

茄子自毒物质胁迫下嫁接对其生长及土壤生化特性的影响

陈绍莉, 周宝利*, 尹玉玲, 叶雪凌

(沈阳农业大学园艺学院, 沈阳 110866)

摘 要: 采用高效液相色谱分析技术检测了茄子连作土壤中自毒物质肉桂酸和香草醛含量的变化, 采用盆栽试验研究了这两种物质胁迫下嫁接对茄子生长发育及土壤生化特性的影响。结果表明: 肉桂酸、香草醛在茄子连作土壤中存在, 其含量随着种植年限的增加显著增加, 其中肉桂酸含量是香草醛的 17.08% ~ 27.09%。嫁接能改善自毒物质肉桂酸和香草醛胁迫给茄子生长代谢以及土壤生化特性带来的不良影响。在肉桂酸、香草醛胁迫下, 自根茄子生长受到了抑制, 嫁接对茄子生长代谢仍显示出促进效应, 只是促进效应有所减弱。随着自毒物质浓度增加, 与自根茄子相比, 嫁接茄子土壤细菌和放线菌根际效应增强, $4.0 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 肉桂酸处理放线菌根际效应 (R/S) 最大, 为 2.92; 真菌根际效应减弱, $4.0 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 香草醛胁迫时真菌 R/S 最小, 为 0.61; 蔗糖酶、脲酶、磷酸酶根际效应增强, $1 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 香草醛处理时蔗糖酶 R/S 达最大, 为 2.32。

关键词: 肉桂酸; 香草醛; 嫁接; 茄子生长; 土壤生化特性; 根际效应

中图分类号: S 641.1

文献标识码: A

文章编号: 0513-353X (2010) 06-0906-09

Effects of Grafting on Eggplant Growth and Soil Biochemical Properties Under Autotoxic Substance Stress

CHEN Shao-li, ZHOU Bao-li*, YIN Yu-ling, and YE Xue-ling

(College of Horticulture, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110866, China)

Abstract: Using the HPLC analysis technique, the contents of autotoxic substances (cinnamic acid and vanillin) in eggplant replanting soil were determined, and the effects of grafting on eggplant growth and soil biochemical properties under the two autotoxic substances stress were studied in a pot culture experiment. The results showed that cinnamic acid and vanillin existed in soil of eggplant continuous cropping. The contents of cinnamic acid and vanillin in soil increased with increasing planting years, the content of cinnamic acid ranged from 17.08% to 27.09% of vanillin. Grafting could improve the adverse effect on eggplant growth and soil biochemical properties under the two substances' stress. Under cinnamic acid and vanillin stress, own-rooted eggplant growth was inhibited, whereas grafted eggplant growth was slightly promoted. Compared with own-rooted eggplants, grafted eggplants rhizospheric effect (R/S) of bacterium and actinomyces increased, whereas R/S of fungi decreased, with R/S of actinomyces reached the maximum 2.92 under $4.0 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ cinnamic acid, that of fungi reduced to minimum 0.61 at

收稿日期: 2009-09-07; 修回日期: 2010-05-25

基金项目: 国家自然科学基金项目(30771469); 国家科技支撑计划重点项目(2008BADA6B02); 辽宁省教育厅创新团队项目(2009T087)

* 通信作者 Author for correspondence (E-mail: zblaaa@163.com)

4.0 mmol · L⁻¹ vanillin ; The R/S of saccharase, urease, phosphatase of grafted eggplant soil increased with increasing concentration of cinnamic acid and vanillin, and R/S of saccharase reached to the maximum 2.32 at 1.0 mmol · L⁻¹ vanillin.

Key words : cinnamic acid ; vanillin ; grafting ; eggplant growth ; soil biochemical properties ; rhizospheric effect (R/S)

近年来关于植物根系分泌物的自毒作用引起的连作障碍的研究备受关注(周志红等, 1997; 阮维斌等, 2003; 郑军辉等, 2004; 陈绍莉等, 2008)。诸多学者通过对茄子的研究已发现, 肉桂酸和香草醛是茄子根系分泌物中普遍存在的自毒物质(周宝利等, 2001; Wang et al., 2005; 王茹华等, 2006; 王玉洁等, 2007)。因此, 探讨肉桂酸、香草醛在连作土壤中的含量变化和对茄子生长代谢的影响, 有助于寻找克服连作障碍的有效途径, 保证茄子生产稳定健康发展。

植物根系在吸收水分、矿质营养等的同时通过各种方式向土壤释放分泌物, 使得根表面1~2 mm厚的土壤薄层形成了一个特殊的微域, 既是植物、微生物、土壤进行物质与能量交换的场所(张福锁和申建波, 1999; 熊明彪等, 2002; 张学利等, 2002), 也是引起根际与非根际土壤生化特性差异, 即形成根际效应 R/S (rhizosphere / non rhizospheric soil) 的内在因素。已有研究发现根际土壤的微生物和酶种类、数量比非根际土壤多, 它们的变化能反映根系生长发育状况(张福锁和申建波, 1999; 朱丽霞等, 2003)。因此, 研究自毒物质胁迫下茄子土壤微生物与土壤酶活性的根际效应, 不仅能够揭示其对土壤生化特性的影响, 而且为深入探究自毒作用对土壤生态系统影响特点奠定理论基础。

