

土壤添加蛇床子 (*Cnidium monnieri*) 和苦参 (*Sophora flavescens*) 对茄子黄萎病及根际微生物的化感影响

张淑红, 周宝利*, 张 磊, 付亚文

(沈阳农业大学园艺学院, 沈阳 110161)

摘要:研究了蛇床子、苦参对茄子黄萎病菌的化感抑制作用及对茄子根际微生物数量的影响。结果表明,蛇床子、苦参的提取物抑制了茄子黄萎病菌菌丝生长,并随提取物浓度的增加抑制作用增强。在土壤中施入蛇床子、苦参提取物处理茄子苗后表现出一定的抗病效果,其中蛇床子处理的植株发病率最低。在土壤中添加蛇床子和苦参粉末,经腐解后,苦参处理的茄子植株株高、茎粗均高于对照处理,且二者处理后植株干物质含量高于对照。处理后茄子根际微生物中放线菌数量增加,真菌的数量变化差异不明显,细菌的数量相对减少,在初花期微生物的总量均高于初果期和定植期。

关键词:蛇床子 (*Cnidium monnieri*); 苦参 (*Sophora flavescens*); 黄萎病菌; 根际微生物

文章编号:1000-0933(2008)10-5194-06 中图分类号:Q142, Q938, Q948, S43 文献标识码:A

Allelopathic effects of soil amendment with *Cnidium monnieri* and *Sophora flavescens* on *Verticillium* wilt and rhizospheric microbial populations of eggplant

ZHANG Shu-Hong, ZHOU Bao-Li*, ZHANG Lei, FU Ya-Wen

Shenyang Agricultural University, Shenyang 110161, China

Acta Ecologica Sinica, 2008, 28(10): 5194 ~ 5199.

Abstract: Eggplant verticillium wilt is one of soil-borne diseases caused by *Verticillium dahliae* With the development of protected and specialized vegetable production. How to control the occurrence of soil-borne plant diseases by using of the principle of allelopathy is now the focus. According to researches, plant resistances to soil-born diseases related closely to the microbial population in rhizosphere. The composition and population of microorganism in rhizosphere had the effects on avoiding the infection of pathogen. Fructus cnidii and Radix Sophorae Flavescentis were screened out of 54 plant extracts with their resistance to *Verticillium dahliae* activity. The fruit of Fructus cnidii and the root of Radix Sophorae Flavescentis were used as plant materials in this research.

The results showed that extract of Fructus cnidii had inhibitory effects on mycelia growth of *Verticillium dahliae* in vitro, and the higher the concentration, the greater the inhibitory effects. Treatment with concentration 20 g/L showed desired inhibitory effects and the inhibitory rate hit 79.33% after 8 days treated. Extracts of Radix Sophorae Flavescentis had positive, but less efficient effects on mycelia growth of *Verticillium dahliae* 8 days later the inhibitory rate with concentration 20 g/L reached 68.46%. The growth parameters of potted eggplant such as plant height, stem diameter, fresh weight above ground and fresh root weight increased significantly after treated with powder of Fructus cnidii and Radix Sophorae

基金项目:国家自然科学基金资助项目(307714692);辽宁省教育厅基金资助项目(2004D206);沈阳农业大学校青年基金资助项目(20070213)

收稿日期:2007-03-01; 修订日期:2008-05-28

作者简介:张淑红(1973~),女,吉林省白山人,博士生,主要从事蔬菜栽培生理与生态研究. E-mail: zhangsh024@163.com

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: zblaaa@163.com

Foundation item: The project was financially supported by 863 of China(No. 2004AA247010)

Received date: 2007-03-01; **Accepted date:** 2008-05-28

Biography: ZHANG Shu-Hong, Ph. D. candidate, mainly engaged in vegetable physiology and ecology. E-mail: zhangsh024@163.com

Flavescentis. *C. monnieri* and *S. flavescentis* treatments, influenced the population and composition of microorganisms in the rhizosphere. The quantity of fungi in CK was higher than that in *Fructus cnidii* and *Radix Sophorae Flavescentis*, which reached $46.52 \times 10^5/\text{g}$ at flowering and gradually decreased at fruit stage. As for the bacterium, the highest and the lowest quantity appeared in CK and *Radix Sophorae Flavescentis* at flowering stage. The bacterium quantity in *Fructus cnidii* treatment hit $41.76 \times 10^8/\text{g}$ at flowering stage. The quantity of actinomyces increased after treatments and reached $39.38 \times 10^7/\text{g}$ at flowering stage. Less quantity of actinomyces was found in *Cnidium monnieri* than that in *Radix Sophora Flavescentis*. It seems that allelopathic substances released by *C. monnieri* and *S. flavescentis* were suppressive to *Verticillium dahliae*.

