

### Dicofol 저항성 점박이응애의 안정성

#### Stability of Dicofol Resistance of the Two-spotted Spider Mite, *Tetranychus urticae* Koch (Acarina: Tetranychidae)

김길하 · 송 철 · 장부영 · 박노중 · 조광연

Gil Hah Kim, Cheol Song, Bu Young Chang, No Joong Park and Kwang Yun Cho

**ABSTRACT** Stability of resistance of the two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae*) to dicofol was investigated. Resistance level(23.0-fold) of adult females to dicofol was kept up to 1 year without selection by dicofol, but was decreased to 15.8-, 10.7-fold after 2 and 3 years, respectively. Susceptibility of adult females obtained from reciprocal crosses( $R_{\gamma} \times S_{\delta}$ ,  $R_{\delta} \times S_{\gamma}$ ) of the R and S strains to dicofol was declined by the success of generation.

**KEY WORDS** *Tetranychus urticae*, stability, reciprocal cross

**초 록** 점박이응애(*Tetranychus urticae* Koch)의 감수성계통(S)과 dicofol 저항성계통(R)을 공시하여 dicofol 저항성의 안정성을 조사하였다. Dicofol 저항성계통(저항성비 23.0배)의 약제도태없는 조건하에서 사육된 암컷성충의 dicofol에 대한 저항성 수준은 1년이 경과된 후에도 변화가 없었다. 그러나 1년 이후부터는 감소하기 시작하여 2년째에는 저항성비가 15.8배, 3년째에는 10.7배로 감수성쪽으로 기울었다. 점박이응애의 dicofol 저항성계통과 감수성계통의 상호교배( $R_{\gamma} \times S_{\delta}$ ,  $R_{\delta} \times S_{\gamma}$ )에서 얻어진 세대별 약제 감수성도 세대가 경과됨에 따라 감수성쪽으로 기울었다.

**검색어** 점박이응애, 안정성, 상호교배

살비제를 집중적으로 사용하면 정도의 차이는 있지만 저항성이 발달한다. 그러나 그 정도는 약제에 따라 다르며, 발달한 저항성의 안정성 또한 약제에 따라 다르다(Hoy와 Conley 1989, Hoy 등 1988, Inoue 1984, Kuwahara 1977, Mable와 Pree 1992, Yamamoto와 Nishida 1981). 즉 parathion, malathion 등 각종 유기인제처럼 급격히 저항성이 발달함과 동시에 저항성이 장기간 유지되는 약제가 있는가 하면(Cramham 1982, Inoue 1984, Dittrich 1972, Kuwahara 1977, Smith와 Fulton 1951), 저항성 발달은 완만하지만 불안정한 약제도 있다(Dennehy 등 1988, Edge와 James 1986, Hoyt 등 1985, Martinson 등 1991)

이처럼 약제에 의한 저항성 발달속도와 그후 저항성 인자의 소실 차이가 어떠한 기작에 기인하는가를 밝히는 것은 저항성 발달 억제 대책을 세우는

측면에서 중요하다. 특히 살비제의 경우 저항성 문제에 대한 대책으로서 사용가능한 대체약제가 적으며, 또 신규 살비제개발의 비용과 안전성을 검토해 볼 때 그다지 기대하기 어려운 상황임을 고려하면 현존하는 약제를 가능한한 효율적으로 이용하는 것이 바람직하다.

일반적으로 해충의 약제에 대한 저항성 발달과 그후 변화에 관여하고 있는 요인에 관해서는 Georghiou와 Taylor(1976)가 유전적, 생물적, 방제적인 것으로 나누어서 정리하고 있으며, 많은 요인들이 알려지고 있다. 그 중에서도 저항성 유전자의 우성도와 안정성은 집단유전학적으로 볼 때 중요한 요인이라 생각된다.

