

# 外来入侵植物牛膝菊和野苘蒿水浸提液 化感作用的生物测定

董红云, 李 亚<sup>①</sup>, 汪 庆, 姚 淦, 夏 冰

[江苏省·中国科学院植物研究所(南京中山植物园), 江苏 南京 210014]

**摘要:** 采用培养皿滤纸法, 以小麦 (*Triticum aestivum* L.) 和玉米 (*Zea mays* L.) 为实验材料, 以种子的发芽率、发芽指数、活力指数以及幼苗的株高和根长为测定指标, 结合化感效应指数的综合效应值, 对外来入侵植物野苘蒿 [*Crassocephalum crepidioides* (Benth.) S. Moore] 和牛膝菊 (*Galinsoga parviflora* Cav.) 茎叶水浸提液的化感活性分别进行了测定。结果表明, 随野苘蒿和牛膝菊水浸提液质量浓度 ( $0.01 \sim 0.10 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$ ) 的提高, 小麦和玉米种子的发芽率、发芽指数、活力指数以及幼苗的株高和根长总体上逐渐减小; 与对照组相比,  $0.01 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$  牛膝菊水浸提液对小麦的幼苗株高以及玉米的种子发芽率和幼苗株高具有一定的促进作用, 但对小麦和玉米的幼苗根长有显著抑制作用; 而  $0.01 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$  野苘蒿水浸提液仅对小麦种子的发芽率略有促进作用。 $0.04 \sim 0.10 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$  野苘蒿和牛膝菊水浸提液对小麦和玉米种子萌发及幼苗生长的各项指标基本上均有显著的抑制作用; 野苘蒿和牛膝菊水浸提液对玉米种子萌发和幼苗生长的抑制作用大于小麦。 $0.01 \sim 0.10 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$  野苘蒿和牛膝菊水浸提液对小麦和玉米种子萌发和幼苗生长的化感效应指数的综合效应值均小于 0, 表现为抑制作用, 并随 2 种植物水浸提液质量浓度的提高综合效应值逐渐降低, 且前者的化感效应指数的综合效应值大于后者。研究结果显示, 野苘蒿和牛膝菊水浸提液对小麦和玉米的化感活性均表现为抑制作用, 且化感作用的强度与水浸提液的质量浓度相关; 野苘蒿水浸提液的化感作用效应大于牛膝菊。

**关键词:** 外来入侵植物; 野苘蒿; 牛膝菊; 生物测定; 化感活性

中图分类号: Q948.12; Q949.783 文献标志码: A 文章编号: 1674-7895(2010)02-0048-06

**Bioassay of allelopathy of water extracts from alien invasive plants *Crassocephalum crepidioides* and *Galinsoga parviflora*** DONG Hong-yun, LI Ya<sup>①</sup>, WANG Qing, YAO Gan, XIA Bing (Institute of Botany, Jiangsu Province and the Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210014, China), *J. Plant Resour. & Environ.* 2010, 19(2): 48-53, 91

**Abstract:** Using wheat (*Triticum aestivum* L.) and maize (*Zea mays* L.) as experimental materials and using germination rate, germination index and vigour index of seed, height and root length of seedling as determination indexes, as well as combined with synthesis effect value of allelopathic response index, the allelopathic activity of water extracts from leaf and stem of two alien invasive plants *Crassocephalum crepidioides* (Benth.) S. Moore and *Galinsoga parviflora* Cav. was studied respectively by the culture dish-filter paper method. The results show that all of germination rate, germination index and vigour index of seed, height and root length of seedling of wheat and maize generally reduce with two water extract concentration increasing ( $0.01 \sim 0.10 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$ ). Comparing with the control,  $0.01 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$  water extract from *G. parviflora* has a certain promotion to seedling height of wheat and seed germination rate and seedling height of maize, but has a significant inhibition to seedling root length of wheat and maize. And only  $0.01 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$  water extract from *C. crepidioides* has a slight promotion to seed germination rate of wheat. While all of  $0.04 \sim 0.10 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$  water extracts from *C. crepidioides* and *G. parviflora* appear significant inhibition to seed germination and seedling growth of wheat and maize. On

