

文章编号: 1674-7054(2013)01-0050-06

五爪金龙、三裂叶薯和七爪龙水浸液对4种作物种子萌发与幼苗生长的影响

宋鑫^{1,2} 沈奕德² 黄乔乔² 李晓霞² 范志伟²

(1. 海南大学 环境与植物保护学院, 海南 海口 570228; 2. 中国热带农业科学院 环境与植物保护研究所/农业部热带作物有害生物综合治理重点实验室/海南省热带农业有害生物监测与控制重点实验室/海南省热带作物病虫害生物防治工程技术研究中心, 海南 海口 571101)

摘要: 采用培养皿滤纸法, 研究了强入侵植物五爪金龙、弱入侵植物三裂叶薯和海南本地植物七爪龙叶片水浸液对萝卜、白菜、芥菜和莴笋等4种作物的种子萌发与幼苗生长的影响。结果表明, 五爪金龙地上叶片水浸液对4种作物种子萌发和幼苗生长都具有明显的抑制作用, 且随着质量浓度的增大, 抑制作用增强。低质量浓度($0.1 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$)的水浸液对白菜、莴笋、芥菜、萝卜幼苗根的抑制率分别为81.3%、80.1%、74.2%和64.8%。高质量浓度($0.5 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$)的水浸液可以使各受体幼苗停止生长。七爪龙和三裂叶薯叶片水浸液为低质量浓度时促进种子生长, 高质量浓度时对根具有轻微的抑制作用。高质量浓度的七爪龙叶片水浸液对白菜、莴笋、芥菜和萝卜幼苗根的抑制率分别为47.7%、59.3%、43.6%和22.8%。高质量浓度的三裂叶薯叶片水浸液对白菜、莴笋、芥菜和萝卜幼苗根的抑制率分别为78.7%、75%、49.6%和25.1%。此外, 五爪金龙具有较强的化感作用, 且其化感作用大于三裂叶薯和七爪龙。

关键词: 五爪金龙; 七爪龙; 三裂叶薯; 植物活性作用; 水浸液

中图分类号: Q 946

文献标志码: A

五爪金龙 [*Ipomoea cairica* (L.) Sweet] 为旋花科番薯属多年生的藤本杂草, 有学者认为该种源于美洲, 现广泛分布于热带地区。20世纪70年代五爪金龙在我国南方地区庭院作为观赏植物栽培, 后来逸为野生, 目前广泛分布在广东、福建、广西、云南等地区^[1-2]。五爪金龙是一种入侵能力很强的外来入侵植物, 它具有很强的竞争能力和适应能力^[2-3], 但在我国, 对其入侵与危害尚未引起足够的认识, 有人将其引入作为观赏植物或者篱笆植物栽培^[1]。七爪龙 (*Ipomoea digitata* L.) 为旋花科番薯属多年生藤本植物, 原产中国, 分布于广东、广西及海南等省区。三裂叶薯 (*Ipomoea triloba*) 为旋花科番薯属草本植物, 分布在台湾岛、中国大陆的广东、海南以及美洲热带等地, 入侵能力不是很强。据调查, 目前在海南危害面积很小, 也未见有人工引种栽培。五爪金龙属于强入侵植物, 廖周瑜等研究表明, 五爪金龙凋落物具有较强的化感作用^[4]。朱慧等的研究也表明, 五爪金龙对其伴生植物具有较强的化感作用^[5]。邓业成等研究表明, 五爪金龙对5种蔬菜种子萌发和幼苗生长表现出较强的化感作用^[6]。较强的化感作用常被解释为促进植物入侵的因素之一^[7], 那么, 入侵能力强的植物化感作用是否也更强, 以往的研究多是针对单一的入侵植物, 缺少对照种^[7]。笔者通过研究这3种同属但入侵能力不同的植物叶片水浸液对几种作物种子的活性作用, 旨在验证入侵能力强的植物活性作用也强这一设想, 从而为理解植物入侵的机理提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料 五爪金龙和三裂叶薯于2012年4月采自海南大学儋州校区校园, 七爪龙采自海南万宁市郊

