

氯化钙与东莨菪内酯联用对朱砂叶螨的杀螨毒力 及其 Ca^{2+} -ATP 酶活性的影响

侯秋莉^a, 张永强^{** a b}, 李彩新^a, 丁伟^{* a b}, 刘雪姣^a, 罗金香^{a b}

(西南大学 a. 植物保护学院 b. 农药研究所 重庆 400716)

摘要: 为了明确钙离子与东莨菪内酯联合作用的杀螨效果, 进而为东莨菪内酯的开发利用提供参考, 采用玻片浸渍法测定了钙离子(Ca^{2+})与东莨菪内酯混用对朱砂叶螨 *Tetranychus cinnabarinus* 雌成螨的杀螨毒力, 并测定了活体和离体条件下对螨体内 Ca^{2+} -ATP 酶活性的影响, 对 Ca^{2+} 的增效作用机理进行了初步分析。结果表明: Ca^{2+} 与东莨菪内酯联合使用能显著增强东莨菪内酯的杀螨效果, 其中联合作用 24 和 48 h 的 LC_{50} 值分别比东莨菪内酯单独处理降低 20% 和 45%; 对朱砂叶螨 Ca^{2+} -ATP 酶活性的测定结果表明, 无论在活体还是离体条件下, Ca^{2+} 与东莨菪内酯联用均能显著增强对 Ca^{2+} -ATP 酶的抑制作用, 而相同浓度的 Ca^{2+} 单独作用则对 Ca^{2+} -ATP 酶活性无影响, 这也在一定程度上证明了 Ca^{2+} -ATP 酶是东莨菪内酯的重要作用靶标之一。

关键词: 朱砂叶螨; 东莨菪内酯; 钙离子; 杀螨毒力; Ca^{2+} -ATP 酶

中图分类号: S482.52 文献标志码: A 文章编号: 1008-7303(2015)04-0475-05

Acaricidal toxicity of scopolletin combined with Ca^{2+} and its influence on Ca^{2+} -ATPase activity in *Tetranychus* *cinnabarinus* (Boisduval)

Hou Qiuli^a, Zhang Yongqiang^{** a b}, Li Caixin^a, Ding Wei^{* a b},
Liu Xuejiao^a, Luo Jinxiang^{a b}

(a. College of Plant Protection, b. Institute of Pesticide, Southwest University, Chongqing 400716, China)

Abstract: In order to clarify the joint acaricidal action of Ca^{2+} and scopolletin, provide theoretical proofs for the development and utilization of scopolletin, the synergism of Ca^{2+} to scopolletin on female adult mites, *Tetranychus cinnabarinus*, were studied by dipping method in the laboratory. The effects of Ca^{2+} and scopolletin on Ca^{2+} -ATPase activities of *T. cinnabarinus* were also tested. The results showed that Ca^{2+} could dramatically improve the acaricidal activity of scopolletin against *T. cinnabarinus*, and the LC_{50} value of scopolletin combined with Ca^{2+} were reduced by 20% and 45% at 24 h and 48 h, respectively, compared with that of scopolletin used alone. The activities of Ca^{2+} -ATPase decreased dramatically after being treated by mixtures of scopolletin and Ca^{2+} both *in vivo* and

收稿日期: 2014-12-22; 录用日期: 2015-05-11.

作者简介: 侯秋莉, 女, 硕士研究生, E-mail: houqiuli2000@126.com; ** 张永强, 并列第一作者, 男, 副教授, 主要从事天然产物农药研究, E-mail: zhyqiang@swu.edu.cn; * 丁伟, 通信作者 (Author for correspondence), 男, 博士, 教授, 主要从事天然产物农药研究, E-mail: dwing818@163.com

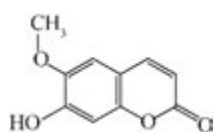
基金项目: 国家自然科学基金项目 (31272058); 教育部博士点新教师基金项目 (20100182120021)。

in vitro, but Ca^{2+} had no biological activity alone at the same concentration. The results also suggested that Ca^{2+} -ATPase is one of the targets of scopoletin against *T. cinnabarinus*.