嫁接是茄子栽培中一项有效措施, 人们对茄子嫁接抗病增产机理的研究也一直在不断深入。通过嫁接一方面可用砧木根系分泌物抑制土传病害(茄子黄萎病菌), 诱导土壤有益微生物数量增加(王茹华等, 2005; 张凤丽等, 2005; 尹玉玲等, 2008); 另一方面可使根系分泌物中化感物质数量减少, 且提高茄子耐化感物质胁迫的能力(Wang et al., 2005; 陈绍莉等, 2008)。嫁接能否调控自毒物质对土壤生化特性的影响, 调控效果如何, 尚缺乏研究。

本试验中以茄子自毒物质肉桂酸和香草醛为切入点, 研究在两种物质胁迫下嫁接对茄子生长和土壤微生物、土壤酶活性的影响, 为深入探讨茄子嫁接缓解自毒作用机理和完善连作障碍机制提供理论参考。

1 材料与方法

1.1 土壤中肉桂酸和香草醛含量测定

试验在沈阳农业大学蔬菜基地日光温室内进行。

采用五点法从茄子日光温室连作病圃中, 分别采集种植过‘西安绿茄’(*Solanum melongena* L.) 0、1、2、3年的耕层0~20 cm的土壤, 充分混匀。经风干后过60目筛, 分别称取200 g土样溶于300 mL蒸馏水中(土:水=1:1.5), 振荡1 h, 静置后过滤。将滤液收集液经XAD-4树脂柱(Sigma公司生产)吸附, 用乙醇解析后浓缩备用。采用美国产高压液相色谱仪, 在波长254 nm, 柱温40℃, 以CH₃CN和0.1% H₃PO₄为流动相, 测定土壤溶液中肉桂酸和香草醛含量(Wang et al., 2005)。

1.2 试材的培养

2006年8月28日播种茄子砧木‘托鲁巴姆’(*Solanum torvum*), 9月28日播种茄子接穗品种

‘西安绿茄’，11月14日采用劈接法进行嫁接。嫁接苗成活后，选择生长势较为一致的嫁接苗和自根苗分别定植在内径为21.5 cm的瓦盆中，每盆装入基质(园土、草炭和农家肥按1:1:1混配均匀)1.5 kg。每盆1株，每处理7次重复，随机排列。

1.3 试材的处理及调查测定

将肉桂酸和香草醛(国产分析纯)依次配制成0(对照)、0.1、0.5、1.0和4.0 mmol·L⁻¹浓度梯度,2007年1月5日开始向茄子根周围约10 cm范围内均匀施用,每隔6 d施用1次,每次100 mL,培养1个月后取样测定。

茄子生长指标:测定茄子的株高、茎粗、鲜样质量、根系活力,每项测定3次重复。根系活力采用TTC(氯化三苯基四氮唑)法测定(李合生,2000)。

土壤微生物:用肉桂酸和香草醛处理茄子1个月后,将植株带土坨从瓦盆中取出。采用抖落法收集非根际土壤,采用洗涤法收集根际土壤。然后用土壤稀释分离法(王茹华等,2005)在培养基上分别进行真菌、细菌、放线菌的分离,每次各处理分离3种微生物,每种微生物各个稀释浓度均分离3皿(3次重复),放入25℃温箱内培养,每天观察菌落生长情况,选择生长菌落数10~100个/皿的培养皿进行计数。根际土壤的质量采用烘干法测定:取50 mL混合均匀的土壤悬浮液,放入蒸发皿内烘干,计算出每mL土壤悬浮液中根际土壤质量。最后计算出每g干土中根际微生物的数量。

土壤酶:蔗糖酶采用硝基水杨酸法测定,酶活性以1 g干土中葡萄糖的含量表示;脲酶采用靛酚蓝比色法测定,酶活性以24 h后1 g干土中NH₃-N₂的含量表示;磷酸酶活性采用磷酸苯二钠比色法测定,以每g土壤中酚的mg数表示(关松荫,1986;严昶升,1988;Singh & Rai,2004)。

数据采用DPS软件的LSD法进行差异显著性检验。

2 结果与分析

2.1 茄子连作土壤中肉桂酸和香草醛含量的变化

从表1可以看出,种植过‘西安绿茄’的土壤中普遍含有肉桂酸和香草醛,而且两者的含量随着种植年限的增加呈显著增加趋势。对肉桂酸来说,连作2、3年土壤含量分别比种植1年增加了85.56%、211.34%;对香草醛来说,连作2、3年土壤含量分别比种植1年增加了42.61%、96.30%。从表1看出,土壤中肉桂酸含量是香草醛的17.08%~27.09%,肉桂酸年平均积累0.101 μg·g⁻¹,香草醛为0.372 μg·g⁻¹。可见,茄子在连年栽培的情况下,自毒物质肉桂酸和香草醛在土壤中可以积累。

