

细辛根系浸提液和腐解液对小麦和黄瓜的化感效应

张秋菊¹, 朱诗禹¹, 张连学^{2*}

(1. 通化师范学院生命科学学院, 吉林 通化 134002; 2. 吉林农业大学中药材学院, 吉林 长春 130118)

摘 要: 采用室内生物测定法及基质盆栽试验, 研究不同质量浓度的细辛根系浸提液(*Asarum heterotroidees* root extracts, ARE)和根系腐解液(*Asarum heterotroidees* root decomposition, ARD)以及灭菌根系腐解液(sterilized ARD, SARD)对小麦和黄瓜种子萌发及幼苗生长的影响, 并测定其根系活力、叶片中蛋白质和叶绿素的含量等生理指标, 探索细辛对2种受体作物的化感效应。结果表明: ①25 mg/mL(低浓度)细辛根系浸提液对2种受体植物的种子萌发均无明显影响, 100 mg/mL(高浓度)处理对受体的种子萌发和幼苗生长均有明显抑制作用; 不同质量浓度的细辛根系浸提液均降低了黄瓜和小麦的根系活力、蛋白质及叶绿素含量, 且随着质量浓度的增大, 其抑制作用增强。②细辛根系腐解液处理对受体植物种子萌发、幼苗生长及生理活动的抑制程度均显著高于同质量浓度的根系浸提液处理($P < 0.05$), 高、中(50 mg/mL)低浓度根系腐解液处理后黄瓜的根系活力分别比对照降低了25.5%, 43.8%和62.8%。③同质量浓度的灭菌根系腐解液处理对二者生长的影响明显低于未灭菌腐解液处理, 3种处理液的化感抑制效应表现为根系腐解液处理组最强, 根系浸提液处理组最弱。细辛可以通过残根腐解的形式向土壤中释放某些化感物质来干扰小麦和黄瓜早期的生长及生理过程, 微生物可能影响细辛根系腐解物的化感活性。

关 键 词: 细辛; 须根; 浸提物; 腐解物; 化感物质; 小麦; 黄瓜

中图分类号: Q948.12; Q949.742.3 文献标志码: A 文章编号: 1007-1032(2014)03-0267-06

Allelopathic effects of water extracts and decomposition products from *Asarum heterotroidees* roots on wheat and cucumber

ZHANG Qiu-ju¹, ZHU Shi-yu¹, ZHANG Lian-xue^{2*}

(1. College of Life Science, Tonghua Normal University, Tonghua, Jilin 134002, China; 2. College of Chinese Medicinal Plants, Jilin Agricultural University, Changchun, Jilin 130118, China)

Abstract: Effects of various contents of *Asarum heterotroidees* root extracts (ARE) and *Asarum heterotroidees* root decomposition (ARD) and sterilized ARD (SARD) on seed germination and seedling growth of wheat and cucumber were conducted using approach of biological assays and pot experiments. Allelopathic effects of ARE and ARD on the two receptor plants were also carried out by adopted roots activities, germination rate, seedling growth, content of protein & chlorophyll and other related physiological indexes as indicators. The result showed that there were no significant effects of ARE on seed germinations of wheat and cucumber at lower concentrations (25 mg/mL), significant effects, while, were occurred at higher concentration (100 mg/mL). Root activities, content of protein & chlorophyll declined with the concentration of ARE increase. The inhibition effects of ARD on seed germination, seedling growth and some physiological activities of the two plants were significantly higher than those treated by ARE ($P < 0.05$). The activity of cucumber roots with respective high, moderate (50 mg/mL) and low concentrations treatments were declined by 25.5%, 43.8% and 62.8% compared to that in ARD, respectively. The inhibition effects could be ranked by ARD, SARD, ARE in order with three treatments. In general, some allelochemicals decomposed from *A. heterotroidees* roots might be released

收稿日期: 2014-04-30

基金项目: 国家“十二·五”科技支撑计划项目(2010BAI03B01)

作者简介: 张秋菊(1968—), 女, 吉林通化人, 博士, 副教授, 主要从事植物生理生态学研究, zhangqiuju5515@163.com; *通信作者, zlx863@163.com

into soil, which would interfere in the early growth and physiological metabolism of wheat and cucumber. However, microbes might affect the allelopathic activity of decomposed products from *A. heterotroidees* roots.

