

酢浆草水浸液对茎瘤芥种子萌发和幼苗生长的化感效应

周先容^{1,2}, 周莉¹, 杨苗¹, 凡因秋¹, 甯川秀¹

(1. 长江师范学院 生命科学与技术学院, 重庆 408100; 2. 武陵山区特色资源开发与利用研究中心, 重庆 408100)

摘要:以茎瘤芥种植地区常见的农田杂草酢浆草为供体植物,以3个茎瘤芥品种(“永安小叶”、“涪杂2号”和“涪杂5号”)作为受体植物,采用室内生物测定方法,测定比较了酢浆草不同浓度水浸液处理3个茎瘤芥品种种子的发芽率、根长、茎长和鲜质量,以明确酢浆草对茎瘤芥的化感作用。结果表明:不同浓度的酢浆草浸提液对3个茎瘤芥品种种子萌发和幼苗生长均有明显的化感效应,高浓度的浸提液显著抑制茎瘤芥的生长与发育,且随着水浸液浓度的升高其抑制作用增强;不同茎瘤芥品种对酢浆草化感作用的敏感程度不同,由强到弱依次为“涪杂5号”、“涪杂2号”、“永安小叶”;该试验为酢浆草入侵地区茎瘤芥栽培品种的选择和抗杂草新品种的筛选培育提供了科学参考依据。

关键词:酢浆草;水浸液;茎瘤芥;化感作用

中图分类号:S 451;S 637.3 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)03-0009-04

化感作用是指由植物或微生物通过向周围环境中释放化学物质影响邻近植物或微生物生长发育的化学生态学现象^[1]。化感作用作为种间生存竞争的一种特殊形式广泛存在于自然界,对农林业生产有重要的影响,在制定农作制度、控制农田杂草、防治作物病虫害以及缓解连作障碍等方面起着重要的作用^[2]。近年来,随着化感作用研究的不断深入,对农业生态系统中农田杂草化感作用的研究越来越广泛^[3]。深入认识杂草的化感作用,对于有效防除杂草,提高作物产量和质量,实现农业可持续发展具有重要意义。

酢浆草(*Oxalis corniculata* L.)属酢浆草科多年生宿根草本植物,原产南美,现广泛分布于世界各地,在中国,最初作为观赏植物被各地引入,后逸生为田间常见杂草^[4]。酢浆草的茎细弱,多分枝,直立或匍匐,匍匐茎节上生根^[5];花型多样,具自花授粉繁育系统^[6],使其具有极强的繁殖扩散能力和生态适应能力,可以迅速蔓延成恶性杂草。已有研究表明,酢浆草对萝卜、生菜^[4]和印度桑^[7]的种子萌发和幼苗生长具有明显的化感抑制作用。茎瘤芥(*Brassica juncea* var. *tumida* Tsen et Lee)

属十字花科芸薹属,是生产榨菜的原料作物。目前对茎瘤芥的研究主要涉及育种^[8]、栽培技术^[9]、病害防治^[10]和环境对其产量和品质的影响^[11-13]等方面,而对茎瘤芥农田生态系统中种间互作关系的研究较少^[14-15]。该试验以茎瘤芥种植地区常见的农田杂草酢浆草为供体植物,以3个茎瘤芥品种作为受体植物,探讨酢浆草植株水浸液对不同品种茎瘤芥的化感效应,旨在为茎瘤芥种植制度的优化和新品种培育提供依据,对于深入研究酢浆草的入侵机制、有效控制及合理利用也具有十分重要的意义。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供体植物为新鲜的酢浆草植株,采自重庆市涪陵区马鞍乡田间。受体茎瘤芥种子分别为“涪杂2号”、“永安小叶”和“涪杂5号”种子,由重庆市渝东南农业科学院提供。

1.2 试验方法

1.2.1 浸提液的制备 将采集的酢浆草植株用清水洗净后自然风干,剪成1 cm左右的小段,称取40 g材料,放入盛有1 L蒸馏水的试剂瓶中,于室温下浸提2 d,期间间歇震荡,用双层纱布和滤纸过滤,得到浓度为40 g/L的浸提液原液,于冰箱中4℃保存备用。浸提液设4个处理浓度,浓度梯度为5、10、20、40 g/L。

1.2.2 种子发芽试验 分别挑选均匀饱满、大小一致的

第一作者简介:周先容(1968-),男,硕士,教授,现主要从事植物生态和园艺植物栽培等研究工作。E-mail:zhouxianrong@yznu.cn.

