

◆ 创制与开发 ◆

银纹夜蛾性信息素类似物的合成与活性研究

马好运¹, 李 慧¹, 王留洋¹, 翁爱珍¹, 赵红盈², 梅向东^{1*}, 折冬梅¹, 宁 君¹

(1. 中国农业科学院植物保护研究所 植物病虫害生物学国家重点实验室, 北京 100193 2. 黑龙江省森林保护研究所 哈尔滨 150040)

摘要:银纹夜蛾作为一种多食性害虫,对我国豆类及十字花科蔬菜的生产构成严重威胁。昆虫信息素类似物作为性信息素的衍生与发展,拥有更好的化学性质稳定,已被广泛地应用于害虫的绿色防控。本文以银纹夜蛾性信息素为基础,设计合成了4种结构新颖的信息素类似物——顺-9-十二碳烯丙酸酯(W1)、顺-9-十二碳烯异-1-醇丁酸酯(W2)、顺-9-十二碳烯-2-氯乙酸酯(W3)、顺-9-十二碳烯-3-氯丙酸酯(W4),并对其结构进行了表征。室内昆虫触角电生理实验(EAG)显示,银纹夜蛾雄虫对类似物W1~W4均有较好的生理响应,并呈现出一定的剂量-效应关系。

关键词:银纹夜蛾;信息素类似物;合成;绿色防控

中图分类号:O 621.3 文献标志码:A doi:10.3969/j.issn.1671-5284.2020.05.003

Synthesis and Activity of Sex Pheromone Analogues of *Argyrogramma agnata* (Staudinger)

MA Haoyun¹, LI Hui¹, WANG Liuyang¹, WENG Aizhen¹, ZHAO Hongying², MEI Xiangdong^{1*}, SHE Dongmei¹, NING Jun¹
(1. State Key Laboratory of Biology of Plant Diseases and Insect Pests, Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China; 2. Forest Protection Institute of Heilongjiang Province, Harbin 150040)

Abstract: *Argyrogramma agnata* (Staudinger), as a polyphagous pest, poses a serious threat to the production of beans and cruciferae vegetables in China. As the derivation and development of sex pheromone, insect pheromone analogues have better chemical stability and have been widely used in the green prevention and control of pests. In this paper, based on the sex pheromone of *Argyrogramma agnata*, four novel structural pheromone analogues were designed and synthesized—cis-9-dodecallyl acrylate (W1) and cis-9-dodecene isobutyrate (W2), cis-9-dodecene-2-chloroacetate (W3), cis-9-dodecene-3-chloropropionate (W4), and the structure were characterized. The indoor insect antenna electroantennogram experiment (EAG) showed that the males of *Argyrogramma agnata* had a good physiological response to analogs W1-W4, and showed a certain dose-effect relationship.

Key words: *Argyrogramma agnata* (Staudinger); pheromone analogues; synthesis; green prevention and control

银纹夜蛾[*Argyrogramma agnata* (Staudinger)] 隶属鳞翅目,夜蛾科,是豆类和十字花科蔬菜重要的害虫之一^[1-2],广泛分布于韩国、日本、中国等亚太国家^[3-4],在中国主要分布于黄河、淮河、长江流域等大豆、花生、蔬菜生产区,具有杂食性和迁飞性,一年发生2~7代,世代交替严重^[5]。传统多采用化学农药进行防治,同时也利用天敌昆虫、苏云金杆菌SD-5、银纹夜蛾核多角体病毒等措施进行防治^[6-7]。近年来研究表明昆虫信息素在害虫监测与防控中同样

发挥着重要作用^[8],可以为银纹夜蛾的科学防控开辟一条新的途径。

嗅觉是许多动物感知外界的一种重要方式,通过调节昆虫嗅觉来改变昆虫的行为,可以作为一种工具有效地用于害虫管理^[9]。昆虫信息素作为昆虫嗅觉的重要组成部分,已广泛地应用于害虫的预测预报、干扰交配、大量诱捕等方面。遗憾的是,目前利用信息素对银纹夜蛾进行监测与防控的研究相对较少。自1990年日本科学家Sugie等^[10]提出豆银纹

