

万寿菊对斜纹夜蛾的生物活性测定

郭章碧^{1,2,3}, 宋东宝^{1*}, 颜冬冬^{2,3}, 郭美霞^{2,3}, 王秋霞^{2,3}, 曹焯程^{2,3*}

(1. 湖南农业大学 生物安全科技学院, 湖南 长沙 410128; 2 中国农业科学院 植物保护研究所, 北京 100193; 3. 农业部农药化学与应用技术重点开放实验室, 北京 100193)

摘要:采用室内浸虫法测定万寿菊不同部位浸提液对斜纹夜蛾 3龄幼虫的生物活性, 筛选出具有较强杀虫效果的活性部位。以质量浓度梯度为 625, 1 250, 2 500, 5 000, 10 000 mg/L 的万寿菊花、茎、叶、根乙醇提取物及根的石油醚萃取物、氯仿萃取物、乙酸乙酯萃取物及不溶物分别处理斜纹夜蛾 3龄幼虫, 12, 24, 48 h 后观察死亡虫体数, 计算死亡率和校正死亡率。结果显示, 万寿菊根、茎、叶、花乙醇提取物和根的 4 种不同极性溶剂的萃取物均对斜纹夜蛾 3龄幼虫具有触杀活性, 并呈剂量依赖关系。根的乙醇提取物和根的氯仿萃取物触杀活性都很高, 根的乙醇提取物在作用 12 h 后的 LC₅₀ 为 413.56 mg/L, 作用 24 h 的 LC₅₀ 为 322.43 mg/L; 作用虫体 12 h 后, 根的氯仿萃取物质量浓度在 5 000 mg/L 和 10 000 mg/L 的校正死亡率均达到 100%, LC₅₀ 为 738.00 mg/L, 表明万寿菊杀虫活性物质主要存在于根中, 且在氯仿溶剂中表现效果强。该研究可为万寿菊的进一步开发利用及研制杀虫剂提供理论依据。

关键词:万寿菊; 斜纹夜蛾; 杀虫活性

中图分类号: S482.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000 - 2286(2010)03 - 0479 - 06

The Bio - activity of *Tagetes erecta* on *Spodoptera litura*

GUO Zhang-bi^{1,2,3}, SONG dong-bao^{1*}, YAN Dong-dong^{2,3},
GUO Mei-xia^{2,3}, WANG Qiu-xia^{2,3}, CAO Ao-cheng^{2,3*}

(1. College of Bio - safety Science and Technology, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China; 2 Institute of Plant Protection, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100193, China; 3 Key Laboratory of Pesticide Chemistry and Application Technology, Ministry of Agriculture, Beijing 100193, China)

Abstract: The bio - activity on the 3rd instar larvae of *Spodoptera litura* of different extracts of *Tagetes erecta* was tested by immersion method in the laboratory, and the highest insecticidal part was screened out. The bio - activity was evaluated after 12 h, 24 h and 48 h, with concentration of 625, 1 250, 2 500, 5 000 and 10 000 mg/L, water as CK, using ethanol extracts of marigold flowers, stems, leaves, roots and petroleum ether, chloroform, ethyl acetate extracts and insolubles of marigold roots. The results suggested that all the flowers, stems, leaves, roots and four polar parts of marigold roots had strong contact activity against the 3rd instar larvae of *Spodoptera litura*, and in a dose - dependent manner, especially the ethanol extracts and chloroform extracts. The LC₅₀ were 413.56 mg/L and 322.43 mg/L of the ethanol extracts of root after an exposure time of 12 h, 48 h, respectively. The activity of chloroform extracts with concentration of 5 000 mg/L and 10 000 mg/L was the strongest, both the corrected mortality rate reached 100% and the LC₅₀

收稿日期: 2010 - 04 - 19 修回日期: 2010 - 05 - 12

基金项目: 国家科技支撑计划资助项目 (2006BAD17B09)

作者简介: 郭章碧 (1984 -), 女, 硕士生, 主要从事生物防治方面研究, E-mail: guozhangbi@163.com; *通讯作者: 曹焯程, 研究员, E-mail: caoac@vip.sina.com.cn; 宋东宝, 教授, E-mail: wasong@yahoo.com.cn.

was 738.00 mg/L after an exposure time of 12 h. The results indicated that the roots of *Tagetes erecta* had high bio-activity against the 3rd instar larvae of *Spodoptera litura*, and the insecticidal active components were mainly in the chloroform extracts. The study will provide a theoretical basis for further development of insecticide research of marigold.