Keywords: *Tetranychus cinnabarinus*; scopoletin; Ca^{2+} ; acaricidal toxicity; Ca^{2+} -ATPase

朱砂叶螨 *Tetranychus cinnabarinus* 是一种重要的杂食性害螨,广泛分布于世界温带地区及温室,严重危害豇豆、茄子和辣椒等 100 余种作物^[1-3]。由于化学杀螨剂的长期不合理使用,致使环境污染和害螨抗性问题的日益严重^[4-5]。因此,寻找新型靶标、研制和开发新型高效的杀螨剂势在必行。

东莨菪内酯(scopoletin)是一种香豆素类化合物,其化学名称为 7-羟基-6-甲氧基香豆素,结构式见 Scheme 1,存在于多个科的 11 万余种植物中^[6-7]。



Scheme 1

东莨菪内酯具有良好的抗肿瘤、降血压血脂和解痉等多种药理活性,同时还具有良好的杀虫、抗菌和化感作用等农用生物活性^[8-12]。研究表明,东莨菪内酯对朱砂叶螨 Ca^{2+} -ATP 酶具有显著的抑制作用, Ca^{2+} -ATP 酶可能是其主要作用靶标之一^[13-14]。此外,东莨菪内酯对害螨还具有触杀、内吸、杀卵和抑制产卵等多种作用方式,并且对环境安全友好,具有很好的开发潜力^[15-16];但与化学农药相比,其作用相对缓慢,添加增效助剂可能是一种简便有效的解决途径^[17]。本研究探讨了 Ca^{2+} 与东莨菪内酯联用对朱砂叶螨的杀螨毒力,以及对螨体 Ca^{2+} -ATP 酶活性的影响,以期对东莨菪内酯的进一步开发利用提供参考。

1 材料与方法

1.1 供试材料

朱砂叶螨 *Tetranychus cinnabarinus* 采自重庆市北碚区田间豇豆苗,于智能人工气候室内($26\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、RH 60%~80%、光周期 14L:10D)用蛭石盆栽豇豆苗饲养 13 年,获得未接触任何农药的敏感品系试虫。95% 东莨菪内酯(scopoletin)原药,为本实验室从 7 月份采集的黄花蒿茎叶中分离纯化所得^[13];氯化钙购自成都市科龙化工试剂厂; Ca^{2+} -ATP 酶试剂盒(南京建成生物科技有限公司)。

1.2 毒力测定

取适量东莨菪内酯原药,用 5% 的丙酮溶解,再用 0.1% 的吐温-80 水溶液稀释成 2.5、1.25、0.625、0.31 和 0.16 mg/mL,分别加入供试 CaCl_2 ,并使其浓度达 0.1 mmol/L。采用玻片浸渍法^[18],分别于处理后 12、24、36 和 48 h 测定其对朱砂叶螨的触杀毒力;以在 0.1% 的吐温-80 水溶液中加入 5% 的丙酮为对照。按公式(1)计算校正死亡率。

$$\text{校正死亡率}/\% = (\text{处理组死亡率} - \text{对照组死亡率}) / (1 - \text{对照组死亡率}) \times 100 \quad (1)$$

1.3 活体酶液制备及 Ca^{2+} -ATP 酶活性测定

将供试药液及对照溶液均匀喷洒于豇豆苗上,喂饲朱砂叶螨 24 h,挑取存活雌成螨测定 Ca^{2+} -ATP 酶活性,每处理 200 头。用预冷的重蒸水冲洗朱砂叶螨,吸干水分后分别置于预冷的组织匀浆器中,加入 2.0 mL 0.05 mol/L、pH 7.0 的 Tris-HCl 缓冲液进行冰浴匀浆。先用移液枪吸取缓冲液 1.0 mL 于冰水浴中充分匀浆,将匀浆液全部转入 1.5 mL 塑料离心管中,再用另外 1.0 mL 缓冲液分 3 次冲洗匀浆器,将冲洗液转入离心管,混匀,于 $0 \sim 4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、4 000 r/min 条件下离心 15 min,上清液即为酶提取液。

