

# 氯钾离子共体诱导后黄瓜叶片内几种酶活性的变化

贾俊英<sup>1,2</sup>, 云兴福<sup>2</sup>, 王灵茂<sup>3</sup>

(1. 内蒙古民族大学 农学院 内蒙古 通辽 028000 2. 内蒙古农业大学 农学院, 内蒙古 呼和浩特 010019;

3. 呼和浩特市赛罕区蔬菜局, 内蒙古 呼和浩特 010018)

**摘要:** 在黄瓜幼苗子叶期及第一真叶期用不同浓度的氯钾离子共体液进行诱导处理, 测定黄瓜叶片中的酶活性。结果表明: 诱导后各处理的 SOD 活性均显著高于对照, 且呈先升高后降低的趋势, 到诱导后 10 d 各处理达到最大值; POD 活性也呈先升高后降低的趋势, 诱导初期对照和各处理变化平缓, 10 d 后急剧升高, 15 d 达最大值, 之后下降, 且经诱导后各处理均高于对照; 脲酶活性均高于对照, 随着时间的推移呈先升高后降低的趋势, 诱导后 10 d 达到峰值。在诱导物浓度为 0.5%~1.5% 的范围内, 黄瓜叶片内各生理生化指标较对照差异最大。

**关键词:** 氯钾离子共体; 诱导; 黄瓜叶片; 酶活性

**中图分类号:** S 642.203.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2011)05-0162-05

诱导抗病性是利用物理、化学以及生物的方法预先处理植株, 改变植物对病害的反应, 使原来感病反应产生局部或系统的抗性<sup>[1-3]</sup>。植物在经诱导剂处理后, 体

内发生一系列生理生化的变化, 各代谢途径都发生不同程度的变化。超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)是细胞抵御活性氧伤害的保护酶系统, 脲酶属于蛋白质代谢的一种酶类, 其活性的变化与植物的抗病性反应密切相关<sup>[3]</sup>。试验在前人研究了用氯钾离子共体诱导黄瓜后获得对霜霉病抗性的基础上<sup>[4]</sup>, 进一步从与抗病有关酶活性变化的角度分析其产生抗病性的机理以期更好地研究其抗病机制, 并为该技术的大面积推广奠定理论基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

试材为黄瓜感病品种“山东密刺”。种子在实验室

**第一作者简介:** 贾俊英(1973-), 女, 蒙古族, 在读博士, 讲师, 现主要从事蔬菜病理及栽培生理方面的研究工作。E-mail: jjy509628@163.com。

**通讯作者:** 云兴福(1958-), 男, 硕士, 教授, 博士生导师, 现主要从事蔬菜病理及栽培生理方面的研究工作。

**基金项目:** 内蒙古民族大学硕士科研启动资助项目。

**收稿日期:** 2010-12-21

[2] 成颖, 李海涛, 吕书文, 等. 樱桃番茄果长性状的主基因-多基因混合遗传分析[J]. 沈阳农业大学学报, 2009, 40(1): 88-91.

[3] 成颖, 李海涛, 吕书文. 樱桃番茄果形主基因-多基因混合遗传分析[J]. 华北农学报, 2008, 23(6): 164-167.

[4] 苏小俊, 徐海, 高军, 等. 普通丝瓜果实性状的遗传分析[J]. 江苏农业学报, 2009, 25(5): 1112-1118.

[5] 盖钧镒. 植物数量性状遗传体系的分离分析方法研究[J]. 遗传, 2005, 27(1): 130-136.

## Analysis of Fruit Uniformity Using Mixed Major Gene and Polygene Inheritance Model in Summer squash

CHEN Feng-zhen

(Department of Landscape Engineering, Heze University, Heze Shandong 274000)

**Abstract:** Inheritance of the fruit uniformity trait of summer squash in P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, F<sub>1</sub>, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub> and F<sub>2</sub> from two crosses q-1×23-4G (cross 1) and q-1×A-7 (cross 2) was investigated by the mixed major gene and polygene inheritance model of quantitative traits. The results showed that the fruit uniformity trait was controlled by D-2 model; Genetic effect of fruit uniformity of two crosses was mainly dominant effect. Heritability values of the genes of F<sub>2</sub> was relatively high and environmental effect was relatively low. These results indicated that fruit uniformity breeding of summer squash should be selected in early generation selection.

