害虫防除의 새로운 方法 模索

夫 庚 生
서울大學校 農科大學

Ⅰ. 緖 論

이 세상에 살고 있는 150만종 이상의 모든 생물종류중 반이상이 곤충으로 이들은 우리가 생각할 수 있는 거의 모든 환경에 잘 적응하여 살고있다. 그러나 이와 같이 많은 종류의곤충중에서 우리 인간들과 직접 간접으로 관련되는 종 수는 15,000여 종에 불과하다. 이 중에서도 대부분은 농작물등의 화분매개나 견사(silk), 꿀(honey), 납(way)등의 생산으로 우리에게 많은 이득(표1)을 주고 농작물, 산림, 저장중인 수확물, 가축 및 사람에 대한 직접적인 피해와 전염병들의 매개를 통한 간접적인 피해를 주는 종 수는 약 3000종에 불과하다 (Williams).

이 해충들이 주는 피해는 미국의 경우 년간 약 50억불에 달하는데 반하여 益虫들이 가져다 주는 이득(표1)은 그 보다도 훨씬 더 많은 약 80억불로 추정(Borror 등, 1976) 했다. 이 이득의 큰 부분은 訪花昆虫들의 花粉수집활동에 따른 화분매개(pollination)의 결과인데 만약 이런 곤충들이 없다면 우리가 원하는 과실, 채소, 꽃 종자를 생산하는 작물등의 생산에 큰 타격을 줄 것이다. 따라서 곤충을 보면 우선 죽여 없애야 하는 대상으로 보지말고 곤충 하나하나를 잘 관찰하고 연구하여 익충은 보호하고 해충이라 하드래도 그 방제시기와 방법에 많은 주의를 기울여야 할 것이다.

해충들에 의한 농작물의 피해는 수확전에 약 13%, 수확후 저장중에 약 6%로 전체수확 예상량의 $\frac{1}{5}$에 달한다고 보고 (Pimental) 1976)되었다. 따라서 이들 해충이 주는 피해를 조금이라도 더 줄일 수 있다면 식량이나 다른 농산물과 축산물의 증산에 매우 큰 도움이 될 것이다.

Table 1. Benefits by insects

1. Production of silk, honey, beeswax, shellac, dyes, and tannic acids.
2. Pollination of fruits, seeds, vegetables, and flowers.
3. Serve as food for fishes, birds, chickens, turkeys, hogs, and human beings.
4. Serve as parasites and predators of harmful insects.
5. Serve as weed destroyers.
6. Improve soil texture and fertility.
7. Serve as scavengers.
8. Serve as research animals.
9. Serve as aesthetic and entertaiaing animals.
10. Serve as medicine (ex. maggots, honeybee sting, royal jelly, etc.)

Ⅱ. 害　　蟲

어떤 곤충이 해충이냐 아니냐 하는데는 여러가지 기준이 있다. 우선 곤충종류의 생활습성에 따라서 해충과 익충으로 나눌 수도 있지만 그 곤충의 발육단계중 음식물을 섭취하는 유충기와 성충기에 따라서 다를 수도 있다. 예를 들면, 잔딧물, 깍지벌레, 메뚜기 등은 유충과 성충때 모두 피해를 주지만 모기의 경우에는 피를 빨아먹고 병원균을 매개하는 성충, 성충중에도 암컷만이 문제가 되고 물속에 사는 유충과 번데기는 오히려 물고기등의 먹이가 되기 때문에 이로울 수도 있다. 이와 반대로 이화명충, 거세미, 담배나방의 성충은 큰 문제가 되지 않고 유충이 피해를 주는 시기가 된다. 더 나아가 해충들이 주는 직·간접적인 피해와 해충방제에 투입되는 경비등을 모두 생각할 때 해충집단의 밀도와 寄主가 되는 작물의 市場가치등도 고려하지 않으면 안될 것이다. 따라서 농사를 짓는 것도 이윤을 얻기 위한 하나의 기업이라고 생각해서 해충을 방제하기로 결정하기 전에 해충이 줄 피해예상액과 그 방제에 투자되는 모든 경비(약값, 인건비, 기자재값등) 및 방제활동에 따라서 파생되는 모든 장단점들을 고려하여야 할 것이다.

Ⅲ. 害蟲防除方法

이와 같은 해충들을 예방하거나 구제하는데 여러가지 방법들을 사용해 오고 있다. 이 방법들의 몇가지 특징들을 보면 다음과 같다.

1. 生物的 防除法(Biological control)

天敵(기생충, 포식충, 병원성 미생물)을 이용하여 해충집단의 밀도를 줄여서 경제적인 피해를 주지 않도록 하는 방법이다.

이 방제법의 장점들로서는

① 일단 성공하면 효과가 오랫동안 지속되고, 따라서 ② 경비가 저렴하다. 또한 ③ 해충들의 저항성 발현이나 돌발적인 대발생이 나타나지 않고, ④ 제 2 차적인 해충집단이 새로 출현하지 않으며, ⑤ 인축에 대한 독성이나 환경오염의 염려가 전혀 없다.

