

辣椒疫病生防真菌F₁的生物学特性及生防作用*

孙敬祖¹, 薛泉宏¹, 梁军锋¹, 李增波¹, 张亚静¹,
蔡 艳², 陈占全³, 张 荣³, 李松龄³

(1 西北农林科技大学 资源环境学院, 陕西 杨凌 712100;

2 四川农业大学 资源环境学院, 四川 雅安 625000;

3 青海省农林科学院 土壤肥料研究所, 青海 西宁 810000)

[摘 要] 采用形态鉴定、碳、氮源利用及耐药性试验对生防真菌F₁的分类地位和生物学特性进行了研究, 并利用盆栽、温室生物实验及离体实验研究了F₁对辣椒疫病的防效及防病机理。结果表明: (1) F₁为曲霉属[*Aspergillus M icheli* ex Fr]舒展曲霉(*A. effusus* Tiraboschi); (2) F₁对辣椒疫病防效明显, 在盆栽线椒和温室甜椒生防实验中的相对防效分别为83.3%和94.1%; (3) F₁对辣椒疫霉菌丝生长相对抑菌率为57%~100%, 对游动孢子萌发相对抑制率为78.9%; (4) F₁能在辣椒根内定殖, 单独接种F₁与F₁+P₃混合接种后8、24和42 d时, F₁的定殖密度分别为4×10³/g, 5×10³/g, 3×10³/g和13×10³/g, 3.5×10³/g, 2.3×10³/g; (5) 接种F₁对辣椒叶片苯丙氨酸解氨酶(PAL)与多酚氧化酶(PPO)活性有影响, 接种24 d时, 单独接种F₁处理辣椒叶片PAL与PPO酶活分别较不接种对照降低47.9%与26.3%, 而F₁+P₃混合接种处理辣椒叶片PAL活性较对照提高86.7%, PPO活性较对照降低29.9%。

[关键词] 辣椒疫病; 生防真菌; 拮抗作用

[中图分类号] S476+.19

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2006)12-0163-06

辣椒疫病是由辣椒疫霉(*Phytophthora capsici*)引发的土传病害^[1], 在我国青海、新疆、甘肃、宁夏、陕西、浙江、湖北、湖南、云南、四川和上海等十几个省区的露地和温室均有发生^[2], 温室病情更严重, 常造成辣椒大幅度减产甚至绝收。改进栽培措施和使用化学农药是防治辣椒疫病的常规技术, 但防效均不理想^[3]。探索新的防治途径已成为发展辣椒产业亟待解决的重大问题。根据生态学原理, 利用拮抗微生物从根本上控制辣椒土传病害, 是一条值得探索的新途径, 已引起许多研究人员的关注。Jubina^[4]、胡东维^[5]及朱宗源等^[6]已从细菌、真菌及放线菌中筛选到一些能明显抑制疫霉孢子产生和疫霉生长的拮抗菌株, 但目前尚无曲霉属真菌对辣椒疫病及其他植物病害的防效报道。本研究对一株曲霉属真菌F₁的生物学特性、生防效果及作用机理进行了较为系统的研究, 旨在为生防真菌F₁在辣椒疫病防治中的应用提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 靶标菌及生防菌 大肠杆菌(*Escherichia coli*)和金黄色葡萄球菌(*Staphylococcus aureus*)分别代表G⁻和G⁺细菌; 热带假丝酵母(*Candida tropicalis*)和青霉(*Penicillium* sp.)分别代表单细胞真菌和丝状真菌, 以上4株靶标菌由西北农林科技大学微生物资源研究室提供; 西瓜枯萎菌(*Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum*)、棉花枯萎菌(*Fusarium oxysporum* f. sp. *vasinfectum* (A tk) Synder et Hansen)、黄瓜枯萎菌(*Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumerinum*)均由西北农林科技大学植保学院宗兆峰教授提供; 辣椒疫霉(*Phytophthora capsici*)P₃由青海省农林科学院杨君丽研究员提供。生防真菌F₁由西北农林科技大学微生物资源研究室保存, 是从

