

细辛醚对 6 种农业害虫的杀虫活性

张 静,冯 岗,马志卿,冯俊涛,张 兴

(西北农林科技大学 无公害农药研究服务中心 陕西省生物农药工程技术研究中心, 陕西 杨凌 712100)

【摘 要】 【目的】进一步确定细辛醚的杀虫作用。【方法】在不同作用方式下测定了细辛醚对粘虫、桃蚜、菜青虫、棉铃虫、玉米象和赤拟谷盗等 6 种农业害虫的室内毒力。【结果】细辛醚对粘虫、桃蚜和菜青虫 24 h 的触杀 LD_{50} 值分别为 35.06,1.11,66.28 $\mu\text{g}/\text{头}$,在供试剂量下对棉铃虫、玉米象和赤拟谷盗成虫的触杀作用较差;对粘虫和玉米象的熏蒸 LC_{50} 值分别为 16.92(12 h)和 7.53(72 h) $\mu\text{L}/\text{L}$;对玉米象有一定的忌避作用,忌避作用随时间延长而减弱;细辛醚质量浓度为 1.5 和 10 mg/g 的处理,33 d 对玉米象的致死率分别为 26.97%,86.51%和 100%,1.5 mg/g 处理 33 d 和 76 d 对玉米象种群抑制率分别为 74.18%和 96.54%,63.64%和 81.28%;经细辛醚处理的粘虫幼虫表现出明显的兴奋、痉挛、麻痹和死亡等症状。【结论】细辛醚对粘虫有较好的熏蒸、触杀作用,对桃蚜、菜青虫具有较强的触杀作用,对玉米象有一定的熏蒸、忌避和种群抑制作用,而对棉铃虫和赤拟谷盗的活性较差,具有明显的杀虫选择性。细辛醚对昆虫的致毒症状与神经毒剂类似。

【关键词】 细辛醚;触杀作用;种群抑制作用;生物活性

【中图分类号】 S482.3⁺9 【文献标识码】 A 【文章编号】 1671-9387(2008)04-0166-05

Bioactivity of sarisan against several kinds of pests

ZHANG Jing,FENG Gang,MA Zhi-qing,FENG Jun-tao, ZHANG Xing

(Research and Development Center of Biorational Pesticide,Shaanxi Research Center of Biopesticide Engineering and Technology,Northwest A & F University,Yangling,Shaanxi 712100,China)

Abstract: 【Objective】 The study was to further verify the bioactivities and mechanism of sarisan. 【Method】 The toxicity action of sarisan against several normal pests were investigated under the laboratory conditions. 【Result】 Sarisan showed strong contac activity against the 4th-instar larvae of *Mythimna separata*,*Myzus persicae* and the 5th-instar larvae of *Pieris rapae*. The LD_{50} values of contact were 35.06, 1.11,66.28 $\mu\text{g}/\text{larva}$ respectively. Sarisan had weak contact activity against *Helicoverpa armigera*,*Sitophilus zeamais* and *Tribolium castaneum* at the treatment concentration of sarisan. Sarisan also showed strong fumigation activity against 4th-instar larvae of *M. separata* and *S. zeamais*,the values of LC_{50} were 16.92 (12 h) and 7.53 (72 h) $\mu\text{L}/\text{L}$ respectively. Sarisan also showed repellent activity against *S. zeamais*. Strong inhibition of the formation of populations was found of sarisan against *S. zeamais*. With sarisan at concentration of 1.5 and 10 mg/g for the larvae of *S. zeamais* by mixture pesticide method,the mortalities were 26.97%,86.51% and 100% on the 33th day after treatment respectively. The rate of inhibition of the formation of populations were 74.18%,96.54%,63.64% and 81.28% respectively for concentration of 1 and 5 mg/g after on the 33th day and on the 76th day of treatment. In vivo symptom was characterized by a definite sequence of events,starting with excitation,convulsion,paralysis,and death. 【Conclusion】 The results showed

* 【收稿日期】 2007-04-11
【基金项目】 国家“十五”攻关重大专项(2002BA516A04);西北农林科技大学科研专项(30471156)
【作者简介】 张 静(1981—),女,河南南阳人,在读博士,主要从事农药毒理学研究。E-mail:zh-jing99@163.com
【通讯作者】 马志卿(1975—),男,新疆奇台人,副教授,博士,主要从事农药毒理学研究。

that sarisan had selective insecticidal activity; it possessed strong biological activity to *M. separata*, *P. rapae*, *M. persicae* and *S. zeamais*, and weak biological activity to *H. armigera* and *T. castaneum*.

