

研究报告

Research Reports

新烟碱类杀虫剂亚致死剂量对麦长管蚜和棉蚜取食行为的影响

彭建红, 李耀发, 高占林, 党志红, 安静杰, 潘文亮*

(河北省农林科学院植物保护研究所, 河北省农业有害生物综合防治工程技术研究中心,
农业部华北北部作物有害生物综合治理重点实验室, 保定 071000)

摘要 为了明确新烟碱类杀虫剂亚致死剂量对麦长管蚜和棉蚜拒食作用的差异,通过铷标记法、蜜露法以及两种蚜虫体内总糖、总脂含量的测定研究了新烟碱类杀虫剂亚致死剂量对麦长管蚜和棉蚜取食的影响。结果表明,铷标记法和蜜露法测定的新烟碱类杀虫剂亚致死剂量对麦长管蚜的拒食率均在80%以上,而对棉蚜的拒食率均在25%以下。蚜虫体内总糖总脂含量测定结果表明,新烟碱类杀虫剂亚致死剂量处理后麦长管蚜体内总糖、总脂含量均显著低于对照,而棉蚜体内总糖、总脂含量与对照均无显著差异。三种方法测定结果一致表明新烟碱类杀虫剂亚致死剂量对麦长管蚜具有很强的拒食作用,而对棉蚜没有明显的拒食作用。

关键词 麦长管蚜; 棉蚜; 新烟碱类杀虫剂; 拒食作用

中图分类号: S 482.3 **文献标识码:** A **DOI:** 10.16688/j.zwbh.2018348

Effects of the sublethal dose of neonicotinoid insecticides on the feeding behavior of *Sitobion miscanthi* and *Aphis gossypii*

PENG Jianhong, LI Yaofa, GAO Zhanlin, DANG Zhihong, AN Jingjie, PAN Wenliang

(Institute of Plant Protection, Hebei Academy of Agricultural and Forestry Sciences, IPM
Center of Hebei Province, Key Laboratory of Integrated Pest Management on Crops in
Northern Region of North China, Ministry of Agriculture, Baoding 071000, China)

Abstract The differences in the effects of sublethal dose of neonicotinoid insecticides on the feeding behavior of *Sitobion miscanthi* and *Aphis gossypii* were studied by using marking method with trace element Rb, honeydew method and determination of the changes in the contents of total sugars and total lipids of aphids. The results of Rb marking method and honeydew method showed that the antifeedant rates of sublethal dose of neonicotinoids against *S. miscanthi* were all above 80%. However, the antifeedant rates of sublethal dose of neonicotinoids against *A. gossypii* were all below 25%. The contents of total sugars and lipids in *S. miscanthi* were significantly lower in neonicotinoids-treated aphids than in the control, while there was no significant difference between treated *A. gossypii* and the control. These results indicated that the sublethal dose of neonicotinoids had a significant antifeedant effect on *S. miscanthi*, but there was no obvious antifeedant effect on *A. gossypii*.

Key words *Sitobion miscanthi*; *Aphis gossypii*; neonicotinoid insecticide; antifeedant effect

亚致死剂量杀虫剂可以对昆虫的一些行为产生影响,如对昆虫产生拒食、忌避、引诱等作用^[1]。新烟碱类杀虫剂是近年来不断发展的一类可以有效防治刺吸式口器害虫的新颖杀虫剂,具有触杀、内吸、

胃毒、拒食等多种作用方式^[2],在作物体内低含量的情况下仍能保护作物免受害虫为害,表现为拒食作用。国内外在新烟碱类杀虫剂的拒食作用方面已有一定的研究^[3-5]。范文超等^[6]的研究发现,小麦经吡

收稿日期: 2018-08-07 修订日期: 2018-09-18

基金项目: 国家重点研发计划(2017YFD0201906);河北省现代农业产业技术体系(HBCT2018040204);河北省农林科学院财政项目(F17R10006);河北省自然科学基金(C2017301067)

