

大豆地上部水浸液的化感作用及化感物质的鉴定

韩丽梅^{1,2}, 沈其荣^{1*}, 鞠会艳², 阎 石², 阎 飞²

(1. 南京农业大学资源与环境科学学院, 南京 210095; 2. 解放军军需大学农副业生产系, 长春 130062)

摘要: 研究了重茬大豆花荚期植株地上部水浸液及其提取物对大豆种子萌发及幼苗生长的化感作用, 并鉴定了有明显化感作用组分的物质。结果表明: 与对照组比, 0.10 gDW/ml 重茬大豆水浸液显著地抑制了大豆胚根生长; 3.75×10^{-2} gDW/ml、 7.50×10^{-2} gDW/ml 正茬、重茬、迎茬大豆水浸液对砂培大豆苗的生长有显著的化感抑制作用; 重茬、正茬大豆水浸液乙酸乙酯提取的酸性组分、XAD-4 树脂提取组分, 在 0.6~1.2 gDW/ml 浓度下, 对大豆种子萌发初期的萌发率及萌发过程中的胚根生长亦表现出显著的化感抑制作用; 重茬水浸液乙酸乙酯提取的中性、碱性组分在 1.2 gDW/ml 浓度下, 对大豆胚根生长有显著抑制作用。上述各组分化感作用大小随组分浓度增加而增加。在相同浓度处理下水浸液及其提取物的化感抑制作用有重茬大于正茬的趋势, 统计检验差异均不显著。GC-MS 鉴定结果显示, 正茬、重茬乙酸乙酯酸性组分、XAD-4 树脂提取组分中的有机化合物主要是: 丁二酸、苯甲酸、邻羟基苯甲酸、4-羟基苯甲酸、对羟基肉桂酸、2-甲基苯酚、2-甲氧基-4-乙基苯酚、间苯三酚、2-甲基苯甲醛、3-甲基苯甲醛、5,6,7,7a-四氢-4,4,7a-三甲基-2(4H)-苯并呋喃酮、2,4-戊二烯腈等。

关键词: 大豆; 水浸物; 化感作用; GC-MS 分析; 重茬

Allelopathy of the Aqueous Extracts of Above Ground Parts of Soybean and the Identification of the Allelochemicals

HAN Li-Mei^{1,2}, SHEN Qi-Rong^{1*}, JU Hui-Yan², YAN Shi², YAN Fei² (1. College of Natural Resources and Environmental Sciences, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China; 2. The Quartermaster University of PLA, Changchun 130062, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2002, 22(9): 1425~1432.

Abstract: Field experiments, simulations and chemical analysis were used to study allelopathy of the aqueous extracts of upper parts of soybean in the stage of podding in rotational, continuous and alternate cropping on the germination and seedling growth of soybean. Allelochemicals in the aqueous extracts were analysed by gas chromatography-mass spectrometry (GC/MS). The results showed that radical elongation of soybean were significantly inhibited by the aqueous extracts of soybean in continuous cropping at the concentration of 0.10 gDW/ml compared with the control (distilled water only). At the concentrations of 3.75×10^{-2} gDW/ml and 7.50×10^{-2} gDW/ml, the fresh weight of seedlings, the dry weight and the volume of roots, the total and the active uptake area of roots were significantly inhibited by the aqueous extracts of soybean in rotational, continuous and alternate cropping. Acidic fraction extracted by ethyl acetate or the fraction extracted by XAD-4 resin absorption from the aqueous extracts showed great allelopathic effects on the rate of seed germination and radical elongation of soybean at the concentration of 0.6~1.2 gDW/ml. Radical elongations of soybean were also dramatically inhibited by the neutral and

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(39830220); 国家“九五”科技攻关重中之重资助项目(G95-01-05)

收稿日期: 2002-04-05; 修订日期: 2002-07-06

* 通讯作者 Author for correspondence, E-mail: qrshen@njau.edu.cn

作者简介: 韩丽梅(1963-), 女, 吉林省人, 博士, 副教授。主要从事逆境植物营养生态方面的研究。E-mail: soilplant@qup.ccgw.net

alkaline fractions extracted by ethyl acetate from the aqueous extracts at the concentration of 1.2gDW/ml. And the higher the concentrations, the stronger the allelopathy. The allelopathic effects were mainly attributed to the following allelochemicals detected in the extracts.

