

大蒜化感作用及其利用研究进展

丁海燕 程智慧*

(西北农林科技大学园艺学院, 农业部西北地区园艺作物生物学与种质创制重点实验室, 陕西杨凌 712100)

摘要:近年来关于大蒜化感作用的研究日益增多,它在农业生产中的利用潜力逐渐被人们发现。本文主要从大蒜化感现象的发现、化感作用机理、化感物质鉴定、化感作用利用以及化感作用研究方法等方面进行讨论,对大蒜化感作用研究存在的问题和发展方向进行综合评述。

关键词:大蒜;化感作用;化感物质;综述

植物的化感作用是指活体植物通过植株淋溶、根系分泌物、地上部挥发、残体分解等途径向环境中释放一些化学物质,从而影响周围易感植物的生长和发育 (Inderjit et al., 2006)。近年来,植物生态学家在研究生物间有害的相互作用时发现,化感作用与其他干扰植物生长的模式不同,它不是靠竞争共同资源消灭其他物种,而是向环境释放一些化学物质影响其他物种。这些化学物质被称为化感物质,化感物质具有多样性,不同物种间、同一物种的不同器官、组织间包含的化学物质的化学结构、浓度以及作用对象都不同,这与生物和非生物之间的变化是有密切联系的 (Hierro & Callaway, 2003)。

1 大蒜化感作用现象

大蒜 (*Allium sativum* L.) 在我国栽培面积和产量均居世界第一,在农业生产中,大蒜是公认的有益前茬作物,一些蔬菜与大蒜间套轮作,可减轻病虫害和生理性病害的发生;它具有杀虫、杀菌、抗病毒、抗癌等作用,引起了消费者和学者的广泛关注 (Iciek et al., 2009); 在栽培面积最大的山东

地区,大蒜连作障碍问题也已引起关注;野生蒜在草本植物群体中通过抑制周围植物生长成为一种优势种群的现象也被人们发现 (Djurđjevic et al., 2004)。这些现象都是大蒜化感作用的体现。

1.1 大蒜的自毒作用

刘素慧等 (2011) 研究表明,大蒜短期连作 (5 a 和 10 a), 其根际土壤细菌、放线菌和各生理类群数量急剧增加,真菌数量缓慢增加,土壤酶活性逐渐上升,微生态环境向良性方向发展,大蒜产量和品质也显著增加,但随着连作年限的增加 (15 a 和 20 a), 大蒜根际土壤细菌、放线菌和各生理类群数量下降,真菌数量增加,土壤酶活性降低,土壤微生态环境呈变劣趋势,大蒜产量和品质也随之显著下降,连作障碍较为明显,除此之外,通过组织培养法得到的大蒜根系分泌物对大葱、洋葱和韭菜等同属作物种子萌芽和生长均有抑制作用,且抑制程度随着大蒜根系分泌物浓度的增大而加大 (刘素慧等, 2011)。因此,大蒜连作条件下,随着田间根系分泌物逐年累积可产生强烈的自毒作用,是大蒜产地发生连作障碍的重要原因。

1.2 大蒜对其他作物的影响

大蒜不同器官产生的化感物质对不同受体作物的化感作用及作用浓度不同。大蒜植株不同部位均有一定的化感作用,包括大蒜鳞茎提取物 (张百俊等, 2005; Dong et al., 2012)、大蒜根系分泌物 (周艳丽等, 2007a, 2007b)、大蒜秸秆浸提物以及腐解物 (佟飞等, 2007a; 王春会等, 2009; Han

丁海燕,女,博士研究生,专业方向:蔬菜栽培生理生态, E-mail: woaimama195710@nwsuaf.edu.cn

* 通讯作者 (Corresponding author): 程智慧,教授,博士生导师,专业方向:蔬菜栽培生理生态, E-mail: chengzh@nwsuaf.edu.cn

