

大蒜植株水浸液醇溶成分的化感作用

佟 飞,程智慧,金 瑞,周艳丽

(西北农林科技大学 园艺学院,陕西 杨凌 712100)

[摘 要] 为了解大蒜化感作用的机理,利用大蒜构建合理的栽培制度,以水浸提大蒜植株,XAD-4 树脂吸附后用甲醇洗脱,真空浓缩至干,以蒸馏水溶解获得大蒜植株水浸液醇溶成分,在5种质量浓度梯度下,用蒸馏水为对照,对6种受体蔬菜进行发芽和幼苗生长生物测定,研究大蒜植株水浸液醇溶成分的化感作用。结果表明,0.04 g/mL大蒜植株水浸液醇溶成分对黄瓜、番茄、甜椒、甘蓝、茄子的发芽率、发芽指数及幼苗生长表现出抑制效应,对甜瓜的发芽和生长表现出促进效应。大蒜植株水浸液醇溶成分对番茄表现为低质量浓度促进和高质量浓度抑制的化感效应,0.005 g/mL低质量浓度对番茄苗高和根长分别有极显著和显著的促进作用;但从质量浓度0.01 g/mL开始,对番茄地上部鲜重、根长及根鲜重表现为抑制作用,根系活力高于对照且持续增加;从质量浓度0.02 g/mL开始,对番茄发芽率、发芽指数和苗高表现为抑制作用;从质量浓度0.02 g/mL或0.03 g/mL开始,番茄MDA含量、保护酶SOD和CAT的活性及非保护酶PAL和PPO的活性分别高于对照且持续增加,POD活性急剧降低。以上结果表明,番茄是大蒜植株水浸液醇溶成分的敏感受试作物,高质量浓度的大蒜植株水浸液醇溶成分破坏番茄膜系统,影响番茄植株正常生长。

[关键词] 大蒜;化感作用;水浸液醇溶成分;生物检测;番茄

[中图分类号] S633.4

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2007)06-0119-06

Allelopathy of methanol dissolved ingredient from garlic plant aqueous extracts

TONG Fei, CHENG Zhi-hui, JIN Rui, ZHOU Yan-li

(College of Horticulture, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: In order to know the mechanism of garlic allelopathy, and make use of garlic to set up rational cropping system, the test used garlic plant aqueous extracts adsorbed by XAD-4 resin and dissolved by methanol, then concentrated in vacuum, and dissolved in distilled water by using distilled water for control, to study the allelopathy of methanol dissolved ingredients from garlic plant aqueous extracts on six receiver vegetable crops through bio-assay of seed germination and seedling growth of the receiver crops. The results indicated that at the concentration of 0.04 g/mL garlic extracts showed inhibitory effects on seed germination rate, germination index and seedling growth of cucumber, tomato, sweet pepper, cabbage and eggplant, but promotion effect on melon. Garlic extracts showed double allelopathic concentration effects on tomato, suppression at low concentration and promotion at high concentration. At the low concentration of 0.005 g/mL, the crop length and root length of tomato increased most significantly and significantly, respectively. However, starting from the concentration of garlic extracts increased to 0.01 g/mL, the top fresh weight, root length and root fresh weight of tomato were inhibited, and the content of

†收稿日期] 2006-11-22

[基金项目] 国家“十五”科技攻关项目(2004BA516A09);西北农林科技大学研究生教育创新计划项目(05ych014)

[作者简介] 佟 飞(1981-),女,内蒙古通辽人,在读硕士,主要从事蔬菜栽培生理生态研究。

[通讯作者] 程智慧(1958-),男,陕西兴平人,教授,博士生导师,主要从事蔬菜栽培生理生态与生物技术研究。

E-mail: chengzh@nwsuaf.edu.cn

MDA and the root vigor increased to the level higher than the control; starting from the concentration of garlic extracts increased to 0.02 g/mL, the germination rate, germination index and top length of tomato were inhibited; starting from the concentration of garlic extracts increased to 0.02 g/mL or 0.03 g/mL, the activities of protective enzymes SOD and CAT, and the non-protective enzyme PAL and PPO of tomato were also increased to the level higher than the control and showed gradually increasing trend. Tomato was proved the most sensitive crop among the six receiver crops; height mass of methanol dissolved ingredient from garlic plant aqueous extracts would destroy tomato film system under thickness, and therefore influence its normal growth.