* 通信作者 E-mail: pwenliang@163.com

虫啉拌种后,在小麦孕穗期及灌浆期仅能检测到微量的吡虫啉,但其对麦蚜仍表现出较高的拒食作用。Devine 等^[7]研究发现吡虫啉低剂量可对桃蚜和烟蚜的取食行为产生明显的影响,表现出强烈的拒食作用。

已有研究表明吡虫啉等新烟碱类杀虫剂拌种防治小麦蚜虫具有优异的防治效果和超长的持效期,在整个小麦生长期无需再进行麦蚜防治^[8-11]。但是,与小麦拌种相比,该类药剂棉花拌种后对棉蚜田间持效期仅可维持 40 d 左右,只能保证棉花苗期不需药剂防治^[12-14]。

本研究采用铷(Rb)标记法、蜜露法以及蚜虫体内总糖、总脂含量测定等方法研究新烟碱类杀虫剂亚致死剂量对麦长管蚜和棉蚜取食行为的影响,以明确新烟碱类杀虫剂亚致死剂量对两种蚜虫拒食作用差异的原因,本研究对新烟碱类杀虫剂的合理使用具有重要的理论和指导意义。

1 材料与方法

1.1 材料

供试药剂:98.5%吡虫啉原药,拜耳作物科学公司;97.1%啶虫脒原药,河北三农农用化工有限公司;96.0%烯啶虫胺原药,河北德美化工有限责任公司;98.3%噻虫啉原药,拜耳作物科学公司;99.1%噻虫嗪原药,先正达南通作物保护有限公司;98.0%噻虫胺原药,拜耳作物科学公司;95.0%呋虫胺原药,河北三农农用化工有限公司;96.3%吡蚜酮原药,河北嘉博农业有限公司。

将供试 7 种新烟碱类杀虫剂(吡虫啉、啶虫脒、烯啶虫胺、噻虫啉、噻虫嗪、噻虫胺、呋虫胺)原药分别以丙酮为溶剂溶解配制成一定浓度的母液。将吡蚜酮原药首先用适量的 N-N-二甲基甲酰胺及二甲基亚砜溶剂完全溶解,然后用丙酮溶剂定容,最终配制成 10 mg/mL 的备用母液。

供试虫源:麦长管蚜 *Sitobion miscanthi* (Takahashi)于 2016 年 5 月采自中国农业科学院廊坊试验基地田间自然种群,棉蚜 *Aphis gossypii* Glover 于 2015 年 8 月采自河北省沧州市献县棉田,均饲养于河北省农林科学院植物保护研究所养虫室[简称养虫室,下同。温度(20±2)℃,相对湿度 60%~70%,L/D=16 h//8 h],在不接触任何药剂的情况下室内连续饲养多代。选择身体健壮、生理状态

一致的无翅成蚜供试。

供试作物:小麦品种为‘石新 733’原种,产自河北省农林科学院小麦种植基地;棉花品种为‘鲁研棉 20 号’,山东棉花研究中心提供。供试作物的培养采用水培法^[15],小麦植株培养到两叶一心期,棉花植株培养到两真叶期备用。将各供试药剂母液用含有 0.1%吐温 80 的营养液进行稀释,按照各供试药剂的 LC₂₅ 浓度配制含药营养液(表 1,LC₂₅ 浓度由前期试验测定所得),小麦植株水培 24 h,棉花植株水培 48 h 备用。以含有 0.1%吐温 80 的营养液水培植株作空白对照,吡蚜酮为药剂对照。

主要仪器与试剂:7700x 电感耦合等离子体质谱仪,美国安捷伦科技有限公司;VHX-1000 超景深三维显微镜,日本 KEYENCE 公司;Synergy H1 酶标仪,美国伯腾仪器有限公司;Rb₂SO₄,上海麦克林生化科技有限公司;溴甲酚绿指示剂,天津市光复精细化工研究所;蒽酮,上海源叶生物科技有限公司;香兰素,北京索莱宝科技有限公司。

