

烟草黑胫病菌对三种内吸性 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, 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* var. *nicotianae* 菌株对三种内吸性杀菌剂的敏感性。结果表明: 甲霜灵、霜脲氰和乙腈铝对38个菌株的 EC_{50} 值均呈单峰频次分布, 分别分布在0.0867~1.6781、24.042~62.663和60.468~239.51 $\mu\text{g/mL}$ 之间, 均值分别为 0.2991 ± 0.0842 、 35.891 ± 2.7823 和 105.73 ± 11.154 $\mu\text{g/mL}$; 烟草黑胫病菌对甲霜灵、霜脲氰和乙腈铝的敏感性高, 未出现敏感性下降的抗药性亚群体。敏感性频次分析结果表明: 甲霜灵、霜脲氰和乙腈铝分别对组成连续单峰频次分布的34、37、37个菌株的 EC_{50} 均值为 0.2389 ± 0.0292 、 35.167 ± 2.4317 、 102.11 ± 8.6497 $\mu\text{g/mL}$, 可分别作为烟草黑胫病菌对甲霜灵、霜脲氰和乙腈铝的敏感性基线。

关键词: 烟草黑胫病菌; 内吸性杀菌剂; 甲霜灵; 霜脲氰; 乙腈铝; 敏感性基线

Determination on sensitivity of *Phytophthora nicotianae* var. *nicotianae* to three systemic fungicides

XU Xue-ming^{1,2} WANG Kai-yun^{1*} LIN Cai-hua¹ DUAN Hai-ming¹ CHI Zhi-juan¹

(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 metalaxyl, cymoxanil and fosetyl-Al of the 38 strains of *Phytophthora nicotianae* var. *nicotianae* collected from tobacco plants in Yunnan, Guizhou, Shandong, China in 2005 were determined with the method of colonial growth-rate. The frequency distributions of EC_{50} values to the 38 strains of three fungicides were all unimodal and the EC_{50} values ranged from 0.0867 $\mu\text{g/mL}$ to 1.6781 $\mu\text{g/mL}$, from 24.042 $\mu\text{g/mL}$ to 62.663 $\mu\text{g/mL}$ and from 60.468 $\mu\text{g/mL}$ to 239.51 $\mu\text{g/mL}$ and the mean EC_{50} values ($\pm Se \times t_{0.05}$) were 0.2991 ± 0.0842 $\mu\text{g/mL}$, 35.891 ± 2.7823 $\mu\text{g/mL}$ and 105.73 ± 11.154 $\mu\text{g/mL}$ respectively. The results of frequency-analysis showed that there were high sensitivities to metalaxyl, cymoxanil and fosetyl-Al in *Phytophthora nicotianae* var. *nicotianae* and no resistant subcolony had been discovered. The mean EC_{50} values ($\pm Se \times t_{0.05}$) of metalaxyl, cymoxanil and fosetyl-Al to the 34, 37, 37 strains, which composed the continuous unimodal distributions-sensitivity, were 0.2389 ± 0.0292 $\mu\text{g/mL}$, 35.167 ± 2.4317 $\mu\text{g/mL}$ and 102.11 ± 8.6497 $\mu\text{g/mL}$. They could be used as the baseline-sensitivity to metalaxyl, cymoxanil and fosetyl-Al of *Phytophthora nicotianae* var. *nicotianae* respectively.

Key words: *Phytophthora nicotianae* var. *nicotianae*; systemic fungicide; metalaxyl; cymoxanil; fosetyl-Al; baseline-sensitivity

基金项目: 国家烟草专卖局重点项目(国烟科[2003]579号)

作者简介: 许学明, 男, 1963年生, 高级农艺师, 主要从事农药毒理及有害生物抗药性研究, email: xuxueming4569@126.com

* 通讯作者(Author for correspondence), email: kywang@sdaa.edu.cn, Tel: 0538-8242345

收稿日期: 2006-10-01

烟草黑胫病(tobacco black shank)是世界烟草生产中危害严重的病害^[1],也是我国烟草的主要病害。据不完全统计,我国烟草黑胫病平均每年发病面积高达7.64万hm²,产量损失2.87万t,产值损失超过1.23亿元人民币,仅次于烟草病毒病^[2]。

