

# 苍耳对不同植物幼苗的化感作用研究

高兴祥<sup>1</sup>, 李美<sup>1\*</sup>, 高宗军<sup>1</sup>, 张宏军<sup>2</sup>, 张佳<sup>2</sup>

(1. 山东省农业科学院植物保护研究所, 山东 济南 250100; 2. 农业部农药检定所, 北京 100026)

**摘要:**在室内采用离体生物测定法,测定了苍耳水浸提物对小麦、高粱、黄瓜、油菜和萝卜的化感效应。结果表明,苍耳水浸提液对 5 种植物种子的萌发和生长均有较强的抑制作用,且相同浓度处理时,对胚根的生长抑制作用高于对胚芽的抑制作用。5 种受体植物中,以油菜最为敏感,其次为萝卜。本研究还通过测定化感物质对植物光合作用的影响及 MDA 含量的变化,初步探讨了苍耳化感物质的作用特征。在 0.025 g/mL 浓度下,苍耳对去胚乳小麦幼芽、幼根的抑制率分别为 58.33% 和 67.31%;同样浓度下,苍耳对黑暗条件下培养的高粱幼芽、幼根的抑制率分别为 5.58% 和 32.34%;可以看出,苍耳对植物光合作用的影响明显高于对非光合作用的影响。化感物质处理后黄瓜和萝卜幼苗 MDA 含量均高于未加化感物质的对照处理,且化感物质浓度越高 MDA 含量越高。由此可以看出,苍耳对植物的化感作用与抑制植物的光合作用并使植物的 MDA 含量升高有关,对植物的非光合作用亦有不同程度的影响。

**关键词:**苍耳;化感效应;种子萌发;幼苗生长

**中图分类号:**Q945.7 **文献标识码:**A **文章编号:**1004-5759(2009)02-0095-07

\* 近年来,化感作用的研究日益深入和广泛,多种植物的化感效应得到评价、开发和利用<sup>[1~8]</sup>,化感作用已成为森林保护、有害生物控制、增加作物产量和促进环境可持续性发展的重要途径之一。在自然界中,水溶性的化感物质主要通过雨水和雾滴等的淋溶进入土壤发生化感作用。土壤中化感物质的含量受到多种因素的影响,包括植株大小、枯落物的密度、分解速度以及降水量等,当化感物质在土壤中积累一定量后,就会抑制其他植物种子萌发和幼苗生长,从而影响植物的竞争力<sup>[9~11]</sup>。目前,国内学者对紫茎泽兰(*Eupatorium adenophorum*)、胜红蓟(*Ageratum conyzoides*)、黄花蒿(*Artemisia annua*)、豚草(*Ambrosia artemisiifolia*)、毛苕子(*Vicia villosa*)等植物<sup>[12~15]</sup>的化感作用进行了深入研究,但对常见杂草苍耳(*Xanthium sibiricum*)的化感作用鲜有报道。

苍耳为菊科苍耳属的一种药用植物,苍耳中不只含有在医药上抗菌、抗病毒、止痛、降血糖、抗癌等的活性物质<sup>[16,17]</sup>,还含有对农业有害生物蚜虫、红蜘蛛、菜青虫、螺<sup>[18,19]</sup>等具有良好控制作用的 $\beta$ -谷甾醇等物质。苍耳适应性很强,常生长于旷野山坡、旱地边、盐碱地及路旁,也是部分地区草坪中的重要阔叶杂草,目前正逐渐往农田转移。苍耳生长的地方,往往其他草本植物生长稀疏,因此要严防苍耳侵入作物田及菜田为害,研究苍耳的化感作用具有重要的理论意义和现实意义。本试验于 2007 年 9—12 月进行,以油菜、萝卜等植物为受体植物,初步研究了苍耳水浸提物对其他植物种子萌发和幼苗生长等的化感作用,并采用去胚乳小麦生长法和高粱河沙法测定了苍耳水浸提物对植物的光合作用和非光合作用抑制活性,并测定了其对于黄瓜和萝卜幼苗丙二醛含量的影响,初步探讨了其化感作用机理,为进一步研究和利用苍耳次生物质提供试验依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

供试材料为苍耳,受体植物为高粱(*Sorghum vulgare*)、黄瓜(*Cucumis sativus*)、小麦(*Triticum aestivum*)、油菜(*Brassica campestris*)和萝卜(*Raphanus sativus*),均购自山东省济南市种子大世界。

### 1.2 方法

**1.2.1 苍耳浸提液的制备** 于 2007 年 9 月将成熟期的苍耳全株采回,先用清水洗净泥土,室内自然晾干后,用

\* 收稿日期:2008-04-07;改回日期:2008-07-07

基金项目:国家 863 计划资助项目(2006AA10A214),山东省农业科学院创新基金(2006YCX018),山东省自然科学基金(Q2004D02)和山东省农业科学院青年科学基金(2005YQ025)资助。