表 1 8 种杀虫剂对麦长管蚜和棉蚜的毒力

Table 1 Toxicity of 8 insecticides to *Sitobion miscanthi* and *Aphis gossypii*

药剂 Insecticide	亚致死浓度(LC ₂₅)(95%置信限)/mg·L ⁻¹ LC ₂₅ of tested insecticides to two aphid species (95% CL)	
	麦长管蚜 <i>S. miscanthi</i>	棉蚜 <i>A. gossypii</i>
吡虫啉 imidacloprid	1.53(0.00~4.60)	12.05(7.90~16.80)
啶虫脒 acetamiprid	9.58(5.47~13.25)	4.92(2.29~7.97)
烯啶虫胺 nitenpyram	3.43(1.01~6.68)	10.90(1.46~23.25)
噻虫啉 thiacloprid	5.77(2.93~8.98)	8.80(3.10~15.28)
噻虫嗪 thiamethoxam	5.12(0.87~10.88)	40.60(25.71~59.27)
噻虫胺 clothianidin	1.57(0.00~7.35)	22.06(13.50~32.09)
呋虫胺 dinotefuran	56.16(38.94~84.39)	23.41(5.15~39.97)
吡蚜酮 pymetrozine	5.67(3.58~8.60)	1.40(0.61~2.37)

1.2 方法

1.2.1 铷标记法

参照宋国晶等^[16]的测定方法并加以改进。将 500 mg/L Rb₂SO₄ 溶液加入小麦(或棉花)植株的培养液中对植株进行标记。然后各接入 40~50 头麦

长管蚜(或棉蚜),置于光照养虫室中,麦长管蚜处理 24 h,棉蚜处理 48 h 后挑取生理状态一致的无翅成蚜 30 头于离心管中,液氮中速冻,置于 -20°C 冰箱中保存待测,每个处理重复 4 次。

Rb 含量检测方法:将全部样品转移至 20 mL 聚四氟乙烯坩埚中,加优级纯硝酸 0.5~1 mL,优级纯高氯酸 0.2 mL,旋紧聚四氟乙烯坩埚外塞,于控温电热板上 150°C 加热 2 h,自然冷却,去离子水定容至 20 mL,等离子质谱仪检测。

1.2.2 蜜露法

参照范文超等^[17]的测定方法并加以改进。选取大小均一的小麦叶片和棉花叶片,叶子正面用双面胶粘到培养皿的血盖上,每皿接入 5 头试虫(试验前饥饿处理 1 h),将皿盖轻轻盖在已经放好指示试纸的血底上,用封口膜封好缝隙,让试虫在小麦叶片和棉花叶片背面取食和生活,蚜虫排泄的蜜露滴在滤纸上即变成孔雀蓝色。每隔 6 h 更换 1 次滤纸,观测 24 h。根据滤纸上蜜露的分布面积计算排蜜量。试验重复 4 次。

指示试纸的制备:称取 0.2 g 溴甲酚绿指示剂,溶于 100 mL 20% 的乙醇中配成 0.2% 的溴甲酚绿溶液,将直径为 9 cm 的定性滤纸浸入配好的溶液中,取出后自然晾干备用,标准的滤纸呈鲜橘黄色^[17]。

1.2.3 蚜虫体内总糖总脂含量测定方法

1.2.3.1 试虫的准备

在药剂处理后的小麦和棉花植株上各接入 40~50 头麦长管蚜(或棉蚜),置于养虫室中,麦长管蚜处理 24 h,棉蚜处理 48 h 后,挑取生理状态一致的无翅成蚜 40 头,置于干燥箱中于 70°C 下烘干至恒重,称重,记录每个处理试虫干重。每个处理重复 4 次。

1.2.3.2 总糖总脂含量测定方法

总糖和总脂的分离提取参照王燕^[18]、Zhou 等^[19]的方法。

总糖含量测定采用硫酸蒽酮法,取分离提取好的总糖溶液 1 mL 于试管中,加入 4 mL 蒽酮试剂充分混匀,沸水浴 15 min,冷却至室温,再将反应液转移到 96 孔的酶标板中,在 620 nm 处测定吸光值。以葡萄糖建立标准曲线。

总脂含量测定采用香兰素硫酸显色法,取分离提取好的总脂溶液 30 μL 于试管中, $90\sim 100^{\circ}\text{C}$ 水浴蒸干,加入 100 μL 浓硫酸沸水浴 10 min,在冰上冷

