

# 大豆连作障碍中的生化互作效应<sup>\*</sup>

闫 飞 杨振明 邹永久

(中国人民解放军农牧大学 长春 130062)

## 摘 要

本文简介了生化互作效应的定义,并从该角度探讨推测了大豆连作障碍中生化互作物质的来源及其作用机理,旨在为从理论上解决该问题提供一个新的研究思路。

**关键词** 生化互作效应;大豆连作障碍

有关大豆连作障碍机制的研究,已有多种解释,一般认为主要有三点<sup>[11]</sup>:(1)病虫害;(2)营养失调;(3)根系及根际微生物生产的有毒物质。其中(1)、(2)两点可通过施用农药和化肥等措施基本上得到消除;而(3)则是生物间生化互作效应的重要组成部分<sup>[32]</sup>,王建林等人认为生化互作的有害效应—自毒现象导致了大豆的连作障碍<sup>[12]</sup>,这方面的研究虽有零星报道<sup>[13-6]</sup>,但仍有许多问题没有解决。因此,本文依据有关资料,对生化互作效应在大豆连作障碍中的作用机理进行大胆的推测,以图为解决这一问题提供一个新的研究思路。

## 1 大豆连作障碍中的生化互作物质

### 1.1 生化互作效应的定义

生化互作效应(Allelopathy)是生态生物化学(Ecological Biochemistry)的主要部分<sup>[8]</sup>。自从 De Candolle<sup>[32]</sup>(1832)提出有关根部分泌抑制物质的毒素理论后,经过近百年的研究,于 1937 年 Molish<sup>[32]</sup>首先将其正式定义为:某种植物(包括微生物)生成的化学物质,对其他植物产生某种作用的现象。Wittaker 和 Feeny<sup>[19]</sup>(1971)将其作用推广到昆虫和动物界的异种信息素(Allomone),在《Allelopathy》(1984)第二版中,Rice<sup>[32]</sup>将其较完整地定义为“植物或微生物的代谢分泌物对环境中其他植物或微生物的有利或不利的效应”。

大量的研究表明<sup>[37-20]</sup>:生化互作物质主要是次生代谢物,大多具有 OH 基、C=O 基和 S>O 基等,且分子内含有较多的氧原子以及容易激发的双键和参键,如有机酸、醛类、芳香酸、生氰糖苷、内酯、香豆素、醌类、黄酮类、单宁类、生物碱、类萜和甾类等有机化合物。部分已探明化学结构的生化互作物质在连作障碍中的自感效应见附表<sup>[34-16]</sup>。

<sup>\*</sup> 本研究为国家“九五”重中之重 90-01-05 课题部分研究内容。

收稿日期 1996-12-02

This paper was received on Dec. 2, 1996.

关于大豆连作障碍中的生化互作物质的研究还不多,但已有资料证明<sup>[1 5 6 20]</sup>:大豆根系分泌物及根茬浸提液对大豆自身的生长发育表现出抑制作用,不过具体的作用物质及其机理尚不明确

1.2 连作大豆中生化互作物质的来源

大豆连作对大豆生产障碍的生化互作物质,主要来自其生长环境,即通过大豆残体的腐解、根系的分泌和根际微生物的代谢等过程来影响大豆根系的生长发育,进而导致植株生长受抑制

1.2.1 土壤中的大豆残株

大豆为直根系作物,根深可达 1.5– 2m。在农业生产中,大豆的根、叶和叶柄几乎全部还田,其数量可达大豆植株总重的 39.3%。

一般认为作物的根茬是土壤有机质的重要来源,尤其是大豆一直被认为是养地作物。但姜岩等<sup>[13]</sup>经过大量的研究发现:大豆根茬能明显地抑制谷子的后期生长。这很可能与大豆根茬腐解物有关,因为微生物分解植物残体(包括根际中的脱落细胞等)时,会将所产生的毒素释放到土壤中<sup>[2]</sup>。从表 1 中,可以看出:残株的腐解物是造成连作障碍的生化互作物质的重要组成。早在 1832 年 De Candolle 就发现<sup>[32]</sup>,如果用被豆类植物浸泡过的水来培养同一种的个体,该个体就会凋萎而死亡。晚近于贵瑞、王光华等<sup>[1 5 6]</sup>用大豆残茬腐解液进行试验,其结果表明根茬腐解液对大豆种子萌发及生长具有明显的抑制作用。

表 1 部分已探明化学结构的生化互作物质在连作障碍中的自感作用

Table 1 Autopathy of partial allelopathic compound proved structure on cropping continuous barrier