그러나 단점도 몇가지 된다. 우선 효과를 보기까지에는 비교적 긴 기간이 걸리기 때문에 살충제를 사용하여 즉각적인 효과를 원하게 되고, 경제적인 가치가 높은 작물재배시에는 특히 살충제를 뿌려서 높은 살충율을 기대하게 된다.

2. 耕種的 防除法 (Cultural control)

작물의 재배시기조절, 윤작, 휴작, 耐虫性 품종재배, 경운, 또는 위생시설등의 개선으로 해충을 방제하거나 또는 해충의 발생을 예방하여 피해를 줄이는 방법이다. 다른 방제법과 混合해야 좋은 효과를 기대할 수 있을 것이다.

3. 機械的 및 物理的 防除法 (Mechanical and Physical control)

온도, 습도, 산소농도등의 조절, 방사선조사, 유아등, 기타 다른 기계적인 차단방법으로 해충을 직접 죽이거나 침입을 예방하는 방법이다.

4. 法的 防除法 (Legal control)

외국으로 부터 들어오는 해충침입을 예방하는 檢疫(quarantine) 활동이 중요한 한 부분이지만, 법을 제정하거나 동원하여 국가전체 또는 일부지역에서 어떤 특정한 해충을 구제하기도 한다.

Ⅶ. 化學的 防除法

여러가지 방제법중 가장 흔히 사용되는 약제방제법(chemical control)으로 화학약제를 사용하여 해충들을 직접 죽이거나 寄主에 접근하지 못하게 한다. 이 방법은 효과가 빨리 나타나고 약제의 저장이나 사용이 용이하며 또한 약제를 쉽게 구할 수 있다는 장점들이 있다.

그러나 지난 70여년간 有無機 合有농약들을 대량으로 사용한 결과 다음과 같은 부작용들이 나타났다.

① 살충제에 대한 저항성을 가진 해충들(표 2)이 출현하였다. 따라서 이런 해충들의 방제가 힘들어졌으며 같은 살충효과를 얻기 위해서는 고농도사용이 요구되어 더 많은 경비가 들게 되었다.

② 많은 종류의 살충제가 광범위하게 적용되기 때문에 방제할려는 해충만 아니라 기생성 및 포식성 천적곤충들 까지도 죽이게 되었다. 따라서 자연계에서 생물적인 평형을 유지하고 있던 천적들의 소멸로 번식능력이 더 큰 해충집단의 밀도가 갑자기 높아진다든가, 또는 제 2 차적인 해충이 제 1 차적인 주요 해충으로 등장하기도 하였다.

③ 대부분의 살충제가 神經毒制로 개발되었다. 그런데 곤충의 신경생리는 인간을 포함한 척추동물과 무척추동물들의 경우와 매우 비슷하기 때문에 인축이나 야생동물에 직접적인 피해를 주는 경우가 많다. 또한 지속성이 높은 농약들이 자연계에서 파괴되지 않고 오랫동안 남아 있다가 먹이사슬을 따라 고등동물에까지 점차적으로 축적된다.

결과적으로 선택성이 높은 새로운 농약개발의 필요성이 요구되어 농약의 종류도 많아졌지만 적용범위가 협소함에 따라서 값도 비싸게 된다.

Tabl 2. Number of pest species with reported cases of resistance to pesticides as of 1975 (Gillott, 1980)

Insect group	Pesticide group					Nature of pest		Total
	DDT	Cyclo-dienes	Organo-phosphates	Carba-mates	Other	Medical / veterinary	Agri-cultural	
Acarina	21	10	32	6	13	10	33	43
Anoplura	5	3	2			5	56	5
Coleoptera	26	48	18	7	8		23	56
Diptera	91	100	40	6	4	110	10	133
Heteroptera	4	12	3			4	41	14
Homoptera	10	11	28	4	4		10	41
Lepidotera	31	32	22	12	4		52	52
Others	15	9	2	1	2	10	10	20
Total	203	225	147	36	35	139	225	364

V. 새로운 害蟲 防除方法

따라서 위와 같은 여러가지 좋지 않은 부작용들을 줄이면서 해충을 구제할 수 있는 새로운 방법들을 모색하기 위하여 많은 투자와 연구가 세계적으로 활발히 진행되고 있다. 이들 중에서 일부가 실용화 되었거나 앞으로 이용가능성이 높은 두가지 방법(生理的 - physiological - 및 遺傳的 -genetic-)을 소개해 보면 다음과 같다.

VI. 곤충의 生理現象에 기초를 둔 方法

위에서 (IV) 논한 바와 같이 곤충과 인축의 신경생리가 비슷하기 때문에 지금까지 신경독 깨스로 개발된 대부분의 살충제에 의한 우리들의 피해는 어쩌면 당연하다 할 수 있을 것이다. 따라서 고등동물과 기본적으로 차이가 나는 곤충의 독특한 생리현상을 찾아 내고 이생리작용에 영향을 줄 수 있는 약제를 개발하게 되면 이들 약제의 사용에 따른 부작용들은 거의 없거나 훨씬 적게 될 것이다.