* [收稿日期] 2005-11-30

[基金项目] 国家“十五”科技攻关项目(2002BA516A 09); 陕西省科技攻关项目(2003K03-G2; 2004K02-G7)

[作者简介] 孙敬祖(1981-), 男, 陕西扶风人, 在读硕士, 主要从事微生物资源研究。

[通讯作者] 薛泉宏(1957-), 男, 陕西白水人, 教授, 主要从事微生物资源研究。E-mail: xueqiong@public.xa.sn.cn

青海温室辣椒健康株根区土壤中通过“抑菌圈-定殖力双重筛选法”^[7]筛选得到的。

1.1.2 培养基^[8]及F₁发酵液 牛肉膏蛋白胨琼脂(BPA), 马铃薯蔗糖琼脂(PSA) 马铃薯蔗糖液体(PS)和改良马铃薯蔗糖琼脂(改良PSA)。将拮抗菌F₁接入马铃薯蔗糖液体培养基(PS), 于28℃、120 r/min 分别培养6, 8, 10, 14 d, 将发酵液粗滤后在无菌状态下过0.22 μm 无菌滤膜, 滤液(F₁发酵液)装入无菌容器中备用。

1.1.3 供试辣椒及土壤 线椒品种为“线椒8819”, 购自杨凌种子公司, 在2 m × 7 m 的苗圃中培育40 d 后移栽; 甜椒品种为“乐都长辣椒”, 由青海省农林科学院土壤肥料研究所按上述方法育苗, 40 d 后移栽。盆栽土壤取自西北农林科技大学园艺站试验田, 去除石子和草根后过5 mm 筛子, 在过筛后的土壤中添加尿素和磷酸氢二钾作为基肥(养分加入量为: N 0.06 g/kg, P₂O₅ 0.09 g/kg, K₂O 0.05 g/kg), 将土壤与肥料拌匀装盆。测定定殖密度和酶活性的盆栽试验每盆装土7 kg; 观察防效的盆栽试验, 每盆装土1.25 kg。

1.1.4 供试抗生素 氯霉素、红霉素、环丙沙星、卡那霉素、青霉素、链霉素、庆大霉素、氨苄青霉素均购于陕西杨凌药店。

1.2 F₁的形态特征、部分生化性状的鉴定

参照文献[9]对F₁进行鉴定分类。F₁拮抗性采用琼脂块法测定^[8]。

1.3 F₁的防效试验

1.3.1 盆栽试验 盆栽线椒试验于2005-05中旬在西北农林科技大学园艺站内进行。试验设3个处理: 处理A(单独接种F₁), 将F₁菌剂(活菌数为2.4 × 10⁸/g)按质量分数0.5%与土壤混合均匀装盆, 移栽线椒; 处理B(单独接种辣椒疫霉P₃), 土壤中不加F₁菌剂, 直接移栽线椒, 待线椒缓苗结束, 每株用注射器一次性注入P₃孢子悬液5 mL(浓度1.2 × 10⁶/mL); 处理C(F₁+P₃混和接种), F₁接种同处理A, 待线椒缓苗结束接种P₃, 接种方法同处理B。每处理重复3次。按常规方法管理, 观察记录发病率、总生物量、鲜椒重。

1.3.2 温室试验 温室甜椒试验于2004-01在青海省乐都县进行, 小区面积8 m², 栽植密度为5株/m²。试验设2个处理: 处理A(单独接种F₁), 将F₁菌剂(活菌数为2.4 × 10⁸/g)按1:6(质量比)加入自来水中, 使之充分分散, 并加入适量细干土, 充分搅动, 变成均匀的糊状液, 将待栽的辣椒苗根部浸入其

中2~3 min, 使根系充分接触菌剂后移栽。处理B(F₁+P₃混和接种), 向处理A制备的糊状液中加入一定量辣椒疫霉P₃孢子悬液, 使其最终浓度达到1.2 × 10⁶/mL, 再按处理A相同方法接种, 移栽。在甜椒初花期, 将F₁(活菌数为2.4 × 10⁸/g)和细干土按1:10(质量比)混匀, 按照每株20 g用量在甜椒根部采用穴施方法重复接种。每处理重复3次。按常规方法管理, 观察记录发病率、产量。