作者简介:高兴祥(1977-),男,山东沂水人,助理研究员,硕士。E-mail:xingxiang02@163.com

\* 通讯作者。E-mail:limei9909@163.com

粉碎机粉碎,过 40 目筛(孔径为 0.42 mm),称取一定量的粉末加入 10 倍(G/L)水浸泡,期间间或震荡,72 h 后超声波超声提取 20 min 后抽滤,即得 0.1 g/mL 的苍耳水浸提液,冷藏待用。试验时采用倍量稀释法,用水稀释成 0.100 0,0.050 0,0.025 0 和 0.012 5 g/mL 浓度梯度的苍耳水浸提物。

**1.2.2 种子萌发试验** 采用种子萌发法<sup>[16]</sup>。在培养皿(直径  $d=9$  cm)中加入 10 mL 不同浓度的苍耳水浸提物,混合均匀后盖上 2 层滤纸,然后将 30 粒作物种子均匀分布在培养皿中。所有处理均重复 3 次,放在(26±1)℃恒温箱中黑暗培养,每隔 24 h 调查各处理种子发芽数,96 h 后测量作物种子的胚根、胚芽长度。

统计指标:发芽率(%)=(发芽种子总数/供试种子总数)×100

发芽速率=2(Gt/Dt)

式中,Gt 为逐日发芽种子数,Dt 为相应发芽天数

化感响应指数  $RI=1-C/T$  ( $T \geq C$ ),或者  $RI=C/T-1$  ( $T < C$ )

式中,C 为对照发芽率,T 为处理发芽率。RI 表示化感作用强度大小,正值表示促进,负值表示抑制,绝对值大小反映化感作用的强弱。由于物种间种子萌发和生长参数差异很大,为便于比较,本研究使用相对值(对照的百分比)表示发芽率、发芽速率、胚芽和胚根长度。数据为 3 次测定的平均值±标准误。

**1.2.3 光照条件下抑制活性测定** 采用去胚乳小麦幼苗法<sup>[20,21]</sup>。将饱满均匀的小麦种子浸泡 2 h 后,铺在放有湿纱布的瓷盘中,于 26℃左右恒温箱中催芽,待芽长到 0.5~1.0 cm 时,选高度一致的幼苗,轻轻取出以免伤根,摘除胚乳,在清水中漂洗后放入加有 10 mL 不同浓度苍耳水浸提物的烧杯中,将烧杯置人工气候箱中恒温 26℃下保湿培养,每天光照时间为 12 h。试验过程中,适当补加蒸馏水,培养 8 d 后测量根长、芽长,计算抑制率。每处理 3 次重复,每个重复处理 10 株小麦,对照为蒸馏水处理。

**1.2.4 黑暗条件下抑制活性的测定** 采用黑暗条件下的高粱河沙法<sup>[20,21]</sup>。将饱满均匀的高粱种子浸泡 2 h 后,铺在放有湿纱布的瓷盘中,于 26℃左右恒温箱中催芽,待芽长为 1~2 mm 时供试。在直径为 9 cm 的培养皿中装满干净的河沙(20~40 目),刮平后缓缓加入 20 mL 不同浓度的苍耳水浸提物,使沙子完全润湿,用镊子在培养皿直径处扎 10 个小孔,排成 1 排,将 10 粒芽长萌发一致的高粱种子置于小孔中,胚芽朝上,盖好皿盖,将培养皿稍斜放置于 26~28℃培养箱中,黑暗培养 36 h 后,取出测量高粱的根长和芽长,计算抑制率。每处理 3 次重复,对照为蒸馏水处理。

**1.2.5 幼苗丙二醛(MDA)含量的测定** 选取黄瓜和萝卜作为代表性物种,参照王以柔等<sup>[22]</sup>的方法测量幼苗整体的 MDA 含量。在直径为 9 cm 的培养皿中装满干净的河沙(20~40 目),刮平后缓缓加入 20 mL 不同浓度的苍耳水浸提物,使沙子完全润湿,每皿按“3-4-3”顺序播 10 粒已催芽露白的种子 26℃恒温保湿,黑暗培养 2 d,于第 3 天开始 26℃恒温保湿光照培养,光照 12 h(7:00~19:00),7 d 后采样取地上部分。取 1 g 样品置于研钵中,加 10%三氯乙酸(TCA)4 mL,研磨至匀浆,4 032 r/min 离心 10 min。取提取液 2 mL,加入 0.62%的硫代巴比妥酸(TBA,溶于 10%TCA 中)溶液 2 mL,混合后在沸水浴上反应 20 min,冷却后离心 1 次。上清液比色测定  $A_{450}$ ,  $A_{532}$  和  $A_{600}$ 。MDA 浓度( $\mu\text{mol/L}$ )= $6.45(D_{532}-D_{600})-0.56D_{450}$ , MDA 含量=MDA 浓度( $\mu\text{mol/L}$ )×提取液体积(mL)/植物组织鲜重(g)换算,以 nmol/g FW 表示。

