

• 研究论文 •

烟草黑胫病菌对两种保护性杀菌剂的敏感性测定

许学明^{1,2}, 王开运^{* 1}, 林才华¹, 段海明¹, 迟志娟¹

(1. 山东农业大学 植物保护学院, 山东 泰安 271018 2. 连云港职业技术学院, 江苏 连云港 222006)

摘要: 采用菌落生长速率法测定了 2005 年从云南、贵州、山东烟区病株上分离到的 38 个烟草黑胫病菌 *Phytophthora nicotianae* Breda de haan var *nicotianae* Waterhouse 菌株对两种保护性杀菌剂的敏感性。结果表明: 百菌清 (B) 对各参试菌株的 EC_{50} 值在 2.33~49.47 $\mu\text{g/mL}$ 之间, 平均值为 9.35 (± 2.77) $\mu\text{g/mL}$; 代森锰锌 (Z) 对各参试菌株的 EC_{50} 值在 3.51~82.05 $\mu\text{g/mL}$ 之间, 平均值为 10.59 (± 4.06) $\mu\text{g/mL}$ 。B 及 Z 对除 XR001 外的 37 个菌株的 EC_{50} 值分别呈连续的双峰 (主峰明显) 和单峰频次分布; B 对构成敏感性正态频次分布主峰的 30 个菌株的 EC_{50} 均值 5.99 (± 0.78) $\mu\text{g/mL}$ 和 Z 对组成连续敏感性正态频次分布的 37 个菌株的 EC_{50} 均值 8.66 (± 1.09) $\mu\text{g/mL}$ 可分别作为烟草黑胫病菌对 B 及 Z 的敏感性基线。

关键词: 烟草黑胫病菌; 保护性杀菌剂; 百菌清; 代森锰锌; 敏感性基线

中图分类号: S481.4

文献标志码: A

文章编号: 1008-7303(2007)01-0039-06

Determination on Sensitivity of *Phytophthora nicotianae* var *nicotianae* to Two Unsystemic Fungicides

XU Xueming^{1,2}, WANG Kaiyun^{* 1}, LIN Caihua¹, DUAN Haiming¹, CHIZhijuan¹

(1 College of Plant Protection, Shandong Agricultural University, Tai'an 271018 Shandong Province, China;

2 Lianyungang Technical College, Lianyungang 222006, Jiangsu Province, China)

Abstract The sensitivities to chlorothalonil (B) and mancozeb (Z) of 38 strains of *Phytophthora nicotianae* Breda de haan var *nicotianae* Waterhouse collected from tobacco plants in Yunnan, Guizhou, Shandong China in 2005 were determined with the method of colonial growth-rate. The results showed that the EC_{50} values of B and Z to all the strains ranged from 2.33 $\mu\text{g/mL}$ to 49.47 $\mu\text{g/mL}$ and from 3.51 $\mu\text{g/mL}$ to 82.05 $\mu\text{g/mL}$, respectively; and the EC_{50} mean values were 9.35 (± 2.77) $\mu\text{g/mL}$ and 10.59 (± 4.06) $\mu\text{g/mL}$, respectively. The frequency distributions of EC_{50} values of B and Z to 37 strains except of XR001 were bimodal with evident main peak and unimodal, respectively. The EC_{50} mean value (5.99 ± 0.78 $\mu\text{g/mL}$) of B to 30 strains which composed the normal main peak of sensitivity distribution, and the EC_{50} mean value (8.66 ± 1.09 $\mu\text{g/mL}$) of Z to 37 strains which composed the normal sensitivity distribution could be used as the baseline-sensitivity of *Phytophthora nicotianae* var *nicotianae* to B and Z.

收稿日期: 2006-09-25 修回日期: 2007-01-16

作者简介: 许学明 (1963-), 男, 江苏滨海人, 高级农艺师, 连云港职业技术学院园艺系主任, 现为山东农业大学植物保护学院博士研究生;

* 通讯作者: 王开运 (1954-), 男, 山东滕州人, 教授, 博士生导师, 主要从事农药毒理及有害生物抗药性研究。联系电话: 0538-8242345

E-mail: kywang@sdau.edu.cn

基金项目: 国家烟草专卖局重点项目 (国烟科 [2003] 579 号)

Key words *Phytophthora nicotianae* var *nicotianae*; unsystemic fungicide; chbrothalonil; mancozeb; baseline-sensitivity

