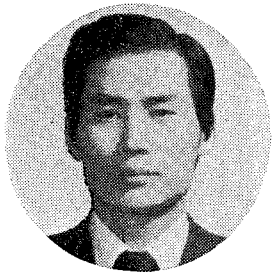
(논) (단)

향후 농약개발전망과 혼합제 개발의 필요성



충북대학교 농과대학
교수 이 재 구

매년 8천만명씩 증가해 가고 있는 세계인구와 특히 굶주리고 있는 4~5억의 인구에게 식량을 공급해야 하는 일은 우리 농업인들의 지상의 과제라 아니할수 없으며 또한 그 사명감을 절실히 느끼고 있는것이 오늘의 현실이다.

식량증산의 수단으로 농작물의 우수품종 육성, 비료 그리고 농약의 사용이 요구되는 것은 주지하는 사실이다.

그러나 오랜기간 동안의 농약사용으로 말미암아 유해곤충과 병원균에는 저항성이 유발되었고 한편으론 각종의 농약을 오용한 결과 환경오염을 우려하게 되었다.

이제 종래의 말썽많은 잔류성 유기염소제들은 생산 및 사용이 금지되었고 무공해 농약의 개발이 계속 추구되고 있다.

참고적으로 농약 한 품목을 개발

하는데 소요되는 비용을 살펴보면 1956년도에 1.2백만불, 1969년도에 4.1백만불, 1975년도에 13백만불, 그리고 1980년도에는 25백만불이라고 한다.

이처럼 엄청난 비용이 소요됨으로 오늘날 선진 제국에서는 자연계에 존재하는 화합물들 중에서 농약으로 사용 가능한 것들을 선별 하는데 보다 많은 노력을 기울이고 또한 이미 알려진 농약들 중에서 비 잔류성이고 저독성인 것들의 혼합제를 개발하여 시간과 노력의 절감은 물론 그들의 협력 작용에 의하여 보다 효과적인 방제법을 강구 하고저 노력하고 있다.

현재 개발되어 사용중에 있거나 앞으로도 계속 연구 개발 가능성이 많은 화합물들에 관하여 살펴 보기로 하자.

1. 피레트린 유사물의 이용

제충국(Chrysanthemum cinerariaefolium) 중에 존재하는 두가지 중요한 성분인 Pyrethrin Ⅰ (35%)과 Pyrthrin Ⅱ (32%)는 1920년대에 알려졌고 그후에 Cinerin Ⅰ, Cinerin Ⅱ, 그리고 jasmolin Ⅰ, jasmolin Ⅱ가 차례로 밝혀졌다.

1949년 최초로 Pyrethroid 합성성공으로 농약개발 박차

이들의 성질과 유사한 Allethrin이 1949년 최초의 合成 Pyrethroid로 생산되었다. Tetramethrin은 1964년에 생산된 제二의 合成 Pyrethroid이다. 이것은 一般的으로 有效性은 인정되지 못하였지만 그의 "녹초" (Knockdoun) 능력은 널리 사용되었다.

天然 Pyrethrin과 초기에 합성한 Pyrethrin을 工場에서 생산한 것을 價格으로 환산하면 6천만불~7천만불이나 된다고 한다.

1973년에는 Michacl Elliott (英)에 의하여 Permethrin이 日光에 安定한 Pyrethroid라고 보고되었다. 그리하여 이 Permethrin에 기초하여 Pounce와 Ambush라는 살충제가 시판 되기에 이르렀다.

그 다음으로 출현한 것이 Cypermethrin(NRDC149)으로서 美國에서는 木花재배용 살충제로 실험중이고 南美에서는 이미 Arrivo라는 상품명으로 사용되고 있다. 다른 또 하나의 合成 Pyrethroid는 Fenvalerate로서 美國과 大部分의 非 아세아 지역에서 사용되고 있다. Decamethrin은 유럽과 라틴 아메리카에서 시판되고 있는 것으로 NRDC Pyrethroid

中에서는 가장 강력한 살충제의 하나이다.

참고적으로 1980년도에 전 세계에 시판된 Pyrethroid의 통계를 보면 표 I과 같다.

