五爪金龙乙醇提取物对福寿螺毒杀和水稻苗生长的影响

胡 飞[1], 曾坤玉[1], 张俊彦[1], 陈建军[2], 唐湘如[1]
(1. 华南农业大学农学院, 广州 510642; 2. 广东省农业厅农村信息中心, 广州 510500)

摘要: 福寿螺和五爪金龙是两种危害严重的入侵生物, 利用五爪金龙防治稻田福寿螺是以害治害的方法。盆栽条件下研究了五爪金龙乙醇提取物毒杀福寿螺的效果, 以及其对水稻苗生长的影响。在砂培条件下五爪金龙乙醇提取物及其分离得到的甲醇相、乙酸乙酯相、乙醚相水溶液不仅对福寿螺起到毒杀作用, 而且对水稻秧苗生长有促进作用, 毒杀和促进作用由强到弱的顺序均为: 乙醇提取物 > 甲醇相 > 乙酸乙酯相 > 乙醚相。在实验浓度范围内五爪金龙乙醇提物对福寿螺的毒杀效果及其对水稻苗促进作用强度均随浓度的增大而增强, 在水稻土盆栽条件下抑制福寿螺取食水稻苗的效果与密达差异不显著($p > 0.05$)。五爪金龙乙醇提取物能毒杀福寿螺, 对水稻苗的生长没有不利的影响。因此, 利用五爪金龙防治稻田福寿螺危害是环境友好的非化学防治措施, 具有良好的应用前景。

关键词: 五爪金龙; 乙醇提取物; 福寿螺; 水稻苗
文章编号: 1000-0933(2009)10-5471-07 **中图分类号**: Q143, Q178, Q958 **文献标识码**: A

Ethanol extract of *Ipomoea cairica* toxic effects on *Pomacea canaliculata* and its effects on the growth of *Orzya sativa* seedling

HU Fei[1], ZENG Kun-Yu[1], ZHANG Jun-Yan[1], CHEN Jian-Jun[2], TANG Xiang-Ru[1]
1 *College of Agriculture, South China Agricultural University, Guangzhou* 510642, *China*
2 *Information Center of Rural District, Agricultural Department of Guangdong Province, Guangzhou* 510500, *China*
***Acta Ecologica Sinica*, 2009, 29(10): 5471 ~ 5477.**

Abstract: Both *Pomacea canaliculata* and *Ipomoea cairica* are invasive species that are very harmful to ecosystems and rice production in Southern China. It is a "one stone two birds" strategy that to use an invasive plant *I. cairica* for controlling another invasive animal *P. canaliculata*. Ethanol extract of *I. cairica* toxic effects on *P. canaliculata* and its effects on *O. sativa* seedling growth were evaluated in pot culture. In sand pot culture conditions, the water solutions of the ethanol extract of *I. cairica* and its isolated phases toxic effects on *P. canaliculata* were significantly different. Both the toxic effects on *P. canaliculata* and the promoting effects on rice seedling growth were ethanol extract, methanol phase, ethylacetate phase, and ether phase in decreasing order. In the tested concentration range, the higher concentration of the water solutions both of ethanol extract of *I. cairica* and its isolated phases were, the stronger both toxic effects on *P. canaliculata* and promoting effects on the growth of rice seedling revealed. In pot culture with paddy soil conditions, it showed no significant differences between ethanol extract of *I. cairica* and Mita, which is an ordinary molluscicide, to reduce *P. canaliculata* grazing rice seedling($p > 0.05$). Furthermore, the ethanol extract of *I. cairica* promoted the growth of rice seedling slightly than that of cultured either in water or Mita solution. The ethanol extract of *I. cairica* showed toxic effect on *P. canaliculata* indeed, but it showed no harmful effects, and even somehow promoting effects on the growth of rice

基金项目: 广东省农业厅标准化资助项目(粤农函[2008]32 号); 中国农业科学院杂草鼠害生物学与治理重点开放实验室(WRKFKT005)
收稿日期: 2008-07-01; **修订日期**: 2009-03-24
致谢: 马柱文、黄嘉欣同学参与部分实验工作, 特此致谢。
* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: hufei@scau.edu.cn

seedling. Obviously, it is a potential non-chemical method to use *I. cairica* to mange *P. canaliculata* in rice production, and it has a better applying prospect which is valuable done further investigations.

