

徐志红,李俊凯. 双酞肼类昆虫生长调节剂的研究进展[J]. 江苏农业科学,2015,43(3):5-10.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.03.002

# 双酞肼类昆虫生长调节剂的研究进展

徐志红,李俊凯

(长江大学湿地生态与农业利用教育部工程研究中心,湖北荆州 434205)

**摘要:**昆虫生长调节剂以其高选择性、低毒、不易产生抗性、生态安全而被认为是一类理想的农药,一直受到关注。本文综述了双酞肼类昆虫生长调节剂的作用机理和高活性化合物合成的最新研究成果,旨在为双酞肼类新型昆虫生长调节化合物的设计和合成提供参考。

**关键词:**昆虫生长调节剂;双酞肼类;作用机理;合成;修饰

**中图分类号:**S482.3<sup>+</sup>8 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2015)03-0005-05

昆虫生长调节剂包括蜕皮激素、保幼激素、几丁质合成抑制剂等。双酞肼类作为十分重要的商品化昆虫生长调节剂品种,以其高选择性、微毒甚至无毒、不易产生抗性、环境友好成为第三代农药,被普遍认为是一类理想的杀虫剂。本文综述了双酞肼类昆虫生长调节剂的作用机理、化学物合成的研究进展,旨在为双酞肼类新型昆虫生长调节化合物的设计和合成提供参考。

## 1 双酞肼类昆虫生长调节剂作用机理的研究进展

蜕皮激素是昆虫前胸腺分泌的一种内激素,主要为类固醇物质,如 20-羟基蜕皮酮(20E)。天然蜕皮激素结构复杂,分离困难,很难大规模应用。抑食肼以及美国罗姆-哈斯公司随后开发的虫酞肼、甲氧虫酞肼等几种双酞肼类杀虫剂在结构上完全不同于天然蜕皮激素,却能模拟 20E 与蜕皮激素受体复合物相互作用,实现蜕皮激素的功能。药剂与受体复合物结合后,与蜕皮激素作用类似,激活基因表达,启动蜕皮行为。然而,昆虫完成正常蜕皮是由蜕皮激素、保幼激素、羽化激素等激素协调作用的结果<sup>[1]</sup>,由于双酞肼类化合物只是模拟蜕皮激素作用,使“早熟的”昆虫蜕皮开始后却不能完成,而导致昆虫死亡。这种蜕皮中止可能是由于血淋巴和表皮中的双酞肼类化合物抑制了羽化激素释放所致<sup>[2]</sup>,也可能是由于大量保幼激素的存在造成的,因为只有在保幼激素浓度降低、蜕皮激素大量存在情况下才能完成变态蜕皮<sup>[3]</sup>。Wing 等发现抑食肼(RH-5849)能在烟草天蛾幼虫的任何阶段使蜕皮提前启动,这种提前启动蜕皮的现象不需内源 20E 的存在<sup>[4]</sup>。

昆虫取食中毒剂量的双酞肼化合物 RH-5849 或虫酞肼(RH-5992)后,4~6 h 内停止进食,并开始蜕皮;1 d 后中毒昆虫的头壳早熟开裂,准备蜕皮而又不能继续<sup>[5-6]</sup>,造成中毒

昆虫头壳下形成的新表皮骨化、鞣化不完全,中毒昆虫排出后肠,血淋巴和蜕皮液流失,导致脱水,最终死亡。RH-5849 能抑制鞘翅目、鳞翅目、双翅目的雌性昆虫卵巢管的发育,对雌性成虫有化学不育活性;RH-5849 可导致美洲脊胸长蜡绝育<sup>[7]</sup>。

同 20E 一样,双酞肼类似物与受体复合物 EcR-USP 二聚体结合。组合配体 20E-EcR-USP 结合到蜕皮应答因子并激活多个基因。20E 和双酞肼化合物都能诱导同样构型的蜕皮激素受体(EcR)和早期基因 CHR75、CHR3。在诱导基因转录后,20E 被生物体消除,这样蜕皮过程中后面 2 个不需要 20E 的阶段就能顺利进行。相比而言,由于双酞肼类化合物的存在,生物体不能将之消除,不需要 20E 存在的昆虫蜕皮后 2 个阶段就无法进行,结果导致一个不完全的、早熟的蜕皮,使幼虫死亡<sup>[8-9]</sup>。

## 2 新型双酞肼类化合物的研究进展

双酞肼类昆虫生长调节剂的第 1 个品种是美国罗姆-哈斯公司于 1988 年上市的抑食肼(RH-5849),随后该公司又开发了虫酞肼(RH-5992)、氯虫酞肼(RH-0345)、甲氧虫酞肼(RH-2485)。环虫酞肼为日本化药株式会社和三共株式会社共同开发并商品化的双酞肼昆虫生长调节剂,于 1999 年在日本获得登记并进入市场。呋喃虫酞肼(JS-118)是国家南方农药创制中心江苏基地研究开发的双酞肼类昆虫生长调节剂(图 1)。

