

苯甲酸苄酯对茄子黄萎病及幼苗生长的化感效应

周宝利¹, 贾 倩¹, 刘 娜¹, 叶雪凌¹, 胡俊峰²

(1 沈阳农业大学 园艺学院, 辽宁 沈阳 110161; 2 沈阳市农村经济委员会 信息中心, 辽宁 沈阳 110013)

【摘 要】 【目的】研究苯甲酸苄酯对茄子黄萎病、种子萌发及幼苗生长的化感效应。【方法】用浓度分别为 0 (CK), 0.05, 0.1, 0.5 和 1.0 mmol/L 的苯甲酸苄酯处理茄子种子和幼苗, 通过田间抗病、种子萌发、幼苗生长等试验测定其对茄子的化感效应。【结果】不同浓度的苯甲酸苄酯对茄子种子萌发均有化感促进作用, 低浓度(0.05, 0.1 mmol/L)的化感促进作用较强, 高浓度则促进作用减弱, 当浓度为 0.1 mmol/L 时, 种子萌发效果最好。在试验浓度范围内, 苯甲酸苄酯可提高茄子幼苗对黄萎病的抗性, 对茄子幼苗的株高、茎粗、鲜质量、叶绿素含量、相对电导率、根系活力及苯丙氨酸解氨酶(PAL)、过氧化物酶(POD)、多酚氧化酶(PPO)活性均表现为促进作用, 最佳作用浓度均为 0.1 mmol/L。【结论】苯甲酸苄酯可以在某种程度上提高茄子的抗病性, 促进茄子种子的萌发和幼苗的生长。

【关键词】 苯甲酸苄酯; 茄子; 黄萎病; 种子萌发; 幼苗生长

【中图分类号】 S436.411

【文献标识码】 A

【文章编号】 1671-9387(2010)02-0135-05

Allelopathy of benzyl benzoate to *Verticillium wilt*(*Verticillium dahliae*) and the growth of eggplant seedling

ZHOU Bao-li¹, JIA Qian¹, LIU Na¹, YE Xue-ling¹, HU Jun-feng²

(1 College of Horticulture, Shenyang Agricultural University, Shenyang, Liaoning 110161, China;

2 The Information Center, Shenyang Countryside Economic Committee, Shenyang, Liaoning 110013, China)

Abstract: 【Objective】Effects of benzyl benzoate on *Verticillium wilt* (*Verticillium dahliae*), seed germination and seedling growth were studied. 【Method】The seedlings of eggplant and eggplants were treated with five concentrations of benzyl benzoate, 0 (CK), 0.05, 0.1, 0.5 and 1.0 mmol/L, then through field disease-resistance, seed germination, seedling growth, allelopathy of benzyl benzoate to eggplant was studied. 【Result】Benzyl benzoate exhibited allelopathic promotion on seed germination at different concentrations, especially 0.05 mmol/L and 0.1 mmol/L, had the biggest allelopathic promotion, and became less when the concentration increased. The results of field investigation indicated that benzyl benzoate enhanced the disease resistance of eggplants at all the concentrations, the stem height, stem diameter, fresh matter, chlorophyll content, relative electricity conductivity, root vigor, PAL activity, PPO activity and POD activity were promoted, and 0.1 mmol/L treatment had the biggest allelopathic promotion. 【Conclusion】Benzyl benzoate can enhance the disease resistance of eggplants, promote seed germination and seedling growth of eggplants.

Key words: benzyl benzoate; eggplant; *Verticillium wilt*; seed germination; seedling growth

茄子具有适应性强、耐湿、耐热、易栽培、生长期长、产量高等特点。近年来,茄子生产普遍采用设施

* [收稿日期] 2009-06-12

[基金项目] 国家自然科学基金项目(30771469);国家“863”高新技术与发展计划项目(2004AA247010);辽宁省教育厅高等学校创新团队项目(2009T087)