收稿日期: 2014-03-31; 接受日期: 2014-05-25

基金项目: 国家自然科学基金项目 (31171949), 国家公益性行业 (农业) 科研专项 (200903018-7)

et al., 2013)、大蒜地上部挥发物(赖荣泉, 2011)等。

目前, 关于大蒜缓解设施栽培中果菜的连作障碍以及合理制定田间栽培模式促进增产增收的相关研究, 是大蒜化感作用研究的热门之一。大棚番茄连续定位套作大蒜第3年可增加土壤的微生物数量, 显著提高土壤酶的活性, 证实了大棚番茄套作大蒜是丰富土壤微生物多样性和酶活性的有效措施, 连续套作大蒜可以改善大棚番茄连作导致的土壤微生物数量少、土壤酶活性低等问题(孙彩菊等, 2012); 大蒜鳞茎提取物在合理的栽培体系下可通过调整黄瓜生长环境有效缓解黄瓜连作障碍问题(Dong et al., 2012)。张昱(2007)以玉米/蒜苗、玉米/大蒜两种套作方式为研究对象, 发现玉米/蒜苗套作系统促进了玉米对氮、磷、钾的吸收, 显著提高玉米根际土壤中速效氮、磷、钾的含量, 生物学产量和经济学产量的LER均大于1, 有明显的套作优势。玉米/大蒜套作中, 玉米植株氮、钙的吸收量显著增加, 不做任何分隔的套作处理玉米经济产量比单作增产25.51%。

1.3 大蒜对微生物的影响

大蒜素、大蒜根际区物浸提液、大蒜鳞茎水提液以及大蒜植株水提液均可通过使病菌孢子变形、孢壁或分生孢子梗破裂, 内含物外渗而使蔬菜上常见病害的病原菌失去活力, 对其产生明显的抑制作用(宋兴舜等, 2004; 佟飞, 2007; 林辰壹等, 2009), 另外, 施用大蒜秸秆原粉末以及发酵物均可有效地对抗番茄根结线虫(Gong et al., 2013)。Khan和Cheng(2010)研究了大蒜根系分泌物对辣椒疫霉菌菌丝的形态学影响, 结果表明大蒜根系分泌物导致了疫霉菌菌丝的细胞形态和细胞内部物质组成的改变, 证明了大蒜根系分泌物是对抗辣椒疫病的一种很有前景的环境友好型的物质, 可以考虑投入到有机农业的生产中。除此之外, 大蒜还对其他一些致病菌, 如草莓灰霉病菌和番茄青枯病菌等有抑制效果(Khan & Cheng, 2010; 张万萍和赵丽, 2012)。

2 大蒜化感作用机理

目前, 化感物质被证实通过各种途径进入自然环境后, 通过影响植物细胞分裂和膨大、破坏植物细胞膜的完整性及其功能、影响植物水分状况和

营养元素的吸收、影响植物的光合作用、干扰植物体内激素平衡、影响植物蛋白质的合成及酶活性、抑制植物相关基因的表达等生命活动, 进而影响植物的生长发育(张振贤和程智慧, 2008)。大蒜化感物质可以通过影响受体基础代谢途径中一些关键酶或活性物质来影响受体呼吸作用、光合作用、与生长相关的调节系统等, 对受体种子萌发、植株幼苗生长造成一定的影响; 大蒜化感物质对植物病原菌具有抑制作用, 可抑制病原菌细胞的分裂和伸长, 导致病原菌瓦解, 防治植物病害。此外, 大蒜化感物质可以通过改变受体生长环境对受体产生影响, 如化感物质与受体植物生长的土壤环境中的微生物相互作用, 调节土壤微生物群落结构, 改变土壤营养组成成分, 最终改变受体植物生长的土壤环境(Ambika, 2013)。

