

香草醛、肉桂酸胁迫下嫁接对茄子根际土壤 微生物数量和土壤酶活性的影响

蔺姗姗,周宝利*,陈绍莉,李 夏,丁昱文,叶雪凌

(沈阳农业大学 园艺学院,辽宁沈阳 110161)

摘 要: 试验以自根茄子为对照,研究了外源香草醛、肉桂酸胁迫下嫁接对茄子根际土壤微生物数量和土壤酶活性的影响。结果表明,随着香草醛、肉桂酸浓度的增加,嫁接茄子的细菌数量先增大后减小,放线菌数量差异不明显,真菌数量是先降低后增加。除了脲酶活性是一直增大,其他酶活性基本表现为先增大后降低的规律。在香草醛、肉桂酸胁迫下嫁接茄子细菌和放线菌的数量均显著高于自根茄子,真菌的数量显著低于自根茄子。嫁接茄子的过氧化氢酶、多酚氧化酶、脲酶、蛋白酶、蔗糖酶的活性均高于自根茄子,但过氧化物酶和磷酸酶的活性自根茄子高于嫁接茄子。

关键词: 茄子;嫁接;香草醛;肉桂酸;土壤微生物;土壤酶

中图分类号: S641.1

文献标识码: A

文章编号: 1004-1389(2009)03-0222-05

Effects of Grafting on Soil Microbe Amounts and Enzyme Activities of Eggplants under Vanillin and Cinnamic Acid Stress

LIN Shanshan, ZHOU Baoli*, CHEN Shaoli, LI Xia, DING Yuwen and YE Xueling

(College of Horticulture, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110161, China)

Abstract: With own-root eggplants as control, effects of grafting on soil microbe quantities and enzyme activities of eggplants were studied under exogenous vanillin and cinnamic acid stress. The results showed that with the increasing concentration of vanillin and cinnamic acid, the amounts of bacteria in grafted eggplant rhizosphere increased at first, then decreased; the amounts of actinomycetes were not obviously different; and fungi decreased at first, then increased. With the increasing concentration of autotoxins, the soil enzyme activities also increased at first and the decreased except urease that increased all along. The amounts of bacteria and actinomycetes of grafted eggplants were significantly higher than those of the control, but the amounts of fungi were obverse. The activities of catalase, polyphenol oxidase, urease, protease, saccharase of grafted eggplants were higher than those of the control, but the activities of peroxidase and phosphatase were obverse.

Key words: Eggplant; Grafting; Vanillin; Cinnamic acid; Soil microbes; Soil enzyme

茄子是设施栽培的主要蔬菜之一,然而随着连作年限的增加,茄子的连作障碍现象愈加严重,造成茄子产量降低,品质变劣。目前,有研究认为植物根系分泌物和残体分解的毒素引致的自毒作用是连作障碍的主要因子之一^[1-3]。近年来,通过

对茄子研究表明,酚酸类化合物是茄子根系分泌物中的主要毒性物质。酚酸类物质抑制了茄子种子的萌发、幼苗生长及生理代谢水平,并从茄子根系分泌物中检测出肉桂酸、香草醛、苯甲酸等多种酚酸物质,其中肉桂酸和香草醛是普遍存在的酚

收稿日期:2008-10-27 修回日期:2008-11-30

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);辽宁省教育厅高等学校创新团队项目(2006T118)。

作者简介:蔺姗姗(1984—),女,辽宁丹东人,硕士研究生,研究方向:蔬菜栽培与生态。Email: niu19830103@163.com

* 通讯作者:周宝利。Email: zblaaa@163.com

酸物质^[4-8]。土壤微生物和土壤酶既是土壤有机物转化的执行者,又是植物营养元素的活性库^[9-10]。土壤微生物多样性能敏感地反应生态系统的功能演变及环境胁迫等的影响,可揭示土壤微生物种类和功能的差异^[11-13],其变化与酶活性密切相关^[14]。土壤生态环境中,微生物群落多样性和活性受许多环境因子影响,其中植物所分泌的多种有机化合物是影响不同植物根际环境微生物多样性的一个关键性因素^[15-17]。研究表明,嫁接栽培可以增强蔬菜作物的抗逆性,是克服连作障碍的一条有效途径^[18],以往对嫁接茄子的研究主要集中在抗病增产方面,在酚酸化合物与嫁接茄子根际土壤微生物和土壤酶关系的生理生化研究方面,国内外尚鲜有报道。本试验通过采用外加香草醛、肉桂酸入土的方法,研究酚酸化合物对嫁接茄子土壤微生物数量和土壤酶活性的影响,为阐明嫁接换根缓解解毒作用,减轻茄子连作障碍的机制提供理论基础。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验于2008年在沈阳农业大学蔬菜基地日光温室内进行。供试的嫁接茄子砧木为托鲁巴姆(*Solanum torvum*),接穗为西安绿茄(*Solanum melongena* L.)。以西安绿茄自根苗处理为对照。供试品种均由沈阳农业大学园艺学院提供。2008年1月18日播种砧木,2月12日播种接穗,当砧木苗长至4~5片真叶时采用劈接法嫁接。嫁接茄成活后,挑选生长一致的嫁接茄和自根茄移栽于内径为20.5 cm瓦盆中。盆栽土为园田土:腐熟农家肥:草炭=1:1:1。每盆栽土1 kg。香草醛、肉桂酸两种酚酸浓度分别按0、0.1、0.5、1、4 mmol·kg⁻¹(参照王茹华^[19]的浓度设置)加入盆土中混匀,每处理9次重复。在温室内随机排列。处理一个月后取样测定。

