

# 大蒜根系分泌物的化感作用\*

周艳丽<sup>1\*\*</sup> 王艳<sup>1</sup> 李金英<sup>1</sup> 薛艳杰<sup>2</sup>

(<sup>1</sup> 吉林农业大学园艺学院, 长春 130118; <sup>2</sup> 敦化市农业技术推广中心, 吉林敦化 133700)

**摘要** 以苍山白蒜和蔡家坡紫蒜为材料, 采用水培方法收集根系分泌物, 研究了2个大蒜品种的根系分泌物对莴苣种子发芽和幼苗生长及对黄瓜枯萎病菌、西瓜枯萎病菌的化感效应. 结果表明: 2个大蒜品种的根系分泌物对莴苣种子发芽和幼苗生长均表现为低浓度(0.1、0.2 g · mL<sup>-1</sup>)促进、高浓度(0.4、0.6 g · mL<sup>-1</sup>)抑制, 高浓度时蔡家坡紫蒜的抑制作用大于苍山白蒜; 对黄瓜枯萎病菌和西瓜枯萎病菌的菌丝生长及孢子萌发均表现为抑制作用, 随着根系分泌物浓度的提高, 抑制作用增强, 其中黄瓜枯萎病菌较敏感, 且蔡家坡紫蒜的抑制作用大于苍山白蒜.

**关键词** 大蒜 根系分泌物 化感作用

**文章编号** 1001-9332(2011)05-1368-05 **中图分类号** S633.4 **文献标识码** A

**Allelopathy of garlic root exudates.** ZHOU Yan-li<sup>1</sup>, WANG Yan<sup>1</sup>, LI Jin-ying<sup>1</sup>, XUE Yan-jie<sup>2</sup> (<sup>1</sup>College of Horticulture, Jilin Agricultural University, Changchun 130118, China; <sup>2</sup>Dunhua Agricultural Technique Popularizing Center, Dunhua 133700, Jilin, China). -Chin. J. Appl. Ecol., 2011, 22(5): 1368-1372.

**Abstract:** By the method of water culture, the root exudates of Cangshan garlic and Caijiapo garlic were collected to study their allelopathic effects on the seed germination and seedling growth of lettuce, and on the development of pathogens *Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumerinum* and *F. oxysporium* f. sp. *niveum*. The root exudates of the two garlic cultivars promoted the lettuce seed germination and seedling growth at low concentrations (0.1 and 0.2 g · mL<sup>-1</sup>), but showed inhibitory effects at high concentrations (0.4 and 0.6 g · mL<sup>-1</sup>), with the inhibitory effects being stronger for the root exudates of Caijiapo garlic. The two garlic cultivars' root exudates also had inhibitory effects on the mycelia growth and spore germination of the pathogens, and the effects increased with increasing concentration of the exudates, being stronger for Caijiapo garlic than for Cangshan garlic. *F. oxysporum* f. sp. *cucumerinum* was more sensitive to the inhibitory effects of the root exudates of the two garlic cultivars, as compared to *F. oxysporium* f. sp. *niveum*.

**Key words:** garlic; root exudates; allelopathy.

植物根系有非常大的表面积, 代谢非常活跃. 一方面, 植物通过根系吸收水分和营养; 另一方面, 植物也将大量的物质从根分泌到土壤环境中. 植物根分泌的化学物质具有各种功能, 但至少部分根系分泌物或其进一步分解物质具有化感作用<sup>[1-5]</sup>. 随着对化感作用的深入研究, 发现化感作用的对象不仅限于植物与植物之间, 植物能够产生抗菌的次生物质很久以前就已被证实, 柳树叶中发现的杀菌剂水杨酸已被应用达一个世纪<sup>[6]</sup>; 豆科作物分泌的黄酮和异黄酮对根瘤菌结瘤起诱导作

用<sup>[7-8]</sup>; 小麦根系分泌物能直接抑制小麦全蚀病菌的菌丝发育<sup>[9]</sup>, 不同抗性西瓜品种的根系分泌物对西瓜枯萎病菌有一定的抑制作用<sup>[10]</sup>, 不同基因型大豆根系分泌物对根腐病菌的化感作用有明显差异<sup>[11]</sup>; 嫁接茄子根系分泌物中的化感物质香草醛和肉桂酸对茄子黄萎病有明显促进或抑制作用<sup>[12]</sup>.