Main chemical compounds in the acidic fraction extracted by ethyl acetate in rotational cropping were butanedioic acid, benzoic acid, 2-methoxy-4-vinylphenol, 1,3,5-trihydroxyphenol, which was followed by the second group of the chemical compounds in terms of quantity, such as propanoic acid, 2-methyl-4-pentenotic acid, azelaic acid, hexanoic acid, benzeneacetic acid, *p*-hydroxy-cinnamic acid, and *p*-hydroxy-cinnamic acid and so on. In continuous cropping the main chemical compounds were identified as butanedioic acid, benzoic acid, 2-hydroxy-benzoic acid, 4-hydroxy-benzoic acid, and 2,4-pentadienenitrile, which was also followed quantitatively by the second group of the compounds, namely, 2-hydroxy-propanoic acid, 2-methyl-4-pentenoic acid, (E)-2-butenedioic acid, octanedioic acid, sebacic acid, hexadecanoic acid, benzoic acid, 3-methoxy-4-hydroxy-benzeneacetic acid, *p*-hydroxy-cinnamic acid, 3-methoxy-benzaldehyde and ethyldiamine. Such main chemical compounds were found in the fraction extracted by the XAD-4 resin adsorption in rotational cropping as 2-methyl-phenol, 2-methoxy-4-vinylphenol, benzaldehyde, 2-methyl-Benzaldehyde, 1,2-dihydro-1,1,6-trimethyl-naphthalene, 5,6,7,7a-tetrahydro-4,4,7a-trimethyl-2(4H)-benzofuranone. The second group of the compounds in quantity in this extraction were benzoic acid, 1,2-benzenedicarboxylic acid, phenol, benzyl alcohol, phenylethyl alcohol and 2-methyl-2-cyclopentene-1-one. In continuous cropping the compounds were identified mainly as benzaldehyde, 3-methyl-2-methoxy-4-vinylphenol, 1,2-dihydro-1,1,6-trimethyl-naphthalene, 5,6,7,7a-tetrahydro-4,4,7a-trimethyl-, 2(4H)-benzofuranone and methylparaben. Some compounds in less amounts in this fraction were as follows, benzoic acid, 1,2-benzenedicarboxylic acid, phenol, benzyl alcohol, phenylethyl alcohol, 2,3-butanediol and 2,3-dihydro-3,3,5,7-tetramethyl-1H-inden-1-one. The extraction rates by acetic ether were higher than those by XAD-4 resin adsorption.

The allelopathy were more stronger in continuous cropping than that in rotational cropping at the same extracted concentration. There was no significant difference of allelopathy among the extracts by acetic ether or by XAD-4 resin adsorption provided that their concentrations were the same both in rotational and continuous cropping. The obtained results indicated that the allelochemicals were indeed produced from leaves and stems of soybean both in rotational and continuous cropping during soybean growth.

Key words: soybean; aqueous extracts; allelopathy; GC/MS; continuous cropping

文章编号:1000-0933(2002)09-1425-08 中图分类号:S565.1 文献标识码:A

大豆生产中重迎茬栽培是较普遍现象。据 1993 年资料,黑龙江省大豆重迎茬面积占大豆总面积的 36.2% 以上。1996 年黑龙江省东部、北部大豆重迎茬面积已达 70% 以上^[1,2]。大豆重迎茬产量降低,品质变劣,病虫害严重已为生产实践所证实。关于大豆重迎茬障碍的原因,许多学者在土壤养分、土壤物理化学性质、土壤生物、植物的毒素物质等方面已进行了有益探索^[3~8],取得了较好的研究成果,但在理论上仍未完全探明大豆重茬障碍的原因。植物在逆境胁迫下,往往通过化学手段即向环境释放化学物质提高自身生存竞争力^[9]。因此,研究重迎茬大豆的化感作用(Allelopathy)对揭示大豆重茬障碍机理可能是一条重要途径^[10~13]。大豆产生化感物质的途径主要有 4 条:一是根系分泌物;二是植物残体分解;三是地上部挥发物;四是地上部淋洗物。大豆根系分泌物、残体腐解产物的化感作用已见研究报道^[14~16],而对于植株地上部淋洗物的化感作用研究在其它植物上已见报道^[17~19],但尚未见国内外有关大豆植株地上部淋洗物化感作用的研究报道。为明确田间及模拟试验方法,研究花英期大豆植株地上部水浸液的化感作用,并对化感作用显著的有机化合物进行了鉴定,以揭示大豆重迎茬障碍机理,为进行合理调控提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 大豆植株地上部水浸液的化感作用

1.1.1 大豆植株地上部的采集与处理 1998、1999 年 7 月 20 日于长春农牧大学农科站田间连作大豆定位试验地采集花英期正茬(轮作)、重茬(连作)及迎茬(隔年种植)大豆植株地上部,杀酶(85℃,0.5h)、风干(65℃)后备用。供试大豆品种为吉林 35。

1.1.2 大豆植株地上部水浸液的制备与生物检测 水浸液的制取参考韦琦^[17]、周志红^[18]方法,按正茬、重茬植株各 10g、水 100ml 的比例分别制取,置于长方形塑料容器内(尽量避免损坏植株组织),25℃浸泡 40h,过滤离心备用。水浸液对大豆种子萌发及胚根生长影响试验:取 0.05、0.1gDW/ml 正茬、重茬大豆水浸液各 10ml 分别加入到铺有 3 层定性滤纸的培养皿中,每皿放入 15 粒均匀一致、经 10% H₂O₂ 消毒 2min 的大豆种子(吉林 35),对照(CK)加 10ml 蒸馏水,重复 3 次。将培养皿置于 28℃恒温保湿培养箱中,定时观察种子萌发状况,3d 后,测定大豆种子发芽率和胚根长。