Key words: sarisan; contact activity; population inhibition; insect activity

从天然产物中寻找杀虫活性物质,是创制和生产新型杀虫剂的重要途径之一。植物精油是植物体内的重要次生物质,是由分子量相对较小的简单化合物组成的混合物。研究发现,植物精油及其某些单一组分对昆虫具有多种活性,如毒杀、拒食、忌避、引诱、生长发育抑制等^[1-4]。细辛醚(sarisan, 1-烯丙基-2-甲氧基-4,5-亚甲二氧基苯)是一甲撑二氧苯基类化合物,存在于多种植物精油中^[5]。目前,国外对该化合物的研究报道较少,有关研究主要为成分分离、结构鉴定和抑菌活性的初步筛选和测定^[6-9]。在国内,万传星^[10]从伞形科藁本属植物藁本(*Ligusticum sinense* Oliv.)中也分离得到了该化合物,并且发现其对粘虫、小菜蛾和棉铃虫卵表现出一定的毒杀作用。前期研究表明,细辛醚对家蝇和淡色库蚊有较高的熏蒸、触杀活性^[11]。本研究在不同作用方式下,测定了细辛醚对6种农业害虫的室内毒力,并观察了害虫的中毒症状,以期进一步确定其杀虫作用方式及作用谱,为进一步研究其杀虫活性和开发新型植物源农药奠定基础。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 供试药剂 细辛醚:从藁本(*L. sinense*)中分离制备所得,纯度在95%以上,由西北农林科技大学无公害农药研究服务中心提供。

1.1.2 供试昆虫 粘虫(*Mythimna separate*)4龄幼虫、棉铃虫(*Helicoverpa armigera*)3龄幼虫、玉米象(*Sitophilus zeamais*)成虫、赤拟谷盗(*Tribolium castaneum*)成虫、桃蚜(*Myzus persicae*)无翅成蚜,均由西北农林科技大学无公害农药研究服务中心提供;菜青虫(*Pieris rapae*)采自未施药的甘蓝地,用甘蓝叶饲喂至5龄,取健康均一的5龄幼虫供试。

1.2 试验方法

1.2.1 触杀作用 采用点滴法^[12]测定。用丙酮将细辛醚稀释为一定浓度,用微量点滴器点滴处理试虫。每处理重复3次,粘虫、菜青虫和棉铃虫每重复15头试虫,桃蚜、玉米象和赤拟谷盗每重复30头试虫,对照点滴等量丙酮。点滴处理后将试虫置于养虫室中饲养,于处理后24 h或72 h统计死亡虫数。选择对细辛醚比较敏感的试虫进行触杀毒力测定,

以机率值分析法求出毒力曲线及致死中量(LD_{50})。

1.2.2 熏蒸作用 采用三角瓶熏蒸法^[13]测定。将试虫置于三角瓶(330 cm³)中,瓶口用橡皮塞塞紧,橡皮塞上用大头针固定一1 cm×6 cm的滤纸条。在滤纸条上涂抹一定量的细辛醚,然后迅速塞紧塞子。以涂抹3, 15和60 μ L为处理,对照点滴60 μ L丙酮。每处理重复3次,粘虫、菜青虫和棉铃虫每重复15头试虫,桃蚜、玉米象和赤拟谷盗每重复30头试虫。处理后将试虫置于养虫室中饲养,于处理后12, 72和96 h统计死亡虫数。选择对细辛醚比较敏感的试虫进行熏蒸毒力测定,以机率值分析法求出毒力曲线及致死中量(LD_{50})。

1.2.3 忌避活性 对玉米象的忌避作用测定采用滤纸片法^[14]。准确移取一定量的细辛醚,均匀涂布于滤纸一边,另一半不涂,将滤纸放入培养皿内,每皿接玉米象30头,每处理重复3次,盖好培养皿盖,置于养虫室内。于2, 8和24 h观察处理边和对照边的虫数,按下面公式计算忌避率。