Key words: *A. heterotroidees*; fibrous roots; water extract; decomposed products; allelochemicals; wheat; cucumber

在农林生态系统中,植物释放化感物质的途径通常具有多样性。有的作物活体不产生化感物质,死后的残体在土壤微生物或环境因素作用下发生降解,释放出化感物质,严重干扰作物的连作及轮作。小麦、大豆、玉米、草莓及烟草等植物根系分泌物或残茬都能分解产生一些酚酸类的物质,干扰自身或后茬植物的生长^[1-5]。大多数药用植物都具有多年生、宿根性的特点,由于其生长周期较长,土壤中化感物质积累较多,所以其化感作用比农作物的更为强烈^[6]。近年来,关于药用植物化感作用的研究已经成为人们关注的热点问题。药用植物狼毒的根和茎叶在土壤中腐解后对苜蓿幼苗根和茎叶的干质量、植株高度、叶面积、叶绿素相对含量均有抑制作用^[7];黄连残体腐解液对黄连种子发芽、幼苗生长及发育有影响,且随其浓度的增加影响越大^[8];人参根系腐解液对小白菜、油菜和萝卜的种子萌发均表现为低促高抑作用^[9]。细辛(*Asarum heterotroidees* Fr. var. *mandshuricum* (Maxim.) Kitag.)是马兜铃科细辛属多年生草本植物,主要以须根入药。细辛在东北地区广泛栽培,是国内外需求量较大的常用中药材,也具有开发为农业杀虫剂和抑菌剂的潜在价值。关于细辛化学生态学方面的研究多为抑菌作用探索,细辛提取物在很低浓度下对番茄灰霉病菌的菌丝生长和孢子萌发都具有极强的抑制作用^[10]。细辛为须根系,根量较大,每年采收都会有很多须根残留于土壤中。预试验中发现,连作细辛根际土壤提取液对受体植物的种子萌发具有一定的抑制作用,但对幼苗生长没有明显影响。笔者探讨细辛根系浸提液(*Asarum heterotroidees* root extracts, ARE)和根系腐解液(*Asarum heterotroidees* root decomposition, ARD)以及灭菌根系腐解液(sterilized ARD, SARD)对黄瓜和小麦早期生长的影响,旨在深入了解细辛化感作用的机理,为细辛的合理轮作提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料

供试细辛根系为四年生,采收于吉林省集安市大路镇。另外,收集抖落的根际土,备用。小麦(*Triticum aestivum* Linn)及黄瓜(*Cucumis sativus* Linn)种子购自通化市种子公司。

1.2 ARE 和 ARD 的制备

将细辛根系洗净,在试验室中阴干至恒重后剪成约 1 cm 的小段。根际土阴干后过 0.3 mm 孔径筛。称取 100 g 细辛根系样品,加入 10 倍体积的去离子水搅拌,在 25 °C 下分别密闭浸泡 48 h,过滤后定容至 1 L,得质量浓度 100 mg/mL 的 ARE 母液,将其置于 4 °C 冰箱中冷藏,备用。将 100 g 细辛根系样品与 200 g 土样混合,加入去离子水搅拌,并定容到 1 L,用 5 层纱布密封容器口,充分振荡后分别于(18±25) °C 条件下腐解 15 d,每隔 3 d 补充水分,过滤腐解液并定容,得 ARD 母液。试验时分别将 ARE 和 ARD 母液稀释成 25、50、100 mg/mL 共 3 种质量浓度(下分别称其为低、中、高浓度)。将 ARD 母液煮沸灭菌后稀释成相同梯度浓度备用。灭菌 ARD 用 SARD 表示。

