

96/16(1)

16/18(1)

第16卷 第1期

生态学报

Vol. 16, No. 1

1996年1月

ACTA ECOLOGICA SINICA

Jan., 1996

根际区他感化学物质的分离、鉴定 与生物活性的研究

刘秀芬 马瑞霞 袁光林 孙思思

(中国科学院生态环境研究中心, 北京, 100085)

5181

A

摘要 本文报道根际区他感化学物质对小麦、玉米等作物种子萌发及幼苗生长抑制作用的研究结果。土壤及土壤溶液样品提取物, 用 GC 及 GC-MS 鉴定出各类化合物 50 多种。重点研究有代表性的 3 种化合物: 十四烯-1、苯甲醛以及未见报道的, 由作者鉴定出的他感化合物: 对-叔丁基苯甲酸。结果表明, 十四烯-1 在浓度达 2000 mg/l 时, 对玉米、小麦、田菁、稗子的种子萌发、幼根及幼芽生长均无明显影响; 苯甲醛浓度在 200 mg/l 以上时表现出对试验种子萌发及幼苗生长有抑制作用; 对-叔丁基苯甲酸在 100 mg/l 时就对试验种子有显著抑制作用, 并且随浓度增加抑制效果越强烈, 在 500 mg/l 时, 小麦、玉米的萌发率, 分别为对照的 41% 及 7%, 根生长分别为对照的 5.6% 及 3.5%, 并且, 它严重抑制了幼苗生长。对-叔丁基苯甲酸和苯甲醛对试验作物种子用 $t_{0.5}$ 检验, 表明当浓度大于 100 mg/l 时与对照比, 差异很显著。此外, 他感化合物在小于 50 mg/l 低浓度时, 对作物种子有一定刺激作用。

关键词: 他感根际区土壤溶液, GC-MS 分析, 他感化合物, 生物检验, 他感作用。农业生态学。

STUDY ON ISOLATION, IDENTIFICATION AND BIOACTIVITY OF ALLELOCHEMICALS IN RHIZOSPHERE

Liu Xiufen Ma Ruixia Yuan Guanglin Sun Sien

(Research Center for Eco-Environmental Sciences, Academia Sinica, Beijing, China, 100085)

Abstract This paper described the results of effects of some allelochemical in the rhizosphere soil solution on seed germination and seedling growth of some crops and weeds. Those extracts of samples showed bioactivity were selected for GC-MS analysis. More than 50 different chemicals were identified. Three chemicals have been studied in some details to evaluated their allelopathic effect on the germination, root and seedling growth of wheat, maize, barnyard grass and sesban. It was not found up to now that published 4-tert-butylbenzoic acid showed allelopathic activity. At concentration of 50 mg/l, allelochemicals inhibited all seeds, and the inhibiting effects increased with concentration. The germination rate of wheat and maize seeds was only 41% and 7% of the control at concentration 50 mg/l, respectively. Benzaldehyde showed a mediate allelopathic activity. It inhibited the sprout of seeds at concentration over 200 mg/l.

• 国家自然科学基金资助项目。

收稿日期: 1994 09 28, 修改稿收到日期: 1995 04 26。

tetradecent-1 was not considered as an allelochemical. It didn't show any bioactivity for the tested seeds even though the solution concentration as high as 2000 mg/l.

Key words: soil solution, GC-MS analysis, bioassay, allelochemicals.

他感作用在农业生态系统中起着重要作用。当前研究重点:(1)减少他感的有害作用,提高作物产量;(2)根据他感作用的生化化学机制,开发新一代无公害的生物农药和作物生长调节剂。因此,他感作用的研究,对于农业增产和保护生态环境,提供了机遇和途径。

Putnam 和 DeFrank^[1]曾研究了某些春、秋季作物残体对杂草他感作用。结果表明,Tecumseh wheat 和 Balboa rye 残体能降低野草生长的 88%。Worsham^[2]的研究结果也表明,作物秸秆管理方式及耕作制度对早春杂草生长起重要影响。秸秆还田免耕制会抑制宽叶草生长的 76%—81%。Blum^[3]研究了免耕、耕作及休闲耕作制对土壤中他感化学物质产生的影响时指出,不同耕作方式对土壤中具有他感作用的酚酸类物质的含量有明显差别。