却到室温后加入香兰素试剂 2.4 mL 混匀,在室温下黑暗中反应 15 min,再将反应液转移到 96 孔的酶标板中,在 525 nm 处测定吸光值。以甘油三酯建立标准曲线。

1.3 数据统计和分析方法

分别以新烟碱类杀虫剂亚致死剂量处理后蚜虫体内铷含量减退率和蜜露排泄量降低率代表药剂对蚜虫的拒食率,并将处理后试虫体内总糖、总脂含量与对照试虫比较,综合分析药剂对两种蚜虫的拒食作用。各拒食率及蚜虫体内总糖、总脂含量变化计算公式如下:

蜜露排泄量降低率=

$$\frac{\text{对照蚜虫蜜露排泄量}-\text{处理蚜虫蜜露排泄量}}{\text{对照蚜虫蜜露排泄量}} \times 100\%;$$

拒食率=

$$\frac{\text{对照蚜虫平均含铷量}-\text{处理蚜虫平均含铷量}}{\text{对照蚜虫平均含铷量}} \times 100\%;$$

总糖含量($\mu\text{g}/\text{mg}$)=

$$\frac{\text{标准曲线查得的含糖量}(\mu\text{g}) \times \text{提取液体积}(\text{mL}) \times \text{稀释倍数 } n}{\text{测定时取用的体积}(\text{mL}) \times \text{样品重量}(\text{g}) \times 1\,000};$$

总脂含量($\mu\text{g}/\text{mg}$)=

$$\frac{\text{标准曲线查得的含脂量}(\mu\text{g}) \times \text{提取液体积}(\text{mL}) \times \text{稀释倍数 } n}{\text{测定时取用的体积}(\text{mL}) \times \text{样品重量}(\text{g}) \times 1\,000}^{\circ}$$

采用 SPSS 22.0 统计软件进行数据处理,采用 Duncan 氏多重比较进行差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 铷标记法测定新烟碱类杀虫剂亚致死剂量对两种蚜虫的拒食作用

新烟碱类杀虫剂处理后的麦长管蚜体内 Rb 含量显著低于对照蚜虫体内 Rb 含量,拒食率在 83.89%~97.41%,其中噻虫啉处理的麦长管蚜的拒食率最高,为 97.41%,烯啶虫胺处理的拒食率略低,为 83.89%;新烟碱类杀虫剂处理后棉蚜体内 Rb 含量与对照相比没有显著差异,拒食率均低于 10%。说明新烟碱类杀虫剂亚致死剂量对麦长管蚜具有很强的拒食作用,对棉蚜的拒食作用不明显,有些药剂可能对棉蚜存在一定的诱食作用。对照药剂吡蚜酮处理后的麦长管蚜体内 Rb 含量亦显著低于对照蚜虫体内 Rb 含量,拒食率为 78.44%;吡蚜酮处理后的棉蚜体内 Rb 含量与对照相比无差异,拒食率仅为 0.38%(表 2)。

表 2 铷标记法测定 8 种杀虫剂对两种蚜虫的拒食作用¹⁾

Table 2 Antifeedant effects of 8 insecticides on aphids by Rb marking method

药剂 Insecticide	麦长管蚜 <i>S. miscanthi</i>		棉蚜 <i>A. gossypii</i>	
	Rb 含量/ng Content of Rb	拒食率/% Antifeeding rate	Rb 含量/ng Content of Rb	拒食率/% Antifeeding rate
吡虫啉 imidacloprid	(77.70±13.64)bc	96.65	(646.25±22.99)b	1.34
啶虫脒 acetamiprid	(82.50±27.85)bc	96.44	(915.50±55.21)a	−39.77
烯啶虫胺 nitenpyram	(373.25±58.17)bc	83.89	(842.25±39.38)ab	−22.23
噻虫啉 thiacloprid	(60.10±10.25)c	97.41	(621.50±108.64)b	5.11
噻虫嗪 thiamethoxam	(97.03±30.94)bc	95.81	(767.75±66.32)ab	−17.21
噻虫胺 clothianidin	(93.80±10.20)bc	95.95	(938.00±130.57)a	−43.21
呋虫胺 dinotefuran	(320.50±39.83)bc	86.17	(846.50±69.39)ab	−29.24
吡蚜酮 pymetrozine	(499.75±60.11)b	78.44	(652.50±80.96)b	0.38
CK	(2 317.50±373.15)a	—	(655.00±33.84)b	—

1) 表中数据为平均值±标准误(mean±SE),同列数据后相同小写字母表示经 Duncan 氏多重比较在 0.05 水平差异不显著。下同。
Data in the table are presented as mean±SE; the same letters in the same column indicate no significant difference at the 0.05 level by Duncan's test. The same below.

