

# 马铃薯晚疫病菌抗药性研究现状

娄树宝

(黑龙江省农业科学院 克山分院,黑龙江 克山 161606)

**摘要:**由于马铃薯晚疫病菌对常用杀菌剂产生抗药性,降低了化学防治晚疫病的效果,对马铃薯晚疫病的化学防治药剂及晚疫病菌抗药性的研究进展进行了综述,建议生产上应避免长期使用单一的杀菌剂,应与其它无交互抗性的药剂交替使用或混合使用,以避免或延缓抗药性的产生。

**关键词:**马铃薯;晚疫病菌;抗药性

**中图分类号:**S435.32

**文献标识码:**A

**文章编号:**1002-2767(2010)07-0165-04

马铃薯晚疫病是由致病疫霉菌[*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary]引起的,是马铃薯上最具毁灭性的病害,在我国各马铃薯种植区均有发生。一般年份可减产 10%~20%,在病害大发生年份可造成马铃薯的绝产,该病是制约马铃薯产业发展的主要因素之一<sup>[1]</sup>。目前,马铃薯晚疫病的防治除了采用抗病品种可有效防治以外,主要依靠化学药剂。虽然国内外一些科学家在抗病育种研究、马铃薯晚疫病菌互作的生物化学研究、马铃薯抗晚疫病的遗传工程研究等方面都取得了突破性的进展,但目前并没有在生产实际中普及应用,所以,采取有效的化学防治仍是生产上控制马铃薯晚疫病的重要手段,也是确保马铃薯高产、稳产的重要措施。因此,抗药性成为目前生产上亟待解决的问题。

## 1 马铃薯晚疫病的化学防治药剂

根据化学药剂能否被作物吸收、转运及其作用特点,可分为保护性杀菌剂和内吸性杀菌剂。

### 1.1 保护性杀菌剂

保护性杀菌剂又称接触性杀菌剂,主要施用 在植物表面,通过其残留活性与病菌接触阻止初 侵染过程而达到防治病害的目的,因此,这类药剂 只是在病害发生前使用有效,对侵入植物体内的 病原菌不起作用。早在 1988 年,铜制剂就被应用 于防治马铃薯晚疫病。目前,可用于防治马铃薯 晚疫病的保护性杀菌剂有很多,根据其化学结构,

可分为:铜制剂、二硫代氨基甲酸酯类、三苯基锡 类、酞酰亚胺、间苯二甲腈类、二芳基胺类、苯酰胺 类等。由于保护性杀菌剂对靶标菌的作用位点较 多,作用机理相对复杂,而且大多为酶抑制类杀 菌剂,因此,卵菌对保护性杀菌剂产生抗药性而使药 效下降的报道较少<sup>[2]</sup>。

### 1.2 内吸性杀菌剂

内吸性杀菌剂能够进入植物体内,阻止病害 在植物体内继续扩展,克服了保护性杀菌剂只能 预防不能治疗的缺点,并且内吸性杀菌剂使用较 低的剂量就能达到较好的防治效果。用于防治马 铃薯晚疫病的内吸性杀菌剂主要有苯基酰胺类、 丙烯酰胺类、氨基甲酸酯类、水杨酸衍生物类、氰 基乙酰胺肪类、甲氧基丙烯酸酯类、氰基咪唑类、 氨基酸衍生物类等。

### 1.3 预混合型杀菌剂

预混合型杀菌剂是由保护性杀菌剂和内吸性 杀菌剂按一定比例混合的药剂。由于其结合了二 者的优点,兼有保护和治疗的双重作用,而且施用 方便,在防治马铃薯晚疫病方面有较好的效果,是 目前常用的防治晚疫病的化学药剂。常用的预混 和型杀菌剂主要为代森锰锌、百菌清等保护性杀 菌剂与甲霜灵、恶霜灵、乙磷铝、霜脲氰、氟吗啉、 烯酸吗啉等内吸性杀菌剂混配而成。

## 2 马铃薯晚疫病菌抗药性的研究进展

抗药性的产生是由于病原菌遗传结构发生改 变,对杀菌剂产生适应性变异,使药剂的防治效果 降低甚至失效,从而对种植者和生产杀菌剂的公 司造成经济损失。杀菌剂田间抗性的产生取决于 “菌-药”互作的遗传因素和使用时的一些环境因