收稿日期: 2009-06-23

基金项目: 国家环境保护部和江苏省环境保护厅环保科技项目“江苏省外来入侵物种调查”专项资金

作者简介: 董红云(1984—), 女, 山东枣庄人, 硕士, 主要从事入侵植物生态学研究。

<sup>①</sup>通信作者 E-mail: yalicnbg@yahoo.com.cn

the whole, the inhibition of water extracts from *C. crepidioides* and *G. parviflora* to seed germination and seedling growth of maize is stronger than those of wheat. Synthesis effect values of allelopathic response index of 0.01–0.10 g · mL<sup>-1</sup> water extracts from *C. crepidioides* and *G. parviflora* are all below zero, showing inhibition effects to seed germination and seedling growth of wheat and maize, and decrease gradually with the water extract concentration rising. And the synthesis effect value of allelopathic response index of the former is bigger than that of the latter. It is concluded that allelopathic activity of water extracts from *C. crepidioides* and *G. parviflora* is the inhibition effects to wheat and maize, and the inhibition strength relates to the concentration of water extracts. Moreover, the allelopathic activity of water extract from *C. crepidioides* is stronger than that from *G. parviflora*.

**Key words:** alien invasive plant; *Crassocephalum crepidioides* (Benth.) S. Moore; *Galinsoga parviflora* Cav.; bioassay; allelopathic activity

植物的化感作用(allelopathy)是植物通过淋溶、挥发、残体分解和根系分泌等方式向环境释放化学物质,从而对周围植物(包括微生物)产生直接或间接的、有害或有利的的作用<sup>[1]</sup>。外来入侵物种(alien invasive species)是指从原自然分布区通过有意或无意的人类活动而被引入、在当地的自然或半自然生态系统中形成了自我再生能力、给当地的生态系统或景观造成明显损害或影响的物种。外来入侵植物能够在新栖息环境中成功排挤土著种,除通过占据当地物种生态位、降低当地物种多样性以及使当地物种没有适宜的栖息环境外,外来植物还通过释放化感物质,对新生境的土著生物进行抑制、排挤和毒杀,为自身营造更广阔的生存和发展空间,同时保护自身种群不受其他生物的伤害<sup>[2]</sup>。

菊科(Compositae)为外来入侵植物的优势科,在中国共有菊科外来入侵植物49种,为外来种最多的科<sup>[3]</sup>;在江苏省的33种入侵植物中菊科种类最多,占总种数的三分之一<sup>[4]</sup>;而在江苏省3个自然保护区的外来入侵植物中,菊科种类最多,占入侵植物总种数的48%,且由于菊科植物种子数量多并多具有冠毛,易于传播和扩散,已经成为对自然保护区危害最大的入侵植物<sup>[5]</sup>。菊科的加拿大一枝黄花(*Solidago canadensis* L.)、香丝草[*Conyza bonariensis* (L.) Cronq.]、黄顶菊[*Flaveria bidentis* (L.) Kuntze]及一年蓬[*Erigeron annuus* (L.) Pers.]等外来杂草能够产生强烈的化感作用,抑制本土植物种子萌发和幼苗生长,并使本土植物的抗胁迫能力降低,显示出化感作用在外来种入侵过程中的重要作用<sup>[6-9]</sup>。牛膝菊(*Galinsoga parviflora* Cav.)为菊科一年生草本植物,原产南美洲,该种适应能力强、发生量大且难以去除,对入侵地的农田、菜园和果园等都有严重影响;野苘蒿

[*Crassocephalum crepidioides* (Benth.) S. Moore]为菊科多年生草本植物,原产非洲热带地区,目前在全球温暖地区归化,是果园和蔬菜地的恶性杂草<sup>[10]</sup>。这2种外来入侵植物均为恶性农田杂草,不但危害农作物的生长,还严重威胁着农业生态系统安全。

为探明菊科外来入侵植物的化感作用机制及对农作物的危害程度,作者以小麦(*Triticum aestivum* L.)和玉米(*Zea mays* L.)为实验材料,对外来入侵植物野苘蒿和牛膝菊水浸提液的化感活性进行了生物测定,为阐明外来植物入侵的化学机制、制定合理的治理办法以及维护农林生态系统安全提供科学依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 材料