Key Words: *Ipomoea cairica*; ethanol extracts of *Ipomoea cairica*; *Pomacea canaliculata*; rice seedling

入侵动物福寿螺(*Pomacea canaliculata*)原产于亚马逊河流域,在我国长江以南和东南亚稻区危害十分严重[1,2],不进行有效防治将造成严重减产。福寿螺危害水稻(*Orzya sativa*)的方式主要以成、幼螺在水稻秧苗期和移栽后咬剪主茎和有效分蘖,造成缺株少苗,甚至局部秧苗被食光[3]。目前,福寿螺防治主要采用化学措施,这不仅危害了稻田生态环境,而且一些地区福寿螺对化学农药产生了抗性,防治难度和成本加大。虽然国内外都进行了大量的非化学防除福寿螺的实践,但因效果的稳定性、实施时机的选择和材料的获取以及成本等因素制约,大都不宜大范围使用[4~9]。利用植物材料控制稻田福寿螺,是一种可持续的、环境友好的非化学方法,骆悦[10]等评价了40种植物毒杀福寿螺的效果,曾坤玉[11]等前期研究表明广泛入侵华南地区的五爪金龙(*Ipomoea cairica*)乙醇提取物毒杀福寿螺效果很强,但没有对这些植物的资源的可开发性,以及对水稻生长的影响进行评价。五爪金龙已广泛入侵到华南和东南亚地区多种生态系统,其生长快,生物量大,不易防治[12,13]。本研究探索利用入侵植物五爪金龙防治入侵动物福寿螺,以期达到以害治害的效果[14,15]。通过对五爪金龙乙醇提取物进行初步的分离,分别评价其对福寿螺和水稻苗生长的影响,探索利用五爪金龙防治福寿螺对水稻苗造成的危害、促进水稻生长和减轻五爪金龙对自然生态的危害的可行性,以期获得一个一举多得的非化学防治稻田福寿螺的有效途径。

1 材料与方法

1.1 试验材料

福寿螺(*P. canaliculata*),五爪金龙(*I. cairica*),水稻(*O. sativa*)苗(桂香占),6%密达(Mita)颗粒(有效化学成分:2,4,6,8-四甲基-1,3,5,7-四氧杂环辛烷,分子量为:176.21,有效成分浓度为:0.10 mol·L^{-1})

1.2 实验方法

1.2.1 五爪金龙的采集及处理

2005年9月至10月于华南农业大学校园内采集五爪金龙的健康植株地上部茎叶,剪成长<2cm的碎段,室内晾干,用乙醇浸泡提取3次,旋转蒸馏除去乙醇,浓缩得到五爪金龙乙醇提取物.装瓶、封口,置冰箱4℃条件下保存备用。

1.2.2 福寿螺的采集与处理

福寿螺采集地点为华南农业大学农学院实习农场(23°09′N, 113°1′E),在水稻田内及其周边水沟内采集,采集后自来水冲洗15~20min,不喂食。24h后选择大小一致的2~3旋中幼螺供实验使用(单个螺重:(0.67±0.23)g)。采集时间为2005年9~11月。

1.2.3 五爪金龙乙醇提取物分离程序

(1) 层析柱的制备、样品的处理与洗脱 层析柱的制备:190℃下活化层析用氧化铝,采用干法装柱。

样品的处理与洗脱:称取20g五爪金龙乙醇提取物,与活化氧化铝粉混匀,加入层析柱。按图1程序依次用乙醚-乙酸乙酯-甲醇-水充分洗脱(每10ml间隔,用薄层析点样在紫外灯下检测,结果与洗脱剂一致后,再加入100ml洗脱剂,洗脱液与洗脱剂相同,即被认为充

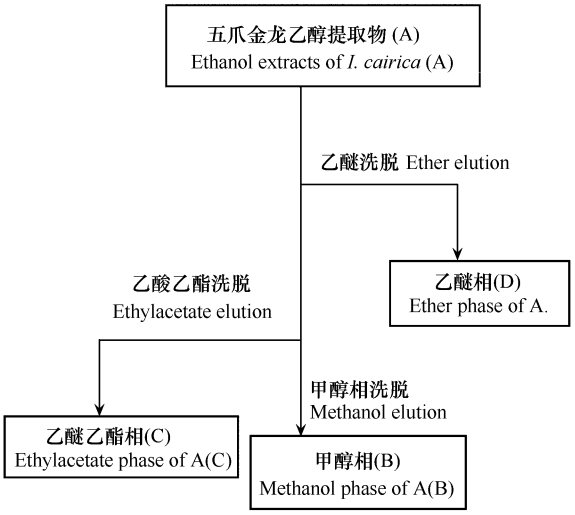

图1 五爪金龙乙醇提取物组分分离程序

Fig. 1 Isolation procedures of ethanol extracts of *I. cairica*

分洗脱),将相同洗脱剂得到的洗脱液合并,用旋转蒸发仪除去洗脱剂,分别得到五爪金龙乙醇提取物的乙醚、乙酸乙酯和甲醇相组份,4℃冰箱保存备用,水相组分不足 0.10g 未进行毒杀福寿螺试验。