新型双酞肼类昆虫生长调节剂的研究主要是以美国罗姆-哈斯公司研发的 4 个品种为先导化合物,通过电子等排或类同合成进行结构改造和修饰,而获得了大量具有高杀虫活性的化合物。对双酞肼类先导化合物结构的改造和修饰主要从 3 方面进行:芳环 A、肼桥、芳环 B,如图 2 中模式结构 1 所示。

### 2.1 芳环 A 的修饰

芳环 A 上取代基的电子效应、空间位阻对杀虫活性有直接影响。2001 年 Wang 等以二茂铁结构替代普通的苯环(图 2 中化合物 2),也有一定的杀虫活性,但是活性有所下降<sup>[10]</sup>。2002 年 Sawada 等将 20-羟基蜕皮酮与抑食肼的结构进行比对,让结构类似的部分重合,设计合成了图 3 中模式结构 3 的

收稿日期:2014-12-03

基金项目:国家自然科学基金(编号:31371976)。

作者简介:徐志红(1978—),男,湖北汉川人,博士,讲师,主要从事农药学研究。Tel:(0716)8066232;E-mail:x\_z\_u\_78@sina.com。

通信作者:李俊凯,博士,教授,主要从事农药学研究。Tel:(0716)8066314;E-mail:junkaili@sina.com。

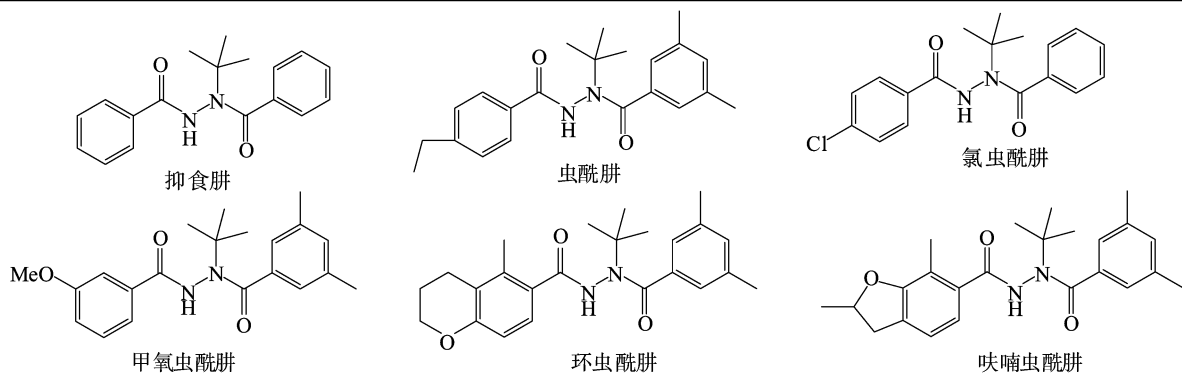


图1 双酰肟类昆虫生长调节剂的结构式

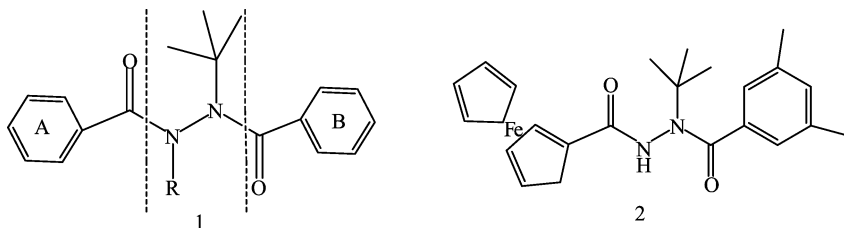


图2 双酰肟类高杀虫活性化合物1的模式结构和化合物2的结构式

系列化合物。生化测定结果显示,当X,Y=O时,苯并五元环和六元环时杀虫活性最好,高于对照药剂抑食肟,并与虫酰肟活性相当<sup>[11]</sup>。该课题组进一步按图3中模式结构4合成了一系列化合物,发现当X=CH<sub>2</sub>、Y=O、n=2、R<sub>1</sub>=CH<sub>3</sub>、R<sub>2</sub>=R<sub>3</sub>=H时(即环虫酰肟)杀虫活性最高,对斜纹夜蛾的LC<sub>50</sub>为