Key words: marigold; *Spodoptera litura*; insecticidal activity

斜纹夜蛾 (*Spodoptera litura* Fabricius) 属鳞翅目 (Lepidoptera) 夜蛾科 (Noctuidae), 分布广、食性杂, 是一种世界性分布害虫, 可危害 300 多种植物。目前防治该虫主要是化学防治, 而化学药剂容易造成害虫抗药性、污染环境及杀伤天敌等问题。因此, 寻找具有生物活性的植物源农药来防治斜纹夜蛾是目前亟待解决的问题。

万寿菊 (*Tagetes erecta* Linn.) 属菊科 (Compositae) 万寿菊属 (*Tagetes*), 通称 marigold, 是一种世界性观赏植物, 其根中含有杀虫活性物质, 对昆虫及线虫都具有高效杀虫活性^[1], 可作为植物源生物农药开发利用。20 世纪 50 年代国外就有研究万寿菊根杀线虫方面的应用, 并已成功用于多种害虫及根结线虫的防治^[2-5]。近年来随着农药残留的日益严重, 人们环保意识的提高以及对无公害农产品的需求日益剧增, 我国对植物源杀虫剂的研究日益增多, 万寿菊的研究主要集中在其根对蚊、蝇、螨等卫生害虫的防治方面^[6-10], 而对斜纹夜蛾等农业害虫的活性报道较少, 甚至至今未见到系统研究报道和工业产品登记。笔者经过室内生物测定试验, 比较系统地研究了万寿菊对斜纹夜蛾 3 龄幼虫的生物活性效果, 以期为进一步开发利用万寿菊防治害虫和制剂提供依据。

1 材料与方 法

1.1 材 料

万寿菊采集于四川省凉山州西昌市安哈镇; 供试昆虫为河南省济源白云实业有限公司 (中国科学院动物研究所生物农药中试基地) 提供的斜纹夜蛾 3 龄幼虫, 该品种已在实验室培养繁殖近 40 代。

1.2 方 法

1.2.1 试验材料处理 (1) 万寿菊各部位浸膏的制备。分别将采集的万寿菊花、茎、叶、根洗净阴干后, 放置于烘干箱内烘干, 控制条件 (50 ℃, 6 h), 中药粉碎机粉碎, 过 100 目筛, 收集各部位粉末, 称重后密封备用。采用冷浸法, 按 (乙醇) = 95% 与植物干粉按体积比为 4:1 浸泡 48 h 后, 过滤, 重复浸泡 3 次, 合并 3 次滤液, 经旋转蒸发器减压浓缩至浸膏状, 回收乙醇。(2) 万寿菊根不同极性萃取物的制备。取万寿菊根的浸膏, 用 $V(\text{甲醇})/V(\text{水}) = 1:8$ 溶解分散, 分别用石油醚、氯仿和乙酸乙酯逐级萃取, 得到石油醚萃取物、氯仿萃取物、乙酸乙酯萃取物和不溶物, 旋转蒸发浓缩, 得到浸膏, 密封保存于 4 ℃ 冰箱中, 备用。

1.2.2 室内生物活性测定 采用浸虫法进行室内生物活性测定^[11]。在无菌条件下用清水溶解万寿菊各部位乙醇提取物浸膏及根的四 个萃取物浸膏 (不易溶的用少量的丙酮及体积分数为 1% 吐温 - 80 溶解), 分别配制成质量浓度梯度为 10 000, 5 000, 2 500, 1 250, 625 mg/L 的供试药液, 清水为对照, 每处理设 3 个重复, 每处理虫数为 30 只。试验时, 将斜纹夜蛾 3 龄幼虫在各浓度药液中浸渍 5 s, 在卫生纸上爬干, 放于 24 孔培养盒中, 以新鲜的饲料喂之, 放入光照恒温培养箱中培养 (温度 27 ℃, 相对湿度 75%, 光周期 L:D = 14:10)。分别于药后 12, 24 及 48 h 检查虫体死亡数, 并计算死亡率和校正死亡率。死亡标准: 以拨针触虫体尾部, 不动者为死亡。

