河南农业科学,2017,46(8):121-125
Journal of Henan Agricultural Sciences
doi:10.15933/j.cnki.1004-3268.2017.08.023

柴胡腐解液对3种作物的化感作用研究

王晓英
(唐山师范学院 生命科学系,河北 唐山 063000)

摘要:以白菜、玉米、小麦为受体材料,采用室内生物测定法测定不同质量浓度柴胡植株地上部分和地下部分的腐解液对3种作物种子萌发及幼苗生长的影响,筛选适宜柴胡后茬种植的作物种类。结果表明:柴胡腐解液对白菜和玉米种子各发芽指标均有不同程度的抑制作用,抑制率分别为1.02%~100.00%和1.12%~89.25%;对白菜幼苗有抑制根长和促进苗高的双重作用;对玉米幼苗根长和苗高均有不同程度的抑制作用,抑制率为3.05%~85.93%。柴胡腐解液对小麦种子发芽率、幼苗根长和苗高均有抑制作用,且随浓度升高抑制作用增强;地上部分腐解液对小麦种子发芽势、发芽指数、活力指数的化感作用呈现低促高抑的效应,而地下部分腐解液则表现出随着浓度升高抑制作用逐渐增强的趋势。隶属函数分析表明,柴胡地下部分腐解液对受体作物的抑制作用大于地上部分腐解液。柴胡腐解液对白菜的化感抑制作用最强,对小麦的化感抑制作用最弱。因此,与白菜和玉米相比,小麦更适合作柴胡的后茬作物。

关键词:柴胡;后茬作物;化感
中图分类号:R282.2　　**文献标志码**:A　　**文章编号**:1004-3268(2017)08-0121-05

Allelopathic Effect of *Bupleurum chinense* DC. Decomposition Liquid on Three Kinds of Crops

WANG Xiaoying
(Department of Life Science, Tangshan Teachers' College, Tangshan 063000, China)

Abstract: The principle of allelopathy was applied in order to select the suitable afterculture crop of *Bupleurum chinense* DC.. The allelopathic effect of the decomposition liquid of *Bupleurum chinense* DC. on germination and seedlings growth of Chinese cabbage, wheat and corn were tested in petri dishes in laboratory by adopting indoor bioassay. Results showed that the decomposition liquid of *Bupleurum chinense* DC. reduced the germination indexes of Chinese cabbage and corn, with the inhibition rate from 1.02% to 100.00% and 1.12% to 89.25%, respectively. The decomposition liquid of *Bupleurum chinense* DC. reduced the root length and promoted the seedling hight of Chinese cabbage, while reduced the root length and seedling hight of corn, with the inhibition rate from 3.05% to 85.93%. The decomposition liquid of *Bupleurum chinense* DC. inhibited the germination ratio, root length and seedling hight of wheat, and the inhibition rate was increased with the increase of decomposition liquid concentration. The germination potential, germination index and vigor index of wheat seed were promoted at low concentration while suppressed at high concentration by the decomposition liquid of the overground parts of *Bupleurum chinense* DC., and the inhibition effects were increased by the decomposition liquid of the underground parts of *Bupleurum chinense* DC.. Subordinate function analysis indicated that the allelopathic inhibitory effect of the underground parts of *Bupleurum chinense* DC. was stronger than the overground parts. The decomposition liquid of *Bupleurum chinense* DC. had strongest allelopathic inhibitory effects on Chinese cabbage, but

收稿日期:2017-04-10
基金项目:河北省科技计划项目(16236420);唐山市科技局项目(15130264a);唐山师范学院项目(2016C07);唐山市药用植物综合开发与利用科技创新团队项目(15130205C)
作者简介:王晓英(1984-),女,山西运城人,实验师,硕士,主要从事药用植物及生物技术研究。E-mail:64979385@qq.com

had weakest allelopathic inhibitory effects on wheat. Wheat is the suitable afterculture crop of *Bupleurum chinense* DC. compared with Chinese cabbage and corn.