Ca^{2+} -ATP 酶活性测定参照 Ca^{2+} -ATP 酶试剂盒的方法,测定 636 nm 波长处吸光度值,以蒸馏水调零,重复 3 次。以每小时每毫克组织蛋白中的 ATP 酶分解 ATP 产生 1 μmol 无机磷的量为 1 个 ATP 酶活性单位。以对照组的酶活力为 100%,计算处理组的相对酶活力。

1.4 离体酶液制备及 Ca^{2+} -ATP 酶活性测定

采用未经药液处理的新鲜试螨,按 1.3 节方法制备酶液。取 20 μL 供试药液加入 200 μL 粗酶液中,置于 $37\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、100 r/min 的恒温箱内保温 20 min 后,按 1.3 节的方法测定 Ca^{2+} -ATP 酶的活性。

1.5 钙离子对离体 Ca^{2+} -ATP 酶活性的影响测定

酶液制备同 1.4 节。取 20 μL 氯化钙水溶液加入 200 μL 粗酶液中,混合后 Ca^{2+} 的终浓度分别为 0.1、1 和 10 mmol/L,以蒸馏水为对照。混匀后将上述溶液置于 $37\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、100 r/min 的恒温箱内保温 20 min 后,按 1.3 节的方法测定 Ca^{2+} -ATP 酶的活性。

1.6 酶源蛋白质含量的测定

参照 Bradford^[19]的方法,采用考马斯亮蓝 G-250 法测定酶源蛋白质含量。

1.7 数据处理

采用 SPSS V. 17.0 软件进行统计分析,采用 Duncan 氏新复极差法进行方差分析,处理组和对照组间的差异由独立样本 t 检验(Independent-Samples t Test)分析。

2 结果与分析

2.1 Ca^{2+} 对东莨菪内酯杀螨活性的影响

由表 1 可以看出:含 Ca^{2+} 的东莨菪内酯对朱砂叶螨的 LC_{50} 值明显小于东莨菪内酯单用时的 LC_{50}

值,其中两者联用 24 和 48 h 的 LC_{50} 值分别比东莨菪内酯单用时降低了 20% 和 45%,表明 Ca^{2+} 对东莨菪内酯的杀螨活性有增效作用。

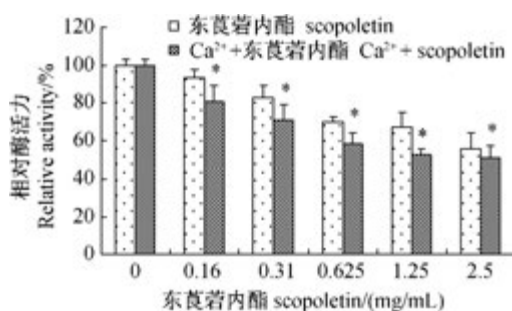
2.3 药剂对活体 Ca^{2+} -ATP 酶活性的影响

结果(图 1)表明:活体条件下,东莨菪内酯单用时,螨体内的 Ca^{2+} -ATP 酶活性均显著低于对照组,并且其活性随东莨菪内酯浓度的增大而递减,酶活性为对照组的 55.3% ~ 93.3%。0.1 mmol/L 的 Ca^{2+} 和东莨菪内酯联用对螨体内 Ca^{2+} -ATP 酶活性也均表现为抑制作用,且随东莨菪内酯浓度的增加,其抑制作用增强,酶活性为对照组的 50.6% ~ 80.7%,且显著低于东莨菪内酯单用。