有机农业是我国的优良传统。秸秆还田是植物营养元素循环利用的有效措施,也是保证我国农业的持续稳定发展的重要途径。然而秸秆如何还田才能起到有益无害的作用,日益受到重视。Chou 等人^[4]在研究台湾南部双季稻产量低于单季稻产量 20% 的原因时发现,单季稻秸秆还田腐烂过程中产生了许多种他感化学物质,他感作用导致双季稻减产。采取措施后,使双季稻产量达到单季稻产量水平,具有重大的经济效益。Kimber^[5]研究结果表明,小麦秸秆堆积 6 周后,其水提取物在无菌条件下抑制小麦生长。马永清等人^[6]介绍了 FM. McClla 和 F. L. Duley 的研究结果,他们发现,每公顷用 5—10 t 麦秸覆盖土壤,玉米平均发芽率减少了 44%—92%。作者在河北省南皮县所做麦秸覆盖夏玉米的试验中发现,在雨量多的年份,覆盖的麦秸对玉米早期生长发育有抑制作用,主要表现在叶片发黄,施肥也无济于事。作者在聊城白家洼科技农业园的试验田中也发现,洼地麦收后的夏玉米长势差,产量很低,甚至无收成。

生物之间的他感作用,是通过他感化学物质实现的。因此,分析、鉴定出具有他感作用的化学物质,特别是对作物生长具有直接作用的根际区的他感化学物质的研究,具有重要意义。

本研究的目的在于建立分析方法与生物活性检验技术;分析根际区土壤溶液中的化学物质,鉴定并经生物检验确定具有他感作用的某些化学物质,并研究其对某些作物的他感作用。为进一步研究他感物质的来源、他感作用的机制以及利用他感作用实现提高作物产量打下基础。

1 材料与方法

1.1 试剂 甲醇,乙醇,均为分析纯;GDX-102,60—80 目,分别用二氯甲烷和甲醇提取 8 h;乙醚,乙酸乙酯均为分析纯。

1.2 试验样品采集

1.2.1 土壤样品 土壤样品采自山东省聊城科技农业园试验田,取根际区土壤。土壤属中潮土壤,pH7.9,含有机质 1.13%,全氮 0.1%,全磷 0.04%,阳离子交换量为 13.4 me/100 g 土,持水量为 16.5%。

1.2.2 土壤溶液 采土壤溶液使用的是德国 GSF 土壤生态研究所提供的土壤溶液采集器,它是一个长 20 cm,内径 2 cm 的塑料管一端连接多孔陶土头,另一端与真空系统和水

样收集瓶连接。用土钻在地上打孔至所要求的深度,将采样管小心插入土层内,再用稀泥密封空隙。之后,将整个系统用手泵抽至 6×10^4 Pa 左右,维持 24—48 h(具体时间取决于土壤含水量)。在减压条件下,土壤水经多孔陶土头被吸入采样瓶中。

1.3 样品处理

1.3.1 土壤样品 把土壤样品风干,研细,过 40 目筛子,从中取出 40 g,加入 200 ml 无水乙醇于三角瓶中,在康氏振荡器上振荡 1 h 之后,过滤,所得滤液在旋转蒸发器上浓缩至干,再用乙醚 1 ml 溶解。溶液进一步做 GC 和 GC-MS 分析。

1.3.2 土壤溶液 将处理过的 GDX-102 树脂装入内径 12 mm,长 20 cm 的玻璃柱中,先用去离子水多次淋洗柱子。之后,将收集的土壤溶液 3500 ml 过柱,再用 200 ml 甲醇淋洗。洗脱液在旋转蒸发器上蒸发至干,用 0.5 ml 乙酸乙酯溶解,溶液用于 GC 和 GC-MS 分析。

1.4 GC 和 GC-MS 分析

1.4.1 GC 分析 GC 分析在 HP5890 气相色谱仪上进行,采用 FID 检测器。实验条件:Carbowax 极性柱,30 m $\times$ 0.25 mm ID(J & Sci. Instr. Co. USA)载气 N_2 ,流量 1 ml/min,柱温从 50—200 $^{\circ}C$,程序升温 8 $^{\circ}C$ /min,并在 200 $^{\circ}C$ 时保持 20 min,进样口温度 230 $^{\circ}C$,检测器温度 260 $^{\circ}C$,进样量 1 μ l。

1.4.2 GC-MS 分析 GC-MS 分析在 TRI02000 色谱质谱仪上进行。GC 条件:除载气为 He,流量 1 ml/min,其它条件同上述 GC 条件。MS 条件:电子轰击源,扫描范围 M/Z30—600 AMU,扫描速度,0.2 s 扫全程,离子源温度 150 $^{\circ}C$ 。通过计算机检索系统,进行未知物的鉴定。

1.5 生物检验

从鉴定出的化合物中挑选对-叔丁基苯甲酸、苯甲醛、阿魏酸和十四烯-等 14 个化合物作生物试验。配成不同浓度:0,50,100,200 和 500 mg/l。对玉米(中单 318)、小麦(北京 837)、田菁和稗子(均由中国农业科学院作物所提供),进行发芽试验。每种浓度试验 30 粒种子。均匀摆在垫有滤纸的直径 15 cm 培养皿中,加入试样 5 ml,在恒温培养箱内温度控制在 25 $^{\circ}C$,36 h 后,测其根长,芽长及萌发率,取平均值。

