

◆ 综述与专论 ◆

马铃薯晚疫病防治药剂研究进展

秦 帅, 柯 岩, 汪 杰, 张 静*, 张立新*

(沈阳化工大学功能分子研究所, 辽宁省绿色功能分子设计与开发重点实验室, 沈阳市靶向农药重点实验室, 沈阳110142)

摘要: 简要介绍了现有的马铃薯晚疫病防治药剂, 如无机铜类、噁唑类、甲氧基丙烯酸酯类、硫代氨基甲酸酯类、吗啉类、酰胺类等, 以及文献报道的部分活性化合物结构, 如芳香酰胺类、菲啉类、喹啉类、噁二唑硫醚类、噁二唑硫酮类等, 并展望研发新作用机制的药剂, 为相关研发工作提供参考。

关键词: 马铃薯晚疫病; 防治药剂; 研究进展

中图分类号: S 435.3⁺² 文献标志码: A doi: 10.3969/j.issn.1671-5284.2020.04.002

Research Progress of Fungicides for Potato Late Blight

QIN Shuai, KE Yan, WANG Jie, ZHANG Jing*, ZHANG Lixin*

(Institute of Functional Molecules, Shenyang University of Chemical Technology; Liaoning Province Key Laboratory of Green Functional Molecular Design and Development; Shenyang Key Laboratory of Targeted Pesticides; Shenyang 110142, China)

Abstract: This paper briefly introduces the existing fungicides for potato late blight, such as inorganic coppers, oxazoles, methoxyacrylates, thiocarbamates, marlins, amides, etc, and some active compounds which have been reported in the literatures, such as aromatic hydrazides, phenanthridines, quinolines, oxadiazole sulfides, oxadiazole thiones, etc. In addition, the paper looks forward to the development of new mechanisms of action of drugs, in order to provide reference for related research and development work.

Key words: potato late blight; fungicides; research progress

马铃薯是全球第4大重要的粮食作物, 能为人体提供各种蛋白质及维生素, 营养价值高。现今马铃薯的主要生产国有中国、俄罗斯、印度、乌克兰、美国等, 2015年我国农业部决定将马铃薯作为主要粮食在全国推广, 预计到2020年马铃薯将占全国主粮消费的30%以上^[1]。

马铃薯晚疫病, 俗称“火风”, 是由致病疫霉引起的、导致马铃薯茎叶死亡和块茎腐烂的一种毁灭性卵菌病害, 在中国及世界各地马铃薯产区都有发生, 流行年减产30%左右, 重灾时能减产50%以上, 甚至绝收, 严重制约马铃薯产业的发展, 给马铃薯

产业带来巨大的损失^[2]。

多年来, 研究人员对马铃薯晚疫病的防治提出了许多防控措施。目前, 使用化学药剂进行防治仍是马铃薯晚疫病最有效的防治手段。然而, 农民长期大量单一用药, 易使病害对某些药剂产生抗药性, 再加上一些地区错误的栽培措施, 导致致病菌出现大量变异, 危害性更高。实践证明, 解决上述难题的一个有效手段就是将不同种类或不同作用机制的药剂复配成混剂进行防治。因此, 对于马铃薯晚疫病的防治, 一方面有必要研发出新型、高效、低毒、环保的新型化学结构分子, 另一方面, 去寻找更

收稿日期: 2020-03-07

基金项目: 广西重点研发计划(桂科 AB1850015); 辽宁省重点研发指导计划(2019JH8/10100069); 南宁市科技重大专项(20185207)

作者简介: 秦帅(1994—), 男, 安徽阜阳人, 硕士研究生, 研究方向为新农药创制与开发。E-mail: 395190390@qq.com

通信作者: 张静(1985—), 男, 陕西安康人, 博士, 工程师, 主要从事新农药创制与开发。E-mail: zhang-jing@syuct.edu.cn

共同通信作者: 张立新(1966—), 男, 辽宁锦州人, 博士, 教授, 主要从事农药、医药等功能分子的设计与开发。E-mail: zhanglixin@syuct.edu.cn

合理、更有效、能够延缓产品抗性、扩大杀菌谱的新的混配制剂,确保马铃薯稳产、高产,也是十分必要和迫切的。笔者将现有马铃薯晚疫病防治药剂及文献报道的部分活性化合物结构做相关综述,为相关研发工作提供参考。

1 现有的马铃薯晚疫病防治药剂

根据结构类型或作用机制的不同,可将现有的马铃薯晚疫病防治药剂简单划分为无机铜类、噁唑类、甲氧基丙烯酸酯类、硫代氨基甲酸酯类、吗啉类、酰胺类及其他类。

1.1 无机铜类

无机铜制剂是全球最古老的杀菌剂品种,其中含有的铜离子能杀死致病菌并抑制孢子的萌发,而其多位点杀灭作用也是无机铜制剂能连续使用多年而没有抗性的主要原因。

但是铜制剂并非没有限制,在使用时有3点需要注意:①铜制剂大多是强碱性农药,一般不能与酸性农药混用;②铜制剂对螨类害虫无杀伤作用,所以使用时要与杀螨剂联用;③铜制剂的使用要严格控制用量和使用时间,否则会产生药害,损伤作物^[3]。另外,由于各种新型高效杀菌剂的问世,传统的铜制剂在防效上也不再具有优势。

目前国内登记用于防治马铃薯晚疫病的无机铜制剂有氢氧化铜、波尔多液、硫酸铜钙。

(1) 氢氧化铜。氢氧化铜,商品名为可杀得101、冠菌清等,分子式为 $\text{Cu}(\text{OH})_2$,干燥的蓝色粉末或晶体。氢氧化铜可通过释放出的铜离子抑制孢子萌发和菌丝发育而起到杀菌的作用^[4]。