表 1 不同浓度的东莨菪内酯以及含 0.1 mmol/L Ca^{2+} 的东莨菪内酯对朱砂叶螨雌成螨的毒力

Table 1 Acaricidal toxicity of scopolletin alone or combined with 0.1 mmol/L Ca^{2+} against *T. cinnabarinus* female adults at different concentrations

处理 Treatments	时间 Time/h	毒力回归方程 Toxicity regression equation	相关系数 r Correlate coefficient, r	LC_{50} (95% CL) / (mg/mL)
东莨菪内酯 scopolletin	12	$y = 1.424x - 0.727$	0.989	2.927 (2.629 ~ 3.315)
	24	$y = 1.788x - 0.103$	0.984	1.142 (1.058 ~ 1.235)
	36	$y = 1.668x + 0.715$	0.994	0.373 (0.350 ~ 0.395)
	48	$y = 2.026x + 2.080$	0.987	0.094 (0.074 ~ 0.113)
0.1 mmol/L Ca^{2+} + 东莨菪内酯 0.1 mmol/L Ca^{2+} + scopolletin	12	$y = 1.127x - 0.462$	0.993	2.572 (2.265 ~ 2.979)
	24	$y = 1.409x + 0.051$	0.986	0.920 (0.761 ~ 1.285)
	36	$y = 1.350x + 0.826$	0.971	0.244 (0.115 ~ 0.373)
	48	$y = 1.837x + 2.333$	0.894	0.054 (0.033 ~ 0.074)



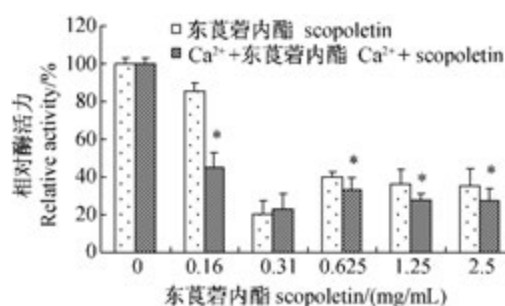
* 表示差异显著 ($P < 0.05$)。 Ca^{2+} 浓度为 0.1 mmol/L。

* Represents significant difference ($P < 0.05$).

The concentration of Ca^{2+} is 0.1 mmol/L.

图 1 活体条件下不同药剂处理对朱砂叶螨 Ca^{2+} -ATP 酶活性的影响

Fig. 1 Effect of different treatments of scopolletin and Ca^{2+} on Ca^{2+} -ATPase activity of *T. cinnabarinus* in vivo



* 表示差异显著 ($P < 0.05$)。 Ca^{2+} 浓度为 0.1 mmol/L。

* Represents significant difference ($P < 0.05$).

The concentration of Ca^{2+} is 0.1 mmol/L.

图 2 离体条件下不同药剂处理对朱砂叶螨 Ca^{2+} -ATP 酶活性的影响

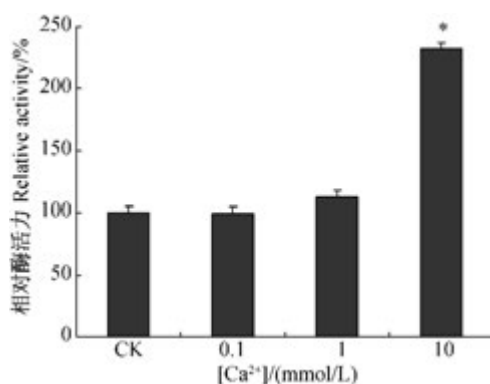
Fig. 2 Effect of different treatments of scopolletin and Ca^{2+} on Ca^{2+} -ATPase activity of *T. cinnabarinus* in vitro