收稿日期:2020-08-31

基金项目:国家重点研发计划(2016YFD0200502 2018YFD0800401) 国家自然科学基金(31772175 31600518)

作者简介:马好运(1995—)男,河南许昌人,硕士研究生,研究方向为化学调控昆虫行为。E-mail: haoyunma1618@163.com

通信作者:梅向东(1978—)男,黑龙江牡丹江人,博士,助理研究员,主要从事化学调控昆虫行为研究。E-mail: xdmei@ippcaas.cn

夜蛾性信息素组分为顺-7-十二碳烯乙酸酯(Z7-12:Ac)和顺-9-十二碳烯乙酸酯(Z9-12:Ac)以来,几乎没有银纹夜蛾信息素的相关报道。我国对银纹夜蛾的研究也主要集中在化学防治与核多角体病毒及蛋白受体等方面。中国是日本的邻国,但地理隔离常常导致昆虫性信息素存在多样性,即不同地域的同一种昆虫性信息素在组分和比例方面可能存在一定的差异^[11]。因此,明确银纹夜蛾中国品系性信息素的组分,开展相应的性信息素及其类似物的研究,对于中国银纹夜蛾的绿色防控具有重要意义。

先前的研究显示天然的信息素存在田间易降解、合成成本高等问题,昆虫性信息素类似物作为昆虫性信息素的衍生与发展,不仅可以有效地弥补天然性信息素的不足,同时还能够有效地调节昆虫的化学通讯,继而影响昆虫的行为^[12]。自1967年第一个关于舞毒蛾的性信息素拮抗剂报道以来^[13],有关昆虫性信息类似物的研究逐渐增多,近年来已成为研究热点^[14-16]。昆虫性信息素类似物主要来源于对天然性信息素的修饰,其修饰主要包括碳链修饰和极性基团修饰。极性基团修饰包括甲酸酯、丙酸酯等普通酯基取代和氟代乙酸酯、氯代乙酸酯等卤化酯基取代2种情形:①在普通酯基取代的研究中,Camps等^[17]发现松舟异蛾信息素的甲酸酯和丙酸酯类似物与天然信息素以一定比例混合后,对天然信息素有较好的增效活性;然而Schwarz等^[18]发现欧洲玉米螟信息素甲酸酯取代类似物对其天然信息素有较强的拮抗活性;Roelofs等^[19]发现红纵卷叶蛾信息素的甲酸酯和丙酸酯取代类似物对其天然信息素也具有一定的抑制活性。②在卤化酯基取代的研究中,徐妍等^[20]发现梨小食心虫性信息素组分Z8-12:Ac的氯甲酸酯类似物能够显著降低成虫近距离的交配率;Siderhurst等^[21]发现果蝇*Drosophilid*的

信息素组分覆盆子酮的三氟取代类似物,其表现出与天然性信息素相当的引诱活性;张开心^[16]在小菜蛾性信息素卤代类似物的设计合成中发现有3种卤代类似物能够显著干扰小菜蛾的化学通讯。在此基础上笔者对银纹夜蛾性信息素组分顺-9-十二碳烯乙酸酯(Z9-12:Ac)的极性基团进行了不同的修饰,其中包括对其极性端进行普通酯基取代以及卤化酯基取代修饰,设计合成出了4种结构新颖的银纹夜蛾性信息素类似物,并对所合成的化合物进行结构表征。室内昆虫电生理(EAG)显示,银纹夜蛾雄虫对4种化合物均表现出较好的响应,这一结果使银纹夜蛾利用昆虫信息素类似物进行监测与防控成为可能,为银纹夜蛾的绿色防控开辟了新途径。

1 材料与方法

1.1 仪器与试剂

仪器:Bruker-500MHz NMR核磁共振仪、Bruker solariX质谱仪,布鲁克(北京)科技有限公司;触角电位仪,荷兰欣泰公司。

试剂:顺-9-十二碳烯-1-醇(纯度95%),上海丽晶生化科技有限公司;丙酰氯、异丁酰氯、2-氯乙酰氯、3-氯丙酰氯(AR级),上海源叶生物科技有限公司;二氯甲烷(DCM)、三乙胺(TEA)(AR级),上海阿拉丁生化科技股份有限公司。

