

香菇草水浸提液对3种植物种子萌发和幼苗生长的化感效应

杨琴琴¹, 缪丽华², 洪春桃¹, 王媛¹, 季梦成¹

(1. 浙江农林大学 风景园林与建筑学院, 浙江 临安 311300; 2. 中国湿地博物馆, 浙江 杭州 310013)

摘要: 为了探讨外来物种香菇草 *Hydrocotyle vulgaris* 的化感潜力, 采用不同质量浓度香菇草叶及根水浸提液对萝卜 *Raphanus sativus*, 黄瓜 *Cucumis sativus* 和白菜 *Brassica chinensis* 等3种植物种子进行处理, 观测其种子萌发和幼苗生长状况。结果表明: 高质量浓度香菇草叶及根水浸提液对3种植物种子萌发具有显著的影响, 种子萌发抑制率与浸提液质量浓度呈正相关。在 50.0 g·L⁻¹ 香菇草根水浸提液处理下, 萝卜、黄瓜和白菜种子萌发抑制率分别为 29.3%, 14.6% 和 41.4%。香菇草根水浸提液对萝卜、黄瓜和白菜种子萌发后幼芽和幼根的生长均产生显著的抑制作用; 50.0 g·L⁻¹ 根水浸提液对萝卜、黄瓜和白菜幼芽鲜质量抑制率分别为 22.1%, 46.2% 和 34.3%, 对幼根鲜质量抑制率分别为 58.1%, 50.2% 和 58.9%。香菇草叶水浸提液对种子萌发的抑制作用强于根。表3 参15

关键词: 植物学; 香菇草; 水浸提液; 化感作用; 种子萌发

中图分类号: S184; Q946 文献标志码: A 文章编号: 2095-0756(2013)03-0354-05

Allelopathic effects of *Hydrocotyle vulgaris* extract on seed germination and seedling growth

YANG Qinqin¹, MIAO Lihua², HONG Chunta¹, WANG Yuan¹, JI Mengcheng¹

(1. Zhejiang A & F University, School of Landscape Architecture, Lin'an 311300, Zhejiang, China; 2. National Wetland Museum of China, Hangzhou 310013, Zhejiang, China)

Abstract: To understand the allelopathic potential of *Hydrocotyle vulgaris* and to determine the effect of the aquatic extract from its leaves and roots on seed germination and seedling growth, three plant types: radish (*Raphanus sativus*), cucumber (*Cucumis sativus*), and Chinese cabbage (*Brassica chinensis*) were studied using 50.0 g·L⁻¹ leaf extract and root extract. A correlation analysis was utilized. Results showed that the aquatic root and leaf extract for high density *H. vulgaris* had strong ($P < 0.01$) allelopathic effects on seed germination with the seed germination rate positively correlated to the density of the extract, with a treatment of 50.0 g·L⁻¹ of the aquatic root extract seed germination was reduced 29.3% for radish, 14.6% for Chinese cabbage, and 41.4% for cucumber, and reduced 51.1% for radish, 39.0% for Chinese cabbage, and 100% for cucumber of the aquatic leaf extract. After germination, continue to treat with 50.0 g·L⁻¹ of the aquatic root extract and leaf extract to test the growth of radicals and buds. Result shows that with the treatment of root extract, the fresh weight of radicals was reduced 22.1% for radish, 46.2% for Chinese cabbage, and 34.3% for cucumber, and the fresh weight of buds was reduced 58.1% for radish, 50.2% for Chinese cabbage, and 58.9% for cucumber. The leaf extract had higher inhibition rate than root on fresh weight. Thus, the aquatic leaf extract had stronger allelopathic effects than roots. [Ch, 3 tab. 15 ref.]