2.3 药剂对离体 Ca^{2+} -ATP 酶活性的影响

由图 2 可知: 离体条件下, 东莨菪内酯单用或与 Ca^{2+} 联用对螨体内 Ca^{2+} -ATP 酶活性均表现为抑制作用。在质量浓度 0.16 mg/mL 下, 东莨菪内酯单用比联用时酶活性高, 分别为对照组的 90% 和 50%, 两者达显著差异 ($P < 0.05$); 当东莨菪内酯质量浓度为 0.31 mg/mL 时, 两者对酶的抑制作用相似且酶活性均达到最小值, 约为对照的 24%; 随东莨菪内酯浓度继续增大, 两者对酶的抑制作用趋于平稳, 处理间差异显著 ($P < 0.05$)。

2.4 不同浓度 Ca^{2+} 对离体 Ca^{2+} -ATP 酶活性的影响

不同浓度的 Ca^{2+} 单独作用下, 对离体 Ca^{2+} -ATP 酶活性的影响不同。与对照组相比, Ca^{2+} 浓度为 0.1 和 1 mmol/L 时, 对 Ca^{2+} -ATP 酶的活性没有显著影响; 当 Ca^{2+} 浓度为 10 mmol/L 时, 酶活性显著升高, 达到对照的 240%, 表现为激活作用 (图 3)。



* 表示差异显著 ($P < 0.05$)。

* Represents significant difference ($P < 0.05$).

图 3 离体条件下不同浓度 Ca^{2+} 对朱砂叶螨 Ca^{2+} -ATP 酶活性的影响

Fig. 3 Effect of different concentrations of Ca^{2+} on Ca^{2+} -ATPase activity of *T. cinnabarinus* in vivo

3 结论与讨论

东莨菪内酯是一种植物源天然活性化合物, 广泛存在于植物体内, 具有杀虫、杀螨、抑菌等多种农用生物活性, 并且具有作用方式和作用靶标多样性的特点, 具有很好的开发利用价值^[8-12]。本研究表明, 添加适当浓度的氯化钙能显著提高东莨菪内酯对朱砂叶螨的触杀活性, 增强其杀螨效果。同时, 钙作为一种中微量元素, 其合理使用还可以达到平衡施肥、促进植株健康生长的效果^[20-21]。

本研究结果表明, 无论在活体还是离体条件下, Ca^{2+} 与东莨菪内酯联用均能显著增强对 Ca^{2+} -ATP 酶的抑制作用; 但与活体条件下相比, 离体条件下药剂对酶活性的抑制作用更显著, 这可能是由于离体条件下酶失去了生物膜系统的保护所致。 Ca^{2+} 对东莨菪内酯具有显著的增效效应, 其原因可能是由于 Ca^{2+} 是一种金属阳离子, 而昆虫体表带有一定的负电荷, 因而更有利于药液吸附在体表, 从而增加螨体接触药液的量^[22]; 也可能是由于两者联用影响了螨体内的正常生理代谢, 从而更有利于东莨菪内酯药效的发挥^[23-24]。另外, Ca^{2+} -ATP 酶是由 Ca^{2+} 激活的 ATP 酶, 通过水解 ATP 将 Ca^{2+} 转运到细胞外, 形成 Ca^{2+} 浓度梯度^[25]。通常细胞质中游离 Ca^{2+} 浓度很低, 为 $10^{-7} \sim 10^{-8}$ mol/L, 而细胞间液中 Ca^{2+} 浓度较高, 约 5×10^{-3} mol/L, 所以, 胞外的 Ca^{2+} 即使仅很少量涌入胞内, 都会引起胞质游离 Ca^{2+} 浓度显著变化, 导致一系列生理反应发生^[26-27]。因此推测 Ca^{2+} 对东莨菪内酯杀螨活性的增强作用, 还有可能与螨体细胞内外 Ca^{2+} 平衡遭到破坏有关。此外, Ca^{2+} 对东莨菪内酯杀螨活性的增强与对 Ca^{2+} -ATP 酶活性抑制作用的影响趋势相一致, 也从侧面验证了 Ca^{2+} -ATP 酶是东莨菪内酯杀螨活性的重要作用靶标之一。但仅靠测定 Ca^{2+} -ATP 酶活性的变化还难以全面阐述 Ca^{2+} 对东莨菪内酯的增效作用机理, 还需深入研究其准确的作用机理。