表1 茄子不同连作年限土壤中肉桂酸和香草醛的含量
Table 1 Cinnamic acid and vanillin contents in eggplant soil of various continuous cropping years / (μg·g⁻¹ DW)

种植年限 Planting years	肉桂酸 Cinnamic acid	香草醛 Vanillin
0	0 dD	0 dD
1	0.097 cC	0.568 cC
2	0.180 bB	0.810 bB
3	0.302 aA	1.115 aA

注:不同小、大写字母分别表示处理间差异达显著($P < 0.05$)和极显著水平($P < 0.01$)。下同。

Note: Different capital and small letters represented significant difference at 0.01 and 0.05 levels, respectively. The same below.

2.2 肉桂酸和香草醛处理对茄子生长的影响

从表 2 看出,肉桂酸和香草醛对茄子的生长、基本代谢具有“低促高抑”的化感作用特点。这与其它相似的研究结果(陈龙池 等,2002;吴凤芝 等,2002)一致。

较低浓度的肉桂酸(0~0.1 mmol·L⁻¹)、香草醛(0~0.5 mmol·L⁻¹)促进了自根茄株高、茎粗、鲜样质量及根系活力;较高浓度的肉桂酸(0.5~4.0 mmol·L⁻¹)、香草醛(1.0~4.0 mmol·L⁻¹)抑制了自根茄的生长,表现为株高、茎粗降低,与对照差异显著,而鲜样质量、根系活力明显降低,与对照差异极显著。所以,促进、抑制自根茄生长代谢的浓度界点是肉桂酸 0.5 mmol·L⁻¹、香草醛 1.0 mmol·L⁻¹。

同样,低浓度的肉桂酸、香草醛也促进了嫁接茄以上各指标的增加,升高的幅度大于自根茄。与自根茄不同的是,两物质对嫁接茄表现促进作用的浓度范围增大,即肉桂酸为 0~0.5 mmol·L⁻¹、香草醛为 0~1.0 mmol·L⁻¹。较高浓度的肉桂酸(1.0~4.0 mmol·L⁻¹)、香草醛(4.0 mmol·L⁻¹)仍能促进嫁接茄的生长,只是促进效应有所减弱。对嫁接茄生长代谢表现出促进作用减弱的浓度界点为肉桂酸 1.0 mmol·L⁻¹、香草醛 4.0 mmol·L⁻¹。

在肉桂酸 1.0~4.0 mmol·L⁻¹、香草醛 1.0~4.0 mmol·L⁻¹ 处理下,自根茄和嫁接茄生长代谢显现出受抑制或促进减弱的效应,即出现了受自毒物质胁迫的特征,所以把 1.0 mmol·L⁻¹ 和 4.0 mmol·L⁻¹ 作为肉桂酸和香草醛胁迫浓度,用以继续研究其对土壤生化特性的影响。

表 2 肉桂酸、香草醛处理对茄子生长的影响
Table 2 Effect of cinnamic acid and vanillin on growth of eggplant

处理 Treatment	酚酸 Phenolic acids	浓度/(mmol·L ⁻¹) Concentration	株高/cm Plant height	茎粗/cm Stem diameter	鲜样质量/g Fresh weight	根系活力/ (TTC mg·h ⁻¹ ·g ⁻¹) Root activity
自根茄 Own-rooted eggplant	肉桂酸 Cinnamic acid	0 (对照 Control)	16.70bBC	0.76bcB	44.80dD	0.48aA
		0.1	17.80aA	0.80bAB	45.20cC	0.51aA
		0.5	16.60cC	0.78bcAB	41.40eE	0.43bB
		1.0	16.40dD	0.61dCD	35.44gG	0.21dD
		4.0	15.10eE	0.58dD	29.80I	0.18dD
	香草醛 Vanillin	0.1	16.80bB	0.81abAB	45.62bB	0.49aA
		0.5	17.90aA	0.89aA	47.30aA	0.49aA
		1.0	16.80bB	0.70cBC	40.70fF	0.38cC
		4.0	15.10eE	0.55dD	31.10hH	0.10eE
嫁接茄 Grafted eggplant	肉桂酸 Cinnamic acid	0 (对照 Control)	16.80fE	0.74dC	45.20H	0.50gF
		0.1	18.10dC	0.82cBC	50.20gF	0.62cC
		0.5	19.50aA	0.97aA	58.34cC	0.71aA
		1.0	18.90bB	0.95abA	54.10dD	0.68bB
		4.0	17.60eD	0.80cdC	48.70hG	0.59dD
	香草醛 Vanillin	0.1	18.50cBC	0.90bAB	52.10eE	0.51fF
		0.5	19.40aA	0.98aA	63.56bB	0.70aA
		1.0	19.70aA	0.98aA	65.20aA	0.62cC
		4.0	17.00fE	0.82cBC	50.42fF	0.57eE