1.2 测定方法

根际微生物的取样和分离培养方法:参照王茹华^[19]的方法略有改动,采用洗涤法取样,剪下抖土后的植株根系,每处理从3株根上取须根共约2 g,放入装有100 mL无菌水的三角瓶中,在振荡器上振荡30 min,将三角瓶内水溶液摇匀后即成根际土壤悬浮液。为了在培养皿中得到适量的根际微生物,使结果更加可靠,每种微生物各设3个浓度处理,细菌使用浓度为原液稀释3、4、5

倍,放线菌使用浓度为原液稀释1、2、3倍,真菌使用浓度为原液、原液稀释1、2倍。根际真菌、细菌、放线菌分别采用马丁氏培养基、牛肉膏蛋白胨培养基和改良高氏1号培养基进行分离,每次各处理分离3种微生物,每种微生物各浓度处理均分离3皿(3次重复)。稀释分离后放入25℃温箱内培养,每天注意观察菌落生长情况,选择生长菌落数10~100个/皿的浓度及时计数。根际土壤质量采用烘干法测定:取20 mL混匀的土壤悬浮液,放入蒸发皿内烘干,计算出每mL土壤悬浮液中根际土壤重量。最后计算出每g干土中根际微生物的数量。

土壤酶活性测定方法:过氧化氢酶、过氧化物酶、多酚氧化酶、磷酸酶、脲酶、转化酶、蛋白酶均采用严昶升^[20]的方法。

1.3 数据处理

数据处理采用DPS(Data Processing System)数据处理系统,平均数的多重比较采用新复极差法(SSR)。

2 结果与分析

2.1 香草醛、肉桂酸对嫁接茄子土壤微生物数量的影响

由表1可以看出,细菌数量的变化规律是,香草醛、肉桂酸施入的前后嫁接茄子的细菌数量均显著高于自根茄子。嫁接茄子细菌数量的最大值出现在肉0.1,较嫁接0高出3.2%,达到极显著差异水平,嫁接香0.1与嫁接0基本接近,其他浓度处理均显著低于嫁接0,处理间差异不显著。对于自根茄子,施入香草醛、肉桂酸的各处理均低于未施酚酸的处理,0.1、0.5浓度的处理均显著高于1、4浓度,在肉4浓度下达到最低,这说明香草醛、肉桂酸的积累抑制了自根茄子细菌的生长。同时可见,香草醛和肉桂酸在抑制细菌增长方面没有明显差异。

放线菌数量的变化规律是,香草醛、肉桂酸施入前后嫁接茄子的放线菌数量均显著高于自根茄子。对于嫁接茄子而言,香草醛、肉桂酸的各个浓度与未施入酚酸的处理的放线菌数量差异均不明显,说明嫁接茄对香草醛、肉桂酸的胁迫不敏感。对于自根茄子而言,香0.5,肉0.1均高于自0,但未达到显著差异水平,肉1,香0.1,香4,香1较自0均有显著降低。

表 1 酚酸对茄子自根苗和嫁接苗土壤微生物数量的影响

Table 1 Effect of phenolic acids on soil microbe number of own-root and grafted eggplants ($10^5 \text{ g}^{-1} \text{ DM}$)