牛膝菊采自南京中山植物园,野苘蒿采自宜兴龙池山森林自然保护区。

供试小麦品种‘宁麦13号’(‘Ningmai 13’)和玉米品种‘江南花糯’(‘Jiangnanhuanuo’)的种子均由江苏省农业科学院提供。

### 1.2 方法

于2008年10月随机选择多株长势良好的牛膝菊和野苘蒿野生植株为样株,分别取地上茎叶部分,用清水快速洗净后自然风干,剪成小段并粉碎成粉末,备用。分别称取牛膝菊和野苘蒿粉末样品各50g,按W(样品):V(蒸馏水)=1:10的比例加入蒸馏水,并于恒温(25℃)条件下用摇床振荡提取48h,依次用3层纱布和定性滤纸过滤,滤液即为水浸提液母液(0.10 g · mL<sup>-1</sup>),置于-4℃冰箱内保存、备用。

采用培养皿滤纸法<sup>[11]</sup>进行种子萌发实验。挑选籽粒饱满、大小均一的小麦和玉米种子,分别用质量

体积分数 0.5% 的  $\text{KMnO}_4$  溶液浸泡消毒 2 min, 然后用蒸馏水清洗 3 次, 备用。将牛膝菊和野苘蒿的水浸提液母液用蒸馏水分别稀释至 0.01、0.04、0.07 和 0.10  $\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ , 作为处理液。在培养皿(直径 9 cm)中铺 2 层滤纸, 分别加入适量的处理液(对照则加入适量蒸馏水)至滤纸湿润, 在每一培养皿中均匀放置经过消毒的小麦或玉米种子 50 粒, 每处理 3 次重复。将培养皿置于恒温(25  $^{\circ}\text{C}$ )的培养箱中暗培养 3 d, 从第 4 天起置于温度 25  $^{\circ}\text{C}$ 、光照度 1 600 lx、光照时间 12  $\text{h} \cdot \text{d}^{-1}$  的条件下培养, 在培养过程中不定期补充处理液或蒸馏水(对照)以保持滤纸湿润。每隔 24 h 记录发芽的种子数(胚根或胚轴突破种皮 1~2 mm 即视为萌发)。7 d 后统计种子的发芽率, 测量幼苗的最大根长、株高和鲜质量, 并分别计算对照组和各个处理组的种子发芽指数和活力指数。

### 1.3 数据计算及处理

分别按下列公式计算种子的发芽率、发芽指数和活力指数<sup>[12]</sup>。发芽率 = (发芽终期正常发芽的种子总数/供试种子总数)  $\times 100\%$ 。发芽指数 =  $\sum_{i=1}^t G_i/D_i$ , 式中,  $G_i$  表示第  $t$  天的发芽种子数;  $D_i$  表示对应的发芽天数。活力指数 =  $GI \times S$ , 式中,  $GI$  为种子的发芽率;  $S$  为第 7 天测得的幼苗鲜质量。

用 Williamson 等<sup>[13]</sup> 所提出的化感效应指数 ( $RI$ , response index) 衡量野苘蒿和牛膝菊水浸提液对小麦

和玉米种子萌发和幼苗生长各项指标的影响。以  $C$  为对照值,  $T$  为处理值; 当  $T \geq C$  时,  $RI = 1 - C/T$ ; 当  $T < C$ ,  $RI = T/C - 1$ 。  $RI > 0$  表示促进,  $RI < 0$  表示抑制, 其绝对值的大小与化感作用强度一致。综合效应 (SE, synthesis effect) 为同一处理下受体种子的发芽指数、活力指数、株高和根长的化感效应指数的算术平均值<sup>[14]</sup>。

采用 SPSS 13.0 统计分析软件进行单因素多变量方差分析, 采用 Duncan 新复极差法进行多重比较。

## 2 结果和分析

### 2.1 野苘蒿水浸提液对小麦和玉米种子萌发和幼苗生长的影响

2.1.1 对小麦种子萌发和幼苗生长的影响 不同质量浓度野苘蒿水浸提液对小麦种子萌发和幼苗生长的影响见表 1。由表 1 可以看出, 除 0.01  $\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$  野苘蒿水浸提液处理组小麦种子的发芽率及幼苗根长与对照组差异不显著外, 0.01~0.10  $\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$  野苘蒿水浸提液处理组小麦种子萌发及幼苗生长的各项指标均显著低于对照组, 且随野苘蒿水浸提液质量浓度的提高, 各指标的降低幅度显著增大。结果显示, 随质量浓度的提高, 野苘蒿水浸提液对小麦种子萌发和幼苗生长各指标的抑制作用显著增强。