0.89 mg/L,优于对照药剂虫酰肟(LC<sub>50</sub>=3.4 mg/L)<sup>[12]</sup>,且该化合物合成路线简单,可作为新化合物研究的先导化合物。2003年张湘宁等报道了1个含呋喃环的N-叔丁基双酰肟化合物,命名为呋喃虫酰肟,它对小菜蛾、甜菜夜蛾、菜青虫的田间防效优于或相当于虫酰肟<sup>[13]</sup>。

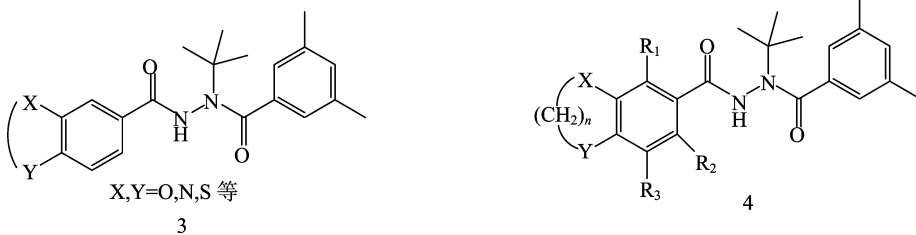


图3 双酰肟类昆虫生长调节剂模式结构3和模式结构4的结构式

2007年Zhao等报道了系列化合物5(图4),该系列化合物对东方黏虫的杀虫活性有所降低,低于对照药剂抑

食肟<sup>[14]</sup>。

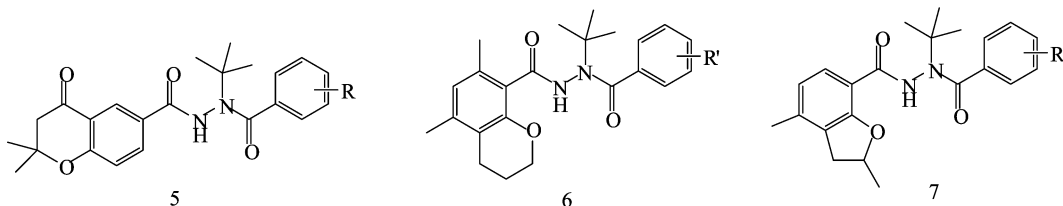


图4 双酰肟类昆虫生长调节剂化合物5、6、7的结构式

2009年Huang等分别是以环虫酰肟和呋喃虫酰肟为先导化合物,合成了2个系列的化合物6、7(图4),其杀虫活性下降<sup>[15]</sup>。表明苯并二氢呋喃环和苯并二氢吡喃的位置对杀虫活性的影响极大。2009年Huang等还合成了2个系列的化合物8、9(图5),并测定了其杀虫活性,结果表明它们对部分昆虫的杀虫活性与呋喃虫酰肟相当甚至更高<sup>[16]</sup>。

此外,2011年Huang等还合成了1个系列的苯并呋喃环

化合物10、11、12(图6),其杀虫活性略低于对照药剂呋喃虫酰肟<sup>[17]</sup>。

## 2.2 胂桥的修饰

胂桥被认为是双酰肟类昆虫生长调节剂的重要活性结构,主要有2个可修饰部位,分别是胂上2个N的取代基,其中叔丁基被认为是必需的,如果脱掉叔丁基或以其他基团替代叔丁基的化合物,其杀虫活性都会显著下降,甚至失去杀虫

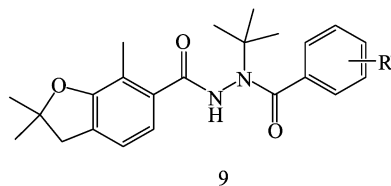
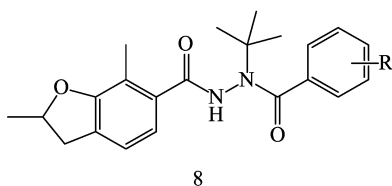


图5 双酞肼类昆虫生长调节剂化合物 8 和 9 的结构式

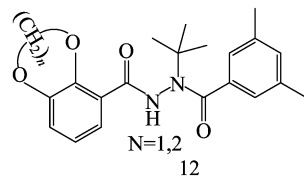
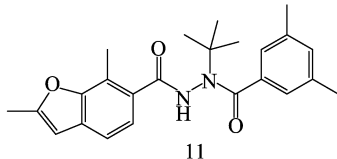
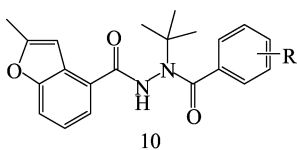