Key words: garlic; allelopathy; methanol dissolved ingredient from aqueous extracts; bio-assay; tomato

化感作用是指一种植物或微生物(供体)向环境中释放某些化学物质,从而影响自身及其他有机体,包括植物、微生物和动物(受体)生长发育的现象。植物化感作用是生态生物化学研究内容的一部分^[1]。植物主要通过其地上部的挥发、雨水淋洗、根际分泌、植株残体的腐解以及花粉直感等途径向环境中释放化感物质,从而对周围生物产生直接或间接的有害或有利的影响^[2]。目前,国内外已对 100 多种植物的化感作用进行了研究^[3],农作物中对大豆、水稻等的研究较多^[4-5]。研究表明,植物内源化感物质不仅对种子发芽率产生影响,而且对植物地上部分和地下部分亦产生重要作用^[6]。

大蒜(*Allium sativum* L.)为百合科葱属植物,具有广谱的杀菌作用和药用价值。近年来对大蒜鳞茎的抑菌作用研究报道较多,但对其化感作用的研究较少,特别是对大蒜植株的化感作用研究更少。随着我国设施蔬菜的迅猛发展,蔬菜连作障碍日渐突出,严重威胁着蔬菜产业的可持续发展^[7]。因此,研究利用植物化感作用和化感物质控制病虫害及连作障碍具有重要的生态意义。

本研究以水浸提大蒜植株获得大蒜植株水浸液醇溶成分,生物检测其对不同受体蔬菜作物的化感作用,研究其作用机理,以期利用大蒜构建和谐的蔬菜栽培制度提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 材料

以大蒜(*Allium sativum* L.,苍山大蒜)为供试作物,黄瓜(*Cucumis sativus* L.,农城 8 号)、番茄(*Lycopersicon esculentum* M.,农城 906)、甜瓜(*Cucumis melo* L.,白雪 1 号)、甜椒(*Capsicum frutescens* Linn,特大门茄)、甘蓝(*Brassica oleracea* L. var. *capitata* Linn,8398)和茄子(*Solanum melongena* Linn.,兰杂二号)为受试作物,种子均购于杨凌西北农林科技大学农城种业中心。

1.2 试验方法

1.2.1 供试材料的培养 供试作物大蒜种植于西北农林科技大学园艺试验场,在大蒜退母后收获植株,用清水洗净,105℃杀青 0.5 h 后 80℃烘干,粉碎保存备用。

1.2.2 大蒜植株水浸液醇溶成分的制备 称取粉碎的大蒜植株干样 40 g 放入三角瓶中,加清水 1 000 mL 封口,置摇床上,在 25℃、160 r/min 浸提 48 h,真空抽滤后在旋转蒸发仪上(55℃)真空减压浓缩至 15 mL,将浓缩液转移到长 40 cm、直径 2.0 cm 的 XAD-4 吸附树脂柱上,吸附 24 h 后用 200 mL 甲醇洗脱,洗脱液在旋转蒸发仪上(42℃)真空减压浓缩至干,随后用 250 mL 水溶解,定容至 1 000 mL 备用,此即为 0.04 g/mL 大蒜植株水浸液原液。

1.2.3 典型受试作物的筛选 通过种子发芽和幼苗生长法从 6 种受试作物中筛选敏感受试作物。供试受体种子用 3 g/L 高锰酸钾溶液浸泡消毒 10 min 后,用蒸馏水冲洗 2~3 次。在铺有 2 张滤纸的培养皿中,放入 60 粒受试作物种子,开始时每皿加入 0.04 g/mL 大蒜植株水浸液原液 8 mL,以后每 2 d 添加 2 mL 大蒜植株水浸液原液,以加蒸馏水处理为对照。各处理重复 4 次,每重复 4 皿,所有处理均在 25℃、4 000 lx 光照下发芽、生长,每天调查发芽种子数。当对照的发芽率达到 90%后计算各处理种子的发芽率、发芽指数,测量苗高、根长及根鲜重。