[作者简介] 周宝利(1956—),男,辽宁绥中人,教授,博士,博士生导师,主要从事蔬菜栽培与生理生态研究。

E-mail: zblaaa@163.com

栽培方法,这虽然在一定程度上促进了茄子的生产,但同时也导致了土传病害的发生,由土传病害等因素引起的连作障碍也日益严重。嫁接技术可以有效控制茄子黄萎病(*Verticillium wilt*)的发生,是一项无公害技术。目前,有关嫁接防病技术已有大量研究^[1-4],其防病抗病的原因很可能是由于嫁接后根系分泌物中的化感物质具有解毒作用,从而能够在一定程度上缓解土传病害的发生^[5-6]。周宝利等^[7]研究表明,嫁接茄子根系分泌物对黄萎病致病菌具有一定程度的化感抑制作用。张启发等^[8]在研究茄子根系和叶片浸提液的自毒作用时发现,嫁接能够在一定程度上缓解自毒作用的发生,有利于茄子幼苗的生长。本课题组在前期试验时,对嫁接茄子根系分泌物中的化感物质进行了 GC-MS 检测,发现嫁接后的根系分泌物组成及各组分的相对含量与自根茄及砧木相比,发生了一定程度的变化,在嫁接植株中出现了一些在自根茄及砧木根系分泌物中未检测出来的特异成分,苯甲酸苄酯便是其中之一,并推测根系分泌物成分的变化可能是嫁接茄子抗病的原因之一^[9]。本研究在前期试验基础上,采用不同浓度苯甲酸苄酯处理茄子,研究其对茄子黄萎病、种子萌发及幼苗生长发育的影响,旨在揭示该物质的化感作用,为深入研究茄子嫁接防病技术提供理论依据,以期更好地指导生产实践。

1 材料与方法

1.1 材料

植物材料:茄子品种为“西安绿茄”。供试菌种:茄子黄萎病菌(*Verticillium dahliae*)来源于茄子连作病圃中的发病植株,分离纯化后经沈阳农业大学植物保护学院真菌室鉴定。苯甲酸苄酯,化学分析纯。

1.2 方法

试验分别在沈阳农业大学蔬菜基地、蔬菜栽培生理与生态实验室内进行。采用苯甲酸苄酯作为外源模拟生化试剂,按照其在根系分泌物中的相对峰值(0.26%),并结合预备试验结果,设置 5 个浓度,分别为 0, 0.05, 0.1, 0.5, 和 1.0 mmol/L,其中 0 mmol/L 为对照(CK)。

1.2.1 田间抗病试验 2008-03,采用常规营养钵育苗,待幼苗长至四叶一心时,选取健康、长势一致的茄子幼苗,在植株根际 10 cm 范围内均匀施用 100 mL 不同浓度的苯甲酸苄酯溶液,每隔 3 d 施用 1 次,连续施用 3 次。3 d 后采用伤根法接种孢子浓

度为 1×10^7 cfu/mL 的黄萎菌孢子悬浮液,每株接种 100 mL。从田间出现病株开始,每 5 d 调查 1 次病情,连续调查 5 次,计算发病率和病情指数^[10]。每处理 30 株,随机排列,3 次重复。

1.2.2 种子萌发试验 取各浓度苯甲酸苄酯溶液 5 mL,分别加入铺有 2 层定性滤纸的培养皿中,每皿放入经 1/10 H_2O_2 消毒的茄子种子,每处理 50 粒,重复 3 次,置多功能气候培养箱中培养,每天补充适量水分,以保持滤纸湿度。培养至种子发芽后,每隔 24 h 观察种子的萌发状况,记算发芽率,7 d 后测算总发芽率、胚根长和苗长,并计算发芽速度指数(I)和化感效应指数(RI)。

$I = 2 \times (7X_1 + 6X_2 + 5X_3 + 4X_4 + 3X_5 + 2X_6 + X_7)$
式中: X 为每隔 24 h 的发芽数, X_1 为 24 h 时的发芽数, X_2 为 48 h 时的发芽数,其余依此类推。

$$RI = 1 - C/T, T \geq C;$$

$$RI = T/C - 1, T \leq C。$$

式中: C 为对照的各指标值, T 为处理的各指标值。 $RI > 0$ 表示促进作用, $RI < 0$ 表示抑制作用,其绝对值大小与作用强度一致。以 RI 值作为原始数据,采用 DPS 数据处理系统进行统计分析。