1. 昆蟲表皮 合成阻害劑 (Cuticle biosynthesis inhibitors)

곤충의 體壁의 단단한 表皮(sclerotized cuticle)로 덮혀 있는데 이와 같은 단단한 체벽은 곤충의 생장을 제한하게 된다. 따라서 곤충들은 주기적으로 단단한 표피를 벗어 버리고 새로운 표피를 형성하는 소위 脫皮(molting)과정을 거치면서 생장을 할 수 있다. 따라서 표피 합성과정에 관여하는 물질을 개발하여 처리하게 되면 곤충은 정상적인 탈피를 하지 못할 것이다. 이렇게 형성된 불완전한 표피는 수분의 손실을 막지 못하여 곤충은 결국 죽게 될 것이다.

이런 原理下에 개발된 살충제가 이미 등록되어 있거나 개발중에 있는데
가로수의 큰 해충인 흰불나방등의 방제약제로 등록되어 있는 디밀린(주촌 수화제)이 한가지 예이다. 이 살충제는 표피의 주성분인 단백질과 多雜類인 chitin중 고등동물에는 전혀 없는 chitin 물질의 합성과정에 관여한다.

2. 昆蟲호르몬, 그 類似體, 및 抗호르몬劑 (Insect hormones, their analogues, and anti-hormones).

곤충의 생장에 따르는 탈피에는 幼若호르몬(JH: juvenile hormones)과 脫皮호르몬(MH:molting hormones)이 관여하는데 이 들 호르몬이나 그 유사체, 또는 抗호르몬제를 처리하면 곤충이 정산적인 탈피, 즉 정상적인 생육을 하지 못하고 결국은 죽게 될 것이다. 이와 같은 물질들을 昆忠生長 調節劑(inseet growth)regulators)라 하며 이들의 이용가능성은 매우 높다.

유충이 번데기로, 또는 번데기가 성충으로 탈피하는 과정(變態, metamorphosis)을 방해하여 비정상적인 유충이나 성충으로 번태시켜 결국은 죽게 하는, JH유사체인 methoprene을 주제로 한, 농약이 이미 미국등지에서 등록되어 수확물을 저장하는 동안에 발생하는 저장해충과 모기와 파리등 위생해충구제에 사용되고 있다.(Staal, 1975).

이 외에도 抗幼若호르몬제인 Precocenes의 이용가능성에 대해서도 많이 연구되고 있다.

3. 性誘引物質(Sex pheromones)

곤충들이 번식을 하기 위해서는 암·수가 만나야 되는데 이들은 크기가 작기 때문에 특별한 방법을 쓰지 않으면 같은 종류를 인정하기가 힘들다. 곤충 종류에 따라서 여러가지 다른 방법들을 이용하는데 메뚜기나 매미등은 소리로, 반딧불은 빛으로 하지만 많은 종류들은 냄새에 의존한다. 특히 농업해충으로 중요성을 갖고 있는 나방류와 딱정벌레류에서는 보통 암컷이 어떤 화합물들(성유인물질)을 합성하여 체외로 내 보내면 수컷이 그 냄새를 맡아 암컷을 찾을 수 있게 된다.

따라서 이와 같은 화합물들을 추출하여 확인한 후 합성하여 ① 해충집단의 크기를 측정하는데, ② 해충을 유인하여 대량으로 포살하거나, ③ 자연계에서의 교미활동을 교란시켜 해충의 번식을 막는데 이용할 수 있다.

이 외에도

4. 해충의 代謝작용을 방해하는 물질(antimetabolites)이나 먹이먹는 것을 저해하는 물질(antifeedants)을 이용하여 해충을 구제할 수 있다.

5. 해충이 먹이를 찾는데는 기주가 되는 식물이나 동물에서 나오는 냄새(allomones)에 의존한다. 이런 물질들을 직접 이용하거나 또는 이런 화합물을 감지하는 곤충의 감각기능에 지장을 주는 기피제(repellents)등을 이용할 수도 있다.

6. 천적들은 기주인 해충을 찾는데도 해충의 몸이나 알에서 나오는 냄새를 이용한다. 이와 같은 화합물(kairomones)을 이용하여 천적들의 활동을 높이고 따라서 기생율을 높여

해충집단의 크기를 줄일 수 있을 것이다.

Ⅶ. 遺傳的인 方法

해충에 저항성을 가진 작물품종을 육성·재배하여 해충의 피해를 줄이는 방법도 유전적인 방제법(genetic control)이라고 할 수도 있지만 통상 이 방법은 재래의 소위 경종적 방제법(Ⅲ-2)에 포함시킨다. 따라서 여기서는 해충자체의 유전형질에 영향을 주어 그 집단의 방제에 이용되는 경우만을 다루고져 한다.

