

# 花椒叶浸提液对土壤微生物数量和土壤酶活性的影响\*

吕可<sup>1,2</sup> 潘开文<sup>1\*\*</sup> 王进闯<sup>1</sup> 万涛<sup>3</sup>

(<sup>1</sup>中国科学院成都生物研究所, 成都 610041; <sup>2</sup>中国科学院研究生院, 北京 100039; <sup>3</sup>四川省林业厅种苗站, 成都 610081)

**【摘要】** 通过用花椒叶浸提液浇灌盆栽花椒幼苗, 研究浸提液对土壤微生物数量及酶活性的影响. 结果表明, 花椒叶浸提液使根际土中细菌、真菌和放线菌数量及微生物总量与对照不同浓度均减少, 根际土中真菌和放线菌的数量变化呈下降-上升-下降-上升的趋势. 20、60 和 80 g L<sup>-1</sup> 浓度叶浸提液使非根际土中细菌数量显著增加 21.59%、107.55% 和 8.61%, 而 40 g L<sup>-1</sup> 浓度叶浸提液则使非根际土中细菌数量显著降低 22.51%. 叶浸提液使根际土中蛋白酶、蔗糖酶和酸性磷酸酶活性明显低于非根际土相应的活性, 而过氧化氢酶和多酚氧化酶活性则显著升高. 根际土中蛋白酶活性与蔗糖酶活性呈显著正相关, 与土壤放线菌量呈显著负相关; 多酚氧化酶活性与蔗糖酶活性呈显著正相关, 与细菌、真菌、放线菌以及微生物总量显著正相关; 放线菌只与蛋白酶、多酚氧化酶、蔗糖酶 3 种酶活性及真菌呈显著相关, 与过氧化氢酶、酸性磷酸酶以及细菌和微生物总量相关性均不显著.

**关键词** 化感作用 花椒 土壤微生物数量

文章编号 1001-9332(2006)09-1649-06 中图分类号 S153, S154 文献标识码 A

**Effects of *Zanthoxylum bungeanum* leaf extract on soil microbe quantity and enzyme activities.** LÜ Ke<sup>1,2</sup>, PAN Kaiwen<sup>1</sup>, WANG Jinchuang<sup>1</sup>, WAN Tao<sup>3</sup> (<sup>1</sup>Chengdu Institute of Biology, Chinese Academy of Sciences, Chengdu 610041, China; <sup>2</sup>Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China; <sup>3</sup>Seed and Seedling Station, Department of Sichuan Forestry, Chengdu 610081, China). -*Chin. J. Appl. Ecol.*, 2006, 17(9): 1649 ~ 1654.

In a pot experiment, the aqueous extract of 10 years old *Zanthoxylum bungeanum*'s leaves was used to water *Z. bungeanum* seedlings to test its effects on soil microbes and enzyme activities. The results showed that the leaf extract decreased the total amount of microbes and the quantity of bacteria, fungi and actinomycetes in rhizosphere soil, but increased the total amount of microbes in non-rhizosphere soil. After watering with the extract, the proteinase, invertase and acid phosphatase activities in rhizosphere soil were considerably lower than those in non-rhizosphere soil, while catalase and polyphenol oxidase activities were in adverse. Soil proteinase activity had a significant positive correlation with invertase activity, but a significant negative correlation with actinomycetes amount. Soil polyphenol oxidase activity had a significant negative correlation with invertase activity, but a positive correlation with the total amount of microbes and the quantity of bacteria, fungi and actinomycetes. Soil actinomycetes only had significant correlations with proteinase, polyphenol oxidase and invertase activities and fungi.

**Key words** Allelopathy, *Zanthoxylum bungeanum*, Soil enzyme, Soil microbe.

## 1 引言

花椒(*Zanthoxylum bungeanum*)是重要经济植物,在我国广泛种植.在花椒生产过程中常出现连作障碍问题,如花椒产量、质量随椒林年轮龄增长而降低,重栽后幼苗成活率降低等,使得产量下降,严重制约了花椒种植和生产可持续发展<sup>[23]</sup>.研究表明,作物连作障碍与化感作用密切相关<sup>[9]</sup>.对化感物质分类分离鉴定、化感作用机理等方面研究已成为近年来国内外学术界关注的一大热点<sup>[2, 19, 21, 26]</sup>.化感物质除了在植物间相互干扰中直接起重要作用外,在影响土壤微生物生态<sup>[3, 8, 17]</sup>、营养动态<sup>[6, 20]</sup>、土壤pH值<sup>[11]</sup>、无机离子<sup>[12]</sup>

吸收<sup>[14, 18, 22]</sup>、微生物活性以及其它生物和非生物因子<sup>[4-7]</sup>中也扮演了重要角色.植物根际是植物根系生长发育、营养成分吸收和更新陈代谢场所,根际土壤微生物种类和活性影响土壤养分有效性,从而影响植物的吸收利用<sup>[30]</sup>.植物根与根际区土壤间不断地进行着物质和能量交换,根际土壤微生物活性是限制植物生长发育的重要因素之一.化感物质对根际土壤微生物影响以及微生物区系与土壤活性

\* 中国科学院-乐山师院地合作项目、中国科学院西部之光联合学者项目、中国科学院“西部行动计划”二期“岷江项目”、国家科技攻关项目(2005BA807B09LA06, 2001BA606A-05-04, 2004BA606-05-03)、茂县生态站和瓦屋山生态站资助项目.