烟草黑胫病的病原为烟草疫霉烟草变种 *Phytophthora nicotianae* Breda de Haan var. *nicotianae* Waterhouse^[3]。目前防治烟草黑胫病仍以化学防治为主。常用药剂有甲霜灵、乙磷铝、霜脲氰等内吸剂和代森锰锌、百菌清等保护剂及其混配制剂^[4],其中以甲霜灵防效最佳。由于生产上使用农药品种较单一,烟草黑胫病菌已产生了抗药性^[5,6]。袁善奎等^[7]检测了马铃薯晚疫病病菌对甲霜灵和霜脲氰的敏感性,建立了对霜脲氰的敏感性基线。Sujkowski等^[8]测定了来自墨西哥中部和北部的75个致病疫霉菌株对霜脲氰的敏感性,结果表明各菌株对霜脲氰均表现敏感。而有关病原菌对乙磷铝敏感性检测的报道较少。

作者采用菌落生长速率法,测定了甲霜灵、乙磷铝和霜脲氰对云南、贵州和山东烟区的38个烟草黑胫病菌 *Phytophthora nicotianae* var. *nicotianae* 菌株的毒力,建立了三种药剂对烟草黑胫病菌的相对敏感性基线,为开展其抗性检测与治理提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 供试菌株:2005年6~8月从云南、贵州、山东烟区典型病株上分离出38个烟草黑胫病菌菌株。采集地点及编号:安丘菌株AQ003,采集于山东省安丘市;昌乐菌株CL001、CL002、CL004、CL005,采集于山东省昌乐县;费县菌株FX001、FX002、FX003、FX004、FX005,采集于山东省费县;高密菌株GM001、GM002,采集于山东省高密市;莒县菌株JX001、JX002、JX004、JX005,采集于山东省莒县;蒙阴菌株MY001、MY002、MY003、MY005,采集于山东省蒙阴县;泰安菌株TA001、TA002,采集于山东省泰安市郊区;沂南菌株YN001、YN002、YN003、YN004、YN005,采集于山东省沂南县;沂水菌株YS001、YS002、YS003、YS004,采集于山东省沂水县;诸城菌株ZC002、ZC003,采集于山东省诸城市;曲靖菌株QJ002,采集于云南省曲靖市麒麟区;昆明菌株KM002、KM003,采集于云南省昆明市官渡区;大理菌株DL001,采集于云南省大理州巍山县;兴仁

菌株XR001,采集于贵州省兴仁县。所有菌株均来自不同田块,田块之间的距离都在2km以上,经分离纯化鉴定^[9]后10℃保存。

1.1.2 供试药剂:甲霜灵(metalaxyl),98%原粉;霜脲氰(cymoxanil),98%原粉;乙磷铝(fosetyl-Al),95%原粉;均由山东海利尔药业有限公司提供。

1.2 方法

1.2.1 培养基的配制:燕麦琼脂培养基:燕麦片50g,加入1000mL去离子水,在60℃恒温水浴锅中加热1h后,经4层纱布过滤去渣,滤液用去离子水定容到1000mL,加入琼脂粉18g,在微波炉内加热至琼脂粉完全溶化后,趁热分装,121℃30min蒸汽湿热灭菌。含药燕麦琼脂培养基:参照王革等^[10]的方法,先将98%甲霜灵、98%霜脲氰及95%乙磷铝原粉用丙酮或无菌水配成有效浓度分别为1%、1%、1%(w/v)的母液,置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溶化并冷却至60℃的培养基中,充分摇匀,分别配成含甲霜灵、霜脲氰及乙磷铝系列浓度的含药培养基。