(2) 五爪金龙乙醇提取物及分离各相组分的杀螺活性　制备五爪金龙乙醇提取物(A)、甲醇相(B)、乙酸乙酯相(C)、乙醚相(D)的水溶液浓度(C0)分别为:1.08 $g\cdot L^{-1}$,2.7 $g\cdot L^{-1}$, 0.32$g\cdot L^{-1}$, 0.21 $g\cdot L^{-1}$(饱和,并有悬浮现象)。将配制的五爪金龙乙醇提取物和各相组份的水溶液加水稀释后,共得到 3 个浓度分别为 C0、C1 和 C2(表 1)。

表 1　五爪金龙乙醇提取物及分离得到的各相组分水溶液的浓度

Table 1　Concentrations of ethanol extract of *I. cairica* and its isolated phases in water

浓度 Concentrations	A* ($g\cdot L^{-1}$)	B ($g\cdot L^{-1}$)	C ($g\cdot L^{-1}$)	D ($g\cdot L^{-1}$)
C0	1.08	2.70	0.32	0.21
C1	0.54	1.35	0	0
C2	0.26	0.67	0	0

* A: 五爪金龙乙醇提取物,A: Ethanol extract of *I. cairica*. B: 甲醇相,B: Methanol phase of A. C: 乙酸乙酯相,C: Ethylacetate phase of A. D: 乙醚相, D: Petroleum ether phase of A

按表 1 中各相组分水溶液的浓度处理福寿螺。处理方法为:将 10 颗按 1.1.2 方法收集和处理 2 ~3 旋的福寿螺,并已于实验室统一喂养 7d 后,置透明聚乙烯容器中(上 Φ11.5cm,下 Φ9.5cm,高 10.0cm),分别加入表 1 中不同浓度各相组份水溶液,每处理 3 重复。分别处理 12h、24h、48h、72h、96h、108h 和 132h 后检查螺的死亡个数,计算其累积死亡率。以蒸馏水作自然死亡对照,并设常用化学杀螺农药密达(0.10 $mol\cdot L^{-1}$)做毒杀对照。实验期间温度为 24 ~28℃。

1.2.4　五爪金龙乙醇提取物及分离各相组分对水稻秧苗生长的影响

各组分水溶液按表 1 浓度处理水稻幼苗(3 叶期,桂香占)。处理方法为:将表 1 中不同浓度水溶液作为培养液,培养水稻秧苗。水稻幼苗的培养方法为,在透明的圆柱型聚乙烯容器(上 Φ11.5cm,下 Φ9.5cm,高 10.0cm)底部均匀放入 3cm 厚的石英砂,在石英砂表面均匀放置 10 粒大小一致的水稻种子,加入蒸馏水,在(25 ±1)℃光照(800$\mu mol\cdot m^{-2}\cdot s^{-1}$光照强度,光/暗12/12h)培箱中恒温培养至 2 ~3 叶期后,按表 1 中各相组份水溶液的浓度每处理加 200ml,对照加蒸馏水。(25 ±1)℃光照培养箱培养 7d 后测量其株高、鲜重、干重和叶绿素。

1.2.5　五爪金龙乙醇提取物及其甲醇相水溶液对福寿螺和水稻秧苗的影响

在透明的圆柱型聚乙烯容器(上 Φ20.5cm,下 Φ9.5cm,高 15.0cm)底部均匀放入 5cm 厚水稻土(于华南农业大学水稻田中采集),按表 1 加入五爪金龙乙醇提取物及其甲醇相水溶液 C0 浓度的溶液,每容器中均匀放置 5 只 2 ~3 旋并已于实验室统一喂养 7d 的中幼螺(相当于 150 只$\cdot m^{-2}$),24h 后均匀移栽 10 株二叶一心的水稻幼苗。分别设福寿螺水稻苗共同培养,施用 6% 密达(按说明书田间用量,0.75$g\cdot m^{-2}$)以及只用水培养水稻 3 种对照。处理和对照水层深度为(3.0 ±0.5)cm。在(25 ±1)℃、光照(800$\mu mol\cdot m^{-2}\cdot s^{-1}$光照强度,光/暗12/12h)条件下,每隔 12h 观测福寿螺取食水稻幼苗数,7d 后测量其水稻株高、鲜重、干重和叶绿素含量。

