

西芹种子浸提液对黄瓜枯萎病菌的化感作用*

贾俊英^{1,2} 张丽莹¹ 云兴福^{1**}

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

摘要 为探讨西芹种子浸提液对黄瓜枯萎病菌是否有化感作用及其化感作用强度的大小, 采用蒸馏水、乙醇、丙酮作为浸提剂, 获得西芹种子的浸提液。用生长速率法研究其对黄瓜枯萎病菌的化感作用。结果表明: 西芹种子的水、乙醇、丙酮浸提液都对黄瓜枯萎病菌有化感作用, 浓度越大化感作用越强; 50 mg · ml⁻¹ 浓度的 3 种浸提液处理后 144 h 时与对照相比抑制黄瓜枯萎病菌蒸馏水浸提液为 31.1%, 乙醇浸提液为 49.6%, 丙酮浸提液为 57.5%; 乙醇、丙酮浸提液的化感作用强度大于蒸馏水浸提液。

关键词 西芹; 种子浸提液; 黄瓜枯萎病菌; 化感作用

中图分类号 S436 **文献标识码** A **文章编号** 1000-4890(2011)7-1473-06

Allelopathy of parsley seed extracts on *Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumeris*. JIA Jun-ying^{1,2}, ZHANG Li-ying¹, YUN Xing-fu^{1**} (¹ College of Agronomy, Inner Mongolia Agricultural University, Huhhot 010019, China; ² Inner Mongolia University for the Nationalities, Tongliao 028000, Inner Mongolia, China). *Chinese Journal of Ecology*, 2011, **30**(7): 1473–1478.

Abstract: By using distilled water, ethanol, and acetone as extraction agents, the parsley seed extracts were obtained to approach whether the extracts had allelopathy on *Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumeris* and the intensity of the allelopathy with the help of growth rate method. All the three kinds of the extracts did have allelopathic effect on *F. oxysporum* f. sp. *cucumeris*, and the effect increased with increasing concentration of the extracts. After treated with the highest concentration 50 mg · ml⁻¹ of the extracts for 144 h, the growth rate of *F. oxysporum* f. sp. *cucumeris* was decreased by 31.1%, 49.6%, and 57.5% for the distilled water, ethanol, and acetone extracts, respectively, suggesting that ethanol and acetone extracts had stronger allelopathic effect than distilled water extract.

Key words: parsley; seed extract; *Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumeris*; allelopathy.

黄瓜枯萎病是一种严重的土传病害, 其病原为镰孢菌属真菌 (*Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumeris*)。病菌从幼根或伤口侵入寄主, 使植株迅速萎蔫且病势发展迅速, 难以控制。目前最有效的防治办法是通过嫁接技术, 但嫁接后管理烦琐, 嫁接苗成活率低且嫁接后黄瓜品质下降等原因导致难以推广, 因此黄瓜枯萎病仍然是生产中亟待解决的一大难题。许多研究表明, 利用植物对微生物的化感作用防治土传病害是作物病害防治的一项重要措施(孔垂华, 2002; 廉华和王茹华, 2009; 袁高庆等, 2009)。

化感作用因没有向系统中引入难降解的化学物质, 不会带来诸如农药残留等的环境问题, 符合现代发展生态农业的思路, 故利用化感作用来防治黄瓜枯萎病是一种具有潜力的可持续发展农业的病害控制措施。

本研究基于在日光温室蔬菜栽培过程中发现西芹与黄瓜的前后茬搭配, 西芹有减弱黄瓜枯萎病发生的作用, 研究了西芹鲜根及根际区土壤浸提液(韩燕和云兴福, 2007)、腐根及根际区土壤浸提液(曹阳, 2009)对黄瓜枯萎病病菌的化感作用。本试验以西芹种子为试材, 分别用蒸馏水、乙醇、丙酮提取种子中的化感物质, 并通过生物检测的方法研究不同浓度的浸提液对黄瓜枯萎病菌的化感作用, 旨