图6 双酞肼类昆虫生长调节剂化合物 10、11 和 12 的结构式

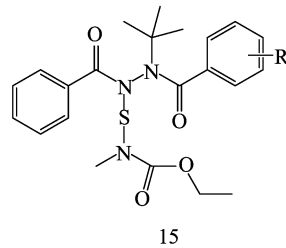
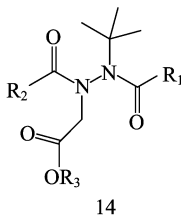
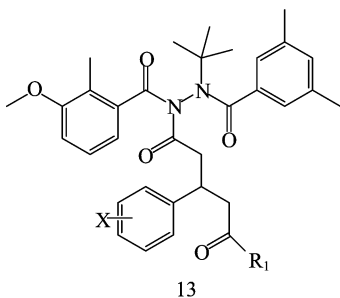


图7 双酞肼类昆虫生长调节剂化合物 13、14 和 15 的结构式

2001 年 Cao 等报道了一类以乙酸酯取代胼桥上 R 基团的化合物 14(图 7),其中 4 个化合物对三龄黏虫的  $LC_{50}$  低于 10 mg/L<sup>[19]</sup>。2001 年 Wang 等报道了一系列硫取代的双酞肼类化合物 15(图 7),其中 R = 3,5 - Me<sub>2</sub> 的杀虫活性与抑食胼相当<sup>[10]</sup>。2002 年 Wang 等报道了一类双酞肼的 S - 氨基亚磺

酰类似物 16(图 8),部分化合物表现出较好的杀虫活性<sup>[20]</sup>。2008 年 Zhao 等补充了在苯环 A 上有乙基、苯环 B 上有 3,5 - 二甲基取代的一个系列这类化合物,表现出更高的杀虫活性,化合物 IIIK(R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub> = 吗啉环)对东方黏虫的杀虫活性比对照药剂虫酰肼更高<sup>[21]</sup>。

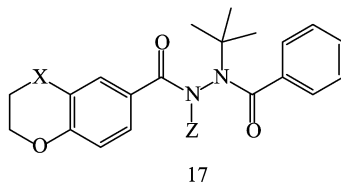
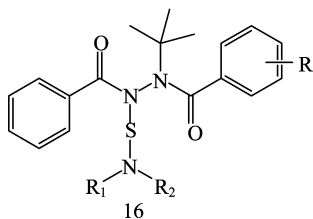


图8 双酞肼类昆虫生长调节剂化合物 16 和 17 的结构式

2002 年 Sawada 等报道了一系列胼桥上有取代基的化合物 17(图 8),生物活性测定结果显示,当 N - 叔丁基脱掉时,其活性完全消失;而当 Z = CN 和 SCl<sub>3</sub> 时,该化合物也有较高的杀虫活性,其活性略低于 Z = H 的活性;而当 Z 为甲基、

甲醚、甲乙醚、炔丙基、甲醛基时,其活性都显著下降<sup>[22]</sup>。2004 年 Mao 等报道了一系列胼桥上 N - 乙二酰取代的双酞肼类化合物 18(图 9),部分化合物的杀虫活性与抑食胼相当<sup>[23-24]</sup>。

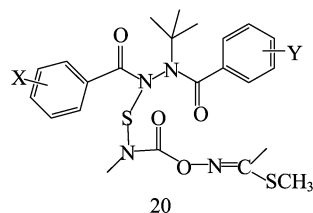
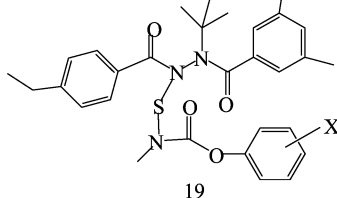
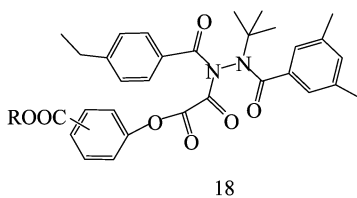
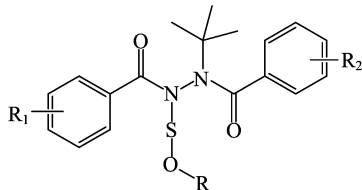
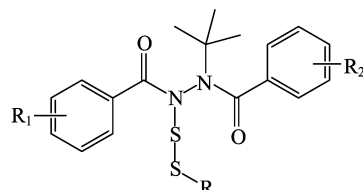


图9 双酞肼类昆虫生长调节剂化合物 18、19 和 20 的结构式

2005 年 Shang 等报道了一系列硫代 *N*-甲基氨基甲酸酯类化合物 19(图 9),部分化合物的活性高于对照药剂虫酰肼<sup>[25]</sup>。2007 年 Shang 等又报道了另外一类硫代 *N*-甲基氨基甲酸酯类化合物 20(图 9),部分化合物对东方黏虫的杀虫活性也高于对照药剂抑食肼<sup>[26]</sup>。这 2 个系列化合物的设计就是应用活性亚结构拼接的原理,将传统的氨基甲酸酯类杀虫剂与双酰肼类昆虫生长调节剂进行拼接,得到的大部分化合物表现出较高的杀虫活性,有的化合物的杀虫活性甚至高于 2 个母体化合物,而且其溶解性有明显改善,药效发挥速度