### 1.3 数据处理

利用 SPSS 13.0 软件对数据进行统计分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 苍耳水浸提物对 5 种植物种子萌发的影响

结果显示(图 1),不同浓度苍耳水浸提物对 5 种受体植物的种子萌发均有较强的抑制作用,但不同植物种子受抑制的程度不同,以油菜受苍耳水浸提物的影响最强,经各浓度处理的油菜种子只有最低浓度即 0.012 5 g/mL 种子才有萌发,且萌发率仅为 46.67%;其次为萝卜,在 0.050 0 和 0.100 0 g/mL 浓度下均没有种子萌发,在低浓度 0.012 5 和 0.025 0 g/mL 下萌发率分别为 80.00%和 53.33%;与油菜、萝卜相比,不同浓度苍耳水浸提物对高粱、黄瓜、小麦种子的影响相对较弱,高浓度下种子的萌发率在 9.09%~60.00%,在 0.012 5 和 0.025 0 g/mL 浓度下这 3 种植物的种子萌发率与对照间无显著差异。

苍耳水浸提物对 5 种供试植物发芽速率的影响显示(图 2)。在 0.012 5 和 0.025 0 g/mL 的苍耳水浸提物处

理下萝卜、油菜的发芽速率显著降低,高粱、黄瓜、小麦的发芽速率变化不明显;0.050 0 g/mL 的苍耳水浸提物对黄瓜的发芽率作用不大,而显著降低了其他 4 种植物种子的发芽率;在最高浓度 0.100 0 g/mL 处理下,供试植物的发芽率均显著降低,黄瓜、高粱、小麦、萝卜与油菜的发芽率分别为 38.55%,21.43%,5.34%,0 和 0。在 4 个浓度水浸提物的处理中,黄瓜、高粱和小麦的发芽速率对化感物质较不敏感,萝卜、油菜的发芽速率对化感物质较敏感,这与发芽率结果一致。

化感效应指数是衡量化感作用强度的重要指标,结果显示(图 3),各浓度水浸提物对 5 种植物种子萌发率的化感效应指数均不是正值,所以苍耳的化感效应均表现为抑制作用。0.012 5 g/mL 的水浸提物对油菜、萝卜、高粱均有一定的化感作用,RI 值分别为-0.533,-0.200 与-0.100,对其他 2 种植物无化感作用;0.025 0 g/mL 对黄瓜、小麦、萝卜、油菜的化感作用依次增强,RI 值从-0.067 到-1 不等,对高粱无化感作用;0.050 0 和 0.100 0 g/mL 的水浸提物化感作用最强,对萝卜、油菜的抑制作用最强(RI=-1),对黄瓜的抑制作用较小(RI 值分别为-0.067,-0.400)。

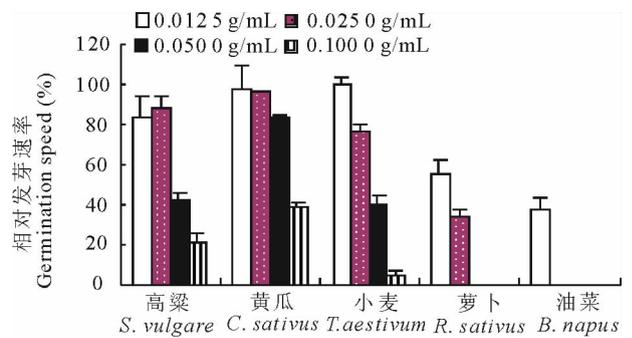
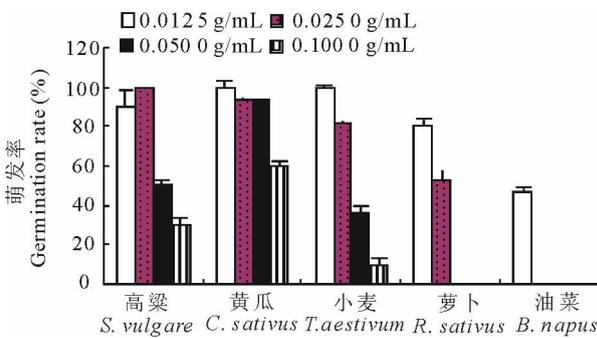