이에 본 연구는 전보(Kim 등 1994) "점박이응애의 dicofol 저항성 유전과 교차저항성" 보고에 이어 점박이응애의 dicofol 저항성의 안정성에 관해서 검토

한국화학연구소 스크리닝연구부(Screening Division, Korea Research Institute of Chemical Technology, Yuseong P.O.Box 107, Daejeon 305-606, Republic of Korea)

하였다

## 재료 및 방법

### 시험곤충

1986년부터 본 실험실에서 8년간 약제의 접촉없이 누대사육한 실내계통을 감수성계통(S)으로 하였으며, 감수성계통을 4년이상 dicofol을 처리하여 누대선발한 것을 저항성계통(R)으로 하였다. 실내 사육조건은 온도  $23 \pm 1^\circ\text{C}$ , 광주기 16L:8D, 상대습도는 50~60%가 되도록 조절하였다.

### 시험살비제

Dicofol [2,2,2-trichloro-1,1-bis(4-chlorophenyl)-ethanol, 96%].

### 살비제 처리방법

Kim 등(1994)의 방법에 따라 시험약제를 아세톤에 녹여 농도별로 희석을 한 후, triton X-100 100 ppm 수용액 9배와 혼합하여 처리약액을 조제하였다. 직경 5.5 cm의 페트리디쉬 내에 물을 충분히 적신 탈지면을 깔고 그 위에 직경 2.5 cm로 자른 강남콩 잎 디스크를 올려 놓고, 부드러운 붓으로 점박이용에 암컷성충을 30마리씩 접종하였다. 약제처리는 후드 내에서 소형 분무기로 응애와 함께 강남콩 잎이 충분히 젖을 정도로 처리약액을 살포한후 음건시켰다. 약제 처리후 온도  $23 \pm 1^\circ\text{C}$ , 상대습도 50~60% 조건에 보관하면서 처리 후 24, 48시간의 사충률을 조사하고, Finney(1982)의 probit계산법으로  $LC_{50}$ 값을 구하였다. 실험은 3반복 이상으로 실시하였다.

### 교배시험

상호교배(reciprocal cross)는 다음과 같이 조합하였다.

교배 1.  $R_f \times S_\delta$

교배 2.  $R_\delta \times S_f$

교배방법은 제 2약충기(deutonymph)에서 처녀암컷을 분리하고, 우화한 암컷과 수컷을 1:1 비율로 위의 방법으로 집단교미시켜서 얻은 차세대의 성충을 이용하였다.

### 저항성 안정성시험

Kim 등(1994)의 방법으로 선발된 dicofol 저항성계통을 공시하여, 3년간(1991년 8월~1994년 8월) 약제 도태없이 감수성 변화를 조사하였다. 또 dicofol 저항성계통과 감수성계통의 상호교배( $R_f \times S_\delta$ ,  $R_\delta \times S_f$ )에서 얻어진 자손의 약제처리 없이 13세대까지 감수성 변화를 조사하였다.

## 결과 및 고찰

Dicofol 저항성계통의 약제도태 없는 즉 역도태 조건하에서 암컷성충의 감수성 변화를 그림 1에 나타내었다. 역도태전의 감수성계통과 비교시 저항성비는 23.0배를 나타내었고, 1년(1991년 8월~1992년 8월)이 경과된 후에도 감수성 변화가 거의없었다. 그러나 1년 이후부터는 서서히 감소하기 시작하여 2년째에는 저항성비가 15.8배, 3년째에는 저항성비가 10.7배로 서서히 감수성쪽으로 기울었다. 완전히 감수성으로 복원되기까지 어느정도 시간이 소요될 것인가에 대해서는 정확하게 판단할 수 없지만 dicofol 저항성이 발달한 경우라도 약제사용을 중지하면 감수성 복원을 예측할 수 있다. 감수성으로 복원된 계통에 다시 약제를 처리하면 저항성의 발달은 처음 시작할 때보다 빠를 것으로 예상되며, 감수성으로 복원되기까지의 기간은 발달 당시 집단내의 저항성 유전자 빈도 및 그후 환경조건에 따라 다르지만 본 실험의 결과에 따르면 실내에서 5~6년의 기간이 필요할 것으로 보여진다. 이것은 실험실과 같은 폐쇄 환경하에서는 저항성 유전자 빈도가 그다지 높지