株高的测量采用直尺法,精度为 0.01cm, 鲜重用电子天秤直接称重,精度为 0.01g,干重是将水稻植株放入烘箱 80℃恒温,烘至恒重后用电子天平称量,精度为 0.01g。根据文献[16]测定叶绿素含量。称取剪碎的新鲜水稻叶片,放入研钵中,加入少量石英砂和 1ml 80% 丙酮,研成匀浆至组织变白,转移到 5ml 离心管中,加 3ml 80% 丙酮冲洗研钵、研棒,连同残渣一起倒入离心管中,15000 $r\cdot min^{-1}$离心 3min。以 80% 丙酮为对照,在波长 652nm 下测定吸光度:

$$叶绿素浓度(mg\cdot L^{-1}) = D_{652} \times 1000/34.5$$

$$叶绿素含量\ (mg\cdot g^{-1}FW) = \frac{叶绿素浓度 \times 提取液总体积 \times 稀释倍数}{样品质量}$$

1.2.6 福寿螺死活鉴定标准

参考 Santos 等方法[17],每隔 24h,取出各处理中的怀疑死螺,分别放入蒸馏水中,浮于水面或悬浮于水中对外界刺激已无反应者,或者 30min 内不能开厣活动的为死螺,沉于水底者且开厣活动的为活螺(虽沉于水底但腐肉已离壳也为死螺)。

1.3 数据处理与分析

所有实验均为 5 次重复,采用 SPSS10.0 统计软件对实验数据进行 t 检验。

2 结果与分析

2.1 五爪金龙乙醇提取物及其各相组分水溶液的杀螺效果

图 2(ET)显示,五爪金龙乙醇提取物浓度为 1.08 $g\cdot L^{-1}$和 0.54 $g\cdot L^{-1}$时比密达杀螺的起效时间要短,且此两浓度对福寿螺致死率差异不显著,均在 96h 后达 100%。但当浓度为 0.26$g\cdot L^{-1}$时,杀螺效果不仅起效时间比密达要长,而且至 132h 时致福寿螺死亡率仅为 75%。

图 2(MT)显示,五爪金龙乙醇提取物甲醇相水溶液在浓度为 2.70$g\cdot L^{-1}$时杀毒效果比密达起效浓度要快,在 24h 后致福寿螺死亡率达 100%。浓度在 1.35$g\cdot L^{-1}$时,杀螺的效果比密达要差,但 132h 后致福寿螺死亡率仍能达 95%。当浓度为 0.67$g\cdot L^{-1}$时,132h 后致福寿螺死亡率仅为 30%。

图 2(ET-PT)显示,五爪金龙乙醇提取物乙酸乙酯相和乙醚相的杀螺效果不明显,两者在饱和状态时 132h 后致螺的死亡率仍小于 20%,乙酸乙酯相杀螺效果比乙醚相稍强。

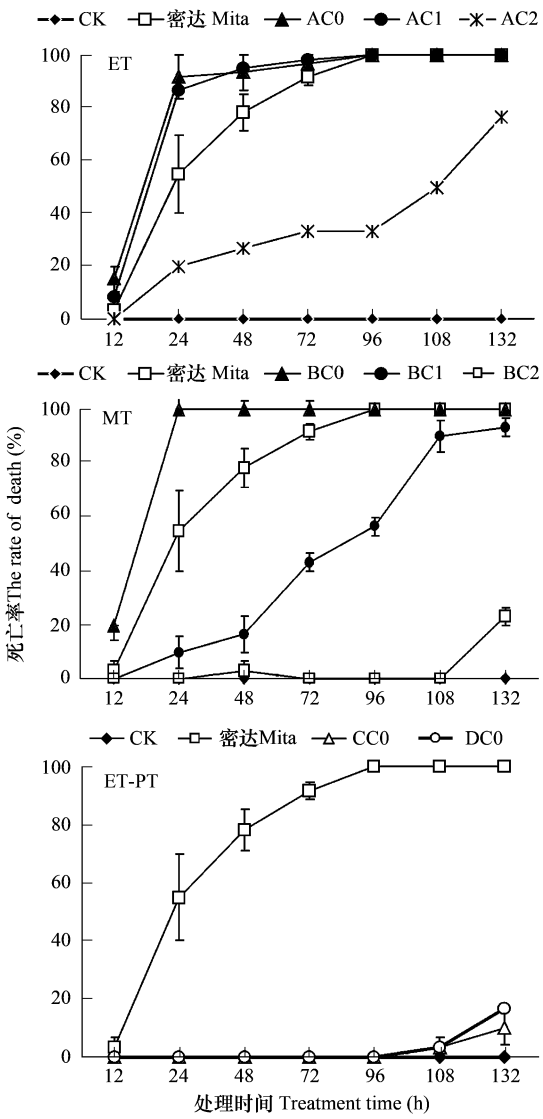

图 2 五爪金龙乙醇提取物及其各分离相毒杀福寿螺效果

Fig. 2 Toxic effects on *P. canaliculata* of both ethanol extract from *I. cairica* and its isolated phases

ET:五爪金龙乙醇提取物 Ethanol extracts of *I. cairica*; MT:五爪金龙乙醇提取物甲醇相 Methanol phase of ET; ET-PT:五爪金龙乙醇提取物乙酸乙酯相和乙醚相 Ethylacetate and petroleum ether phase of ET