2.2 蜜露法测定新烟碱类杀虫剂对两种蚜虫的拒食作用

新烟碱类杀虫剂处理后的麦长管蚜蜜露排泄量显著低于对照蚜虫蜜露排泄量,新烟碱类杀虫剂蜜露排泄量降低率均在 85%以上;新烟碱类杀虫剂处理后的棉蚜蜜露排泄量与对照相比均没有显著性差异,蜜露排泄量降低率均在 25%以下。说明新烟碱类杀虫

剂亚致死剂量显著减少了麦长管蚜的取食量,能够明显抑制麦长管蚜的取食行为,对麦长管蚜具有很强的拒食作用,对棉蚜的拒食作用不明显,有些药剂可能对棉蚜存在一定的诱食作用。对照药剂吡蚜酮处理后的麦长管蚜蜜露排泄量显著低于对照蚜虫蜜露排泄量,蜜露排泄量降低率为 77.61%;吡蚜酮处理后的棉蚜蜜露排泄量与对照相比亦无差异(表 3)。

表 3 新烟碱类杀虫剂亚致死剂量对两种蚜虫蜜露排泄量的影响

Table 3 Effects of the sublethal doses of neonicotinoid insecticides on the honeydew excretion of two aphid species

药剂 Insecticide	麦长管蚜 <i>S. miscanthi</i>		棉蚜 <i>A. gossypii</i>	
	蜜露排泄量/mm ² Honeydew volume	蜜露排泄量降低率/% Reduction rate of honeydew volume	蜜露排泄量/mm ² Honeydew volume	蜜露排泄量降低率/% Reduction rate of honeydew volume
吡虫啉 imidacloprid	(3.43±0.56)c	92.89	(15.31±1.56)ab	6.19
啶虫脒 acetamiprid	(5.83±0.89)c	87.92	(20.42±2.36)a	−25.12
烯啶虫胺 nitenpyram	(4.94±0.75)c	89.76	(15.22±2.36)ab	6.72
噻虫啉 thiacloprid	(3.09±0.83)c	93.60	(12.27±2.11)b	24.82
噻虫嗪 thiamethoxam	(4.33±0.68)c	91.03	(17.65±2.79)ab	−8.10
噻虫胺 clothianidin	(2.38±0.53)c	95.06	(13.90±1.68)ab	14.84
呋虫胺 dinotefuran	(5.01±0.80)c	89.62	(18.49±1.85)ab	−13.30
吡蚜酮 pymetrozine	(10.80±1.18)b	77.61	(16.55±1.29)ab	−1.41
CK	(48.23±3.47)a	—	(16.32±1.69)ab	—

2.3 新烟碱类杀虫剂亚致死剂量对两种蚜虫体内总糖总脂含量的影响

通过对麦长管蚜和棉蚜体内总糖、总脂含量的测定发现,新烟碱类杀虫剂处理后麦长管蚜体内总糖、总脂含量均显著低于对照(表 4),而新烟碱类杀虫剂处理后棉蚜体内总糖、总脂含量与对照均无显著差异(表 5)。因此可以说明麦长管蚜体内总糖、总脂含量的降低可能是由于麦长管蚜取食量的减少造成的,又进一步说明了新烟碱类杀虫剂亚致死剂量对麦长管蚜具有明显的拒食作用,而对棉蚜这种