Key words: botany; *Hydrocotyle vulgaris*; aquatic extract; allelopathy; seed germination

收稿日期: 2012-05-03; 修回日期: 2012-07-21

基金项目: 浙江省杭州市科技计划项目(20100933B18); 中国湿地博物馆重点资助项目(CWM2010-W02)

作者简介: 杨琴琴, 从事园林植物与观赏园艺研究。E-mail: yangqq.340221@yahoo.com.cn。通信作者: 季梦成, 教授, 从事植物分类及园林植物应用研究。E-mail: mchji@163.com

植物化感作用又叫异株克生，是指植物通过释放化学物质到环境中对其他植物产生直接或间接的有害作用，同时也包括有益作用和自毒作用^[1]。植物通过释放一些次生代谢产物克制其他物种的生长和蔓延，以保护自身生存环境和种族优势^[2]。化感作用能影响植物的种子萌发、幼苗生长、群落演替等多个方面。近年来，化感作用的研究已经深入到农作物生产、病虫害防治、维护生态平衡等多个方面，对圆叶牵牛 *Pharbitis purpurea*^[3]，加拿大一枝黄花 *Solidago canadensis*^[4-5]，假臭草 *Praxelis clematidea*^[6]，凤眼莲 *Eichhornia crassipes*^[7]，一年蓬 *Erigeron annuus*^[8]等多个外来入侵物种对本地物种的化感作用都有了一定的研究，证实了这些入侵物种快速蔓延与其具有强烈的化感抑制作用有显著关系。香菇草 *Hydrocotyle vulgaris* 又叫铜钱草，是伞形科 *Umbelliferae* 天胡荽属 *Hydrocotyle* 多年生草本，原产欧洲及美洲，其走茎发达，繁殖迅速；叶圆形盾状，形似荷叶，多用于园林池塘细部造景。香菇草惧寒冷，在 10~25 ℃ 的温度范围内生长良好，越冬温度不宜低于 5 ℃。因其生长迅速，在引入中国后尤其在长江流域地区蔓延很快。为检测香菇草是否具有化感作用，本研究以萝卜 *Raphanus sativus*，黄瓜 *Cucumis sativus* 和白菜 *Brassica chinensis* 等 3 种化感作用敏感的植物种子作为受体，以不同质量浓度香菇草叶和根水浸提液作为供试液，研究其叶和根水浸提液分别对这 3 种植物种子萌发及其幼苗生长的影响，为揭示香菇草快速蔓延的原因和园林绿化可持续发展提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料

2010年6月，于杭州市西溪国家湿地公园随机挖取长势均匀，生长良好，无病虫害，株高约 15~20 cm 的当年生香菇草植株。将植株冲洗干净，阴干后将根和叶分开，分别粉碎成粉末备用。受试植物为萝卜、黄瓜和白菜等 3 种植物种子，购于浙江省杭州临安市种子公司。

1.2 研究方法

1.2.1 香菇草叶和根浸提液制备 准确称取香菇草叶干粉 5.00 g，置于三角瓶中，加入 100 mL 蒸馏水，在 25 ℃ 条件下浸提 48 h (隔 12 h 摇动 5 min)，在相对离心力 2 400 g 下离心 10 min，取上清液，然后过滤，第 1 次用定量滤纸过滤，第 2 次经微孔滤膜 (0.45 μm) 过滤，得香菇草叶浸提液，母液质量浓度为 50 g·L⁻¹ (即 100 mL 水中含有 5.00 g 植物干物质)，并稀释为 0.5, 5.0 和 50.0 g·L⁻¹ 等 3 个质量浓度梯度，保存在 4 ℃ 冰箱中备用。香菇草根浸提液制备方法同上。

1.2.2 种子培养 将用 1 g·L⁻¹ 的高锰酸钾溶液消毒的萝卜、黄瓜和白菜种子用蒸馏水清洗干净后，培养在底部垫 2 层滤纸的培养皿中 (直径 15 cm)，每个培养皿中播种 50 粒饱满程度均匀一致的种子，每种受试植物种子分别加入不同质量浓度香菇草根和叶浸提液 5.0 mL，对照加入蒸馏水 5.0 mL，盖上盖，置于 25 ℃ 恒温培养箱中培养，加入蒸馏水 1.0 mL·d⁻¹。设重复 3 次·处理⁻¹。