图 1 苍耳水浸提液对 5 种植物种子萌发的影响

Fig. 1 Effect of water extract from *X. sibiricum* on seed germination of five crop plants

图 2 苍耳水浸提液对 5 种植物种子相对发芽速率的影响

Fig. 2 Effect of water extract from *X. sibiricum* on relative seed germination speed of five crop plants

2.2 苍耳水浸提物对 5 种植物幼苗生长的影响

苍耳水浸提物对 5 种植物幼苗胚根、胚芽生长的影响随着植物种类和浸提物浓度不同而有所不同(图 4 和 5)。油菜种子对苍耳水浸提物的敏感性最强,虽在所试最低浓度即 0.012 5 g/mL 下种子的萌发及生长与对照无显著性差异,但在较高浓度( $\geq 0.025 0$  g/mL)下,种子均不能萌发。萝卜种子敏感性仅次于油菜种子。

苍耳水浸提物对其他 3 种受体植物表现出浓度效应,即随苍耳水浸提物浓度的增加,对 3 种植物胚根和胚芽的生长抑制作用也随之增强。高浓度 0.100 0 g/mL 苍耳水浸提物处理时,高粱、黄瓜和小麦胚根、胚芽的生长几乎全部停滞,胚根相对长度分别为 0, 4.17% 与 2.00%,胚芽相对长度分别为 2.93%,11.25% 与 4.02%。

苍耳水浸提物在相同浓度下对同一受体植物胚根和胚芽生长的影响也存在差异,且均是胚根敏感性强于胚芽的敏感性。以对高粱的影响为例,苍耳水浸提物浓度分别为 0.100 0,0.050 0,0.025 0 和 0.012 5 g/mL 时,高粱胚根相对长度分别为 0,17.78%,71.43% 与 86.51%,而胚芽相对长度分别为 2.93%,50.24%,85.86% 与 99.51%。这与前人研究结果一致<sup>[11,23]</sup>,这可能与胚根最先接触和吸收化感物质有关。

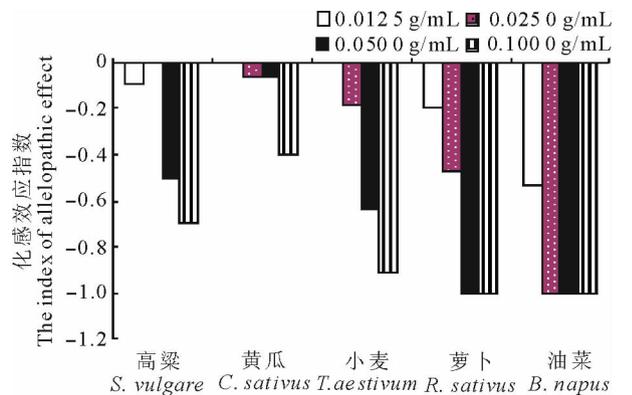


图 3 苍耳水浸提液对 5 种植物种子相对发芽率的化感效应指数的影响

Fig. 3 Effect of water extract from *X. sibiricum* on the index of allelopathic effect in five crop plants

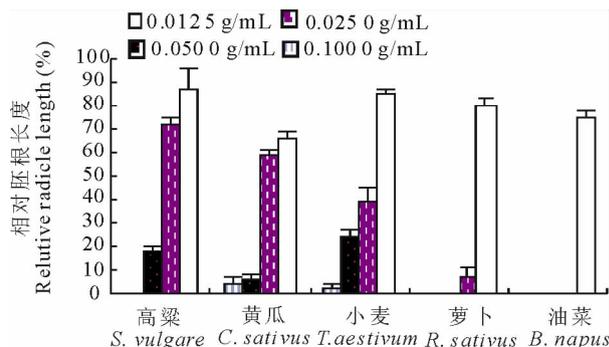


图4 苍耳水提液对5种植物种子相对胚根长度的影响

Fig. 4 Effect of water extract from *X. sibiricum* on relative radicle length of five crop plants

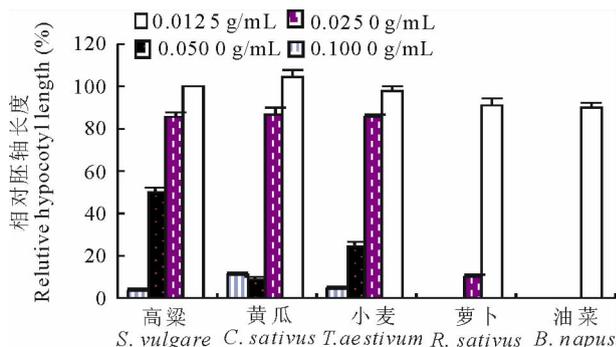


图5 苍耳水提液对5种植物种子相对胚芽长度的影响

Fig. 5 Effect of water extract from *X. sibiricum* on relative hypocotyl length of five crop plants