* 国家自然科学基金项目(30960068)和内蒙古自治区科技攻关项目(20081503)资助。

** 通讯作者 E-mail: yxf5807@163.com

收稿日期: 2010-12-06 接受日期: 2011-03-15

在明确它们有无化感作用及其化感作用强度的大小。这将会为利用化感作用防治黄瓜枯萎病奠定理论基础。

1 材料与方法

1.1 实验材料

供试品种为美国西芹。

供试菌种为黄瓜枯萎病菌(*Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumeris*),由内蒙古农业大学植物病理研究室提供。

菌种制备:将黄瓜枯萎病菌接种于 PDA 培养基上,在 25 ℃ 下培养 144 h,复壮菌种待用。

西芹种子浸提液的制备:将西芹种子用蒸馏水洗净吸干,分别用 80% 乙醇、80% 丙酮和蒸馏水 3 种浸提剂按 1 g : 5 ml 进行浸提。于常温下振荡浸提 24 h 过滤,置于冰箱(4 ℃)中保存备用。

1.2 研究方法

平板制备:将西芹种子浸提液经无菌过滤器过滤后,稀释 4 倍(乙醇、丙酮浸提剂浓度为 20%)作为母液,母液浓度为 50 mg · ml⁻¹。

将母液稀释为如下浓度:50 (S₁)、45 (S₂)、40 (S₃)、35 (S₄)、30 (S₅)、25 (S₆)、20 (S₇)、15 (S₈)、10 (S₉)、5 (S₁₀) 和 0.5 mg · ml⁻¹ (S₁₁),共 11 个处理,分别取各处理浸提液 2 ml 与熔融态的 18 ml PDA 培养基混合摇匀后倒入直径为 9 cm 的培养皿中。以不加任何物质的平板为空白(CK₁)。以含有 2 ml 浸提剂的平板为对照(CK₂)。

接种培养:在无菌条件下,用直径为 0.6 cm 的打孔器打取菌饼若干,用接种针将菌饼移入上述不

同的培养基上,菌丝一面向下,每皿一块放于中央,在 25 ℃ 恒温箱中培养,每处理重复 6 次。

1.3 数据处理

经 48 h 后用十字交叉法开始测量菌落直径,每隔 24 h 测 1 次,直到空白(CK₁)菌丝快长满培养皿为止,以 6 次重复菌落直径的平均值计算化感作用效果(方中达,1998)。并用 SAS、DPS 统计软件进行数据分析。

菌落直径(cm)=测量菌落直径平均值-0.6

化感效果(%)=(对照菌落直径-处理菌落直径)/对照菌落直径×100%

2 结果与分析

2.1 西芹种子蒸馏水浸提液对黄瓜枯萎病菌的化感作用

不同时间不同浓度的西芹种子水浸提液对黄瓜枯萎病菌生长的化感作用有所不同(图 1、表 1)。浓度为 10 ~ 50 mg · ml⁻¹ 的各处理的菌落直径均较对照 CK₂ 的菌落直径小,说明其对黄瓜枯萎病菌的生长有化感抑制作用,且随着浓度的增加,对黄瓜枯萎病菌菌落的生长抑制作用越明显,到处理后 144 h, S₁ 的菌落直径为 4.68 cm,比对照减少了 31.1%,并且除了 S₁₀ 在作用时间为 132 h、144 h 时与 CK₂ 无显著差异外,其各处理在不同时间对黄瓜枯萎病菌的化感抑制作用都达到了显著或极显著水平。而较低浓度(S₁₀和 S₁₁)的水浸提液对黄瓜枯萎病菌有化感促进作用,菌落生长直径大于对照,但并未达到显著水平。