표 I. 피레트린 유사체(Pyrethroids) 시판통계

생 산 품	체 적		면적
	(㎏)	(%)	(%)
펜발러레이트 (Fenvalerate)	1,050	44	27
퍼메스린 (Permethrin)	860	36	22
싸이퍼메스린 (Cypermethrin)	380	16	25
데카메스린 (Decamethrin)	100	5	26

표 I에서 보는 바와 같이 태양광선에 안정한 Fenvalerate는 가장 많은 판매 실적을 올려 1980년도에 $350,000,000로서 1979년도치 보다 42%나 증가를 보이고 있다.

'86년 살충제의 20% 점유할듯

Pyrethroids는 1980년도에 시판된 살충제중 9%에 해당되며 그중 미국이 20%를 차지하고 있다. 그리하여 Pyrethroids는 1986년까지 시판되는 殺虫劑의 20%까지 증가 하리라 예상 하고있다.

그리고 많은 化合物들이 현재 활발히 開發되고 있으며 그 중 Cyfluthrin은 1980년에 태국에서 Bayer 社에 의하여 시험 판매 되었다.

世界的會社들 개발계획수립

Fluvalinate는 구조와 活性이 Fenvalerate와 유사한 또 하나의 化合物로서 Zoecon 회사에 의하여 개발중이다.

Dow Chemical 회사는 Vivithrin (Dowco 417)의 개발을 고려중이고 ICI 회사는 Cyclopropane Carboxylic 基를 함유한 Pyrethroid의 하나인 Cyhalothrin의 개발에 힘써 오고 있다.

2. 미생물을 이용한 농약개발

미생물 자체 및 그들이 생산하는 물질을 농약으로 사용한 역사는 상당히 오래 되었다. 그중에서도 *Bacillus thuringiensis*가 생산하는 결정 단백질인 δ-endotoxin의 나비목 해충에 대한 선택적 독성은 수년동안 농약으로서 이용되어 왔다.

그리고 *Bacillus Sphaericus*는 모기에 유효하고 *Bacillus Popilliae*는 딱정벌레에 특히 유효하다.

또한 低分子量의 微生物 대사물질중 殺虫性을 갖춘것을 보면 호흡 저해제로는 Antimycin A, Patulin, 그리고 Piericidines 등이 있고 단백질

합성 저해제로는 Cycloheximide와 tenuazonic acd, 그리고 세포막 활성 물질로는 destruxin, beauvaricin, polyene 抗生物質들이 있다.

Nikkomycin 앞으로 유망할듯

이상에서 말한것들은 사용 하는데 상당히 제약을 받지만 農用抗生物質로 有望한 것으로 Nikkomycin이 있다.

이 Nikkomycin은 Nucleoside 유사체로서 구조적으로는 農用抗곰팡이제로 사용되고 있는 Polyoxins과 관련이 된다.

이들 抗生物質들은 Chitin synthetaes라는 효소의 저해제로 작용하고 Chitin이 곤충의 表皮를 構成하는 중요한 물질인 이상 Nikkomyincs는 강력한 殺虫作用을 가진다.

殺虫작용을 가지고 있는 기타의 발효 産物中에는 prasinons와 milbemycins가 있다. 그리고 macrotetralide인 tetranactin은 1974년부터 植物의 살비제로 사용 되고 있다.

미생물의 대사산물을 제초제로

미생물의 대사산물이 아직 제초제로 사용 되고있는 단계는 아니지만 Streptomycete의 二次대사 산물이 제초제의 작용을 가지고 있다는 보고가 있으며 그의 예로서는 herbimycins [Ansamycins는 단자엽 및 쌍자엽 식물에 유효]와 herbicidins [쌍자엽 식물에 유효한 Nucleoside 유사체임]가 있다.

만일 경제적인 모든 문제만 해결이 가능 하다면 이것은 확실히 유망한 분야라 생각된다.

3. 곤충호르몬을 이용한 농약개발

천연적으로 존재하는 농약으로서 昆虫 Hormone은 害虫防除用으로 개발의 가능성이 많은 매우 중요한 분야가 되고 있으며 그 중에서도 幼虫호르몬(Juvenile hormone, J.H)은 가장큰 關心을 모으고 있다.