作物	作用途径	生化互作物质	结果
Plants	Ways action	Allelopathic compounds	Results
水稻	篙杆腐烂	羟基苯甲酸、苯乙醇酸、香豆酸、丁香酸、阿魏酸、丙炔酸、乙酸	抑制幼苗生长
甘蔗	残株腐烂	羟基苯甲酸、香豆酸、丁香酸、阿魏酸、香草酸、甲酸、乙酸、草酸、丙二酸、酒石酸、苹果酸	抑制截根苗的萌发和生长
苜蓿	残株腐烂	3-羟基-9-甲基紫檀素	抑制生长
高粱	残株腐烂	咖啡酸、绿原酸、肉桂酸、香豆酸、阿魏酸、香草酸、没食子酸、香草醛、苯甲醛	抑制生长
银胶菊	残株腐烂	反式肉桂酸	抑制幼苗生长
红三叶草	根系分泌	芒柄花苷、染料木黄酮、黄豆苷原、苷原-7-葡萄糖苷、7-羟基-4-甲氧基黄酮	抑制幼苗生长
苹果	根系分泌	黄酮根苷(根皮苷)	抑制幼苗生长
桃	根系分泌	氢氰酸、苯甲醛、苯甲酸、扁桃苷	抑制幼苗生长

在我国东北地区,大豆收获后就很快进入了漫长的冬季,残存于土壤中的根茬和枯枝落叶几乎没有分解。翌年春末夏初,随地温的回升,微生物的活动趋于旺盛,大豆残体的腐解速率亦逐渐加快。约 45– 60 天后,随着气温的进一步提高和降雨量的增加,残体的分解达到高峰,即“快速分解阶段”<sup>[13]</sup>,其中生化互作物质的积累亦随之达到最大量。而此期正是大豆生长发育的前期,地上部光合作用较弱,根系组织幼嫩,易受各种有毒物质和病原

菌的侵害。此时若防治效果不佳,必定造成严重的减产。

### 1.2.2 根系分泌物

所有高等植物的根系分泌作用是目前较为引人注目的现象。Rovira<sup>[2]</sup>(1965)曾对这一内容进行了总结,但对大豆根系分泌物的研究主要在本世纪80年代以后。T. C. Granato<sup>[21]</sup>(1983)对有限、亚有限和无限结荚习性的5个大豆品种的8个不同生育期的根分泌物进行了测定,结果全部品种在所有生育时期的根分泌物中都检出含有15个主要峰值,其中在根瘤形成和开花期分泌物浓度上升最快,在幼苗期和成熟期则下降。Agnes D'Arcy-Lanmeta<sup>[22]</sup>(1986)报道:大豆根分泌物中含有两种异黄酮类物质,它们可诱导大豆根瘤菌的增值及在根上定居。Rice<sup>[32]</sup>认为根系分泌物是生化互作效应不可缺少的成分。

### 1.2.3 土壤微生物

土壤中存在大量微生物,在腐解作物残株的同时,其自身也产生代谢产物。如细菌主要合成简单的挥发性低分子量有机酸;而真菌主要产生非挥发性有机酸<sup>[23-24]</sup>。另外,从白腐菌分解的木质素培养液中可检出一些酚酸<sup>[25-27]</sup>。这些有机酸在土壤中积累到一定程度,就可能对作物生长产生抑制或毒害作用。Wyllie<sup>[28]</sup>(1962)发现,*Fusarium oxysporum*在生长过程中产生萎蔫素抑制大豆生长;*Rhizoctonia Solani*的一些株系在不感染大豆的情况下,其代谢产物严重抑制大豆幼苗的生长。胡江春等<sup>[7]</sup>(1993)从三江平原连作大豆土壤中分离出一种影响大豆共生固氮的青霉菌—紫青霉 *Penicillium purpurogenum*,其代谢产物 *Rubraoxin* 在 5mg/kg 时就对大豆根系生长起抑制作用。

此外,微生物还能影响生化互作物质在土壤中的转化。因此,即使在分解过程中,抑制效应仍会持续一段时间<sup>[3]</sup>。

## 2 大豆连作障碍中的生化互作效应

产生大豆连作障碍的直接媒体是根系生长的土壤环境,结果须根减少,根系不发达,根的鲜重下降,根皮老化,吸收养分和水分的能力减弱,根的生长缓慢;进而使其地上部的叶面积指数随连作年限的延长而明显下降,引起光合作用受阻,向根系提供的光合产物减少,进一步加重了根系生长发育的障碍,最终导致干物质的积累减少,产量和产品品质均下降<sup>[15]</sup>。对于其障碍机制,我们做了以下探讨。