收稿日期: 2012-12-27

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(31071699); 海南大学211工程建设项目

作者简介: 宋鑫(1986-), 男, 河南商丘人, 海南大学环境与植物保护学院2010级硕士研究生。

通信作者: 范志伟(1964-), 男, 广东人, 研究员。E-mail: fanweed@163.com

区。受体种子有: 萝卜 (*Raphanus sativus*)、白菜 (*Brassica campestris*)、芥菜 (*Brassica juncea*) 和莴笋 (*Lactuca sativa*) 购买于儋州市场。

1.2 方法

1.2.1 浸提液的制备 分别选用3种植物发育良好的植株,采集其新鲜叶片,用剪刀剪碎,分别称取100 g,各加200 mL去离子水,浸泡48 h,用4层纱布过滤后得到滤液为 $0.5 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$ (每1 mL水浸液中含有从0.5 g新鲜植株中提取的物质),然后再分别稀释为 $0.25 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 、 $0.1 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 。设定 $0.5 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 为高质量浓度, $0.1 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 为低质量浓度。

1.2.2 活性生物测定 采用培养皿滤纸法^[5]。以蒸馏水为对照(CK),浸提液水和植物鲜质量比例分别为0.5、0.25和 $0.1 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$,每个比例设置3个重复,每个培养皿中放置20粒种子,在25℃条件下(光照和黑暗各12 h)进行常规培养。培养7 d后调查各个培养皿中种子萌发数、根长和茎长等数据。幼苗根长和苗高是从每个培养皿中随机挑选出10株幼苗进行测量的。

1.2.3 数据统计

种子最终萌发率 = (试验结束时种子萌发数 / 供试种子数) $\times 100\%$ 。

相对抑制率 = [(对照 - 处理) / 对照] $\times 100\%$ 。

本实验采用DPS软件进行数据统计,用邓肯氏新复极差法(DMRT)分析不同处理的差异显著性。

2 结果与分析

2.1 3种植物水浸液对4种作物种子萌发抑制率的影响 3种植物水浸液对4种作物种子萌发抑制率的影响见图1~4。结果显示,五爪金龙对4种作物种子萌发率有较强的抑制作用,并且抑制率随质量浓度的增大而增加,且在水浸液质量浓度为 $0.25 \text{ g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 时对白菜、芥菜种子萌发抑制率分别达到了80.4%和73.7%。而三裂叶薯和七爪龙对4种作物种子萌发率的抑制作用比较弱,只有在高质量浓度时才会有一定的抑制作用,低质量浓度时抑制作用很弱。

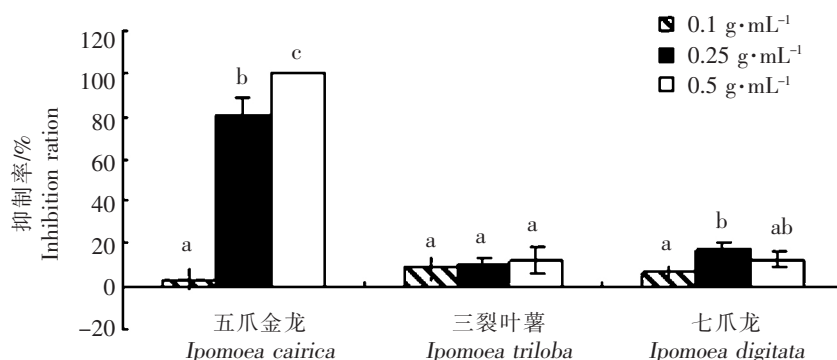


图1 3种植物水浸液对白菜种子萌发抑制率的影响

Fig. 1 Effects of different water extracts from three plants on the germination of *Brassica campestris* L.

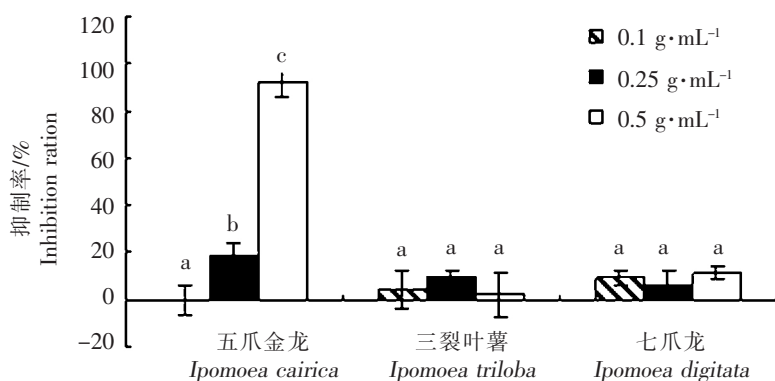


图2 3种植物水浸液对莴笋种子萌发抑制率的影响

Fig. 2 Effects of different water extract from three plants on the germination of *Lactuca sativa* L.