加入浸提剂水后处理的菌落直径小于空白的菌

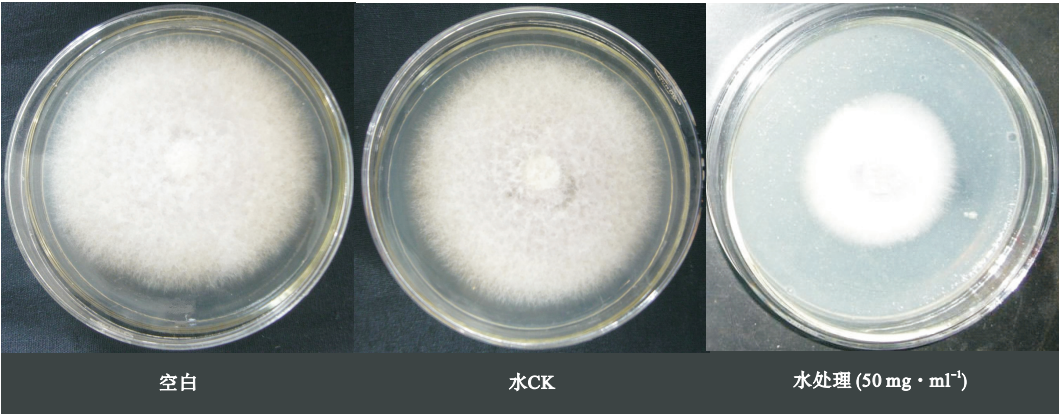


图 1 144 h 后西芹种子水浸提液(50 mg · ml⁻¹)处理后黄瓜枯萎病菌菌落的生长
Fig.1 Growth of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumeris* treated with the 50 mg · ml⁻¹ concentrations of distilled water extracts of parsley seeds after 144 h

表 1 不同浓度西芹种子水浸提液处理后黄瓜枯萎病菌菌落的生长

Table 1 Growth of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumeris* treated with the different concentrations of distilled water extracts of parsley seeds

处理	菌落直径 (cm)				
	48 h	72 h	96 h	120 h	144 h
CK ₁	2. 16 Aa	3. 41 Aa	4. 76 Aa	5. 99 Aa	7. 03 Aa
CK ₂	1. 93 Bb	3. 09 Bb	4. 43 Bb	5. 61 Bb	6. 79 BCbc
S ₁	1. 37 Gg	2. 22 Hgf	3. 21 Hh	3. 92 Jj	4. 68 Jj
S ₂	1. 38 Gg	2. 53 Ge	3. 35 Hgh	3. 93 Jj	4. 88 Ih
S ₃	1. 35 Gg	2. 35 Ig	3. 40 Ggh	4. 25 Hh	5. 42 Hg
S ₄	1. 35 Gg	2. 39 gf	3. 22 Ii	4. 24 Hh	5. 78 Ff
S ₅	1. 35 Gg	2. 33 Hlg	3. 26 Ii	4. 13 Ii	5. 51 Gg
S ₆	1. 36 Gg	2. 46 Hef	3. 41 Gg	4. 28 Hh	5. 53 Gg
S ₇	1. 51 Ff	2. 77 Fd	3. 66 Ff	4. 72 Gg	5. 53 Gg
S ₈	1. 63 Ee	2. 84 Ed	3. 81 Ee	4. 94 Ff	6. 09 Ee
S ₉	1. 73 Dd	3. 03 Bc	4. 46 Dd	5. 04 Ee	6. 28 Dd
S ₁₀	2. 05 Cc	3. 54 Dd	4. 71 Cac	5. 75 Dd	6. 86 Bb
S ₁₁	2. 08 Cc	3. 62 Cc	4. 68 Cc	5. 67 Cc	6. 71 Cc

数据均为同一处理 6 次重复的平均值;同列不同大写字母表示 $P<0.05$,同列不同小写字母表示 $P<0.01$ 。下同。

落直径,说明加入水后会对黄瓜枯萎病菌的生长有一定的影响,这可能是因加入水后降低了培养基单位面积上的营养成分等原因所致。

不同浓度的西芹种子水浸提液对黄瓜枯萎病菌的化感效果也不同(图 2)。25 ~ 50 $\text{mg} \cdot \text{ml}^{-1}$ 浓度的浸提液化感抑制效果明显高于其他处理,S₁ 到接种后 144 h,化感效果达 31.07%;各处理的化感效果随时间的变化不大。S₁₀、S₁₁ 表现为化感促进效应,且各处理的化感效果随时间的变化逐渐减弱。

