

大豆根茬腐解产物的鉴定及化感作用的初步研究

韩丽梅¹, 王树起¹, 鞠会艳¹, 阎 雪², 阎 飞¹, 杨振明¹

(1. 解放军军需大学农学系 长春 130062; 2. 白求恩医科大学药学院 长春 130021)

摘要:采用 GC-MS 分析法鉴定了培养试验获得的大豆根茬腐解 2 周、4 周产生的有机化合物的酸、碱性组分产物,并对腐解 2 周、4 周、8 周各组分产物进行了化感作用的研究。结果表明:大豆根茬腐解产物(含微生物菌源根际土中的有机化合物)十分丰富,有酸类、酯类、醇类、醛类、酚类、酮类、烃类等物质,其中有些有机化合物已被研究证明是化感物质,还有些未见报道;不同腐解时间产生的有机化合物有一定差异;对腐解产物进行生物检测试验,发现大豆根茬腐解 2 周、4 周、8 周产生的有机化合物其酸性、碱性组分均抑制了大豆种子萌发和胚根生长;根茬腐解产物酸、碱性组分处理的胚根长与对照比较差异达显著或极显著水平,酸性组分的化感抑制作用大于碱性组分。此外,就大豆根茬腐解产物在大豆连作障碍中的作用等有关问题进行了讨论。

关键词:大豆;根茬;腐解产物;GC-MS 分析;化感作用;连作

Identification and allelopathy on the decomposition products from soybean stubs

HAN Li-Mei¹, WANG Shu-Qi¹, JU Hui-Yan¹, YAN Xue², YAN Fei¹, YANG Zhen-Ming¹

(1. Agronomy Department of the Quartermaster University of PLA, Changchun 130062, China; 2. Norman Bethune University of Medical Sciences, Changchun 130021, China)

Abstract: Acid and basic components of organic compounds from soybean stubs decomposed for two weeks and four weeks in culture experiments were identified and the allelopathy of compounds from the decomposed stubs for two weeks, four weeks and eight weeks was studied by GC-MS analysis. The results showed that the decomposition products from soybean stubs (including organic compounds in rhizosphere soil) were abundant, and they included organic acids, ester, alcohol, aldehydes, phenol, acetone and hydrocarbon. Some of them are allelochemicals and some organic compounds had not been documented as allelochemicals yet. There were definite differences in organic compounds from different decomposition time. Acid and basic components from soybean stubs decomposed for two weeks, four weeks and eight weeks all inhibited the germination of soybean seeds and radicle growth. The differences of radicle length were significant between the group treated with the components from decomposed soybean stubs and control group. Allelopathy inhibition of acid components is stronger than that of basic components. In addition, some actions of the decomposition products from soybean stubs in continuous cropping barriers were discussed.

Key words: soybean, soybean stubs, decomposition products, GC-MS analysis, allelopathy, continuous cropping

文章编号: 1000-0933(2000)05-0771-08 中图分类号: S181 文献标识码: A

受市场经济驱动,我国东北北部大豆连作栽培十分普遍。但大豆连作引起产量降低(15%~30%),品

基金项目: 国家“九五”科技攻关资助项目(95-01-05-03)

收稿日期: 1999-06-15 修回日期: 2000-02-21

作者简介: 韩丽梅(1963~),女,硕士,讲师。主要从事土壤与植物营养的教学与科研工作。

万方数据

质下降,病虫害加剧已为生产实践所证实。为减轻作物连作障碍,国内外学者从土壤物理、化学、生物学性质、土壤病虫害及植株营养、生理生化指标、超微结构、根系分泌物等方面进行了大量的研究^[1~10],取得了重要进展,但关于连作大豆减产的原因尚未取得完全一致的认识,一些热点问题如大豆根茬的化感作用等尚在深入研究中。关于根茬腐解产物的化感作用及在连作障碍中的作用国外研究报道较少。近年来,我国学者王光华等研究证明大豆根系浸出液有一定的化感作用,大豆根残体腐解物对大豆生长有一定的抑制作用^[11,12]。我国学者韩晓增等研究证明大豆根系腐解物对大豆生育及产量有显著影响^[13],在大豆连作障碍中有不可忽视的作用,但尚未见有关大豆根茬腐解产物种类的鉴定及其化感作用研究的报道。本文对大豆根茬腐解产物进行了鉴定并对其化感作用进行了初步研究,以进一步研究大豆根茬引起连作障碍的原因,明确其在连作障碍中的作用,为进行合理调控提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 大豆根茬的收集