2.2 五爪金龙乙醇提取物及其各相组分水溶液砂培条件下对水稻秧苗生长影响

图 3 显示与只用蒸馏水培养的对照相比,五爪金龙乙醇提取物及其分离得到的甲醇相、乙酸乙酯相和乙醚相水溶液在实验浓度范例内培养的水稻苗的株高、鲜重和干重都有促进作用。处理液的浓度越高,促进作用越强,且差异显著($p<0.05$)。

叶片中叶绿素含量的高低是反映水稻叶片光合能力的一个重要指标。图 3 表明,五爪金龙乙醇提取物及其分离得到的甲醇相培养水稻叶片叶绿素含量增加,处理液浓度越高,促进作用越强,且与对照相比差异显著,而乙酸乙酯相和乙醚相培养的水稻叶片叶绿素含量与对照差异不显著($p>0.05$)。

2.3 五爪金龙乙醇提取物及其甲醇相水溶液土壤盆栽条件下对福寿螺取食水稻秧苗数和秧苗生长的影响

图 4 表明在用水稻土盆栽条件下,五爪金龙乙醇提取物及其甲醇相水溶液显著抑制了福寿螺取食水稻苗。

在只用蒸馏水培养水稻苗和福寿螺共存情况下,福寿螺72h(即3d)即将秧苗全部取食。五爪金龙乙醇提取物在螺稻共存条件下对福寿螺取食的抑制作用比甲醇相和密达略强。无论是五爪金龙乙醇提取物,甲醇相或密达处理96~108h(即4~5d)后,部分福寿螺又恢复取食水稻苗。

图5表明在用水稻土盆栽条件下,五爪金龙乙醇提取物及其甲醇相水溶液和密达对水稻秧苗的生长的影响很小,鲜重、干重、株高和叶绿素含量与只用蒸馏水培养的秧苗相比均未表现出显著差异($p>0.05$)。

3　讨论

3.1　本研究的理论假设

许多入侵物种在原产地分布并不普遍,竞争性也不强,但一旦进入新的区域后,其竞争力显著增强,并迅速占据广大地域和空间成为入侵种[20,21]。福寿螺和五爪金龙原产地重叠,在原产地均没有对自然生态和农业植物构成威胁的报道。假设这是五爪金龙对福寿螺取食产生了化学防御的结果,因此设想运用同为华南地区入侵物种五爪金龙来防治福寿螺,以获一举多得之效。前期研究的结果表明,五爪金龙乙醇提取物对福寿螺确有显著毒杀作用[11]。

入侵植物本身是需要防除的目标,本研究设想利用入侵植物来防治入侵动物福寿螺,可以达到以害治害的效果,与国外学者提出的"敌人的敌人是同盟者"有异曲同工之妙[15],是环境和生态友好的措施。事实上,国内外都有利用入侵动物防治入侵植物的尝试,且有利用福寿螺防治入侵植物的报道[6,7],本研究对与福寿螺同源地的入侵植物毒杀福寿螺的效果进行评价,更具针对性。