(2) 波尔多液。波尔多液,有效成分为碱式硫酸铜。波尔多液被喷施后附着在植物表面,当接触到酸性物质时能转化为可溶的硫酸铜,从而抑制菌丝发育,阻碍菌体代谢,杀灭病菌^[5]。

(3) 硫酸铜钙。硫酸铜钙,商品名为多宁,分子式为 CuCaSO_4 ,白色或灰白色粉末,俗名胆矾、蓝矾。其水溶液呈弱酸性,显蓝色。属于广谱保护性杀菌剂,作用方式与波尔多液类似,都是通过铜离子杀菌。

1.2 噁唑类

(1) 噁唑菌酮。噁唑菌酮,分子式为 $\text{C}_{22}\text{H}_{18}\text{N}_2\text{O}_4$,其结构式见图1(1),作用机理是干扰致病菌中线体的电子转移。噁唑·霜脲氰,商品名抑快净,是以噁唑菌酮和霜脲氰为主要成分的混配药剂,二者同时使用增强了保护和治疗作用,在防治马铃薯晚疫病上有很好的效果。陈凌敏等^[6]报道噁唑菌酮·霜脲氰的

防效可达到87.7%,可在生产中推广使用。

(2) 噁霜灵。噁霜灵,分子式为 $\text{C}_{14}\text{H}_{18}\text{N}_2\text{O}_4$,又名恶霜灵,结构式见图1(2),作用机制是抑制致病菌内RNA的合成,具有优良的保护和治疗作用,对霜霉目病原菌有较好效果。噁霜灵多用于与其他杀菌剂制成混剂使用,可取得更高的防效,其中与代森锰锌混用制成的噁霜·锰锌效果更为显著。简芳^[7]报道中施用64%噁霜·锰锌对马铃薯晚疫病的防效可达到85.37%,具有一定的防治作用。

(3) 氟噁唑吡乙酮。氟噁唑吡乙酮,分子式为 $\text{C}_{24}\text{H}_{22}\text{F}_3\text{N}_5\text{O}_2\text{S}$,商品名增威、增威赢绿等,结构式见图1(3),作用机制是通过阻碍细胞内脂的合成、甾醇转运及信号传导而致病原菌死亡,与传统杀菌剂相比作用位点独特,能特异性针对马铃薯晚疫病等卵菌纲类病害^[8]。但也由于作用位点较为单一,氟噁唑吡乙酮易出现抗药性问题,通常会与其他不同作用机理的杀菌剂进行复配或者轮换使用。龙向祥等^[9]报道采用氟噁唑吡乙酮防治马铃薯晚疫病的防效为85.58%,高于其余4种处理方式;夏江文等^[10]使用代森锰锌和氟噁唑吡乙酮联用时,最大防效也达到74.98%,显著高于其他对比药剂。

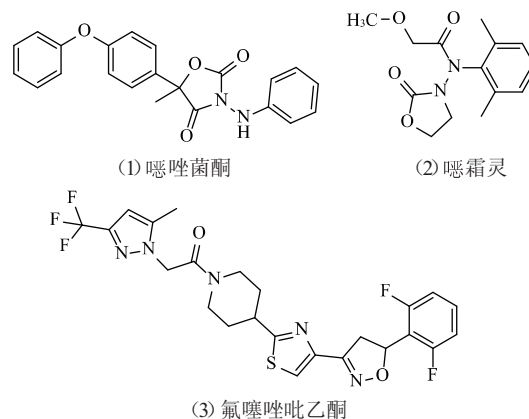


图1 噁唑类杀菌剂的结构式

1.3 甲氧基丙烯酸酯类

甲氧基丙烯酸酯类杀菌剂是天然真菌的代谢产物strobilurin的仿生合成类似物,是一种线粒体呼吸抑制剂,作用机制是阻断线粒体细胞色素bc1复合物在真菌中的电子传递过程^[11]。目前这类杀菌剂也因为作用位点单一等因素面临着抗药性严重等诸多问题。国内登记用于防治马铃薯晚疫病的有肟菌酯、吡唑醚菌酯、啉菌酯3种。

(1) 吡唑醚菌酯。吡唑醚菌酯,分子式为 $\text{C}_{19}\text{H}_{18}\text{ClN}_3\text{O}_4$,又称唑菌胺酯,其结构式见图2(1),具有保护和治疗作用,对多种真菌性病害都有治疗效

果^[12]。但使用至今吡唑醚菌酯也出现了严重的抗药性问题。陈宇飞等^[13]报道连续用药2次后,吡唑醚菌酯单剂的最大防效为72.04%,仅为中等水平;王毅^[14]报道,使用唑醚·代森联防治马铃薯晚疫病时最后一次施药后的防效仅为56.0%,低于平均水平。

(2) 肟菌酯。肟菌酯,分子式为 $C_{20}H_{19}F_3N_2O_4$,其结构式见图2(2)。肟菌酯也容易产生抗性,所以通常与三唑类杀菌剂复配使用^[15],但是在防治马铃薯晚疫病的效果上并不突出。夏江文等^[10]报道,使用肟菌·戊唑醇防治马铃薯晚疫病的效果为61.84%,虽然没有代森锰锌与氟啶唑吡乙酮联用的效果好,但成本相对较低,可作为选择混配药剂时的一个参考。

(3) 嘧菌酯。嘧菌酯,分子式为 $C_{22}H_{17}N_3O_5$,可以有效防治大部分真菌纲类病害,其结构式见图2(3)。目前嘧菌酯单剂对马铃薯晚疫病的防治效果已不如混配制剂。陈宇飞等^[13]报道,使用嘧菌酯单剂的防效仅为70.48%,仅处于中间水平;而王蓉等^[16]报道,使用霜脲·嘧菌酯的防效为73.73%,防效较好,可作为首选药剂使用。

