

◀ 주제 6 ▶

유기농업과 해충방제

한 만 위

(농촌진흥청 농업과학기술원 농업해충과)

1. 서 론

인간과 생물이 어우러져 살고 있는 지구상에서 농업은 인류의 생활을 영위하는 가장 기본적인 에너지를 제공하고 있다. 일찌기 윤봉길의사는 농민을 세계인류의 식량창고지기라는 표현으로 농업과 농민의 중요성을 강조한 바 있다. 이렇게 인류의 생명을 보존하기 위한 에너지를 제공해온 농업은 지난 수 세기동안 인구증가에 따른 식량부족 해결이 최대의 과제였다. 한정된 농지에서 인류의 식량을 생산해내기 위해서는 결국 농업의 생산성 향상이 최우선으로 취급될 수밖에 없었다. 화학공업 등의 과학 발달은 농업에 유기합성 농약과 비료라는 새로운 도구들을 제공하였고 이러한 도구를 통한 생산성의 증가는 인류의 식량문제 해결에 커다란 기여를 한 것도 사실이다. 인구증가와 농가인구 및 재배면적의 감소에도 불구하고 우리 나라가 식량위기를 심하게 겪지 않은 큰 이유를 경제력 증가라고 할 수 있겠지만 농업 기술발전을 통한 단위 생산량의 증가도 큰 역할을 한 것으로 볼 수 있다. 농업통계에 포함되는 30여 주요작물의 단위면적당 생산량의 평균증가율은 1975년을 기준으로 볼 때 1995년도의 경우 약 179% 증가했음을 알 수 있다(표 1). 작물별로 보면

감귤과 봄배추는 300% 이상 증가했으며 양파, 옥수수, 배, 밀 등은 200% 이상 생산량이 증가하였다. 벼의 경우는 평균보다 다소 낮은 157% 증가하였다. 벼의 단위면적 당 생산량을 다른 나라와 비교하면 1991년 기준으로 볼 때 Ha당 6.2톤으로 이집트 미국과 함께 세계적 수준으로 성장하였다. 그 결과 전세계 벼 작부면적의 0.8%인 한국은 세계 생산량의 1.4%를 차지하여 평균 소출의 두 배를 생산하는 세계 제11위의 쌀 생산국이 되었다.

이러한 고도의 생산성을 유지하기 위해서는 결국 노동과 기술 그리고 자원이 집약적으로 이용될 수밖에 없었으며 절대생산량의 증가라는 과제를 달성하기 위해 농업기술에 대한 행정, 연구, 지도가 이루어져 왔다. 병해충의 관리 역시 방제행위에 투여되는 투자와 이로부터 생성되는 이윤분석에 의한 방제여부의 결정이 이루어지는 것이 아니라 병, 해충에 의한 손실을 조금이라도 더 줄이는 방향에서 연구와 지도가 이루어져 왔다고 볼 수 있다. 결국 이러한 병해충방제 전략은 과도한 농약사용을 기반으로 할 수밖에 없었다. 최근 언론에서 보도된 바와 같이 단위면적 당 농약사용량이 OECD국가 중 2위라는 사실도 이러한 과정을 뒷받침하고 있다. 또한, 생태학적 개념에서 보면 농업생태계는 결국 인간의 과도한 에너지투입에 의해 일부 생산성이 향상되었지만 물질의 순환과 환경의 악화라는 악순환의 많은 문제를 내포하고 있었으며 그러한 문제점들은 1990년대 이후 점점 더 많은 국가와 사회에서 관심의 대상이 되고 있다. 결국 이러한 문제점들은 사회와 인류에 대한 농업의 엄청난 긍정적 기능을 잃어버리게 할 정도의 역기능으로 대두되고 있는 실정이다.

유기농업은 이러한 생산성 증가 위주의 집약적 농업의 대응방법으로 대두되기 시작하였다. 즉 일체의 합성 화학물질을 첨가하지 않고 유기물과, 자연광석, 미생물 등 자연적인 자재만을 사용하는 방법으로 기존의 농약과 비료로 일컬을 수 있는 관행농업의 대안으로 제시되고 있다. 이러한 유기농업방법의 수행에서 가장 어려움을 겪고 있는 부분이 해충관리 부분이다. 일단 발생조건이 맞아 대발생을 하면 특별한

대책이 없기 때문이다. 더욱이, 관행농법에서 유기농법으로 전환하고자 하는 경우 이러한 해충의 피해는 더더욱 참기 어려운 피해로 느껴지게 된다. 따라서 여기서는 많은 해충방제 방법 가운데 농약을 사용하는 방법이 아닌 물리, 경종적 방제방법과 최근 관심이 고조되고 있는 생물적방제방법 등 유기농업에 사용이 가능한 방제방법들을 정리하여 소개하고자 한다.

〈표 1〉 우리나라 농업 동향

연 도	농가인구 (천명)	경지 면적 (천 ha)			수도재배 면적비율 (%)	1인당 경지면적 (ha)	단위면적당 생산량 평균 증가율(%)
		총면적	식량작물	시설작물			
1975	13,244	2,239	1,218.0	0	54.4	0.17	100
1980	10,826	2,195	1,982.1	11.4	56.2	0.20	131.2
1985	8,521	2,144	1779.5	23.2	57.7	0.25	162.2
1990	6,661	2,108	1668.7	44.6	59.0	0.32	171.0
1995	4,851	1,985	1346.2	92.5	53.2	0.41	179.0
1996	4,692	1,945	1340.2	89.3	54.0	0.41	178.8

2. 포장 위생

포장위생은 해충의 증식처나 월동처 또는 잠복처 등 은신처나 번식원을 제거하는 방법으로, 각 해충의 행동 습성에 관한 지식을 토대로 언제 어떤 방법을 쓰는 것이 유리한가를 결정해야 한다. 따라서 해충의 여러 생태학적 지식이 필요하다.

포장의 잡초나 그루터기 또는 수확 후 남아 있는 작물 등을 제거하는 것은 해충의 증식장소를 없애는 동시에 중요한 서식처를 잃게 하는 일도 된다. 대개의 시설작물의 경우 작기사이 기간이 짧기 때문에 시설내의 잡초나 잔재물처리를 제대로 하지 않으면 해충이 그 곳에 남아있게 되어 다음번 작기의 발생원이 될 수 있다.

또한 토마토나 오이처럼 아래 잎을 제거할 경우에도 처리에 주의를 필요로 한다. 왜냐하면 온실가루이의 경우 아래 부분 잎에는 거이 다 자란 번데기나 노숙약충의 경우가 많기 때문에 제거하여 밖에 그대로 두면 우화하여 다시 침입할 수 있기 때문이다. 따라서 제거한 잎은 망이나 비닐로 덮어 다시 침입하는 것을 막는 것도 중요한 발생원의 제거방법이 될 수 있다. 과수원의 경우 떨어진 과일을 모아서 묻거나 또는 가축사료로 쓰는 수가 있는데 이것은 심식나방류나 거위벌레류의 방제에 도움이 된다.

한편, 포장을 깨끗이 하기 위하여 잡초나 작물 잔체를 제거하는 일은 토양표토가 바람이나 물에 의해 유실되거나 토양 속에 있는 수분이 소실되는 것을 촉진하기도 한다. 또한 주변 잡초에는 여러 가지 천적류나 화분매개곤충류가 살고 있어 이것이 봄에 포장으로 이동하게 되므로 잡초제거로 생기는 이러한 불리한 측면도 함께 고려해야 한다.