1.2.2 烟草黑胫病菌对甲霜灵、乙磷铝和霜脲氰的敏感性测定:在燕麦琼脂平板上培养(26℃,黑暗)3~4天的参试菌株菌落边缘打出直径7mm菌饼,分别移到含有甲霜灵、乙磷铝和霜脲氰8个梯度浓度的燕麦琼脂平板上,置26℃暗培养66h,测定菌落径向线性生长量,确定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。通过菌丝生长抑制概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烟草黑胫病菌菌株的有效抑制中浓度(EC₅₀值)^[11~13]。用十字交叉法测量两次菌落直径,以平均数代表菌落大小。试验数据均由Microsoft Excel 2003、DPS数据处理工作平台进行统计分析。

抑制生长率(%)=[(对照菌落直径-处理菌落直径)/(对照菌落直径-菌饼直径)]×100

抗性指数=参试菌株EC₅₀值/本研究建立的敏感性基线EC₅₀值

2 结果与分析

2.1 烟草黑胫病菌对甲霜灵的敏感性水平

2.1.1 烟草黑胫病菌对甲霜灵的敏感性总体水平:结果显示,甲霜灵对38个参试菌株的EC₅₀值均低于2μg/mL,均值为0.2991±0.0842μg/mL(表1),

表 1 三种内吸性杀菌剂对烟草黑胫病菌 EC₅₀ 值的基本参数估计
Table 1 Parameters of EC₅₀ for 3 systemic fungicides to *P. nicotianae* var. *nicotianae*

杀菌剂 Fungicide	菌株数 No. of strain	范围(μg/mL) Range	均值(μg/mL) Mean	变异系数 CV	均值 95% 置信区间 95% CL of mean(μg/mL)	抗性指数均值 Mean of Rf
甲霜灵 Metalaxyl	38	0.0867 ~ 1.6781	0.2991 C	0.8568	0.2991 ± 0.0842	1.25 a
霜脲氰 Cymoxanil	38	24.0420 ~ 62.6630	35.8910 B	0.2358	35.8910 ± 2.7823	1.02 a
乙磷铝 Fosetyl-Al	38	60.4680 ~ 239.5100	105.7300 A	0.3210	105.7300 ± 11.1540	1.04 a

注:表中同一列数据后标相同小写(大写)字母者表示经 Duncan 氏新复极差法测验,在 $P_{0.05}(P_{0.01})$ 水平上差异不显著,下表同。Note: CV: coefficient of variance; CL: confidence limit; Rf: resistance factor; Data in a column followed by the same small (capital) letters are not significantly different at $P_{0.05}(P_{0.01})$ by Duncan's multiple range test, respectively. The same as below.

除 XR001 和 YN002 以外的 36 个菌株的 EC₅₀ 值呈近正态的连续单峰频次分布(图 1),GM001 为最敏感菌株,MY005 的 EC₅₀ 值最高(图 2)。

