

离体蒜苗挥发物质对模拟连作当归种子发芽的影响

邱黛玉^{1,2}, 张正杰¹

甘肃农业大学, 甘肃省中药材规范化生产技术创新重点实验室, 甘肃 兰州 730070

摘要: 目的 研究离体蒜苗挥发物质对模拟连作胁迫下当归 *Angelica sinensis* 种子发芽特性的影响。方法 采用当归根浸提液处理当归种子模拟连作障碍, 用离体蒜苗模拟大蒜挥发物质的化感作用环境, 进行当归种子发芽特性研究。结果 当归根浸提液对当归种子的发芽具有明显的抑制作用, 且当归根浸提液质量浓度越大, 其抑制作用越强; 对于未用当归根浸提液处理的当归种子, 离体蒜苗挥发物质对当归种子发芽特性的影响基本表现为低质量 (蒜苗质量 50 g) 促进而高质量 (蒜苗质量 100~200 g) 抑制的趋势; 对于用当归根浸提液处理过的当归种子, 离体蒜苗挥发物质对当归种子发芽特性的影响表现为一定的化感促进作用, 当供体蒜苗质量为 50~100 g 时, 其对当归发芽的促进效应达到极显著水平 ($P < 0.01$), 当供体蒜苗质量为 200 g 时, 促进作用不显著 ($P < 0.05$), 但不存在抑制作用。结论 离体蒜苗产生的挥发物质对由当归根浸提液产生的发芽抑制作用具有一定的缓解效应。

关键词: 当归; 离体蒜苗; 连作胁迫; 种子萌发; 化感作用

中图分类号: R282.2 文献标志码: A 文章编号: 0253-2670(2016)06-1010-06

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2016.06.025

Effect of isolated garlic sprouts on germination properties of *Angelica sinensis* seeds under simulated continuous cropping stress

QIU Dai-yu^{1,2}, ZHANG Zheng-jie¹

Gansu Key Laboratory of Chinese Medicines Standardized Production Technological Innovation, Gansu Agricultural University Lanzhou 730070, China

Abstract: Objective To study the effect of volatile from isolated garlic sprouts on the germination characteristics of *Angelica sinensis* seeds under simulated continuous cropping stress. **Methods** Treating the obstacle of *A. sinensis* seeds under simulate continuous cropping stress with the extract from *Angelica Sinensis Radix* and using isolated garlic sprouts to simulate garlic volatile allelopathy environment, so as to study the germination characteristics of *A. sinensis* seeds. **Results** The extracts from *Angelica Sinensis Radix* inhibited the germination of *A. sinensis* seeds, and the higher the concentration was, the stronger the inhibition effects will be. The volatile from the isolated garlic sprouts promoted the germination of *A. sinensis* seeds, which was not treated with the extracts from *Angelica Sinensis Radix* at low concentration (50 g isolated garlic sprouts) and inhibited the germination at high concentration (100—200 g isolated garlic sprouts). The isolated garlic sprouts volatile had certain promoting allelopathy on the germination properties of *A. sinensis* seeds which were treated with the extracts from *Angelica Sinensis Radix*. When the fresh weight of the donor garlic sprouts was 50—100 g, the promoting effects on *A. sinensis* seeds germination reached extremely significant level ($P < 0.01$). When the fresh weight of garlic sprouts was 200 g, the promoting effects were not significant ($P < 0.05$). **Conclusion** The volatile from the isolated garlic sprouts could alleviate the germination inhibition by extracts from *Angelica Sinensis Radix*.