水浸液对大豆幼苗生长影响的试验 将经 10% H₂O₂ 消毒 2min 的大豆种子(吉林 35)播入用饱和硫酸钙浸润过的石英砂中,25℃恒温保湿避光培养,当子叶露出时照光培养(温度昼 25±2℃,夜 18±2℃,光强 7000Lx),当第一片真叶刚刚露出时,小心移栽至盛湿润石英砂的小杯中,定时注入营养液、水浸液-营养液(处理为 CK 1/4 强 Hoagland-Aronn 营养液,不含水浸物;A 1/4 强 Hoagland-Aronn 营养液,每 ml 含 3.75×10⁻²g 正茬、重茬及迎茬大豆植株地上部淋洗物;B 1/4 强 Hoagland-Aronn 营养液,每 ml 含 7.50×10⁻²g 正茬、重茬及迎茬大豆植株地上部水浸物),使石英砂保持最佳湿度。7 d 后测定植株生长状况及根系活力^[20]。

1.2 水浸液提取物的化感作用及化感物质的鉴定

1.2.1 试验药品、吸附树脂及预处理^[23] 乙酸乙酯、甲醇、丙酮、乙腈、乙醚等试剂均为国产分析纯。吸附树脂采用美国 Sigma 公司的 Amberlite XAD-4 型树脂。将新购置的 XAD-4 吸附树脂用去离子水冲洗多次后,置于索氏提取器中,分别用丙酮、乙腈及乙醚抽提 24h,然后用提纯过的甲醇将残留的抽提剂洗净,将洗净的树脂避光低温保存在甲醇中备用。

1.2.3 有机提取物的制取 取上述正茬、重茬大豆水浸液各 6600ml,其中 3300ml 用乙酸乙酯萃取其中的酸性、中性、碱性有机物质。方法是:首先用浓盐酸调水浸液的 pH 至 2.5 后,用乙酸乙酯萃取 3 次(每次用乙酸乙酯 100ml),得到水相 1、乙酸乙酯相 1,对水相 1 调 pH 至 10,用乙酸乙酯萃取 3 次(每次 100ml),弃去水相,收集乙酸乙酯相,获取碱性组分;乙酸乙酯相 1 用 pH10 的 8%NaCO₃ 萃取 3 次(每次 100ml),得到乙酸乙酯相 2、水相 2,收集乙酸乙酯相 2,获取中性组分;对水相 2 调 pH 至 2.5,乙酸乙酯萃取 3 次(每次 100ml),得到水相和乙酸乙酯相,弃去水相,收集乙酸乙酯相,获取酸性组分。正茬、重茬大豆水浸液余下的 3300ml 用 XAD-4 吸附树脂提取其中的有机物质^[23]。用提纯的甲醇洗脱吸附物,收集甲醇洗脱液,获取 XAD-4 树脂提取组分(简称树脂组分)。将上述酸性、中性、碱性、XAD-4 树脂组分经无水硫酸钠干燥后,减压浓缩至 330ml(1.0gDW/ml),留待生物检测和物质鉴定用,物质鉴定部分须过 0.45μm 微孔膜。

1.2.4 生物检测方法 将获得的不同水浸液提取物组分进行大豆种子萌发试验。方法是:在直径为 8.5cm 的培养皿中铺 3 张定性滤纸,分别加入 0、3.0、6.0、9.0、12ml 各组分提取液(浓度均为 1.0gDW/ml),处理不足 12ml 溶液的加相应试剂补足 12ml,各组分对照仅加入对应试剂 12ml。各处理与对照待溶剂挥发干后,加入 H₂O(蒸馏水)10ml,使每个组分各处理的浓度梯度为 0、0.30、0.60、0.90、1.20gDW/ml。再将 10 粒经 10% H₂O₂ 消毒 2min,均匀一致的种子(吉林 35)放到滤纸上,盖上盖,重复 3 次,随机排列,于 25℃恒温保湿培养箱中培养,于 21h、31h、40h、46h、60h 调查种子萌发率(胚根顶破种皮 2mm 以上即为萌发),3d 后调查种子发芽率、胚根长及胚根干重。

1.2.5 水浸液提取组分的 GC-MS 分析 为有效检测各提取组分中的不易挥发的组分,GC-MS 分析前,将各组分进行了硅烷化处理^[22]。采用 GC6890/MS5973 测定样品,电子轰击源,轰击电压 70eV,扫描范围 M/Z 30-600,进样速度 0.2s 扫全程,离子源温度 230℃。毛细管柱:HP-5MS 柱(Crosslinked 5% pH ME Siloxane,30m×0.25mm×0.25μm),进样口温度 250℃,柱温 50℃(2min),以 6℃/min 程序升温至