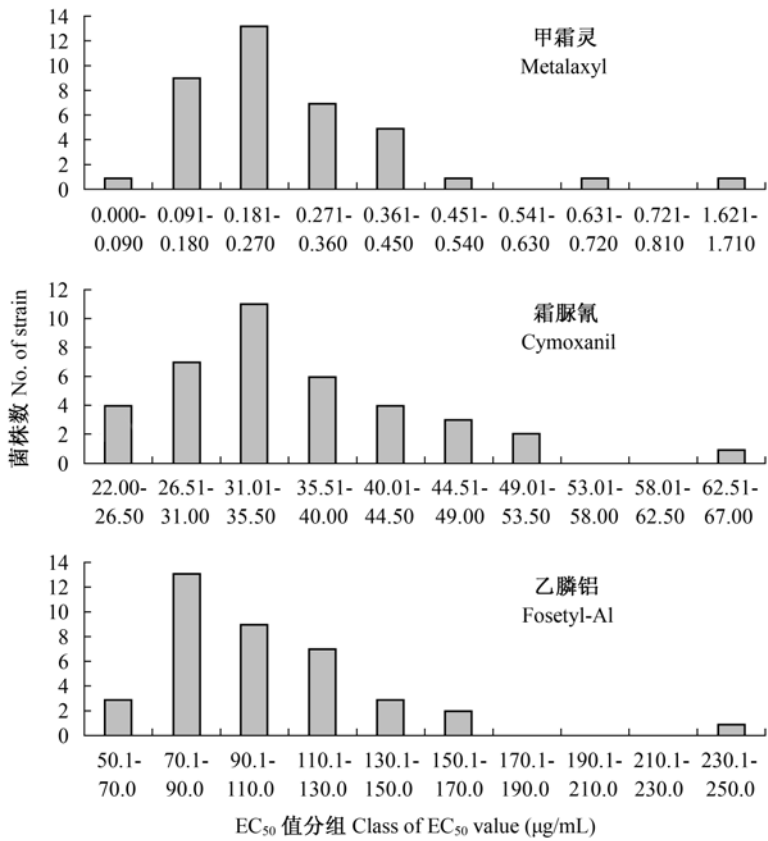


图 1 三种内吸性杀菌剂对烟草黑胫病菌 EC₅₀ 值的频次分布
Fig. 1 Frequency distribution of EC₅₀ values for 3 systemic fungicides to *P. nicotianae* var. *nicotianae*

2.1.2 不同地理来源的烟草黑胫病菌菌株对甲霜灵敏感性的差异:采用 Duncan 氏新复极差法检验了甲霜灵对 10 个地理菌株系列 EC₅₀ 值的差异显著性。结果显示,参检的 10 个菌株系列之间 EC₅₀ 均值无显著性差异,最高(MY,0.5908 μg/mL)与最低(GM,0.1501 μg/mL)相差 2.94 倍;EC₅₀ 值的变异系数,最高(MY,1.2317)与最低(CL,0.0843)相差高达 13.62 倍(表 2)。

2.1.3 不同地理来源菌株对甲霜灵敏感性水平的系统聚类分析:结果显示,38 个菌株 EC₅₀ 值由高到低可分为 6 个聚类组,第 1 组仅包括 1 个菌株,第 2 组至第 6 组分别包括 3、7、7、10 和 10 个菌株。第 1 组以外的其它聚类组均包括不同的菌株系列;MY 系列内的 4 个菌株、YN 系列内的 5 个菌株都在 4 个聚类组中出现,而 CL 系列内的 4 个菌株、FX 系列内的 5 个菌株则都出现在 2 个聚类组中。说明烟草

表 2 三种内吸性杀菌剂对 10 个烟草黑胫病菌菌株系列 EC₅₀ 值的比较

Table 2 Comparison of EC₅₀ for 3 systemic fungicides to 10 strain classes of *P. nicotianae* var. *nicotianae*

菌株系列 Strain class	菌株数 Strain number	甲霜灵 Metalaxyl		霜脲氰 Cymoxanil		乙磷铝 Fosetyl-Al	
		均值(μg/mL) Mean	变异系数 CV	均值(μg/mL) Mean	变异系数 CV	均值(μg/mL) Mean	变异系数 CV
CL	4	0.3489 a	0.0843	33.350 a	0.0999	85.116 cd BC	0.1786
FX	5	0.1740 a	0.2546	42.231 a	0.3689	73.764 d C	0.1608
GM	2	0.1501 a	0.5969	30.735 a	0.2153	82.463 cd BC	0.0769
JX	4	0.2107 a	0.2207	33.576 a	0.2737	111.120 ab ABC	0.1030
KM	2	0.4393 a	0.1942	45.075 a	0.1600	145.570 a A	0.0273
MY	4	0.5908 a	1.2317	39.458 a	0.1657	121.530 abc ABC	0.2790
TA	2	0.2196 a	0.5301	30.383 a	0.0852	129.490 ab AB	0.2445
YN	5	0.3138 a	0.6036	34.261 a	0.2016	95.183 bcd ABC	0.2702
YS	4	0.2710 a	0.3561	33.064 a	0.1558	107.090 abcd ABC	0.2047
ZC	2	0.1845 a	0.4146	28.279 a	0.1256	104.440 bcd ABC	0.0487

