

# 大蒜根系分泌物对不同受体蔬菜的化感作用\*

周艳丽 程智慧\* 孟焕文

(西北农林科技大学园艺学院, 陕西杨凌 712100)

**摘要** 利用组织培养技术, 在无菌条件下研究大蒜根系分泌物对莴苣、辣椒、萝卜、黄瓜、白菜和番茄等蔬菜作物的化感作用. 结果表明: 大蒜根系分泌物对6种蔬菜作物的发芽率、发芽指数、苗高及保护酶活性没有影响; 对根长、地上部鲜质量及根鲜质量略有促进作用, 其中, 莴苣与对照差异达显著水平, 化感效应指数分别为 +0.163、+0.106、+0.318, 白菜根长与对照差异达显著水平, 化感效应指数为 +0.120, 其它受试作物与对照差异均未达显著水平; 大蒜根系分泌物对受试作物叶绿素含量及根系活力有促进作用, 与对照差异达显著水平, 对萝卜的叶绿素含量促进作用最强, 化感效应指数为 +0.282, 对黄瓜的根系活力促进作用最强, 化感效应指数为 +0.184; 大蒜根系分泌物使受试作物对养分的吸收能力有所提高.

**关键词** 化感作用 根系分泌物 大蒜 无菌培养

**文章编号** 1001-9332(2007)01-0081-06 **中图分类号** Q948.1 **文献标识码** A

**Allelopathy of garlic root exudates on different receiver vegetables.** ZHOU Yan-li, CHENG Zhi-hui, MENG Huan-wen (College of Horticulture, Northwest A & F University, Yangling 712100, Shaanxi, China). -Chin. J. Appl. Ecol., 2007, 18(1): 81-86.

**Abstract:** By the method of tissue culture under sterilized condition, this paper studied the allelopathy of garlic root exudates on lettuce, hot pepper, radish, cucumber, Chinese cabbage, and tomato. The results showed that garlic root exudates had no evident effects on the germination rate, germination index, shoot height, and protective enzyme system of test crops, but significantly increased the root length, aboveground fresh mass, and root fresh mass of lettuce, with the *RIs* being +0.163, +0.106, +0.318, respectively. The exudates also increased the root length of Chinese cabbage, with a *RI* of +0.120. For other test crops, no significant difference was observed between the treatments and the control. Garlic root exudates significantly increased the chlorophyll content and root activity of the receiver vegetables. The strongest promotion effects were found on chlorophyll content in radish, with *RI* being +0.282, and on root activity of cucumber, with *RI* being +0.184. The exudates promoted the nutrient absorption of all the receiver vegetables.

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

## 1 引言

作物种间的化感作用大多数表现为有害的抑制作用, 但种间相互有益的促进作用也是客观存在的. 杂草 *Glechoma hederacea* 叶片的土壤分解物和根系分泌物均能促进萝卜 (*Raphanus sativus*) 种子萌发和幼苗生长<sup>[22]</sup>. 野芥末 (*Brassica campestris*) 产生的化感物质能提高花椰菜 (*Brassica oleracea* var. *botrytis*) 的产量<sup>[9]</sup>. 而真正在农业实践中起作用, 并被深入

研究的是麦田杂草麦仙翁 (*Agrostemma githago*) 对小麦 (*Triticum aestivum*) 生长发育、产量和品质的有益化感作用. Sogaard 等<sup>[23]</sup> 在弱化竞争的条件下研究了麦仙翁对小麦的化感作用, 结果发现, 在少量麦仙翁存在下, 无论是种子萌发、幼苗生长, 还是成熟期各个阶段, 小麦的生长和产量相对于小麦单独生长时都有显著增加. 经过分离鉴定发现, 麦仙翁促进小麦生长的化感物质主要是赤霉素、麦仙翁素和尿囊素. 赤霉素是五大植物激素之一, 其必然对小麦生长产生促进作用. Gajic<sup>[12]</sup> 用提取的麦仙翁素在野燕麦田进行实验, 发现每公顷只要用 1.2 g 的麦仙翁素就能使小麦增产, 而且小麦中的游离色氨酸含量增加, 使得加工后的面粉品质大为改善. 孔垂华等<sup>[13]</sup>

\* 西北农林科技大学研究生教育创新计划项目(05ych014)和国家“十五”科技攻关资助项目(2004BA516A09).

