

碎米莎草茎总生物碱对植物和病原菌的生物活性

周 兵¹, 曾建国², 闫小红¹, 蒋 平¹, 刘国伟¹

(1. 井冈山大学生命科学学院, 江西 吉安 343009; 2. 吉安市林业局, 江西 吉安 343000)

摘要: 以水稻(*Oryza sativa*)等 5 种植物和水稻稻瘟病(*Magnaporthe grisea*)等 6 种植物病原真菌为试验对象, 测定了碎米莎草(*Cyperus iria*)茎总生物碱对植物和病原菌的生物活性。结果表明, 250~4000 $\mu\text{g mL}^{-1}$ 的总生物碱对水稻种子的萌发无显著影响, 对千金子(*Leptochloa chinensis*)幼苗的苗高有显著抑制作用。4000 $\mu\text{g mL}^{-1}$ 的总生物碱对烟草(*Nicotiana tabacum*)、鳢肠(*Eclipta prostrata*)和车前草(*Plantago asiatica*)种子的萌发、烟草幼苗的苗高以及水稻、烟草和鳢肠幼苗的鲜重有显著抑制作用, 相对较低浓度总生物碱对千金子种子萌发、千金子和车前草幼苗的鲜重以及 5 种植物幼苗的根长和苗高(烟草幼苗的苗高除外)有显著抑制作用。25~400 $\mu\text{g mL}^{-1}$ 的碎米莎草茎总生物碱对小麦赤霉病菌(*Fusarium graminearum*)的生长无显著影响, 而对苹果轮纹病菌(*Physalospora piricola*)的生长有显著抑制作用, 100~400 $\mu\text{g mL}^{-1}$ 的总生物碱对稻瘟病菌、油菜菌核病菌(*Sclerotinia sclerotiovum*)和番茄早疫病病菌(*Alternaria solani*)的生长有显著抑制作用, 200~400 $\mu\text{g mL}^{-1}$ 的总生物碱对杨树溃疡病菌(*Dothiorella gregaria*)的生长有显著抑制作用, 400 $\mu\text{g mL}^{-1}$ 的总生物碱对上述病原真菌的抑菌率分别为 8.20%、74.87%、40.93%、60.91%、52.70% 和 16.28%。

关键词: 碎米莎草; 总生物碱; 植物活性; 抑菌活性

中图分类号: Q946.88

文献标识码: A

文章编号: 1005-3395(2010)03-0304-06

Phytoactivity and Antifungal Activity of Total Alkaloids from Stem of *Cyperus iria*

ZHOU Bing¹, ZENG Jian-guo², YAN Xiao-hong¹, JIANG Ping¹, LIU Guo-wei¹

(1. College of Life Science, Jinggangshan University, Ji' an 343009, China; 2. Ji' an Forestry Administration, Ji' an 343000, China)

Abstract: The phytoactivity of total alkaloids from stem of *Cyperus iria* to *Oryza sativa*, *Nicotiana tabacum*, *Plantago asiatica*, *Eclipta prostrata*, *Leptochloa chinensis* and antifungal activity against *Magnaporthe grisea*, *Sclerotinia sclerotiovum*, *Alternaria solani*, *Fusarium graminearum*, *Dothiorella gregaria* and *Physalospora piricola* were measured. The results showed that 250~4 000 $\mu\text{g mL}^{-1}$ total alkaloids had not significant influence in seed germination of *O. sativa*, but significantly inhibited in seedling height of *L. chinensis*. Seed germination of *N. tabacum*, *E. prostrata* and *P. asiatica*, seedling height of *N. tabacum*, seedling fresh weight of *O. sativa*, *N. tabacum* and *E. prostrata* were significantly inhibited treated with 4000 $\mu\text{g mL}^{-1}$ total alkaloids. The total alkaloids of low concentrations significantly inhibited in seed germination of *L. chinensis*, seedling fresh weight of *L. chinensis* and *P. asiatica*, seedling root length and height of five species except of seedling height of *N. tabacum*. However, 25~400 $\mu\text{g mL}^{-1}$ total alkaloids had no significant inhibition to the growth of *F. graminearum*, but had to the growth of *P. piricola*, and 100~400 $\mu\text{g mL}^{-1}$ total alkaloids had significant inhibition to *M. grisea*, *S. sclerotiovum* and *A. solani*, while did 200~400 $\mu\text{g mL}^{-1}$ total alkaloids to *D. gregaria*, the growth of six fungi were significantly inhibited treated with 400 $\mu\text{g mL}^{-1}$ total alkaloids, the inhibitory rates were 8.20%, 74.87%,

