

刘 雪,关丽杰. 苯丙烯菌酮对水稻稻瘟病病原真菌细胞壁膜的作用[J]. 江苏农业科学,2019,47(22):117-121.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.22.026

# 苯丙烯菌酮对水稻稻瘟病病原真菌细胞壁膜的作用

刘 雪,关丽杰

(沈阳化工大学制药与生物工程学院,辽宁沈阳 110142)

**摘要:**初步探究苯丙烯菌酮对水稻稻瘟病病菌的抑菌机制。采用紫外分光光度法测定参与水稻稻瘟病病菌细胞壁降解的 2 个关键酶(几丁质酶和  $\beta$ -1,3-葡聚糖酶)活性以及菌体细胞外的磷浓度;采用荧光分光光度法测定 PI-DNA 复合物(碘化吡啶)荧光强度;采用气质联用法(GC-MS)测定甾醇类物质含量变化。结果表明,用 10 mg/L 苯丙烯菌酮处理水稻稻瘟病病菌后,菌体内的几丁质酶和  $\beta$ -1,3-葡聚糖酶活性均升高,药剂处理 1 h 后酶活性明显升高,分别是对照组的 1.69 倍和 3.76 倍,细胞外的磷浓度在 1 h 后明显升高,3 h 时是对照组的 1.29 倍,24 h 时 PI-DNA 复合物荧光强度急剧升高,为对照组的 19.71 倍,然后用 10 mg/L 苯丙烯菌酮处理 6 h 后 6-乙酰氨基麦角甾醇含量与对照组相比减少了 96.83%,酵母甾醇则消失。结果表明,苯丙烯菌酮可以破坏水稻稻瘟病菌细胞壁和细胞膜功能结构,起到抑菌作用。

**关键词:**水稻稻瘟病菌;杀真菌剂;苯丙烯菌酮;作用机制;植物病原真菌

**中图分类号:** S435.111.4<sup>+</sup>1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)22-0117-04

水稻稻瘟病是一类重要的水稻病害,并且水稻稻瘟病病菌侵染能力强,能在短时间内快速传播<sup>[1-2]</sup>,同时易发生菌丝融合现象,形成多核体,这种变异增加了水稻病害防治工作的难度<sup>[3]</sup>。全球每年因为水稻减产造成很大的经济损失,迫切需要一种新型环境友好的杀菌剂来解决水稻病害<sup>[4]</sup>。苯丙烯菌酮别称异补骨脂查尔酮,是天然植物补骨脂提取物中的一个重要活性成分。有研究表明,二聚黄酮类化合物对人类致病酵母菌和丝状真菌均有较好的抑菌效果<sup>[5]</sup>,查尔酮类化合物也具有优良的抗细菌真菌活性<sup>[6]</sup>。据报道,异补骨脂查尔酮具有多种药理活性,包括抗细菌、抗真菌、抗病毒、抗炎和抗肿瘤作用<sup>[7]</sup>。Zhang 等在抑菌试验中发现,枯草芽孢杆菌 KB-1122 对稻瘟病菌生长有明显的抑制作用,经过二维聚丙烯酰胺凝胶电泳和蛋白组分析试验发现,甘油醛-3-磷酸脱氢酶和丝氨酸蛋白激酶与枯草杆菌 KB-1122 的抑菌作用密切相关<sup>[8]</sup>。柠檬醛可以提高几丁质酶活性,从而破坏水稻稻瘟病菌细胞壁完整性,达到抑菌目的<sup>[9]</sup>。硝基苯乙烯类化合物能明显抑制稻瘟病菌的黑色素合成相关酶 3HNR 的活性,显示出抑菌效果<sup>[10]</sup>。

盆栽试验和田间试验已经证实了苯丙烯菌酮乳油剂对稻瘟病菌有较好的防治效果<sup>[11]</sup>。扫描电镜结果显示,经 10 mg/L 苯丙烯菌酮处理后,水稻稻瘟病菌菌丝界限变得模糊,且相互交连发生融合,菌体形态发生了明显变化。本试验为进一步明确苯丙烯菌酮对水稻稻瘟病菌的杀菌机制,通过测定细胞壁水解酶(几丁质酶和  $\beta$ -1,3-葡聚糖酶)活

性<sup>[12-13]</sup>、细胞膜通透性试验、PI 荧光检测和甾醇类物质成分分析试验,探究苯丙烯菌酮对稻瘟病菌菌体细胞壁和细胞膜的作用<sup>[14-15]</sup>,为苯丙烯菌酮杀菌作用提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