\* \* 通讯作者. E-mail: chengzh2004@163.com

2006-01-09 收稿, 2006-11-03 接受.

利用人工合成的尿囊素对小麦等 10 种作物进行实验,结果表明,依据不同的作用浓度,尿囊素对不同科属的作物显示出不同的化感作用,低浓度可以促进小麦种子萌发,尤其是对豆科作物的促进效果显著.这些试验表明麦仙翁释放的主要化感物质能够促进作物的生长发育,从而导致麦仙翁对小麦产生有益的化感作用.

大蒜(*Allium sativum*)是许多蔬菜作物的良好前茬作物,许多学者从大蒜鳞茎抑菌效应方面进行了有益的探索<sup>[1,3,10,16,18,24]</sup>,取得了较好的研究成果,但是在理论上仍未完全探明其原因.目前,在研究化感作用根系分泌途径的方法上已有所突破,能够排除土壤和微生物的作用,明确化感物质的真正来源与其在植物体内的可能代谢机理<sup>[14,21,27]</sup>.本研究力图在排除土壤和微生物干扰的条件下进行模拟研究,为利用大蒜化感作用以合理安排蔬菜轮作、间作、套作、混作等栽培制度,控制菜田病虫害,构建和谐的菜田生态环境提供理论依据.

## 2 材料与方法

### 2.1 试验材料

供体材料为苍山白皮蒜,受试作物为莴苣(*Lactuca sativa* var. *crispa*,香港玻璃生菜)、辣椒(*Capsicum annuum*,农城椒二号)、萝卜(*Raphanus sativus*,大连小五英水萝卜)、黄瓜(*C. sativus*,津研二号)、白菜(*Brassica pekinensis*,秦白二号)、番茄(*Lycopersicon esculentum*,908 番茄).

所有种子均购于杨凌西北农林科技大学农城种业科技中心.

### 2.2 试验方法

**2.2.1 组培大蒜根系分泌物的获得** 在无菌条件下将蒜瓣先用 75% 乙醇表面消毒 1 min,无菌水冲洗 3~5 次,再用 10% 的次氯酸钠消毒 30 min,无菌水冲洗 3~5 次后,将其播入装有 30 ml 琼脂培养基(6‰)的 100 ml 三角瓶中,每瓶 2 瓣,置于 20 °C、12 h 光照、4 000 lx 的无菌条件下培养,40 d 后拔掉大蒜,培养基中即含有大蒜根系分泌物.

**2.2.2 含有大蒜根系分泌物培养基的处理** 在组培大蒜前,先将已灭菌的装有琼脂培养基的三角瓶称重,培养大蒜 40 d,拔掉大蒜后再称重,计算减少的水分,补足水分的同时,将其配成 1/2 MS 培养基,整个操作过程均在无菌条件下进行. 50 °C 条件下融化培养基,使其混匀,则所得培养基中既含有大蒜根系分泌物又含有“下茬”受试作物生长所需的养分.

### 2.2.3 大蒜根系分泌物对受试作物化感作用的测定

将莴苣、辣椒、萝卜、黄瓜、白菜和番茄种子用 70% 乙醇消毒 50 s,无菌水冲洗 3~5 次,再用 10% 的次氯酸钠消毒 30 min,无菌水冲洗 3~5 次,在富集了大蒜根系分泌物的培养基上播受试蔬菜作物种子.各作物每瓶播种 20 粒,每种作物 10 瓶,以不含大蒜根系分泌物的 1/2 MS 培养基为对照,在温度为(24 ± 1)°C、光照强度为 4 000 lx 下培养,统计每天的发芽数,计算发芽指数,20 d 后对各受试作物幼苗的生长、叶绿素含量、根系活力、养分含量及保护酶活性进行测定.