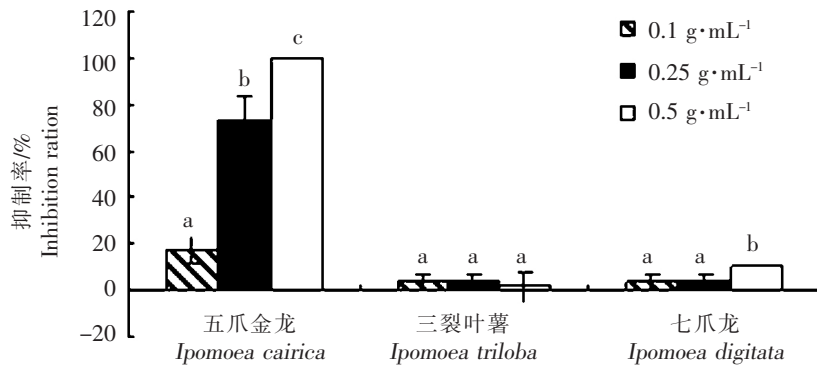


图3 3种植物水浸液对芥菜种子萌发抑制率的影响

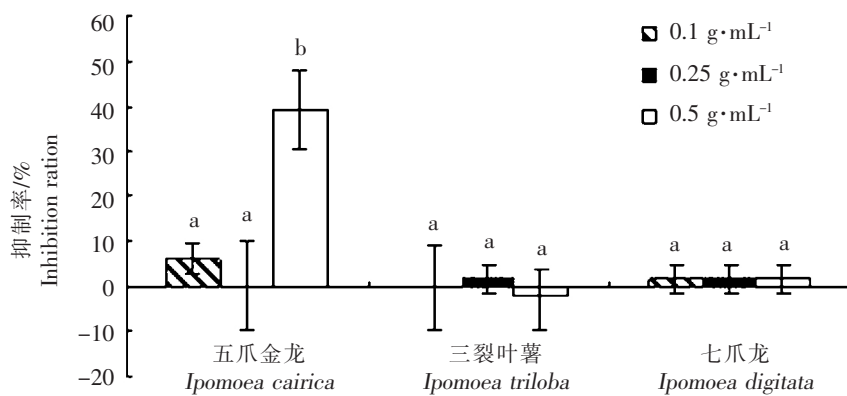
Fig. 3 Effects of different water extract from three plants on the germination of *Brassica juncea*

图4 3种植物水浸液对萝卜种子萌发抑制率的影响

Fig. 4 Effects of different water extract from three plants on the germination of *Raphanus sativus*

2.2 3种植物水浸液对4种作物幼苗生长的影响 3种植物对4种作物幼苗生长的影响见表1~4。由表1~4可知,七爪龙和三裂叶薯2种植物,除了在高质量浓度 $0.5\text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 时对萝卜茎长有一定的抑制作用外,其他质量浓度均对另外3种作物幼苗的茎长生长表现出促进作用。五爪金龙水浸液对4种作物种子茎长表现为低质量浓度促进,高质量浓度抑制,且抑制作用随质量浓度的增大而增加。3种植物水浸液对4种作物幼苗根长均具有不同程度的抑制作用,且随质量浓度增大而增强。3种植物水浸液对于白菜幼苗,除了质量浓度为 $0.1\text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 时七爪龙促进其根长生长,其他各个处理均表现出抑制作用。对于莴笋和芥菜幼苗根长,各质量浓度浸提液均表现为抑制作用。对于萝卜幼苗,在低质量浓度时,七爪龙和三裂叶薯水浸液均表现出促进生长作用,高质量浓度时才表现出一定的抑制作用,五爪金龙各质量浓度水浸液均表现出抑制作用。由相对抑制率公式计算出抑制率,在质量浓度为 $0.5\text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 时七爪龙对白菜、莴笋、芥菜和萝卜幼苗根的抑制率分别为47.7%、59.3%、43.6%和22.8%,三裂叶薯对白菜、莴笋、芥菜和萝卜幼苗根的抑制率分别为78.7%、75%、49.6%和25.1%。2种植物对4种作物的茎长抑制作用很弱。而五爪金龙在低质量浓度时对作物幼苗的生长表现出很强的抑制作用,尤其对作物幼苗根的生长抑制作用更强,在水浸液质量浓度为 $0.1\text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 时对白菜、莴笋、芥菜、萝卜幼苗根的抑制率分别为81.3%、80.08%、74.2%和64.8%,高质量浓度时可以使4种作物幼苗停止生长。以上结果说明,七爪龙和三裂叶薯具有一定的活性作用,五爪金龙具有较强的活性作用。