处理 Treatment	酚酸 Phenolic acids	浓度/(mmol/kg) Concentration	细菌 Bacteria	放线菌 Actinomycetes	真菌 Fungi
嫁接 <i>S. tor</i>	香草醛 Vanillin	0	7835.99bB	4449.96aA	19.25eD
		0.1	8081.96aA	4498.93aA	18.99eD
		0.5	7573.94cCD	4216.58aA	18.42eD
		1	6866.91cD	4317.14aA	21.33dC
		4	7082.55cD	4366.89aA	21.52dC
	肉桂酸 Cinnamic acid	0.1	7828.49bBC	4465.23aA	18.42eD
		0.5	7160.42cD	4461.24aA	17.93eD
		1	6878.32cD	4295.49aA	21.39dC
		4	6878.32cD	4154.13aA	21.62cC
	自根 Control	0	6392.88dE	3673.56bB	23.39bB
		0.1	6327.17dE	3848.90bB	24.20bB
		0.5	6329.37dE	3653.28bB	24.99bB
		1	5653.43eF	3074.15cdC	24.57bB
		4	5351.87eF	3159.70cC	25.74aA
	肉桂酸 Cinnamic acid	0.1	5811.68eF	3010.46cdC	24.77bB
		0.5	6280.90dE	3712.99bB	23.61bB
		1	5831.28eF	2914.60dC	23.77bB
		4	5495.97eF	2929.09cdC	25.05aA

注：同列数据比较，不同大、小写字母分别表示在 0.01 和 0.05 水平上差异显著。

Note: The different capital and small letters in the same column show significant difference at 0.01 and 0.05 levels respectively.

真菌数量的变化规律是,香草醛、肉桂酸施入前后自根茄子的真菌数量均显著高于嫁接茄子。对于自根茄子而言,施入香草醛、肉桂酸的处理其真菌数量均高于自根 0,其中自根肉 4,自根香 4 的数量较自根 0 差异显著,分别高出 10.04%,7.08%。对于嫁接茄子而言,真菌数量随香草醛、肉桂酸施入浓度的增加呈现先降低后增高的趋势,0.1、0.5 浓度均小于嫁接 0,但差异不显著,1、4 浓度显著高于嫁接 0。说明高浓度的香草醛、肉桂酸促进真菌生长。

2.2 香草醛、肉桂酸对嫁接茄子土壤酶活性的影响

施入香草醛、肉桂酸的前后嫁接茄子根际土壤的过氧化氢酶、多酚氧化酶、脲酶、蛋白酶、蔗糖酶活性均高于自根茄子处理,过氧化物酶和磷酸酶活性低于自根茄子。随着香草醛、肉桂酸施入浓度的增大,嫁接茄子和自根茄子的过氧化氢酶、过氧化物酶、多酚氧化酶、磷酸酶、蛋白酶、蔗糖酶活性均表现为先升高后降低的趋势,即“低促高抑”,这点与马云华等^[21]研究结果相似。但各个酶活性受香草醛、肉桂酸浓度的影响存在差异。

由表 2 可见,嫁接茄子过氧化氢酶活性最大值出现在香 0.5,较嫁接 0 增加 9.76%,差异极显著;最小值出现在香 4,活性比嫁接 0 降低 4.88%。自根茄中的香 4,肉 4 较自根 0 有显著

降低。嫁接茄子的多酚氧化酶活性最大值出现在香 0.5,较嫁接 0 增加 4.36%,最小值出现在香 4,但较嫁接 0 差异不显著,自根茄子最大值出现在香 0.1,较自根 0 增加 2.88%,最小值出现在肉 4,较自根 0 降低 9.02%。嫁接茄子磷酸酶活性的最小值出现在嫁接香 4,较嫁接 0 降低 1.14%,自根茄子最小值出现在肉 4,较自根 0 降低 2.89%。嫁接茄子施入香草醛、肉桂酸的各处理其脲酶活性均极显著高于嫁接 0,其中香草醛随着施入量的增大其脲酶活性也增大,最大值出现在香 4 浓度,较嫁接 0 高出 15.57%,而肉桂酸的各浓度处理之间差异不显著。自根茄子其脲酶活性随香草醛、肉桂酸浓度的增加而增加,除自肉 0.1 与自根 0 的差异不显著外,其他各处理均显著高于自根 0。这点与吕为光等^[22]的研究结果相一致。嫁接茄子蛋白酶活性的最大值出现在香 1,较嫁接 0 增加 10.28%,最小值出现在肉 4,较嫁接 0 降低 8.34%,自根茄子最大值出现在香 1,但较自根 0 差异不显著,最小值出现在香 4,较自根 0 降低 12.02%。嫁接茄子蔗糖酶活性的最大值出现在香 0.1,较嫁接 0 增加 6.15%,最小值出现在香 4,但较嫁接 0 差异不显著。自根茄子最大值出现在香 0.1,较自根 0 增加 5.62%,最小值出现在肉 4,较自根 0 降低 20.15%。

表 2 香草醛、肉桂酸对茄子自根苗和嫁接苗的土壤酶活性的影响
Table 2 Effect of vanillin and cinnamic acid on soil activities of enzymes of own-root and grafted eggplants