3. 물리적 방제

물리적방제란 빛, 소리, 망에 의한 차단, 태양열 등 사물의 물리적 성질을 이용한 방제방법으로 농약으로 대별되는 화학적 방제법, 천적으로 대별되는 생물적방제법에 구분하여 사용되는 용어이다. 전체적으로 물리적방제는 그 범위가 넓기 때문에 일반화시키기는 어렵지만 작용기작적으로는 침입차단, 행동제어, 살충등으로 분류될 수 있다.

1) 침입차단

(1) 터널 혹은 전면 피복

침입 차단에는 망사나 부직포 등의 피복자재가 가장 많이 사용된다. 배추좀나방은 기존 살충제의 거의 전부에 대해 저항성을 보이고 있으며, 채소류에서는 살충제 사용이 제한되기 때문에 방제가 어려운 대표적인 해충의 한 종류이다. 일본에서는 피복재료로 터널을 만들거나, 농작물을 직접 덮는 방법으로 배추좀나방 피해를 76~95% 경감했다. 이 방법은 바이러스병을 매개하는 진딧물류등 다른 해충에 대해 효과도 높고, 각종의 농작물로도 응용되어 널리 보급하고 있다. 피복재료에는 여러 가지 것이 있고, 투광성, 투우성, 가격, 또 기후, 농작물 재배 작형, 농작물의 품질에 주는 영향 등을 고려해 선택할 필요가 있다. 이러한 시도는 피만의 바이러스병 방제(스페인), 토마토의 담배가루이 방제(레바논) 등에서도 시도되어 높은 방제 효과를 보인 바 있다.

(2) 시설입구 및 통풍구 차단

망으로 모기나 파리의 가옥 내 침입을 막는 방법을 생각하면 쉽게 이해할 수 있다. 시설하우스의 측창에 고운 망과 같은 피복 자재로 차단하는 것은 오이총채벌레와 같은 미소해충의 침입도 효과적으로 차단할 수 있다. 단, 정식시기에 묘에 해충이 묻어 들어가 버리면 이 방법은 무의미하게 되기 때문에, 육묘 시에도 침입 방지를 철저히 하고, 다른 방제법을 함께 사용하여 모든 해충을 근절해 놓아야 한다.

침입 방지 효율은 피복 자재나 구멍크기에 따라 다르지만, 일본에서 수행된 시험에 의하면 피복자재로 막아 놓은 안에 점착트랩을 설치하여 조사한 결과에 의하면 오이총채벌레 침입 방지 효율은 93~99%이었다. 대상 해충이 노린재류나 밤나방류에서도 총의 종류에 따라 망을 크게하고, 하우스내 환경에 미치는 영향을 적게 할 수 있다. 야외의 과수에서도 피해가 큰 경우는 망을 사용할 수 있지만, 설치비가

많이 들기때문에 이용하기 어렵다.

(3) 침입 경로의 차단

대상 해충의 행동 생태를 잘 파악하면, 침입 경로만을 차단하는 것으로도 효과적인 방제가 가능하다. 점박이응애나 차응애는 잡초에서 증식하고, 주로 보행이동방법으로 포장에 침입해 야채나 과수를 가해한다. 이들은 이른 초봄에 나무 밑 잡초에서 증식하여 나무에 잎이 달리기 시작하면 윗쪽으로 기어올라가는 습성이 있다. 이러한 행동습성에 착안하여, 30~45 도의 각도로 꺾인 비닐판으로 된 장벽을 설치하면 응애가 이것을 기어 올라 침입할 수 없는데, 실제 일본 간사이 지방에서는 85% 이상의 침입 방지 효과가 있는 것을 찾아내었다. 다른 과수에서도 지상에서 줄기를 따라 기어 올라가는 벌레에 대해서는 침입경로 차단이 유효하다. 포도에서 줄기에 5cm폭의 테플론부직포를 감아 놓으면 밤나방류 2종은 미끄러져 통과할 수 없기 때문에 새싹의 피해를 방지할 수 있었으며, 점착제를 도포하면 바구미류의 일종과 개미 일종의 피해를 줄일 수 있었다.

(4) 과실봉지씌우기

침입방지 기술로 오랜기간 이용되어 온 것 방법으로 배와 같은 과실에 봉지를 씌우는 방법이 있으며, 오랜 기간에 걸쳐 비용·노력경감의 연구로 각종 병해나 흡즙성 밤나방류 등의 여러 병해충으로부터 과실을 보호하는 방법으로 이용되고 있다.

2) 행동제어

(1) 전등 조명

해충의 행동을 제어하는 방법으로 가장 성공한 것은 전등 조명에 의한 야행성 해충의 방제방법이다. 과실을 가해하는 으름밤나방이나 큰갈고리밤나방 등의 흡즙성

밤나방류는 야행성으로 전등 조명을 비추면 피해가 경감되는 것이 알려졌는데 그 기작은 조명에 의해 나방의 겹눈이 명적응화하여 즉, 낮으로 알고 행동이 제어된다는 것이다. 효과적인 색으로는 황색이 종합적으로 봐 가장 뛰어난 것으로 밝혀져있다. 포장에서는 1룩스의 조도로 밤나방류의 피해가 10% 이하로 억제시킬 수 있었고, 노린재류에 대한 효과도 있어 일본에서는 배 과수원에 황색 형광등이 널리 보급되었다고 한다.

채소나 화훼류에서는 오랫동안 이 방법이 시험된 일이 없지만, 카네이션의 과밤나방이나 질경이류의 담배거세미나방에 대한 방제효과가 우수한 것으로 확인되고 있으며, 각종의 농작물과 해충의 조합에 대해서 차례차례 실용성이 확인되어 급속하게 보급하게 되고 있다. 그러나, 경우에 따라서는 농작물의 일장 감수성 문제로 사용할 수 없는 경우가 있고, 또 인접하는 논에서의 출수지연을 방지하기 위해 논두렁 옆에서의 조도를 10룩스 이하로 억제해야만 할 경우도 있다. 그 밖의 전등 조명을 사용한 해충 방제방법으로는, 야간조명으로 벌레의 휴면유기를 방해하여 월동을 불가능하게 하는 방법이 있지만 아직 시험 단계에 머무르고 있다.

(2) 자외선 제거 필름을 사용한 하우스 재배

하우스 비닐로 근자외선 제거 필름을 사용해 하우스내의 광질을 변화시키면 농작물의 생육 촉진이나 병의 억제에 효과를 나타내는 경우가 있지만, 해충 방제로도 적용할 수 있는 경우가 많다. 피망 하우스에 400nm이하의 파장을 제거한 필름을 사용하면 오이총채벌레 밀도와 피해과율을 반년 이상의 장기간에 걸쳐 현저하게 억제하고, 진딧물류에 대한 효과도 높다고 하였다. 근자외선 제거 필름은 해충의 침입이나 이동을 억제하는 효과가 있지만, 증식 억제 효과는 없기 때문에, 정식시기에 묘와 함께 벌레가 들어오지 못하게 하는 것이 필요하다.

이 방법은 아스파라거스의 아스파라가스 잎벌레 등 여러가지 해충에 대해 효과가

높고, 응용범위가 넓지만, 꿀벌의 활동을 방해하는 것, 가지에서 과색이 열리는 것 등이 문제이다.

그러나, 온실가루이의 기생벌인 온실가루이좀벌의 활동이 근자외선 필름의 영향을 받지 않아 본 방법과 천적을 함께 이용할 수 있는 것으로 알려지고 있다. 대개의 경우 물리적 방제방법의 실용화와 보급은 다른 방제법과 조합하여 IPM을 구축해 갈 경우 효율이 높은 것으로 생각되어지고 있다.

