

# 西芹鲜根及根际区物化感物质成分鉴定

陈磊,云兴福

(内蒙古农业大学 农学院,内蒙古 呼和浩特 010019)

**摘要:**为探讨西芹鲜根及根际区物化感物质成分,利用柱层析法及 GC-MS 对西芹鲜根及根际区物不同浸提液二次层析后化感效应最佳流分进行分离鉴定。结果表明,西芹鲜根与根际区物乙醇浸提液二次层析后化感效应最佳流分的主要化感成分均为 4-二甲氨基-2-甲基-1-苯基-丁-2-醇、8-十八烯酸甲酯、棕榈酸甲酯、十八烷二烯酸甲酯;西芹鲜根与根际区物丙酮浸提液二次层析后化感效应最佳流分的主要化感成分为 2-丙烯酸十五烷基酯;西芹鲜根与根际区物水浸提液二次层析后化感效应最佳流分的主要化感成分为十六烷基二甲基叔胺、14-甲基十五烷酸甲酯、六甲基环三硅氧烷、(E)-9-十八烯酸甲酯、蓖麻油酸甲酯、16-甲基十七烷酸甲酯。

**关键词:**西芹;鲜根;根际区物;化感物质;成分鉴定

中图分类号:S436 文献标识码:A 文章编号:1000-7091(2012)02-0157-08

## Allelochemicals Identification in the Root and the Rhizosperic Soil of Parsley

CHEN Lei ,YUN Xing-fu

(Inner Mongolia Agricultural University Agricultural College ,Huhhot 010019 ,China)

**Abstract:** In order to investigate the allelochemicals in the root and the rhizosperic soil of parsley ,the column chromatography and GC-MS were used to study the best allelopathy fraction of different extracts in the root and the rhizosperic soil of parsley after secondary separation. The results showed the main allelochemicals of the best allelopathy fraction of the ethanol extract in the root and the rhizosperic soil of parsley after secondary separation were 4-Dimethylamino-2-methyl-1-phenyl-butan-2-ol ,8-Octadecenoic acid ,methyl ester ,Hexadecanoic acid ,methyl ester ,Octadecadienoic acid ,methyl ester; the main allelochemicals of the best allelopathy fraction of the acetone extract in the root and the rhizosperic soil of parsley after secondary separation were 2-Propenoic acid ,pentadecyl ester; the main allelochemicals of the best allelopathy fraction of the aqueous extract in the root and the rhizosperic soil of parsley after secondary separation were 1-Hexadecanamine ,N ,N-dimethyl-,Pentadecanoic acid ,14-methyl-,methyl ester ,Cyclotrisiloxane ,hexamethyl-,9-Octadecenoic acid ,methyl ester ,(E)-,Methyl ricinoleate ,Heptadecanoic acid ,16-methyl-,methyl ester.

**Key words:** Parsley; Root ; Rhizosperic soil; Allelochemicals; Identification

西芹,伞形科,为一二年生草本植物,适应性强,是秋冬的主要蔬菜之一。西芹根系较浅,主要分布在 30 cm 左右;叶为二回奇数羽状复叶,每片叶具 2~3 对小叶,叶三裂;叶柄长而发达,是主要的食用部分,口味浓,质地脆<sup>[1]</sup>。

化感作用是指由生物自身产生并释放到外界环境中去的化学物质,对其周围生物或自身产生的有益或有害的效应<sup>[2]</sup>。近年来,由于化感作用具有既操作方便,又不会造成环境污染的优势,使得其成为

一种深具潜力的可持续发展农业防治病害的措施,应用前景广阔<sup>[3]</sup>。研究表明,西芹鲜根及根际区物浸提液、腐根及腐根际区物浸提液、干根浸提液、种子浸提液对黄瓜枯萎病菌具有化感作用,且其作用机理已有报道<sup>[4-12]</sup>。基于以上研究,本试验进一步对西芹鲜根及根际区物化感物质成分鉴定进行详细研究,旨在为开发防治黄瓜枯萎病菌的生物性制剂提供理论依据。

收稿日期:2011-11-15

基金项目:国家自然科学基金项目(30960068);内蒙古自治区科技攻关项目(20081503)

作者简介:陈磊(1984-),女,内蒙古赤峰人,在读博士,主要从事西芹鲜根及根际区物化感物质成分鉴定的研究。

通讯作者:云兴福(1958-),男,内蒙古包头人,教授,博士生导师,主要从事蔬菜化感作用的研究。

## 1 材料和方法

### 1.1 试验材料准备

将美国西芹种子浸种催芽后,于 2010 年 1 月 23 日播种于内蒙古农业大学教学基地的日光温室里育苗 3 月 23 日定植,田间密度为  $15\text{ cm} \times 15\text{ cm}$ ,进行常规管理。2011 年相同方法进行试验。

1.1.1 浸提剂及提取方法 浸提剂:将蒸馏水、分析纯的乙醇、丙酮分别配置成浓度为 80% 的溶液作为浸提剂;提取方法:浸提法。

1.1.2 西芹鲜根及根际区物浸提液的制备 于西芹 8~10 叶期,随机拔取西芹,切取鲜根并洗净,切成约 1 cm 长的小段,分别用 3 种浸提剂以根质量/液体体积 = 1 g/2 mL 的比例浸提 24 h,过滤后即是试验母液,贮藏于低温冰箱(4℃)中备用。

于西芹 8~10 叶期,随机拔取西芹,取根穴内土壤混合,在同一田块内随机取未种植西芹的土壤混合。同样用 3 种浸提剂以 1 g/2 mL 的比例浸提 24 h,过滤后即为试验母液,贮藏于低温冰箱(4℃)中备用。

1.1.3 化感物质分离与化感作用检测

1.1.3.1 一次分离(柱层析法):参照郭鸿儒<sup>[13]</sup>的方法并稍加改进。以浸提剂为洗脱液分别进行洗脱。选用规格为  $10\text{ mm} \times 200\text{ mm}$  的层析柱,采用  $74 \sim 154\text{ }\mu\text{m}$  的硅胶为固定相,用湿法装柱,取上述试验母液各 10 mL 分别做柱层析分离。每个流分收集 3 份,共 15 mL,各自得到 10 个流分,编号 1~10。