收稿日期:2010-01-13

作者简介:娄树宝(1980-),男,黑龙江省伊春市人,硕士,研 究实习生,从事马铃薯遗传育种工作。E-mail: loushubao @163.com。

素。遗传因素取决于病原菌和药剂,有利于抗药性产生的病原菌的因素包括:生活史短,能造成多循环病害的病原菌;繁殖力强,传播速度快的病原菌;病原菌具有潜在的遗传变异或自发突变能力强;菌体存在交互抗药性;抗药突变体的适合度较高。有利于抗药性产生的杀菌剂方面的因素包括:药剂持效期长;作用位点单一;抗药性由单个显性基因控制<sup>[3]</sup>。

## 2.1 马铃薯晚疫病菌对甲霜灵的抗性研究

甲霜灵属于苯基酰胺类杀菌剂,其作用机理主要是抑制 RNA 聚合酶的活性。在生物活性和持效期等方面均表现优异,它能抑制病菌侵入植物后病害发展的各个阶段。对包括致病疫霉在内的卵菌具有很高的生物活性,具有优良的保护和治疗作用,欧洲于 1977 年首次用于防治马铃薯晚疫病,对病害的控制具有良好的效果。

1981 年 Davidse<sup>[4]</sup> 和 Dowley 等<sup>[5]</sup> 首次报道在荷兰和爱尔兰出现抗甲霜灵的马铃薯晚疫病菌株,随后在世界上其它国家和地区相继发现抗甲霜灵的晚疫病菌株存在,并且发现晚疫病菌对甲霜灵的抗药性与其它苯基酰胺类杀菌剂之间存在着正交互抗性;Deahl 等<sup>[6]</sup> 对 1998~1999 年从乌拉圭分离得到的 25 株晚疫病菌进行了甲霜灵敏感性测定,结果显示抗性菌株出现频率为 92%;Reis 等<sup>[7]</sup> 测定了 1998~2000 年巴西晚疫病菌株对甲霜灵的抗性,其中抗性菌株的出现频率为 38%;Jadwiga Sliwka 等<sup>[8]</sup> 对 1995~2004 年从波兰采集的 131 株马铃薯晚疫病菌进行了甲霜灵的敏感性测定,其中高抗菌株出现频率为 14.5%,中抗菌株出现频率为 3.5%,其余 82.0% 的菌株为敏感菌株。

在我国,1998 年李炜等<sup>[9]</sup> 报道,在所测的 66 株马铃薯晚疫病菌中有 33.3% 的菌株对甲霜灵产生了抗性;2001 年杨志辉<sup>[10]</sup> 研究表明,在河北、四川和黑龙江均有抗甲霜灵的马铃薯晚疫病菌菌株存在,同时发现抗药性菌株比敏感菌株的寄生适合度更高,越冬能力更强。2002 年王文桥等<sup>[11]</sup> 测定了来自河北的菌株,抗性菌株出现频率为 11.3%;2002 年毕朝位等<sup>[12]</sup> 对重庆的马铃薯晚疫病菌研究发现,有 20.2% 的菌株表现抗性;2002 年王英华等<sup>[13]</sup> 测定发现,内蒙古马铃薯主

产区的致病疫霉普遍对甲霜灵具有了抗性,其中高抗菌株占 50.8%,敏感菌株占 10%;2004 年,陈庆河<sup>[14]</sup> 对福建省 1999~2002 年分离的 89 株致病疫霉进行了抗药性水平测定,高抗、中抗和敏感菌株分别占 36.0%、48.3%、15.7%,不同菌株对甲霜灵的敏感程度差异很大;2004 年,朱小琼等<sup>[15]</sup> 对我国 6 省市的 37 株马铃薯晚疫病菌进行了甲霜灵的敏感性测定,其中高抗菌株出现频率高达 46%;李本金等<sup>[16]</sup> 测定了 2001~2007 年福建省的 187 株马铃薯晚疫病菌的甲霜灵敏感性,高抗、中抗和敏感菌株分别占 97.3%、2.1%、0.5%;2009 年,孙秀梅等<sup>[17]</sup> 对黑龙江省的 53 株晚疫病菌进行了甲霜灵敏感性测定,其中高抗菌株为 52.8%、中抗菌株为 3.8%、敏感菌株为 43.4%。