1.2.3 计算方法 运用浓度的对数值和校正死亡率的机率值, 通过回归解析法, 计算毒力回归方程和致死中浓度 (LC₅₀)。

$$\text{死亡率}(\%) = (\text{死亡虫数} / \text{总虫数}) \times 100 \quad (1)$$

$$\text{校正死亡率}(\%) = [(\text{处理死亡率} - \text{对照死亡率}) / (1 - \text{对照死亡率})] \times 100. \quad (2)$$

2 结果与分析

2.1 不同部位杀虫活性比较

万寿菊的根、茎、叶、花 4 个部位的乙醇浸提物在不同质量浓度下处理斜纹夜蛾 3 龄幼虫的结果见

表 1 和表 2。比较结果可以看出:万寿菊根、茎、叶、花的乙醇浸提物均对斜纹夜蛾 3 龄幼虫均有生物活性,强弱顺序依次为根、花、叶、茎,其中万寿菊根乙醇浸提物在质量浓度 5 000 mg/L 和 10 000 mg/L 作用虫体 24 h 后,校正死亡率均超过 90%, LC_{50} 值为 322.43 mg/L;质量浓度 625 mg/L 作用虫体 24 h 后的校正死亡率达到 60% 以上。说明万寿菊对斜纹夜蛾 3 龄幼虫的活性物质主要集中在根部,并且浓度越大,活性越高,呈剂量依赖关系。

表 1 万寿菊对斜纹夜蛾 3 龄幼虫不同时间的毒杀效果

Tab 1 Poison effect of ethanol extracts of *Tagetes erecta* against the 3rd instar larvae of *Spodoptera litura* at different exposure time

处理部位 Parts	处理浓度 / (mg · L ⁻¹) Concentration	校正死亡率 / % Corrected mortality		
		12 h	24 h	48 h
根 Root	10 000	89.66 ± 0.598 3 a	96.55 ± 10.643 4a	96.55 ± 10.643 4a
	5 000	82.76 ± 5.203 2 a	93.10 ± 10.643 4 ab	93.10 ± 10.643 4 ab
	2 500	72.41 ± 4.547 2 b	82.76 ± 5.203 2 bc	82.76 ± 5.203 2 bc
	1 250	65.52 ± 8.159 9 bc	75.86 ± 3.475 2c	75.86 ± 3.475 2c
	625	58.62 ± 1.488 9 c	65.52 ± 4.964 9 c	65.52 ± 4.964 9 c
茎 Stem	10 000	57.14 ± 6.621 3 a	57.14 ± 6.621 3 a	57.14 ± 6.621 3 a
	5 000	53.57 ± 6.621 3 a	53.57 ± 6.621 3 a	53.57 ± 6.621 3 a
	2 500	50.00 ± 3.189 7 ab	50.00 ± 3.189 7 ab	50.00 ± 3.189 7 ab
	1 250	42.86 ± 1.488 9 bc	42.86 ± 1.488 9 bc	46.43 ± 4.611 5 ab
	625	35.71 ± 2.290 4 c	35.71 ± 2.290 4 c	35.71 ± 2.290 4 b
叶 Leaf	10 000	58.62 ± 6.097 9 a	62.07 ± 9.852 6 a	62.07 ± 9.852 6 a
	5 000	48.28 ± 4.540 5 ab	55.17 ± 2.889 6 ab	55.17 ± 2.889 6 ab
	2 500	37.93 ± 2.290 4 bc	44.83 ± 2.889 6 abc	44.83 ± 2.889 6 abc
	1 250	34.48 ± 3.060 6 bc	37.93 ± 2.290 4 bc	37.93 ± 2.290 4 bc
	625	27.59 ± 6.906 7 c	31.03 ± 5.559 6 c	31.03 ± 5.559 6 c
花 Flower	10 000	65.52 ± 8.656 3 a	75.86 ± 10.010 3 a	75.86 ± 10.010 3 a
	5 000	51.72 ± 6.055 3 ab	62.07 ± 6.297 9 ab	62.07 ± 6.297 9 ab
	2 500	44.83 ± 5.172 0 b	55.17 ± 5.620 9 b	58.62 ± 9.742 5 ab
	1 250	41.38 ± 6.097 9 b	51.72 ± 4.540 5 b	51.72 ± 4.540 5 b
	625	37.93 ± 4.413 0 b	44.83 ± 2.889 6 b	44.83 ± 2.889 6 b
CK				