**2.2.4 测定项目与方法** 各处理选择 6 瓶作为重复,20 d 后,于每瓶中随机选择 10 株幼苗测量苗高、根长、地上和地下部鲜质量.超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化物酶(POD)、过氧化氢酶(CAT)活性及叶绿素含量和根系活力的测定均参照高俊凤等<sup>[6]</sup>的方法.磷含量采用 NaCO<sub>3</sub> 熔融法测定,结果以 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 表示;钾含量采用火焰光度法测定,结果以 K<sub>2</sub>O 表示;钙、镁、锌、铜、铁、锰的含量用原子吸收法测定<sup>[19]</sup>.

**2.2.5 统计方法** 采用 DPS 软件(V 3.11 专业版)进行方差分析.化感效应指数(RI)采用 Williamson 等<sup>[26]</sup>的方法进行,当 T ≥ C 时,RI = 1 - C/T;当 T < C 时,RI = T/C - 1.其中:C 为对照值,T 为处理值,RI 为化感效应指数(RI > 0 为促进作用,RI < 0 为抑制作用,绝对值大小与作用强度一致).

## 3 结果与分析

### 3.1 大蒜根系分泌物对受试作物种子发芽和幼苗生长的影响

由表 1 可以看出,莴苣和辣椒处理的发芽率比对照低,其它 4 种蔬菜作物处理的发芽率比对照略有升高,但各处理与对照差异均未达显著水平.除对降低莴苣发芽指数外,其它 5 种受试作物均升高,但与对照差异均未达显著水平.大蒜根系分泌物促进了受试作物的根长、地上部鲜质量及根鲜质量.其中,莴苣处理的根长、地上部鲜质量及根鲜质量与对照差异达显著水平,化感效应指数分别为 +0.163、+0.106 和 +0.318,白菜处理的根长与对照差异达显著水平,化感效应指数为 +0.121,其它处理与对照差异未达显著水平.说明此浓度下的大蒜根系分泌物对 6 种受试蔬菜作物幼苗生长均略有促进作用.

### 3.2 大蒜根系分泌物对受试作物叶绿素含量的影响

从图 1 可以看出,各受试作物的叶绿素含量均

表 1 大蒜根系分泌物对受试作物种子发芽和幼苗生长的影响

Tab.1 Effect of garlic root exudates on seed germination and seedling growth of receiver crops

受试作物 Receiver crops	发芽率 Germination rate (%)	发芽指数 Germination index	苗高 Shoot height (cm)	根长 Root length (cm)	地上部鲜物质量 Top fresh mass (mg·plant <sup>-1</sup> )	根鲜物质量 Root fresh mass (mg·plant <sup>-1</sup> )
莴苣对照 Lettuce control	97.50 a	16.72 a	2.24 a	2.97 b	0.118 b	0.045 b
莴苣 Lettuce	96.67 a	17.51 a	2.18 a	3.55 a	0.132 a	0.066 a
辣椒对照 Hot pepper control	96.67 a	5.70 a	3.90 a	6.26 a	0.096 a	0.072 a
辣椒 Hot pepper	95.00 a	5.90 a	3.97 a	6.23 a	0.121 a	0.091 a
萝卜对照 Radish control	98.33 a	16.81 a	8.90 a	9.34 a	0.298 a	0.122 a
萝卜 Radish	99.17 a	15.44 a	9.05 a	9.89 a	0.337 a	0.154 a
黄瓜对照 Cucumber control	100.00 a	8.13 a	8.10 a	5.86 a	0.505 a	0.255 a
黄瓜 Cucumber	100.00 a	8.29 a	8.04 a	6.22 a	0.515 a	0.274 a
白菜对照 Chinese cabbage control	95.83 a	18.21 a	4.01 a	10.42 b	0.173 a	0.021 a
白菜 Chinese cabbage	97.50 a	18.65 a	3.95 a	11.86 a	0.169 a	0.028 a
番茄对照 Tomato control	99.17 a	7.24 a	10.08 a	6.13 a	0.160 a	0.054 a
番茄 Tomato	100.00 a	7.43 a	9.66 a	6.67 a	0.154 a	0.073 a

不同字母表示差异达 0.05 显著水平 Different letters meant significant difference at 0.05 level. 下同 The same below.