## 2.2 马铃薯晚疫病菌对霜脲氰的抗性研究

霜脲氰,氰基乙酰胺肟类杀菌剂,1976 年由美国杜邦公司开发。霜脲氰能够防治致病疫霉等卵菌引起的病害,具有局部内吸和保护作用,对侵入植物体内的病原菌也有显著的抑制作用。我国从 20 世纪 90 年代初开始应用霜脲氰防治马铃薯晚疫病,目前国内外尚未见因抗药性而导致该药剂对马铃薯晚疫病田间防治效果下降的报道。

Sujkowski 等<sup>[18]</sup> 对来自墨西哥中部和北部的 75 个晚疫病菌菌株进行了霜脲氰的敏感性测定,结果显示各菌株对霜脲氰均表现敏感,且菌株间无明显差异;Hamlen 等<sup>[19]</sup> 应用平板法和温室接种法对来自全球的 238 个菌株进行了抗霜脲氰试验,体内和体外试验均表明马铃薯晚疫病菌对霜脲氰的敏感性没有降低。

2002 年,王文桥等<sup>[20]</sup> 测定了霜脲氰、代森锰锌对马铃薯晚疫病菌不同生长发育阶段的毒力,发现霜脲氰抑制马铃薯晚疫病菌菌丝生长的活性明显高于代森锰锌,抑制孢子囊和游动孢子萌发及孢子囊释放游动孢子的活性明显低于代森锰锌;2005 年,袁善奎等<sup>[21]</sup> 对不同年份不同地区采集的 127 株马铃薯晚疫病菌进行了霜脲氰的敏感性测定,结果表明,晚疫病菌对霜脲氰的敏感性仍呈单峰曲线分布,未出现敏感性有差异的亚群体,说明病菌群体对霜脲氰非常敏感,并且霜脲氰与甲霜灵之间无交互抗性。

## 2.3 马铃薯晚疫病病菌对烯酰吗啉的抗性研究

烯酰吗啉是一种肉桂酸类化合物的衍生物,是继甲霜灵之后防治卵菌引起病害的又一种高效内吸性杀菌剂,对霜霉菌、疫霉菌具有特效。此类杀菌剂不影响卵孢子的释放,但对卵孢子孢囊的形成、休眠孢子的萌发和菌丝的生长具有强烈的抑制作用。

Albert 等<sup>[22]</sup>于 1988 年首次报道了烯酰吗啉在极低的浓度下对马铃薯晚疫病就有较好的防治作用;Dereviagina 等<sup>[23]</sup>对采集的 110 株马铃薯晚疫病病菌进行了抗药性测定,结果表明,有 0.3%~0.8% 的抗烯酰吗啉的菌株突变体,但抗性菌株的适合度低,而且在继代培养过程中抗性逐渐丧失,目前还没有因为产生抗药性而导致烯酰吗啉对病害的防治效果下降的报道;Ryu 等<sup>[24]</sup>对 1999~2000 年采自云南的 83 株晚疫病病菌进行了烯酰吗啉的敏感性测定,结果显示,全部菌株对烯酰吗啉均表现敏感。

朱小琼等<sup>[15]</sup>在 2004 年测定马铃薯晚疫病病菌对烯酰吗啉的敏感性,结果显示,所有菌株均对烯酰吗啉表现敏感,并且烯酰吗啉与甲霜灵之间无交互抗性;袁善奎等<sup>[25]</sup>测定了 2003~2004 年从内蒙古和黑龙江省采集的 100 株马铃薯晚疫病病菌对烯酰吗啉的敏感性,结果表明,不同地区、不同年份的马铃薯晚疫病病菌对烯酰吗啉的敏感性无显著差异,其敏感性呈连续的单峰曲线,未出现敏感性下降的抗药性亚群体。

## 2.4 马铃薯晚疫病病菌对阿米西达的抗性研究

阿米西达属于甲氧基丙烯酸酯类内吸性杀菌剂,中文通用名为嘧菌酯,其作用机理是通过与细胞色素 bc<sub>1</sub> 复合体 Q<sub>o</sub> 部位结合而抑制病原菌线粒体的电子传递,抑制呼吸代谢过程中 ATP 的合成,从而杀死病菌。该类杀菌剂具有广谱性和较高的杀菌活性,对作物安全性高,与目前使用的杀菌剂无正交互抗性,能有效防治子囊菌、担子菌、半知菌和卵菌等多种病原菌引起的病害,与环境有很好的相容性。

