

완효형 Etofenprox 제재의 목화진딧물에 대한 살충효과

채시라¹ · 황채은¹ · 서미자¹ · 유용만¹ · 윤영남^{1*}

Insecticidal Effects of the Control Released Etofenprox Against Cotton Aphid

Si-Ra Chae¹ · Chae-Eun Hwang¹ · Mi-Ja Seo¹ · Yong-Man Yu¹ · Young-Nam Youn^{1*}

ABSTRACT

For the development of more effective insecticides for aphids, including the cotton aphid, *Aphis gossypii* Glover, control released insecticides were developed and tested as new type of formulation for the cotton aphid. Etofenprox is a target-of-control-released formulation that is toxic to insects with piercing-sucking type mouths including aphids and hoppers. The insecticidal effect of etofenprox is distinguished among others; however, continuance period of the effect of insecticide is shorter than other insecticides. In addition, the control effect of control released etofenprox on the cotton aphid was examined. The results show that control released etofenprox induced no control effects to the cotton aphid within 5 days of treatment. The cotton aphid's population was increased, and their reproduction rate was also high. However, control effect was shown to have very low levels 7 days after treatment, and it increased to higher effect. It is supposed that it is possible to control the cotton aphid using the type of control released etofenprox with a kitosan carrier. It is necessary to develop a more effective carrier type to release more of the insecticidal ingredient on the leaf after spraying.

Key words: Control release, Etofenprox, Cotton aphid, *Aphis gossypii*

1. 서론

열대, 아열대 및 온대에 걸쳐 전 세계적으로 분포하고 기주 이동하는 목화진딧물, *Aphis gossypii* Glover (Homptera: Aphididae)은 다식성(polyphagous)으로 십자화과 식물을 포함한 많은 종류의 쌍자엽식물을 가해하며(van Steenis and El-Khawass, 1995; Ebert and Cartwright, 1997; Blackman and Eastop, 2000), 우리나라에서는 약 50종의 기주 식물이 기록되어 있다. 이러한 진딧물은 식물체에서 즙액을 흡즙함으로써 직접적인 피해를 주기도 하지만 약 50여종의 각종 바이러스병을 매개함으로써 간접적인 피해를 주기도 한다(Coudriet 1962; Lecoq et al. 1979). 또한 진딧물이 분비하는 감로는 식물잎 표면에 떨어져 그을음병을 유발시켜 동화작용을 억제시키거나 오염으로 상품가치를 떨어뜨리는 등 많은 피해를 준다.

목화진딧물은 생활환이 짧고 합성화학살충제에 대하여 광범위하게 저항성을 발전시킬 수 있는 잠재적 능력을 가지고 있기도 하다. 1928년 하이드로시안산(hydrocyanic acid)이 처음으로 해충을 방제하는데 화학적방제가 실패한 보고

가 나온 이후로(Boyce, 1928), 저항성은 다른 유기인계(Ghong et al., 1964; Chang and Zhong, 1966; Sun et al., 1970.), 카바메이트계(Khodzhaev et al., 1985), 피레스로이드계(Saito et al., 1995; Guilin et al., 1997), 더 나아가서 최근에는 네오니코티노이드계 살충제에 대한 저항성이 보고되고 있다(Wang et al., 2007). 포장에서 목화진딧물에 대한 살충제 저항성은 세계적으로 나타나는 추세이며, 아프리카(Gubran et al., 1992; Nibouche et al., 2002), 아시아(Sun, et al., 2005; Suzuki and Hama, 1994; Ahmad et al., 2003; Ahmad and Arif, 2008), 호주(Herron et al., 2000; Herron et al., 2001), 유럽(Furk and Hines, 1993; Silver et al., 1995; Delorme et al., 1997; Foster et al., 2007), 미국(O'Brien et al., 1992; Hollingsworth et al., 1994) 등지에서 많은 보고를 살펴 볼 수 있다.