表 1 不同质量浓度野苘蒿水浸提液对小麦种子萌发和幼苗生长的影响<sup>1)</sup>

Table 1 Effect of water extracts from *Crassocephalum crepidioides* (Benth.) S. Moore with different concentrations on seed germination and seedling growth of wheat (*Triticum aestivum* L.)<sup>1)</sup>

质量浓度/ $\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ Concentration	发芽率/% Germination rate	发芽指数 Germination index	活力指数 Vigour index	株高/cm Seedling height	根长/cm Root length
0.00(CK)	92a	58.67a	12.25a	11.65a	6.68a
0.01	99a	47.44b	6.76b	10.91b	5.57a
0.04	86bc	38.00c	4.57c	6.13c	2.41b
0.07	78c	31.83d	3.71c	3.28d	0.40bc
0.10	46d	16.33e	1.33d	0.40e	0.20c

<sup>1)</sup> 同列中不同的小写字母表示在 5% 水平上差异显著 Different small letters in same column indicate the significant difference at 5% level.

虽然低浓度(0.01  $\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ )野苘蒿水浸提液对小麦种子的发芽率有一定的促进作用, 但发芽率与对照差异不显著。当野苘蒿水浸提液质量浓度为 0.04  $\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$  时, 小麦种子的发芽率、发芽指数、活力指数以及幼苗的株高和根长均显著低于对照组, 分别为对照组的 93.5%、64.8%、37.31%、52.62% 和 36.08%。

当野苘蒿水浸提液质量浓度提高到 0.10  $\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$  时, 小麦种子的发芽率、发芽指数、活力指数以及幼苗的株高和根长分别仅为对照组的 50.00%、27.83%、10.86%、3.43% 和 2.99%, 且小麦幼苗的株高和根长均在 1 cm 以下, 幼苗生长受到强烈抑制。

结果显示, 不同质量浓度的野苘蒿水浸提液对小

麦种子萌发和幼苗生长均有不同程度的抑制作用,且这种抑制作用的强度与野苘蒿水浸提液的质量浓度呈正相关。

2.1.2 对玉米种子萌发和幼苗生长的影响 不同质量浓度野苘蒿水浸提液对玉米种子萌发和幼苗生长的影响见表2。由表2可见,当野苘蒿水浸提液质量浓度为 $0.01\text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 时,玉米种子的发芽率、发芽指数、活力指数和幼苗株高分别为对照组的49.32%、46.55%、39.46%和72.91%,而幼苗根长仅为对照组的13.70%;当野苘蒿水浸提液质量浓度为 $0.07\text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 时,玉米种子的发芽率、发芽指数、活力指数以及幼苗的株高和根长分别仅为对照组的23.29%、19.99%、10.72%、52.71%和5.33%,其中幼苗根长仅为0.65 cm;当野苘蒿水浸提液质量浓度为0.10

$\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 时,玉米种子基本不萌发,发芽指数和活力指数也分别仅为0.33和0.12,幼苗株高和根长分别仅为0.30和0.10 cm。结果显示,野苘蒿水浸提液对玉米种子萌发和幼苗生长的抑制作用随其质量浓度的提高而增强。

除0.01与 $0.04\text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 处理组玉米种子的发芽率、发芽指数、活力指数和幼苗根长的差异不显著以及0.04与 $0.07\text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 处理组玉米幼苗株高的差异不显著外,各处理组的玉米种子萌发和幼苗生长各指标显著小于对照,且各处理组间也有显著差异。研究结果显示, $0.01\sim 0.10\text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 野苘蒿水浸提液对玉米的种子萌发和幼苗生长总体上呈现出显著的抑制作用,且抑制作用的强度与野苘蒿水浸提液的质量浓度呈正相关。

表2 不同质量浓度野苘蒿水浸提液对玉米种子萌发和幼苗生长的影响<sup>1)</sup>

Table 2 Effect of water extracts from *Crassocephalum crepidioides* (Benth.) S. Moore with different concentrations on seed germination and seedling growth of maize (*Zea mays* L.)<sup>1)</sup>

质量浓度/ $\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ Concentration	发芽率/% Germination rate	发芽指数 Germination index	活力指数 Vigour index	株高/cm Seedling height	根长/cm Root length
0.00(CK)	73a	16.11a	14.37a	10.15a	12.19a
0.01	36b	7.50b	5.67b	7.40b	1.67b
0.04	32b	6.61b	4.79b	5.43c	1.58b
0.07	17c	3.22c	1.54c	5.35c	0.65c
0.10	2d	0.33d	0.12c	0.30d	0.10d

<sup>1)</sup> 同列中不同的小写字母表示在5%水平上差异显著 Different small letters in same column indicate the significant difference at 5% level.