Key Words: *Cnidium monnieri*; *Sophora flavescentis*; verticillium wilt; Rhizospheric microbe

茄子黄萎病是由大丽轮枝菌(*Verticillium dahliae* Kleb)和黑白轮枝菌(*Verticillium albo Atrum*)引起的一种土传病害,是茄子生产中重要的病害之一。随着专业化生产和设施栽培的发展,茄子连作普遍发生,致使病害发生日趋严重,给蔬菜生产者带来巨大的经济损失^[1,2]。近年来化感作用成为人们研究的热点,而植物与病原微生物之间的化感作用研究刚刚起步,如何利用化感原理控制病害的发生正成为研究者关注的焦点^[3~5]。王茹华等从化感作用角度研究了嫁接茄子根系分泌物与黄萎病发生的关系,认为病害的发生与根系分泌物有关,而根系分泌物的细微变化与病害的发生有一定的相关性^[6]。李玉奎等研究了薄荷油挥发物抑制枯萎病菌孢子萌发的特性而达到对棉花枯萎病的控制^[7]。

在各种田间作物生产系统中,加入添加物是行之有效的方法来控制土壤病害,十字花科植物的残株在腐解过程中能够释放对真菌有毒害作用的异硫氰酸盐,可有效地控制几种病害。根际微生物种群结构的变化对病菌的侵染有一定的影响^[8~10]。张淑红等对 54 种天然植物提取物进行了黄萎病菌的抑菌活性筛选,结果发现蛇床子(*Cnidium monnieri*)、苦参(*Sophora flavescentis*)等植物提取物具有较强的抑菌活性^[11]。蛇床子系伞形科蛇床属植物的果实,蛇床子中含有生理活性的香豆素成分具有抗真菌、抗肿瘤等作用;苦参系豆科植物苦参的根,其含有多种生物碱和异黄酮类化合物,具有抑菌抗虫等作用,且二者在我国普遍栽植,资源丰富,可利用潜力比较大,在农业生产中具有良好的应用前景。因此本试验研究了蛇床子、苦参对茄子黄萎病的抑制作用及对根际土壤微生物及茄子生长发育的影响,从而可以利用化感作用为茄子黄萎病的生物防治提供一条新的有效途径。

1 材料与方法

1.1 试材

供试茄子品种为西安绿茄(*Solanum melongena* L.)种子购于东亚种业,茄子黄萎病菌(*Verticillium albo-atrum*)按照柯赫氏法则(Koch's postulate)进行分离鉴定。

1.2 材料处理

提取物制备:取粉碎后的蛇床子果实与苦参根样品按体积 1:2 加入蒸馏水,并加入少量根际土以接种微生物,于 25℃ 下恒温培养箱中腐解 15d,加入 80% 乙醇(1:5)超声波震荡 30min, $4000\text{r} \cdot \text{min}^{-1}$ 离心 20min,取上清液冷冻浓缩,用 50% 乙醇定容,即母液(原液毫升数与植物克数相等即植物干重 $\text{g} \cdot \text{ml}^{-1}$),于 4℃ 冰箱备用。提取物母液用无菌水配成系列浓度($20, 10, 5, 1\text{mg} \cdot \text{ml}^{-1}$)进行菌丝生长的测定。

孢子悬浮液的制备:取平板培养 10d 的黄萎病菌菌丝圆片(6mm 直径) 2 片放入到已灭菌的液体培养基 PSA 中振荡培养 14d,取灭菌纱布过滤,离心,弃去营养液,用无菌水稀释孢子浓度到约为 1×10^6 个 $\cdot \text{ml}^{-1}$ 的浓度,放在冰箱中备用。

