

# 浅论酚酸与土壤微生物之间的相互作用<sup>\*</sup>

薛成玉<sup>1</sup>, 吴凤芝<sup>1</sup>, 王洪成<sup>2</sup>, 李 军<sup>3</sup>

(1 东北农业大学园艺系, 哈尔滨 150030; 2 黑龙江省农科院园艺分院, 哈尔滨 150069; 3 哈尔滨三川园艺有限公司, 哈尔滨 150001)

**摘要:** 目前, 连作障碍已成为制约一些地区蔬菜生产可持续发展的重要因素, 连作障碍的原因是复杂而综合的, 它的发生不仅同土壤传染性病害和土壤理化性状劣变有关, 也同根系分泌物和残茬分解物等引起的自毒作用有关。植物根系分泌物中的酚酸已被鉴定出对植物产生自毒作用, 并对根际微生物有重要影响。本文从多个角度论述了酚酸与土壤微生物之间的相互关系, 对酚酸类物质与根际微生物之间的相互作用关系和影响机理的研究进行了综述, 同时提出了今后在酚酸类物质及根际微生态方面需要深入研究的几个问题。研究酚酸物质与土壤微生物之间的相互作用将为防治连作障碍提供理论依据并具有实际指导作用。

**关键词:** 自毒; 酚酸; 微生物; 相互作用

中图分类号: S 154.34 文献标识码: A 文章编号: 1002—2767(2005)03—0045—03

## The Summary of Reciprocity Between Phenolic Acids and Soil Microorganism

XUE Cheng-yu<sup>1</sup>, WU Feng-zhi<sup>1</sup>, WANG Hong-cheng<sup>2</sup>, LI Jun<sup>3</sup>

(1 College of Horticulture, Northeast Agricultural University, Harbin 150030; 2 Horticulture Branch of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin 150069; 3. Harbin Sanchuan Horticulture co lta, Harbin 150001)

**Abstract:** Nowadays, continuous cropping obstacles become one of the most important factors that constraint vegetable productive long-lasting development in some region. The factors of continuous cropping obstacles are complex and comprehensive. Its occurrence is not only relative to the infectious diseases of soil and the inferior changes of physiochemical properties of soil but also relative to autotoxicosis which result from the secretion of roots and decomposition of remains. The secretion from the roots of plant which have been verified to benefit for auto-toxic effect have serious effect on microorganism of rhizosphere. Interaction and impact are illustrated between phenolic acids and microorganism of rhizosphere from different aspect in this paper. Meanwhile we point out that some crucial questions in the aspect of phenolic acids and micro-ecological of rhizosphere must be studied in the future. The study on interaction of phenolic acids and microorganism can supply with the basic theory of prevention and elimination of continuous cropping obstacles and put it into effect in reality.

**Key words:** autotoxicosis; phenolic acids; microorganism; reciprocity

近年, 设施蔬菜连作障碍严重。目前有研究认为 是连作障碍的主要因子之一<sup>[1~3]</sup>。进入土壤中的植物根系分泌物和残体分解的毒素引致的自毒作用 分泌物始终在生物和非生物因素作用下不断的分解转

<sup>\*</sup> 收稿日期: 2005—01—10

第一作者简介: 薛成玉(1997—), 男, 黑龙江省海林市人, 学士, 东北农业大学在读硕士, 主要从事蔬菜连作障碍的研究。Tel: 0451—55174284

化, 酚酸物质是重要产物之一。而酚酸类化合物已被鉴定是植物根系分泌物中的主要毒性物质<sup>[4]</sup>。泷岛将产生连作障碍的原因归纳为五大因子, 同时强调, 土壤微生物的变化是连作障碍的主要因子<sup>[5]</sup>。

## 1 根际微生物对酚酸物质的影响

根际微生物是影响酚酸的一个不可忽视的因素, 而且占有极为重要的地位。酚酸作用于根系周围环境产生根际效应, 同时根际微生物在植物根系趋向性聚居并通过各自的代谢活动分解转化根系分泌物和脱落物, 对酚酸起着重要的修饰限制作用。植物残体分解物产生及经水淋溶进入土壤的化感物质受土壤微生物影响较大。土壤微生物不仅影响化感物质产生的数量, 也影响化感物质的种类, 有的植物体内含有植物毒性物质, 但并不表现出化感作用<sup>[6, 7]</sup>。

可能是由于土壤中微生物活动或土壤胶粒吸附作用的结果。不少微生物能将基质中的酚酸作为碳源从而将酚酸降解, 有的植物残体只有在适合微生物生长的条件下才表现出植物毒性<sup>[8]</sup>。有时, 到底是植物残体还是微生物的化感作用很难区分, 也许是两者共同作用的结果。

### 1.1 土壤微生物

土壤中聚居着的微生物包括细菌、放线菌、真菌、藻、原生动物和病毒, 它们对于土壤肥力的形成、植物营养的转化起着极其重要的作用。土壤微生物有机体组成了一个强大的动力资源库, 在植物残体降解、腐殖质形成及养分转化与循环中扮演着十分重要的角色<sup>[8, 9]</sup>。