处理 Treatment	酚酸 Phenolic acids	浓度 /(mmol/kg) Concentration	过氧化氢酶 /(0.1 mol· L ⁻¹ KMnO ₄ mL·g ⁻¹) Catalase	过氧化物酶 /(mg·g ⁻¹ · 3 h ⁻¹) Peroxidase	多酚氧化酶 /(mg·g ⁻¹ · 3 h ⁻¹) Polyphenol oxidase	磷酸酶 /(mg·g ⁻¹ · 24 h ⁻¹) Phosphatase	脲酶 /(NH ₃ - Nmg·g ⁻¹ · 24 h ⁻¹) Urease	蛋白酶 /(NH ₃ - Nmg·g ⁻¹ · 24 h ⁻¹) Protesae	蔗糖酶 /(glucose mg· g ⁻¹ · 24 h ⁻¹) Saccharase
嫁接 <i>S. tor</i>	香草醛 Vanillin	0	0.41bB	156.97cB	8.49cC	2.08bB	1.99cC	0.26bB	1.3bAB
		0.1	0.44aA	157.00bcB	8.84abAB	2.08bBC	2.11bB	0.26bB	1.38aA
		0.5	0.44aA	156.98cB	8.86aA	2.08cC	2.19bB	0.28aA	1.38aA
		1	0.42bB	154.18eD	8.48cC	2.08cC	2.13bB	0.28aA	1.30bAB
		4	0.39cB	153.18eD	8.46cC	2.06dD	2.08bB	0.24cC	1.30bAB
	肉桂酸 Cinnamic acid	0.1	0.45aA	156.98cB	8.8bB	2.09bB	2.03bB	0.26bB	1.37aA
		0.5	0.45aA	156.97cD	8.81bAB	2.09bB	2.16bB	0.28aA	1.38aA
		1	0.40bcB	153.14eD	8.5cC	2.08cC	2.22bB	0.28aA	1.30bAB
		4	0.39cB	153.13eD	8.48cC	2.06dD	2.28aA	0.24cC	1.30bBC
	自根 Control	0	0.36dC	157.01bcB	7.98eE	2.11aA	1.82dC	0.21dD	1.23cCD
		0.1	0.36dC	157.22aA	8.21dD	2.11aA	1.82dC	0.21dD	1.30bAB
		0.5	0.37dC	157.20aA	8.20dD	2.11aA	1.89cC	0.21dD	1.22cD
		1	0.37dC	154.96dC	7.29fF	2.05eE	1.96cC	0.21dD	1.22cD
		4	0.3eD	154.95dC	7.27fF	2.05eE	1.98cC	0.18eE	0.98dE
	肉桂酸 Cinnamic acid	0.1	0.36dC	157.16aA	8.20dD	2.11aA	1.89cC	0.21dD	1.3bBC
		0.5	0.36dC	157.06bB	8.21dD	2.11aA	1.91cC	0.21dD	1.3bB
		1	0.37dC	154.93dC	7.28fF	2.05 eE	1.93cC	0.18eE	1.00dE
		4	0.34eD	154.91dC	7.26fF	2.05eE	1.94cC	0.18eE	0.98dE

3 讨论

本试验采用化感原理与嫁接技术相结合的办法,以茄子根系分泌物中香草醛和肉桂酸化感物质为切入点,研究自毒物质对嫁接茄子土壤微生物数量和土壤酶活性的影响。为研究嫁接缓解自毒作用及减轻茄子连作障碍的机制提供理论依据。

3.1 嫁接对香草醛、肉桂酸胁迫下茄子根际土壤微生物数量的调节

自毒物质中的酚酸类物质与土壤微生物数量和活性关系密切^[21]。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^[23]。马云华^[21]认为,适宜浓度的酚酸类物质处理黄瓜根区土壤,能有效地促进微生物的生长和繁殖,使其数量增加,特别是与土壤养分转化密切相关的 N 素生理群数量增加明显,但高浓度酚酸类物质对土壤微生物有抑制作用。鞠会艳等^[24]认为,高浓度的有机酸导致土壤 pH 过低,从而不适合大豆根腐病原真菌的生长。Murray^[25]研究认为,酚酸物质有抑制微生物产生气体与挥发性脂肪酸的作用,并且减少微生物对生长介质的消耗。吴萼等^[26]试验发现,酚酸类化合物分子中