**Key words:** summer squash; fruit uniformity; major gene and polygene

浸种、催芽后,播于内蒙古民族大学实验基地的日光温室中,进行育苗。

1.2 试验方法

待幼苗长到子叶期(子叶充分展开)和第一真叶期(第一真叶横宽5 cm)进行2次氯钾离子溶液诱导处理,以蒸馏水处理为对照。均在傍晚进行诱导处理,诱导处理后扣地膜小棚保持温度、湿度,防止药液蒸发,第2天上午10:00揭棚。诱导方法采用叶面喷施法,即用喉头喷雾器把配好的诱导物均匀地喷施在整个植株上,特别是叶片正面和背面,以叶片布匀药液为度。氯钾离子共体(溶解氯化钾获得),设6个浓度梯度分别为:0(CK)、0.2%、0.5%、1.0%、1.5%、2.0%,3次重复,共18个处理。每个处理100株,共1800株,进行常规管理。

1.3 酶活性测定方法

分别于第2次诱导前1 d及诱导后5、10、15、20、30 d共取样6次,每个处理随机取样,取样数为30株,以全植株为供试材料进行实验室分析。并用SAS软件对数据进行F检验,检查差异显著性。

超氧化物歧化酶(SOD)的酶活性测定采用氮蓝四唑光还原法<sup>[5]</sup>。酶液提取:取样品0.5 g,加入5 mL 0.05 mol/L pH 7.8 磷酸缓冲液,研磨(冰浴)。在4℃条件下10 500 r/min离心20 min。上清液即为酶液。酶活性的测定:在加有反应液的试管中加入0.1 mL酶提取液,反应液为(蛋氨酸缓冲液2 mL、乙二胺四乙酸0.1 mL、核黄素0.1 mL、蓝四氮唑2 mL),以不加反应液为酶液本底值,不加酶液为无酶液(NBT还原100%),将试管置于阳光下反应15 min,然后以酶液本底值为参比液,用T6型分光光度计在560 nm下测定光密度值,计算其酶活性。

过氧化物酶(POD)的测定采用愈创木酚法<sup>[5]</sup>。酶液提取:每个处理分别取叶片0.2 g,加0.4 mL蒸馏水,在冰浴中研磨,5 000 r/min离心5 min,取上清液置冰箱中保存,用于POD活性测定。POD活性测定:每支试管加入2.9 mL 0.05 mol/L pH 7.0 磷酸缓冲液;1.0 mL 2%过氧化氢;1.0 mL 0.05 mol/L 愈创木酚和0.1 mL酶液。每管加入酶液后立即于34℃水浴中保温3 min,然后立即在470 nm波长下比色,每隔1 min读1次,共读数5次,3次重复。以1 min内A<sub>470</sub>变化0.01为1个酶活性单位(U),过氧化物酶活性U·g<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>)=( $\Delta A_{470} \times V_t$ )/(0.01×V<sub>1</sub>×t)。

脲酶活性测定采用麝香草酚次溴酸光电比色法<sup>[6]</sup>。酶液提取:称样1 g材料加3 mL pH 7的磷酸缓冲液,在冰浴中仔细研碎后装入50 mL容量瓶,用无氨蒸馏水冲洗研钵,定容。酶活性测定:取20 mL分析液,加4 mL 0.5%尿素溶液,迅速计时,在20℃下放置5 min,然后迅速加入4 mL 4%磷钨酸溶液,以3 000 r/min的速度离心5 min,将上清液转入干燥试管中。取离心液15 mL用无氨水稀释至20 mL,加1 mL无氨正丁醇,搅动使之

溶解,加入4 mL 4%的麝香草酚,加入6 mL 0.34 N次溴酸钠,摇匀静置10 min。加6 mL无氨正丁醇搅匀静置15 min。分层后将蓝色正丁醇20 mL试管中,用正丁醇稀释至10 mL,在660 nm下比色,测得OD值。以空白作对照。