2.2 西芹种子乙醇浸提液对黄瓜枯萎病菌的化感作用

不同浓度西芹种子乙醇浸提液处理黄瓜枯萎病菌后,菌落直径均较对照减小(图3、表2),S₁ 化感

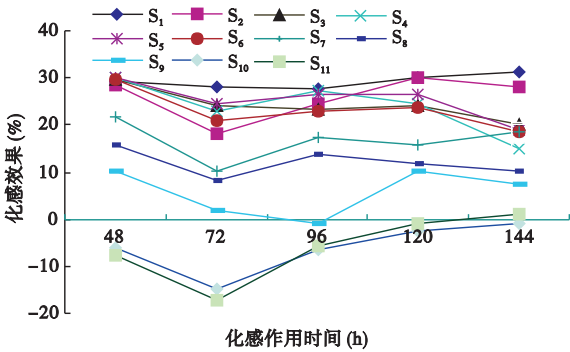


图 2 西芹种子水浸提液对黄瓜枯萎病菌的化感效果
Fig.2 Allelopathic effects of the distilled water extract of parsley seeds on *Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumeris*

作用 144 h 菌落直径为 2.79 cm,较对照减小 49.6%。各浓度浸提液的化感抑制作用随着作用时间也表现出不同的变化趋势,菌丝生长 48 h,S₁、S₂、S₃、S₄、S₆ 较对照达到显著水平,之后各时期的所有处理均显著低于对照。尤其是 S₁、S₂,在各时期均较对照表现出极显著的差异。

西芹种子乙醇浸提液处理黄瓜枯萎病菌,各浓度均表现为化感抑制作用(图 4)。其中 25 ~ 50 $\text{mg} \cdot \text{ml}^{-1}$ 浓度的处理化感效果较明显,且随着化感作用时间的延长,化感效果有上升的趋势,到 144 h 化感效果达最大值,S₁、S₂ 分别为 49.58%、45.74%。其余各浓度化感效果随时间的变化不很明显。

2.3 西芹种子丙酮浸提液对黄瓜枯萎病菌的化感作用

黄瓜枯萎病菌在加入不同浓度的西芹种子丙酮浸提液的培养基上生长势也较对照明显的减弱,表现出明显的化感抑制作用(图 5、表 3),S₁ 到 144 h 菌落直径为 2.51 cm,较对照减小 57.5%。不同浓

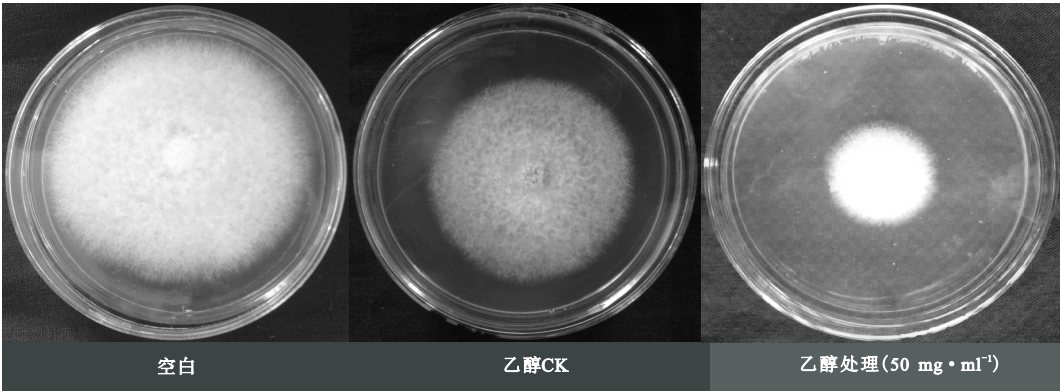


图 3 144 h 后西芹种子乙醇浸提液(50 $\text{mg} \cdot \text{ml}^{-1}$)处理后黄瓜枯萎病菌落的生长
Fig.3 Growth of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumeris* treated with the 50 $\text{mg} \cdot \text{ml}^{-1}$ concentrations of ethanol extracts of parsley seeds after 144 h

表2 不同浓度西芹种子乙醇浸提液处理后黄瓜枯萎病菌菌落的生长

Table 2 Growth of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumeris* treated with the different concentrations of ethanol extracts of parsley seeds