表 1 3 种植物水浸液对白菜幼苗生长的影响								
Tab.1 Effects of water extracts from three plants on the seedling growth of <i>Brassica campestris</i> L.								
$w/(g \cdot mL^{-1})$	七爪龙	三裂叶薯	五爪金龙	CK	七爪龙	三裂叶薯	五爪金龙	CK
Mass	<i>I. cairica</i>	<i>I. digitata</i>	<i>I. triloba</i>		<i>I. cairica</i>	<i>I. digitata</i>	<i>I. triloba</i>	
concentration	根长 Root length				茎长 Stems length			
0.1	4.97 ± 0.47a	4.57 ± 0.72a	0.79 ± 0.15b	4.70 ± 0.25a	6.95 ± 0.25a	5.68 ± 0.11b	1.83 ± 0.33c	1.25 ± 0.13d
0.25	2.31 ± 0.18b	2.51 ± 0.14b	0.07 ± 0.06c	4.70 ± 0.25a	6.77 ± 0.14a	4.80 ± 0.09b	0.51 ± 0.34d	1.25 ± 0.13c
0.5	2.51 ± 0.05b	1.00 ± 0.13c	0 ± 0d	4.70 ± 0.25a	4.80 ± 0.4a	4.80 ± 0.11a	0 ± 0c	1.25 ± 0.13b
注: 数值为平均值 ± 标准差(SD) 不同字母表示差异达 0.05 显著水平.(下同)								
Note: The values mean average ± standard deviation(SD) ; Different letters mean difference significant at the 0.05 level , respectively. The same below								

表 2 3 种植物水浸液对莴笋幼苗生长的影响								
Tab.2 Effects of water extracts from three plants on the Seedling growth of <i>Lactuca sativa</i> L.								
$w/(g \cdot mL^{-1})$	七爪龙	三裂叶薯	五爪金龙	CK	七爪龙	三裂叶薯	五爪金龙	CK
Mass	<i>I. cairica</i>	<i>I. digitata</i>	<i>I. triloba</i>		<i>I. cairica</i>	<i>I. digitata</i>	<i>I. triloba</i>	
concentration	根长 Root length				茎长 Stems length			
0.1	3.20 ± 0.22c	4.15 ± 0.03b	1.00 ± 0.33d	5.21 ± 0.22a	5.21 ± 0.13a	5.26 ± 0.38a	3.42 ± 0.23b	2.13 ± 0.16c
0.25	2.04 ± 0.09c	2.87 ± 0.24b	0.22 ± 0.04d	5.21 ± 0.22a	4.90 ± 0.04a	4.67 ± 0.09a	1.72 ± 0.51b	2.13 ± 0.16b
0.5	2.12 ± 0.03b	1.30 ± 0.27c	0 ± 0d	5.21 ± 0.22a	4.92 ± 0.45a	2.23 ± 0.16b	0.13 ± 0.15c	2.13 ± 0.16b