250 C(保持 15min)。载气为 He,流量 1ml/min,进样量为 1 μ l。应用 NIST98 质谱数据库,分析质谱图,确定各组分物质名称。

1.3 数据统计方法 采用 DPS 统计分析软件对调查数据进行方差分析,对方差分析显著的数据再利用 SSR 或 PLSD^[21]法进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 大豆植株地上部水浸液的化感作用

2.1.1 水浸液对大豆种子萌发及胚根生长的影响 由表 1 可见,正茬大豆植株地上部水浸液对大豆种子萌发及胚根生长有一定抑制作用,但处理间 *F* 检验不显著。重茬大豆植株地上部水浸液对大豆种子萌发有一定抑制作用,*F* 检验接近显著水平,对胚根的生长在 0.10gDW/ml 浓度有显著抑制作用($F_{\text{发芽率}}=5.07$, $F_{\text{胚根长}}=9.28$ *, $F_{0.05}=5.14$, $F_{0.01}=10.92$, $\nu_1=2$, $\nu_2=6$)。

表 1 水浸液对大豆种子萌发的影响(PLSD 检验)

正茬 Rotational cropping			重茬 Continuous cropping		
浓度(gDW/ml)	发芽率(%)	胚根长(cm)	浓度(gDW/ml)	发芽率(%)	胚根长(cm)
Concentration	Germination rate	Radical length	Concentration	Germination rate	Radical length
CK	100	4.40	CK	97.8	4.69 ^a
0.05	91.1	4.19	0.05	93.3	4.51 ^{ab}
0.10	88.9	3.80	0.10	68.9	3.09 ^b

同一列标有不同小写字母的表示处理间差异显著($P<0.05$) Values with different characters in the same row are of significant difference($P<0.05$)

2.1.2 水浸液对大豆幼苗生长的影响 由表 2 可见,正茬、重茬、迎茬大豆水浸液的大豆砂培试验结果表明:植株鲜重、根干重、根体积、根总吸收面积、活跃吸收面积,水浸液处理与对照差异均达极显著水平。正茬与重茬处理间差异均不显著。上述结果表明,在大豆植株地上部水浸液中存在抑制大豆种子萌发与幼苗生长的化感物质。

表 2 水浸液对大豆幼苗生长的影响(PLSD 检验)

Table 2 Effects of the aqueous extracts on soybean seedling growth (PLSD test)					
处理 Treatment	植株鲜重(g) Plant fresh weight	根干重(mg) Root dry weight	根体积(cm ³) Root bulk	根系吸收面积 Root uptake area(m ²)	
				总的 Total	活跃的 Active
CK	1.93 ^a A	56.7 ^a A	2.45 ^a A	3.34 ^a A	1.68 ^a A
正茬 A Rotational cropping A	1.63 ^b B	37.7 ^b B	1.33 ^b B	1.90 ^b B	0.94 ^b B
迎茬 A Alternating cropping A	1.61 ^b B	38.5 ^b B	1.05 ^{bcd} BC	1.47 ^{bcd} BC	0.73 ^{bcd} BC
重茬 A Continuous cropping A	1.24 ^c C	36.2 ^b B	1.23 ^{bc} BC	1.77 ^{cd} C	0.88 ^{bc} BC
正茬 B Rotational cropping B	0.81 ^d D	32.3 ^b B	0.93 ^{cd} BC	1.32 ^{cd} BC	0.67 ^{bcd} BC
迎茬 B Alternating cropping B	0.84 ^d D	31.3 ^b B	0.85 ^{cd} BC	1.22 ^{cd} BC	0.51 ^d C
重茬 B Continuous cropping B	0.91 ^d D	29.3 ^b B	0.70 ^d C	1.02 ^d C	0.61 ^{cd} BC

同一列标有不同小写字母的表示处理间差异显著($P<0.05$);标有不同大写字母的表示处理间差异极显著($P<0.01$) Values with different lowercases in the same row are of significant difference($P<0.05$); Values with different caps in the same row are of especially significant difference($P<0.01$)

2.2 大豆植株地上部水浸液提取物的化感作用

2.2.1 水浸液不同提取组分对大豆种子萌发的影响 正茬大豆水浸液各组分及对照 21h、31h、40h、46h、60h 萌发率的测试结果表明(图 1,统计分析表略),酸性组分的 0.6、0.9、1.2gDW/ml 浓度在 21h、31h、40h、0.9、1.2gDW/ml 浓度在 46h、60h,过柱组分的 0.6、0.9gDW/ml 浓度在 21h、31h,1.2gDW/ml 浓度在 40h、46h,与对照比较累计萌发率的差异达显著或极显著水平。而乙酸乙酯提取的中性、碱性组分,对种子萌发虽有一定影响,与对照差异均未达显著水平。各组分对种子萌发的化感抑制作用总体看,酸性组分>过柱组分>中性组分、碱性组分。重茬大豆水浸液各组分与对照之间的差异规律与正茬表现相似,但重茬大