### 2.3 苍耳水浸提物光合作用及非光合作用的抑制活性

采用去胚乳小麦幼苗法及黑暗条件下的高粱河沙法分别测定了苍耳水浸提物光合作用及非光合作用的抑制活性(图6和7)。光合作用抑制活性测定结果显示(图6),苍耳水浸提物对去胚乳小麦幼芽及幼根均有很强的抑制生长作用,在相同浓度下对幼芽及幼根的抑制率无明显差异,在0.0125,0.0250,0.0500和0.1000 g/mL浓度下,去胚乳小麦幼根生长抑制率分别为41.78%,67.31%,69.44%和80.08%,幼芽抑制率则分别为53.51%,58.33%,59.87%和60.31%。结果显示,苍耳水浸提物对植物的光合作用具有较强的抑制活性。

非光合作用抑制活性测定结果显示(图7),苍耳水浸提物对黑暗条件下培养的高粱生长也表现出不同程度的抑制生长作用,在0.0125,0.0250,0.0500和0.1000 g/mL浓度下,高粱幼根生长抑制率分别为4.07%,32.34%,45.79%和47.82%,幼芽抑制率则分别为1.37%,5.58%,21.09%和54.15%;结果显示,苍耳水浸提物对植物的非光合作用有一定的抑制活性。

比较以上结果显示,苍耳水浸提物对植物的光合作用抑制活性明显高于对非光合作用抑制活性,说明苍耳对植物的化感作用主要体现在抑制光合作用活性上,对植物的非光合作用也有一定程度的影响。

### 2.4 苍耳水浸提物对幼苗丙二醛含量的影响

MDA是膜质过氧化产物,是膜质过氧化程度的指标之一。同时,MDA本身也是一种有害物质,它能强烈地与细胞内各种成分发生反应,引起酶和膜的严重损伤,膜电阻及膜的流动性降低,最终导致膜结构及生理完整性的破坏<sup>[24]</sup>。本研究选取萝卜和黄瓜为代表植物,研究苍耳水浸提物对幼苗MDA含量的影响,结果显示(图8),黄瓜除最低浓度即0.0125 g/mL处理MDA含量稍低于清水对照外,其他处理均高于对照,且随着处理浓度的升高MDA含量增加越高,苍耳水浸提物对另一种代表植物萝卜MDA含量的影响与黄瓜类似,表明苍耳化感作用对受体植物的影响很可能与其引起MDA含量升高有关。

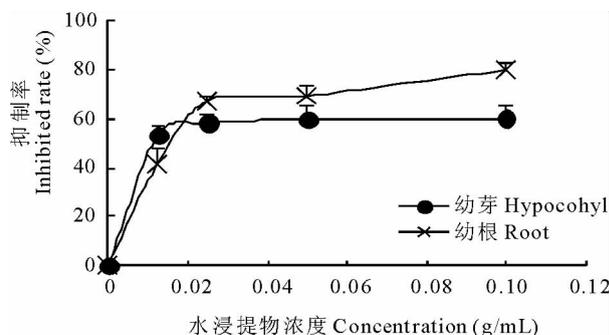


图6 苍耳水浸提物光合抑制活性测定

Fig. 6 Effects of water extract from *X. sibiricum* on hypocotyl and root growth of endosperm-removed wheat seedlings

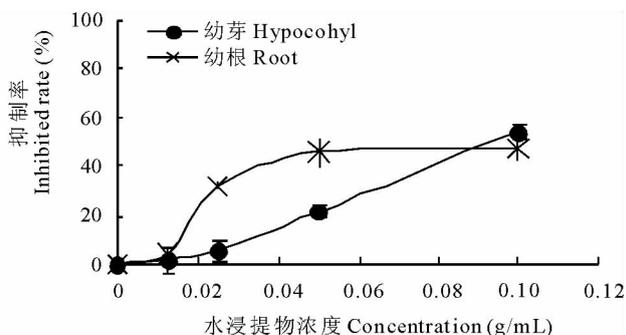


图7 苍耳水浸提物非光合抑制活性测定

Fig. 7 Effects of water extract from *X. sibiricum* on hypocotyl and root growth of sorghum seedlings