基金项目:重庆市教育委员会科学技术研究资助项目(KJ1401204);2013年重庆高校创新团队建设计划资助项目。

收稿日期:2015-09-28

3 种茎瘤芥种子,用 0.5%高锰酸钾消毒 3 min,并用无菌水洗涤数次,直至无色为止。将种子均匀点播于垫有 2 层滤纸直径为 15 cm 的培养皿中,每皿 100 粒,分别加入浓度为 5、10、20、40 g/L 的浸提液 10 mL,以蒸馏水培养作对照(CK)。试验设置 15 个处理,每处理重复 3 次。白天和黑夜时段分别设定为温度 25℃、湿度 70%、光照 3 000 lx(10 h)和温度 15℃、湿度 80%、光照 0(14 h)的人工气候箱中培养,每天适当补充相应浓度的浸提液以保持滤纸湿润。每天记录各培养皿中种子的萌发数量,培养 7 d 后结束发芽试验,统计种子发芽率。

1.2.3 幼苗生长试验 将经过消毒的茎瘤芥种子用蒸馏水浸种催芽,待种子萌发后选取萌发一致的种子播于垫有一层滤纸和一层纱布的培养皿中,播种数量、重复次数和培养条件与发芽试验相同。7 d 后从每个培养皿中随机选取 30 株幼苗测量根长、茎长和鲜质量,取平均值。

1.3 项目测定

发芽率 (GR,%)=7 d 内发芽的种子数/供试种子总数×100;化感效应指数 (RI)=1-C/T ($T \geq C$) 或 $RI=T/C-1$ ($T < C$)。式中,C 为对照值,T 为处理值。当 $RI \geq 0$ 时,为促进作用;当 $RI < 0$ 时,为抑制作用,RI 绝对值的大小表示化感作用强度^[16]。综合效应 (SE) 为各项化感效应指数的算术平均值^[17-18]。

1.4 数据分析

采用 Excel 2003 软件进行数据处理,DPS 11.50 软件进行数据统计分析,LSD 多重比较方法进行差异显著性检验^[19]。

2 结果与分析

2.1 酢浆草水浸液对茎瘤芥种子萌发的影响

由表 1 可知,酢浆草植株水浸液对 3 个茎瘤芥品种发芽率的影响存在一定的差异。不同浓度的水浸液处理“永安小叶”和“涪杂 5 号”种子的发芽率均比对照低,且随浓度的升高呈下降趋势,表明酢浆草植株水浸液对这 2 个茎瘤芥品种的种子萌发有抑制作用。除 5 g/L

外,其余浓度的浸提液对“永安小叶”发芽率的抑制均达到差异显著水平($P < 0.05$);浓度为 40 g/L 时,对“涪杂 5 号”发芽率的抑制作用达到差异显著水平。酢浆草水浸液对“涪杂 2 号”发芽率的影响表现出低浓度促进、高浓度抑制的双重化感效应,浓度为 5、10 g/L 时,促进“涪杂 2 号”种子的萌发,但均未达到差异显著水平;浓度为 40 g/L 时,显著抑制其萌发。因此,高浓度的酢浆草水浸液对茎瘤芥种子的萌发具有明显的抑制作用。

表 1 酢浆草水浸液处理茎瘤芥种子的发芽率

Table 1 Germination rate of *Brassica juncea* var. *tumida* seeds treated with aqueous extract from *Oxalis corniculata*

浓度 Concentration /(g·L ⁻¹)	“永安小叶” ‘Yong’an Xiaoye’	“涪杂 2 号” ‘Fuza No. 2’	“涪杂 5 号” ‘Fuza No. 5’
0(CK)	87.22±2.42a	93.33±2.89a	77.78±6.41a
5	81.67±1.67ab	95.00±0.96a	73.33±2.55a
10	78.33±0.96b	95.00±1.67a	72.22±1.47a
20	76.67±0.96b	93.89±2.00a	70.00±4.19a
40	57.78±4.94c	85.55±1.47b	45.56±10.82b

注:表中同列不同小写字母表示不同浓度差异显著($P < 0.05$),以下同。

Note: Different lowercase letters in the same column show significant difference among different concentration at 0.05 level. The same below.