2 实验结果

2.1 GC-MS 鉴定

根际区土壤和土壤溶液样品的 GC-MS 鉴定结果列入表 1。所列出的化合物均属 GC-MS 鉴定在附和系数超过 75% 以上化合物。对于那些弱峰,GC-MS 鉴定出的化合物的可信

表 1 根际有机化合物(包括他感化合物)

Table 1 Organic Compounds (included Allelochemicals) in Rhizosphere

酸类	Acids	醛类	Aldehydes
乙酸	Acetic Acid	己醛	Hexanal
丁酸	Butanoic Acid	苯甲醛	Bezaldehyde
5-甲基-环戊-1-烯-1 羧酸	5-Methylcyclopent-1-ene-1-carboxyl acid	4-甲基-3-戊烯醛	3-Pentenal,4-Methyl
对-叔丁基苯甲酸	4-Tert-Butylbenzoic acid	(Z)-2-庚烯醛	(Z)-2-Heptenal
十五碳烯酸	Pentadecenoic acid	2-十一醛	2-Undecenal
壬酸	Nonanoic acid	2,4-癸二烯醛	2,4-Decadienal,(E,E)-
C ₁₄ -C ₁₈ 有机酸	C ₁₄ -C ₁₈ organic acid		

(续表 1)

酮类	Acetone	醇类	Alcohol
1,2-苯并异噻唑-3(2H)-酮	1,2-Benzisothiazol-3(2H)-one	14-甲基-8-十六烯-1-醇	8-Hexadecene-1-ol, 14-methyl
氮杂环十三烷基-2-酮	Azacyclotridecan-2-one	2,3-二甲基-3-丁烯基-2-醇	3-Buten-2-ol, 2,3-dimethyl
1-环丙基-1-丙酮	1-Propanone, 1-cyclopropyl	1,3-丁二醇	1,3-Butanediol
(E)-3-戊烯基-2-酮	3-Penten-2-one, (E)-		
4-甲基-(R)-环庚酮	Cycloheptanone, 4-methyl-, (R)-14		
6,10,14-三甲基-2-十五酮	2-Pentadecanone, 6, 10, 14-trimethyl		
2-羟基-环十五酮	Cyclopentadecanone, 2-hydroxy-		
酯类	Ester	苯,酚类	Benzene, Phenol
9-十八烯酸-12-乙酰氧基甲酯	9-Octadecenoic acid, 12-(acetyloxy)methylester	2,5-双(1,1-二甲基乙基)酚	Phenol, 2, 5-bis (1, 1-dimethylethyl)-
16-甲基-十七酸甲酯	Heptadecanoic, 16-methyl, methyl ester	甲苯	Benzene, methyl
2-氧-丙酸乙酯	Propanoic acid, 2-oxo-, ethyl, ester	1-甲基-3-(1-甲基乙基)苯	benzene, 1-methyl-3-(methylethyl)-
1,2-乙二醇二醋酸酯	1,2-Ethandiol, diacetate		
4-氧-戊酸乙酯	Pentanoic acid, 4-oxo-, ethyl ester		
十五酸乙酯	Pentdecanoic acid, ethyl ester		
十九酸乙酯	Nonadecanoic acid, ethyl ester		
1,2,3,4-丁四醇四乙酸酯	1, 2, 3, 4-Butanetetrol, tetraacetate		
1-十一烷甲酸酯	1-Henicosyl formate		
1-十六醇醋酸酯	1-Hexadecanol, acetate		
三十酸甲酯	Triacontanoic acid, methyl ester		
11,14-二十碳二烯酸甲酯	11, 14-Eicosadienoic acid, methyl ester		
9-十八酸(Z)-乙酯	9-Octadecenoic acid, (Z)-, ethyl ester	烃 类 1-十四烯	Hydrocarbon 1-Tetradecene
邻苯二甲酸二丁酯	1,2-Benzenedicarboxylic acid, dibutyl ester	3,7,11,15-四甲基 R,R,R (E)-2-十六烯	2-Hexadecent, 3, 7, 11, 15-tetra methyl, R, R, R (E)-
邻苯二甲酸二辛酯	1,2-Benzenedicarboxylic acid, dioctyl ester	二十烷	Docosane

度低,没有列入表 1。土壤溶液样品的 GC-MS 总离子流图 TIC 示于图 1。谱图中的 4 个强峰扫描号分别为 606, 1383, 2361 和 2664, 鉴定为乙酸, 十五酸乙酯和邻苯二甲酸二丁酯

和对-叔丁基苯甲酸, 后者的标样及样品的质谱图示于图 2。两张谱图基本一致。

2.2 生物试验结果

苯甲醛、对-叔丁基苯甲酸、阿魏酸和十四烯-1 在不同浓度条件下对田菁, 稗子, 小麦和玉米等种子萌发检验结果(相当对照萌发率)列入表 2。试验已多次报道过的阿魏酸是为了进行比较。这些化合物对不同物种生根与芽生长的抑制作用, 分别示于图 3 和图 4 中。