1.1.1 主要试剂 苯丙烯菌酮(异补骨脂查尔酮),购自成都普菲德生物技术有限公司;丙酮,购自福晨(天津)化学试剂厂;葡萄糖,购自天津市大茂化学试剂厂;酵母浸粉,购自安琪酵母股份有限公司;琼脂,购自福建省金燕海洋生物科技股份有限公司。

1.1.2 供试菌种 水稻稻瘟病菌(*Pyricularia oryzae* Cav.),由沈阳化工研究院生物测定中心提供。

1.1.3 培养条件 稻壳培养基(1 000 mL):稻壳 30 g,葡萄糖 5.0 g,酵母浸粉 1.4 g,琼脂 20~25 g,  $\text{MgSO}_4$  0.25 g。

PDA 液体培养基(1 000 mL):马铃薯 200 g,葡萄糖 20 g。

1.1.4 主要仪器 DHG-9149A 型电热恒温鼓风干燥箱,购自上海精宏实验设备有限公司;MPLR-702 四孔恒温水浴锅,购自金坛市大地自动化仪器厂;SHZ-DZⅢ循环水式真空泵,购自河南省巩义市予华仪器有限责任公司;SZ-93 自动双重纯水蒸馏器,购自上海亚荣生化仪器厂;SCIENTZ-ⅡD 超声波细胞破碎仪,购自宁波新芝生物科技股份有限公司;SPX-250B-Z 生化培养箱,购自上海博迅实业有限公司医疗设备厂;SW-CJ-IG 单人净化工作台,购自苏州净化设备有限公司;TBL-16G-A 高速冷冻离心机,购自上海安亭科学仪器厂;TSQ-280 振荡培养箱,购自上海精宏实验设备有限公司。

### 1.2 试验方法

1.2.1 苯丙烯菌酮对稻瘟病菌细胞壁的影响

1.2.1.1 菌丝的制备 取 5 mL 水稻稻瘟病菌孢子悬液接入 PDA 培养液中,置于 28 ℃、150 r/min 振荡培养 6 d 后进行处理,苯丙烯菌酮处理浓度为 10 mg/L,对照加等量丙酮,每个

收稿日期:2018-08-17

基金项目:国家科技支撑计划(编号:2011BAE06B02-08)。

作者简介:刘 雪(1993—),女,陕西咸阳人,硕士研究生,研究方向为生物农药。E-mail:baoxue520025@163.com。

通信作者:关丽杰,博士,副教授,主要从事生物农药研究。E-mail:guanlijie6868@syuct.edu.cn。

处理设 3 次重复。药剂处理后,在时间为 0、1、3、6、12、24 h 收集菌丝,抽干水分后在  $-20^{\circ}\text{C}$  下保存。

1.2.1.2 酶液的提取 称取 1 g 菌丝,加入 5 mL Tris-HCl ( $0.05\text{ mol/L}$ , pH 值 7.5) 缓冲液,超声破碎 30 min (工作 5 s 间歇 3 s)。然后将破碎的细胞匀浆转移至 EP 管中,  $4^{\circ}\text{C}$ 、12 000 r/min 离心 15 min,取上清液置于  $-80^{\circ}\text{C}$  储存备用。

1.2.1.3 几丁质水解酶含量测定 向洁净的试管中加入 0.2 mL 胶状几丁质,用 0.1 mL 乙酸钠缓冲液 (浓度为  $0.1\text{ mol/L}$ , pH 值 4.5) 和不同时间处理酶液 0.3 mL,于  $40^{\circ}\text{C}$  下水浴 1 h (空白用三蒸水代替酶液),流水冷却至室温。12 000 r/min 离心 10 min,移取上清液 0.25 mL,加 40  $\mu\text{L}$  10% 脱盐蜗牛酶,  $37^{\circ}\text{C}$  保温存 1 h,冷却。然后加 0.1 mL 硼酸钾溶液 ( $0.8\text{ mol/L}$ ),沸水浴 3 min,冷却至室温,加 2 mL 1% 二甲基胺硼烷 (DMAB) 溶液于  $37^{\circ}\text{C}$  水浴 20 min,冷却,于波长 585 nm 处测定吸光度。根据  $N$ -乙酰葡萄糖胺标准曲线  $y=0.059x-0.007$  ( $r^2=0.997$ ) 进行计算。以单位鲜质量样品在单位时间内产生的  $N$ -乙酰葡萄糖胺为 1 个酶活力单位。

$$U = \frac{(D - D_0) \times V_1}{FW \times V_s \times t}$$

式中:  $D$  为样品中几丁质酶水解生成的  $N$ -乙酰葡萄糖胺含量;  $D_0$  为空白组  $N$ -乙酰葡萄糖胺含量;  $V_1$  为酶液总体积, mL;  $V_s$  为反应酶液体积, mL;  $FW$  为样品的鲜质量, g;  $t$  为反应时间, h。