收稿日期: 2009-06-02 接受日期: 2009-09-18

基金项目: 江西省教育厅科技计划项目(GJJ08421); 井冈山大学博士科研启动项目(0716)资助

作者简介: 周兵(1977~), 男, 湖北黄梅人, 博士, 副教授, 主要从事化学生态学和植物保护学研究, email: zhoubing113@126.com

40.93%, 60.91%, 52.70% and 16.28%, respectively.

Key words: *Cyperus iria*; Total alkaloids; Phytoactivity; Antifungal activity

碎米莎草 (*Cyperus iria* L.) 为莎草科 (Cyperaceae) 一年生草本植物, 别名三方草。分布于全国各地, 在低湿地常见, 是农田主要杂草之一。在农田生态系统中, 碎米莎草与作物竞争水分、营养和光照等生长原料及生存空间^[1]。在野外, 碎米莎草一般成片生长, 容易形成优势种群, 碎米莎草可能对其它植物存在化感抑制作用。目前, 对莎草属植物 *C. alopecuroides*^[2-3]、*C. articulatus*^[4-5]、*C. giganteus*^[6]、香附子 (*C. rotundus*)^[7-8] 等的化学成分及活性进行了部分研究, 主要集中在抑菌活性方面, 对他们的生物学性状^[9-11] 及其防治^[12-14] 也进行了研究, 但对碎米莎草的研究少见报道。为揭示碎米莎草在农田生态系统中的地位和和在作物生长过程中发挥的作用, 本文从碎米莎草茎提取总生物碱, 研究其对水稻 (*Oryza sativa*) 等 5 种植物及水稻稻瘟病 (*Magnaporthe grisea*) 等 6 种植物病原真菌的生物活性, 探讨其对相关植物及病原菌的影响, 为其开发为植物源农药提供重要参考。

1 材料和方法

1.1 碎米莎草茎总生物碱的制备

2007 年 9~10 月从吉安市赣江边农田采集碎米莎草植株, 取其茎, 用自来水洗净, 置于通风处晾干, 剪成 1 cm 长的小段, 备用。总生物碱按醇-酸水-有机溶剂提取法^[15] 提取, 将 2.5 kg 碎米莎草茎用 15 L 的 95% 乙醇回流提取 3 次, 每次提取 2 h, 合并提取液, 减压浓缩, 加入等体积蒸馏水离心沉降除去色素, 再以酸性水溶液 (HCl, pH 2) 溶解, 过滤除去不溶于水的亲脂性杂质, 再将酸性水溶液用浓氨水碱化 (pH 10) 使生物碱游离, 用氯仿萃取即得较纯的总生物碱, 备用。

称取适量的总生物碱, 用蒸馏水配制成 250、500、1000、2000、4000 $\mu\text{g mL}^{-1}$ 等 5 个浓度的生物碱溶液。

1.2 植物种子及植物病原真菌

水稻 (*Oryza sativa*)、烟草 (*Nicotiana tabacum*) 种子市售, 鳢肠 (*Eclipta prostrate*)、车前草 (*Plantago asiatica*) 和千金子 (*Leptochloa chinensis*) 种子为本实验室低温保存 (4℃); 水稻稻瘟病菌 (*Magnaporthe grisea*)、油菜菌核病菌 (*Sclerotinia sclerotiovum*)、番