供试虫源:银纹夜蛾成虫采集于北京市延庆区旧县镇有机农业示范园。实验试虫为实验室饲养羽化后成虫,饲养条件为:温度 $25 \pm 3^\circ\text{C}$,相对湿度 $70 \pm 10\%$,光周期16h:8h(L:D)。将羽化的成虫单独置于拇指管中,并用10%的蜂蜜水饲养,以备使用。

1.2 合成

4种银纹夜蛾性信息素类似物的合成路线见图1。

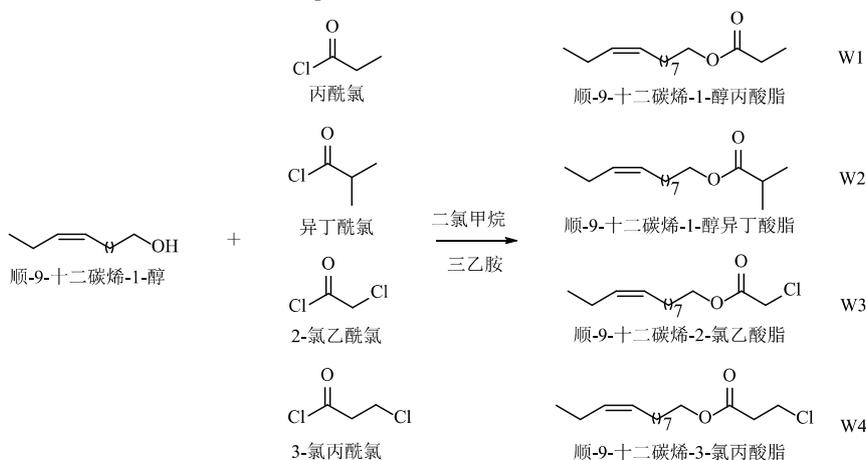


图1 4种银纹夜蛾性信息素类似物的合成路线

1.3 合成步骤

以顺-9-十二碳烯-1-醇丙酸酯(W1)的合成为例,向装有磁子的圆底烧瓶中依次加入1.0 g顺-9-十二碳烯-1-醇、25 mL重蒸DCM、0.82 g三乙胺,冰盐浴下搅拌5 min。将0.75 g丙酰氯溶于5 mL重蒸DCM中,用胶头滴管将丙酰氯溶液逐滴加入上述溶液中。低温反应30 min后撤去冰盐浴,TLC监测反应,待反应结束后,用去离子水淬灭反应。用有机层经饱和食盐水洗涤、无水硫酸钠干燥后,减压下浓缩,得到淡黄色状粗产物。粗产物经硅胶柱分离(乙酸乙酯:石油醚=1:30),得到目标产物顺-9-十二碳烯-1-醇丙酸酯(W1),产率为78%。

采用与目标化合物W1相类似的合成方法合成类似物W2~W4。

W1~W4的物理性状、产率、核磁共振数据及质谱数据如下:

顺-9-十二碳烯-1-醇丙酸酯(W1)为浅黄色油状物,产率78%。

$^1\text{H NMR}$ (500 MHz, CDCl_3) δ 5.81-5.72(m, 2H)、4.51(t, $J=13.6$ Hz, 2H)、2.77-2.73(m, 2H)、2.49-2.43(m, 4H)、2.06-1.56(m, 12H)、1.40(t, $J=15.1$ Hz, 3H)、0.52(t, $J=22.0$ Hz, 3H); $^{13}\text{C-NMR}$ (500 MHz, CDCl_3) δ :173.61、130.57、128.34、63.46、28.71、28.37、28.21、28.15、27.83、26.62、26.05、24.89、19.49、13.37、8.16; HR-MS(ESI) m/z Calcd for $\text{C}_{15}\text{H}_{29}\text{O}_2$ [M+H] $^+$, 240.2101; found 240.2105。