3 大蒜的化感物质

迄今人们已鉴定的植物化感物质多为一些酚类、类萜类等植物次生代谢物质, 主要通过乙酸途径、莽草酸途径或两种途径结合产生, 其分子结构比较简单, 分布于植物的根、茎、叶、花、果实和种子中, 不同的物种间、同属植物间或同株植物的不同部位所包含的化感物质都不相同, 化感物质的形成由植物的遗传特性以及外部环境条件双重因素共同决定。Inderjit和Duke(2003)总结了植物根系会分泌糖、氨基酸、有机酸、脂肪酸、甾醇、生长因子、酶类、黄酮类化合物、类黄酮、核苷酸类化合物以及一些其他有机化合物, 其中很多物质都被证实为化感物质。根据结构和成分不同, Rice于1974年将化感物质分为14大类, 即水溶性有机酸、直链醇、脂肪族醛和酮, 简单不饱和内脂, 长链脂肪酸和多炔, 苯醌、葱醌和复醌, 简单酚、苯甲酸及其衍生物, 肉桂酸及其衍生物, 香豆素类, 类黄酮, 丹宁, 类萜和甾类化合物, 氨基酸和多肽, 生物碱和氰醇, 硫化物和芥子油苷, 嘌呤和核苷(董章杭和林文雄, 2001)。

近些年, 研究人员对大蒜的化感物质进行了初步的鉴定(表1), 发现大蒜的化感物质随着大蒜植株不同部位、外界环境因素以及受体植物变化而发生变化。大蒜的化感物质主要为一些有机硫化物、有机酸、酚类和一些有机酯类化合物, 不同部

表1 大蒜不同部位鉴定得到的可能化感物质

来源	鉴定得到的可能化感物质	主要成分	文献
根系分泌物	2, 6-二异丙基苯酚、2, 6-二叔丁基对甲酚、2, 2'-亚甲基双(4-甲基-6-叔丁基)苯酚、邻苯二甲酸二辛酯、花生酸、阿魏酸、9-十六烯酸、肉豆蔻酸、二烯丙基二硫化物	有机硫化物、酚类	(刘素慧等, 2011; 周艳丽和程智慧, 2012)
鳞茎	对香豆酸、阿魏酸、对羟基苯甲酸、香草酸	有机酸	(Djurđjevic et al., 2004)
叶片	二烯丙基二硫化物、1, 3-二噻烷、邻苯二甲酸二丁酯、对香豆酸、阿魏酸、对羟基苯甲酸、香草酸	有机硫化物、酯类	(Djurđjevic et al., 2004; 金瑞等, 2007)
秸秆	2-甲氧基-1, 6-己二酸甲酯、邻苯二甲酸二丁酯、3-甲氧基-4-羟基-苯甲酸、对羟基苯甲酸, 对甲氧基苯酚	酯类、酚类、有机酸	(佟飞等, 2007b)。
土壤	酚类化合物、香豆酸、阿魏酸、对羟基苯甲酸、香草酸和丁香酸	有机酸、酚类	(Djurđjevic et al., 2004)

位鉴定出的物质不完全相同, 但有部分重叠。

4 大蒜化感作用的利用

研究表明, 辣椒与大蒜间作对辣椒疫病的发生有明显的抑制作用(杨彬等, 2008); 蒜苗/玉米套作系统产生的地上部环境更有利于蒜苗的生长, 其杂草的种类、数量和生物学产量都低于单作, 有明显的套作优势(程智慧等, 2008)。在我国大蒜栽培中, 人们常常将大蒜与棉花、大豆、蔬菜、瓜果类作物间套轮作, 形成立体式高产栽培模式(刘素慧等, 2013), 这也是目前生产栽培中的研究热点之一。因此, 通过确立大蒜与其他作物之间存在的化感作用关系, 尽可能避免大蒜化感作用的有害影响, 利用其有益作用, 合理规划田间作物栽培模式, 设计出有效的作物间、套、混作种植模式, 解决设施栽培中连作障碍难题。