(3) 근자외선 반사 필름에 의한 이랑멀칭

1960년대에 미국에서 백색이나 은색의 필름으로 이랑을 멀칭하면 진딧물류의 비래와 진딧물이 매개하는 바이러스병의 발생이 억제되는 것이 밝혀지고, 일본에서도 알루미늄 증착 필름을 사용한 오이의 진딧물류와 모자이크병의 방제, 근자외선 반사 필름을 사용한 오이의 오이총채벌레나 과실파리 방제에서 유효성이 확인되어 보급하고 있다. 이 방법은 농작물의 생육초기에는 높은 효과를 볼 수 있지만, 농작물이 자라나면 비산하는 진딧물이 위에서 볼 수 있는 필름의 상대적 면적이 감소해 효과가 저하한다. 같은 이유로 은색테이프를 작물 위에 늘어 놓은 경우에도 효과는 낮다. 감귤에서 볼록총채벌레에 대한 은색 필름 멀칭 효과는 높고, 은색테이프를 늘어 놓은 효과는 낮았다.

(4) 관 수

행동제어에 한 방법으로 이용할 수 있는 흥미있는 방법이 스프링클러에 의한 관수이다. 하와이에서 물냉이(watercress)에 30분마다 5분간씩 스프링클러를 작동시킨 경우 배추좀나방의 피해가 격감하고 이 결과 살충제의 사용량은 다른 해충만을 대상으로 10% 이하로 감소하고, 물냉이 수량은 90% 이상 증가하였다. 배추좀나방의 감소 원인으로서는 교미나 산란 저해를 들 수 있으며, 물에 의해 유충이 떠내려가거나 익사된 효과도 포함된 것으로 생각된다.

(5) 소 리

행동제어방법으로 가능한 것중의 하나는 소리를 이용하는 방법이다. 박쥐가 먹이 사냥을 위해 발생하는 초음파를 나방이 기피하는 성질을 이용하는 시도가 대표적인 것이다. 우리나라에서는 그린음악이라는 방법이 현재 개발되고 있는데 작물을 자극하는 간접적인 방법이나 음에 의한 자극에 의해 해충에 불리한 물질을 작물이 생성하게 되어 해충을 죽일 수 있다는 보고 등이 있으나 정확한 기작이나 증명 등이 쉽지 않은 것으로 알려지고 있다. 이외에도 해충이 소리를 통신수단으로 짝짓기할 경우 유인하여 죽이거나 비슷한 소리를 발생시켜 짝짓기를 방해하거나, 소리에 의해 벌레를 죽이는 방법 등이 있으나 실용화까지는 아직 과제가 많은 것 같다.

(6) 교미교란

많은 종류의 곤충은 짝짓기를 위해 상대방을 부르는 방법으로 화학물질 즉 냄새를 이용한다. 이러한 화학물질을 성페로몬이라고 하는데 만일 이러한 성페로몬의 성분이 밝혀지고 합성이 가능하다면 이렇게 인공합성한 물질을 작물체에 뿌려놓거나 일정 시간 분무하는 방법등을 이용하여 짝짓기를 위한 배우자 찾기를 방해하는 방법이다. 이 방법이 효율적이라면 짝짓기 성공률이 낮아져 다음 세대의 생산을 줄일 수 있다는 것이다. 대개의 경우 넓은 면적에서 동시에 사용하여야 효과적인 것으로 알려져 있지만 시설재배에서도 사용해볼 수 있는 것으로 알려지고 있다. 또한 이러한 물질은 다음의 살충에서 다루지는 유살방법으로도 이용할 수 있다.

3) 살 충

(1) 태양열에 의한 고온 처리

고온 또는 저온으로 살충하는 방법은 가장 잘 사용되는 기술의 하나로 그 중에서도 태양열이용은 보조 에너지를 필요로 하지 않는 이점이 있다. 시설재배에서 여름

철에 하우스를 밀폐하고, 담수하여 투명 비닐 멀칭을 하면 비닐 밑에는 70℃이상 지하20cm에서도 50℃이상이 되어 고온이 장시간 지속하고, 이 처리를 2~3주간 하면 딸기나 오이의 각종 병해에 대해 방제 효과가 대단히 높고, 선충의 밀도 또한 뚜렷하게 줄일 수 있다. 그러나 이 방법은 여름철에 하우스를 장기간 사용하지 않는 농작물밖에 적용할 수 없는 결점이 있다. 아메리카잎굴파리는 얇은 땅속에서 번데기가 되고, 썩갯이나 유채류를 연작하면 다음 작기 작물에 새로 잎이 나온 다음에 우화·산란하여 큰 피해가 생기지만 태양열 소독을 응용한 방법으로 수확 종료 후에 담수를 생략한 비닐 멀칭만을 한 경우 번데기를 죽이므로 아메리카잎굴파리가 우화하지 않아 방제 효과를 높일 수 있다. 아메리카잎굴파리 번데기는 48℃에서는 30분 지나면 사망하는데, 비닐 피복 밑의 온도를 연속 측정된 결과 필름 밑에는 3월 중순~10월하순 사이, 땅속 2cm의 경우는 4월 중순~10월 상순 사이에 최고 온도가 50℃이상이 되므로, 늦봄부터 초가을 사이 맑은 날 하루만 비닐피복처리하여도 효율적인 방제가 가능하여 채소를 연작하는 포장에서 실용적이다.

농작물 재배중의 하우스 밀폐 처리도 조건을 연구하여 조절하면 가능할 수 있다. 예를 들면 가지에서 47~50℃까지 온도를 상승시켜 오이충채벌레나 차면지응애에 대해 우수한 방제효과를 나타냈다는 보고도 있다. 겨울철은 시설하우스 안의 온도가 높지 않지만 앞 작물을 재배한 뒤 제초를 철저히 하고 하우스를 30~40일 동안 밀폐하면 온도가 따뜻하기 때문에 땅 속에 있던 오이충채벌레가 일찍 성충이 된다. 이 때 작물은 재배를 시작하기 전이므로 오이충채벌레 성충은 먹을 것이 없어 굶어 죽게되므로 다음 작물 정식 후에도 발생을 할 수 없게되는 효과적인 방제방법이다. 포장 위생이나 포장내외의 기주 잡초의 방제는 난방제 해충의 방제에서 반드시 지적되고, 수확 종료 후 농작물의 나머지는 포장 밖으로 반출하도록 되어 있지만 잔재물이 포장 주변에 있으면 그것 자체가 발생원이 된다. 여름철이면 잔재물 반출 전에 하우스를 훈증하여 살충하는 것이 가장 간편하고 다른 계절이나 노지 재배에

서는 나머지를 사용하였던 비닐 등으로 피복 할 필요가 있다.

(2) 태워 죽이기

가스 버너를 사용한 해충 방제 성공 예로 워싱턴주의 진딧물 방제를 들 수 있다. 수로 독에 발생하는 잡초에 복숭아혹진딧물이 태생충으로 월동할 수 있기 때문에 그 주변에는 이들이 매개하는 바이러스병이 많이 발생하였다. 이른 봄에 60km²의 면적(수로 연장70km)을 대상으로 가스 버너로 잡초를 태웠을 때 진딧물은 90% 이상, 바이러스병은 70% 이상 감소하였다. 손익계산 결과도 수익증가액이 방제 비용보다 훨씬 많았다. 이러한 방제방법이 실패한 예도 있는데, 아메리카잎굴파리의 방제를 위해서 썩갓 수확 종료 후의 지표면을 시판 화염 방사기로 처리하였지만 지하 1cm의 온도 상승은 1℃를 넘지 않고 토양중에서의 우화충이 있고 처리 시간도 10a 당 14시간이 걸려 방제효과나 방제효율을 기대하기 어려운 것으로 나타났다. 또 증기나 뜨거운 물에 의한 방제법도 병해에서는 많이 시험되어 있고 아메리카잎굴파리도 80℃의 열수처리 효과는 높은 것이 알려졌다.