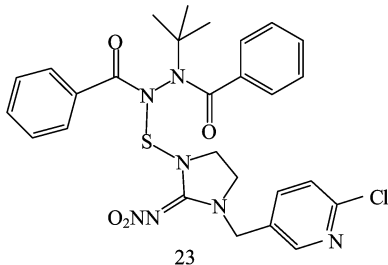
21



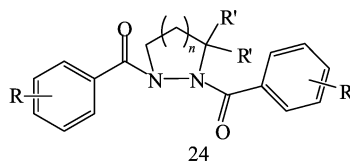
22

图10 双酰肼类昆虫生长调节剂化合物 21 和 22 的结构式

2010 年 Shang 等报道了一类双酰肼类化合物 23(图 11),同样是应用活性亚结构拼接的原理,将吡虫啉对接到抑食肼上得到一类新的化合物,这类化合物中部分化合物表现出比母体化合物抑食肼更高的杀虫活性,并认为引入吡虫啉有助于提高杀虫活性;而且,合成化合物的溶解性相对于抑食



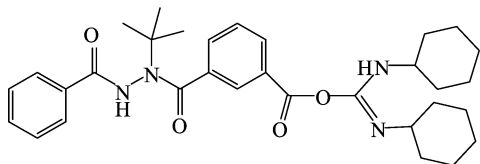
23



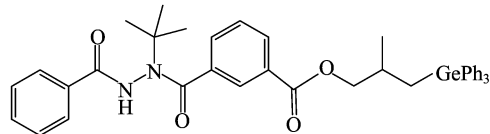
24

图11 双酰肼类昆虫生长调节剂化合物 23 和 24 的结构式

2002 年 Toya 等报道了一类对肼桥上的 2 个 N 环化的双酰肼类化合物 24(图 11),其中  $n = 1, 2, 3$ ,  $R = Cl, NO_2, OCH_3$ ,  $R' = H$  和  $CH_3$ ,然而环化的结果是其杀虫活性完全丧失;晶体结构表明,环化后空间结构发生较大变动,可能这种变化正是杀虫活性消失的主要原因<sup>[29]</sup>。



25



26

图12 双酰肼类昆虫生长调节剂化合物 25 和 26 的结构式

2008 年 Mao 等报道了一类新的双酰肼类化合物 27(图 13),其中  $R_n$  分别为  $H, (2,3,4) - Me, 2,4 - (Me)_2, 3,5 - (Me)_2, 2,4,6 - (Me)_3, (2,3,4) - MeO, 3,4 - (MeO)_2, 3,4,5 - (MeO)_3, 4 - C_2H_5O, (2,3,4) - Cl, 2,4 - Cl_2, 3,5 - Cl_2, 2,4,6 - Cl_3, 2 - NO_2 - 4 - Cl, 2 - Cl - 4 - NO_2, 2,6 - Cl_2 - 4 - CF_3, 2 - F, 2,4 - F_2, (3,4) - F, (2,3,4) - NO_2$ ,当  $R_n$  为  $3 - Me, 3,5 - (Me)_2, 2 - NO_2 - 4 - Cl$  时对东方黏虫的  $LD_{50}$  低于  $3 \text{ mg/L}$ ,杀虫活性略低于对照药剂虫酰肼

也有明显提高。

2007 年 Zhao 等报道了一系列双酰肼桥上引入烷氧硫醚的双酰肼类化合物 21(图 10),其中化合物 A ( $R = \text{methyl}, R_1 = Et, R_2 = 3,5 - Me_2$ ) 对东方黏虫和甜菜夜蛾等害虫的田间药效优于对照药剂虫酰肼,表现出较好的开发应用前景<sup>[27]</sup>。2008 年 Zhao 等又报道了一类肼桥上引入二硫醚的双酰肼类化合物 22(图 10),表现出与对照药剂虫酰肼相当的杀虫活性<sup>[21]</sup>。

肼有较大的改善。毒力测定结果表明,在高浓度下新化合物能和吡虫啉一样在 2 h 内杀死豌豆蚜,而在低浓度下能和抑食肼一样在 3 d 后引起东方黏虫不正常蜕皮而死亡,该结果同样让人看到了活性亚结构拼接的广阔前景<sup>[28]</sup>。