顺-9-十二碳烯-1-醇异丁酸酯(W2)为浅黄色油状物,产率43%。

$^1\text{H NMR}$ (500 MHz, CDCl_3) δ 5.64-5.61(m, 2H)、4.38(t, $J=15.7$ Hz, 2H)、2.78-2.72(m, 2H)、2.34-2.31(m, 4H)、2.30-2.28(m, 2H)、1.88-1.62(m, 12H)、1.41(t, $J=18.4$ Hz, 6H)、0.52(t, $J=19.8$ Hz, 3H); $^{13}\text{C-NMR}$ (500 MHz, CDCl_3) δ :170.12、128.31、128.25、61.23、31.25、29.82、29.80(2C)、29.42、28.96、27.82、25.34、20.35、18.72(2C)、7.86; HR-MS(ESI) m/z Calcd for $\text{C}_{16}\text{H}_{31}\text{O}_2$ [M+H] $^+$, 254.4108; found 254.4114。

顺-9-十二碳烯-2-氯乙酸酯(W3)为淡黄色油状物,产率65%。

$^1\text{H NMR}$ (500 MHz, CDCl_3) δ 5.32-5.28(m, 2H)、4.40(s, 2H)、4.21(t, $J=17.8$ Hz, 2H)、2.22-2.08(m, 4H)、1.68-1.24(m, 12H)、0.58(t, $J=15.4$ Hz, 3H); $^{13}\text{C-NMR}$ (500 MHz, CDCl_3) δ :163.12、131.15、130.55、63.21、39.84、28.42、28.13(2C)、28.06、27.98、27.35、25.65、19.38、10.25; HR-MS(ESI) m/z Calcd for $\text{C}_{14}\text{H}_{26}\text{ClO}_2$ [M+H] $^+$, 260.8012; found 260.8016。

顺-9-十二碳烯-3-氯丙酸酯(W4)为淡黄色油状物,产率58%。

$^1\text{H NMR}$ (500 MHz, CDCl_3) δ 5.45-5.41(m, 2H)、4.20(t, $J=13.6$ Hz, 2H)、3.96(t, $J=14.3$ Hz, 2H)、2.49(t, $J=16.4$ Hz, 2H)、2.18-19.78(m, 4H)、1.58-1.25(m, 12H)、0.64(t, $J=21.3$ Hz, 3H); $^{13}\text{C-NMR}$ (500 MHz, CDCl_3) δ :170.32、132.31、132.25、62.81、38.72、38.02、29.32、29.31(2C)、29.25、28.75、27.67、27.53、20.02、12.13; HR-MS(ESI) m/z Calcd for $\text{C}_{15}\text{H}_{28}\text{ClO}_2$ [M+H] $^+$, 274.8302; found 274.8308。

1.4 室内生物活性测试

昆虫触角电生理实验(EAG)的具体操作如下:

分别准确称量0.10 g所合成的4种银纹夜蛾性信息素类似物,将其各自溶于1 mL的色谱纯正己烷溶液中,采用梯度稀释配置为0.01、0.1、1、10、100、1000 $\mu\text{g}/\mu\text{L}$ 的待测溶液。将不同质量浓度的待测溶液均匀地滴加在对折的滤纸条上(长6 cm,宽1 cm),将上述滤纸条放入巴斯德管内(长22.5 cm,内径6 mm),以添加有分析纯正己烷的滤纸条作为对照,实验药剂现配现用,以保证实验结果的准确性。

挑选健康羽化2~3 d的银纹夜蛾雄性成虫用于实验,实验前黑暗处理2 h,实验时用镊子在显微镜下完整取下雄虫的触角,为保证电路的畅通,用刀片切除触角的基部与末梢。将切好的触角搭在玻璃电极的两端,组成闭合回路,玻璃电极用0.1 mol/L氯化钾溶液填充。为保证实验的准确性,每头雄虫用一根触角,每个处理重复3次。实验结果用SPSS-24数据分析软件进行分析,差异性显著分析利用单因素方差分析(One-Way ANOVA)($P<0.05$)。

2 结果与分析

2.1 合成及表征

在银纹夜蛾性信息素类似物W1~W4的合成中,为保证原料能够反应完全,醇与酰氯最佳加料比例为1.0:1.2~1.5^[22]。为避免酰氯与水接触而溶解,反应溶剂二氯甲烷需经干燥处理^[23]。在醇与酰氯接触的瞬间会因反应体系温度升高导致副产物增多,可将反应体系置于冰盐浴中,以保持反应体系始终处于低温状态^[24]。由于异丁基相比于丙基、3-氯-丙基相比2-氯-乙基的空间位阻较大,因此类似物W2、W4的产率分别低于W1和W3。同时在分离纯化类似物W2时,由于副产物较多,需经多次纯化,因此W2的产率较低。