2 结果与分析

2.1 氯钾离子共体液诱导后超氧化物歧化酶(SOD)活性的变化

黄瓜幼苗经蒸馏水和浓度为0.2%、0.5%、1.0%、1.5%、2.0%的氯钾离子共体液处理后,其叶片内SOD活性呈先升高后降低的规律性变化。诱导后5 d,各处理SOD酶活性均有提高,其中1.0%浓度的处理SOD酶活性显著高于对照,较对照提高了52.20%,其余各处理无显著性差异;诱导后10 d各处理的SOD酶活性均大幅度提高,达到了最大值,处理1、2、3、4的SOD酶活性都显著高于对照,分别比对照提高了24.22%、35.64%、59.17%、26.47%,其中处理3酶活性的提高达到了极显著水平;之后开始下降,诱导后20 d,处理3、4较对照仍有显著性差异;20 d后变化幅度减小,各处理酶活性呈现持平的趋势;至诱导后30 d,各处理的SOD酶活性仍高于对照,但无显著性差异(图1、表1)。

各处理的SOD酶活性均高于对照,且1.0%、1.5%浓度的处理较对照有显著性差异,说明黄瓜经诱导后产生的对霜霉病的抗性与SOD酶活性呈密切的正相关,且诱抗效果最佳的浓度酶活性变化幅度最大。

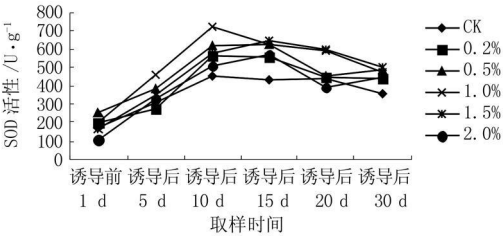


图1 超氧化物歧化酶(SOD)活性的变化

2.2 氯钾离子共体液诱导后过氧化物酶(POD)活性的变化

经蒸馏水和不同浓度的氯钾离子共体液诱导后,POD活性呈先升高后降低的规律性变化,POD的活性先逐渐升高,到诱导后10 d各处理的POD活性出现1个峰值,该活性峰一直持续到诱导后15 d,以后酶活性急剧下降,至诱导后20 d酶活性下降到最低,但处理仍稍高于对照(图2)。

由表2可知,诱导后5 d,各处理的POD活性较对照均有不同程度的提高,但并未达到显著水平。诱导后10 d,各处理的POD活性大幅度提高,且处理3、4、5显著高于对照,较对照分别提高了31.40%、25.13%。诱导后15 d,各处理的POD活性达到峰值,处理5、6显著高于对照,较对照分别提高了35.13%、29.85%,以后酶活性迅速下降到诱导时的水平。

表 1 不同浓度氯钾离子共体液诱导后 SOD 酶活性的变化 U ° g<sup>-1</sup>

测定时间	浓度	CK 蒸馏水	处理 1 0.20%	处理 2 0.50%	处理 3 1.00%	处理 4 1.50%	处理 5 2.00%
诱导前 1 d	酶活性	164.02 Aa	197.40Aa	247.24Aa	192.56Aa	162.08Aa	107.41Aa
	与 CK 差值		33.38	83.22	28.55	-1.94	-56.61
	差值%		20.35	50.74	17.40	-1.18	-34.51
诱导后 5 d	酶活性	302.66 Aa	273.63 Aab	382.88ABa	460.64Bb	345.97Aa	329.73Aa
	与 CK 差值		-29.03	80.217	157.97	43.31	27.07
	差值%		-9.59	26.50	52.19	14.31	8.95
诱导后 10 d	酶活性	455.06 Aa	565.28BCb	617.24Cbc	724.32Dc	575.52BCb	508.59ABb
	与 CK 差值		110.22	162.18	269.26	120.46	53.53
	差值%		24.22	35.64	59.17	26.47	11.76
诱导后 15 d	酶活性	428.19 Aa	556.90Bb	626.59BCb	625.96BCb	649.82Cb	570.08Bb
	与 CK 差值		128.71	198.40	197.77	221.63	141.89
	差值%		30.06	46.334	46.188	51.76	33.14
诱导后 20 d	酶活性	435.49 Aa	442.81Aa	450.78Aa	589.08Bb	601.05Bb	387.62C c
	与 CK 差值		7.31	15.29	153.59	165.56	-47.87
	差值%		1.68	3.51	35.26	38.02	-10.99
诱导后 30 d	酶活性	352.03 Aa	438.20Aa	487.59Aa	470.78 Aa	499.153Aa	444.50Aa
	与 CK 差值		86.17	135.56	118.75	147.12	92.47
	差值%		24.48	38.51	33.73	41.79	26.27