1.1.3.2 对一次分离纯化的流分进行化感作用检测:运用化感效应实验测定各个流分的生物活性。即将每个流分分别等量与熔融状态下的 PDA 培养基混合摇匀,倒入直径为 9 cm 的培养皿中,使每皿含 2 mL 流分,18 mL 培养基。以含有 2 mL 浸提剂的平板为对照(ck),以不加任何物质的平板为空白,每一处理 3 次重复。接入黄瓜枯萎病菌,用十字交叉法测量菌落直径,每 24 h 测量一次并记录,用 3 次重复的平均值计算化感效果。用 SAS 软件进行方差分析。进而得出西芹鲜根乙醇浸提液一次层析后各流分中化感效应最好的为流分 3,西芹根际区物乙醇浸提液的为流分 7,西芹鲜根丙酮浸提液的为流分 1,西芹根际区物丙酮浸提液的为流分 4,西芹鲜根水浸提液的为流分 2,西芹根际区物水浸提液的为流分 7(另文报道)。将这些化感效应最佳流分分别做二次分离。

1.1.3.3 二次分离及化感作用检测:选用规格为  $10\text{ mm} \times 200\text{ mm}$  的层析柱,采用  $54 \sim 74\text{ }\mu\text{m}$  的硅

胶,以 3 种浸提剂为洗脱液分别对上述最佳流分做二次柱层析分离。对所得流分进行生物检测,得出西芹鲜根乙醇浸提液一次层析后所得流分中化感效应最好的流分 3 经过二次层析分离后各流分中化感效应最显著的 2 个流分为流分 5 和流分 6,西芹根际区物乙醇浸提液一次层析后所得流分中化感效应最好的流分 7 经过二次层析分离后各流分中化感效应最显著的 2 个流分为流分 4 和流分 6,西芹鲜根丙酮浸提液一次层析后所得流分中化感效应最好的流分 1 经过二次层析分离后各流分中化感效应最显著的 2 个流分为流分 1 和流分 2,西芹根际区物丙酮浸提液一次层析后所得流分中化感效应最好的流分 4 经过二次层析分离后各流分中化感效应最显著的 2 个流分为流分 1 和流分 3,西芹鲜根水浸提液一次层析后所得流分中化感效应最好的流分 2 经过二次层析分离后各流分中化感效应最显著的 2 个流分为流分 1 和流分 5,西芹根际区物水浸提液一次层析后所得流分中化感效应最好的流分 7 经过二次层析分离后各流分中化感效应最显著的 2 个流分为流分 1 和流分 5(另文报道)。将这些流分做成分鉴定。

### 1.2 化感活性物质成分鉴定方法

仪器: Finnigan TRACE DSQ GC/MS 气相色谱四极杆质谱联用仪(美国)。DB-5 毛细管柱,  $30\text{ m} \times 0.25\text{ mm} \times 0.25\text{ }\mu\text{m}$ ,起始温度为 60℃,保持 3 min,随后以  $20^\circ\text{C}/\text{min}$  的速度上升到 280℃,保持 40 min,载气为氦气(1 mL/min),进样器温度为 220℃,接口温度为 250℃,电子能量 70 eV,电离方式 EI,离子源 220 V,检测器电压 350 V。

西芹提取物化感活性物质经 GC/MS 分析,应用 NIST98 质谱库,通过计算机检索系统进行物质鉴定。

## 2 结果与分析

### 2.1 西芹鲜根乙醇浸提液二次层析所得 2 个化感效应最佳流分的成分鉴定

西芹鲜根乙醇浸提液二次层析最佳流分 5 分离得到 3 个色谱峰(图 1),经分析鉴定(表 1)得出,主要成分是 4-二甲氨基-2-甲基-1-苯基-丁-2-醇,其含量达 50.57%;其次是 2-丙烯酸十五酯和 2,4-二甲基-苯并[b]喹啉,其含量分别为 25.41% 和 24.03%。

西芹鲜根乙醇浸提液二次层析最佳流分 6 分离得到 8 个色谱峰(图 2),经分析鉴定(表 2)得出,主要成分是 D-异薄荷醇,其含量达 33.90%;其次是

8-十八烯酸甲酯、棕榈酸甲酯和( Z,Z)-9,12-十八烷二烯酸甲酯,其含量分别为 21.42% ,13.26% , 10.16%; 其他成分含量均在 10% 以下,主要是烯烴、酯类、烷烴类和醇类。

表 1 西芹鲜根乙醇浸提液二次层析最佳流分 5 的化感物质

Tab. 1 Allelochemicals of 5 <sup>th</sup> of the ethanol extract in the root of parsley after secondary separation					
编号 No.	化合物 Compounds	保留时间/min Retention time	分子式 Molecular Formula	分子量 Mol. wt	相对含量/% Relative content
1	2-丙烯酸十五酯 2-Propenoic acid pentadecyl ester	12.35	C <sub>9</sub> H <sub>8</sub> O <sub>2</sub>	148	25.41
2	2-4-二甲基-苯并[b]喹啉 Benzo[h]quinoline 2-4-dimethyl-	18.34	C <sub>15</sub> H <sub>13</sub> N	207	24.03
3	4-二甲氨基-2-甲基-1-苯基-丁-2-醇 4-Dimethylamino-2-methyl-1-phenyl-butan-2-ol	19.20	C <sub>13</sub> H <sub>21</sub> NO	207	50.57

表 2 西芹鲜根乙醇浸提液二次层析最佳流分 6 的化感物质

Tab. 2 Allelochemicals of 6 <sup>th</sup> of the ethanol extract in the root of parsley after secondary separation					
编号 No.	化合物 Compounds	保留时间/min Retention time	分子式 Molecular Formula	分子量 Mol. wt	相对含量/% Relative content
1	D-异薄荷醇 (+)-Isomenthol	5.05	C <sub>10</sub> H <sub>20</sub> O	156	33.90
2	1-十三烯 1-Tridecene	12.35	C <sub>13</sub> H <sub>26</sub>	182	3.91
3	棕榈酸甲酯 Hexadecanoic acid methyl ester	15.30	C <sub>17</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	270	13.26
4	(Z,Z)-9,12-十八烷二烯酸甲酯 9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-methyl ester	17.40	C <sub>19</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	294	10.16
5	8-十八烯酸甲酯 8-Octadecenoic acid methyl ester	17.47	C <sub>18</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	282	21.42
6	16-甲基十七烷酸甲酯 Heptadecanoic acid 16-methyl-methyl ester	17.81	C <sub>19</sub> H <sub>38</sub> O <sub>2</sub>	298	4.42
7	十甲基四硅氧烷 Tetrasiloxane decamethyl-	18.35	C <sub>10</sub> H <sub>30</sub> O <sub>3</sub> Si <sub>4</sub>	310	4.00
8	4-二甲氨基-2-甲基-1-苯基-丁-2-醇 4-Dimethylamino-2-methyl-1-phenyl-butan-2-ol	19.20	C <sub>13</sub> H <sub>21</sub> NO	207	8.93