피레스로이드 계통의 살충제는 제충국의 일종인 *Chrysanthemum cinerariaefolium*의 꽃에서 추출한 pyrethrins 과 유사한 화합물이다(Casida, 1980). Etofenprox는 nonester 피레스로이드계 살충제로서 화학명은 2-(4-ethoxyphenyl)-2-methylpropyl 3-phenoxybenzyl ether이며 분자량은 약 376.5이다(Fig. 1). Etofenprox의 독성작용은 주로 곤충의 신경계에 작용하는데 주된 메커니즘은 sodium channel과 상호작용 함으로써 신경전달을 방해한다(Miller and Salgado, 1985). Etofenprox는 물에는 잘 녹지 않으며(약 0.02mg/l), 토양과 퇴적물에 매우 높은 친화성(log K_{ow} 값이 7.05)을 가지고 있다(Tomlin, 2003). Etofenprox는 주로 접촉에 의해

¹ 충남대학교 응용생물학과(Dept. Applied Biology, Chungnam National University, Daejeon, 305-764)

* Corresponding author: 윤영남(Young-Nam Youn)

Tel.: +82-42-821-5769 Fax: +82-42-832-8679

E-mail: youngnam@cnu.ac.kr

2010년 9월 25일 투고

2010년 10월 22일 심사완료

2010년 12월 13일 게재확정

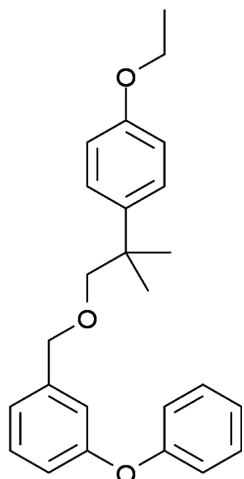


Fig. 1. Structure of etofenprox.

서 곤충체내로 침입하여 독작용을 나타내며, 혹은 곤충이 먹이와 함께 먹었을 경우에도 효능을 나타낸다. 주된 대상 해충으로서는 벼멸구, 잎벌레, 메뚜기, 진딧물, 나방, 나비, 가루이, 총채벌레 등이 있으며, 최근에는 모기를 방제하기 위한 약제로도 많이 사용되고 있다(DeLorenzo and De Leon, 2010). 대부분의 피레스로이드 계통의 살충제는 ester이지만, etofenprox는 ether 화합물로 인간을 포함한 다른 포유 동물에 독성이 약한 것이 장점이다(USEPA, 2007).

완효형의 살충제는 환경오염을 최소화하고, 적은 양의 약제로도 최대의 살충효과를 지속할 수 있도록 고안된 것으로서, 다회 다량 살포를 통해 획득되는 해충의 저항성을 가급적 회피 또는 지연시킬 수 있는 제형으로 평가되고 있다. 본 실험에서는 키토산을 캐리어화한 완효형 etofenprox 제제를 이용하였으며, 완효형에 사용된 키토산의 분자량과 밀도에 따른 약제의 방출특성을 분석하여 최적의 살충효과를 나타내는 시간을 산출하고자 목화진딧물의 개체증가율과 적산 살충율을 통해 방제효과를 검정하였다.

II. 재료 및 방법

1. 실험곤충 및 기주식물

목화진딧물(*Aphis gossypii* Glover)은 2009년 대전시 유성구 비닐하우스에서 재배되고 있는 오이에서 야외개체군을 채집하였으며, 온도 25±2℃, 습도 65±5%의 조건에서 누대사육하여 사용하였다. 누대사육중인 목화진딧물 중 무시형 성충 10마리를 처리구마다 접종하고 48시간 동안 유지하였다.

2. 약제의 희석 및 처리방법

완효형제제인 etofenprox를 1,000배로 희석하여 파종 후 1개월 된 오이 잎에 분무기를 이용하여 골고루 엽면살포하



Fig. 2. Photographs show that control release type of etofenprox was sprayed on cucumber leaves.

였다. 약 1시간 동안 약제가 마를 때까지 그늘에서 말린 후에 다른 곤충의 접근을 차단하기 위하여 곤충사육상(30×30×50cm)에 넣어 보관하였다.

3. 생물활성검정

약제처리한 후 음건한 오이 잎을 약제살포한 날로부터 2일 간격으로 0, 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13일이 경과한 오이 잎을 같은 크기(2×2cm)로 잘라서 agar 배지에 올려놓은 다음, 목화진딧물 성충을 부드러운 붓을 이용하여 각각 10마리씩 올려놓고 후 24시간, 48시간에 걸쳐 조사한 뒤 각각의 개체 증가율과 사망율 등을 조사하여 완효형 etofenprox 제제의 특성을 분석하였다. 한편 대조군으로는 물을 분무한 오이 잎을 사용하였다.

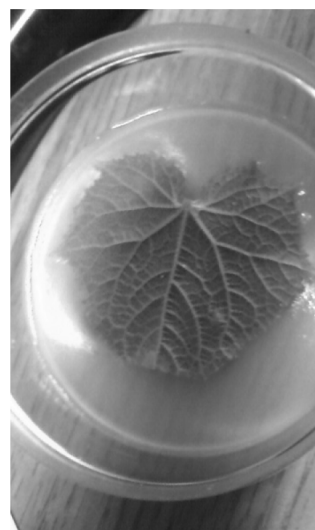


Fig. 3. Photograph show that insecticide treated cucumber leaf is laid on the agar medium.