1.3 试验设计

(1)2006 年 2 月 1 日在沈阳农大试验基地玻璃棚内播种,4 月 15 日分苗。栽培基质为珍珠岩:草炭:蛭石 = 3:2:1,常规管理。2006 年 4 月 23 日茄子苗用黄萎病菌孢子悬浮液沾根接菌后 1 周,用浓度为 1、2、4、8

$\text{mg}\cdot\text{ml}^{-1}$ 的两种植物提取物处理幼苗, 每株 25ml, 共处理 4 次, 每次间隔 3d, 以浇同体积水为对照。从温室内出现病株开始, 每隔 7 天调查 1 次病情, 计算发病率及病情指数。

(2) 黄萎病病情分级标准 0 级: 无病株; 1 级: 全株黄化萎蔫叶片少于 1/4; 2 级: 全株黄化萎蔫叶片占 1/4 ~ 2/4; 3 级: 全株黄化萎蔫叶片占 2/4 ~ 3/4; 4 级: 全株黄化萎蔫叶片达到 3/4 以上至全部萎蔫枯死。

(3) 盆栽试验 取茄子连作土过筛混匀后装入约为 $6 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ 的花盆中(每盆 3kg), 分别各加入蛇床子与苦参的粉碎材料 24g, 混匀浇水后, 用大塑料封口, 腐解 15d, 然后定植茄子植株, 每处理 14 株, 每盆定植 1 株, 随机排列, 以连作土作为对照。于 7 月 8 日定植, 于定植初期(7 月 20 日)、初花期(8 月 10 日)、初果期(8 月 25 日) 3 次取样进行根际微生物测定, 同时测定株高、茎粗、地上鲜重、干重、根系鲜重、干重。

1.4 指标测定

(1) 采用生长速率法测定提取物对黄萎病菌菌丝生长的影响 植物提取物 $1 \text{ ml}(\text{g}\cdot\text{ml}^{-1})$, 加入到 49ml 已融化并冷至 40℃ 的灭菌培养基中, 混合均匀后制成平板, 每处理重复 4 次, 以纯 PDA 培养基作为对照(CK)。然后在无菌条件下, 分别接上直径为 6mm 经纯培养的黄萎病菌菌丝圆片, 24℃ 下暗培养, 5d 后用十字交叉法测定菌落直径, 并计算抑菌率。

(2) 根际微生物测定 先将表土轻轻除去, 再挖出全部根系, 轻轻抖落根系上的多余土壤、剪下根系, 每个处理取 3 株根, 放入装有 90ml 无菌水的三角瓶中, 在振荡器上振荡 30 min, 取出根并用 10ml 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。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 号培养基进行稀释分离, 每次各处理分离 3 种微生物, 每种微生物各分离 4 皿(4 次重复), 求平均值。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, 及时计数。

(3) 根际土壤重量采用烘干法测定 取 50 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。

1.5 所有数据均采用 DPS 程序处理进行差异显著性分析。

2 结果

2.1 蛇床子和苦参提取物对茄子黄萎病菌的作用

本试验在离体条件下蛇床子提取物能抑制黄萎病菌菌丝生长, 且随着浓度增加抑制作用随之增加, 在第 5 天时蛇床子浓度为 $1 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 时抑菌率为 27.59%, 浓度为 $20 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 的抑菌率为 41.38%, 在第 8 天时 $20 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 的浓度下抑菌率达 79.33%, 与其它浓度达到了差异显著性水平, 具有较强的抑菌效果。苦参提取物在第 8 天时浓度 $20 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 下抑菌率为 68.46%。蛇床子和苦参在一定浓度下, 对茄子黄萎菌菌丝生长具有明显的抑制作用(表 1), 这说明二者的提取物中含有某种或某些化感物质, 能够抑制病害菌丝的生长。

表 1 蛇床子和苦参提取物对茄子黄萎病菌菌丝生长的影响

Table 1 Effect of *Cnidium monnieri* and *Sophora flavescens* extracts on mycelium growth of verticillium wilt

