

새로운 개념의 살충제

윤 호 인*

서 론

가축은 많은 해충에 의해 피해를 입고 있다. 해충은 한정된 먹이에 대해 인축과 서로 경쟁적 관계에 놓여 있으며 또한 질병을 매개하는 인자이기도 하다. 인축의 수가 증가됨에 따라 농작물 공급이 증대되어야 하며 이를 충족시키기 위해 다양한 농약이 사용되게 되었다. 마르코폴로가 동방여행을 하고 온 뒤 처음으로 pyrethrin을 구라파에 소개한 뒤 대략 17세기 이후부터 농약이 적극적으로 사용되기 시작하였는데 천연산물 이용시대, 무기농약시대, 유기농약시대를 거쳐 현재에 이르고 있다. 농약의 사용에 의해 농작물 수확의 획기적 증대와 각종 해충으로부터 인축의 보호라는 측면에서 큰 기여를 하였으나 최근 농약의 무분별한 오·남용에 따라 생태계의 파괴, 인축에 대한 위협 등 소위 농약공해 문제가 대두되게 되었다. 따라서 저독성 농약, 잔류성이 적은 농약의 개발이 요청되고 있는데 juvenile hormone, 유인제, 불입제, 기피제, 생물농약 등에 대한 관심이 매우 높아지게 되었다. 본고에서는 지금까지 많이 사용되어 왔던 니코틴, 유기수은제, 유기비소제, 유기염소제, 유기인제, carbamate제를 제외한 새로운 개념의 농약에 대해서 소개하고자 한다.

1. Juvenile hormone(JH)

곤충의 성장과정은 신경내분비계에서 분비되는 다양한 호르몬에 의해 조절을 받고 있다. 이들 호르몬중 원뇌(protocerebrum)의 신경분비세포에서 분비되는 원흉선자극호르몬(prothoracot-

ropic hormone 또는 allatropic hormone)은 표적 내분비기관인 corpora allata와 전흉선을 자극하여 juvenile hormone(JH)을 분비시킨다. 그런데 전흉선은 탈피호르몬인 ecdysone(또는 전흉선호르몬)을 분비하는데 이 호르몬의 주된 작용은 곤충을 탈피시키는 것이다. 즉, ecdysone이 존재하지 않으면 곤충의 탈피는 일어나지 않는다. 그런데 JH는 ecdysone의 탈피작용을 유전적인 계획에 따라 조절한다. JH가 곤충 체내에 존재할 경우에는 곤충이 성숙하지 않더라도 조기에 탈피를 일으킬 수 있다. JH가 존재하게 되면 정상적인 변태를 하지 않은 상태에서 탈피가 일어나게 된다. 곤충의 체내에 JH존재를 최초로 시사한 사람은 Wigglesworth이었으며 Williams는 JH를 살충제로 이용할 수 있음을 제안하였다.¹⁾ 즉, Williams는 누에나방 (*Piastysamia cecropia*) 복부의 지방추출물이 변태에 대한 JH효과를 가지고 있다고 보고하였으며, Schmiealek²⁾는 *tenebrio*의 배설물에서 JH효과를 가지고 있는 최초의 화학물질인 farnesol을 발견하였다. 그 뒤 Bowers 등²⁾은 farnesol의 유도체인 trans, trans 10,11-epoxymethyl farnesenate의 합성에 성공하였다. 또 farnesoic acid를 염산처리하여 만든 7,11-dichlordihydrofarnesoate는 farnesoic acid보다 더욱 강력한 JH활성을 가지고 있음이 Law 등⁴⁾에 의해 보고되었다. 종이 펄프 원료인 전나무에서도 곤충의 변태 방해물질인 juvavione이 분리되었다.⁵⁾ JH와 비슷한 효과를 가지고 있는 이러한 물질들을 모두 JH 유사체라고 부른다. 미국의 Zoecon 회사는 JH 유사체에 대해서 연구를 많이 하고 있는데 현재 Zoecon-512, ZR-619,