1.3 种子萌发试验

选取饱满的小麦种子和黄瓜种子,洗净消毒,在 25 °C 去离子水中分别浸种 6、12 h。取直径 10 cm 的培养皿,底铺湿润的双层滤纸,每皿均匀摆放 20 粒浸泡后的供试种子,每天用注射器分别滴加 2 mL 不同浓度的 ARE、ARD 和 SARD 溶液,置于 25 °C 恒温培养箱中避光发芽。以加入等量去离子水处理为对照。3 d 后每隔 24 h 统计 1 次发芽率,并计算最终发芽率(GR)和化感指数(RI)。

1.4 幼苗培养试验

将浸泡处理的种子分别播于装有高温消毒珍珠岩的 12 cm×12 cm×16 cm 栽培盒中,加盖保湿,于 25 °C 恒温培养箱中避光培养,待萌发后揭盖,进行 12 h 光暗培养。每隔 3 d 分别浇以等量 3 种处理液,

以去离子水保湿处理作为对照, 10~15 d 后测定受体植物的苗高及根长, 同时取样测定相关生理指标。每浓度处理 10 株幼苗, 重复 3 次。

1.5 生理指标的测定

分别取处理过的幼苗根尖 1~2 cm, 采用红四氮唑(TTC)还原法测定根系活力; 考马斯亮蓝 G-250 染色法测定叶片可溶性蛋白含量; 以体积比 45:45:10 的乙醇、丙酮、蒸馏水为提取液, 4 ℃避光提取叶绿素 48 h, 在波长 665 nm 和 649 nm 下分别测定光密度, 参照文献[11]计算叶绿素含量。每指标重复测定 3 次, 结果取其平均值。

1.6 数据处理

化感作用效应敏感指数 RI 参照文献[12]中的公式 $RI=1 - C/T(T \geq C)$ 或 $RI=T/C - 1(T < C)$ 计算, 其中 C 为对照组测定值, T 为处理组测定值。 $RI > 0$ 为促进作用, $RI < 0$ 为抑制作用。 RI 的绝对值大小代表化感作用强度。采用 Excel 2007 和 SPSS 19.0 统计软件进行方差分析。

2 结果与分析

2.1 ARE 和 ARD 对种子萌发的影响

与对照组相比, 中、低浓度的 ARE 处理对小麦和黄瓜种子的萌发均无明显影响, 而高浓度的 ARE 显著抑制了 2 种受体植物的发芽, 中、低浓度处理的化感抑制指数相近。ARD 对小麦种子发芽率的抑制作用随着 ARD 浓度的升高而加强, 中、高浓度处理的发芽率分别比对照降低了 11.6% 和 26.3%, 对黄瓜种子发芽率的影响表现为低浓度促进、高浓度抑制, 高浓度处理的发芽率比对照降低了 34.7%。SARD 对小麦和黄瓜种子发芽率的作用效果与 ARD 的作用效果相近, 但相同浓度 SARD 处理的抑制强度明显低于 ARD 处理。SARD 对小麦种子发芽率的抑制作用随处理浓度的增大而增加, 中、高浓度处理小麦种子的发芽率显著低于对照组, 高浓度处理的黄瓜种子的发芽率显著低于对照组 ($P < 0.05$)。高浓度处理组小麦和黄瓜的发芽试验中, 3 种处理液的抑制作用基本相同, 均表现为根系腐解液处理组的最强, 根系浸提液处理组的最弱(表 1)。

表 1 各处理组小麦和黄瓜的种子萌发情况

Table 1 Germination rate of wheat and cucumber treated with three solutions

处理液	处理	发芽率/%		化感指数	
		小麦	黄瓜	小麦	黄瓜
ARE	CK	(98.87±2.09)a	(92.06±5.84)b	0	0
	低浓度	(99.14±3.30)a	(92.28±2.54)b	+0.003	+0.000 2
	中浓度	(94.53±1.22)ab	(88.36±3.03)bc	-0.004	-0.040
	高浓度	(92.85±1.97)b	(86.43±3.93)c	-0.061	-0.061
ARD	CK	(98.87±2.09)a	(92.06±5.84)b	0	0
	低浓度	(98.37±3.36)a	(93.53±5.37)b	-0.005	+0.016
	中浓度	(87.45±1.42)c	(78.36±4.73)cd	-0.115	-0.149
	高浓度	(72.86±0.97)d	(60.13±1.33)ef	-0.263	-0.346
SARD	CK	(98.87±2.09)a	(92.06±5.84)b	0	0
	低浓度	(98.80±3.06)a	(95.30±3.25)ab	-0.0007	+0.034
	中浓度	(91.57±0.87)b	(91.70±1.20)b	-0.074	-0.004
	高浓度	(75.50±0.99)d	(70.20±0.011)e	-0.236	-0.237