(3) 유 살

해충의 유살방법이란 해충이 끌리는 빛, 색, 냄새 등을 이용하여 해충을 끌어들이고 잡는 방법을 말하는 것으로 이 방법의 성공여부는 사용하는 재료의 유인 능력과 설치량에 의존한다. 오이재배 하우스에 있어서 황색 점착판을 6m²당 1개씩 매달을 경우 온실가루이와 온실가루이에 의해 매개되는 바이러스병을 80% 이상 감소시킬 수 있었다고 한다. 그러나, 물냉이(watercress) 시설재배에서 배추좀나방 방제를 위해 감전식 유살기를 10a당 24대 설치했지만 유살비율은 여름에도 10% 정도로 아주 낮았고, 다른 계절에는 대부분 유살되지 않았다. 야외에서는 해충의 이출입량에 대한 추정이 쉽지 않기 때문에 유살효과를 평가하기가 어렵다. 태국에서는 배추좀나방에 황색 점착 trap에 의한 대량유살과 유살수를 기준으로 적기방제를 하여 관

행 방제에 비해 적은 약제 살포 횟수로 피해를 감소시킨 예가 있다. 점착 trap은 벌레의 종류나 행동 외에, 색, 계절 등의 여러가지 조건에 의한 유인 효율의 차이를 충분히 검토해 볼 필요가 있으며, 최근에는 성페로몬과 같은 종내 신호물질을 이용한 유살이나 예찰방법이 이용되기 시작하고 있다.

(4) 청소기

가정의 먼지중에 포함되는 응애류 등은 인간의 알레르기의 하나로 카페트 등 마루의 종류나 제습 등의 환경 변화가 근본적인 해결방법이지만 청소기는 가장 간편하게 피해를 경감할 수 있는 방법이다. 농업 해충에서도 1980년대 후반부터 청소기에 의한 해충 방제 시도가 시작되고, 캐나다의 노지 재배 딸기로는 장님노린재의 일종, 이스라엘의 노지 재배 셀러리와 감자에서는 아메리카잎굴파리나 담배가루이에 대해 대형 tractor에 청소기를 설치하고 흡입 제거 시험을 하여 어느 것이나 대상 해충의 밀도를 저하시키는 효과가 인정되었지만 처리에 시간이 걸리고 또 해충의 재침입도 많아 실용화에는 이르고 있지 않다.

물냉이(watercress) 시설재배농가가 시작한 배부식 청소기에 의한 배추좀나방 흡입 제거 효과를 평가한 경우 처리1회당 성충수가 거의 반감하는 것을 알았지만, 10a의 하우스를 1회 처리하는데 60분이 걸리며 기계가 무거워 실용적은 아니었다고 한다. 그러나 최근 자동시설화와 혹은 로봇트화를 꾀하고, 저밀도 시에 방제 효과가 높은 페로몬 디스펜서와 조합하면 우수한 방제수단으로서 이용할 수 있기 때문에 현재 이용방법의 개선을 시도하고 있다.

(5) 담 수

십자화과 해충인 벼룩잎벌레는 성충이 있을, 유충이 뿌리를 해치기 때문에 채소류에 전면피복이나 터널피복을 하면 피복자재 밑에서 증식하여 다발생하는 경우가 있다. 대만에서는 net 하우스의 내에 문제가 되는 이 해충을 방제하기 위해 이 해

충이 물속에서는 48시간이면 죽는 사실을 이용하여 파종 전에 짧은 기간 물을 담아 높은 방제효과를 얻었다는 보고도 있다.

(6) 질 식

곤충의 표피는 골격의 기능을 담당하고 있기도 하지만 숨구멍을 갖고 호흡기능을 담당하기도 한다. 그렇기 때문에 어떤 물질이 이 숨구멍을 막는다면 곤충은 질식사할 수밖에 없다. 이러한 원리를 이용하는 대표적인 방법으로 과수원에서 사용하는 기계유제를 들 수 있으며 농약의 보조제로 이용되는 전착제도 이러한 기능을 할 수 있다. 외국이 경우 비누를 이용한 이 방법은 유기농업에서 대표적인 해충방제방법으로 널리 알려져 있다. 즉, 비눗물이 해충의 몸에 닿으면 몸 표면에 있는 숨구멍을 틀어 막기 때문에 비눗물에 접촉한 해충은 질식사할 수밖에 없게된다. 이러한 방법은 직접 해충의 몸에 닿아야 하는 단점이 있으므로 차면지응애와 같은 아주 작은 해충보다는 진딧물에 비교적 효과적일 수 있다. 또한, 직접 접촉이 되어야만 효과적이기 때문에 잔류로 인한 천적의 영향도 최소화할 수 있어 생물적방제와 함께 사용할 수 있는 가능성도 높다. 최근 외국에서 유기농자재로 이용되고 있는 비누용액제품이 수입되기 시작하고 있는 실정이다. 이 방법을 사용하는데 한 가지 문제점은 비교적 식물체에 남게되는 비누성분에 의해 작물이 약해를 받을 수 있다는 점이다.

4) 실용화의 문제점

물리적 방제법은 현장에서 얻어지는 아이디어에서 발전한 것도 많지만 실용화된 것은 어느 것이나 그 아이디어를 토대로 해충의 생태나 행동을 잘 연구하고, 방제 효과를 정확하게 평가, 실증하는 과정을 거치고 있다. 더욱이 방제 효과의 평가 때에 자주 문제가 되는 것이 벌레의 이동분산이다. 야외에서는 주변에서 벌레의 침입을 피할 수 없기 때문에 방제 효과를 대면적이나 격리된 포장에서 측정하여야 하는

경우가 많고, 또 효과도 나오기 쉽다. 그 점에서 폐쇄 또는 반 폐쇄환경인 하우스나 건물내에서는 방제 효과가 평가하기 쉽고, 벌레의 재침입을 방지하는 방법을 병용하면 효과가 안정하고, 오래 지속되어 하는 이점이 있다. 어느 쪽이든 한 가지 방법에 의한 방제 효과가 낮은 경우는 다른 방제방법과 함께 사용하여야 한다.

비용과 노력의 문제는 실용화에 있어 자주 최대의 장애가 된다. 특히 노력의 문제는 잊어버리기 쉽고 소면적에서의 시험에서는 우수한 방법으로 보여도 작업시간을 측정해 보면 포장에서는 사실상 불가능하다고 판명되는 일이 있다. 농번기는 상상 이상으로 바쁘고 방제 효과가 현저하지 않은 경우나 부담이 큰 경우는 농가에서는 받아들이기 어렵다. 반대로 말하면 농가의 농사일의 순서로 잘 짜 넣을 수 있을 수 있으면 방제 효과가 높지 않아도 보조 수단으로서 실용화 할 수 있다. 농작물의 생육이나 수확물의 품질 그리고 천적 등 다른 생물이나 주변환경에 주는 영향을 검토해 놓는 것도 잊어서는 안된다. 더욱이 이러한 문제점은 실제농가의 포장에서 수행 중에 발견되는 것도 많고, 또 문제해결을 위한 힌트도 얻어지기 때문에 가능성이 있는 방제 수단에 대해서는 농가포장실증시험에 대한 끈기있는 노력이 요구된다.