### 3 讨论

化感作用是指一种植物或微生物通过产生化学物质,而对其他生物产生的直接或间接的刺激或抑制作用。由于植物化感作用在农作物耕作制度的合理安排、农田杂草控制、作物病虫害的防治以及减少连作障碍危害等方面起着重要的作用,因此近年来受到世界各国科学家的重视,逐步形成了一个新的研究领域<sup>[25]</sup>。有研究发现<sup>[26]</sup>,番茄(*Lycopersicon esculentum*)不仅具有自毒作用,而且植株的挥发物和根系分泌物均对黄瓜的生长有明显抑制作用,因此番茄种植应进行轮作而且避免与黄瓜间作。利用牛毛毡(*Eleocharis acicularis*)和慈菇(*Sagittaria subulata*)根系分泌物中有 N-苯基-2-萘胺等 3 种抑

藻物质,因而在城市富营养化水域、藻类繁生,布置以风眼莲(*Eichhornia crassipes*)为主的复合生态系统,能有效清除藻类<sup>[27]</sup>;在白叶鼠尾草(*Salvia leucophylla*)、迷迭香(*Rosmarinus officinalis*)、多枝桉(*Eucalyptus viminalis*)及海岸蒿(*Guettarda speciosa*)等植物油中存在的桉树脑是多种植物产生的单萜类化合物,目前用于稻田中防除稗草(*Echinochloa crusgalli*)已推广应用<sup>[28]</sup>。20 世纪 80 年代末,Netzly 等<sup>[29]</sup>从高粱的根中提取的糖甙氰酸酯和酚酸化感物质对许多阔叶和单子叶杂草有强烈的除草作用,现已完成了 Sorgoleone 化学结构式的人工全合成,已制成 Pesta 制剂,对绿狗尾草(*Setaria viridis*)等杂草种子萌发抑制率达 90%。本研究结果表明,苍耳水浸提物对受体植物高粱、黄瓜、小麦、萝卜及油菜种子的萌发率、萌发速率及胚芽、胚根的生长均具有较强的化感作用且均表现为抑制作用,其中尤以油菜、萝卜最为敏感,表明苍耳中存在的化感物质具有较高的活性。另外对同一种植物种子胚根的化感效应强于对胚芽的化感效应,这可能是与胚根最先接触化感物质有关。

植物化感作用首先是对细胞膜的伤害,通过细胞膜上的靶位点,将化感物质胁迫的信号传送到细胞内,从而对激素、离子吸收等产生影响。而激素、离子吸收以及水分状况等的变化必然引起植物细胞分裂、光合作用等的变化,导致对植物产生抑制作用。从现有的资料来看化感作用几乎能影响植物生理生化的每一个方面,大多数化感物质是影响植物的细胞膜,能量产生和能量使用过程,少部分化感物质只影响某一特定酶步骤,从而干扰植物的一些高级代谢过程和生长调节系统。Politycka<sup>[30]</sup>及 Yu 和 Matsui<sup>[31]</sup>报道了咖啡酸等化感物质主要引起叶片中叶绿素含量的降低而导致植物光合作用的下降,而 Pandey 等<sup>[32]</sup>研究发现银胶菊(*Parthenium hysterophorus*)含有的酚类化感物质能够增加黄瓜根中丙二醛含量的升高而影响黄瓜的正常生长。

本研究通过测定苍耳化感物质对植物光合作用的影响及 MDA 的含量变化初步探讨了苍耳化感物质的作用机理,结果表明,苍耳水浸提物对去胚乳小麦生长的抑制率高于黑暗培养的高粱,且能促使受体植物幼苗 MDA 含量升高,因此苍耳化感物质的活性主要表现在抑制植物的光合作用,对非光合作用也有一定的抑制作用,可能是通过使受体植物幼苗 MDA 含量升高,从而发生氧化胁迫影响植株正常生长。

本试验通过培养皿法,在室内进行光、温度和水分条件均保持一致,避免了自然条件下各种因素的干扰,结果能较好的反映苍耳的化感作用强弱。但是在自然条件下,化感物质的释放与积累受到很多环境条件的制约,如降水量、土壤对化感物质的抑制作用等<sup>[32~36]</sup>。苍耳化感物质对植物其他生理生化影响及苍耳所含化感物质究竟是什么以及苍耳化感物质在自然界中活体植株中的分泌、选择危害机制等还有待于进一步研究。研究、分离其高活性化感物质,并利用其对不同植物作用效果不同的特点,可以作为合成选择性除草剂的先导化合物,仿生合成环境友好除草剂,从而使其对作物的不良影响降到最低,对杂草的控制作用达到最高。另外,野外条件下的苍耳对不同植物的萌发和生长的化感影响还值得继续研究。如果将所有与化感作用有直接影响的因素考虑进去,相信结果会更加科学,更能为合理利用苍耳这一植物资源提供理论依据。