大蒜是天然的杀菌剂, 对烟草、黄瓜、番茄等多种作物的致病菌均具有有效的抑制作用(宋卫国等, 2005; Li & Cheng, 2008; 赖荣泉等, 2011); 大蒜具有抗肿瘤, 治疗心血管疾病的功效(柳星和袁媛, 2004; 马瑛, 2013), 目前人们正在研制开发有效作用物质制药; 大蒜与其他一些天然抗氧化剂制成的复合抗氧化剂, 可以有效抑制不饱和脂肪酸的氧化, 保鲜蔬菜、水果以及冷鲜肉等, 大大延长这些商品的货架期(李爱军等, 2002; 张恒, 2006; 陈洪生等, 2008)。因此, 通过对大蒜不同部位化感物质的提取、分离和鉴定, 可开发出天然选择性杀虫剂、杀菌剂、除草剂, 抗肿瘤药品, 天然食品抗氧化剂等, 减少化学农药的大量使用, 减轻农业生产对环境的负面影响, 降低农作物中化学农药残留量, 真正实现生态农业的可持续发展。

5 大蒜化感作用研究方法

5.1 生物测定法

目前植物化感作用研究常用的生物测定法有: 试管法、改进型海绵-培养皿法、滤纸-培养皿法、植物根箱法、田间试验法(Kong et al., 2006)、盆栽法(王大力, 1998)、水浸提生物测试法、等隔离体积共培法以及琼脂迟播共培法等(林文雄等, 2006)。其中滤纸-培养皿法、田间试验法、盆栽法、水浸提生物测试法等在大蒜化感作用的研究中都有使用。研究者们在此基础上也进行了一些改进, 如水培共培养、沙培共培养、基质共培养等共培法, 也更多地使用了较为接近自然状态的田间试验方法, 如大蒜与受体作物间套作和轮作等, 证实了间套作系统通过提高土壤的生物活性以及改善土壤微生物群落结构, 为受体植物生长提供了良好的生物环境, 促进受体植物生长, 减少田间病虫害, 最终提高了受体产量(Xiao et al., 2012, 2013; Ahmad et al., 2013)。

目前对于大蒜化感作用的研究, 生物测定法是化感作用筛选研究十分重要的途径, 此方法得到的结果快速直观, 可行性较强, 受到科研工作者的青睐, 然而, 生物测定法只能用来检测大蒜对受体植物是否具有化感效应以及确定其化感效应类型, 不能真正揭示大蒜的化感机理, 需要结合其他手段共同深入探讨大蒜的化感作用。

5.2 化学法

化学方法常用于分离提取化感物质, 通常使用水或有机溶剂浸提大蒜的残体、茎秆、叶片、根系以及吸附了根系分泌物的活性炭等, 通过大分子树脂或层析法分离, 从而将分离得到的物质进一步

鉴定。目前化感物质鉴定的方法主要有气相色谱法（徐丽红等，2010）、高效液相色谱法（Yoo et al., 2010）、气相色谱-质谱法（Seal et al., 2004）、核磁共振法及旋光法（Kato-Noguchi et al., 2011）等。

5.3 分子生物学方法

目前国内外采用分子手段研究大蒜化感作用的报道较为罕见，机理研究多处于生理层面。研究普遍认为水稻化感作用特性是由多基因控制的，表现为数量性状，已在这一数量性状 QTL 定位方面取得了明显进展。此外，基因诱导、RNA 干扰、分子标记以及蛋白组学、高通量测序等（Fang et al., 2009；喻景权，2011；Qiu et al., 2012）技术在化感作用研究领域均有涉及，探索化感物质如何影响受体作物重要代谢途径，关键基因表达、信号传导，以及通过分子标记等方法筛选化感作用较强品种等（Sharangi, 2011）。因此，通过借鉴其他作物的化感作用研究方法开展对大蒜化感作用分子机理研究十分必要。

