

농약

정보

세계 신농약개발의 급후 동향

전남대학교농과대학

교수 이승찬

현재 46억에 이르고 있는 세계인구는 2,000년대에 65억이 될 것이라고 추정(推定)하고 있으며 이와같은 폭발적 인구증가에 비하여 농산물의 증산율(增産率)은 점점 뒤지고 있는 실정이다. 그러나 세계적으로 이용 가능한 경지(耕地)면적이 제한되어 있기 때문에 단위면적당 수량증가는 불가피하며 이와 더불어 다수 품종(多収品種), 다비(多肥), 밀식(密植) 및 조기재배(早期栽培) 등에 따른 병해충 및 잡초의 피해(50~60% 감소)를 막기 위한 효율적 수단으로써 농약소비량은 증가를 보이고 있다.

2차세계대전후 새로운 유기합성농약(有機合成農藥)의 개발과 이들의 급진적인 대량사용은 일반화되었고 최근 20년동안에 농약사용량은 급격히 증가되어 이에 따라 농약은 환경오염(環境汚染)요인으로서의 부작용(副作用)도 생각하지 않을수 없게 되었다.

그러나 인류기아(饑餓)의 해방을 위해서는 농산물 증산이 더욱 절실하기 때문에 농약사용의 증가추세(趨勢)는 어쩔수 없으며 신농약을 개발하는 데는 기존약제의 단점을 개선 보완하여 계속 발전시킴과 동시에 특이작용기구(特異作用機構)를 가진 신농약개발을 촉진시켜야 할 것

이다. 그러면 이 지면을 통하여 세계적 농약개발의 문제점과 개발전환 및 신농약개발의 방향등에 대하여 이모저모를 검토하여 보고자 한다.

I. 농약산업인 신장(伸張)

세계의 농약산업은 2차세계대전 이후부터 급진적으로 신장되었고 농업생산성도 엄청나게 성장하였다. 년도별로 세계 농약소비량(消費量)을 보면 1960년도에 총농약판매액(販賣額)이 10억불이었으나 1970년에는 3배인 30억불이었고 근래에 이르러 14배인 140억불로 크게 늘어났다. 또한 최근 세계적으로 농약의 3가지 종류별 소비율을 보면 제초제(除草劑)가 42%로서 가장 큰 비중을 차지하고 살충제(殺虫劑)는 35%이며 살균제(殺菌劑)가 23%로서 가장 적은 비중을 차지하고 있다. 한편 주요 작목별(作目別) 소비사용량을 보면 과채류(果菜類)가 가장 많고 수도, 목화, 콩의 순이다.

우리나라는 처음에 완제품(完製品)을 수입 공급하다가 점차 원료(原料)수입으로 전환하였고 1970년대부터 국내 합성을 시

작하여 최근에는 56종(살균제 22종, 살충제 22종, 제초제 7종, 기타 5종)을 생산하여 50% 이상 자급하면서 수출량도 점점 늘어가고 있는 실정이다.

II. 농약개발비의 과중투입(過重投入)

농업개발연구에 소요되는 경비는 농약의 종류나 나라에 따라 다르겠으나 1950년대에는 농약품목당(品目當) 1~2백만불을 투자했고 '60년대에는 3~5백만불을, '70년대에는 10~15백만불을, '80년대에는와서는 20~25백만불까지 투자하고 있다.

농약개발기간과 확률(確率)을 보면 초기에는 5~6년에 1만분의 1이던 것이 근래에는 10~12년에 걸쳐 2만분의 1비율로 개발하기가 매우 어렵고, 기간도 배이상으로 소요된다. 이와같이 과중한 개발비를 투입하게 되는 이유는 부작용(副作用)과 공해(公害)를 일으키는 고전농약(古典農藥)으로 부터 안전성농약(安全性農藥)으로 전환(轉換)개발하기 위해서이다. 즉, 기존농약의 결점인 급성(急性) 및 만성독성(慢性毒性), 발암성(發

癌性), 최기성(催畸性), 변이유기성(變異誘起性) 등이 고려되고 저항성유발(抵抗性誘發), 작물 및 토양의 잔류(殘留)와 환경영향을 극소화 할 수 있는 농약을 개발하기 위해서 막중한 비용이 투입되고 장기간이 걸리게 된다.