Key words: *Angelica sinensis* (Oliv.) Diels; isolated garlic sprouts; continuous cropping stress; seed germination; allelopathy

当归 *Radix Angelica Sinensis* 为大宗常用中药材,《中国药典》2010 年版一部收载的当归来源于伞形科 (Apiaceae) 当归 *Angelica sinensis* (Oliv.) Diels 的干燥根^[1]。甘肃为栽培当归的道地产区,其中以“岷归”最为著名,年栽培面积和总产量都占全国的 90% 以上,主要远销韩国、日本、越南、非洲等地。随着药材用量的日益增加,大力发展人工

栽培成为满足当归需求的主要途径之一^[2]。但近年来由于连作导致病虫害严重,严重影响保护地当归的生长,有毒农药残留严重超标,药材品质日益下降,而熟地育苗模式也由于病虫害严重等因素制约而无法推广,因此研究新型的绿色种植模式是防止有毒农药对药材威胁及提高其产量的一个主要方向。大蒜 *Allium sativum* L. 作为一种很好的前茬作

收稿日期: 2015-06-19

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (31201176); 甘肃省中药现代制药工程研究院科研项目资助

作者简介: 邱黛玉 (1978—), 女, 博士, 副教授, 硕士生导师, 主要从事中草药栽培研究。E-mail: qiudy@gsau.edu.cn

物,对许多作物种子萌发、幼苗生长和病虫害防治等方面都具有显著的化感效应^[3]。如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质量浓度抑制的趋势;大蒜浸提液中的化感物质对不同品种的菜豆种子发芽率的抑制率都在20%以下^[4-5]。在当归产区有当归和大蒜等作物间套作来缓解当归连作障碍的探索,当归/大蒜对减缓当归连作障碍有一定作用,但其机制还无深入研究^[6]。本研究利用大蒜离体蒜苗模拟大蒜化感条件,研究其对当归根提取物模拟的连作胁迫下当归种子萌发特性的影响及其规律,旨在探索大蒜地上部分产生的挥发性物质对当归种子,尤其对处于连作胁迫下的当归种子发芽是否存在有益的化感效应,本研究结果可为当归大蒜间作种植模式缓解当归连作障碍提供一定的理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试材料

供试作物蒜苗从菜市场购买,剪成5 cm左右小段备用;当归样品采自其道地产区甘肃岷县茶埠乡,经甘肃农业大学陈垣教授鉴定为伞形科植物当归 *Angelica sinensis* (Oliv.) Diels 的种子。选取当年籽粒饱满、色泽粉白、大小均一的当归种子,去翼后备用。

1.2 实验设计

本研究利用当归根系浸提液模拟当归连作胁迫环境,用离体蒜苗模拟大蒜挥发物质的化感作用环境,研究不同质量浓度大蒜挥发物质对连作胁迫下当归种子发芽能力的影响。实验采用2因素完全随机区组设计,设置离体蒜苗质量和当归根浸提液浓度2个因素,其中当归根系浸提液质量浓度分别为0、5、10、15 mg/mL 4个水平,以模拟当归连作不同胁迫水平;蒜苗挥发物质的浓度通过加入容器内的蒜苗质量控制,设0、50、100、200 g 4个水平,实验共16个处理,每处理3次重复。

1.3 实验方法及测定指标

1.3.1 发芽实验 当归种子先用蒸馏水浸种4 h,然后用次氯酸钠处理10 min,最后用不同质量浓度的当归根系浸提液浸种1 h,在室温避光条件下进行发芽实验^[7-8]。发芽实验使用带有活塞的玻璃干燥器,利用乳胶管将玻璃容器与外界空气接通,底部放置新鲜的蒜苗,干燥器隔层放置培养皿,利用纸上发芽法,在培养皿(直径9 cm)内铺入双层滤纸,用

移液管吸取10 mL蒸馏水于培养皿内,将处理好的当归种子按50粒每皿摆放,实验期间每2天更换一次蒜苗,每天打开乳胶管夹通气2 h。

1.3.2 当归根系浸提液的制备 称取过2号筛的当归根系粗粉25 g,采用双提法,即先用蒸馏法提出挥发性成分,再将药渣在常压下加热回流提取3次,加水量分别为药材质量的10、6、6倍,提取时间依次为2、0.5、0.5 h,每次提取液用4层纱布加100目筛分别滤过,离心(3 000 r/min, 15 min),合并滤液,浓缩,再将浓缩液与挥发性成分混合,并定容至100 mL,即得当归根系提取液(每毫升样品液相当于原药材0.25 g),实验时再稀释成不同的质量浓度。