烟草黑胫病 (tobacco black shank) 是世界烟草生产中危害最严重的病害之一^[1], 仅次于烟草病毒病^[2]。其病原菌为烟草疫霉烟草变种 (*Phytophthora nicotianae* Breda de Haan var *nicotianae* Waterhouse)^[3], 属于藻物界、卵菌门、卵菌纲、腐霉目、腐霉科、疫霉属^[4]。

目前对烟草黑胫病仍以化学防治为主, 常用药剂主要有甲霜灵、甲霜锰锌和代森锰锌等, 其中甲霜灵防效最佳。但由于生产上使用的农药品种较单一, 已发现烟草黑胫病菌对甲霜灵产生了抗药性^[5,6]。

一般认为保护性杀菌剂对病原菌的作用位点多, 病原菌不易对其产生抗性^[7]。有机硫类保护性杀菌剂代森锰锌和取代苯类保护性杀菌剂百菌清都具有高效、低毒、对人、畜、植物安全、广谱、价廉等特点, 对卵菌病害的防治起着十分重要的作用^[8]。在烟草黑胫病防治中, 常将百菌清或代森锰锌和内吸性杀菌剂加工成混合制剂, 或与之轮用、混用, 以延缓病菌对内吸药剂抗性的产生, 却很少考虑病原菌对百菌清及代森锰锌的抗性问题。目前, 国内外有关病原菌对百菌清及代森锰锌敏感性研究的报道较少^[9,10]。本试验采用菌落生长速率法, 测定了百菌清和代森锰锌对云南、贵州和山东烟田的 38 个烟草黑胫病菌 *Phytophthora nicotianae* Breda de Haan var *nicotianae* Waterhouse 菌株的毒力, 建立了该病菌对两种药剂的敏感性基线。

1 材料和方法

1.1 供试菌株

2005 年 6 月至 8 月从云南、贵州、山东三省烟草主产区典型病株上分离到 38 个烟草黑胫病菌株: AQ003 采集于山东省安丘市, CL001、CL002、CL004、CL005 采集于山东省昌乐县, FX001、FX002、FX003、FX004、FX005 采集于山东省费县, GM001、GM002 采集于山东省高密市, JX001、JX002、JX004、JX005 采集于山东省莒县, MY001、MY002、MY003、MY005 采集于山东省蒙阴县, TA001、TA002 采集于山东省泰安市郊区, YN001、YN002、YN003、YN004、YN005 采集于山

东省沂南县, YS001、YS002、YS003、YS004 采集于山东省沂水县, ZC002、ZC003 采集于山东省诸城市, QJ002 采集于云南省曲靖市麒麟区, KM002、KM003 采集于云南省昆明市官渡区, DL001 采集于云南省大理州巍山县, XR001 采集于贵州省兴仁县。所有菌株均采自不同田块, 田块之间的距离都在 2 km 以上, 经分离纯化鉴定^[4,11]后于 10℃ 保存待试。

1.2 供试药剂

98% 百菌清 (chbrothalonil) 原粉及 80% 代森锰锌 (mancozeb) 可湿性粉剂 (WP), 均由山东海利尔药业有限公司提供。

1.3 培养基的配制

1.3.1 燕麦琼脂培养基 称取燕麦片 50 g 加入 1 000 mL 去离子水, 在 60℃ 恒温水浴锅中加热 1 h 经 4 层纱布过滤去渣。滤液用去离子水定容至 1 000 mL, 加入琼脂粉 18 g 在微波炉内加热至琼脂粉完全溶化后趁热分装, 121℃ 30 min 蒸汽湿热灭菌。

1.3.2 含药燕麦琼脂培养基 参照王革的方法^[12], 先将百菌清及代森锰锌分别用丙酮或无菌水配成有效成分质量浓度为 1% 的母液, 置于 4℃ 冰箱中备用。测定时, 根据燕麦琼脂培养基的用量, 用移液管吸取一定量的药剂母液加入到熔化并冷却至 60℃ 的培养基中, 充分摇匀, 配成含百菌清及代森锰锌最终有效浓度分别为 0.0.1、1.0、2.0、5.0、10.0、20.0、50.0 μg/mL 的含药培养基。