1.2.1.4  $\beta$ -1,3-葡聚糖水解酶含量测定  $\beta$ -1,3-葡聚糖水解酶含量测定的反应体系包括  $0.05\text{ mol/L}$  pH 值 5.0 的乙酸钠缓冲液 (含 1% 昆布多糖)、0.16 mL  $0.05\text{ mol/L}$  乙酸钠 (pH 值 5.0) 缓冲液和 300  $\mu\text{L}$  各处理酶液 (空白用三蒸水代替酶液),充分混匀,  $37^{\circ}\text{C}$  保温 1 h,使其充分水解为葡萄糖,采用 DNS 法测定还原糖的量,向各反应体系中加入 3,5-二硝基水杨酸试剂沸水浴 5 min,流水立即冷却,定容至 3 mL,于 540 nm 波长下测  $D$  值<sup>[16]</sup>。根据葡萄糖标准曲线计算酶活性:  $y=0.173x-0.009$ ,  $r^2=0.998$ 。以单位鲜质量样品在单位时间内产生的还原糖为 1 个酶活力单位。

$$U = \frac{(D - D_0) \times V_1}{FW \times V_s \times t}$$

式中:  $D$  为样品中  $\beta$ -1,3 葡聚糖水解酶水解生成的还原糖含量;  $D_0$  为空白组还原糖含量;  $V_1$  为酶液总体积, mL;  $V_s$  为反应酶液体积, mL;  $FW$  为样品的质量, g;  $t$  为反应时间, h。

1.2.2 苯丙烯菌酮对稻瘟病菌细胞膜的影响

1.2.2.1 菌悬液的制备 取 5 mL 水稻稻瘟病菌孢子悬液接入 PDA 培养液中,于  $28^{\circ}\text{C}$ 、150 r/min 振荡培养 6 d 后进行处理,苯丙烯菌酮处理浓度为  $10\text{ mg/L}$ ,对照加等量丙酮,每个处理设 3 个重复。药剂处理后 0、1、3、6、12、24 h 取样。

1.2.2.2 磷浓度标准曲线 磷浓度标准曲线的制备:准确称取经  $100^{\circ}\text{C}$  干燥至恒质量的磷酸二氢钾 43.9 g,加水溶解并定容至 250 mL,精确量取 10 mL 于 100 mL 容量瓶中,稀释至刻度,得到  $0.004\text{ mg/mL}$  的参比溶液。分别取参比试剂 0、1、3、5、7、9 mL 于 25 mL 具塞试管中,加 6 mL 定磷试剂 [水:3 mol/L 硫酸:2.5% 钼酸铵:10% 维生素 C 为 2:1:1:1],加水稀释至 25 mL,摇匀,  $45^{\circ}\text{C}$  水浴 20 min,冷却至室温,在 660 nm 波长处测定吸光度,并以磷浓度为横坐

标,吸光度为纵坐标绘制标准曲线  $y=0.2428x+0.0096$ ,  $r^2=0.996$ 。

1.2.2.3 胞外磷浓度含量测定 分别在药剂处理后 0、1、3、6、12、24 h 取菌悬液 8 mL,3 000 r/min 离心 10 min,精确量取上清液 5 mL 于平底烧瓶中,加 9 mol/L 硫酸溶液 5 mL,直火缓慢加热 15 min,冷却至室温,滴加过氧化氢 5 mL,继续加热 15 min,冷却,转移至 100 mL 容量瓶中,稀释至刻度,精确量取 5 mL,余下步骤同“1.2.2.2”节磷浓度标准曲线测定方法。根据标准曲线计算磷浓度,磷浓度单位为  $\mu\text{g/mL}$ 。

1.2.2.4 PI-DNA 荧光检测 用灭菌后的超纯水配制 50  $\mu\text{g/mL}$  的 PI 溶液,置于棕色瓶内,  $4^{\circ}\text{C}$  下避光保存。取 5 mL 菌悬液于离心管中,加入 1 mL PI 溶液和 1 mL 药剂,充分混合,在  $37^{\circ}\text{C}$  下进行温育反应,分别在反应 0、1、3、6、12、24 h 时测定其荧光值 (激发波长和发射波长分别为 535、615 nm)。