的酚羟基对土壤中 N 硝化有关的微生物及酶具有毒性作用,是抑制土壤中 N 硝化作用的主要影响基团,而羧基或羧乙烯基对酚羟基抑制硝化作用的影响有一定的抵消作用。这意味着酚酸类物质对土壤微生物影响的原因可能是多种多样的。嫁接茄子和自根茄子根系分泌物中氨基酸和酚酸在数量和组成上存在差异^[6],这必然会影响根际微生物的种群数量。王茹华^[19]认为托鲁巴姆嫁接处理在重茬条件下,与对照相比,仍能保持较高水平的放线菌数量及微生物总量,这可能是连作条件下嫁接茄子抗病增产的原因之一。本试验结果表明,施香草醛、肉桂酸前后,嫁接茄细菌和放线菌的数量均显著高于自根茄子,但嫁接茄子真菌的数量却显著低于自根茄子。这点跟李云鹏^[27]测定的结果一致。随着施入香草醛、肉桂酸浓度的增大对嫁接和自根茄子土壤微生物的影响表现为,嫁接茄子的细菌先增大后减小,放线菌各浓度处理差异不明显,真菌是先降低后增加。自根茄子的细菌数量一直增大,放线菌先增大后减小,真菌一直增大。总体而言,高浓度的香草醛、肉桂酸抑制了细菌和放线菌的生长,而促进了真菌的增长。这与王茹华得出的连作使茄子根际细菌和放线菌的比例降低,真菌的比例增加的结论相一致。更加证明了“连作使细菌型土壤向真菌型土壤转化,是土壤地力衰竭的标志”的观点^[19]。

高浓度香草醛、肉桂酸对嫁接茄子的影响相对自根茄子较小,说明嫁接茄子对高浓度自毒物质的耐受力强。

3.2 嫁接对香草醛、肉桂酸胁迫下茄子土壤酶活性的调节

土壤酶主要来自微生物和植物根系分泌等途径,此外还有土壤动物和植物残体的释放^[21]。各种酶在土壤中的积累与土壤微生物及植物根系的生命活动有关^[27]。酚酸类物质影响土壤酶活性的可能原因:①酚酸类物质进入土壤后,引起微生物区系及其活力的改变;②植物根系生长和分泌受土壤酚酸类物质的影响,酚酸类物质可以改变膜的透性^[28],土壤微生物也可以影响根系的分泌功能^[2, 29];③土壤酶活性与土壤 pH 关系密切^[30],酚酸类物质不仅改变了根际土壤的 pH,而且直接影响土壤酶的活性,其作用效果因酚酸类物质的种类而异,并受 pH 制约^[31]。过氧化氢酶和过氧化物酶具有分解土壤中对植物有害的过氧化氢物的作用。多酚氧化酶是净化土壤有毒污染物的主要氧化还原酶类^[32]。磷酸酶是土壤中最活跃的酶类之一,是表征土壤生物活性的重要酶,在土壤磷循环中起重要作用^[32]。土壤脲酶和蛋白酶参与土壤 N 素转化,为作物生长提供 N 源^[21]。蔗糖酶是土壤中参与 C 循环的一种重要酶,可促进蔗糖水解生成葡萄糖和果糖,对增加土壤的可溶性营养具有重要作用^[21]。本试验结果显示,添加香草醛、肉桂酸入土刺激了土壤酶活性,随着施入香草醛、肉桂酸的前后嫁接茄子的过氧化氢酶、多酚氧化酶、脲酶、蛋白酶和蔗糖酶的活性均高于自根茄子。过氧化物酶和磷酸酶的活性是自根茄子高于嫁接茄子。嫁接茄子能改善土壤的营养状况,总体看来,随着香草醛、肉桂酸施入浓度的增加,除了脲酶是一直增大,各个酶活性基本呈现出先增大后降低的趋势,这点符合吕卫光对连作西瓜以及马云华等对连作黄瓜的研究结果^[22, 21]。另外,嫁接茄子的多酚氧化酶、磷酸酶、蔗糖酶在高浓度的香草醛、肉桂酸胁迫下均表现出与未受胁迫前无显著差异。可见,嫁接能够缓解自毒物质胁迫给茄子根际土壤带来的影响。

