 64.  
王答龙. 几种杀螨剂防治红花酢浆草岩螨田间试验. 草原与草坪, 2007, 124(5): 60–61, 64.
- [7] You X M, Liang G H. Study on the resistance of *Petrobia harti*. Modern Agricultural Sciences and Technology, 2011, (5): 157.  
尤喜妹, 梁国辉. 酢浆草岩螨抗药性研究. 现代农业科技, 2011, (5): 157.
- [8] The Ministry of Chemical Industry of the People's Republic of China. 15% pyridaben EC, HG2803-1996. Beijing: Chemical Industry Press, 1997.  
中华人民共和国化学工业部. 15%吡螨灵乳油标准, HG2803-1996. 北京: 化学工业出版社, 1997.
- [9] Wang X Y. Sublethal effects of insecticides on insects. World Pesticides, 2004, 26(3): 24–27.  
王小艺. 杀虫剂对昆虫的亚致死效应. 世界农药, 2004, 26(3): 24–27.
- [10] Han W S, Wang L H, Sun H H, et al. Research progress on sublethal effects of insecticides on insect. China Plant Protection, 2011, 31(11): 15–19.  
韩文素, 王丽红, 孙姗姗, 等. 杀虫剂对昆虫的亚致死效应的研究进展. 中国植保导刊, 2011, 31(11): 15–19.
- [11] Kim M, Sim C, Shin D, et al. Residual and sublethal effects of fenpyroximate and pyridaben on the instantaneous rate of increase of *Tetranychus urticae*. Crop Protection, 2006, 25(6): 542–548.
- [12] Gu Q Y, Chen W B, Wang L J, et al. Effects of sublethal dosage of abamectin and pyridaben on life table of laboratory populations of *Tetranychus turkestanii* (Acari: Tetranychidae). Acta Entomologica Sinica, 2010, 53(8): 876–883.  
谷清义, 陈文博, 王利军, 等. 阿维菌素和吡螨灵亚致死剂量对土耳其斯坦叶螨实验种群生命表的影响. 昆虫学报, 2010, 53(8): 876–883.
- [13] Xu S, Chen K G, Yao Q, et al. Sublethal effects of pyridaben on *Oligonychus litchii*. Journal of Fruit Science, 2014, 31(5): 927–930.  
徐淑, 陈凯歌, 姚琼, 等. 吡螨灵对荔枝叶螨的亚致死效应. 果树学报, 2014, 31(5): 927–930.
- [14] Guo J M, Shen H M, Yue X L, et al. Sublethal effects of sublethal dose of tebufenpyrad and pyridaben on the *Tetranychus truncatus*. Plant Protection, 2014, 40(4): 45–49.  
郭金梅, 沈慧敏, 岳秀丽, 等. 吡螨胺和吡螨灵亚致死剂量对截形叶螨的亚致死效应. 植物保护, 2014, 40(4): 45–49.
- [15] Hu G P, Shi X P, Zhang G B, et al. Effects of sublethal dose of pyridaben on *Acaephylla theae* Watt population. Journal of Agriculture, 2016, 6(8): 29–32.  
胡桂萍, 石旭平, 张国彪, 等. 吡螨灵亚致死浓度对茶橙瘦螨种群的影响. 农学学报, 2016, 6(8): 29–32.
- [16] Meng H S. Comparison of two biological methods for the determination of the virulence of acaricides. Plant Protection, 2002, 28(3): 49–51.  
孟和生. 两种生测方法对杀螨剂毒力测定结果的影响比较. 植物保护, 2002, 28(3): 49–51.
- [17] Tao S Q, Wu F A. Analysis on toxicity of 40% Lesang (chlorpyrifos) to *Tetranychus cinnabarinus* with SPSS. Guangxi Sericulture, 2005, 42(4): 24–28.  