III. 농약발달의 전환(轉換)

19세기 초반기에는 천연산물인 비석(砒石), 연초분, 제충국분, Derris 뿌리 및 고래기름등을 살충제로, 유황분말(硫酸粉末)과 비누혼합제 및 유산동(硫酸銅) 등을 살균제로 사용하였다. 19세기 후반부터 농약으로 발전하기 시작하여 석회유황합제(石灰硫黃合劑), 보르도액, Uspulun, 세레산, Dithiocarbamate 제등이 살균제로 개발되어 사용하였고 송지합제(松脂合劑), 기계유제(機械乳劑), 비산연(砒酸鉛), 유산니코친등이 살충제로 개발되어 사용하였다.

2차세계대전이 돌발하자 천연산물농약과 무기농약(無機農藥)의 유통이 어렵게 되자 유기합성농약개발을 착수하여 PCP, DDT, 2,4-D, BHC 및 Zineb 등의 순으로 개발되었다. 특히 2차세계대전 종료와 더불어 유기

합성농약개발이 활발히 진행되어 DDT를 유기염소계(塩素系)의 효시(嚆矢)로 BCH, Aldrin, Dieldrin 및 Heptachlor 등을 배출시켰고 전시살생용(殺生用)으로 개발된 Folidol (Parathion) 이 농약으로 전용되어 유기인제(有機磷劑)의 원조(元祖)로서 EPN, Malathion, Fenthion, Diazinon, Metasystox, Dimecron 등의 살충제가 개발되어 시장화되었으며 C-carbamate계 살충제로서는 Sevin을 시초로 MIPC, BPMC, Carbofuran 등이 개발 사용되었다. 또한 살균제로서는 Zineb 이후 Captan과 Maneb 등이 개발되었고 살비제(殺蟬劑)로는 Chlorobenzilate와 Kelthane 등이 개발된 것을 계기로 신농약들이 계속 개발합성되어 제2세대농약(第2世代農藥)인 유기합성 농약시대로 전환케 되었다. 이와같은 유기농약들은 과거에 쓰였던 무기농약들을 거의 제압하게 되었고 농약 사용량도 급증하게 되었다. 신농약개발에 과중한 투자비용(投資費用)을 절감(節減)하고 기존약제의 결점을 개선하기 위해서 그 유사화합물(類似化合物)을 유도(誘導)하거나 일부 화학구조(化學構造)를 변경하여 신품목을 개발하기도 하였다. 과거

실례로는 Methyl parathion 에서 Smithion 을, Carbofuran 에서 카보설판등의 저독성 약제를 개발했고 근래에 와서 Pyrethrin 에서 Pyrethroids 를 유도했으며 최근에는 Thiadiazin 에서 Buprofezin 을 개발하였다.

그러나 제 2 세대 농약이라고 불리우는 유기합성농약의 부작용과 약제저항성유발 및 환경오염 때문에 농약공해(農藥公害) 라는 지탄이 고조됨에 따라 병원미생물과 해충의 행동(行動), 발육(發育) 및 생육(生育) 등의 조절화합물(調節化合物)로써 특이 작용기구(特異作用機構)를 가진 제 3·4 세대 농약(第 3·4 世代農藥)의 개발로 전환되어 신농약의 개발연구와 발전이 지속적 으로 이루어 지고 있다. 예를 들면 고전적 화학지식을 바탕으로 생물체의 화학물질과 생리적 화학물질 을 구명하여 새로운 화학물질을 창조 또는 개발하여야 할 것이다. 즉, 해충 및 병원균의 발생, 생육 및 행동등의 조절제로 유약hormone, 향유약hormone, 휴면hormone, 신경 hormone, 성 pheromone, 생식지해제(生殖阻害劑), 항탈피제, Chitin 합성지해제(Chitin biosynthesis) 등에 관한 화합물의 일부가 합성 실

용화 단계에 있어 농약안전성면에서 개발연구가 매우 희망적이다.

더 나아가 식물보호 측면에서 볼 때 유전공학기법(遺傳工學枝法), 즉 DNA재조합의 도입발전도 가능한 분야로 기대된다. 한 예를 들면 만약 Pyrethroids 를 생합성할 수 있는 제충국의 유전자를 목적하는 작물에 도입한다면 그 식물자체로 부터 해충발생억제(害蟲發生抑制)를 할 수 있을 것이다.

IV. 안전성 농약개발

일반적으로 기존 살충성농약은 대상해충 뿐만아니라 타생물 즉, 익충인 방화성곤충(訪花性昆蟲)과 포식성(捕食性) 천적에까지 크게 영향을 미치게 되는데 이상적 농약은 대상해충에만 일정기간 효과를 나타내어 구제(驅除)된 후 분해(分解), 소멸(消滅)되는 것이 가장 바람직스럽다. 현재까지의 선택성농약은 종래의 비선택성농약에 비하여 적용 범위가 좁고 효과 및 경제성에 있어서 떨어지는 경향으로 이런점을 보완하여 선택성이 큰 약제를 개발하는 것이 금후의 과제라 하겠다.