곤충과 유전은 생소한 관계처럼 들릴지도 모르지만, 우리들이 즐겨 찾는 絹絲와 꿀을 생산해 주는 누에와 꿀벌의 육성역사를 보면 역시 오랫동안 많은 交雜과 선발등 육종의 성과라 하지 않을 수 없을 것이다. 곤충을 포함하여 이 세상의 모든 생물들은 일정한 유전인자들을 갖고 있으며 그들의 모든 활동—번식, 행동, 생리, 기주와의 관계등—은 유전인자의 지배를 받고 있다. 따라서 이들 유전인자들을 인위적으로 변화(mutation)시킬 수 있다면 해충을 완전히 박멸(eradication)하거나 또는 해충집단의 크기를 줄여(suppression)그 피해를 경감시킬 수 있을 것이다. 이런 경우는 다음에 설명하는 바와 같이 방사선 조사는 불임유기화합물 처리등으로 不姙化시킨 개체들을 자연계에 방사시켜 원하는 목적을 달성하게 된다.

식물이나 동물에게 병원균을 매개하는 곤충의 경우에는, 위와 같은 방제방법외에도, 매개능력이 전혀 없거나 또는 적은 집단으로 자연계에 있는 집단을 대체할 수도 있을 것이다.

이와 같은 목적을 달성하는데는 다음과 같이 여러가지 방법들이 있다.

1. 不姙昆蟲 放飼方法(Sterile insect release method)

이 방법의 이론적 근거가 1955년 미국 농무성의 knipling박사에 의해 처음으로 제시된 직후 미국 동남부의 Curacao성과 Florida반도에서 가축에 기생하는 screwworm 파리 (*Cochliomyia hominivorax*)를 완전히 박멸하는데 성공하여 가축사육 농가에 많은 경제적 이득(표3)을 가져다 주었다. (Lachance, 1979) 그 이후 똑 같은 해충에 대해 미국 Texas지방에서 구제작업이 시행되고 있고 세계의 다른 많은 지역에서 여러가지 해충들에 대해서 이 방제법을 적용할려는 시도들이 이루어지고 있다. (표4). 보통 수컷을 不姙시켜 자연계에 있는 집단의 크기보다 약 10배가 되는 많은 수의 개체들을 방사시키는데 살충제를 뿌리는 경우보다 그 효과가 훨씬 더 높다.(표5)

그러나 이 방법에도 몇 가지 뛰어 넘어야 될 문제점들이 있다. 우선 대상해충의 생

Table 3. Cost and benefits of screwworm programs in the U.S.A.
(La Chance, 1979)

($ 1,000)

Year	Reduction in losses & costs	Cost of program	Savings
1969	$ 135,000	7,431	127,569
1972	109,000	8,023	100,977
1974	195,000	12,175	183,825
1958 - 1974	1,562,000	100,310	1,461,690

Table 4. List of insect species and areas under test of sterile insect release programs

1. Screwworm fly, *Cochliomyia hominivorax*
   USA (Florida, Texas), Mexico, Puerto Rico
2. Mexican fruit fly, *Ceratitis capitata Anastrepha ludens* USA(California)
3. Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata* USA(California, Hawaii), Nicaragua, Spain, Italy, Cyprus
4. Melon fly, *Dacus cucurbitae*, and Oriental fruit fly, D. dorsalis Mariana Islands
5. Mosquito, Anopheles albimanus El Salvador
6. Codling moth, *Laspeyresia pomonella* Canada (British Columbia), USA (Washington St.)
7. Cotton boll weevil, *Anthomonas grandis* USA (Texas)

Table 5. Relative trends of hypothetical insect populations subjected to various types of control (Knipling, 1968)

Generation	No control (at assumed 5 × increase rate)	Control by killing agent (insecticide) at 90% level	Control by chemosterilant at 90 % level	Control by release of sterile insects, 9:1 overflooding ratio for initial generation
Parent	5,000,000	1,000,000	1,000,000	1,000,000
F_1	5,000,000	500,000	50,000	500,000
F_2	25,000,000	250,000	2,500	131,580
F_3	125,000,000 a	125,000	125	9,535
F_4	125,000,000	62,500	6	50
F_5	125,000,000	31,250	0	0

a. Assumed maximum population for the environment.

러, 생태, 유전등 기본적인 생물학적인 연구가 잘 되어 있어야 하며, 실내에서 사육한 후 불임화시킨 개체들이 자연계에 있는 개체들에 비해서 정상적인 활동, 특히 교미행동에 있어서 조금도 열세에 놓여서는 안된다. 이외에도 사육, 불임화, 및 방사에 따르는 경비와 특히 雌雄을 구별할 수 있는 방법의 개발(Ⅷ－7참조)등이 여러가지 면에서 매우 중요하다.