2.3 肉桂酸和香草醛胁迫下嫁接对茄子微生物数量根际效应的影响

从表 3 看出,肉桂酸和香草醛胁迫对茄子根际、非根际土壤的细菌、放线菌、真菌数量的影

响不同。

对细菌来说,肉桂酸、香草醛 1.0、4.0 mmol · L⁻¹处理,自根茄根际细菌显著减少,其中 4.0 mmol · L⁻¹肉桂酸处理的减少幅度最大,为 35.02%;嫁接茄的根际细菌先增加后减少,变化幅度较小。除 1.0 mmol · L⁻¹肉桂酸处理嫁接茄外,其它处理的茄子非根际细菌数量都有所减少,嫁接茄的减少幅度大于自根茄。由此看出,随着肉桂酸、香草醛胁迫加重,茄子土壤(根际、非根际)细菌减少,但嫁接茄的减少幅度小于自根茄。随着胁迫浓度增加,自根茄的细菌根际效应 R/S(根际/非根际)减弱,4.0 mmol · L⁻¹肉桂酸处理时 R/S 最小,为 0.96,表现为负向根际效应;嫁接茄的细菌 R/S 增大,且表现为正向根际效应。

自根茄的根际、非根际土壤放线菌的数量对肉桂酸、香草醛的胁迫反应不同。随着肉桂酸、香草醛胁迫浓度增大,根际放线菌显著减少,4.0 mmol · L⁻¹肉桂酸处理其减少的最多,达 31.99%;而非根际放线菌数量增加。自根茄放线菌的根际效应R/S逐渐减弱,4.0 mmol · L⁻¹肉桂酸处理下其值最小,为 0.74。嫁接茄在肉桂酸、香草醛胁迫下,根际放线菌数量高于对照(浓度 0 mmol · L⁻¹);除 4.0 mmol · L⁻¹香草醛处理外,非根际放线菌数量都低于对照。随着胁迫加重,嫁接茄的放线菌根际效应R/S 表现为正向根际效应且逐渐加强,以 4.0 mmol · L⁻¹肉桂酸处理下最大,为 2.92。

除 4.0 mmol · L⁻¹肉桂酸外,其余处理下自根茄根际、非根际真菌数量均低于对照,各处理间差异显著。随着胁迫加重,自根茄真菌根际效应 R/S 逐渐增强,4.0 mmol · L⁻¹肉桂酸时最大,为 6.30;嫁接茄真菌根际效应 R/S 由正向根际效应减弱到负向根际效应,4.0 mmol · L⁻¹香草醛胁迫下 R/S 最小,达 0.61。

表 3 嫁接对肉桂酸和香草醛胁迫下茄子土壤微生物数量根际效应的影响
Table 3 Effect of grafting on rhizosphere effect of microbial population in eggplant soli
under cinnamic acid and vanillin stress

/ (×10⁵cfu · g⁻¹)

处理 Treatment	酚酸 Phenolic acids	浓度/ (mmol · L ⁻¹) Concentration	细菌 Bacterium		放线菌 Actinomycetes		真菌 Fungi	
			根际 Rhizosphere	非根际 Non-rhizosphere	根际 Rhizosphere	非根际 Non-rhizosphere	根际 Rhizosphere	非根际 Non-rhizosphere
嫁接茄 Grafted eggplant	肉桂酸 Cinnamic acid	0 (对照 Control)	5 200.30dD	2 476.33bB	2 849.63eE	1 574.38aA	35.70aA	34.38bB
		1.0	5 630.04aA	2 553.50aA	3 054.90dD	1 504.87cC	24.10cC	29.75cC
		4.0	5 416.28cC	2 010.40eE	3 580.50bB	1 226.20dD	14.82dD	15.60dD
	香草醛 Vanillin	1.0	5 481.40bB	2 300.76cC	3 240.00cC	1 553.06bB	25.43cC	32.60cC
		4.0	5 138.20eE	2 110.50dD	4 031.49aA	1 587.20aA	30.97bB	50.77aA
自根茄 Own-rooted eggplant	肉桂酸 Cinnamic acid	0 (对照 Control)	7 100.25aA	4 896.72aA	1 041.20aA	788.79eE	55.48bB	36.03aA
		1.0	7 060.31bB	4 890.79aA	954.26bB	973.73bB	34.40dD	18.90cC
		4.0	4 613.65dD	4 800.65aA	708.15dD	956.96cC	78.12aA	12.40dD
	香草醛 Vanillin	1.0	6 548.00cC	4 858.74aA	1 034.20aA	795.54dD	43.18cC	25.40bB
		4.0	4 704.64dD	4 436.20bB	894.36cC	1 064.71aA	34.61dD	8.24eD