处理	菌落直径 (cm)				
	48 h	72 h	96 h	120 h	144 h
CK ₁	1.96 Aa	3.21 Aa	4.56 Aa	5.79 Aa	6.83 Aa
CK ₂	1.10 BCbc	2.12 Bb	3.35 Bb	4.52 Bb	5.52 Bb
S ₁	1.01 De	1.69 Ff	1.91 Gg	2.55 Gg	2.79 Ii
S ₂	1.03 Dde	1.68 Ff	2.23 Hh	2.92 Hh	3.11 Jj
S ₃	1.02 Dde	1.75 Eef	2.45 Ff	3.09 Ff	3.78 Hh
S ₄	1.02 Dbc	1.77 Ee	2.48 Ff	3.26 Ee	3.97 Fgf
S ₅	1.09 BCbc	1.77 Ee	2.54 Ee	3.23 Eef	4.03 Ff
S ₆	1.05 DCde	1.77 Ee	2.60 Ee	3.20 Eef	3.87 Gg
S ₇	1.09 BCbc	1.91 Dd	3.10 Dd	3.87 Dd	4.75 Ee
S ₈	1.05 BCcd	1.91 Dd	3.03 Dd	3.94 Dd	4.87 Dd
S ₉	1.12 Bbc	2.03 Cc	3.21 Cc	4.27 Cc	5.16 Cc
S ₁₀	1.13 Bb	2.02 Cc	3.21 Cc	4.25 Cc	5.11 Cc
S ₁₁	1.13 Bb	2.03 Cc	3.26 Cc	4.34 Cc	5.12 Cc

度的处理随着作用时间化感抑制作用不同,S₁₀、S₁₁在各个时期的菌丝生长量较对照未达到显著水平,35~50 mg·ml⁻¹各浓度在各个时期都较对照达到了极显著水平。西芹种子丙酮浸提液的化感抑制效应随时间的推移有增强的趋势。

西芹种子丙酮浸提液各浓度的化感效果均为抑制作用(图6),S₁、S₂的化感抑制效果明显,作用48 h后化感效果分别达44.22%、42.07%,之后化感效果逐渐降低,72 h后S₁、S₂、S₃的化感效果呈大幅度上升趋势,到144 h化感效果为57.45%、48.35%、35.79%。

2.4 不同浸提剂的西芹种子浸提液对黄瓜枯萎病菌化感作用强度的比较

不同浸提剂获得的浸提液对黄瓜枯萎病菌的化

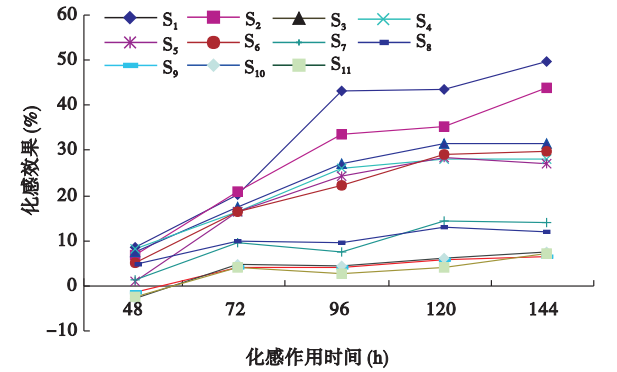


图4 西芹种子乙醇浸提液对黄瓜枯萎病菌的化感效果

Fig. 4 Allelopathic effects of the ethanol extract of parsley seeds on *Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumeris*

表3 不同浓度西芹种子丙酮浸提液处理后黄瓜枯萎病菌菌落的生长

Table 3 Growth of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumeris* treated with the different concentrations of acetone extracts of parsley seeds