위와 같이 방사선이나 불임유기 화합물(chemosterilants)을 이용한 곤충의 불임유기는 소위 소위 우선치사돌연변이(dominant lethal mutation)에 의하는 것으로 후대에 유전되지 않기 때문에 해충집단이 완전히 구제될 때까지 계속 방사하여야 한다. 그러나 不姙性이 후손에 유전되는 몇가지 경우가 있으며 이들 역시 해충을 방제하거나 다른 계통으로 대체하는데, 또는 암수를 구별하는데 이용할 수 있다. 이들 유전이 되는 경우(chromosom translocations, hybrid sterility, cytoplasmic incompatibility, compound chromosomes, meioticdrive, negative heteros 등)를 보면 다음과 같다.

2. chromosome translocations

非相同染色體간의 염색체 일부를 상호 교환하는 경우로 그 효과는 불임성으로 나타난다. 따라서 감수분열에 의해 정자나 난을 형성할 때 유전자 일부를 잃어버리게 되거나 또는 2중으로 갖게 되어 (그림 3) 부분적인 불임성을 유전시키게 한다. 전이(translocation) 된 부위가 많을 수록 불임성은 높게 되어 더 높은 방제가를 주게 된다.

3. Hybrid sterility와 cytoplasmic incompatibility

매우 근사한 종간이나 동일종내의 지역적인 계통간의 교잡시 발생하는 不姙 또는 제일대 잡종에 의한 불임성은 자연계에서 많이 볼 수 있으며 특히 모기등 위생곤충류에서 흔히 나타난다. 이와 같은 불임성이 核안의 유전인자때문에 발생하면 이를 hybrid sterility라 하고 體細胞의 세포질에 있는 어떤 인자 때문에 정자가 불활성되어 발생하면 이를 cytoplasmic incompatibility라 한다. 어느 경우이든 해충집단을 구제하거나 억제시키는데, 또는사람에게 해롭지 않은 집단으로 대체시키는데 이용할 수 있다.

Hybrid sterility는 사람이나 가축들로부터 피를 빨아 먹는 해충들인 *Glossina morsitans* complex, *Anopheles maculipenis* complex, *A. gambiae* complex 등에서 알려져 활발한 연구와 실용화 시도가 진행되고 있다.

순수한 母系유전이 되는 cytoplasmic incompatibility는 모기(*Culex pipiens*)와

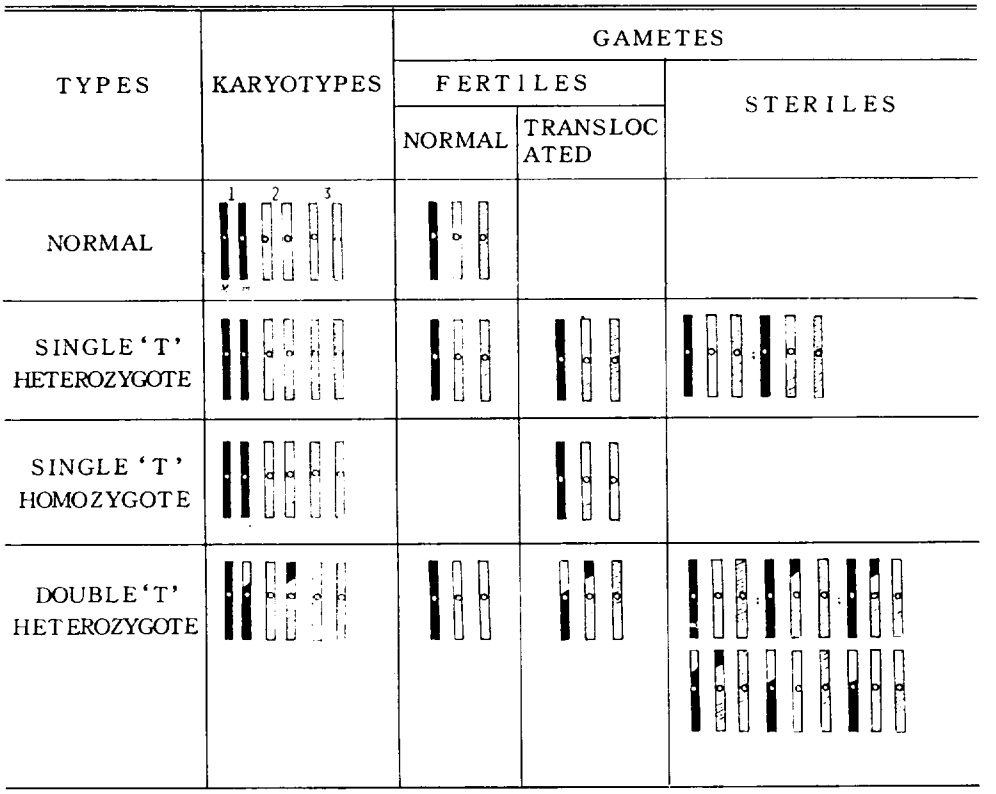

Fig. 1. Normal and translocation karyotypes for culicine mosquitoes and the gametes produced by each Asman *et al.*, 1981)