种子发芽标准是芽长达到种子长度的一半;发芽指数 = $\sum (Gt/Dt)$ (Gt 为第 t 天的发芽数, Dt 为相应的发芽时间)。

1.2.4 大蒜植株水浸液醇溶成分的化感作用 将 1.2.2 中的大蒜植株水浸液原液,分别配成质量浓度为 0.005, 0.01, 0.02, 0.03, 0.04 g/mL 的溶液,以 1.2.3 中筛选的敏感受试作物(番茄)为受体,通过种子发芽和幼苗生长试验(试验条件和方法同 1.2.3)分析大蒜的化感作用,并取受体(番茄)幼苗的根和幼叶测定其生理生化指标。

1.2.5 测定方法 根系活力和丙二醛(MDA)含量测定采用高俊凤^[8]的 TTC 还原法;超氧化物歧化酶(SOD)活性测定采用 NBT 还原法;过氧化物酶(POD)活性测定采用愈创木酚法,以单位时间内 OD₄₇₀ 值变化 0.01 为一个酶活单位;过氧化氢酶(CAT)活性测定参考文献^[9]的方法,以 OD₂₄₀ 值变化 0.01 为一个酶活单位;多酚氧化酶(PPO)活性测定参考朱广廉等^[10]的方法,以 OD₃₉₈ 值变化 0.01 为一个酶活单位;苯丙氨酸解氨酶(PAL)活性测定参考樊自红等^[11]的方法,以 OD₂₉₀ 变化 0.01 为 1 个酶活单位。

1.2.6 化感效应分析 参照 Yu 等^[12]和 Williamson 等^[13]的化感效应指数(RI)。当 $T \geq C$ 时, $RI = 1 - C/T$;当 $T \leq C$ 时, $RI = T/C - 1$,式中:C 为对照值,T 为处理值。 $RI > 0$ 表示起促进作用, $RI < 0$ 表示起抑制作用,绝对值大小与作用强度一致。

2 结果与分析

2.1 大蒜植株水浸液醇溶成分对不同受试作物的化感作用

由表 1 可以看出,大蒜植株水浸液醇溶成分对不同受试作物的化感作用不同。对黄瓜而言,大蒜植株水浸液醇溶成分处理的发芽率、发芽指数和根长均低于对照,但差异不显著;而苗高、地上部鲜重、根鲜重极显著低于对照。对番茄而言,大蒜植株水浸液醇溶成分处理的发芽率和发芽指数的化感效应

指数分别为 - 0.166 1, - 0.596 9;苗高、地上部鲜重、根长及根鲜重的化感效应指数依次为 - 0.562 2, - 0.518 8, - 0.863 1 和 - 0.617 4,各项指标与对照差异均达到极显著水平。对甜瓜而言,除发芽率和发芽指数外,其余测定指标处理与对照间均呈显著的化感促进效应。对甜椒,大蒜植株水浸液醇溶成分处理的发芽率和发芽指数均呈极显著的化感抑制效应,化感效应指数分别为 - 0.592 8, - 0.720 6;对苗高、地上部鲜重、根长的抑制作用稍弱,与其对照差异显著,对根鲜重的抑制作用最弱,与其对照差异不显著。对甘蓝,大蒜植株水浸液醇溶成分处理的发芽率、发芽指数、根长及根鲜重均呈极显著的化感抑制效应,对苗高呈显著的化感抑制效应,对地上部鲜重的抑制效果不显著,其中根长及根鲜重的化感效应指数分别为 - 0.741 8, - 0.730 1。对茄子,大蒜植株水浸液醇溶成分处理的发芽指数呈极显著的化感抑制效应,化感效应指数为 - 0.529 4;苗高及地上部鲜重与对照差异显著,化感效应指数分别为 - 0.268 3, - 0.209 6;对发芽率、根长及根鲜重的抑制效果不显著。