豆水浸液中性组分的 0.6、0.9、1.2gDW/ml 浓度、碱性组分的 1.2gDW/ml 浓度在 21h 对种子萌发表现出化感抑制作用,与对照比较,差异达显著水平。上述结果表明,在正茬、重茬水浸液的乙酸乙酯提取的酸性组分及过柱组分中可能存在抑制大豆种子萌发的化感物质,化感抑制作用在大豆种子萌发初期表现明显。

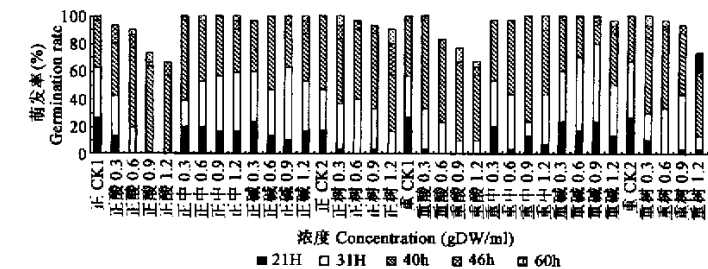


图1 正茬、重茬大豆水浸液提取组分对大豆种子萌发的影响

Fig.1 Effects of fractions of the aqueous extracts in rotational and continuous cropping on soybean germination
正 正茬 Rotational cropping;重 重茬 Continuous cropping;酸 酸性组分 Acidic fraction;中 中性组分 Neutralfraction;碱 碱性组分 Alkalinefraction;树 树脂组分 Resin fraction;CK 试剂对照 Reagent control

2.2.2 水浸液不同提取组分对大豆胚根生长及胚根干重的影响 水浸液各提取组分与对照间的胚根长及胚根干重的统计结果表明(表3),与对照相比,正茬大豆水浸液酸性组分 0.6、0.9、1.2gDW/ml 处理对大

表3 水浸液不同提取组分对大豆胚根生长及胚根干重的影响(SSR 检验)

Table 3 Effects of different fractions of the aqueous extracts on elongation and dry weight of soybean radical (SSR test)

组 分 Fraction	浓 度 (gDW/ml) Concentration	正茬 Rotation cropping		重茬 Continuous cropping	
		胚根长(cm) Radical length	胚根干重(mg) Radical dry weight	胚根长(cm) Radical length	胚根干重(mg) Radical dry weight
酸性组分 Acidic fraction	CK1	3.21 ^{ab} ABC	75.2 ^a A	3.48 ^a A	68.2 ^{ab} AB
	0.3	2.57 ^{bde} BCDE	67.3 ^a ABC	2.41 ^c BC	68.9 ^{ab} AB
	0.6	1.74 ^f E	50.6 ^b BCD	1.91 ^{de} CDE	37.3 ^d DE
	0.9	1.77 ^f E	41.8 ^b DE	1.66 ^{ef} DE	41.2 ^d CDE
	1.2	1.74 ^f E	28.2 ^c E	1.77 ^{def} DE	34.9 ^d E
中性组分 Neutral fraction	0.3	3.09 ^{ab} ABC	76.2 ^a A	3.50 ^a A	78.5 ^{ab} A
	0.6	2.91 ^{abcd} ABCD	71.6 ^a A	3.19 ^{ab} A	77.2 ^{ab} A
	0.9	2.98 ^{abc} ABC	76.8 ^a A	3.12 ^{ab} A	65.6 ^{ab} ABC
	1.2	3.05 ^{ab} ABC	80.6 ^a A	2.90 ^b AB	70.5 ^{ab} AB
碱性组分 Alkaline fraction	0.3	3.30 ^{ab} AB	76.8 ^a A	3.50 ^a A	84.1 ^a A
	0.6	2.98 ^{abc} ABC	76.9 ^a A	3.40 ^a A	76.2 ^{ab} A
	0.9	2.91 ^{abcd} ABCD	68.5 ^a AB	3.25 ^{ab} A	69.9 ^{ab} AB
	1.2	3.56 ^a A	79.2 ^a A	2.46 ^c BC	61.9 ^{bc} ABCD
树脂组分 Resin fraction	CK2	3.01 ^{ab} ABC	81.5 ^a A	3.37 ^{ab} A	82.4 ^a A
	0.3	2.27 ^{cdef} CDE	70.9 ^a A	2.19 ^{cd} CD	67.6 ^{ab} AB
	0.6	2.23 ^{def} CDE	72.5 ^a A	2.05 ^{de} CD	74.3 ^{ab} A
	0.9	2.01 ^{ef} DE	70.6 ^a A	1.78 ^{def} DE	57.4 ^{bc} ABCDE
	1.2	1.73 ^f E	49.5 ^b CD	1.38 ^f E	44.9 ^{cd} BCDE

同一列标有不同小写字母的表示处理间差异显著($P<0.05$);标有不同大写字母的表示处理间差异极显著($P<0.01$)
Values with different lowercases in the same row are of significant difference($P<0.05$); Values with different caps in the same row are of extremely significant difference($P<0.01$)