拒食作用不明显。对照药剂吡蚜酮对两种蚜虫体内总糖、总脂含量的影响与供试药剂一致。

3 讨论

微量元素铷(Rb)标记技术是目前昆虫生态学研究中应用最普遍的标记技术之一,已广泛应用于如昆虫的取食行为、迁移扩散、生境选择和配偶竞争等昆虫生态学研究^[16-20]。本研究中采用铷标记法对两种蚜虫的取食行为进行研究,可有效避免药剂对试虫的触杀及熏蒸作用,并且微量元素对昆虫的生

长发育及取食不会产生任何影响,也不会因为蜕皮而使昆虫失去标记。该方法没有放射性,对试验人员、试验昆虫及周围环境安全,是一种较好的用于昆虫取食行为研究的方法。

表 4 新烟碱类杀虫剂对麦长管蚜体内总糖总脂含量的影响
Table 4 Effects of neonicotinoid insecticides on the contents of total sugars and total lipids of *Sitobion miscanthi*

药剂 Insecticide	总糖含量/ $\mu\text{g} \cdot \text{mg}^{-1}$ Content of total sugars	总脂含量/ $\mu\text{g} \cdot \text{mg}^{-1}$ Content of total lipids
吡虫啉 imidacloprid	(3.44±0.02)b	(1.95±0.18)b
啉虫脒 acetamiprid	(3.34±0.14)b	(1.71±0.08)bcd
烯啶虫胺 nitenpyram	(2.76±0.21)c	(1.88±0.07)bcd
噻虫啉 thiacloprid	(2.26±0.08)d	(1.52±0.08)cde
噻虫嗪 thiamethoxam	(2.90±0.12)c	(1.42±0.05)e
噻虫胺 clothianidin	(3.40±0.06)b	(1.62±0.03)bcd
呋虫胺 dinotefuran	(3.10±0.19)bc	(1.48±0.25)de
吡蚜酮 pymetrozine	(3.49±0.21)b	(1.90±0.13)bc
CK	(5.12±0.04)a	(2.75±0.06)a

表 5 新烟碱类杀虫剂对棉蚜体内总糖总脂含量的影响
Table 5 Effects of neonicotinoid insecticides on the contents of total sugars and total lipids of *Aphis gossypii*

药剂 Insecticide	总糖含量/ $\mu\text{g} \cdot \text{mg}^{-1}$ Content of total sugars	总脂含量/ $\mu\text{g} \cdot \text{mg}^{-1}$ Content of total lipids
吡虫啉 imidacloprid	(4.05±0.05)a	(3.71±0.07)ab
啉虫脒 acetamiprid	(3.53±0.39)a	(3.91±0.03)a
烯啶虫胺 nitenpyram	(3.82±0.42)a	(3.41±0.30)abc
噻虫啉 thiacloprid	(4.45±0.16)a	(3.02±0.30)bc
噻虫嗪 thiamethoxam	(3.77±0.54)a	(2.91±0.14)c
噻虫胺 clothianidin	(4.40±0.15)a	(3.39±0.30)abc
呋虫胺 dinotefuran	(3.93±0.17)a	(3.63±0.28)abc
吡蚜酮 pymetrozine	(3.85±0.22)a	(3.39±0.22)abc
CK	(4.05±0.01)a	(3.63±0.13)abc