약충호르몬이 가장 큰 관심

比較的 잔류성이 짧고 活性이 오래 지속되지 못하는 단점 때문에 현 단계로서는 광범위 하게 사용은 못 되고 있는 실정이나 예외적인 것으로 Methoprene 같은 것은 合成유사체로서 비교적 안정하여 시판되고 있다.

Methoprene Zoecon 회사의 Henrick 등이 합성한 것으로서 Altocid®,ZR-515 등 으로도 알려져 있으며 모기 방제에 전망이 밝고 뿔파리와 쇠파리 경우에는 소에게 먹이와 함께 급

여 함으로서 방제효과가 좋고 불개미 방제에도 유효하다.

JH, 유충상태를 장시간 유지

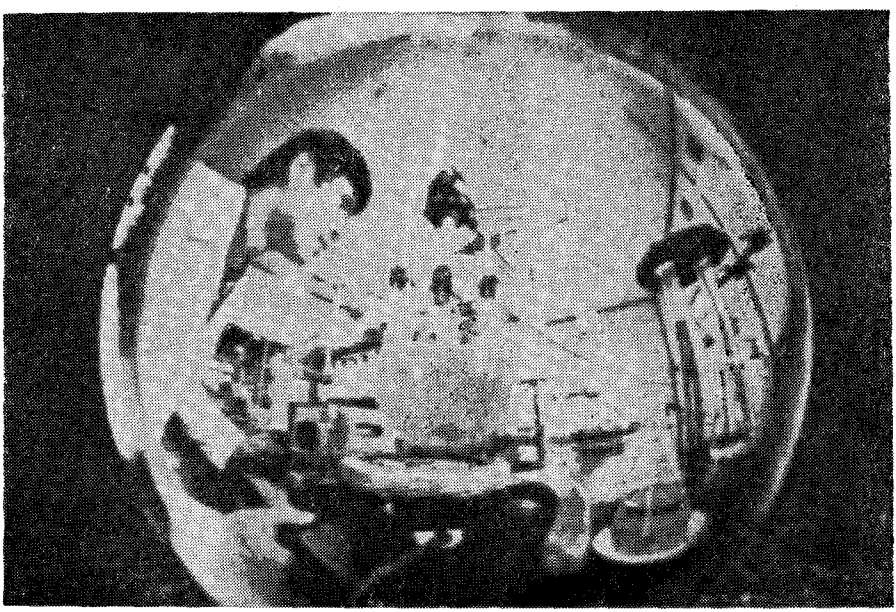
JH에 관하여 조금 살펴보면 昆虫의 생활사에는 알→유충→번데기→성충의 네가지 發育단계가 있으며 이들 각 단계의 평형을 유지하는데 관여하는 호르몬으로는 昆虫의 유충상태를 오래 지속 하도록 하는 JH와 탈바꿈(Ecdysis)을 促進하는 엑다이손(Ecdysone) 등이 있다.

JH는 昆虫의 머리에 존재하는 두개의 작은샘 (Gland)인 코르포라 알라타(Corpore allata)에서 분비된다.

성장한 幼虫이 成虫으로 탈바꿈하기 위하여는 JH의 분비가 멈추어야 한다.

이 JH의 存在는 일찌기 1939년에 인정 되었고 그 분비 장소가 Corpora allata라는 것도 알려진 것이다.

Harvard大學의 Carroll Williams는 1956년 Cecropia moth에라는 나방의 숫놈 어미의 腹部는 JH의 저장소를 가지고 있다는 것을 우연히



◇ 세계각국은 보다 저독성이며 환경에 대한 영향이 적은 약제를 개발하기 위한 노력을 경주하고 있어 유망한 약제가 속속 개발되고 있다.

發見하였고 이 Hormone은 딱정벌레목, 나비목, 노린재목, 그리고 메뚜기목에서 영향力이 강하다는 것을 알게 되었다.