1.4 烟草黑胫病菌对百菌清及代森锰锌的敏感性测定

沿燕麦琼脂平板上培养 (26℃, 黑暗) 3~4 d 的参试菌株菌落边缘打出直径 7 mm 的菌饼, 分别移到含有百菌清、代森锰锌 8 个梯度浓度的燕麦琼脂平板上, 置 (26±0.5)℃ 下黑暗培养 66 h。用十字交叉法测量两次菌落的直径, 取平均值, 按 (1) 式计算药剂对菌落生长的抑制率。每处理 (每菌株每浓度水平) 重复 4 次。通过菌丝生长抑制率的机率值和药剂浓度对数值之间的线性回归分析, 求出各药剂对各供试菌株的有效抑制中浓度 (EC₅₀ 值)^[13~16]。

数据均采用 Microsoft Excel 2003 DPS 数据处理工作平台进行统计分析。

$$\text{菌落生长抑制率}(\%) = \frac{\text{对照菌落直径} - \text{处理菌落直径}}{\text{对照菌落直径} - \text{菌饼直径}} \times 100 \tag{1}$$
$$\text{抗性水平} (RF) = \frac{\text{参试菌株的 } EC_{50}\text{值}}{\text{本研究建立的敏感基线 } EC_{50}\text{值}}$$

2 结果与分析

2.1 烟草黑胥病菌对百菌清的敏感性

2.1.1 对百菌清的敏感性总体水平 由表 1、图 1-、图 2- 看出: 百菌清对 38 个参试菌株的 EC_{50} 值均低于 $50\mu\text{g/mL}$, 均值为 $9.35\pm2.77\mu\text{g/mL}$;

除 XR001 以外的 37 个菌株的 EC_{50} 值呈连续双峰正态频次分布, 但主峰 ($6.75\mu\text{g/mL}$, 频次 13) 较次峰 ($19.25\mu\text{g/mL}$, 频次 3) 明显; YS003 为最敏感菌株, XR001 的 EC_{50} 值最高。

Table 1 Parameters of EC_{50} for 2 unsystemic fungicides to *P. nicotianae* var *nicotianae*

Fungicide	No. of strains	EC_{50} Range / ($\mu\text{g/mL}$)	Mean EC_{50} / ($\mu\text{g/mL}$)	CV*	95% C.L.** of EC_{50} mean / ($\mu\text{g/mL}$)	Mean of RF***
Chlorothalonil	38	2.33~49.47	9.35	0.902	9.35 ± 2.77	1.56
Mancozeb	38	3.51~82.05	10.59	1.165	10.59 ± 4.06	1.22

* Coefficient of variance(CV); ** Confidence limit(CL); *** Resistance factor(RF).

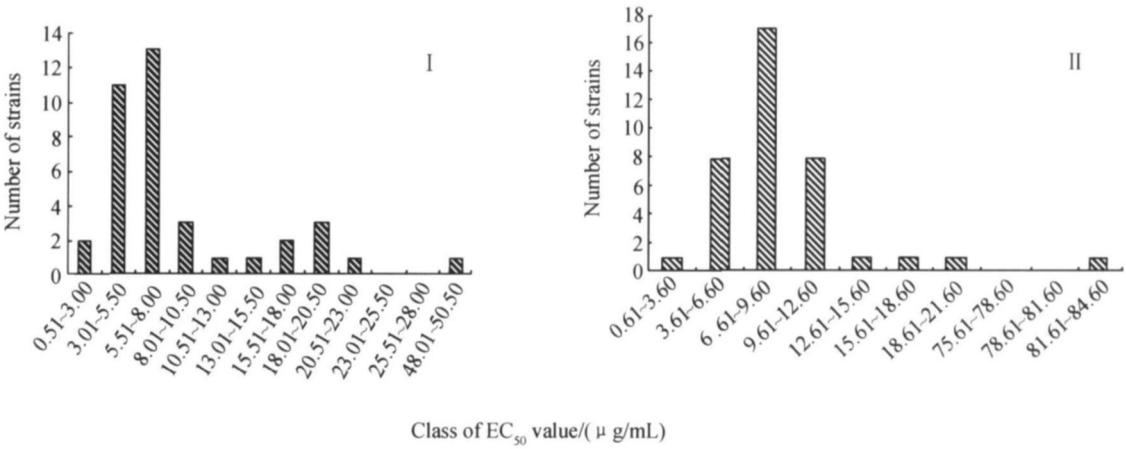


Fig 1 Frequency distribution of EC_{50} values for 2 unsystemic fungicides to *P. nicotianae* var *nicotianae*