注:表中大写字母表示横向比较 0.01 水平下的差异极显著,小写字母表示 0.05 水平下的差异显著 下同。

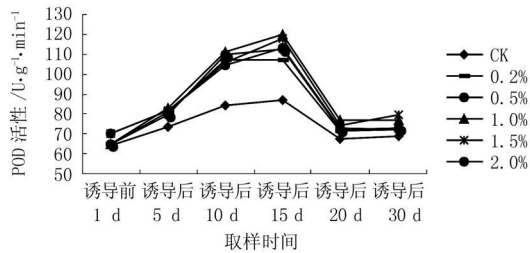


图 2 过氧化物酶(POD)活性的变化

2.3 氯钾离子共体液诱导后脲酶活性的变化

诱导后黄瓜植株叶片内的脲酶活性也呈现先升高后降低的趋势。诱导后 5 d, 各处理脲酶活性都有所提高, 但较对照没有达到显著水平; 诱导后 10 d 处理 2、3 的脲酶活性极显著高于对照, 分别比对照提高了 117.04%、92.27%; 诱导后 15 d 各处理的脲酶活性均开始下降, 但

都高于对照, 处理 3 仍达到显著水平, 酶活性比对照提高了 66.03%; 之后脲酶活性急剧下降, 到诱导后 20 d 与诱导前持平, 各处理仍高于对照, 但无显著性差异(图 3、表 3)。

各处理脲酶活性的规律性变化, 且均高于对照, 也说明了其与诱导后产生的对霜霉病的抗性密切相关, 且变化幅度较大的处理与抗病最佳浓度相一致。

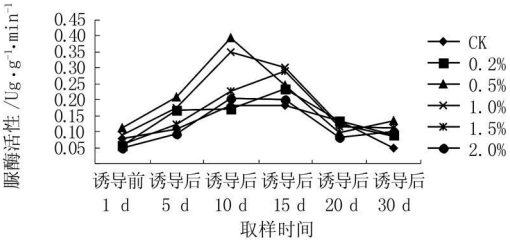


图 3 脲酶活性的变化

表 2 不同浓度氯钾离子共体液诱导后 POD 活性的变化 U ° mg<sup>-1</sup> ° min<sup>-1</sup>

测定时间	浓度	CK	0.20%	0.50%	1.00%	1.50%	2.00%
诱导前 1 d	酶活性	64.4Aa	64.7Aa	64.7Aa	64.9Aa	69.9Aa	70.3Aa
	与 CK 差值		0.3	0.3	0.5	5.5	5.9
	差值%		0.47	0.47	0.78	8.54	9.16
诱导后 5 d	酶活性	73.2Aa	80.6Aa	79.4Aa	82.9Aa	81.8Aa	81.9Aa
	与 CK 差值		7.4	6.2	9.7	8.6	8.7
	差值%		10.11	8.47	13.25	11.75	11.89
诱导后 10 d	酶活性	84.4Aa	107.4ABa	109.9ABa	110.9Ba	105.6Ba	104.5ABa
	与 CK 差值		23	25.5	26.5	21.2	20.1
	差值%		27.25	30.21	31.40	25.12	23.82
诱导后 15 d	酶活性	87.1Aa	107.1ABa	112.7ABa	119.7ABa	117.7Ba	113.1Ba
	与 CK 差值		20	25.6	32.6	30.6	26
	差值%		22.96	29.39	37.43	35.13	29.85
诱导后 20 d	酶活性	67.5Aa	71.8Aa	72.4Aab	77.1ABab	74.3Bb	73Bab
	与 CK 差值		4.3	4.9	9.6	6.8	5.5
	差值%		6.37	7.26	14.22	10.07	8.15
诱导后 30 d	酶活性	69.1Aa	72.2Aa	73Aa	77Aa	79.4Bb	72.44Bb
	与 CK 差值		3.1	3.9	7.9	10.3	3.3
	差值%		4.49	5.64	11.43	14.91	4.78