### 2.1 改变膜透性,抑制养分的吸收

植物残体分解时产生的有毒物质能诱导根系分泌作用加强是细胞透性效应所致<sup>[2]</sup>。据研究,未解离的一元羧酸易被吸附,并能通过改变细胞质膜的脂肪酸成分而明显地促进质膜的渗透性,其诱导能力随外界 pH 的降低 ( $R-COO^- + H^+ \rightarrow RCOOH$ )。碳链的增长 [ $C_2$ (醋酸)  $\rightarrow C_8$ (辛酸)],即亲脂性的提高而增强<sup>[14]</sup>。因此,分解产物对根系生长的抑制作用不仅取决于酚酸类和挥发性脂肪酸,还与生根介质的 pH 值有关。于广武等<sup>[17]</sup>报道:大豆连作可导致根层 pH 值下降。而大豆根浸提液中的酸性组分及根茬腐解液也能抑制胚根的生长<sup>[5,6]</sup>。

一般认为,根系膜细胞透性的改变将影响它对养分和水分的吸收<sup>[8]</sup>。土壤中的阿魏酸可抑制大豆对  $PO_4^{3-}$  的吸收<sup>[9]</sup>,而连作大豆体内的氮磷钾的含量下降,导致营养失调,其原因可能与此有关。另外,阿魏酸和 P-香豆酸能降低大豆幼苗水势<sup>[9]</sup>,也可能是根系膜细胞透性改变所致。

## 2.2 影响光合作用

酚酸可以使大豆光合作用下降,并同时伴有气孔的关闭<sup>[9]</sup>。Patterson<sup>[20]</sup>(1981)将一些酚酸加入霍格兰营养液中培养大豆,发现咖啡酸、肉桂酸、香豆酸、阿魏酸、五倍子酸和香草酸在 $10^{-3}$  mol/L时明显抑制大豆的生长,使光合作用严重下降。Rice<sup>[32]</sup>认为其主要原因是阻止了Mg-卟啉的合成,或加速了叶绿素的分解,从而降低了叶片的叶绿素含量,使叶子失绿,进而影响到光合作用。这或许能解释许艳丽等人观察到连作大豆生长发育时光合效应和光合产物下降的现象<sup>[15]</sup>。

## 2.3 影响酶活性,抑制种子萌发

主要是抑制种子萌发所需的关键酶类。如绿原酸、咖啡酸和儿茶酚抑制磷酸化酶;单宁可抑制过氧化物酶、过氧化氢酶和纤维素酶,Kreb环中一些有机酸也是种子萌发抑制剂<sup>[10]</sup>。连作大豆出苗率较低,是否与这类生化互作物质在土壤中的积累有关,值得探讨。

## 2.4 影响植物激素

含大量木质素的有机物质(如根茬)在分解过程中产生的酚酸类等化合物可能积累<sup>[18]</sup>,这些酚酸对IAA的代谢有一定的作用:绿原酸、咖啡酸、阿魏酸和原儿茶酸是IAA破坏的抑制剂;香豆酸、羟基苯甲酸、香草酸、丁香酸等是IAA氧化酶的促进剂<sup>[29]</sup>。由*Fusarium tricinctum*产生的F-2毒素抑制大豆由生长素和细胞分裂素引起的伸长。

另外,生化互作效应在植物的呼吸代谢和化学信息传递等方面也有一定的作用<sup>[30-31]</sup>。

## 3 今后的对策

大豆连作的障碍是由多种复杂因素综合作用而产生的,虽然已经进行了大量的研究,但进展缓慢,而生化互作效应可能是解决这一问题的的重要途径。为此今后应采取如下对策:

3.1 组织多学科联合攻关 对其机理的研究应至少包括土壤、植物营养、土壤微生物、植物保护、耕作栽培、生理生化、遗传育种、生态学、化学和仪器分析等学科或专业携手攻关,才能真正找出障碍原因,进而提出综合防治措施。

3.2 采用先进的研究手段,建立严谨、完整的研究方法 生化互作效应常被掩藏在明显的种内竞争中,加上非生化的环境因素同微生物等的介入和干扰,因此,必须建立起完整而严密的实验设计,采用室内控制试验(如盆栽、水培和组织培养等)和田间试验相结合的方法,再辅以日趋完善的现代分析技术和先进的仪器设备(如HPLC、GC/MS、NMR、FTIR等),才可能确保分析、鉴定工作的全面性。

我们认为,对大豆连作中生化互作效应的一般研究路线为:①首先证明生化互作效应在大豆连作障碍中的存在,描述现象,并对其程度进行定量;②分离、分析、定性并合成生化互作物质;③进行生化互作现象的证明;④模拟生化互作物质的释放、转运和吸收过程,并使其量足以表现出大豆连作中的生化互作现象。

3.3 建立调控措施 主要以生物调控剂(如各种生物抑制、降解剂等)为主,化学调控剂(如化学抑制、降解剂等)为辅,并且还可利用筛选培育抗(或耐)重迎茬的新品种;或选择种植有利的“伴生植物”等手段,最终达到既提高经济效益和社会效益,又能保护生态环境的多重目的。