2.2 酢浆草水浸液对茎瘤芥幼苗生长的影响

如表 2 所示,不同浓度的酢浆草水浸液处理下的 3 个茎瘤芥品种幼苗的根长均低于对照组,因此,酢浆草水浸液对茎瘤芥幼苗根长的化感效应表现为抑制作用,且随水浸液浓度的升高其抑制作用增强,除 5 g/L 处理下的“永安小叶”根长与对照间无显著差异外,其余各处理均显著抑制 3 个茎瘤芥品种的根长。不同浓度的酢浆草水浸液对 3 个茎瘤芥品种茎长的影响差异较大。对“永安小叶”茎长的影响表现出低促高抑的双重效应,水浸液浓度为 5、10 g/L 时,显著促进“永安小叶”的茎长;浓度为 20、40 g/L 时,则显著抑制其茎长。对“涪杂 2 号”和“涪杂 5 号”茎长的影响表现为化感抑制作用,且随水浸液浓度的升高而增强,各处理与对照间均存在显著差异。

表 2 酢浆草水浸液处理茎瘤芥幼苗的根长和茎长

Table 2 Root length and stem length of *B. juncea* var. *tumida* seedlings treated with aqueous extract from *O. corniculata*

浓度 Concentration /(g·L ⁻¹)	“永安小叶” ‘Yong’an Xiaoye’	“涪杂 2 号” ‘Fuza No. 2’	“涪杂 5 号” ‘Fuza No. 5’	“永安小叶” ‘Yong’an Xiaoye’	“涪杂 2 号” ‘Fuza No. 2’	“涪杂 5 号” ‘Fuza No. 5’
0(CK)	6.63±0.62a	7.67±0.63a	5.89±0.10a	1.85±0.02b	1.80±0.04a	1.98±0.06a
5	6.26±0.24a	6.17±0.33b	5.12±0.20b	2.13±0.05a	1.42±0.12b	1.75±0.03b
10	4.36±0.14b	5.23±0.53b	3.65±0.18c	2.20±0.08a	1.30±0.06b	1.24±0.03c
20	0.53±0.01c	0.87±0.09c	0.81±0.12d	1.25±0.07c	0.74±0.05c	1.19±0.08c
40	0.06±0.04c	0.16±0.04c	0.17±0.03e	0.71±0.01d	0.51±0.05d	0.63±0.07d

2.3 酢浆草水浸液对茎瘤芥生物量的影响

由表 3 可知,水浸液浓度为 5、10 g/L 时,3 个茎瘤芥品种的鲜质量均高于对照组;浓度为 20、40 g/L 时,则低于对照组,表明酢浆草水浸液对 3 个茎瘤芥品种的鲜

质量具有低浓度促进、高浓度抑制的双重化感效应。浓度为 5 g/L 时,3 个茎瘤芥品种的鲜质量均与对照组间存在显著差异;浓度为 20 g/L 时,3 个茎瘤芥品种的鲜质量均与对照组间均无显著差异;其余处理与对照组间

的差异显著性在 3 个茎瘤芥品种中有所不同,如 40 g/L 处理下的“永安小叶”和“涪杂 5 号”的鲜质量显著低于对照组,而“涪杂 2 号”的鲜质量与对照间无显著差异。

表 3 酢浆草水浸液处理茎瘤芥幼苗的鲜质量

Table 3 Fresh weight of *B. juncea* var. *tumida* seedlings treated with aqueous extract from *O. corniculata*

浓度 Concentration /(g · L ⁻¹)	“永安小叶” ‘Yong’an Xiaoye’	“涪杂 2 号” ‘Fuza No. 2’	“涪杂 5 号” ‘Fuza No. 5’
0(CK)	21.28±0.56c	24.73±0.87a	23.68±0.92b
5	27.42±1.14b	28.37±3.44b	29.02±0.47a
10	30.21±0.59a	29.07±0.81b	26.41±1.61ab
20	19.49±0.56cd	24.07±3.06a	23.51±0.72b
40	17.53±1.11d	23.74±0.42a	20.10±0.68c

