

# FOC-RA-5 诱导后黄瓜叶片内 几种酶活性的变化

刘永胜<sup>1</sup>, 王永<sup>2</sup>, 秦立金<sup>3</sup>, 巨灵君<sup>1</sup>, 刘燕<sup>2</sup>, 云兴福<sup>1</sup>

(1. 内蒙古农业大学 农学院, 内蒙古 呼和浩特 010019; 2. 内蒙古农牧科学院 蔬菜研究所,  
内蒙古 呼和浩特 010031; 3. 赤峰学院, 内蒙古 赤峰 024000)

**摘要:**用致病力为 0 的 FOC-RA-5 在黄瓜胚根长约 1 cm(浸胚根)和子叶展平时(灌根)分别进行 2 次诱导处理,以无菌水处理为对照,诱导处理后每隔 24 h 取黄瓜叶片作为供试材料,对黄瓜叶片内苯丙氨酸解氨酶(PAL)、多酚氧化酶(PPO)、过氧化物酶(POD)、脂氧合酶(LOX)、抗坏血酸过氧化物酶(APX)和硝酸还原酶(NR)活性进行测定,研究了黄瓜枯萎病菌弱毒菌株对黄瓜枯萎病诱导抗性机理。结果表明:叶片内 LOX、PAL、PPO、POD 活性先升高后降低,APX、NR 活性先降低后升高,处理组的酶活性显著高于对照组的酶活性;黄瓜叶片内 APX、LOX、PPO、POD 和 PAL 活性与诱导后黄瓜植株的病情指数呈负相关,NR 活性与诱导后黄瓜植株病情指数呈正相关。

**关键词:**黄瓜枯萎病;弱毒菌株;诱导抗性;病情指数

**中图分类号:**S 476.8 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)06-0001-05

黄瓜枯萎病(*Fusarium oxysporum*)是一种由病原菌通过黄瓜(*Cucumis sativus*)的根或根茎部侵入,寄生在黄瓜维管束内对黄瓜产生危害的土传真菌病害。翁祖信<sup>[1]</sup>指出,黄瓜枯萎病是由尖孢镰刀菌黄瓜专化型(*Fusarium oxysporum* (sch.) f. sp. *cucumerinum* Owen)引起的土传病害,它在露地和保护地栽培的黄瓜上均可发生,在黄瓜连作地区尤为严重。黄瓜枯萎病现已成为世界范围内影响黄瓜生产的毁灭性病害。尖孢镰刀菌黄瓜专化型有 4 个生理小种,中国普遍流行的黄瓜枯萎病致病菌为生理小种 4 号。病原菌在土壤中可存活 5~6 年,黄瓜种子亦可带菌。感病初期叶片中午萎蔫下垂,早晚恢复,后期整株枯死。

植物诱导抗病性的机制有生理生化机制、组织病理学机制和分子机制等<sup>[2]</sup>。一般认为抗病性的产生主要是诱导因子的激发引起了植保素的合成以及与抗病反

应相关酶类的活性变化。ZHENG 等<sup>[3]</sup>认为,诱导抗性产生的机制之一是植物受病原菌侵染或生物因子诱导后,体内与抗病反应密切相关的防御酶类的活性会升高,其中苯丙氨酸解氨酶(PAL)、多酚氧化酶(PPO)、过氧化物酶(POD)等是存在于植物体内与抵抗病原微生物侵染有关的重要酶类。

课题组钱程<sup>[4]</sup>试验结果表明,西芹鲜根丙酮浸提液连续多代处理黄瓜枯萎病菌,于田间盆栽黄瓜接种黄瓜枯萎病菌后,调查每 1 代病菌的致病力。西芹鲜根丙酮浸提液对第 1~5 代黄瓜枯萎病菌的致病力具有致弱作用,且随继代培养代数的增加,病菌的致病力表现为逐渐降低。继代培养至第 5 代时,西芹鲜根丙酮浸提液处理的黄瓜枯萎病菌致病力为 0,故得到黄瓜枯萎病菌弱毒菌株,编号为 FOC-RA-5。