1.2.3 测定方法 种子萌发第 5 天统计发芽数，计算其发芽率。选取长势均匀一致的幼苗 10 株，采用刻度尺测量单株幼芽和幼根长度；将该 10 株幼苗的根和芽分开，分别称量鲜质量；置于烘箱中 105 ℃ 杀青 0.5 h 后，80 ℃ 烘至恒质量，分别称量其干质量。

1.2.4 数据处理 实验数据采用 SPSS 13.0 统计分析软件进行方差分析和显著性检验。

2 结果与分析

2.1 不同质量浓度香菇草根和叶浸提液对 3 种植物种子发芽率的影响

由表 1 可以看出：低质量浓度根水浸提液对 3 种植物种子萌发无明显影响；50.0 g·L⁻¹ 浸提液对萝卜和白菜种子萌发抑制作用均达到极显著水平 ($P < 0.01$)，对种子发芽率分别抑制了 29.3% 和 41.4%，对黄瓜种子发芽率抑制作用达到显著水平 ($P < 0.05$)，与对照相比抑制了 14.6%。0.5 g·L⁻¹ 叶水浸提液即对白菜种子发芽率产生显著的抑制作用 ($P < 0.05$)，与对照相比抑制了 20.7%。随着浸提液质量浓度的增加，对 3 种植物种子发芽率抑制作用逐渐增强；5.0 g·L⁻¹ 浸提液对萝卜和黄瓜种子发芽率抑制作用达到显著水平 ($P < 0.05$)，对白菜的抑制作用达到极显著水平 ($P < 0.01$)，与对照相比分别抑制了 20.0%，15.9% 和 31.8%；当浸提液质量浓度增加到 50.0 g·L⁻¹ 时，对 3 种植物种子萌发抑制作用均达到极显著水平 ($P < 0.01$)，与对照相比分别抑制了 51.1%，39.0% 和 100.0%。

表1 香菇草水浸提液对植物种子萌发的影响

Table 1 Effect of aquatic leaf extract on the seed germination of 3 plants species

水浸提液	质量浓度/(g·L ⁻¹)	发芽数量/粒		
		萝卜	黄瓜	白菜
根	0(对照)	45.0 ± 1.05	45.9 ± 1.85	44.0 ± 1.70
	0.5	44.0 ± 1.33	44.7 ± 2.11	40.9 ± 1.79
	5.0	40.7 ± 2.00*	43.1 ± 2.02	39.0 ± 1.63*
	50.0	31.8 ± 1.81**	39.2 ± 1.99*	25.8 ± 1.62**
叶	0(对照)	45.0 ± 1.05	45.9 ± 1.85	44.0 ± 1.70
	0.5	40.9 ± 2.23	43.0 ± 1.94	34.9 ± 1.52*
	5.0	36.0 ± 2.11*	38.6 ± 2.17*	30.0 ± 1.56**
	50.0	22.0 ± 1.63**	28.0 ± 1.76**	-

