

尹玉玲, 汤泳萍, 谢启鑫, 等. 豆蔻酸对茄子根际土壤微生物生理类群和土壤酶活性的影响[J]. 江苏农业学报, 2017, 33(1): 181-184.

doi: 10.3969/j.issn.1000-4440.2017.01.029

## 豆蔻酸对茄子根际土壤微生物生理类群和土壤酶活性的影响

尹玉玲<sup>1</sup>, 汤泳萍<sup>1</sup>, 谢启鑫<sup>2</sup>, 罗绍春<sup>1</sup>, 赵萍<sup>1</sup>

(1. 江西省农业科学院蔬菜花卉研究所, 江西 南昌 330200; 2. 江西省超级水稻研究发展中心, 江西 南昌 330200)

**摘要:** 采用盆栽试验分析了化感物质豆蔻酸对茄子根际土壤微生物生理功能类群和土壤酶活性的影响。结果表明, 豆蔻酸处理显著增加了茄子根际微生物生理类群数量, 细菌菌群数随处理浓度增加而逐渐增加; 硝化细菌与纤维素分解菌数量变化一致, 1.00 mmol/kg 豆蔻酸处理的数量最多; 0.05~1.00 mmol/kg 豆蔻酸处理的固氮菌数量显著高于对照。与对照相比, 豆蔻酸处理后土壤多酚氧化酶和过氧化物酶活性显著增加, 脲酶在中高浓度豆蔻酸处理中显著增加, 蛋白酶活性均显著高于对照, 但各处理浓度之间差异不大。豆蔻酸处理明显增加了茄子株高和茎粗。

**关键词:** 茄子; 化感物质; 豆蔻酸; 土壤微生物群; 土壤酶

**中图分类号:** S641.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4440(2017)01-0181-04

## Effect of myristic acid on soil microbial population and enzyme activities in rhizosphere of the eggplants

YIN Yu-ling<sup>1</sup>, TANG Yong-ping<sup>1</sup>, XIE Qi-xin<sup>2</sup>, LUO Shao-chun<sup>1</sup>, ZHAO Ping<sup>1</sup>

(1. Institute of Vegetable and Flower, Jiangxi Academy of Agricultural Sciences, Nanchang 330200, China; 2. Jiangxi Super-rice Research and Development Center, Nanchang 330200, China)

**Abstract:** The amount of microbial physiological groups and soil enzymes activities in the rhizosphere soil of eggplant after applying allelochemical myristic acid were studied by a pot experiment. Results showed that amount of microbial physiological groups in the rhizosphere of eggplant treated with myristic acid significantly increased. The amounts of microbial physiological groups increased gradually with the increase of myristic acid concentration. The number of nitrifying bacteria and cellulose decomposing bacteria had a similar change tendency with the highest amount at 1.00 mmol/kg myristic acid. The number of nitrogen-fixing bacteria was significantly higher than that of control at the range of 0.05~1.00 mmol/kg myristic acid. Compared with control, polyphenol oxidase and peroxidase activities were significantly increased. And urease activity significantly increased at the higher concentration of myristic acid. Protease activity was significantly higher than that of control at all concentration of myristic acid. But there was no differences among the concentration of myristic acid. Meanwhile, plant height and shoot diameter increased in the myristic acid treatment.

while, plant height and shoot diameter increased in the myristic acid treatment.

**Key words:** eggplants; allelochemical; myristic acid; soil microbial population; soil enzyme

收稿日期: 2016-01-21

基金项目: 国家自然科学基金项目(31171950、31460514); 江西省青年科学基金项目(20142BAB214015); 江西省农业科学院创新基金博士启动项目(2013CBS003)

作者简介: 尹玉玲(1980-), 女, 辽宁沈阳人, 博士, 研究方向为蔬菜栽培与生理生态。(Tel) 13478541894; (E-mail) Yuling\_0\_2000@163.com