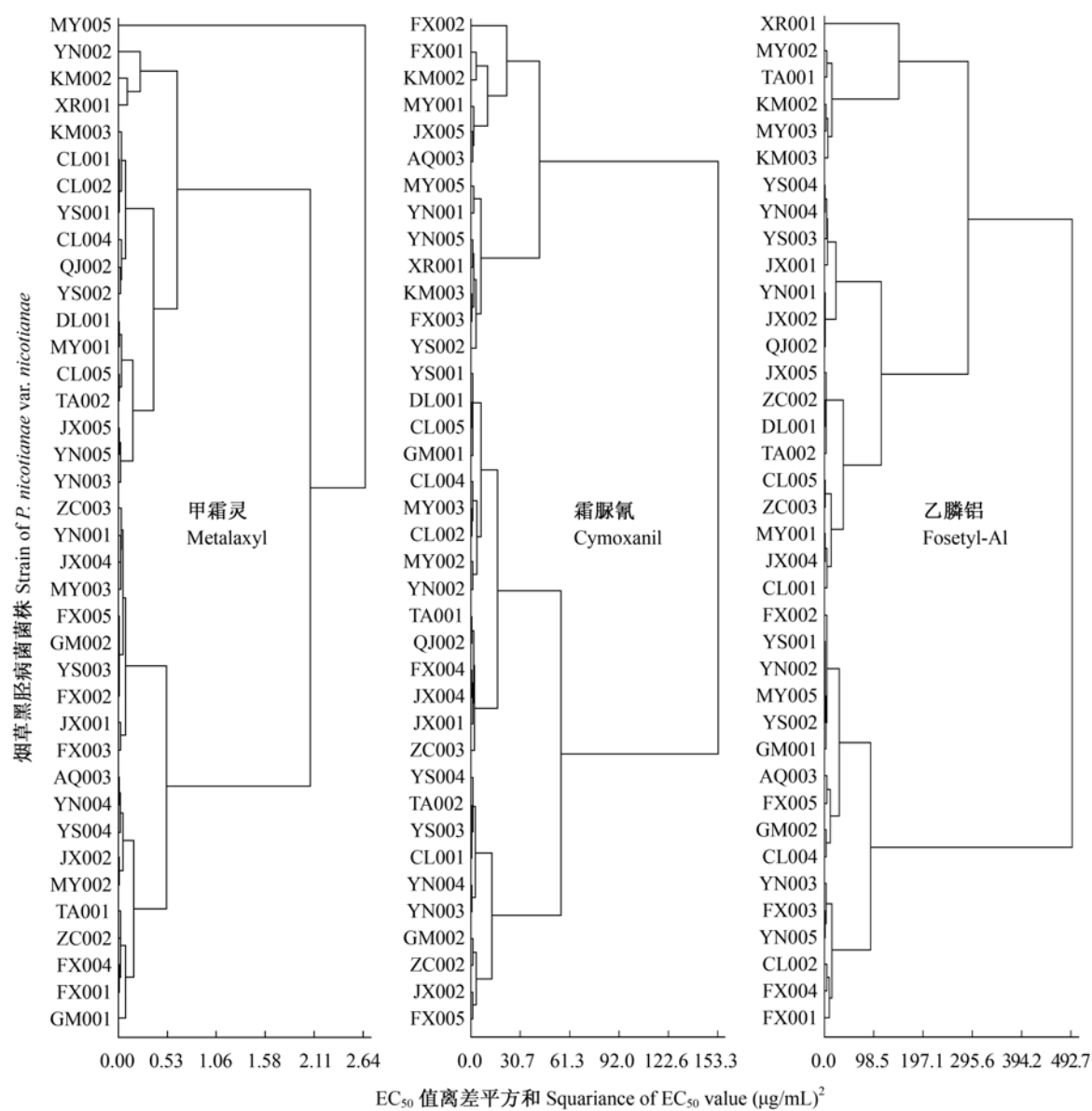


图 2 三种内吸性杀菌剂对烟草黑胫病菌 EC₅₀ 值的系统聚类分析

Fig. 2 Hierarchical cluster analysis on EC₅₀ of 3 systemic fungicides to *P. nicotianae* var. *nicotianae*