Key words: *Bupleurum chinense* DC.; afterculture crop; allelopathy

化感作用广泛存在于自然界中,农业生产中的间套作、前后茬、残茬处置以及作物与杂草、作物与土壤微生物的关系都存在化感作用,其对作物耕作制度的合理安排、农田杂草控制、作物病虫害防治以及减少连作障碍等方面起着重要的作用[1]。如何利用化感作用实现农业可持续发展将是可持续农业发展战略中的重要部分[2]。

柴胡(*Bupleurum chinense* DC.)为伞形科多年生药用植物。柴胡连年大面积单一种植,导致其根际土壤生态环境恶化,连作障碍现象日趋严重,表现为植株死亡,产量低、质量差。化感作用是其产生的重要因素之一[3]。化感作用起作用的物质主要是植物的次生代谢物,药用植物与其他植物的根本区别在于它们含有特定的生理活性物质,而这些生理活性物质与化感物质往往具有"同源性",所以药用植物更易产生化感物质,从而发生化感作用[4]。研究表明,广藿香的根系分泌物能够对萝卜生长起到抑制作用[5]。黄花蒿能通过茎叶淋溶、根系分泌和植物残体等途径向土壤释放青蒿素类化感物质,抑制燕麦、黄瓜、菜豆和大白菜等多种作物的种子发芽和幼苗生长[6-8]。三七连作土壤对萝卜、白菜、莴苣以及三七水提液对小麦、玉米、油菜均有一定的化感作用[9-10]。

轮作是农业生产上减轻植物连作障碍的常用措施。轮作植物的选择是建立合理轮作体系,充分利用土地资源的基础[11-12]。目前,化感作用在柴胡前后茬作物选择方面的研究尚未见文献报道。鉴于此,采用化感作用的研究方法,模拟残体分解的化感方式,研究柴胡地上部植株和残留在土壤中的地下部根系对小麦、玉米和白菜的化感作用,对比 3 种作物对柴胡化感作用的敏感程度,从而筛选出适宜柴胡后茬种植的作物种类。

1 材料和方法

1.1 试验材料

供试柴胡为北京同仁堂河北中药材科技开发有限公司实验基地 2 年生植株,经风干、粉碎,过筛备用。小麦(京冬 12 号)、白菜(北京新三号)、玉米(津北 288)种子购自唐山市农业科学院。

1.2 试验方法

1.2.1 腐解液的制备 取柴胡地上、地下部分粉末 100 g,与 500 g 风干园土混匀。分别装入烧杯中,浇水,用塑料薄膜封口,置于人工气候箱内 25 ℃恒温、遮光腐解 40 d 后,在腐解物中加入 1 L 蒸馏水搅拌均匀,浸提 48 h。所得的腐解物水提液经 8 层纱布过滤后,4 000 r/min 离心 10 min,上清液经 0.45 μm 微孔滤膜抽滤 4 次,得到质量浓度为 0.10 g/mL 的腐解液母液。将母液分别稀释至 0.01、0.03、0.05、0.07、0.09 g/mL,4 ℃保存备用。

1.2.2 试验设计 白菜、小麦和玉米种子用 0.3% $KMnO_4$ 溶液消毒 10 min,蒸馏水冲洗 3 次后,晾干,备用。取已消毒的白菜、小麦和玉米种子,放入铺有滤纸的培养皿,每个培养皿放入 50 粒种子。每皿加 3 mL 不同质量浓度的腐解液,以蒸馏水作对照,期间保持滤纸湿润。每个处理重复 3 次。从种子露白开始,白菜每隔 1 h、小麦和玉米每隔 12 h 记录萌发的种子数(胚根或胚轴突破种皮 1 ~2 mm 为萌发)。连续记录 14 次发芽率,计算发芽势、发芽指数和活力指数。第 7 天从每个培养皿中挑选 10 株健壮幼苗,测量幼苗苗高、根长,计算抑制率(IR)。IR = (对照值 - 处理值)/对照值 ×100%,IR >0 表示抑制,IR <0 表示促进,抑制率绝对值的大小与作用强度一致。

选取柴胡地上、地下部腐解液处理下的白菜、小麦和玉米种子萌发及幼苗生长的 7 个指标进行隶属函数分析,以 7 个指标隶属函数值的平均值作为评价柴胡腐解液对 3 种作物化感作用的综合影响值。