化感指数中的“+”表示促进作用;“-”表示抑制作用。

2.2 ARE 和 ARD 对受体植物根系和幼苗生长的影响

由表 2 可见, 中、低浓度 ARE 处理对幼苗的生长无明显影响, 高浓度 ARE 处理小麦幼苗的生长受到抑制, 苗高比对照降低了 25.9%; ARE 对小麦根长的抑制作用随着浓度的升高而加强, 中、

高浓度处理组分别比对照降低了 14.1% 和 42.3%。中、低浓度 ARE 处理对黄瓜幼苗和幼根的生长均无明显影响, 高浓度 ARE 处理对黄瓜根伸长的抑制作用显著。高浓度 ARD 处理对小麦和黄瓜幼苗和根的生长均有抑制作用, 且对二者的抑制强度均高于同浓度 ARE 处理; 高浓度 ARD 处理小麦的

苗高和根长分别比对照降低了 53.5% 和 58%, 黄瓜的苗高和根长分别比对照降低了 25.8% 和 41.6%。SARD 处理对小麦根长无明显影响, 中、高浓度处

理对黄瓜苗的生长有抑制作用。3 种处理液的高浓度处理对小麦和黄瓜幼苗生长的抑制强度均以 ARD 的最大。

表 2 各处理小麦和黄瓜幼苗的生长情况

处理液	处理	苗高		根长	
		小麦	黄瓜	小麦	黄瓜
ARE	CK	(3.85±0.25)a	(1.55±0.14)c	(3.05±0.08)b	(3.75±0.78)a
	低浓度	(3.76±0.43)a	(1.58±1.02)c	(3.00±0.42)b	(4.46±0.32)a
	中浓度	(3.24±1.15)ab	(1.46±0.09)c	(2.62±0.06)c	(3.85±0.40)a
	高浓度	(2.85±1.66)b	(1.33±1.03)cd	(1.76±0.86)e	(2.57±0.35)bc
ARD	CK	(3.73±1.28)a	(1.59±0.81)c	(3.03±0.02)b	(3.65±0.11)a
	低浓度	(3.01±0.02)b	(1.53±5.37)c	(3.49±0.01)a	(3.56±0.01)a
	中浓度	(3.20±0.15)ab	(1.32±0.15)cd	(2.51±0.25)c	(2.36±0.08)b
	高浓度	(1.74±0.34)e	(1.18±0.03)d	(1.27±0.49)f	(2.13±0.06)bc
SARD	CK	(3.69±1.02)a	(1.61±0.38)c	(3.12±0.08)b	(3.59±0.13)a
	低浓度	(3.11±0.14)b	(1.50±0.12)c	(2.93±0.35)b	(3.50±0.04)a
	中浓度	(3.23±0.10)ab	(1.09±0.14)d	(2.75±0.02)bc	(3.48±0.54)a
	高浓度	(3.13±0.34)b	(1.23±0.62)d	(2.68±0.48)bc	(3.04±0.27)b

2.3 ARE 和 ARD 对叶片可溶性蛋白质合成的影响

由图 1、图 2 可知, 不同浓度的 ARE、ARD 和 SARD 对黄瓜和小麦幼叶中的可溶性蛋白质的合成均有一定的抑制作用, 且随着处理质量浓度的增加, 抑制作用逐渐增强。25、50、100 mg/mL ARD 处理小麦幼叶中可溶性蛋白质含量分别比对照降低了 18.3%、26.4% 和 27.4%, 黄瓜叶片中可溶性蛋白质含量分别比对照降低了 17.6%、24.4% 和 29.1%。高浓度 SARD 处理小麦和黄瓜叶片中可溶性蛋白质含量分别比对照降低了 16.1% 和 99.9%, 均低于同浓度的 ARE 和 ARD 处理。由此可以判断, ARD 对小麦和黄瓜幼苗叶片中可溶性蛋白质合成的化感效应大于 ARE 和 SARD 处理组的化感效应。