### 2.3 芳环 B 的修饰

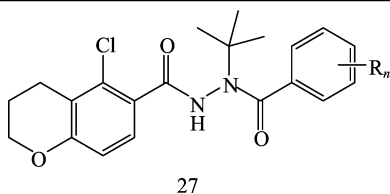
芳环 B 的修饰一直不被重视,商品化品种在芳环 B 上的取代基只有 2 种( $H$  和  $3,5 - \text{二甲基}$ ),对芳环 B 修饰的研究也不多。2002 年 Wang 等报道了一类双酰肼类化合物 25、26(图 12),然而其杀虫活性很低<sup>[30]</sup>。

( $1.593 \text{ mg/L}$ ),表现出较好的杀虫活性<sup>[31]</sup>。

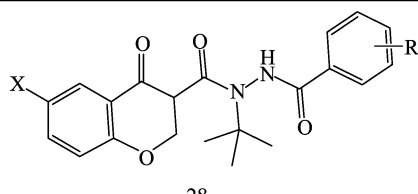
2007 年 Zhao 等报道了系列化合物 28(图 13),该系列化合物对东方黏虫的杀虫活性有所降低,低于对照药剂抑食肼。表明在芳环 B 区域引入苯并环己酮并不能增加杀虫毒力,反而使化合物活性下降<sup>[14]</sup>。

### 3 新型双酰肼类化合物发展趋势展望

综上所述,双酰肼类昆虫生长调节剂作用于昆虫的蜕皮



27



28

图13 双酰肼类昆虫生长调节剂化合物 27 和 28 结构式

行为,并造成受害幼虫表皮结构变化及几丁质含量下降。而对具有杀虫活性的新型双酰肼类化合物的研究是一个热点,包括对芳环 B 的修饰、对脲桥的修饰以及对芳环 A 的修饰,尤其是对脲桥的修饰,很多学者对此进行了大量研究,获得了很多高杀虫活性的化合物,为该化合物的研究提供了丰富信息,这也可能是该类化合物将来的研究重点和主要方向。对双酰肼类化合物进一步修饰后,可能得到更高活性的化合物或能提高其速效性和改善其溶解性,这有待进一步研究。