* 충남대학교 수의과대학

ZR-777 등을 합성하고 있으며 그밖에 Hoffman-La Roches사는 20458, Stauffer사는 20458, Niagara사는 23509를 제조하고 있다. 어쨌든 모든 JH 유사체는 하나의 공통적인 특성을 가지고 있는데 이들은 모두 곤충의 JH작용을 모방하여 성숙 초기단계의 생리과정에 영향을 준다. JH는 곤충성장조절제, 곤충발육억제제라고도 불리워지고 있는데 탈피단계에 JH를 투여하게 되면 세포분화와 성숙이 억제되며 유충생성을 방해한다. 또한 JH유사체는 어떤 곤충에는 훈증효과를 나타내기도 한다.⁶⁾ JH 유사체를 적절하게 사용한다면 곤충의 방제에 매우 유용한 수단이 될 수 있기 때문에 Williams는 “제3세대 살충제”라고 명명한 바 있다.⁷⁾ 곤충의 생활환에 있어서 JH의 존재는 엄격하게 조절이 되고 있으며 이러한 조절이 곤충의 생명유지에 필수적인 역할을 하고 있다. 곤충체내의 JH수준의 변동은 곤충에 치사적인 작용을 나타내게 된다. JH는 곤충을 즉각적으로 살멸시키지 않기 때문에 살충효과의 평가에 어려운 점이 많다. JH는 곤충을 즉각적으로 살멸시키지 않기 때문에 살충효과의 평가에 어려운 점이 많다. JH를 투여하고 난 뒤 성충에로의 변태에 걸리는 시간을 고려하여 평가를 하여야 할 것이다. 여러 JH 유사체에 따라 선택적 독성이 다르기 때문에 제제 선택시 참고를 하여야 하며 야외에서 적용할 때 안정성 및 잔류효과에 대해서도 고려를 하여야 할 것이다. JH 유사체는 곤충 자체의 호르몬 작용을 모방하기 때문에 다른 살충제에 비해 내성이 적은 것으로 생각되어진다. JH 유사체는 대체로 특정한 곤충의 특정 성숙단계에 영향을 미치기 때문에 인축에 대한 독성도 낮고 생태계에서도 큰 영향을 미치지 않으면서 곤충을 방제할 수 있다고 알려져 있다. JH 유사체를 협력체인 piperonyl butoxide와 sesamex를 병용투여하면 살충효과는 더욱 증대된다는 보고도 있다.⁸⁾

2. 곤충 성장조절제

곤충 각피형성 억제제 : TH 6040[1-chlorophenyl-3-(2,6-difluorobenzyl) urea]은 화란의 Philips-Duphar사가 합성한 결정성 물질로서 쥐에서 L-

LD₅₀가 10,000ml/kg 이상으로 매우 안전한 살충제이다. Miller에⁹⁾ 의하면 0.1-1 ppm 농도에서 안면파리와 집파리 유충이 100% 살멸되었다고 한다. TH 6040의 작용기전은 곤충의 cuticle에 chitin의 침착을 방해하여 cuticle 형성을 억제하는데 있다. 즉, chitin의 주요 구성성분인 glucosaminien의 형성이 억제된다. 따라서 TH 6040을 투여받은 곤충의 cuticle은 위약하게되어 탈피과정에서 곤충을 충분히 지탱할 수 없다.¹⁰⁾

곤충 탈피호르몬 : Butenandt와 Karlson¹¹⁾은 누에에서 순수 결정성 물질인 α -ecdysone을 분리하였으며 1965년 Huber와 Hoppe¹²⁾는 그 구조를 밝혔으며 현재 합성되고 있다.¹³⁾ 다른 탈피호르몬인 ecdysterone (β -ecdysone)은 매뚜기에서 분리되었다.¹⁴⁾ 탈피호르몬은 식물에서도 분리되었는데 ponasterone A, ecdysterone, inokosterone 등이 그것이다. 탈피호르몬은 곤충의 각피를 통과하기 어려워 살충제로서 실제적으로 응용되지 않고 있다.

3. Pheromone

Pheromone은 체내에서 분리되어 다른 개체의 행동을 조절하는 물질이다. 오래 전부터 과학자는 암컷 곤충에는 수컷을 강력하게 유인하는 물질이 있음을 알고 있었다. pheromone에는 성유인제와 경보물질(alarm substance)이 있다. 경보물질의 한 예로 여왕벌이 분비하는 9-oxodec-trans-2-enoic acid는 일벌의 난소발육을 억제하는 작용을 가지고 있다. pheromone 중에서 해충의 방제를 위해 응용될 수 있는 것은 성유인제이다. 수많은 곤충은 성유인제를 가지고 있다. 이러한 성유인제를 화학적으로 구조를 밝히는 것은 매우 어려운데 그 이유는 곤충에 매우 소량 함유되어 있기 때문이다. 최근의 측정기기(TLC, IR, UV, NMR, MS등)의 발달에 의해 이러한 난점은 해결이 되어지고 있으나 성유인제는 다른 외인적 생물학적 요인이 복합되어 있어 순수 분리가 어렵다. 예를 들면 바구미과의 곤충의 성유인제는 4개의 외인성 물질이 함유되고 있다 하며¹⁵⁾ 느릅나무좀과의 곤충은 나무에 pheromone을 방출하면 여기에 나무가 방출하는 수즙이 혼합되어 수컷을 유인하게 된다. 수컷은