隶属函数值计算公式:

$$R(X_i) = (X_i - X_{i\min})/(X_{i\max} - X_{i\min})$$

式中:X_i 为指标测定值,$X_{i\max}$、$X_{i\min}$ 为所有参试指标 i 测定值的最大和最小值。

1.3 数据处理

数据经 Excel 2003 处理后,用 SPSS 19.0 进行方差分析。

2 结果与分析

2.1 柴胡腐解液对小麦、玉米、白菜种子萌发及幼苗生长的化感作用

从表 1 可以看出,与对照相比,柴胡地上、地下部腐解液对白菜种子各萌发指标有不同程度抑制作用。随着腐解液质量浓度的增加,柴胡地上、地下部腐解液对白菜种子发芽率、发芽势、发芽指数、活力

指数的抑制作用逐渐增大。柴胡地上、地下部腐解液在低质量浓度处理下(0.01 g/mL)对白菜种子发芽率的抑制作用与对照差异不显著;随着浓度的升高,对种子发芽率的抑制作用与对照差异显著($P<0.05$)。各浓度柴胡地上、地下部腐解液对白菜种子发芽势、发芽指数和活力指数的抑制作用与对照差异均显著($P<0.05$)。柴胡地上部腐解液对白菜种子发芽指标的抑制率为 1.02%~99.65%,地下部腐解液对白菜种子发芽指标的抑制率为 1.69%~100.00%,柴胡地下部腐解液质量浓度为 0.09 g/mL 时,对白菜种子发芽指标的抑制率达 100%。同浓度处理下,柴胡腐解液对白菜种子发芽率的抑制程度低于发芽势、发芽指数和活力指数。

与对照相比,除 0.01 g/mL 柴胡地下部腐解液处理对白菜幼苗根长表现出不显著促进作用外,其余柴胡腐解液对白菜幼苗根长均有抑制作用,且随浓度升高,抑制作用呈增大趋势。除 0.09 g/mL 柴胡地下部分腐解液外,其余浓度腐解液对白菜幼苗苗高均表现为促进作用。白菜幼苗苗高随处理液浓度升高表现出先升后降的趋势。

表 1　不同质量浓度柴胡腐解液对白菜种子萌发及幼苗生长的影响

供体材料	质量浓度/(g/mL)	发芽率/%	发芽势/%	发芽指数	活力指数	根长/cm	苗高/cm
地上部分	0(CK)	98.33 ±0.33^{a}	94.33 ±0.33^{a}	221.51 ±7.26^{a}	52.72 ±1.73^{a}	4.97 ±0.15^{a}	2.00 ±0.06^{b}
	0.01	97.33 ±0.88^{a}	84.67 ±3.18^{b}	171.53 ±8.97^{b}	40.55 ±2.12^{b}	4.90 ±0.12^{a}	2.07 ±0.09^{b}
	0.03	81.33 ±2.03^{b}	44.33 ±2.67^{c}	88.88 ±6.71^{c}	20.64 ±0.90^{c}	2.77 ±0.09^{b}	2.17 ±0.03^{a}
	0.05	49.33 ±7.42^{c}	14.67 ±2.40^{d}	35.08 ±3.95^{d}	7.80 ±0.88^{d}	1.33 ±0.13^{c}	2.13 ±0.09^{a}
	0.07	16.67 ±3.76^{d}	3.00 ±0.58^{e}	9.09 ±2.71^{e}	1.84 ±0.55^{e}	1.23 ±0.09^{c}	2.17 ±0.15^{a}
	0.09	2.33 ±1.84^{e}	0.33 ±0.33^{e}	1.28 ±0.80^{e}	0.22 ±0.14^{e}	1.10 ±0.12^{c}	2.07 ±0.09^{b}
地下部分	0(CK)	98.33 ±0.33^{a}	94.33 ±0.33^{a}	221.51 ±7.26^{a}	52.72 ±1.73^{a}	4.97 ±0.15^{a}	2.00 ±0.06^{bc}
	0.01	96.67 ±0.88^{a}	86.67 ±0.33^{b}	171.14 ±8.93^{b}	40.39 ±2.11^{b}	5.10 ±0.21^{a}	2.07 ±0.12^{bc}
	0.03	76.33 ±1.45^{b}	40.67 ±4.98^{c}	84.48 ±11.32^{c}	19.46 ±2.61^{c}	2.23 ±0.09^{b}	2.53 ±0.09^{a}
	0.05	28.00 ±6.25^{c}	12.67 ±2.40^{d}	25.82 ±6.23^{d}	5.80 ±1.40^{d}	2.20 ±0.06^{b}	2.23 ±0.09^{b}
	0.07	6.67 ±2.33^{d}	2.00 ±1.16^{e}	4.27 ±1.92^{de}	0.91 ±0.41^{de}	2.23 ±0.23^{b}	2.10 ±0.06^{bc}
	0.09	0.00 ±0.00^{d}	0.00 ±0.00^{e}	0.00 ±0.00^{e}	0.00 ±0.00^{e}	1.70 ±0.06^{c}	1.83 ±0.12^{c}