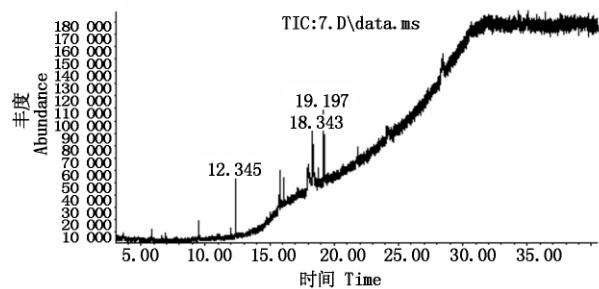


图 1 西芹鲜根乙醇浸提液二次层析最佳流分 5 的 GC-MS 鉴定图谱

Fig. 1 GC-MS spectrum of 5<sup>th</sup> of the ethanol extract in the root of parsley after secondary separation

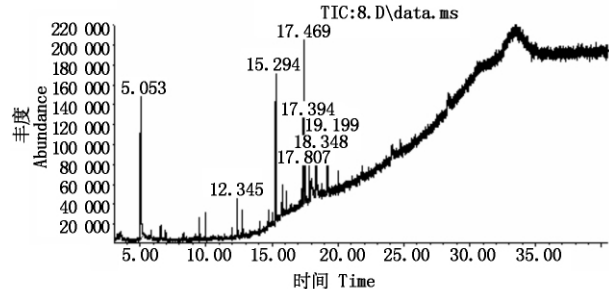


图 2 西芹鲜根乙醇浸提液二次层析最佳流分 6 的 GC-MS 鉴定图谱

Fig. 2 GC-MS spectrum of 6<sup>th</sup> of the ethanol extract in the root of parsley after secondary separation

表 3 西芹根际区物乙醇浸提液二次层析最佳流分 4 的化感物质

Tab. 3 Allelochemicals of 4 <sup>th</sup> of the ethanol extract in the rhizospheric soil of parsley after secondary separation					
编号 No.	化合物 Compounds	保留时间/min Retention time	分子式 Molecular Formula	分子量 Mol. wt	相对含量/% Relative content
1	肉豆蔻酸甲酯 Methyl tetradecanoate	12.78	C <sub>15</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub>	242	3.77
2	棕榈酸甲酯 Hexadecanoic acid methylester	15.30	C <sub>17</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	270	20.05
3	邻苯二甲酸环己基-2-戊酯 Phthalic acid cyclohexyl 2-pentyl ester	15.81	C <sub>19</sub> H <sub>26</sub> O <sub>4</sub>	318	3.35
4	10,13-十八烷二烯酸甲酯 10,13-Octadecadienoic acid methyl ester	17.40	C <sub>19</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	294	15.74
5	8-十八烯酸甲酯 8-Octadecenoic acid methyl ester	17.47	C <sub>19</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	296	31.78
6	16-甲基十七烷酸甲酯 Heptadecanoic acid 16-methyl-methyl ester	17.81	C <sub>19</sub> H <sub>38</sub> O <sub>2</sub>	298	7.21
7	六甲基环三硅氧烷 Cyclotrisiloxane hexamethyl-	18.35	C <sub>6</sub> H <sub>18</sub> O <sub>3</sub> Si <sub>3</sub>	222	4.63
8	苄索氯铵 Benzethonium Chloride	19.20	C <sub>27</sub> H <sub>42</sub> ClNO <sub>2</sub>	448	8.72
9	乙酰柠檬酸三丁酯 Tributyl acetylcitrate	20.05	C <sub>20</sub> H <sub>34</sub> O <sub>8</sub>	402	4.75

2.2 西芹根际区物乙醇浸提液二次层析所得 2 个化感效应最佳流分的成分鉴定

西芹根际区物乙醇浸提液二次层析最佳流分 4 分离得到 9 个色谱峰(图 3),经分析鉴定(表 3)得出,主要成分是 8-十八烯酸甲酯,其含量达 31.78%;其次是棕榈酸甲酯和 10,13-十八烷二烯酸甲酯,其含量分别为 20.05% 和 15.74%;其他成分含量均在 10% 以下,主要是酯类、烷烃类和铵类。

西芹根际区物乙醇浸提液二次层析最佳流分 6 分离得到 11 个色谱峰(图 4),经分析鉴定(表 4)得出,主要成分是 7-十八烯酸甲酯,其含量达 23.10%;其次是 14-甲基十五烷酸甲酯、4-二甲氨基-2-甲基-1-苯基-丁-2-醇和 10,13-十八烷二烯酸甲

酯,其含量分别为 17.18% ,12.35% ,11.56%;其他成分含量均在 10% 以下,主要是烯烃、酯类、醇类、苯类和烷烃类。

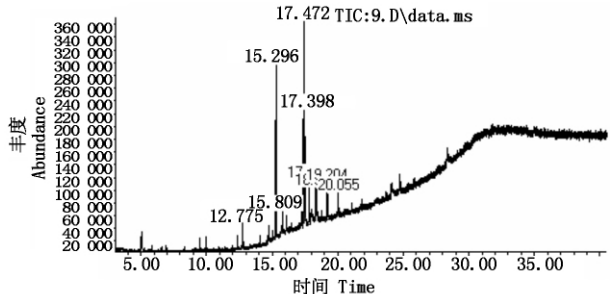


图 3 西芹根际区物乙醇浸提液二次层析最佳流分 4 的 GC-MS 鉴定图谱

Fig. 3 GC-MS spectrum of 4<sup>th</sup> of the ethanol extract in the rhizosperic soil of parsley after secondary separation

表 4 西芹根际区物乙醇浸提液二次层析最佳流分 6 的化感物质

Tab. 4 Allelochemicals of 6<sup>th</sup> of the ethanol extract in the rhizosperic soil of parsley after secondary separation