#### 参考文献:

- [1] 许可,唐明,沈璐辉,等. 昆虫蜕皮行为的生理生化和分子生物学研究进展[J]. 昆虫学报,2001,44(2):244-251.
- [2] Retnakaran A, Hiruma K, Palli S R, et al. Molecular analysis of the mode of action of RH-5992, a lepidopteran-specific, non-steroidal ecdysteroid agonist[J]. Insect Biochemistry and Molecular Biology, 1995,25(1):109-117.
- [3] 郭郭,吴秋雁. 昆虫的激素[M]. 北京:科学出版社,1979:119-128.
- [4] Wing K D, Richard A, Carlson G R. RH-5849, A nonsteroidal ecdysone agonist: effects on larval lepidoptera[J]. Science, 1988,241(4864):470-472.
- [5] Retnakaran A, Macdonald A, Tomkins W L, et al. Ultrastructural effects of non-steroidal ecdysone agonist, RH-5992, on the sixth instar larva of the spruce budworm, *Choristoneura fumiferana*[J]. Insect Physiol, 1997,43(1):55-68.
- [6] Smagghe G, Vinuela E, Budia F. *In vivo* and *in vitro* effects of the nonsteroidal ecdysteroid agonist tebufenozide on cuticle formation in *Spodoptera exigua*: an ultrastructural approach[J]. Archives of Insect Biochemistry and Physiology, 1996,32(2):121-134.
- [7] Salgado V L. Block of voltage-dependent  $K^+$  channels in insect muscle by the diacylhydrazine insecticide RH-5849, 4-aminopyridine, and quinidine[J]. Archives of Insect Biochemistry and Physiology, 1992,21(3):239-252.
- [8] Dhadialla T S, Carlson G R, Le D P. New insecticides with ecdysteroid and juvenile hormone activity[J]. Annu Rev Entomol, 1998,43:545-569.
- [9] Retnakaran A, Gelbic I, Sundaram M, et al. Mode of action of the ecdysone agonist tebufenozide (RH-5992), and an exclusion mechanism to explain resistance to it[J]. Pest Management Science, 2001,57(10):951-957.
- [10] Wang Q M, Huang R Q. Synthesis and biological activity of novel *N*-sulfenylated derivatives of diacylhydrazines[J]. J Chem Research Synopses, 2001,8(1):342-343.
- [11] Sawada Y, Yanai T, Nakagawa H, et al. Synthesis and insecticidal activity of benzoheterocyclic analogues of *N'*-benzoyl-*N*-(tert-butyl) benzohydrazide: Part 1. Design of benzoheterocyclic analogues[J]. Pest Management Science, 2002,59(1):25-35.
- [12] Sawada Y, Yanai T, Nakagawa H, et al. Synthesis and insecticidal activity of benzoheterocyclic analogues of *N'*-benzoyl-*N*-(tert-butyl) benzohydrazide: Part 2. Introduction of substituents on the benzene rings of the benzoheterocycle moiety[J]. Pest Management Science, 2002,59(1):36-48.
- [13] 张湘宁,李玉峰,倪琰萍,等. 创新双酰肼类昆虫生长调节剂 JS118 的合成和生物活性[J]. 农药,2003,42(12):18-20.
- [14] Zhao P L, Li J, Yang G F. Synthesis and insecticidal activity of chromanone and chromone analogues of diacylhydrazines[J]. Bioorganic & Medicinal Chemistry, 2007,15(5):1888-1895.
- [15] Huang Z Q, Zhao Q Q, Huang R Q, et al. Design and synthesis of novel *N'*-tert-butyl-*N'*-substituted benzoyl-*N*-[dihydro-benzofuran(chroman)] carbonylhydrazide derivatives as potential insect growth regulators[J]. Letters in Organic Chemistry, 2009,6(1):29-36.
- [16] Huang Z Q, Cui Q M, Xiong L X, et al. Synthesis and insecticidal activities and SAR studies of novel benzoheterocyclic diacylhydrazine derivatives[J]. Food Chemistry, 2009,113(6):2447-2456.
- [17] Huang Z Q, Liu Y X, Li Y Q, et al. Synthesis, crystal structures, insecticidal activities, and structure activity relationships of novel *N'*-tert-butyl-*N'*-substituted-benzoyl-*N*-[di(octa)hydro] benzofuran { (2,3-dihydro) benzo [1,3] ([1,4]) dioxine } carbonylhydrazide derivatives[J]. Food Chemistry, 2011,125(2):635-644.
- [18] Mulvihill M J, Nguyen D V, Macdougall B, et al. Benzaldehyde-derived chloroformates and their application towards the synthesis of methoxyfenozide-*N*-[(acyloxy)benzyloxy] carbonyl derivatives[J]. Tetrahedron Letters, 2001,42(44):7751-7754.
- [19] Cao S, Qian X, Song G. *N'*-tert-butyl-*N'*-aroyl-*N*-(alkoxy-carbonylmethyl)-*N*-aroylhydrazines, a novel nonsteroidal ecdysone agonist: syntheses, insecticidal activity, conformational, and crystal structure analysis[J]. Canadian Journal of Chemistry - Revue Canadienne de Chimie, 2001,79(3):272-278.
- [20] Wang Q M, Cheng J R, Huang R Q. Synthesis and insecticidal evaluation of novel *N*-(*S*-amino) sulfenylated derivatives of diacylhydrazines[J]. Pest Management Science, 2002,58(12):1250-1253.
- [21] Zhao Q Q, Ou X M, Huang Z Q, et al. Synthesis and insecticidal activities of novel *N*-Sulfenyl-*N'*-tert-butyl-*N*, *N'*-diacylhydrazines. 3. *N*-(alkyldithio), *N*-(aminothio), and *N*, *N*-dithio derivatives[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2008,56(22):10799-10804.
- [22] Sawada Y, Yanai T, Nakagawa H, et al. Synthesis and insecticidal activity of benzoheterocyclic analogues of *N'*-benzoyl-*N*-(tert-butyl) benzohydrazide: Part 3. Modification of *N*-tert-butylhydrazinemoiety[J]. Pest Management Science, 2002,59(1):49-57.

刘娜,李梦臻. DNA 条形码技术在病原真菌分类鉴定中的应用[J]. 江苏农业科学,2015,43(3):10-12.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.03.003

# DNA 条形码技术在病原真菌分类鉴定中的应用

刘娜,李梦臻

(河南工业大学,河南郑州 450001)

**摘要:**病原真菌是一种具有致病性的真菌,对植物有极大的危害。DNA 条形码技术是通过足够变异、短、能够作为标准目的基因的 DNA 序列进行分析,并进一步对未知物种进行快速、高效地分类和鉴定或者发现新物种的一项新技术。在介绍 DNA 条形码技术概况的基础上,对 DNA 条形码技术在病原真菌分类鉴定中的应用前景进行展望,以推进我国病原真菌 DNA 条形码在相关研究和应用领域的发展。

**关键词:**DNA 条形码;病原真菌;分类鉴定

**中图分类号:** Q949.32;S432.4<sup>+</sup>4

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1002-1302(2015)03-0010-03

真菌是自然界中一类庞大而广泛的生物类群,已确认 1 万余属 12 万余种<sup>[1-2]</sup>。病原真菌(Pathogenic fungi)是一种具有致病性的真菌,分布广泛,尤其在植物中普遍存在,70%~80%的植物病害均由病原真菌引起,对植物造成极大的危害,严重影响生态平衡<sup>[3]</sup>。病原真菌能使花草及农作物的质量受到较大程度损害,产量明显下降<sup>[4]</sup>。对物种进行正确的分类鉴定,识别每一个生物体的内部信息,如分类地位、生理生化指标和危害程度等,可以及时采取一定的措施阻止病原真菌危害<sup>[5]</sup>;因此,病原真菌分类鉴定具有重要意义。