III. 결과 및 고찰

완효형으로 제재화 한 etofenprox을 처리한 후 잎에 남아 있는 약제의 효과를 검정하기 위하여 약제처리한 날과 약제 처리후 1일후부터 13일까지 조사하였다. 약제를 처리한 오이 잎을 1% agar 배지 위에 올려놓고 잎의 건조를 예방하였다. 오이 잎에 붓으로 올려놓은 목화진딧물의 생존 여부를 관찰하여 진딧물의 사망률을 구하였다. 약제 처리 첫 날부터 약제 처리 9일이 경과한 오이 잎에서는 진딧물이 거의 죽지 않고 살아 있었으며, 11일 이후에 사망률이 증가하여 약제처리 후 13일이 경과한 잎에 올려놓은 목화진딧물은 48시간이 경과한 후에 약 40%의 사망률을 보여 완효형으로 제재화된 etofenprox가 효과를 보여주고 있는 것으로 추정할 수 있다(Fig. 4). 이와 같은 결과는 완효형 제재 기술이 아직은 정밀하게 진행되지 못하고 있는 상황이며, 아마도 완효형 제재를 위한 캐리어가 너무 두터위 etofenprox가 제대로 빠져 나오고 있지 못하는 것으로 추정된다.

Fig. 5는 완효형으로 제재화 한 etofenprox를 잎에 처리한 후 일정한 기간이 지난 후에 성충 10마리를 넣어 개체군 증가 추이를 살펴본 것이다. 여기서도 Fig. 4에서와 비슷한 결과를 볼 수 있는데, 완효형으로 제재화 한 etofenprox를 처리한 당일에 음건한 잎에 성충 10마리를 올려놓고 새끼를 낳아 개체수가 늘어가는 과정을 48시간 관찰한 결과, 사망한 성충은 볼 수 없고, 24마리의 새끼를 낳는 것을 알 수 있었으며, 완효형으로 제재화 한 etofenprox 처리 후 5일이 경과한 잎에 올려놓은 목화진딧물이 가장 많은 새끼를 낳는 것을 보여주고 있다. 하지만 시간이 경과할수록 새끼를 낳은 숫자는 점차 줄어드는 경향을 보이고 있다. 이는 완효형으로 제재화 한 etofenprox 약제 성분이 캐리어에서 점차 빠져나오는 것으로 추정할 수 있다. 이를 개체군 증가

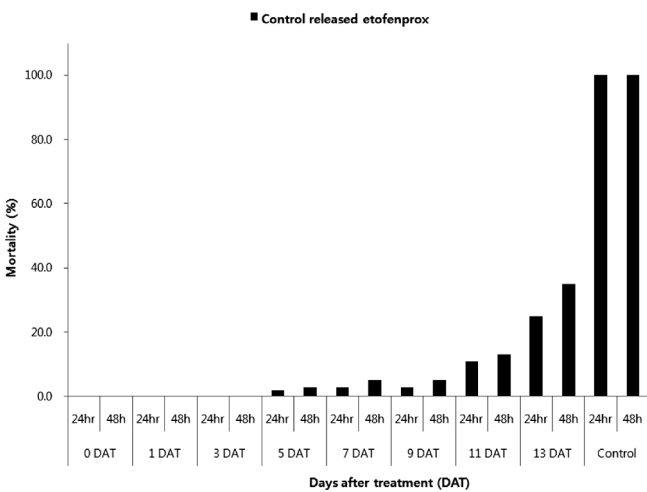


Fig. 4. Mortalities of the cotton aphids after control released etofenprox treatment compared with non-control released etofenprox on the cucumber leaves in the laboratory for 2 weeks.

율로 계산을 한 결과를 Fig. 6에서 볼 수 있다. 개체군 증가율 Y는 다음과 같이 계산을 하였다.

$$Y = \log_e N_{t+1} - \log_e N_t / (t + 1) - t$$

여기서 (t + 1) - t는 Survey period(조사 기간)을 나타내며, N_{t+1}는 Number of aphids at t + 1(일정기간 지난 후 개체수)를, N_t는 Incipient number at t(처음 개체수)를 나타낸다.