1.3.3 测定指标及方法 从种子置床24 h后每隔24 h观察种子萌发情况(以胚芽突破种皮作为标准),记录正常发芽种子数和霉变种子数,直到发芽结束。种子实验测定方法按GB/T3543.4-1995《农作物种子检验规程 发芽试验》标准规定执行^[9]。

发芽势=规定时间内发芽种子数/种子总数,以7 d后的发芽种子数为标准计算

发芽率=终期发芽种子数/种子总数,以12 d后的发芽种子数为标准计算

发芽指数= $\sum G_i/D_i$,其中, G_i 指各日净发芽数, D_i 为相应的发芽天数

活力指数= $GI \times S$,其中,GI为发芽指数,S为相应时期内胚芽长度

霉变率=霉变种子数/种子总数,以10 d后的霉变种子数为标准进行计算

胚芽长度的测定是将培养皿里发芽种子的胚根、幼芽从种子结合部切下后测定其长度计算平均值。 α -淀粉酶活性按3,5-二硝基水杨酸法测定^[10]。

1.4 数据分析与统计方法

数据采用Excel 2007和SPSS 19.0进行统计分析。化感效应指数采用Williamson等^[11]的方法进行。当 $T \geq C$ 时,化感效应指数= $1 - C/T$;当 $T < C$ 时,化感效应指数= $T/C - 1$ (其中,C为对照值,T为处理值,化感效应指数 >0 为促进作用,化感效应指数 <0 为抑制作用,绝对值大小与作用强度一致)。

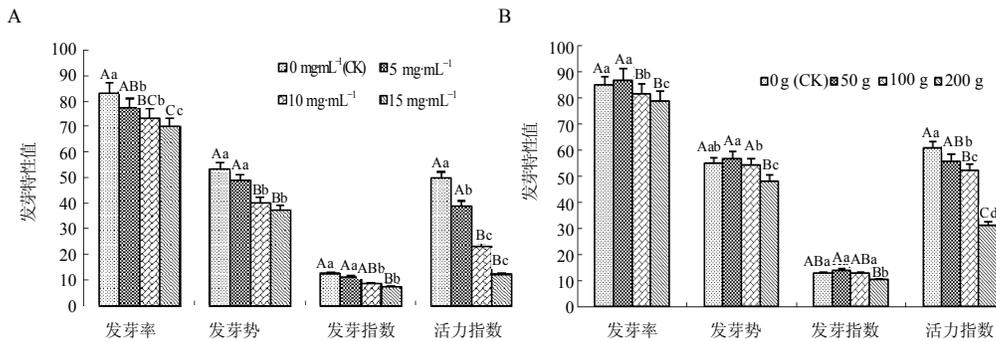
2 结果与分析

2.1 离体蒜苗挥发物质对模拟连作胁迫下当归种子发芽特性的影响

当归根浸提液及离体蒜苗挥发物质均对当归种子发芽具有一定的影响。其中当归根浸提液对当归种子的萌发具有明显的抑制作用,且当归根浸提液质量浓

度越大,其抑制作用越强,当浸提液质量浓度为 15 mg/mL 时,当归种子的发芽率、发芽势、发芽指数和活力指数的平均值分别较对照(CK)下降了 15.59%、30.00%、41.92%和 75.92%(图 1-A)。在未用当归根浸提液浸种的处理中,离体蒜苗挥发物质对当归种子发芽能力的影响基本表现为低质量(50 g)促进而高质量时(100~200 g)抑制的趋势(图 1-B)。由化感效应指数可以看出,其发芽率、发芽势、发芽指数的化感效应指数分别为 0.04、0.02、0.08,这均表明低质量浓度离体蒜苗挥发物质

对未用当归根浸提液处理的当归种子的萌发存在一定的化感促进效应,但其促进效应并不显著(表 1)。在蒜苗质量高于 50 g 时,随着蒜苗质量的增加表现出显著的化感抑制作用,当供体蒜苗的鲜质量为 200 g 时,当归种子的发芽率、发芽势和活力指数与对照相比分别下降 7.09%、12.20%和 20.02%,其发芽率、发芽势、发芽指数和活力指数的化感效应指数分别为-0.12, -0.07, -0.20 和-0.49,均低于对照和其他处理(表 1),表明高质量浓度蒜苗挥发物质抑制了当归种子的萌发。