大蒜(*Allium sativum*)在我国栽培面积和产量均居世界第一, 是公认的有益前茬作物, 大蒜根系分泌物可能是其影响下茬作物的重要因子之一, 但是目前大部分研究主要集中在鳞茎抑菌方面<sup>[13-15]</sup>, 对大蒜根系分泌物是否具有抑菌作用尚不明确. 为此, 本试验采用水培法收集蔡家坡紫蒜和苍山白蒜2个大

\* 吉林农业大学博士启动基金项目(2007021)资助.

\*\* 通讯作者. E-mail: zhouyanli7427@163.com

2010-10-19 收稿, 2011-02-24 接受.

蒜品种的根系分泌物,通过测定根系分泌物对莴苣种子萌发、幼苗生长及对黄瓜和西瓜枯萎病菌的影响来研究大蒜根系分泌物的化感作用,并对供试不同大蒜品种根系分泌物的化感作用进行评价,以期揭示大蒜作为有益前茬作物的机制,为合理制定蔬菜耕作制度提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供体材料为苍山白蒜( $G_1$ )和蔡家坡紫蒜( $G_2$ )。受试作物为莴苣。受试病菌材料为黄瓜枯萎病菌(*Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumerinum*)和西瓜枯萎病菌(*F. oxysporum* f. *niveum*),均由西北农林科技大学资源环境学院土壤微生物课题组提供。

### 1.2 大蒜根系分泌物的收集

首先挑选大小一致的蒜瓣,用3%甲醛处理20 min后用水冲洗2~3遍,然后放在光照培养箱中低温处理,温度设为8℃。30 d后于室内营养钵中播种,每钵两株,基质为珍珠岩:草炭=3:2(V/V),常规管理。

采用水培法收集2个大蒜品种的根系分泌物。具体方法为:待大蒜地上部长至约10 cm时,将大蒜植株从基质中取出,先后用自来水和蒸馏水充分清洗附着在根系上的基质,尽量不要伤根,洗净后用塑料泡沫板固定,置于6 L容积的塑料盆中(每盆20株),在室温下连续通气培养,因蒜瓣中贮存养分,在“退母”前可满足大蒜生长发育所需,因此直接加入蒸馏水培养,每5天收集1次培养液,连续收集6次(共培养30 d),合并所收集的培养液即为大蒜根系分泌物。最后1次收集培养液时,称根系鲜质量。用真空冷冻干燥机浓缩培养液,以 $1.2 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$ (表示1 mL水溶液中含有1.2 g植株鲜根的根系分泌物)的大蒜根系分泌物为母液,密封置于4℃冰箱中备用,按试验处理浓度进行稀释,试验所设处理浓度为0、0.1、0.2、0.4、0.6  $\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 。

### 1.3 大蒜根系分泌物对莴苣的化感作用试验

采用种子发芽试验对2个大蒜品种根系分泌物的化感作用进行生物测定。取不同浓度的大蒜根系收集液9 mL加入铺有2层定性滤纸的塑料容器中(直径为12 cm)进行种子发芽试验。每皿播种100粒大小一致的莴苣种子,以蒸馏水为对照(CK),每处理3次重复,在(22±1)℃、4000 lx条件下培养,每天补充收集液2 mL。每天调查莴苣种子发芽数,最后计算发芽率、发芽指数,10 d后测量地上部和根

部长度,称量幼苗鲜质量。鲜质量的测定以10棵苗为1个重复,种子发芽标准为芽长为种子长度的一半。

$$\text{发芽率} = \frac{\text{发芽终期发芽的种子数}}{\text{供试种子数}} \times 100$$

$$\text{发芽指数}(GI) = \sum \frac{G_t}{D_t}$$

式中: $G_t$ 为浸种后 $t$ 天的发芽数; $D_t$ 为相应的发芽日数。发芽率计算日期为7 d,发芽指数计算日期为3 d。

## 1.4 大蒜根系分泌物对枯萎病菌的化感作用试验

### 1.4.1 对菌丝生长的影响测定

1) 平板菌落的制备方法 将活化好的菌丝用无菌水配制成孢子浓度为 $10^4 \sim 10^5$  个 $\cdot \text{mL}^{-1}$ 的菌悬液,吸取100  $\mu\text{L}$ 的菌悬液于PDA培养基(1000 mL中含有马铃薯200 g、琼脂18 g、蔗糖20 g)平板中,用无菌玻璃刮铲刮平。28℃黑暗条件下培养3 d,待菌落长满平板后用于制备菌落圆片。