\*\* 通讯联系人. E-mail: pankw@cib.ac.cn; pkaiwen@yahoo.com.cn

2006-03-08 收稿, 2006-07-04 接受.

之间的联系的研究报道甚少,对花椒化感作用的研究也仅限于不同品种花椒叶水浸物对苜蓿种子萌发、化感效应以及花椒挥发油中化感成分分析,初步证明了花椒体内含有化感物质,并具有化感力<sup>[24]</sup>,而对土壤微生物特性的研究则未见报道.本文通过研究施加花椒叶浸提液和种植花椒幼苗条件下土壤根际微生物区系和土壤理化性质变化,揭示花椒根际微生物区系和土壤理化性质变化规律,为解决花椒人工林连作失败、地力衰退等问题以及制定合理的经营管理措施提供科学依据.

## 2 研究地区与研究方法

### 2.1 自然概况

研究区位于四川西部边缘向青藏高原腹地过渡的高山峡谷地带,是长江上游重要支流——岷江上游的中心地区.试验点设在岷江上游左岸一级支流大沟流域(103°51'04"~56°52'E, 31°37'20"~44°53'N),全流域南北长14.2 km,东西宽5.5 km,沟长13.5 km,地形为峡谷区中山切割类型,海拔1500~3090 m.年均温为8.9℃,年积温2690.8℃,年降水量900 mm,年蒸发量795.8 mm,属暖温带气候,土壤为黄壤、褐土和棕壤,土壤厚度10~30 cm, pH 5.8~6.0.

### 2.2 供试材料

试验采用当地种植较广且化感力强大的花椒品种大红袍<sup>[24]</sup>.

### 2.3 花椒叶的采集与浸提液的制备

5月底在四川阿坝州茂县花椒林地选取健康的10年生大红袍花椒树,在树体周围随机采集花椒叶,把叶子风干,然后混合冷藏,-4℃保存.将160 g干重叶片粉碎后过2 mm孔径的筛,在22℃下1 L蒸馏水中浸泡48 h.经双层棉纱布和11 μm孔径大小的滤纸过滤,得到叶浸提液母液,然后稀释成1/2、1/4、1/8等不同浓度的浸提液.

### 2.4 试验处理

培养用土取自茂县当地未种植过花椒的腐殖质土层,过2 cm筛,混匀,装盆.培养盆直径25 cm,盆深20 cm.2004年

12月中旬在试验地将花椒种植下,待幼苗长至2个叶柄时,挑选生长整齐的壮苗栽到培养钵中,每钵1株,每处理4株.此后每7 d浇50 ml不同浓度浸提液,以蒸馏水为对照.30 d后从盆中移取花椒幼苗,采用抖动法采集土壤,作为根际土<sup>[15]</sup>.非根际土采集远离根系一侧紧靠钵壁5 cm处0~10 cm深的心土,分别将样品装在密封袋中0~4℃冰箱保存.

### 2.5 测定方法

**2.5.1 活性测定** 蔗糖活性采用3,5-二硝基水杨酸比色法,蛋白活性采用茚三酮比色法,酸性磷酸酶采用磷酸苯二钠比色法,多酚氧化酶采用碘量滴定法,过氧化氢酶采用高锰酸钾滴定法测定<sup>[10]</sup>.

**2.5.2 微生物测定** 细菌用牛肉汁蛋白胨琼脂培养基,真菌用马丁氏琼脂培养基,放线菌用高氏1号琼脂培养基,使用系列稀释法计数<sup>[6]</sup>.

### 2.6 数据处理

用SPSS 12.0软件进行单因素方差分析和相关性分析.