小写和大写英文字母分别表示同一指标 5%和 1%水平的差异显著性,下同
The normal and capital letters indicate the difference in 5% and 1% level respectively at same items, same as below

图 1 当归根浸提液 (A) 和离体蒜苗挥发物质 (B) 对当归种子发芽特性的影响

Fig. 1 Effect of extract from *Angelica Sinensis Radix* (A) and volatile from isolated garlic sprouts (B) on germination of *A. sinensis* seeds

表 1 当归种子发芽指标的化感效应指数

Table 1 Allelopathic index of *A. sinensis* seeds germination indexes

| 当归浸提液/(mg·mL ⁻¹) | 供体蒜苗质量/g | 化感效应指数 | | | |
|------------------------------|----------|--------|-------|-------|-------|
| | | 发芽率 | 发芽势 | 发芽指数 | 活力指数 |
| 0 | 0 (CK) | — | — | — | — |
| | 50 | 0.04 | 0.02 | 0.08 | -0.08 |
| | 100 | -0.01 | -0.04 | 0.00 | -0.14 |
| | 200 | -0.12 | -0.07 | -0.20 | -0.49 |
| 5 | 0 | -0.18 | -0.09 | -0.22 | -0.52 |
| | 50 | -0.05 | -0.05 | 0.00 | -0.24 |
| | 100 | -0.07 | -0.10 | -0.02 | -0.31 |
| | 200 | -0.11 | -0.11 | -0.24 | -0.31 |
| 10 | 0 | -0.34 | -0.16 | -0.48 | -0.76 |
| | 50 | -0.22 | -0.09 | -0.16 | -0.54 |
| | 100 | -0.21 | -0.12 | -0.26 | -0.52 |
| | 200 | -0.29 | -0.17 | -0.42 | -0.66 |
| 15 | 0 | -0.40 | -0.24 | -0.59 | -0.84 |
| | 50 | -0.24 | -0.13 | -0.30 | -0.75 |
| | 100 | -0.28 | -0.13 | -0.35 | -0.74 |
| | 200 | -0.34 | -0.19 | -0.50 | -0.88 |

以无当归根浸提液和蒜苗挥发物质的处理为对照

Treatment without extract from *Angelica Sinensis Radix* or isolated garlic sprouts was as control

离体蒜苗挥发物质对模拟连作胁迫下的当归种子发芽表现为一定的化感促进作用。当供体蒜苗质量为 50~100 g 时, 当归种子的发芽率、发芽势、发芽指数和活力指数较对照提高, 差异达到极显著水平 ($P < 0.01$), 当供体蒜苗质量为 200 g 时, 促进作用不明显, 但未出现抑制作用。在当归根浸提液质量浓度为 15 mg/mL 时, 用 100 g 离体蒜苗处理的当归种子发芽率、发芽势和发芽指数分别较无蒜苗处理的对照 (CK₃) 增加 15.11%、20.39% 和 57.80%, 用 200 g 离体蒜苗处理的当归种子其发芽率、发芽势和发芽指数较对照 (CK₃) 分别增加

6.80%、9.25% 和 18.01% (表 2)。分别以无离体蒜苗挥发物质的处理为对照 (CK、CK₁、CK₂、CK₃), 表现为在未用当归浸提液的处理中, 当归种子发芽指标的化感效应指数在高质量浓度离体蒜苗处理中为负值, 随着当归浸提液质量浓度的增加, 化感效应指数有增加的趋势 (表 2)。对于用当归根浸提液处理的当归种子, 与同当归浸提液浓度水平下的无蒜苗处理相比较, 供体蒜苗所产生的挥发性物质对由当归浸提液的抑制作用具有一定的缓解作用, 即一定量的蒜苗挥发物质可缓解连作对当归种子萌发的抑制作用。