嫁接换根虽然可以从根本上防治枯萎病,但是由于嫁接技术相对有难度,嫁接后管理繁琐,嫁接苗成活率低,嫁接后黄瓜品质下降等原因导致实际生产中推广面积有限。枯萎病是一种维管束病害,化学药剂很难有效防治,尽管大量使用农药,但防效甚微,还造成黄瓜产品和生态环境的污染。根据“植物获得性抗性”学说,用黄瓜枯萎病菌弱毒菌株进行诱导接种,刺激黄瓜植株体内产生对枯萎病的“抗体”,进而使黄瓜植株产生对枯萎病的抗性,从而达到用弱毒菌株防控黄瓜枯萎病的目的,实现不用化学农药而是用弱毒菌株“疫苗”防控黄瓜枯

**第一作者简介:**刘永胜(1987-),男,硕士研究生,研究方向为黄瓜枯萎病弱毒菌株诱导抗性。E-mail:15771351958@163.com.

**责任作者:**云兴福(1958-),男,硕士,教授,博士生导师,现主要从事高寒地区蔬菜栽培及生理等研究工作。E-mail:yx5807@163.com.

**基金项目:**国家自然科学基金资助项目(31160100);内蒙古自治区应用技术与开发资助项目(20110711)。

**收稿日期:**2015-12-16

萎病的目标,实现蔬菜的无公害无污染生产,实现生态农业、绿色农业。

该试验采用 FOC-RA-5 悬浮液诱导黄瓜后,测定黄瓜叶片内脂氧合酶(LOX)、抗坏血酸过氧化物酶(APX)、硝酸还原酶(NR)、PAL、PPO 和 POD 的活性,从酶活性变化上明确黄瓜枯萎病菌弱毒菌株处理黄瓜幼苗诱导抗性机理,研究酶活性与黄瓜的病情指数相关性,以期对黄瓜枯萎病的诱导抗性防治奠定理论基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试菌株材料:致病力为 0 的黄瓜枯萎病菌弱毒菌株 FOC-RA-5,其中 FOC 表示黄瓜枯萎病菌、RA 表示鲜根丙酮浸提液处理黄瓜枯萎病菌,5 表示第 5 代。

供试黄瓜品种为“津春 4 号”。

试验仪器:TU-1901 双光束紫外可见分光光度计、HC-2518R 高速冷冻离心机、中佳 SC-06 低速离心机。

### 1.2 试验方法

1.2.1 试验设计 试验于 2013 年 11 月至 2014 年 12 月在内蒙古农业大学实验基地日光温室内进行。采用盆栽试验,塑料钵为 8 cm×8 cm。试验处理用  $1.0 \times 10^7$  个/mL 的 FOC-RA-5 孢子悬浮液在黄瓜种子胚根长约 1 cm 时浸泡和幼苗子叶展平时灌根,处理每次每钵 5 mL。每处理 100 株,3 次重复。对照用无菌水处理,每处理 100 株,3 次重复。

1.2.2 黄瓜枯萎病菌弱毒菌株及其悬浮液的制备 FOC-RA-5 在 PDA 平板上进行培养,将 PDA 平板上的孢子用无菌水洗下,在电子显微镜下计数,制成  $1.0 \times 10^7$  个/mL 的 FOC-RA-5 的孢子悬浮液。孢子个数/mL=80 个小方格孢子总数/80×400×10 000×稀释倍数。