## 3 结果与分析

### 3.1 花椒叶浸提液对土壤微生物群落的影响

与对照相比,不同浓度叶浸提液均使根际土细菌数量显著减少.随着浸提液浓度的增加呈下降-回升-下降-回升的变化规律(表1).40 g L<sup>-1</sup>浓度浸提液的影响最大,根际土细菌数量是4.44 × 10<sup>-4</sup> CFU;其次为80 g L<sup>-1</sup>浓度的浸提液,根际土细菌数量是4.67 × 10<sup>-4</sup> CFU;再次为20和60 g L<sup>-1</sup>浓度的浸提液,根际土细菌数量分别为5.78 × 10<sup>-4</sup>和8.33 × 10<sup>-4</sup> CFU.根际土中的真菌、放线菌及微生物总量的数量变化趋势基本一致,呈下降-回升-下降-回升的趋势变化.与对照相比,叶浸提液都不同程度地使其数量显著减少.对根际土中的真菌而言,受叶浸提液由大到小的影响,浓度分别是60、20、80和40 g L<sup>-1</sup>,真菌变幅为2.89 × 10<sup>-4</sup>~13.67 × 10<sup>-4</sup> CFU;对于放线菌,对其数量影响最大的叶浸提液浓度是

表1 花椒叶浸提液对土壤微生物数量的影响

Table 1 Effects of aqueous extracts of leaf from *Z. bungeanum* plantation on soil microbes

浓度 Concentration (g L <sup>-1</sup> )	细菌 Bacteria		真菌 Fungi		放线菌 Actinomycetes		总数量 Total (× 10 <sup>-4</sup> CFU)	
	× 10 <sup>-4</sup> CFU	%	× 10 <sup>-4</sup> CFU	%	× 10 <sup>-4</sup> CFU	%		
CK	R	10.77	25.78	15	35.91	16	38.31	41.77
	S	10.33	54.69	4.56	24.14	4	21.17	18.89
	R/S	1.04		3.29		4		
20	R	5.78*	26.14	8.33*	36.78	8*	36.18	22.11*
	S	12.56*	39.80	12*	38.02	7*	22.18	31.56*
	R/S	0.46*		0.60*		1.14*		
40	R	4.44*	13.83	13.67	42.57	14	43.60	32.11*
	S	8*	50	4	25	4	25	16
	R/S	0.56*		3.67		3.25		
60	R	8.33*	37.49	2.89*	13.01	11*	49.50	22.22*
	S	21.44*	64.70	8.7*	26.25	3	9.05	33.14*
	R/S	0.39*		0.33*		3.67		
80	R	4.67*	17.58	9.89*	37.24	12*	45.18	26.56*
	S	11.22*	52.06	5.33*	24.73	5	23.21	21.55*
	R/S	0.46*		1.86*		2.2**		

\* P < 0.05. R: 根际土 Rhizosphere soil; S: 非根际土 Non-rhizosphere soil.

20 g L<sup>-1</sup>, 其次分别为 60、80 和 40 g L<sup>-1</sup>. 根际土壤微生物总数量受 0 和 60 g L<sup>-1</sup> 浓度浸提液的影响最大, 其次分别为 80 和 40 g L<sup>-1</sup>. 40 g L<sup>-1</sup> 时, 真菌、放线菌和微生物总数量均达到最大值.

20、60 和 80 g L<sup>-1</sup> 浓度的叶浸提液均显著地增加了非根际土中细菌的数量, 分别增加了 21.59%、107.55% 和 8.62%, 而 40 g L<sup>-1</sup> 则显著地降低了非根际土中细菌的数量, 使其减少 22.56%. 除 40 g L<sup>-1</sup> 未达到显著水平外, 其他浓度的叶浸提液均显著增加了非根际土中的微生物总数量, 显著地促进了真菌群落的增长. 除 20 g L<sup>-1</sup> 浓度使放线菌数量显著增加外, 其他浓度的叶浸提液对非根际土中放线菌的影响不显著.

与对照相比, 根际土中的微生物总数量显著减少, 非根际土中的微生物总数量增加; 根际土中放线菌数量占微生物总数量比例有所增加, 说明花椒叶浸提液改变了微生物的群落结构和组成.

在叶浸提液作用下, 根际效应对 3 种群落数量的影响都有所减弱, 说明叶浸提液使根际土中的生物活性有所下降; 而对放线菌的根际效应减弱最少, 细菌次之, 最多者为真菌.

### 3.2 花椒叶浸提液对土壤脲酶活性的影响

施加叶浸提液停止样中, 随着叶浸提液浓度的上升, 根际土脲酶活性有上升趋势, 与浸提液浓度呈极显著正相关 ( $r = 0.860^{**}$ ,  $P < 0.01$ ); 与对照相比, 施加 40、60 和 80 g L<sup>-1</sup> 浓度浸提液的根际土中脲酶活性分别显著增加了 72%、58% 和 113% ( $P < 0.05$ ); 非根际土中脲酶活性随浸提液浓度的增加有所下降, 施加 60 g L<sup>-1</sup> 浓度浸提液停止样中脲酶活性显著地减少了 18% ( $P < 0.05$ ). 非根际土脲酶活性除施加 80 g L<sup>-1</sup> 浓度浸提液停止样外, 均显著高于根际土中脲酶活性.

随叶浸提液浓度的增加, 根际土脲酶活性增加; 非根际土脲酶活性下降. 根际效应随浓度增大而增强, 但 20~60 g L<sup>-1</sup> 浓度下根际效应为负效应, 80 g L<sup>-1</sup> 浓度下为正效应 (图 1).