由以上结果可知,在筛选质量浓度下,大蒜植株水浸液醇溶成分对番茄的化感抑制效应最明显,各项测定指标与对照间差异均极显著。因此,进一步试验选择番茄作为研究大蒜植株水浸液醇溶成分化感作用的敏感受试作物。

表 1 大蒜植株水浸液醇溶成分对受试作物的化感作用

Table 1 Allelopathy of methanol dissolved ingredient from garlic plant aqueous extracts on different receiver crops							
受试作物 Receiver crop	处理 Treatment	发芽率/ % Germination rate	发芽指数 Germination index	苗高/ cm Top length	根长/ cm Root length	鲜重/ g Fresh weight	
						地上部 Top	根 Root
黄瓜	CK	99.5 a	47.25 a	2.25 aA	6.79 a	1.063 aA	1.707 aA
Cucumber	处理 Treatment	97.5 a	45.25 a	1.13 bB	6.38 a	0.581 bB	1.134 bB
番茄	CK	92.5 aA	31.36 aA	1.85 aA	10.01 aA	0.160 aA	0.115 aA
Tomato	处理 Treatment	68.8 bB	12.64 bB	0.81 bB	1.37 bB	0.077 bB	0.044 bB
甜瓜	CK	84.0 a	28.19 a	2.88 bA	5.93 bA	0.398 bA	0.208 bA
Melon	处理 Treatment	87.0 a	31.75 a	3.37 aA	8.01 aA	0.465 aA	0.319 aA
甜椒	CK	83.5 aA	11.13 aA	1.45 aA	2.49 aA	0.109 aA	0.212 a
Pimiento	处理 Treatment	34.0 bB	3.11 bB	1.37 bA	1.73 bA	0.083 bA	0.191 a
甘蓝	CK	87.5 aA	86.00 aA	1.81 aA	3.37 aA	0.204 a	0.063 aA
Cabbage	处理 Treatment	76.0 bB	67.35 bB	1.56 bA	0.87 bB	0.205 a	0.017 bB
茄子	CK	85.0 a	17.68 aA	3.54 aA	5.68 a	0.334 aA	0.141 a
Eggplant	处理 Treatment	80.5 a	8.32 bB	2.59 bA	5.31 a	0.264 bA	0.135 a

注: 同列数据后不同小写和大写英文字母分别表示同一受试作物处理与对照在 5 % 和 1 % 水平上达显著性差异。下表同。
Note: The small and capital English letters in the same line indicate the difference at 5 % and 1 % level, respectively, among the handled and control of the same crop. The same as the following table.

2.2 不同质量浓度大蒜植株水浸液醇溶成分对番茄的化感作用

由表 2 可以看出,不同质量浓度大蒜植株水浸液醇溶成分对番茄的各项测定指标均有不同影响,

但总体上表现为高质量浓度抑制低质量浓度促进的效应。与对照相比,0.005 g/ mL 大蒜植株水浸液醇溶成分对番茄各指标表现出化感促进效应,其中对苗高和根长的促进效应显著,化感效应指数分别为

0.271 7 和 0.129 4;0.01 g/ mL 大蒜植株水浸液醇溶成分对番茄发芽率、发芽指数和苗高均呈化感促进效应,其中对苗高的促进效应显著,但对番茄根长、地上部鲜重、根鲜重均呈化感抑制效应,其中根长和地上部鲜重的抑制效应极显著;大蒜植株水浸液醇溶成分从质量浓度 0.02 g/ mL 开始,对番茄各

测定指标均表现为化感抑制效应,在质量浓度达 0.04 g/ mL 时抑制效应最强,对番茄苗高和地上部鲜重的化感效应指数分别为 - 0.562 2 和 - 0.518 8,对根长和根鲜重的化感效应指数分别为 - 0.863 1 和 - 0.617 4,对根的化感作用较茎强。