编号 No.	化合物 Compounds	保留时间/min Retention time	分子式 Molecular Formula	分子量 Mol. wt	相对含量/% Relative content
1	1-十二烯 1-Dodecene	12.35	C <sub>12</sub> H <sub>24</sub>	168	4.84
2	14-甲基十五烷酸甲酯 Pentadecanoic acid 14-methyl- methyl ester	15.30	C <sub>17</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	270	17.18
3	邻苯二甲酸丁基酯 2-乙基己基酯 1 2-Benzenedicarboxylic acid butyl 2-ethylhexyl ester	15.81	C <sub>20</sub> H <sub>30</sub> O <sub>4</sub>	334	4.67
4	棕榈酸乙酯 Hexadecanoic acid ethyl ester	16.08	C <sub>20</sub> H <sub>30</sub> O <sub>4</sub>	284	3.98
5	10,13-十八烷二烯酸甲酯 10,13-Octadecadienoic acid methyl ester	17.40	C <sub>19</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	294	11.56
6	7-十八烯酸甲酯 7-Octadecenoic acid methyl ester	17.47	C <sub>19</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	296	23.10
7	16-甲基十七烷酸甲酯 Heptadecanoic acid 16-methyl- methyl ester	17.81	C <sub>19</sub> H <sub>38</sub> O <sub>2</sub>	298	4.76
8	1-(1-甲氧基-2-丙烯基) 环戊醇 Cyclopentanol 1-(1-methylene-2-propenyl) -	18.35	C <sub>9</sub> H <sub>14</sub> O	138	9.41
9	1,2-双(三甲基硅基) 苯 1,2-Bis( trimethylsilyl) benzene	18.43	C <sub>12</sub> H <sub>22</sub> Si <sub>2</sub>	222	6.53
10	4-二甲氨基-2-甲基-1-苯基-丁-2-醇 4-Dimethylamino-2-methyl-1-phenyl-butan-2-ol	19.20	C <sub>13</sub> H <sub>21</sub> NO	207	12.35
11	甲基三(三甲基硅氧烷基) 硅烷 Methyltris( trimethylsiloxy) silane	28.37	C <sub>10</sub> H <sub>30</sub> O <sub>3</sub> Si <sub>4</sub>	310	1.62

表 5 西芹鲜根丙酮浸提液二次层析最佳流分 1 的化感物质

Tab. 5 Allelochemicals of 1<sup>st</sup> of the acetone extract in the root of parsley after secondary separation

编号 No.	化合物 Compounds	保留时间/min Retention time	分子式 Molecular Formula	分子量 Mol. wt	相对含量/% Relative content
1	2-十二烷醇 2-Dodecanol	12.34	C <sub>12</sub> H <sub>26</sub> O	186	45.28
2	十六烷基二甲基叔胺 1-Hexadecanamine , N,N-dimethyl-	15.06	C <sub>18</sub> H <sub>39</sub> N	269	36.94
3	4-甲基-2-三甲基硅氧基-苯乙酮 4-Methyl-2-trimethylsilyloxy-acetophenone	28.35	C <sub>12</sub> H <sub>18</sub> O <sub>2</sub> Si	222	17.78

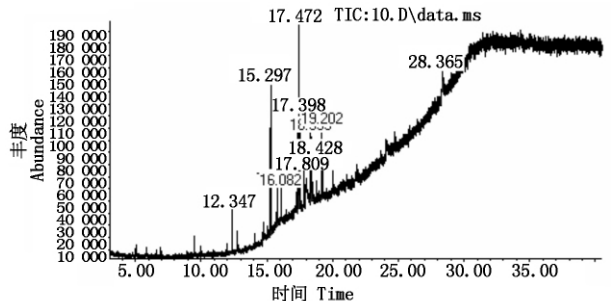


图 4 西芹根际区物乙醇浸提液二次层析最佳流分 6 的 GC-MS 鉴定图谱  
Fig. 4 GC-MS spectrum of 6<sup>th</sup> of the ethanol extract in the rhizosperic soil of parsley after secondary separation

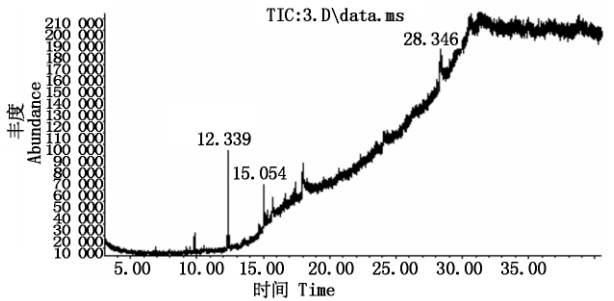


图 5 西芹鲜根丙酮浸提液二次层析最佳流分 1 的 GC-MS 鉴定图谱  
Fig. 5 GC-MS spectrum of 1<sup>st</sup> of the acetone extract in the root of parsley after secondary separation

2.3 西芹鲜根丙酮浸提液二次层析所得 2 个化感效应最佳流分的成分鉴定

西芹鲜根丙酮浸提液二次层析最佳流分 1 分离得到 3 个色谱峰(图 5) 经分析鉴定(表 5) 得出 ,主

要成分是 2-十二烷醇 其含量达 45.28%; 其次是十六烷基二甲基叔胺和 4-甲基-2-三甲基硅氧基-苯乙酮 其含量分别为 36.94% 和 17.78%。

表 6 西芹鲜根丙酮浸提液二次层析最佳流分 2 的化感物质

Tab. 6 Allelochemicals of 2<sup>nd</sup> of the acetone extract in the root of parsley after secondary separation

编号 No.	化合物 Compounds	保留时间/min Retention time	分子式 Molecular Formula	分子量 Mol. wt	相对含量/% Relative content
1	2-丙烯酸十五烷基酯 2-Propenoic acid , pentadecyl ester	12.34	C <sub>18</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	282	49.66
2	(Z)-9-十八烯酸酰胺 9-Octadecenamide, (Z)-	21.85	C <sub>18</sub> H <sub>35</sub> NO	281	50.34

西芹鲜根丙酮浸提液二次层析最佳流分 2 分离得到 2 个色谱峰(图 6) 经分析鉴定(表 6) 得出 ,主要成分是 (Z)-9-十八烯酸酰胺和 2-丙烯酸十五烷基酯 其含量分别为 50.34% 和 49.66%。

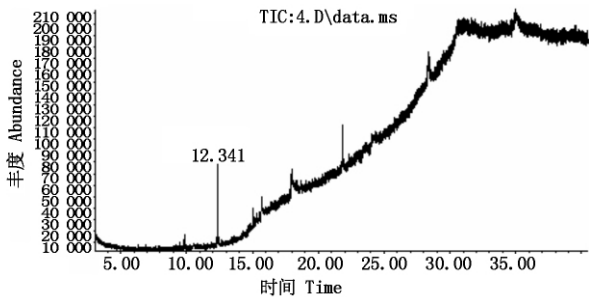


图 6 西芹鲜根丙酮浸提液二次层析最佳流分 2 的 GC-MS 鉴定图谱

Fig. 6 GC-MS spectrum of 2<sup>nd</sup> of the acetone extract in the root of parsley after secondary separation