2.4 化感效应指数

由表 4 可以看出,酢浆草对 3 个茎瘤芥品种的发芽率、根长、茎长和鲜质量的化感抑制效应随浸提液浓度的降低而减小。在较低浓度下,酢浆草水浸液对“永安小叶”的茎长和鲜质量、“涪杂 2 号”的发芽率和鲜质量、“涪杂 5 号”的鲜质量有一定的促进作用,但其化感促进效应并不随浸提液浓度的降低而增大,其变化规律较为复杂。从各项化感效应指数来看,3 个茎瘤芥品种在各浓度下其根长的 *RI* 均为负值,高浓度下发芽率、茎长和鲜质量的 *RI* 均为负值,低浓度下鲜质量的 *RI* 均为正值;但低浓度下发芽率和茎长这 2 个指标在不同品种中存在较大差异,其中“涪杂 2 号”发芽率和“永安小叶”茎长的 *RI* 为正值,说明酢浆草水浸液对 3 个茎瘤芥品种各项测定指标的影响不尽相同,鲜质量的化感效应总体上表现为促进作用,发芽率、根长和茎长则表现为抑制作用,其强弱顺序为根长>茎长>发芽率。从综合效应来看,除“永安小叶”在 5、10 g/L 浓度下表现为综合化感

表 4 酢浆草水浸液对茎瘤芥种子萌发和幼苗生长的化感效应指数

Table 4 Response index of seed germination and seedling growth of *B. juncea* var. *tumida* treated with aqueous extract from *O. corniculata*

茎瘤芥品种 <i>B. juncea</i> var. <i>tumida</i> cultivars	浓度 Concentration /(g · L ⁻¹)	化感效应指数 Response index				
		发芽率 Germination rate	根长 Root length	茎长 Stem length	鲜质量 Fresh weight	综合效应 Synthetical effect
“永安小叶” ‘Yong’an Xiaoye’	5	-0.064	-0.056	0.131	0.224	0.059
	10	-0.102	-0.342	0.159	0.296	0.003
	20	-0.121	-0.920	-0.324	-0.084	-0.362
	40	-0.338	-0.991	-0.616	-0.176	-0.530
“涪杂 2 号” ‘Fuza No. 2’	5	0.018	-0.196	-0.211	0.128	-0.065
	10	0.018	-0.318	-0.278	0.149	-0.107
	20	0.006	-0.887	-0.589	-0.027	-0.374
	40	-0.083	-0.979	-0.717	-0.040	-0.455
“涪杂 5 号” ‘Fuza No. 5’	5	-0.057	-0.131	-0.116	0.184	-0.030
	10	-0.071	-0.380	-0.374	0.103	-0.181
	20	-0.100	-0.862	-0.399	-0.007	-0.342
	40	-0.414	-0.971	-0.682	-0.151	-0.555

促进效应外,其余均为化感抑制效应,因此,酢浆草水浸液对 3 个茎瘤芥品种的综合化感效应总体上为抑制作用,其强弱顺序为“涪杂 5 号”>“涪杂 2 号”>“永安小叶”。

3 结论与讨论

在自然界中,植物体内的化感物质主要通过挥发、淋溶、分泌和腐释等途径进入环境而发生化感作用^[20],因此该试验采用了接近自然状态的水浸提法制备酢浆草植株浸提液。研究表明,酢浆草植株水浸液对茎瘤芥具有明显的化感作用,对 3 个茎瘤芥品种的种子萌发和幼苗生长的化感效应存在 2 种作用类型,即抑制和低促高抑,并具有品种效应、浓度效应以及不同生长期、不同部位对化感作用的敏感性差异。主要表现在以下几个方面:1)在种子萌发期,3 个茎瘤芥品种对酢浆草的化感响应不同,“永安小叶”、“涪杂 5 号”为抑制作用,“涪杂 2 号”为低促高抑;在幼苗生长期,3 个茎瘤芥品种根长/茎长对酢浆草的化感响应依次为抑制/低促高抑、抑制/抑制、抑制/抑制;2)3 个茎瘤芥品种对酢浆草化感作用的敏感性由高到低的顺序为:“涪杂 5 号”>“涪杂 2 号”>“永安小叶”;3)幼苗生长期和种子萌发期对酢浆草化感作用的敏感性不同,幼苗生长期大于种子萌发期;4)茎与根对酢浆草化感作用的敏感性不同,根大于茎。