2.4 肉桂酸和香草醛胁迫下嫁接对茄子土壤酶根际效应的影响

由表 4 看出,肉桂酸、香草醛处理下,自根茄根际蔗糖酶活性低于对照,随着胁迫浓度增大,蔗糖酶活性极显著低于对照;自根茄的非根际蔗糖酶活性都显著高于对照。随着胁迫加重,自根茄蔗糖酶的根际效应R/S逐渐降低,4.0 mmol · L⁻¹肉桂酸处理时降低到最小值 0.89,表现为负向根际效应。随胁迫浓度加大,根际的脲酶活性先升高后降低,非根际的脲酶活性逐渐升高,脲酶根际效应R/S逐渐降低,4.0 mmol · L⁻¹肉桂酸处理时降到最小值 0.91,由正向根际效应变为负向根际效应。

随胁迫浓度加大,根际磷酸酶活性降低,非根际磷酸酶活性先降低后增加,磷酸酶的根际效应 R/S 逐渐减小,但始终表现为正向根际效应。

对嫁接茄而言,两物质处理下,嫁接茄根际蔗糖酶活性变化规律性不强,非根际蔗糖酶活性逐渐降低,因此嫁接茄蔗糖酶的根际效应均高于对照,各处理间差异不显著,1.0 mmol · L⁻¹ 香草醛处理时 R/S 达最大,为 2.32。随着胁迫浓度加大,根际脲酶活性增强,非根际脲酶活性变化规律不明显,而嫁接茄脲酶活性的 R/S 呈显著增加。对于磷酸酶活性来说,随着胁迫的加重,根际磷酸酶活性逐渐增强,非根际磷酸酶活性变化不明显,嫁接茄磷酸酶活性的 R/S 呈增加趋势。

由此得出,随着肉桂酸、香草醛胁迫加重,自根茄蔗糖酶、脲酶、磷酸酶活性的根际效应 R/S 减弱,甚至降低为负向根际效应;而嫁接茄土壤酶活性的根际效应逐渐增强,一直表现为正向根际效应。

表 4 肉桂酸和香草醛胁迫下嫁接对茄子土壤酶活性根际效应的影响
Table 4 Effect of grafting on rhizosphere effect of eggplant soli enzymes activities under cinnmic acid and vanillin stress

处理 Treatment	酚酸 Phenolic acids	浓度/ (mmol · L ⁻¹) Concentration	蔗糖酶 Saccharase		脲酶 Urease		磷酸酶 Phosphatase	
			根际 Rhizosphere	非根际 Non-rhizosphere	根际 Rhizosphere	非根际 Non-rhizosphere	根际 Rhizosphere	非根际 Non-rhizosphere
嫁接茄	肉桂酸	0	1.52bB	0.68aA	1.86dC	0.95abA	2.16cB	1.00aA
Grafted eggplant	Cinnamic acid	(对照Control)						
		1.0	1.52bB	0.66bAB	2.13cB	0.95abA	2.28abcAB	1.02aA
		4.0	1.47dD	0.64cB	2.30aA	0.97aA	2.32abAB	1.01aA
	香草醛	1.0	1.58aA	0.68aA	2.24abAB	0.90bcAB	2.20bcAB	0.96aA
	Vanillin	4.0	1.50cC	0.65bcB	2.18bcAB	0.87cB	2.41abA	1.02aA
	肉桂酸	0	1.30aA	0.97cC	1.24aA	0.87bC	1.04aA	0.55bAB
Own-rooted eggplant	Cinnamic acid	(对照Control)						
		1.0	1.24aA	1.02cBC	1.25aA	0.88bBC	1.00aA	0.54bcB
		4.0	0.98bB	1.10bcABC	0.82cC	0.90aAB	0.61bB	0.57aA
	香草醛	1.0	1.30aA	1.30aA	1.26aA	0.88bBC	0.98aA	0.53cB
	Vanillin	4.0	1.06bB	1.26abAB	1.14bB	0.91aA	0.64bB	0.55bAB

3 讨论

本试验表明,茄子在连作栽培情况下,自毒物质肉桂酸和香草醛可进入、滞留、累积于土壤中,其含量达到一定浓度时,抑制了茄子的生长,可导致连作障碍。通过嫁接技术,茄子能够减轻自毒物质对土壤微生物数量、土壤酶活性根际效应不良影响,改善了土壤的生化性状,缓解了茄子的自毒危害,在一定程度上可克服连作障碍的发生。

目前,对于茄子根系分泌物中酚酸物质成分含量的研究已有报道,指出肉桂酸和香草醛是根系分泌物中普遍存在的化感自毒物质(Wang et al., 2005)。在黄瓜连作土壤中酚酸物质含量的研究表明,对羟基苯甲酸、香草酸、阿魏酸在土壤中存在,其含量随连作年限的增加呈上升趋势(徐淑霞 等, 2008)。本研究也得出类似结论,肉桂酸和香草醛在茄子土壤中的含量随种植年限的增加呈增加趋势。这说明茄子根系分泌物中的肉桂酸和香草醛进入了土壤,并且随着连作年限的增加,肉桂酸和香草醛可在土壤中累积。