cherry 파리(*Rhagaletis cerasi*)에서 연구되고 있지만 현재 실용화 시험중에 있는 담배순나방의 예를 들어 설명하고져 한다. 미국 중·남부 지역의 여러가지 작물(목화, 담배, 대두, 완두콩 등)에 많은 피해를 주고 있는 담배순나방(tobacco budworm, *Heliothis virescens*) 수컷과 같은 지역에서 주로 잡초들을 먹고 사는 *H. Subflexa* 암컷의 교배에서 나온 제1대 잡종 암컷(F_1♂)은 정상적이나 수컷은 불임성을 보여준다. 여기서 얻은 F_1♂과 담배순나방의 수컷을 누대교잡(backcross)시켜서 나온 수컷(B_1♂)은 불임이고 암컷(BC_1♂)은 정상이다. 이 BC_1♂을 다시 담배순나방과 누대교잡시켰을 때도 같은 결과를 보여 주었으며 이 불임성은 100세대이상 계속되고 있다.

누대교잡에서 나온 암컷과 수컷 모두 교미활동을 포함한 대부분의 행동과 기타 다른 특성에서 담배순나방과 차이를 찾을 수 없을 정도로 비슷하며 자연계에 방사했을 경우 자유로이 교미하는 것이 확인되었다. 그래서 이 잡종을 중미 카리비안해역에 있는 조그만 St. Croix 섬(37 *km* × 9.7 *km* : 217.6 *km²*)에서 담배순나방을 방제하는 시험을 1977년에 시작하

여 현재 진행되고 있는데 그 결과가 주목된다.

4. Compound chromosomes, meiotic drive 및 negative heterosis

위에서 살펴 본 방법들 외에도

1) Compound chromosomes : 한 염색체의 양쪽팔이 같은 유전자로 되어 있는 경우의 염색체전이로 out-cross 하면 완전한 불임을, in-cross 하면 부분적인 불임성을 나타낸다.

2) Meiotic drive : 생식세포의 감수분열 시 한쌍의 相同染色體가 정자나 난세포에 불균등하게 배분되는 경우다. 이와 같은 기작을 이용하여 암수컷의 비율을 달리 한다든가 아니면 곤충의 생존에 불리한 어떤 요인들의 발현빈도를 증가시킬 수 있다. 예를 들면 우리들의 피를 빨아 먹는 모기암컷의 비율을, 또는 그들의 생식능력을 감소시키는데 이용할 수 있다.

3) Negative heterosis : 옥수수생산량등에서 잘 알려진 잡종강세와는 반대의 현상으로 잡종활성이 더 저하되는 경우이다.

5. 條件致死突然變異 (Conditional lethal mutation)

어떤 특정 조건하에서 치사효과 나타나는 돌연변이를 일으켜 해충을 방제할 수도 있다. 조건이 될 수 있는 요인들로서는

1) 고온이나 저온에 처했을 때 치사효과의 발현,
2) 휴면할 수 없는 유전인자의 도입
3) 날아다닐 수 없게 하는 인자도입
4) 특정기주를 먹고 살 수 없도록 하는 것
5) 살충제에 대한 감수성형질의 도입

6. 야외해충집단의 대체 (Introductin of innocuous forms to replace wild pests)

우리들에게 직접·간접으로 피해를 주는 해충집단을 해를 줄 수 없는 집단으로 대치시키는 방법이다. 예를 들면 사람의 피를 빨아 먹는 모기를 다른 동물이 피만 빨아 먹는 종류로 바꾸든가, 병원성 생물을 매개할 수 없는 계통의 집단으로 매개집단을 대체시키는 경우 등이다. 이와 같은 방법이 가능한 것은 기주와의 관계나 병원미생물과의 관계가 모두 해충의 유전인자가 관여하는데 이 유전인자들을 바꾸게 되면 기주가 달라지게 되든가 아니면 병원균의 매개가 불가능해진다. 농작물에 바이러스 등을 옮겨주는 해충에도 가능하지만 현재

많이 연구되고 있는 종류들은 사람을 포함한 척추동물들의 소위 위생해충, 특히 모기류(표 6)이다.

Table 6. Mosquito Strains Selected for Refractoriness to Vertebrate Pathogens (Curtis, 1979)

Mosquito Species	Pathogen	Genetics of Refractoriness
C. tarsalis	a. Virus Western equine encephalomyelitis	autosmal incomplete recessive
A. aegypti	b. Malaria parasites P. gallinaceum	autosomal recessive
A. stephensi A. gambiae	P. gallinaceum P. berghei P. yoelii	autosomal dominant polygenic
A. atroparvus	P. berghei	intermediate dominance
C. pipiens	P. cathemerium	autosomal, semidominat
A. aegypti	C. Filariae Wuchereria, Brugia	sex-linked, dominant
A. aegypti	Dirofilaria	sex-linked, dominant
A. aegypti C. pipiens	Waltonella Brugia	sex-linked, dominant sex-linked, dominant
C. p. fatigans C. p. fatigans	Dirofilaria Wuchereria	? intermediate dominance

7. 雌雄區別(Sexing)