2) 含大蒜根系分泌物培养基的制备 无菌条件下,将母液( $1.2 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$ )用无菌过滤器(微孔滤膜,孔径0.45  $\mu\text{m}$ )过滤后进行稀释,浓度分别为0、0.2、0.4、0.8、1.2  $\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 。待已灭菌的PDA培养基(1000 mL中含有马铃薯300 g、琼脂25 g、蔗糖30 g)稍凉时将不同浓度的根系分泌物与培养基进行等体积混匀,对照加蒸馏水混合,配制成含大蒜根系分泌物0、0.1、0.2、0.4、0.6  $\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 的培养基,倒平板。

3) 抑菌活性测定 采用生长速率法测定抑菌活性。用直径7 mm的打孔器从长满菌落的平板上打取菌落圆片,置于事先配制好的含不同浓度(0~0.6  $\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ )大蒜根系分泌物的PDA平板培养基上,每皿3片,每处理3皿,以无菌水培养基为对照(CK)。置于28℃黑暗条件下培养,3 d后测量菌落扩展直径,并计算菌丝抑制率。

抑菌率 = (对照皿菌落直径 - 处理皿菌落直径) / 对照皿菌落直径 × 100%

### 1.4.2 对孢子萌发的影响测定

1) 孢子悬浮液的配制 挑取适量培养好的菌片放入小烧杯中,加入少量无菌水,搅拌,将菌悬液过滤到小离心管中,摇匀后镜检,调整孢子浓度,使每个视野(40倍物镜)约含20个孢子。

2) 根系分泌物对孢子萌发的影响 分别吸取100  $\mu\text{L}$ 菌悬液,与100  $\mu\text{L}$ 不同浓度(0~0.6  $\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ )的大蒜根系分泌物混匀,在铺有滤纸的培养皿中放入载玻片,用直径15 mm的打孔器打取水琼

胶培养基置于载玻片上,每皿2片水琼胶培养基.吸取混合液20  $\mu\text{L}$ 于水琼胶培养基上,28  $^{\circ}\text{C}$ 黑暗培养12 h后,40倍物镜下镜检病原菌孢子萌发情况,以孢子芽管的长度超过孢子直径的一半为已萌发孢子.计算孢子萌发率和孢子萌发抑制率.

孢子萌发抑制率=(对照孢子萌发数-处理孢子萌发数)/对照孢子萌发数 $\times 100\%$

## 1.5 数据处理

使用DPS软件(7.5专业版)进行数据处理和方差分析(LSR法), $\alpha=0.05$ .

## 2 结果与分析

### 2.1 大蒜根系分泌物对莴苣种子萌发和幼苗生长的影响

由表1可知,大蒜根系分泌物对莴苣种子发芽和幼苗生长的影响除发芽指数随着浓度的升高而降低外,其他各指标的变化规律均呈现出低浓度促进高浓度抑制的趋势.根系分泌物对莴苣幼苗地上部的影响表现为:低浓度(0.1、0.2  $\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ )促进且显著高于对照;高浓度(0.4、0.6  $\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ )抑制,尤其当浓度为0.6  $\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 时,与对照差异达显著水平.低浓度时 $G_1$ 根系分泌物对地上部的促进作用大于 $G_2$ ,高浓度时 $G_2$ 根系分泌物对地上部的抑制作用大于 $G_1$ .