注:同列数据中不同字母表示在 0.05 水平差异显著,下同。

从表 2 可以看出,与对照相比,随着质量浓度的增加,无论是柴胡地上部还是地下部腐解液,对小麦种子发芽率的抑制作用逐渐增强。柴胡地上部腐解液对小麦种子发芽势、发芽指数、活力指数的化感作用呈现低质量浓度促进、高质量浓度抑制的现象;柴胡地下部腐解液对小麦种子发芽势、发芽指数、活力指数的抑制作用(0.01 g/mL 处理除外)随浓度升高呈增加趋势。

与对照相比,柴胡腐解液对小麦幼苗根长和苗高有显著的抑制作用($P<0.05$)。随着质量浓度的增加,柴胡腐解液对小麦幼苗根长的抑制作用大致呈增加趋势。柴胡地上部腐解液对小麦幼苗苗高的抑制作用大致呈增加趋势,柴胡地下部腐解液对小麦幼苗苗高也有不同程度的抑制作用。

从表 3 可以看出,柴胡腐解液对玉米种子各发芽指标均有不同程度的抑制作用,抑制率为 1.12% ~

表 2　不同质量浓度柴胡腐解液对小麦种子萌发及幼苗生长的影响

供体材料	质量浓度/(g/mL)	发芽率/%	发芽势/%	发芽指数	活力指数	根长/cm	苗高/cm
地上部分	0(CK)	97.67 ±0.33^{a}	84.33 ±2.85^{a}	134.70 ±7.00^{ab}	42.40 ±1.98^{a}	8.30 ±0.10^{a}	4.90 ±0.26^{a}
	0.01	97.33 ±0.88^{ab}	87.00 ±1.73^{a}	140.97 ±1.95^{a}	46.47 ±5.10^{a}	7.50 ±0.31^{b}	4.26 ±0.19^{b}
	0.03	95.67 ±0.33^{ab}	85.33 ±1.20^{a}	127.60 ±2.20^{b}	31.92 ±1.93^{b}	5.27 ±0.21^{c}	3.60 ±0.29^{c}
	0.05	95.33 ±0.33^{b}	77.67 ±3.28^{b}	116.90 ±2.77^{c}	21.67 ±3.53^{c}	3.13 ±0.03^{d}	2.43 ±0.09^{d}
	0.07	95.67 ±0.67^{ab}	61.67 ±1.20^{c}	102.52 ±0.88^{d}	18.52 ±1.03^{cd}	3.07 ±0.29^{d}	2.60 ±0.06^{d}
	0.09	91.67 ±0.88^{c}	44.33 ±0.88^{d}	87.14 ±2.06^{e}	9.94 ±1.52^{d}	3.00 ±0.36^{d}	0.97 ±0.18^{e}
地下部分	0(CK)	97.67 ±0.33^{a}	84.33 ±2.85^{a}	134.70 ±7.00^{a}	42.40 ±1.98^{a}	8.30 ±0.10^{a}	4.90 ±0.26^{a}
	0.01	95.67 ±0.58^{ab}	76.00 ±4.04^{a}	116.48 ±3.87^{b}	25.04 ±3.27^{b}	5.80 ±0.42^{b}	2.37 ±0.09^{d}
	0.03	95.00 ±0.00^{ab}	82.00 ±0.58^{a}	121.57 ±0.79^{b}	31.89 ±2.33^{b}	4.73 ±0.23^{c}	3.13 ±0.18^{bc}
	0.05	95.00 ±0.58^{ab}	76.33 ±2.60^{a}	110.49 ±1.57^{b}	22.88 ±0.38^{c}	4.77 ±0.32^{c}	3.37 ±0.26^{b}
	0.07	94.67 ±1.20^{ab}	48.00 ±2.08^{b}	92.39 ±2.79^{c}	14.88 ±0.33^{d}	2.73 ±0.35^{d}	2.53 ±0.23^{cd}
	0.09	93.33 ±2.19^{b}	39.00 ±5.29^{b}	79.42 ±8.79^{d}	14.22 ±1.35^{d}	3.43 ±0.43^{d}	2.20 ±0.12^{d}