表 2 当归种子发芽指标的化感效应指数

Table 2 Allelopathic index of *A. sinensis* seeds germination indexes

| 当归浸提液/(mg·mL ⁻¹) | 供体蒜苗质量/g | 化感效应指数 | | | |
|------------------------------|----------------------|--------|-------|-------|-------|
| | | 发芽率 | 发芽势 | 发芽指数 | 活力指数 |
| 0 | 0 (CK) | — | — | — | — |
| | 50 | 0.04 | 0.02 | 0.08 | -0.08 |
| | 100 | -0.01 | -0.04 | 0.00 | -0.14 |
| | 200 | -0.12 | -0.07 | -0.20 | -0.47 |
| 5 | 0 (CK ₁) | — | — | — | — |
| | 50 | 0.14 | 0.05 | 0.22 | 0.36 |
| | 100 | 0.12 | -0.01 | 0.21 | 0.25 |
| | 200 | 0.08 | -0.02 | -0.02 | 0.30 |
| 10 | 0 (CK ₂) | — | — | — | — |
| | 50 | 0.16 | 0.07 | 0.39 | 0.46 |
| | 100 | 0.17 | 0.04 | 0.30 | 0.49 |
| | 200 | 0.07 | -0.01 | 0.10 | 0.29 |
| 15 | 0 (CK ₃) | — | — | — | — |
| | 50 | 0.21 | 0.13 | 0.42 | 0.36 |
| | 100 | 0.17 | 0.13 | 0.37 | 0.38 |
| | 200 | 0.09 | 0.07 | 0.18 | -0.28 |

分别以无蒜苗挥发物质影响的处理为对照

Treatment without isolated garlic sprouts as controls separately

2.2 离体蒜苗挥发物质对模拟连作胁迫下当归种子胚芽长度的影响

当归根浸提液对当归胚芽生长具有一定的抑制作用, 而蒜苗挥发物质则表现为低质量促进而高质量抑制。在未用当归浸提液处理中, 随着当归蒜苗质量的增加, 胚芽长度依次减小, 当蒜苗鲜质量为 200 g 时, 与对照相比, 当归胚芽长度降低了 36.19%, 差异达到极显著水平 ($P < 0.01$)。而用高质量当归根浸提液或高质量离体蒜苗处理后, 当归胚芽发青甚至坏死。用 5 mg/mL 和 10 mg/mL 的当归浸提液的分别处理中, 与同水平下未加离体蒜苗的处理相比, 蒜苗挥发物质对当归胚芽的生长具有促进作用, 当蒜苗鲜质量为 200 g

时, 胚芽长度较对照增加了 46.00% 和 25.66%, 在用 15 mg/mL 的当归浸提液的处理中, 高质量蒜苗挥发物质 (蒜苗鲜质量 200 g) 对当归胚芽的生长又表现出显著的抑制作用 ($P < 0.05$) (图 2-A)。整体来看, 蒜苗挥发物质对浸提液的抑制作用具有一定的延缓作用。从胚芽的长势来看, 未用当归根系浸提液处理, 离体蒜苗挥发物质浓度较低的处理当归胚芽长势较好, 而高质量蒜苗挥发物质处理下当归胚芽生长受阻, 这可能是高质量蒜苗挥发物质的加入, 减少了种子发芽所需的氧分量, 影响了胚芽生长的呼吸强度, 从而抑制了体内的各种生物酶活性, 同时也减缓了胚根对微量元素吸收等, 进而影响了当归胚芽的生长。