1998 年 10 月大豆收获 1 周后,于解放军军需大学农科站大豆试验地(土壤类型为黑土)采集根茬,同时拌下根际土,经风干后,根茬粉碎成 1.5cm 以下小段,在无菌室紫外灯下照射 3h(期间要翻动根茬几次),根际土过 1mm 筛。

1.2 根茬腐解方法及提取液的制取

大豆根茬腐解及提取液的制取参考马瑞霞方法^[14]。采用微生物分解纤维素的培养基培养根区微生物,培养液经常规灭菌后,在无菌室调至 pH6.2(接近供试土壤 pH 值)。在 500ml 棕色广口瓶中,加入上述培养液 250ml,经消毒的大豆根茬 20g,根际土 20g 作为微生物菌源,混匀,放置在 25℃ 恒温培养箱中培养,未加根茬(加根际土)的作对照。

将培养 2 周、4 周的培养液,分别调 pH 至 2 和 12,用二氯甲烷(每次用 50ml)萃取 3 次,分别得到酸性提取液(根茬 pH 2,对照 pH 2)和碱性提取液(根茬 pH 12,对照 pH 12)。提取液过 0.45 μm 膜,20℃ 减压浓缩至干后,加 2ml 二氯甲烷溶解,0.5ml 做 GC-MS 测定,1.5ml 用于生物活性测定。

1.3 生物检测

分别用 2 周、4 周的酸性提取液(根茬和对照)及碱性提取液(根茬和对照)、8 周的酸、碱、中性提取液(根茬)进行大豆种子萌发试验。在直径为 8.5cm 的培养皿中,铺一张定性滤纸,加入 5ml 提取液(1.5ml 浓缩液用二氯甲烷稀释至 30ml,即每皿含 2.5g 根茬腐解提取物质),试剂对照加入二氯甲烷 5ml,各处理待溶剂挥发干后,加入 H₂O(蒸馏水)5ml,再将 10 粒经 10% H₂O₂ 消毒 2min,稍膨胀(短时间浸种)均匀一致的种子放到滤纸上,盖上盖,于 25℃ 恒温培养箱中培养,每天加入 1ml H₂O,种子发芽后(4d)记录发芽率及胚根长。重复 3 次。

1.4 提取液的 GC-MS 分析

2 周提取液于中国科学院感光化学研究所质谱室测定。GC 型号为 HP5890。毛细管柱为 DB-5 柱和 Carowax 柱(30m × 0.25mm),进样口 240℃,柱温 50℃(2min),以 6℃/min 程序升温至 250℃(保持 15min)。载气为 He,流量 1ml/min,进样量为 1μl。MS 型号是 TRIO2000 色谱质谱仪,电子轰击源,扫描范围 M/Z 30~600 AMU,扫描速度 0.2 s 扫全程,离子源温度 200℃。计算机检索进行未知物的鉴定。4 周提取液于东北师范大学测试中心质谱室测定。采用 GC6890/MS5973 测定,电子轰击源,扫描范围 M/Z 30~600 AMU,扫描速度 0.2 s 扫全程,离子源温度 230℃。毛细管柱为 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℃(保持 15min)。载气为 He,流量 1ml/min,进样量为 1μl。应用 NIST98 质谱数据库,通过计算机检索进行未知物的鉴定。

2 结果与分析

2.1 提取液对大豆种子发芽和胚根生长的影响

分别用 2 周、4 周及 8 周根茬腐解的酸性、碱性提取液及 8 周根茬腐解的酸、中、碱性提取液进行了对大豆种子萌发和胚根生长影响的试验,并对试验结果进行了 F 检验和 PLSD 检验。F 检验结果是 2 周、4 周及 8 周

表 3 根茬腐解产物(2 周,pH2)
Table 3 The decomposition products of soybean stubs (2 weeks,pH 2)