Cecropia J.H의 化學構造가 확립되기 이전에 과학자들은 植物體에 天然的으로 존재하는 Sesquiterpene 알코홀인 화르네솔(Farnesol)은 JH의 活性을 약간 가지고 있음을 관찰하였다. 그리하여 美 농무성의 William Bowers는 farnesol의 유도체로서 farnesol 보다는 1,600배 活性이 강하고 Cecropia J,H 활성의 0.02%가 되는 J.H 유사체인 J,H 3 (Methyl-10, 11-epoxy-farnesoate)를 合性 하였으며 美國 Wisconsin大學의 Herbert Röller는 Cecropia moth JH의 化學構造를 決定하여 JHI이라 하였다.

다음 (그림 Ⅰ) 구조식에서 보는 바와같이 이것은 Sesquiterpene에 속하는 farnesol과 매우 유사한 구조를 가지고 있음을 알수 있다.

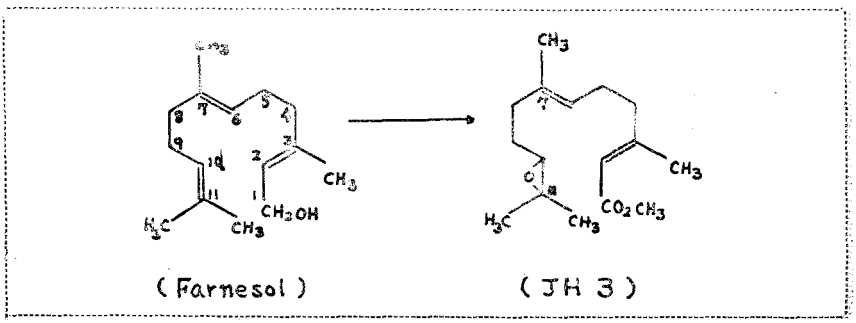
JHI은 JH3의 구조에서 7번과 11번 탄소에 각각 에칠(CH_3CH_2-)基가 들어간 것이고 JH2로 알려진 것은 7번 탄소에 메칠(CH_3—)基가 들어간 것이다.

또한 Bowers 등은 抗 —JH 活性을 가진 植物을 탐색하기 위하여 非極性溶媒로 식물을 抽出하여 幼虫에 시험해 본 결과 보통의 관상식물로 화단용 화초인 고사리과의 一種인 *Ageratum houstonianum*이 이런 작용을 가지고 있음을 發見하여 Precocene Ⅰ과 Precocene Ⅱ로 確認되었다.

Azadirachtin 기피성도 유망

이와 관련하여 한가지 흥미있는 식물인 Neem tree (*Azadirachta indica* 종자의 추출액이나 분말은 몇가지 昆虫에 대하여 殺虫成分을 보이고 있다.

이 식물의 種子와 잎은 Azadirac-



(Farnesol) (JH 3)

htin이라는 化合物을 含有하며 이것은 장래성 있는 새로운 昆虫기피제이다.

이것은 침투성 농약이므로 식물속으로 흡수되어 내부로부터 작용함으로 많은 昆虫을 아사 시킬수 있다

또한 극히 强力한 기피작용 외에도 추출액은 어떤種의 昆虫에게는 생장조정 효과도 보인다.

4. pheromone을 이용한 해충방제

살충제 개발에 있어서 큰 가능성을 보이는 또 하나의 중요한 분야는 곤충 훼르몬이다. 훼르몬은 어떤 종의 개체에 의하여 외부로 분비되고 동종의 제2의 개체가 이것을 받아들이면 특수한 반응을 보이는 일종의 「화학적 전령」이라고 볼수 있는 물질로서 교미하기 위하여 반대 성(性)의 곤충을 자극하거나 유인하여 모이게 하는 것을 특히 性 훼르몬(Insect sex pheromone)이라고 한다.

일종의 「화학적 전령」역할

Butenandt 등 (1959)은 누에나방 처녀 암놈 500,000마리의 하복부로부터 12mg의 성 유인물질을 추출해 내었다.

그후 Bierl 등(1970)은 집시나방으로 부터 강력한 성 유인물질인 "Disparlure"를 분리 확인하고 또한 합성하는데 성공하였다. 곤충 훼르몬의 대부분은 분자량이 40~300 범위의 지방산이나 테르펜(Terpenes)류이다. 실제 포장실험에서 좋은 활성을 보인 곤충 성 유인제를 들어 보면 표 2와 같다.