物种 Species	浓度 Concentration ($\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	抑菌率 Inhibition rate(%)			
		5d	6d	7d	8d
蛇床子	1	27.59 ± 1.09a	29.41 ± 1.02a	43.68 ± 2.06ab	54.72 ± 1.36ab
Fructus Cnidii	5	31.03 ± 1.21ab	41.18 ± 1.69b	51.58 ± 2.41ab	60.73 ± 2.15b
	10	34.48 ± 1.33ab	38.24 ± 1.37b	56.84 ± 1.94b	62.89 ± 2.07b
	20	41.38 ± 1.64b	47.06 ± 1.92b	64.74 ± 2.41c	79.33 ± 1.81c
苦参	1	24.14 ± 1.32a	26.47 ± 1.25a	35.79 ± 2.06a	42.76 ± 1.36a
Radix Sophorae	5	31.03 ± 1.52ab	32.35 ± 1.06ab	46.32 ± 1.85ab	53.19 ± 2.11ab
	10	31.03 ± 1.21ab	35.29 ± 1.23ab	51.58 ± 2.19ab	59.32 ± 1.29ab
	20	34.48 ± 1.30ab	41.18 ± 1.51b	59.47 ± 1.57bc	68.46 ± 1.60bc

数字后附不同大、小写字母分别表示差异达 1%, 5% 显著水平; 下同 The differences of the values followed by different letters in column are significant at 1%, 5%; the same below

2.2 土壤添加蛇床子和苦参提取物对茄子黄萎病的防治作用

由表 2 可知,对照的发病率显著高于各处理茄苗,不同浓度苦参、蛇床子处理平均抗病效果比 CK 增加 28.12%、29.74%,平均病情指数比 CK 降低 14.86%、15.60%。随处理时间的延长茄子黄萎病发病呈增加趋势,抗病效果依次是蛇床子 > 苦参,但发病率、病情指数仍明显低于 CK,到 5 月 25 日,对照发病率高达 73.68%,而提取物处理茄株发病率为 10.99%~30.43%,表现出一定抗病性。随着提取物浓度的变化,茄子发病率和病情指数也发生变化,表现出随浓度升高先降低再升高的趋势,发病率最低的是蛇床子,发病率为 10.99%,其次是苦参(浓度 $2\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$),发病率为 13.04%。提取物处理可有效地减轻茄子植株的发病程度。

表 2 蛇床子和苦参提取物对茄子植株黄萎病的抑制效果

Table 2 Control effects of *Cnidium monnieri* and *Sophora flavescens* extracts on eggplant resistance to *Verticillium wilt*

物种 Species	浓度($\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$) Concentration	发病率 Incidence of disease(%)			病情指数 Index of disease(%)		
		05-04	05-18	05-25	05-04	05-18	05-25
蛇床子	1	4.55 ± 0.12b	18.54 ± 0.34b	25.72 ± 0.39b	1.19 ± 0.13ab	6.33 ± 0.18b	7.82 ± 0.28b
FC	2	2.95 ± 0.17ab	13.94 ± 0.29b	17.49 ± 0.32ab	1.09 ± 0.11ab	3.46 ± 0.17ab	5.63 ± 0.31ab
	4	0 ± 0a	4.85 ± 0.18a	10.99 ± 0.33a	0 ± 0a	1.39 ± 0.18a	2.57 ± 0.22a
	8	2.15 ± 0.11ab	9.30 ± 0.21ab	13.64 ± 0.29a	0.89 ± 0.1ab	2.17 ± 0.11a	3.46 ± 0.16a
苦参	1	4.65 ± 0.15b	17.39 ± 0.37	21.74 ± 0.44b	1.59 ± 0.17b	5.43 ± 0.28b	6.52 ± 0.11ab
RSF	2	0 ± 0a	8.70 ± 0.28ab	13.04 ± 0.34a	0 ± 0a	2.17 ± 0.22a	3.26 ± 0.15a
	4	3.55 ± 0.24ab	13.04 ± 0.32b	16.39 ± 0.32a	1.09 ± 0.12ab	3.35 ± 0.21ab	4.73 ± 0.19a
	8	6.55 ± 0.19b	18.39 ± 0.31b	29.76 ± 0.49b	2.19 ± 0.14b	5.63 ± 0.33b	9.77 ± 0.21b
CK		21.05 ± 0.24c	63.16 ± 0.36c	73.68 ± 0.44c	6.58 ± 0.34c	27.63 ± 0.39c	38.16 ± 0.41c