1.4 拮抗菌F₁生防机理

1.4.1 F₁发酵液对辣椒疫霉菌丝生长的影响 将F₁发酵液按V(F₁发酵液):V(改良PSA培养基)=1:3加入到冷却至50℃左右的改良PSA培养基中, 摇匀后倒入培养皿, 以不加发酵液的改良PDA作为对照。将直径6 mm的辣椒疫霉菌P₃菌饼置于培养皿中心, 28℃下培养3 d, 测定菌落直径, 并按下面公式计算相对抑菌率^[10]。

相对抑菌率/% = [(对照菌落直径-处理菌落直径)/(对照菌落直径-病原菌菌饼直径)] × 100%

1.4.2 F₁发酵液对辣椒疫霉游动孢子释放及萌发的影响 将F₁发酵液和辣椒疫霉孢子P₃悬液按V(F₁发酵液):V(辣椒疫霉孢子P₃悬液)=1:3比例加入无菌试管中, 以不加发酵液的孢子悬液为对照, 28℃下培养, 分别在培养0, 6, 2, 6, 18 h取样, 显微镜下(16 × 40视野)观察, 计算游动孢子的释放率和孢子萌发率^[11-13]。

1.5 其他测定项目及方法

用文献[14]的方法测定盆栽试验中拮抗菌F₁在线椒根内定殖密度及辣椒叶片苯丙氨酸解氨酶(PAL)和多酚氧化酶(PPO)活性。

2 结果与分析

2.1 F₁的形态特征及部分生化性状

2.1.1 形态特征 将F₁接种PDA平皿, 28℃培养2 d, 观察。F₁菌落特征: 菌落初期呈微黄色, 后渐变成黄绿色, 最终呈黄褐色。显微形态: 菌丝无色, 有隔; 分生孢子梗长度为1.9 mm, 直径为22 μm, 粗糙, 顶端膨大形成球形泡囊, 顶囊直径76 μm; 泡囊表面分生孢子串呈辐射状, 分生孢子球形, 直径5 μm(图1)。根据F₁上述形态特征和《真菌鉴定手册》中舒展曲霉鉴定特征^[9], 将F₁暂定为曲霉属[*Aspergillus* Micheli ex Fr.]舒展曲霉[*A. effusus* Tiraboschi]。