다른 숫컷의 유인물을 방해하는 pheromone을 방출한다. 이어서 암컷 숫컷 모두 반응을 나타낼 수 없게 하는 화학물질을 방출하여 해당 나무에 일정한 수의 곤충을 유지하게 한다. 또하나의 예를 들면 매미나방의 성유인제인 *cis-(z)-7,8-epoxy-2-methyloctadecane(disparlure)*인데 이 성유인제를 분비하는 선에서 *disparlure*의 전구물질도 같이 분비되는데 이 전구물질은 pheromone의 역제물질이다. 이러한 어려움에도 불구하고 현재 밝혀진 성유인제는 누에의 *gyptol*, *gyplure*와 매미나방의 *disparlure* 등이 있다. 1971년 Carlson 등¹⁶⁾은 집파리의 성유인제인 *muscalure*를 분리 동정하였으며 현재 미국의 Zoecon사는 이 성유인제와 살충제를 혼합한 제제를 시판하고 있다. 성유인제는 해충의 서식밀도를 평가하는데 사용할 수 있으며 또한 특정성을 선택적으로 포집함으로써 암·수 교미의 기회를 감소시켜 해충방제에 이용할 수 있다. 이러한 성유인제가 해충의 환경에 존재하게 되면 숫컷을 혼란시키든지 pheromone 수용체를 마비시킴으로써 암컷을 찾을 수 없게 한다.

4. 화학적 불임제

곤충의 숫컷을 불임화시킴으로써 살충시키려는 가능성은 Knippling¹⁷⁾에 의해 처음으로 제안되었다. 이러한 시도는 미국 Florida주에서 screw-worm의 박멸을 Co⁶⁰의 gamma ray에 의해 숫컷을 불임화시킴으로써 성공할 수 있었다. 이러한 성공에 힘입어 화학적 불임제 개발에 대한 적극적인 연구가 미 농무성에 의해 주도되었다. 1950년초 화학적 불임제에 관한 연구는 주로 대사길항제를 이용하여 암컷을 불임화시켜 난생산을 억제하는 데에 집중하였다. 그러나 1950년대 후반부터 방사선 동위원소와 알킬화제에 대한 집중적인 연구가 있었다. 알킬화제는 의약품으로 항암제로 주로 사용되고 있는 약물이다. 알킬화제는 생체성분 분자의 수소를 알킬기로 치환시키는 작용을 가지고 있다. 이들 제제는 구조적으로 유사한 점은 없으나 친전자성을 가지고 있어 전자가 풍부한 부위와 결합하는 특성을 가지고 있다. 알킬화제는 탄소에 전자쌍을 공여하는

극성물질인 친핵체와 쉽게 반응을 한다. 알킬화제로 *azaridine*, *methane sulfone*, *mustard*가 있으며 이들은 표적이 되는 친핵체와 반응을 하는데 특히 곤충에서의 친핵체로 작용하는 배우자이다. 이러한 불임효과는 인축에 사용되는 피임제와는 그 작용기전이 다르다. 특히 *azaridine* 제제가 곤충의 화학적 불임제로 많이 사용되는데 여기에는 *apholate*, *tepa*, *metepa*, *thiotepa* 등이 포함된다. 화학적 불임제로 많이 사용되는 비알킬화제에는 *phosphoramine*계 (*hempa*, *thiotempa* 등), *melamine*계, *dithiobiuret*계 및 기타 (염산길항제, 항암제인 *anthramyoin* 등)로 구분되는데 일반적으로 알킬화제에 비해 종특이성이 크고 작용범위가 좁은 것으로 알려져 있다. 화학적 불임제의 사용방법은 매우 다양하며 독미끼법, 국소처치법, 주사법, 도포법, 침지법, 훈증법 등을 응용할 수 있다. 대량의 곤충을 살멸시키기 위해서 유인제나 먹이와 혼합하여 사용하면 그 효과는 더욱 증대된다. 그러나 화학적 불임제는 인축의 DNA를 알킬화시킬 수 있어 발암성의 우려가 있기 때문에 사용시 각별한 주의가 요구된다.