1.2.3 最佳诱导方法及部位 诱导方法包括浸泡法、灌根法;诱导部位包括胚根、根部;第 1 次用浸胚根法,第 2 次用灌根法。浸胚根:黄瓜种子经 0.1%高锰酸钾消毒 10 min,清水冲洗干净,用无菌水浸种 2 h,置 28℃恒温箱中催芽。催芽后胚根长约 1 cm 时,浸入浓度为  $1.0 \times 10^7$  个/mL 的 FOC-RA-5 孢子悬浮液中 20 min,然后倾出菌液,将种子播于装有温室营养土的塑料钵内,置于温室中,常规管理。以无菌水浸泡黄瓜种子胚根 20 min,然后倾出无菌水,将种子播于装有温室营养土的营养钵内,每钵 2 粒,置于温室中,常规管理。每处理 100 株,3 次重复。灌根:待子叶展平时用灌根法接种浓度为  $1.0 \times 10^7$  个/mL 的弱毒菌株的孢子悬浮液,每次每钵 5 mL;对照用无菌水灌根,每次每钵 5 mL。每处理 100 株,3 次重复。

1.2.4 样本采集 第 2 次诱导处理后,每隔 24 h 取样测定,每次取样时取相同叶位的叶片。

### 1.3 项目测定

1.3.1 酶活性的测定 PAL 活性的测定参照徐建华等<sup>[5]</sup>的方法;PPO 活性的测定参照李靖等<sup>[6]</sup>的方法;POD 活性的测定参照李合生<sup>[7]</sup>的方法;LOX 活性的测定参照姚锋先等<sup>[8]</sup>的方法;APX 活性的测定参照萧能<sup>[9]</sup>的方法;NR 活性的测定参照史树德<sup>[10]</sup>的方法。

1.3.2 调查黄瓜枯萎病田间病情指数 参照钱程<sup>[4]</sup>的方法,试验处理为黄瓜种子在胚根长约 1 cm 和子叶展平时进行 2 次 FOC-RA-5 孢子悬浮液接种;对照用无菌水处理;5 d 后对照和处理分别接种强毒菌株,接种 7 d 后开始调查病情指数,约 15~20 d 完毕。

### 1.4 数据分析

试验数据采用 Excel 2003、SPSS 17.0 软件对数据进行 *t* 检验,检验其差异显著性及相关性。

## 2 结果与分析

### 2.1 弱毒菌株处理后苯丙氨酸解氨酶(PAL)活性动态变化

由图 1 可以看出,黄瓜弱毒菌株孢子悬浮液处理黄瓜植株后,黄瓜叶片内 PAL 活性在处理 24、48、72、96、120 h 分别比对照提高了 28.00%、6.39%、11.11%、7.27%、5.10%,除 144 h 外,处理的酶活性均显著高于对照的酶活性( $P < 0.05$ ),192 h 时处理的酶活性极显著高于对照的酶活性( $P < 0.01$ ),处理比对照酶活性增加量其余各时间也均明显高于对照。在处理 48 h 时达到了峰值,且随着处理时间的延长,处理和对照的 PAL 活性总体呈先升高后降低的趋势。

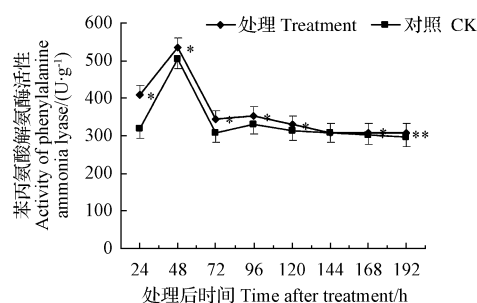


图 1 FOC-RA-5 处理对苯丙氨酸解氨酶活性的影响

Fig. 1 Effect of FOC-RA-5 treatment on the activity of phenylalanine ammonia lyase

### 2.2 弱毒菌株处理后多酚氧化酶(PPO)活性动态变化

由图 2 可以看出,黄瓜弱毒菌株孢子悬浮液处理黄瓜植株后,黄瓜叶片内 PPO 活性在处理 24、48、72、96、120、144、168、192 h 分别比对照提高了 32.39%、34.88%、20.22%、17.89%、44.69%、25.25%、32.65%、40.22%,各时期处理后的酶活性均显著高于对照的酶活性( $P < 0.05$ ),其中 24、48、72、96、120、168 h 处理的酶活性极显著高于对照的酶活性( $P < 0.01$ ),处理比对照酶活性增