최근 지탄을 받고 있는 농약 잔류(農藥殘留)에 대한 식품의 안전성 때문에 농약사용의 심한 거부반응(拒否反應)을 일으키고 있어 신농약의 등록 및 보급에 앞서 개발연구과정에서 급만성 독성, 발암성, 최기성, 변이유발성등을 검토하고 농약 잔류허용기준(農藥殘留許容基準)이 설정되어 사용시에 규제하며 특히 독성이 낮고, 비잔류성(非殘留性)인 안전성농약개발을 추진하는 경향이다.

선택성 농약

적절한 선택성농약개발을 위해서는 방제대상해충과 기타 생물간의 생리, 생태, 형태, 습성 및 생화학적측면에서 차이점을 찾아내어 이로 부터 유효활성물질(有效活性物質)을 발견하여 이에 대한 항화합물(Antichemicals)을 개발해 낸다면 농약의 선택성을 더욱 증대시킬 수 있을 것이다.

1) 살충제 : 곤충과 고등동물간에는 생리(生理), 기능(機能), 발육, 형질면에서 크게 달라 살충제에 대한 반응이 상위(相違)

할 것이므로 이를 이용한 선택성살충제의 개발이 기대된다. 바꾸어 말하면 해충과 익충및 고등동물간에는 화학물질의 피부투과성, 작용점, 도달경로와 감수성(感受性), 대사과정(代謝過程)등의 차가 있어 살충제의 선택성이 다를 것이다.

그밖에도 생리, 생식및 발육과정등의 차이점을 이용한 Hormone, Pheromone, 유인제, 기피제등의 종특이성(種特異性) 화학물질을 이용한 종간선택성(種間選擇性)이 큰 해충방제제로서 개발이용이 크게 기대되는 분야이다.

2) 살균제 : 사상균(糸狀菌) 및 세균등의 식물병원균은 동물에서 볼 수 없는 세포벽을 가지고 있으며 종류에 따라 주요 구성성분이 다르다. 예를들면 사상균은 Chitin, 세균은 Peptide glucose를 함유하고 식물은 섬유질을 포함하고 있어 이러한 특이적 물질의 차이점을 이용하여 선택성농약개발이 가능한 것이다. 또한 단백질합성은 세포내의 소립자인 Ribosome에 합성되는데 이 Ribosome은 동물에서만이 아니라 미생물간에도 큰 차이가 있음이 밝혀졌으며 이를 이용한 생

물간 선택성을 발견하여 단백질 합성저해제의 개발을 크게 기대하고 있다.

지금까지 식물virus 방제제는 전혀 개발되지 않았으나 핵산(核酸)의 합성에 있어서 동물 및 미생물은 DNA로 부터 RNA, DNA를 합성시키는데 Virus는 RNA에서 RNA를 합성시킨다는 것이 밝혀짐에 따라 식물virus의 특수현상을 이용하여 선택성농약을 개발할 수 있는 가능성을 기대할 수 있다. 이밖에도 항virus성물질, 항균성물질(抗菌性物質)의 개발연구도 진행되고 있으며 병원균의 감염기구(感染機構), 이병성 및 저항성기구의 구명이 진전됨에 따라 새로운 선택성이 큰 약제개발이 기대된다.