5. 미생물 유래 살충제

합성 유기농약이 가진 잔류문제, 내성문제, 환경오염 등의 단점 때문에 미생물을 이용한 살충제의 개발이 오래 전부터 관심을 끌어 왔다. 특정한 세균, 곰팡이 바이러스 등이 이러한 살충효과를 가지고 있는 것으로 밝혀져 있다. 세균의 경우 현재 가장 관심을 끌고 있고 상품화가 되어 있는 것으로 *Bacillus thuringiensis*와 *B. popilliae*이다. *B. thuringiensis*는 *B. cereus*의 병원성 변종으로 추정되고 있는데 4종의 독소(α -, β -, γ -exotoxin, δ -endotoxin)를 분비한다. 이중 살충효과와 직접 관련이 있는 것으로 β -exotoxin과 δ -endotoxin으로 알려져 있다. 작용기전에 대해서 간단히 살펴보면 δ -endotoxin은 단백질 아포주변봉입체로서 곤충의 장관 상피를 파괴시켜 살충작용을 나타낸다고 하며, β -exotoxin은 내열성 adenosine nucleotide로서 ATP와 유사한 구조를 가지고 있기 때문에 ATP와 pyropho-

sphate를 분해하는 효소를 경쟁적으로 억제한다. β -endotoxin은 고독성으로 mouse에서의 LD₅₀가 13mg/kg (i.p.), 16mg/kg (s.c.)이며 간에 심대한 피사를 일으키고 신장, 비장, 부신에도 병변을 볼 수 있다. 모든 *Bacillus thuringiensis*의 모든 아종이 B-exotoxin을 분비하는 것은 아니기 때문에 상업적으로 이용하기 위해서는 β -exotoxin이 없는 제제를 개발하는 것이 요망된다. 한편 *B. popilliae*의 아포를 건조시켜 만든 제제(Doome®)는 알충칭이 구제에 많이 사용되고 있다. 많은 곰팡이 (*Bauveria bassiana*, *Coleomomyces* spp. *Metarrhizium anisopliae*)가 곤충(특히 모기)의 구제를 위해 사용되고 있다. 이들 곰팡이의 대사산물이 곤충에 독성을 가지고 있음이 밝혀져 있다.¹⁸⁾ 예를 들면 *Metarrhizium*은 destruxin A, B와 다른 살충성 독소를 산생한다. 그러나 곰팡이 자체는 취급상 안전하지 않을 뿐 아니라 포유류에 감염이 될 수 있으며 특히 진균독소는 매우 위험하기 때문에 주도면밀하게 사용하여야 할 것이다. 바이러스 중에는 *Heliothis nuclear polyhedrosis virus*가 목화열매충에 효과가 있어 현재 미국에서 많이 사용되고 있다고 한다.

6. 합성 유인제

곤충이 먹이, 산란 장소, 이성에 유인되는 현상은 잘알려져 있으며 최근 이러한 유인성을 이용하여 해충구제를 하려는 시도가 활발하다. 합성유인제를 개발하기 위해서는 먼저 곤충의 생리적 유인성을 경험적으로 관찰한 뒤 곤충체내로부터 특정 유인물질을 추출하고 그 구조를 밝히고 이를 합성하는 단계를 거쳐 그 합성물질로 동물의 유인성을 확인한다. 현재 이러한 합성 유인제는 유해한 곤충인 파리, 모기, 풍뎅이, 투구벌레 등에 대해 개발이 되고 있다. 파리의 경우 슛컷을 유인하는 유인제인 methyl eugenol이 합성되어 유기인제인 naled와 혼합하여 살충 효과를 얻고 있다. 모기의 유인제로 diethyl dioxapiro undecane, 풍뎅이의 그것에는 1,4-benzodioxane-2-carboxylate, butyl sorbate, 투구벌레에 대해서는 methylcyclohexanepropionate가 있다. 때때로 이러한 유인제는 단독으로 사용하는 것

보다 혼합하였을때 유인효과가 더 크다고 한다. 투구벌레의 경우 geraniol, phenethyl butyrate, eugenol(9:9:2)의 혼합제가 phenyl butyrate, eugenol(9:1)보다 더 큰 효과를 보았다고 한다. 유인제는 종특이성이 매우 크기 때문에 표적 해충에만 작용을 한다. 따라서 유인제를 이용한 해충방제는 생태학적인 관점에서 유리한 방법으로 평가된다.