黑胫病菌对甲霜灵敏感性的地区性差异不明显;CL和FX系列内菌株敏感性的变化幅度小,MY和YN系列内菌株敏感性的变化幅度大(图2)。这些都与Duncan氏新复极差法的分析结果相对应。MY005自成一组,EC₅₀值最大,与其它聚类组的差别最大。

2.2 烟草黑胫病菌对霜脲氰的敏感性水平

2.2.1 烟草黑胫病菌对霜脲氰的敏感性总体水平:结果显示,霜脲氰对38个参试菌株的EC₅₀值均低于65 μg/mL,均值为35.891 ± 2.7823 μg/mL(表1),除FX002外的37个菌株的EC₅₀值呈近正态的连续单峰频次分布(图1),FX005为最敏感菌株,FX002的EC₅₀值最高(图2)。

2.2.2 不同地理来源菌株对霜脲氰敏感性的差异:采用Duncan氏新复极差法检验了霜脲氰对10个地理菌株系列EC₅₀值的差异显著性。结果显示,所有菌株系列之间EC₅₀均值无显著性差异,最高(KM,45.075 μg/mL)与最低(ZC,28.279 μg/mL)相差仅0.59倍;EC₅₀值的变异系数,最高(FX,0.3689)与最低(TA,0.0852)相差3.33倍(表2)。

2.2.3 不同地理来源菌株对霜脲氰敏感性水平的系统聚类分析:结果显示,38个菌株EC₅₀值由高到低可分为5个聚类组,第1组仅包括1个菌株,第2组至第5组分别包括5、7、15和10个菌株。第1组以外的其它聚类组均包括不同的菌株系列;FX系列内的5个菌株在5个聚类组中出现,CL系列内的5个菌株仅在2个聚类组中出现。说明烟草黑胫病菌对霜脲氰敏感性的地区性差异不显著;FX系列内菌株敏感性的变化幅度较大,CL系列内菌株敏感性的变化幅度较小(图2)。这些都与Duncan氏新复极差法的分析结果相对应。

2.3 烟草黑胫病菌对乙腈铝的敏感性水平

2.3.1 烟草黑胫病菌对乙腈铝的敏感性总体水平:结果显示,乙腈铝对38个参试菌株的EC₅₀值均低于240 μg/mL,均值为105.73 ± 11.154 μg/mL(表1),除XR001外的37个菌株的EC₅₀值呈近正态的连续单峰频次分布(图1),FX001为最敏感菌株,XR001的EC₅₀值最高(图2)。

2.3.2 不同地理来源的烟草黑胫病菌菌株对乙腈铝敏感性的差异:采用Duncan氏新复极差法检验了乙腈铝对10个地理菌株系列EC₅₀值的差异显著性。结果显示,菌株系列的EC₅₀均值,最高(KM,145.570 μg/mL)与最低(FX,73.764 μg/mL)相差仅0.97倍,KM与FX、GM、CL之间及TA与FX之间的

差异达极显著水平,KM与YN、ZC之间,TA与CL、GM之间及MY与FX之间均有显著性差异,差异显著率和极显著率分别为20%和8.89%;EC₅₀值的变异系数,最高(MY,0.2790)与最低(KM,0.0273)相差竟高达9.22倍(表2)。