Note , chlorothalonil , mancozeb

2.1.2 不同地理来源菌株对百菌清的敏感性差异 采用 Duncan新复极差法检验了百菌清对 10个不同地理来源菌株系列的 EC_{50} 值的差异显著性, 结果 (表 2) 表明: 各菌株系列的 EC_{50} 均值最高 (CL, $19.13\mu\text{g/mL}$) 与最低 (TA, $2.93\mu\text{g/mL}$) 相差 5.5 倍, CL 与其他 9 个系列之间的差异达极显著水平, GM 和 TA 之间差异显著; EC_{50} 值的变异系数, 最高 (KM, 0.624) 与最低 (CL, 0.079) 相差 6.9 倍。

2.1.3 不同地理来源菌株对百菌清敏感性水平的系统聚类分析 百菌清对参试菌株的 EC_{50} 值的离差平方和系统聚类分析结果 (图 2-) 表明, 按照百菌清对各菌株的 EC_{50} 值由大到小的顺序排

列, 可将 38 个菌株分为 4 个聚类组: 第一组仅包括 1 个菌株, 第二至第四组分别包括 7 个、14 个和 16 个菌株。第一组以外的其他聚类组均包括不同的菌株系列; 仅有 CL、TA 系列 (只含 1 个菌株的系列除外) 内的所有菌株出现在相同聚类组中, 而 KM、FX 系列内的 2 个和 5 个菌株分别在 2 个、3 个聚类组中出现。说明烟草黑胥病菌对百菌清敏感性的地区性差异总体上并不明显; CL 和 TA 系列内菌株敏感性变化幅度小, KM、FX 系列内菌株敏感性变化幅度大。这些都与 Duncan 新复极差法的分析结果一致。此外, XR001 自成一组, EC_{50} 值最大, 和其他聚类组的差别较大。

Table 2 Comparison of EC₅₀ for 2 unsystemic fungicides to *P. nicotianae* var *nicotianae*

Strain class	No. of strain	B -CV	B-Mean EC ₅₀ / (μg/mL)	Z -CV	Z-Mean EC ₅₀ (μg/mL)
CL	4	0.079	19.13 a [*] A ^{**}	0.160	7.63 a [*]
FX	5	0.599	7.93 bc B	0.492	9.66 a
GM	2	0.573	10.49 b B	0.125	9.71 a
JX	4	0.254	5.18 bc B	0.334	6.72 a
KM	2	0.624	6.73 bc B	0.081	9.42 a
MY	4	0.265	7.65 bc B	0.292	10.63 a
TA	2	0.196	2.93 c B	0.620	6.25 a
YN	5	0.256	5.92 bc B	0.390	6.72 a
YS	4	0.595	6.30 bc B	0.064	9.45 a
ZC	2	0.165	6.31 bc B	0.090	9.65 a

Note: chbrothabnil(B); mancozeb(Z); ^{*} Significance level in the same column with Duncan's test at P = 0.05 ^{**} Significance level in the same column with Duncan's test at P = 0.01.