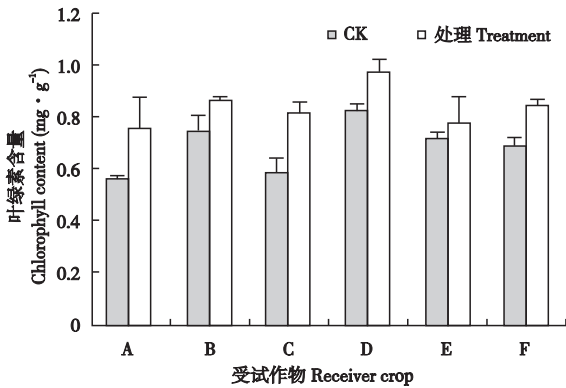


图 1 大蒜根系分泌物对受试作物叶绿素含量的影响

Fig.1 Effect of garlic root exudates on chlorophyll content of receiver crops.

A: 莴苣 Lettuce; B: 辣椒 Hot pepper; C: 萝卜 Radish; D: 黄瓜 Cucumber; E: 白菜 Chinese cabbage; F: 番茄 Tomato. 下同 The same below.

高于对照,且与对照差异达显著水平,化感效应指数从 A 到 F 分别为 +0.264、+0.132、+0.282、+0.144、+0.080 和 +0.184。表明大蒜根系分泌物对受试作物的叶绿素含量均有促进作用,有利于受试作物光合能力的增强和干物质的积累。其中,对莴苣和萝卜的促进作用最强,对白菜的促进作用最弱。

### 3.3 大蒜根系分泌物对受试作物根系活力的影响

从图 2 可以看出,大蒜根系分泌物对受试作物的根系活力均有促进作用,各受试作物的根系活力均高于对照,并与对照差异达显著水平,化感效应指数从 A 到 F 分别为 +0.103、+0.041、+0.152、+0.184、+0.127 和 +0.155。其中,对黄瓜和番茄的根系活力促进作用最强,对辣椒促进作用最弱。

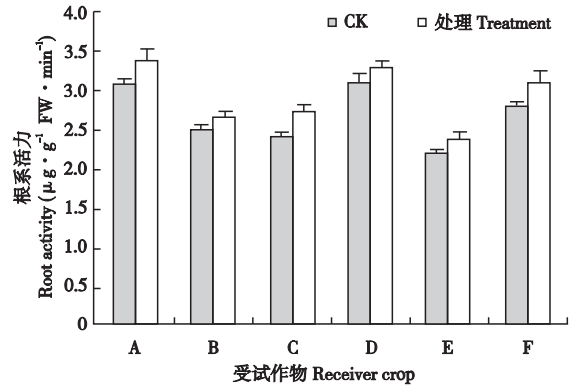


图 2 大蒜根系分泌物对受试作物根系活力的影响

Fig.2 Effect of garlic root exudates on root activity of receiver crops.

### 3.4 大蒜根系分泌物对受试作物幼苗养分吸收的影响

从表 2 可以看出,大蒜根系分泌物使辣椒和番茄对钾的吸收降低,分别比对照降低了 20.1% 和 5.2%,其中辣椒处理与对照差异达显著水平,其它受试作物对钾的吸收均增高,莴苣、萝卜、黄瓜、和白菜处理分别比对照增高了 27.4%、34.4%、5.3% 和 142.9%,但与对照差异未达显著水平。对磷的吸收,只有辣椒处理比对照降低了 4.4%,但差异未达显著水平,其它受试作物均比对照高,其中莴苣增加程度最大,比对照增加了 108.6%,萝卜增加程度最小,为 17.3%,莴苣和白菜处理与对照差异达显著水平。对铜的吸收,莴苣处理比对照下降了 7.6%;对钙、镁、铜、铁的吸收,辣椒处理比对照分别降低了 15.8%、2.5%、10.4% 和 4.0%,其中对铁的吸收与对照差异达显著水平;黄瓜处理对镁、铜、铁的吸收