2.1.2 拮抗性 测定F₁对8种靶标菌的拮抗性试

验表明, F₁ 仅对辣椒疫霉 (*Phytophthora capsici*) 有拮抗作用, 拮抗圈直径 2.8 cm (图 2), 对其他 7 种靶

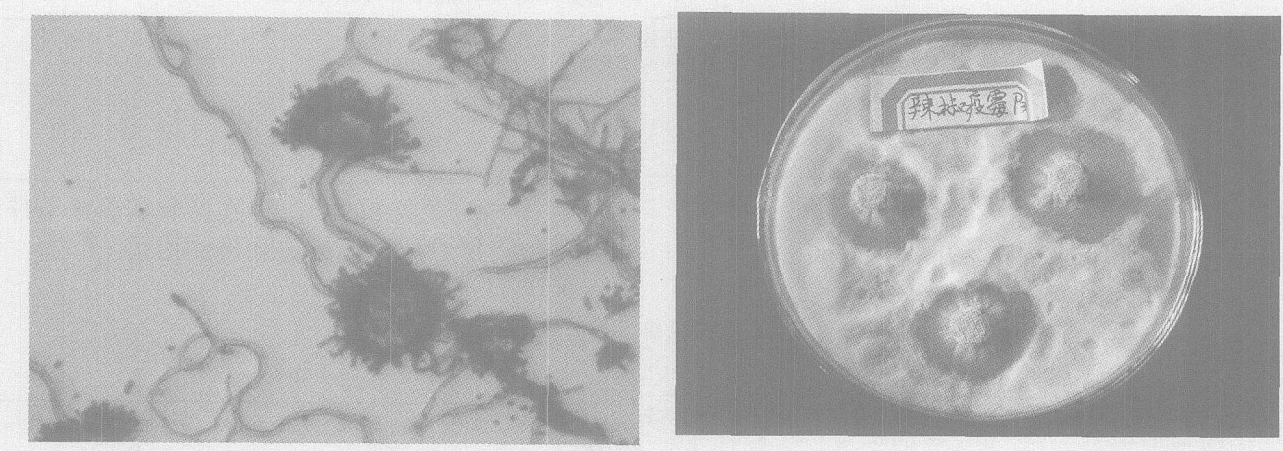


图 1 F₁ 光学显微镜检图 (16×40)

图 2 F₁ 对辣椒疫霉的拮抗作用

Fig 1 Optic micrograph of F₁

Fig 2 F₁'s resistance to *Phytophthora capsici*

2.1.3 碳氮源利用及抗药性 由表 1 和表 2 可知, 拮抗菌 F₁ 除对甘露醇、麦芽糖、甜醇、柠檬酸钠及羧甲基纤维素钠不能利用外, 对供试的其他 9 种碳源

及 11 种氮源均可利用; 对浓度 100 mg/L 的 8 种抗生素均有耐受性。

表 1 F₁ 对碳、氮源的利用情况

Table 1 Condition of F₁ utilizing carbon and nitrogen sources

碳源 Carbon source	生长状况 Cultural condition	碳源 Carbon source	生长状况 Cultural condition	碳源 Carbon source	生长状况 Cultural condition	碳源 Carbon source	生长状况 Cultural condition
葡萄糖 Glc	+	甘油 Glycerin	+	甘氨酸 Gly	+	L-半胱氨酸 L-Cys	+
甘露醇 Man	-	山梨醇 Glucitol	+	色氨酸 Trp	+	天冬氨酸 Asp	+
麦芽糖 Maltose	-	甜醇 Dulcose	-	丙氨酸 Ala	+	苯丙氨酸 Phe	+
蔗糖 Sucrose	+	半乳糖 Gal	+	赖氨酸 Lys	+	D, L-酪氨酸 D, L-Tyr	+
木糖 Xylose	+	柠檬酸钠 Sodium citrate	-	丝氨酸 Ser	+		
肌醇 Inositol	+	D-果糖 D-Fru	+	精氨酸 Arg	+		
菊糖 Inulin	+	羧甲基纤维素钠 CMC-Na	-	尿素 Urea	+		

注: +. 能利用; -. 不能利用。
Notes: +. means available; -. unavailable

表 2 F₁ 对 8 种抗生素的耐受性

Table 2 Tolerance to eight antibiotics

抗生素 Antibiotic	生长状况 Cultural condition	抗生素 Antibiotic	生长状况 Cultural condition	抗生素 Antibiotic	生长状况 Cultural condition	抗生素 Antibiotic	生长状况 Cultural condition
氯霉素 Chloramycetin	+	环丙沙星 Ciprofloxacin	+	青霉素 Penicilin	+	庆大霉素 Gentamycin	+
红霉素 Erythromycin	+	卡那霉素 Kanamycin	+	链霉素 Streptomycin	+	氨苄青霉素 Ampicillin	+

注: +. 生长良好; 试验抗生素浓度为 100 mg/L。
Note: +. tolerant; concentration of antibiotic is 100 mg/L.