1.2.2.5 甾醇成分分析 取菌丝 0.5 g 于 50 mL 具塞试管中,加 2.5 mL PBS 和 6 mL 新鲜配制的皂化剂,充分混匀,  $80^{\circ}\text{C}$  水浴皂化 1 h。加 6 mL 石油醚  $60^{\circ}\text{C}$  提取 3 次,收集馏分,加水洗涤。醚层  $60^{\circ}\text{C}$  水浴挥干石油醚,得到未皂化脂,加色谱纯环己烷 (1 mL/g 湿菌) 后于  $-20^{\circ}\text{C}$  保存<sup>[17]</sup>。

色谱条件:5% HP-5MS (Phenyl Siloxane) 30.0 m  $\times$  0.250 mm  $\times$  0.25  $\mu\text{m}$ ;柱温:初温度  $100^{\circ}\text{C}$ ,最终温度  $300^{\circ}\text{C}$ ,进样口温度  $250^{\circ}\text{C}$ ;载气:氦气  $1.0\text{ mL/min}$ 。质谱标准库: NBS 谱库。

## 2 结果与分析

### 2.1 苯丙烯菌酮对水稻稻瘟病菌细胞壁的影响

#### 2.1.1 苯丙烯菌酮对水稻稻瘟病菌几丁质酶活性的影响

由图 1 可知,经  $10\text{ mg/L}$  苯丙烯菌酮处理后,菌体内几丁质酶活性明显高于对照组。药剂处理 1 h,几丁质酶活性为对照组的 1.69 倍,处理 3、6、12、24 h 后分别是对照组的 1.41 倍、1.54 倍、1.33 倍、1.43 倍。几丁质是真菌细胞壁的主要成分,是由  $N$ -乙酰葡萄糖胺通过  $\beta$  连接聚合而成的结构同多糖。几丁质酶活性升高导致几丁质水解速度加快,细胞壁几丁质层受损,其功能受到影响,使菌体无法正常生长。

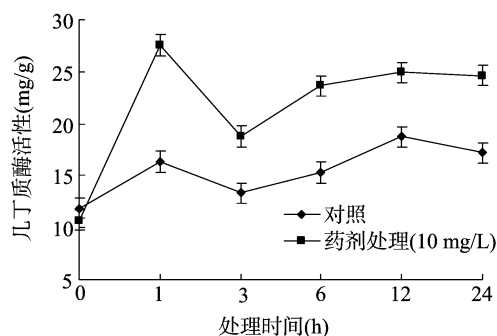


图1 苯丙烯菌酮对几丁质酶活性的影响

#### 2.1.2 苯丙烯菌酮对水稻稻瘟病菌 $\beta$ -1,3-葡聚糖酶活性的影响

由图 2 可知,药剂处理组菌体内  $\beta$ -1,3-葡聚糖酶活性明显高于对照,在药剂处理后 1、3、6、12、24 h 后分别是对照组的 3.76 倍、2.33 倍、3.91 倍、1.29 倍、1.81 倍。葡聚糖是以葡萄糖为单糖组成的同型多糖,葡萄糖单元之间以糖

苷键连接,是真菌细胞壁的重要组成部分。经苯丙烯菌酮处理后,菌体内 $\beta$ -1,3 葡聚糖酶活性升高,葡聚糖发生水解,引起稻瘟病菌细胞壁降解,所以药剂通过破坏真菌细胞壁达到抑菌目的。

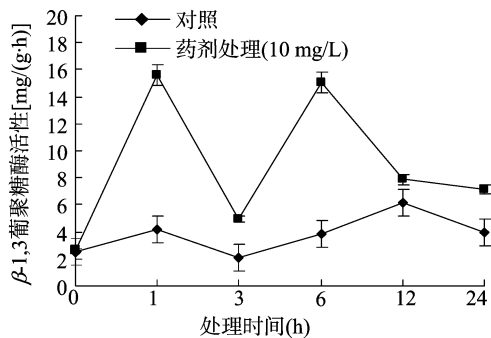


图2 苯丙烯菌酮对 $\beta$ -1,3-葡聚糖酶活性的影响

## 2.2 苯丙烯菌酮对稻瘟病菌细胞膜的影响

2.2.1 苯丙烯菌酮对稻瘟病菌细胞膜通透性的影响 磷是真菌细胞内的重要营养物质,主要以多磷酸盐形式存在,正常细胞胞外磷浓度远远小于胞内磷浓度,但当细胞膜受到损伤时,胞液渗漏可使胞外磷浓度升高,分别在药剂处理菌悬液0、1、3、6、12、24 h后取菌悬液测定胞外磷浓度,结果如图3所示。