물리적 방제법은 다른 방제법과 병용하기 쉬운 것이 많고, 종합적 방제가 유력한 수단이 된다. 원리가 단순하고 사람들의 이해와 협력을 얻기 쉽고, 많은 재미있는 아이디어들이 효과를 볼 수 있는 분야이다.

4. 재배방법의 이용

해충의 정착이나 번식생장에 불리한 환경조건을 조성하여 해충으로 인한 피해를 감소시킬 수 있는 모든 재배수단을 이용하는 것을 재배적 방제(cultural control)라 하며, 내충성 품종의 이용까지를 포함할 수 있다. 이 방법은 농경의 역사와 더불어

발달한 것이라 할 수 있어 가장 오래된 방법이라 하겠는데, 살충제 중심의 해충방제 체계에서는 무시되어 왔으나 해충의 합리적 관리를 목표로 하는 현재에 있어서는 작물의 재배나 조림계획 수립에서 제일 먼저 고려되고 검토되어야 할 문제로 취급되고 있다. 특히 무농약 재배를 원칙으로 하는 유기재배에서는 가장 필수적인 방법이라고 할 수 있다.

이 방법은 포장환경, 재배의 시기나 조건, 그리고 수확방법이나 수확후의 저장, 가공 과정을 해충의 생식이나 생장 또는 생존에 불리하도록 해야 하기 때문에 해충의 행동습성이나 생활사, 그리고 작물의 생리 생태에 관한 깊은 지식을 바탕으로 하여야 한다. 즉 해충의 생활사 중에서 환경조건에 대하여 가장 약한 생육단계가 언제인가를 명백히 하고, 재배법이나 저장방법을 해충의 가해가 어렵고 해충의 생존이나 증식에 불리한 환경조건이 되도록 해야 할 것이다. 따라서 이러한 방제방법은 해충과 작물의 생태를 이용한다고 하여 생태적 방제(ecological control)라고도 한다. 기본적으로 작물의 수량이나 품질에 영향이 없는 것이 이상적이지만, 생산측면에서 불리한 경우가 생길 수도 있어 그에 대한 충분한 검토가 선행되어야 한다.

재배법의 해충학적 이용은 발생한 해충을 죽이는 것이 목적이라고 하기보다는 그 발생이나 가해를 어렵게 하는 방법으로. 예방이 주목적이므로 경제적 손실이 있기 훨씬 이전에 적용해야 하는 것이 보통이다 이러한 특성 때문에 실제로 그 효과를 평가하는 데 어려움이 많고 그 효과는 경지 전체에 걸쳐 일제히 실시하였을 때 크다.

그리고 재배적 방제는 대체로 경종방법을 일부 변형하는 것이어서 방제를 위한 특별한 경비지출은 필요 없는 경우가 많아 방제비는 무시해도 될 정도다. 물론 재배수단만으로 만족스럽게 해충을 방제하기가 힘든 경우가 많아 다른 방제법을 같이 쓸 필요가 있는 수가 많다. 그러나 재배수단에 의한 해충발생시기의 지연이나 발생량의 약간의 감소도 경제적인 피해에는 상당히 큰 영향을 미칠 수도 있다.

해충의 증식이나 활동은 환경조건에 따라 크게 달라진다. 그리고 해충이 실제 활동하고 있는 서식환경, 즉 미환경은 입지조건이나 작물의 종류 그리고 작물의 생육 상태, 기타 등에 따라 상당한 차이가 있으므로 입지조건이나 재배방법을 개선하여 해충의 증식을 억제할 수 있겠다. 한편 해충의 가해를 감소시킬 수 있는 재배수단이 작물생산에 대해서도 유리한 때에는 문제가 없겠으나 양자가 경합관계일 경우도 있을 수 있으므로 이 점은 농업생산적 측면에서 검토되어야 할 것이다.

1) 경 운

해충류는 토양의 구조, 화학적 성분, 수분 함량, 온도 그리고 토중 생물 등의 영향을 받으며, 이들 조건이 작물의 생육에 미치는 영향을 통하여 간접적으로도 영향을 받는다. 해충을 방제할 목적으로 경운 할 때에는 그 때가 그 해충의 생육단계 중 가장 환경조건에 대한 감수성이 클 때이어야 하므로 그 해충의 생활사나 습성에 대한 깊은 지식이 필요한데, 그 시기는 농업생산적 측면에서도 유리하거나 적어도 불리하지는 않아야 적용할 수 있다.

작물을 수확하고 난 다음이나 휴한중에 흙을 갈아엎으면 해충의 증식처가 될 수 있는 그루터기나 남아 있는 작물 또는 잡초를 제거할 수 있으며, 땅속의 해충을 건조나 고온 또는 저온에 노출시키고 천적류, 특히 새들이 발견하기 쉽도록 하며, 또한 표층 가까이 있는 것은 깊이 묻어 버려 우화율을 낮게 하기도 한다.

미국에서는 옥수수 이삭을 가해하는 *Heliothis zea*(Boddie) 밤나방 월동번데기에 대한 방제수단으로 가을갈이를 하며, 포도를 가해하는 *Paralobesia viteana*(Clements) 애기잎말이나방의 월동처를 깊이 묻는 방법으로 피해를 줄인다

결국 경운을 이용한 해충방제란 해충의 생육단계 중 가장 외적 환경조건에 의한 영향을 크게 받는 시기에 적용해야 하는 것으로, 이를 위해서는 해충의 생활사나 각 생육단계에 미치는 여러 가지 환경조건의 영향 등에 관한 깊은 지식을 토대로

해야 할 것이다.

2) 윤작과 혼작

윤작이나 혼작을 통하여 방제하려 할 때 그 대상이 되는 해충은 식성범위가 좁고 생활사가 길며 이동력이 적은 해충들이어야 유리하다. 일반적으로 같은 작물을 연작하면 해충류, 특히 토양해충류의 발생이 심해지는 것은 흔히 볼 수 있는 현상이다. *Graphognathus*속바구미류의 성충은 날 수 없으며, 성충이 땅콩이나 콩을 먹으면 산란수가 많으나 옥수수를 포함한 화본류를 먹으면 산란수는 극히 적어지고 유충에 의한 피해도 별로 문제가 되지 않는다. 따라서 콩과식물을 연작하는 것은 이 해충의 발생을 증가시키게 되므로 콩과작물 다음에 화본류 작물을 재배함으로써 그 피해를 줄일 수 있다.

윤작이 서로 다른 작물을 시차를 두고 재배하는 데 반하여, 혼작은 같은 포장에 서로 다른 작물을 동시에 재배하는 것을 말한다. 일반적으로 복잡한 생태계는 안정성이 커진다는 생태학적 원리에 따라 어떤 특정 해충이 크게 발생하는 것을 막을 수 있으며, 어떤 작물에 대한 해충의 발생이 많다고 해도 그 해충의 피해를 덜 받거나 받지 않는 작물이 있을 수 있으므로 혼작을 통한 위험의 분산 효과도 기대할 수 있다. 또한 대상(帶狀)간작을 하였을 때는 해충의 이동을 어느 정도 억제할 수도 있을 듯하다.

그러나 혼작은 최근의 농업이 집약화되고 기계화의 경향이 큰 것을 생각할 때 수확이나 작업 효율, 노동력 등에서 여러 가지 문제점이 있어 소규모적으로는 가능하지만 대규모적으로 실시하는 데에는 문제가 많다.

3) 피해 회피

해충문제의 발생은 해충과 작물의 접촉에서 비롯되므로 해충이 출현하였을 때 작물이 없거나 작물이 해충의 생육에 불리한 상태에 있으면 피해를 줄일 수 있다. 이러한 피해의 회피는 재배시기를 조절하거나 조생종이나 만생종과 같은 품종의 특성을 이용할 수도 있다.