陶士强, 吴福安. 40%乐桑乳油对朱砂叶螨毒力测定的 SPSS 分析. 广西蚕业, 2005, 42(4): 24–28.
- [18] Ding Y Q. Insect mathematics ecology. Beijing: Science Press, 1994: 153–170.  
丁岩钦. 昆虫数学生态学. 北京: 科学出版社, 1994: 153–170.
- [19] Jones V P, Parrell M P. The sublethal effects of selected insecticides on life table parameters of *Panonychus citri* (Acari: Tetranychidae). The Canadian Entomologist, 1984, 116(7): 1033–1040.
- [20] Luckey T D. Insecticide hormoligosis. Journal of Economic Entomology, 1968, 61(1): 7–12.
- [21] Gerson U, Cohen E. Resurgences of spider mites (Acari: Tetranychidae) induced by synthetic pyrethroids. Experimental and Applied Acarology, 1989, 6(1): 29–46.
- [22] Chen D M, Chen W M. Studies on the effect of two pyrethroids on the development of citrus red mite. Acta Phytologica Sinica, 1990, 17(3): 279–282.  
陈道茂, 陈卫民. 二种拟除虫菊酯对桔全爪螨繁殖的影响. 植物保护学报, 1990, 17(3): 279–282.
- [23] He H G, Yan X H, Wang J J, et al. Sublethal effects of fenpropathrin and avermectin on *Panonychus citri* (Acari: Tetranychidae). Chinese Journal of Applied Ecology, 2016, 27(8): 2629–2635.  
何恒果, 闫香慧, 王进军, 等. 甲氰菊酯和阿维菌素对柑橘全爪螨的亚致死效应. 应用生态学报, 2016, 27(8): 2629–2635.
- [24] Marcic D. Sublethal effects of spirodiclofen on life history and life-table parameters of two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae*). Experimental and Applied Acarology, 2007, 42(2): 121–129.
- [25] Marcic D, Ogurlic I, Mutavdzic S, et al. The effects of spiromesifen on life history traits and population growth of two-spot-

- ted spider mite (Acari: Tetranychidae). *Experimental and Applied Acarology*, 2010, 50(3): 255–267.
- [26] Marcic D, Petronijevic S, Drobnjakovic T, *et al.* The effects of spirotetramat on life history traits and population growth of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). *Experimental and Applied Acarology*, 2012, 56(2): 113–122.
- [27] Stark J D, Tanigoshi L, Bounfour M, *et al.* Reproductive potential: Its influence on the susceptibility of a species to pesticides. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 1997, 37(3): 273–279.
- [28] Kammenga J, Laskowsk R. *Demography in Ecotoxicology*. New York: John Wiley, 2000.
- [29] He H G, Jiang H B, Zhao Z M, *et al.* Effects of a sublethal concentration of avermectin on the development and reproduction of citrus red mite, *Panonychus citri* (McGregor) (Acari: Tetranychidae). *International Journal of Acarology*, 2011, 37(1): 1–9.
- [30] Wang Y C. *Studies on toxicity and sublethal effects of insecticides (Acaricides) to Amblyseius barkeri*. Chongqing: Southwest University, 2009.  
王允场. 几种杀虫螨剂对巴氏钝螨绥的毒力及亚致死效应研究. 重庆: 西南大学, 2009.
- [31] Ru Y. *Study on sublethal effects of abamectin and pyridaben to Neoseiulus barkeri* (Hughes). Lanzhou: Gansu Agricultural University, 2016.  
汝阳. 阿维菌素和哒螨灵对巴氏新小绥螨的亚致死效应研究. 兰州: 甘肃农业大学, 2016.
- [32] Park J J, Kim M, Lee J H, *et al.* Sublethal effects of fenpyroximate and pyridaben on two predatory mite species, *Neoseiulus womersleyi* and *Phytoseiulus persimilis* (Acari, Phytoseiidae). *Experimental and Applied Acarology*, 2011, 54(3): 243–259.