V. 신농약개발의 방향

1. 화학구조(化學構造) 변경에 의한 농약개발

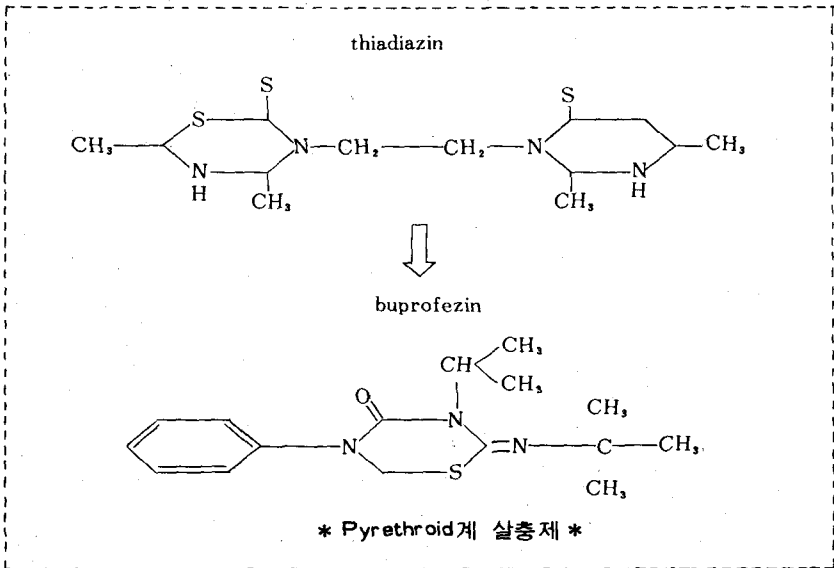
기존농약의 화학구조를 변경하거나 유사화학물(類似化學物)로 유도해서 그 약제의 결점을 개선 보완한 새로운 농약개발연구가 활발히 진행되어 왔으며 특히 개발비를 절감시킬 수 있고 보다 안전성 농약을 개발할 수

있다는 점으로 보아 이 분야의 개발연구가 계속될 것으로 기대된다.

과거 실례로는 독성이 강한 유기인계(有機磷系)농약인 Methyl Parathion의 폐닐환에 methyl기를 도입시켜 저독성농약인 Sm-ithion을 개발했고 경구독성(徑口毒性)이 강한 Carbamate계농약인 Carbofuran의 일부 화학구조를 변경시켜 저독성인 카보설판을 개발하였다. 그리고 Pyrethrin의 단점을 보완하여 유사체(類似體)를 개발한 Pyrethroids가 그 예라 할 수 있다.

최근에는 Thiadiazin 유사화합물로부터 유도개발해낸 Buprofezin이 있다. 이 화합물은 벼멸구방제에 효과적이고 잔효력이 길며 교차저항성(交叉抵抗性)이 없는 약제(IRRI보고)로 개발되어 실용화 단계에 있다.

제충국제의 주성분인 Pyrethrin은 속효성 및 저독성으로 살충력이 약하고 너무 빨리 분해되는 결점을 보완한 그 유사물질로 살충력과 안전성을 강화시킨 Pyrethroid계 화합물합성이 가능하여 지자 농약산업계에서는 여러 가지 유사체의 이름(Cyfluthrin, Cyhalothrin, Cyperethrin, Decam



ethrin, Fenvalerate, Permethrin, Vivithrin 등)을 달리하여 대량 생산 시판하고 있다. 이들 유사체의 살충효과가 우수하기 때문에 '80년대에 와서는 전세계 살충제의 10% 이상으로 사용량이 점증(漸增)하는 추세이다.

특히 Pyrethrin계 화합물의 특성은 화학구조상 이성체(異性體)와 생물활성(生物活性)과의 관계가 서로 상이하어 생물체내의 대사(代謝)와 분해가 다른 것이 구명되었으나 앞으로 이들 일부 화학구조 변경과 이성체 고유의 특성이 더 발견되어 활용할 수

있도록 개발연구가 진전될 것으로 기대된다.

2. 곤충호르몬의 유사체(類似體) 농약

천연적으로 존재하는 농약으로 곤충의 행동과 발육 및 생식에 관여하는 유약호르몬, 탈피호르몬, 뇌호르몬, 휴면호르몬, 항호르몬등의 호르몬 유사체를 합성하고 생화학적 특성을 구명함과 동시에 그 이용가능성을 활발히 연구중에 있다. 또한 곤충에 대한 화합물의 직접 실용

화를 위하여 독성 또는 해작용을 할 수 있는 2차화합물의 생합성에 대한 개발연구도 추진중이다.

근래 관심이 가장 큰 유약호르몬은 생리활성물질(生理活性物質)인 탈피호르몬과의 상대적농도(相對的濃度)에 따라 곤충의 발육과 탈피를 조절하기 때문에 이들 호르몬량을 상대적으로 조절함으로써 생리적 균형(均衡)이 깨어지게 되어 결국 치사(致死)하게 된다. 이들 변태호르몬인 유약호르몬과 탈피호르몬을 해충방제제로 이용할 수 있는 방법이 집중적으로 연구되고 있다. 최근 유약호르몬의 유사체합성농약으로 Methoprene (Altocid) 이 개발되어 모기방제용으로 상품화 되었다. 또한 유약호르몬에 대하여 길항작용(拮抗作用)하는 항유약호르몬인 Precone 및 Prostaglandin 이 밝혀졌다. 이 항유약호르몬은 노린재류에 대하여 조숙변태(早熟變態)를 유발한 생식선(生殖腺)의 발육억제와 성Pheromone의 생산억제 및 휴면유기(休眠誘起), 살란(殺卵) 등의 작용을 한다는 것 외에 그 작용기구가 구체적으로 밝혀지지 않았지만 금후 해충방제제로 계속 개발연구가 이루어

질 것으로 기대된다. 이들의 이점(利点)으로 종래 살충제와는 달리 종특이선택성으로 초식성(草食性) 해충에만 효과가 있고 천적에는 전혀 영향을 미치지 않는 것이 특징이다.