忌避率/%=(对照边虫数-处理边虫数)/对照边虫数×100%。

1.2.4 种群抑制作用 对玉米象的种群抑制作用测定采用饲料混药法^[15]。以丙酮稀释细辛醚后取一定量和预处理过的小麦混匀,使细辛醚的终质量浓度分别为1, 5和10 mg/g,以丙酮处理为对照。每处理重复3次,每重复接虫40头。结果检查采取以下方法:①处理33 d后,筛出成虫,并检查各处理存活成虫总数,求出死亡率,第67天观察下一代(F_1)成虫数,计算玉米象的种群抑制率;②从以上各处理3个重复的筛出存活成虫中随机挑取15头,接入盛有正常小麦的养虫盒中,67 d后检查各处理下一代(F_1)成虫总数,计算种群抑制率。

种群抑制率/%=(对照组玉米象成虫总数-处理组玉米象成虫总数)/对照组玉米象成虫总数×100%。

1.2.5 症状观察 以触杀 LD_{90} 的剂量点滴处理粘虫4龄幼虫,观察并记录试虫的中毒症状。

2 结果与分析

2.1 触杀作用

由表1可见,在试验所用剂量下,细辛醚对供试

棉铃虫、玉米象、赤拟谷盗的触杀作用较差。在供试 低于 50%。

最大剂量 122.5 μg/头处理 72 h 后,校正死亡率均

表 1 细辛醚对棉铃虫、玉米象和赤拟谷盗的触杀作用测定结果(72 h)

Table 1 Effect of contact activity of sarisan against the 3rd-instar larvae of *H. armigera*, *S. zeamais* and *T. castaneum* (72 h) %

处理剂量/(μg·头 ⁻¹) Treatment dosage	校正死亡率 Corrected death rate		
	棉铃虫 <i>H. armigera</i>	玉米象 <i>S. zeamais</i>	赤拟谷盗 <i>T. castaneum</i>
30.7	13.5	20.8	5.5
61.3	20.2	29.4	13.3
122.5	47.3	42.3	22.2

由表 2 可知,细辛醚对粘虫、桃蚜和菜青虫均具 青虫;对粘虫和菜青虫 24 h 的触杀 LD₅₀ 值分别为

有较高的触杀作用,其中对桃蚜的触杀毒力最高,24 35.06 和 66.28 μg/头。

h 触杀 LD₅₀ 值仅为 1.11 μg/头,明显高于粘虫和菜

表 2 细辛醚对粘虫、桃蚜和菜青虫的触杀毒力测定结果(24 h)

Table 2 Effect of contact activity of sarisan against *M. separata*, *M. persicae* and *P. rapae* (24 h)

试虫 Insects tested	回归方程 LD -P equation	χ ²	LD ₅₀ /(μg·头 ⁻¹)	95%置信限/(μg·头 ⁻¹) 95% FL
粘虫 <i>M. separata</i>	y=0.69+2.79x	0.62	35.06	29.74~41.33
桃蚜 <i>M. persicae</i>	y=4.89+2.37x	1.80	1.11	0.74~1.67
菜青虫 <i>P. rapae</i>	y=1.54+1.90x	0.98	66.28	50.61~86.79

2.2 熏蒸作用

在供试最大剂量 181.82 μL/L 处理下,96 h 后 的致死率均小于 10%,无明显的熏蒸作用。细辛醚

细辛醚对赤拟谷盗、棉铃虫、菜青虫和桃蚜 4 种昆虫 对粘虫和玉米象有较高的熏蒸活性(表 3),LC₅₀ 值

分别为 16.92 μL/L(12 h)和 7.53 μL/L(72 h)。

表 3 细辛醚对粘虫、玉米象的熏蒸毒力测定结果

Table 3 Effect of fumigation activity of sarisan against *M. separata* and *S. zeamais*

试虫 Insects tested	处理时间/h Treatment time	回归方程 LD -P equation	χ ²	LC ₅₀ / (μL·L ⁻¹)	95%置信限/(μL·L ⁻¹) 95% FL
粘虫 <i>M. separata</i>	12	Y=0.64+3.55x	0.55	16.92	14.09~20.32
玉米象 <i>S. zeamais</i>	72	Y=3.20+2.06x	1.32	7.53	6.48~8.74

2.3 忌避作用

由表 4 可知,细辛醚对玉米象有一定的忌避活 可高达 91.7%,但忌避作用维持时间不长,处理 24

性,在供试剂量为 1.2 μL/cm² 时,2 h 后忌避率就 h 后,其忌避率下降为 26.7%,这可能是由于细辛醚

易挥发所致。

表 4 细辛醚对玉米象忌避作用的测定结果

Table 4 Effect of repellent activity of sarisan against *S. zeamais* %

处理剂量/(μL·cm ⁻²) Treatment dosage	忌避率 Repellent rate		
	2 h	8 h	24 h
0.3	50.0	50.0	1.0
0.6	58.9	40.0	-22.2
1.2	91.7	63.2	26.7