采用核磁共振仪对合成得到的银纹夜蛾类似物W1~W4进行分析,所得化合物与预期产物结构一致。以W1为例,在 $^1\text{H NMR}$ 中,目标化合物由于羰基的存在,与羰基相连的两个碳上的氢的 δ 值向低场

移动,其中与氧原子相连的碳原子上的氢化学位移值为4.51~4.48,表现为t峰,与羰基直接相连碳上的氢 δ 值为2.77~2.73,表现为m峰。由于共轭双键的存在,顺式双键上的两个氢的化学位移值向低场移动, δ 值为5.81~5.72,表现为多峰。末端两个甲基峰受相邻碳上氢原子的影响,表现为三重峰, δ 值分别为1.40~1.37、0.52~0.48。其余碳上的氢的化学位移主要集中于2.06~1.56,呈现出多重峰。

2.2 EAG活性

4种银纹夜蛾信息素的类似物昆虫触角电生理试验,结果如表1。银纹夜蛾雄虫对合成的4种结构新颖的类似物均有响应,并呈现出剂量-效应关系。类似物W1与W4在较低浓度时响应值出现负值,即响应值小于对照正己烷的,这可能是由于昆虫触角

初次接受外界刺激时,反应灵敏度较高,随着刺激次数的不断增加,昆虫触角性信息素结合蛋白的电位变化反应处于疲惫状态,只有接受足够高浓度的刺激时,才能打破这种因疲惫而产生的误差。当刺激质量浓度增加到10 $\mu\text{g}/\mu\text{L}$ 时,银纹夜蛾对不同类似物的响应值随刺激浓度升高而增加,直到达到饱和和状态^[25](图2)。当质量浓度增加到1 000 $\mu\text{g}/\mu\text{L}$ 时,4种类似物的响应值也到达了最大值,其中类似物W2的响应值最大,达到了 1.40 ± 0.33 mV。银纹夜蛾雄虫对4种类似物质量浓度为10~100 $\mu\text{g}/\mu\text{L}$ 时,反应最为灵敏,因此,推测这4种类似物在田间最佳使用质量浓度应定位于10~100 $\mu\text{g}/\mu\text{L}$ 。此电生理实验结果对其他行为实验,以及田间试验在最佳使用剂量、配比等方面的筛选具有一定的指导作用。

表1 银纹夜蛾性信息素类似物直接刺激EAG活性

化合物	不同质量浓度下EAG平均响应值/mV					
	0.01 $\mu\text{g}/\mu\text{L}$	0.1 $\mu\text{g}/\mu\text{L}$	1 $\mu\text{g}/\mu\text{L}$	10 $\mu\text{g}/\mu\text{L}$	100 $\mu\text{g}/\mu\text{L}$	1 000 $\mu\text{g}/\mu\text{L}$
W1	0.02 ± 0.04 bc	0.03 ± 0.01 bc	-0.08 ± 0.04 c	0.20 ± 0.02 b	0.79 ± 0.12 a	0.88 ± 0.08 a
W2	0.11 ± 0.11 b	0.08 ± 0.01 b	0.14 ± 0.12 b	0.38 ± 0.12 b	0.95 ± 0.22 a	1.40 ± 0.33 a
W3	0.35 ± 0.14 bc	0.08 ± 0.17 c	0.17 ± 0.06 c	0.24 ± 0.10 c	0.74 ± 0.09 b	1.22 ± 0.18 a
W4	0.13 ± 0.14 cd	-0.04 ± 0.01 cd	-0.12 ± 0.06 d	0.24 ± 0.11 c	0.62 ± 0.13 b	1.14 ± 0.11 a