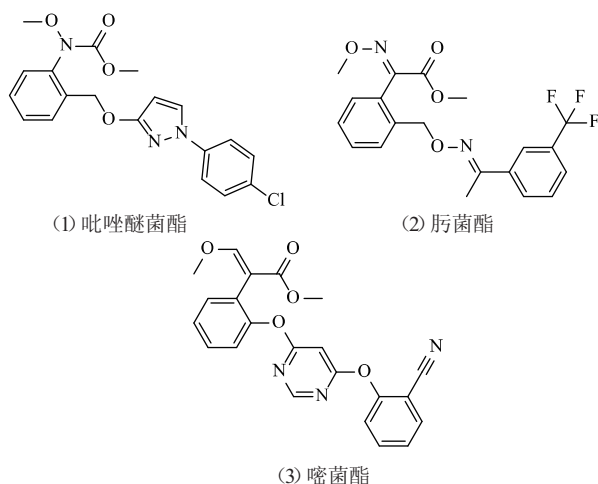


图2 甲氧基丙烯酸酯类杀菌剂的结构式

1.4 硫代氨基甲酸酯类

硫代氨基甲酸酯类杀菌剂是从1940年开始研发的一类广谱性消毒杀菌剂,主要用来针对真菌型植物病害,由于只能附着于植物表面,所以只有预防和保护作用。其作用机制是通过水解释放一种硫醇抑制剂EBIS来干扰真菌的正常代谢过程。目前没有任何有关该类杀菌剂抗性事例的记载,也因此其常用于和其他种类杀菌剂混用,以降低其他杀菌剂的高风险抗性^[17]。目前国内登记用于防治马铃薯晚疫病的有福美双、代森锌、代森锰锌、代森联4种,另外丙森锌虽然只登记用于早疫病的防治,但

对晚疫病也有一定的效果。

(1) 福美双。福美双,分子式为 $C_6H_{12}N_2S_4$,又称为秋兰姆、阿锐生等,对霜霉病、炭疽病等一些真菌纲类病害具有疗效^[18],其结构式见图3(1)。王建梅等^[19]报道,使用福美双防治马铃薯晚疫病的防效为64.71%,远低于除甲基硫菌灵外的其余3种药剂。

(2) 代森锰锌。代森锰锌,分子式为 $C_4H_8MnN_2S_4Zn$,是 Mn^{2+} 、 Zn^{2+} 与亚甲基双二硫代氨基甲酸阴离子的混配化合物,商品名大生,其结构式见图3(2),喷洒后可通过在植物的表面形成一层保护膜来达到防治病菌入侵的目的^[20]。研究表明代森锰锌与苯酰胺类药剂混用时对马铃薯晚疫病的防效比单独使用时防效高,如李丹等^[21]报道使用苯酰锰锌防效可达到72.82%,但使用代森锰锌防效仅为34.37%。

(3) 丙森锌。丙森锌,分子式为 $C_3H_8N_2S_4Zn$,全称丙烯基双二硫代氨基甲酸锌,别名泰生,安泰生等,其结构式见图3(3)。和代森锰锌相比,丙森锌不含锰离子,提高了锌离子的含量,提高了其安全性和保护效果。冯兴琴^[22]报道使用丙森·霜脲氰防治马铃薯晚疫病的平均防效为71.5%,可以推广应用。

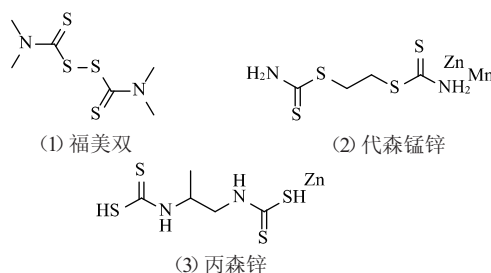


图3 硫代氨基甲酸酯类杀菌剂的结构式

1.5 吗啉类

(1) 烯酰吗啉。烯酰吗啉,分子式为 $C_{21}H_{22}ClNO_4$,商品名安可,其结构式见图4(1),是具有内吸治疗活性的吗啉类杀菌剂,且只有顺式异构体有治疗活性。其作用机制是阻碍真菌的细胞壁膜的形成而导致病菌死亡,因此烯酰吗啉能够特异性针对霜霉病、疫霉病等真菌性植物病害^[23]。现常与代森锰锌等保护性杀菌剂复配使用,以延缓抗性的产生。周长艳等^[24]报道使用烯酰吗啉防治马铃薯晚疫病效果最好,其发病率最低,为5.49%。王毅^[14]报道使用烯酰·唑啉连续施药5次后防效依旧能达到95%以上,建议推广应用。

(2) 氟吗啉。氟吗啉,分子式为 $C_{21}H_{22}FNO_4$,其结构式见图4(2)。氟吗啉是我国第一个由沈阳化工研究院研发具有自主知识产权的吗啉类杀菌剂,其顺

反两种异构体都有杀菌的效果,可用于防治晚疫病、霜霉病等卵菌纲类病害^[25-26]。但如今氟吗啉也因严重的抗性风险,对马铃薯晚疫病的防治效果有很大降低,如李丹等^[21]报道使用氟吗·锰锌的最大防效仅为51.63%,防治效果并不如其他对照药剂。

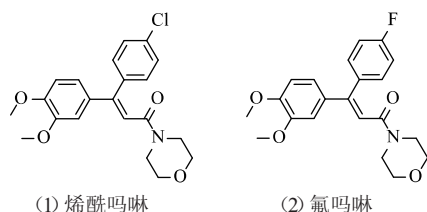


图4 吗啉类杀菌剂的结构式

1.6 酰胺类

(1) 甲霜灵、精甲霜灵。甲霜灵,分子式为 $C_{15}H_{21}NO_4$,结构式见图5(1),是具有保护、治疗、内吸作用的酰胺类杀菌剂,能特异性针对霜霉菌、疫霉菌等卵菌纲类病害。精甲霜灵,也叫R-甲霜灵、高效甲霜灵,结构式见图5(2),是甲霜灵的一种旋光异构体,与普通甲霜灵相比,精甲霜灵在用量只有一半的情况下即可达到同等的防治效果,在土壤中的降解速度也更快,增加了对使用者和环境的安全性。如今甲霜灵也因有很高的抗性风险,其防效已大不如从前。路粉等^[27]报道在河北、吉林、内蒙古地区2011—2016年马铃薯晚疫病菌对甲霜灵的抗性频率均高达100%,其防效显著低于其他新型药剂。