### 3.3 花椒叶浸提液对土壤多酚氧化酶的影响

随浸提液浓度上升, 根际土和非根际土中多酚氧化酶活性增加. 根际土中施加 60 g L<sup>-1</sup> 叶浸提液时, 土壤多酚氧化酶活性比对照显著增加了 37% ( $P < 0.05$ ). 根际土的多酚氧化酶活性均显著高于非根际土; 多酚氧化酶活性的根际效应先增大, 在 60 g L<sup>-1</sup> 浓度时达最高, 然后有所下降 (图 2).

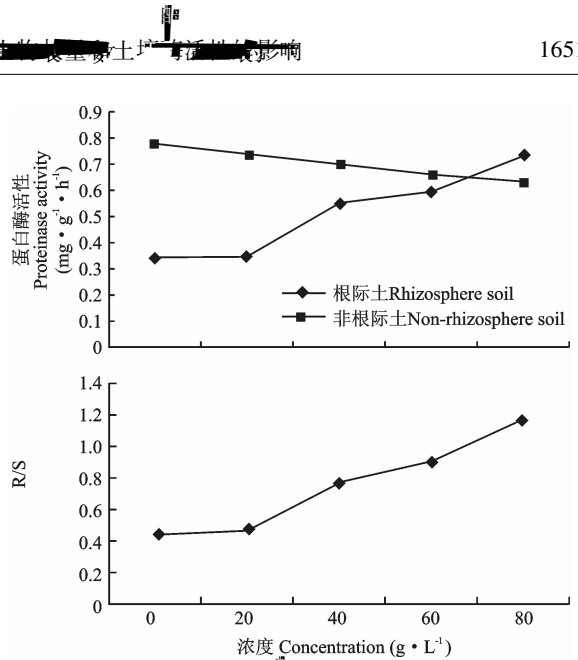


图 1 花椒叶浸提液对土壤脲酶活性和根际效应的影响  
Fig. 1 Effects of aqueous extracts of *Z. bungeanum* leaves on soil protease activity.

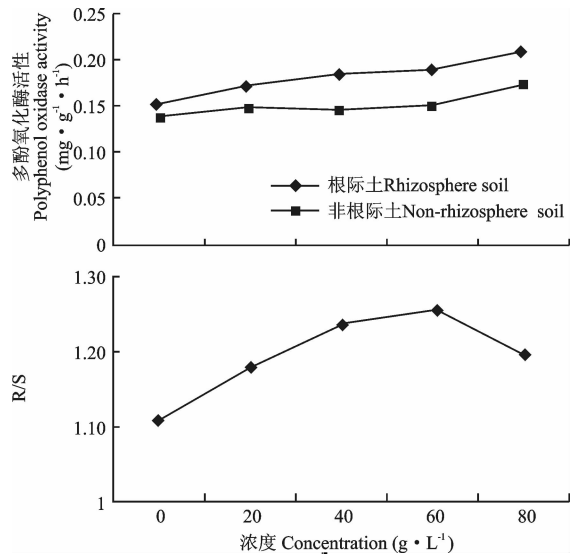


图 2 花椒叶浸提液对土壤多酚氧化酶活性和根际效应的影响  
Fig. 2 Effects of aqueous extracts of *Z. bungeanum* leaves on soil polyphenol oxidase activity.

### 3.4 叶浸提液对土壤过氧化氢酶活性的影响

随浸提液浓度上升, 非根际土过氧化氢酶活性有先下降再上升而后下降的趋势. 根际过氧化氢酶活性在叶浸提液浓度为 0~20 g L<sup>-1</sup> 时减弱, 而在浓度大于 20 g L<sup>-1</sup> 时增强; 根际效应呈现先升-降-升-降趋势 (图 3).

### 3.5 叶浸提液对土壤酸性磷酸酶活性的影响

非根际土活性随浸提液浓度增加而缓慢下降. 随着浓度的增加, 其下降幅度减小; 与对照相比, 施加 60 g L<sup>-1</sup> 浓度叶浸提液时, 非根际土酸性磷酸酶活性下降 24% ( $P < 0.05$ ). 根际土中酸性磷酸酶活性随叶浸提液浓度的变化趋势非

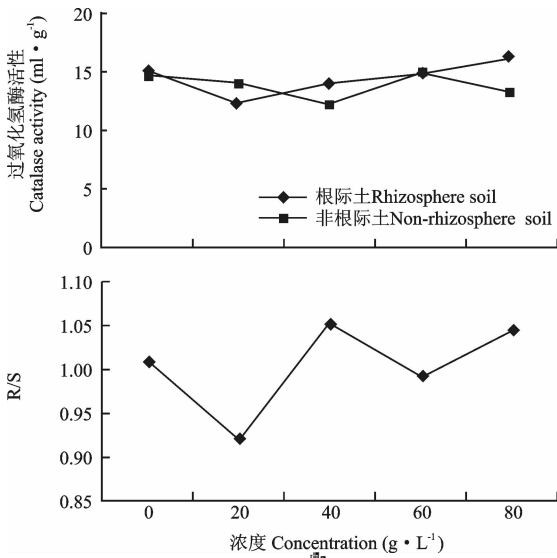


图3 花椒叶浸提液对土壤过氧化氢酶活性和根际效应的影响  
Fig.3 Effects of aqueous extracts of *Z. bungeanum*'s leaves on soil catalase activity.