89.25%，其中，各腐解液处理种子发芽率与对照差异不显著。柴胡地上部腐解液各质量浓度处理的玉米种子发芽势(0.03 g/mL 处理除外)和发芽指数与对照差异显著($P<0.05$)。柴胡地下部腐解液处理的玉米种子发芽势和发芽指数仅在质量浓度为 0.09 g/mL 时与对照差异显著($P<0.05$)。柴胡腐解液对玉米种子活力指数的抑制率随质量浓度增大而增强，且均与对照差异显著($P<0.05$)。

与对照相比，柴胡腐解液对玉米幼苗根长和苗高有不同程度的抑制作用，抑制率为 3.05% ~ 85.93%。低质量浓度处理的玉米苗高与对照差异不显著，高质量浓度处理的玉米苗高与对照差异显著($P<0.05$)；而所有处理的玉米根长与对照相比均显著降低($P<0.05$)。

表 3 不同质量浓度的柴胡腐解液对玉米种子萌发及幼苗生长的影响

供体材料	质量浓度(g/mL)	发芽率/%	发芽势/%	发芽指数	活力指数	根长/cm	苗高/cm
地上部分	0(CK)	98.89 ± 1.11[a]	54.44 ± 1.11[a]	35.52 ± 1.51[a]	8.84 ± 0.79[a]	11.37 ± 1.10[a]	1.97 ± 0.41[a]
	0.01	96.67 ± 1.93[a]	26.67 ± 6.94[bc]	20.25 ± 2.58[cd]	2.73 ± 0.40[b]	8.17 ± 0.64[b]	1.60 ± 0.29[abc]
	0.03	93.33 ± 3.85[a]	46.67 ± 11.71[ab]	29.55 ± 1.72[b]	3.02 ± 0.27[b]	5.80 ± 0.70[c]	1.91 ± 0.39[a]
	0.05	95.56 ± 2.94[a]	31.11 ± 2.94[bc]	23.73 ± 1.19[c]	2.07 ± 0.34[bc]	3.47 ± 0.69[d]	1.80 ± 0.12[ab]
	0.07	90.00 ± 5.77[a]	23.33 ± 1.93[c]	22.28 ± 1.80[c]	1.78 ± 0.19[bc]	3.43 ± 0.67[d]	0.87 ± 0.09[c]
	0.09	88.89 ± 1.11[a]	16.67 ± 6.94[c]	15.72 ± 1.45[d]	1.14 ± 0.18[c]	1.60 ± 0.06[d]	0.93 ± 0.09[bc]
地下部分	0(CK)	98.89 ± 1.11[a]	54.44 ± 1.11[a]	35.52 ± 1.51[a]	8.84 ± 0.79[a]	11.37 ± 1.10[a]	1.97 ± 0.41[a]
	0.01	96.67 ± 1.93[a]	42.22 ± 4.44[a]	31.19 ± 2.56[a]	6.52 ± 0.60[b]	6.07 ± 0.71[b]	1.77 ± 0.12[ab]
	0.03	97.78 ± 2.22[a]	50.00 ± 5.09[a]	30.59 ± 0.87[a]	5.46 ± 0.13[bc]	4.83 ± 0.64[bc]	1.07 ± 0.27[b]
	0.05	94.44 ± 1.11[a]	43.33 ± 1.93[a]	30.35 ± 1.44[a]	4.75 ± 0.63[c]	4.67 ± 0.55[bc]	0.93 ± 0.09[b]
	0.07	96.67 ± 1.93[a]	46.67 ± 10.18[a]	31.69 ± 4.79[a]	2.02 ± 0.27[d]	4.00 ± 0.68[bc]	1.10 ± 0.20[b]
	0.09	90.00 ± 5.77[a]	24.44 ± 2.22[b]	17.42 ± 0.84[b]	0.95 ± 0.02[d]	3.10 ± 0.31[c]	1.03 ± 0.28[b]