밀의 대해충인 헛시안파리(*Phytophaga destructor* Say)의 방제에 효과적인 방법은 밀 파종기를 밀의 월동에 지장이 없는 한 늦게 파종하여 성충이 산란을 못하고 죽게 하는 것이다. 이 파리의 성충수명은 보통 3일 정도이고 길어도 4일을 넘지 못하는 것이 보통이다. 또한 이 해충은 보통 연 2회 발생하며, 제2세대 성충이 출현하는 것은 미국 일리노이주에서는 9월 상순부터 시작되며, 온도가 떨어지면서 우화 성충수는 급격히 감소한다. 따라서 밀의 발아시기를 성충 우화시기를 피할 수 있도록 조절하는 것이 산란방지를 위해서 중요한 일이다.

재배시기의 변경은 단순히 피해를 회피하는 일 이외에 해충의 발생환경의 변경이나 작물의 내충성 증가 등 여러 가지 내용을 포함하고 있다. 유럽에서는 봄보리를 가해하는 보리수염진딧물(*Macrosiphum avenae* Fabricus)에 대한 기생봉의 활동을 촉진시키기 위하여 파종량을 줄이거나 가을에 겨울밀을 일찍 파종하여 주변의 진딧물을 밀밭으로 일찍 이동하게 하고 일찍부터 기생봉의 활동을 촉진시킨다. 이와 같은 방법의 이용은 기후조건이나 곤충상에 따라 지역적으로 깊은 검토가 있어야 하며, 한 해충에 대하여 유리하다고 해도 다른 해충에 대해서는 불리한 경우나 작물 생산량과 경합도 있을 수 있어 전체적인 측면에서 검토되어야 하겠다.

4) 기타 관리법

해충의 발생은 환경조건의 영향을 크게 받으므로 휴한, 수확의 시기나 방법, 재

배밀도 그리고 포장에 남아 있는 작물잔체, 논두렁이나 밭 두렁의 대용숙주식물, 전정이나 정지, 적화나 적심, 기타 여러 가지 관리법이 직,간접적으로 해충 발생에 영향을 미치게 된다.

5) 재배적 방제법의 장점과 단점

재배수단을 이용한 해충방제는 일반 경종법을 이용하는 것이므로 특별히 별도의 비용이 필요하지 않은 것이 보통이다. 재배적 방제법은 예방적 조치이며, 가장 적은 경비로 그 목적을 달성할 수 있고 그 효과도 크다. 그리고 일반 살충제 이용에서 문제가 되는 저항성 해충의 출현을 비롯한 여러 가지 부작용도 문제가 되지 않는다.

그러나 재배학적 수단은 해충이 발생하기 훨씬 전부터 적용해야 하기 때문에 농민은 그의 필요성을 절실하게 인식하지 못하는 경우가 많으며, 그 필요성을 인식하였을 때에는 벌써 기회가 지나갈 경우가 많다. 그리고 재배적 방제법으로 해충문제를 완전히 해결하기는 힘든 수가 많다. 특히 한 해충에 대해서는 효과적이거나 다른 해충에 대하여는 그렇지 못하거나, 생산적 측면과 경합되는 수가 흔히 있다. 예를 들면, 벼의 이앙기가 종전의 6월 중순에서 약 1개월 앞당겨지면서 이화명나방의 발생량(유살수)은 1960년대에 비하여 1980년대에는 약 13%로 감소하였으나, 멸구류나 매미충류의 발생은 반대로 증가하고 있다.

한편 해충문제는 농업생산에 있어 중요한 문제임에 틀림이 없으나, 다른 요인들도 중요한 의의를 가지고 있다. 따라서 이러한 농업생산에 관련된 여러 가지 문제가 종합적으로 검토되어야 할 것이다. 그리고 농업생산은 고정적이고 불변한 것이 아니고 시대와 더불어 변천하게 마련이므로, 해충의 생물학적 특성에 따라 대응적인 방제수단이 끊임없이 개발되고 적용되어야 한다.

5. 생물적 방제법의 이용

자연계에서 생물 상호간의 관계는 먹고 먹히는 관계를 포함하여 직·간접으로 서로 영향을 미치고 있다. 이러한 먹고 먹히는 관계에 있는 생물을 천적이라고 하며 크게 포식성천적, 기생성천적, 미생물로 나눌 수 있다. 포식성천적은 일생을 거쳐 여러 개체의 동물을 죽여 먹이로 하는 육식동물을 칭하는 것으로 무당벌레나 풀잡 자리, 새와 같은 것들을 들 수 있으며 대개 먹이보다 몸집이 크다. 기생성천적은 일생동안 한 개체의 동물을 먹이로 하는 육식동물을 칭하는 것으로 대개 먹이보다 크기가 작다. 그러나 기생성 천적의 경우 암컷성충이 먹이에 알을 낳기 때문에 많은 개체를 죽일 수 있다. 즉, 포식성천적은 자신이 살기 위해 먹이로 다른 동물을 죽이지만 기생천적은 자신이 생산하는 다음세대를 위해 다른 동물을 죽이거나 마비시키는 것이 일반적이다. 따라서 해충의 포식자나 기생자와 같은 천적을 이용하여 해충의 밀도를 억제하는 방제방법을 생물적 방제(biological control, biocontrol)라고 한다.

지금까지 그 안전성과 영속성 그리고 경제성 등의 장점 때문에 생물적 방제에 관해서는 많은 연구가 행해져 왔다. 즉 생물적 방제는 환경오염의 염려가 없고, 인축이나 야생동물에 대한 영향도 없으며, 천적류는 자기증식에 의하여 지속적이고 광역적인 효과를 유지하며, 천적류에 대한 저항성의 문제도 거의 무시해도 된다. 그리고 생물적 방제가 성공하면 살충제의 개발이나 계속하여 살포해야 하는 비용도 필요 없어 경제적이다. 그러나 생물적 방제는 그 효과가 나타나려면 시간이 걸리고, 생물로 생물을 제어하는 방법이기 때문에 매우 역동적이다. 즉, 각각의 경우마다 다른 방제방법에 의해 혼란을 받을 수도 있고 환경에 따라 다른 효과를 나타낼 수도 있으며 포함되는 생물의 특성과 적응정도 그리고 제한성에 따라 다양한 현상을 나타낼 수도 있다. 그러므로 생물적방제가 기대하는 대로 성공을 거두려면 해충

은 물론 천적류에 관한 깊은 생물학적 지식을 필요로 한다.

1) 생물적 방제 방법

생물적 방제에서 중요한 일은 천적을 어떻게 유효하게 이용하는가 하는 것이다. 천적을 이용하는 방법에는 ①천적을 외국으로부터 도입하여 정착시키는 방법, ②환경조건을 천적에게 유리하도록 개선하여 그의 활동을 증대시키는 방법 그리고 ③인공적으로 천적을 대량 증식케 하여 방사하는 방법 등이 있으며, 최근에는 ①과 ②의 경우와 관련하여 천적류의 효과 증대를 위한 유전학적 수단의 이용도 연구되고 있다.

(1) 천적의 도입

생물적 방제를 생각할 때 새로운 천적류를 외국으로부터 도입하는 방법은 가장 흔히 생각할 수 있는 일이다. 특히 대상 해충이 외국으로부터 침입하였을 때에는 이를 일차적으로 거론하게 된다. 사실 지금까지 성공한 예는 대부분 이러한 경우다. 그러나 천적을 도입하였으나 정착에 실패한 예도 상당히 많다. 이러한 실패의 원인은 명확한 목표가 없이 막연한 계획아래서 도입하였던 경우다.