2.2 F₁ 防效试验结果

2.2.1 盆栽试验 从表 3 可以看出, 单接辣椒疫霉 P₃ 处理的线椒全部发病, 发病率为 100%; 单独接种菌 F₁ 处理的线椒不发病; F₁+P₃ 混和接种处理的辣

椒发病率为 16.7%, 相对防效 83.3%。单独接种 F₁ 和 F₁+P₃ 混和接种处理的辣椒总生物量分别是单接 P₃ 处理的 9.33 倍及 7.83 倍。单独接种辣椒疫霉 P₃ 处理线椒绝收。单接 F₁ 处理的鲜椒重较 P₃+F₁ 混

接处理增加37.5%。这说明拮抗菌F₁对辣椒疫病有较好的防效,同时可以增加辣椒产量。

表3 F₁对线椒疫病发病率及总生物量的影响

Table 3 Influence of F₁ on disease ratio and total biomass of capsicum

处理 Treatment	发病率/% Disease ratio	相对防效/% Relative control effect	总生物量/(g·株 ⁻¹) Total biomass	鲜椒重/(g·株 ⁻¹) Fresh weight
F ₁	0	100	56	22
F ₁ +P ₃	16.7	83.3	47	16
P ₃	100	-	6	0

2.2.2 温室试验 从表4可以看出,在温室栽培条件下,F₁+P₃混和接种处理较单独接种P₃处理发病率低80%,相对防效达94.1%,产量提高了225.9%。

表4 F₁对温室甜椒疫病发病率及产量的影响

Table 4 Influence of F₁ on disease ratio and yield of capsicum in greenhouse

处理 Treatment	发病率/% Disease ratio	相对防效/% Relative control effect	产量/(kg·hm ⁻²) Yield	增率/% Ratio
F ₁ +P ₃	5	94.1	62 595.0	225.9
P ₃	85	-	19 207.5	-

2.3 F₁的生防机理

2.3.1 F₁对P₃菌丝生长及孢子萌发的影响 从表5可以看出,不同批次F₁发酵液对P₃菌丝生长均有抑制作用,表明F₁发酵产物中含有某种抑制辣椒疫霉菌丝生长的活性物质。在PS液体培养基中培养10 d时,F₁产生的活性物质抑制作用最强,对辣椒疫霉菌丝生长的相对抑制率高达100%。

从表6可以看出,F₁对P₃孢囊释放游动孢子的影响均较小。0.6 h镜检时,F₁对P₃孢囊释放游动孢子有一定抑制作用,其相对抑制率为6.25%;2 h后其相对抑制率仅为2.2%;6 h后无抑制作用。表明随着培养时间的延长,F₁对P₃孢囊释放游动孢子的抑制作用逐渐减弱直至消失。由此可知,F₁可降低辣椒疫霉孢囊释放游动孢子的速度,但不能完全抑制孢子释放,进而推知,F₁对辣椒疫病的控制作用是通过其他机制实现的。

表6 F₁对P₃游动孢子释放率和孢子萌发率的抑制作用

Table 6 Inhibiting effect of fermentation fluid on release zoospores from sporangia and gemination of zoospores of *Phytophthora capsici*

培养时间/h Culture time	F ₁ 对游动孢子释放率的影响 Influence of F ₁ on release rate of zoospores from sporangia			F ₁ 对游动孢子萌发率的影响 Influence on gemination of zoospores		
	游动孢子释放率/% Release percentage of zoospores		相对抑制率/% Relative percentage of inhibition	游动孢子萌发率/% Gemination percentage of zoospores		相对抑制率/% Relative percentage of inhibition
	对照 CK	处理 Treatment		对照 CK	处理 Treatment	
0.6	85	80	6.25	0	0	-
2	92	90	2.2	10	0	100
6	95	95	0	35	2.5	92.9
18	95	95	0	95	20	78.9

2.3.2 F₁的定殖能力 从表7可以看出,未接种F₁处理辣椒根系中未检测到拮抗菌F₁,在单独接种拮抗菌F₁和拮抗菌F₁+P₃混合接种处理中,辣椒根内均可检测到拮抗菌F₁,表明在此2种接种条件下,拮

表5 F₁对P₃菌丝生长的抑制作用

Table 5 Inhibiting effect of fermentation fluid of strain F₁ on growth of mycelia of *Phytophthora capsici*