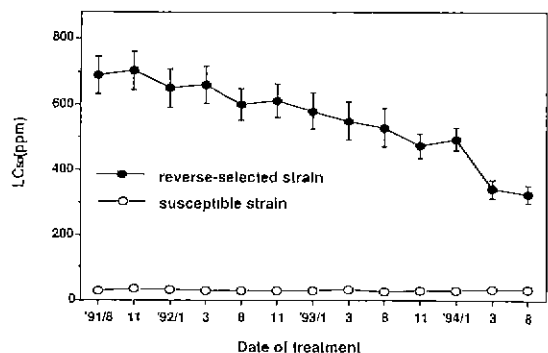


Fig. 1. Change in dicofol susceptibility of adult females in reverse selection of dicofol resistant strain of *Tetranychus urticae*.

않은데다가, 감수성계체와 저항성계체의 혼합 집단에 있어서도 저항성 개체족이 적응도가 약하기 때문에 (Inoue 1980, Mable과 Pree 1992) 저항성이 서서히 감퇴하는 것은 당연하다 또 이것은 Mable과 Pree (1992)의 사과응애의 dicofol 저항성계통을 약제 처리없는 역도태 조건에서 32세대를 경과해도 dicofol감수성의 변화를 볼 수 없었으며 야외에서 3년정도 안정할 것이라 하였는데, 본 실험의 결과에서도 3년이 지난후에도 10배이상의 저항성비를 나타낸 것으로 보아 상당히 일치하는 실험 결과를 나타내었다. 그러나 dicofol 저항성 점박이응애에 대해 다른 측면의 결과들도 있었다. 그 중 하나는 dicofol 저항성응애는 열성유전이기 때문에 감수성으로의 복원이 빠르다고 하였다(Denney 1988, Inoue 1979, 1980). Zil'bermintz 등(1968)은 dicofol 저항성 점박이응애에 관해서 약제도태 중지후 9세대에서 dicofol 저항성은 급속히 감소하고 감수성계통의 15~2배 수준으로 복원되었다고 하였다. 반대로 dicofol 저항성이 안정하다는 보고도 있다. Overmeer 등(1975)은 온실의 장미에 기생하는 점박이응애의 dicofol 저항성에 관해서 약제사용을 7년간 중지하였지만, 감수성으로의 복원은 거의 볼 수 없었다. 따라서 dicofol 저항성 점박이응애의 안정성은 연구자들에 따라 상이한 결과를 나타내고 있지만, 본 실험에 사용된 dicofol 저항성 점박이응애는 비교적 안정하다고 생각된다.

점박이응애의 dicofol 저항성계통(R)과 감수성계통(S)의 상호교배( $R_{\text{♀}} \times S_{\text{♂}}$ ,  $R_{\text{♂}} \times S_{\text{♀}}$ )에서 얻은 개체군의 세대별 감수성 변화를 그림 2에 나타왔다.

$R_{\text{♀}} \times S_{\text{♂}}$ 에서는 1세대의 경우 저항성비가 10.4이었다. 3세대 이후부터 7세대까지는 저항성비가 6.2~5.7로 감수성 변화가 없었다 그러나 10, 13세대에는 저항성비가 각각 4.9로 서서히 감수성 쪽으로 기울고 있었다.  $R_{\text{♂}} \times S_{\text{♀}}$ 에서도 전자와 비슷한 경향을 나타내고 있는데, 1세대에서 저항성비가 4.7이었다 3세대 이후부터 7세대까지는 저항성비가 2.4~2.1으로 감수성 변화가 없었고, 10, 13세대에는 저항성비가 각각 2.0, 1.5로 서서히 감수성 쪽으로 기울고 있었다 Pree(1987)는 dicofol 저항성계통과 감수성계통 사과응애를 1:1비율 혼합에서 5세대까지 dicofol감수성 변동을 볼 수 없었다. 그러나 Inoue (1980)는 dicofol 저항성계통과 감수성계통 굴응애를