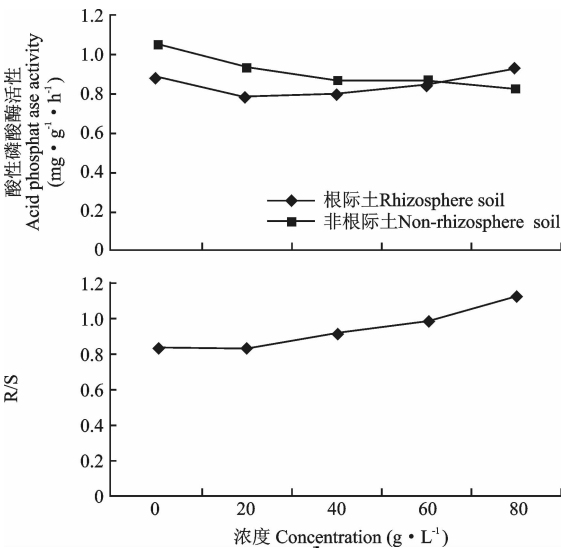


图4 花椒叶浸提液对土壤酸性磷酸酶活性和根际效应的影响  
Fig.4 Effects of aqueous extracts of *Z. bungeanum*'s leaves on soil acid phosphatase activity.

根际土基本一致. 非根际土酸性磷酸酶活性除施加 80 g L<sup>-1</sup> 浓度叶浸提液的上样外, 都高于根际土中

表2 土壤酶活性与微生物的相关性

Table 2 Correlation coefficient between soil enzyme activities and soil microbes

指标 Index	蛋白酶 Proteinase	多酚氧化酶 Polyphenol oxidase	过氧化氢酶 Catalase	酸性磷酸酶 Acid phosphatase	蔗糖酶 Invertase	细菌 Bacteria	真菌 Fungi	放线菌 Actinomyces	总微生物量 Total
蛋白酶 Proteinase	1								
多酚氧化酶 Polyphenol oxidase	-0.199	1							
过氧化氢酶 Catalase	0.330	0.183	1						
酸性磷酸酶 Acid phosphatase	0.344	-0.147	0.027	1					
蔗糖酶 Invertase	0.434*	-0.589**	-0.281	0.225	1				
细菌 Bacteria	-0.106	0.509*	-0.166	-0.088	-0.290	1			
真菌 Fungi	-0.239	0.489*	0.331	-0.083	-0.434*	0.156	1		
放线菌 Actinomyces	-0.425*	0.462*	0.231	-0.179	-0.431*	-0.209	0.540**	1	
微生物总量 Total amount of microbes	-0.266	0.706*	0.014	-0.144	-0.490	0.875**	0.582**	0.219	1

\* P < 0.05; \*\* P < 0.01.

酸性磷酸酶活性, 且根际效应随浓度增加而增大(图4).

### 3.6 叶浸提液对土壤蔗糖酶活性的影响

随叶浸提液施用浓度增加, 非根际土中蔗糖酶活性有提升趋势. 与对照相比, 非根际土中各土样的蔗糖酶活性差异显著, 分别上升了 32%、47%、38% 和 35% (P < 0.05). 根际土蔗糖酶活性随叶浸提液浓度增加而增大; 非根际土蔗糖酶活性随叶浸提液浓度增加呈先升后降变化, 在浓度为 40 g L<sup>-1</sup> 时达最大. 除施加 20 g L<sup>-1</sup> 浓度叶浸提液的上样外, 非根际土蔗糖酶活性均显著高于根际土. 随叶浸提液浓度增加, 根际效应变化减小(图5).

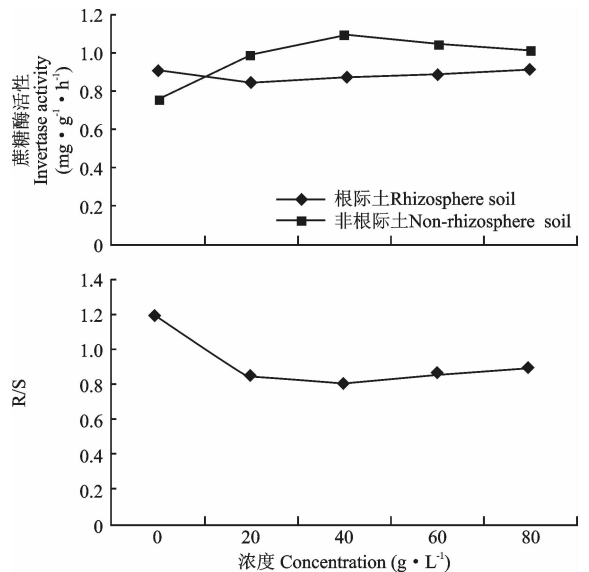


图5 花椒叶浸提液对土壤蔗糖酶活性和根际效应的影响  
Fig.5 Effects of aqueous extracts of *Z. bungeanum*'s leaves on soil invertase activity.