2.2 柴胡腐解液对小麦、玉米和白菜的综合化感效应

根据隶属函数均值大小得出(表 4)，小麦隶属函数均值最高，为 0.96，依次为玉米和白菜，分别为 0.33 和 0.31。隶属函数分析结果表明，柴胡腐解液对白菜的化感抑制作用最强，对小麦的化感抑制作用最弱。从供体材料角度来看，柴胡地上部腐解液处理下的受体作物的隶属函数值高于地下部腐解液，说明柴胡地上部腐解液对受体作物的抑制作用小于地下部腐解液。

表 4 柴胡腐解液处理下 3 种作物种子萌发和幼苗生长指标的隶属函数值

材料来源	材料	发芽率	发芽势	发芽指数	活力指数	根长	苗高	均值	排名
受体材料	白菜	0	0.05	0.68	0.71	0	0.41	0.31	3
	小麦	1.00	1.00	1.00	1.00	0.76	1.00	0.96	1
	玉米	0.99	0	0	0	1.00	0	0.33	2
供体材料	地上部	1.00	0	1.00	1.00	0	1.00	0.67	1
	地下部	0	1.00	0	0	1.00	0	0.33	2

3 结论与讨论

3.1 柴胡地上、地下部腐解液化感作用的差异及浓度效应

植物残株经过分解后可以改善土壤结构，增加土壤有机质，改善土壤的物理结构等因素，进而增加后茬作物的产量，但同时也因为释放化感物质而降低后茬作物的产量[13]。柴胡为多年生药用植物，每年地上部分枯死腐烂分解，以及根部采收后残留在土壤中的残根腐烂后对后茬作物的影响未见报道。

植物的化感物质多为次生代谢物质，非常复杂，具有抑制和促进 2 种作用的物质都可能存在[14]，而且一物多用的生态功能在化感物质中是普遍存在的[15]。本试验中，柴胡相同器官同一质量浓度处理对受体植物白菜幼苗根长有抑制作用，而对苗高有促进作用，可能是受体不同器官对化感物质的敏感性不同以及化感作用影响物质在受体体内分布导致的。

同一供体植物柴胡不同器官之间的化感作用也不尽相同，与器官化感物质的含量和种类不同有关[16]。在水稻的化感作用研究中发现，叶片的化感作用最强[17]。这是由于叶片是光合作用和各种次生代谢过程的主要器官，含有大量的酶和有机物质，这些物质更多或活性更强且稳定，化感作用能大部分表现出来。在柴胡对 3 种作物化感作用的研究中发现，与地上部分相比，柴胡地下部分腐解液对 3 种

受体植物的抑制作用更强,这与水稻化感作用研究结果不同[17]。原因可能与柴胡的药用属性有关。柴胡以干燥根入药,根部含有大量生理活性物质,如皂苷 a、皂苷 d、总皂苷、多糖等。现已知的化感物质主要包括酚类、醌类、黄酮类、萜类、多糖和糖苷、香豆素、生物碱和非蛋白氨基酸等[18]。柴胡根中含有的活性物质均属于化感物质范畴,且柴胡根中主要药效成分——皂苷的含量远远高于茎、叶[19-21],这一发现再次证实药用植物化感物质与药效成分具有"同源性"[4]。

3.2　适宜柴胡后茬种植的作物种类选择

本试验结果表明,柴胡地上、地下部腐解液对白菜和玉米 2 种作物种子的发芽均有不同程度的抑制作用,地上部腐解液降低了小麦种子发芽率,但对其余 3 个发芽指标表现出低浓度促进、高浓度抑制的作用,而地下部腐解液对小麦种子发芽则表现出抑制的作用;柴胡地上、地下部腐解液对小麦和玉米 2 种作物的幼苗生长均有抑制作用,地上部腐解液对白菜幼苗根长有抑制作用,却促进了苗高生长,而地下部腐解液对白菜幼苗生长表现出低浓度促进、高浓度抑制的作用。因此,采用单一指标难以客观反映柴胡腐解液对 3 种作物的化感作用强弱,采用模糊数学的隶属函数法对 3 种受体在柴胡腐解液处理下的综合品质进行评价,结果表明,尽管 3 种受体作物的发芽、生长指标互有高低,但小麦隶属函数值最高,为 0.96,依次为玉米和白菜,分别为 0.33 和 0.31。因此,较之于玉米和白菜,小麦更适合作柴胡的后茬作物。

