植物保护学报 Journal of Plant Protection，2021，48(4)：935-936 DOI: 10.13802/j.cnki.zwbhxb.2021.2020149

2017—2019年江西番茄晚疫病菌生理小种分布及其对甲霜灵的敏感性

Distribution of physiological races of potato late blight pathogen *Phytophthora infestans* derived from tomato during 2017—2019 in Jiangxi and their sensitivities to metalaxyl

何烈干[1] 周云峰[2] 邹 芬[1] 李湘民[1] 黄瑞荣[1] 马辉刚[1*]

（1. 江西省农业科学院植物保护研究所，南昌 330200；2. 鄱阳县农业技术推广中心，江西 鄱阳 333100）

He Liegan[1] Zhou Yunfeng[2] Zou Fen[1] Li Xiangmin[1] Huang Ruirong[1] Ma Huigang[1*]

（1. Plant Protection Institute, Jiangxi Academy of Agricultural Sciences, Nanchang 330200, Jiangxi Province, China; 2. Poyang Agro-Tech Extension Center, Poyang 333100, Jiangxi Province, China）

番茄晚疫病是由致病疫霉 *Phytophthora infestans* 侵染引起的一种毁灭性病害。近年来，该病害在江西省发生危害日趋严重，一般使番茄减产15%~30%，严重时可达40%以上，甚至绝收。目前选育抗病品种和使用化学药剂是防治该病害的最主要措施（Pasteris et al.，2016）。自20世纪以来，甲霜灵一直被广泛用于防治番茄晚疫病等卵菌病害，但在连续使用多年后，部分地区晚疫病菌已对其产生了抗药性，路粉等（2018）发现河北、内蒙古和吉林3个省区晚疫病菌对甲霜灵的抗性频率达100%。本研究通过对江西省番茄晚疫病菌生理小种的组成分布进行系统研究，测定其对甲霜灵的敏感性，以期为江西省番茄抗性品种的合理布局、防治药剂的筛选提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料

供试菌株、鉴别寄主及培养基：2017—2019年在江西省17个番茄主产区采集具有典型晚疫病症状的病叶，经分离纯化共获得195株菌株。一整套鉴别寄主包括TS19（含 *Ph*+基因）、TS33（含 *Ph-1* 基因）、W.Va700（含 *Ph-2* 基因）、L3708（含 *Ph-3*、*Ph-4* 基因）和LA1033（含 *Ph-5* 基因）5种，种子由亚蔬—世界蔬菜研究与发展中心王添成博士提供。黑麦培养基：黑麦50 g、琼脂粉20 g、蒸馏水1 000 mL。

药剂及仪器：97%甲霜灵（metalaxyl）原药，江苏宝灵化工有限公司；其他试剂均为国产分析纯。MGC-1000HP-2人工气候箱，上海一恒科学仪器有限公司；PGX-330A-3HM光照培养箱，宁波莱福科技有限公司。

1.2 方法

生理小种鉴定：选取健康饱满的鉴别寄主种子，浸种后适温催芽，露白后播于32穴营养盘中，当植株长至5~7片真叶时进行接种。将供试195株菌株接种于黑麦培养基上，在18~20℃下黑暗培养14 d后，用无菌水洗出游动孢子囊，调整游动孢子囊浓度至5×10^4个/mL，于4℃下静置1 h促使游动孢子充分释放，以释放的游动孢子悬浮液作为接种体，将其喷洒于鉴别寄主叶片上，每1株菌株接种一整套鉴别寄主，每种鉴别寄主30株，重复3次，以清水处理作对照。接种后于湿度100%、温度18~20℃下黑暗保持24 h，然后在相对湿度75%以上、L12 h/D12 h、温度20~23℃条件下培养。接种7 d后按照冯兰香等（2004）方法调查病情，根据单株叶面积发病率确定该植株病害级别：0级，无病症；1级，病斑细小，叶面积发病率<5%；2级，限制型病斑，6%<叶面积发病率≤15%；3级：叶部有病斑，茎部无病斑，16%<叶面积发病率≤30%；4级，茎部有少量病斑，31%<叶面积发病率≤60%；5级，茎部有扩展型病斑，61%<叶面积发病率≤90%；6级，茎部受害严重，叶面积发病率>91%，植株甚至死亡；根据病害级别计算每种鉴别寄主3次重复的病情指数平均值，病情指数=Σ（每个病级的植株数×级别数）/调查总植株数，根据病情指数平均值划分抗性：病情指数为0，免疫；0<病情指数≤4.0，抗病；4.0<病情指数≤6.0，感病。根据整套鉴别寄主对病菌的抗感类型确定该菌株的生理小种类型，并计算各类生理小种的出现频率。