(2) 双炔酰菌胺。双炔酰菌胺,分子式为 $C_{23}H_{22}ClNO_4$,结构式见图5(3),属于扁桃酰胺类化

合物,能够抑制菌丝的形成和孢子的萌发,是一种高效防治霜霉病和晚疫病的杀菌剂,且耐雨水冲刷,持效期长,在对马铃薯晚疫病的防效上,明显优于氰霜唑、氟啶胺、代森锰锌等药剂^[28-29]。目前双炔酰菌胺在我国共有4种登记剂型,其中23.4%双炔酰菌胺悬浮剂登记用于防治马铃薯晚疫病。

(3) 氟吡菌胺。氟吡菌胺,分子式为 $C_{14}H_8Cl_3F_3N_2O$,结构式见图5(4),属于吡啶酰胺类杀菌剂,主要用于防治霜霉病、晚疫病等卵菌纲类真菌病害^[30]。但是罗彦涛等^[31]报道马铃薯晚疫病菌对氟吡菌胺有较高的抗性风险,建议与其他药剂混用以降低风险。氟菌·霜霉威,商品名银法利,是由德国拜耳公司研制开发的由氟吡菌胺和霜霉威复配而成的复合制剂,这两种药剂能够相辅相成,达到更好的治疗效果^[32]。陈善锋^[33]报道使用银法利的防效最好、产量最高,且对马铃薯也没有病害现象,可优先用于马铃薯晚疫病的防治工作。高雪冬^[34]也报道使用银法利防治马铃薯晚疫病时最高防效可达到80.10%,明显优于其他药剂。

(4) 氟醚菌酰胺。氟醚菌酰胺,分子式为 $C_{15}H_{11}ClF_4N_2O_2$,结构式见图5(5)。其是以氟吡菌胺作为先导化合物,对其结构修饰而得到的新化合物,属于琥珀酸脱氢酶抑制剂类(SDHI类)杀菌剂,与氟吡菌胺相比杀菌更广谱,对马铃薯晚疫病有较好的防效^[35]。孟润杰等^[36]报道使用氟醚菌酰胺与烯酰吗啉混用防治马铃薯晚疫病的效果要高于80%。但是由于氟醚菌酰胺与氟吡菌胺间存在着交互抗性^[31],所以氟醚菌酰胺也有一定的抗性风险。

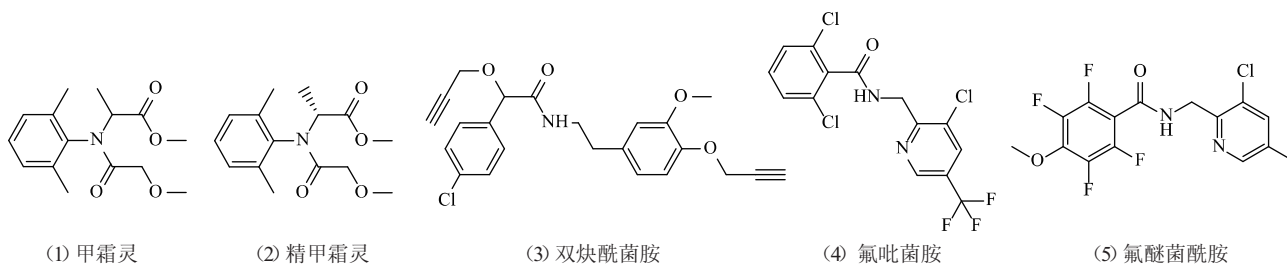


图5 酰胺类杀菌剂的结构式

1.7 其他类

(1) 百菌清。百菌清,分子式为 $C_8Cl_4N_2$,结构式见图6(1),属于广谱性保护性杀菌剂,作用机制是能够与真菌细胞中含有半胱氨酸的酶相结合,使酶失去活性而杀死病菌。张建新等^[37]报道使用百菌清防治马铃薯晚疫病的平均防效为88.78%,优于代森锰锌和啞菌酯。

(2) 多菌灵。多菌灵,又称棉萎灵、卡菌丹等,分子式为 $C_9H_9N_3O_2$,结构式见图6(2),是一种高效、低毒的广谱性内吸性杀菌剂,持效期长,能抑制细菌纺锤体的形成而杀死细菌,对真菌引起的多种作物病害有很好的治疗效果,但是其残留会引起肝病和染色体变异,对哺乳动物有害^[38]。王建梅等^[19]报道施用多菌灵的防效能达到86.27%,其防效明显高于其

余4种药剂,建议在生产上推广应用。

(3) 甲基硫菌灵。甲基硫菌灵,分子式为 $C_{12}H_{14}N_4O_4S_2$,商品名为甲基托布津,结构式见图6(3),是多菌灵的前体药物,其药剂进入植物体内后能转化为多菌灵,所以杀菌机制和多菌灵相似,且与多菌灵有交互抗性。简芳^[7]报道使用甲基硫菌灵对马铃薯晚疫病的防效为76.79%,具有较好的防效;但是由于单一用药等问题,一些地区出现了抗药性现象,如王建梅等^[19]报道施用甲基硫菌灵的防效仅为0.83%,不推荐使用。