2.4 种群抑制作用

由表 5 可知,在细辛醚质量浓度为 1,5 和 10 mg/g 时,接虫后 33 d,玉米象死亡率分别为 26.97%,86.51%和 100%。筛出成虫后,继续观察细辛醚处理小麦对 F¹ 种群抑制作用,结果表明,虽然 1 mg/g 处理 33 d 后试虫死亡率明显低于 5 mg/g 处理,但仍有较高的 F¹ 种群抑制率(74.18%)。随机从接虫 33 d 后筛出的成虫中挑 15 头活虫放入未拌药小麦中饲养,67 d 后检查 F₁ 种群

情况,结果表明,1,5 mg/g 细辛醚处理 F₁ 种群抑制率分别为 63.64%和 81.28%。可见,细辛醚对玉米象有很好的种群抑制作用。

2.5 致毒症状

症状观察发现,细辛醚处理后 15 min 左右,粘虫表现兴奋症状,快速爬动,头胸部高高抬起,左右摆动或长时间保持抬胸状,继而头勾向胸部,胸部拱起,口器持续一张一合,或以口器磨擦胸足和滤纸,连续反吐少量胃液;40 min 后大部分试虫运动减

少,体躯前后抽搐,同时继续大量反吐胃液,部分试虫无法正常排便,在此阶段可观察到 50%以上试虫胸部出现半透明段,且半透明段随时间的增加而增长,最长可至整个体躯长的 1/2 以上;2 h 后,处理试虫多爬行不稳,体躯扭曲翻滚,足、口器震颤,表现为强烈的痉挛症状,5~6 h 后转为轻度痉挛,痉挛期可持续 10 h 以上,该阶段试虫体内半透明段不断增长,观察到最长可至约 3/5 体长;约 8 h 后,部分试虫体躯侧卧,口器、足及体躯微颤;12 h 后,大部分

试虫死亡,死亡试虫多体躯瘫软,表皮皱缩,体色黯淡,呈侧卧或正常爬行状。

对出现半透明段试虫解剖发现,试虫前肠及中肠前端均无食物,而是聚集大量大小不一的气泡或充满气体,随着痉挛时间的增加,气泡聚集成气段且不断增长,延伸至中肠后端;而饥饿相同时间的对照试虫,其前肠或中肠中无气泡;解剖正常取食的试虫发现,仅有个别试虫前肠内有少数很小的气泡。

表 5 细辛醚对玉米象种群抑制作用的测定结果

Table 5 Effect of population inhibition of sarisan against *S. zeamais*

处理剂量/ (mg·g ⁻¹) Treatment concentration	活虫数 Average number of live	死亡率/% Death rate	F ¹ 代 F ¹ adults		F ₁ 代 F ₁ adults	
			虫数 Number	抑制率/% Population inhibition rate	虫数 Number	抑制率/% Population inhibition rate
1	28.7	26.97	132.3	74.18	68	63.64
5	5.3	86.51	17.7	96.54	35	81.28
10	0.0	100	0	100	—	—
CK	39.3	1.75	512.3	—	187	—

3 讨 论

明确一种杀虫剂的作用方式和作用谱,对了解其作用机理,有效进行制剂研制和合理使用具有重要的指导意义。综合本研究结果及万传星^[10]、张静等^[11]的研究可知,细辛醚触杀毒力 LD₅₀ (24 h)依次为菜青虫(66.28 μg/头)>小菜蛾(65.06 μg/头)>粘虫(35.06 μg/头)>桃蚜(1.11 μg/头),对家蝇 4 h 的触杀毒力 LD₅₀ 为 3.45 μg/头,而对棉铃虫、玉米象和赤拟谷盗只有微弱的触杀作用;对家蝇、淡色库蚊 4 h 的熏蒸毒力 LC₅₀ 值分别为 5.77 和 4.24 μL/L,对粘虫和玉米象的熏蒸毒力 LC₅₀ 值分别为 16.92 μL/L(12 h)和 7.53 μL/L(72 h),而对赤拟谷盗、棉铃虫、菜青虫和桃蚜无明显的熏蒸作用。上述结果表明,就供试的 9 种昆虫而言,细辛醚对不同昆虫的作用方式不同,且有明显的杀虫选择性。另外,本研究发现,细辛醚对玉米象不仅有较好的熏蒸、忌避活性,而且对其种群有较强的抑制作用,可考虑制成缓释剂,用于防治玉米象。