豆胚根生长及胚根干重表现出极显著的差异;过柱组分 0.3、0.6、0.9、1.2gDW/ml 浓度对胚根生长表现出

显著或极显著差异;中性、碱性组分与对照比较,胚根长与胚根干重差异均不显著。正茬水浸液各组分对大豆胚根生长的影响与对萌发率影响相同,表现出:酸性组分、过柱组分>中性组分、碱性组分。重茬水浸液各组分对大豆胚根生长及胚根干物质积累影响规律与正茬一致,但影响浓度稍降低,与对照比较,酸性组分及过柱组分对大豆胚根生长从 0.3gDW/ml 起即表现出极显著差异,中性、碱性组分在 1.2gDW/ml 对胚根生长亦表现出显著差异,总体规律亦表现出酸性组分、过柱组分>中性、碱性组分。中性、碱性提取组分的化感抑制作用重茬大于正茬。

2.3 酸性组分及过柱组分中有机化合物的鉴定

对正茬、重茬大豆植株地上部水浸液提取物化感作用明显的酸性组分、过柱组分进行了 GC-MS 鉴定(符合系数大于 85%),结果表明:正茬、重茬大豆植株地上部水浸液,乙酸乙酯提取的酸性组分物质有:低分子脂肪酸、芳香酸及其衍生物、酚、胺、醛、酮、腈、酯等,其中多数物质如苯甲酸及其衍生物、肉桂酸及其衍生物、低分子脂肪酸、苯甲醛、酚等均被资料报道是化感物质。乙酸乙酯酸性组分中的有机化合物正茬主要是丁二酸、苯甲酸、2-甲氧基-4-乙烯基苯酚、间苯三酚,其次是丙酸、2-甲基-4-戊烯酸、壬二酸、己酸、苯乙酸、对羟基肉桂酸及 2,4-戊二烯腈等;重茬主要是丁二酸、苯甲酸、邻羟基苯甲酸、4-羟基苯甲酸、2,4-戊二烯腈,其次是 2-羟基丙酸、2-甲基-4-戊烯酸、(E)-2-丁烯二酸、辛二酸、癸二酸、十六酸、3-甲氧基-4-羟基苯甲酸、苯乙酸、对羟基肉桂酸、3-甲氧基-4-羟基苯甲醛及乙基二胺等。

XAD-4 吸附树脂提取的过柱组物质有:酸、酚、苯醇、醛、酮、萜等,其中的物质也大多被报道是化感物质。水浸液 XAD-4 树脂提取组分中的有机化合物正茬主要是 2-甲基苯酚、2-甲氧基-4-乙烯基苯酚、2-甲基苯甲醛、1,2-二氢-1,1,6-三甲基萘、5,6,7,7a-四氢-4,4,7a-三甲基-2(4H)-苯并呋喃酮,其次是苯甲酸、邻苯二甲酸、苯酚、苯甲醇、苯乙醇及 2-甲基-2-环戊烯-1-酮;重茬主要是 3-甲基苯甲醛、2-甲氧基-4-乙烯基苯酚、1,2-二氢-1,1,6-三甲基萘、5,6,7,7a-四氢-4,4,7a-三甲基-2(4H)-苯并呋喃酮、羟苯甲酸甲酯,其次是苯甲酸、邻苯二甲酸、苯酚、苯甲醇、苯乙醇、2,3-丁二醇及 2,3-二氢-3,3,5,7-四甲基-1H-茚-1-酮等。乙酸乙酯提取的酸性组分与吸附树脂提取组分的物质在种类上有所不同,乙酸乙酯能有效地提取水浸液中的有机酸物质,包括低分子量脂肪酸与芳香酸,而吸附树脂提取的有机酸在种类上远少于乙酸乙酯,但吸附树脂比较容易吸附带苯环的物质,如苯甲酸、酚、苯甲醇、苯乙醇等。

3 讨论

本研究结果表明大豆植株地上部水浸液中存在化感物质。大豆植株地上部水浸液在一定浓度下,对大豆种子萌发及幼苗生长有显著的化感抑制作用。乙酸乙酯提取水浸液酸性组分、XAD-4 吸附树脂提取的水浸液组分,在一定浓度下,对大豆种子萌发及胚根生长亦表现出化感抑制作用,化感作用大小随组分浓度增加而增加。GC-MS 鉴定结果显示,乙酸乙酯提取的水浸液酸性组分、XAD-4 吸附树脂提取的水浸液组分中包含很多化感物质,如低分子量脂肪酸、苯甲酸及其衍生物、苯乙酸、肉桂酸衍生物、邻苯二甲酸、苯甲醇、苯乙醇、苯甲醛、酚、萜、酮、腈等。水浸液对大豆种子萌发、胚根生长、幼苗生长所表现的化感抑制作用,是多种化感物质协同作用的结果。用乙酸乙酯提取水浸液酸性组分效率大于 XAD-4 吸附树脂提取效率。