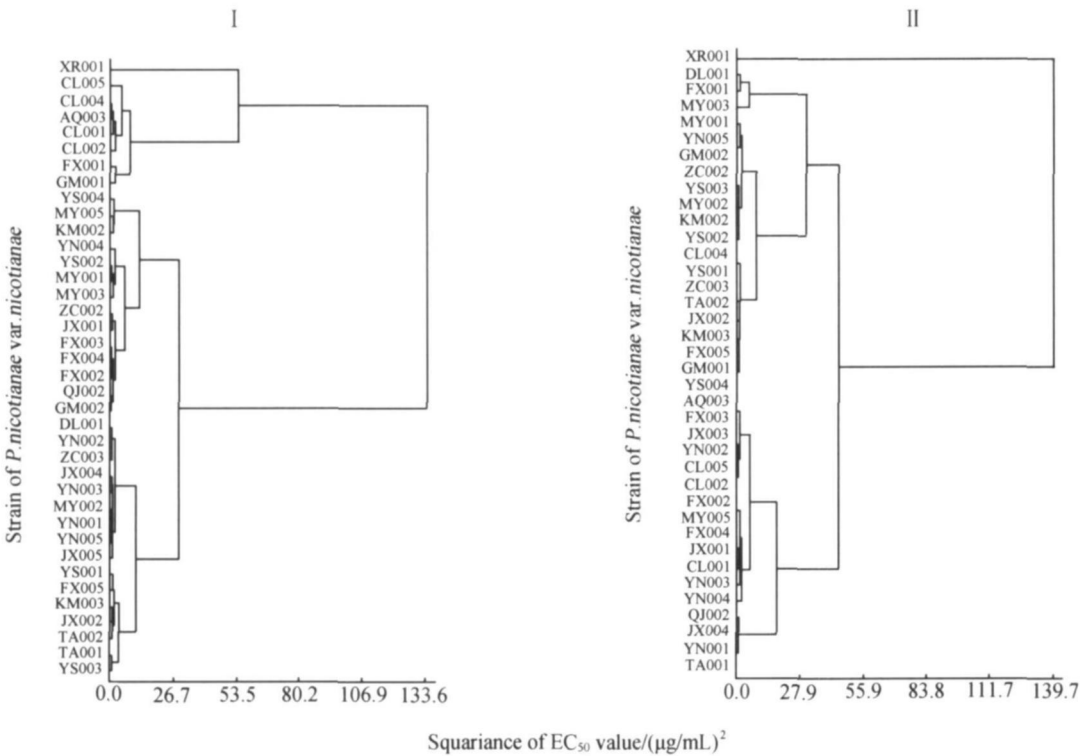


Fig. 2 Hierarchical cluster analysis on EC₅₀ for 2 unsystemic fungicides to 38 strains of *P. nicotianae* var *nicotianae*

Note: , chbrothabnil ; , mancozeb

2.2 烟草黑胫病菌对代森锰锌的敏感性

2.2.1 对代森锰锌的敏感性总体水平 由表 1、图 1-、图 2- 看出: 代森锰锌对 38 个参试菌株的 EC₅₀ 值均低于 85 μg/mL, 均值为 10.59 ± 4.06 μg/mL; 除 XR001 以外, 其他菌株的 EC₅₀ 值均呈连续单峰正态频次分布; TA 001 为最敏感菌株, XR001 的 EC₅₀ 值最高。

2.2.2 不同地理来源菌株对代森锰锌的敏感性差异 采用 Duncan 新复极差法检验了代森锰锌

对 10 个不同地理来源菌株系列的 EC₅₀ 值的差异显著性。结果 (表 2) 表明: 所有菌株系列之间 EC₅₀ 均值无显著性差异, 最高 (MY, 10.63 μg/mL) 与最低 (TA, 6.25 μg/mL) 相差仅 0.7 倍; 而 EC₅₀ 值的变异系数最高 (TA, 0.620) 与最低 (KM, 0.081) 相差竟达 6.6 倍。

2.2.3 不同地理来源菌株对代森锰锌敏感性水平的系统聚类分析 代森锰锌对参试菌株 EC₅₀ 值的离差平方和系统聚类分析结果 (图 2-) 表明,

按照代森锰锌对各菌株的 EC_{50} 值由大到小顺序排列, 可将 38 个菌株分为 5 个聚类组: 第一组仅包括 1 个菌株, 第二至第五组分别包括 3 个、17 个、13 个、4 个菌株。XR001 自成一组; 第一组以外的其他聚类组均包括不同的菌株系列; GM、KM、YS 和 ZC 系列 (只含 1 个菌株的系列除外) 内的所有菌株出现在相同的聚类组中, 而 TA 系列内的 2 个菌株、FX 系列内的 5 个菌株分别在 2 个、3 个聚类组中出现。说明烟草黑胫病菌对代森锰锌敏感性的地区性差异不显著; GM、KM、YS、ZC 系列内菌株敏感性变化幅度小, 而 TA、FX 系列内菌株敏感性变化幅度较大。这些都与 Duncan 新复极差法的分析结果一致。XR001 自成一组, EC_{50} 值最大, 和其他聚类组的差别最大。