3.2　五爪金龙乙醇提取物及分离得到的各相组分水溶液的杀螺效果差异机制分析

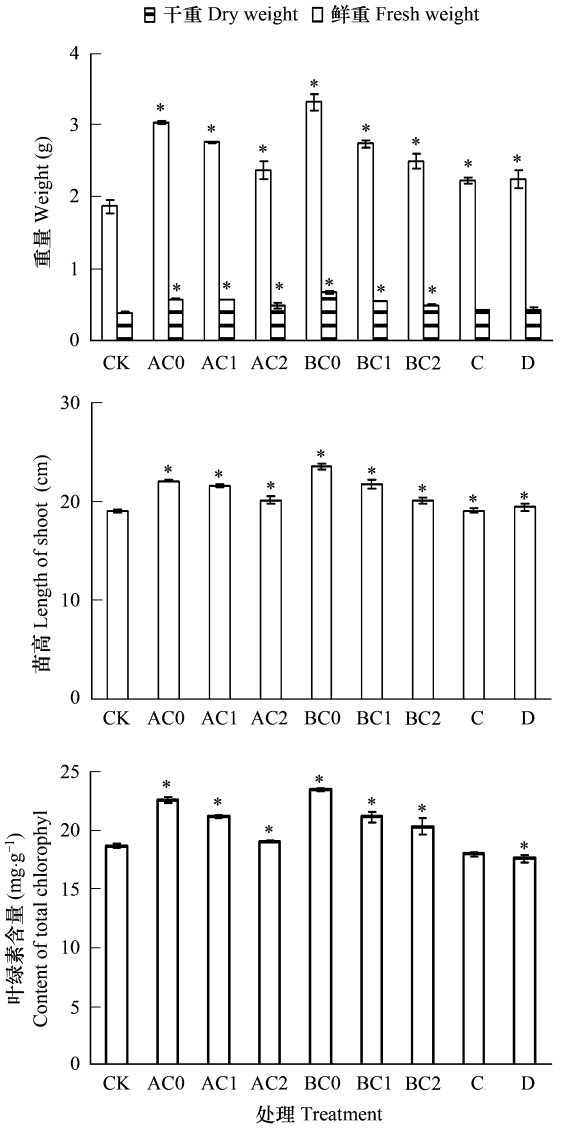

图3　五爪金龙乙醇提取物及其分离各相水溶液对水稻秧苗生长和叶绿素含量的影响

Fig.3　Effects on the growth of rice seedling of both extract of ethanol from *I. cairica* and its isolated phases

平均值±标准差, mean±SE. *表示与对照差异显著($p<0.05$), * means significant difference with CK($p<0.05$)

五爪金龙乙醇提取物及其分离各相杀螺活性有显著的不同,图2显示,五爪金龙乙醇提取物的杀螺效果最好,而经分离得到的甲醇相虽然在2.70g·L^{-1}时杀毒效果虽然比密达起效浓度要快,但只与0.54 g·L^{-1}五爪金龙乙醇提取物的效果相当,表明甲醇相的活性比五爪金龙乙醇提取物要低,而乙酸乙酯相和乙醚相几乎对福寿螺没有毒杀活性。以上结果表明:五爪金龙乙醇提取物杀螺活性物质是多个组分共同起作用的结果,分离后各组分的效果均没有五爪金龙乙醇提取物的好,有的甚至几乎没有活性。但这并不代表这些组分就没有作用,本研究结果表明,五爪金龙杀螺多种物质共同起作用的结果。因此,在进一步研究五爪金龙乙醇提取物对福寿螺的毒性机制时,进一步分离鉴定活性组分虽然是重要的工作,但在分离过程中也不可忽视一些没有活性组分,而是要将各组分间相互组合以期得到最佳的杀螺效果。事实上植物对有害生物产生抗性往往是多种物质共同起作用的结果,前期的研究表明胜红蓟化感物质间就存在着协同作用[18]。多种物质共同起作用也许是植物源杀螺剂与合成化学杀螺剂的本质差异

之一。

3.3 五爪金龙乙醇提取物及分离得到的各相组分水溶液的对水稻苗生长效果

福寿螺危害稻田秧苗主要是在水稻移栽至返青拔节期,移栽水稻15d左右是福寿螺危害稻苗的关键期,这主要有两方面的原因:一是移栽前稻田的耕作措施,使稻田中没有了新鲜的植物可供福寿螺取食,使福寿螺处于连续多天的饥饿状态,水稻一旦移栽后,即成为稻田中福寿螺唯一的新鲜食物的来源,尽管水稻苗不是福寿螺喜好取食的植物,但由于福寿螺处于饥饿状态,新鲜的水稻苗被大量的取食就不足为奇了。二是移栽的水稻苗基部细胞壁沉积硅酸较少,还没有变硬[19],福寿螺咬断容易,是水稻易受伤害期,加之有水层的存在,便于福寿螺活动。因此,福寿螺如在水稻苗期不加以控制,水稻受害将十分严重,有的田块的秧苗甚至可以被吃光。另一方面,福寿螺的生命力和繁殖能力极强,使用化学杀螺剂有效控制时段也只在5~8d左右。

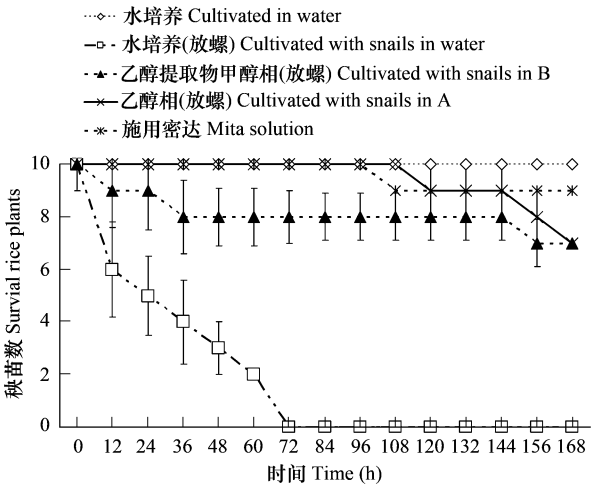

图4 五爪金龙乙醇提取物及其甲醇相水溶液在土壤盆栽条件下对福寿螺取食水稻秧苗数的影响

Fig. 4 Effects on *P. canaliculata* grazing rice seedling of both extract of ethanol from *I. cairica* and its methanol phases in paddy soil