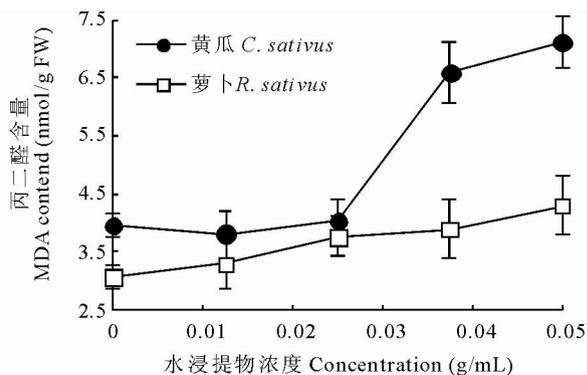


图 8 苍耳水浸提物对黄瓜、萝卜幼苗丙二醛含量的影响  
Fig. 8 Effects of water extract from *X. sibiricum* on MDA content of *C. sativus* and *R. sativus*

## 参考文献:

- [1] 孔垂华. 新千年的挑战:第三届世界植物化感作用大会综述[J]. 应用生态学报, 2003, 14(5):837-838.
- [2] 蒋红云, 张燕宁, 冯平章, 等. 石蒜对萝卜、黄瓜、番茄和油菜幼苗的化感效应[J]. 应用生态学报, 2006, 17(9):1655-1659.
- [3] 韩丽梅, 王树起, 鞠会艳, 等. 大豆根茬腐解产物的鉴定及化感作用的初步研究[J]. 生态学报, 2000, 20(5):771-778.
- [4] 何军, 王三根, 丁伟. 青蒿浸提物对小麦化感作用的初步研究[J]. 西南农业大学学报(自然科学版), 2004, 26(3):281-284.
- [5] Jiang H Y, Zhang Y N, Feng P Z, *et al.* Allelopathic potentials of traditional Chinese medicinal plant spp[J]. Allelopathy Journal, 2005, 15(1):31-40.
- [6] 孔垂华. 21世纪植物化学生态学前沿领域[J]. 应用生态学报, 2002, 13(3):349-353.
- [7] 曾任森, 骆世明. 香茅、胜红蓟和三叶鬼针植物他感作用的研究[J]. 华南农业大学学报, 1993, 14(4):8-14.
- [8] 张茂新, 凌冰, 孔垂华, 等. 薇甘菊挥发油的化学成分及其对昆虫的生物活性[J]. 应用生态学报, 2003, 14(1):93-96.
- [9] Saxena A, Singh D V, Joshi N L. Autotoxic effects of pearl millet aqueous extracts on seed germination and seedling growth[J]. Journal of Arid Environments, 1996, 33:255-260.
- [10] Escudero A, Albert M J, Pitta J M, *et al.* Inhibitory effects of *Artemisia herba-alba* on the germination of the gypsophyte *Helianthemum squamatum* [J]. Plant Ecology, 2000, 148:71-80.
- [11] 郑丽, 冯云龙. 入侵植物的生理生态特性对碳积累的影响[J]. 生态学报, 2005, 25(10):2782-2787.
- [12] 朱慧, 马瑞君, 陈树思, 等. 高寒草场主要牧草对黄帚橐吾水浸液化感胁迫的生理响应[J]. 草业学报, 2007, 16(5):102-106.
- [13] 钟声, 段新慧, 奎嘉祥. 紫茎泽兰对16种牧草发芽及幼苗生长的化感作用[J]. 草业学报, 2007, 16(6):81-87.
- [14] 张开梅, 石雷, 姜闯道, 等. 紫茎泽兰对金毛狗孢子萌发和配子体发育的化感作用[J]. 草业学报, 2008, 17(2):19-25.
- [15] 郭晓霞, 郭彩霞, 沈益新. 毛苕子对3种杂草种子萌发和幼苗生长的化感抑制[J]. 草业学报, 2007, 16(2):90-93.
- [16] 马萍, 李红. 苍耳子的研究进展[J]. 中草药, 1999, 30(8):634-636.
- [17] 姜克元, 黎维勇, 王岚. 苍耳子提取液抗病毒作用及研究[J]. 时珍国药研究, 1997, 8(3):217.
- [18] 张晓琦, 叶文才, 赵守训. 苍耳属中倍半萜内酯的研究进展[J]. 中草药, 2001, 32(10):951-953.
- [19] 姜双林, 郭小强, 赵国林, 等. 陇东地区杀虫植物资源的研究初报[J]. 西北植物学报, 1999, 19(6):209-211.
- [20] 曾任森. 入侵杂草化感作用的细胞自动机模拟研究[J]. 应用生态学报, 2006, 17(2):229-232.
- [21] 陈年春. 农药生物测定技术[M]. 北京:中国农业出版社, 1991. 208-239.
- [22] 王以柔, 刘鸿先, 李平, 等. 在光和黑暗条件下低温对水稻幼苗光合器官膜脂过氧化物作用的影响[J]. 植物生理学报, 1986, 12:244-251.
- [23] Turk M A, Tawaha A M. Inhibitory effects of aqueous extracts of black mustard on germination and growth of lentil[J]. Pakistan Journal of Agronomy, 2002, 1(1):28-30.
- [24] Lin C C, Kao C H. Effect of NaCl stress on H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> metabolism in rice leaves[J]. Plant Growth Regulation, 2000, 30:151-155.
- [25] 胡飞, 孔垂华. 胜红蓟化感作用研究VI. 气象条件对胜红蓟化感作用的影响[J]. 应用生态学报, 2002, 13(1):76-80.
- [26] 韩丽梅, 王树起, 鞠会艳. 大豆根茬腐解产物的鉴定及化感作用的初步研究[J]. 生态学报, 2000, 20(5):771-778.
- [27] 王日明, 赵梁军. 植物化感作用及其在园林建设中的利用[J]. 中南林学院学报, 2004, 24(5):138-142.
- [28] 李艳军, 贺红武. 具有除草活性的1,4-桉树脑衍生物的研究进展[J]. 农药, 2004, 43(3):101-105.
- [29] Netzly D H, Riopel J L, Ejeta G, *et al.* Germination stimulants of with weed (*Striga asatica*) from hydrophobic root exudates of sorghum(*Sorghum bicolor*) [J]. Weed Science, 1988, 36:441-446.
- [30] Politycka B. Peroxidase activity and lipid peroxidation in roots of cucumber seedlings influenced by derivatives of cinnamic and benzoic acids[J]. Acta Physiologiae Plantarum, 1996, 18(4):365-370.
- [31] Yu J Q, Matsui Y. Effects of root exudates of cucumber(*Cucumis ativus* L.) and allelochemicals on uptake by cucumber seedlings[J]. Journal of Chemical Ecology, 1997, 23(3):817-827.
- [32] Pandey D K, Kauraw L P, Bhna V M. Inhibition effect of parthenium (*Parthenium hysterophorus* L.) residue on growth of water hyacinth I. Effect of leaf residue[J]. Journal of Chemical Ecology, 1993, 19(11):2651-2662.
- [33] 丁璞, 赵秀琴. 浸提条件对小麦秸秆中化感物质检测结果的影响[J]. 植物学通报, 2001, 18(6):735-738.
- [34] 孔垂华, 徐效华, 梁文举. 水稻化感品种根分泌物中非酚酸类化感物质的鉴定与抑草活性[J]. 生态学报, 2004, 24(7):1317-1322.
- [35] 黄高宝, 柴强, 黄鹏. 植物化感作用影响因素的再认识[J]. 草业学报, 2005, 14(2):16-22.