前人针对新烟碱类杀虫剂亚致死剂量对试虫拒食作用的研究,多采用叶面喷雾^[21]、浸叶^[22]、涂茎^[23]及拌种^[17]等方法处理,根据蚜虫蜜露排泄量研

究药剂的拒食作用。或采用浸叶法、内吸法处理植物叶片,根据试虫栖息率分析药剂对试虫的拒食效果^[24]。Nauen 等^[21]研究发现叶面喷施亚致死剂量的吡虫啉后可显著减少桃蚜的蜜露排泄量。范文超^[17]对经吡虫啉拌种的小麦植株不同时期蚜虫蜜露排泄量进行测定,发现不同时期蜜露排泄量显著降低。Daniels 等^[23]研究发现用亚致死剂量噻虫嗪涂茎法处理小麦植株后可显著减少蚜虫蜜露排泄量。本研究采用蜜露法测定新烟碱类杀虫剂对两种蚜虫蜜露排泄量的影响,结果表明麦长管蚜蜜露排泄量与对照相比显著降低,此结果与 Nauen 等^[21]、范文超^[17]、Daniels 等^[23]的研究结果基本一致。本研究中多种方法测定的新烟碱类杀虫剂亚致死剂量对麦长管蚜和棉蚜的拒食作用研究结果一致表明,新烟碱类杀虫剂亚致死剂量对麦长管蚜具有很强的拒食作用,而对棉蚜拒食作用不明显。分析原因可能由于与麦长管蚜相比棉蚜存在很强的抗药性,虽然本研究中所用棉蚜试虫在室内连续饲养多代,但棉蚜种群本身对环境的适应能力很强,药剂亚致死剂量不足以对棉蚜的正常生长及取食产生不良影响。此结果也在某种程度上解释了新烟碱类杀虫剂拌种小麦能够在中后期植株体内药剂残留极微的情况下具有全生育期控制麦蚜的超长持效作用,而拌种棉花对棉蚜控制作用只有 40 d 左右的原因。

在实际的田间生产中,利用新烟碱类杀虫剂亚致死剂量对麦长管蚜有很强的拒食作用,并且根据新烟碱类杀虫剂具有较强的内吸活性^[25]和超长持效期^[8-10]的特点,充分利用药剂的拒食作用对作物达到有效保护的目的^[26],提倡用新烟碱类杀虫剂对种子进行包衣处理,不仅可以充分发挥新烟碱类杀虫剂在植株中的杀虫活性,而且随着药剂在植株体内的不断分解,能够充分利用新烟碱类杀虫剂对麦蚜的拒食作用,延长了新烟碱类杀虫剂作用时间。此外还能减少对害虫的喷雾防治,减少了药剂的使用次数及用量,使有害生物得到很好控制的同时,还避免了对天敌昆虫的伤害,减轻了对生态环境的影响,对农业生态的可持续发展具有重要意义。

本研究中新烟碱类杀虫剂亚致死剂量对两种重要田间害虫拒食作用的研究对设计合理的新烟碱类杀虫剂抗性治理策略提供了新的思路,但值得注意的是,新烟碱类杀虫剂有吡虫啉、啉虫脒、噻虫嗪、呋虫胺等多个品种,因其品种间结构类型差异较大,在

应用上也有不同特点^[27]。已有研究表明,不同品种的新烟碱类杀虫剂种子包衣对麦蚜的田间防效具有显著差异^[25]。本研究结果表明,新烟碱类杀虫剂亚致死剂量对麦长管蚜均存在拒食作用,但拒食率有所不同,在实际的田间生产应用中,不同品种的新烟碱类杀虫剂对蚜虫的拒食作用效果的发挥程度如何有待进一步研究。