6 大蒜化感作用研究中存在的问题和展望

6.1 主效化感物质难以分离鉴定

大蒜化感物质通过多种途径与大量次生代谢产物形成混合物后进入环境，这种混合物的协同作用会掩盖或干扰观察到的化感活性和本质的化感作用，而且化感物质的作用效果会受到植物遗传因子、植物栽培密度、植物生长周期和生长阶段、植物生境和气候因子、动物和微生物侵袭、土壤结构及其理化性质、光温水气等环境因子以及农药和人工化学药品等因素的影响（须海丽，2008）。因此，如何确定主效化感物质，如何采取恰当的方法将其分离提取出来，如何筛选合适的物质鉴定条件及方法确定主效物质，这些都是研究中亟待解决的问题。

6.2 多因子交叉互作制约了课题研究进展

由于大蒜化感作用受环境、受体植物种类、微生物群落结构等多方面的影响，国内对其研究多处于起始阶段，以往研究多数仅限于用单一化感物质作用于受体植物，或仅涉及化感现象的观察、化感物质的初提取、分离以及单一方法鉴定等方面，对化感作用机制、生态环境等方面的研究较少。目前

处于起步阶段而急需深入拓展的课题方向包括：植物响应外界胁迫的化感适应机制、对不同生态型植物化感物质的种类鉴定和数量的研究、植物对环境的生物反馈调节机制、特异的化感物质在植物体内合成、分泌、对环境的响应以及其控制基因的定位、克隆、微生物在植物化感作用中的作用和调节机制等（Cipollini et al., 2012）。

大蒜在生长发育不同阶段产生化感物质的数量和质量不同，很难使用恰当的方法确定和统一控制化感物质作用的临界浓度，而只有在合适的浓度下，化感物质才能产生最佳的抑制或促进效果。因此，在明确大蒜的化感作用遗传机制后，可利用生物技术和基因工程手段，一方面培育具有有益化感效应的大蒜品种，另一方面可将化感基因导入高产抗病作物基因组中，培育出既能实现高产优质高效，又能在田间条件下自动抑制杂草和病虫害的优良作物品种（董章杭和林文雄，2001）。

参考文献

- 陈洪生，孔保华，刁静静. 2008. 大蒜提取物对冷却肉保鲜及抗氧化性的研究. 食品工业科技, (8): 117-120.
- 程智慧，张昱，徐强. 2008. 玉米/蒜苗套作优势的生态学分析. 生态学报, 28 (9): 4405-4413.
- 董章杭，林文雄. 2001. 作物化感作用研究现状及前景展望. 中国生态农业学报, 9 (1): 90-93.
- 金瑞，程智慧，佟飞，周艳丽. 2007. 离体蒜苗挥发物的化感作用及其成分分析. 西北植物学报, 27 (11): 2286-2291.
- 赖荣泉. 2011. 套种大蒜对烟田生物群落的影响 [博士论文]. 福州: 福建农林大学.
- 赖荣泉，曾文龙，江桂花，李玲英，谢先辉. 2011. 大蒜乙醇提取物对烟草青枯病及普通花叶病的控制作用初报. 云南农业大学学报: 自然科学版, 26 (2): 284-287.
- 李爱军，欧仕益，罗泽榕，刘红. 2002. 一种天然抗氧化剂复合物抗氧化作用的研究. 食品科学, 56 (1): 55-58.
- 林辰壹，郑成锐，程智慧. 2009. 大蒜鳞茎提取液对黄瓜 2 种种传病害的抑制及化感作用研究. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 30 (10): 140-144.
- 林文雄，何海斌，熊君，沈荔花，吴敏鸿，林瑞余，何华勤，梁义元，李兆伟，陈婷. 2006. 水稻化感作用及其分子生态学研究进展. 生态学报, 26 (8): 2687-2694.
- 刘素慧，刘世琦，张自坤，尉辉，黄治军，张宇. 2011. 大蒜根系分泌物对同属作物的抑制作用. 中国农业科学, 44 (12): 2625-2632.
- 刘素慧，秦旭，杨向黎，刘庆涛，尉辉，蒲琼. 2013. 棉花—大豆—蔬菜间套作高效立体栽培. 中国蔬菜, (1): 59-60.
- 柳星，袁媛. 2004. 大蒜素抗肿瘤的作用机制. 世界华人消化杂