### 3.7 土壤酶活性与微生物的相关性

土壤蔗糖酶活性与蔗糖呈显著正相关, 而土壤放线菌数量呈显著负相关(表2), 说明土壤酶活性不仅受微生物数量影响, 而且微生物类群也可对其产生间接影响. 与此相似, 多酚氧化酶活性与蔗糖酶活性呈显著负相关, 与细菌、真菌和放线菌

以及微生物总量显著正相关, 说明增加微生物总量可提高土壤活性有重要意义。

土壤微生物量主要受土壤活性微生物群落的双重调节。细菌量不仅显著地受多酚氧化酶活性刺激作用, 而且微生物总量增加对细菌量同样存在显著刺激作用; 土壤真菌量主要受到多酚氧化酶和蔗糖酶活性、放线菌量对微生物总量的促进作用。与另外两类微生物不同, 放线菌量只与蔗糖酶、多酚氧化酶、蔗糖酶 3 种酶活性和真菌呈显著相关, 而与细菌和微生物总量相关性均不显著。

### 4 讨 论

#### 4.1 花椒叶浸提液对土壤微生物群落的影响

在花椒叶浸提液作用下, 细菌、真菌、放线菌量所占比例发生改变, 说明叶浸提液使土壤微生物群落结构在组成上发生明显变化。花椒叶中所含化感物质随淋溶进入土壤后, 影响根际微生物组分, 从而在土壤影响植物以及植物和微生物的相互作用。Fons 等<sup>[8]</sup>认为, 加入 1% 的皂角苷(saponins)能显著改变三叶草(*Trifolium subterraneum*)根际微生物的种群动态, 在经过皂角苷处理土壤中, 原先的两个优势细菌种群 *Chryseomonas* sp. 和 *Acinetobacter* sp. 显著性减少, 而 *Aquaspirillum* sp. 成为主要种群。这种群落结构和组成上的变化可能也涉及到某些功能菌群、有益菌群和有害菌群比例的平衡失调<sup>[12, 29]</sup>, 并可能引起整个土壤微生物群落乃至土壤生态系统功能的变化。马云华等<sup>[17]</sup>发现, 采用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, 特别是与土壤养分密切相关氮素生理菌群数量显著增加, 但高浓度酚酸类物质对土壤微生物有抑制作用。在试验设定的酚酸类物质处理浓度范围内, 土壤尖镰孢菌和甜瓜疫霉的数量均呈上升趋势, 赵艳等<sup>[13]</sup>研究表明, 连作和轮作大豆根分泌物对半裸镰孢菌、粉红粘帚菌和尖镰孢菌的生长均有明显的促进作用; 高浓度的邻苯二甲酸和丙二酸对半裸镰孢菌、粉红粘帚菌和尖镰孢菌的生长均有抑制作用。

由于在根际有较高浓度的碳水化合物、氨基酸、维生素等物质, 为根际微生物的繁殖提供所需能源, 并影响根际环境微生物种类和数量分布, 通常根际区微生物量显著高于非根际区<sup>[9]</sup>。而本试验中经过花椒叶浸提液处理后根际细菌、真菌和放线菌量及微生物总量有所减少, 而非根际土增

加, 其原因在于: 花椒叶中的化感物质进入土壤后, 直接或间接作用于植物的根和根际微生物区系, 一方面抑制了根际微生物的生长<sup>[18]</sup>, 另一方面化感物质的胁迫可能改变根际生理代谢和组织结构, 导致根分泌物中能够提供根际微生物生长繁殖所需能源物质减少, 或产生一些活性物质直接抑制微生物生长或改变根区土壤的理化性质如 pH 等<sup>[9]</sup>, 从而不利于微生物的繁殖。而非根际土对于某些微生物来说通常是一个能源比较缺乏的生长介质<sup>[1]</sup>, 由于叶浸提液含有很容易被某些微生物利用的可溶性碳水化合物, 当浸提液加入土壤后, 这些水溶性的碳水化合物可能会作为额外的能源资源优先被非根际微生物吸收利用, 最终刺激非根际微生物生长, 而化感物质对于非根际微生物的抑制作用则被这种促进效应所掩盖<sup>[16]</sup>。经过非根际微生物消耗浸提液中的碳水化合物后, 将会有较少或几乎没有这种能源物质进入根际区。