许多研究表明,相同来源的浸提液对不同植物、同一植物不同生长期或不同部位可能产生不同的作用效果^[17-18,21],该研究中 3 个茎瘤芥品种对酢浆草植株水浸液的化感响应也存在差异,这可能与不同受体植物、生长发育各阶段和各部位对化感物质的敏感性不同有关。张志忠等^[4]研究酢浆草植株水浸液对萝卜和生菜的化感效应,发现不同浓度水浸液处理均降低了萝卜和生菜种子的发芽率以及幼苗的胚根长度和鲜质量,低浓度的浸提液对萝卜幼苗胚轴的生长有促进作用。该试验也发现,酢浆草植株水浸液对茎瘤芥的种子萌发和幼苗生长具有明显的化感作用,但低浓度的水浸液对 3 个茎瘤芥品种的鲜质量和“涪杂 2 号”种子萌发有促进作用,这可能与酢浆草采集地点、浸提液制备方法、浓度梯度设置以及不同受体植物对酢浆草化感作用适应能力的不同有关。李富荣等^[22]在菊科植物化感作用研究中发现,一些入侵种和非入侵种都具有化感作用,但不同种类的化感作用强度有差异,同时其化感作用还表现出浓度效应,不同浓度的浸提液对受体植物种子的萌发率、幼苗根长、苗高和鲜质量的化感效应不尽相同,既有抑制作用,也有促进作用。因此,入侵植物的化感作用类型也是多样的,其浓度效应变化规律较为复杂。近年来,化感作用作为外来杂草成功入侵的重要机制得到普遍认同,酢浆草对萝卜、生菜和茎瘤芥等受体植物具有明显的化感抑制效应,酢浆草在入侵过程中可以通过抑制当地植

物的生长,蔓延成为恶性杂草。该研究为深入研究酢浆草的入侵机制提供了一定的参考,关于酢浆草化感物质的提取、分离及化感作用机理等还有待进一步研究。

该试验表明,酢浆草对茎瘤芥具有化感作用,并表现出品种效应和浓度效应。由于“涪杂 5 号”对酢浆草化感作用的敏感性较高,而“永安小叶”的敏感性较低,因此在酢浆草危害较严重的农田不宜种植“涪杂 5 号”,建议优先选择“永安小叶”。茎瘤芥是我国特有的蔬菜作物,其种质资源十分丰富,但其化感作用很少有人研究。因此,可以设想通过广泛搜集茎瘤芥种质资源,筛选培育抗杂草化感品种,从而达到有效控制杂草危害,降低化感负效应,提高经济效益的目的。该研究为茎瘤芥种植制度的优化和抗杂草新品种的筛选培育提供了一定依据,同时也为蔬菜作物栽培中防止外来入侵植物的危害提供了参考。