유전적인 방제법 특히 불임곤충 방사법을 이용할 때 자웅을 동시에 방사하면 성충이 피해를 주는 경우에서와 같이 곤난하여 따라서 보통 한쪽의 성, 통상 수컷(Ⅷ-참조)만 방사하게 된다. 그래서 자웅을 구별해야 되는데 번데기의 색이나 크기로 구분이 가능(표7)한 경우도 있다. 그러나 불필요한 성의 개체를 제거하는 것이 빠르면 빠를 수록 사육경비나 시설면에서 훨씬 경비가 덜 들게 될 것이다. 이와 같은 목적을 위하여 여러가지 유전적인 변이(표7)를 도입하여 큰 성과를 올리고 있으며 이 방법에 의한 사육과 분산에 필요한 경비의 절감효과는 매우 크다. (표8)

Table 7. Mechanical and Genetic Sexing Methods for Autocidal Release Programs (La chance, 1979)

Species	Basis
	Mechanical Methods
Culex pipiens fatigans	Pupal size
Aedes aegypti	Pupal size
Anopheles albimanus	Pupal size
Lucilia cuprina	Pupal color
	Genetic Systems
Bombyx mori	Egg-color mutation + chromosome translocation
Bombyxmori	Sex- limited translocation
Tetranychus urticae	Virgin females produce only haploid males
Musca domestica	Temperature-sensitive conditional lethals + holandric chromosome III
Anopheles albimanus	Propoxur resistance + translocations to sex locus chromosome + inversion
Culex tritaeniorhynchus	Temperature-sensitive conditional lethal and inversion
Anopheles gambiae s.s.(=sp.A)	Dieldrin resistance + translocation to Y chromosome
Anopheles arabiensis (=A. gambiae sp. B)	Dieldrin resistance + translocation to Y chromosme
Lucilia cuprina	Dieldrin resistance + translocation

Table 8. Potential Savings from Genetic Sexing Systems (La Chance, 1979)

Species	Savings ($)
Screwworms	$ 4- $ 7 million/year
Medflies	$ 30/million males released
Anopheles albimanus	$ 4,000/million males released
Stable flies	$ 100/million males released
Horn flies	$ 1,000/million males released

Ⅷ. 유전적인 해충방제법의 特徵

지금까지 살펴 본 유전적인 방법은 약제방제법과는 달리 생물적 방제법등 다른 방제법과 같이 이용할 수도 있고, 천적이나 다른종류이 곤충에는 전혀 영향을 주지 않은체 한 종류

의 해충에만 적용이 되고, 또한 경제적(표 3)이면서도 매우 효과적인 방법이다. 그러나 이와 같은 장점들과는 반대로 극복해야 하거나 제한을 받는 문제점들도 여러가지가 있다. 대상하고 있는 해충의 기본적인 생물학적인 조사와 유전형질에 대해 많은 연구가 이루어져야 하며, 곤충을 사육하고, 불임시킨 후 방사시키는 기술의 개발과 비용문제, 그 해충이 분포하고 있는 지역전부를 상대해야 한다는 점, 따라서 거대한 조직과 시설, 높은 효율성등이 요구된다.

이와 같은 점들로 볼때 우리나라에서는 제주도 울릉도와 같이 격리되어 있는 섬에서 시험적으로 시도한 후에 본토에 적용해야 할 것이다. 대상해충을 선정하는데도 여러가지를 고려해야 한다. 우선 우리가 접근할 수 있는 지역에만 분포하고 있는 해충이 유리하고 그 해충에 대한 기본적인 생물학적 정보를 많이 알고 있든가 조사연구되어야 할 것이다.

Ⅵ. 結　　論

해충을 방제하는 여러가지 방법들의 장단점들과 앞으로 가능성이 높은 생리적 및 유전적인 방법에 대해서 검토하였다. 그러나 어느 한 가지 만으로는 충분치 못하며 해충의 종류, 기주, 환경, 발생시기등에 따라서 가장 적절한 방법을 찾아야 한다. 결론적으로, 가능한모든 방법중에서 주어진 환경에 제일 알맞은 방법을 현명하게 선택하여 이용하는 종합방제책(표 9)을 강구해야 할 것이다.

Table 9. Integrated pest management programs

1. Cultural practices
2. Crop rotation
3. Resistant varieties
4. Biological control agents
5. Selective pesticides and/or their selective use
6. Insect growth regulators
7. Attactants and repellents
8. Genetic approaches