本研究结果还表明,在相同浓度处理下水浸液及其提取物的化感抑制作用有重茬大于正茬的趋势,重茬大豆水浸液中性、碱性组分化感作用大于正茬大豆,GC-MS 鉴定水浸液酸性组分、过柱组分的化感物质种类亦有重茬大于正茬的趋势。这与前人研究结果一致,即在不利生境中生长的植物其产生化感物质的种类和数量大于正常生境中生长的植物^[9,10]。但本研究水浸液乙酸乙酯提取的酸性、中性、碱性组分及过柱组分,在正茬、重茬同一组分浓度处理之间,统计检验差异均不显著(表 4)。表明无论是正茬还是重茬大豆植株,在其生长发育过程中其茎叶表面都有化感物质产生,用以增强自身生存竞争力。

在重茬大豆栽培中,常见到出苗率明显低于正茬大豆、大豆植株生育状况差的现象,这可能与大豆植株地上部茎叶淋洗产生的化感物质在土壤中的累积有关。大豆在其生长发育过程中,通过根系分泌^[15]、残体腐解^[14]及植株地上部物质淋洗等途径产生化感物质,这些化感物质在土壤生态系统中大多要经过微生物的转化和降解^[16]发挥作用。为了揭示大豆重茬障碍机理和减轻重茬障碍,有必要进一步研究重茬大豆土壤中稳定的化感物质种类和数量,并探明重茬大豆土壤化感物质及其协同作用与重茬大豆生理代谢关

调、产量降低、品种下降、病虫害严重发生的关系。

表 4 水浸液同一提取组分对大豆胚根生长的影响(SSR 检验)

Table 4 Effects of the same fraction of the aqueous extracts on soybean radical growth(SSR test)					
处 理 Treatment	浓 度 gDW/ml Concentration	胚根长 Radicel length(cm)			
		酸性组分 Acidic fraction	中性组分 Neutral fraction	碱性组分 Alkaline fraction	树脂组分 Resin fraction
正 茬 Rotational cropping	0	3. 21 ^a AB	3. 21 ^a A	3. 21 ^a AB	3. 01 ^a A
	0. 3	2. 57 ^b BC	3. 09 ^a A	3. 30 ^a AB	2. 27 ^b B
	0. 6	1. 74 ^c D	2. 90 ^a A	2. 98 ^{ab} AB	2. 23 ^{bc} B
	0. 9	1. 76 ^c D	2. 98 ^a A	2. 91 ^{ab} AB	2. 01 ^{bcd} BC
	1. 2	1. 74 ^c D	3. 05 ^a A	3. 56 ^a A	1. 73 ^{de} BC
重 茬 Continuous cropping	0	3. 48 ^a A	3. 48 ^a A	3. 48 ^a A	3. 37 ^a A
	0. 3	2. 41 ^b CD	3. 50 ^a A	3. 50 ^a A	2. 19 ^{bcd} B
	0. 6	1. 91 ^c CD	3. 19 ^a A	3. 40 ^a A	2. 05 ^{bcd} B
	0. 9	1. 66 ^c D	3. 12 ^a A	3. 25 ^a AB	1. 78 ^{cde} BC
	1. 2	1. 77 ^c D	2. 90 ^a A	2. 46 ^b B	1. 38 ^e C

同一列标有不同小写字母的进行表示处理间差异显著($P<0.05$);标有不同大写字母的进行表示处理间差异极显著($P<0.01$)
Values with different lowercases in the same row are of significant difference ($P<0.05$); Values with different caps in the same row are of especially significant difference($P<0.01$)

参考文献

[1] Wang J L(王金陵),Yang Q K(杨庆凯),Wu Z P(吴宗璞). *Soybean in North East of China*(in Chinese) . Haerbin: Hei Long-Jiang Science and Technology Press,1999. 114~120.

[2] Xu Y L(许艳丽), Liu A Q(刘爱群), Han X ZH(韩晓增). Study of the influence on yield and quality of soybean by different rotation system in chernozemic soil area of North East of China. *Soybean Science*(in Chinese)(大豆科学),1996, **15**(1):48~55.

[3] Ji ZH CH(计钟程),Xu W ZH(许文芝). The change of soil environment with reducing-yield of continue-cropping in soybean. *Soybean Science*(in Chinese)(大豆科学),1995, **14**(4):321~329.

[4] Yu G W(于广武),Xu Y L(许艳丽),Liu X B(刘晓冰). Primary study on berrier caused by continuous soybean cropping. *Soybean Science*(in Chinese)(大豆科学),1993, **12**(3):237~243.

[5] Zhao SH Y(赵淑英). Effect of soybean successive cropping on physiological and biochemical index of soybean. *Soybean Science*(in Chinese)(大豆科学),1995, **14**(2):113~118.