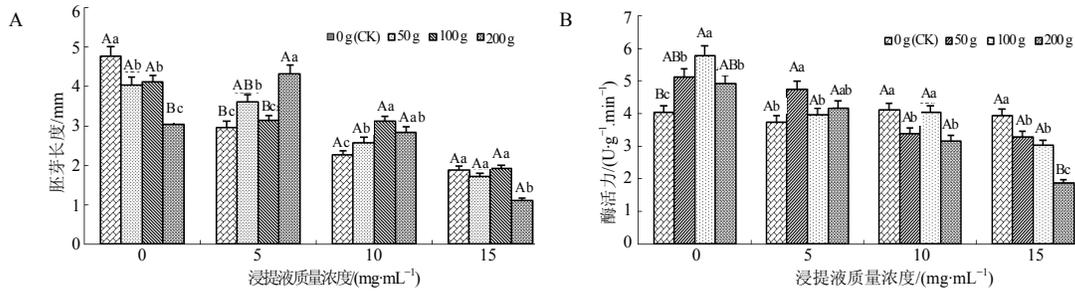


图 2 离体蒜苗挥发物质对模拟连作胁迫下当归种子胚芽长度 (A) 和 α-淀粉酶活性 (B) 的影响

Fig. 2 Effect of volatile from isolated garlic sprouts on embryo length (A) and α-amylase activity (B) of *A. sinensis* seeds

2.3 离体蒜苗挥发物质对连作胁迫下当归种子 α-淀粉酶活性的影响

α-淀粉酶活性是衡量种子萌发的一个重要的生理指标,不同质量的蒜苗挥发物质对模拟连作胁迫下当归种子萌发时的 α-淀粉酶活性具有一定的化感效应。在未用当归浸提液的处理中,随着供体蒜苗质量的增加,受体当归种子的 α-淀粉酶活性呈上升趋势,在供体蒜苗质量为 100 g 时,α-淀粉酶活性最大,在蒜苗质量大于 100 g 时,当归种子的 α-淀粉酶活性又开始下降。而随着当归浸提液浓度不断增大,当归种子的 α-淀粉酶活性都有不同程度的降低。在浸提液质量浓度为 15 mg/mL 的水平下,蒜苗质量为 200 g 时的当归种子的 α-淀粉酶活性与对照相比下降了 52.15%,而在浸提液质量浓度为 5 mg/mL 的水平下,用 200 g 蒜苗处理的当归种子的 α-淀粉酶活性与对照相比增加了 11.44% (图 2-B)。这表明离体蒜苗挥发物质对当归种子中 α-淀粉酶活性的影响较为敏感,在供体蒜苗质量较少时,受体内的保护酶系统启动,抵御外界胁迫;当蒜苗挥发物质浓度增大到一定值,或用高质量浓度的当归浸提液处理时,外界的胁迫已超出其自身的调节能力,受体当归种子的萌发被抑制,使得自身代谢减慢,酶活性降低。

2.4 离体蒜苗挥发物质对连作胁迫下当归种子霉变率的影响

从图 3 可以看出,当归种子的霉变率随着当

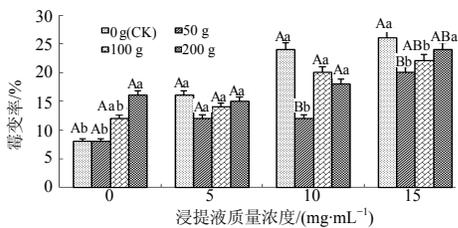


图 3 离体蒜苗挥发物质对当归种子霉变率的影响

Fig. 3 Effect of volatile from isolated garlic sprouts on *A. sinensis* seeds rot rate

根浸提液的质量浓度的增大而增大,当浸提液质量浓度为 15 mg/mL 时,当归种子的霉变率比对照增加了 150%。而在无当归根浸提液的处理中,随着蒜苗质量的增加,当归种子的霉变率也呈增大的趋势,当蒜苗质量为 200 g,当归种子的霉变率比对照增加了 100%。考虑互作效应,在 10 mg/mL 当归根浸提液+50 g 蒜苗和 15 mg/mL 当归根浸提液+50 g 蒜苗的处理中,当归种子霉变率显著较同模拟连作胁迫水平下未加蒜苗的处理低,说明 50 g 蒜苗可在一定程度上缓解由当归根提取物导致的霉变。从种子外观来看,随着蒜苗质量和当归浸提液质量浓度的增大,胚芽发霉变坏,产生连片的菌落,真菌数量增加,引起种子的病变。这些都表明当归根的浸提液具有生长抑制作用,低质量浓度时抑制作用弱或不具有抑制作用,而随浓度升高抑制作用随之增加。