表 2 不同质量浓度大蒜植株水浸液醇溶成分对番茄的化感作用

Table 2 Allelopathy of methanol dissolved ingredient from garlic plant aqueous extracts on tomato						
大蒜植株水浸液/ (g · mL ⁻¹) Concentration	发芽率/ % Germination rate	发芽指数 Germination index	苗高/ cm Top length	根长/ cm Root length	鲜重/ g Fresh weight	
					地上部 Top	根 Root
0(CK)	85.5 aAB	31.32 aA	2.45 bBC	10.31 bAB	0.211 aA	0.118 abAB
0.005	90.1 aA	32.86 aA	3.14 aA	11.74 aA	0.259 aA	0.138 aA
0.01	86.3 aAB	31.62 aA	2.91 aA	8.49 cC	0.170 bB	0.116 bAB
0.02	83.0 aAB	22.86 bB	2.27 bCD	7.75 cC	0.162 bBC	0.107 bB
0.03	82.2 abAB	18.23 cC	1.85 cDE	4.24 dD	0.139 cC	0.069 cC
0.04	71.8 bB	14.14 dC	1.41 dE	1.67 eE	0.087 dD	0.045 dC

2.3 大蒜植株水浸液醇溶成分对番茄生理生化指标的影响

2.3.1 对番茄 SOD、POD 和 CAT 活性的影响
由图 1 可以看出,受试作物番茄的 SOD 活性随大蒜植株水浸液醇溶成分质量浓度的增加呈先降低后升高的变化趋势,用 0.005 g/ mL 大蒜植株水浸液醇

溶成分处理,番茄的 SOD 活性较对照降低,说明番茄未受到胁迫。番茄 SOD 活性以大蒜植株水浸液醇溶成分质量浓度 0.01 g/ mL 为转折点,随着大蒜植株水浸液醇溶成分质量浓度增加,对番茄的化感抑制效应增强,即番茄植株为了抵御这种胁迫而启动 SOD 保护酶体系的保护作用,因此 SOD 活性升高。