表2 大蒜根系分泌物对受试作物幼苗养分吸收的影响

Tab.2 Effect of garlic root exudates on content of nutrients absorption of receiver crop seedlings

受试作物 Receiver crops	K <sub>2</sub> O (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	Ca (g·kg <sup>-1</sup> )	Mg (g·kg <sup>-1</sup> )	Zn (mg·kg <sup>-1</sup> )	Cu (mg·kg <sup>-1</sup> )	Fe (mg·kg <sup>-1</sup> )	Mn (mg·kg <sup>-1</sup> )
莴苣对照 Lettuce control	5.70b	0.93b	5.38b	3.47a	237.31a	63.71a	336.27a	204.58a
莴苣 Lettuce	7.26a	1.94a	9.40a	4.50a	345.93a	58.86a	469.79a	337.79a
辣椒对照 Hot pepper control	4.83a	1.13a	4.18a	3.24a	136.25a	18.25a	319.29a	150.84a
辣椒 Hot pepper	3.86b	1.08a	3.52a	3.16a	155.47a	16.35b	306.55a	200.77a
萝卜对照 Radish control	3.75a	1.27a	3.68a	3.47a	101.92a	24.50a	213.58b	173.30b
萝卜 Radish	5.04a	1.49a	9.17a	4.58a	242.15a	32.12a	217.38a	400.02a
黄瓜对照 Cucumber control	2.66a	1.48a	2.81a	5.54a	130.13a	32.37a	229.99a	79.88b
黄瓜 Cucumber	2.80a	1.92a	3.29a	4.57a	150.54a	30.00a	152.92b	197.78a
白菜对照 Chinese cabbage control	2.17a	0.68b	2.75b	1.96b	59.78b	17.13a	59.16b	170.29a
白菜 Chinese cabbage	5.27a	1.01a	5.29a	3.53a	192.22a	15.71a	146.85a	294.21a
番茄对照 Tomato control	5.60a	0.95a	4.09b	3.33a	145.39b	17.04a	116.60a	143.87a
番茄 Tomato	5.31a	1.25a	5.56a	3.40a	278.47a	11.92a	330.49a	298.13a

表3 大蒜根系分泌物对受试作物保护酶活性的影响

Tab.3 Effect of garlic root exudates on protective enzyme system of receiver crops

受试作物 Receiver crops	SOD (U·g <sup>-1</sup> )	RI	POD (U·g <sup>-1</sup> )	RI	CAT (U·g <sup>-1</sup> )	RI
莴苣对照 Lettuce control	40.3a		287.6a		170.0a	
莴苣 Lettuce	38.4a	-0.047	225.4a	-0.217	189.4a	+0.102
辣椒对照 Hot pepper control	46.5a		292.0a		310.3a	
辣椒 Hot pepper	51.2a	+0.092	289.2a	-0.010	345.9a	+0.103
萝卜对照 Radish control	43.2a		322.5a		235.0a	
萝卜 Radish	58.4a	+0.260	321.2a	-0.004	280.4a	+0.162
黄瓜对照 Cucumber control	34.5a		290.2a		283.7a	
黄瓜 Cucumber	46.7a	+0.261	343.1a	+0.154	258.8a	-0.088
白菜对照 Chinese Cabbage control	42.8a		243.5a		241.2a	
白菜 Chinese Cabbage	38.4a	-0.103	265.0a	+0.081	203.5a	-0.153
番茄对照 Tomato control	46.5a		325.8a		250.8a	
番茄 Tomato	43.0a	-0.075	381.5a	+0.146	287.2a	+0.127