1.2.3 幼苗生长试验 选取发芽势一致的茄子种子,播种于以珍珠岩、草炭和蛭石(V(珍珠岩):V(草炭):V(蛭石)=3:2:1)为基质的营养钵(13 cm×12 cm)中。待幼苗长至四叶一心时,每处理施加 100 mL 不同浓度的苯甲酸苄酯。试验每处理 10 株幼苗,重复 3 次。于处理后 7 d 测定茄子的株高、茎粗、鲜质量、叶绿素含量、叶片细胞膜相对透性、根系活力、抗氧化酶(苯丙氨酸解氨酶(PAL)、过氧化物酶(POD)、多酚氧化酶(PPO))活性等指标,并计算 RI 。

叶绿素含量采用丙酮和无水乙醇等体积混合的浸提液黑暗浸提后测定;根系活力采用氯化三苯基四氮唑(TTC)法测定;叶片细胞膜相对透性采用外渗电导法测定^[11]。PAL 活性测定方法为:取适量酶粗提液与含 0.2 mol/L L-苯丙氨酸的硼酸缓冲液按一定比例混匀,以不加酶液而加相同体积的提取缓冲液作为空白对照,测定起始 OD_{290} 值。POD 活性测定方法为:取适量酶粗提液与含 18 mmol/L 愈创木酚的磷酸缓冲液按一定比例混合,以不加酶液而加相同体积的提取缓冲液作为空白对照,测定 470 nm 波长处的光密度值,每隔 1 min 测定 1 次,连续测定 5 次。PPO 活性测定方法为:将酶粗提液与含 0.02 mol/L 邻苯二酚的磷酸缓冲液按一定比例混合,以不加酶液而加相同体积的提取缓冲液作为空

白对照,按李靖等^[12]的方法测定。

2 结果与分析

2.1 苯甲酸苄酯对茄子黄萎病发病率和病情指数的影响

苯甲酸苄酯对茄子黄萎病发病率和病情指数的

影响见表 1。从表 1 可以看出,与对照相比,所有供试浓度的苯甲酸苄酯均可极显著提高茄子幼苗对黄萎病的抗性($P<0.01$);随着苯甲酸苄酯浓度的增大,茄子幼苗对黄萎病的抗性呈先升高后降低的变化趋势,在苯甲酸苄酯浓度为 0.1 mmol/L 时,抗性最高。

表 1 苯甲酸苄酯对茄子黄萎病发病率和病情指数的影响

Table 1 Effects of benzyl benzoate on the disease incidence and the disease index of Verticillium wilt										%
苯甲酸苄酯浓度/ (mmol·L ⁻¹) Concentration of benzyl benzoate	发病率 Incidence					病情指数 Disease index				
	04-20	04-25	04-30	05-05	05-10	04-20	04-25	04-30	05-05	05-10
0(CK)	20.00 aA	46.67 aA	60.00 aA	83.33 aA	100.00 aA	5.00 aA	16.67 aA	32.50 aA	56.67 aA	77.50 aA
0.05	10.00 cC	26.67 cC	40.00 cC	60.00 cC	76.67 cC	2.50 cC	10.00 cC	21.67 cC	40.00 cC	55.83 cC
0.1	0.00 eE	6.70 eE	20.00 eE	26.67 eE	46.67 eE	0.00 eE	1.67 eE	7.50 eE	15.83 eE	32.50 eE
0.5	6.70 dD	23.33 dD	33.33 dD	46.67 dD	53.33 dD	1.67 dD	8.33 dD	18.33 dD	36.67 dD	51.67 dD
1.0	16.67 bB	40.00 bB	46.67 bB	63.33 bB	86.67 bB	4.17 bB	15.00 bB	28.33 bB	47.50 bB	64.17 bB

注:同列数据后标不同大、小写字母分别表示在 1%和 5%水平差异显著。下表同。

Note: Different small and capital letters mean significant differences from control at 0.05 and 0.01 levels respectively. The same below.