说明：表中数据为平均值±标准差；*和**分别表示同列数据在0.05和0.01水平上差异显著；-表示种子未发芽。

2.2 香菇草根水浸提液对3种植物种子萌发后幼苗生长的影响

由表2可知：低质量浓度香菇草根水浸提液对3种植物种子萌发后幼苗生长无明显影响；随着浸提液质量浓度的增加，对3种植物幼苗长度、鲜质量和干质量的抑制作用逐渐增加。5.0 g·L⁻¹的浸提液对萝卜幼芽长度和幼根长度、鲜质量的抑制作用达到显著水平($P < 0.05$)，与对照相比分别抑制了14.1%、10.7%和21.5%；对黄瓜幼芽长度、鲜质量和干质量抑制作用达到显著水平($P < 0.05$)，与对照相比分别抑制了14.1%、20.1%和15.0%；对白菜幼芽鲜质量、幼根鲜质量和干质量的抑制作用达到显著水平($P < 0.05$)，对白菜幼根长度的抑制作用达到极显著水平($P < 0.01$)，与对照相比分别抑制了15.2%、20.7%、19.1%和32.3%。50.0 g·L⁻¹根浸提液对萝卜和黄瓜幼苗的长度、鲜质量和干质量的抑制作用均达到极显著水平($P < 0.01$)；对白菜幼芽干质量的抑制作用达到显著水平($P < 0.05$)，与对照相比抑制了18.4%；对白菜幼芽鲜质量、干质量以及幼根长度、鲜质量和干质量的抑制作用均达到极显著水平($P < 0.01$)。

表2 香菇草根水浸提液对3种植物种子萌发后幼芽和幼根生长的影响

Table 2 Effect of aquatic root extract on the seedling growth of 3 plant species after seed germination

植物	根浸提液处理/ (g·L ⁻¹)	幼芽			幼根		
		长度/cm	鲜质量/mg	干质量/mg	长度/cm	鲜质量/mg	干质量/mg
萝卜	0	5.96 ± 0.46	104.83 ± 0.26	12.43 ± 0.15	9.50 ± 0.71	39.55 ± 0.38	1.60 ± 0.12
	0.5	6.28 ± 0.71	107.90 ± 1.03	12.93 ± 0.51	9.61 ± 0.53	39.30 ± 1.02	1.66 ± 0.06
	5.0	5.47 ± 0.60*	97.16 ± 1.23	11.20 ± 0.10	8.48 ± 0.58*	31.04 ± 0.27*	1.42 ± 0.04
	50.0	3.82 ± 0.46**	81.70 ± 0.29**	9.57 ± 0.21**	2.09 ± 0.44**	16.56 ± 0.59**	0.99 ± 0.06**
黄瓜	0	5.40 ± 0.52	124.91 ± 0.68	12.74 ± 0.07	8.50 ± 0.57	66.75 ± 1.10	2.63 ± 0.03
	0.5	5.56 ± 0.53	124.87 ± 0.37	12.68 ± 0.08	8.91 ± 0.44	66.71 ± 2.60	2.70 ± 0.06
	5.0	4.64 ± 0.55*	103.40 ± 0.40*	10.83 ± 0.14*	8.33 ± 0.63	61.03 ± 1.16	2.56 ± 0.05
	50.0	2.12 ± 0.37**	67.21 ± 1.31**	4.64 ± 0.11**	4.43 ± 0.70**	33.21 ± 1.80**	1.88 ± 0.03**
白菜	0	3.62 ± 0.35	18.26 ± 1.06	1.25 ± 0.07	5.20 ± 0.56	6.62 ± 0.34	0.47 ± 0.02
	0.5	3.77 ± 0.30	18.52 ± 1.55	1.32 ± 0.02	4.85 ± 0.58	6.24 ± 0.07	0.43 ± 0.02
	5.0	3.07 ± 0.30*	16.68 ± 0.25	1.16 ± 0.02	3.52 ± 0.46**	5.25 ± 0.54*	0.38 ± 0.03*
	50.0	2.01 ± 0.21**	11.06 ± 0.04**	1.02 ± 0.03*	1.12 ± 0.33**	2.72 ± 0.18**	0.30 ± 0.01**