比对照分别降低了17.5%、7.3%和33.5%，其中对铁的吸收与对照差异达显著水平；白菜处理对铜的吸收比对照降低了8.3%。综上分析，大蒜根系分泌物对受试作物的养分吸收整体表现出促进作用。

### 3.5 大蒜根系分泌物对受试作物保护酶活性的影响

本试验中受试作物与对照幼苗地上部保护酶活性虽有不同，但差异均未达到显著水平，从化感作用效应指数来看，规律性不强，说明此浓度下大蒜根系分泌物对受试作物幼苗的SOD、POD和CAT活性没有显著影响，自由基的产生和清除仍然处于动态平衡状态，幼苗生长良好。

## 4 讨论

植物化感物质进入环境主要有挥发、淋溶、根系分泌、植物残株腐解4种途径<sup>[2,7,11,28]</sup>。其中，挥发和雨雾淋溶只涉及植物的地上部，确证这两种途径相

对比较简单，而研究植物根系分泌物和残株分解两个途径相对来说要复杂得多，主要是因为涉及到土壤和微生物的作用，很难分辨化学物质是植物产生的，还是微生物作用的结果<sup>[4-5,8,15,29,31]</sup>。因此，本试验为了排除土壤和微生物的影响，采用组织培养技术在无菌条件下研究大蒜根系分泌物对6种蔬菜作物的化感作用。结果表明，无菌培养的大蒜根系分泌物对6种受试作物整体表现出促进作用，但是根系分泌物浓度的衡量没有统一的标准，现有的研究只能按照供体材料生长天数来衡量。本试验中大蒜根系分泌物表现出促进作用，浓度为30 ml培养基中播2瓣大蒜生长40 d后的根系分泌物含量。大量的研究表明，根系分泌物对受体的影响因浓度而异，一般表现为低促高抑的现象<sup>[8,20,25,29]</sup>，本试验所设的根系分泌物浓度虽然对受体作物有促进作用，但未设浓度梯度，因此对最大化感促进浓度还需进一步研究。

张凤丽等<sup>[30]</sup>对嫁接茄子根系分泌物的化感效应研究表明,不同生长时期茄子根系分泌物的化感效应有所差异,生长到后期,其根系分泌物的促进作用越来越小,抑制作用增强.李明等<sup>[17]</sup>对南瓜组培根根系分泌物的化感效应研究表明,南瓜组培根根系分泌物的生长抑制活性以 15 ~ 17 d 为最高,21 d 时的生长抑制活性最低.本试验只对大蒜生长前期的根系分泌物进行了研究,对大蒜整个生育期的根系分泌物化感作用还需进一步研究.

本试验模拟轮作方式,采用无菌培养技术研究大蒜根系分泌物对 6 种蔬菜作物的化感作用,结果表明,除对辣椒养分吸收有抑制作用外,对其它作物均表现出促进作用.本试验方法在前人研究的基础上作了进一步改善,由于大蒜鳞茎储备了前期生长所需的养分,所以培养基中未再加入养分,避免了再加入 1/2 MS 培养基后与对照养分的差异问题,能够使下茬作物培养基中的养分含量达到一致.同时考虑了“前茬”大蒜培养基中水分的减少量,在未补足减少的水分的试验中,大蒜根系分泌物均表现出抑制作用,因此,在播种“下茬”作物前要补足减少的水分,消除其与对照的差异.

试验过程中发现,“前茬”大蒜培养基处理过程繁琐,污染率高达 30% 左右,因此在方法和技术上还需改善和提高.