2.3.3 不同地理来源菌株对乙腈铝敏感性水平的系统聚类分析:结果显示,38个菌株EC₅₀值由高到低可分为6个聚类组,第1组仅包括1个菌株,第2组至第6组分别包括5、7、9、10和6个菌株。第1组以外的其它聚类组均包括不同的菌株系列,表明烟草黑胫病菌对乙腈铝敏感性的地区性差异总体上并不明显。同含5个菌株的YN、FX系列分别跨4、2组;同含4个菌株的MY、CL、YS、JX系列分别跨4、3、3、2组;同含2个菌株的GM、KM、ZC系列均出现在1组中,含2个菌株的TA跨3组。表明系列内菌株敏感性的变化幅度,MY最大,YN大于FX,CL和YS均大于JX,TA大于GM、KM、ZC(图2)。这些都与Duncan氏新复极差法的分析结果相对应。

2.4 烟草黑胫病菌对甲霜灵、霜脲氰及乙腈铝的敏感性现状

89.47%参试菌株对甲霜灵的EC₅₀值分布在0.0867~0.3790 μg/mL之间,相差3.37倍,均值为0.2389 ± 0.0292 μg/mL,呈近正态的连续单峰频次分布,仅有5.26%参试菌株(MY005、YN002分别属于第1、第2聚类组,EC₅₀值分别为1.6781、0.6462 μg/mL)呈不连续分布,5.26%参试菌株(KM002、XR001与YN002同属于第2聚类组,EC₅₀值分别为0.4199、0.4996 μg/mL)呈连续分布;97.37%供试菌株对霜脲氰的EC₅₀值分布在24.042~52.672 μg/mL之间,相差仅1.19倍,均值为35.167 ± 2.4317 μg/mL,呈近正态的连续单峰频次分布,仅有2.63%参试菌株(FX002,EC₅₀值为62.663 μg/mL)呈不连续分布;97.37%参试菌株对乙腈铝的EC₅₀值分布在60.468~154.56 μg/mL之间,相差仅1.56倍,均值为102.11 ± 8.6497 μg/mL,呈近正态的连续单峰频次分布,仅有2.63%参试菌株(XR001,EC₅₀值为239.51 μg/mL)呈不连续分布。敏感性差异显著性检验结果及EC₅₀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甲霜灵、霜脲氰及乙腈铝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参试的三种内吸性杀菌剂的敏感性都处在较高水平,没有出现敏感性下降的抗药性亚群体。

烟草黑胫病菌田间总体对参试的三种内吸性杀菌剂的敏感性水平,甲霜灵最高,霜脲氰次之,乙磷铝最低,敏感性水平之间存在极显著差异;抗性指数,甲霜灵最高,乙磷铝次之,霜脲氰最低,抗性指数之间的差异不显著;敏感性的变化程度,甲霜灵最高,乙磷铝次之,霜脲氰最低。

2.5 烟草黑胫病菌对甲霜灵、霜脲氰及乙磷铝的敏感性基线

袁宗胜等^[14]测定的甲霜灵对 21 个烟草黑胫病菌菌株的 EC_{50} 值分布范围为 0.0573 ~ 0.8485 $\mu\text{g}/\text{mL}$,均值为 0.2132 $\mu\text{g}/\text{mL}$,未建立敏感性基线;本研究的甲霜灵对 38 个烟草黑胫病菌菌株 EC_{50} 值分布范围为 0.0867 ~ 1.6781 $\mu\text{g}/\text{mL}$,均值为 0.2991 $\pm$ 0.0842 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 。经差异显著性检验表明,烟草黑胫病菌对甲霜灵的敏感性总体上没有显著差异。本研究采用 FAO 推荐的菌落生长速率法^[15]测定了烟草黑胫病菌对甲霜灵、霜脲氰及乙磷铝的敏感性,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,认为甲霜灵、霜脲氰、乙磷铝对均来自敏感性群体、组成近正态连续敏感性频次分布的 34(已剔除第 1、2 聚类组)、37(已剔除第 1 聚类组)、37(已剔除第 1 聚类组)个菌株的 EC_{50} 均值为 0.2389 $\pm$ 0.0292、35.167 $\pm$ 2.4317 和 102.11 $\pm$ 8.6497 $\mu\text{g}/\text{mL}$,可分别作为烟草黑胫病菌对甲霜灵、霜脲氰和乙磷铝的敏感性基线。