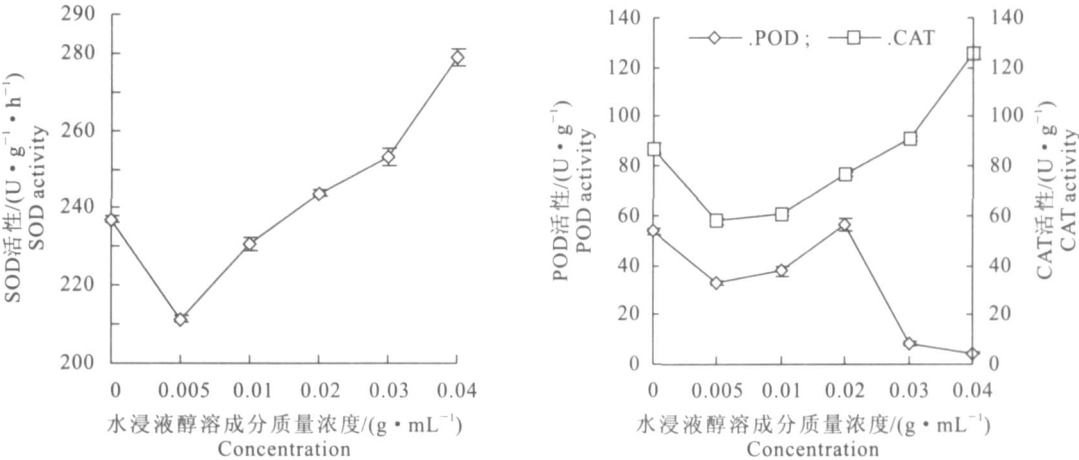


图 1 大蒜植株水浸液醇溶成分对番茄 SOD、POD 和 CAT 活性的影响

Fig.1 Effect of methanol dissolved ingredient from garlic plant aqueous extract on the SOD,POD and CAT activity
POD 可抑制逆境条件下细胞膜脂过氧化作用,降低细胞膜遭受伤害。大蒜植株水浸液醇溶成分质量浓度在 0.005 ~ 0.01 g/ mL 时,番茄 POD 活性低于对照;随着大蒜植株水浸液醇溶成分质量浓度的增加,番茄 POD 活性升高;当大蒜植株水浸液醇溶成分质量浓度达 0.02 g/ mL 时,番茄 POD 活性达到最高点,这可能是由于植株受到胁迫后调动了 POD 保护酶体系所致;而随着大蒜植株水浸液醇溶成分质量浓度的继续升高,化感胁迫作用已经超出 POD 的保护范围,因此 POD 活性急剧降低。
CAT 可清除植物体内的 H₂O₂,是植物体重要的活性氧清除剂之一。随着大蒜植株水浸液醇溶成分质量浓度的增加,番茄 CAT 活性呈现先降低后升高的变化趋势。当大蒜植株水浸液醇溶成分质量浓度在 0.005 ~ 0.01 g/ mL 时,化感效应表现为促进作用,番茄 CAT 活性低于对照;而随着质量浓度的继续增加,番茄生长受到抑制,CAT 活性持续升高;在质量浓度为 0.03 g/ mL 时,番茄 CAT 活性已大于对照,以抵御这种化感胁迫。
2.3.2 对番茄 MDA 含量和根系活力的影响

MDA 作为膜脂过氧化作用的最终产物,其含量是膜脂过氧化程度的一个重要标志,而且与细胞膜的损害程度直接相关。由图 2 可以看出,当大蒜植株水浸液醇溶成分质量浓度小于 0.02 g/mL 时,大蒜化感效应表现为促进作用,并且在保护酶系的保护范围内,MDA 含量较对照低;当质量浓度大于 0.02 g/mL 时,化感抑制效应使得膜脂过氧化程度增强,

同时保护酶系的综合保护能力降低,MDA 含量逐渐增加,标志着细胞受伤害的程度加剧。

由图 3 可以看出,随着大蒜植株水浸液醇溶成分质量浓度的升高,从 0.01 g/mL 开始,番茄根系活力逐渐升高,并且均大于对照,这可能是由于化感效应使根系活力增强以抵御外界的胁迫,对植株正常生长具有促进作用。

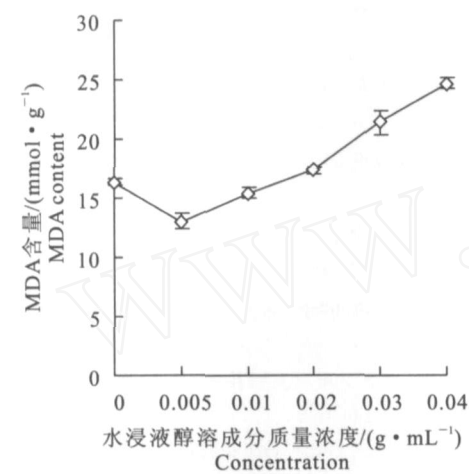


图 2 大蒜植株水浸液醇溶成分对番茄 MDA 含量的影响
Fig. 2 Effect of garlic aqueous extracts on MDA in tomato

2.3.3 对番茄 PPO 和 PAL 活性的影响 PPO 能使一元酚和二元酚氧化生成醌,而醌类物质可抑制植物不定根的产生,使植物渐趋死亡,即过高的多酚氧化酶活性对植物生长不利。由图 4 可以看出,随着大蒜植株水浸液醇溶成分质量浓度的升高,番茄 PPO 活性先降低后增强,在质量浓度为 0.04 g/mL 时,番茄 PPO 活性达到最高点。