当浓度为0.2  $\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 时, $G_1$ 和 $G_2$ 根系分泌物对莴苣根长均表现为促进作用,分别比对照增加了29.9%和39.1%,差异达显著水平;当浓度为0.6  $\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 时,2个品种根长分别比对照降低了36.7%和45.6%,差异均达显著水平.除0.6  $\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 根系分泌物对幼苗鲜质量表现出抑制作用

外,2个大蒜品种其他浓度根系分泌物均表现出促进作用,最大促进浓度均为0.2  $\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ .

综上,2个大蒜品种根系分泌物对莴苣都具有化感作用,但是对各指标的化感作用不同,总体来看, $G_2$ 根系分泌物的化感作用强于 $G_1$ .

### 2.2 大蒜根系分泌物对枯萎病菌的抑制作用

**2.2.1 对枯萎病菌菌丝生长的抑制作用** 随着浓度的升高,2个大蒜品种根系分泌物对黄瓜枯萎病菌和西瓜枯萎病菌菌丝生长的抑制作用逐渐增强(图1). $G_1$ 根系分泌物对黄瓜枯萎病菌和西瓜枯萎病菌菌丝生长的抑制率分别达3.4%~17.8%和5.6%~16.1%. $G_2$ 根系分泌物对黄瓜枯萎病菌和西瓜枯萎病菌菌丝生长的抑制率分别达5.5%~31.1%和1.2%~36.2%.当浓度 $\geq 0.2$   $\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 时, $G_1$ 和 $G_2$ 处理的黄瓜枯萎病菌菌落直径均显著低于对照,而2个大蒜品种根系分泌物对西瓜枯萎病菌菌丝生长的抑制作用略有不同, $G_1$ 根系分泌物浓度为0.6  $\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 时显著抑制菌丝生长,而 $G_2$ 根系分泌物浓度在0.4  $\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 时显著抑制菌丝生长.总体来看, $G_2$ 根系分泌物对枯萎病菌菌丝生长的抑制作用大于 $G_1$ ,并且黄瓜枯萎病菌对大蒜根系分泌物反应更敏感.

**2.2.2 对枯萎病菌孢子萌发的抑制作用** 随着浓度的升高,2个大蒜品种根系分泌物对枯萎病菌孢子萌发的抑制作用逐渐增强(图2). $G_1$ 根系分泌物对黄瓜枯萎病菌和西瓜枯萎病菌孢子萌发的抑制率分别为0.9%~16.7%和4.6%~19.5%;而 $G_2$ 根系分泌物对黄瓜枯萎病菌和西瓜枯萎病菌孢子萌发的抑制率分别为0.9%~35.1%和5.8%~32.2%. $G_1$

表1 大蒜根系分泌物对莴苣种子发芽和幼苗生长的影响

Table 1 Effects of garlic root exudates on seed germination and seedling growth of lettuce

| 大蒜<br>Garlic | 浓度<br>Concentration<br>( $\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ ) | 发芽率<br>Germination rate<br>(%) | 发芽指数<br>Germination<br>index | 地上部长<br>Shoot length<br>(cm) | 根长<br>Root length<br>(cm) | 幼苗鲜质量<br>Fresh mass<br>( $\text{mg}\cdot 10\text{ plant}^{-1}$ ) |
|--------------|--|--------------------------------|------------------------------|------------------------------|---------------------------|--|
| CK           | 0  | 95.3 $\pm$ 1.2a                | 89.00 $\pm$ 4.58a            | 2.47 $\pm$ 0.06c             | 9.80 $\pm$ 0.36bc         | 2.55 $\pm$ 0.38b   |
| $G_1$        | 0.1  | 96.0 $\pm$ 1.0a                | 88.25 $\pm$ 9.94a            | 3.67 $\pm$ 0.12a             | 8.87 $\pm$ 0.67c          | 2.87 $\pm$ 0.38ab  |
|              | 0.2  | 85.6 $\pm$ 1.5b                | 80.12 $\pm$ 4.47ab           | 3.73 $\pm$ 0.12a             | 12.37 $\pm$ 0.71a         | 3.03 $\pm$ 0.18ab  |
|              | 0.4  | 85.0 $\pm$ 3.6b                | 62.00 $\pm$ 2.92c            | 2.37 $\pm$ 0.25c             | 10.87 $\pm$ 0.42bc        | 3.07 $\pm$ 0.41a   |
|              | 0.6  | 77.0 $\pm$ 2.6c                | 60.00 $\pm$ 7.38c            | 1.67 $\pm$ 0.15d             | 6.20 $\pm$ 3.16d          | 2.00 $\pm$ 0.31c   |
| $G_2$        | 0.1  | 96.3 $\pm$ 1.2a                | 89.00 $\pm$ 8.07a            | 3.63 $\pm$ 0.21ab            | 11.87 $\pm$ 0.61ab        | 2.90 $\pm$ 0.14ab  |
|              | 0.2  | 96.0 $\pm$ 2.0a                | 70.12 $\pm$ 3.69bc           | 3.37 $\pm$ 0.15b             | 13.63 $\pm$ 1.98a         | 3.12 $\pm$ 0.18a   |
|              | 0.4  | 85.0 $\pm$ 2.0b                | 62.00 $\pm$ 3.47c            | 2.23 $\pm$ 0.15c             | 8.37 $\pm$ 0.85cd         | 2.75 $\pm$ 0.09ab  |
|              | 0.6  | 63.3 $\pm$ 2.1d                | 48.67 $\pm$ 2.49d            | 1.57 $\pm$ 0.15d             | 5.33 $\pm$ 1.46e          | 1.96 $\pm$ 0.12c   |