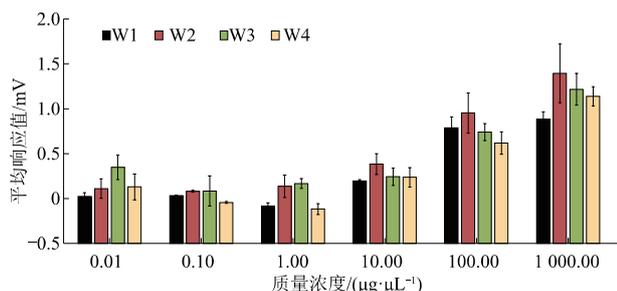


图2 不同浓度下银纹夜蛾对不同类似物的响应值

3 结论与讨论

本文对银纹夜蛾性信息素组分进行不同类型的修饰,设计合成了4种结构新颖的银纹夜蛾性信息素类似物W1~W4。受空间位阻和卤原子电负性的影响,类似物W2、W4的产率分别低于与其结构相似的W1和W3。合成反应时加入过量的酰氯和适当的缚酸剂,能够保证反应充分进行。为避免因反应接触瞬间反应体系温度升高而导致副产物增多,将反应体系置于冰盐浴中。室内电生理实验结果表明,银纹夜蛾对4种类似物均有一定的响应值,并呈现出剂量-效应关系。但电生理实验只是研究昆虫对嗅觉化学感受行为的一部分,并不能完全模拟昆虫在自然条件下对不同气味的反应强度,本文所合成的银纹夜蛾性信息素类似物是否具有较好的田

间生物活性,需展开进一步的研究与验证。同时,昆虫性信息素类似物的合成有效地弥补了天然信息素在田间易降解、持效期短等缺点,为银纹夜蛾的绿色防控提供了新思路。

参考文献

- [1] 黄国俊,刘桂芝.大豆主要害虫的发生及防治[J].现代农业科技,2010(7):199;206.
- [2] 张振兰,李永红,李建厂,等.银纹夜蛾及其防治技术[J].农技服务,2016,33(4):20-21.
- [3] VAN HAI T, VAN VANG L, SON P K, et al. Sex attractants for moths of vietnam: field attraction by synthetic lures baited with known lepidopteran pheromones[J]. Journal of Chemical Ecology, 2002, 28(7): 1473-1481.
- [4] KAWAZU K, OTUKA A, ADATI T, et al. Lepidoptera captured on the East China sea in 2005 and predicted migration sources[J]. Entomological Science, 2008, 11(3): 315-322.
- [5] LI C, FU X, FENG H, et al. Seasonal migration of *Ctenoplosia agnata* (Lepidoptera: Noctuidae) over the Bohai sea in Northern China[J]. Journal of Economic Entomology, 2014, 107(3): 1003-1008.
- [6] 赵晋宝,石林,刘世贵,等.银纹夜蛾核多角体病毒在蔬菜生产上的应用[J].今日种业,1984(1):18-19.
- [7] 戴美学,祖爱民.苏云金杆菌SD-5菌剂防治大豆银纹夜蛾的研究