## 2.2 牛膝菊水浸提液对小麦和玉米种子萌发和幼苗生长的影响

2.2.1 对小麦种子萌发和幼苗生长的影响 不同质量浓度牛膝菊水浸提液对小麦种子萌发和幼苗生长的影响见表3。由表3可见,用较低质量浓度( $0.01\sim 0.04\text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$ )牛膝菊水浸提液进行处理,小麦种子的发芽率和活力指数与对照组没有显著差异,其中,种子发芽率与对照组几乎相等,而种子活力指数则均小于对照组但表现出随质量浓度提高而增大的趋势。 $0.01\sim 0.04\text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 牛膝菊水浸提液对小麦幼苗株高有一定的促进作用;在 $0.01\text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 牛膝菊水浸提液处理组中,幼苗株高较对照组增加了20.55%,差异显著;而在 $0.04\text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 牛膝菊水浸提液处理组中,幼苗株高仅较对照组增加了0.82%,差异不显著。用较高质量浓度( $0.07\sim 0.10\text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$ )牛膝菊水浸提液进行处理,小麦种子的发芽率、活力指数和幼苗株高均显著低于对照组,且随牛膝菊水浸提液质量浓度的

提高降幅增大。

牛膝菊水浸提液对小麦种子的发芽指数和幼苗的根长有显著的抑制作用,在各处理组中小麦种子的发芽指数和幼苗的根长均显著低于对照组且随水浸提液的质量浓度的提高( $0.01\sim 0.10\text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$ )逐渐降低。当牛膝菊水浸提液质量浓度为 $0.10\text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 时,小麦种子的发芽率、发芽指数、活力指数以及幼苗的株高和根长分别仅为对照组的48.31%、27.83%、18.16%、17.67%和5.94%。

在 $0.01\sim 0.10\text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 质量浓度范围内,较低质量浓度的牛膝菊水浸提液对小麦种子萌发和幼苗生长的各项指标表现出不同的效应,对种子的发芽率和活力指数没有显著的抑制作用,对幼苗株高则有一定的促进作用,而对种子的发芽指数和幼苗的根长则有显著的抑制作用;较高质量浓度的牛膝菊水浸提液对小麦种子萌发和幼苗生长的各项指标均有显著的抑制作用。



表 3 不同质量浓度牛膝菊水浸提液对小麦种子萌发和幼苗生长的影响<sup>1)</sup>Table 3 Effect of water extracts from *Galinsoga parviflora* Cav. with different concentrations on seed germination and seedling growth of wheat (*Triticum aestivum* L.)<sup>1)</sup>

质量浓度/ $\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ Concentration	发芽率/% Germination rate	发芽指数 Germination index	活力指数 Vigour index	株高/cm Seedling height	根长/cm Root length
0.00(CK)	89a	58.67a	5.01a	7.30b	6.73a
0.01	89a	47.44b	4.68a	8.80a	4.53b
0.04	90a	38.00c	4.88a	7.36b	1.86c
0.07	51b	31.83d	1.26b	1.62c	0.80d
0.10	43c	16.33e	0.91b	1.29c	0.40e

<sup>1)</sup> 同列中不同的小写字母表示在 5% 水平上差异显著 Different small letters in same column indicate the significant difference at 5% level.

2.2.2 对玉米种子萌发和幼苗生长的影响 不同质量浓度牛膝菊水浸提液对玉米种子萌发和幼苗生长的影响见表 4。由表 4 可以看出,0.01  $\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$  牛膝菊水浸提液对玉米种子发芽率和幼苗株高有一定的促进作用,对种子发芽指数、活力指数及幼苗根长则有一定的抑制作用;而 0.04 ~ 0.10  $\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$  牛膝菊水浸提液对玉米种子萌发及幼苗生长的各项指标均有明显的抑制作用,且随质量浓度的提高抑制作用的强度逐渐增大。

在 0.01  $\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$  牛膝菊水浸提液处理组中,玉米种子发芽率和幼苗株高较对照组分别提高 5.56% 和