- 志, 12 (11): 165-168.
- 马瑛. 2013. 大蒜抗心血管疾病研究进展. 中国调味品, 38 (9): 6-9.
- 宋卫国, 李宝聚, 石延霞, 刘开启. 2005. 大蒜提取物抑制番茄灰霉菌活性测定. 中国蔬菜, (8): 21-22.
- 宋兴舜, 宋凤杰, 于广建. 2004. 大蒜素对番茄三种真菌病害的影响. 东北农业大学学报, 35 (4): 395-398.
- 孙彩菊, 程智慧, 孟焕文, 李晓敏, 赵慧玲, 刘同金. 2012. 大棚番茄连续定位套蒜第3年度土壤微生物数量和酶活性的变化. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 40 (12): 97-105.
- 佟飞. 2007. 大蒜植株水浸液的化感作用和抑菌作用[硕士论文]. 杨凌: 西北农林科技大学.
- 佟飞, 程智慧, 金瑞, 孟焕文. 2007a. 大蒜秸秆对番茄的化感作用及化感物质初步鉴定. 中国第三届植物化感作用学术研讨会、第八届全国杂草科学大会、联合国粮农组织—中国“水稻化感作用论坛”. 海口.
- 佟飞, 程智慧, 金瑞, 周艳丽. 2007b. 大蒜植株水浸液醇溶成分的化感作用. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 35 (6): 119-124.
- 王春会, 程智慧, 牛青, 梁静娜, 薛书浩. 2009. 大蒜植株超声波浸提液对不同受体蔬菜的化感作用. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 37 (7): 103-109.
- 王大力. 1998. 水稻化感作用研究综述. 生态学报, 18 (3): 104-112.
- 须海丽. 2008. 植物化感作用研究中亟待解决的问题综述. 农业科技通讯, (8): 92-95.
- 徐丽红, 王建清, 张巧艳, 李晓敏, 邱承海, 袁利文. 2010. 保健食品中大蒜素色谱检测方法的研究. 分析测试, 29 (8): 802-806.
- 杨彬, 陈修斌, 杨德江, 鄂利锋. 2008. 辣椒套作大蒜对辣椒疫病防治效果研究初探. 河西学院学报, 24 (2): 59-60.
- 喻景权. 2011. “十一五”我国设施蔬菜生产和科技进展及其展望. 中国蔬菜, (2): 11-23.
- 张百俊, 王广印, 陈莫照. 2005. 大蒜浸提液对西葫芦种子活力及幼苗生长的影响. 河南农业大学学报, 39 (1): 62-64.
- 张恒. 2006. 生姜大蒜提取物保鲜蔬菜. 食品科技, (1): 114-117.
- 张万萍, 赵丽. 2012. 大蒜提取物和根系分泌物对3种土传性病原菌的抑菌效果. 中国蔬菜, (2): 66-71.
- 张昱. 2007. 玉米/大蒜、玉米/蒜苗套作优势研究[硕士论文]. 杨凌: 西北农林科技大学.
- 张振贤, 程智慧. 2008. 高级蔬菜生理学. 北京: 中国农业大学出版社.
- 周艳丽, 程智慧, 孟焕文. 2007a. 大蒜根系分泌物对不同受体蔬菜的化感作用. 应用生态学报, 18 (1): 81-86.
- 周艳丽, 程智慧, 孟焕文, 高红春. 2007b. 大蒜根系水浸液及根系分泌物的化感作用评价. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 35 (10): 87-92.
- 周艳丽, 程智慧. 2012. 大蒜根系分泌物化感作用及化感物质的比较. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 40 (2): 116-120.
- Ahmad I, Cheng Z H, Meng H W, Liu T J, Wang M Y, Ejaz M, Wasila H. 2013. Effect of pepper-garlic intercropping system on soil microbial and bio-chemical properties. Pakistan Journal of Botany, 45 (2): 695-702.
- Ambika S R. 2013. Allelopathy. http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-30595-5_16.
- Cipollini D, Rigby C M, Barto E K. 2012. Microbes as targets and mediators of allelopathy in plants. Journal of Chemical Ecology, 38 (6): 714-727.
- Djordjevic L, Dinic A, Pavlovic P, Mitrovic M, Karadzic B, Tesevic V. 2004. Allelopathic potential of *Allium ursinum* L. Biochemical Systematics and Ecology, 32 (6): 533-544.
- Dong L L, Hao Z P, Zuo Y M, Li X L, Wang Q, Christie P. 2012. Effects of garlic bulb aqueous extract on cucumber seedlings, soil microbial counts, and enzyme activities. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 43 (22): 2888-2896.
- Fang C X, Xiong J, Qiu L, Wang H B, Song B Q, He H B, Lin R Y, Lin W X. 2009. Analysis of gene expressions associated with increased allelopathy in rice induced by exogenous SA. Plant Growth Regul, 57: 163-172.
- Gong B, Blossies S, Li X, Wei M, Yang F, Shi Q, Wang X. 2013. Efficacy of garlic straw application against root-knot nematodes on tomato. Scientia Horticulturae, 161: 49-57.
- Han X, Cheng Z, Meng H, Yang X, Ahmad I. 2013. Allelopathic effect of decomposed garlic (*Allium sativum* L.) stalk on lettuce (*L. sativa* var. *crispa* L.). Pak J Bot, 45 (1): 225-233.
- Hierro J L, Callaway R M. 2003. Allelopathy and exotic plant invasion. Plant and Soil, 256 (1): 29-39.
- Iciek M L G, Kwiecie I N, Odek L W L. 2009. Biological properties of garlic and garlic-derived organosulfur compounds. Environmental and Molecular Mutagenesis, 50 (3): 247-265.
- Inderjit, Duke S O. 2003. Ecophysiological aspects of allelopathy. Planta, 217 (4): 529-539.
- Inderjit, Callaway R M, Vivanco J M. 2006. Can plant biochemistry contribute to understanding of invasion ecology? Trends in Plant Science, 11 (12): 574-580.
- Kato-Noguchi H, Le Thi H, Teruya T, Suenaga K. 2011. Two potent allelopathic substances in cucumber plants. Scientia Horticulturae, 129 (4): 894-897.
- Khan M A, Cheng Z H. 2010. Influence of garlic root exudates on cytomorphological alteration of the hyphae of *Phytophthora capsici*, the cause of Phytophthora blight in pepper. Pak J Bot, 42 (6): 4353-4361.
- Kong C H, Li H B, Hu F, Xu X H, Wang P. 2006. Allelochemicals released by rice roots and residues in soil. Plant and Soil, 288 (1-2): 47-56.
- Li S, Cheng Z H. 2008. *Allium sativum* extract as a biopesticide