#### 4.2 花椒叶浸提液对土壤酶活性的影响

土壤酶主要来自于微生物和植物根系分泌等途径, 此外还有土壤动物摄食植物残体后释放<sup>[10]</sup>。在花椒叶浸提液作用下, 根际蔗糖酶和酸性磷酸酶活性明显低于非根际的活性, 而过氧化氢酶和多酚氧化酶活性规律则相反。与对照相比, 花椒叶浸提液促进根际蔗糖酶、多酚氧化酶、过氧化氢酶和酸性磷酸酶活性, 抑制了蔗糖酶活性, 同时抑制了非根际土中的蔗糖酶、过氧化氢酶和酸性磷酸酶活性, 促进了非根际土中的蔗糖酶和多酚氧化酶活性。花椒叶浸提液对土壤酶活性发生改变以及根际和非根际土中的酶活性存在差异的原因主要包括: ①花椒叶浸提液改变了根系的代谢活力, 使根分泌、释放酶的能力受到影响; ②影响了微生物的种类组成、生物量和活性, 从而改变了土壤微生物的繁殖和修复土壤的能力, 致使根际土与非根际土间酶活性存在很大差异<sup>[27]</sup>; ③改变了根与微生物之间的化学相互作用, 打破了根际土微生物生态系统动态平衡; ④化感物质直接对土壤酶活性产生影响<sup>[28]</sup>。这些土壤酶活性的变化对于植物的生长是否有利, 以及这些变化是否有益于土壤的可持续利用还需进一步研究。

#### 4.3 土壤微生物量与土壤养分的关系

土壤微生物量直接影响土壤的理化化学特性及土壤养分组成与转化, 微生物量多, 土壤生物活性强, 土壤有效养分供给充足。在花椒叶浸提液作用下, 土壤中细菌、真菌、放线菌以及微生物总量有所减少。这将导致土壤中有营养分的供给减少, 进

而影响植物的生长。

花椒叶浸提液减少了微生物种类、组成和数量,而一些土壤活性土壤微生物种类和数量显著相关。在花椒长期生长过程中,不仅通过淋溶、残体的分解等将化感物质带入土壤,改变土壤微生物群落,进而影响土壤活性,使得土壤环境向着不利于花椒植株的生长方向演变。王进闯等<sup>[24]</sup>研究表明,花椒叶浸提液化感作用随花椒品种以及采集部位的不同而有所差异,认为品种间化感作用的差异与其化学成分不同相关,也与花椒体内化感物质的种类和含量间可能存在着协同或拮抗效应有关。因此,进一步系统研究花椒所含的各种化感活性成分对土壤生物化学性质所造成的影响,将有助于全面解释花椒化感作用的机理。