对照	Stubs control	根茬腐解产物	Decomposition products of stubs
酸类	Acids	酸类	Acids
丙二酸	Propanedioic acid	乙酸	Acetic acid
3-硝基邻苯二甲酸	1, 2-Benzenedicarboxylic, 3-nitro-	丙二酸	Propanedioic acid
酯类	Ester	3-硝基邻苯二甲酸	1, 2-Benzenedicarboxylic acid, 3-nitro-
(Z)-9-十八烯酸己酯	9-Octadecenoic acid (Z), hexylester	醇类	Alcohol
醇类	Alcohol	2-丙基-1-庚醇	1-Heptanol, 2-propyl-
1-辛醇	1-Octanol	1-二十四醇	1-Tetraconsanol
2-丁基-1-辛醇	1-Octanol, 2-butyl-	1-十六醇	1-Octadecanol
2-乙基-1-癸醇	1-Decanol, 2-ethyl-	1-十八碳三醇	1-octadecanethiol
2-甲基-1-十六醇	1-Hexadecanol, 2-methyl-	1-二十六醇	1-hexacosanol
1-十八醇	1-Octadecanol	烃类	Hydrocarbon
1-二十醇	1-Eicosanol	戊基环戊烷	Cyclopentane, pentyl-
烃类	Hydrocarbon	3-乙基-2, 7-二甲基辛基	Octane, 3-ethyl-2, 7-dimethyl-
2-碘-2-甲基丁烷	Butane, 2-iodo-2methyl-	3, 7-二甲基壬烷	Nonane, 3, 7-dimethyl-
癸基环戊烷	Cyclopentane, decyl-	十一烷	Undecane
(3-甲基丁基)环戊烷	Cyclopentane, (3-methylbutyl)-	6-甲基十一烷	Undecane, 6-methyl-
5-(2-甲基丙基)壬烷	Nonane, 5-(2-methylpropyl-	2, 5-二甲基十一烷	Undecane, 2, 5-dimethyl-
2, 10-二甲基十一烷	Undecane, 2, 10-dimethyl-	1-碘-2-甲基十一烷	Undecane, 1-iodo-2-methyl-
3, 7-二甲基十一烷	Undecane, 3, 7-dimethyl-	十二烷	Dodecane
1-碘-2-甲基十一烷	1-Iodo-2-mthyl-, undecane	2, 10-二甲基十二烷	Dodecane, 2-10-dimethyl-
十二烷	Dodecane	2, 6, 11-三甲基十二烷	Dodecane, 2, 6, 11-trimethyl-
2, 6, 11-三甲基十二烷	Dodecane, 2, 6, 11-trimethyl-	十三烷	Tridecane
2-甲基十三烷	Tridecane, 2-methyl-	2-甲基十三烷	Tridecane, 2-methyl-
1-碘-十三烷	Tridecane, 1-iodo-	十六烷	Hexadecane
十六碳烷	Hexadecane	1, 1-双(十二氧基)十六烷	Hexadecane, 1, 1-bis (dodecyloxy)-
1-氯十六烷	Hexadecane, 1-chloro-	1-氯十六烷	Hexadecane, 1-chloro-
7-甲基十六烷	Hexadecane, 7-methyl-	1-(乙氧基)十八烷	Octadecane, 1-(ethenyloxy)-
十七碳烷	Heptadecane	二十六烷	Heptacosane
6-甲基十八烷	Octadecane, 6-methyl-	二十六烷	Octacosane
1-(乙烯氧基)十八烷	Octadecane, 1-(ethenyloxy)-	三十二烷	Dotriacotane
10-甲基二十碳烷	Eicosane, 10-methyl-	(E)-3-二十烯	3-Eicosene, (E)-
二十五碳烷	Pentacosane	1-二十六烯	1-Hexacosene
1-氯二十二烯	Docosene, 1-chloro-		
4-甲基-1-十一烯	1-undecene, 4-methyl-		

异, 4 周根茬腐解、对照酸性组分与试剂对照表现出的“化感物质低促高抑”现象可表明, 根茬腐解产物中存在抑制大豆胚根生长的化感物质。作者进一步做了在轮作土壤上添加腐解根茬与未腐解根茬的盆栽试验(试验结果将另文报道), 发现添加腐解与未腐解根茬后对轮作大豆的生长均产生了不利影响, 表现在使轮作大豆的根系生长受阻, 根系活力下降, 抗逆性降低, 植株地上部生物产量下降, 最终导致产量降低。根茬的障碍作用, 第 1 年大于第 2 年。上述试验结果说明大豆根茬腐解产物中确实存在化感物质, 但有关化感物质的障碍机理还待进一步深入研究。