菌株对抗性基因的毒力频率：根据供试菌株对含抗性基因鉴别寄主是否有致病性来确定菌株群体对抗性基因的毒力频率，毒力频率=有毒菌株数/测试总菌株数×100%。比如供试菌株中有30%对寄主W.Va700（含 *Ph-2* 基因）具有致病性，则表示对抗性

基金项目：江西省蔬菜产业技术体系资助（JXARS-06），江西省现代农业科研协同创新专项（JXXTCX201901-03）

* 通信作者（Author for correspondence），E-mail：344475416@qq.com；收稿日期：2020-06-15

基因*Ph-2*的毒力频率为30%。

病原菌的敏感性测定：采用菌丝生长速率法测定195株菌株对甲霜灵的敏感性。在刚长满培养皿的菌落边缘打取直径6 mm的菌饼，置于含有浓度分别为0、1和10 mg/L甲霜灵的黑麦培养基上，每皿1个菌饼，重复3次，18℃黑暗培养14 d后，采用十字交叉法测量菌落直径，计算相对生长量，相对生长量=(处理菌落直径−6)/(对照菌落直径−6)×100%。当菌落的相对生长量≤10%时为敏感，相对生长量在10%~60%之间为中抗，相对生长量≥60%时为高抗。

2 结果与分析

2.1 江西省番茄晚疫病菌生理小种组成及分布

共鉴定出6个生理小种，分别为T0、T1、T1,2、T1,2,3、T1,2,4、T1,2,3,4，其中T1和T1,2出现频率最高，达到30.3%和27.2%(表1)，因此江西省番茄晚疫病菌的优势生理小种为T1和T1,2。在供试的195株菌株中，每株菌株平均能克服2.1个抗性基因，有77株能克服3.0个及以上抗性基因(T1,2,3、T1,2,4、T1,2,3,4)，占菌株总量的39.5%。分析生理小种分布区域可知，生理小种T1,2和T1分布范围最广，分别在13个和12个县(市)出现，占样本总数的76.5%和70.6%；有14个县(市)存在3个及以上生理小种，占样本总数的82.35%。

2.2 毒力频率组成与分布

江西省番茄晚疫病菌可以克服*Ph-1*、*Ph-2*、*Ph-3*、*Ph-4*和*Ph-5*这5个抗性基因，其中以克服*Ph-1*基因的毒力频率最高，达到96.9%，其次为*Ph-2*基因，其毒力频率为66.7%，说明这2种抗性基因在江西省内的抗性几乎丧失。

表1 来凤县不同生境与海拔昆虫多样性指数分析表

Table 1 Analysis table of insect diversity indices in different habitats and altitudes in Laifeng County