이 결과 약제 처리 5일까지는 완효형으로 제재화 한 etofenprox가 전혀 약효를 발휘하지 못하고 있음을 알 수 있으며, 5일이 경과한 후에는 약효성분이 조금씩 나오기 시작하여 살충효과를 보이는 것을 알 수 있었다.

이상의 결과를 토대로 본 실험에서는 사용된 완효형으로 제재화 된 etofenprox는 처음에 목적하였던 약제의 효과를

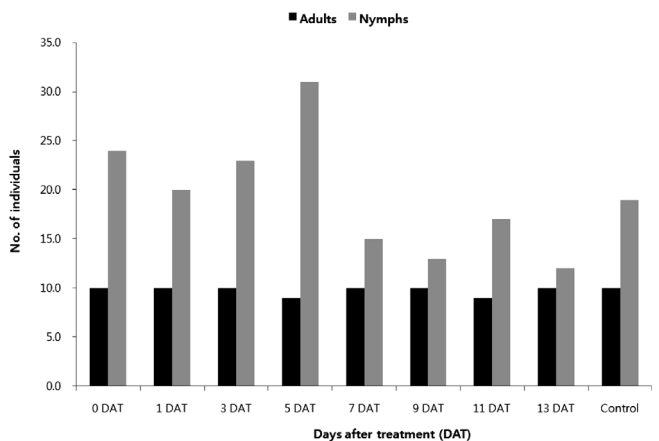


Fig. 5. Number of nymphs and adults of the cotton aphid when 10 adult aphids laid on the treated cucumber leaf during 48 hours after treatment of control released etofenprox for 2 weeks.

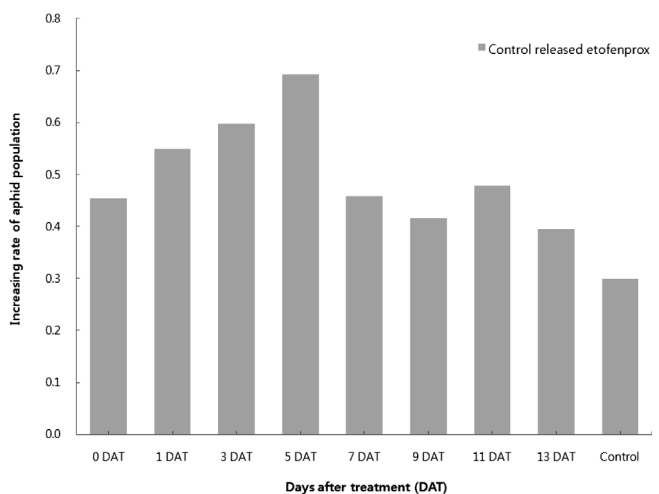


Fig. 6. Increasing rates of aphid population on the cucumber leaf for 48 hours which was treated the control released etofenprox during 2 weeks.

지연 시킬 수 있다는 가능성 갖고 있음을 확인할 수 있었다. 효과적인 완효형 제제를 만들기 위하여 다음의 몇가지를 충분히 고려하면서 완효형 제제를 만들어야 할 것으로 생각된다. 첫째, 완효형 제제를 만들기 위한 캐리어를 좀더 정밀하게 만들어 약제가 어느 시기에 캐리어에서 빠져나오는 것이 가장 효과적인지를 판별해야 할 것이다. 키토산을 이용한 캐리어를 만들 경우 코팅할 때에 키토산의 분자량과 밀도에 따라서 캡슐로 쌓여지는 정도가 다르기에 코팅의 두께에 따라서 완효형으로 제제화 한 etofenprox가 약효를 나타내는 시간이 차이가 있을 것으로 추정된다. 둘째, 약제를 살포한 후 시간이 경과함에 따라서 식물이 자라기 때문에, 침투이행성을 가지고 있는 원제를 사용하여 완효형으로 만드는 것이 효과적일 것이다. 시간이 경과하면서 신초가 계속 자라게 되면 약제를 살포한 부위는 점차 진딧물이 별로 선호하지 않는 부분이 되기 때문에, 약제가 식물체 안으로 침투 이행되어 물관부와 체관부를 따라서 식물 전체로 약제가 분산된다면, 신초에 새로 날아온 진딧물을 방제하는데 매우 효과적일 것으로 생각된다. 끝으로, 완효형 제제임을 감안하여 진딧물이 발생하였을 경우, 처음 방제가 필요함으로 완효형 제제와 완효형 제제가 아니 약제를 적당한 비율로 혼합하여 처리하는 방법을 개발하여야 할 것이다. 이는 완효형으로 만들지 않은 약제는 초기에 식물에 있는 진딧물을 방제하는데 효과를 나타낼 수 있으며, 시간이 경과한 후에 식물체에 날아오는 진딧물일 경우 완효형 제제에 의한 약효를 나타냄으로서 오랜 기간 동안 진딧물을 방제할 수 있을 것으로 추정된다. 이러한 방법은 작물 작기를 고려하여, 작물보호제의 사용횟수를 경감시켜 약제비용은 물론 노동력을 절감하여 농업생산성을 향상시켜줄 뿐만 아니라, 농생태계 내에 투입되는 화학물질의 양을 대폭적으로 경감시켜 생태계에 대한 위험성을 적극적으로 줄여 나갈 수 있을 것으로 생각된다.