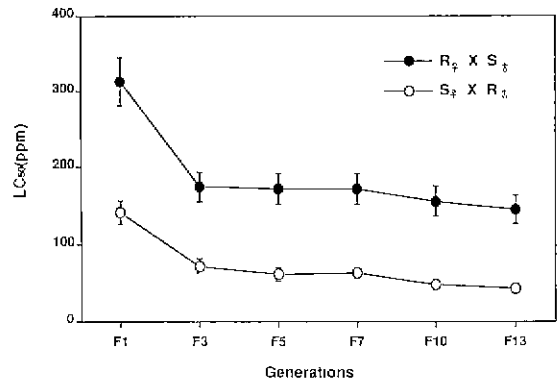


Fig. 2. Changes in dicofol susceptibility of adult females in reciprocal crosses ( $R_{\text{♀}} \times S_{\text{♂}}$ ,  $S_{\text{♀}} \times R_{\text{♂}}$ ) of *Tetranychus urticae* R: Dicofol resistant strain, S: Susceptible strain

1:1비율로 혼합하고 약제접촉 없이 25°C에서 17세대까지 사육을 계속하여 감수성 변동을 조사한 결과 혼합집단의 dicofol 감수성은 7~8세대째까지 상당히 높았으나, 13세대째 이후에는 감수성계통 수준 가까이 떨어졌다 이것은 약제가 처리되지 않는 환경조건에서 저항성계통과 감수성계통의 혼합집단의 dicofol 감수성이 세대가 경과함에 따라 서서히 감수성계통 쪽으로 기울어 가는 것은 저항성계체가 감수성계체보다 적응도가 떨어지고, 자연선택에 대해서도 생존상 불리하기 때문이다 또 이 조건에서의 dicofol 저항성은 불완전열성 유전에 지배받고 있기 때문에 우성유전에 비하여 혼합집단의 저항성 수준은 빨리 저하하게 된다(Inoue 1979, Kim 등 1994, Overmeer와 Van Zon 1973) 그러나 초기 집단에 포함되어 있는 저항성 유전자의 빈도가 상당히 높은 경우는 감수성으로 복원되기까지 당연히 장기간 소요될 것으로 예측된다

저항성을 지배하는 요인은 복잡하다 작용메카니즘이 충분히 해명되지 않았기 때문에 저항성발달을 예측하는 것은 더욱 어렵다. 약제저항성의 유전적인 정보를 저항성 발달후 문제화 되기전에 잘 파악할 수가 있다면, 저항성 발달 예측과 방지에 큰 역할을 할 수 있을 것이다. 따라서 본 실험에서 dicofol 저항성의 안정성을 분석하였으나 이들을 좀더 명확히 규명하기 위해서는 유전자수준에서 분자생물학적인 분석이 수행되어야 할 것이라고 생각된다.