새로운 천적을 도입하여 성공할 수 있는 경우란 ①해충의 생활계 중에 비어 있는 생태적 지위가 있어 새로 도입되는 천적이 그것을 채워 줄 수 있는 경우, ②해충의 생활계 중의 생태적 지위가 어떤 천적류에 의해 채워져 있기는 하나 그들로는 해충밀도를 억제하기가 불충분한데, 외지에서 보다 효과적인 천적류를 도입하면 채워질 수 있을 경우 등의 두 가지 경우다. 첫번째 경우는 흔히 새로 침입한 해충에 대해 그 해충의 원산지를 찾아 효과적인 천적류를 도입한다. 그러나 원래 있던 해충의 경우도 현재 있는 천적류 보다 효과적인 것을 다른 지역에서 발견, 도입하여 성공할 수 있는 가능성이 있다. 예를 들면 피지섬에서 코코넛의 해충인 알락나방의

일종인 *Levuana iridescens* Beth. - Baker를 방제하는 데 알락나방의 일종인 *Artona cotoxantha* Hampson에 기생하는 *Ptychomyia remota* Aldrich기생파리를 말레이시아에서 도입하여 성공한 예가 있다. 따라서 이러한 가능성은 상당히 높을 것으로 생각된다.

외국 또는 다른 지역에서 천적을 도입할 때에 가장 중요한 것은 천적을 어디에서 찾아야 할 것인가 하는 문제다. 이를 위해서는 정확한 종의 동정이 선결문제로, 지금까지의 사례를 검토해볼 때 동정이 잘못되어 실패한 예가 상당히 많다. 원산지가 밝혀지면 그곳을 찾아가 유력한 천적을 선정해서 종을 동정하고 도입 여부를 결정하기 위하여 그의 생물학적 특성이나 생태학적 특성을 연구해야 하며, 2차 기생성 생물의 유무 또는 다른 불리한 영향이 있을 가능성에 대한 검토도 이루어져야 한다.

채집된 천적류는 보통 항공편으로 검역시설이 갖추어져 있는 곳에 보내지고, 이곳에서 다음 발생시기까지 사육되거나 환경조절 실내에 저장된다. 여기서 보내온 천적류의 보관 못지 않게 중요한 것은 그들을 야외에 방사했을 때에 문제가 될 수 있는 여러 가지 문제, 예를 들어 2차 기생생물의 유무나 대상해충 이외의 다른 유용생물에 미치는 불리한 영향의 유무 등에 대한 확인작업이다. 이러한 바람직하지 못한 일이 생기면 돌이킬 수 없는 상황이 벌어지기 때문에 각별한 주의가 필요하다. 곤충이 검역시설에서 빠져나갈 수 있는 길은 창이나 문 또는 환기통과 같은 것을 통하는 길과 사람이 출입할 때 문어서 탈출하는 경우가 있다. 따라서 이러한 것에 대해서는 특별한 시설이 필요하다. 동시에 실내의 통기와 광선문제도 곤충을 사육하는 데 지장이 없도록 해야 할 것이다. 그리고 시설내에는 수송에 쓰인 용기나 사육에 쓰인 기구, 재료를 매립하거나 소각할 수 있는 장치도 있어야 한다.

검역상 문제가 없다는 것이 판명되면 야외에 방사하여 정착시킬 수 있도록 먼저 사육시설에서 증식시킨다. 물론 원산지에서 검역상의 문제가 완전히 해소되고, 수송 전에 정착 예정지역 해충발생 상황이 참작되어 도착 직후 야외에 방사할 수 있

도록 준비되어 있는 경우에는 사육시설에서의 증식이 꼭 필요한 것은 아니다.

정착의 성공 여부와 일차적으로 관계가 있는 요인은 온도, 습도와 같은 기상 요인이지만, 이것이 충분히 충족되어 있는 경우에도 다른 요인들이 정착을 어렵게 하는 수가 있다. 즉 발견된 천적이 여러 가지 종류의 숙주를 공격할 수 있다고 가정하였을 때, 대상해충의 밀도가 대단히 높아 보다 선호하는 다른 숙주보다 높은 밀도이기 때문에 공격을 받고 있었다면 그 해충의 밀도가 낮을 때에는 공격을 덜 받게 될 수도 있다. 또 포식기생자가 대상해충이 기생할 수 없는 상태가 되었을 때 다른 숙주가 없으면 결국 정착할 수 없을 것이다 이러한 사실은 열대산 천적을 온대에 도입한 경우보다는 반대로 온대산 천적을 열대에 도입하였을 때 성공률이 높다는 사실로도 짐작할 수 있다. 천적을 도입할 때 한 종의 천적만을 도입할 것이냐 또는 2종 이상 여러 종을 도입하는 것이 성공률이 높으나 하는 문제는 오랫동안 여러 학자들간에 논란이 있다. 이와 같이 천적을 도입할 때에는 여러 가지 문제를 고려해야 하겠으나, 그 내용은 극히 복잡하여 어떤 것이 가장 유리한 천적이 될 것이라는 판단을 하기는 그리 쉬운 일이 아니다.

(2) 환경조건의 개선

천적류의 활동에 유리한 환경조건을 조성한다는 것은 구체적으로 그 생태계에 존재하는 천적류를 보존하고 그 세력을 강화하는 데 필요한 조건을 조성하는 것이다. 천적류의 보전이란 결국 천적류에 불리한 여러 가지 요인을 피하고 적극적으로 유리한 조건을 조성하는 일이 될 것이며, 그의 세력강화란 천적류의 수명을 연장시키고 증식을 도우며 그 지역에 천적류가 모여들 수 있는 수단을 강구하는 일이 될 것이다. 해충이나 작물 그리고 천적류는 종류에 따라 그들이 요구하는 기상조건이나 살충제 사용을 비롯한 여러 가지 관리수단에 대한 반응이 천차만별일 것이므로 각각의 경우를 상세하게 설명할 수는 없다. 여기서는 천적류의 보전과 세력강화와 관

련한 몇 가지 재배방법과의 관계를 예로 설명하고자 한다.

작물을 재배하기 위하여 쓰이고 있는 경우, 재배시기, 재식밀도, 기타 여러 가지 재배수단은 앞에서 설명한 바와 같이 해충의 발생과 깊은 관계가 있을 뿐 아니라, 천적류의 활동과도 깊은 관계가 있다. 예를 들면 미국 캘리포니아주의 사막지대에 관계가 잘 안 되어 있는 곳에서는 천적류의 생존율이 극히 낮기 때문에 알팔파를 때 모양으로 수확함으로써 천적류의 보호를 도모하고 있다고 한다.

한편 대부분의 천적류는 포장에서와 같이 군집구조가 단순한 곳에서 살아왔다기 보다는 보다 복잡한 생태계에서 진화하였다고 볼 수 있다. 이러한 복잡한 생태계는 대체할 수 있는 먹이가 있고 월동처가 다양하여 극단적인 상황에서 피신할 곳이 많다. 따라서 군집의 다양도를 높이는 것은 천적류 보호에 도움이 될 수 있다. 그리고 구조적으로 볼 때 수직적 또는 평면적으로 군집을 다양화시키는 것은 바람직한 것이나 종다양도를 증가시킨다는 것은 농생태계에서는 관리상 어려운 일이므로, 포장 주변에 잡초나 그 밖의 다양한 식물상을 유지하고 포장내의 수직적 다양성을 증가시키도록 노력해야 할 것이라고 제시되고 있다.

작물의 재배시기를 조절하고 부근의 잡초를 남겨 두는 등 여러 가지 수단으로 생물다양성을 유지하는 것은 천적에게 대체가 가능한 먹이를 공급할 수 있어서 보호에 도움이 될 것이다.