3. 곤충Pheromone이용개발

생물의 본능인 생존과 번식을 위하여 동종개체간(同種個體間)의 식별, 연락, 통신, 정보전달 등을 하는데 이것은 화학물질로 미각(味覺)을 통하여 이루어지는데 그 실례로는 곤충의 Pheromone 이 있다. Pheromone 에는 성pheromone, 경보pheromone, 집합pheromone, 기동pheromone 등이 있는데 그중 성pheromone (Disparlure를 분리합성 성공)이 실용적인 면에서 많은 관심과 연구가 이루어지고 있다. 이는 곤충의 암컷에서 몸 밖으로 발산시켜 수컷을 유인(誘引)하는 생리활성물질로서 해충의 발생예찰(發生予察)이나 교미행동(交尾行動)을 방해하여 방제목적을 달성코자 하는 것이다. 그러나 이 성pheromone을 직접 이용한 해충방제는 극히 선택적이고 안전한 방법이라 할 수 있으나 유충에는 효과가 없

다는 점과 성충간의 밀도상관(密度相関)이 높아야 되고 해충의 밀도가 너무 높을때는 효과가 저하된다는 점등 결점을 가지고 있으며 특히 실용면에서 해충의 행동, 수명, 교미회수(交尾回数) 성비(性比) 등에 대한 문제점이 앞으로 구명되어야 할 것이다.

4. Chitin 합성저해(合成阻害) 농약

곤충의 외피(Cuticle)를 형성하는데 꼭 필요한 Chitin 생합성(Chitin biosynthesis)을 저해하게 되면 형태적 변화인 탈피, 용화(蛹化)가 불가능하여 기형(畸形)이 되고 환경변화에 대한 저항력(抵抗力)이 없어져 사멸케 된다. 이러한 특수선택성을 이용하여 개발된 것이 3종의 Benzoylphenylureas 인 Diflubenzuron (Dimilin)과 Penfluron 및 Trifluron (Alystyn) 등으로 실용화 단계에 있다. 최근 강력 살충력을 가진 항생물질(抗生物質)로서 표피구성물질인 Chitin 합성을 저해작용(阻害作用)하는 Nihomycin은 Nucleoside 유사체로 거의 개발 성공단계에 있다. 앞으로도 해충방제에 안전농약으로 이 분야의 연구개발이 매

우 희망적이다.

사상균의 세포벽은 주요 구성성분이 Chitin으로 되어 있으므로 이 Chitin 합성을 억제할 수 있는 항생제로 개발된 Polyoxin 이 좋은 실례로 선택성이 있는 안전살균제로서 금후 더욱 연구개발이 기대된다.

곤충의 성장조절제인 이 화학물질의 특이작용기구(特異作用機構)는 익충에 전연 영향하지 않을 뿐만아니라 무공해인 유약 호르몬의 유사물이 이에 포함된다.

5. 미생물 대사산물(代謝產物)농약

미생물의 대사과정에서 생성되는 항생제는 인류의 세균성병 치료제(治療劑)로서 성공적으로 사용한 후 식물성 방제용으로 도입되었다. 식물세균병 방제용 항생제로는 Streptomycin, Cellocidin, Chloramphenicol 및 Novobiocin이 개발되었고 곰팡이병 방제용으로는 Blasticidin S, kasugamicin, Polyoxin, Ezomycin 및 Validamycin A 등이 개발 이용되고 있으나 병원균에 대한 저항성유발이 문제시 되고 있다. 따라서 근래 저항성출현이

출현이 더딘 “crown ether 形” 항생제가 개발되어 실용화 연구가 진행중이다.