连作障碍是蔬菜生产上的一个棘手问题, 已有学者指出根际微生物区系发生的定向变化是引起连

作障碍重要原因之一,表现为随连作年限的延长土壤有害病原菌增加、有益微生物减少<sup>[1-3]</sup>。嫁接这一栽培技术能够降低茄子黄萎病病情指数及发病率<sup>[4]</sup>、增强其抗病性、有效克服茄子连作障碍,与其可改变茄子根际微生物菌群结构密不可分<sup>[5-6]</sup>。

根系作为连接植物与土壤的纽带,分泌物中化感物质如有机酸、酮类、酯类等会影响根际土壤微生物种群数量。嫁接提高茄子抗病性与根系分泌物抑制土壤病原菌和促进土壤拮抗菌产生有密切关系<sup>[7-8]</sup>。采用气质联用技术对嫁接茄子根系分泌物进行检测和鉴定,发现嫁接改变了茄子根系分泌物的生化组成,增加了豆蔻酸和棕榈酸等物质的含量<sup>[9]</sup>,且这一变化与在嫁接茄根际土壤中这些化感物质的变化趋势基本一致<sup>[10]</sup>。进一步研究发现豆蔻酸和棕榈酸对黄萎菌有一定的化感抑制作用<sup>[9]</sup>。因此,本研究利用化感物质豆蔻酸处理茄子植株,分析其对自根茄子根际土壤微生物生理类群及土壤酶活性的影响,旨在为揭示嫁接抗病机理提供理论依据,同时为缓解蔬菜连作障碍提供新思路。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试茄子 (*Solanum meloagena*) 品种为西安绿茄,由沈阳农业大学园艺学院提供;豆蔻酸(国产分析纯)购自上海化学试剂公司。

### 1.2 试验方法

播种西安绿茄,当生长至3~4片真叶时定植于直径20 cm、深18 cm的圆柱形花盆中,每盆移栽1株。栽培基质为草炭:土:粪(体积比)=1:1:1,每盆装1.5 kg基质。基质装盆前将豆蔻酸加入基质中并混匀,设0.05 mmol/kg、0.50 mmol/kg、1.00 mmol/kg和2.00 mmol/kg 4个浓度的豆蔻酸处理,未加入豆蔻酸处理为对照,每个处理9次重复,在温室内随机排列。处理30 d后挖取根际土样进行测定。取样时挖出带有完整根系的土块,分别装入自封袋带回实验室,轻轻抖动除去松散附在根上的非根际土,剩下的土即为试验所需根际土。采用洗涤法<sup>[6]</sup>,剪下抖土后的植株根系,每个处理从3株根上取须根共约4 g,放入装有100 ml无菌水的三角瓶中,在振荡器上振荡30 min,取出根系并用定量无菌水冲洗3次,沥净水分,将三角瓶内水溶液摇匀后即成根际土壤悬浮液,待测土壤微生物生理类群。将

剩余根际土在阴凉处自然风干,过1 mm筛后,待测土壤酶活性。

1.2.1 土壤微生物生理类群数量的测定 硝化细菌和纤维素分解菌采用最大或然数(MPN)计数法,固氮菌采用稀释平板测数法<sup>[11]</sup>。分离根际土壤自生固氮菌(改良式阿须贝无氮培养基)、纤维素分解菌(赫奇逊氏培养基)、硝化细菌(斯蒂芬逊培养基)。参照周宝利等<sup>[12]</sup>的方法配制指示剂,培养结束后用指示剂检测微生物生长情况。

1.2.2 根际土壤氧化还原酶活性的测定 过氧化氢酶采用高锰酸钾滴定法<sup>[13]</sup>,酶活性以1 g干土0.5 h内消耗的0.1 mol/L  $\text{KMnO}_4$ 体积数(以ml计)表示;过氧化物酶和多酚氧化酶采用邻苯三酚比色法<sup>[13]</sup>,酶活性以1 g干土3.0 h内生成的没食子素的量(以mg计)表示。