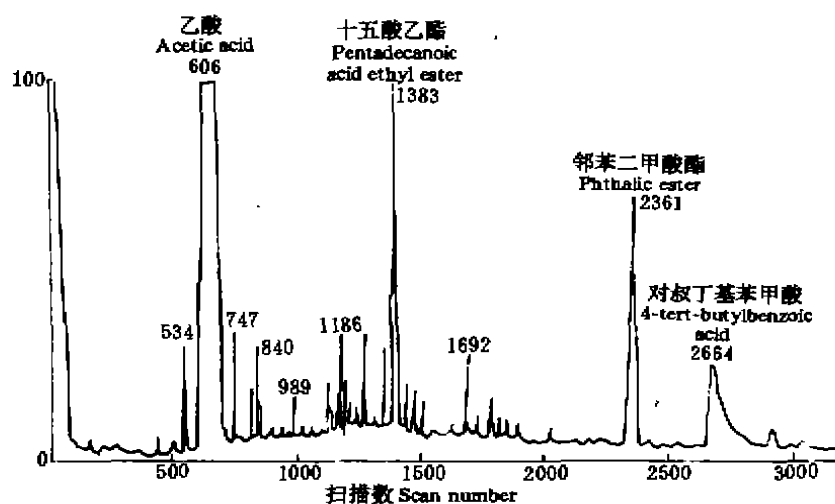


图 1 土壤溶液样品的 GC-MS 的总离子流 TIC 图

Fig. 1 GC-MS TIC spectrum of soil solution sample

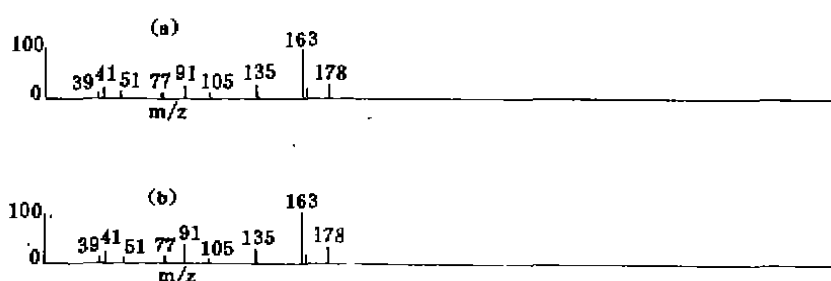


图 2 4-叔丁基苯甲酸 EI-MS 谱图。对应 TIC 图上扫描号 2664

Fig. 2 EI-MS spectrum of 4-T-B-A corresponding to scan number 2664 in TIC spectrum

(a) 样品 Sample (b) 标样 Standard

3 讨论

土壤是一个十分复杂的生态环境, 特别是最具有活性的植物根际区。微生物在土壤中进行生命活动, 相互发生作用, 参与一系列物质转化, 直接或间接地影响作物生长。因此, 在根际区土壤和土壤溶液中存在着种类繁多的各种有机物, 无机物和生物活性物质。除母体化合物外, 还有许多二级(次级)化合物, 而且这些化合物随着微生态环境的不同会有很大差异。表 1 中所列出的化合物, 包括有机酸、烃、醛、酮、酯、酚类等化合物 50 余种, 尚不

表 2 不同浓度的他感物质对作物及杂草种子萌发的影响*(%)

Table 2 Effect of allelochemicals in different concentration on germination of crop and weed seeds

他感物质 Allelochemicals	浓度(mg/l) Concentration	小麦 Wheat	田菁 Sesbania	稗子 Barnyard	玉米 Maize
十四烯-1 Tetradecene	0	100.00	100.00	100.00	100.00
	50	102.00	96.49	103.0	100.00
	100	98.00	83.47	93.00	100.00
	200	98.00	96.49	100.00	100.00
	500	109.00	92.98	100.00	100.00
苯甲醛 Benzaldehyde	0	100.00	100.00		100.00
	50	91.00	104.00		105.00
	100	96.00	107.00		105.00
	200	91.00	89.00		82.00
	500	74.00	87.00		75.00
对叔丁基 苯甲酸 4-T-Butyl- benzoic acid	0	100.00		100.00	100.00
	50	103.00		116.00	104.00
	100	91.00		79.00	84.00
	200	87.00		53.00	68.00
	500	41.00		35.00	7.00
阿魏酸 Ferulic acid	0	100.00		100.00	100.00
	50	118.00		100.00	86.00
	100	108.00		100.00	67.00
	200	96.00		100.00	84.00
	500	92.00		97.00	80.00