포식자나 포식기생자는 대상이 되는 곤충 이외에도 꿀이나 화분과 같은 것을 보조먹이로 이용하는데 이러한 보조먹이의 공급을 통하여 대상으로 하는 해충의 밀도가 낮을 때 천적류를 보호할 수 있다. 캘리포니아의 건조한 사막지역에서는 꿀과 꽃가루를 섞어 뿌려줌으로써 풀잠자리류의 조기산란을 촉진한다고 한다. 이외에도 천적의 서식처를 제공하거나 작물재배 온도를 높여주는 방법 등도 있을 수 있다.

(3) 천적의 증식과 대량방사

천적류를 간단히 대량 생산할 수 있다면 이렇게 생산한 천적류를 약제를 이용하는 것과 같은 방법으로 이용할 수 있을 것이다. 천적류를 대량으로 사육 또는 얻는 방법으로는 다음과 같은 방법들을 생각할 수 있다.

① 천적이 서식하고 있는 지역에서 다량의 천적을 채집하여 필요한 지역에 방사한다.

② 천적을 대량으로 사육하여 방사한다.

①의 예로는 과거에 사과면충에 대한 면충좀벌의 이용이나 일본에서의 루비각지벌레에 대한 루비붉은좀벌의 이용방법은 그 예가 되겠으며, 무당벌레류는 월동할 때 집단을 이루는 습성이 있어 이러한 습성을 이용할 수도 있다.

미국 캘리포니아주 관개농업지대의 포장을 둘러싸고 있는 비경작지에는 천적은 물론 해충도 없다. 따라서 경작지의 수수밭 또는 띠 모양으로 수확하고 남겨 둔 알팔파에서 채집한 천적류를 필요한 곳에 방사하는 방법이 이용되기도 한다. 우리나라와 일본에서는 솔잎혹파리의 기생봉을 기생률이 높은 곳에서 피해선단지로 이식하여 이들의 정착을 돕는 방법이 이용되고 있다.

②의 방법에는 해충 자체를 이용하는 경우와 사육이 용이한 대용 숙주를 이용하는 경우가 있다. 전자에는 미국 워싱턴주에서 완두콩수염진딧물의 기생봉을 대량으로 얻기 위하여 대형 망실을 이용하는 경우나 일본에서 루비각지벌레를 이용하여 루비강충좀벌을 대량으로 사육하는 경우가 그 예가 되겠다.

이세리아각지벌레를 호박에 사육하면서 그의 포식 천적인 베다리아무당벌레를 키우는 경우와 같이 대용 숙주를 이용할 수 있고, 천적류의 먹이곤충 중에서 사육이 쉬운 것으로 대체하는 방법도 있다. 예를 들면 *Trichogramma* 알벌레류는 줄알락명나방(*Cadra cautella*(Walker)), 보리나방, 감자나방과 같은 것의 알에서 증식시킬 수 있다. 천적의 대용 숙주를 이용하는 데에는 먼저 천적 자신의 대체숙주를 찾아내

고, 다음으로 그 해충의 대체식물이나 먹이를 찾아내는 방법으로 연구가 진행되어야 할 것이며, 이러한 연구는 최근 천적의 인공사육을 포함하여 활발한 연구가 진행되고 있다.

이러한 맥락에서 농업과학기술원 농업해충과는 5년 전부터 천적연구실을 신설하고 천적이용연구를 강화해오고 있다. 현재 농업해충과는 시설재배 작물에 문제가 되는 해충의 생물적방제를 목표로 하고 있다. 아직 많은 천적을 개발하지는 못했지만 온실가루이의 천적인 온실가루이좀벌, 점박이응애의 천적인 칠레이리응애에 대한 개발은 완성단계에 있다. 특히 딸기에서 칠레이리응애를 이용한 점박이응애 방제시험을 논산 담양 등 딸기재배농가에서 시도했었는데 매우 성공적이었다. 온실가루이좀벌도 자체 포장과 횡성, 고성 등의 농가에서 시험한 결과 토마토에서는 온실가루이를 충분히 방제할 수 있는 것으로 나타났다. 현재 고추와 수박 등에서 진딧물을 방제할 수 있는 진디벌의 적용시험도 수행중이다. 또한 외국에서 침입하여 문제가 되고 있는 꽃노랑총채벌레와 오이총채벌레를 억제할 수 있는 토착천적인 애꽃노린재의 대량사육기술도 완성단계에 있다. 이 외에도 몇 종류의 포식성 응애와 포식성 흑파리류 등이 검토되고 있다. 현재 각각의 작물에서 효과가 검증되고 있지만 이러한 천적종류는 함께 사용되어야 그 힘을 발휘할 수 있다. 또한 이러한 천적들에 대한 농약의 영향을 줄이기 위해 농약의 독성 검증방법, 선택성 약제 선발, 저항성 천적개발 등에 대한 연구도 함께 진행되고 있다. 조금이라도 빨리 천적이 농가에서 쉽게 사용할 수 있게 하기 위해 국내 대학, 중국, 체코, 캐나다 등의 우수한 연구기관과 공동연구를 수행 중에 있다.

6. 맷음말

해충을 관리하는 방법은 농약을 제외하고도 앞에서 살펴 본 것처럼 아주 다양한 방법의 이용이 가능하다. 그러나 농약이 상당히 많은 농가에서 널리 사용되어온 사실에서 알 수 있는 것처럼 농약 그 나름대로의 편리성이나 효과, 속효성 등의 장점이 크게 작용한 것이라고 볼 수 있다. 반면 유기농업의 경우 농약의 부정적인 측면 때문에 이를 사용하지 않고자 하는 농법이므로 농약만큼 이용하기 편하고 효과적인 해충방제법을 기대하기란 어렵다. 단지, 조금 더 불편하거나 조금 덜 효과적인 방법이라도 농약을 사용하지 않고 해충을 관리할 수 있다는 장점을 받아들인다면 앞에서 설명한 것처럼 많은 대체방법들을 생각할 수 있다. 그러나 이러한 대체방법들은 대개 해충의 행동습성, 생태적 특성, 생리적 특성 등 해충에 대한 특성을 충분히 파악해야만 이용할 수 있는 특징이 있다. 또한 자신이 방제하고자 하는 해충이 무엇인지를 정확히 파악해야만 방제방법의 조화로운 도입이 가능하다. 예를 들면 담배거세미나방의 경우 빛에 의한 행동제어방법과 페로몬을 이용한 유인방법이 효과적이라고 하지만 이 두 가지 방법은 함께 이용할 수 없다. 황색등은 나방성충의 활력을 억제하고자 하는 방법이고 페로몬은 나방성충의 활력을 이용하는 방법이기 때문에 두 가지 방법은 서로 상쇄시키는 작용을 하기 때문이다. 반면, 방충망과 같은 해충의 침입차단방법이나 포장위생등의 방법은 기본적인 방법으로 대개 모든 해충의 방제에 효과적이라고 할 수 있다. 더우기 이러한 방법들은 대개 다른 방제방법과 상호 보완할 가능성이 높다. 그러나 이 방법도 환기불량이나 온도 상승 등 시설환경조건을 열악하게 할 가능성이 높아 이에 대한 대비가 필요할 것이다. 결국, 해충의 합리적인 관리는 최고의 방법을 찾는 것이 아니라 주어진 조건에서 최선의 방법을 찾는 것이라고 생각한다면 현재의 유기농업적 방법에서도 농약이외에 알려진 많은 해충방제방법들이 접목되어 이용될 수 있을 것으로 생각된다.