## 인용문헌

- Cranham, J. E. 1982. Resistance to binapacryl and tetradifon, and the genetic background, in fruit tree red spider mite, *Panonychus ulmi*, from English apple orchards. *Ann. Appl. Biol.* **100**: 25-38.
- Dennehy, T. J., J. P. Nyrop, W. H. Reissing & R. W. Weires. 1988. Characterization of resistance to dicofol in spider mite (Acar: Tetranychidae) from New York apple orchards. *J. Econ. Entomol.* **81**: 1511-1561.
- Dittrich, V. 1972. Phenotypic expression of gene OP<sup>r</sup> for resistance in two-spotted spider mites tested with various organophosphates. *J. Econ. Entomol.* **65**: 1248-1255.
- Edge, V. E. & D. G. James. 1986. Organo-tin resistance *Tetranychus urticae* Koch (Acarina: tetranychidae) in Australia. *J. Econ. Entomol.* **79**: 1477-1483.
- Finney, D. J. 1982. "QUOT 10" for probit analysis (modified by Y. H. Song).
- Georgioui, G. P. & C. E. Taylor. 1976. Genetic and biological influence in the evolution of insecticide resistance. *J. Econ. Entomol.* **70**: 319-323.
- Hoy, M. A. & J. Conley. 1989. Propargite resistance in pacific spider mite (Acarina: Tetranychidae): Stability and mode of inheritance. *J. Econ. Entomol.* **82**: 11-16.
- Hoy, M. A., J. Conley & W. Robinson. 1988. Cyhexatin and fenbutatin-oxide resistance in pacific spider mite (Acar: Tetranychidae): stability and mode of inheritance. *J. Econ. Entomol.* **81**: 57-64.
- Hoyt, S. C., P. H. Westgard & B. A. Croft. 1985. Cyhexatin resistance in Oregon populations of *Tetranychus urticae* Koch. *J. Econ. Entomol.* **78**: 656-659.
- Inoue, K. 1979. The change of susceptibility of mite population to dicofol and genetic analysis of dicofol-resistance in the citrus red mite, *Panonychus citri* (McG.). *J. Pesticide Sci.* **4**: 337-344.
- Inoue, K. 1980. Relationship between dicofol resistance and fitness in the citrus red mite, *Panonychus citri* (McG.). *J. Pesticide Sci.* **5**: 165-175.
- Inoue, K. 1984. Resistance to amitraz in the citrus red mite, *Panonychus citri* (McGregor) in relation to population genetics. *Jap J appl Ent Zool* **28**: 260-268.
- Kim, G.H., C. Song, N.J. Park, & K.Y. Cho. 1994. Cross-resistance and inheritance of resistance dicofol-selected strain of the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch. *Korea J Appl Entomol.* **33**: 230-236 (in Korean).
- Kuwahara, M. 1977. The development and inheritance of resistance in the kanzawa spider mite, *Tetranychus kanzawai* Kishida, selected with chlordimeform, dicofol and phenthoate. *Jap J appl. Ent Zool* **21**: 163-168.
- Mable, B. K. & D. J. Pree. 1992. Stability of dicofol resistance in populations of European red mite (Acar: Tetranychidae) on apples in Southern Ontario. *J. Econ. Entomol.* **85**: 642-650.
- Martinson, T. E., J. P. Nyrop, T. J. Dennehy & W. H. Reissing. 1991. Field measurements of selection for European red mite (Acar: Tetranychidae) resistance to dicofol in apple orchard. *J. Econ. Entomol.* **84**: 1-6.
- Overmeer, W.P.Z. & A. Q. VAN Zon. 1973. Genetics of dicofol resistance in *Tetranychus urticae* Z. *Ang. Entomol.* **73**: 225-230.
- Overmeer, W. P. Z., A. Q. Van Zon & W. Helle. 1975. The stability of acaricide resistance in spider mite (*Tetranychus urticae*) populations from rose house. *Entomol. Exp. Appl.* **18**: 68-74.
- Pree, D. J. 1987. Inheritance and management of cyhexatin and dicofol resistance in the European red mite (Acar: Tetranychidae) *J. Econ. Entomol.* **80**: 1106-1112.
- Smith, F. F. & R. A. Fulton. 1951. Two-spotted spider mite resistant to aerosols. *J. Econ. Entomol.* **44**: 229-233.
- Yamamoto, S. & A. Nishida. 1981. Acaricidal studies on milbemycins, a new macrolide antibiotics II. Studies on a milbemycins-resistant strain of the two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch (Acarina: Tetranychidae) developed in the laboratory. *Jap. J. Appl. Entomol. Zool* **25**: 286-291.
- Zil'bermintz, J. V., Y. N. Fadeyev & L. M. Zhuravleva. 1968. On the inheritance of kelthane resistance in the two-spotted spider mite *Selskokozyaistucnnyaya* *Biologiya* **3**: 125-132.

(1994년 11월 21일 접수)