## 1 病原真菌传统分类鉴定方法的不足之处

病原真菌的传统分类和鉴定主要以微观形态特征、生长

特性及生理生化指标为依据,对病原真菌进行形态学、生理及生化特征等分析,并对照已有的研究资料判断它所处的分类地位以及不同菌株之间的亲缘关系。采用传统分类方法进行病原真菌鉴定费时、耗力、复杂且繁乱<sup>[6]</sup>,其不足之处具体如下所示。

### 1.1 病菌形态简单,分类鉴定较为困难

病原真菌形态简单,有些菌株仅用形态观察进行分类鉴定很难,如尖孢镰孢菌(*Fusarium oxysporum*)和串珠镰孢菌(*F. moniliforme*)的分生孢子都呈镰刀状,两端渐尖,菌落及显微形态特征相似,特别是有时培养物不典型或不产孢,仅用传统方法鉴定更加困难<sup>[7]</sup>。朱桂宁等对 25 个病害标样的 12 个炭疽病原菌株进行形态观察和生物学特征研究发现,炭疽病原菌结构比较单一,传统生物学特性及致病性基本一致,病原菌形态和生物学特征均无明显差异<sup>[8]</sup>。

### 1.2 病原真菌形态特征易受外界环境影响

病原真菌形态特征易受培养条件和其他因素影响,生长特性和生理生化指标不稳定<sup>[9]</sup>。如炭疽菌菌丝生长和产孢

收稿日期:2014-04-24

基金项目:国家自然科学基金(编号:31300015);河南省科技厅基础与前沿项目(编号:132300410350)。

作者简介:刘娜(1978—),女,河南周口人,博士,副教授,主要从事真菌分子系统学研究。E-mail:liuna3456@163.com。

[23] Mao C H, Wang Q M, Huang R Q, et al. Synthesis and insecticidal evaluation of novel *N*-oxalyl derivatives of tebufenozide[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2004, 52(22): 6737-6741.

[24] Mao C H, Wang Q M, Huang R Q, et al. Synthesis and insecticidal evaluation of novel *N*-oxalyl derivatives of diacylhydrazines containing methylcarbamate moieties[J]. Heteroatom Chemistry, 2005, 16(6): 472-475.

[25] Shang J, Wang Q M, Huang R Q, et al. Synthesis, crystal structure and biological activity of aryl[(*N,N'*-diacyl-*N'*-tert-butylhydrazino)1thio]methylcarbamates[J]. Pest Management Science, 2005, 61(10): 997-1002.

[26] Shang J, Liu Y X, Huang R Q, et al. Synthesis and insecticidal evaluation of *N*-tert-butyl-*N'*-thio[*O*-(1-methylthioethylimino)-*N''*-methylcarbamate]-*N,N'*-diacyl-hydrazines[J]. Heteroatom Chemistry, 2007, 18(6): 631-636.

[27] Zhao Q Q, Shang J, Liu Y X, et al. Synthesis and insecticidal activities of novel *N*-sulfenyl-*N'*-tert-butyl-*N,N'*-diacyl-

hydrazines. 1. *N*-alkoxysulfenyl derivatives[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2007, 55(23): 9614-9619.

[28] Shang J, Sun R F, Li Y Q, et al. Synthesis and insecticidal evaluation of *N*-tert-butyl-*N'*-thio[1-(6-chloro-3-pyridylmethyl)-2-nitroiminoimidazolidine]-*N,N'*-diacylhydrazines[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2010, 58(3): 1834-1837.

[29] Toya T, Yamaguchi K, Endo Y. Cyclic dibenzoylhydrazines reproducing the conformation of ecdysone agonists, RH-5849[J]. Bioorganic & Medicinal Chemistry, 2002, 10(4): 953-961.

[30] Wang Q M, Huang R Q. Synthesis and biological activity of novel *N*-tert-butyl-*N,N'*-substituted benzoylhydrazines containing 2-methyl-3-(triphenylgermyl) propoxycarbonyl[J]. Appl Organometal Chem, 2002, 16(10): 593-596.

[31] Mao C H, Wang K L, Wang Z W, et al. Synthesis and insecticidal evaluation of novel *N'*-tert-butyl-*N'*-substituted benzoyl-*N*-5-chloro-6-chromanecarbohydrazide derivatives[J]. Bioorganic & Medicinal Chemistry, 2008, 16(1): 488-494.