表 3 3 种植物水浸液对芥菜幼苗生长的影响								
Tab.3 Effects of water extracts from three plants on the Seedling growth of <i>Brassica juncea</i>								
$w/(g \cdot mL^{-1})$	七爪龙	三裂叶薯	五爪金龙	CK	七爪龙	三裂叶薯	五爪金龙	CK
Mass	<i>I. cairica</i>	<i>I. digitata</i>	<i>I. triloba</i>		<i>I. cairica</i>	<i>I. digitata</i>	<i>I. triloba</i>	
concentration	根长 Root length				茎长 Stems length			
0.1	3.38 ± 0.25a	3.59 ± 0.39a	0.94 ± 0.48b	3.65 ± 0.15a	5.56 ± 0.29b	6.25 ± 0.10a	3.40 ± 0.16c	1.10 ± 0.09d
0.25	2.47 ± 0.04b	2.75 ± 0.18b	0.05 ± 0.08c	3.65 ± 0.15a	5.52 ± 0.12a	4.96 ± 0.11b	0.43 ± 0.40d	1.10 ± 0.09b
0.5	2.06 ± 0.03b	1.84 ± 0.12c	0 ± 0d	3.65 ± 0.15a	4.73 ± 0.08a	4.24 ± 0.17a	0 ± 0c	1.10 ± 0.09b

表 4 3 种植物水浸液对萝卜幼苗生长的影响								
Tab.4 Effects of water extracts from three plants on the Seedling growth of <i>Raphanus sativus</i>								
$w/(g \cdot mL^{-1})$	七爪龙	三裂叶薯	五爪金龙	CK	七爪龙	三裂叶薯	五爪金龙	CK
Mass	<i>I. cairica</i>	<i>I. digitata</i>	<i>I. triloba</i>		<i>I. cairica</i>	<i>I. digitata</i>	<i>I. triloba</i>	
concentration	根长 Root length				茎长 Stems length			
0.1	17.20 ± 0.46a	14.87 ± 0.57b	4.38 ± 0.32c	12.43 ± 0.32b	8.87 ± 0.91a	8.93 ± 0.17a	6.90 ± 0.51b	5.18 ± 0.22c
0.25	11.30 ± 0.53a	9.94 ± 0.14b	0.82 ± 0.04c	12.43 ± 0.32a	8.58 ± 0.39a	7.53 ± 0.32b	5.86 ± 0.30c	5.18 ± 0.22d
0.5	9.60 ± 0.16b	9.31 ± 0.16b	0.33 ± 0.52c	12.43 ± 0.32a	3.71 ± 0.12b	3.33 ± 0.38b	1.11 ± 1.56c	5.18 ± 0.22a

3 讨 论

强入侵性的外来植物大多有较强的化感作用。在对薇甘菊(*Mikania micrantha*) 、飞机草(*Eupatorium odoratum*) 、紫茎泽兰(*Ageratina adenophora*) 、加拿大一枝黄花(*Solidago canadensis*) 、凤眼莲(*Eichhornia crassipes*) 、五爪金龙、肿柄菊(*Tithonia diversifolia*) 、南美蟛蜞菊(*Wedelia trilobata*) 、空心莲子草(*Alternan-*

thera philoxeroides) 等的研究表明, 这些入侵植物无一例外的有较强的化感作用, 能够抑制受体植物的生长^[8-16], 即外来入侵植物一般都具有较强的化感作用。

本实验研究的 3 种植物的水浸液对作物种子的萌发和幼苗的生长有活性作用, 主要表现在对种子萌发率、幼苗根长和茎长等方面的影响。但是, 不同植物的水浸液对作物种子的活性作用强弱不一样, 3 种植物的活性作用强度为五爪金龙 > 三裂叶薯 > 七爪龙。五爪金龙具有极强的繁殖能力和无性繁殖能力是其入侵成功的重要原因, 且其危害程度可与入侵植物薇甘菊相比拟, 所以五爪金龙为强入侵植物^[17]。赵则海等^[18]报道五爪金龙水提液对莴苣种子萌发具有显著影响, 证明五爪金龙具有很强的化感作用, 但是其没有与别的植物进行比较。本实验通过五爪金龙、七爪龙、三裂叶薯化感作用的比较, 证明了五爪金龙化感作用强于其他 2 种植物。陈志云等^[19]在假臭草等 12 种植物对白花鬼针草幼苗的化感作用中, 证明了三裂叶薯对鬼针草幼苗有一定的抑制作用。三裂叶薯是外来非入侵种, 危害较小, 属于弱入侵植物, 七爪龙为本地植物^[20]。所以, 从入侵能力强弱的角度来看, 强入侵植物的活性作用强于弱入侵植物的, 弱入侵植物的活性作用要强于本地植物的。五爪金龙具有较强的化感作用和入侵能力, 且其化感作用强于本地植物和弱入侵植物, 因此, 应该把防治强入侵植物作为外来入侵植物的工作重点, 同时也要控制好弱入侵植物的危害, 两者都要兼顾。