[36] 彭瑜, 胡进耀, 苏智先. 外来物种红花酢浆草的化感作用研究[J]. 草业学报, 2007, 16(5):90-95.

**Allelopathic potential of *Xanthium sibiricum* on seeds germination and seedling growth of different plants**

GAO Xing-xiang<sup>1</sup>, LI Mei<sup>1</sup>, GAO Zong-jun<sup>1</sup>, ZHANG Hong-jun<sup>2</sup>, ZHANG Jia<sup>2</sup>

(1. Institute of Plant Protection, Shandong Academy of Agricultural Sciences, Ji'nan 250100, China;

2. Institute for the Control of Agrochemicals, Ministry of Agriculture, Beijing 100026, China)

**Abstract:** Allelopathic effects of water extract from *Xanthium sibiricum* were tested with a petri dish cultivation method. The extract strongly inhibited germination, and seedling growth of sorghum (*Sorghum vulgare*), cucumber (*Cucumis sativus*), wheat (*Triticum aestivum*), rape (*Brassica campestris*), and radish (*Raphanus sativus*). The inhibition of rape was the strongest followed by radish. Roots were inhibited more strongly than shoots at the same concentrations of the extract. Allelopathic effects of extract on photosynthesis activity and malondialdehyde (MDA) content were also tested. The inhibitions of *X. sibiricum* extract to embryo and root of endosperm-removed wheat were 58.33%, 67.31% at 0.025 0 g/mL respectively, while they were 5.58%, 32.34% to sorghum cultivated in the dark. The MDA contents of cucumber and radish increased after treatment with *X. sibiricum* extract. These results indicate that the allelopathic effects of *X. sibiricum* could inhibit photosynthesis activity and MDA, and could also inhibit non-photosynthesis activity to some extent.

**Key words:** *Xanthium sibiricum*; allelopathic effects; seed germination; seedling growth