## 参 考 文 献

- [1] 于贵瑞等, 1988, 大豆、向日葵等作物连作障碍与轮作效应机理的研究初报, 生态学杂志, 7(2): 1- 8
- [2] 北京农业大学植保系生态病理教研室编译, 1991, 植物根际生态学与根病生化防治进展, 中国人民大学出版社, 69, 204
- [3] 孙文浩、余叔文, 1992, 相生相克效应及其应用, 植物生理学通讯, 28(2): 81- 87
- [4] 王光华等, 1995, 浅析根分泌物与连作障碍的关系, 大豆重迎茬研究(韩晓增、许艳丽主编), 哈尔滨工程大学出版社, 78- 83
- [5] 王光华、许艳丽, 1995, 大豆根浸提液生化他感现象的研究, 大豆重迎茬研究(韩晓增、许艳丽主编), 哈尔滨工程大学出版社, 73- 77
- [6] 王光华、许艳丽, 1995, 大豆根残体对大豆生长的影响, 大豆重迎茬研究(韩晓增、许艳丽主编), 哈尔滨工程大学出版社, 84- 86
- [7] 胡江春、王书锦, 1993, 大豆连作土壤青霉菌 891( *Penicillium purpurogenum* stoll 891)毒素的研究, 土壤微生物研究—理论·应用·新方法(张宪武主编)沈阳出版社, 304- 309
- [8] 宋君, 1990, 植物间的他感作用, 生态学杂志, 9(6): 43- 47
- [9] 余叔文、孙文浩, 1992, 植物间的生化相互作用—相生相克现象, 植物生理与分子生物学(余叔文主编)科学出版社, 376- 394
- [10] 李杨瑞, 1993, 植物的生化互作现象, 土壤, 25(5): 248- 251, 259
- [11] 韩晓增、许艳丽, 1996, 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, 17(5): 302- 307
- [12] 王建林、曹志洪, 1993, 根际营养环境与持续农业, 植物生理学通讯, 29(5): 329- 336
- [13] 姜岩, 1995, 非腐解有机物培肥机理的研究—兼论根茬还田效应与新农作制, 吉林省土壤学会第六届会员代表大会暨学术年会论文集, 7
- [14] H. 马斯纳著, 1988, 高等植物的矿质营养(曹一平、陆景陵等译)北京农业大学出版社, 10, 263- 264
- [15] 许艳丽等, 1996, 黑龙江省黑土区不同茬口对大豆生育及产量和品质影响的研究, 大豆科学, 15(1): 48- 55
- [16] 周青, 1996, 次生代谢和种群生态作用及在农业实践中的应用, 农业现代化研究 17(2): 100- 103
- [17] 于广武等, 1993, 大豆连作障碍机制初报, 大豆科学, 12(3) 237- 242
- [18] 彭克明主编, 1980, 农业化学(总论)(第二版)农业出版社, 226- 227
- [19] R. H. Whittaker & P. P. Feeny 1971, Science 171: 757
- [20] Patterson, D. T. 1981, Weed Sci. 29(1): 53- 59
- [21] Granato, T. C., Banwart, W. L., Porter, P. M. 1983, J. Chem. Ecol. 9(8): 1281- 1230
- [22] Agens d'arcy-lameta 1986, Plant and Soil 92(1): 113- 123
- [23] A. Bracken 1955, The Chemistry of Micro-organisms. Htman London, Chaps. III and IV.
- [24] J. W. Foster 1949, Chemical Activites of Fungi, Acadmic Press, New York, Chaps. 8, 10, 11 and 12
- [25] M. E. K. Henderson 1955, Nature 175 634
- [26] M. E. K. Henderson 1957, J. Gen. Microbiol. 16 686
- [27] H. Isikawa, W. J. Schubert and F. F. Nord, 1963, Arch Biochem, Biophys., 100: 131
- [28] Wyllie T. D. 1962, Phytopathology 52 202- 206
- [29] Lee, T. T. et al. 1982, Phytochem. 21: 517
- [30] Neave, I. A. and J. O. Dawson, 1989, J. Chem. Ecol. 15 1823
- [31] Lovett, J. V. et al. 1989, J. Chem. Ecol. 15 1193
- [32] Rice, E. L., 1984, Allelopathy (2nd edition), Academic Press. 1- 50

## ALLELOPATHY ON BARRIER OF SOYBEAN CONTINUOUS CROPPING

Yan Fei   Yang Zhengming   Zou Yongjiu

(*University of Agricultural and Animal Sci. of PLA Changchun*)

### Abstract

Allelopathy is briefly introduced. Origin and mechanism of allelopathy are approached and suggested on barrier of soybean continuous cropping so as to supply a new research thinking for the problem in terms of theory.

**Key words** Allelopathy; Soybean continuous cropping barrier