3.2 大豆根茬腐解产物组成的变化及其化感作用

从大豆根茬腐解产物的生物检测及 GC-MS 鉴定结果看, 大豆根茬腐解时间不同, 其腐解产物有一定区别, 产生的化感作用亦有所不同。如本研究 2 周根茬腐解处理碱性组分与其对照、4 周根茬腐解处理碱性组分与其对照比较表现出的化感抑制作用即不同, 而 2 周根茬腐解处理酸性组分与 4 周根茬处理酸性组分产物差异明显。腐解产物的不同, 致使其障碍效应不同, 这在韩晓增^[13]的研究中也得到了证实。

表 4 根茬腐解产物(2周,pH 12)
Table 4 The decomposition products of soybean stubs (2 weeks,pH 12)

对照	Stubs control	根茬腐解产物	Decomposition products of stubs
酸类	Acids	酸类	Acids
丙二酸	Propanedioic acid	丙二酸	Propanedioic acid
3-硝基邻苯二甲酸	1, 2-Benzenedicarboxylic, 3-nitro-	3-硝基邻苯二甲酸	1, 2-Benzenedicarboxylic, 3-nitro-
醇类	Alcohol	醇类	Alcohol
十二烷基环己醇	Cyclohexanol,dodecyl-	十二烷基环己醇	Cyclohexanol,dodecyl-
2-丁基-1-辛醇	1-Octanol,2-butyl-	2-丁基-1-辛醇	1-Octanol,2-butyl-
2-丁基-1-癸醇	1-Decanol,2-butyl-	1-十八醇	1-Octadecanol
1-十六醇 1-hexacosanol	1-十八醇 1-Octadecanol	1-二十醇	1-Eicosanol
1-二十醇 1-Eicosanol	1-二十四醇 1-Tetracosanol	苯类	Benzene
苯类	Benzene	十一烷基苯	Benzene,undecyl-
十一烷基苯	Benzene,undecyl-	十二烷基苯	Benzene,dodecyl-
十二烷基苯	Benzene,dodecyl-	十三烷基苯	Benzene,tridecyl-
十三烷基苯	Benzene,tridecyl-	十四烷基苯	Benzene,tetradecyl-
烃类	Hydrocarbon	烃类	Hydrocarbon
癸烷	Decane	肉豆蔻基环氧乙烷	Oxirane,tetradecyl-
十四烷基环氧乙烷	Oxirane,tetradecyl-	5-(2-甲基丙基)壬烷	Nonane,5-(2-methylpropyl)-
5-(2-甲基丙基)壬烷	Nonane,5-(2-methylpropyl)-	2,2-二甲基癸烷	Decane,2,2-dimethyl-
2,9-二甲基癸烷	Decane,2,9-dimethyl-	(E)-8-甲基-4-癸烷	4-Decane,8-methyl-,(E)
(E)-8-甲基-4-癸烷	4-Decane,8-methyl-,(E)	3-亚甲基十一烷	Undecane,3-methylene-
3-亚甲基十一烷	Undecane,3-methylene-	6,6-二甲基十一烷	Undecane,6,6-dimethyl-
6,6-二甲基十一烷	Undecane,6,6-dimethyl-	十二烷	Dodecane
3,7-二甲基十一烷	Undecane,3,7-dimethyl-	苯基十二烷	Dodecane,phenyl-
十二烷 Dodecane	苯基十二烷 Dodecane,phenyl-	2,6,10-三甲基十二烷	Dodecane,2,6,10-trimethyl-
2,6,10-三甲基十二烷	Dodecane,2,6,10-trimethyl-	2-甲基十三烷	Tridecane,2-methyl-
6-甲基十三烷	Tridecane,6-methyl-	6-甲基十三烷	Tridecane,6-methyl-
2-甲基十三烷	Tridecane,2-methyl-	十五烷	Pentadecane
十五烷 Pentadecane	十六烷 Hexadecane	十六烷	Hexadecane
1-氯-十六烷	Hexadecane,1-chloro-	1-氯-十六烷	Hexadecane,1-chloro-
十八烷	Octadecane	十八烷	Octadecane
1-乙烯氧基十八烷	Octadecane,1-(ethenylox)-	1-乙烯氧基十八烷	Octadecane,1-(ethenylox)-
三十二烷	Dotriacontane	三十二烷	Dotriacontane
4-甲基十一烯	Undecene,4-methyl-	4-甲基十一烯	1-Undecene,4-methyl-