* 萌发率 Germination rate

包括更多的含量低的未被鉴定出的化合物。这些化合物的来源,除因环境污染因素外,主要是土壤微生物合成和分解的各类有机质,作物分泌物以及微生物代谢产物。具有他感作用的物质,主要来源于微生物分解有机残体,根分泌物,微生物合成物,植物地上部分被雨水淋入土壤中的化合物以及大量的属于有机物在土壤微生态环境中的降解产物。文献^[7,8]中归纳了具有他感作用的各类化合物。表2的结果表明,不同化合物在不同浓度条件下对种子萌发率(%)具有明显差别。本文着重研究了玉米、小麦的萌发率。十四烯-1对玉米,小麦的萌发率与对照比没有差别。即使是选择对萌发快速敏感的种子,田菁和稗子,数据也表明没有差别。因此,十四烯-1不属于他感化合物。但仍把它列入表内是为了比较。这说明,一个化合物在土壤中的浓度并不决定它是否具有他感作用。苯甲醛,浓度在200 mg/l以上对小麦玉米的萌发具有明显的抑制作用,在200及500 mg/l时,对小麦和玉米的萌发率分别为对照的91%,74%和82%,75%,并且在50 mg/l和100 mg/l时,对玉米萌发还有刺激作用。阿魏酸是文献上多次报道过的他感化合物,在200 mg/l以上对小麦萌发略有抑制作用,但是对玉米萌发,浓度在100 mg/l以上,就有明显的抑制作用。与对照比较,抑制萌发率分别达86%、67%、84%、和86%。由本实验室鉴定出尚未见报道的对-叔丁基苯甲酸,在所研究的化合物中具有很强的他感作用。在浓度为100,200及500 mg/l时,对小麦,玉米,稗子的萌发抑制率与对照比,分别达91%、87%、41%、84%、68%、7%及79%、53%、35%。数据表明,当浓度为500 mg/l时,玉米的萌发率仅为对照的7%。它是

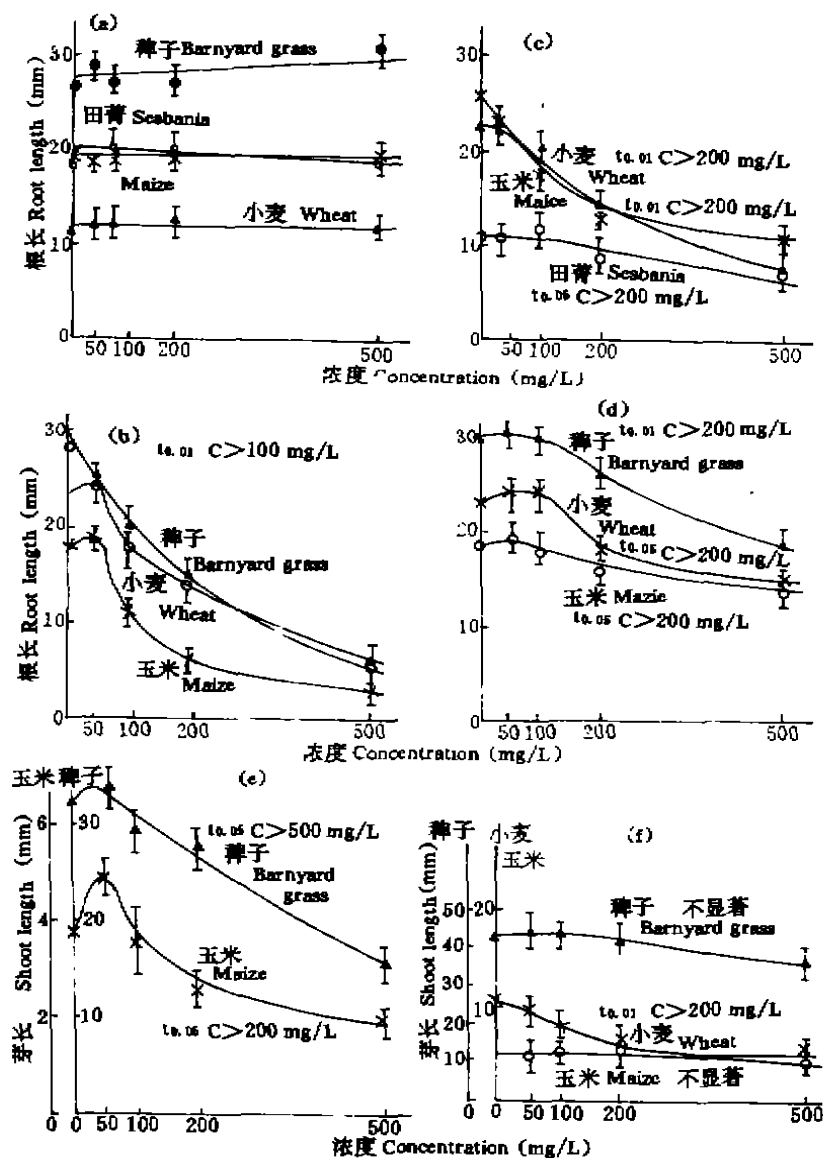


图 3 他感化合物对不同作物种子生根及发芽的抑制作用

Fig. 3 Inhibition effects of allelochemicals on the root, shoot elongation of test crops.