F ₁ 培养时间/d F ₁ culture time	P ₃ 菌落直径/cm P ₃ diameter of fungus		相对抑制率/% Relative percentage of inhibition
	CK	处理 Treatment	
6	4.1	2.1	57
8	3.9	1.8	64
10	3.8	0.6	100
14	3.8	1.4	75

从表6还可以看出,F₁对P₃游动孢子的萌发有很强的抑制作用。培养2 h镜检时发现,对照处理的P₃游动孢子萌发率已达10%,而加入F₁处理的P₃游动孢子尚未萌发;培养18 h镜检,对照处理的P₃孢子已有95%萌发,而加入F₁处理的仅有20%萌发,F₁发酵液的相对抑制率为78.9%。

抗菌 F₁ 均可以在辣椒根内定殖。

表 7 F₁ 在辣椒根内的定殖密度

Table 7 Colonization density of F₁ in the capsicum's roots g⁻¹

处理 Treatment	接种后时间/d Time after inoculating F ₁		
	8	24	42
F ₁	4 0×10 ³	5 0×10 ³	3 0×10 ³
F ₁ + P ₃	13 0×10 ³	3 5×10 ³	2 3×10 ³
P ₃	0	0	0
CK	0	0	0

由表 7 还可知, F₁ 在辣椒根内的定殖密度随接种时间的变化因接种方式而异, 单独接种 F₁ 时, 其在辣椒根内的定殖密度随着辣椒移栽时间延长变化不大, 辣椒移植后第 8, 24, 及 42 天的定殖密度分别为 4 0×10³, 5 0×10³ 及 3 0×10³/g。F₁+ P₃ 混合接种时, F₁ 的定殖密度随辣椒移栽时间延长呈明显下降趋势, 辣椒移植后第 8, 24 及 42 天的定殖密度分别为 13×10³, 3 5×10³ 及 2 3×10³/g, 与第 8 天相比, 第 24 和第 42 天的定殖密度分别下降了 73 1% 和 82 3%。F₁ 在辣椒根内定殖密度随接种方式而变化, 辣椒移植后第 8 天, F₁+ P₃ 混和接种和 F₁ 单独接种的定殖密度分别为 13 0×10³/g 和 4 0×10³/g,

表 8 接种 24 d 时辣椒叶片苯丙氨酸解氨酶(PAL) 和多酚氧化酶(PPO) 活性

Table 8 PAL and PPO activity of capsicum's leaves 24 days after inoculating the F₁

处理 Treatment	PAL		PPO	
	活性/(U · g ⁻¹ · h ⁻¹) Enzymatic activity	增率/% Ratio	活性/(U · g ⁻¹ · h ⁻¹) Enzymatic activity	增率/% Ratio
F ₁	79 8	- 47 9	6 475 3	- 26 3
F ₁ + P ₃	285 9	86 7	6 158 4	- 29 9
P ₃	132 9	- 13 2	8 158 4	- 7 2
CK	153 1	-	8 788 6	-

3 结论与讨论

本研究结果初步表明, 供试生防真菌 F₁ 为曲霉属 [*Aspergillus M icheli ex Fr*] 的疏展曲霉 [*A. effusus Tiraboschi*]。皿内拮抗实验表明, F₁ 对辣椒疫霉 (*Phytophthora capsici*) 菌丝生长及游动孢子萌发均有明显拮抗作用, 抑菌圈直径达 2 8 cm; 而对辣椒疫霉游动孢子的释放抑制作用较小, 表明 F₁ 发酵液中含有能拮抗辣椒疫霉的活性物质, 该物质通过抑制辣椒疫霉菌丝生长和游动孢子萌发而控制辣椒疫病发生。本研究首次发现疏展曲霉对辣椒疫霉病害具有良好的防效。