3.3 大豆根茬腐解产物在连作障碍中的作用

韩晓增等在研究有害生物在连作大豆中的障碍效应^[19]中发现,在排除大豆根茬腐解产物的连作障碍效应后,有害生物是大豆短期连作的主要障碍。大豆连作障碍是多种不利因素综合作用的结果,为此,要明确大豆根茬在连作障碍中的作用,还要探明根茬腐解物与土壤有害生物间的交互作用。

4 结语

4.1 大豆根茬腐解 2、4、8 周的产物对大豆种子萌发影响不大,但对胚根生长具有显著的化感作用,酸性组分的化感抑制作用大于碱性组分。上述化感作用是多种化感物质综合作用的结果。

4.2 大豆根茬腐解产物很丰富。2、4 周根茬腐解产物的酸、碱性提取液经 GC-MS 鉴定的物质种类(含微生物菌源根际土中的有机化合物)有:酸类、酯类、醇类、酮类、醛类、苯酚、烃类等,其中的乙酸、丙二酸及一些丁酸、戊酸的衍生物、直链醇、醛、酮、苯酚、烃类的衍生物已被报道为化感物质,但是否每种物质对大豆都有化感作用待深入研究。而 GC-MS 鉴定中多次出现的尚未见资料印证的 3-硝基苯甲酸等是否为化感物质亦待深入研究。

4.3 大豆根茬腐解产物中存在很多化感物质,不同腐解时间产生的化感物质种类有一定差异。不同腐解时间产生的化感物质的数量及主要化感物质在连作障碍中的作用机理待进一步深入研究。

表 5 根茬腐解产物(4 周,pH 2)
Table 5 The decomposition products of stubs (4 weeks,pH 2)