2.2 苯甲酸苄酯对茄子种子萌发的影响

由表 2 可见,与对照相比,不同浓度的苯甲酸苄酯均可不同程度地提高茄子的发芽率,极显著提高发芽速度指数($P<0.01$);随着苯甲酸苄酯浓度的增大,茄子发芽率和发芽速度指数呈先升高后降低

的变化趋势,在苯甲酸苄酯浓度为 0.1 mmol/L 时,发芽率和发芽速度指数最高,分别较对照增加了 7.53%和 33.99%;不同浓度苯甲酸苄酯对茄子种子萌发的化感作用强度依次为:0.1 mmol/L>0.5 mmol/L>0.05 mmol/L>1.0 mmol/L。

表 2 苯甲酸苄酯对茄子种子萌发的影响

Table 2 Allelopathy of benzyl benzoate on seed germination of eggplant

苯甲酸苄酯浓度/(mmol·L ⁻¹) Concentration of benzyl benzoate	发芽率/% Germination rate	发芽率 <i>RI</i> 值 <i>RI</i> value of germination rate	发芽速度指数 Germination rate index
0(CK)	93.00 bB	0.000 0 dD	1 186.67 eE
0.05	93.50 bAB	0.005 3 cC	1 256.00 cC
0.1	100.00 aA	0.067 8 aA	1 590.00 aA
0.5	96.50 abAB	0.035 7 bB	1 456.67 bB
1.0	93.00 bB	0.000 0 dD	1 200.67 dD

2.3 苯甲酸苄酯对茄子幼苗生长的影响

如表 3 所示,与对照相比,苯甲酸苄酯在供试浓度内对茄子株高及地上部分、地下部分鲜质量和总鲜质量均表现为化感促进作用($P<0.01$);随着苯

甲酸苄酯浓度的增大,其对茄子幼苗各生长指标的促进作用呈先升高后降低的变化趋势。当浓度为 0.1 mmol/L 时,苯甲酸苄酯对茄子幼苗生长的促进作用最大。

表 3 苯甲酸苄酯对茄子幼苗生长的影响

Table 3 Effects of benzyl benzoate on the growth of eggplant seedling

苯甲酸苄酯浓度/ (mmol·L ⁻¹) Concentration of benzyl benzoate	株高 Stem height		茎粗 Stem diameter		鲜质量 Fresh matter					
					地上部分 Shoot		地下部分 Root		总质量 Total matter	
	测定值/cm Determination value	<i>RI</i>	测定值/cm Determination value	<i>RI</i>	测定值/cm Determination value	<i>RI</i>	测定值/cm Determination value	<i>RI</i>	测定值/cm Determination value	<i>RI</i>
0(CK)	3.98 cC	0.000 0 dD	0.338 cC	0.000 0 dD	4.16 dD	0.000 0 eE	1.42 dC	0.000 0 eE	5.58 eD	0.000 0 eE
0.05	4.63 bAB	0.140 4 bB	0.357 bAB	0.053 2 cC	5.03 bB	0.171 3 cC	1.62 cB	0.123 5 cC	6.64 cB	0.159 6 cC
0.1	4.98 aA	0.200 8 aA	0.374 aA	0.096 3 aA	5.43 aA	0.233 9 aA	1.88 aA	0.244 7 aA	7.31 aA	0.236 7 aA
0.5	4.69 bAB	0.151 4 bB	0.362 abA	0.066 3 bB	5.07 bB	0.179 5 bB	1.74 bA	0.183 9 bB	6.81 bAB	0.180 6 bB
1.0	4.55 bB	0.125 3 cC	0.338 cBC	0.000 0 dD	4.55 cC	0.085 7 dD	1.56 cB	0.089 7 dD	6.11 dC	0.086 7 dD