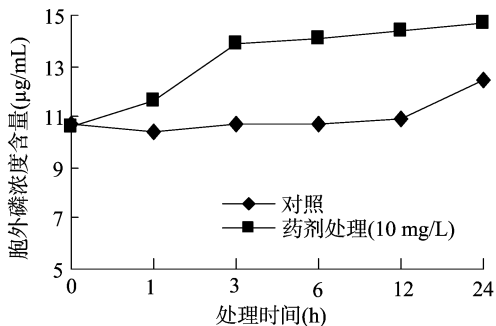


图3 胞外磷浓度含量测定结果

由图3可知,在药剂处理1 h后胞外磷浓度明显升高,药剂处理1、3、6、12、24 h后胞外磷浓度分别是对照组的1.12倍、1.29倍、1.31倍、1.31倍、1.17倍。由此可知,杀菌剂苯丙烯菌酮处理菌体细胞后,真菌细胞膜发生一定程度的破损,导致营养物质泄露。

2.2.2 PI-DNA 荧光检测结果 PI是一种可对DNA染色的细胞核染色剂,它是一种溴化吡啶的类似物,在嵌入双链DNA后释放红色荧光。PI不能穿透完整细胞膜,只有当细胞处于凋亡晚期或者死亡时,染色剂才可以进入细胞并与核酸物质结合形成PI-DNA复合物,结果如图4所示。

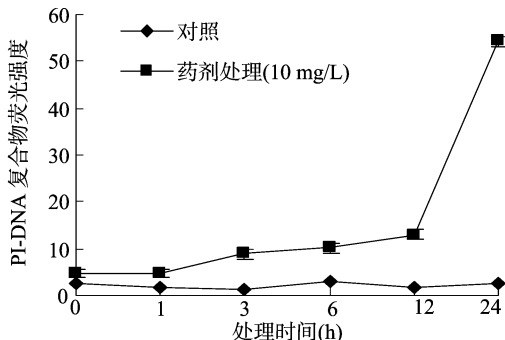


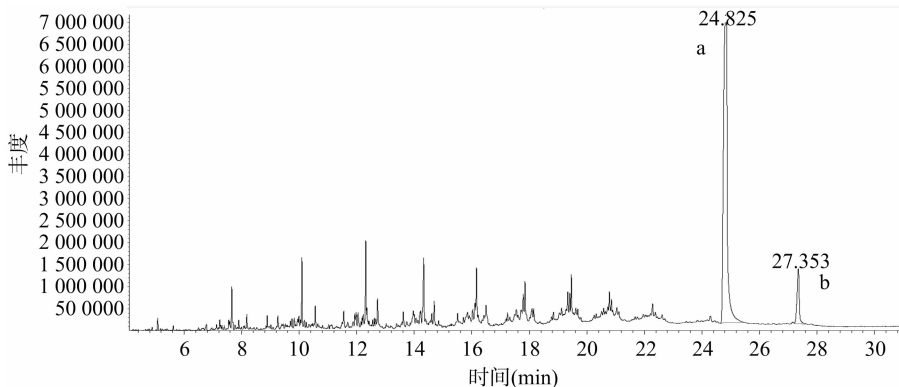
图4 PI-DNA 复合物荧光强度

由图4可以看出,在药剂处理菌悬液1 h内,复合物荧光值没有明显变化,处理1 h后荧光值缓慢上升,处理3、6、12 h时分别是对照组的6.35倍、3.24倍、8.30倍,24 h时复合物荧光值急剧升高为对照组的19.71倍。由此可以推测,苯丙烯菌酮处理稻瘟病菌后,菌体胞膜严重受损,染色剂进入细胞内1 h后,菌体开始慢慢凋亡,24 h时细胞达到凋亡晚期,细胞膜完全破裂,细胞最终死亡。

2.2.3 苯丙烯菌酮对甾醇类物质含量的影响 由图5至图7可知,10 mg/L苯丙烯菌酮处理后菌体甾醇消失,6-乙酰氨基麦角甾醇成分减少。表1显示,苯丙烯菌酮处理组与空白组、对照组相比分别减少了96.83%、97.07%。麦角甾醇是真菌细胞膜的重要成分,与细胞膜流动性和稳定性密切相关。麦角甾醇含量降低,细胞膜会形成小孔,而酵母甾醇是麦角甾醇的前体物质。由此可见,苯丙烯菌酮可能作用于麦角甾醇合成途径,破坏稻瘟病菌细胞膜结构,起到抑菌作用。