2.3 烟草黑胫病菌对百菌清及代森锰锌的敏感性现状

EC_{50} 值频次分布表明: 百菌清对 78.95% 的参试菌株的 EC_{50} 值分布在 $2.33 \sim 10.74 \mu\text{g/mL}$ 之间, 相差仅 3.6 倍, 均值为 $5.99 (\pm 0.78) \mu\text{g/mL}$, 构成正态频次分布主峰; 18.42% 的参试菌株的 EC_{50} 值分布在 $14.74 \sim 21.29 \mu\text{g/mL}$ 之间, 均值为 $18.04 (\pm 1.95) \mu\text{g/mL}$, 构成频次分布次峰; 且主峰 (频次 13) 较次峰 (频次 3) 明显。仅有 2.63% 的参试菌株 (XR001) 的 EC_{50} 值 ($49.47 \mu\text{g/mL}$) 很高。代森锰锌对 97.37% 的供试菌株的 EC_{50} 值分布在 $3.51 \sim 18.74 \mu\text{g/mL}$ 之间, 相差仅 4.3 倍, 均值为 $8.66 (\pm 1.09) \mu\text{g/mL}$, 且呈连续的单峰正态频次分布, 仅有 2.63% 的供试菌株 (XR001) 的 EC_{50} 值很高 ($82.05 \mu\text{g/mL}$)。敏感性差异显著性检验结果及 EC_{50} 值离差平方和系统聚类分析结果均表明: 不同地理来源的烟草黑胫病菌对百菌清及代森锰锌的敏感性总体上不存在明显差异, 因此目前烟草黑胫病菌对百菌清及代森锰锌的敏感性处在较高水平, 尚未出现敏感性下降的抗药性亚群体。

2.4 烟草黑胫病菌对百菌清及代森锰锌的敏感性基线

2003 年王美琴等报道了番茄叶霉病菌 *Fulvia fulva* 对代森锰锌的抗性, 抗性菌株频率高达 98.7%, 未发现高抗菌株, 低抗和中抗菌株所占比例较大, 抗性水平在 50 左右^[10]。本研究则发现了对百菌清及代森锰锌的敏感性均下降的菌株 XR001。

本研究采用 FAO 推荐的菌落生长速率法^[16]

测定了烟草黑胫病菌对百菌清及代森锰锌的敏感性, 再经频次分析、差异显著性检验和系统聚类分析, 明确了敏感性现状, 确定了敏感性群体。依据建立敏感基线的有关原则和要求, 认为百菌清对来自敏感性群体、构成敏感性正态频次分布主峰的 30 个参试菌株的 EC_{50} 均值 $5.99 (\pm 0.78) \mu\text{g/mL}$ 以及代森锰锌对来自敏感性群体、组成连续敏感性正态频次分布的 37 个参试菌株 (剔除抗性菌株 XR001) 的 EC_{50} 均值 $8.66 (\pm 1.09) \mu\text{g/mL}$ 可分别作为烟草黑胫病菌对百菌清及代森锰锌的敏感基线。

3 讨论

本研究发现, 供试的 38 个不同地理来源烟草黑胫病菌菌株对百菌清及代森锰锌的敏感性存在广泛差异, 这是由于不同烟区的地理、气候、土壤、烟草品种、栽培管理水平不同使烟草黑胫病的发生与化学防治实践不同造成的。对来自两省 10 个烟区的 34 个烟草黑胫病菌菌株敏感性的差异显著性检验结果以及对来自 3 省 14 个烟区的 38 个烟草黑胫病菌菌株敏感性的系统聚类分析结果均表明, 不同地理来源的烟草黑胫病菌对百菌清及代森锰锌的敏感性总体上不存在明显差异。这是因为百菌清和代森锰锌均属于多作用位点的保护性杀菌剂, 且常和内吸性药剂同用而降低了其使用量, 使烟草黑胫病菌不易对其产生抗性突变。由于百菌清在山东昌乐烟区的大量、统一使用, 加之品种、栽培管理水平比较单一, 导致 CL 菌株系列的 B- EC_{50} 均值高且变化幅度小。由于化学防治实践中不太可能同时使用这两种保护性杀菌剂, 因此 XR001 双抗突变株 (B-RF: 8.27, Z-RF: 9.48) 的出现提示烟草黑胫病菌对百菌清及代森锰锌可能存在正交互抗性, 具体有待进一步研究验证。

百菌清及代森锰锌在生产上均使用了许多年, 采集从未用过药的标准野生敏感菌株很难, 因此本研究所建立的敏感基线严格意义上应该称之为“相对敏感基线”, 但仍具有重要的参考价值。因为建立敏感基线所用的烟草黑胫病菌菌株来自 12 个 (百菌清基线) 和 13 个 (代森锰锌基线) 不同烟区, 具有广泛的代表性; 建立敏感基线所用的菌株均来自敏感群体, 且剔除了个别抗性菌株, 具有较高的真实性; 分别用 30 个、37 个烟草黑胫病菌