加量也均明显高于对照。在 72 h 时达到了峰值,且随着处理时间的延长,处理和对照的 PPO 活性总体呈先升高后降低的趋势。从 8 d 的连续观测结果发现,接种弱毒菌株病菌后其 PPO 活性变化较为显著,在所检测的其余时间点内酶活性一直高于对照,表明弱毒菌株 FOC-RA-5 具有更好地激发 PPO 活性的能力。

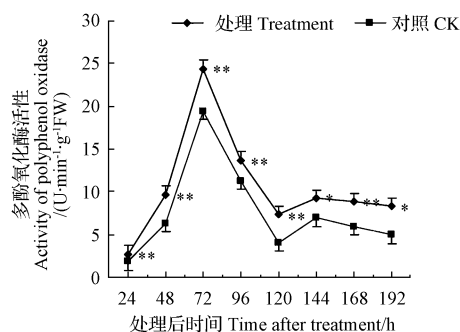


图 2 FOC-RA-5 处理对多酚氧化酶活性的影响

Fig. 2 Effect of FOC-RA-5 treatment on the activity of polyphenol oxidase

### 2.3 弱毒菌株处理后过氧化物酶(POD)活性动态变化

由图 3 可以看出,黄瓜弱毒菌株孢子悬浮液处理黄瓜植株后,黄瓜叶片内 POD 活性在处理 48、72、96、120、144、168、192 h 分别比对照提高了 35.53%、16.53%、23.69%、33.55%、41.25%、49.86%、32.06%,24 h 时处理比对照降低了 2.78%,48、96、144 h 处理的酶活性均显著高于对照的酶活性( $P < 0.05$ ),96 h 处理的酶活性极显著高于对照的酶活性( $P < 0.01$ )。在 72 h 时达到了峰值,且随着处理时间的延长,处理和对照的 POD 活性总体呈先升高后降低的趋势。192 h 的酶活性高于 24 h 的酶活性。

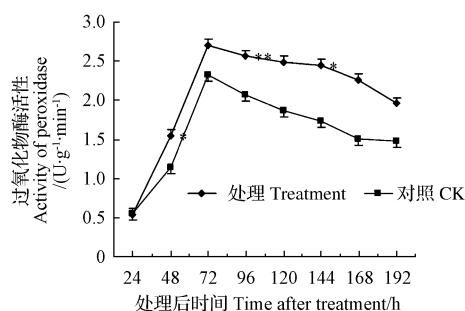


图 3 FOC-RA-5 处理对过氧化物酶活性的影响

Fig. 3 Effect of FOC-RA-5 treatment on the activity of peroxidase

### 2.4 弱毒菌株处理后脂氧合酶(LOX)活性动态变化

由图 4 可以看出,黄瓜弱毒菌株孢子悬浮液处理黄瓜植株后,黄瓜叶片内 LOX 活性在处理 48、72、96、120、144、168、192 h 分别比对照提高了 5.41%、54.55%、40.29%、16.46%、41.60%、27.95%和 5.43%,24 h 处理

比对照降低了 3.30%,48、72、120、144、168、192 h 处理的酶活性均显著高于对照的酶活性( $P < 0.05$ ),96 h 处理的酶活性极显著高于对照的酶活性( $P < 0.01$ )。在 48 h 和 96 h 时达到了峰值,共出现了 2 个峰值且随着处理时间的延长,处理和对照的 LOX 活性总体呈先升高后降低的趋势,96 h 的酶活性最高。