a) 1-十四烯对小麦、玉米、田菁、稗子生根抑制 The effects of 1-tridecene on the root length of wheat, Maize, sesbania, Barnyard grass. b) 对-叔丁基苯甲酸对小麦、玉米、稗子生根抑制 The effects of 4-tert-butylbenzoic acid on the root length of wheat, Maize, Barnyard grass. c) 苯甲醛对小麦、玉米、田菁、生根抑制 The effects of benzaldehyde on the root length of wheat, Maize, sesbania. d) 阿魏酸对小麦、玉米、稗子生根抑制 The effects of ferulic acid on the root length of wheat, Maize, Barnyard grass. e) 对-叔丁基苯甲酸对玉米、稗子芽生长的抑制 The effects of 4-tert-butylbenzoic acid on the shoot length of Maize, Barnyard grass. f) 阿魏酸对小麦、玉米、稗子芽生长的抑制 The effects of ferulic acid on the shoot length of wheat, Maize, Barnyard grass.

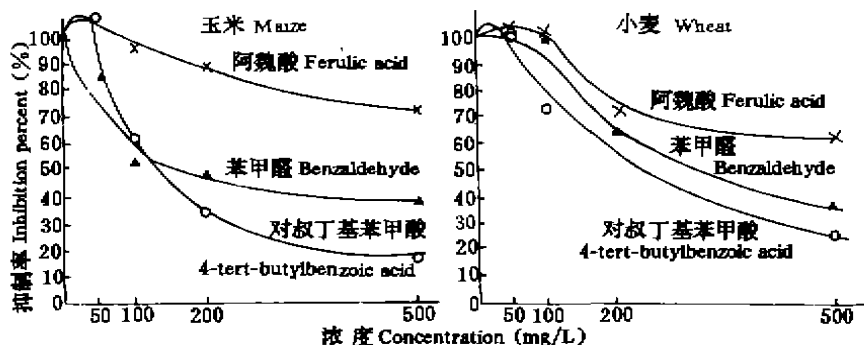


图4 对-叔丁基苯甲酸、苯甲醛和阿魏酸对小麦、玉米的生根抑制作用

Fig. 4 Inhibition percent of root elongation of wheat and maize by p-T-B-A, BA and FA

一种严重危害作物的他感化合物。

图3所示,几种他感化合物对某些作物和杂草的生根及发芽的他感作用。图3(a)所示十四烯-1,在不同浓度条件下,对小麦、玉米、田菁、稗子的作用。结果表明在0—500 mg/l,对种子的根生长没有影响。即使浓度在2000 mg/L时,也没有影响,显著性 t 检验表明没有差别。图3(b)所示对-叔丁基苯甲酸在0—500 mg/l条件下对小麦、玉米和稗子根生长的影响。结果表明,它是种较强的他感化合物。随浓度100—500 mg/l,对3种作物生长的抑制作用逐渐增加,在500 mg/l时,根长已由对照的23.6、17.9、30.3 mm分别降至5.6、3.5、6.2 mm,并且浓度小于50 mg/l时,对小麦、玉米的根生长还有刺激效果。显著性 t 检验结果3种物种均为0.01。图3(c)所示苯甲醛对小麦、玉米和田菁种子生长的影响。对小麦、玉米有明显的抑制作用,浓度大于200 mg/l,显著性 t 均为0.01,对田菁则为0.05。浓度在50 mg/l时,3种作物根长分别由对照的21.5、25.8、10.6 mm降至13.8、10.9、7.9 mm。图3(d)所示阿魏酸在不同浓度条件,对小麦、玉米和稗子根生长的抑制作用。对小麦、玉米和稗子的显著性 t 检验分别为0.05、0.05和0.01。在500 mg/l时,根长由对照的23.5、18.3和30.4 mm分别降至17.2、13.8和18.5 mm。当浓度小于50 mg/l,还表现出刺激作用。

图3(e)所示对-叔丁基苯甲酸对玉米、稗子芽生长的影响。显著性检验结果表明浓度大于200 mg/l时,对2种种子的显著性 t 均为0.05。浓度为500 mg/l时,芽长分别从对照的3.8和32.4 mm降至2.4和14 mm,并且当浓度小于50 mg/l时,表现出刺激作用。图3(f)所示,阿魏酸对小麦、玉米和稗子芽生长的抑制作用。当浓度大于200 mg/l时除对小麦显著性 t 为0.01,有明显抑制作用外,对玉米和稗子芽生长无明显作用,浓度为0—500 mg/l时,芽长分别从对照的10.0、4.5、43.1 mm降至4.4、4.5、37 mm。