2.3 土壤添加蛇床子和苦参对茄子根际微生物数量及种群结构的影响

由表 3 可见,随着植株不断生长,茄子根际微生物数量随之不断增加,初花期数量较多,但进入初果期后,根际微生物数量降低。在根际微生物中,细菌数量最多,其次是放线菌,真菌相对较少,其中蛇床子、苦参处理后,与对照在真菌数量上差异不大。初花期,对照的真菌数量为 $46.52 \times 10^5 \cdot \text{g}^{-1}$,到初果期其真菌数量下降。对照真菌数量 > 苦参 > 蛇床子。从细菌的变化趋势来看,初花期数量大于初果期、定植期,其中蛇床子处理在初花期细菌数量为 $41.76 \times 10^8 \cdot \text{g}^{-1}$,大于苦参处理而低于对照。处理后放线菌数量较对照增加,在初花期、初果期数量大于定植初期,其中苦参处理放线菌数量在初花期达 $39.38 \times 10^7 \cdot \text{g}^{-1}$,蛇床子处理的放线菌数量仅次于苦参处理。

表 3 蛇床子和苦参对茄子根际微生物数量及种群结构的影响

Table 3 Effect of *Cnidium monnieri* and *Sophora flavescens* on microbial population in rhizosphere of eggplant

物种 Species	真菌 Fungi($\times 10^5 \cdot \text{g}^{-1}$)			细菌 Bacterium($\times 10^8 \cdot \text{g}^{-1}$)			放线菌 Actinomycetes($\times 10^7 \cdot \text{g}^{-1}$)		
	定植初期 Trans planting	初花期 First flower	初果期 First fruit set	定植初期 Trans planting	初花期 First flower	初果期 First fruit set	定植初期 Trans planting	初花期 First flower	初果期 First fruit set
蛇床子 FC	10.29	31.36	25.33	6.33	41.76	26.65	8.19	36.66	27.99
苦参 RSF	11.77	36.29	27.65	7.82	47.89	29.33	8.5	39.38	26.36
蛇床子 + 苦参 FC + RSF	10.76	33.29	27.31	7.09	45.26	28.97	8.3	32.25	25.34
对照 CK	15.26	46.52	31.77	11.25	56.33	41.26	8.1	31.05	26.31

2.4 土壤添加蛇床子和苦参对茄子生长发育的影响

在盆栽条件下,施入苦参粉末处理后茄子株高、茎粗、地上鲜重、根鲜重均高于对照,其中苦参处理后茄子株高为 31.37cm,与对照(29.01cm)达到了差异显著的水平。当蛇床子和苦参混合施入后,茄子植株的各种生长指标均高于对照,但低于苦参处理,苦参与混施(蛇床子 + 苦参)处理茄子植株地上鲜重均大于 29g,而对

照仅为 24.863 g,与茄子植株的地上干重的变化趋势相一致。

表 4 蛇床子和苦参对茄子生长发育的影响

Table 4 Effect of *Cnidium monnieri* and *Sophora flavescens* on growth of eggplant

项目 Item	株高 Height (cm)	茎粗 Stem (cm)	地上鲜重 Fresh weight of ground(g)	地上干重 Dryweight of ground(g)	根系鲜重 Fresh weight of root(g)	根干重 Dry weight of root(g)
蛇床子 FC	24.87 ± 1.54a	0.507 ± 0.211a	24.685 ± 0.964a	1.98 ± 0.12ab	4.85 ± 0.87a	0.84 ± 0.11ab
苦参 RSF	31.37 ± 2.44b	0.534 ± 0.180b	29.496 ± 1.104b	2.71 ± 0.24b	6.17 ± 1.13b	1.10 ± 0.24b
蛇床子 + 苦参 FC + RSF	26.52 ± 1.27a	0.511 ± 0.432a	29.058 ± 1.084b	2.09 ± 0.18ab	6.03 ± 1.09b	1.01 ± 0.31b
对照 CK	29.01 ± 1.18ab	0.512 ± 0.171a	24.863 ± 0.852a	1.86 ± 0.26a	4.91 ± 1.07a	0.82 ± 0.27a