17.23%,但幼苗株高与对照组差异不显著,而种子发芽率则显著高于对照组;种子发芽指数、活力指数及幼苗根长均低于对照组,但活力指数与对照组差异不显著,种子发芽指数和幼苗根长则与对照组有显著差异。在 0.07  $\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$  牛膝菊水浸提液处理组中,玉米幼苗的株高和根长均小于 1 cm;在 0.10  $\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$  牛膝菊水浸提液处理组中,玉米种子的发芽率仅为 1%,发芽指数为 0.11,活力指数为 0.04,基本不萌发,且玉米种子的发芽率、发芽指数、活力指数以及幼苗的株高和根长分别仅为对照组的 1.85%、0.59%、0.33%、4.10% 和 1.15%,抑制作用显著。

表 4 不同质量浓度牛膝菊水浸提液对玉米种子萌发和幼苗生长的影响<sup>1)</sup>Table 4 Effect of water extracts from *Galinsoga parviflora* Cav. with different concentrations on seed germination and seedling growth of maize (*Zea mays* L.)<sup>1)</sup>

质量浓度/ $\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ Concentration	发芽率/% Germination rate	发芽指数 Germination index	活力指数 Vigour index	株高/cm Seedling height	根长/cm Root length
0.00(CK)	54b	18.50a	12.08a	9.75a	8.67a
0.01	57a	12.78b	10.32a	11.43a	4.08b
0.04	45c	11.28b	4.93b	5.62ab	1.38bc
0.07	25d	5.78c	1.74bc	0.71b	0.31c
0.10	1e	0.11d	0.04c	0.40b	0.10c

<sup>1)</sup> 同列中不同的小写字母表示在 5% 水平上差异显著 Different small letters in same column indicate the significant difference at 5% level.

在 0.01 ~ 0.10  $\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$  质量浓度范围内,低质量浓度的牛膝菊水浸提液对玉米种子萌发和幼苗生长的各项指标表现出不同的效应,对种子发芽率和幼苗株高有一定的促进作用,对种子的发芽指数、活力指数及幼苗根长则有一定的抑制作用;较高质量浓度的牛膝菊水浸提液对玉米种子萌发和幼苗生长的各项指标有显著的抑制作用。

### 2.3 野苘蒿和牛膝菊水浸提液化感效应的综合分析

0.01 ~ 0.10  $\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$  野苘蒿和牛膝菊水浸提液对小麦和玉米化感效应指数的综合效应值见表 5。表 5

的数据显示,0.01 ~ 0.10  $\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$  野苘蒿和牛膝菊水浸提液对小麦和玉米种子萌发和幼苗生长各项指标的综合效应值均小于 0,表明野苘蒿和牛膝菊水浸提液对小麦和玉米种子萌发和幼苗生长的综合化感效应均为抑制效应,且这种化感抑制作用的强度随水浸提液质量浓度的提高逐渐增强。其中,0.10  $\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$  牛膝菊水浸提液对玉米种子萌发和幼苗生长的综合抑制作用最强,综合效应值为 -0.99;0.01  $\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$  牛膝菊水浸提液对小麦种子萌发和幼苗生长的综合抑制作用最弱,综合效应值仅为 -0.08。

综合比较结果显示,野苘蒿水浸提液对小麦和玉米种子萌发和幼苗生长的化感作用综合效应强于牛膝菊水浸提液,玉米对2种植物水浸提液化感作用的敏感性大于小麦。

表5 野苘蒿和牛膝菊水浸提液对小麦和玉米化感效应指数的综合效应值

Table 5 Synthesis effect value of allelopathic response index of water extracts from *Crassocephalum crepidioides* (Benth.) S. Moore and *Galinsoga parviflora* Cav. on wheat (*Triticum aestivum* L.) and maize (*Zea mays* L.)