王英华等<sup>[13]</sup>从 1997~2001 年内蒙古和甘肃采集的 143 株马铃薯晚疫病病菌中随机抽取 35 株,对其进行了腈嘧菌酯的敏感性测定,结果表明,71.4% 的菌株表现敏感,28.6% 的菌株中度敏感;

朱小琼等<sup>[15]</sup>对 2000~2002 年从四川、重庆、吉林等 6 省市采集的 74 株晚疫病病菌中随机抽取 15 个对甲霜灵表现敏感、中抗和高抗的菌株,测定其对几种杀菌剂的敏感性,结果全部对腈嘧菌酯表现敏感;并且腈嘧菌酯与甲霜灵之间无交互抗性。陈良华等<sup>[26]</sup>测定了 2009 年河北和吉林的 97 个晚疫病菌株对嘧菌酯的敏感性,全部菌株均表现敏感。

综上所述,各地的马铃薯晚疫病病菌对甲霜灵类杀菌剂均出现了不同程度的抗性,有的地区高抗菌株已达到 90% 以上,对于高抗药性地区应停止使用苯基酰胺类杀菌剂,并且严格控制从该地区引种,可以引进试管苗;对于中抗或低抗地区应采用多种药剂交替使用,以延缓抗药性的产生,对于未出现抗药性的地区应继续进行抗药性监测。尽管其它几种药剂未出现抗药性,仍然不能忽视抗药性风险管理工作。

## 3 杀菌剂的合理利用

为了有效控制马铃薯晚疫病的发生和流行,减小晚疫病病菌对杀菌剂的抗药性风险,应采取综合防控措施。

在马铃薯播种后,根据长期的天气预测预报,结合品种的生物学特性,制定出整个生长季节所使用的杀菌剂和用药次数,并且严格限制该类杀菌剂每个生长季节的使用次数和剂量,避免长期使用单一药剂,做好该类药剂的保护工作。

根据监测和研究结果,选择作用机理不同的杀菌剂交替使用,对无交互抗性的杀菌剂进行混用来防治晚疫病,以避免或延缓抗药性的产生。

建立晚疫病病菌抗药性监测和监控体系,检控并控制抗性菌株的传播或抗药性基因的漂移。

## 参考文献:

- [1] 朱杰华,杨志辉,张凤国,等. 马铃薯晚疫病菌群体遗传结构研究进展[J]. 中国农业科学,2007,40(9):1936-1942.
- [2] 司乃国,刘君丽. 甲氧基丙烯酸酯类杀菌剂的开发与应用[M]//周明国. 中国植物病害化学防治研究. 2 卷. 北京: 中国农业出版社,2000:16-19.
- [3] 陆跃健,李红霞. 抗药性与欧洲杀菌剂登记[J]. 中国植保化防快讯,2002(3):17.
- [4] Davidse L C, Looijen D, Turkensteen L J, et al. Occurrence of metalaxyl-resistant strains of *Phytophthora infestans* in Dutch potato-fields [J]. Plant Pathology, 1981, 87: 65-68.

[5] Dowley L J, O'sullivan E. Metalaxyl-resistance in populations of *Phytophthora infestans* (Mont.) De Bary in Ireland [J]. Potato Research, 1981, 24: 417-421.

[6] Deahl K L, Pagani M C, Vilario F L. Characteristics of *Phytophthora infestans* isolates from Uruguay [J]. European Journal of Plant Pathology, 2003, 109: 277-281.

[7] Reis A, Smart C D, Fry W E, et al. Characterization of isolates of *Phytophthora infestans* from southern and south-eastern Brazil from 1998 to 2000 [J]. Plant Disease, 2003, 87 (8): 896-900.

[8] Jadwiga S, Sylwester S, Renata L, et al. Mating type, Virulence, aggressiveness and metalaxyl resistance of isolates of *Phytophthora infestans* in Poland [J]. Potato Research, 2006, 49(10): 155-166.

[9] 李炜, 张志铭, 樊慕贞. 马铃薯晚疫病对瑞毒霉抗性的测定[J]. 河北农业大学学报, 1998, 21(2): 63-65.