实施连作生产模式下,当季茄子根系分泌的连同上茬茄子滞留在土壤中的肉桂酸和香草醛,加在一起更加容易造成自毒物质的累积,对茄子产生不良影响,抑制茄子生长发育,导致自毒作用,引发病虫害、土壤裂化,导致连作障碍的发生。前期的研究已发现,肉桂酸和香草醛对茄子种子萌发、植株的生长代谢表现“低促高抑”的化感效应(Wang et al., 2005; 王茹华等, 2006; 陈绍莉等, 2008),本试验也得出相似结论,并发现自毒物质对自根茄产生促进、抑制作用的浓度界点为肉桂酸 $0.5 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 、香草醛 $1.0 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$,自毒物质对嫁接茄子产生促进效应减弱的浓度界点为肉桂酸 $1.0 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 、香草醛 $4.0 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ 。由此说明嫁接茄由于嫁接换根,提高了茄子耐自毒物质胁迫的能力,一定程度上缓解了自毒物质对茄子的危害。

根际、非根际是土壤中的两个不同部分,由于两者共同处于一个开放的土壤空间,物质、能量方面不可避免存在相互影响,所以研究根际效应即根际/非根际(R/S)的变化能够全面客观认识根际土壤的生化特性。土壤微生物、土壤中酶的活性是影响土壤微生态系统的两个重要因素,土壤微生物参与土壤能量、物质循环,其物质转化能力直接影响植物的生长发育,是土壤肥力的重要指标之一;土壤酶参与土壤中许多重要的生化过程,可在一定程度上反映土壤的肥力状况(薛立等, 2003)。

细菌、放线菌及真菌是构成土壤微生物群体的主要种类,在土壤有机物质分解、矿化和营养循环中起重要作用,其数量可一定程度表征土壤肥力水平。有研究报道,大豆、花生、茄子连作都能引起根际微生物区系组成改变,有益菌减少,有害菌增殖,破坏了根际微生物的平衡,减弱或消除了有益菌对有害菌的拮抗作用,使真菌型土壤向细菌型土壤转化,表现为根际细菌和放线菌的比例降低,真菌的比例增加(王茹华等, 2005)。本研究中也发现,随着肉桂酸和香草醛胁迫的加重,自根茄的细菌、放线菌根际效应减弱甚至表现为负向根效应,真菌根际效应逐渐加强;而嫁接茄的细菌、放线菌根际效应逐渐增强且为正向根效应,真菌根际效应减弱为负向根效应。由此说明,茄子嫁接后,根域的土壤微生物构成发生改变,促进了细菌、放线菌有益菌的根际效应,抑制了真菌的根际效应,使土壤由真菌型向细菌型方向转化,在某种程度上起到了改善土壤生化特性的作用。

土壤酶是表征土壤中物质、能量代谢旺盛程度和土壤质量水平的一个重要生物指标(周礼恺等, 1983)。土壤酶活性受环境、肥料、根际分泌物等多种因素的影响,各种土壤酶的底物与产物存在互为利用的关系。所以,土壤酶活性一定程度上可以表现土壤肥力的变化。本试验得出,随着肉桂酸、香草醛胁迫加重,自根茄和嫁接茄的土壤酶根际效应存在显著差异,自根茄蔗糖酶、脲酶、磷酸酶根际效应减弱,甚至降低为负向根效应;而嫁接茄土壤酶根际效应逐渐增强,一直显示出正向根效应。由此说明,嫁接茄由于嫁接换根,根系分泌活动、根际环境等发生了一定改变(陈绍莉等, 2008; 尹玉玲等, 2008),多种因素综合影响下增强了嫁接茄土壤酶的根际效应,在一定程度上修复了自根茄土壤酶根际效应降低的不利影响,为土壤环境的改善起到了一定的作用。

本试验仅从土壤微生物数量、土壤酶根际效应层次研究了茄子嫁接对自毒物质胁迫的土壤生化特性的影响,今后应在微生物分类、土壤营养等方面做进一步的探讨和研究。

References

- Chen Long-chi, Liao Li-ping, Wang Si-long, Huang Zhi-qun, Xiao Fu-ming. 2002. Effect of vanillin and P-hydroxybenzoic acid on physiological characteristics of Chinese fir seedlings. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 13 (10): 1291–1294. (in Chinese)
- 陈龙池, 廖利平, 汪思龙, 黄志群, 肖复明. 2002. 香草醛和对羟基苯甲酸对杉木生理特性的影响. *应用生态学报*, 13 (10): 1291–1294.
- Chen Shao-li, Zhou Bao-li, Wang Ru-hua, Fu Ya-wen. 2008. Regulation effects of grafting on cinnamic acid and vanillin in eggplant root exudates. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 19 (11): 2394–2399. (in Chinese)