对照	Stubs control	根茬腐解产物	Decomposition products of stubs
醇类	Alcohol	醇类	Alcohol
2-(十二烷氧基)乙醇	Ethanol, 2-(dodecyloxy)-	2-(十四烷氧基)乙醇	Ethanol, 2-(tetradecyloxy)-
2-(十八烷氧基)乙醇	Ethanol, 2-(octadecyloxy)-	2-(十八烷氧基)乙醇	Ethanol, 2-(dodecyloxy)-
2-己基-1-癸醇	1-Decanol, 2-hexyl-	2,2-二甲基-1-丙醇	1-Propanol, 2, 2-dimethyl-
1-二十一醇	1-Heneicosanol	2-己基-1-癸醇	1-Decanol, 2-hexyl-
1-十八烷三醇	1-Octadecanethio	2-甲基-1-十六醇	1-Hexadecanol, 2-methyl-
1-二十二烷三醇	1-Docosanethiol	3,7,11,15-四甲基-1-十六醇	1-Hexadecanol, 3,7,11,15-
叶绿醇	Phytol	1-十七醇	1-Heptadecanol
酯类	Ester	1-二十一醇	1-Heneicosanol
二丁基邻苯二甲酸酯	Dibutyl phthalate	1-二十六醇	1-Hexacosanol
酮类	Acetone	1-十八烷三醇	1-Octadecanethiol
2,2-二甲基-3-辛酮	2,2-Dimethyl-3-octanone	酯类	Ester
炔类	Hydrocarbon	二丁基邻苯二甲酸酯	Dibutyl phthalate
2,2,5,5-四甲基己烷	Hexane, 2,2,5,5-tetramethyl-	酮,醛类	Acetone, Aldehydes
庚烷	Heptane	2,2-甲基-3-辛酮	2,2-Dimethyl-3-octanone
1-溴-2-甲基癸烷	Decane, 1-bromo-2-methyl-	十四醛	Tetradecanal
2,9-二甲基十一烷	Undecane, 2,9-dimethyl-	酚类	Phenyl
2,4-二甲基十一烷	Undecane, 2,4-dimethyl-	4-甲基苯酚	Phenol, 4-methyl-
1,1'-双氧十二烷	Dodecane, 1,1'-oxybis-	炔类	Hydrocarbon
十四烷	Tetradecane	庚烷	Heptane
2,6,10-三甲基十四烷	Tetradecane, 2,6,10-trimethyl-	4-乙基-2,2,6,6-四甲基庚烷	Heptane, 4-ethyl-2, 2, 6, 6-tetrameth
十五烷	Pentadecane	2,2,3,5-四甲基庚烷	Heptane, 2,2,3,5-tetramethyl-
1-氯十五烷	Nonadecane, 1-chloro-	2,4,6-三甲基辛烷	Octane, 2,4,6-trimethyl-
2,6,10-三甲基十五烷	Pentadecane, 2,6,10-trimethyl-	4,5-二甲基壬烷	Nonane, 4,5-dimethyl-
2,6,10,14-四甲基十五烷	Pentadecane, 2,6,10,14-tetramethyl-	癸烷	Decane
十六烷	Hexadecan	2,10-二甲基十一烷	Undecane, 2,10-dimethyl-
2,6,10,14-四甲基十六烷	Hexadecane, 2,6,10,14-tetramethyl-	十二烷	Dodecane
1-氯十六烷	Hexadecane, 1-chloro-	1,1'-双氧十二烷	Dodecane, 1,1'-oxybis-
环十六烷	Cyclohexadecane	3-甲基十二烷	Dodecane, 3-methyl-
十七烷	Heptadecane	十三烷	Tridecane
3-甲基十七烷	Heptadecane, 3-methyl-	1,7,11-三甲基环十四烷	Cyclotetradecane, 1, 7, 11-trimethyl
十八烷	Octadecane	十五烷	Pentadecane
1-氯十八烷	Octadecane, 1-chloro-	2,6,10,14-四甲基十六烷	Hexadecane, 2,6,10,14-tetramethyl
十九烷 Nonadecane	二十烷 Eicosane		
二十一烷	Heneicosane	1,2-二乙基环十六烷	Cyclohexadecane, 1,2-diethyl-
11-环戊基二十一烷	Heneicosane, 11-cyclopentyl-		
二十二烷	Docosane	1-氯十六烷	1-Hexadecane, 1-chloro-
1-溴二十二烷	1-Bromodocosane	9-甲基十七烷	Heptadecane, 9-octyl-
二十三烷	Tricosane	1-氯十八烷	Octadecane, 1-chloro-
二十五烷	Pentacosane	1-碘-十八烷	Octadecane, 1-iodo-
二十七烷	Pentacosane	1-氯十八烷	Octadecane, 1-chloro-
1-氯二十七烷	Heptacosane, 1-chloro-	1-氯十九烷	Nonadecane, 1-chloro-
二十八烷	Octacosane	二十烷 Eicosane	二十一烷 Heneicosane
环二十八烷	Cyclooctacosane	11-丁基二十二烷	Docosane, 11-butyl-
三十一烷	Hentriacontane	二十三烷 Tricosane	二十五烷 Pentacosane
三十四烷	Tetratriacontane	二十六烷 Hexacosane	二十七烷 Heptacosane
三十五烷	Pentacosane	二十六烷 Octacosane	环二十八烷 Cyclooctacosane
2-甲基-Z-4-十四烯	2-Methyl-Z-4-tetradecene	三十烷 Triacontane	三十四烷 Tetratriacontane
1-十六烯	1-Hexadecene	三十六烷	Hexadecane
1-十七烯	1-Heptadecene	1-十四烯	1-Tetradecene
2-甲基-7-十九烯	1-Methyl-7-nonadecene	1-十五烯	1-Pentadecene
1-二十三烯	1-Tricosene	1-十六烯	1-Hexadecene
(Z)-9-二十三烯	9-Tricosene, (Z)-	Z-8-十六烯	Z-8-Hexadecene
1-二十六烯	1-Hexacosanol	2-甲基-E-7-十六烯	2-Methyl-E-7-hexadecene
根茬腐解产物	Decomposition products of suds	1-十七烯	1-Pentadecene
酸类	Acids	1-十八烯	1-Octadecene
2-TFA-氨基丙酸	Propenoic acid, 2-TFA-amin	1-十九烯	1-Nonadecene
丁酸	Butanoic acid	(Z)-9-二十三烯	9-Tricosene, (Z)-
3-甲基丁酸	Butanoic acid, 3-methyl-	1-二十烯	1-Eicosene
2-甲基丁酸	Butanoic acid, 2-methyl-	1-二十六烯	1-Hexacosanol
十五烷基丁酸	Heptafluorobutyric acid	4-氯丁-3-烯炔	4-Chlorobuten-3-yne
戊酸	Pentanoic acid	其它	Others
3-甲基戊-4-烯酸	2-Methylpent-4-enoic acid	吲哚 Indole	苯甲基腈 Benzyl nitrile

表 6 根茬腐解产物(4 周, pH 12)

Table 6 The decomposition products of stubs (4 weeks, pH 12)