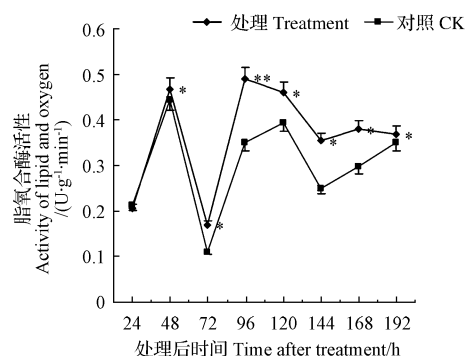


图 4 FOC-RA-5 处理对脂氧合酶活性的影响

Fig. 4 Effect of FOC-RA-5 treatment on the activity of lipid and oxygen

### 2.5 弱毒菌株处理后抗坏血酸过氧化物酶(APX)活性动态变化

由图 5 可以看出,黄瓜弱毒菌株孢子悬浮液处理黄瓜植株后,黄瓜叶片内 APX 活性在处理 24、48、72、96、120、144、168、192 h 分别比对照提高了 58.83%、126.33%、24.00%、4.82%、27.62%、28.08%、14.74%、9.38%,所有时期处理的酶活性均显著高于对照的酶活性( $P < 0.05$ )。在 72 h 时酶活性降到最低,且随着处理时间的延长,处理和对照 APX 的活性总体呈先降低后升高的趋势,120 h 的酶活性首次达到峰值。

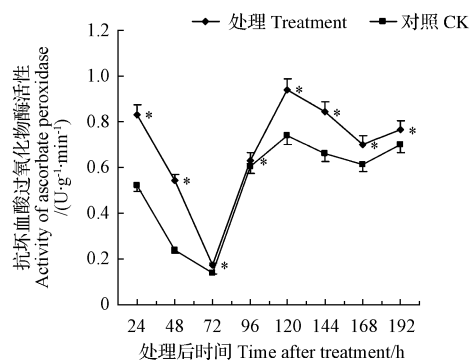


图 5 FOC-RA-5 处理对抗坏血酸过氧化物酶活性的影响

Fig. 5 Effect of FOC-RA-5 treatment on the activity of ascorbate peroxidase

### 2.6 弱毒菌株处理后硝酸还原酶(NR)活性动态变化

由图 6 可以看出,黄瓜弱毒菌株孢子悬浮液处理黄瓜植株后,黄瓜叶片内 NR 活性在处理 24、48、96、168 h 分别比对照提高了 7.99%、0.65%、0.16%、4.85%,在处

理后 72、120、144、192 h 时处理比对照降低了 9.04%、1.65%、1.78%、1.86%，24、72、96、120、144、168、192 h 处理的酶活性均显著高于对照的酶活性( $P < 0.05$ )。在 72 h 时达到了峰值，且随着处理时间的延长，处理和对照 NR 的活性总体呈先降低后升高的趋势。

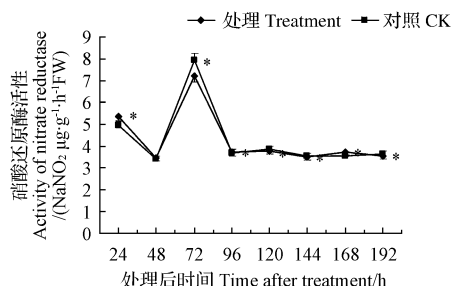


图 6 FOC-RA-5 处理对硝酸还原酶活性的影响

Fig. 6 Effect of FOC-RA-5 treatment on the activity of nitrate reductase

表 2 LOX、APX、NR、PAL、PPO 和 POD 活性与黄瓜枯萎病弱毒菌株病情指数相关关系

Table 2 LOX, APX, NR, PAL, PPO and POD activity associated with cucumber wilt disease index weak virulent strain