#### 参考文献

- Aldén L, Demoling F, Bååth E. 2001. Rapid method of determining factors limiting bacterial growth in soil. *Appl Environ Microbiol*, **67** (4): 1830 ~ 1838
- Anders M, Schmitt IK, Jonasson S, et al. 1995. Inhibition of growth and effects on nutrient uptake of arctic graminoids by leaf extracts-allelopathy or resource competition between plants and microbes. *Oecologia*, **103**: 407 ~ 408
- Angle JS. 1994. Release of transgenic plants. Biodiversity and population-level consideration. *Mol Ecol*, **3**: 45 ~ 50
- Aon MA, Cabello MN, Sarena DE, et al. 2001. Spatio-temporal patterns of soil microbial and enzymatic activities in an agricultural soil. *Appl Soil Ecol*, **18**: 239 ~ 254
- Carreiro M, Sinsabaugh R, Repert D, et al. 2000. Microbial enzyme shifts explain litter decay responses to simulated nitrogen deposition. *Ecology*, **81**: 2359 ~ 2365
- Chen L-C (陈龙池), Liao L-P (廖利平), Wang S-L (汪思龙), et al. 2002. Effect of exotic toxin on the nutrition of woodland soil. *Chin J Ecol* (生态学杂志), **21** (1): 19 ~ 22 (in Chinese)
- Chen L-X (陈立新), Yang C-D (杨承栋). 2004. The succession of various types of phosphorus, phosphatase activity, and the relationship with the tree growth in larch plantations. *Sci Silvae Sin* (林业科学), **40** (3): 12 ~ 18 (in Chinese)
- Fons F, Amellal N, Leyval C, et al. 2003. Effects of gypsophila saponins on bacterial growth kinetics and on selection of subterranean clover rhizosphere bacteria. *Can J Microbiol*, **49**: 367 ~ 373
- Gao Z-Q (高子勤), Zhang S-X (张睿). 1998. Continuous cropping obstacle and rhizospheric microecology. I. Root exudates and their ecological effects. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), **9** (5): 549 ~ 554 (in Chinese)
- Guan S-Y (关松荫). 1983. Soil Enzymes and Their Methodology. Beijing: China Agricultural Press. (in Chinese)
- Inderjit, Mallik AU. 1997. Effect of phenolic compounds on selected soil properties. *For Ecol Manage*, **92**: 11 ~ 18
- Inderjit, Mallik AU. 2002. Can *Kalmia angustifolia* interference to black spruce (*Picea mariana*) be explained by allelopathy? *For Ecol Manage*, **160**: 75 ~ 84
- Ju H-Y (鞠会艳), Han L-M (韩丽梅), Wang S-Q (王树), et al. 2002. Allelopathic effect of root exudates on pathogenic fungi of root rot in continuous cropping soybean. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), **13** (6): 723 ~ 727 (in Chinese)
- Liliane R, Anders M, Inger K, et al. 1998. Soil nematode fauna of a subarctic heath. Potential nematicidal action of plant leaf extracts. *Appl Soil Ecol*, **7**: 111 ~ 124
- Liu Z-Y (刘芷宇). 1997. Research Methods in Rhizosphere. Nanjing: Jiangsu Science and Technology Press. (in Chinese)
- Mao J, Yang L-Z, Shi Y-M, et al. 2006. Crude extract of *Astragalus mongholicus* root inhibits crop seed germination and soil nitrifying activity. *Soil Biol Biochem*, **38**: 201 ~ 208
- Ma Y-H (马云华), Wang X-F (王秀峰), Wei M (魏珉), et al. 2005. Accumulation of phenolic acids in continuously cropped cucumber soil and their effects on soil microbes and enzyme activities. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), **16** (11): 2149 ~ 2153 (in Chinese)
- Mallik AU, Zhu H, Park YG. 1998. Overcoming *Kalmia* induced growth inhibition of *Picea mariana* by mycorrhizal inoculation. *J Korean For Sci*, **87**: 429 ~ 444
- Millit DA. 1996. Allelopathy in forage crop systems. *Agron J*, **88**: 854 ~ 859
- Northup RR, Zeng SY, Dahlgren RA, et al. 1995. Polyphenol control of nitrogen release from pine litter. *Nature*, **377**: 227 ~ 229
- Ruan W-B (阮维斌), Wang J-G (王敬国), Zhang F-S (张福锁). 2003. The effect of continuous cropping factors on soybean seedling growth and nitrogen fixation. *Acta Ecol Sin* (生态学报), **23** (1): 22 ~ 29 (in Chinese)
- Vance GF, Mokma DL, Boyd SA. 1986. Phenolic compounds in soils of hydrosequences and developmental sequences of spodosols. *Soil Sci Soc Am J*, **50**: 992 ~ 996
- Wang J-C (王进闯), Pan K-W (潘开文), Li F-H (李富华). 2004. Status and prospects of allelopathy in molecular level and soil ecosystem. *Chin J Ecol* (生态学杂志), **23** (6): 125 ~ 130 (in Chinese)
- Wang J-C (王进闯), Pan K-W (潘开文), Wu N (吴宁), et al. 2005. The study on varietal differences in allelopathic potential of Chinese prickly ash (*Zanthoxylum piperitum*). *Acta Ecol Sin* (生态学报), **25** (7): 1591 ~ 1598 (in Chinese)
- Xu G-H (许光辉), Zheng H-Y (郑洪元). 1986. Handbook of Analysis of Soil Microorganism. Beijing: China Agricultural Press. (in Chinese)
- Yan J-C (阎吉昌), Zhang Y (张奕), Han L-M (韩丽梅). 2002. The review of continuous cropping soybean allelopathy. *Soybean Sci* (大豆科学), **21** (3): 214 ~ 217 (in Chinese)
- Yang Y-S (杨玉盛), He Z-M (何宗明), Zou S-Q (邹双全), et al. 1998. A study on the soil microbes and biochemistry of rhizospheric and total soil in natural forest and plantation of *Castanopsis kauakamii*. *Acta Ecol Sin* (生态学报), **18** (2): 198 ~ 202 (in Chinese)
- Yuan G-L (袁光林), Ma R-X (马瑞霞), Liu X-F (刘秀芬), et al. 1998. Effects of allelochemicals on uricase activity. *Environ Sci* (环境科学), **19** (2): 55 ~ 57 (in Chinese)
- Zhang Q, Yu X. 2001. Allelopathy in replant problem in forest soil. *Allelopathy J*, **8** (1): 51 ~ 64
- Zhang Y-M (张咏梅), Zhou G-Y (周国逸), Wu N (吴宁). 2004. A review of studies on soil enzymology. *J Trop Subtrop Bot* (热带亚热带植物学报), **12** (1): 83 ~ 90 (in Chinese)

作者简介 吕可,男,1979年生,硕士。主要从事植物生态学、植物分类学和信息系统等方面研究,发表文章1篇。Email: lu\_ke@mails.gucas.ac.cn

责任编辑 肖红