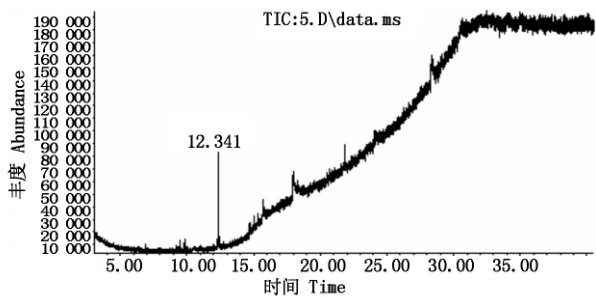


图 7 西芹根际区物丙酮浸提液二次层析最佳流分 1 的 GC-MS 鉴定图谱

Fig. 7 GC-MS spectrum of 1<sup>st</sup> of the acetone extract in the rhizosperic soil of parsley after secondary separation

2.4 西芹根际区物丙酮浸提液二次层析所得 2 个化感效应最佳流分的成分鉴定

西芹根际区物丙酮浸提液二次层析最佳流分 1 分离得到 1 个色谱峰(图 7) 经分析鉴定(表 7) 得出 ,主要成分是 2-丙烯酸十五烷基酯 其含量为 100%。

表 7 西芹根际区物丙酮浸提液二次层析最佳流分 1 的化感物质

Tab. 7 Allelochemicals of 1<sup>st</sup> of the acetone extract in the rhizosperic soil of parsley after secondary separation

编号 No.	化合物 Compounds	保留时间/min Retention time	分子式 Molecular Formula	分子量 Mol. wt	相对含量/% Relative content
1	2-丙烯酸十五烷基酯 2-Propenoic acid , pentadecyl ester	12.34	C <sub>18</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	282	100.00

表 8 西芹根际区物丙酮浸提液二次层析最佳流分 3 的化感物质

Tab. 8 Allelochemicals of 3<sup>rd</sup> of the acetone extract in the rhizosperic soil of parsley after secondary separation

编号 No.	化合物 Compounds	保留时间/min Retention time	分子式 Molecular Formula	分子量 Mol. wt	相对含量/% Relative content
1	Methyl 4- $\beta$ -decadienyl ether	12.35	C <sub>12</sub> H <sub>22</sub> O	182	100.00

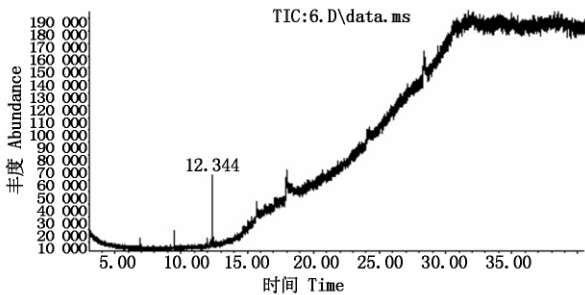


图 8 西芹根际区物丙酮浸提液二次层析最佳流分 3 的 GC-MS 鉴定图谱

Fig. 8 GC-MS spectrum of 3<sup>rd</sup> of the acetone extract in the rhizosperic soil of parsley after secondary separation

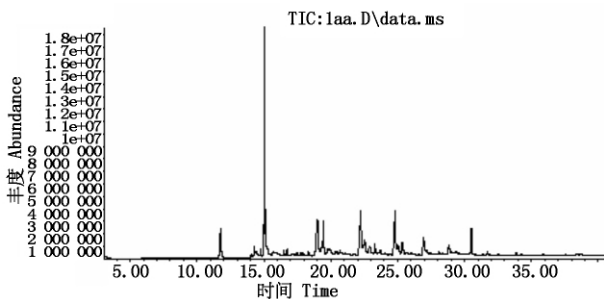


图 9 西芹鲜根水浸提液二次层析最佳流分 1 的 GC-MS 鉴定图谱

Fig. 9 GC-MS spectrum of 1<sup>st</sup> of the aqueous extract in the root of parsley after secondary separation

西芹根际区物丙酮浸提液二次层析最佳流分 3 分离得到 1 个色谱峰(图 8)经分析鉴定(表 8)得出,主要成分是 Methyl 4  $\beta$ -decadienyl ether 其含量为 100%。

## 2.5 西芹鲜根水浸提液二次层析所得 2 个化感效应最佳流分的成分鉴定

表 9 西芹鲜根水浸提液二次层析最佳流分 1 的化感物质

Tab. 9 Allelochemicals of 1<sup>st</sup> of the aqueous extract in the root of parsley after secondary separation