说明：表中数据为平均值±标准差；*和**分别表示同列数据在0.05和0.01水平上差异显著。

2.3 香菇草叶浸提液对3种植物种子萌发后幼苗生长的影响

香菇草叶水浸提液对3种植物种子萌发后幼苗长度、鲜质量和干质量的抑制作用较根水浸提液更为

明显(表3)。0.5 g·L⁻¹叶水浸提液对白菜幼根长度、鲜质量和干质量的抑制作用均达到显著水平($P<0.05$), 与对照相比分别抑制了19.0%, 13.4%和9.3%; 对萝卜和黄瓜幼苗长度、鲜质量和干质量无明显影响。5.0 g·L⁻¹叶水浸提液对萝卜幼芽长度、幼根干质量的抑制作用达到显著水平($P<0.05$), 与对照相比分别抑制了14.5%和15.3%, 对萝卜幼芽鲜质量、幼根长度和鲜质量的抑制作用均达到极显著水平($P<0.01$), 与对照相比分别抑制了25.8%, 37.3%和28.6%; 对黄瓜幼芽长度、鲜质量、干质量以及幼根长度、鲜质量的抑制作用均达到极显著水平($P<0.01$); 对白菜幼芽干质量的抑制作用达到显著水平($P<0.05$), 对白菜幼芽长度、鲜质量以及幼根长度、鲜质量和干质量的抑制作用均达到极显著水平($P<0.01$)。50.0 g·L⁻¹叶水浸提液作用下, 白菜种子不能发芽; 50.0 g·L⁻¹叶水浸提液对萝卜和黄瓜幼苗长度、鲜质量和干质量的抑制作用均达到极显著水平($P<0.01$)。

表3 香菇草叶水浸提液对3种植物种子萌发后幼芽及幼根生长的影响

Table 3 Effect of aquatic leaf extract on the seedling growth of 3 plant species after seed germination

植物	叶浸提液处理/ (g·L ⁻¹)	幼芽			幼根		
		长度/cm	鲜质量/mg	干质量/mg	长度/cm	鲜质量/mg	干质量/mg
萝卜	0	5.16 ± 0.65	97.38 ± 1.70	11.79 ± 0.39	9.67 ± 0.72	33.39 ± 0.63	1.90 ± 0.06
	0.5	5.20 ± 0.38	98.57 ± 2.50	11.44 ± 0.11	9.40 ± 0.72	30.99 ± 1.41	1.84 ± 0.05
	5.0	4.41 ± 0.42*	72.23 ± 0.39**	10.81 ± 0.11	6.06 ± 1.54**	23.85 ± 1.56**	1.61 ± 0.06*
	50.0	2.26 ± 0.52**	52.05 ± 1.51**	8.75 ± 0.31**	2.26 ± 0.68**	10.33 ± 0.44**	0.94 ± 0.10**
黄瓜	0	5.87 ± 0.80	124.09 ± 1.07	13.22 ± 0.81	8.36 ± 0.92	61.09 ± 0.51	2.31 ± 0.08
	0.5	6.32 ± 0.73	127.55 ± 1.86	12.72 ± 0.23	8.01 ± 0.77	63.21 ± 0.89	2.42 ± 0.11
	5.0	3.87 ± 0.77**	91.41 ± 0.66**	10.43 ± 0.13**	5.25 ± 0.61**	44.99 ± 0.46**	2.23 ± 0.06
	50.0	1.73 ± 0.34**	52.67 ± 0.45**	5.09 ± 0.22**	2.08 ± 0.62**	25.43 ± 0.93**	1.42 ± 0.107**
白菜	0	3.57 ± 0.58	15.31 ± 0.50	1.31 ± 0.04	5.11 ± 0.95	6.27 ± 1.42	0.97 ± 0.07
	0.5	3.09 ± 0.69	14.45 ± 0.12	1.42 ± 0.04	4.14 ± 1.10*	5.43 ± 0.16*	0.88 ± 0.08*
	5.0	1.41 ± 0.37**	10.53 ± 0.61**	1.07 ± 0.09*	3.35 ± 0.76**	4.68 ± 0.09**	0.58 ± 0.03**
	50.0	-	-	-	-	-	-