处理	菌丝生长量 (cm)				
	48 h	72 h	96 h	120 h	144 h
CK ₁	1.96 Aa	3.21 Aa	4.56 Aa	5.79 Aa	6.83 Aa
CK ₂	0.81 Bb	2.22 Bb	3.26 Bb	4.30 Bb	5.91 Bb
S ₁	0.45 Dc	1.34 Ed	1.91 Ce	2.24 Hh	2.51 Ih
S ₂	0.47 Dc	1.77 Fe	2.32 Dd	2.76 Gg	3.05 Hg
S ₃	0.48 Dc	1.96 Gf	2.86 Ee	3.45 Ff	3.79 Gf
S ₄	0.51 Dc	2.11 Dc	3.15 Ff	3.80 Ee	4.75 Fe
S ₅	0.68 Cb	2.12 Dc	3.22 Bbf	3.83 Ede	5.10 Ede
S ₆	0.68 Cb	2.12 Dc	3.22 Bbf	3.83 Ede	5.13 Ede
S ₇	0.75 Bb	2.12 Dc	3.24 Bbf	3.86 DEde	5.47 Ded
S ₈	0.74 Bb	2.14 DCbc	3.23 Bbf	3.89 Dd	5.53 DCc
S ₉	0.75 Bb	2.13 DCbc	3.25 Bb	4.06 Cc	5.55 DCc
S ₁₀	0.78 Bb	2.16 Bbc	3.24 Bb	4.24 Bb	5.59 DCbc
S ₁₁	0.81 Bb	2.18 Bbc	3.26 Bb	4.25 Bb	5.80 BCbc

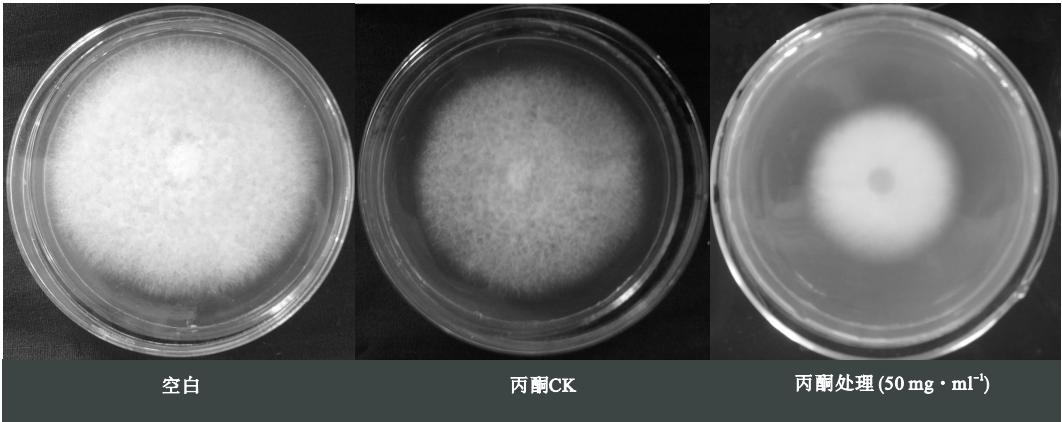


图5 144 h后西芹种子丙酮浸提液(50 mg·ml⁻¹)处理后黄瓜枯萎病菌菌落的生长

Fig. 5 Growth of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumeris* treated with the 50 mg·ml⁻¹ concentrations of acetone extracts of parsley seeds after 144 h

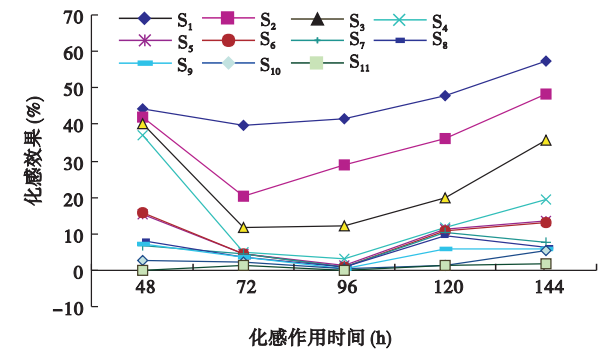


图 6 西芹种子丙酮浸提液对黄瓜枯萎病菌的化感效果
Fig. 6 Allelopathic effects of the acetone extract of parsley seeds on *Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumeris*

表 4 不同浸提剂的西芹种子浸提液对黄瓜枯萎病菌的化感抑制作用
Table 4 Allelopathy and inhibitory effect of different extracts from parsley seeds