质量浓度/ g · mL <sup>-1</sup> Conc.	野苘蒿的综合效应值 Synthesis effect value of <i>C. crepidioides</i>		牛膝菊的综合效应值 Synthesis effect value of <i>G. parviflora</i>	
	小麦 Wheat	玉米 Maize	小麦 Wheat	玉米 Maize
0.00 (CK)	0	0	0	0
0.01	-0.16	-0.56	-0.08	-0.16
0.04	-0.43	-0.63	-0.18	-0.48
0.07	-0.59	-0.78	-0.66	-0.79
0.10	-0.81	-0.98	-0.76	-0.99

### 3 讨 论

除低质量浓度野苘蒿水浸提液对小麦种子萌发有一定的促进作用外,0.01~0.10 g · mL<sup>-1</sup>野苘蒿水浸提液对小麦和玉米种子萌发和幼苗生长的各项指标总体上均有不同程度的抑制作用,并随野苘蒿水浸提液质量浓度的提高抑制作用不断增强,表明野苘蒿水浸提液对小麦和玉米种子萌发和幼苗生长的化感活性均表现为抑制作用,且这种抑制作用随质量浓度提高不断增强。

郭振清等<sup>[15]</sup>的研究结果表明,牛膝菊对萝卜(*Raphanus sativus* L.)和油菜(*Brassica campestris* L.)种子萌发和幼苗生长具有比较明显的抑制作用,对白菜[*B. pekinensis* (Lour.) Rupr.]种子萌发和幼苗生长总体上呈无规律的促进作用,对生菜(*Lactuca sativa* L. var. *ramosa* Hort.)种子萌发和幼苗生长总体上呈低浓度促进、高浓度抑制的趋势,其化感作用有一定选择性。作者的研究结果显示,低质量浓度的牛膝菊水浸提液对小麦幼苗株高以及玉米种子发芽率和幼苗株高均有一定的促进作用,但较高质量浓度牛膝菊水浸提液对小麦和玉米种子萌发和幼苗生长有十分显著的抑制作用,这可能与不同供试植物对牛膝菊水浸提液的化感作用敏感度不同有关。0.01~0.10 g · mL<sup>-1</sup>牛膝菊水浸提液对小麦和玉米种子萌发和幼苗生长

的综合化感效应均为抑制作用,并有明显的浓度效应。根据本研究结果,建议在农作物耕作期间加强田间管理,切勿长时间弃荒致使农田杂草丛生,导致农作物种子发芽率和产量的降低。

在本研究中,作者选取的小麦和玉米种子萌发的3项指标(发芽率、发芽指数和活力指数)以及幼苗生长的2项指标(株高和根长)对野苘蒿和牛膝菊水浸提液化感作用的敏感度不同。陈圣宾等<sup>[16]</sup>认为,种子的发芽率和发芽指数反映了外来入侵植物对种子萌发的影响,发芽率降低会使植物多度降低,打乱种群的更新和延续。作者的研究结果显示,低质量浓度牛膝菊水浸提液对小麦和玉米种子的发芽率没有影响甚至有一定的促进作用,但是玉米和小麦种子的发芽时间比对照组平均延后1~3 d,发芽指数也显著低于对照组并随牛膝菊水浸提液质量浓度的提高而显著降低;在5项测定指标中,小麦和玉米幼苗根长对野苘蒿和牛膝菊水浸提液的化感作用最敏感;而种子活力指数综合了发芽率和幼苗鲜质量等特征,也从一定程度上反映了野苘蒿和牛膝菊水浸提液化感作用对玉米和小麦种子萌发的影响。因此,不同测定指标从不同角度反映了外来入侵植物对供试植物的化感作用,但并不能全面反映化感作用的效应和强度。为此,有研究者采用化感效应指数评价外来入侵植物的化感作用<sup>[17-18]</sup>,以期对外来入侵植物化感作用的整体效应进行分析和评估。在本研究中作者也采用了化感效应指数的综合效应值对野苘蒿和牛膝菊水浸提液化感活性的效应和强度进行综合评价,但化感效应指数的综合效应值是以实验中所选择的生物指标为基础的,而选择适宜的生物指标对能否直观、整体地评价外来入侵植物的化感活性有重要影响,因此外来入侵植物化感作用的生物测定须谨慎选择各项测定指标。

#### 参考文献:

- [1] Rice E L. Allelopathy [M]. 2nd ed. New York: Academic Press, 1984: 1-3.
- [2] 林 嵩,翁伯琦. 外来植物化感作用研究综述[J]. 福建农业学报, 2005, 20(3): 202-210.
- [3] 徐海根,王健民,强 胜,等.《生物多样性公约》热点研究:外来物种入侵·生物安全·遗传资源[M]. 北京:科学出版社, 2004: 22.
- [4] 李 亚,姚 淦,邓 飞,等.江苏省外来种子植物的初步调查和分析[J]. 植物资源与环境学报, 2008, 17(4): 55-60.