3 讨论

对于不同的蔬菜类作物,大蒜挥发物质对其的化感效应不同^[12-13]。本研究通过室内模拟实验,用不同浓度的当归根系浸提液模拟连作水平,通过不同质量浓度的蒜苗挥发物质来研究当归种子的萌发特性。结果表明,当归根浸提液及离体蒜苗挥发物质均对当归种子萌发具有一定的影响。其中当归根浸提液对当归种子的萌发具有明显的抑制作用,且当归根浸提液质量浓度越大,其抑制作用越强,这是当归自毒作用所致^[14-17]。离体蒜苗挥发物质对于当归种子的萌发具有一定的化感作用,且不同质量浓度的蒜苗挥发物质对于当归种子的萌发化感效应不同。对于未用当归根系浸提液处理的当归种子,离体蒜苗挥发物质对当归种子发芽能力的影响基本表现为低质量 (50 g) 促进而高质量 (100~200 g) 抑制的趋势。当供体蒜苗质量为 50 g 时,当归种子的发芽率、发芽势、发芽指数和 α-淀粉酶活性表现为化感促进作用,随着供体蒜苗质量的增加,化感抑制作用明显加强,当蒜苗质量增加到 200 g 时,当归种子的萌发抑制作用表现突出,达到极显著水平 ($P < 0.01$)。对于用当

归根系浸提液处理的当归种子, 离体蒜苗挥发物质对当归种子发芽特性的影响表现为促进作用。当供体蒜苗质量为50~100 g时, 离体蒜苗挥发物质对当归种子发芽能力促进作用极为显著 ($P < 0.01$), 当供体蒜苗质量为200 g时, 促进作用减弱。综上可知供体蒜苗挥发物质对当归浸提液产生的当归种子发芽抑制作用具有一定的缓解作用, 即一定质量的蒜苗挥发物质可减小因连作障碍对当归种子萌发的影响。

许多挥发物质能够抑制或促进邻近植物的生长发育, 因而挥发性的化感物质也是普遍存在的, 而植物化感活性物质对种子萌发的影响或为促进效应或为抑制作用或又表现为双重的浓度效应, 这取决于不同的受试作物, 而受试作物种子能否萌发与其所接触化感物质的浓度密切相关^[18-19]。化感活性物质作用后, 种子萌发过程中种子发芽率的降低在很大程度上是因为种子活力的降低而导致的, 而种子呼吸作用的减弱又是降低种子活力的重要原因, 呼吸作用能为胚的迅速生长提供大量的能量和物质基础, 呼吸作用的减弱必然降低种子的萌发率; 化感物质对细胞膜的伤害可能是化感物质多种效应的起始点, 细胞膜结构功能的改变必然会影响植物对水分和矿质元素的吸收, 以及蛋白质的合成和酶功能的改变, 而种子萌发时的代谢强度与细胞质膜的完整性密切相关^[20]。当归种子经高质量浓度化感活性物质作用后萌发率降低甚至不能萌发的原因很可能是各种保护酶的活性受到抑制, 造成了膜的功能丧失, 引起种子萌发生理的紊乱, 从而对当归种子的萌发表现出化感效应。而低浓度的化感活性物质激发了当归种子酶系统, 加速了其生理代谢, 促进了种子的萌发和幼芽的生长。

目前, 大蒜与药用植物间化感作用的探究甚少, 因此大蒜与当归化感作用的研究有很大的现实意义, 但由于化感作用、连作障碍和自毒作用都具有隐蔽性和多态性, 化感物质种类繁多且作用机制不尽相同等因素都给作物化感作用和连作障碍的研究增加了难度^[21-23]。在本研究中主要采用室内模拟实验, 用当归根浸提液模拟当归连作胁迫, 用新鲜离体蒜苗模拟化感条件, 研究离体蒜苗对连作胁迫下当归种子萌发特性的影响, 从该研究的结果中可以看出, 离体蒜苗可在一定程度上缓解当归连作障碍产生的发芽抑制。但由于离体蒜苗和当归根浸提液均不能综合模拟蒜苗化感物质和当归连作障碍因素, 因此, 大蒜挥发物质组分及其对当归连作障碍的缓解作用机制还有待田间试验进一步深入研究。