- affecting pepper blight. *International Journal of Vegetable Science*, 15(1): 13–23.
- Qiu M, Zhang R, Xue C, Zhang S, Li S, Zhang N, Shen Q. 2012. Application of bio-organic fertilizer can control Fusarium wilt of cucumber plants by regulating microbial community of rhizosphere soil. *Biology and Fertility of Soils*, 48(7): 807–816.
- Seal A N, Pratley J E, Haig T, An M. 2004. Identification and quantitation of compounds in a series of allelopathic and non-allelopathic rice root exudates. *Journal of Chemical Ecology*, 30(8): 1647–1662.
- Sharangi A B. 2011. In search of allelopathy from common alliaceae crops for managing weeds in coriander: an overview. *International Journal of Agricultural Research*, 6(3): 209–217.
- Xiao X, Cheng Z, Meng H, Khan M A, Li H. 2012. Intercropping with garlic alleviated continuous cropping obstacle of cucumber in plastic tunnel. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B-Soil & Plant Science*, 62(8): 696–705.
- Xiao X M, Cheng Z H, Meng H W, Liu L H, Li H Z, Dong Y X. 2013. Intercropping of greengarlic (*Allium sativum* L.) induces nutrient concentration changes in the soil and plants in continuously cropped cucumber (*Cucumis sativus* L.) in a plastic tunnel. *PLoS one*, 8(4): e62173.
- Yoo M, Lee S, Lee S, Seog H, Shin D. 2010. Validation of high performance liquid chromatography methods for determination of bioactive sulfur compounds in garlic bulbs. *Food Science and Biotechnology*, 19(6): 1619–1626.