表 3

不同浓度氯钾离子共体液诱导后脲酶活性的变化

Ug · g<sup>-1</sup> · min<sup>-1</sup>

测定时间	浓度	CK	处理 1	处理 2	处理 3	处理 4	处理 5
		蒸馏水	0.20%	1.50%	1.00%	1.50%	2.00%
诱导前 1 d	酶活性	0.079Aa	0.055Aa	0.113Aa	0.088Aa	0.058Aa	0.049Aa
	与 CK 差值		-0.025	0.034	0.009	-0.021	-0.030
	差值%		-31.25	42.47	11.28	-26.99	-38.33
诱导后 5 d	酶活性	0.109Aa	0.167Aa	0.207Aa	0.174Aa	0.122Aa	0.094Aa
	与 CK 差值		0.059	0.098	0.065	0.013	-0.015
	差值%		53.82	90.07	60.04	12.39	-13.51
诱导后 10 d	酶活性	0.182Aa	0.170Aa	0.395Bc	0.350Bc	0.228Aab	0.203Aab
	与 CK 差值		-0.012	0.213	0.168	0.046	0.021
	差值%		-6.81	117.04	92.27	25.39	11.77
诱导后 15 d	酶活性	0.181Aa	0.233ABa	0.246ABa	0.300Ba	0.290ABa	0.202ABa
	与 CK 差值		0.052	0.065	0.119	0.109	0.021
	差值%		28.65	36.12	66.03	60.42	11.83
诱导后 20 d	酶活性	0.134Aa	0.135Aa	0.095Aa	0.122Aa	0.116Aa	0.082Aa
	与 CK 差值		0.001	-0.038	-0.011	-0.018	-0.052
	差值%		0.88	-28.67	-8.41	-13.47	-38.80
诱导后 30 d	酶活性	0.047Aa	0.088Aa	0.132Aa	0.086Aa	0.112Aa	0.099Aa
	与 CK 差值		0.042	0.086	0.039	0.065	0.052
	差值%		89.03	182.95	84.22	139.60	111.67

3 讨论

SOD 是存在于膜系统的一种保护性酶,在植物与病原物互作中,SOD 是主要的活性氧清除酶系,它催化 O<sub>2</sub><sup>-</sup> 转化为 O<sub>2</sub> 和 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>,使植物体内活性氧达平衡状态,保护细胞膜的正常代谢功能。

在植物诱导抗病性的研究中,近年来国内外也有了许多报道,但 SOD 活性的变化随不同互作类型和不同病害系统而异。一是亲和互作中 SOD 活性升高。Zacheo 用 *Meloidogyne inchohnita* 亲和小种侵染番茄根系,SOD 活性明显升高<sup>[7]</sup>;陈利锋发现用 *Fusarium graminearum* JF-12 菌株侵染感病小麦品种的小花,SOD 活性升高<sup>[8]</sup>。二是在非亲和互作中 SOD 活性升高或无明显变化,甚至下降。余孕珍的研究发现,具有抗病性的免疫水稻秧苗 SOD 活性明显上升<sup>[9]</sup>;王雅平在小麦赤霉病的研究中曾发现,抗感病品种接种后 SOD 活性均升高,且抗病比感病升高幅度更大<sup>[10]</sup>;曾富华用 PQ 和 75-1 诱导水稻抗白叶枯病的研究中表明,用 PQ 处理叶中 SOD 活性增加,而用 75-1 诱导叶中的 SOD 活性降低<sup>[11]</sup>。然而不同互作类型中的 SOD 活性变化的表现,还没有得到完满的解释。

试验结果表明,用氯钾离子共体液诱导黄瓜后其叶片内 SOD 活性各处理均高于对照,且 1.0%、1.5% 浓度的处理到诱导后 10 d 极显著高于对照,说明 SOD 活性的变化与黄瓜抗霜霉病的反应密切相关。这与余孕珍、曾富华、王雅平<sup>[9-11]</sup> 的结论一致。氯钾离子共体液使处理叶中 SOD 活性增加,可能是黄瓜叶片经诱导后细胞内产生大量 O<sub>2</sub><sup>-</sup>,O<sub>2</sub><sup>-</sup> 诱导 SOD 合成或直接激活 SOD 活性所致。SOD 活性升高在抗霜霉病反应的机制可能是:SOD 活性升高及时地清除了体内的活性氧,使活性氧达平衡状态,保护植物细胞膜,使病菌不易侵入,从而起到抗病作用。SOD 活性增高后,其歧化活性氧的效率增大,H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 积累