数据是 3 个重复的平均值;同列数据后小写字母相同者表示在 0.05 水平上差异不显著。

Data in the table is the average of three repeated, with the column; the data followed by the same letters are not significantly different at the 0.05 level according to LSD test

2.2 根不同极性溶剂的萃取物杀虫活性比较

万寿菊根的不同极性溶剂的萃取物在不同质量浓度下处理斜纹夜蛾 3 龄幼虫的测定结果见表 3 和表 4。结果表明,万寿菊根的不同极性溶剂处理的萃取物均对斜纹夜蛾 3 龄幼虫具有较好的毒杀活性。其中根的氯仿萃取部位在质量浓度 5 000 mg/L 和 10 000 mg/L 作用斜纹夜蛾 3 龄幼虫 12 h 的校正死亡率均达到 100%,质量浓度 625 mg/L 作用虫体 24 h 的校正死亡率可达到 80%,作用 24 h 的 LC_{50} 值为 542.43 mg/L;根石油醚萃取物和根乙酸乙酯萃取物对试虫也有一定的效果,在所设浓度范围内校正死亡率达到 50% 左右,但是当质量浓度在 5 000 mg/L 或 10 000 mg/L 时作用效果并没有显著增强,这表明万寿菊根中的活性物质不仅仅存在于氯仿中,在石油醚、乙酸乙酯这 2 种溶剂的萃取物中也有杀虫活性物质。说明万寿菊根中活性物质可能并不是单一的,而是多种活性物质共同作用的结果。而经过石油醚、氯仿、乙酸乙酯逐级萃取后的不溶物(主要是水相)对斜纹夜蛾 3 龄幼虫的毒杀效果就明显降低,这说明在极性较高萃取物中万寿菊根的杀虫活性物质明显减少。所以,要将万寿菊开发利用为生物农药应考虑用低极性溶剂(氯仿、石油醚)处理,从其根中寻找活性物质。

表 2 万寿菊对斜纹夜蛾 3 龄幼虫的致死毒力

Tab 2 Lethal toxicity of ethanol extracts of *Tagetes erecta* against the 3rd instar larvae of *Spodoptera litura*

处理部位 Parts	处理时间 /h Time	回归方程 Regression equation	相关系数 Correlation coefficient	LC_{50}	
				质量浓度 / (mg · L ⁻¹) Concentration	95% 置信区间 95% confidence interval
根 Root	12	$y = 0.875x + 2.710$	0.989 6	413.56	295.12 ~ 579.53
	24	$y = 1.202x + 1.984$	0.991 8	322.43	231.45 ~ 449.17
	48	$y = 1.202x + 1.984$	0.991 8	322.43	231.45 ~ 449.17
茎 Stem	12	$y = 0.452x + 3.407$	0.983 9	3 313.04	2 685.88 ~ 4 086.66
	24	$y = 0.452x + 3.407$	0.983 9	3 313.04	2 685.88 ~ 4 086.66
	48	$y = 0.422x + 3.528$	0.959 5	3 062.97	2 196.39 ~ 4 271.46
叶 Leaf	12	$y = 0.658x + 2.537$	0.987 0	5 499.56	4 359.91 ~ 6 937.11
	24	$y = 0.678x + 2.596$	0.997 9	3 498.57	3 242.89 ~ 3 774.42
	48	$y = 0.678x + 2.596$	0.997 9	3 498.57	3 242.89 ~ 3 774.42
花 Flower	12	$y = 0.552x + 3.068$	0.949 3	2 981.00	2 052.21 ~ 4 330.14
	24	$y = 0.640x + 3.035$	0.962 5	1 173.01	790.07 ~ 1 741.57
	48	$y = 0.640x + 3.052$	0.972 2	1 101.22	777.14 ~ 1 560.46