参考文献

- [1] RICE E L. Allelopathy[M]. 2nd ed. New York: Academic Press, 1984: 1-50.
- [2] 李寿田,周健民,王火焰,等. 植物化感作用机理的研究进展[J]. 农村生态环境, 2001, 17(4): 52-55.
- [3] 隋海霞. 杂草化感作用对粮食作物影响的研究进展[J]. 吉林农业, 2014(23): 16.
- [4] 张志忠,蒋云丹,孙志浩,等. 酢浆草(*Oxalis corniculata*)植株水浸提液对萝卜和生菜的化感效应[J]. 热带作物学报, 2012, 33(4): 704-708.
- [5] 徐朗然,黄成就,黄宝贤,等. 中国植物志(第 43 卷,第 1 分册)[M]. 北京: 科学出版社, 1998: 6-13.
- [6] 罗世孝,李世晋,张莫湘. 入侵植物酢浆草在中国的花型分布特点及自花授粉[J]. 植物分类学报, 2008, 46(6): 847-855.
- [7] KUMAR P M P, VIJAYAN K. Effects of extracts of different plants on seed germination and seedling growth of mulberry (*Morus indica* L.)[J]. Indian Journal of Plant Physiology, 1999, 4(4): 343-345.
- [8] 李林基,林合清,彭玉梅,等. 茎瘤芥良种规范化繁育技术[J]. 长江蔬菜, 2007(1): 18-19.
- [9] 孟秋峰,汪丙良,胡美华,等. 不同生态类型的茎瘤芥(榨菜)品种与栽培模式[J]. 中国蔬菜, 2009(21): 45-46.
- [10] 王旭祎,徐兴慧. 涪陵茎瘤芥主要病害发生与防治[J]. 长江蔬菜, 2005(6): 31.
- [11] 唐阵武. 水土环境与施肥对茎瘤芥质量的影响[D]. 重庆: 西南农业大学, 2004.
- [12] 王旭祎,范永红,刘义华,等. 播期和密度对茎瘤芥主要经济性状的影响[J]. 西南园艺, 2006, 34(4): 17-20.
- [13] 李昌满,许明惠. 不同贮藏期对茎瘤芥产品品质变化的影响[J]. 中国蔬菜, 2010(18): 40-42.
- [14] 谭松林,周莉,周先容,等. 桑树根浸提液对茎瘤芥种子萌发和幼苗生长的化感效应[J]. 种子, 2015, 34(8): 43-46.
- [15] 周先容,幸春渝,江波,等. 茎瘤芥叶水浸提液对 3 种作物种子萌发的化感效应[J]. 河南农业科学, 2015, 44(10): 117-121.
- [16] WILLIAMSON G B, RICHARDSON D. Bioassays for allelopathy: measuring treatment responses with independent controls[J]. Journal of Chemical Ecology, 1988, 14(1): 181-187.
- [17] 陶文琴,许镇健,黄丽宜,等. 阔叶丰花草对茄科作物的化感效应[J]. 贵州农业科学, 2014, 42(10): 91-94.
- [18] 曹慕岚. 麻风树叶片化感物质对紫茎泽兰生理活性的影响[J]. 北方园艺, 2015(8): 90-95.
- [19] 唐启义. DPS 数据处理系统: 实验设计、统计分析 & 数据挖掘[M]. 2 版. 北京: 科学出版社, 2010: 82-84.
- [20] 江贵波,曾任森. 化感物质及其收集方法综述[J]. 河南农业科学, 2006, 35(6): 24-27.
- [21] 汪之波,祁驰恒. 黄花草木樨水浸提液对 3 种杂草的化感效应[J]. 种子, 2014, 33(12): 40-43.
- [22] 李富荣,黄莹,梁士楚,等. 几种菊科入侵植物和非入侵植物的化感作用比较[J]. 生态环境学报, 2011, 20(5): 813-818.

Allelopathic Effect of Aqueous Extract of *Oxalis corniculata* on Seed Germination and Seedling Growth of *Brassica juncea* var. *tumida*

ZHOU Xianrong^{1,2}, ZHOU Li¹, YANG Miao¹, FAN Nanqiu¹, NING Chuanxiu¹

(1. College of Life Science and Technology, Yangtze Normal University, Chongqing 408100; 2. Research Center for Development and Utility of Unique Resources in the Wulingshan Region, Chongqing 408100)

Abstract: Farmland weeds of *Oxalis corniculata* were used as the donor plant which could commonly be found at the area planting *Brassica juncea* var. *tumida*, three cultivars of *B. juncea* var. *tumida* including ‘Yong’an Xiaoye’, ‘Fuza No. 2’ and ‘Fuza No. 5’ as receiver plant, the germination rate, root length, stem length and fresh weight of three cultivars of *B. juncea* var. *tumida* seeds treated with different concentration of *O. corniculata* aqueous extract were determined by indoors using a bioassay method to study the allelopathic effect of *O. corniculata* on *B. juncea* var. *tumida*. The results showed that seeds germination and seedling growth of the three tested cultivars of *B. juncea* var. *tumida* were significantly affected by the aqueous extract of *O. corniculata* with different concentration. The growth and development of *B. juncea* var. *tumida* were significantly inhibited by high concentration treatments, and the inhibition increased with concentrations of aqueous extract. The sensitivity of *O. corniculata* aqueous extract was different among three tested cultivars and were in the order of ‘Fuza No. 5’, ‘Fuza No. 2’ and ‘Yongan Xiaoye’. This study gave scientific basis for selecting the appropriate cultivars and cultivating weed-resistant varieties of *B. juncea* var. *tumida* in *O. corniculata* invasion areas.

Keywords: *Oxalis corniculata*; aqueous extract; *Brassica juncea* var. *tumida*; allelopathic effect