IV. 결론

많은 작물에 피해를 주는 목화진딧물을 포함한 많은 종류의 진딧물류를 좀더 효과적으로 방제하기 위한 새로운 형태의 완효형 제제를 만들어 그 효과를 목화진딧물(*Aphis gossypii* Glover)을 대상으로 실시하였다. 특히 네오니코티노이드 계통의 etofenprox 약제는 진딧물과 같은 흡즙형 곤충에 매우 뛰어난 효과를 나타내지만 효과가 지속적이지 못하는 단점이 있다. 이에 etofenprox의 제형을 완효형으로 제조하여 약효의 지속 및 지연효과를 검증하였다. 그 결과 완효형 etofenprox 제제는 초기에 살충효과를 전혀 나타내지 못하고 오히려 진딧물의 개체군을 증가시켰으나, 5일이 경과된 후로는 etofenprox의 약성분이 조금씩 유출되어 나오면서 약간의 살충력을 나타내고 있다. 이러한 점으로 미루어 약제의 방출효과가 제어 되도록 설계된 새로운 타입

의 완효형 제형이 가능할 것으로 판단되며, 약제의 방출 제어가 보다 용이한 캐리어의 개발과 이를 상용화 시킬 연구가 지속되어야 할 것으로 판단된다.

참고문헌

- Ahmad, M., M.I. Arif. 2008. Susceptibility of Pakistani populations of cotton aphid *Aphis gossypii* (Homoptera: Aphididae) to endosulfan, organophosphorus and carbamate insecticides. *Crop Prot.* 27: 523-531.
- Blackman, R.L., V.F. Eastop. 2000. Aphids on the world's crops: An identification and information guide, 2nd ed. John Wiley & Sons, Chichester, UK.
- Boyce, A.M. 1928. Studies on the resistance of certain insects to hydrocyanic acid. *J. Econ. Entomol.* 21: 715-720.
- Casida, J.E. 1980. Pyrethrum flowers and pyrethroid insecticides. *Environ. Health Perspect.* 34: 189-202.
- Chang, G.S., T.S. Zhong. 1966. Studies on systox-resistance in various morphs of *A. gossypii* Glover. *Acta Entomol. Sin.* 15: 201-216.
- Coudriet, D.L. 1962. Efficiency of various insects as vectors of cucumber mosaic and watermelon mosaic viruses in cantaloups. *J. Econ. Entomol.* 55: 519-520.
- DeLorenzo, M.E., R.G. De Leon. 2010. Toxicity of the insecticide etofenprox to three life stages of the grass shrimp, *Palaemonetes pugio*. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 58(4): 985-90.
- Delorme, R., D. Auge, M.T. Bethenod, F. Villatte. 1997. Insecticide resistance in a strain of *Aphis gossypii* from Southern France. *Pestic. Sci.* 49: 90-96.
- Ebert, T.A., B. Cartwright. 1997. Biology and ecology of *Aphis gossypii* Glover 9. (Homoptera: Aphididae). *Southwestern Entomol.* 22: 116-153.
- Foster, S.P., G. Devine, A.L. Devonshire. 2007. Insecticide resistance, in aphids as crop pests, ed. by van Emden, H. and R. Harrington. CAB International, Wallingford, UK, pp. 261-285.
- Furk, C., C.M. Hines. 1993. Aspects of insecticide resistance in the melon and cotton aphid, *Aphis gossypii* (Hemiptera, Aphididae). *Ann. Appl. Biol.* 123: 9-17.
- Ghong, K., G. Zhang, G. Zhai. 1964. Resistance of cotton aphids to demeton. *J. Entomol.* 13: 1-9.
- Gubran, E.M.E., R. Delorme, D. Auge, J.P. Moreau. 1992. Insecticide resistance in cotton aphid *Aphis gossypii* (Glov.) in the Sudan Gezira. *Pestic. Sci.* 35:101-107.
- Guilin, C., L. Runzxi, H. Mingjiang, X. Kefu, J. Shiju. 1997. Comparison of the cotton aphid resistance level between Xinjiang and Shandong populations. *Resist.*