来源 Source	菌株数 Isolate	频率Frequency% T0	T1	T1,2	T1,2,3	T1,2,4	T1,2,3,4	来源 Source	菌株数 Isolate	频率Frequency% T0	T1	T1,2	T1,2,3	T1,2,4	T1,2,3,4
南昌Nanchang	15	0.0	40.0	33.3	0.0	13.3	13.3	弋阳Yiyang	6	33.3	0.0	16.7	0.0	33.3	16.7
万载Wanzai	12	0.0	0.0	66.7	25.0	8.3	0.0	宜黄Yihuang	10	0.0	30.0	50.0	10.0	0.0	10.0
高安Gaoan	13	15.4	30.8	15.4	23.1	15.4	0.0	宁都Ningdu	11	0.0	27.3	27.3	0.0	45.5	0.0
德安Dean	9	0.0	55.6	0.0	0.0	33.3	11.1	于都Yudu	13	0.0	53.8	0.0	0.0	46.2	0.0
瑞昌Ruichang	12	0.0	25.0	33.3	41.7	0.0	0.0	赣县Ganxian	16	6.3	0.0	56.3	25.0	0.0	12.5
余干Yugan	14	0.0	71.4	14.3	0.0	0.0	14.3	信丰Xinfeng	9	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0
乐平Leping	20	0.0	50.0	35.0	0.0	0.0	15.0	永新Yongxin	7	0.0	0.0	57.1	0.0	0.0	42.9
余江Yujiang	7	14.3	28.6	0.0	42.9	14.3	0.0	永丰Yongfeng	14	0.0	28.6	14.3	0.0	57.1	0.0
贵溪Guixi	7	0.0	28.6	14.3	28.6	28.6	0.0	总计Total	195	3.1	30.3	27.2	15.4	16.4	7.7

2.3 番茄晚疫病菌的敏感性

对195株菌株进行了甲霜灵敏感性测定，其中中抗菌株有47株，占24.10%，高抗菌株有110株，占56.41%，且高抗菌株在各地均有分布，所占比例在14.29%~76.92%之间，其中高安、宜黄和赣县等地菌株70.0%以上为高抗菌株，表明江西省番茄晚疫病菌对甲霜灵表现出较高的抗性。

3 讨论

本研究对江西省番茄晚疫病菌进行生理小种的鉴定，生理小种的组成结构与冯兰香等(2004)的研究结果相比已发生显著变化，种类已由2个增加到6个，同时出现了能克服所有抗性基因的小种T1,2,3,4，有14个县(市)存在3个及以上小种，占样本总数的82.35%，病原菌群体致病性分化较为复杂，因此当地在引进和选育抗病品种时要针对当地优势小种进行选择，同时应避免使用含*Ph-1*和*Ph-2*这2种抗性基因的抗性品种。甲霜灵因其作用位点单一而易产生抗药性，同时这种抗性可随新群体的产生而转移。结果表明，中抗及高抗菌株占80.51%，且高抗菌株在各地区均存在，菌株对甲霜灵的抗性比例较高，因此，在实际生产中应避免使用甲霜灵系列药剂，筛选与这类药剂无交互抗性的药剂轮用。

参 考 文 献（References）

Feng LX, Yang YH, Xie BY, Feng DX, Yang CR. 2004. Identification of physiological races of *Phytophthora infestans* on tomato in eighteen provinces of China. Acta Horticulturae Sinica, 31(6): 758−761 (in Chinese) [冯兰香, 杨宇红, 谢丙炎, 冯东昕, 杨翠荣. 2004. 中国18省市番茄晚疫病菌生理小种的鉴定. 园艺学报, 31(6): 758−761]

Lu F, Zhao JJ, Liu XY, Meng RJ, Wu J, Han XY, Wang WQ. 2018. Monitoring of resistance *Phytophthora infestans* of on potato to metalaxyl and the control efficacy of alternative fungicides. Scientia Agricultura Sinica, 51(14): 2700−2710 (in Chinese) [路粉, 赵建江, 刘晓芸, 孟润杰, 吴杰, 韩秀英, 王文桥. 2018. 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. 中国农业科学, 51(14): 2700−2710]

Pasteris RJ, HanaganMA, Bisaha JJ, Finkelstein BL, Hoffman LE, Gregory V, Andreassi JL, Sweigard JA, Klyashchitsky BA, Henry YT, et al. 2006. Discovery of oxathiapiprolin, a new oomycete fungicide that targets an oxysterol binding protein. Bioorganic Medicinal Chemistry, 24(3): 354−361

（责任编辑：王 璇）