- 陈绍莉, 周宝利, 王茹华, 付亚文. 2008. 嫁接对茄子根系分泌物中肉桂酸和香草醛的调节效应. 应用生态学报, 19 (11): 2394 – 2399.
- Guan Song-yin. 1986. Soil enzyme and study method. Beijing: China Agriculture Press. (in Chinese)
- 关松荫. 1986. 土壤酶及其研究法. 北京: 中国农业出版社.
- Li He-sheng. 2000. The experimental principles and technique of plant physiology and biochemistry. Beijing: Higher Education Press: 119 – 120. (in Chinese)
- 李合生. 2000. 植物生理生化实验原理与技术. 北京: 高等教育出版社: 119 – 120.
- Ruan Wei-bin, Liu Mo-han, Huang Bin, Yan Fei, Wang Jing-guo, Gao Yu-bao. 2003. Allelopathic effect of p- and m-hydroxy-phenylacetic acid on soybean (*Glycine max* L.) germination. Chinese Journal of Applied Ecology, 14 (5): 785 – 788. (in Chinese)
- 阮维斌, 刘默涵, 黄斌, 阎飞, 王敬国, 高玉葆. 2003. 两种羟基苯乙酸对大豆萌发的化感效应研究. 应用生态学报, 14 (5): 785 – 788.
- Singh S K, Rai J P. 2004. Soilmicrobial population and enzyme activity related to grazing pressure in alpine meadows of *Nanda devi* biosphere reserve. J Environ Biol, 25: 103 – 107.
- Wang Ru-hua, Zhou Bao-li, Zhang Feng-li, Zhang Qi-fa. 2005. Allelopathic effects of root exudates of eggplants on verticillium wilt (*Verticillium dahliae*). Allelopathy Journal, 15: 75 – 84.
- Wang Ru-hua, Zhou Bao-li, Zhang Qi-fa, Zhang Feng-li, Fu Ya-wen. 2005. Effects of grafting on rhizosphere microbial populations of eggplants. Acta Horticulturae Sinica, 32 (1): 124 – 126. (in Chinese)
- 王茹华, 周宝利, 张启发, 张凤丽, 付亚文. 2005. 嫁接对茄子根际微生物种群数量的影响. 园艺学报, 32 (1): 124 – 126.
- Wang Ru-hua, Zhou Bao-li, Zhang Qi-fa, Fu Ya-wen. 2006. Effects of vanillin and cinnamic acid in root exudates of eggplants on *Verticillium dahliae*. Acta Ecologica Sinica, 26 (9): 3152 – 3155. (in Chinese)
- 王茹华, 周宝利, 张启发, 付亚文. 2006. 茄子根系分泌物中香草醛和肉桂酸对黄萎菌的化感效应. 生态学报, 26 (9): 3152 – 3155.
- Wang Yu-jie, Yu Ji-hua, Zhang Yun, Zhu Hong. 2007. Effects of two allelochemicals on growth and physiological characteristics of eggplant seedlings. Journal of Gansu Agricultural University, 42 (3): 47 – 50. (in Chinese)
- 王玉洁, 郁继华, 张韵, 朱虹. 2007. 两种化感物质对茄子生长及幼苗生理特性的影响. 甘肃农业大学学报, 42 (3): 47 – 50.
- Wu Feng-zhi, Meng Li-jun, Wen Jing-zhi. 2002. Effect of cucumis root exudates on the growth of *Fusarium oxysporum* f. sp. *Cucumerinum ycelium*. China Vegetables, (5): 26 – 27. (in Chinese)
- 吴凤芝, 孟立君, 文景芝. 2002. 黄瓜根系分泌物对枯萎病菌菌丝生长的影响. 中国蔬菜, (5): 26 – 27.
- Xiong Ming-biao, He Jian-ping, Song Guang-yu. 2002. Effect of root exudates on ecological distribution of rhizospheric microorganisms. Chinese Journal of Soil Science, 33 (2): 145 – 148. (in Chinese)
- 熊明彪, 何建平, 宋光煜. 2002. 根分泌物对根际微生物生态分布的影响. 土壤通报, 33 (2): 145 – 148.
- Xue Li, Kuang Li-gang, Chen Hong-yue, Tan Shao-man. 2003. Soil nutrients, microorganisms and enzyme activities of different stands. Acta Pedologica Sinica, 40 (2): 280 – 285. (in Chinese)
- 薛立, 邝立刚, 陈红跃, 谭绍满. 2003. 不同林分土壤养分、微生物与酶活性的研究. 土壤学报, 40 (2): 280 – 285.
- Xu Shu-xia, Zhang Shi-min, You Xiao-yan, Jia Xin-cheng, Wu Kun. 2008. Degradation of soil phenolic acids by *Phanerochaete chrysosporium* under continuous cropping of cucumber. Chinese Journal of Applied Ecology, 19 (11): 2480 – 2484. (in Chinese)
- 徐淑霞, 张世敏, 尤晓颜, 贾新成, 吴坤. 2008. 黄孢原毛平革菌对黄瓜连作土壤酚酸物质的降解. 应用生态学报, 19 (11): 2480 – 2484.
- Yan Xu-sheng. 1988. The research method of soil fertility. Beijing: Agriculture Press. (in Chinese)
- 严昶升. 1988. 土壤肥力研究方法. 北京: 农业出版社.
- Yin Yu-ling, Zhou Bao-li, Li Yun-peng, Fu Ya-wen. 2008. Allelopathic effects of grafting on rhizosphere microorganisms population of eggplants. Acta Horticulturae Sinica, 35 (8): 1131 – 1136. (in Chinese)
- 尹玉玲, 周宝利, 李云鹏, 付亚文. 2008. 嫁接对茄子根际土壤微生物种群的化感效应. 园艺学报, 35 (8): 1131 – 1136.