- [J]. 中国生物防治, 1996, 12(2): 58-61.
- [8] 孟佐佐. 我国昆虫信息素研究与应用的进展[J]. 昆虫知识, 2000 (2): 75-84.
- [9] 张瑜, 张胜男, 张媛媛, 等. 昆虫嗅觉机制的研究进展[J]. 福建农业学报, 2016, 31(5): 538-544.
- [10] SUGIE H, KAWASAKI K, HIGUCHI H, et al. Identification of the sex pheromone of the three-spotted plusia *Acanthoplusia agnata* Staudinger (Lepidoptera: Noctuidae)[J]. Applied Entomology and Zoology, 1990, 25(4): 467-473.
- [11] STECK W F, UNDERHILL E W, CHISHOLM M D. Structure-activity relationships in sex attractants for north American noctuid moths[J]. Journal of Chemical Ecology, 1982, 8(3): 449.
- [12] RENO M, GUERRERO A. Insect paraperomones in olfaction research and semiochemical-based pest control strategies[J]. Annual Review of Entomology, 2000, 45(1): 605-630.
- [13] BEROZA M. Nonpersistent inhibitor of the gypsy moth sex attractant in extracts of the insect[J]. Journal of Economic Entomology, 1967, 60(3): 875-876.
- [14] 董梦雅, 司伟杰, 梅向东, 等. 含氟昆虫性信息素的研究进展及应用前景[J]. 农药学报, 2015, 17(5): 505-511.
- [15] 王安佳, 张开心, 梅向东, 等. 昆虫性信息素及其类似物干扰昆虫行为的机理和应用研究进展[J]. 农药学报, 2018, 20(4): 425-438.
- [16] 张开心. 小菜蛾信息素类似物的合成与活性研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2017.
- [17] CAMPS F, FABRIÀ S G, GASOL V, et al. Analogs of sex pheromone of processionary moth, *Thaumetopoea pityocampa*: synthesis and biological activity[J]. Journal of Chemical Ecology, 1988, 14(5): 1331-1346.
- [18] SCHWARZ M, KLUN J A, Uebel E C. European corn borer sex pheromone: inhibition and elicitation of behavioral response by analogs[J]. Journal of Chemical Ecology, 1990, 16(5): 1591-1604.
- [19] ROELOFS W L, COMEAU A. Sex pheromone perception: synergists and inhibitors for the red-banded leaf roller attractant[J]. Journal of Insect Physiology, 1971, 17(3): 435-448.
- [20] 徐妍, 吴国林, 吴学民, 等. 梨小食心虫性信息素研究及应用进展[J]. 现代农药, 2009, 8(3): 40-44.
- [21] SIDERHURST M S, PARK S J, BULLER C N, et al. Raspberry ketone trifluoroacetate, a new attractant for the queensland fruit fly, *Bactrocera Tryoni* (Froggatt)[J]. Journal of Chemical Ecology, 2016, 42(2): 156-162.
- [22] 翁爱珍, 王安佳, 王留洋, 等. 新型八字地老虎含氟性信息素类似物的合成及其生物活性[J]. 合成化学, 2019, 27(5): 329-334.
- [23] 王留洋, 梅向东, 张智, 等. 新型银纹夜蛾性信息素类似物的合成及初步活性[J]. 合成化学, 2020, 28(6): 477-482.
- [24] 马好运, 王安佳, 翁爱珍, 等. 甘蓝夜蛾信息素类似物的设计合成及初步活性研究[J]. 合成化学, 2020, 28(5): 435-440.
- [25] 田厚军, 陈艺欣, 黄玉清. 昆虫触角电位技术的研究进展[J]. 福建农业学报, 2011, 26(5): 907-910.

(责任编辑:徐娟)

巴西上半年农用化学品市场增长了 0.2%

据巴西农作物保护行业协会称,巴西2020年上半年的农用化学品市场保持平稳,为60.40亿美元,仅增长0.2%。各种农用化学品的累积使用面积达6.432亿hm²,增加了6%,今年前3个月增长了7.3%。

在被调查的农用化学品中,杀虫剂占36%,杀菌剂占33%,除草剂占22%。大豆的面积占33%,为2.249亿hm²,去年占比为32%;玉米占29%,达2.02亿hm²,去年同期为28%;棉花为18%。其他占比较大的作物还有甘蔗、小麦、水果和蔬菜、豆类、咖啡和柑橘类水果。

在大豆、玉米和棉花上应用最多的农药类型为杀菌剂和杀虫剂。杀菌剂主要用于防治大豆的炭疽病、叶斑病和亚洲大豆锈病,杀虫剂主要应用于防治作物的臭虫,应用于玉米上的杀菌剂主要防治叶片病害和锈病,用于控制臭虫和叶蝉的杀虫剂有所增加,应用于棉花的杀菌剂主要防治灰霉病,杀虫剂防治棉铃状象鼻虫。

该协会表示,今年上半年虫害和病害的压力比以往任何时候都大。大豆锈病和臭虫是大豆的主要挑战,两耳草、香丝草为主要的危害杂草。

今年第二季度的价值市场下跌了3%,为13.6亿美元。巴西货币价值下跌给行业带来了另一个巨大挑战。杀虫剂占农用化学品市场的35%,与去年相同,为4.78亿美元,下降了3.6%,除草剂占市场的31%(去年同期为33%),为4.2亿美元,下降了8.5%,杀菌剂占23%(去年同期为21%),达3.17亿美元,上升了8.6%。

(金兰译自《AGROW》)