参考文献:

- [1] 中国科学院植物研究所. 中国高等植物图鉴 [M]. 北京: 科学出版社, 1974: 531.
- [2] 李振宇, 解焱. 中国外来入侵种 [M]. 北京: 中国林业出版社, 2003.
- [3] 胡玉佳, 王永繁. 两种草质藤本杂草营养生长与生殖生长研究 [J]. 中山大学学报: 自然科学版, 2001, 40(1): 93-96.
- [4] 廖周瑜, 侯玉平, 赵则海. 等. 五爪金龙化感效应研究 [J]. 中山大学学报: 自然科学版, 2008, 47(4): 63-67.
- [5] 朱慧, 冯瑞君, 吴双桃. 等. 五爪金龙对其草本伴生种部分生理指标的影响 [J]. 武汉植物学研究, 2007, 25(1): 75-78.
- [6] 邓业成, 孔卓伟, 骆海玉. 等. 外来入侵植物五爪金龙对 5 种蔬菜种子萌发和幼苗生长的化感效应 [J]. 种子, 2010, 29(7): 8-11.
- [7] 黄乔乔, 沈奕德, 李晓霞. 等. 外来入侵植物在中国的分布及入侵能力研究进展 [J]. 生态环境学报, 2012, 2(5): 977-985.
- [8] NI G Y, LI F L, CHEN B M, et al. Allelopathic plants. 21. *Mikania micrantha* H. B. K. [J]. Allelopathy Journal, 2007, 19: 287-296.
- [9] 何衍彪, 张茂新, 何庭玉. 等. 飞机草化感作用的初步研究 [J]. 华南农业大学学报: 自然科学版, 2002, 23(3): 60-62.
- [10] 杨国庆, 万方浩, 刘万学. 入侵杂草紫茎泽兰的化感作用研究进展 [J]. 植物保护学报, 2008, 35(5): 463-468.
- [11] 梅玲笑, 陈欣唐, 唐建军. 外来杂草加拿大一枝黄花对入侵地植物的化感效应 [J]. 应用生态学报, 2005, 16(12): 2379-2382.
- [12] 胡廷尖, 王雨辰, 陈丰刚. 等. 凤眼莲对铜绿微囊藻的化感抑制作用研究 [J]. 水生态学杂志, 2010, 3(6): 47-51.
- [13] WANG R L, ZENG R S, PENG S L, et al. Elevated temperature may accelerate invasive expansion of the liana plant *Ipomoea cairica* [J]. Weed Research, 2011, 51: 574-580.
- [14] 徐成东, 杨雪, 陆树刚. 中国的外来入侵植物肿柄菊 [J]. 广西植物, 2007, 27(4): 564-569.
- [15] 聂呈荣, 骆世明, 曾任森. 等. 三裂叶蟛蜞菊对菜薹生长的抑制作用 [J]. 园艺学报, 2003, 30: 451.
- [16] 余柳青, FUJI Yoshiharu, 周勇军. 等. 外来入侵杂草空心莲子草与本土杂草莲子草的化感作用潜力比较 [J]. 中国水稻科学, 2007, 21(1): 84-89.
- [17] 杨宇. 入侵植物五爪金龙研究和利用进展 [J]. 科技广场, 2010, (9): 171-173.
- [18] 赵则海, 廖周瑜, 彭少麟. 五爪金龙不同部位化感作用可塑性变化 [J]. 生态环境, 2007, 16(4): 1244-1248.
- [19] 陈志云, 梁水凤, 李东文. 等. 假臭草等 12 种植物对白花鬼针草幼苗的化感作用 [J]. 热带亚热带植物学报, 2011, 19(5): 454-462.
- [20] LIU G, HUANG Q Q, LIN Z G. Higher tolerance and lower resistance to salinity and herbivory may help explain the success of *Ipomoea cairica* to expand to salt marsh [J]. Plos One, 2012, 7(11): e48829.