菌株建立敏感基线, 菌株数均大于等于 30 符合统计学对样本容量的要求; 百菌清对构成频次分布主峰的 30个菌株的 EC_{50} 值相差仅 3.6倍, 代森锰锌对组成连续单峰频次分布的 37个菌株的 EC_{50} 值相差仅 4.3倍, 均小于 5, 符合建立敏感基线的要求; 不同烟区菌株的敏感性无显著差异, 建立的敏感基线可适用于不同烟区。

比较了不同菌株系列的 $B-RF$ 均值、 $B-CV$ 、 $Z-RF$ 均值、 $Z-CV$ 及采集菌株的难易程度后, 建议今后采集对百菌清、代森锰锌敏感的菌株应分别首选山东的莒县和沂南烟区。

参考文献:

- [1] KONG Fan-yu (孔凡玉), ZHU Xian-chao (朱贤朝), SHI Jin-kai (石金开), et al 我国烟草侵染性病害发生趋势及防治对策 [J]. Tobacco of China (中国烟草), 1995 (1): 31-34
- [2] CHEN Rui-tai (陈瑞泰), ZHU Xian-chao (朱贤朝), WANG Zhi-fa (王智发), et al 全国 16个主产烟省(区)烟草侵染性病害调研报告 [J]. China Tobacco Science (中国烟草科学), 1997, 1(4): 1-7.
- [3] WATERHOUSE G M. Key to the Species of Phytophthora de Bary [J]. Mycol Paper, 1963, 92: 1-22.
- [4] HAWKSWORTH D L, SUTTON B C. Ainsworth & Bisby's Dictionary of the Fungi [M]. 8th-ed. CAB, International 1995.
- [5] SHEW H D. Response of Phytophthora parasitica var nicotianae to Metaxyl Exposure [J]. Plant Disease, 1985, 69: 559-562.
- [6] WANG Wen-qiao (王文桥), LIU Guo-rong (刘国容). 卵菌对内吸性杀菌剂的抗药性及对策 [J]. Acta Phytopathologica Sinica (植物病理学报), 1996, 26(4): 294-296.
- [7] ZHAO Shan-huan (赵善欢). Plant Chemical Protection (植物化学保护) [M]. Beijing (北京): China Agriculture Press (中国农业出版社), 2000: 254-255
- [8] YE Zheng-he (叶正和), WANG Wen-xiang (王文相), ZHANG Aifang (张爱芳), et al 我国卵菌病害化学防治概况 [J]. Anhui Agric Sci (安徽农业科学), 2000, 28(4): 530-533
- [9] WU Xia-qin (吴小芹), HONG Ying-di (洪英娣). 松树枯梢病菌对百菌清的敏感性研究 [J]. J Nanjing Forestry Univ (南京林业大学学报), 2000, 24(4): 16-20.
- [10] WANG Meiqin (王美琴), LIU Hui-ping (刘慧平), HAN Jucui (韩巨才), et al 番茄叶霉病菌对多菌灵、乙霉威及代森锰锌抗性检测 [J]. Chin J Pestic Sci (农药学报), 2003, 5(4): 30-36.
- [11] ZHENG Xiao-bo (郑小波). Phytophthora and Research Techniques of Phytophthora (疫霉菌及其研究技术) [M]. Beijing (北京): China Agriculture Press (中国农业出版社), 1997: 10-21.
- [12] WANG Ge (王革). Genetic and Ecological Research on Phytophthora nicotianae (烟草疫霉遗传与生态研究) [D]. Nanjing (南京): Nanjing Agricultural University (南京农业大学), 1996
- [13] MU Li-yi (慕立义). Research Methods of Plant Chemical Protection (植物化学保护研究方法) [M]. Beijing (北京): China Agriculture Press (中国农业出版社), 1994: 79-81.
- [14] GAO Zhimou (高智谋). Genetic Research on Phytophthora boehmeriae (苎麻疫霉遗传学研究) [D]. Nanjing (南京): Nanjing Agricultural University (南京农业大学), 1998.
- [15] CHEN Nian-chun (陈年春). Bioassay Techniques of Pesticides (农药生物测定技术) [M]. Beijing (北京): Beijing Agriculture University Press (北京农业大学出版社), 1991: 191-192.
- [16] GORGOLIOUS G, DEKKER J. Detection and Measurement of Fungicide Resistance Principles [J]. FAO Plant Protection Bulletin, 1982, 30(2): 39-42.

(Ed TANG J)