	脂氧合酶 LOX	抗坏血酸过氧化物酶 APX	硝酸还原酶 NR	苯丙氨酸解氨酶 PAL	多酚氧化酶 PPO	过氧化物酶 POD
抗坏血酸过氧化物酶 APX	1.000 **					
硝酸还原酶 NR	-1.000 **	-1.000 **				
苯丙氨酸解氨酶 PAL	0.989 **	0.989 **	-0.989 **			
多酚氧化酶 PPO	0.942 **	0.942 **	-0.942 **	0.965 **		
过氧化物酶 POD	0.815 *	0.815 *	-0.815 *	0.823 *	0.895 *	
病情指数 Disease index	-0.997 **	-0.997 **	0.997 **	-0.997 **	-0.958 **	-0.825 *

注: \*\* 表示在 0.01 水平(双侧)上显著相关, \* 表示在 0.05 水平(双侧)上显著相关。

Note: \*\* indicates a significant correlation at the 0.01 level (bilateral), \* indicates a significant correlation at the 0.05 level (bilateral).

### 3 讨论与结论

植物在受到外界生物或非生物因素刺激时,可诱导或激活一系列的防御反应。植物抗病反应的次生代谢中,苯丙烷类代谢是重要的途径之一,可形成包括植保素、木质素和酚类化合物等抗病次生物质。苯丙氨酸解氨酶(PAL)是这一途径的关键酶和限速酶,对植物抵御病虫害、生长发育和构成植物支撑系统等方面均具有重要意义<sup>[11]</sup>。PPO 主要参与酚类氧化,是钝化病原物的呼吸酶,还是木质素前体的聚合,促进细胞壁木质化;POD、APX 及其同工酶在  $H_2O_2$  清除、木质素及酚类物质合成等过程中起重要作用。因此,植物细胞内的 PAL、PPO 和 POD 活性水平可作为植物抗病性的生理指标<sup>[12-14]</sup>。

SAMEH 等<sup>[15]</sup>研究发现,多粘芽孢杆菌  $B_2$  分泌的脂肽类抗生素激发苜蓿的抗病性。申宏波等<sup>[16]</sup>报道激发子 Harpins 能诱导寄主植物苯丙氨酸解氨酶(PAL)活性,防治大豆疫霉根腐病。杨建卿等<sup>[17]</sup>研究也证明过氧化物酶(POD)活性与烟草抗黑胫病呈正相关。汤会君等<sup>[18]</sup>表明,经过诱导处理后抗病品种的过氧化物酶的活性显著升高与植物抗性有关。姚锋先等<sup>[8]</sup>表明脂氧合

### 2.7 LOX、APX、NR、PAL、PPO 和 POD 活性与黄瓜枯萎病弱毒菌株病情指数相关关系

FOC-RA-5 诱导处理后接种 FOC 测得黄瓜的病情指数与黄瓜叶片内 LOX、APX、NR、PAL、PPO 和 POD 活性进行相关性分析,相关系数分别为-0.997、-0.997、0.997、-0.997、-0.958、-0.825。黄瓜叶片内 LOX、APX、PAL、PPO 和 POD 活性与黄瓜诱导后黄瓜植株病情指数呈负相关,硝酸还原酶活性与黄瓜诱导后黄瓜植株病情指数呈正相关(表 1)。

表 1 FOC-RA-5 诱导黄瓜植株后接种

FOC 的病情指数

Table 1 FOC-RA-5 induced cucumber plants inoculated with FOC disease index

	病情指数 Disease index
	重复 1 Repeat 1 重复 2 Repeat 2 重复 3 Repeat 3
处理 Treatment	14.5 14.1 13.9
对照 CK	39.37 38.17 36.17

酶广泛参与了植物生长、发育、成熟、衰老和防御过程的调控。PENA-CORTES 等<sup>[19]</sup>研究证实当植物受到病原菌、昆虫、水分等胁迫时,体内茉莉酸含量明显增加。石延霞等<sup>[20]</sup>证实 LOX 是茉莉酸(JA)合成的关键酶。田华<sup>[21]</sup>表明硝酸还原酶(nitrate reductase,简称 NR)是高等植物氮素同化的限速酶,可直接调节硝酸盐还原,从而调节氮代谢,并影响到光合碳代谢。该研究中 FOC-RA-5 是黄瓜枯萎病菌弱毒菌株,黄瓜枯萎病菌经过连续多代西芹鲜根丙酮浸提液处理得来的致病力为 0 的弱毒菌株<sup>[22]</sup>。