$G_1$ :苍山白蒜 Cangshan garlic;  $G_2$ :蔡家坡紫蒜 Caijiapo garlic. 同列不同小写字母表示处理间差异显著( $P<0.05$ ) Different small letters in the same column meant significant difference among treatments at 0.05 level. 下同 The same below.



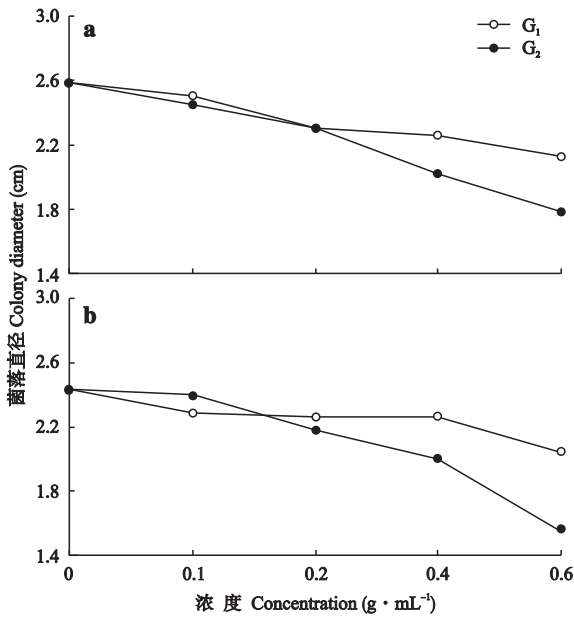


图1 大蒜根系分泌物对黄瓜枯萎病菌(a)和西瓜枯萎病菌(b)菌丝生长的抑制作用

Fig. 1 Inhibitory effects of garlic root exudates on mycelial growth of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumerinum* (a) and *F. oxysporum* f. sp. *niveum* (b).

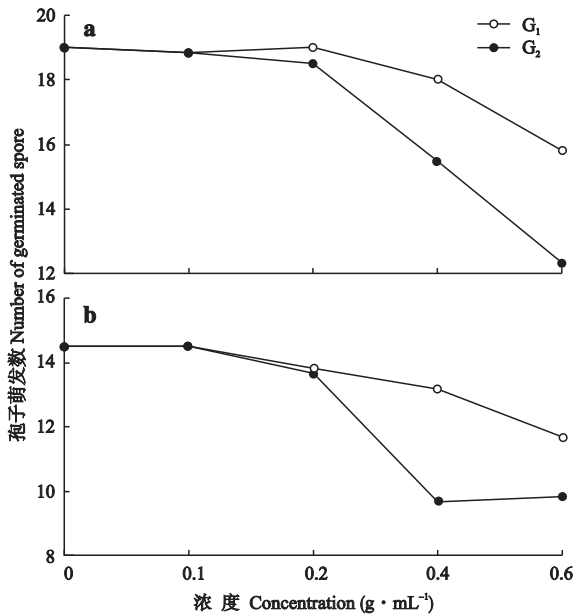


图2 大蒜根系分泌物对黄瓜枯萎病菌(a)和西瓜枯萎病菌(b)孢子萌发的抑制作用

Fig. 2 Inhibitory effects of garlic root exudates on spore germination of *Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumerinum* (a) and *F. oxysporum* f. sp. *niveum* (b).