加快,H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 也可能作为内源激发子而引发防卫基因或系统获得抗性基因的表达,使植物产生系统获得抗病性。至于 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 在抗病反应中的作用,还需要在今后的试验中进一步证实。

过氧化物酶(POD)是一类性质较复杂的酶类 POD 的作用之一被认为是清除 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>,近来却有研究表明 POD 参与植物体内 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 的产生<sup>[12]</sup>。它在植物和病原菌互作系统中的活性变化及其作用的广泛性和多样性,已有大量报道,被认为是植物抗病反应中关键性酶<sup>[13-14]</sup>。

李淑菊等<sup>[15]</sup> 在水杨酸对黄瓜几种酶活性及抗病性的诱导作用的研究中,认为水杨酸处理黄瓜后,其体内过氧化物酶(POD)有不同程度的提高。王守正等<sup>[16]</sup> 研究西瓜、黄瓜对枯萎病和炭疽病的诱导抗病机制中表明,西瓜、黄瓜经诱导后与抗病性有关的过氧化物酶(POD)活性明显增高。李洪莲等<sup>[17]</sup> 用诱抗菌处理黄瓜后,也发现体内过氧化物酶(POD)及其同工酶活性都显著增强。张宗申<sup>[18]</sup> 在研究草酸提高黄瓜对炭疽病的系统抗性中发现,草酸能系统地诱导黄瓜叶中过氧化物酶(POD)活性的提高。但是,就黄瓜霜霉病诱导抗性的酶机理方面的研究未见报道。

试验中黄瓜幼苗用不同浓度的氯钾离子共体液诱导后,叶片中过氧化物酶(POD)活性均显著高于对照,并出现了规律性的变化。酶活性从诱导后 2 d 开始逐渐升高,10~15 d 达到最大,然后开始下降到诱导时的水平。说明用氯钾离子共体液诱导黄瓜植株后 20 d 内,黄瓜植株处于一个抗病反应时期。这些酶活性的增加有利于一些抑制病原菌物质的合成,如木质素、植保素和酚类物质,它们限制了病原物的侵染和扩展,同时这些酶活性的提高进一步刺激了寄主抗性的表达。表明该过氧化物酶活性与黄瓜对霜霉病的诱导抗性呈正相关关系。

脲酶属于蛋白质代谢的一种酶类。Cyxopkob 认为对锈病的免疫性决定于禾谷类作物组织里高含量的氨和脲<sup>[9]</sup>。氨是植物氮源之一,其来源之一是脲酶的水解作用,因此脲酶是植物体内重要的一种酶。但其与诱导抗病性的关系,国内外报道较少。

试验中用不同浓度的氯钾离子共体液诱导黄瓜植株后,其第一叶位真叶内脲酶活性各处理均有不同程度的提高,0.5%、1.0%浓度的处理到诱导后 10 d 极显著高于对照。这与人研究氨及脲酶活性与抗病性间的关系所得出的氨含量及脲酶活性越高植株越抗病结论相吻合。脲酶活性的升高,在一定程度上为黄瓜植株的营养生长提供了氮源,由于植株营养生长加强,抗霜霉病的能力也就大大提高了。

#### 4 结论

诱导后 SOD 活性各处理均显著高于对照,且呈先升高后降低的趋势,到诱导后 10 d 各处理达到最大值;POD 活性也呈先升高后降低的趋势,诱导初期对照和各处理变化平缓,10 d 后急剧升高,15 d 达最大值,之后下降,且经诱导后各处理均高于对照;脲酶活性均高于对照,随着时间的推移呈先升高后降低的趋势,诱导后 10 d 后达到峰值;诱导物浓度为 0.5%~1.5%的范围内,诱导后黄瓜叶片内各酶活性较对照差异最大。

#### 参考文献

- [1] 张元恩.诱导黄瓜系统抗病性研究[J].北京农业大学学报,1989,15(1): 65-68.
- [2] Connath U O, Thulke V, Katz et al. Priming as a mechanism in induced systemic resistance of plant [J]. Eur. J. Plant. Pathol 2001, 107: 113-119.
- [3] 葛秀春,宋凤鸣.稻瘟菌感染后水稻幼苗活性氧的产生与抗病性的关系[J].植物生理学报,2000,26(3): 227-231.