최근에 발견된 성 훼로몬으로서 주머니나방(bagworm moth)의 여성 훼르몬의 화학성분은 (R)-1-methy

표 2. 포장시험에서 활성을 보이는 곤충 성 유인제

화 합 물	곤 충
Valeric acid	사탕무우 방아벌레
trans-9-oxo-2-decenoic acid	꿀벌
Cis-8-dodecenyl acetate	Oriental fruit moth
Cis-9, trans-12-tetradeca dienyl acetate Cis-9-tetradecenyl	남부멸강나방
trans-10, Cis-12-hexadecadienl-ol	누에
Cis-7,8-epoxy-2-methyloctadecane	집시나방
Undecanal	큰 벌집나방
Cis-2-isopropenyl-1-methyl cyclobutane ethanol	다래바구미

butyldecanoate이며 암놈 가슴에 있는 분비선에서 분비되어 몸통에 나 있는 털로 부터 방사된다. 훼르몬을 사용할때는 유아등과 함께 사용하며 새로운 곤충의 발생과 충해의 밀도를 조사하는데에도 유용하다.

병해충 방제에 크게 기여할듯

특히 훼르몬 제제를 만들때는 마이크로인캡슐레이숀(Microencapsulation) 기술을 이용하면 더욱 효과적으로 이용할 수 있다. 이들 훼르몬 사용은 개발 도상국에서는 지금 당장에는 유용성이 없을지 모르나 앞으로 10여년간 이들은 종합적 병해충 방제에 크게 기여할 것으로 생각된다.

5. 기타 농약의 개발

최근 스위스에서 개발된Norflurazon 입제는 피리라다지논(Pyridazinone)계에 속하는 저독성의 선택성 제초제로서 그 작용 기구는 식물체에 흡수되면 엽록소 부족 현상을 보여 엽록소의 광 산화 반응을 저해하여 고사 시킨다. 또한 독일 바이엘(Bayer) 회사의 Büchel 등은 1967년 부터 Azole계 화합물의 합성을 시작하여 요즈음 새로운 형태의 농약이 소개되고 있다. 이들 농약은 살균제로서 적용 병균의 범위가 넓고 우수한 예방, 치료 및 근절효과를 보이며 침투 이행성 및 잔류성이 있고 작물에 대한 오염의 염려도 없으며 각종 약제와 혼용을 할 수 있는 안전성이 높은 농약이라고 소개되고 있다.

화학물질을 이용한 잡초 방제의 다른 한 가지 흥미있는 방법은 잡초 종자의 발아를 촉진하기 위하여 식물 생장 조정물질을 사용하는 것이다. 예를 들면 기생잡초인 스트리가(Striga)의 주된 기주 식물인 옥수수(Maize)는 witchweed 종자의 발아를 선택적으로 유발 할수 있는 화학물질인 Strigol을 함유하고 있다. 만일 이 Strigol을 적기에 처리하면 기주 식물인 옥수수가 없어도 발아될 수있다. 그리하여 Striga의 어린 싹이 옥수수에 부착되기 전에 죽게 된다.

에칠렌가스 이용해 잡초방제

유사한 다른 예로 제삼 세계의 잡초인 Striga종자 초종용(Orobanche種)에 대하여 에칠렌 가스를 토양표면 밑에 주입하여 이들 잡초 종자의 조기 발아를 유발하는 방법을 미국 농무성에서 연구중에 있다고 한다. 식물 생장 조정제 이용의 한 예로 담배 재배에 있어서 액아(Suckers)

의 생장을 억제 하기 위하여 식물 생장 조정제를 처리하는데 Fatty alcohols(FA)와 Maleic hydrazide (MH)는 일반적으로 유효하게 사용되는 약제이다. 그러나 MH의 경우 잔류성이고 종양과 돌연변이를 유발하며 생식에도 영향을 준다고 알려졌기 때문에 안전한 다른 약제를 개발하려는 노력을 기울여 왔다. Wilcox 등은 최근 (1977년) CGA-41065라는 새로운 화합물을 가지고 미국 Florida에서 포장 시험을 행한 결과 우수한 결과를 얻었다고 보고하였으며 현재 Ciba Geigy 회사에 의하여 시판 단계에 있다.