3 讨论

植物与微生物之间存在着两种化感作用,一种是促进作用,鞠会艳等认为连作和轮作大豆根分泌物对根腐病病原菌有明显的化感促进作用^[12];一种是化感抑制作用,Lawrey. J 研究了多种地衣释放的化感物质可以有效地抑制另一种地衣孢子萌发^[6]。本试验结果证明蛇床子和苦参两种植物的提取物具有较强的化感抑菌效果,不仅抑制茄子黄萎病菌菌丝生长,还抑制病菌孢子萌发。这表明蛇床子和苦参中存在黄萎病菌的化感抑制物质。

随着设施栽培和专业化生产的发展,连作现象普遍发生。连作使根系分泌物数量、种类发生变化,进而引起根际微生物区系组成的定向改变,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,造成连作障碍^[13]。茄子黄萎病是一种土传病害,由于连作病菌在土壤中积累导致病害发生。国内外的一些研究发现,植物对土传病害的抗性与根际微生物密切关系^[9]。在微生物丰富的土壤中发病明显轻于微生物贫乏的土壤;棉花对黄萎病的抗性与根际真菌和放线菌数量呈正相关,与根际线虫数量呈负相关,与根际细菌数量无显著相关性,抗病品种根际微生物多于感病品种^[11,14]。朱林等研究证实,对产生连作障碍的黄瓜土壤施用有机肥可以改善根际微生态环境,提高土壤细菌、放线菌、氨化细菌的活性和数量,增加有效养分含量和提高根系活性,提高酶保护系统的能力,从而减轻和缓解黄瓜的连作障碍^[15]。

土壤病原微生物是茄子发病的因素之一,很大程度上受根系分泌物和土壤微生物影响。土壤微生物能够帮助植物适应养分胁迫环境,改善土壤养分的吸收和利用。在土壤中添加物能够防治病害,它的主要作用机制就是调节根际微生物区系,进而达到抗病目的^[14]。Khalifa^[15]等报道用壳质处理土壤可以防治镰刀菌引起的豌豆枯萎病,土壤中微生物数量明显增多,特别是植株根际的放线菌数量大幅度增加。

根际微生物种类与数量的变化与病害的发生有直接的关系^[16],在本试验中,当植株粉末施于土壤后,不仅能抑制土壤中黄萎病菌的生长繁殖,还影响着根际微生物种类和数量,同时对栽培茄子植株产生一定的化感作用。在茄子初花期植株新陈代谢活动旺盛,微生物数量也较多,进入初果期微生物数量开始减少,这可能是微生物自身的调节作用,避免与植株争夺养分,对后期产量的提高是有益的。这一结果与有关报道是一致的,也说明通过调节微生物区系来防治茄子黄萎病等土传病害是可行^[17,18]。

本试验结果为茄子黄萎病的防治提供了一条新途径。这一结果如果能够得到进一步的研究证实,并且能够找到其合理的施用方式,就有可能在生产上推广应用。

References:

- [1] Wu F Z, Meng L J, Wen J Z. Effect of cucumber root exudates on mycelium growth of Fusarium wilt. *China Vegetables*, 2002, 5: 26—27.
- [2] Zhang F L, Zhou B L, Wang R H, et al. Allelopathy of root extracts on grafted eggplant. *Chin J Appl Ecol.*, 2005, 16(4): 750—753.
- [3] Aryaa T, Chunhanr H, Aryac S. Effect of allicin and extracts of garlic and bignonia on two fungi. *Indian Journal of Mycology and Pland Pathology*, 1995, 25(3): 316—318.
- [4] Cindysheu T T, Davidnetzl Y. Effect of apiforol and apogen inidinon growth of selected fungi. *Joruanl of Chemical Ecology*, 1991, 17: 2261—2266.