茄早疫病菌 (*Alternaria solani*)、小麦赤霉病菌 (*Fusarium graminearum*)、杨树溃疡病菌 (*Dothiorella gregaria*) 和苹果轮纹病菌 (*Physalospora piricola*) 菌株均为标准菌株, 由本实验室低温保存 (4℃)。

1.3 生物碱对植物种子萌发的作用

采用培养皿滤纸法进行种子萌发试验, 供试的种子先用 0.5% KMnO_4 消毒 10 min, 选取籽粒饱满、大小均一的植物种子置于铺有两层滤纸的培养皿中, 每皿放置 30 粒种子, 加入生物碱溶液 10 mL, 置于 23~25℃ 的光照培养箱中, L/D = 12 h/12 h。每处理 3 次重复。每天记录发芽种子的数量, 胚根突破种皮 1 mm 即视为萌发, 统计萌发率。以不加生物碱溶液为对照处理。

1.4 生物碱对植物幼苗生长的影响

采用小杯法^[16] 测定生物碱对植物幼苗生长的影响。在 50 mL 的烧杯底部铺上一层 0.5 mm 的玻璃珠, 其上垫一层滤纸, 加入 5 mL 的莎草茎总生物碱溶液, 放 10 粒已萌发的植物种子, 置于 23~25℃ 的光照培养箱中, L/D = 12 h/12 h, 6 d 后测定幼苗的根长、苗高和鲜重。每处理 3 次重复, 以不加生物碱溶液为对照处理。

1.5 总生物碱溶液抑菌活性的测定

参考赵淑英等^[17] 的方法, 将配制好的总生物碱溶液 (经过 0.45 μm 微孔滤膜过滤) 与未凝固的 PDA 培养基按 1:9 的比例在直径 9 cm 的培养皿中混合 (共 10 mL), 生物碱浓度分别为 25、50、100、200 和 400 $\mu\text{g mL}^{-1}$, 待培养基冷凝后接种直径为 6 mm 的病原真菌菌饼, 每皿接种 2 块, 倒置于 26℃ 培养箱中培养 4 d, 测定菌落的直径 (十字交叉法), 并统计抑菌率。每处理重复 3 次, 以不加生物碱溶液为对照处理。

1.6 数据统计分析

使用 Excel 软件进行数据处理, 并运用 SPSS 13.0 统计分析软件进行差异显著性分析。

2 结果和分析

2.1 碎米莎草茎总生物碱对植物种子萌发的影响

不同浓度碎米莎草茎总生物碱对 5 种植物种子萌发的影响不同 (图 1)。与对照相比, 250~

4000 $\mu\text{g mL}^{-1}$ 的总生物碱溶液对水稻种子的萌发影响不显著, 4000 $\mu\text{g mL}^{-1}$ 时的相对抑制率为 10.53%。1000 ~ 4000 $\mu\text{g mL}^{-1}$ 总生物碱溶液对千金子种子的萌发也有显著抑制作用, 抑制率为

36.08% ~ 49.18%。4000 $\mu\text{g mL}^{-1}$ 的总生物碱溶液对烟草、鳢肠和车前草种子的萌发也有显著抑制作用, 相对抑制率分别为 7.58%、21.74% 和 10.71%。