对拮抗菌在植物上的定殖能力与防病效果的关系已有研究^[15], 但关于曲霉属真菌在辣椒根内定殖的研究国内外尚未见报道。本试验结果显示, 供试生

前者约为后者的 3 倍。在辣椒生长后期 (24, 42 d 时), F₁ 单独接种和 F₁+ P₃ 混和接种处理中, F₁ 定殖密度表现为单独接种大于混合接种, 该结果与前期 (8 d 时) 相反。这表明辣椒疫霉 P₃ 对 F₁ 定殖密度有一定的影响, 即在辣椒生长前期, 辣椒疫霉 P₃ 可以促进 F₁ 定殖到辣椒根内, 后期则对 F₁ 定殖有抑制作用。

由以上结果可知, F₁ 的生防效果与 F₁ 在辣椒根内的定殖能力有一定关系。F₁ 在辣椒根内较强的定殖能力可能是 F₁ 拮抗辣椒疫霉的机制之一。

2 3 3 接种 24 d 时辣椒叶片 PAL 及 PPO 活性 从表 8 可以看出, 接种 F₁ 对辣椒叶片 PAL, PPO 活性有明显影响。单独接种 F₁ 处理辣椒叶片 PAL, PPO 活性分别较对照降低 47 9%, 26 3%; F₁+ P₃ 混和接种处理辣椒叶片的 PAL 活性较对照提高了 86 7%, PPO 活性下降了 29 9%。F₁ 单独接种和 F₁+ P₃ 混合接种对 PAL 活性的影响截然相反, F₁ 单独接种时 PAL 活性大幅度降低, F₁+ P₃ 混合接种时 PAL 活性大幅度提高; F₁ 单独接种和 F₁+ P₃ 混合接种时, PPO 活性均明显下降。F₁ 对辣椒叶片 PAL 和 PPO 活性影响的机理尚待进一步研究。

防真菌 F₁ 在辣椒根内定殖密度最高可达 13×10³/g, 并在长时间内维持较高水平, 表明 F₁ 在辣椒根部定殖能力较强, 这是 F₁ 在生物试验中防效较好的原因之一。

PAL 和 PPO 是与植物抗病性有关的 2 种保护酶, 与植物的木质素代谢有关^[16-17]。本试验结果表明, 单独接种 F₁ 处理 24 d 时, 辣椒叶片 PAL 和 PPO 活性均降低, 这与已有利用化学诱导剂诱导辣椒叶片 PAL 和 PPO 活升高的研究结果 (辣椒幼苗期使用诱导剂后 24 h 采样测定) 不同; F₁+ P₃ 混和接种处理辣椒叶片的 PAL 活性升高, PPO 活性降低。

本试验对拮抗菌 F₁ 防治辣椒疫病的机理及防效进行了初步探索, 盆栽和温室防效试验结果均表明, 拮抗菌 F₁ 有一定应用价值。但拮抗真菌引进后与生态环境中许多因子之间的关系极其复杂, 探明

这些关系对提高 F_1 的生物防治效果非常重要。后续 试验还将对这些问题进行深入研究。

[参考文献]