2.4 苯甲酸苄酯对茄子幼苗生理代谢的影响

2.4.1 对生理特性的影响 由表 4 可见,与对照相

比,不同浓度的苯甲酸苄酯均可极显著地提高茄子幼苗的叶绿素含量、根系活力和相对电导率($P<$

0.01);随着苯甲酸苄酯浓度的增大,茄子幼苗叶绿素含量、根系活力和相对电导率呈先升高后降低的

变化趋势,其中 0.1 mmol/L 苯甲酸苄酯处理的化感作用最强。

表 4 苯甲酸苄酯对茄子幼苗生理特性的影响

苯甲酸苄酯浓度/ (mmol·L ⁻¹) Concentration of benzyl benzoate	叶绿素 Chlorophyll		细胞膜相对透性 Cell membrane relative penetrability			根系 Root	
	含量/(mg·g ⁻¹) Content	RI	相对电导率/% Relative electricity conductivity	RI	活力/ (μg·g ⁻¹ ·min ⁻¹) Vigor	RI	
0(CK)	0.877 eE	0.000 0 eE	3.14 eE	0.000 0 eE	2.715 eE	0.000 0 eE	
0.05	1.192 cC	0.255 9 cC	9.80 cC	0.679 6 cC	5.423 cC	0.499 4 cC	
0.1	1.416 aA	0.373 6 aA	22.98 aA	0.863 4 aA	11.248 aA	0.758 6 aA	
0.5	1.274 bB	0.303 8 bB	12.53 bB	0.749 4 bB	8.376 bB	0.675 9 bB	
1.0	1.060 dD	0.163 2 dD	8.95 dD	0.649 2 dD	4.947 dD	0.451 2 dD	

2.4.2 对抗氧化酶(PAL、POD、PPO)活性的影响
由表 5 可知,与对照相比,供试浓度苯甲酸苄酯均可极显著提高茄子幼苗根系 PAL、POD、PPO 活性($P<0.01$);随着苯甲酸苄酯浓度的增大,茄子幼苗

根系的 PAL、POD、PPO 活性呈现先升高后降低的变化趋势,其活性峰值均出现在 0.1 mmol/L 时,此时的活性较对照分别增加了 253.2%,333.3% 和 150%。

表 5 苯甲酸苄酯对茄子抗氧化酶(PAL、POD、PPO)活性的影响

苯甲酸苄酯浓度/(mmol·L ⁻¹) Concentration of benzyl benzoate	PAL 活性/(U·g ⁻¹ ·h ⁻¹) PAL activity	POD 活性/(U·g ⁻¹ ·min ⁻¹) POD activity	PPO 活性/(U·g ⁻¹ ·min ⁻¹) PPO activity
0(CK)	15.8 dD	18 eE	1.8 dD
0.05	35.2 bB	40 cC	3.1 cC
0.1	55.8 aA	78 aA	4.5 aA
0.5	35.5 bB	52 bB	3.3 bB
1.0	26.2 cC	32 dD	2.8 cC

3 结论与讨论

植物化感作用的媒介是化感物质。化感物质是植物分泌到环境中的代谢物或其转化物,它有别于天然有毒植物体内存在的产物。化感物质不仅影响着植物生长的各个阶段及不同的生理过程^[13],同时与土传病害有着密切关系,其中一些根系分泌物对土传病害具有抑制作用。王茹华等^[14]在研究嫁接茄子根系分泌物对黄萎病菌的化感作用时发现,嫁接体和砧木的根系分泌物对黄萎病菌的生长有化感抑制作用。脂肪酸酯是一类潜在的化感物质,一般要求较高的浓度才能起到化感作用^[15-18]。目前,关于脂肪酸酯类物质的化感作用已有不少研究,如王玉洁等^[19]报道,邻苯二甲酸二甲酯对茄子幼苗生长有明显的抑制作用;李轶修等^[20]研究表明,邻苯二甲酸二丁酯对黄瓜、辣椒种子萌发以及幼苗生长有促进作用。本试验结果表明,苯甲酸苄酯对茄子种子萌发的影响表现为“促进作用”,在浓度为 0.1 mmol/L 时化感作用最强。前人研究表明,进入环境中的化感物质可以在一定程度上改善作物的生长发育状况,提高产量和品质^[21-22]。本研究也得出相似结论,苯甲酸苄酯在本试验所采用的浓度范围内