- Zhang Feng-li ,Zhou Bao-li ,Wang Ru-hua ,He Yu. 2005. Allelopathic effects of grafted eggplant root exudates. Chinese Journal of Applied Ecology , 16 (4) : 750 – 753. (in Chinese)
- 张凤丽, 周宝利, 王茹华, 何 雨. 2005. 嫁接茄子根系分泌物的化感效应. 应用生态学报, 16 (4) : 750 – 753.
- Zhang Fu-suo , Shen Jian-bo. 1999. Preliminary development of theoretical concept on rhizosphere micro ecosystem. Review of China Agricultural Science and Technology , 1 (4) : 15 – 20. (in Chinese)
- 张福锁, 申建波. 1999. 根际微生态系统理论框架的初步构建. 中国农业科技导报, 1 (4) : 15 – 20.
- Zhang Xue-li , Yang Shu-jun , Zhang Bai-xi. 2002. A summary of studies on rhizosphere soil of trees in China. Journal of Shenyang Agricultural University , 33 (6) : 461 – 465. (in Chinese)
- 张学利, 杨树军, 张百习. 2002. 我国林木根际土壤研究进展. 沈阳农业大学学报, 33 (6) : 461 – 465.
- Zheng Jun-hui , Ye Su-fen , Yu Jing-quan. 2004. The reasons of continuous cropping obstacle and preventive cure in vegetable. China Vegetables , (3) : 56 – 58. (in Chinese)
- 郑军辉, 叶素芬, 喻景权. 2004. 蔬菜作物连作障碍产生原因及生物防治. 中国蔬菜, (3) : 56 – 58.
- Zhou Bao-li , Jiang He , Zhao Xin. 2001. Relation between characteristics of resistance to *Verticillium wilt* of eggplant by graftage and root exudates of eggplant. Journal of Shenyang Agricultural University , 32 (6) : 414 – 417. (in Chinese)
- 周宝利, 姜 荷, 赵 鑫. 2001. 不同砧木嫁接茄子抗黄萎病特性及其与根系分泌物关系. 沈阳农业大学学报, 32 (6) : 414 – 417.
- Zhou Li-kai , Zhang Zhi-ming , Cao Cheng-mian. 1983. On the role of the totality of soil enzyme activities in the evaluation of the level of soil fertility. Acta Pedologica Sinica , 20 (4) : 413 – 417. (in Chinese)
- 周礼恺, 张志明, 曹承绵. 1983. 土壤酶活性的总体在评价土壤肥力水平中的作用. 土壤学报, 20 (4) : 413 – 417.
- Zhou Zhi-hong , Luo Shi-ming , Mou Zi-ping. 1997. Allelopathic effect of tomato. Chinese Journal of Applied Ecology , 8 (4) : 445 – 449. (in Chinese)
- 周志红, 骆世明, 牟子平. 1997. 番茄 (*Lycopersicon*) 的化感作用研究. 应用生态学报, 8 (4) : 445 – 449.
- Zhu Li-xia , Zhang Jia-en , Liu Wen-gao. 2003. Review of studies on interactions between root exudates and rhizospheric microorganisms. Ecology and Environment , 12 (1) : 102 – 105. (in Chinese)
- 朱丽霞, 章家恩, 刘文高. 2003. 根系分泌物与根际微生物相互作用研究综述. 生态环境, 12 (1) : 102 – 105.

征订

《园艺学报》2009 年增刊——庆祝中国园艺学会创建 80 周年暨第 11 次全国会员代表大会 论文摘要集出版发行

本期论文摘要集共收录果树、蔬菜、西瓜甜瓜和观赏植物方面论文摘要 202 篇, 其中果树 76 篇, 蔬菜 78 篇, 西瓜甜瓜 23 篇, 观赏植物 25 篇, 内容涉及种质资源、遗传育种、分子生物学、栽培技术、生理生化、贮藏保鲜等。每册定价 45 元。欲购者请与《园艺学报》编辑部联系。

编辑部地址: 北京市海淀区中关村南大街 12 号 中国农业科学院蔬菜花卉研究所《园艺学报》编辑部;

邮政编码: 100081; 电 话: (010) 82109523;

E-mail: yuanyixuebao@126.com; 网址: <http://www.ahs.ac.cn>。