[10] 杨志辉. 种衣剂防治马铃薯晚疫病及马铃薯晚疫病菌抗药性研究[D]. 保定: 河北农业大学, 2001.

[11] 王文桥, 张文吉, David M, 等. 致病疫霉抗药性、交配型和适合度[J]. 植物病理学报, 2002, 32(2): 278-283.

[12] 毕朝位, 杜喜翠, 车兴壁, 等. 重庆地区马铃薯晚疫病菌(*Phytophthora infestans*)对甲霜灵抗性及其抗性水平测定[J]. 中国马铃薯, 2002, 16(2): 70-73.

[13] 王英华, 国立耘, 梁德霖, 等. 马铃薯晚疫病菌在内蒙古和甘肃的交配型分布及对几种杀菌剂的敏感性[J]. 中国农业大学学报, 2003, 8(1): 78-82.

[14] 陈庆河, 翁启勇, 谢世勇, 等. 福建省致病疫霉交配型分布及对甲霜灵的抗药性[J]. 植物保护学报, 2004, 31(2): 151-156.

[15] 朱小琼, 车兴壁, 国立耘, 等. 六省市致病疫霉交配型及其对几种杀菌剂的敏感性[J]. 植物保护, 2004, 30(4): 20-23.

[16] 李本金, 吕新, 兰成忠, 等. 福建省致病疫霉交配型、甲霜灵敏感性及其生理小种组成分析[J]. 植物保护学报, 2008, 35(5): 453-457.

[17] 孙秀梅, 马颜亮, 白雅梅, 等. 黑龙江省马铃薯晚疫病菌对甲霜灵药剂的敏感性测定[J]. 中国马铃薯, 2009, 23(2): 72-74.

[18] Sujkowski L C, Fry B A. Sensitivities of Mexican isolates of *Phytophthora* to Chlorothalonil, Cymoxanil and Metalaxyl [J]. Plant Disease, 1995, 79: 1117-1120.

[19] Hamlen R A, Power R J. Distribution of sensitivity responses to cymoxanil within global populations of *Phytophthora infestans* [J]. Pesticide Science, 1998, 53: 101-103.

[20] 王文桥, 马志强, 韩秀英, 等. 霜脲氰和代森锰锌对马铃薯晚疫病菌的离体活性及混合增效作用[J]. 农药学报, 2002, 4(1): 28-33.

[21] 袁善奎, 赵志华, 刘西莉, 等. 马铃薯晚疫病菌对甲霜灵和霜脲氰的敏感性检测[J]. 农药学报, 2005, 7(3): 237-241.

[22] Albert G, Gurtze J. Dimethomorph(CME151), a novel curative fungicide [J]. Brighton Crop Prot. Conf. -Pests Dis, 1988(1): 17-21.

[23] Dereviagina M K, Elansky S N, Diakov Y T. Resistance of *Phytophthora infestans* to the dimethomorph fungicide [J]. Mikologiya Pitopatologiya, 1999, 33(3): 208-213.

[24] Ryu K Y, 罗文富, 杨艳丽, 等. 云南省马铃薯晚疫病菌的 A2 交配型、抗药性及生理小种分布的研究[J]. 植物病理学报, 2003, 33(2): 126-131.

[25] 袁善奎, 刘西莉, 刘亮, 等. 马铃薯晚疫病菌对烯酰吗啉的敏感性基线及其室内抗药突变体的研究[J]. 植物病理学报, 2005, 35(6): 545-551.

[26] 陈良华, 杨志辉, 丁明亚, 等. 河北、吉林两省马铃薯晚疫病菌对 3 种杀菌剂的敏感性测定[J]. 中国农学通报, 2009, 25(13): 171-174.

# Current Study of Fungicide Resistance in *Phytophthora infestans*

LOU Shu-bao

(Keshan Branch of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Keshan, Heilongjiang 161606)

**Abstract:** Because of fungicide resistance of *Phytophthora infestans*, the effect of fungicides was decreasing on potato late blight. The fungicides to control late blight and the current study of fungicide resistance in *Phytophthora infestans* were summarized. It was suggested that we should avoid the situation that single fungicide to control late blight disease for a long time and the fungicides should be used alternately or in mixture with other not cross-resistant fungicides to avoid or delay the development of resistance.

**Key words:** potato; *Phytophthora infestans*; fungicide resistance