提高了茄子幼苗对黄萎病的抗性,对茄株生长也有较好的化感促进作用,在浓度为 0.1 mmol/L 时,其对茄苗的抗病性、叶绿素含量、相对电导率和根系活力的化感作用最强。
近年来,细胞保护酶系统与植物抗病性的关系受到人们的普遍关注。许多植物感病后,其体内抗氧化酶活性的变化与植物抗病有关,酶活性与植株抗病性呈正相关^[23]。本试验结果显示,不同浓度的苯甲酸苄酯均可提高茄苗 PPO、POD 和 PAL 的活性,进而提高了茄子植株的抗病性,其中以 0.1 mmol/L 苯甲酸苄酯处理的茄苗抗氧化酶活性最高,植株抗病性最强,这与田间抗病试验所得结果相同。
总之,苯甲酸苄酯可以在某种程度上提高茄子的抗病性,促进茄子种子的萌发和幼苗的生长。由于苯甲酸苄酯在土壤中有可能像其他脂肪酸酯类物质一样水解成苯甲酸起化感作用,所以其最终是否以脂肪酸形式存在并产生化感作用,还有待进一步深入研究。

[参考文献]

[1] 高艳新. 嫁接茄子抗黄萎病增产机制的研究 [D]. 沈阳:沈阳农

- 业大学,1999.
- Gao Y X. Mechanism of grafted eggplant on resistance to *Verticillium* wilt and enhance yield [D]. Shenyang:Shenyang Agricultural University,1999. (in Chinese)
- [2] 周宝利,王茹华. 主要蔬菜异属间嫁接研究进展 [J]. 长江蔬菜,2002(增刊):16-17.
- Zhou B L, Wang R H. Progress of graft between different genus of the main vegetable crop [J]. J of Changjiang Vegetables, 2002(Suppl.):16-17. (in Chinese)
- [3] 王茹华,周宝利,张启发,等. 茄子/番茄嫁接抗病增产效果初报 [J]. 中国蔬菜,2003(4):10-11.
- Wang R H, Zhou B L, Zhang Q F, et al. Effect of eggplants/tomato grafting on disease resistance and yield [J]. China Vegetable, 2003(4):10-11. (in Chinese)
- [4] 潘绍坤,杜晓云,屈小江. 我国嫁接技术防治茄子土传病害的研究进展 [J]. 长江蔬菜,2008(10):13-15.
- Pan S K, Du X Y, Qu X J. Progress of grafting to preventing soil-diseases in eggplant in China [J]. J of Changjiang Vegetables, 2008(10):13-15. (in Chinese)
- [5] 鞠会艳,韩丽梅,王树起,等. 邻苯二甲酸和丙二酸对大豆根腐病病原菌的化感作用 [J]. 吉林农业科学,2002,27(5):38-40.
- Ju H Y, Han L M, Wang S Q, et al. Allelopathy of phthalic acid and propanedioic acid on pathogenic fungi producing by root rot in soybean [J]. Journal of Jilin Agricultural Sciences, 2002, 27(5):38-40. (in Chinese)
- [6] 张凤丽,周宝利,王茹华,等. 嫁接茄子根系分泌物的化感作用 [J]. 应用生态学报,2005,16(4):750-753.
- Zhang F L, Zhou B L, Wang R H, et al. Allelopathic effects of grafted eggplant root exudates [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2005, 16(4):750-753. (in Chinese)
- [7] 周宝利,姜 荷,赵 鑫. 不同砧木嫁接茄子抗黄萎病特性及其与根系分泌物关系 [J]. 沈阳农业大学学报,2001,32(6):414-417.
- Zhou B L, Jiang H, Zhao X. Relation between characteristics of resistance to *Verticillium* wilt of eggplant by graftage and root exudates of eggplant [J]. J Shenyang Agricultural University, 2001, 32(6):414-417. (in Chinese)
- [8] 张启发,王茹华,范明珠,等. 茄子自毒作用及控制途径的初步研究 [J]. 黑龙江八一农垦大学学报,2007,19(5):12-15.
- Zhang Q F, Wang R H, Fan M Z, et al. Study on autotoxicity of eggplants and its control [J]. Journal of Heilongjiang August First Land Reclamation University, 2007, 19(5):12-15. (in Chinese)
- [9] 刘 娜,周宝利,李轶修,等. 茄子/番茄嫁接植株根系分泌物对茄子黄萎病菌的化感作用 [J]. 园艺学报,2008,35(9):1297-1304.