- [4] 云兴福,李荣禧.几种化学物质诱导黄瓜对霜霉病的抗性[J].植物保护学报,1997,24(2): 159-163.
- [5] 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.
- [6] X. H 波钦诺克.植物生物化学分析方法[M].荆家海,丁钟荣,译.北京:科学技术出版社,1981: 178-181.
- [7] Zacheo G. Involvement of superoxide dismutase and superoxide radicals in the susceptibility and resistance of tomato plants to *Meloidogyne incognita* attack [J]. Physiol Mol Plant Pathol, 1988, 32: 313-322.
- [8] 陈利锋,宋玉立,徐雅皋.抗感赤霉病小麦品种超氧化物歧化酶和过氧化物酶的活性比较[J].植物病理学报,1997,27(3): 209-213.
- [9] 俞孕珍.水稻免疫疫苗的抗性研究[J].植物病理学报,1997,27(2): 119-124.
- [10] 王雅平,刘伊强,施磊等.小麦对赤霉病抗性不同品种的 SOD 活性[J].植物生理学报,1993,19(4): 353-358.
- [11] 曾富华,吴岳轩.生物及非生物诱导因子对水稻白叶枯病的诱导抗性及其与活性氧代谢的关系[J].中国水稻科学,1999,13(3): 165-169.
- [12] 张晓燕,卢春莲.植物诱导抗病性[J].保定师专学报,2001,14(4): 9-12.
- [13] Allan A G, Fluhr R. Two distinct sources of elicited reactive oxygen species in tobacco epidermal cells [J]. Plant Cell, 1997, 9: 1559-1572.
- [14] 宋凤鸣,郑重.活性氧及膜脂过氧化在植物-病原物互作中的作用[J].植物生理学通讯,1996,32(5): 377-385.
- [15] 李淑菊,马德华.水杨酸对黄瓜几种酶活性及抗病性的诱导作用[J].华北农学报,2000,15(2): 118-122.
- [16] 王守正,王海燕.瓜类作物诱导抗病性的研究[J].河南农业科学,2001(10): 28-30.
- [17] 李洪莲,王守正.黄瓜对炭疽病诱导抗性的初步研究II诱导抗病机制的研究[J].植物病理学报,1993,23(4): 327-332.
- [18] 张宗申,彭新湘.非生物诱导剂草酸对黄瓜叶片中过氧化物酶的系统诱导作用[J].植物病理学报,1998,28(1): 145-150.
- [19] 云兴福.黄瓜组织中氨基酸、糖、叶绿素含量与其对霜霉病抗性的关系[J].华北农学报,1993,8(4): 52-58.

## Changes of Enzymatic Activity Induced with Copolymer of Chlorine and Potassium Ions in Cucumber Leaf

JIA Jun-ying<sup>1,2</sup>, YUN Xing-fu<sup>2</sup>, WANG Lin-mao<sup>2</sup>

(1. College of Agriculture Inner Mongolia National University, Tongliao, Inner Mongolia 028000; 2. College of Agriculture, Inner Mongolia Agricultural University, Huhhot, Inner Mongolia; 3. Vegetable Council of Saihan Area in Huhhot, Huhhot, Inner Mongolia 010018)

**Abstract:** It was conducted that cucumber seedlings were induced by copolymer of chlorine and potassium ions with different concentration at stage of cotyledon and the first true leaf the enzymatic activity of leaves were determined. The results showed that the activity of SOD were higher than that of control, and the tendency that increased firstly, then decreased, they were at the peak base after induced 10 days. the tendency of POD activity increased firstly, then decreased too, control and treatments change slowly at the induced infancy, increased sharply after 10 days, they were at the peak base after induced 15 days, all treatments were higher than control obviously. the activity of urease increased instantly after induce, the activity of treatments and control were the largest after 10 days. when the concentration of copolymer of chlorine and potassium ions were 0.5% to 1.5%, the physiological and biochemical index of treatments changed obviously.

**Key words:** copolymer of chlorine and potassium ions; induce; leaves in cucumber; enzymatic activity