试验中观察到粘虫经细辛醚处理后,表现出明显的兴奋、痉挛、麻痹和死亡等中毒症状,张静等^[11]曾观察到细辛醚对家蝇也表现出与典型的神经毒剂类似的致毒症状。因此,推测细辛醚可能作用于试虫的神经系统,但经细辛醚处理的试虫其症状特点又与兴奋性神经毒剂的致毒症状有所不同。用拟除虫菊酯、有机磷及烟碱类神经毒剂处理粘虫后,几分钟内试虫便表现出极度兴奋、强烈痉挛的症状,并很

快进入麻痹期^[16],而经细辛醚处理试虫的兴奋、痉挛期相对较长,而且出现肠腔充气现象,据此推测,细辛醚的杀虫作用机理可能比较特殊。但有关细辛醚在昆虫体内的作用方式、中毒机理及其开发潜力有待进一步深入研究。

[参考文献]

[1] 王广要,周 虎,曾晓峰. 植物精油应用研究进展[J]. 食品科技,2006,31(5):11-14.
Wang G Y,Zhou H,Zeng X F. Advances in the research and the development of plant essential oil [J]. Food Research and Technology,2006,31(5):11-14. (in Chinese)

[2] 刘学文,徐汉虹,鞠 荣,等. 植物精油在农药领域的研究进展[J]. 香料香精化妆品,2004(2):36-39.
Liu X W,Xu H H,Ju R,et al. Advance of plant essential oil in pesticide [J]. Flavour Fragrance Cosmetics,2004(2):36-39. (in Chinese)

[3] 陈根强,冯俊涛,陈安良,等. 植物精油组分松油烯-4-醇研究进展[J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版,2004,32(8):130-134.
Chen G Q,Feng J T,Chen A L,et al. Research progress on essential oil-the ingredient of plant-terpinen-4-ol[J]. Journal of Northwest A&F University:National Science Edition,2004,32(8):130-134. (in Chinese)

[4] 吴照华,王 军. 茼蒿精油的拒食活性和化学组分[J]. 天然产物研究与开发,1994,6(1):1-4.
Wu Z H,Wang J. Antifeeding activity and chemical composition of the essential oil from *Chrysanthemum segetum* L. [J]. Natrual Product Research and Development, 1994,6(1):1-4. (in Chinese)

[5] 陈蕙芳. 植物活性成分辞典(第二册)[M]. 北京:中国医药科技

出版社,2001:51-52.

Chen H F. Botanical active components dictionary (the second volume) [M]. Beijing: Chinese Medicament Sci-tech Press, 2001:51-52. (in Chinese)

[6] Haerdi F. Die Eingeborenen-Heilpflanze des Ulanga-Distriktes Tanganjikas (Ostafrika)[J]. Acta Trapica,1964,8:1-278.

[7] Villegas M,Vargas D,Msonthi J D,et al. Isolation of the anti-fungal compounds faltarindiol and sarisan from *Heteromaorpha trifoliata* [J]. Planta Medica,1988,32(1):36-37.

[8] Masuda T,Inazumi A,Yamada Y,et al. Antimicrobial phenyl-propanoids from Piper sarmentosum [J]. Phytochemistry, 1991,30,3227-3228.

[9] Humberto R B,Daise L,Rodrigo V A. Sarisan from leaves of piper affinis hispidinervum C. DC (long pepper) [J]. Flavour and Fragrance Journal,2001,16(2):113-115.

[10] 万传星. 藁本杀虫抑菌作用初步研究[D]. 陕西杨凌:西北农林科技大学,2003.

Wan C X. Insecticidal and antifungal activities of *Ligusticum sinense* Oliv. [D]. Shaanxi Yangling:Northwest A&F University,2003. (in Chinese)

[11] 张 静,马志卿,冯俊涛,等. 细辛醚对家蝇和淡色库蚊的生物活性[J]. 农药学报,2005,7(1):85-87.