- [5] Gerig T M, Blum U. Effects of four phenolic acids on leaf area expansion of cucumber seedling growth in Portsmouth B2 soil materials. *Jouranal of Chemical Ecology*, 1991,17: 29—40.
- [6] Wang R H, Zhou B L, Zhang Q F, *et al.* Allelopathic effects of root extracts on verticillium wilt. *Allelopathy Journal*, 2005,15(1): 75—84.
- [7] Li Y K. Study on Fusarium wilt of cotter by using bohe of medicine plant. *Scientis Agricultura Sinica*,1988,21: 65—69.
- [8] Larkin R P. Effect of successive watermelon plantings on *Fusarium oxysporum* and other microorganism in soils suppressive and conductive to Fusarium Wilt of watermelon. *Phytopathology*, 1993,83: 1097—1104.
- [9] Li H L, Yuan H X, Wang Y, *et al.* Studies of the relationship between diversity of microbes in rhizosphere and resistance of cotton cultivars to *verticillium dahliae*. *Acta Phytopathologica Sinica*, 1998,28(4):341—345.
- [10] Pan C M, Guo Q R. Effect of VAM fungus on the growth of core and micro-ecological environment of core rhizosphere. *Soil and Environmental Sciences*,2000,9(4): 304—306.
- [11] Zhang S H, Zhou B L, Zhang L, *et al.* Inhibitory effects of natural plant extracts on *Verticillium albo-atrum*. *Chin J Appl Ecol.*, 2006,17(6): 1137—1140.
- [12] Ju H Y, Han L M, Wang S Q, *et al.* Allelopathic effect of root exudates on pathogenic fungi of root rot in continuous cropping soybean. *Chin J Appl Ecol.*, 2002,13(6):723—727.
- [13] Doran J W, Sarrantonio M, Liebigh M A. Soil health and sustainability. *Advance Agronomy*, 1996,56:2—54.
- [14] Outi P, Susan J G, Risto H T. Microbial community structure and characteristics of the organic matter in soil under *Pinus sylvestres*, *Picea abies* and *Betula pendula* at two forest sites. *Biol. Fert. Soil*, 2001,33:17—24.
- [15] Khalifa O, Ward V. Effect of soil amendment with chitin on pea wilt caused by *Fusarium oxysporum*. *Ann. Appl. Biol.*, 1965,55:83—88
- [16] Zhang S S, Yang X M, Mao Z S, *et al.* Effects of sterilization on growth of cucumber plants and soil microflora in a continuous mono-cropping soil. *Acta Ecologica Sinica*, 2007,27(5):1809—1817
- [17] Kimaru S K, Waudo S W, Monda E. Effect of neem kernel cake powder (NKCP) on Fusarium wilt of tomato when used as soil amendment. *Journal of Agriculture and Rural Development in the Tropics and Subtropics*,2004,105(1):63—69.
- [18] Soltani N, Conn K L, Abbasi P A, *et al.* Reduction of potato scab and verticillium wilt with ammonium lignosulfonate soil amendment in four Ontario potato fields. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 2002,24(3):332—339.

参考文献:

- [1] 吴凤芝,孟立君,文景芝. 黄瓜根系分泌物对枯萎菌菌丝生长的影响. *中国蔬菜*, 2002,5: 26~27.
- [2] 张凤丽,周宝利,王茹华,等. 嫁接茄子根系分泌物的化感作用. *应用生态学报*,2005,16(4):750~753.
- [7] 李玉奎. 利用药用植物薄荷防治棉花枯萎病的初步研究. *中国农业科学*,1988,21: 65~69.
- [9] 李洪连,袁红霞,王焱,等. 根际微生物多样性与棉花品种对黄萎病抗性的关系研究. II 不同抗性品种根际真菌区系分析及其对棉花萎病菌的抑制作用. *植物病理学报*,1999,29(3):242~246.
- [10] 潘超美,郭庆荣. VA 菌根真菌对玉米生长及根际土壤微生态环境的影响. *土壤与环境* 2000,9(4): 304~306.
- [11] 张淑红,周宝利,张磊,等. 天然植物提取物对茄子黄萎病菌的抑制活性. *应用生态学报*,2006,17(6):1137~1140.
- [12] 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. *应用生态学报*, 2002,13(6):723~727.
- [15] 朱林,彭宇,袁飞,等. 施用稻草等有机物料对黄瓜连作土壤速效养分的影响. *中国农学通讯*,2001,17(2):30~34.
- [16] 张树生,杨兴明,茆泽圣,等. 连作土灭菌对黄瓜生长和土壤微生物区系的影响. *生态学报*,2007,27(5):1809~1817.