### 1.2 酚酸物质

土壤植物根际区是一个复杂的生态环境, 由于植物根系的分解、地上部分的淋洗、凋落物及有机物的腐解、微生物的活动等多种途径, 使得植物根际周围存在着各种各样的化合物, 这些物质往往会通过影响土壤中营养物质的有效形态及微生物种群的分布等影响它种植物或自身植物的生长与发育, 其中酚酸物质是最为普遍的一类化学他感物质<sup>[10]</sup>。另外, 也有研究表明酚酸物质来源于进入土壤 4 年以上秸秆的腐解或微生物的合成。酚酸物质是土壤和植物根系分泌物普遍存在且对作物生长发育起抑制作用的物质。酚酸物质对作物起抑制作用, 也可能直接影响作物根系细胞膜的特性, 或者通过改变土壤微生物类群等, 从而影响作物的生长与发育<sup>[11]</sup>。

### 1.3 土壤微生物对酚酸转化的影响

植物残体的腐解及产生酚酸的种类受到土壤氧化还原条件、肥力水平及酸碱度等因素影响, 而这些

因素直接或间接的影响微生物的活性和数量<sup>[12]</sup>。土壤中固有的酚酸物质是比较稳定的, 但外源酚酸物质进入土壤后至少有一部分可以很快被土壤中的有机质吸附或被微生物利用或分解<sup>[13]</sup>。小麦在自然条件下其根系分泌物是灭菌条件下的 2 倍, 说明酚酸的数量与微生物的存在有密切关系<sup>[11, 12]</sup>。酚酸在土壤中的可逆吸附作用也许是微生物阻止退化的反应, 微生物利用溶液态的酚酸可以增加酚酸从土壤颗粒表面的解附作用<sup>[13]</sup>。土壤微生物可以通过增删侧基来转换酚酸的类型, 根球细菌对毒素例酚酸的种类和浓度起了很大影响<sup>[13]</sup>。

### 1.4 土壤微生物对酚酸作用的影响

在化感物质的 4 条释放途径中, 除挥发途径外, 无论淋溶、根分泌还是残体分解, 释放出的化学物质都要先与土壤接触, 所以微生物对酚酸的作用不容忽视。在黄瓜幼苗根球施加利用酚酸细菌可以减少由于酚酸混合物引起的生长抑制<sup>[6, 7]</sup>。在基质培中, 麦类作物由于高浓度酚酸引起的鲜重降低可以被土壤微生物缓解和消除<sup>[14]</sup>。由于土壤微生物活性的降低, 对连作土壤中苯丙烯酸等有毒物质分解能力也有所下降。

### 1.5 土壤微生物影响酚酸作用的机制

根系分泌物为根际微生物提供了能源和碳源, 同时根际微生物的存在也大大促进了植物根系分泌物中酚酸的释放。微生物影响根系分泌物的作用的四种可能机制为: ①根际微生物影响根系细胞的膜透性; ②微生物可能使根的代谢活动受到影响; ③微生物对根分泌物的吸收; ④改变根际养分的生物有效性。

## 2 酚酸物质对土壤微生物的影响

土壤微生物是土壤的重要组成部分, 土壤生境的变化势必影响土壤微生物群落组成、数量及分布。目前从根系分泌物中发现的酚类化合物中的大部分对根际 pH 值、根际微生物的活力影响很大<sup>[15]</sup>。酚酸物质能抑制微生物产生气体与挥发性脂肪酸的作用, 并且减少微生物对其生长介质的消耗<sup>[16]</sup>。研究发现, 微生物的分布类群与土壤性质、酚酸的种类和浓度及土壤无机养分有一定关系<sup>[17]</sup>。

酚酸可以直接影响根际微生物的数量和活性, 同时, 酚酸成分和数量影响着根际微生物的区系。

### 2.1 酚酸对根际微生物种群活性的影响

酚酸物质与土壤微生物的活性有密切关系。对根系分泌物与微生物种群分布研究结果表明, 根际与非根际微生物种群有明显的差别, 并发现微生物的生

物产量与根系分泌物的分布有一定的相关性。在朴次茅斯土壤材料中细菌、霉菌和放线菌的数量由酚酸的反复施入而影响。反应因土壤材料、酚酸种类、酚酸浓度及无机营养状况而不同。实验证明, 当充足营养存在时, 酚酸很容易被微生物利用表现出自毒作用, 不同酚酸引起土壤微生物不同数量密度改变, 并且数量改变通常在低初始数量和有机物的土壤中存在<sup>[11]</sup>。

## 2.2 酚酸对土壤微生物作用浓度的研究

吕卫光研究在连作 5 年的黄瓜土壤中增加外源苯丙烯酸, 自 50 mg/kg 土处理开始微生物数量减少, 在 200 mg/kg 土时微生物数量降低与对照处理差异较显著, 细菌、放线菌和真菌数量分别比对照降低了 25%、22.7% 和 25.0%<sup>[6]</sup>。Blum 报道, 阿魏酸、香草酸、对羟基苯甲酸在浓度小于 0.5ng 时, 对细菌、真菌有刺激作用, 当浓度大于 5ng 时, 抑制微生物活性, 降低其数量<sup>[11, 12]</sup>。马瑞霞、冯怡等研究指出, 阿魏酸在 5.149、2.577、0.257 mol/L 浓度时均表现出对枯草菌生物量增加有抑制作用<sup>[18]</sup>。