1.2.3 根际土壤水解酶活性的测定 蔗糖酶活性测定用3,5-二硝基水杨酸比色法,以1 d后1 g土壤中葡萄糖含量(mg)表示。蛋白酶活性测定用茚三酮比色法,以1 d后1 g土壤酶促反应生成的 $\text{NH}_2\text{-N}$ 量(mg)表示;磷酸酶活性测定用磷酸苯二钠比色法,以1 d后1 g土壤酶促反应生成的酚量(mg)表示;脲酶活性测定用靛酚蓝比色法,以1 d后1 g土壤酶促反应生成的 $\text{NH}_3\text{-N}$ 量(mg)表示<sup>[11]</sup>。

1.2.4 茄子植株生长指标变化的测定 用卷尺测量茄子株高,游标卡尺测量茎粗。

1.2.5 数据分析 利用DPS对数据进行方差分析(ANOVA),差异显著性水平通过最小显著差数法(LSD)进行检验。

## 2 结果与分析

### 2.1 豆蔻酸处理对茄子根际土壤微生物生理类群的影响

由表1可见,与对照相比,豆蔻酸处理的根际硝化细菌数量为 $6.25 \times 10^5 \sim 10.83 \times 10^5$  CFU/g,比对照提高了2.3~5.2倍( $P < 0.05$ );不同浓度豆蔻酸处理中,以0.50 mmol/kg、1.00 mmol/kg处理显著高于其他处理( $P < 0.05$ )。豆蔻酸处理根际固氮菌数量为 $974 \times 10^5 \sim 1.723 \times 10^5$  CFU/g,比对照提高了0.35~1.40倍( $P < 0.05$ );0.05 mmol/kg豆蔻酸处理固氮菌数量最大,0.05 mmol/kg、0.50 mmol/kg浓度处理显著高于其他处理。根际纤维素分解菌数量随豆蔻酸处理浓度增加呈逐渐增加趋势,比对照提高0.35~

1.43 倍( $P<0.05$ );1.00 mmol/kg豆蔻酸处理纤维素分解菌数量达到最大值,0.50~2.00 mmol/kg浓度处理的纤维素分解菌数量显著高于其他处理。说明施加豆蔻酸可增加茄子根际土壤中硝化细菌、固氮菌和纤维素分解菌的数量。

表 1 豆蔻酸处理后茄子根际土壤微生物生理类群的变化

Table 1 Variation of main microbial physiological groups in rhizospheric soil of eggplants treated by myristic acid

豆蔻酸浓度 (mmol/kg)	硝化细菌数量 ( $\times 10^5$ CFU/g)	固氮菌数量 ( $\times 10^5$ CFU/g)	纤维素分解菌 数量( $\times 10^5$ CFU/g)
0	1.75c	719c	0.51d
0.05	6.25b	1 723a	0.67cd
0.50	8.75a	1 675a	0.93abc
1.00	10.83a	1 344ab	1.24a
2.00	5.83b	974bc	1.09ab

同列不同字母表示差异达到 0.05 显著水平。

## 2.2 豆蔻酸处理对茄子根际土壤酶活性的影响

总体上,豆蔻酸处理增强了根际土壤氧化还原酶活性(表 2)。其中多酚氧化酶活性随豆蔻酸浓度增加而显著增强,其活性值比对照提高了 3.2~7.7 倍( $P<0.05$ );0.05 mmol/kg豆蔻酸处理过氧化物酶活性比对照下降了 90%( $P<0.05$ ),中高浓度处理酶活性有所增加,但差异不显著;过氧化氢酶活性各处理间差异不大( $P>0.05$ )。

表 2 豆蔻酸处理后茄子根际土壤氧化还原酶活性的变化

Table 2 Variation of oxidoreductase in rhizospheric soil of eggplants treated by myristic acid

豆蔻酸浓度 (mmol/kg)	过氧化物酶活性 [mg/(g·h)]	多酚氧化酶活性 [mg/(g·h)]	过氧化氢酶活性 [ml/(g·h)]
0	2.37a	59.48c	0.74a
0.05	0.22b	250.19b	0.92a
0.50	2.83a	299.94b	0.98a
1.00	2.90a	323.16b	0.94a
2.00	2.74a	517.74a	0.94a