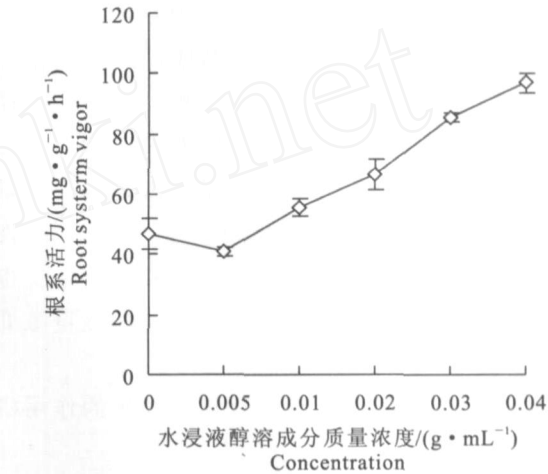


图 3 大蒜植株水浸液醇溶成分对番茄根系活力的影响
Fig. 3 Effect of garlic aqueous extracts on root syst

PAL 催化 L-苯丙氨酸非氧化性脱氨生成反式肉桂酸,反式肉桂酸又是植物酚类的生物合成起始物,该酶在植物次生化代谢中具有极重要的地位。由图 4 可见,随着大蒜植株水浸液醇溶成分质量浓度的升高,番茄 PAL 活性也呈现先降低后升高的趋势。这可能是由于大蒜植株水浸液醇溶成分在低质量浓度时化感效应呈现促进作用,植株次生代谢状况趋于平衡,因此 PAL 活性较对照低;但随着大蒜植株水浸液醇溶成分质量浓度的升高,植株受到胁迫,体内次生代谢趋缓,从而引发 PAL 活性升高,以加速次生代谢,保证植株正常生长。

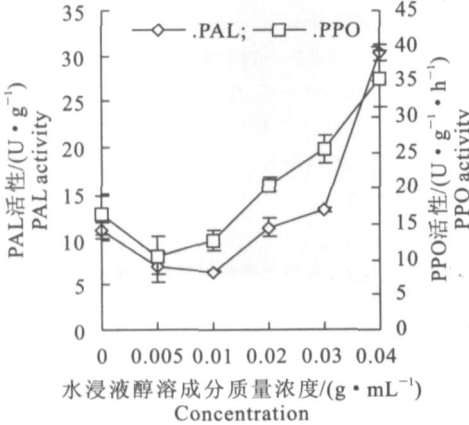


图 4 大蒜植株水浸液醇溶成分对番茄 PAL 和 PPO 活性的影响
Fig. 4 Effect of garlic aqueous extracts on PAL and PPO activity in tomato

3 小结与讨论

3.1 大蒜的化感效应具有多样性

本研究结果表明,大蒜植株水浸液醇溶成分的化感物质对不同受试作物有不同效应,并且作用强度不尽相同。如在 0.04 g/mL 质量浓度下,对黄瓜和茄子发芽及幼苗生长有一定抑制作用,对番茄各指标的影响均达到极显著水平,对甜瓜的发芽率及幼苗生长均表现为促进作用,对甜椒发芽率有极显著抑制作用,但对苗高及地上部鲜重、根长及根鲜重的抑制作用稍弱;对甘蓝地上部鲜重的影响不大,说

明同一质量浓度的大蒜植株水浸液醇溶成分,对不同受试作物有不同的化感效应。

3.2 不同质量浓度大蒜植株水浸液醇溶成分的化感效应

李香菊等^[14]报道,不论小麦植株活体、水浸液还是残体覆盖均对升马唐种子的发芽有抑制作用,抑制程度随化感物质质量的增大而加强。周志红等^[15]研究表明,番茄水浸液对受试作物表现明显的高浓度抑制和低浓度促进的双重浓度效应。甄润德等^[16]对细叶亚菊挥发油中抑制垂穗披碱草的化合物进行分离鉴定认为,不同浓度的细叶亚菊挥发油对垂穗披碱草种子的萌发率、株高、根长都有不同程度的抑制作用,浓度越大抑制作用越强,并且在质量浓度低时对根长有一定刺激生长作用。本研究也表明,大蒜植株水浸液对番茄种子发芽和幼苗生长也表现高质量浓度抑制和低质量浓度促进的双重浓度效应。

3.3 大蒜植株水浸液醇溶成分化感物质的作用机理

化感物质的主要作用是干扰作物的一些高级代谢过程和生长调节系统,已知有些化感物质会抑制细胞的分裂和伸长,使细胞核变形,膜系统受到损伤,对膜的伤害可能是化感物质多种效应的起始点^[17]。本研究结果表明,当大蒜植株水浸液醇溶成分质量浓度低时,对番茄的化感效应表现为促进作用,MDA 含量较对照降低;随着大蒜植株水浸液醇溶成分质量浓度的增加,MDA 含量增加,细胞膜受到破坏,并伴随着 SOD、POD 和 CAT 保护酶系统的启动,以抵御外界的胁迫。在化感作用下,番茄根系活力和 PPO 及 PAL 活性升高,这可能是植株对化感作用适应的生理调节反应。