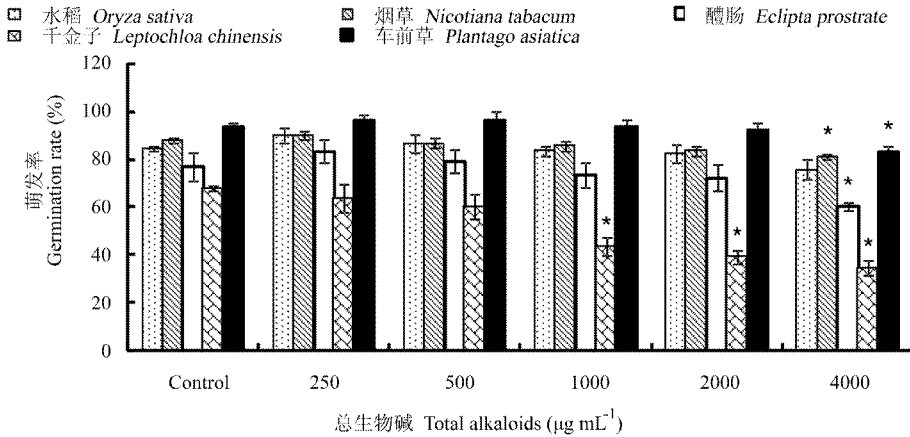


图 1 碎米莎草茎总生物碱对 5 种植物种子萌发的影响

Fig. 1 Effects of total alkaloids from *C. iria* stem on the seed germination

* 表示与对照相比差异显著 ($P < 0.05$). * above the bars indicate significant difference at 0.05 level compared with control.

2.2 不同浓度碎米莎草茎总生物碱对 5 种植物幼苗生长的影响

不同浓度碎米莎草茎总生物碱对水稻等 5 种植物幼苗生长的影响不同(表 1)。与对照相比, 250 $\mu\text{g mL}^{-1}$ 总生物碱对水稻和鳢肠幼苗的根长具有显著促进作用, 分别增加了 31.99% 和 15.33%。2000 ~ 4000 $\mu\text{g mL}^{-1}$ 总生物碱显著抑制了水稻、鳢肠和千金子幼苗的根长, 总生物碱浓度较低时对烟草和车前草幼苗根长即有显著抑制作用, 4000 $\mu\text{g mL}^{-1}$ 处理, 水稻、鳢肠、千金子、烟草和车前草 5 种植物幼苗的根长分别为 3.37 cm、2.14 cm、0.99 cm、0.46 cm 和 0.97 cm, 抑制率分别为 31.17%、34.50%、54.14%、62.85% 和 55.29%。250 ~ 4000 $\mu\text{g mL}^{-1}$ 总生物碱对千金子幼苗苗高均有显著抑制作用, 较高浓度时对水稻、烟草、鳢肠和车前草才有显著抑制作用, 4000 $\mu\text{g mL}^{-1}$ 时对千金子、水稻、烟草、鳢肠和车前草 5 种植物幼苗苗高的抑制率分别为 52.98%、31.93%、21.23%、45.89% 和 41.92%, 但 250 $\mu\text{g mL}^{-1}$ 总生物碱对水稻、鳢肠和车前草幼苗的苗高有显著促进作用, 分别增加了 34.92%、13.81% 和 24.75%。只有 4000 $\mu\text{g mL}^{-1}$ 总生物碱对水稻、烟草和鳢肠幼苗的鲜重有显著抑制作用, 但浓度较低时即显著抑制千金子和车前草幼苗的鲜重, 4000 $\mu\text{g mL}^{-1}$ 总生物碱对水稻、烟草、鳢肠、千金子和车前草 5 种植物幼苗鲜重的抑制率分别为

18.98%、41.64%、38.14%、44.77% 和 51.76%。

2.3 总生物碱对植物病原真菌的抑菌效果

不同浓度碎米莎草茎总生物碱对水稻稻瘟病菌等 6 种病菌的抑菌效果有差异(表 2)。25 ~ 400 $\mu\text{g mL}^{-1}$ 碎米莎草茎总生物碱对小麦赤霉病菌的生长无显著影响, 但对苹果轮纹病菌的生长有显著抑制作用, 400 $\mu\text{g mL}^{-1}$ 处理对前者的抑菌率仅为 8.20%, 对后者高达 74.87%。随着总生物碱浓度的升高, 对水稻稻瘟病菌、油菜菌核病菌、番茄早疫病病菌和杨树溃疡病菌的抑制作用增加, 100 $\mu\text{g mL}^{-1}$ 处理的水稻稻瘟病、油菜菌核病和番茄早疫病病菌的生长有显著抑制作用, 400 $\mu\text{g mL}^{-1}$ 处理的菌落直径分别为 2.39 cm、1.35 cm、1.05 cm 和 3.07 cm, 抑菌率分别为 40.93%、60.91%、52.70% 和 16.28%。