#### 参考文献

- [ 1 ] Adler BB, Beuchat LR. 2002. Death of *Salmonella*, *Escherichia coli*, O157:H7 and *Listeria monocytogenes* in garlic butter as affected by storage temperature. *Journal of Food Protection*, **65**: 1976 – 1980
- [ 2 ] Barnes JP, Putnam AR. 1987. Role of benzoxazinones in allelopathy by rye (*Secale cereale* L.). *Journal of Chemical Ecology*, **13**: 889 – 906
- [ 3 ] Busquet M, Calsamiglia S, Ferret A, et al. 2005. Effect of garlic oil and four of its compounds on rumen microbial fermentation. *Journal of Dairy Science*, **88**: 4393 – 4404
- [ 4 ] Chon SU, Nelson CJ, Coutts JH. 2003. Physiological assessment and path coefficient analysis to improve evaluation of alfalfa autotoxicity. *Journal of Chemical Ecology*, **29**: 2413 – 2424
- [ 5 ] Einhellig FA. 1996. Interactions involving allelopathy in cropping systems. *Agronomy Journal*, **88**: 886 – 893
- [ 6 ] Gao J-F (高俊凤). 2000. *Phytophysiological Experiments*. Xi'an: World Book Press. (in Chinese)
- [ 7 ] Hall AB, Blum U, Fites RC. 1982. Stress modification of allelopathy of *Helianthus annuus* L. debris on seed germination sunflowers. *American Journal of Botany*, **69**: 776 – 783
- [ 8 ] Hu F (胡飞), Kong C-H (孔垂华). 2002. Allelopathic potentials of *Arachis hypogaea* on crops. *Journal of South China Agricultural University* (华南农业大学学报), **23**(1): 9 – 12 (in Chinese)
- [ 9 ] Jimenez-Osornio JJ, Gliessman SR. 1987. Allelopathic interference in a wild mustard (*Brassica campestris* L.) and broccoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica*) intercrop agroecosystem. *ACS Symposium Series-American Chemical Society*, **330**: 262 – 274
- [ 10 ] Jin Y-X (金扬秀), Xie G-L (谢关林), Sun X-L (孙祥良), et al. 2003. Relationship of garlic rotation and severity of fusarium wilt of melon. *Journal of Shanghai Jiaotong University (Agric Sci)* (上海交通大学学报·农业科学版), **21**(1): 9 – 12 (in Chinese)
- [ 11 ] Kato-Noquchi H. 2003. Isolation and identification of an allelopathic substance in *Pisum sativum*. *Phytochemistry*, **62**: 1141 – 1144
- [ 12 ] Kong C-H (孔垂华), Hu F (胡飞). 2001. *Plant Allelopathy and Its Application*. Beijing: China Agriculture Press. (in Chinese)
- [ 13 ] Kong C-H (孔垂华), Li D-J (李德建), Luo S-M (骆世明). 1995. Synthesis of the allantoin and its allelopathic effects on crops. *Ecologic Science* (生态科学), (2): 88 – 91 (in Chinese)
- [ 14 ] Kong C-H (孔垂华), Xu X-H (徐效华), Hu F (胡飞), et al. 2002. Using specific secondary metabolites as markers to evaluate allelopathic potential of rice varieties and their individual plants. *Chinese Science Bulletin* (科学通报), **47**(3): 203 – 206 (in Chinese)
- [ 15 ] Kong C-H (孔垂华). 1998. Problems needed attention on plant allelopathy research. *Chinese Journal of Applied Ecology* (应用生态学报), **9**(3): 332 – 336 (in Chinese)
- [ 16 ] Leuschner RGK, Ielsch V. 2003. Antimicrobial effects of garlic, clove and red hot chilli on *Listeria monocytogenes* in broth model systems and soft cheese. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, **54**: 127 – 133
- [ 17 ] Li M (李明), Ma Y-Q (马永清), Shui J-F (税军峰). 2005. Allelopathic effects of cultured *Cucurbita moschata* root exudates. *Chinese Journal of Applied Ecology* (应用生态学报), **16**(4): 744 – 749 (in Chinese)
- [ 18 ] Lin C-Y (林辰壹), Cheng Z-H (程智慧). 2000. The inhibition effect of *Allium sativum* Bulb extract on edible fungi competition moulds. *Acta Edulis Fungi* (食用菌学报), **7**(1): 62 – 64 (in Chinese)
- [ 19 ] Nanjing Agricultural University (南京农业大学). 1990. *Analysis of Soil and Agrochemistry*. Beijing: Agriculture Press; 213 – 229 (in Chinese)
- [ 20 ] Pramanik MHR, Asao T, Yamamoto T, et al. 2001. Sensitive bioassay to evaluate toxicity of aromatic acids