7. 기식제와 기피제

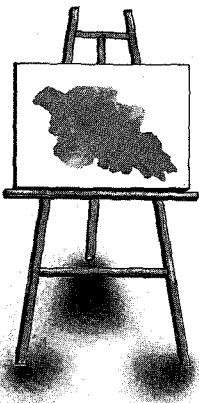
기식제는 살충효과는 없으나 해충이 먹이에 접근하는것을 막거나 먹이의 섭취를 계속하지 못하게 하는 작용을 가지고 있다. 기식제가 해충의 근처에 충분한 먹이가 있더라도 먹을 수가 없다. 인도 라일락에서 추출한 azadirachtin을 먹이에 섞어주면 메뚜기는 먹이 섭취를 못해 결국 아사하게 된다. 밀구슬나무 잎의 클로로프롬 추출액을 먹이에 0.03%로 혼합하면 거염벌레의 기식효과와 성장억제효과를 거둘 수 있다. 그외에 기식제로 insolboldine, organotin, fentin acetate, AC 24055 등이 있다. 기피제 역시 살충효과는 없으나 해충으로부터 인축보호효과를 가지고 있다. 특히 사람에게 있어 흡혈곤충이나 질병매개 곤충에 대한 보호효과는 잘알려져 있다. dimethylphthalate와 2-ethyl-1, 3-hexanediol은 이차대전 중 남양군도에 근무하던 미군이 말라리아를 매개하는 모기를 기피하기 위해 광범위하게 사용하였다. 진드기 기피제인 dibutylphthalate와 benzylbenzoate는 털진드기병 예방을 위해 의복 침적에 사용되고 있다. Deet(N,N-dimethyl m-toluamide)는 모기, 파리, 벼룩에 대한 기피제로 많이 사용되고 있는 제제이다.

참 고 문 헌

1. Williams, C. M.: Nature. (1956) 178: 212.
2. Schmialek, P.: Naturforsch. (1961) 166: 461.
3. Bowers, W. S., Thompson, M. J. and Uebel, E. C.: Life Sci. (1965) 4: 2323.
4. Law, J. H., Yuan, C. and Williams, C. M.: Proc. Nat. Acad. Sci. U. S. (1966) 55: 576.
5. Bowers, W. S., Fales, H. M., Thompson, M. J. and Uebel, E. C.: Science. (1966) 154: 1020.

6. Bowers, W. S.: Science. (1969) 164:323.
7. Williams, C. M.: Sci. Amer. (1967) 217:13.
8. Bowers, W. S. Science. (1968) 161:895.
9. Miller, R. W.: J. Econ, Entomol. (1974) 67:697.
10. Wellinga, K., Mulder, R. and van Daalen, J. J.: J. Agr. Food Chem. (1973) 21:348.
11. Butenandt, A. and Karlson, P.: Z. Naturforsch. (1954) 96:389.
12. Huber, R. and Hoppe, W.: Chem. Ber. (1965) 98:2403.
13. Siddall, J. B., Cross, A. D. and Fried, J. R.: J. Amer. Chem. Soc. (1966) 88:862.
14. Stamm, M. D. An.: Real Soc. Esp. Fis. Quim. (1959) 855:171.
15. Tumlinson, J. H., Hardee, D. D., Gueldner, R. C., Thompson, A. C., Hedin, P. A. and Minyard, J. P.: Science (1969) 166:1010.
16. Carlson, D. A., Nayer, M. S., Silhaek, D. L., James, J. D. and Beroza, M.: Science (1971) 174:76.
17. Knipling, E. F.: J. Econ. Entmol. (1955) 48:459.
18. Roberts, D. W.: J. Invertebr. Pathol. (1966) 8:212.

“Veterinarian Oath”



“가끔씩 인생을 스케치하는 수의사”

가을이 오고 있습니다
 석양에 하얗게 빛나는
 갈대언덕이 보입니다

그리고 나는 나만의 시간을 찾고자 노력하는
 수의사임으로 안타편을 처방합니다.
 황혼 들녘에서 자나온 날들을 돌이켜보고자
 합니다.



수의사의 권위와 품위를 존중하는
주식 과학축산
 수신자부담
 전화서비스 080-023-2361