同时该研究发现,弱毒菌株 FOC-RA-5 处理后 PAL、PPO 和 POD 酶活力值均有不同程度的提高。弱毒菌株处理 48 h 后, PAL 活性达到最大值,随后 PAL 活性急剧下降。与 PAL 相比,弱毒菌株处理后 PPO、POD 活性缓慢增长,处理 72 h 后酶活性达到最大值,随后酶活性下降。诱导后病情指数降低是由于处理酶活性比对照高,酶活性提高,相应病情指数下降,黄瓜叶片内 APX、LOX、PAL、PPO 和 POD 活性与诱导后黄瓜植株病情指数呈负相关,相反 NR 与黄瓜诱导后黄瓜植株病情指数呈正相关。FOC-RA-5 处理提高了酶的活性,加快了酶促反应的速率。



对处理和对照酶活性进行  $t$  检验,结果表明 LOX、APX、NR、PAL 和 POD 活性达到了显著差异 ( $P < 0.05$ ),PPO 活性达到了极显著差异 ( $P < 0.01$ )。

黄瓜叶片内 LOX、PAL、PPO、POD 活性先升高后降低,APX、NR 活性先降低后升高,处理的酶活性都显著高于对照的酶活性。

黄瓜叶片内 APX、LOX、PPO、POD 和 PAL 活性与诱导后黄瓜植株的病情指数呈负相关,硝酸还原酶活性与黄瓜诱导后黄瓜植株病情指数呈正相关。

### 参考文献

- [1] 翁祖信. 黄瓜枯萎菌生理小种研究初报[J]. 中国蔬菜, 1989(1): 19-21.
- [2] 刘喜存. 化学诱抗剂诱导金银花对白粉病抗性及其诱导机制研究[D]. 郑州: 河南农业大学, 2006.
- [3] ZHENG Y H, FUNG R W M, WANG S Y, et al. Transcript levels of antioxidative genes and oxygen radical scavenging enzyme activities in chilled zucchini squash in response to super atmospheric oxygen[J]. Postharvest Biology and Technology, 2008, 47(3): 151-158.
- [4] 钱程. 西芹浸提液处理后黄瓜枯萎病菌弱毒菌株的筛选及其诱导抗性研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2013.
- [5] 徐建华, 利容千. 黄瓜不同抗病品种感染镰刀菌枯萎病菌后几种酶活性的变化[J]. 植物病理学报, 1995, 25(3): 239-242.
- [6] 李靖, 利容千, 袁文静. 黄瓜感染霜霉病菌叶片中一些酶活性的变化[J]. 植物病理学报, 1991, 21(4): 277-282.
- [7] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000.
- [8] 姚锋先, 曾晓春, 蒋海燕, 等. 水稻中以亚麻酸为底物的脂氧合酶活性测定[J]. 江西农业大学学报, 2006(2): 183-186.
- [9] 萧能. 生物化学实验原理和方法[M]. 2 版. 北京: 北京大学出版社, 2005.
- [10] 史树德. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 中国林业出版社, 2011.
- [11] KOSTENYUK I A, ZON J, BURNS J K. Phenylalanine ammonia-lyase gene expression during abscission in citrus[J]. Physiologia Plantarum, 2002, 116: 106-112.
- [12] 胡瑞波, 田纪春. 小麦多酚氧化酶研究进展[J]. 麦类作物学报, 2004(1): 81-85.
- [13] 何晨阳. 植物过敏反应中的生理生化变化[J]. 植物生理学通讯, 1996, 32(2): 150-154.
- [14] 陈捷. 玉米弯孢叶斑病菌毒素对寄主防御酶系活性的影响及诱导抗性效应[J]. 植物病理学报, 2002, 32(1): 43-48.
- [15] SAMEH S, JONATHAN N, DAVID W, et al. Stimulation of defense reactions in *Medicago truncatula* by antagonistic lipopeptides from *Paenibacillus* sp. Strain B2[J]. Applied and Environmental Microbiology, 2010, 76(22): 7420-7428.
- [16] 申宏波, 胡志凤, 丁俊杰, 等. Harpins 诱导苯丙氨酸解氨酶(PAL)活性防治大豆疫霉根腐病研究[J]. 大豆科学, 2011, 30(3): 526-528.
- [17] 杨建卿, 许大风, 孔俊, 等. 不同烟草品种罹黑胫病后几种酶活性的变化[J]. 合肥工业大学学报(自然科学版), 2005, 28(7): 816-819.
- [18] 汤会君, 张俊华, 魏向峰. 不同抗性烟草品种感染 *Pseudomonas syringae* pv. tabaci 病菌后几种酶活性测定[J]. 东北农业大学学报, 2005, 36(4): 430-434.
- [19] PENA-CORTES H, ALBRECHT T, PRAT S, et al. Aspirin prevents wound-induced gene expression in tomato leaves by blocking jasmonic acid biosynthesis[J]. Planta, 1993, 191(1): 123-128.
- [20] 石延霞, 于洋, 傅俊范, 等. 病原菌诱导后黄瓜叶片中脂氧合酶活性与茉莉酸积累的关系[J]. 植物保护学报, 2008(6): 486-490.
- [21] 田华. 植物硝酸还原酶功能的研究进展[J]. 中国农学通报, 2009, 25(10): 96-99.
- [22] 钱程, 云兴福, 高晓敏, 等. 西芹鲜根浸提液作用后黄瓜枯萎病菌弱毒菌株的筛选[J]. 中国生态农业学报, 2013, 21(5): 606-614.