由表 3 可以看出,与对照比较,豆蔻酸处理的蛋白酶活性显著增加了 1.0~1.4 倍( $P<0.05$ ),且随处理浓度的增加表现逐渐增加的趋势,但只有在合适的浓度(1.00 mmol/kg)下豆蔻酸处理才会使土壤脲酶活性显著增加,豆蔻酸处理对蔗糖酶和磷酸酶活性无显著影响。说明施加豆蔻酸一定程度改善了土

壤蛋白酶和脲酶活性。

表 3 豆蔻酸处理后茄子根际土壤水解酶活性的变化

Table 3 Variation of hydrolase activity in rhizospheric soil of eggplants treated by myristic acid

豆蔻酸浓度 (mmol/kg)	蔗糖酶活性 [ml/(g·d)]	蛋白酶活性 [mg/(g·d)]	磷酸酶活性 [mg/(g·d)]	脲酶活性 [mg/(g·d)]
0	0.33ab	27.60b	0.61ab	18.61b
0.05	0.28b	56.27a	0.58b	16.64b
0.50	0.48ab	62.27a	0.65a	19.83ab
1.00	0.67a	65.60a	0.56b	22.68a
2.00	0.51ab	63.60a	0.55b	18.51b

## 2.3 豆蔻酸对茄子植株生长的影响

0.05 mmol/kg豆蔻酸处理植株株高与对照处于同一水平,而随豆蔻酸浓度增加植株株高增加了 9%~24%;与对照相比植株茎粗提高了 3.6%~10.0%,均达到显著水平(表 4)。从总体看,随豆蔻酸施用浓度的增加,茄子株高和茎粗均呈现先上升后下降的趋势,1.00 mmol/kg豆蔻酸处理时达到最高,之后有所下降,但仍然高于对照。

表 4 豆蔻酸处理后茄子植株生长指标的变化

Table 4 Variation of growth index of eggplants treated by myristic acid

豆蔻酸浓度 (mmol/kg)	株高 (cm)	茎粗 (cm)
0	19.46c	0.82d
0.05	19.32c	0.88bc
0.50	22.34ab	0.85c
1.00	24.18a	0.91a
2.00	21.25bc	0.89ab

## 3 讨论

植物释放的化感物质绝大部分最终都进入土壤中。作为土壤中活跃的生物体,土壤微生物不可避免地受到植物根系释放的各种次生代谢物质的影响,这些化感物质不仅影响微生物的种类和数量,还影响其在根际的分布<sup>[14]</sup>。Li 等在对人参化感物质影响土壤微生物菌群代谢能力的研究中,发现邻苯二甲酸二异丁酯和丁二酸二异丁酯可显著增加具有碳代谢能力的微生物种群数量<sup>[15]</sup>。不同生理类群

的土壤微生物利用不同有机质作为营养及能量来源,与土壤酶共同参与土壤养分的循环<sup>[16-18]</sup>。氨化细菌、硝化细菌、固氮菌和纤维素分解菌作为参与土壤碳素和氮素循环的有益微生物生理类群,对于土壤肥力以及植物营养具有重要影响,其数量越多,土壤环境和质量越好<sup>[19]</sup>。

嫁接换根作为茄子栽培中一种有效克服连作障碍的技术,可增加茄子根际土壤微生物生理类群中固氮菌、硝化细菌数量和土壤酶活性,说明嫁接对茄子根际生物环境的改善与嫁接茄呈现的长势旺盛和抗病增产密不可分<sup>[12]</sup>。已有研究结果表明,嫁接对根际环境的改善与根系分泌物成分的改变有关<sup>[10]</sup>。嫁接改变了茄子根系分泌物成分,增加了棕榈酸和豆蔻酸的含量,施用棕榈酸和豆蔻酸等脂肪酸可以增加连作作物的生长量,抑制土壤病原菌群生长,推测脂肪酸可以改善连作土壤环境使其更适合作物生长<sup>[20]</sup>。在本研究中,化感物质豆蔻酸处理显著提高了茄子根际微生物生理类群数量,而且土壤多酚氧化酶和过氧化物酶活性显著增加,脲酶在中高浓度豆蔻酸处理中显著增加,蛋白酶活性也明显高于对照。这些对土壤微生物的积极影响促进了茄子植株地上部的生长,增加了株高和茎粗,尤其在中高浓度豆蔻酸处理效果更为明显。由此推测豆蔻酸作为嫁接茄根系分泌物化感成分之一,理论上能够缓解茄子连作障碍。