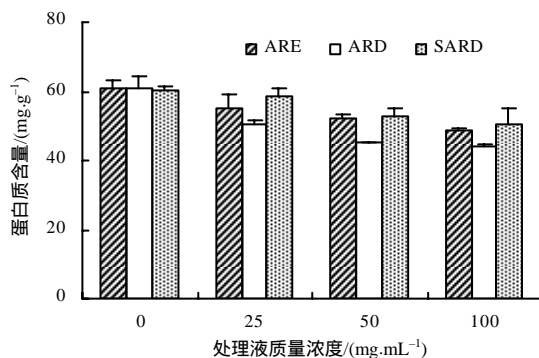


图 1 各处理小麦幼苗的蛋白质含量

Fig.1 Protein contents of wheat seedling treated with various concentration of ARE and ARD

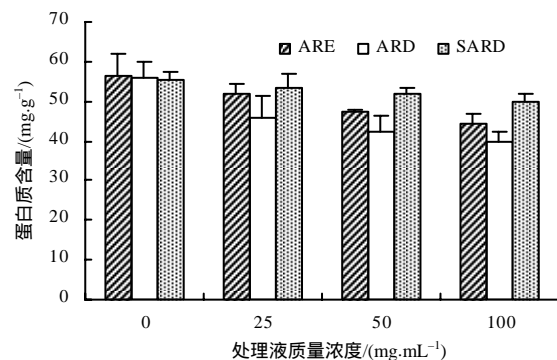


图 2 各处理黄瓜幼苗的蛋白质含量

Fig.2 Protein content of cucumber seedling treated with various concentration of ARE and ARD

2.4 ARE 和 ARD 对幼苗叶绿素合成的影响

由图 3、图 4 可见, 随着 ARE 质量浓度的增加, 抑制物的活性增强, 而黄瓜和小麦幼苗叶片的叶绿素含量逐渐下降, 高浓度 ARE 处理对黄瓜叶片叶绿素合成的抑制作用大于对小麦幼苗叶片叶绿素合成的抑制作用。100 mg/mL ARE、ARD 和 SARD 处理小麦幼苗的叶绿素含量分别比对照降低了 16%、33% 和 21.4%, 而黄瓜幼苗的叶绿素含量分别比对照降低了 18.4%、29.4% 和 20.7%, 其中 100 mg/mL ARD 处理对小麦幼苗叶绿素合成的抑制作用最强。总体而言, 土壤中残留的细辛根系腐解后对受体植物叶绿素合成的化感抑制效应更强, 而灭菌后腐解液的化感活性有所下降。

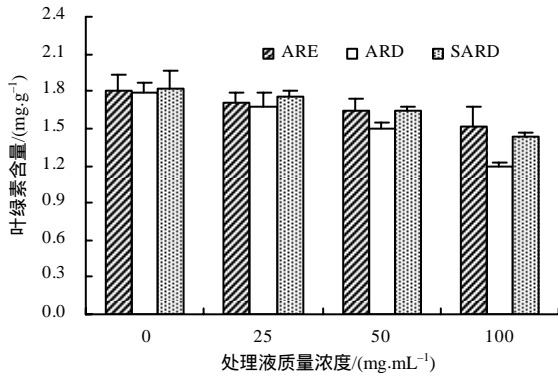


图 3 各处理小麦幼苗的叶绿素含量

Fig.3 Chlorophyll content of wheat seedling treated with various concentration of ARE and ARD