表 3 万寿菊根不同萃取物对斜纹夜蛾 3 龄幼虫不同时间的毒杀效果

Tab 3 Poison effect of different extracts of *Tagetes erecta* root against the 3rd instar larvae of *Spodoptera litura* at different exposure time

萃取物 Extracts	质量浓度 / (mg · L ⁻¹) Concentration	校正死亡率 /% Corrected mortality		
		12 h	24 h	48 h
石油醚萃取物 Petroleum ether extracts	10 000	67.86 ± 1.185 6 a	70.37 ± 4.121 6 a	74.07 ± 4.121 6 a
	5 000	57.14 ± 1.488 9 b	70.37 ± 4.121 6 a	70.37 ± 4.121 6 ab
	2 500	53.57 ± 1.841 6 b	62.96 ± 3.779 3 ab	62.96 ± 3.779 3 bc
	1 250	53.57 ± 4.611 5 b	59.26 ± 3.779 3 b	59.26 ± 3.779 3 c
	625	46.43 ± 1.841 6 b	55.56 ± 0.000 0 b	55.56 ± 0.000 0 c
氯仿萃取物 Chloroform extracts	10 000	100.00 ± 0.000 0 a	100.00 ± 0.000 0 a	100.00 ± 0.000 0 a
	5 000	100.00 ± 0.000 0 a	100.00 ± 0.000 0 a	100.00 ± 0.000 0 a
	2 500	80.00 ± 0.000 0 b	93.33 ± 10.643 4 b	93.33 ± 10.643 4 b
	1 250	73.33 ± 3.837 0 c	86.67 ± 4.693 9 bc	90.00 ± 0.000 0 b
	625	66.67 ± 3.476 0 d	80.00 ± 0.000 0 c	86.67 ± 4.693 9 b
乙酸乙酯萃取物 Ethyl acetate extracts	10 000	71.43 ± 3.675 2 a	71.43 ± 3.675 2 a	71.43 ± 3.675 2 a
	5 000	53.57 ± 4.611 5 b	64.29 ± 4.491 0 ab	64.29 ± 4.491 0 ab
	2 500	50.00 ± 3.189 7 bc	57.14 ± 1.488 9 bc	57.14 ± 1.488 9 bc
	1 250	46.43 ± 1.841 6 bc	53.57 ± 4.611 5 cd	53.57 ± 4.611 5 cd
	625	39.29 ± 3.297 4 c	46.43 ± 6.733 2 d	46.43 ± 6.733 2 d
不溶物 Insolubles	10 000	51.72 ± 1.841 6 a	55.17 ± 2.889 6 a	55.17 ± 2.889 6 a
	5 000	41.38 ± 4.895 5 a	44.83 ± 2.889 6 a	44.83 ± 2.889 6 a
	2 500	27.59 ± 6.906 7 b	31.03 ± 5.559 6 b	31.03 ± 5.559 6 b
	1 250	24.14 ± 3.475 2 b	24.14 ± 3.475 2 b	24.14 ± 3.475 2 b
	625	20.69 ± 0.900 9 b	20.69 ± 0.900 9 b	20.69 ± 0.900 9 b
CK				

表中数据是 3 个重复的平均值; 同列数据后小写字母相同者表示在 0.05 水平上差异不显著。

Data in the table is the average of three repeated, with the column; the data followed by the same letters are not significantly different at the 0.05 level according to LSD test

表 4 万寿菊根不同萃取物对斜纹夜蛾 3 龄幼虫的致死毒力

Tab 4 Lethal toxicity of different extracts of *Tagetes erecta* root against the 3rd instar larvae of *Spodoptera litura*