(4) 氟啶胺。氟啶胺,分子式为 $C_{13}H_4Cl_2F_6N_4O_4$,商品名农割,结构式见图6(4),属吡啶胺衍生物,施用时能在叶片外层形成一层保护膜,常用于防治马铃薯、辣椒上的疫病。高雪冬^[34]报道使用氟啶胺防治马铃薯晚疫病的最高防效可达到68.86%,可作为有效药剂在马铃薯晚疫病防治中推广使用。另外,氟啶胺常与霜脲氰混配使用以获得更好的防效。李丹等^[21]报道使用氟啶·霜脲氰处理后的田间相对防效最好,马铃薯产量最高,建议生产上优先选择。和习琼等^[39]报道使用氟啶·霜脲氰在与百菌清联用时最高防效可达到95.94%,在所有不同处理中防治效果最好,可在防治过程中优先选用。

(5) 氰霜唑。氰霜唑,分子式为 $C_{13}H_{13}ClN_4O_2S$,商品名科佳,结构式见图6(5)。其是具有保护和内吸活性的磺胺咪唑类杀菌剂,属于线粒体呼吸抑制剂,对霜霉病、疫病等卵菌纲类真菌性植物病害都有较好的治疗效果^[40]。近年来也因抗性问题的对马铃薯晚疫病的防效有明显下降,如陈宇飞等^[13]报道中氰霜唑的防效仅为60.00%,低于平均水平。另外赵滨^[41]报道使用氟啶胺和氰霜唑联用时对马铃薯晚疫病的防效最佳,要高于氟啶胺单独使用时的防效。

(6) 霜脲氰。霜脲氰,分子式为 $C_7H_{10}N_4O_3$,结构式见图6(6),属于取代脲类杀菌剂,有内吸作用,其杀菌谱与甲霜灵相同,但已证实与甲霜灵之间无交互抗性。在出现抗甲霜灵的病区,改用霜脲氰仍有效^[42]。目前霜脲氰通常与保护性杀菌剂混用,效果更好。杨毅娟等^[43]报道使用霜脲·嘧菌酯防治马铃薯晚疫病最高防效达64.97%,且残效期最长,在7月降水量大增、晚疫病迅速流行危害的情况下,仍可保持防效达47.03%。

(7) 丁子香酚。丁子香酚,分子式为 $C_{10}H_{12}O_2$,也叫丁香酚、邻丁香酚,商品名灰霜特、施立克等,结构式见图6(7)。其是河北保定亚达化工研发生产的针对霜霉病、晚疫病的植物源杀菌剂,作用机制是

通过破坏细菌细胞膜的形成而达到杀菌的目的,治疗迅速,持效期长,且对环境友好、低毒,不易使致病菌产生抗药性^[44]。王毅^[14]报道使用丁子香酚防治马铃薯晚疫病的最高防效达90.6%,处较高水平,且未发现对马铃薯植株出现药害反应;陈宇飞等^[13]也报道使用丁子香酚在连续用药2次后的防效达到81.11%,与其他供试药剂相比防效最好。

(8) 申嗟霉素。申嗟霉素,分子式为 $C_{13}H_8N_2O_2$,结构式见图6(8)。其是上海交通大学联合上海农乐生物制品股份有限公司开发的一种微生物源杀菌剂,具有抑制植物病原菌、促进植物生长的作用,能有效控制多种作物真菌性、细菌性和线虫病害^[45]。王蓉等^[16]报道使用申嗟霉素防治马铃薯晚疫病的效果为75.64%,在所有供试药剂中防治效果最好,且没有药害发生,可作为防治马铃薯晚疫病的首选药剂。

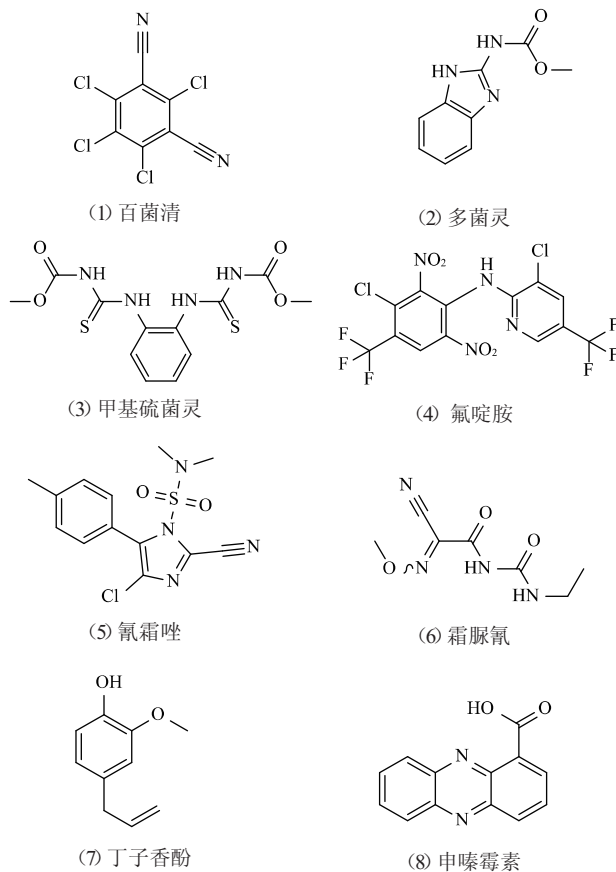


图6 其他类杀菌剂的结构式

2 文献报道的部分活性化合物结构

2.1 芳香酰肼类化合物

成都新朝阳作物科学有限公司在专利CN110437099A中公开了一系列芳香酰肼类化合物,其通式结构式见图7(1)。其对草莓炭疽病、马铃薯

晚疫病等病害一定的防治效果,其中化合物10(图7(2))对马铃薯晚疫病菌的抑菌活性达到了60.25%^[46]。

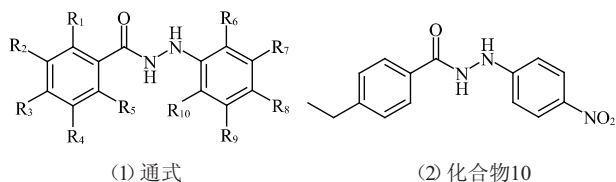


图7 芳香酰胺类化合物结构式

2.2 菲啶类化合物

南开大学在专利CN110074124A中公开了一系列菲啶类化合物,其通式结构式见图8(1)。可用作植物病毒剂、杀菌剂和杀虫剂。其中编号6、10、11的化合物(图8(2)~(4))在50 $\mu\text{g/mL}$ 的质量浓度下对马铃薯晚疫病菌的相对抑制率达到了100%^[47]。