对照	Stubs control	根茬腐解产物	Decomposition products of stubs
酸类	Acids	酸类	Acids
2-巯基-5-甲氧基苯甲酸 (安息香酸)	Benzoic acid, 2-mercapto-5-methoxy	1-二十一-烷基甲酸	1-Heneicosyl fformate
醇类	Alcohol	醇类	Alcohol
2-(十四烷氧基)乙醇	Ethanol, 2-(tetradecyloxy)-	2-(十四烷氧基)乙醇	Ethanol, 2-(tetradecyloxy)-
2-(十八烷氧基)乙醇	Ethanol, 2-(octadecyloxy)-	2-(十八烷氧基)乙醇	Ethanol, 2-(octadecyloxy)-
2-己基-1-癸醇	1-Decanol, 2-hexyl-	2-己基癸醇	1-Decanol, 2-hexyl-
2-甲基-1-十六醇	1-Hexadecanol, 2-methyl-	2-甲基-1-十六醇	1-Hexadecanol, 2-methyl-
1-二十一醇	1-Heneicosanol	1-二十一醇	1-Heneicosanol
1-四十一醇	1-Hentetracontanol	1-十八烷三醇	1-Octadecanethiol
十八烷三醇	1-Octadecanethiol	叶绿醇	Phytol
酯类	Ester	酯类	Ester
1-二十烷醇乙酸酯	1-Docosanol, acetate	1-二十二烷醇乙酸酯	1-Docosanol, acetate
烃类	Hydrocarbon	酮类	Acetone
2,6-二甲基辛烷	Octane, 2,6-dimethyl-	2,2-甲基-3-辛酮	2,2-Dimethyl-3-octanone
3,7-二甲基癸烷	Decane, 3,7-dimethyl-	其它	
1-溴-2-甲基癸烷	Decane, 1-bromo-2-methyl-	亚甲基氯化物	Methylene chloride
十二烷	Dodecane	烃类	Hydrocarbon
1,1'-双氧十二烷	Dodecane, 1,1'-oxybis-	十三烷氧基乙烷	Oxirane, tridecyl-
十三烷	Tritetracontane	2,2,3,4-四甲基戊烷	Pentane, 2,2,3,4-tetranethyl-
十四烷	Tetradecane	4-乙基辛烷	Octane, 4-ethyl-
1,7,11-三甲基环	Cyclotetradecane	2,4-二甲基十一烷	Undecane, 2,4-dimethyl-
十四烷,	1,7,11-trimethyl-	2,9-二甲基十一烷	Undecane, 2,9-dimethyl-
十五烷	Pentadecane	2,8-二甲基十一烷	Undecane, 2,9-dimethyl-
3-甲基十五烷	Octadecane, 3-methyl-	1-氟十二烷	Dodecane, 1-fluoro-
2,6,10-三甲基十五烷	Pentadecane, 2,6,10-trimethyl-	1,1'-双氧十二烷	Dodecane, 1,1'-oxybis-
2,6,10,14-四甲基十五烷	Pentadecane, 2,6,10,14-tetramethyl-	2,4-二甲基十二烷	Undecane, 2,4-dimethyl-
十六烷	Hexadecan	十三烷 Trdecane	十四烷 Tetradecane
1-氯十六烷	Hexadecane, 1-chloro-	环十四烷	Cyclotetradecane
2,6,10,14-四甲基十六烷	Hexadecane, 2,6,10,14-tetramethyl-	1,7,11-三甲基环十四烷	Hexadecane, 2,6,10-tetramethyl-
环十六烷	Cyclohexadecane	十五烷	Pentadecane
十七烷	Heptadecane	3-甲基十五烷	3-methyl Pentadecane
3-甲基十七烷	Heptadecane, 3-methyl-	1-氯十五烷	Nonadecane, 1-chloro-
8,8-二戊基十七烷	Heptadecane, 8,8-dipentyl-	2,6,10-三甲基十五烷	Pentadecane, 2,6,10-trimethyl-
十八烷	Octadecane	十六烷	Hexadecane
1-氯十八烷	Octadecane, 1-chloro-	2,6,10,14-四甲基十六烷	Hexadecane, 2,6,10,14-tetramethyl-
2-甲基十八烷	Octadecane, 2-chloro-	环十六烷	Hexadecane, 1-chloro-
十九烷	Nonadecane	十七烷	Heptadecane
二十烷	Eicosane	2-甲基十七烷	Heptadecane, 2-methyl-
二十一烷	Heneicosane	8,8-二戊基十七烷	Heptadecane, 8,8-dipentyl-
二十二烷	Docosane	环十六烷	Cyclohexadecane
二十四烷	Tetracosane	十八烷	Octadecane
二十五烷	Pentacosane	3-甲基十八烷	Octadecane, 3-methyl-
二十六烷	Hexacosane	十九烷 Nonadecane	二十烷 Eicosane
9-辛基二十	Hexacosane, 9-octyl-	环二十烷 Cycloeicosane	二十一烷 Heneicosane
环二十八烷	Cyclooctacosane	9-丁基二十二烷	Docosane, 9-butyl-
三十四烷	Tetratriacontane	2-甲基二十三烷	Tricosane, 2-methyl-
1-十五烯	1-Pentadecene	二十四烷 Tetracosane	二十五烷 Pentacosane
1-十八烯	1-Octadecene	二十七烷	Heptacosane
1-二十烯	1-Eicosene	2-甲基二十七烷	Heptacosane, 2-methyl-
1-二十二烯	1-Docosene	三十四烷	Tetratriacontane
1-二十六烯	1-Hexacosene	三十六烷	Hexatriacontane
		3,5,14-三甲基四十烷	Tetracontane, 3,5,14-trimethyl-
		1-十六烯 1-Hexadecene	1-十七烯 1-Heptadecene
		(Z)-3-十七烯	3-Heptadecene, (Z)-
		1-十八烯 1-Octadecene	1-二十烯 1-Eicosene
		1-二十二烯 1-Docosene	1-二十六烯 1-Hexacosene