3 讨论

研究结果表明,供试的 38 个不同地理来源烟草黑胫病菌菌株对甲霜灵、霜脲氰及乙磷铝敏感性存在着广泛的差异。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而造成的。对来自 2 省 10 烟区的 34 个菌株敏感性的差异显著性检验结果以及对来自 3 省 14 烟区的 38 个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甲霜灵、霜脲氰及乙磷铝敏感性总体上不存在显著差异。可能与这三种内吸剂常与百菌清、代森锰锌等保护剂同用而减少了使用量有关。

本研究还发现,与霜脲氰和乙磷铝相比较,烟草黑胫病菌对甲霜灵较易产生抗性。这与王革等^[10]、Sujkowski 等^[8]的研究结果相似。

甲霜灵、霜脲氰及乙磷铝在生产上均使用了许多年,采集从未用药的标准野生敏感菌株很难,因此本研究建立的敏感基线严格意义上讲是相对敏感基线。

本研究仅测定了烟草黑胫病菌在离体条件下对甲霜灵、霜脲氰及乙磷铝的敏感性。由于乙磷铝本身抑菌毒力不高,在植物体内转化后才发挥抑菌作用,离体菌对乙磷铝的敏感性与其对乙磷铝在寄主植物内转化后的敏感性能否相符合,还需进一步研究验证,以明确本研究建立的乙磷铝敏感基线的实际应用价值。

参 考 文 献 (References)

- 1 孔凡玉,朱贤朝,石金开,等. 我国烟草侵染性病害发生趋势原因及防治对策. 中国烟草, 1995(1): 31-34
- 2 陈瑞泰,朱贤朝,王智发,等. 全国 16 个主产烟省(区)烟草侵染性病害调研报告. 中国烟草科学, 1997, (4): 1-7
- 3 Waterhouse G M. Key to the species of *Phytophthora* de Bary. Mycological Paper, 1963, 92: 1-22
- 4 叶正和,王文相,张爱芳,等. 我国卵菌病害化学防治概况. 安徽农业科学, 2000, 28(4): 530-533
- 5 Shew H D. Response of *Phytophthora parasitica* var. *nicotianae* to metalaxyl exposure. Plant Disease, 1985, 69(7): 559-562
- 6 王文桥,刘国容. 卵菌对内吸性杀菌剂的抗药性及对策. 植物病理学报, 1996, 26(4): 294-296
- 7 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. 农药学报, 2005, 7(3): 237-241
- 8 Sujkowski L S, Fry B A, Power R J, et al. Sensitivities of Mexican isolates of *Phytophthora infestans* to chlorothalonil, cymoxanil, and metalaxyl. Plant Disease, 1995, 79(11): 1117-1120
- 9 郑小波. 疫霉菌及其研究技术. 北京: 中国农业出版社, 1997, 10-21
- 10 王革,郑小波,陆家云,等. 云南省烟草黑胫病菌对甲霜灵抗性的检测. 南京农业大学学报, 1997, 20(4): 105-107
- 11 慕立义. 植物化学保护研究方法. 北京: 中国农业出版社, 1994, 79-81
- 12 高智谋,郑小波,陆家云. 苎麻疫霉对甲霜灵抗性的遗传研究. 南京农业大学学报, 1997, 20(3): 54-59
- 13 陈年春. 农药生物测定技术. 北京: 北京农业大学出版社, 1991, 191-192
- 14 袁宗胜,张广民,刘延荣,等. 烟草黑胫病菌对甲霜灵的敏感性测定. 中国烟草科学, 2001, (4): 9-12
- 15 Gorgolous S G, Dekker J. Detection and measurement of fungicide resistance: general principles. FAO Plant Protection Bulletin, 1982, 30(2): 39-42