参考文献

- [1] 全林发,张怀江,孙丽娜,等. 杀虫剂对害虫的亚致死效应研究进展[J]. 农学学报,2016,6(5):33-38.
- [2] 张鹏,陈澄宇,李慧,等. 七种新烟碱类杀虫剂对韭菜迟眼蕈蚊幼虫及蚯蚓的选择毒力[J]. 植物保护学报,2014,41(1):79-86.
- [3] NAUEN R. Behavior modifying effects of low systemic concentrations of imidacloprid on *Myzus persicae* with special reference to an antifeeding response [J]. Pesticide Science, 1995, 44(2): 145-153.
- [4] BOINA D R, ONAGBOLA E O, SALYANI M, et al. Antifeedant and sublethal effects of imidacloprid on Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* [J]. Pest Management Science, 2009, 65(8):870-877.
- [5] 高志山. 吡虫啉等种子包衣防治小麦蚜虫及其持效机理初探[D]. 泰安:山东农业大学,2013.
- [6] 范文超,党志红,李耀发,等. 吡虫啉拌种对麦长管蚜控制机制的初步探讨[J]. 河北农业大学学报,2013,36(1):90-94.
- [7] DEVINE G J, HARLING Z K, SCARR A W, et al. Lethal and sublethal effects of imidacloprid on nicotine-tolerant *Myzus nicotianae* and *Myzus persicae* [J]. Pesticide Science, 1996, 48(1): 57-62.
- [8] 高占林,党志红,李耀发,等. 吡虫啉拌种量对小麦蚜虫的防治效果及其在小麦籽粒中的残留研究[J]. 河北农业科学,2011, 15(10):57-59.
- [9] 党志红,李耀发,潘文亮,等. 吡虫啉拌种防治小麦蚜虫技术及安全性研究[J]. 应用昆虫学报,2011,48(6):1676-1681.
- [10] 李耀发,党志红,潘文亮,等. 新烟碱类杀虫剂噻虫胺拌种防治麦蚜的田间药效及安全性评价[J]. 农药,2013,52(9):689-691.
- [11] LI Yaofa, AN Jingjie, DANG Zhihong, et al. Systemic control efficacy of neonicotinoids seeds dressing on English grain aphid (Hemiptera: Aphididae)[J]. Journal of Asia-Pacific Entomology, 2018, 21(1): 430-435.
- [12] 贾海民,石庆宁,刘文旭,等. 吡虫啉防治棉蚜药效试验[J]. 农药,1995(8):33-34.
- [13] 张海芝. 10%吡虫啉防治棉蚜药效试验[J]. 农药,1999(7):30-31.
- [14] 高孝华,李凤云. 70%吡虫啉 WS 拌种防治棉蚜效果与用量筛选[J]. 中国棉花,2005(3):21.
- [15] 彭建红,李耀发,高占林,等. 用水培法测定根部吸收的吡虫啉在小麦和棉花植株体内的持留分布动态[J]. 农药,2017, 56(12):901-904.
- [16] 宋国晶,李国平,封洪强,等. 微量元素标记技术及其在昆虫生态学中的应用[J]. 华东昆虫学报,2010,19(4):315-320.
- [17] 范文超. 吡虫啉拌种后在小麦植株的传导分布及对麦蚜的作用方式[D]. 保定:河北农业大学,2013.
- [18] 王燕. 螺虫乙酯对棉蚜的活性和生物学影响及生化机理研究[D]. 泰安:山东农业大学,2011.
- [19] ZHOU Guoli, FLOWERS M, FRIEDRICH K, et al. Metabolic fate of [¹⁴C]-labeled meal protein amino acids in *Aedes aegypti* mosquitoes [J]. Journal of Insect Physiology, 2004, 50(4): 337-349.
- [20] 宋国晶,封洪强,李国平,等. 钼对两种盲蝽及其寄主植物的标记与影响[J]. 应用昆虫学报,2012,49(3):614-619.
- [21] NAUEN R, HUNGENBERG H, TOLLO B, et al. Antifeedant effect, biological efficacy and high affinity binding of imidacloprid to acetylcholine receptors in *Myzus persicae* and *Myzus nicotianae* [J]. Pesticide Science, 1998, 53(2):133-140.
- [22] 吴咚咚. 吡虫啉对烟粉虱实验种群的亚致死影响[D]. 福州:福建农林大学,2009.
- [23] DANIELS M, BALE J S, NEWBURY H J, et al. A sublethal dose of thiamethoxam causes a reduction in xylem feeding by the bird cherry-oat aphid (*Rhopalosiphum padi*), which is associated with dehydration and reduced performance [J]. Journal of Insect Physiology, 2009, 55(8):758-765.
- [24] NAUEN R, BIRGIT K, ALFRED E. Antifeedant effects of sublethal dosages of imidacloprid on *Bemisia tabaci* [J]. Entomologia Experimentalis et Applicata. 1998, 88(3):287-293.
- [25] 高志山,张学峰,刘海涛,等. 新烟碱类杀虫剂种子包衣防治麦蚜的可行性评价[J]. 植物保护学报,2016,43(5):864-872.
- [26] 韩招久,肖旭,姜志宽,等. 植物源昆虫拒食剂研究进展[J]. 中华卫生杀虫药械,2014,20(6):511-515.
- [27] 张庆臣,薛明,王钺,等. 新烟碱类等杀虫剂对葱蝇的毒力及其对生长发育和繁殖的影响[J]. 植物保护学报,2011,38(2):159-165.

(责任编辑:田 喆)