6. 혼합제의 장점과 개발현황

세계의 모든 나라들이 혼합제 개발에 관심을 모으는 이유는 서론에서 언급한 바와같이 엄청난 개발 비용을 줄일 수 있고 기존의 농약들 중에서 저독성의 것들을 선별하여 혼용함으로써 인축에 대하여 안전하고 환경의 오염을 방지 할수 있는 농약을 사용할수 있기 때문이다. 그리고 살균제와 살균제 살충제와 살충제 살충제와 살균제 그리고 제초제와 제초제등을 혼합함으로서 각종 농약간의 협력작용을 이용하여 농약의 효과를 증진시키고 병해충 방제시의 비용과 노력을 절감할 수 있기 때문이다.

개발비 줄이고 안전성제고

구체적인 실례를 들어보면 일본에서는 전체 품목의 54%에 해당하는 567종의 혼합제가 개발되어 사용중에있고 우리나라에서는 1982년 부터 혼합제에 관한 연구를 시작하여 현재 약 28종의 혼합제를 사용하고 있는 중이다. 살충제—살균제 혼합제의 한예로서 PAP·BPMC·Kasugamycin 분제는 유기 인제인 PAP 2.0%, 카바메이트제의 살충제인 BPMC 1.5%, 그리고 항생물질 살균제인 가스가 마이신 0.23%를 혼합한 제제로서 벼의 이화명충, 끝동매미충, 멸구류, 그리고 도열병을 동시에 방제할수 있다는 장점이 있다. 또 제초제—제초제 혼합제의 한 예로 Metolachlor·CAT 수화제는 Metolachlor 30.0%, CAT 15.0을 함유한 유백색 수화제로서 잡초의 발아억제 또는 발아 직후의 어린 잡초를 고사시키는 작용을 나타낸다.

제제기술 개발에 많은 노력

농산물 증산에 있어서 농약이 중요한 역할을 하고 있다는것은 재론의 여지가 없지만 환경오염등 여러가지 이유때문에 전 세계적으로 저

독성이고 비잔류성인 무공해 농약을 추구하고 있는 실정이다.

그리하여 천연적으로 존재하는 식물성 살충제인 피레스린과 이의 유도체를 합성하여 살충제로 사용하려는 노력이 세계 여러나라에서 시도되어 사용중에 있으며 앞으로도 계속될 것이다.

또한 미생물 자체 또는 그것이 생산하는 여러 독성물질이나 항생 물질을 농약으로 이용하고 있는 것도 잘 알 수 있다.

화학 불임제에 의한 곤충의 방제는 이론상으로는 타당성이 있지만 현재로서는 선진국에서도 아직 광범위하게는 사용되고 있지 못한 실정이다.

왜냐하면 전리 방사선을 이용하는 방법이 보다 적절하기 때문이다.

그러나 이 분야도 계속 연구개발할 가치가 있다고 생각된다.

그리고 곤충 호르몬과 훼르몬을 농약으로 이용하는 분야도 개발의 가능성이 많은 중요한 분야라 할수 있다.

또한 저독성이고 비 잔류성인 무공해 농약의 개발을 위하여 꾸준히 노력은 기울이고 있지만 엄청난 개발비 때문에 최근에는 기존의 농약을 가지고 보다 합리적으로 이용하는 한 방법으로 혼합제의 개발과 제제기술의 향상에 보다 관심을 집중하고 있다.

(빈) (병) (회) (수) (캠) (페) (인)

9. 15은 「농약빈병 일제수집의 날」입니다.

농약을 사용하시는 농민 여러분!

9. 15일은 농약빈병 일제수집의 날 입니다. 모두가 참여의식을 가지고 농약빈병을 적극 수집하여 아름다운 농촌환경을 보호하는데 다같이 앞장섭시다

"무심코 버린 농약병에 너도나도 발다친다"