参考文献 (Reference):

- [1] Hazan A, Gerson U, Tahori A S. Spider mite webbing I. The production of webbing under various environmental conditions [J]. *Acarologia*, 1974, 16: 68-84.
- [2] Mansour F, Ravid U, Putievsky E. Studies of the effects of essential oils isolated from 14 species of Labiatae on the carmine spider mite, *Tetranychus cinnabarinus* [J]. *Phytoparasitica*, 1986, 14(2): 137-142.
- [3] Çakmak İ, Başpınar H, Madanlar N. Control of the carmine spider mite *Tetranychus cinnabarinus* Boisduval by the predatory mite *Phytoseiulus persimilis* (Athias-Henriot) in protected strawberries in Aydın, Turkey [J]. *Turk J Agric For*, 2005, 29: 259-265.
- [4] He Lin, Xue Chuanhua, Wang Jinjun, et al. Resistance selection and biochemical mechanism of resistance to two Acaricides in *Tetranychus cinnabarinus* (Boisduval) [J]. *Pesticide Biochem Phys*, 2009, 93(1): 47-52.
- [5] Jia Fulin, Chen Yijuan, Chen Jia, et al. Biological activity of extracts from 8 species of plants against *Tetranychus cinnabarinus* [J]. *Chinese Agric Sci Bull*, 2011, 27(24): 286-291.