编号 No.	化合物 Compounds	保留时间/min Retention time	分子式 Molecular Formula	分子量 Mol. wt	相对含量/% Relative content
1	十八烯 1-Octadecene	11.77	C <sub>18</sub> H <sub>38</sub>	252	4.74
2	2-Pyrrolidinone, 1-(3,7,11-trimethyldodecyl)-	14.27	C <sub>19</sub> H <sub>37</sub> NO	295	1.14
3	2,3,4-三氟苯甲酸-2-十五烷基酯 2,3,4-Trifluorobenzoic acid, 2-pentadecyl ester	14.41	C <sub>22</sub> H <sub>33</sub> F <sub>3</sub> O <sub>2</sub>	386	1.23
4	十六烷基二甲基叔胺 1-Hexadecanamine, N,N-dimethyl-	14.97	C <sub>18</sub> H <sub>39</sub> N	269	2.86
5	十四烷基二甲基叔胺 1-Tetradecanamine, N,N-dimethyl-	15.08	C <sub>16</sub> H <sub>35</sub> N	241	18.25
6	硬脂醇乙酸酯 Acetic acid, octadecyl ester	19.01	C <sub>20</sub> H <sub>40</sub> O <sub>2</sub>	312	8.83
7	硬脂醇乙酸酯 Acetic acid, octadecyl ester	19.37	C <sub>20</sub> H <sub>40</sub> O <sub>2</sub>	312	1.99
8	9-氮杂二环[6.1.0]壬-4-烯-9-胺(1 $\alpha$ ,4Z,8 $\alpha$ ) 9-Azabicyclo[6.1.0]non-4-en-9-amine, (1. $\alpha$ . 4Z 8. $\alpha$ . )-	19.46	C <sub>8</sub> H <sub>14</sub> N <sub>2</sub>	138	4.20
9	十八烷异丁碳酸酯 Carbonic acid, isobutyl octadecyl ester	19.91	C <sub>23</sub> H <sub>46</sub> O <sub>3</sub>	370	1.25
10	硬脂醇乙酸酯 Acetic acid, octadecyl ester	22.23	C <sub>20</sub> H <sub>40</sub> O <sub>2</sub>	312	9.89
11	1-十六烯 1-Hexadecene	22.52	C <sub>16</sub> H <sub>32</sub>	224	1.88
12	硬脂醇乙酸酯 Acetic acid, octadecyl ester	22.55	C <sub>20</sub> H <sub>40</sub> O <sub>2</sub>	312	1.38
13	4,4,6-Trimethyltetrahydro-1,3-oxazine-2-thione	22.91	C <sub>7</sub> H <sub>13</sub> NOS	143	1.88
14	9-氮杂二环[6.1.0]壬-4-烯-9-胺(1 $\alpha$ ,4Z,8 $\alpha$ ) 9-Azabicyclo[6.1.0]non-4-en-9-amine, (1. $\alpha$ . 4Z 8. $\alpha$ . )-	23.31	C <sub>8</sub> H <sub>14</sub> N <sub>2</sub>	138	1.04
15	环喷他明 Cyclopentaneethanamine, N, $\alpha$ . -dimethyl-	24.81	C <sub>9</sub> H <sub>19</sub> N	141	7.59
16	Cyclotetracosane	25.05	C <sub>24</sub> H <sub>48</sub>	336	1.02
17	2,3,4-三氟苯甲酸-4-十四烷基酯 2,3,4-Trifluorobenzoic acid, 4-tetradecyl ester	25.06	C <sub>21</sub> H <sub>31</sub> F <sub>3</sub> O <sub>2</sub>	372	1.00
18	维生素 C Vitamin C	25.35	C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> O <sub>6</sub>	176	1.81
19	硬脂醇乙酸酯 Acetic acid, octadecyl ester	26.94	C <sub>20</sub> H <sub>40</sub> O <sub>2</sub>	312	3.52
20	2,3,4-三氟苯甲酸-4-十四烷基酯 2,3,4-Trifluorobenzoic acid, 4-tetradecyl ester	27.17	C <sub>21</sub> H <sub>31</sub> F <sub>3</sub> O <sub>2</sub>	372	1.04
21	5-氧-1-苯基-吡咯烷-3-羧酸(4-溴-苄基)-酰肼 5-Oxo-1-phenyl-pyrrolidine-3-carboxylic acid (4-bromo-benzylidene)-hydrazide	28.83	C <sub>18</sub> H <sub>16</sub> BrN <sub>3</sub> O <sub>2</sub>	385	1.63
22	硬脂醇乙酸酯 Acetic acid, octadecyl ester	30.52	C <sub>20</sub> H <sub>40</sub> O <sub>2</sub>	312	3.17

表 10 西芹鲜根水浸提液二次层析最佳流分 5 的化感物质

Tab. 10 Allelochemicals of 5<sup>th</sup> of the aqueous extract in the root of parsley after secondary separation

编号 No.	化合物 Compounds	保留时间/min Retention time	分子式 Molecular Formula	分子量 Mol. wt	相对含量/% Relative content
1	14-甲基十五烷酸甲酯 Pentadecanoic acid, 14-methyl-, methyl ester	15.30	C <sub>17</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	270	15.65
2	(Z,Z)-9,12-十八烷二烯酸甲酯 9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-, methyl ester	17.40	C <sub>19</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	294	35.56
3	(E)-9-十八烯酸甲酯 9-Octadecenoic acid, methyl ester, (E)-	17.47	C <sub>19</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	296	27.18
4	16-甲基十七烷酸甲酯 Heptadecanoic acid, 16-methyl-, methyl ester	17.81	C <sub>19</sub> H <sub>38</sub> O <sub>2</sub>	298	9.96
5	六甲基环三硅氧烷 Cyclotrisiloxane, hexamethyl-	20.52	C <sub>6</sub> H <sub>18</sub> O <sub>3</sub> Si <sub>3</sub>	222	11.65

西芹鲜根水浸提液二次层析最佳流分 5 分离得到 5 个色谱峰(图 10)经分析鉴定(表 10)得出,主要成分是(Z,Z)-9,12-十八烷二烯酸甲酯,其含量达 35.56%;其次是(E)-9-十八烯酸甲酯、14-甲基十五烷酸甲酯和六甲基环三硅氧烷,其含量分别为

西芹鲜根水浸提液二次层析最佳流分 1 分离得到 22 个色谱峰(图 9)经分析鉴定(表 9)得出,主要成分是十四烷基二甲基叔胺,其含量达 18.25%;其他成分含量均在 10% 以下,主要是烯烃、酮类、酯类、胺、维生素类和胍类。

27.18%,15.65%,11.65%;含量最少的是 16-甲基十七烷酸甲酯,为 9.96%。

## 2.6 西芹根际区物水浸提液二次层析所得 2 个化感效应最佳流分的成分鉴定

西芹根际区物水浸提液二次层析最佳流分 1 分

离得到 5 个色谱峰(图 11) 经分析鉴定(表 11) 得出, 主要成分是 8,11-十八烷二烯酸甲酯,其含量达 34.51%;其次是 11-十八烯酸甲酯、棕榈酸甲酯和 16-甲基十七烷酸甲酯,其含量分别为 28.73% ,17.76% , 10.06%;含量最少的是蓖麻油酸甲酯,为 8.94%。

表 11 西芹根际区物水浸提液二次层析最佳流分 1 的化感物质

Tab. 11 Allelochemicals of 1<sup>st</sup> of the aqueous extract in the rhizosperic soil of parsley after secondary separation