[6] Wang ZH Y(王震宇), Wang Y X(王英祥),Chen Z R(陈祖仁). The nature of continuous cropping soybean. *Soybean Science* (in Chinese)(大豆科学),1991, **10**(1):31~36.

[7] Wang G H(王光华), Xu Y L(许艳丽). Study on allelopathy of soybean root extraction. In:XU Y L(许艳丽)ed. *Reaserch on Soybean Continuous and Alternate Cropping*(in Chinese). Harbin Engineering University Press, 1995. 73~77.

[8] Wang G H(王光华), Xu Y L(许艳丽). Fluence of soybean root remains on the growth. In:XU Y L(许艳丽)ed. *Reaserch on Soybean Continuous and Alternate Cropping*(in Chinese). Harbin Engineering University Press,1995. 84~91.

[9] Kong CH H(孔垂华),Xu T(徐涛),Hu F(胡飞). Allelopathy under environmental stress and its induced mechanism . *Acta Ecologica Sinica*(in Chinese)(生态学报),2000, **20**(5):849~854.

[10] Yu SH W(余叔文),Sun W H(孙文浩). *Plant physiology and molecular biology*(2nd) (in Chinese). Beijing:Science Press,1998. 699 ~720.

[11] Yan F(阎飞),Yang ZH M(杨振明),Zou Y J(邹永久). Allelopathy on barrier of soybean continuous cropping. *Soybean Science*(in Chinese)(大豆科学),1998, **17**(2):147~151.

[12] Yan F(阎飞), Han L-M(韩丽梅), Yang Z-M(杨振明). Discussing on some problems of allelopathy in soybean

continuous cropping obstacle. *Soybean Science*(in Chinese) (大豆科学), 2000, **19**(3): 269~273.

[13] Yan F(阎飞), Yang Z M(杨振明), Han L M(韩丽梅). Review on research methods for allelopathy and allelochemicals in plants. *Acta Ecologica Sinica*(in Chinese) (生态学报), 2000, **20**(4): 692~696.

[14] Han L M(韩丽梅), Wang S Q(王树起), Ju H Y(鞠会艳), *et al.* Identification and allelopathy on the decomposition products from soybean stubs. *Acta Ecologica Sinica*(in Chinese) (生态学报), 2000, **20**(5): 771~778.

[15] Han L M(韩丽梅), Wang S Q(王树起), Ju H Y(鞠会艳), *et al.* Identification and study on allelopathy of soybean root exudates. *Soybean Science*(in Chinese) (大豆科学), 2000, **19**(2): 119~125.

[16] Han X Z(韩晓增), Xu Y L(许艳丽). Effects of decomposing matters of roots continuous cropping soybean. *Soybean Science*(in Chinese) (大豆科学), 1998, **17**(3): 207~212.

[17] Wei Q(韦琦), Zeng R S(曾任森), Kong Ch H(孔垂华). The isolation and identification of allelochemicals from aerial parts of *Tropic Ageratum*. *Acta Ecologica Sinica of Plant*(in Chinese) (植物生态学报), 1997, **21**(4): 360~366.

[18] Zeng R S(曾任森), Li X L(林象联), Luo S M(骆世明), *et al.* Allelopathic potential of *wedelia chinensis* and its allelochemicals. *Acta Ecologica Sinica*(in Chinese) (生态学报), 1996, **16**(1): 20~27.

[19] Zhong Z H(周志红), Luo S M(骆世明), Mou Z P(牟子平). Allelopathic effect of tomato. *Chinese journal of applied ecology* (in Chinese) (应用生态学报), 1997, **8**(4): 445~449.

[20] Zou Q(邹琦). *The trial guide of physiology and biochemistry of the plant* (in Chinese). Beijing: Agricultural Press, 1995. 30~32.

[21] Mao D R(毛达如). *The study method of plant nutrition* (in Chinese). Beijing: Beijing Agricultural University Press, 1994. 197~201.

[22] Chang L W(常理文), Yu Z L(余兆楼), Wang W T(王维通). Gas chromatography-mass spectroscopy on metabolic product of organic acid in urine. *Chromatogram*(in Chinese), 1990, **8** (1): 127.

[23] Tang C H, Yong C C. Collection and identification of allelopathic compounds from the undisturbed root system of bigalta limpoggrass (*Hemarthria altissima*). *Plant physiol.*, 1982, **69**: 155.

欢迎订阅 2003 年《作物学报》

《作物学报》是中国科协主管,中国作物学会主办的学术刊物。刊载农作物遗传育种、耕作栽培、生理生化、生态、种质资源、谷物化学、贮藏加工以及与作物有关的生物技术、生物数学、生物物理等学科基础理论或实践应用性的学术报告、专题研究报告、研究简报等。

《作物学报》为双月刊。大 16 开,每期 148 页,定价 26 元/册。国内外公开发行,全国各邮电局均可订阅。国内统一刊号:CN11-1809/S,邮发代号:82-336,国外刊号:BM445,国际标准刊号:ISSN 0496-3490

欢迎订阅! 欢迎订阅