3 讨论

植物在生态系统中占有重要的地位, 植物也是次生代谢物质的主要来源, 植物产生的次生代谢物质在现代农业生产中得到极大的开发和应用, 尤其是具有活性的代谢物质, 以活性代谢物质或以其为先导化合物开发为天然产物源生物农药已经有许多成功的例子^[18-20], 主要是植物源杀虫剂和杀菌剂, 但除草剂相对较少。本实验中, 碎米莎草茎总生物碱植物活性检测结果表明, 250 ~ 4000 $\mu\text{g mL}^{-1}$

表1 碎米莎草茎总生物碱对5种植物幼苗生长的影响

Table 1 Effects of total alkaloids from *C. iria* stem on the seedling growth of five species

植物 Species	对照 Control	总生物碱 Total alkaloids ($\mu\text{g mL}^{-1}$)					
		250	500	1000	2000	4000	
水稻 <i>O. sativa</i>	根长 Root length (cm)	4.90 ± 0.50	6.47 ± 0.34*	4.29 ± 0.37	4.20 ± 0.17	3.66 ± 0.31*	3.37 ± 0.24*
	苗高 Plant height (cm)	3.47 ± 0.26	4.68 ± 0.15*	3.03 ± 0.29	2.98 ± 0.18	2.56 ± 0.22*	2.36 ± 0.23*
	单株鲜重 Fresh weight (mg)	93.13 ± 5.40	97.95 ± 0.77	95.91 ± 1.22	93.53 ± 1.66	87.40 ± 2.66	75.46 ± 3.44*
烟草 <i>N. tabacum</i>	根长 Root length (cm)	1.23 ± 0.05	1.25 ± 0.05	0.96 ± 0.07*	0.79 ± 0.04*	0.73 ± 0.05*	0.46 ± 0.04*
	苗高 Plant height (cm)	0.22 ± 0.01	0.23 ± 0.01	0.21 ± 0.01	0.20 ± 0.01	0.19 ± 0.01	0.17 ± 0.01*
	单株鲜重 Fresh weight (mg)	1.02 ± 0.11	0.95 ± 0.09	0.87 ± 0.05	0.82 ± 0.03	0.78 ± 0.05	0.59 ± 0.07*
鳢肠 <i>E. prostrate</i>	根长 Root length (cm)	3.27 ± 0.15	3.77 ± 0.13*	3.33 ± 0.12	2.97 ± 0.14	2.86 ± 0.09*	2.14 ± 0.12*
	苗高 Plant height (cm)	0.90 ± 0.03	1.02 ± 0.04*	0.87 ± 0.05	0.79 ± 0.05	0.70 ± 0.04*	0.48 ± 0.04*
	单株鲜重 Fresh weight (mg)	6.33 ± 0.71	6.73 ± 0.57	6.25 ± 0.13	6.20 ± 0.20	5.29 ± 0.50	3.91 ± 0.26*
千金子 <i>L. chinensis</i>	根长 Root length (cm)	2.16 ± 0.07	2.21 ± 0.08	1.95 ± 0.09	1.93 ± 0.10	1.57 ± 0.10*	0.99 ± 0.07*
	苗高 Plant height (cm)	0.21 ± 0.01	0.16 ± 0.01*	0.15 ± 0.04*	0.14 ± 0.01*	0.12 ± 0.01*	0.10 ± 0.01*
	单株鲜重 Fresh weight (mg)	1.24 ± 0.05	1.30 ± 0.10	1.26 ± 0.04	1.16 ± 0.02	1.03 ± 0.09*	0.69 ± 0.05*
车前草 <i>P. asiatica</i>	根长 Root length (cm)	2.18 ± 0.06	2.24 ± 0.07	1.96 ± 0.08*	1.88 ± 0.06*	1.65 ± 0.06*	0.97 ± 0.06*
	苗高 Plant height (cm)	0.44 ± 0.02	0.54 ± 0.02*	0.41 ± 0.02	0.35 ± 0.02*	0.31 ± 0.01*	0.25 ± 0.01*
	单株鲜重 Fresh weight (mg)	9.20 ± 0.18	9.57 ± 0.18	8.56 ± 0.16	6.75 ± 0.56*	5.59 ± 0.10*	4.44 ± 0.31*

* 表示与对照差异显著($P < 0.05$)。* indicates significant difference at 0.05 level compared with control. 下表同 The same as following Table.