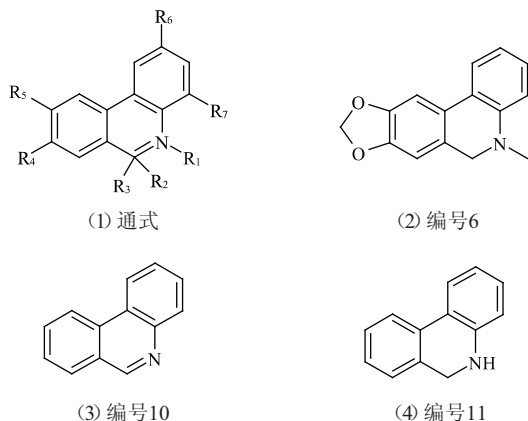


图8 菲啶类化合物结构式

2.3 喹啉类化合物

兰州大学在专利CN109467533A中公开了一种8-羟基喹啉类化合物,其通式结构式见图9(1)。其代表化合物X-1(图9(2))在5 $\mu\text{g/mL}$ 的质量浓度下,对棉花枯萎病、马铃薯立枯病等病害的抑制率达到100%,对小麦赤霉菌、立枯丝核菌的抑制率达到80%以上,对马铃薯晚疫病的抑制率达到50%以上^[48]。

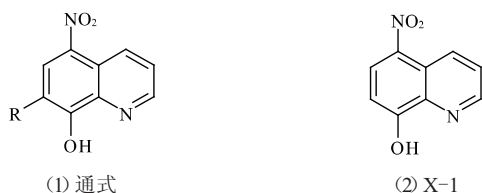


图9 8-羟基喹啉类杀菌剂的结构式

2.4 噁二唑硫醚类化合物

贵州大学在专利CN109535144A中公开了一类

1,3,4-噁二唑硫醚类化合物,结构式见图10,其对多种细菌和真菌有较好的抑制作用,其中化合物8和30在50 $\mu\text{g/mL}$ 的质量浓度下对马铃薯晚疫病致病菌的抑制率分别为40.9%和41.3%^[49]。

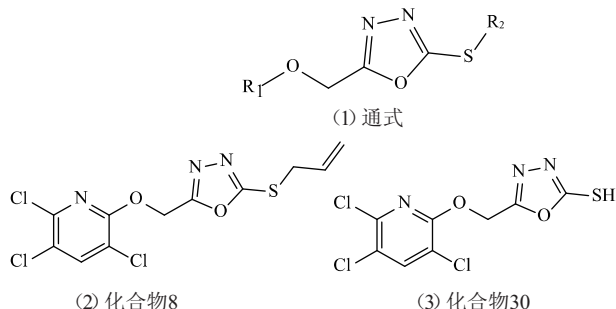


图10 噁二唑硫醚类化合物结构式

2.5 噁二唑硫酮类化合物

Pandey等^[50]报道了一种1,3,4-噁二唑[3,2-b]-s-三嗪-5-硫酮类化合物,结构式见图11。其对包括马铃薯晚疫病在内的多种疫霉病和炭疽病有一定的防效。

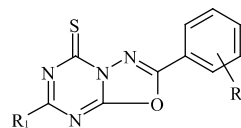


图11 噁二唑硫酮类化合物结构通式

2.6 2-甲氧基-2-(2-取代苯基)-N-甲基乙酰胺类化合物

Ichiba等^[51]报道了一种2-甲氧基-2-(2-取代苯基)-N-甲基乙酰胺类化合物,其结构式见图12,可用于防治黄瓜霜霉病和马铃薯晚疫病等一些真菌性病害。

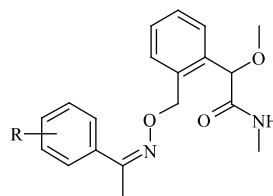


图12 2-甲氧基-2-(2-取代苯基)-N-甲基乙酰胺类化合物结构通式

2.7 芳基吡唑酰胺类化合物

Bayer公司在专利WO2018109062中公开了一种芳基吡唑酰胺类化合物,结构式见图13,其对一些细菌和真菌性病害有一定的抑制效果^[52]。

2.8 硼酸酯类化合物

Syngenta公司在专利WO2017029289和专利

WO2018060140中公开了一类硼酸酯类化合物,结构式见图14,其针对一些真菌性病害有很好防效^[53-54]。

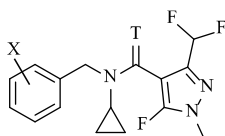


图13 芳基吡唑酰胺类化合物结构通式

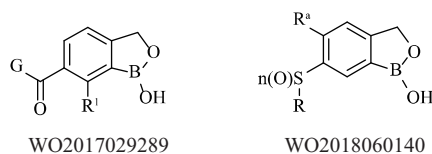


图14 硼酸酯类化合物结构式

3 小结与展望

据统计,2014—2018年已经登记的,且还在有效期内的用于防治马铃薯病虫草害的农药产品共涉及有效成分69种,而其中有30种有效成分用于防治马铃薯晚疫病,共有182种登记药剂,远远超出了防治其他病害的药剂登记数,这也说明了马铃薯晚疫病是当前马铃薯生产中的主要病害之一。