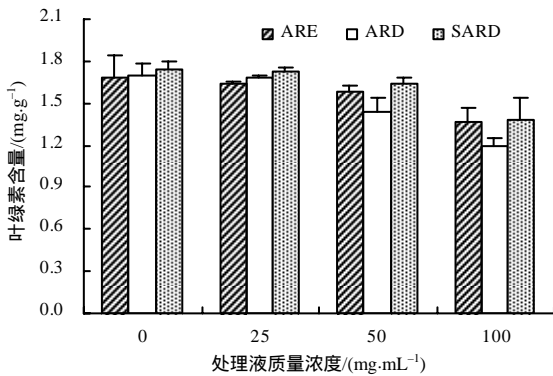


图 4 各处理黄瓜幼苗的叶绿素含量

Fig.4 Chlorophyll content of cucumber seedling treated with various concentration of ARE and ARD

2.5 ARE 和 ARD 对幼苗根系活力 TTC 还原量的影响

由图 5、图 6 可知，不同质量浓度 ARE 对黄瓜和小麦根系活力均有抑制作用，但相同质量浓度处理对黄瓜根系活力的抑制作用远大于对小麦的抑制作用，说明不同种类植物的根系活力对 ARE 的敏感度不同。不同浓度 ARE、ARD 和 SARD 处理小麦和黄瓜幼苗的根系活力变化规律基本相似；

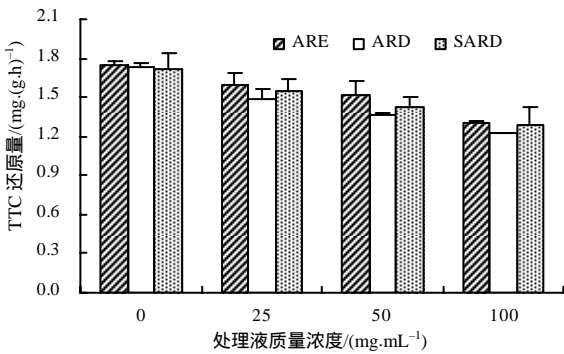


图 5 各处理小麦的 TTC 还原量

Fig.5 Activity of wheat treated with various concentration of ARE and ARD

100 mg/mL 处理黄瓜的根系活力分别比对照降低了 50%、62.8%和 50%，抑制强度分别为同水平处理小麦的 2 倍以上，100 mg/mL ARD 处理黄瓜根系活力的化感抑制效应最强，ARE 和 SARD 的化感抑制效应相近。

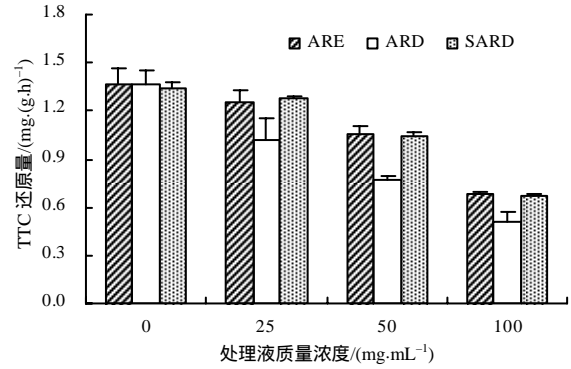


图 6 各处理黄瓜的 TTC 还原量

Fig.6 Root activity of cucumber treated with various concentration of ARE and ARD

3 结论与讨论

植物体内的化感物质必须通过有效途径释放到土壤环境中，影响周围植物的生长才是真正意义上的化感物质。有些植物释放化感物质的途径是单一的，如胜红蓟主要通过地上部分挥发来释放化感物质^[13]；新根或未木质化的根产生化感物质的主要方式是通过根系分泌^[14]；蕨类植物常通过残株分解或降解产生各类化感物质^[15]；相当一部分植物，如黄花蒿可以通过多种途径共同作用来释放化感物质^[16]。本试验结果表明：较低浓度细辛须根提取液对黄瓜和小麦的种子萌发和幼苗生长均无明显影响，而高浓度处理对受体种子萌发、根系活力、叶片可溶性蛋白质含量和叶绿素合成均有明显抑制作用；须根腐解后对 2 种受体植物种子萌发、幼苗生长及生理活动的抑制程度均显著高于相同质量浓度的须根浸提液处理，表明细辛地下部分可以通过根系分泌和残根腐解的形式向土壤中释放化感物质，而须根腐解后的化感活性远大于根系浸提液。