图4所示对-叔丁基苯甲酸、苯甲醛和阿魏酸对玉米、小麦生根抑制率。在低浓度条件下(小于50 mg/l)除苯甲醛外,对-叔丁基苯甲酸和阿魏酸都有刺激作用。对玉米、小麦,3种他感物质抑制作用最强的为对-叔丁基苯甲酸,其次为苯甲醛,阿魏酸抑制作用最低。

如图5a所示,苯甲醛浓度在200 mg/l以下,对根和苗的生长没表现出抑制作用,而且还有一定程度的刺激作用,这个结果与种子萌发数据相一致,只是当浓度达到500 mg/l

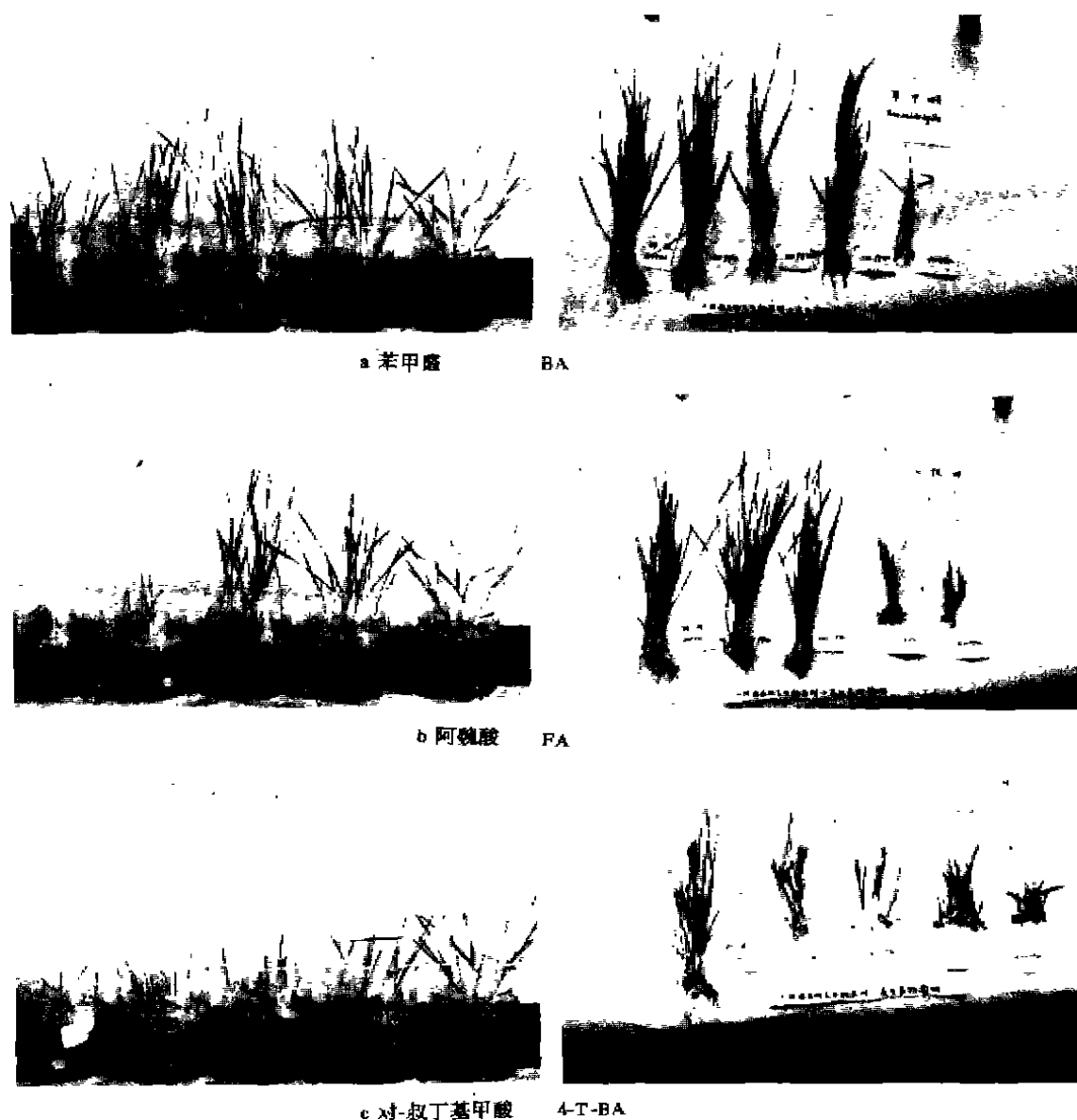


图 5 3 种不同浓度的他感化合物对小麦生长的影响

Fig. 5 Effect of three allelochemicals at different concentrations on the growth of wheat