## 3 结论

通过对真菌细胞壁水解相关酶活性的测定,结果表明,用10 mg/L苯丙烯菌酮处理稻瘟病菌后几丁质酶和 $\beta$ -1,3 葡聚糖酶,其活性均升高,药剂处理1 h,几丁质酶活性为对照组1.69倍; $\beta$ -1,3 葡聚糖酶在药剂处理1、3、6、12、24 h后分别



a—6-乙酰氨基麦角甾醇; b—酵母甾醇

图5 水处理6 h甾醇气相色谱

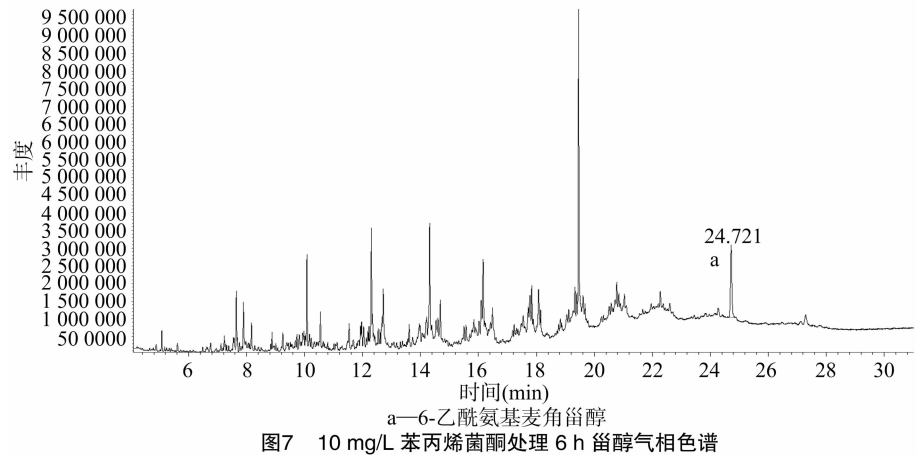
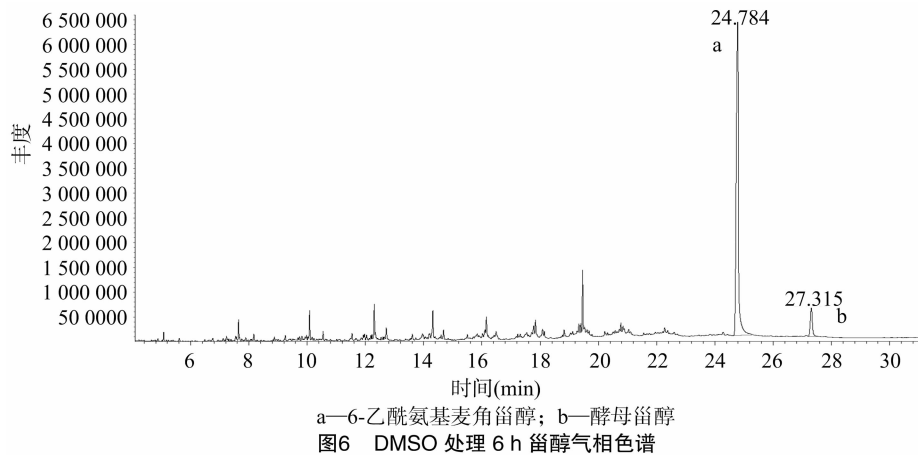


表 1 10 mg/L 苯丙烯菌酮对甾醇类物质含量的影响

样品	峰面积		
	空白	对照	苯丙烯菌酮处理
a	6 996 124	6 458 824	204 637
b	1 257 154	570 739	—

注:峰面积代表对应物质的量的多少。

是对照组的 3.76 倍、2.33 倍、3.91 倍、1.29 倍、1.81 倍。几丁质和葡聚糖都是真菌细胞壁的重要组成部分,其水解酶活性升高会加快细胞壁降解,导致细胞壁结构受损,进而影响其功能。稻瘟病菌胞外磷浓度在药剂处理 1 h 后含量增加,是对照组的 1.12 倍;PI-DNA 复合物荧光强度在药剂处理 24 h 时显著升高为对照组的 19.71 倍;膜通透性试验和 PI 荧光检测试验表明,苯丙烯菌酮可以破坏菌体细胞膜功能,导致营养物质泄露,并且细胞膜完整性遭到破坏,菌体最终死亡。甾醇成分分析结果显示,细胞膜上麦角甾醇合成途径受阻,细胞膜形成小洞,流动性和稳定性下降。综上,苯丙烯菌酮可以破坏稻瘟病菌细胞壁和细胞膜结构功能及其完整性,从而达到抑菌目的。