参考文献

- [1] 中国药典 [S]. 一部. 2010.
- [2] 高文远, 秦恩强. 当归药材道地性的 RAPD 分析 [J]. 中草药, 2006, 37(10): 926-929.
- [3] 周艳丽, 王 艳, 李金英, 等. 大蒜根系分泌物的化感作用 [J]. 应用生态学报, 2011, 22(5): 1368-1372.
- [4] 周艳丽, 程智慧, 孟焕文. 大蒜根系水浸液及根系分泌物的化感作用评价 [J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2007, 35(10): 87-92.
- [5] 张志勇, 汤菊香, 卫秀英. 大蒜浸提液中化感物质对菜豆种子萌发的影响 [J]. 安徽农业科学, 2009, 37(3): 949-950.
- [6] 王田涛, 王 琦, 王惠珍, 等. 连作条件下间作模式对当归生长特性和产量的影响 [J]. 草业学报, 2013, 22(4): 54-61.
- [7] 王 楠, 蔺海明, 武延安. 当归种子活力 [J]. 兰州大学学报: 自然科学版, 2008, 44(3): 56-59.
- [8] 旺 军. 当归种子的萌发特性研究 [J]. 种子, 2003(2): 21-22.
- [9] 农作物种子检验规程发芽试验 [S]. GB/T3543. 4-1995.
- [10] 赵世杰. 植物生理学实验指导 [M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2002.
- [11] Williamson G B, Richardson D. Bioassays for allelopathy: measuring treatment responses with independent controls [J]. *J Chem Ecol*, 1988, 14(1): 181-187.
- [12] 金 瑞, 程智慧. 离体蒜苗挥发物质的化感作用及其成分分析 [J]. 西北植物报, 2007, 27(11): 2286-2291.
- [13] 佟 飞, 程智慧, 金 瑞. 大蒜植株水浸液醇溶成分的化感作用 [J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2007, 35(6): 120-124.
- [14] 张新慧, 郎多勇, 张恩和. 当归根际土壤水浸液的自毒作用研究及化感物质的鉴定 [J]. 中草药, 2010, 41(12): 2063-2066.
- [15] Zhang X H, Zhang E H, Fu X Y, et al. Autotoxic effects of *Angelica sinensis* (Oliv.) Diels [J]. *Allelopathy J*, 2010, 26(1): 1-12.
- [16] 朱 慧, 马瑞君, 吴双桃, 等. 当归根际土对其种子萌发和幼苗生长的影响 [J]. 生态学杂志, 2009, 28(5): 833-838.
- [17] 马瑞君, 惠继瑞, 朱 慧, 等. 当归营养期的化感作用 [J]. 中国生态农业学报, 2008, 16(6): 1483-1488.
- [18] 赵杨景. 植物化感作用在药用植物栽培中的重要性和应用前景 [J]. 中草药, 2000, 31(8): 1-4.
- [19] 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.
- [20] 宋 亮, 詹开文, 王进闯. 化感活性物质影响种子萌发作用机理的研究进展 [J]. 世界科技研究与发展, 2006, 28(4): 52-55.
- [21] 吕卫光, 张春兰. 化感物质抑制连作黄瓜生长的作用机制 [J]. 中国农业科学, 2002, 35(1): 106-109.
- [22] Manoel B D A, Roseane C D S, Liziane M L, et al. Allelopathy, an alternative tool to improve cropping systems. A review [J]. *Agro Sustain Devel*, 2011, 31: 379-395.
- [23] Zhang Y, Gu M, Xia X, et al. Alleviation of autotoxin-induced growth inhibition and respiration by sucrose in *Cucumis sativus* [J]. *Allelopathy J*, 2010, 25(1): 147-154.