Effect of Aqueous Extracts of 3 Plants (*Ipomoea cairica* , *Ipomoea triloba* and *Ipomoea digitata*) on Seed Germination and Seedling Growth of Radish , Cabbage , Mustard and Asparagus Lettuce

SONG Xin^{1,2} , SHEN Yide² , HUANG Qiaoqiao² , LI Xiaoxia² , FAN Zhiwei²

(1 College of Environment and plant Protection , Hainan University , Haikou 570228 , China; 2 Environment and Plant Protection Institute , CATAS/ Key Laboratory for Integrated Pest Management of Tropical Crops , Ministry of Agriculture/ Hainan Key Laboratory for Monitoring and Control of Tropical Agricultural Pests/ Hainan Engineering Research Center for Biological Control of Tropical Crops Diseases and Insect Pests , Haikou 571101 , China)

Abstract: Using the petri dishes filter paper method , leaves of 3 plants (*Ipomoea cairica* , *Ipomoea triloba* and *Ipomoea digitata* Linn) were extracted with water and used to treat four vegetables (radish , cabbage , mustard and asparagus lettuce) to observe their seed germination and their seedling growth. The results showed that the leaf aqueous extract of *I. cairica* significantly inhibited seed germination and seedling growth of the four vegetables , and that the inhibition increased with concentration of the aqueous extract. At the low concentration (0.1 g • mL⁻¹) the aqueous extract of *I. cairica* inhibited 81.3% , 80.1% , 74.2% and 64.8% of the root growth of cabbage , asparagus lettuce , mustard and radish , respectively , while at higher concentration (0.5 g • mL⁻¹) it stopped the seedling growth of all the vegetables tested. The aqueous extracts of the native plant *I. digitata* and the weak invader *I. triloba* promoted seed growth of the vegetables at the low concentration , and gave a slight inhibition to the seed growth at the high concentration. The aqueous extract of *I. digitata* at the high concentration inhibited the root growth of the cabbage , asparagus lettuce , mustard and radish by 47.7% , 59.3% , 43.6% and 22.8% , respectively , and that of *I. triloba* inhibited the four vegetables by 78.7% , 75% , 49.6% and 25.1% , respectively. The results suggest that the strong invader *I. cairica* has a higher allelopathic effect than the weak invader *I. digitata* and the native plant *I. triloba*.

Key words: *Ipomoea cairica*; *Ipomoea digitata*; *Ipomoea triloba*; active role; aqueous extract

(上接第 44 页)

Characteristics of the Antimicrobial Active Component of *Bacillus subtilis* Strain Czk1

FAN Lanyan¹ , HE Chunping^{2,3,4} , LIANG Yanqiong^{2,3,4} , ZHENG Xiaolan^{2,3,4} ,
WU Weihuai^{2,3,4} , LI Rui^{2,3,4} , ZHENG Fucong¹

(1. College of Environment and Plant Protection , Hainan University , Danzhou 571737 , China; 2. Environment and Plant Protection Institute , CATAS/ Hainan Engineering Research Center for Biological Control of Tropical Crops Diseases and Insect Pests , Danzhou 571737 , China; 3. Key Laboratory of Integrated Pest Management on Tropical Crops , Ministry of Agriculture , Danzhou 571737 , China; 4. Hainan Key Laboratory for Monitoring and Control of Tropical Agricultural Pests , Danzhou 571737 , China)

Abstract: Cup-plate methods and plate growth rate method were used to determine antimicrobial substances of strain Czk1 of *Bacillus subtilis* in the fermentation broth. The results indicated that the active component of this strain were extracellular metabolites and existed in the supernatant. Physicochemical analysis showed this antimicrobial component was not tolerant to high temperature and high and low acidity , and not sensitive to ultraviolet radiation , protease K , 5 common metal ions and organic solvent. This component could be extracted by acid precipitation and methanol extraction. Single factor experiment showed this strain had the highest pathogen antagonistic activity when shake cultured at 28 °C and 180 r • min⁻¹ for 3 d on YPD medium inoculated at the rate of 7% and the initial pH7.

Key words: *Bacillus subtilis*; active substance; biological characteristics; rubber tree