浸提剂 (浓度 mg · ml ⁻¹)	抑制率 (%)	机率值	EC ₅₀ (mg · ml ⁻¹)	毒力回归方程
蒸馏水 (50)	31.1	5.19	148.84 Aa	Y=1.249X+2.286 R=0.942
乙醇 (50)	49.6	4.99	57.95 Bb	Y=2.018X+1.442 R=0.947
丙酮 (50)	57.5	4.50	46.89 Bb	Y=5.142X-3.593 R=0.972

Y 表示机率值, X 表示浸提液的对数浓度。

感抑制作用不同(表 4),丙酮 EC₅₀<乙醇 EC₅₀<蒸馏水 EC₅₀,且乙醇、丙酮浸提液的 EC₅₀显著低于蒸馏水浸提液,说明乙醇、丙酮浸提液的化感抑制作用大于蒸馏水浸提液。

3 讨 论

祝心如等(1997)发现,三裂叶豚草水浸液抑制大豆根瘤的生长,使根瘤数目减少,体积缩小。李玉平(2002)从菊科 15 属 25 种植物丙酮提取液对 5 种供试病原菌离体生物活性的测试结果可以看出,菊科植物有广泛的抑菌活性。Wang 等(2005)研究表明,嫁接茄根系分泌物不同程度抑制了黄萎病菌孢子萌发和菌丝生长。李云鹏等(2007)研究 4 种用于嫁接砧木的野生茄的腐解物及叶片浸提物提取液对茄子黄萎病菌均具有一定的化感抑制作用。林辰壹(2009)认为用质量分数 0.625% 的大蒜鳞茎提取液处理黄瓜种子 4 h,黄瓜枯萎病和猝倒病防治效果达到 100%。赵飞龙等(2009)研究的问荆、甘草、藜芦 3 种不同药用植物对黄瓜枯萎病菌的离体抑菌活性测定,结果表明,3 种植物中以甘草甲醇提取物的抑菌活性最高,达 64.20%。本试验也证实了西芹

种子水浸提液在较高浓度下(50 ~ 10 mg · ml⁻¹)对黄瓜枯萎病菌的生长有化感抑制作用,在较低浓度下(5 ~ 0.5 mg · ml⁻¹)则对其有一定的化感促进作用。乙醇和丙酮的浸提液在所试浓度范围内均表现为对黄瓜枯萎病菌不同程度的化感抑制作用。

本试验 3 种浸提液的化感效果均是高浓度(50 mg · ml⁻¹)浸提液对黄瓜枯萎病菌的化感抑制作用最强,表明各浸提液中含有对黄瓜枯萎病菌有化感效应的活性成分存在,其含量与浸提液浓度呈正相关。鞠会艳等(2002)研究了不同浓度邻苯二甲酸和丙二酸对根腐病病原菌的化感作用,结果发现,高浓度(1.0 g · L⁻¹)的 2 种有机酸对根腐病 3 个病原真菌的生长有化感抑制作用,而低浓度的 2 种有机酸则表现促进作用。刘福光等(2009)研究的旱芹果实提取物离体抑菌谱广,且抑菌活性随浓度的增加而提高;王茹华等(2006)也证实了不同浓度的肉桂酸和香草醛对茄子土传病原菌黄萎菌产生了或促进或抑制的化感作用,表明香草醛和肉桂酸可能在茄子抗病过程中具有一定作用。李夏等(2009)研究茄子自毒物质对辣椒种子萌发及枯萎菌的化感效应时指出,香草醛和肉桂酸对辣椒枯萎菌菌丝生长都具有化感抑制作用,随着浓度的增大,抑制作用增强。周宝利等(2009)也认为己二酸二异丁酯对辣椒枯萎菌菌丝生长的化感抑制作用强度随着浓度增加而增强。均与本研究的结论相吻合。

化感物质通常是多种成分共存的,它们共同作用对受体植物产生抑制或促进作用,这就是化感物质的复合效应(Blum,1996)。西芹种子水浸提液对黄瓜枯萎病菌表现出高浓度抑制低浓度促进的现象,这可能是因为西芹种子水浸提液中同时存在抑菌和促菌活性物质,较高浓度时化感物质中抑菌活性物质的比例大于促菌活性物质的比例而表现为抑制作用,而在较低浓度时促菌活性物质的比例大于抑菌活性物质,表现为一定的促进作用。