- [1] 朱宗源, 吴玲忠, 陆仕华, 等. 辣椒疫霉在土壤中的季节性变化和存活[J]. 上海农业学报, 1998, 14(4): 45-50
- [2] 关天舒, 李凤云, 赵奎华. 我国辣椒疫病的研究现状[J]. 辽宁农业科学, 1995(5): 24-27.
- [3] 贾菊生. 新疆辣椒疫霉及防治研究[J]. 植物病理学报, 1992, 22(3): 257-26
- [4] Jubina P A, Girija V K. Antagonistic rhizobacteria for management of *Phytophthora capsici*, the incitant of root of blank pepper[J]. Journal of Mycology and Plant Pathology, 1998, 28(20): 147-153
- [5] 胡东维, 王源超, 徐 颖. 木霉对辣椒疫霉菌抑制作用的超微结构与细胞化学[J]. 菌物系统, 2003, 22(1): 95-100
- [6] 朱宗源, 周新根, 宋荣浩. 用生物制剂防治青椒疫病[J]. 上海农业学报, 1995, 11(1): 64-68
- [7] 郭坚华, 王玉菊, 李 瑾, 等. 抑菌圈-定殖力双重测定法筛选青枯病生防细菌[J]. 植物病理学报, 1996, 26(1): 49-54
- [8] 程丽娟, 薛泉宏. 微生物学实验技术[M]. 西安: 世界图书出版社, 2000: 383-386
- [9] 魏景超. 真菌鉴定手册[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1979: 495-500
- [10] 马 艳, 常志州, 朱万宝, 等. 拮抗真菌F-310对辣椒疫霉菌的抗生活性及防效[J]. 江苏农业学报, 2004, 20(3): 180-183
- [11] 郝变青, 马利平, 乔雄梧, 等. 拮抗细菌菌株BC982I对青椒枯萎病菌的抑制作用[J]. 农药学报, 2005, 7(1): 35-39
- [12] 从心黎, 杨明挚, 李灿辉, 等. YX拟青霉菌发酵液浓缩物对马铃薯晚疫病菌的离体抑制活性[J]. 西南农业学报, 2005, 18(2): 153-156
- [13] 张 波, 吴文君, 宗兆锋. 放线菌Z139菌株的分离、鉴定及其生物活性[J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2005, 33(8): 69-72
- [14] 梁军锋, 薛泉宏, 牛晓磊, 等. 7株放线菌在辣椒根部定殖及对辣椒叶片的PAL与PPO活性的影响[J]. 西北植物学报, 2005, 25(10): 2118-2123
- [15] 董慧慧, 徐敬友, 陈夕军, 等. 番茄灰霉病菌拮抗菌的筛选和应用[J]. 江苏农业研究, 2001, 22(4): 25-28
- [16] 江昌俊, 余有本. 苯丙氨酸解氨酶的研究进展[J]. 安徽农业大学学报, 2001, 28(4): 425-430
- [17] 许传俊, 李 玲. 植物多酚氧化酶的研究进展[J]. 生命科学研究, 2002, 6(1): 45-48

Study on some characteristics and the bio-control effect of fungi numbered F_1

SUN Jing-zu¹, XUE Quan-hong¹, LIANG Jun-feng¹, LI Zeng-bo¹, ZHANG Ya-jing¹,
CAI Yan², CHEN Zhan-quan³, ZHANG Rong³, LI Song-ling³

(1 College of Resource and Environment, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2 College of Resource and Environment, Sichuan Agriculture University, Ya'an, Sichuan 625000, China;

3 Institute of Soil and Fertilizer, Academy of Agriculture and Forestry of Qinghai, Xining, Qinghai 810000, China)

Abstract: The classification and some characteristics of fungi numbered F_1 were studied by morphological identification, the experiment of utilizing different carbon and nitrogen source and the tolerance to different antibiotics; the capsicum was planted in pot and greenhouse and inoculated with F_1 to study the bio-control effect and mechanism. Results showed that: (1) F_1 fell into the category of *Aspergillus M icheli* ex Fr, and was initially identified as *A. effusus* Tiraboschi; (2) F_1 had good control effect on capsicum's disease caused by *Phytophthora capsici* in pot planted and greenhouse planted, and the relative control effects were 83.3% and 94.1% respectively; (3) the fermentation fluid of F_1 could obviously inhibit the mycelium growth and the germination of zoospores of *Phytophthora capsici*. And the percentages of inhibition were 57%-100% and 78.8% respectively; (4) F_1 could colonize in the capsicum's root 8 days, 24 days and 42 days after inoculation, the colonization densities of the treatment of F_1 individual inoculation and the treatment of $F_1 + P_3$ were 4, 5, 3 and 13, 3, 5, 2 ($\times 10^3/g$) respectively; (5) The PAL and PPO activities in the leaves of the capsicum were affected by F_1 inoculation. In the treatment of F_1 inoculation, the PAL and PPO activities in the leaves of the capsicum declined by 47.9% and 26.3%. In the treatment of $F_1 + P_3$, the PAL activities increased by 86.7%, but the PPO activities declined by 29.9%.

Key words: *Phytophthora capsici* Leonian; bio-control fungi; antibiotic ability