- Liu N, Zhou B L, Li Y X, et al. Allelopathy of the eggplant/tomato grafted eggplants root exudates to *Verticillium* wilt(*Verticillium dahliae*) [J]. Acta Horticulture Sinica, 2008, 35(9):1297-1304. (in Chinese)
- [10] 王庆芳,叶华智. 几种化学物质对茄子抗黄萎病的诱导作用 [J]. 中国蔬菜,2008(9):24-27.
- Wang Q F, Ye H Z. Induced eggplant resistance against *Verticillium dahliae* with exogenous chemical compounds [J]. China Vegetable, 2008(9):24-27. (in Chinese)
- [11] 郝建军,刘延吉. 植物生理学实验技术 [M]. 沈阳:辽宁科学技术出版社,2001.
- Hao J J, Liu Y J. Plant physiology experiment technology [M]. Shenyang: Liaoning Science and Technology Press, 2001. (in Chinese)
- [12] 李 靖,利容千,袁文静,等. 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):277-283.
- Li J, Li R Q, Yuan W J, et al. On the change of enzyme activities of cucumber leaf infected by *Pseudoperonospora cubensis* (Berk. Et crt) roses [J]. Acta Phytopathologica Sinica, 1991, 21(4):277-283. (in Chinese)
- [13] 林 娟,殷全玉,杨丙钊,等. 植物化感作用研究进展 [J]. 中国农学通报,2007,23(1):68-72.
- Lin J, Yin Q Y, Yang B Z, et al. Review on allelopathy of plants [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2007, 23(1):68-72. (in Chinese)
- [14] 王茹华,周宝利,张启发,等. 茄子根系分泌物中香草醛和肉桂酸对黄萎菌的化感效应 [J]. 生态学报,2006,26(9):3152-3155.
- Wang R H, Zhou B L, Zhang Q F, et al. Effects of vanillin and cinnamic acid in root exudates of eggplants on *Verticillium dahliae* etc [J]. Acta Ecologica Sinica, 2006, 26(9):3152-3155. (in Chinese)
- [15] 何海斌,陈祥旭,林瑞余,等. 化感水稻 PI312777 苗期根系分泌物中化学成分分析 [J]. 应用生态学报,2005,16(12):2383-2388.
- He H B, Chen X X, Lin R Y, et al. Chemical components of root exudates from allelopathic rice accession PI312777 seedlings [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2005, 16(12):2383-2388. (in Chinese)
- [16] Keire D A, Anton P, Faull K F, et al. Diethyl phthalate, a chemotactic factor secreted by *Helicobacter pylori* [J]. J Biol Chem, 2001, 276:48847-48853.
- [17] Rice E L. Allelopathy [M]. New York: Academic Press Inc, 1984:130-188.
- [18] Van W A, Van V, Posthumus R, et al. Enviromental risk limits for two phthalates, with special emphasis on endocrine disruptive properties [J]. Ecotoxico Environ Safety, 2000, 46:305-321.
- [19] 王玉洁,郁继华,张 韵,等. 两种化感物质对茄子生长及幼苗生理特性的影响 [J]. 甘肃农业大学学报,2007,42(3):47-50.
- Wang Y J, Yu J H, Zhang Y, et al. Effects of two allelochemicals on growth and physiological characteristics of eggplant seedlings [J]. Journal of Gansu Agricultural University, 2007, 42(3):47-50. (in Chinese)