a. 苯甲醛 BA; b. 阿魏酸 FA; c. 对-叔丁基苯甲酸 4-T-BA

时,对小麦的根和苗的抑制作用才十分明显。图 5b 所示阿魏酸对小麦的试验结果,当浓度在 100 mg/l 以下,对小麦生长略有影响,然而当浓度在 200 mg/l 以上,对苗,特别是对根有明显的抑制作用。阿魏酸不抑制小麦种子的萌发,但抑制生长。图 5c 所示对-叔丁基苯甲酸的试验结果,与对照比较,当浓度在 50 mg/l 时对根及苗生长就产生抑制作用,并且随浓度的增加这种抑制增强,到 200 mg/l,基本不长根,苗也很弱。这 3 种他感物质对小麦的试验结果表明,对-叔丁基苯甲酸是很强的一种他感化合物。

4 结论

从鉴定出的化合物中挑选十四烯-1、苯甲醛和以前未见报道的、由本作者鉴定出的对-叔丁基苯甲酸,以及已经公布过的具有他感作用的阿魏酸。选择的依据是:样品提取物中多次出现;未分离前样品生物检验对植物种子有抑制作用;从化合物结构上与已公布过的具有他感作用化合物有相似性。它们不是来自环境污染,包括样品处理过程中(由空白及对照样品确定)以及使用农用化学品及其在环境中的降解物(聊城科技农业园试验田以前是荒地,近两年开垦种小麦、玉米,施过尿素和磷酸二铵,使用的农药有:西维因、三氯杀螨醇、1605、多菌灵、辛硫磷和呋喃丹。根据文献报道^[9-12],所选的化合物均不属于农药母体及其在环境中的降解代谢产物),这几种化合物可能是有机残体腐烂过程中产生的。这正是大家所关心的一些他感化合物。

这3种化合物的他感作用具有显著差别:十四烯-1,在浓度为2000 mg/l时,对玉米、小麦、田菁、稗子4种植物种子无抑制作用,它不是他感物质。苯甲醛,浓度在200 mg/l以上对试验作物种子具有明显的抑制作用,他感作用最强烈的为对-叔丁基苯甲酸,它对所有试验作物都有很强的抑制作用,包括对种子萌发、根生长以及苗生长的抑制作用,而且仅在浓度为50 mg/l,这种抑制作用就表现出来,随浓度增加抑制作用越强烈。在浓度小于50 mg/l时对-叔丁基苯甲酸和阿魏酸还表现出刺激作用。对-叔丁基苯甲酸,可能是至今报道过的较强的一种他感化合物,将严重影响大田作物生长及产量。作者将对这一化合物产生的条件、来源做进一步研究。此外,鉴定出的化合物类还包括酯类、酮、其它芳香醛等,对这些化合物的生物活性试验有待进一步研究。

参 考 文 献

- 1 Putnam A R, DeFrank J. *proc IX Int. Cong. Plant Protection*. 1979. 580—582
- 2 Worsham A D. Eds, Chou C H and Waler. *Phytochemical Ecology*. Academia Sinica Monograph Series. Taipei Taiwan. 1989. 9: 245—291
- 3 Blum U, Wentworth T R *et al.* Phenolic acid content of soil from wheat-no till, wheat-conventional till, and fallow-conventional till soybean cropping system. *J. Chem. Ecology*. 1991. 17(6): 1045—1069
- 4 Chou C H. Allelopathy in Subtropical vegetation and soils in Taiwan. *Allelochemicals: Role in Agriculture and Forestry*. Washington DC. ACS 1985. 102—117
- 5 Kimber R W L. Phytotoxicity from plant residues. *Austr. J. Agr. Res.* 1967. 18: 361—374
- 6 马永清等. 小麦秸秆的生化他感效应. *生态学杂志*. 1993. 12(5): 36—38
- 7 Nelson E BALKE. Effect of allelochemicals on mineral uptake and associated physiological processes. *The Chemistry of Allelopathy* Washington DC. ACS 268. 1984. 161—175
- 8 Richard F Fisher. Allelopathy: A potential cause of forest regeneration failure. *Allelochemicals: Role in Agriculture and Forestry*. Washington DC. ACS 330. 1985. 176—184
- 9 *The Agrochemicals Handbook*. The Royal Society of Chemistry, The University Nottingham. NG 7 ZRD England. 1984
- 10 张宗炳等. 杀虫药剂的环境毒理学. 北京: 农业出版社. 1989: 111—145
- 11 R J. 库尔, H W. 多曾安著. 氨基甲酸酯杀虫剂的化学、生物化学及毒理学. 北京: 化学出版社. 1984. 132—181
- 12 R W 马什主编. 内吸性杀虫剂. 北京: 化学出版社. 1983. 226—247