从作用机制方面来看,现有药剂的作用机制相对地集中在线粒体呼吸的干扰或阻碍、膜结构的破坏、物质代谢与合成的影响、相关功能酶的抑制等方面,大多具有高度选择性,作用靶点单一,但由于卵菌具有的明显生理分化和快速遗传变异的特性,单靶点的杀菌剂因很容易产生抗性而影响杀菌效果,如吡唑醚菌酯、氟霜唑、甲霜灵等已经面临着较严重的抗性风险,因此,研发新作用机制的药剂依旧是未来防治马铃薯晚疫病的热点;此外,采用混剂的方式来提高防效,延缓抗性的发生,也是一种切实有效的手段,因此,寻找合理有效的新型混剂方案是未来防治马铃薯病害的另一研究热点。与此同时,由于丁子香酚、申嗪霉素等生物源药剂都具有较好的防治效果,并且生物源药剂大多具有绿色安全、毒性低、不易产生抗药性等优点,但现阶段生物源药剂的种类较少,因此寻找开发新的生物源药剂也是未来防治马铃薯晚疫病的一个重要研究方向。

参考文献

- [1] 李新. 全球马铃薯农药市场概况[J]. 农药, 2017, 56(6): 391-394.
- [2] 罗彦涛, 孟润杰, 赵建江, 等. 马铃薯晚疫病菌对不同药剂敏感性

及相应药剂田间防效验证[J]. 农药, 2016, 55(2): 134-137.

- [3] 余露. 全球销量第6大的杀菌剂为什么在中国推广遭误解[J]. 农药市场信息, 2017(1): 55; 72.
- [4] 赵晓阳. 铜素杀菌剂研究进展[J]. 蔬菜, 1996(6): 4-6.
- [5] 马耀祖. 波尔多液的正确配制与使用[J]. 甘肃农业, 2018(5): 43-44.
- [6] 陈凌敏, 孙新纹. 52.5%噁唑菌酮·霜脲氰WG防治马铃薯晚疫病田间药效试验初报[J]. 农业科技与信息, 2018, 537(4): 8-9.
- [7] 简芳. 3种药剂防治马铃薯晚疫病田间药效试验[J]. 植物医生, 2018, 31(2): 61-62.
- [8] 顾林玲, 柏亚罗. 氟噻唑吡乙酮的开发及应用[J]. 现代农药, 2017, 16(4): 42-45; 50.
- [9] 龙向祥, 段奎梅, 杨林, 等. 5种不同药剂对马铃薯晚疫病的防治效果[J]. 植物医生, 2019, 32(2): 40-42.
- [10] 夏江文, 刘绍文, 董红平, 等. 凉山州大春马铃薯晚疫病防治药剂筛选试验[J]. 农业科技与信息, 2019, 565(8): 7-10.
- [11] 李明甫. 甲氧基丙烯酸酯类杀菌剂及其应用[J]. 农药市场信息, 2013(26): 39-40.
- [12] 孙延安. 吡唑醚菌酯和氟唑菌酯对潮土土壤微生物和土壤酶活性的影响[D]. 山东泰安: 山东农业大学, 2018.
- [13] 陈宇飞, 张丽莉, 史佳文. 10种杀菌剂防治马铃薯晚疫病田间药效评价[C]//马铃薯产业与脱贫攻坚(2018). 哈尔滨: 中国作物学会马铃薯专业委员会, 2018: 424-427.
- [14] 王毅. 旱地马铃薯晚疫病防治杀菌剂筛选研究[J]. 青海农林科技, 2019(1): 18-20.
- [15] 陈伟, 房晓敏, 杨莉, 等. 杀菌剂腈菌酯的合成工艺[J]. 化学研究, 2014, 25(1): 16-19.
- [16] 王蓉, 肖卫平, 覃安荣, 等. 几种药剂对马铃薯晚疫病的防治效果研究[J]. 植物医生, 2019, 32(1): 71-73.
- [17] 张翼翔. 代森锰锌等二硫代氨基甲酸酯类杀菌剂市场缘何经久不衰[J]. 农药市场信息, 2019, 640(1): 42-44.
- [18] 杨寿海, 齐武, 张春华, 等. 一种含丙环唑和福美双的杀菌组合物及其应用: CN, 1930979[P]. 2007-03-21.
- [19] 王建梅, 石伟. 不同药剂拌种防治马铃薯晚疫病试验[J]. 农业科技与信息, 2019, 565(8): 13-14.
- [20] 李啸风. 代森锰锌的结构分析与鉴定[J]. 分析化学, 2004(9): 1268.
- [21] 李丹, 谢正会, 冯明义, 等. 6种药剂对赫章县马铃薯晚疫病的田间防效[J]. 农技服务, 2019, 36(3): 42-43.
- [22] 冯兴琴. 3种药剂拌种防治马铃薯晚疫病试验初报[J]. 农业科技与信息, 2019, 564(7): 7-8; 11.
- [23] 梁爽, 敦亚楠, 侯志广, 等. 烯酰吗啉在马铃薯和土壤中的残留动态及风险评估[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2016, 44(11): 161-165; 171.
- [24] 周长艳, 王珊珊, 张向前, 等. 不同药剂浸种对马铃薯晚疫病防治效果和产量的影响[J]. 北方农业学报, 2019, 47(1): 84-88.
- [25] 刘长令. 卵菌纲病害防治剂: 氟吗啉(flumorph)[J]. 世界农药, 2005(6): 48-49.
- [26] 刘武成, 刘长令. 新型高效杀菌剂氟吗啉[J]. 农药, 2002(1): 8-11.