表2 碎米莎草茎总生物碱对6种植物病原真菌的抑菌效果

Table 2 Antifungal activities of total alkaloids from *C. iria* stem against six plant pathogens

植物病原真菌 Plant pathogens	对照 Control	总生物碱 Total alkaloids ($\mu\text{g mL}^{-1}$)					
		25	50	100	200	400	
水稻稻瘟病菌	菌落直径 Colony diameter (cm)	4.04 ± 0.07	3.87 ± 0.05	3.72 ± 0.13	3.46 ± 0.17*	2.96 ± 0.18*	2.39 ± 0.14*
<i>M. grisea</i>	抑制率 Inhibition rate (%)	0	4.37	7.91	14.34	26.67	40.93
油菜菌核病菌	菌落直径 Colony diameter (cm)	3.45 ± 0.12	3.36 ± 0.19	3.12 ± 0.23	2.81 ± 0.10*	2.68 ± 0.07*	1.35 ± 0.05*
<i>S. sclerotiovum</i>	抑制率 Inhibition rate (%)	0	2.32	9.29	18.38	22.30	60.91
番茄早疫病菌	菌落直径 Colony diameter (cm)	2.22 ± 0.17	2.33 ± 0.12	2.14 ± 0.13	1.73 ± 0.14*	1.53 ± 0.07*	1.05 ± 0.10*
<i>A. solani</i>	抑制率 Inhibition rate (%)	0	-4.88	3.53	22.15	31.01	52.70
小麦赤霉病菌	菌落直径 Colony diameter (cm)	3.01 ± 0.19	3.28 ± 0.23	3.12 ± 0.12	2.90 ± 0.22	2.87 ± 0.23	2.76 ± 0.10
<i>F. graminearum</i>	抑制率 Inhibition rate (%)	0	-9.04	-3.88	3.49	4.54	8.20
杨树溃疡病菌	菌落直径 Colony diameter (cm)	3.67 ± 0.12	3.91 ± 0.15	3.78 ± 0.15	3.27 ± 0.10	3.19 ± 0.13*	3.07 ± 0.17*
<i>D. gregaria</i>	抑制率 Inhibition rate (%)	0	-6.59	-3.09	10.73	12.96	16.28
苹果轮纹病菌	菌落直径 Colony diameter (cm)	3.56 ± 0.10	2.86 ± 0.19*	2.29 ± 0.17*	1.69 ± 0.11*	1.37 ± 0.10*	0.89 ± 0.13*
<i>P. piricola</i>	抑制率 Inhibition rate (%)	0	19.50	35.63	52.37	61.51	74.87

的总生物碱对水稻种子的萌发无显著影响,对千金子幼苗的苗高有显著抑制作用;4000 $\mu\text{g mL}^{-1}$ 的总生物碱对烟草、鳢肠和车前草种子的萌发,烟草幼苗的苗高以及水稻、烟草和鳢肠幼苗的鲜重有显著抑制作用;浓度较低的总生物碱即对千金子种子的萌发、千金子和车前草幼苗的鲜重以及5种植物幼苗的根长和苗高(除烟草幼苗的苗高外)有显著抑制作用。这说明,总生物碱对不同植物的作用不同,表明其具有一定的植物活性,植物的反应差异

与植物自身的特征和抗性有关,这与次生物质对不同植物有不同强度作用的结论相似^[21-22]。本实验中,碎米莎草茎总生物碱对水稻等5种植物种子萌发和幼苗生长的抑制作用随着总生物碱浓度的升高而增强,这与 Rafiqul 等^[23]报道的活性次生物质的生物活性与其浓度存在很大相关性,且浓度越高,活性越强的结论是一致的。在作用过程中,活性物质成为或转化为植物生长的抑制(或促进)物质^[24],通过影响受试植物的光合作用、呼吸作用及