#### 参考文献:

- [1] 单鸿宾,梁智,王纯利,等. 棉田连作对土壤微生物及酶活性的影响[J]. 中国农业科技导报, 2009, 11(1):113-117.
- [2] 何天久,吴巧玉,曾宪浩,等. 马铃薯连作障碍形成机制与调控措施研究进展[J]. 江苏农业科学, 2016, 44(4):1-4.
- [3] 周宝利,徐妍,尹玉玲,等. 不同连作年限土壤对茄子土壤生物学活性的影响及嫁接调节[J]. 生态学杂志, 2010, 29(2):290-294.
- [4] 尹玉玲,周宝利,李云鹏,等. 嫁接对茄子根际土壤微生物种群的化感效应[J]. 园艺学报, 2008, 35(8):1131-1136.
- [5] 李云鹏,周宝利,李之璞,等. 嫁接茄的萎蔫病抗性与根际土壤生物学活性的关系[J]. 生态学杂志, 2007, 26(6):831-834.
- [6] 王茹华,周宝利,张启发,等. 嫁接对茄子根际微生物种群数量的影响[J]. 园艺学报, 2005, 32(1):124-126.
- [7] YIN Y L, ZHOU B L, LI Y P. Effects of grafting on rhizosphere microorganisms of eggplants[J]. Allelopathy Journal, 2009, 23(1):149-156.
- [8] 尹玉玲,刘圆,汤泳萍,等. 豆蔻酸和棕榈酸诱导茄子根际拮抗菌与黄萎菌数量消长的关系[J]. 生态学报, 2015, 35(20):6728-6733.
- [9] 周宝利,尹玉玲,李云鹏,等. 嫁接茄根系分泌物与抗黄萎病的关系及其组分分析[J]. 生态学报, 2010, 30(6):3073-3079.
- [10] ZHOU B L, YIN Y L, ZHANG F L, et al. Allelopathic effects of root extracts of grafted eggplants on *Verticilliumdahliae* and their constituents' identification[J]. Allelopathy Journal, 2010, 25(2):393-402.
- [11] 许光辉,郑洪元. 土壤微生物分析方法手册[M]. 北京:农业出版社, 1986.
- [12] 周宝利,尹玉玲,徐妍,等. 嫁接对茄子根际土壤微生物和叶片硝酸还原酶的影响[J]. 园艺学报, 2010, 37(1):53-58.
- [13] 严昶升. 土壤肥力研究方法[M]. 北京:农业出版社, 1988.
- [14] 林文雄,熊君,周军建,等. 化感植物根际生物学特性研究现状与展望[J]. 中国生态农业学报, 2007, 15(4):1-8.
- [15] LI Y, YING Y X, ZHAO D Y, et al. Influence of allelochemicals on microbial community in ginseng cultivating soil[J]. Chinese Herbal Medicines, 2014, 6(4):313-318.
- [16] DICK W T, JR W A. Relationships between enzyme activities and microbial growth and activity indices in soil frankenberger[J]. Soil Science Society of America Journal, 1983, 47:945-951.
- [17] 李东坡,武志杰,陈利军. 有机农业施肥方式对土壤微生物活性的影响研究[J]. 中国农业生态研究, 2005, 13(12):178-181.
- [18] 李晶晶,李桢桢,张宝,等. 不同来源地黄化感物质对土壤微生物功能多样性的影响[J]. 广东农业科学, 2014(10):48-51.
- [19] 许艳丽,李春杰. 玉米连作、迎茬和轮作对田间杂草群落的影响[J]. 生态学杂志, 2004, 23(4):37-40.
- [20] LIU S Y, RUAN W B, LI J, et al. Biological control of phytopathogenicfungi by fatty acids[J]. Mycopathologia, 2008, 166:93-102.

(责任编辑:张震林)