萃取物 Extracts	处理时间 /h Time	回归方程 Regression equation	相关系数 Correlation coefficient	LC_{50}	
				质量浓度 / (mg · L ⁻¹) Concentration	95% 置信区间 95% confidence interval
石油醚萃取物 Petroleumether extracts	12	$y = 0.398x + 3.795$	0.934 8	1 246.09	1 075.04 ~ 2 156.43
	24	$y = 0.363x + 4.123$	0.971 0	1 069.37	612.20 ~ 1 867.97
	48	$y = 0.436x + 3.896$	0.989 5	1 069.37	612.20 ~ 1 867.97
氯仿萃取物 Chloroform extracts	12	$y = 4.490x - 7.877$	0.891 5	738.00	300.10 ~ 1 814.89
	24	$y = 4.055x - 6.087$	0.909 9	542.43	212.57 ~ 1 384.17
	48	$y = 3.819x - 5.198$	0.894 4	468.13	156.03 ~ 1 404.50
乙酸乙酯萃取物 Ethyl acetate extracts	12	$y = 0.616x + 2.975$	0.935 6	2 006.47	1 306.77 ~ 3 080.83
	24	$y = 0.528x + 3.430$	0.993 3	946.76	789.54 ~ 1 135.28
	48	$y = 0.528x + 3.430$	0.993 3	946.76	789.54 ~ 1 135.28
不溶物 Insolubles	12	$y = 0.732x + 2.054$	0.970 5	10 542.50	6 460.65 ~ 17 203.27
	24	$y = 0.819x + 1.813$	0.984 2	7 755.54	5 716.62 ~ 10 521.67
	48	$y = 0.819x + 1.813$	0.984 2	7 755.54	5 716.62 ~ 10 521.67

3 结论与讨论

根据室内生物测定结果,用斜纹夜蛾 3 龄幼虫为供试昆虫,万寿菊根、茎、叶、花的乙醇提取物和根的 4 种不同极性溶剂处理的萃取物均对斜纹夜蛾 3 龄幼虫具有生物活性。万寿菊根乙醇提取物处理斜纹夜蛾 3 龄幼虫 12 h 的 LC_{50} 为 413.56 mg/L; 24 h 的 LC_{50} 为 322.43 mg/L,校正死亡率在 95% 左右;根氯仿萃取物在质量浓度 5 000 mg/L 和 10 000 mg/L 时,处理斜纹夜蛾 3 龄幼虫 12 h 后的校正死亡率均达到 100%, LC_{50} 为 738.00 mg/L;作用 24 h 的 LC_{50} 为 542.43 mg/L。结果显示,万寿菊根乙醇提取物及根的氯仿萃取物均对斜纹夜蛾 3 龄幼虫具有很高的生物活性,此活性物质主要集中在根部,以根的氯仿萃取物表现出来,为进一步从万寿菊中提取分离杀虫活性成分奠定了基础。

万寿菊已经被证实是一种高效杀虫植物,其根中含有大量杀虫活性物质,前人研究表明其活性物质是噻吩类和呋喃类化合物,但也有不同意见^[7]。万寿菊的化学成分复杂,其所表现出来的强烈的杀虫活性可能是几个或几类化合物综合作用的结果^[12-15]。同时万寿菊对斜纹夜蛾 3 龄幼虫的生物活性的作用机理也是相当复杂的,这不仅与其中的化学物质的种类和浓度相关,还取决于物质之间的协同效应^[16-17]。万寿菊对昆虫的毒杀机理许多文献报道说是光活化作用,在光照条件下,万寿菊的光活化物质噻吩类(-terthienyl),利用光活化能量催化氧分子形成¹O₂,¹O₂以生物膜为攻击靶标,引起膜上不饱和脂肪酸、甾醇、蛋白质的氨基酸残基的氧化作用,造成膜结构与功能的破坏^[18-19];也有报道说万寿菊氯仿提取物抑制了昆虫的超氧化物歧化酶、过氧化物酶和过氧化氢酶等保护酶,细胞受到自由基的侵害,生理功能失调致死^[20]。

关于万寿菊根中活性成分的追踪、筛选和提纯以及高活性物质的利用方法和对斜纹夜蛾幼虫的毒杀机理,还有待于进一步的研究。

参考文献:

- [1] 王新国,徐汉虹,赵善欢. 杀虫植物万寿菊的研究进展 [J]. 西安联合大学学报, 2002, 5(2): 5 - 10.
- [2] Plog A T. Greenhouse studies on the effect of marigolds (*Tagetes* spp.) on four mebidogyne species [J]. Journal of Nematology, 1999, 31(1): 62 - 69.
- [3] Toby J, Bruce, Alan Cork, et al. Physiological and behavioral responses of female *Helicoverpa armigera* to compounds identified in flowers of African Marigold, *Tagetes erecta* [J]. Journal of Chemical Ecology, 2001, 27(6): 1119 - 1130.