## Change of Several Enzymes Activity in Leaf of Cucumber After Inducted With FOC-RA-5

LIU Yongsheng<sup>1</sup>, WANG Yong<sup>2</sup>, QIN Lijin<sup>3</sup>, JU Lingjun<sup>1</sup>, LIU Yan<sup>2</sup>, YUN Xingfu<sup>1</sup>

(1. College of Agronomy, Inner Mongolia Agricultural University, Huhhot, Inner Mongolia 010019; 2. Vegetable Research Institute, Inner Mongolia Academy of Agriculture and Animal Husbandry, Huhhot, Inner Mongolia 010031; 3. Chifeng University, Chifeng, Inner Mongolia 024000)

**Abstract:** It was conducted that germinated seed of cucumber at the time of radicle length of about 1 cm (soaking the radicle) and the cotyledons flattened (root irrigation) were induced two times with the pathogenicity of 0 FOC-RA-5, that treated with sterile water as the control. After that, the leaves were randomly selected as the test materials every 24 hours. These materials were used to measure cucumber phenylalanine ammonia lyase (PAL), polyphenol oxidase (PPO), peroxidase (POD), lipid peroxidation (LOX), ascorbate peroxidase (APX) and nitrate reductase (NR) activity in order to study the mechanism of resistance, which referred to the attenuated strain of cucumber against *Fusarium* wilt of cucumber. The results showed that the activity of enzymes LOX, PPO, PAL and POD in leaf increased at first and then decreased. The activity of enzymes NR and APX decreased at first and then increased. Enzyme activity in leaf of treated group was significantly higher than that of control group. The activity of enzymes APX, LOX, PAL, PPO, POD in leaf was negatively correlated with disease index of the induced plants. The activity of enzymes NR in leaf was positively correlated with disease index of the induced plants.

**Keywords:** *Fusarium* wilt of cucumber; attenuated strain; induced resistance; disease index