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] 王玉杰,郁继华,张韵,等. 两种化感物质对茄子生长及幼苗生理特性的影响[J]. 甘肃农业大学学报,2007,42(3):47-50.
- [6] Wang R-H, Zhou B-L, Zhang F-L, et al. Allelopathic effects of root exudates of eggplants on *Verticillium wilt* (*Verticillium dahliae*) [J]. *Allelopathy Journal*, 2005, 15(1):75-84.
- [7] 王茹华,周宝利,张启发,等. 茄子根系分泌物中香草醛和肉桂酸对黄萎菌的化感效应[J]. 生态学报,2006,26(9):3152-3155.
- [8] 周宝利,姜荷,赵鑫. 不同砧木嫁接茄子抗黄萎病特性及其与根系分泌物关系[J]. 沈阳农业大学学报,2001,32(6):414-417.
- [9] Klemetsson L, Berg P, Clarholm M. Microbial nitrogen transformation in the root environment of barley [J]. *Soil Biol Biochem*, 1987, 19(3):551-558.
- [10] Singh J S, Raghubanshi A S, Srivastava S C. Microbial biomass as a source of plant nutrients in dry tropical forest and savanna [J]. *Nature*, 1989, 338:499-500.
- [11] Jacek K, Jan K E. Response of the bacterial community to root exudates in soil polluted with heavy metals assessed by molecular and cultural approaches [J]. *Soil Biol Biochem*, 2000, 32(10):1405-1417.
- [12] Kell J J, Tate R L. Effects of heavy metal contamination and remediation on soil microbial communities in the vicinity of a zinc smelter [J]. *Journal Environment Quality*, 1998, 27(3):609-617.
- [13] 田春杰,陈家宽,钟扬. 微生物系统发育多样性及其保护生物学意义[J]. 应用生态学报,2003,14(4):609-612.
- [14] 杨万勤,王开运. 土壤酶研究动态与展望[J]. 应用与环境生物学报,2002,8(5):564-570.
- [15] Campbell C D, Grayston S J, Hirst D J. Use of rhizosphere carbon sources in sole carbon source tests to discriminate soil microbial communities[J]. *Journal of Microbiol Methods*, 1997, 30(1):33-41.
- [16] Garland J L. Patterns of potential C source utilization by rhizosphere communities[J]. *Soil Biol Biochem*, 1996, 28(2):223-230.
- [17] 腾应,黄昌勇,龙健,等. 复垦红壤中牧草根际微生物群落功能多样性[J]. 中国环境科学,2003,23(3):295-299.
- [18] 于贤昌,王立江. 蔬菜嫁接的研究与应用[J]. 山东农业大学学报,1998,29(2):249-256.
- [19] 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.

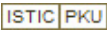
(下转第 248 页)

参考文献:

- [1] 杨帆, 张万军. 太行山低山区不同植被群落蒸散与水量平衡研究[J]. 土壤通报, 2007, 38(3): 434-438.
- [2] 杨吉华. 山丘地区森林保持水土效益的研究[J]. 水土保持学报, 1993, 7(3): 47-52.
- [3] 张晓丽, 彭林. 青崖寨自然保护区植被类型及其区系分析[J]. 西北农业学报, 2007, 16(1): 239-243.
- [4] 宋晓艳, 安君. 盐胁迫对野大豆种子萌发特性的影响[J]. 内蒙古农业科技, 2008(1): 41-43.
- [5] 龙华, 黄衡宇. 獐牙菜种子萌发的研究[J]. 植物研究, 2008(3): 347-351.
- [6] 李海燕. 盐胁迫对三种盐生禾草种子萌发及其胚生长的影响[J]. 草地学报, 2004(3): 45-50.
- [7] 常水晶. 温度、光照和 NaCl 胁迫对钠猪毛菜种子萌发及其恢复的影响[J]. 新疆农业大学学报, 2008, 31(1): 7-11.
- [8] 杨颖丽. NaCl 处理下两种补血草种子萌发和幼苗抗性的比较[J]. 植物研究, 2008(1): 73-78.
- [9] 武德. 盐碱胁迫下绒毛白蜡种子的萌发特性[J]. 江西农业大学学报, 2007(2): 85-88.
- [10] 刘翔, 许明, 李志文. 番茄苗期耐盐性鉴定指标初探[J]. 北方园艺, 2007(3): 4-7.
- [11] 毛培春. 18 种多年生禾草种子萌发期和幼苗期的耐盐性比较研究[D]. 内蒙古农业大学, 2004.
- [20] 严昶升. 土壤肥力研究方法[M]. 北京: 农业出版社, 1988.
- [21] 马云华, 王秀峰, 魏琨, 等. 黄瓜连作土壤酚酸类物质积累对土壤微生物和酶活性的影响[J]. 应用生态学报, 2005, 16(11): 2149-2153.
- [22] 吕卫光, 沈其荣, 余延园, 等. 酚酸化合物对土壤酶活性和土壤养分的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2006, 12(6): 845-849.
- [23] 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.
- [24] 鞠会艳, 韩丽梅, 王树起, 等. 连作大豆根分泌物对根腐病原菌的化感作用[J]. 应用生态学报, 2002, 13(6): 723-727.
- [25] Murary A H. Effect of simple phenolic compounds of heather (*Calluna vulgaris*) on rumen microbial activity in vitro. Journal of Chemical Ecology, 1996, (22): 1493-1505.
- [26] 吴萼, 刘晓艳, 祝心如. 酚酸类化合物各基团对土壤中氮的硝化作用的影响[J]. 环境化学, 1999, 18(5): 398-403.
- [27] 李云鹏, 周宝利, 李之璞, 等. 嫁接茄的黄萎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.
- [28] 吕卫光, 张春兰, 袁飞, 等. 化感物质抑制连作黄瓜生长的作用机理[J]. 中国农业科学, 2002, 35(1): 106-109.
- [29] 朱丽霞, 章家恩, 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.
- [30] 付慧兰, 邹永久, 杨振明, 等. 大豆连作土壤 pH 与土壤酶活性[J]. 大豆科学, 1997, 16(2): 156-161.
- [31] 马瑞霞. 化感物质对硝酸还原酶活性影响的研究[J]. 环境科学, 1999, 20(1): 80-83.
- [32] 周礼恺. 土壤酶学[M]. 北京: 科学出版社, 1987.