- [4] Reynolds L B, Potter J W, Ball - Coelho B R. Crop rotation with *Tagetes* spp. is an alternative to chemical fumigation for control of root - lesion nematodes [J]. *Agronomy Journal*, 2000, 92 (5): 957 - 966
- [5] Topp E, Millar S, Bork H, et al. Effects of marigold (*Tagetes* spp.) roots on soil microorganisms [J]. *Biology & Fertility of Soils*, 1998, 27 (2): 149 - 154
- [6] 乐海洋, 赵善欢. 万寿菊提取物对白纹伊蚊幼虫的光活化活性及有效成分的研究 [J]. *华南农业大学学报*, 1998, 19 (2): 8 - 12
- [7] 曹挥, 刘素琪, 赵莉兰, 等. 万寿菊提取物对山楂叶螨的触杀活性及酶活性的比较 [J]. *林业科学*, 2006, 42 (2): 125 - 128
- [8] 刘燕萍, 高平, 潘为高, 等. 紫茎泽兰等几种植物提取物对两种农业害螨的毒力作用研究 [J]. *四川大学学报: 自然科学版*, 2004, 41 (1): 212 - 215
- [9] 李德臣, 陈培忠, 孟宪才. 三种万寿菊属植物提取物对两种蚊虫的毒效 [J]. *预防医学情报杂志*, 1996, 12 (1): 36 - 37
- [10] 蒋志胜, 颜增光, 杜育哲, 等. 典型光活化毒素 - 三噻吩对棉铃虫和亚洲玉米螟谷胱甘肽 - S - 转移酶的影响 [J]. *农药学学报*, 2003, 5 (3): 76 - 79
- [11] 中华人民共和国农业部. NY/T 1154. 6 - 2006 农药室内生物测定试验准则 杀虫剂 第 6 部分: 杀虫活性试验 浸虫法 [S]. 中华人民共和国农业行业标准, 2006
- [12] Saban Kordali, Irfan Aslan, Onder Calmasur, et al. Toxicity of essential oils isolated from three *Artemisia* species and some of their major components to granary weevil, *Sitophilus granarius* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) [J]. *Industrial Crops and Products* 2006, 23 (2): 162 - 170
- [13] 常永红, 徐燕, 于兰, 等. HPLC 法测定万寿菊中山奈苷含量 [J]. *西北药学杂志*, 2004, 19 (4): 261 - 262
- [14] 陈红兵, 宋炜, 王金胜, 等. 气相色谱——质谱法分析万寿菊根挥发油化学成分 [J]. *农药*, 2007, 46 (2): 114 - 115
- [15] Ester R Chamorro, Griselda Ballerini, Sequeira, et al. Chemical composition of essential oil from *Tagetes minuta* leaves and flowers [J]. *Journal of the Argentine Chemical Society*, 2008, 96 (1/2): 80 - 86
- [16] 刘贤谦, 闫雄飞, 冀卫荣, 等. 万寿菊根氯仿提取物对枣尺蠖的光化学活性研究 [J]. *林业科学*, 2006, 42 (10): 139 - 143
- [17] 王玉建, 胡林, 张志祥, 等. 三噻吩致斜纹夜蛾 S₂ 细胞氧化损伤的研究 [J]. *中国农业科学*, 2007, 40 (7): 1403 - 1409
- [18] Croes A F, R A J, Berg Van Den, et al. Thiophene accumulation in relation to morphology in roots of *Tagetes patula* [J]. *Planta*, 1989, 179 (1): 43 - 50
- [19] Amason J T, Philogene B J R. Phototoxicity of naturally occurring and synthetic thiophene and acetylene analogues to mosquito larvae [J]. *Phytochemistry*, 1986, 25 (7): 1609 - 1611
- [20] 师光禄, 王有年, 王鸿雷, 等. 万寿菊根提取物对山楂叶螨谷胱甘肽 S - 转移酶和蛋白酶及蛋白质含量的影响 [J]. *应用生态学报*, 2007, 18 (2): 400 - 404