编号 No.	化合物 Compounds	保留时间/min Retention time	分子式 Molecular Formula	分子量 Mol. wt	相对含量/% Relative content
1	棕榈酸甲酯 Hexadecanoic acid , methyl ester	15.30	C <sub>17</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	270	17.76
2	8,11-十八烷二烯酸甲酯 8,11-Octadecadienoic acid , methyl ester	17.40	C <sub>19</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	294	34.51
3	11-十八烯酸甲酯 11-Octadecenoic acid , methyl ester	17.47	C <sub>19</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	296	28.73
4	16-甲基十七烷酸甲酯 Heptadecanoic acid , 16-methyl-, methyl ester	17.82	C <sub>19</sub> H <sub>38</sub> O <sub>2</sub>	298	10.06
5	蓖麻油酸甲酯 Methyl ricinoleate	20.52	C <sub>19</sub> H <sub>36</sub> O <sub>3</sub>	312	8.94

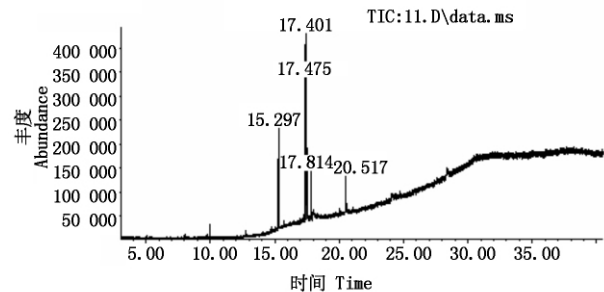


图 10 西芹鲜根水浸提液二次层析最佳流分 5 的 GC-MS 鉴定图谱

Fig. 10 GC-MS spectrum of 5<sup>th</sup> of the aqueous extract in the root of parsley after secondary separation

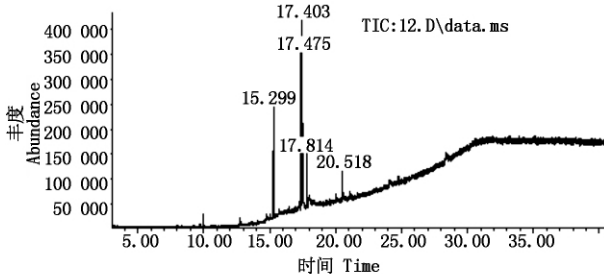


图 11 西芹根际区物水浸提液二次层析最佳流分 1 的 GC-MS 鉴定图谱

Fig. 11 GC-MS spectrum of 1<sup>st</sup> of the aqueous extract in the rhizosperic soil of parsley after secondary separation

表 12 西芹根际区物水浸提液二次层析最佳流分 5 的化感物质

Tab. 12 Allelochemicals of 5<sup>th</sup> of the aqueous extract in the rhizosperic soil of parsley after secondary separation

编号 No.	化合物 Compounds	保留时间/min Retention time	分子式 Molecular Formula	分子量 Mol. wt	相对含量/% Relative content
1	十六烷基二甲基叔胺 1-Hexadecanamine , N,N-dimethyl-	15.06	C <sub>18</sub> H <sub>39</sub> N	269	18.33
2	14-甲基十五烷酸甲酯 Pentadecanoic acid , 14-methyl-, methyl ester	15.29	C <sub>17</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	270	8.72
3	2-甲基-7-苯基吲哚 2-Methyl-7-phenylindole	15.70	C <sub>15</sub> H <sub>13</sub> N	207	2.24
4	2-氯乙基亚油酸酯 2-Chloroethyl linoleate	17.39	C <sub>20</sub> H <sub>35</sub> ClO <sub>2</sub>	342	19.56
5	(E)-9-十八烯酸甲酯 8-Octadecenoic acid , methyl ester , (E)-	17.46	C <sub>19</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	296	14.21
6	15-甲基十七烷酸甲酯 Heptadecanoic acid , 15-methyl-, methyl ester	17.80	C <sub>19</sub> H <sub>38</sub> O <sub>2</sub>	298	5.42
7	六甲基环三硅氧烷 Cyclotrisiloxane , hexamethyl-	18.00	C <sub>6</sub> H <sub>18</sub> O <sub>3</sub> Si <sub>3</sub>	222	7.03
8	蓖麻油酸甲酯 Methyl ricinoleate	20.50	C <sub>19</sub> H <sub>36</sub> O <sub>3</sub>	312	11.95
9	三甲基[4-(2-甲基-4-氧-2-戊烯基)苯氧基]硅烷 Trimethyl[4-(2-methyl-4-oxo-2-pentyl)phenoxy]silane	28.34	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub> O <sub>2</sub> Si	264	3.96
10	2-[(叔丁基二甲基硅基)氧基]-1-异丙基-4-甲苯 Benzene , 2-[(tert-butyl)dimethylsilyl]oxy]-1-isopropyl-4-methyl-	28.36	C <sub>16</sub> H <sub>28</sub> OSi	264	3.02
11	三甲基[4-(2-甲基-4-氧-2-戊烯基)苯氧基]硅烷 Trimethyl[4-(2-methyl-4-oxo-2-pentyl)phenoxy]silane	28.44	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub> O <sub>2</sub> Si	264	2.98
12	1,4-二(三甲基硅基)苯 Silane , 1,4-phenylenebis[trimethyl	37.92	C <sub>12</sub> H <sub>22</sub> Si <sub>2</sub>	222	2.58

西芹根际区物水浸提液二次层析最佳流分 5 分离得到 12 个色谱峰(图 12) 经分析鉴定(表 12) 得出,主要成分是 2-氯乙基亚油酸酯,其含量达 19.56%;其次是十六烷基二甲基叔胺、(E)-9-十八

烯酸甲酯和蓖麻油酸甲酯,其含量分别为 18.33% , 14.21% ,11.95%;其他成分含量均在 10% 以下,主要是酯类、吲哚、烷烃类和苯类。

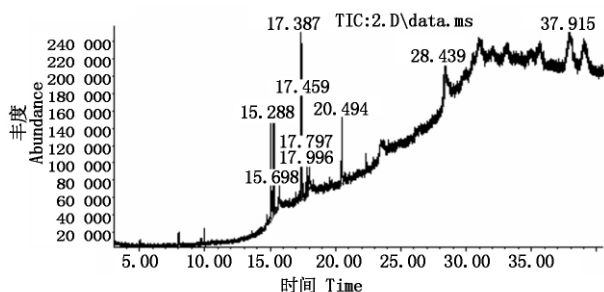


图12 西芹根际区物水浸提液二次层析最佳流分5的GC-MS鉴定图谱

Fig. 12 GC-MS spectrum of 5<sup>th</sup> of the aqueous extract in the rhizospere soil of parsley after secondary separation