平均值±标准差, mean ± SE

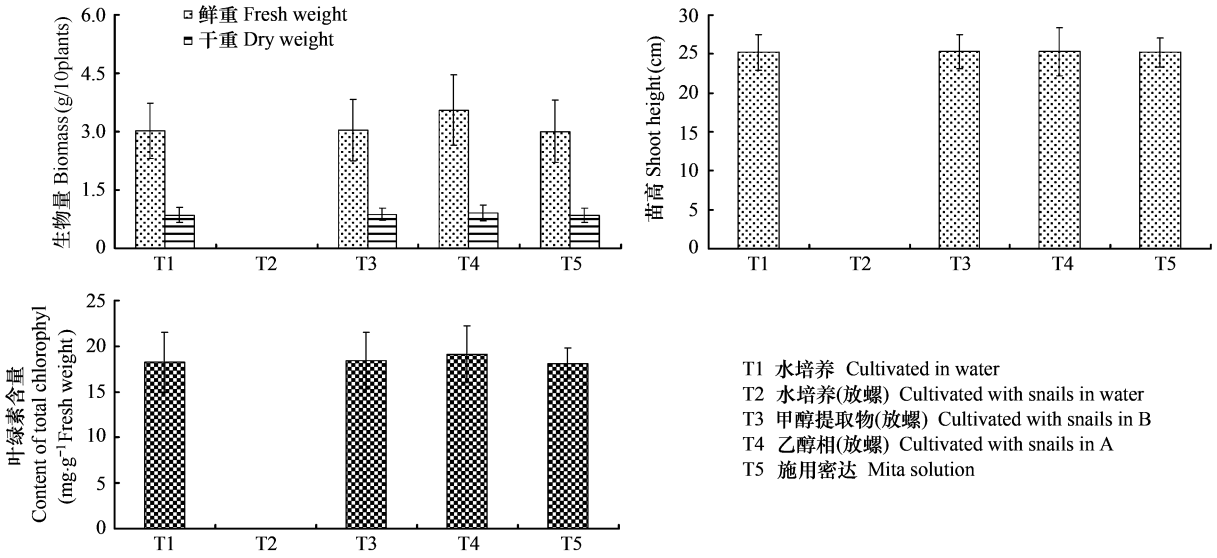

图5 五爪金龙乙醇提取物及其甲醇相水溶液在土壤盆栽条件对秧苗生长的影响

Fig. 5 Effects on the growth of rice seedling of both extract of ethanol from *I. cairica* and its methanol phase in paddy soil

平均值±标准差, mean ± SE; * 表示与对照差异显著($p<0.05$), * means significant difference with CK($p<0.05$)

本研究结果(图4)表明五爪金龙对在稻螺共存条件下有效控制时段约为96~108h(即4~5d),和农药的时效期相近。也就是说在土壤存在的条件下,无论是农药密达,还是五爪金龙提取物,都难以100%杀死田间的福寿螺。这种现象可能是以下两种因素共同作用的结果,即(1)与土壤吸附了杀螺的有效成份有关,(2)福寿螺在接触到控螺物质后,迅速闭厣,减少活动与取食。第(2)种因素特别值得关注,因为这很可能导致福寿螺对控螺物质抗性的增加。事实上,在调查水稻种植者控螺措施时,大多反映福寿螺愈来愈难以杀死,有些地方农药的实际施用量甚至达到了指导施用量的3~5倍。

有研究表明五爪金龙对植物有化感抑制作用[20],因水稻田间控螺措施多是与水稻移栽同时进行,这就要求稻田控螺剂对水稻的生长不能有不利的影响。本研究结果表明五爪金龙乙醇提取物及分离得到的各相组

分水溶液对水稻苗生长没有抑制作用,甚至有不同程度的促进作用(图 5)。这显示运用五爪金龙控制稻田福寿螺可能达到控螺促苗的效果。

4　结论

五爪金龙乙醇提取物既能毒杀福寿螺又对水稻苗的生长没有不利的影响,因此,利用五爪金龙防治稻田福寿螺是环境友好的非化学防治措施,具有良好的应用前景。

References:

[1] Zhou W C, Wu Y F, Yang J Q. Viability of *Ampullaria* snail in China. Fujian Journal of Agricultural Sciences,2003,18(1):25－28.

[2] Joshir R C. Problems with the management of the golden apple snail *Pomacea canaliculata*: an important exotic pest of rice in Asia. Vreysen M. J. B., Robinson A. S. and Hendrichs J. eds., Area-Wide Control of Insect Pests, 2007 IAEA. 257－264.

[3] Wada T, Ichinose K, Higuchi H. Effect of drainage on damage to direct-sown rice by the apple snail *Pomacea canaliculata* (Lamarck) (Gastropoda: *Ampullariidae*). Applied Entomological Zoology, 1999, 34(3):365－370.