- [27] 路粉, 赵建江, 刘晓芸, 等. 马铃薯晚疫病菌对甲霜灵的抗性监测及替代药剂防治效果[J]. 中国农业科学, 2018, 51(14): 2700-2710.
- [28] 杨吉春, 张金波, 柴宝山, 等. 酰胺类杀菌剂新品种开发进展[J]. 农药, 2008(1): 10-13; 24.
- [29] 迟会伟, 刁杰, 聂开晟, 等. 新型杀菌剂双炔酰菌胺[J]. 农药, 2007, 46(1): 52-54.
- [30] 陈萍. 杀菌剂热点产品: 氟吡菌胺[J]. 农化市场十日讯, 2017(21): 35-36.
- [31] 罗彦涛, 孟润杰, 赵建江, 等. 马铃薯晚疫病菌对氟吡菌胺抗性突变体的获得及其生物学性状[J]. 中国农业科学, 2016, 49(19): 3733-3745.
- [32] 贺勋, 曾鉴东, 杨怡梅, 等. 卵菌纲病害的克星: 银法利[J]. 四川农业科技, 2007(5): 47.
- [33] 陈善锋. 马铃薯晚疫病防治的田间试验[J]. 农业与技术, 2018, 38(11): 95-96.
- [34] 高雪冬. 五种高效药剂对马铃薯晚疫病防治效果的研究[J]. 黑龙江农业科学, 2019(2): 44-47.
- [35] 张化霜, 翟明涛, 王开运, 等. 新化合物氟醚菌酰胺的抑菌活性及其对棉花立枯丝核菌的作用方式研究[J]. 农药学报, 2013, 15(4): 405-411.
- [36] 孟润杰, 王文桥, 路粉, 等. 氟醚菌酰胺与烯酰吗啉混配对抗马铃薯晚疫病菌增效作用及田间药效[J]. 农药, 2017, 56(2): 141-144.
- [37] 张建新, 姚凤兰. 杀菌剂防治马铃薯晚疫病田间药效试验[J]. 农药, 2018, 57(7): 532-535.
- [38] 魏中华, 徐娟, 郭明霞, 等. 国内多菌灵的研究进展[J]. 今日农药, 2015, 200(11): 28-31.
- [39] 和习琼, 和平根, 和晓堂, 等. 不同杀菌剂组合对丽江大春作马铃薯晚疫病防治效果分析[C]// 马铃薯产业与脱贫攻坚(2018). 哈尔滨: 中国作物学会马铃薯专业委员会, 2018: 420-423.
- [40] 张伟, 曹巧利, 高超. 一种含有氟霜唑的杀菌组合物: CN, 102027957A[P]. 2011-04-27.
- [41] 赵滨. 氟啶胺和氟霜唑对马铃薯晚疫病防治效果及产量的影响[J]. 黑龙江农业科学, 2018(4): 48-50.
- [42] 王源超, 郑小波, 华永刚, 等. 疫霉菌对霜脲菌抗性遗传及对霜脲菌和甲霜灵的交互抗性[J]. 植物保护, 1997, 23(1): 7-10.
- [43] 杨毅娟, 李永青, 李平松, 等. 60%霜脲·嘧菌酯对马铃薯晚疫病的控制效果试验[C]// 云南省植保学会2018年度学术年会-绿色植保支撑高原特色农业论文集. 昆明: 云南农业科技编辑部, 2018: 51-52.
- [44] 赵常安, 田建新, 赵东雷. 植物源农药丁香酚对马铃薯晚疫病的防治效果[C]// 马铃薯产业与现代可持续农业(2015). 哈尔滨: 中国作物学会马铃薯专业委员会, 2015: 443-445.
- [45] 刘刚. 申喹霉素登记应用新进展[J]. 农药市场信息, 2019(17): 59-60.
- [46] 何其明, 杜波, 唐青青, 等. 芳香酰胺类化合物及其制备方法和应用: CN, 110437099A[P]. 2019-11-12.
- [47] 汪清民, 胡展, 刘玉秀, 等. 菲啶类化合物在农药上的应用: CN, 110074124A[P]. 2019-08-02.
- [48] 刘映前, 杨冠洲, 尹晓丹, 等. 一种8-羟基喹啉类化合物及其制备方法和在防治农业病害中的用途: CN, 109467533A[P]. 2019-03-15.
- [49] 杨松, 陶青青, 王培义, 等. 一类1,3,4-噁二唑硫醚类化合物及其制备方法和应用: CN, 109535144A[P]. 2019-03-29.
- [50] PANDEY A K, SINGH C R, DWIVEDI A K, et al. Synthesis of some 1,3,4-oxadiazolo [3,2-b]-s-triazine-5-thiones as possible fungicides[J]. Acta Ciencia Indica, Chemistry, 2009, 35(3): 419-424.
- [51] ICHIBA T, MURASHI T, SUZUKI S, et al. Fungicidal activities of 2-methoxy-2- [2- (benzylideneaminoxyethyl) phenyl]-N-methylacetamide derivatives[J]. Nippon Noyaku Gakkaishi, 2002, 27(3): 223-228.
- [52] KERZ-MOEHLENDICK F, KRIEG U, MYERS R, et al. Method for the control of plant bacterial diseases using carboxamide derivatives: WO, 2018109062[P]. 2018-06-21.
- [53] RAJAN R, RENOLD P, STIERLI D, et al. 1-hydroxy-3H-2, 1-benzoxaborole Derivatives and Their use as Microbiocides: WO, 2017029289[P]. 2017-02-23.
- [54] STIERLI D, RAJAN, R, BEAUDEGNIES R. Novel Microbiocides: WO, 2018060140[P]. 2018-04-05.

(责任编辑:徐娟)

新合作模式下的先正达集团

目前,先正达集团由四个业务部门组成:先正达作物保护,由乔恩·帕尔领导,总部位于瑞士巴塞尔;先正达种子公司,由杰夫·罗领导,总部位于芝加哥;阿达玛公司,由伊格纳西奥·多明格斯领导,总部设在以色列空港市以及先正达集团中国,由恒德琴领导,总部位于中国上海。

先正达集团是全球农作物保护市场的领导者。该集团在全球100多个国家拥有48,000名员工,在全球拥有15个主要生产基地。2019年,先正达集团包括农作物保护和种子在内的销售额为232亿美元。同年,拜耳作物科学公司的总销售额为198.32亿欧元。

(高蕾译自《AGROW》)