3.4 化感物质及其利用

化感作用是高等植物中普遍存在的现象。Rice^[18]把化感物质分为 14 类,主要是一些次生代谢物质,如酚酸类、类萜等。一般化感物质的分子质量较小,结构较简单^[19],其所表现的化感作用与农业生产密切相关,虽不一定直接应用于生产,但为人们寻找天然源植物生长调节剂,或模拟其结构开发拟天然源生长调节剂^[17]提供了途径。生物途径合成的天然植物生长调节剂具有低毒高效、易于吸收和降解等特点,因此,可减轻农业生产对环境的压力,降低农作物中化学药剂残留量。开展这方面的研究

对于发展生态农业和无公害农业具有重要意义。

[参考文献]

- [1] 赵风云,毕红卫,王元秀.植物生化他感作用及其在生产实践中的应用[J].淄博学院学报,2000,2(1):25-27.
- [2] Gao Y M, Li J S, Apahidean A L S. The study of priming of carrot seed on solid medium[J]. Buletin University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine, ClujNapoca Romania, 2005, 29(6):31-35.
- [3] 马永清,刘德立.杂草间化感作用及其在杂草防治中的应用[J].生态学杂志,1991,10(5):46-49.
- [4] 杜英君,靳月华.连作大豆植株化感作用的模拟研究[J].应用生态学报,1999,10(2):209-212.
- [5] 王大力.水稻化感作用研究综述[J].生态学报,1998,18(3):326-334.
- [6] [日]中山包.发芽生理学[M].北京:农业出版社,1988.
- [7] Williamson G B. Bioassays for allelopathy measuring treatment responses with independent controls[J]. J Chem Ecol, 1988, 14(1):181-187.
- [8] 高俊凤.植物生理学实验技术[M].西安:世界图书出版社,2000:92-93,196-199.
- [9] 波钦诺夫 X H.植物生理生化分析方法[M].荆家海,译.北京:科学出版社,1981:197-201.
- [10] 朱广廉,钟海文.植物生理学实验[M].北京:北京大学出版社,1990:37-40.
- [11] 樊自红,沈瑞祥,周仲铭.过氧化物酶和苯丙氨酸解氨酶与毛白杨抗锈病的关系[J].植物病理学报,1989,19(2):95-100.
- [12] Yu J Q, Ye S F, Zhang M F. Effects of root exudates and aqueous root extracts of cucumber (*Cucumis scuivus*) and allelochemicals on photosynthesis and antioxidant enzymes in cucumber[J]. Biochemical Systematic and Ecology, 2003, 3(1):129-139.
- [13] Williamson G B, Richardson D. Bioassays for allelopathy: measuring treatment responses with independent contrds [J]. J Chem Ecol, 1988, 14(1):181-187.
- [14] 李香菊,吕德滋,李扬汉.小麦对升马塘种子发芽的异株克生作用研究[J].河北农业大学学报,2000,23(2):74-78.
- [15] 周志红,骆世明,牟子平.番茄的化感作用研究[J].应用生态学报,1997,8(4):445-449.
- [16] 甄润德,张树源,白雪芳,等.细叶亚菊挥发油中抑制垂穗披碱草化合物的分离与鉴定[J].植物生理学报,1996,22(3):311-314.
- [17] 董章杭,林文雄.作物化感作用研究现状及前景展望[J].中国生态农业学报,2001,9(1):80-83.
- [18] Rice E L. Biological control of weeds and plant diseases: Advances in applied allelopathy [M]. Oklahoma: University of Oklahoma Press, 1990:23-27.
- [19] 阎飞,杨振明,韩丽梅.植物化感作用及其作用物的研究方法[J].生态学报,2000,20(4):692-696.