Zhang J, Ma Z Q, Feng J T, et al. Bioactivity of sarisan against *Musca domestica* L. and *Culex pipiens pallens* [J]. Chin J Pestic Sci,2005,7(1):85-87. (in Chinese)

[12] 罗都强,张 兴. 雷公藤非生物碱分离及对粘虫作用方式研究[J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版,2001,29(4):81-84.

Luo D Q,Zhang X. Isolation and bioactivities of the non-alkaloids from *Tripterygium wilfordii* against *Leucania eparata* Walker [J]. Journal of Northwest A&F University: National Science Edition,2001,29(4):81-84. (in Chinese)

[13] 江志利,陈安良,白 伟,等. 六种植物精油对家蝇的熏蒸及触杀毒力测定 [J]. 农药学报,2002,4(1):85-88.

Jiang Z L, Chen A L, Bai W, et al. Fumigating and contact activity of 6 kinds of essential oils on *Musca domestica* L. [J]. Chin J Pestic Sci,2002,4(1):85-88. (in Chinese)

[14] 吴文君. 植物化学保护实验技术导论[M]. 西安: 陕西科学技术出版社,1988:72-77.

Wu W J. Experiment technology of plant chemical protection [M]. Xi'an:Shannxi Science and Technology Press,1988:72-77. (in Chinese)

[15] 张 静. 细辛醚杀虫作用研究[D]. 陕西杨凌:西北农林科技大学,2005.

Zhang J. Insecticidal activity and mechanism of sarisan [D]. Shaanxi Yangling: Northwest A & F University, 2005. (in Chinese)

[16] 马志卿. 不同类杀虫药剂的致毒症状与作用机理关系研究[D]. 陕西杨凌:西北农林科技大学,2002.

Ma Z Q. Studies on relations between symptom and mechanism of different kinds of insecticides [D]. Shaanxi Yangling: Northwest A & F University,2002. (in Chinese)

(上接第 165 页)

[10] 朱 凤,陈夕军,童蕴慧,等. 水稻内生细菌的分离及其拮抗性与潜在致病性测定[J]. 中国生物防治,2007,23(1):68-72.

Zhu F, Chen X J, Tong Y H, et al. Isolation of rice endophytic bacteria and their antagonism and potential pathogenicity [J]. Chinese Journal of Biological Control,2007,23(1):68-72. (in Chinese)

[11] 范继英,何月秋. 枯草芽孢杆菌植酸酶的研究进展[J]. 云南农业大学学报,2006,21(6):715-719.

Fan J Y, He Y Q. Brief review of secreted phytases from *Bacillus subtilis* [J]. Journal of Yunnan Agricultural University, 2006,21(6):715-719. (in Chinese)

[12] 邱思鑫,何 红,阮宏椿,等. 内生芽孢杆菌 TB2 防治辣椒疫病效果及其机理初探[J]. 植物病理学报,2004,34(2):173-179.

Qiu S X, He H, Ruan H C, et al Biological control of Pepper *Phytophthora* blight by entophytic TB2 (*Bacillus* sp.) [J]. Acta Phytopathologica Sinica,2004,34(2):173-179. (in Chinese)

[13] 张 霞,唐文华,张力群. 枯草芽孢杆菌 B931 防治植物病害和促进植物生长的作用[J]. 作物学报,2007,33(2):236-241.

Zhang X, Tang W H, Zhang L Q. Biological control of plant diseases and plant growth promotion by *Bacillus subtilis* B931 [J]. Acta Agronomica Sinica,2007,33(2):236-241. (in Chinese)

[14] 司美茹,薛泉宏,余 博,等. 辣椒疫霉生防菌的双重筛选[J]. 植物保护学报,2006,33(1):40-46.

Si M R, Xue Q H, Yu B, et al. The selection of biocontrol actinomycetes against *Phytophthora capsici* by the method assessed inhibiting zones and root colonizing capacity[J]. Acta Phytophylacica Sinica,2006,33(1):40-46. (in Chinese)

[15] 马 艳,常志州,朱万宝,等. 拮抗真菌 F-310 对辣椒疫霉菌的拮抗活性及防效[J]. 江苏农业学报,2004,20(3):180-183.

Ma Y, Chang Z Z, Zhu W B, et al. Antagonistic activity of exudate of Fungi F-310 against *Phytophthora capsici* L. and its biocontrol effect [J]. Jiangsu Journal of Agricultural Sciences,2004,20(3):180-183. (in Chinese)