參 考 文 獻

1. Asman, S.M., P. T. McDonald, and T. Prout. 1981. Field studies of genetic control systems for mosquitoes. Annu. Rev. Entomol. 26:289-318.
2. Borror, D.J., D.M.DeLong, and C.A.Triplehorn. 1976. An introduction to the study of insects. 4th ed. 852 pp. Holt, Reinhart and Winston, New York.
3. Coats, J.R. ed. 1982. Insecticede mode of action. 470 pp. Academic Press, New York.
4. Curtis, C.F. 1979. Translocations, hybrid sterility, and the introduction into pest populations of genes favorable to man. (see the reference by Hoy and Mckelvey, 1979 : pp 19 – 30.
5. Foster, G.G., M.J. Whitten, T.Prout, and R.Gill. 1972. Chromosome rearrangements for the control of insect pests. Science 176 : 875-880.
6. Georghiou, G. P. and C. E. Taylor. 1977. Pesticide resistance as an evolutionary phenomenon. Proc. XV Int. Congr. Entomol. pp 759-785.
7. Gillott, C. 1980. Entomology. 729 pp. Plenum Press, New York and London.
8. Hoy, M.A. and J.J. McKelvey, Jr. eds. 1979. Genetics in relation to insect managenent. 1979 pp. The Rockefeller Foundation, New York.
9. Knipling, E.F. 1955. Possibilities of insect control or eradication through the use of sexually sterile males. J. Econ. Entomol. 48: 459-462.
10. Knipling, E.F. 1968. The potential role of sterility for pest control. pp 7-40 in the Principles of Inset chemosterilization, eds. by G.C. LaBrecque and C.N. Smith. 354 pp. Appleton-Century Crofts, New York (cited indirectly from Proverbs, 1969).
11. LaChance, L.E. 1979. Genetic strategies affecting the success and economy of the sterile insect release method (see the reference by Hoy and McKelvey, 1979 : pp 8-18).
12. Laster, M.L. 1972. Interspecific hybridization of Heliothis virescens and H. Subflexa. Environ. Entomol. 1: 682-687.
13. Mitchell, E.R. ed. 1981. Management of insect pests with semiochemicals. 514 pp. Plenum Press, New York and London.

14. Pimental, D. 1976. World food crisis : Energy and Pests. Bull. Entomol. Soc. Amer. 22 : 20-26.

15. Pratt, G. E. and G. T. Brooks. eds. 1981. Juvenile hormone biochemistry. Action, agonism and antagonism. Elsevier/North-Holland Biochemical Press, Amsterdam.

16. Proshold, F. I., M. L. Laster, D. F. Martin, and E. G. King. 1982. The potential for hybrid sterility in Heliothis management. pp 329-339 in the International workshop on Heliothis management. ed. by V. Kumble. 418 pp. The International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics, India.

17. Proshold, F. I., D. F. Martin, M. L. Laster, J. R. Raulston, and A. N. Sparks. 1983. Release of backcross insects on St. Croix to suppress the tobacco budworm (Lepidoptera : Noctuidae) : Methodology and dispersal of backcross insects. J. Econ. Entomol. 76 : 885 - 891.

18. Proverbs, M. D. 1969. Induced sterilization and control of insects. Annu. Rev. Entomol. 14 : 81-102.

19. Smith, R. H. and R. C. von Borstel. 1972. Genetic control of insect populations. Science 178 : 1164-1174.

20. Staal, G. B. 1975. Insect growth regulators with juvenile hormone activty. Annu. Rev. Entomol. 20 : 417-460.

21. Whitten, M. J. 1971. Insect control by genetic manipulation of natural populations. Science 171 : 682-684.

22. Whitten, M. J. and G. G. Foster. 1975. Genetic methods of pest control. Annu. Rev. Entomol. 20 : 461-466.

23. Williams, C. M. 1967. Third-generation pesticides. Sci. Am. 217 (July) : 13-17.

New Strategies in Insect Pest Control

Kyung-Saeng BOO
Seoul National University

Abstract

We have nearly one million species of insect recorded in this earth. Moreover they pass through three or four different stages of development ; egg, larva, pupa and adult. All these mean that insects have evolved almost all means of physiological and ecological adaptation to their environment.

Most of insect species live their own lives and about 15,000 species are directly or indirectly related to human lives, Among the latter group, most are beneficial, and only about 3,000 species are classified as harmful insects.

We have tried to control insect pests with several methods, such as cultural, biological, mechanical, physical, legal and chemical method. The last has played the major role, with application of large quantities of pesticides, which result in three important ill effects ; 1. development of insect pests resistance to insecticides, 2. outbreaks of the pests due to destruction of their natural enemies, and 3. their potential health hazard to humans and wildlife.

We need a lot of research and investment in developing alternative control methods in order to avoid those unwanted effects. There are various possibilities, but, in this paper, I discussed only two categories, physiological and genetic, which are already registered or have a good chance of future use.

It would be much better if we could find some strategies based on physiological principles operating only in insects. Among this are included cuticle biosynthesis inhibitors, juvenile hormones and their analogues, anti-juvenile hormones, pheromones, kairomones, allomones, antimetabolites, and antifeedants. These chemicals are expected not to give so much troubles to man.

Genetic methods can be employed to suppress or eradicate pest populations or to introduce genes innocuous to man into natural populations. This can be accomplished by sterile insect release, chromosome translocations, hybrid sterility, cytoplasmic incompatibility, compound chromosomes, meiotic drive, negative heterosis, conditional lethal mutations, etc.

However, it must be emphasized that insect pest problems can be overcome only by integrated pest management programs. We have to select and wisely use the best mean(s) of pest control under a given condition.