- [6] Rollinger J M, Hornick A, Langer T, et al. Acetylcholinesterase inhibitory activity of scopoletin discovered by virtual screening of natural products [J]. *J Med Chem*, 2004, 47(25): 6248–6254.
- [7] Hornick A, Lieb A, Vo N P, et al. The coumarin scopoletin potentiates acetylcholine release from synaptosomes, amplifies hippocampal long-term potentiation and ameliorates anticholinergic- and age-impaired memory [J]. *Neuroscience*, 2011, 197: 280–292.
- [8] Happi E N, Tcho A T, Sirri J C, et al. Tirucallane triterpenoids from the stem bark of *Araliopsis synopsis* [J]. *Phytochem Lett*, 2012, 5(3): 423–426.
- [9] Manuele M G, Ferraro G, Barreiro A M L, et al. Comparative immunomodulatory effect of scopoletin on tumoral and normal lymphocytes [J]. *Life Sci*, 2006, 79(21): 2043–2048.
- [10] Leszczynski B, Tjallingii W F, Dixon A F G, et al. Effect of methoxyphenols on grain aphid feeding behaviour [J]. *Entomol Experit Applic*, 1995, 76(2): 157–162.
- [11] Taguchi G, Fujikawa S, Yazawa T, et al. Scopoletin uptake from culture medium and accumulation in the vacuoles after conversion to scopolin in 2,4-D-treated tobacco cells [J]. *Plant Sci*, 2000, 151(2): 153–161.
- [12] 侯秋莉, 杨振国, 丁伟, 等. 东莨菪内酯的生物活性研究进展 [J]. *天然产物研究与开发*, 2013, 25(10): 1461–1467.
Hou Qiuli, Yang Zhenguo, Ding Wei, et al. Advances in studies on biological activities of scopoletin [J]. *Natl Prod Res Develop*, 2013, 25(10): 1461–1467. (in Chinese)
- [13] 张永强. 黄花蒿杀螨物质活性追踪及杀螨作用机理研究 [D]. 重庆: 西南大学, 2008.
Zhang Yongqiang. Study on acaricidal action mechanism and bio-guided isolation of bioactive substance from *Artemisia annua* L. [D]. Chongqing: Southwest University, 2008. (in Chinese)
- [14] Zhang Yongqiang, Ding Wei, Zhao Zhimo, et al. Studies on acaricidal bioactivities of *Artemisia annua* L. extracts against *Tetranychus cinnabarinus* Bois. (Acari: Tetranychidae) [J]. *Agric Sci China*, 2008, 7(5): 577–584.
- [15] 秦培元, 丁伟, 张永强, 等. 东莨菪内酯的纯度与其杀螨活性的相关性 [J]. *农药*, 2012, 51(2): 144–147.
Qin Peiyuan, Ding Wei, Zhang Yongqiang, et al. The correlation research that scopoletin purity and acaricidal activity [J]. *Agrochemicals*, 2012, 51(2): 144–147. (in Chinese)
- [16] 雍小菊, 张永强, 丁伟. 东莨菪内酯对朱砂叶螨的驱避和产卵抑制活性 [J]. *应用昆虫学报*, 2012, 49(2): 422–427.
Yong Xiaoju, Zhang Yongqiang, Ding Wei. Repellent and oviposition deterrent properties of scopoletin to *Tetranychus cinnabarinus* [J]. *Chin J Appl Entomol*, 2012, 49(2): 422–427. (in Chinese)
- [17] 张国生, 汪灿明, 郑瑞琴. 浅谈农药增效剂现状及应用前景 [J]. *浙江化工*, 2000, 31(4): 18.
Zhang Guosheng, Wang Canming, Zheng Ruiqin. The application prospects and situation of pesticides synergic adjuvants [J]. *Zhejiang Chem Indust*, 2000, 31(4): 18. (in Chinese)
- [18] Anonymous. Plant production and protection 21, recommended methods for measurement of resistance to pesticide [Z]. Israel: FAO, 1980: 49–54.
- [19] Bradford M M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities protein of utilizing the principle of protein-dye binding [J]. *Analyt Biochem*, 1976, 72(1–2): 248–254.
- [20] Ehret D L, Remann R E, Harvey B L, et al. Salinity-induced calcium deficiencies in wheat and barley [J]. *Plant Soil*, 1990, 128(2): 143–151.
- [21] Epstein E. How calcium enhances plant salt tolerance [J]. *Science*, 1998, 40(5371): 1906–1907.
- [22] 陈召亮, 韩志任, 马超, 等. 六种阳离子助剂对阿维菌素的增效作用 [J]. *昆虫学报*, 2007, 50(8): 801–806.
Chen Zhaoliang, Han Zhiren, Ma Chao, et al. Synergism of six cationic adjuvants to avermectin [J]. *Acta Entomol Sinica*, 2007, 50(8): 801–806. (in Chinese)
- [23] 高聪芬, 张兴, 冯俊涛. 杀虫剂增效作用研究进展 [J]. *西北农业大学学报*, 1996, 24(1): 88–92.
Gao Congfen, Zhang Xing, Feng Juntao. A review on the synergism of insecticide [J]. *Acta Univ Agric Boreali-occidentalis*, 1996, 24(1): 88–92. (in Chinese)
- [24] 王肖娟, 谢慧琴. 杀虫剂增效作用及其作用机理研究进展 [J]. *安徽农业科学*, 2007, 35(13): 3902–3904.
Wang Xiaojuan, Xie Huiqin. Research progress on the synergism of insecticide and its action mechanism [J]. *J Anhui Agric Sci*, 2007, 35(13): 3902–3904. (in Chinese)
- [25] Penniston J T, Enyedi A. Modulation of the plasma membrane Ca^{2+} pump [J]. *J Membr Biol*, 1998, 165(2): 101–109.
- [26] Brini M, Carafoli E. Calcium pumps in health and disease [J]. *Physiol Rev*, 2009, 89(4): 1341–1378.
- [27] Axelsen K B, Palmgren M G. Evolution of substrate specificities in the P-Type ATPase superfamily [J]. *J Mol Evolut*, 1998, 46(1): 84–101.

(责任编辑: 曲来娥)