3 讨论

万欢欢等^[9]对紫茎泽兰 *Eupatorium adenophorum* 的化感作用研究发现, 随着紫茎泽兰水提液浓度的增加, 它对当地植物种子萌发抑制作用增强。方芳等^[10]对加拿大一枝黄花 *Solidago canadensis* 的研究发现, 其叶片水浸提液的抑制作用要强于茎。本实验得出, 随着香菇草叶水浸提液质量浓度的增加, 3种受试植物种子萌发受抑制率也相应增加, 且叶水浸提液对种子萌发的抑制作用强于根浸提液, 与前人的试验结果具有一致性。李明等^[11]对广金钱草 *Desmodium styracifolium* 的研究表明其茎叶的化感作用强于根部。本实验结果表明: 50.0 g·L⁻¹叶水浸提液对萝卜和黄瓜幼芽鲜重抑制率比根水浸提液分别增加了52.6%和19.8%。香菇草叶片作为其次生代谢物质产生的主要场所, 所含的化感物质浓度和种类相对其他部分可能较高, 因此对受试植物的抑制作用也最明显。

植物根系是植物吸收水分、养分以及起支撑作用的重要器官。一旦正常的根冠比值被打破, 根系生长和发育受到影响, 必然会导致植株生长受阻, 或是不足以支持其生殖生长, 甚至死亡^[12]。刘念江等^[13]对蟛蜞菊 *Wedelia chinensis* 研究发现, 蟛蜞菊对稗草 *Echinochloa crusgalli* 根生长的抑制作用强于对芽的抑制作用。本试验中, 高质量浓度香菇草叶水浸提液作用下, 对萝卜和黄瓜幼根鲜重的抑制率比幼芽增加了32.6%和20.9%, 与前人的研究结果相一致。植物根系作为吸收水分和营养物质的器官, 最先接触到环境中的化感物质, 因此受抑制作用相对于植物的其他部位可能较明显。

植物通过分泌、腐释、挥发和淋溶等方法, 向周围环境中释放化感物质^[14]。这些物质通过影响受体植物种子萌发和根系生长, 最终抑制植物的生长发育, 因此, 在自然界中, 化感作用是植物竞争的重要

手段之一,在植物群落的演替中起着重要作用^[15]。香菇草能够在入侵地快速生长繁衍,大量侵占其他植物的生存空间,很有可能是通过叶片淋溶的方式,释放化感物质抑制其他植物种子萌发和幼根生长,从而扩大自身生存空间,在园林造景中应用时需要慎重。

参考文献:

- [1] RICE E L. *Allelopathy* [M]. New York: Academic Press, 1974.
- [2] 骆世明,林象联,曾任森. 华南农区典型植物的他感作用研究[J]. 生态科学, 1995 (2): 114 - 128.
LUO Shiming, LIN Xianglian, ZENG Rensen. Allelopathy of typical plants in agroecosystem of south China [J]. *Ecol Sci*, 1995 (2): 114 - 128.
- [3] 高汝勇,时丽冉,郭晓丽. 圆叶牵牛对小麦种子的化感作用研究[J]. 麦类作物学报, 2010, 30 (6): 1132 - 1134.
GAO Ruyong, SHI Liran, GUO Xiaoli. Study on allelopathic effects of *Ipomoea purpurea* on wheat seeds [J]. *J Triticeae Crops*, 2010, 30 (6): 1132 - 1134.
- [4] 张中信,张小平,刘慧君,等. 加拿大一枝黄花和一枝黄花化感作用比较研究[J]. 武汉植物学研究, 2010, 28 (2): 191 - 198.
ZHANG Zhongxin, ZHANG Xiaoping, LIU Huijun, et al. Comparative study on the allelopathy of invasive species *Solidago canadensis* L. and native species *Solidago decurrens* Lour. [J]. *J Wuhan Bot Res*, 2010, 28 (2): 191 - 198.
- [5] 钱振官,沈国辉,柴晓玲,等. 加拿大一枝黄花(*Solidago canadensis* L.)不同水浸液对作物种子发芽和生长的影响[J]. 上海农业学报, 2005, 21 (3): 32 - 35.
QIAN Zhenguan, SHEN Guohui, CAI Xiaolin, et al. Effects of different water extracts from *Solidago canadensis* L. on seed germination and growth of different crops [J]. *Acta Agric Shanghai*, 2005, 21 (3): 32 - 35.
- [6] 王真辉,陈文庆,杨礼富,等. 假臭草水浸提液化感作用研究[J]. 热带作物学报, 2011, 32 (1): 55 - 60.
WANG Zhenhui, CHEN Wenqing, YANG Lifu, et al. Laboratory assessment of the allelopathic potential of aqueous extracts of *Praxelis clematidea* [J]. *Chin J Trop Crops*, 2011, 32 (1): 55 - 60.
- [7] 胡廷尖,王雨辰,严力蛟,等. 凤眼莲对铜绿微囊藻的化感抑制作用研究[J]. 生态学杂志, 2010, 3 (6): 47 - 51.
HU Tingjian, WANG Yuchen, YAN Lijiao, et al. Study on allelopathic effects of *Eichhornia crassipes* to *Microcystis aeruginosa* [J]. *J Hydroecol*, 2010, 3 (6): 47 - 51.
- [8] 白丽荣,时丽冉,徐振华,等. 火炬树浸提液对几种农作物的化感作用[J]. 种子, 2010, 29 (6): 91 - 93.
BAI Lirong, SHI Liran, XU Zhenhua, et al. Allelopathy of extract from *Rhus typhina* on some crops [J]. *Seed*, 2010, 29 (6): 91 - 93.
- [9] 万欢欢,刘万学,万方浩. 紫茎泽兰叶片凋落物对入侵地4种草本植物的化感作用[J]. 中国生态农业学报, 2011, 19 (1): 130 - 134.
WAN Huanhuan, LIU Wanxue, WAN Fanghao. Allelopathic effect of *Ageratina adenophora* (Spreng.) leaf litter on four herbaceous plants in invaded regions [J]. *Chin J Eco-Agric*, 2011, 19 (1): 130 - 134.
- [10] 方芳,郭水良,黄华,等. 开花期加拿大一枝黄花草水浸提液对3种作物种子萌发和幼苗生长的影响[J]. 植物研究, 2007, 27 (5): 569 - 573.
FANG Fang, GUO Shuilang, HUANG Hua, et al. On effects of maceration extract from *Solidago canadensis* in flower period on seed germination and grow of three crops [J]. *Bull Bot Res*, 2007, 27 (5): 569 - 573.
- [11] 李明,周晓燕,卢展宏,等. 广金钱草营养体的化感作用[J]. 湖北农业科学, 2010, 49 (12): 3116 - 3119.
LI Ming, ZHOU Xiaoyan, LU Zhanhong, et al. Allelopathy of *Desmodium styracifolium* vegetative [J]. *Hubei Agric Sci*, 2010, 49 (12): 3116 - 3119.
- [12] 朱维琴,吴良欢,陶勤南. 作物根系对于旱胁迫逆境的适应性研究进展[J]. 土壤与环境, 2002, 11 (4): 430 - 433.
ZHU Weiqin, WU Lianghuan, TAO Qinnan. Advances in the studies on crop root against drought stress [J]. *Soil Environ Sci*, 2002, 11 (4): 430 - 433.
- [13] 刘念江,吴莉宇,吴声敢. 蟛蜞菊化感作用的初步研究[J]. 热带农业科学, 2006, 26 (6): 24 - 29.
LIU Nianjiang, WU Liyu, WU Shenggan. Preliminary study on allelopathic effects of *Wedelia chinensis* (Osbeck) Merrill [J]. *Chin J Trop Agric*, 2006, 26 (6): 24 - 29.
- [14] MANN J. 次生代谢作用[M]. 曹日强,译. 北京:北京科学出版社,1983:283 - 309.
- [15] 孔垂华,胡飞. 植物化感作用及其应用[M]. 北京:中国农业出版社,2001:125 - 143.