### 3 讨论

本试验得出,西芹鲜根与根际区物不同浸提液二次层析后化感效应最佳流分的化学成分包括酯类、醇类、烷烃类、烯烃类、苯类、酮类、胺类等,这些成分均已被报道为化感物质<sup>[14-21]</sup>。同时,西芹鲜根与根际区物不同浸提液的化学成分亦不同。其中,西芹鲜根与根际区物乙醇浸提液二次层析后化感效应最佳流分的化学成分差异不大,其主要成分均为4-二甲氨基-2-甲基-1-苯基-丁-2-醇、8-十八烯酸甲酯、棕榈酸甲酯、十八烷二烯酸甲酯;西芹鲜根与根际区物丙酮浸提液二次层析后化感效应最佳流分的化学成分差异很大,除均含有2-丙烯酸十五烷基酯外,其他成分皆不同;西芹鲜根与根际区物水浸提液二次层析后化感效应最佳流分的化学成分差异不大,其均含有十六烷基二甲基叔胺、14-甲基十五烷酸甲酯、六甲基环三硅氧烷、(E)-9-十八烯酸甲酯、蓖麻油酸甲酯、16-甲基十七烷酸甲酯。不同浸提液的化学成分有所不同,可能是由于作为浸提剂的乙醇、丙酮、水对化合物的溶解度不同,同时由于它们的极性也不同,所以在层析分离过程中洗脱后所得的各个流分的化学成分亦不相同。

化感物质的分离鉴定是化感作用研究的一项重要内容。本试验系统研究了西芹鲜根及根际区物乙醇、丙酮、水浸提液二次层析后化感效应最佳流分的化感物质成分,为开发研制生防试剂,进而大规模应用于防治黄瓜枯萎病菌提供理论指导。

### 4 结论

对西芹鲜根及根际区物不同浸提液二次层析后化感效应最佳流分进行分离鉴定,得出:西芹鲜根与根际区物乙醇浸提液二次层析后化感效应最佳流分的主要化感成分均为4-二甲氨基-2-甲基-1-苯基-

丁-2-醇、8-十八烯酸甲酯、棕榈酸甲酯、十八烷二烯酸甲酯;西芹鲜根与根际区物丙酮浸提液二次层析后化感效应最佳流分的主要化感成分为2-丙烯酸十五烷基酯;西芹鲜根与根际区物水浸提液二次层析后化感效应最佳流分的主要化感成分为十六烷基二甲基叔胺、14-甲基十五烷酸甲酯、六甲基环三硅氧烷、(E)-9-十八烯酸甲酯、蓖麻油酸甲酯、16-甲基十七烷酸甲酯。

### 参考文献:

- [1] 陈建平. 胡萝卜、西芹生产中化肥的合理施用[D]. 兰州:甘肃农业大学,2005.
- [2] Rice E L. Allelopathy (2nd ed) [M]. New York: Academic Press, 1984: 309-315.
- [3] Putnam A R. Allelopathic chemicals, Nature's herbicides in action[J]. Chem and Eng News, 1983, 61(14): 34-45.
- [4] 韩燕,云兴福. 西芹根水浸提液对黄瓜枯萎病菌的化感作用[J]. 内蒙古农业大学学报:自然科学版, 2007, 28(4): 112-115.
- [5] 项鹏宇,韩燕,云兴福. 西芹根及根际区物乙醇浸提液对黄瓜枯萎病菌的化感作用[J]. 华北农学报, 2008, 23(4): 45-50.
- [6] 李蕾,韩燕,云兴福. 西芹鲜根乙醇浸提液对黄瓜枯萎病菌化感作用的研究[J]. 内蒙古农业大学学报:自然科学版, 2009, 30(4): 42-46.
- [7] 曹阳. 西芹腐根及腐根际区物浸提液对黄瓜枯萎病菌化感作用的研究[D]. 呼和浩特:内蒙古农业大学,2009.
- [8] 张波,云兴福. 西芹干根提取物对黄瓜枯萎病菌化感作用的研究[J]. 内蒙古农业大学学报:自然科学版, 2010, 31(1): 136-140.
- [9] 贾俊英,张丽莹,云兴福. 西芹种子浸提液对黄瓜枯萎病菌的化感作用[J]. 生态学杂志, 2011, 30(7): 1473-1478.
- [10] 宋文超,贾俊英,云兴福. 西芹鲜根浸提液对黄瓜枯萎病菌化感作用机理的研究——鲜根浸提物处理后黄瓜枯萎病菌形态及孢子生长的变化[J]. 内蒙古农业大学学报:自然科学版, 2010, 31(3): 100-105.
- [11] 贾俊英,马斌,孙鸿举,等. 西芹种子浸提液处理后黄瓜叶片内生理指标变化的研究[J]. 华北农学报, 2010, 25(6): 144-149.
- [12] 马斌,贾俊英,云兴福. 西芹种子浸提液对黄瓜枯萎病菌化感作用机理的研究——黄瓜植株体内SOD、POD和CAT活性的变化[J]. 内蒙古农业大学学报:自然科学版, 2010, 31(2): 173-178.
- [13] 郭鸿儒. 黄花蒿化感物质的分离鉴定及化感物质作用机理研究[D]. 兰州:甘肃农业大学,2007.
- [14] 韩丽梅,阎飞,王树起,等. 重迎茬大豆根际土壤有机化合物的初步鉴定及对大豆种子萌发的化感作用[J]. 应用生态学报, 2000, 11(4): 582-586.
- [15] 陈秋波,彭黎旭,贺利民,等. 刚果12号桉树根及根际土壤中化感物质的成分分析[J]. 热带农业科学, 2002, 22(4): 28-34.
- [16] 邵华,彭少麟,张驰,等. 微甘菊的化感作用研究[J]. 生态学杂志, 2003, 22(5): 62-65.
- [17] 郭兰萍,黄璐琦,蒋有绪,等. 苍术根茎及根际土壤生物活性研究及化感物质的鉴定[J]. 生态学报, 2006, 26(2): 528-535.
- [18] 郝峰,洪冲,陈红歌,等. 地黄根系分泌物生物活性研究及化感物质的鉴定[J]. 江西农业学报, 2010, 22(3): 131-134.
- [19] 张爱加,袁照年,陈冬梅,等. 甘蔗根际土壤化感潜力评价及其化感物质分析[J]. 中国生态农业学报, 2010, 18(5): 1013-1017.
- [20] 何海滨,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.
- [21] 廖薇,张健,杨婉身,等. 青花根际土壤化感物质成分分析[J]. 四川农业大学学报, 2006, 24(1): 47-50.