[4] Li R K, Zeng Z X, Huang Z A. Test on control of *Ampullaria gigas* Spix in rice yield with Luodi. Guangdong Agricultural Sciences, 2002,(3): 37－38.

[5] Wang X Y, Huang B Q. Medical efficiency of tea sarpomine to *Ampullaria gigas* Spix. Guangdong Agricultural Sciences,1998,(3): 32－35.

[6] Carlsson NOL, Kestrup Å, M rtensson M, and Nyström P. Lethal and non-lethal effects of multiple indigenous predators on the invasive golden apple snail (*Pomacea canaliculata*). Freshwater Biology, 2004, 49(10):1269－1279.

[7] Hirai Y. Apple snail in Japan the present status and management. JARQ Japan, 1988, 22(1): 161－165.

[8] Sanico A L, Peng S, Laza R C, *et al*. Effect of seedling age and seedling number per hill on snail damage in irrigated rice. Crop Protection, 2002, 21:137－143.

[9] Teo S S. Evaluation of different duck varieties for the control of the golden apple snail (*Pomacea canaliculata*) in transplanted and direct seeded rice. Crop Protection, 2001, 20(7):599－604.

[10] Luo Y, Zeng X N, Ju J H, *et al*. Molluscidal activity of the methanol extracts of 40 species of plants. Plant Protection, 2005,31(1):31－34.

[11] Zeng K Y, Hu F, Chen Y F, Chen J J, Kong C H. Effects of four invasive plants with the same origin area of Ampullaria gigas(golden snail) on its behaviors and killing activity. Acta Ecologica Sinica, 2008,28(1):260－266.

[12] Liang Y Y. An Alien plant- *Ipomoea cairica*- invading Baiyun mountain of Guangzhou result in death of plants. Southern Metropolis Daily, 2006. 7.19.

[13] Wang P, Liang W J, Kong C H, *et al*. Chemical mechanism of exotic weed invasion. Chinese Journal of Applied Ecology, 2004, 15 (4):707－711.

[14] Callaway R M, Aschehoug E T. Invasive plants versus their new and old neighbors: a mechanism for exotic invasion. Science, 2000, 290(5491): 521－523.

[15] Sabelis M W, Janssen A, Kant M R. Enhanced: the enemy of my enemy is my ally. Science, 2001, 291(5511): 2104－2105.

[16] Arnon D I. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenol oxidase in *Beta vulgaris*. Plant Physiology, 1949,24:1－15.

[17] Santos J A. Tomassini TCB, Xavier DCD. Molluscicidal activity of *Physalis angulata* L. extracts and fractions on *Biomphalaria tenagophila* (d´orbigny, 1835) under laboratory conditions. Mem Inst Oswaldo, 2003, 98(3):524－428.

[18] Kong C H, Xu T, Hu F. Study on interactions among allelochemicals of *Ageratum conyzoidess*. Acta Phytoecologica Sinica,1998,22(5):403－408.

[19] College of Nanjing Agriculture, College of Jiangsu Agriculture. Crop Cultivation, Shanghai: the Science & Technology Press in Shanghai, 1979. 52.

[20] Liao Z Y, Zhao Z H, HouY P, Peng S L. Allelopathic potential of early decomposition of leaf litter of *Ipomoea cairica*. Ecology and Environment, 2007, 16(4): 1249－1252.

参考文献:

[1] 周卫川,吴宇芬,杨佳琪. 福寿螺在中国的适生性研究. 福建农业科学,2003,18(1):25～28.

[4] 李人柯,曾专雄,黄长安. 螺敌防治水稻福寿螺药效试验. 广东农业科学,2002,(3):37～38.

[5] 王小艺,黄炳球. 茶皂素对福寿螺的药效试验. 广东农业科学,1998,(3): 32～35.

[10] 骆悦,曾鑫年,居建华,等. 40 种植物甲醇提取物的杀螺活性研究. 植物保护,2005,31(1):31～34.

[11] 曾坤玉,胡飞,陈玉芬,陈建军,孔垂华. 四种与福寿螺同源地入侵植物的杀螺效果. 生态学报,2008,28(1): 260～266.

[12] 梁艳燕. 外来五爪金龙入侵广州白云山可致植物枯死. 南方都市报, 2006.7.19

[13] 王朋,梁文举,孔垂华,等. 外来杂草入侵的化学机制. 应用生态学报,2004,15 (4):707～711.

[18] 孔垂华,徐涛,胡飞. 胜红蓟化感物质之间相互作用的研究. 植物生态学报,1998,22(5):403～408.

[19] 南京农学院,江苏农学院主编. 作物栽培学. 上海: 上海科学技术出版社,1979.52

[20] 廖周瑜,赵则海,侯玉平,彭少麟. 五爪金龙凋落叶腐解物的化感潜力研究. 生态环境, 2007, 16(4): 1249～1252.