해충방제용 세균도 그들 자신이 독소를 생산하여 살충작용을 하는데 Bacillus thuringiensis 가 생산하는 β 외 독소는 일종의 저항물질로 이용가치가 검토중이다. 그 밖에도 B. sphaericus, B. popilliae 가 생물농약(生物農藥)으로 개발 이용되고 있다. 그리고 곰팡이 Beauderia bassiana 도 제제화(製劑化) 개발에 박차를 가하고 있다. 또한 저분자량(低分子量)의 미생물 대사물질로 살생력을 가진 농용항생물(農用抗生物) 중 호흡저해제(呼吸阻害劑)로 Potulin 및 P-iericidin A 등이 있고, 단백질합성저해제(蛋白質合成阻害劑)로는 Cycloheximide 와 Tenuazonic acid, 그리고 세포막활성물질로는 Desruxin, Beauvaricin 및 P-olyene 등이 발견되어 실용성이 계속 연구중이다.

병해방제용으로 길항미생물(拮抗微生物), 기생미생물(寄生微生物), Phagi 등에 대한 연구가 계속 진행되고 있으며 이 계통의 개발 이용도 기대된다.

최근 식물 Virus 방제제로 유효한 Aabomycin A 가 연구중에

있으며 반면에 세포질다각체Virus 및 핵다각체Virus 등에 대해서는 방제용의 실용성을 검토 연구중이다.

또한 Streptomycete 의 2 차 대사산물인 Herbimycin 이 제초효과(除草效果)의 작용기작이 밝혀짐에 따라 그 효과와 경제적 사용 가능성에 대한 개발연구가 기대된다.

6. 식물성(植物性)농약

합성농약의 사용증가로 부작용이 크게 뒤따르게 됨에 따라 안전성 대체약제(代替藥劑)의 개발은 너무 비용이 많이 들기 때문에 식물성 농약개발로 효율적 병해충방제가 기대된다.

열대식물인 Neem 나무, Chananberry, Custard - apple 등의 종자추출물(抽出物)은 Alkaloids 와 Glycerides 를 주성분으로 살충력이 강하면서 천적에 저독성이며 환경오염을 극소화시킬 수 있는 약제로 기대된다. 특히 Neem 나무 종자의 추출물(Azadirachtin)은 멸구, 매미충 및 혹명나방에 방제효과가 있음이 확인되어 국제미작연구소에 연구비를 주어 개발연구에 박차를 가하고 있다.

또한 곰팡이에 대해서도 식물성 항균물질(抗菌物質)을 발현하며 농약으로의 이용가능성을 검토 연구중이다.

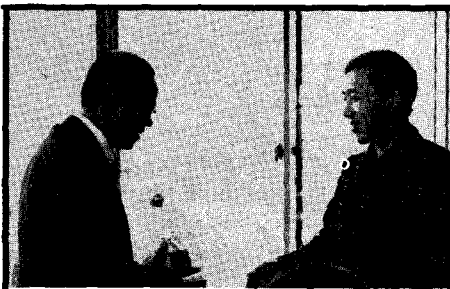
7. 2,000년대의 농약

시장성(市場性)으로 보아 안전성과 효과증진에 대한 요구도(要求度)는 점점 증대해 가고 신농약개발등록(登録)의 규제(規制)강화 때문에 약종수(藥種數)의 증가는 미미할 것이라는 전망이다. 또한 환경보존(環境保存)을 위하여 적기(適期) 적량(適量)의 농약사용으로 최대효과(最大效果)를 기대할수 있는 방법으로 병해충 종합방제법(綜合防除法)이 발전할 것이다.

신농약개발이란 측면에서 볼

때 경제성과 시장성때문에 유인제(誘引劑)를 포함한 제3.4세대 농약들을 1990년대 까지는 시장이 별로 확대될 것 같지 않으나 2000년대에는 해충의 행동, 발육및 생식등에 영향을 주는 특이작용기구(特異作用機構)를 가진 농약의 개발 사용이 증가할 것이고, 미생물 대사산물(代謝產物)과 항섭식제(抗攝食劑)와 같은 신농약으로 개발및 사용증대로 전향할 것이다.

농약사용량은 인구증가에 따른 식량증수의 요구때문에 단위면적당 수량증가(畝量增加)를 위하여 종합방제(綜合有害生物管理)라는 측면에서는 모순이 되겠지만 전세계농약소비량(消費量)은 계속 증대할 것이다.



차전임회장에 공로패전달

河榮植농약공업협회장은 지난 3월7일 안양컨트리클럽에서 전임 박哲根 회장에게 공로패를 전달했다.

박哲根전 회장은 본협회의 7대 및 8대 회장을 역임하면서 업계의 공동발전을 위해 많은 노력을 기울여 왔다.