有研究表明,供体植物对受体植物种内不同品种的化感作用是不相同的[21]。本地品种经常会在供体植物的逆境胁迫下,出现一定程度遗传转化,因此适应性差,而外地引进的品种则表现出较强的适应能力。王庆玲等[11]在研究三七对小麦的化感作用中发现,当地小麦品种对三七化感作用的敏感性大于外来引进的品种。柴胡对不同品种小麦的化感作用效果如何,尚需进一步研究,以筛选出适宜柴胡后茬种植的小麦品种。

参考文献:

[1] 王广印,孙晓娜,谢玉会,等.辣椒植株水浸液对 4 种蔬菜种子萌发的化感效应[J].农业现代化研究,2008,29(6):761-764.

[2] 潘柳廷.化感作用在可持续发展农业中的应用[J].现代农业科技,2009(11):261-262.

[3] 郭巧生.药用植物栽培学[M].北京:高等教育出版社,2009:61-63.

[4] 张爱华,郜玉钢,许永华,等.我国药用植物化感作用研究进展[J].中草药,2011,42(10):1885-1890.

[5] 李玲梅,李明.广藿香根系分泌物的化感自毒作用研究[J].湖北农业科学,2011,50(24):5168-5171.

[6] 赵红梅.黄花蒿(*Artemisia annua* L.)化感物质的释放途径及其主要化感物质的分离鉴定[D].兰州:甘肃农业大学,2008.

[7] 沈慧敏.黄花蒿(*Artemisia annua* L.)化感物质释放途径及化感作用机理研究[D].兰州:甘肃农业大学,2006.

[8] 白祯,黄玥,黄建国.青蒿素对蔬菜种子发芽和幼苗生长的化感效应[J].生态学报,2013,33(23):7576-7582.

[9] 游佩进,张媛,王文全,等.三七连作土壤对几种蔬菜种子及幼苗的化感作用[J].中国现代中药,2009,11(5):12-13.

[10] 王雄飞,刘春生,高鹏,等.三七水提液对几种植物种子萌发和幼苗生长的化感作用[J].中国农学通报,2014,30(4):299-303.

[11] 王庆玲,董涛,张子龙.三七对小麦的化感作用[J].生态学杂志,2015,34(2):431-437.

[12] 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.

[13] 韩伶,李衍素,于贤昌,等.日光温室蔬菜残株堆腐后还田对根区土壤环境及蔬菜产量的影响[J].应用生态学报,2016,27(5):1553-1559.

[14] 田楠,刘增文,李俊,等.林(果)粮间作中树木枯落叶对小麦发芽期和苗期的化感效应[J].中国生态农业学报,2013,21(6):707-714.

[15] 孔垂华.植物化感作用研究中应注意的问题[J].应用生态学报,1998,9(3):332-336.

[16] 胡飞,孔垂华.胜红蓟化感作用研究Ⅰ.水溶物的化感作用及其化感物质分离鉴定[J].应用生态学报,1997,8(3):304-308.

[17] 何海滨,王海滨,陈祥旭,等.化感水稻苗期不同器官水浸提液及根系分泌物对稗草的化感作用[J].中国生态农业学报,2007,15(2):14-17.

[18] 谭仁祥.植物成分功能[M].北京:科学出版社,2003.

[19] 谭玲玲,胡正海,蔡霞,等.北柴胡营养器官中主要化学成分的组织化学定位及其含量比较[J].分子细胞生物学报,2007,40(4):214-222.

[20] 段英姿,客绍英.不同采收期引种柴胡不同部位总皂苷和皂苷 a、d 含量的研究[J].中国农学通报,2014,30(22):217-222.

[21] 赖荣泉,赖碧添,钟秀金.大蒜对不同烤烟品种的化感作用[J].烟草科技,2010(4):59-64.