- Pest Manag. 9: 10-12.
15. Herron, G., K. Powis, J. Rophail. 2000. Baseline studies and preliminary resistance survey of Australian cotton aphid *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae). Aust. J. Entomol. 39: 33-38.
 16. Herron, G.A., K. Powis, J. Rophail. 2001. Insecticide resistance in *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae), a serious threat to Australian cotton. Aust. J. Entomol. 40: 85-89.
 17. Hollingsworth, R.G., B.E. Tabashnik, D.E. Ullman, M.W. Johnson, R. Messing. 1994. Resistance of *Aphis gossypii* (Homoptera: Aphididae) to insecticides in Hawaii: spatial patterns and relation to insecticide use. J. Econ. Entomol. 87: 293-300.
 18. Khodzaev, S.T., S.A. Roslavtseva, E. Abdulaev, M.N. Sobchak. 1985. Resistance of the cotton aphid to insecticides. Zashita Rastanii 12: 30.
 19. Lecoqk, H., S. Cohen, M. Pitrat, G. Labonne. 1979. Resistance to cucumber mosaic virus transmission by aphids in *Cucumis melo*. Phytopathol. 69: 1223-1225.
 20. Miller T.A., V.L. Salgado. 1985. The mode of action of pyrethroids on insects. In: Leahey J.P. (ed) The pyrethroid insecticides. Taylor and Francis, Philadelphia, PA, pp 43-98.
 21. Nibouche, S., J. Beyo, T. Brévault. 2002. Negative cross insensitivity in a dimethoate resistant strain of cotton aphid *Aphis gossypii* Glover in Northern Cameroon. Resist. Pest. Manag. 12: 25-26.
 22. O'Brien, P.J., Y.A. Abdel-Aal, J.A. Ottea, J.B. Graves. 1992. Relationship of insecticides resistance to carboxylesterases in *Aphis gossypii* (Homoptera: Aphididae) from midsouth cotton. J. Econ. Entomol. 85: 651-657.
 23. Saito, T., H. Hama, K. Suzuki. 1995. Insecticide resistance in clones of the cotton aphid, *Aphis gossypii* Glover (Homoptera: Aphididae), and synergistic effect of esterase and mixed-function oxidase inhibitors. Jpn. J. Appl. Entomol. Z. 39: 151-158.
 24. Silver, A.R.J., H.F. Van Emden, M. Battersby. 1995. A biochemical-mechanism of resistance to pirimicarb in two glasshouse clones of *Aphis gossypii*. Pestic. Sci. 43: 21-29.
 25. Sun, L.J., X.G. Zhou, J. Zhang, X.W. Gao. 2005. Polymorphisms in a carboxylesterase gene between organophosphate-resistant and -susceptible *Aphis gossypii* (Homoptera: Aphididae). J. Econ. Entomol. 98: 1325-1332.
 26. Sun. Y., G. Feng, J. Yuan, K. Gong. 1970. Biochemical mechanism of resistance of cotton aphids to organophosphorus insecticides. Acta Entomol. Sin. 30: 13-20.
 27. Suzuki, K., H. Hama. 1994. Acetylcholinesterase of the cotton aphid, *Aphis gossypii* Glover (Homoptera, Aphididae). I. Three clone-types possessing acetylcholinesterases of low and high sensitivity to pirimicarb, and the mixture. Appl. Entomol. Zool. 29: 300-303.
 28. Tomlin, C.D.S. 2003. The pesticide manual, 13th ed. British Crop Protection Council, Hampshire, UK.
 29. USEPA. 2007. United States Environmental Protection Agency Pesticides: Registration Review Etofenprox Summary Document (7407). 42 p.
 30. Van Steenis, M.J., K.A.M.H. El-Khawass. 1995. Life history of *Aphis gossypii* on cucumber: influence of temperature, host plant and parasitism. Entomol. Exp. Appl. 76: 121-131.
 31. Wang, K.Y., Q.L. Guo, X.M. Xia, H.Y. Wang, T.X. Liu. 2007. Resistance of *Aphis gossypii* (Homoptera: Aphididae) to selected insecticides on cotton from five cotton production regions in Shandong, China J. Pestic. Sci. 32: 372-378.