参考文献

[1] 于广武,许艳丽,刘晓冰,等. 大豆连作障碍机制研究初报. 大豆科学,1993,12(3):237~243.

[2] 杨庆凯,马占峰,李季文. 黑龙江省大豆重迎茬问题及对策. 大豆科学,1994,13(2):157~163.

[3] 邹永久,韩丽梅,傅慧兰,等. 大豆连作对土壤腐殖质组分性质的影响. 大豆科学,1996,15(3):235~242.

[4] 计钟程,许文芝,赵文臣. 连作大豆对土壤水分和养分的影响. 植物营养与肥料学报,1995,1(3):89~92.

[5] 韩晓增,许艳丽. 重迎茬大豆营养失调原因及其调控技术的研究. 农业现代化研究,1996,17(5):302~307.

[6] 马汇泉,郑桂萍,赵九洲,等. 大豆连作障碍及产生机理. 土壤,1997,(1):46~48.

[7] 韩丽梅,邹永久,鞠会艳,等. 大豆连作微量元素营养研究. 大豆科学,1998,17(2):135~140.

[8] 童朝阳,韩丽梅,邹永久,等. 大豆连作对叶绿体超微结构影响的研究. 大豆科学,1998,17(4):358~362.

[9] 西尾道德. 連作障害の 生について,日本土壤肥料学杂志,1983,(54):64~73.

[10] 铃木达彦. 微生物活動と連作障害. 農業および園芸,1980,(55):101~106.

[11] 王光华,许艳丽. 大豆根浸提液生化他感现象的研究. 大豆重迎茬研究. 哈尔滨:哈尔滨工程大学出版社,1995. 73~77.

[12] 王光华,许艳丽. 大豆根残体对大豆生长的影响. 大豆重迎茬研究. 哈尔滨:哈尔滨工程大学出版社,1995. 84~86.

[13] 韩晓增,许艳丽. 连作大豆根系腐解物的障碍效应. 大豆科学,1998,17(3):207~212.

[14] 马瑞霞,刘秀芬,袁光林,等. 小麦根区微生物分解小麦残体产生的化感物质及其生物活性的研究. 生态学报,1996,16(6):632~639.

[15] 毛达如. 植物营养研究方法. 北京:北京农业大学出版社,1994. 192~234.

[16] 孙文浩,余叔文. 相生相克效应及其应用. 植物生理学通讯,1992,28(2):81~87.

[17] 李扬瑞. 植物的生化互作现象. 土壤,1993,5:248~251,259.

[18] 余叔文,孙文浩. 植物生理与分子生物学. 北京:科学出版社,1998. 699~720.

[19] 韩晓增,许艳丽. 连作大豆土壤有害生物的障碍效应. 大豆科学,1999,18(1):47~51.