(上接第 226 页)

香草醛、肉桂酸胁迫下嫁接对茄子根际土壤微生物数量和土壤酶活性的影响

作者: [蒯姗姗](#), [周宝利](#), [陈绍莉](#), [李夏](#), [丁昱文](#), [叶雪凌](#), [LIN Shanshan](#), [ZHOU Baoli](#),
[CHEN Shaoli](#), [LI Xia](#), [DING Yuwen](#), [YE Xueling](#)
作者单位: [沈阳农业大学, 园艺学院, 辽宁沈阳, 110161](#)
刊名: [西北农业学报](#) 
英文刊名: [ACTA AGRICULTURAE BOREALI-OccIDENTALIS SINICA](#)
年, 卷(期): 2009, 18(3)
被引用次数: 1次

参考文献(32条)

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](#) [期刊论文] - [沈阳农业大学学报](#) 2000(01)
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](#) 1998(05)
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](#) [期刊论文] - [应用生态学报](#) 2000(05)
4. [陈捷](#) [植株残体对黄瓜幼苗的形响研究初报](#) 1990(03)
5. [王玉杰; 郁继华; 张韵](#) [两种化感物质对茄子生长及幼苗生理特性的影响](#) [期刊论文] - [甘肃农业大学学报](#) 2007(03)
6. [Wang R-H; Zhou B-L; Zhang F-L](#) [Allelopathic effects of root exudates of eggplants on Verticillium wilt \(Verticillium dahliae\)](#) [外文期刊] 2005(01)
7. [王茹华; 周宝利; 张启发](#) [茄子根系分泌物中香草醛和肉桂酸对黄萎菌的化感效应](#) [期刊论文] - [生态学报](#) 2006(09)
8. [周宝利; 姜荷; 赵鑫](#) [不同砧木嫁接茄子抗黄萎病特性及其与根系分泌物关系](#) [期刊论文] - [沈阳农业大学学报](#) 2001(06)
9. [Klemedtsson L; Berg P; Clarholm M](#) [Microbial nitrogen transformation in the root environment of barley](#) 1987(03)
10. [Singh J S; Raghubanshi A S; Srivatava S C](#) [Microbial biomass as a source of plant nutrients in dry tropical forest and savanna](#) 1989
11. [Jacek K; Jan K E](#) [Response of the bacterial community to root exudates in soil polluted with heavy metals assessed by molecular and cultural approaches](#) [外文期刊] 2000(10)
12. [Kell J J; Tate R L](#) [Effects of heavy metal contamination and remediation on soil microbial communities in the vicinity of a zinc smelter](#) [外文期刊] 1998(03)
13. [田春杰; 陈家宽; 钟扬](#) [微生物系统发育多样性及其保护生物学意义](#) [期刊论文] - [应用生态学报](#) 2003(04)
14. [杨万勤; 王开运](#) [土壤酶研究动态与展望](#) [期刊论文] - [应用与环境生物学报](#) 2002(05)
15. [Campbell C D; Grayston S J; Hirst D J](#) [Use of rhizosphere carbon sources in sole carbon source tests to discriminate soil microbial communities](#) [外文期刊] 1997(01)
16. [Garland J L](#) [Patterns of potential C source utilization by rhizosphere communities](#) [外文期刊] 1996(02)
17. [腾应; 黄昌勇; 龙健](#) [复垦红壤中牧草根际微生物群落功能多样性](#) [期刊论文] - [中国环境科学](#) 2003(03)
18. [于贤昌; 王立江](#) [蔬菜嫁接的研究与应用](#) 1998(02)
19. [王茹华; 周宝利; 张启发](#) [嫁接对茄子根际微生物种群数量的影响](#) [期刊论文] - [园艺学报](#) 2005(01)
20. [严昶升](#) [土壤肥力研究方法](#) 1988
21. [马云华; 王秀峰; 魏珉](#) [黄瓜连作土壤酚酸类物质积累对土壤微生物和酶活性的影响](#) [期刊论文] - [应用生态学报](#)

2005(11)