根系残留于土壤中发生分解受到微生物、土壤肥力、pH 及土壤酶等多种因子的影响，化感物质是直接由植物根系分解而来，还是经微生物或土壤的作用间接而来是一个很复杂的问题。以往也有采用马粪与根茬或秸秆混合腐解来接种微生物的相关报道^[17-18]。本试验采用了细辛根系与其根际土壤

混合进行腐解的方法,模拟了自然环境下的腐解过程,考虑到微生物的影响,将腐解液灭菌后进行生物测试,发现排除微生物的影响后,腐解液的化感效应明显降低,说明腐解过程中微生物或微生物产生的毒性物质可能加重了残根腐解物的抑制作用。细辛须根腐解液及其灭菌腐解液的化学成分有待进一步分析鉴定。

参考文献:

- [1] 于建光,顾元,常志州,等.小麦秸秆浸提液和腐解液对水稻的化感效应[J].土壤学报,2013,50(2):349-356.
- [2] 王树起,韩丽梅,杨振明,等.大豆根茬腐解液和营养液残液对大豆生长发育的化感效应[J].中国油料作物学报,2000,22(3):43-47.
- [3] 甄文超,王晓燕,曹克强,等.草莓根系分泌物和腐解物中氨基酸的检测及其化感作用研究[J].河北农业大学学报,2004,27(2):76-80.
- [4] 梁春启,甄文超,张成胤,等.玉米秸秆腐解液中酚酸的检测及对小麦土传病原菌的化感作用[J].中国农学通报,2009,25(2):210-213.
- [5] 牛丽娜,周冀衡,柳均,等.烟草根系腐解液对莴苣的化感作用[J].湖南农业科学,2011(9):89-92,97.
- [6] 檀国印,杨志玲,袁志林,等.药用植物连作障碍及其防治途径研究进展[J].西北农林科技大学学报:自然科学版,2012,40(4):197-204.
- [7] 王慧.草地狼毒化感作用途径与强度的研究[D].内蒙古农业大学,2011.
- [8] 李倩,吴叶宽,袁玲,等.黄连须根浸提液对2种豆科植物的化感效应[J].中国中药杂志,2013,38(6):806-811.
- [9] 谢敬宇,谭世强,郭帅,等.人参根系腐解物对十字花科植物的化感作用[J].中国植保导刊,2013,33(2):18-20,21.
- [10] 韩俊艳,孙川力,纪明山.中药细辛的研究进展[J].中国农学通报,2011,27(9):46-50.
- [11] 高俊凤.植物生理学试验指导[M].北京:高等教育出版社,2006:59,74,142.
- [12] Williamson G B. Bioassay for allelopathy measuring treatment responses with independent controls[J]. Journal of Chemical Ecology, 1998, 14(1): 181-187.
- [13] 房立翠,汤锋.化感物质释放机制研究进展[J].安徽农业科学,2010,38(31):17380-17381.
- [14] 张秋菊,张爱华,孙晶波,等.植物体中萜类物质化感作用的研究进展[J].生态环境学报,2012,21(1):187-193.
- [15] 张开梅,石雷,李振宇.蕨类植物的化感作用及其对生物多样性的影响[J].生物多样性,2004,12(4):466-471.
- [16] 王硕,慕小倩,杨超,等.黄花蒿浸提液对小麦幼苗的化感作用及其机理研究[J].西北农林科技大学学报:自然科学版,2006,34(6):106-109.
- [17] 侯永侠,周宝利,吴晓玲,等.辣椒秸秆腐解物化感作用的研究[J].应用生态学报,2006,17(4):699-702.
- [18] 何志鸿,许艳丽,刘忠堂,等.大豆重茬减产的原因及农艺对策研究[J].大豆科技,2011(4):7-10.

责任编辑:王赛群

英文编辑:王 库