细胞膜透性等生理生化过程来抑制(或促进)植物的生长^[25-27],浓度越高其影响的强度也就越高。

同时,本实验也检测到碎米莎草茎总生物碱的抑菌活性。结果表明,在 25 ~ 400 $\mu\text{g mL}^{-1}$ 浓度范围内,生物碱对小麦赤霉病菌、苹果轮纹病菌、稻瘟病菌、油菜菌核病菌、番茄早疫病菌和杨树溃疡病菌的抑菌作用存在差异。对小麦赤霉病菌的生长无显著影响,而对苹果轮纹病菌的生长有显著抑制作用,400 $\mu\text{g mL}^{-1}$ 处理对苹果轮纹病菌、稻瘟病菌、油菜菌核病菌、番茄早疫病菌和杨树溃疡病均产生显著抑制作用,抑菌率分别为 74.87%、40.93%、60.91%、52.70% 和 16.28%。可以看出,碎米莎草茎总生物碱对苹果轮纹病菌、稻瘟病菌、油菜菌核病菌以及番茄早疫病菌具有较好的抑菌作用,与碎米莎草根总生物碱对这 4 种病原真菌的抑菌活性相比,其抑菌活性更强^[28]。由于总生物碱对水稻幼苗的生长同样存在抑制作用,这不利于将其开发为水稻田生物源农药,而其对苹果、油菜和番茄是否安全有待于进一步的研究。