4 结 论

西芹种子蒸馏水、乙醇、丙酮浸提液对黄瓜枯萎病菌均有化感作用,且浓度越大化感作用越明显,表现为化感作用的浓度效应。

各浸提液的化感效果在所试浓度范围内均为 50 mg · ml⁻¹ 浓度的处理抑制作用最强;到作用 144 h 化感效果蒸馏水浸提液为 31.1%,乙醇浸提液为 49.6%,丙酮浸提液为 57.5%。

化感作用强度乙醇、丙酮浸提液大于蒸馏水浸提液。

参考文献

- 曹 阳. 2009. 西芹腐根及腐根际区水浸提液对黄瓜枯萎病菌化感作用的研究(硕士学位论文). 呼和浩特: 内蒙古农业大学.
- 方中达. 1998. 植病研究法(第3版). 北京: 中国农业出版社.
- 韩 燕, 云兴福. 2007. 西芹根水浸提液对黄瓜枯萎病菌的化感作用. 内蒙古农业大学学报, **28**(4): 112-115.
- 鞠会艳, 韩丽梅, 王树起, 等. 2002. 连作大豆根系分泌物对根腐病病原菌的化感作用. 应用生态学报, **13**(6): 723-727.
- 孔垂华. 2002. 21 世纪植物化学生态学前沿领域. 应用生态学报, **13**(3): 349-353.
- 李 夏, 周宝利, 陈绍莉, 等. 2009. 茄子自毒物质对辣椒种子萌发及枯萎菌的化感效应. 生态学报, **29**(2): 960-965.
- 李玉平, 慕小倩, 冯俊涛, 等. 2002. 几种菊科植物杀菌活性的初步研究. 西北农林科技大学学报(自然科学版), **30**(1): 68-72.
- 李云鹏, 周宝利, 李之璞, 等. 2007. 野生抗病茄植株腐解物对茄子黄萎病菌的化感作用研究. 沈阳农业大学学报, **38**(4): 500-503.
- 廉 华, 王茹华. 2009. 嫁接茄子根系分泌物对黄萎病菌的化感作用. 植物保护, **35**(3): 63-65.
- 林辰壹, 郑成锐, 程智慧. 2009. 大蒜鳞茎提取液对黄瓜 2 种种传病害的抑制及化感作用研究. 西北农林科技大学学报(自然科学版), **37**(10): 140-144.
- 刘福光, 谢慧琴, 王春娟, 等. 2009. 11 种伞形科植物提取物对七种植物病原菌的抑制作用. 新疆农业科学, **46**(4): 888-890.
- 王茹华, 周宝利, 张启发, 等. 2006. 茄子根系分泌物中香草醛和肉桂酸对黄萎菌的化感效应. 生态学报, **26**(9): 3152-3155.
- 袁高庆, 黎起秦, 叶云峰, 等. 2009. 植物化感作用在植物病害控制中的应用. 广西农业科学, **40**(8): 1017-1020.
- 赵飞龙, 董海龙, 仲嘉伟, 等. 2009. 三种植物提取物对黄瓜枯萎病菌的离体抑菌活性测定. 山西农业科学, **37**(2): 50-52.
- 周宝利, 张 健, 刘 娜, 等. 2009. 己二酸二异丁酯对辣椒种子萌发及枯萎菌的化感效应. 生态学杂志, **28**(11): 2273-2278.
- 祝心如, 王 威, 赵国镇, 等. 1997. 三裂叶豚草对大豆根系生长及其结瘤的影响. 生态学报, **17**(4): 407-411.
- Blum U. 1996. Allelopathic interactions involving phenolic acids. *Journal of Nematology*, **28**: 259-267.
- Wang RH, Zhou BL, Zhang FL, *et al.* 2005. Allelopathic effects of root extracts of eggplants on *Verticillium* wilt (*Verticillium dahliae*). *Allelopathy Journal*, **15**: 75-84.

作者简介 贾俊英, 女, 1973 年生, 博士研究生。主要从事西芹种子对黄瓜枯萎病菌化感作用的研究。E-mail: jjy509628@163.com

责任编辑 李凤芹