Research Progress on Garlic Allelopathy and Its Utilization

DING Hai-yan, CHENG Zhi-hui*

(College of Horticulture, Northwest A & F University, Key Laboratory of Horticultural Plant Germplasm Resource Utilization in Northwest China, Ministry of Agriculture, Yangling 712100, Shaanxi, China)

Abstract: In recent years, studies on Garlic (*Allium sativum* L.) allelopathic effect are increasing day by day. Its utilization in agricultural production has gradually been found out. This paper mainly focuses on the discussion about discovery of garlic allelopathy phenomena, allelopathy mechanism, identification of allelochemicals, allelopathy utilization, research methods, etc. The paper also conducts comprehensive review on existing problems and development direction of garlic allelopathy research.

Key words: Garlic; Allelopathy; Allelochemicals; Review

欢迎订阅 2015 年《作物学报》

《作物学报》是由中国科学技术协会主管、中国作物学会和中国农业科学院作物科学研究所共同主办、科学出版社出版的有关作物科学的学术期刊。前身可追溯到 1919 年创办的《中华农学会丛刊》。主要刊载农作物遗传育种、耕作栽培、生理生化、种质资源以及与作物生产有关的生物技术、生物数学等学科具基础理论或实践应用性的原始研究论文、专题评述和研究简报等。办刊宗旨是报道本领域最新研究动态和成果，为繁荣我国作物科学研究、促进国内外学术交流、加速中国农业现代化建设服务。读者对象是从事农作物科学研究的科技工作者、大专院校师生和具有同等水平的专业人士。

《作物学报》从 1999 年起连续 12 年获“国家自然科学基金重点学术期刊专项基金”的资助。2006~2014 年连续 9 年获“中国科协精品科技期刊工程项目 (B 类和学术质量建设)”资助。从 2002 年起连续 12 年被中国科技信息研究所授予“百种中国杰出学术期刊”称号。2013 年被新闻出版广电总局评为“百强科技期刊”，2011 年获“第二届中国出版政府奖期刊奖提名奖”，2005 年获“第三届国家期刊奖提名奖”。2008 和 2011 年被中国科学技术信息研究所授予“中国精品科技期刊”称号。2012 和 2013 年被 CNKI 评为“中国最具国际影响力学术期刊”。2009 年被中国期刊协会和中国出版科学研究所授予“新中国 60 年有影响力的期刊”称号。据北京大学图书馆编著的《中文核心期刊要目总览》(2004、2008 和 2011 年版) 登载,《作物学报》被列入“农学、农作物类核心期刊表”的首位。

《作物学报》为月刊, 每期 192 页, 每册订价 60 元, 全年 720 元。可通过全国各地邮局订阅, 刊号: ISSN 0496-3490, CN 11-1809/S, 邮发代号: 82-336。也可向编辑部直接订购。

地址: 北京市海淀区中关村南大街 12 号 中国农业科学院作物科学研究所《作物学报》编辑部 (100081)

电话: 010-82108548 传真: 010-82105793 网址: <http://zwx.chinacrops.org/> E-mail: zwx301@caas.cn