和 G<sub>2</sub> 根系分泌物显著抑制 2 种病菌孢子萌发的浓度分别为 0.6 g · mL<sup>-1</sup> 和 0.4 g · mL<sup>-1</sup>.

总体上, G<sub>2</sub> 根系分泌物对枯萎病菌菌丝生长和孢子萌发的抑制作用大于 G<sub>1</sub>.

### 3 讨论

化感作用主要取决于植物种类,对于作物,还取决于特定的品种.一般情况下,对一种化感作物来说,原始野生种因为在自然状态下生存的需要,其表现的化感作用一般比驯化品种强.何华勤等<sup>[16]</sup>关于水稻叶片浸提液的化感作用研究也表明,不同品种水稻化感作用潜力存在差异.耿广东等<sup>[17]</sup>以莴苣为受体材料,对具有代表性的不同番茄品种的化感作用进行研究,结果发现,各品种间化感作用差异非常明显.李志华和沈益新<sup>[18]</sup>以萝卜种子为受体,采用培养皿砂培生物检测法对 10 个品种紫花苜蓿冬季再生草的化感作用进行研究,结果表明,品种间化感作用差异非常明显.本试验结果表明,供试的 2 个大蒜品种根系分泌物的化感作用存在差异,蔡家坡紫蒜根系分泌物的化感作用高于苍山白蒜,同一浓度不同品种表现出很大的差异,不同品种化感作用的适宜浓度范围不同,这与水稻化感作用研究结果相一致<sup>[19-20]</sup>.

本试验中,2 个大蒜品种的根系分泌物对黄瓜枯萎病菌和西瓜枯萎病菌菌丝生长及孢子萌发均表现出抑制作用,其中对黄瓜枯萎病菌的抑制作用大于西瓜枯萎病菌,说明黄瓜枯萎病菌对大蒜根系分泌物的反应较西瓜枯萎病菌敏感,且蔡家坡紫蒜的抑制作用大于苍山白蒜.推断蔡家坡紫蒜根系分泌物中的有效成分可能高于苍山白蒜,从而使其化感作用大于苍山白蒜,但其有效成分具体是什么物质还有待进一步研究.

### 参考文献

- [1] Yang R-J (杨瑞吉). Allelopathic effects of rape root exudates on growth of seedlings of different crops. *Ecology and Environment* (生态环境), 2006, **15** (5): 1062-1066 (in Chinese)
- [2] Cao P-R (曹潘荣), Zou Y-H (邹元辉). Allelopathy of the intercropping between rubber and tea. *Journal of Tea Science* (茶叶科学), 1997, **17** (2): 193-195 (in Chinese)
- [3] Cao P-R (曹潘荣), Luo S-M (骆世明). Studies on the allelopathy of *Eucalyptus citriodora* Hook. *Journal of South China Agricultural University* (华南农业大学学报), 1996, **17** (2): 7-11 (in Chinese)
- [4] Chen PK, Leather GR. Plant growth regulatory activities of artemisinin and its related compounds. *Journal of Chemical Ecology*, 1990, **16**: 1867-1876
- [5] Tang CS, Young CC. Collection and identification of allelopathic compounds from the undisturbed root system of bigalga limpgrass (*Hemarthria altissima*). *Plant*