参考文献:

[1]戴余有,邢海,裴珺琳,等.吡唑醚菌酯·稻瘟灵防治水稻稻瘟病应用研究[J].绿色科技,2017(23):154-156.  
[2]周志伟.水稻稻瘟病发生情况及综合防治现状[J].农民致富之友,2016(5):53.  
[3]李杨,王耀雯,王育荣,等.水稻稻瘟病菌研究进展[J].广西

农业科学,2010,41(8):789-792.  
[4]Lee W, Lee D G. An antifungal mechanism of curcumin lies in membrane-targeted action within *Candida albicans* [J]. IUBMB Life,2014,66(11):780-785.  
[5]Wang S Y, Sun Z L, Liu T, et al. Flavonoids from *Sophora moorcroftiana* and their synergistic antibacterial effects on MRSA [J]. Phytotherapy Research,2014,28(7):1071-1076.  
[6]Kulkarni R R, Tupe S G, Gamble S P, et al. Antifungal dimeric chalcone derivative kamalachalcone E from *Mallotus philippinensis* [J]. Natural Product Research,2014,28(4):245-250.  
[7]Kuethe V, Sandjo L P. Isobavachalcone: an overview [J]. Chinese Journal of Integrative Medicine,2012,18(7):543-547.  
[8]Zhang C X, Zhang X X, Shen S H. Proteome analysis for antifungal effects of *Bacillus subtilis* KB-1122 on *Magnaporthe grisea* P131 [J]. World Journal of Microbiology and Biotechnology,2014,30(6):1763-1774.  
[9]Li R Y, Wu X M, Yin X H, et al. Naturally produced citral can significantly inhibit normal physiology and induce cytotoxicity on *Magnaporthe grisea* [J]. Pesticide Biochemistry Physiology, 2015, 118:19-25.  
[10]Chen H, Han X, Qin N, et al. Synthesis and biological evaluation of novel inhibitors against 1,3,8-trihydroxynaphthalene reductase from *Magnaporthe grisea* [J]. Bioorganic & Medicinal Chemistry, 2016,24(6):1225-1230.  
[11]关丽杰,姜翠杰,赵礼慧,等.0.1%异补骨脂查耳酮乳油防治水稻稻瘟病药效试验[J].农药,2012,51(3):228-230.  
[12]Dalonso N, Goldman G H, Miranda Germ R M.  $\beta$ -(1 $\rightarrow$ 3), (1 $\rightarrow$

陈 罡,管安琴,卢显宇,等. 江苏省设施蔬菜病虫害绿色防控技术应用现状及对策[J]. 江苏农业科学,2019,47(22):121-124.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.22.027

# 江苏省设施蔬菜病虫害绿色防控技术应用现状及对策

陈 罡<sup>1</sup>,管安琴<sup>1</sup>,卢显宇<sup>1</sup>,龙卫国<sup>2</sup>,冯伟民<sup>1</sup>,万云龙<sup>1</sup>,韩庆余<sup>1</sup>

(1. 江苏省农业科学院蔬菜研究所,江苏南京 210014; 2. 江苏省灌云县园艺技术指导站,江苏灌云 222200)

**摘要:**本文针对江苏省设施蔬菜病虫害绿色防控技术应用现状,总结了病虫害绿色防控技术示范应用中存在的问题,提出了相应的对策建议,为进一步示范推广设施蔬菜病虫害绿色防控技术提供科学依据。

**关键词:**设施蔬菜;病虫害;绿色防控技术;应用现状;对策

**中图分类号:** S436.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)22-0121-04

近年来,江苏省大力发展高效设施农业,设施蔬菜规模化、标准化、产业化水平不断提升,已成为农民增收的重要产业。2018年江苏省蔬菜播种面积142.4万hm<sup>2</sup>,总产量5625.1万t,以设施蔬菜为主的高效设施农业面积占比达19.6%。设施蔬菜栽培具有单位面积产量高、上市早等优点,但设施栽培高温、高湿、封闭、连茬种植的特点给各种病虫害的发生创造了有利的条件,病虫害发生逐年加重,常因防治不及时导致毁灭性灾害<sup>[1]</sup>。病虫害已成为设施蔬菜可持续发展的重要制约因素。以前,生产上主要依赖化学防治措施防治蔬菜病虫害,在控制病虫害损失的同时,也造成了病虫害抗药性上升、病虫害暴发率增加、农田生态环境恶化、产出的农产品有些农药残留高、不符合农产品质量安全要求等问题<sup>[2]</sup>。然而,随着社会的进步和人们生活水平的不断提高,居民的消费结构不断地升级,人们对绿色优质农产品的需求日益增长。