22. 吕卫光;沈其荣;余延园 [酚酸化合物对土壤酶活性和土壤养分的影响](#)[期刊论文]-[植物营养与肥科学报](#) 2006(06)
23. [Blum U Effects of microbial utilization of phenolic acids and their phenolic acid breakdown products on allelopathic interactions](#)[外文期刊] 1998(04)
24. 鞠会艳;韩丽梅;王树起 [连作大豆根分泌物对根腐病原菌的化感作用](#)[期刊论文]-[应用生态学报](#) 2002(06)
25. [Murary A H Effect of simple phenolic compounds of heather\(Calluna vulgaris\) on rumen microbial activity in vitro](#) 1996(22)
26. 吴萼;刘晓艳;祝心如 [酚酸类化合物各基团对土壤中氮的硝化作用的影响](#) 1999(05)
27. 李云鹏;周宝利;李之璞 [嫁接茄的黄萎病抗性与根际土壤生物学活性的关系](#)[期刊论文]-[生态学杂志](#) 2007(06)
28. 吕卫光;张春兰;袁飞 [化感物质抑制连作黄瓜生长的作用机理](#)[期刊论文]-[中国农业科学](#) 2002(01)
29. 朱丽霞;章家恩;刘文高 [根系分泌物与根际微生物相互作用研究综述](#)[期刊论文]-[生态环境](#) 2003(01)
30. 付慧兰;邹永久;杨振明 [大豆连作土壤pH与土壤酶活性](#) 1997(02)
31. 马瑞霞 [化感物质对硝酸还原酶活性影响的研究](#)[期刊论文]-[环境科学](#) 1999(01)
32. 周礼恺 [土壤酶学](#) 1987

本文读者也读过(10条)

1. 肖春玲,邹小明,王安萍,肖卫平, [XIAO Chun-ling, ZOU Xiao-ming, WANG An-ping, XIAO Wei-ping](#) [苋嘧磺隆对稻田土壤微生物及酶活性的影响](#)[期刊论文]-[井冈山大学学报\(自然科学版\)](#) 2010, 31(5)
2. 伍壮生,阮先乐,张(龔) [茄子黄萎病综合防治技术](#)[期刊论文]-[上海蔬菜](#)2009(1)
3. 孙永贵,黄大鹏,王大力, [Sun Yonggui, Huang Dapeng, Wang Dali](#) [不同中草药方剂对三种常见猪源微生物体外培养的影响](#)[期刊论文]-[现代畜牧兽医](#)2008(6)
4. 孙岩,全炳武, [SUN Yan, QUAN Bing-wu](#) [模拟酸雨对玉米幼苗根部土壤的影响](#)[期刊论文]-[延边大学农学学报](#) 2009, 31(4)
5. 刘术均,陶承光,张伟春,何明,爱密挺,壳聚糖对低温胁迫下茄子幼苗光合特性的影响[期刊论文]-[江苏农业科学](#) 2010(2)
6. 邵义令,李洋 [茄子黄萎病的综合防治](#)[期刊论文]-[新农业](#)2010(5)
7. 宋美卿,冯玛莉,贾力莉,武玉鹏,牛艳艳,全立国 [蛇床子镇静催眠有效成分提取方法筛选](#)[期刊论文]-[山西中医](#) 2010, 26(2)
8. 欧阳芳,孙治强,齐卫强,卢继锋,孙丽, [OUYANG Fang, SUN Zhi-qiang, QI Wei-qiang, LU Ji-feng, SUN Li](#) [CO2加富对茄子穴盘幼苗生长的影响](#)[期刊论文]-[河南农业大学学报](#)2009, 43(1)
9. 孙治强,郭玲娟,胡建斌, [SUN Zhi-qiang, GUO Ling-juan, HU Jian-bin](#) [茄子小孢子发育时期与其淀粉着色率关系研究](#)[期刊论文]-[河南农业大学学报](#)2009, 43(3)
10. 黄桂林,陈晓冬,肖纯,焉云彪 [肉桂酸锗不同给药途径对小鼠宫颈癌14号抑制作用研究](#)[期刊论文]-[中国病理生理杂志](#)2001, 17(8)

引证文献(1条)

1. 张自坤,张宇,黄治军,刘素慧,刘世琦 [嫁接对铜胁迫下黄瓜根际土壤微生物特性和酶活性的影响](#)[期刊论文]-[应用生态学报](#) 2010(9)

引用本文格式: [蒯姗姗](#). [周宝利](#). [陈绍莉](#). [李夏](#). [丁昱文](#). [叶雪凌](#). [LIN Shanshan](#). [ZHOU Baoli](#). [CHEN Shaoli](#). [LI Xia](#).
[DING Yuwen](#). [YE Xueling](#) [香草醛、肉桂酸胁迫下嫁接对茄子根际土壤微生物数量和土壤酶活性的影响](#)[期刊论文]-
[西北农业学报](#) 2009(3)