- Physiology*, 1982, **69**: 155–160
- [6] Lin J (林娟), Yin Q-Y (殷全玉), Yang B-Z (杨丙钊), *et al.* Review on allelopathy of plants. *Chinese Agricultural Science Bulletin* (中国农学通报), 2007, **23**(1): 68–42 (in Chinese)
- [7] Graham TL. Flavonoid and isoflavonoid distribution in developing soybean seedling tissues and in seed and root exudates. *Plant Physiology*, 1991, **95**: 594–603
- [8] Hartwig UA, Maxwell CA, Joseph CM, *et al.* Chrysoeriol and luteolin released from alfalfa seeds induce nod genes in *Rhizobium meliloti*. *Plant Physiology*, 1990, **92**: 116–122
- [9] Smiley RW, Cook I. Relationship between take-all of wheat and rhizosphere pH in soils fertilized with ammonium vs. nitrate nitrogen. *Phytopathology*, 1973, **63**: 882–890
- [10] Tian Y-Q (田永强), Zhang Z-G (张作刚), Zhang Z (张正), *et al.* Effects of the root exudates of watermelons on *Fusarium oxysporum*. *Journal of Shanxi Agricultural University* (Natural Science) (山西农业大学学报·自然科学版), 2008, **28**(4): 436–438 (in Chinese)
- [11] Han L-M (韩丽梅), Ju H-Y (鞠会艳), Yang Z-M (杨振明). Allelopathy of root exudates from two genotypes soybeans on root rot pathogenic fungi. *Chinese Journal of Applied Ecology* (应用生态学报), 2005, **16**(1): 137–141 (in Chinese)
- [12] Wang R-H (王茹华), Zhou B-L (周宝利), Zhang Q-F (张启发), *et al.* Effects of vanillin and cinnamic acid in root exudates of eggplants on *Verticillium dahliae*. *Acta Ecologica Sinica* (生态学报), 2006, **26**(9): 3152–3155 (in Chinese)
- [13] Wei T-T (尉婷婷), Cheng Z-H (程智慧), Feng W-H (冯武焕). Inhibition and control effects of garlic bulb crude extracts on *Botrytis cinerea* in tomato. *Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica* (西北农业学报), 2010, **19**(6): 176–180 (in Chinese)
- [14] Cheng Z-H (程智慧), Song L (宋莉), Meng H-W (孟焕文). Study on the effects of garlic bulb crude extracts on inhibition of *Fusarium axysporum* (Schl.) f. sp. *cucumerinum* Owen. and disease control. *Journal of Northwest A & F University* (Natural Science) (西北农林科技大学学报·自然科学版), 2008, **36**(5): 113–118 (in Chinese)
- [15] Guo H-Z (郭红珍), Yao Y-H (姚越红), Wang Q-F (王秋芬). Study on the antibacterial action of garlic. *Journal of Anhui Agricultural Sciences* (安徽农业科学), 2007, **35**(2): 414–415 (in Chinese)
- [16] He H-Q (何华勤), Lin W-X (林文雄), Dong Z-H (董章杭), *et al.* Genetic ecology of rice allelopathy on receiver plant. *Chinese Journal of Applied Ecology* (应用生态学报), 2002, **13**(12): 1582–1586 (in Chinese)
- [17] Geng G-D (耿广东), Cheng Z-H (程智慧), Zhang S-Q (张素勤), *et al.* Allelopathy of tomato varieties. *Chinese Agricultural Science Bulletin* (中国农学通报), 2005, **1**(9): 314–315 (in Chinese)
- [18] Li Z-H (李志华), Shen Y-X (沈益新). A study on allelopathy of winter regrowth from ten varieties of *Medicago sativa*. *Acta Prataculturae Sinica* (草业学报), 2006, **15**(4): 36–42 (in Chinese)
- [19] Wang D-L (王大力), Ma R-X (马瑞霞), Liu X-F (刘秀芬). A preliminary study on the allelopathic activity of rice germplasm. *Scientia Agricultura Sinica* (中国农业科学), 2000, **33**(3): 94–96 (in Chinese)
- [20] Jia X-L (贾小丽), Wu J (吴娟), Ke B (柯蓓), *et al.* Allelopathic analysis on the recombinant inbred lines (RILs) in rice (*Oryza sativa* L.). *Journal of Nanping Teachers College* (南平师专学报), 2007, **26**(4): 31–34 (in Chinese)

---

作者简介 周艳丽,女,1976年生,博士,讲师.主要从事蔬菜栽培与生理生态研究. E-mail: zhouyanli7427@163.com

责任编辑 张凤丽

---