- to cucumber seedlings. *Allelopathy Journal*, **18**: 161 – 169
- [ 21 ] Qi J-H ( 戚建华 ), Liang Y-L ( 梁银丽 ), Liang Z-S ( 梁宗锁 ). 2005. Effects of root exudates of squash grafted with cucumber shoot on seed germination. *Journal of Plant Physiology and Molecular Biology* ( 植物生理与分子生物学学报 ), **31**( 2 ): 217 – 220 ( in Chinese )
- [ 22 ] Rice EL. 1986. Allelopathy. New York: Academy Press: 157 – 187
- [ 23 ] Sogaard B, Doll H. 1992. A positive allelopathic effect of corn cockle, *Agrostemma githago*, on wheat, *Triticum aestivum*. *Canadian Journal of Botany*, **70**: 1916 – 1918
- [ 24 ] Song X-S ( 宋兴舜 ), Song F-J ( 宋凤杰 ), Yu G-J ( 于广建 ). 2004. Effect of the garlic on tomato diseases. *Journal of Northeast Agricultural University* ( 东北农业大学学报 ), **35**( 4 ): 395 – 398 ( in Chinese )
- [ 25 ] Wang S-Q ( 王树起 ), Han L-M ( 韩丽梅 ), Yang Z-M ( 杨振明 ). 2001. Allelopathy of 1,2-benzenne dicarboxylic acid and malonic acid on soybean growth. *Journal of Jilin Agricultural Sciences* ( 吉林农业科学 ), **26**( 5 ): 15 – 19 ( in Chinese )
- [ 26 ] Williamson GB, Richardson D. 1988. Bioassays for allelopathy: Measuring treatment responses with independent controls. *Journal of Chemical Ecology*, **14**: 181 – 187
- [ 27 ] Wu F-Z ( 吴凤芝 ), Pan K ( 潘 凯 ), Zhou X-Y ( 周秀艳 ). 2005. Effects of cinnamic acid on physiological characteristics of *Cucumis sativus* seedling. *Chinese Journal of Applied Ecology* ( 应用生态学报 ), **16**( 5 ): 915 – 918 ( in Chinese )
- [ 28 ] Xu Z-H ( 徐正浩 ), Guo D-P ( 郭得平 ), Yu L-Q ( 余柳青 ), et al. 2003. Molecular biological study on the action mechanism of rice allelochemicals against weeds. *Chinese Journal of Applied Ecology* ( 应用生态学报 ), **14**( 5 ): 829 – 833 ( in Chinese )
- [ 29 ] Yu J-Q ( 喻景权 ), Yoshihisa M. 1999. Autointoxication of root exudates in *Pisum sativus*. *Acta Horticulturae Sinica* ( 园艺学报 ), **26**( 3 ): 175 – 179 ( in Chinese )
- [ 30 ] Zhang F-L ( 张凤丽 ), Zhou B-L ( 周宝利 ), Wang R-H ( 王茹华 ), et al. 2005. Allelopathic effects of grafted eggplant root exudates. *Chinese Journal of Applied Ecology* ( 应用生态学报 ), **16**( 4 ): 750 – 753 ( in Chinese )
- [ 31 ] Zhu L-X ( 朱丽霞 ), Zhang J-E ( 章家恩 ), Liu W-G ( 刘文高 ). 2003. Review of studies on interactions between root exudates and rhizospheric microorganisms. *Ecology and Environment* ( 生态环境 ), **12**( 1 ): 102 – 105 ( in Chinese )

---

**作者简介** 周艳丽,女,1976年生,博士研究生.主要从事蔬菜栽培生理生态研究,发表论文4篇,申请发明专利1项.  
E-mail: zhouyanli7427@163.com

**责任编辑** 张凤丽

---