## 3 结束语

综上所述, 由酚酸与根际环境及微生物之间的相互关系可以看出, 酚酸不仅是保持根际微生态系统活力的关键因素, 也是根际微生态系统中物质迁移和调控的重要组成部分。在作物连作条件下, 根系代谢、分泌物的产生及其对土壤微生物的影响是根际环境中土壤生态效应的核心问题。酚酸与根际微生物之间的相互关系研究是根际微生态学的一个重要研究领域。随着学科的发展以及研究技术手段的进步, 可望在以下几个方面开展深入研究: (1) 酚酸的原位收集研究方法; (2) 酚酸在土壤中的迁移转化途径; (3) 酚酸与根际微生物相互作用关系及机制研究; (4) 酚酸—根际微生物—土壤养分有效性—根际微生态—地上部植物之间协同作用机理及应用的研究。

## 参考文献:

- [1] 喻景权, 杜尧舜. 蔬菜设施栽培可持续发展中的连作障碍问题 [J]. 沈阳农业大学学报, 2000, 31(1): 124-126
- [2] 高子勤, 张淑香. 连作障碍与根际微生态研究 I. 根系分泌物及生态效应 [J]. 应用生态学报, 1998, 9(5): 549-551
- [3] 张淑香, 高子勤, 刘海玲. 连作障碍与根际微生态研究 III 土壤酚酸物质及其生物学效应 [J]. 应用生态学报, 2000, 11(5): 741-744
- [4] 陈捷. 植株残体对黄瓜幼苗的影响研究初报 [J]. 辽宁农业科学, 1990, (3): 42-45
- [5] 泷岛. 防治连作障碍的措施 [J]. 日本土壤肥料科学杂志, 1983, (2): 170-178
- [6] 吕卫光, 张春兰, 彭宇. 外源苯丙烯酸抑制连作黄瓜生长的机制初探 [J]. 中国蔬菜, 2001, (3): 10-12
- [7] 杨芳, 徐秋芳. 土壤微生物多样性研究进展 [J]. 浙江林业科技, 2002, 22(6): 231-236
- [8] 朱丽霞, 张家恩, 刘文高. 根系分泌物与根际微生物相互作用研究综述 [J]. 生态环境, 2003, 12(1): 102-105
- [7] Yu J Q, Matsui Y. Phytotoxic substances in root exudates of cucumber (*Cucumis sativus* L.) [J]. Chemical Ecology, 1994, 20: 21-31
- [8] Yu J Q. Allelopathic suppression of pseudomonas infection of tomato in a Tomato—Chinese chive inter-cropping system [J]. Chem Ecol, 1999, 25(4): 167-172
- [9] Blum, U., Shafer, S. R.. Microbial populations and phenolic acids in soil [J]. Soil Biology and Biochemistry, 1988, 20(6): 793-800
- [10] Blum U, Austin M. F., Lehman M. E.. Evidence for inhibitory allelopathic interaction involving phenolic acids in field soils: Concept Vs. an experimental model [J]. Critical Review in Plant Science, 1999, 18(5): 673-693
- [11] Blum U. Effects of microbial utilization of phenolic acids and their phenolic acid breakdown products on allelopathic interactions [J]. Journal of Chemical Ecology, 1998, 24(4): 685-708
- [12] Blum U, Dalton B. R., Rawlings J. Q.. Effects of ferulic acid and some of its microbial products on radicle growth of cucumber [J]. Journal of Chemical Ecology, 1984, 11: 279-301.
- [13] Blum U, Dalton B. R., Shann J. R.. Effects of various mixtures of ferulic acid and some of its microbial metabolic products on cucumber leaf expansion and dry matter in nutrient culture [J]. Journal of Chemical Ecology, 1985, 11(3): 619-641
- [14] Turner J. A., Rice E. L.. Microbial decomposition of ferulic acid in soil [J]. Journal of Chemical Ecology, 1975, (1): 41-58
- [15] Vaughan D, Jones D, Ord B. G.. Amelioration by *Volutella ciliata* of the phytotoxicity of vanillic acid towards the growth of *Pisum sativum* [J]. Soil Biol Biochem, 1993, 25(1): 11-17
- [16] Vaughan D, Sparling G. P., Ord B. G.. Amelioration of the phytotoxicity of phenolic acids by some soil microdes [J]. Soil Biol Biochem, 1983, 15(5): 613-614
- [17] Shou Tian, Zhou Jian Min, Wang Hun Yan et al.. Phenolic Acids in Plant—Soil—Microbe System: A Review [J]. Science Press, 2002, 12(1): 1-14.
- [18] 马瑞霞, 冯怡. 化感物质对枯草芽孢杆菌在厌氧条件下的生长及反硝化作用的影响 [J]. 生态学报, 2000, 20(3): 452-457