参考文献

- [1] Qiang S(强胜). Weed Science [M]. Beijing: Chinese Agricultural Science Press, 2001: 37-42.(in Chinese)
- [2] Sonwa M M, König W A, Kubeczka K, et al. Sesquiterpenes from the essential oil of *Cyperus dopecurooides* [J]. Phytochemistry, 1997, 45(7): 1435-1439.
- [3] Sonwa M M, König W A. Constituents of the essential oil of *Cyperus alopecurooides* [J]. Phytochemistry, 2001, 56: 321-326.
- [4] Olawore N O, Usman L A, Ogunwande I A, et al. Constituents of rhizome essential oils of two types of *Cyperus articulatus* L. grown in Nigeria [J]. J Essent Oil Res, 2006, 18: 604-606.
- [5] Zoghbi M G B, Andrade E H A, Oliveira J, et al. Yield and chemical composition of the essential oil of the stems and rhizomes of *Cyperus articulatus* L. cultivated in the state of Pará, Brazil [J]. J Essent Oil Res, 2006, 18: 10-12.
- [6] Zoghbi M G B, Andrade E H A, Oliveira J, et al. Analysis of the essential oil of the rhizome of *Cyperus giganteus* Vahl. (Cyperaceae) cultivated in north of Brazil [J]. J Essent Oil Res, 2006, 18: 408-410.
- [7] Sonwa M M, König W A. Chemical study of the essential oil of *Cyperus rotundus* [J]. Phytochemistry, 2001, 58: 799-810.
- [8] Kilani S, Abdelwahed A, Ammar R B, et al. Chemical composition, antibacterial and antimutagenic activities of essential oil from (Tunisian) *Cyperus rotundus* [J]. J Essent Oil Res, 2005, 17: 695-700.
- [9] Liu J Q(刘剑秋), Huang J H(黄进华). A study on the microstructural features of nutlet surfaces and its taxonomic significance to *Cyperus* (Cyperaceae) [J]. Acta Bot Boreal-Occid Sin (西北植物学报), 1993, 13(4): 283-289.(in Chinese)
- [10] Yang Y F(杨允菲), Zhu L(祝玲), Li J D(李建东). Analysis on 1000-seed weight diversities of common plants of Leguminosae and Cyperaceae in northeast grassland area of China [J]. J NE Norm Univ (Nat Sci)(东北师范大学学报: 自然科学版), 1996(3): 97-102.(in Chinese)
- [11] Lin X L(林晓莉), Yu W(于文), Li F Z(李法曾). The leaf abaxial epidermis structures of *Cyperus* from Shandong [J]. Acta Bot Boreal-Occid Sin (西北植物学报), 2007, 27(3): 474-478.(in Chinese)
- [12] 何锦豪, 孙裕建, 周小军, 等. 40% 直播净防除直播水稻田杂草的效果 [J]. 农药, 1999, 38(12): 29-30.
- [13] 佟德林, 翁秀芳, 许秀杰. 70.5% 哈利水分散粒剂防除移栽稻田杂草药效试验 [J]. 现代农业科技, 2008(13): 127-128.
- [14] 张香云, 张彦民, 员白燕. 玉米田莎草的发生危害与防治 [J]. 河南农业, 2006(7): 53.
- [15] Liu C M(刘春明), Liu Z Q(刘志强), Du J P(窦建鹏), et al. Isolation and structure identification of the novel alkaloid constituent from *Epimedium koreanum* Naki [J]. Chem J Chin Univ (高等学校化学学报), 2003, 24(12): 2215-2217.(in Chinese)
- [16] Wei Q(韦琦), Zeng R S(曾任森), Kong C H(孔垂华), et al. The isolation and identification of allelochemicals from aerial parts of *Ageratum conyzoides* [J]. Acta Phytoecol Sin (植物生态学报), 1997, 21(4): 360-366.(in Chinese)
- [17] 赵淑英, 宋湛谦, 慕卫, 等. 印楝素和苦楝素对植物病原菌的抑制作用 [J]. 林业实用技术, 2004(9): 28-29.
- [18] Xu H H(徐汉虹), Zhang Z X(张志祥), Cha Y G(查友贵). The prospect of botanical pesticides in China [J]. Pesticides (农药), 2003, 42(3): 1-10.(in Chinese)
- [19] Deng Z Y(邓志勇), Deng Y C(邓业成), Yang Z(阳振). Research and application of plant-derived pesticides in China [J]. J Guangxi Agri Sci(广西农业科学), 2006, 37(6): 678-681.(in Chinese)
- [20] Vyvyan J R. Allelochemicals as leads for new herbicides and agrochemicals [J]. Tetrahedron, 2002, 58: 1631-1646.
- [21] Beninger C W, Hall J C. Allelopathic activity of luteolin 7-O- β -glucuronide isolated from *Chrysanthemum morifolium* L. [J]. Biochem Syst Ecol, 2005, 33: 103-111.
- [22] Amoo S O, Ojo A U, van Staden J. Allelopathic potential of *Tetrapleura tetraptera* leaf extracts on early seedling growth of five agricultural crops [J]. S Afr J Bot, 2008, 74: 149-152.
- [23] Rafiqul H A T M, Ahmed R, Uddin M B, et al. Allelopathic effect of different concentrations of water extracts of *Acacia auriculiformis* leaf on some initial growth parameters of five common agricultural crops [J]. Pakistan J Agron, 2003, 2: 92-100.
- [24] Putnam A R. Allelochemicals from plants as herbicides [J]. Weed Techn, 1988, 2: 510-518.
- [25] Li S T(李寿田), Zhou J M(周健民), Wang H Y(王火焰), et al. Allelopathic mechanism of plants [J]. Rural Eco-Environ(农村生态环境), 2001, 17(4): 52-55.(in Chinese)
- [26] Srivastava A, Jüttner F, Strasser R J. Action of the allelochemical, fischerellin A, on photosystem II [J]. Biochem Biophys Acta, 1998 (1364): 326-336.
- [27] Weir T L, Park S W, Vivanco J M. Biochemical and physiological

mechanisms mediated by allelochemicals [J]. *Curr Opin Plant Biol*, 2004(7): 472-479.

[28] Zhou B(周兵), Liu G W(刘国伟), Yan X H(闫小红), et al.

Allelopathic and antifungal activity of root total alkaloids of *Cyperus iria* L. [J]. *Acta Agri Univ Jiangxi*(江西农业大学学报), 2009, 31(1): 85-90.(in Chinese)