设施蔬菜病虫害绿色防控技术是通过将农业防治、物理防治、生物防治以及化学防治等单项防治技术进行优化集成,根据作物种类、生产方式、病虫害种类、防治基础和技术目标制定因地制宜、简便易行的绿色防控组装与集成的配套技

术<sup>[3]</sup>。该技术的产业化推广应用可有效保障蔬菜产品安全、提高蔬菜产品质量、增强产品市场竞争力。本文针对江苏省设施蔬菜病虫害绿色防控技术应用现状,总结了病虫害绿色防控技术示范应用中存在的问题,提出了相应的对策建议,为推动江苏省设施蔬菜绿色发展、科学地制定设施蔬菜病虫害绿色防控方案以及进一步示范推广设施蔬菜病虫害绿色防控技术提供科学依据。

## 1 设施蔬菜病虫害绿色防控主推技术

### 1.1 农业防控技术

农业防治是设施蔬菜病虫害综合防治的基础,其采用合理的农业技术措施,创建有利于蔬菜生长、天敌保护而有利于病虫害发生的生态环境条件,增强蔬菜植株的抗逆性,减轻病虫害危害。

**1.1.1 选用抗病(虫)品种** 设施蔬菜生产中选择抗病(虫)品种是防治病虫害最经济有效的方法。适宜蔬菜品种筛选原则:根据江苏省当地气候条件、温室环境和生产上常发病虫害的情况,选择优质、高产、抗逆性强、适合设施栽培的蔬菜品种。如冬秋温室推广应用抗番茄黄化曲叶病毒病的东方美二号为主的番茄品种,青椒上选用墨秀等抗(耐)病毒病的品种,西瓜上选用小果型的早春红玉和中果型8424等高产抗病品种。

**1.1.2 健身栽培技术** 健身栽培技术是指通过优化农作物种植布局、培育蔬菜壮苗、改善水肥管理等健康栽培措施,并结合农田生态工程、作物间套种等技术,改造病虫害发生源头及孳生环境,人为增强自然控害能力和作物抗病虫害能力<sup>[4]</sup>。如定植前清除棚室内外杂草、病株残体,减少病虫害

收稿日期:2019-03-14

基金项目:江苏省农业科学院农业科技扶贫短平快引导项目[编号:KF(19)007];江苏省农业科技创新与推广项目(挂县强农富民工程)。

作者简介:陈 罡(1982—),男,安徽颍上人,博士,助理研究员,主要从事蔬菜栽培生理与生物技术研究。Tel:(025)84391293;E-mail:chengang2891@163.com。

通信作者:冯伟民,研究员,主要从事蔬菜无公害栽培技术研究。E-mail:fweimin@126.com。

6)-Glucans: medicinal activities, characterization, biosynthesis and new horizons[J]. Applied Microbiology and Biotechnology, 2015, 99(19): 7893-7906.

[13] Walker S S, Xu Y, Triantafyllou I, et al. Discovery of a novel class of orally active antifungal  $\beta$ -1,3-D-glucan synthase inhibitors[J]. Antimicrobial Agents and Chemotherapy, 2011, 55(11): 5099-5106.

[14] Leconte O, Bonfils J P, Sauvaire Y. Protective of iridoids from saponin injury in *Candida albicans* cells[J]. Phytochemistry, 1997, 44(4):

575-579.

[15] 于 洋,孔繁翔,王美林,等. 应用流式细胞技术研究铜对藻细胞膜完整性及脂酶活性的影响[J]. 应用与环境生物学报, 2006, 12(5): 706-709.

[16] 陈见晖,周 卫. 钙对苹果果实过氧化物酶、 $\beta$ -1,3-葡聚糖合成酶和 $\beta$ -1,3-葡聚糖分解酶活性的影响[J]. 中国农业科学, 2004, 37(3): 400-405.

[17] 张军东. 抗真菌天然产物的筛选与分子机制研究[D]. 上海:第二军医大学, 2006.