

시설작물 해충방제를 위한 천적의 이해

Understanding of natural enemies for insect pests control in greenhouse

김용헌

Yong-Heon Kim

농업과학기술원 농업해충과

Division of Entomology, National Institute of Agricultural Science & Technology, RDA, Suwon 441-707,

서언

농약은 빠르고 정확하게 해충을 방제하는 효과가 있지만 인간과 가축에 대한 농약잔류의 위험, 농약에 저항성이 있는 해충 출현, 천적이 사라져 해충의 돌발적 발생(resurgence), 잠재해충의 문제 해충화 등 부작용이 있었다 (Bottrell and Adkisson, 1977; Heinrichs et al. 1982; Kerns and Gaylor 1993). 이 문제를 해결할 수 있는 새로운 해충방제 수단이 필요하게 되었으며 그 중 하나가 천적을 이용한 생물적 해충방제이다.

외부와 차단된 시설 환경에서 대량증식천적이용(augmentation)은 약제방제의 대안으로 관심을 끌고 있다. 유럽에서는 대량증식천적이용은 지난 80년대부터 보편화되었지만 (van Lenteren, J.C. 1989) 우리나라에서는 천적에 대한 연구는 1996년부터 본격적으로 시작하여 1997년 점박이용애 천적인 칠레이리용애를 이용하여 딸기에 발생하는 점박이용애 방제에 성공은 많은 사람에게 관심을 끌었다(김 등, 1999). 농촌지도사업에서 천적 시범사업은 1997년부터 시작하여 지금까지 칠레이리용애, 콜레마니진디벌, 온실가루이좀벌 등 주요 천적의 실용화를 위한 기반 조성에 역할을 해왔다. 외국에서 천적도 수입 허용이 되었고, 국내 천적생산회사도 1999년부터 창업을 하여 이제 천적이 없어서 사용 못하는 어려움은 없게 되었다.

그렇지만 아직도 국내에서 천적이용은 실용화까지 아직도 해결할 많은 문제가 많다. 천적은 농약의 부작용 문제가 없지만 대상해충만 방제효과, 해충밀도가 높을 때 사용이 곤란, 온도 등 환경에 영향을 많이 받는 등 단점이 크기 때문에 실용화가 쉽지 않다. 천적에 대한 많은 이해는 이런 문제점을 해결에 도움이 되며 생물적 방제의 조기 실현에 기여하게 될 것이다. 본고에서 천적이용에 대한 이해를 돕기 위하여 방제대상 해충과 천적의 특성, 천적이용 방법, 작물 재배와의 관계, 농약과의 동시이용 등에 관하여 기술하였다.

1. 시설작물의 해충과 천적의 종류

대량증식 천적의 이용은 일부 작물에서는 노지 작물에서 이용할 수도 있으나 주로

외부환경과 폐쇄되어 먹이사슬이 단절된 온실에서 발생하는 해충을 대상으로 한다. 방제 대상 해충과 이용할 천적이 어떤 것이 있나 살펴본다.

가. 대상 해충

우리나라의 시설 작물에 주로 발생하는 해충의 종류는 표 1과 같다. 십자화과에 속하는 무와 배추에 발생하는 해충은 민달팽이 등 11종, 오이, 참외, 수박, 멜론 등 박과작물에 발생하는 해충은 목화진딧물 등 10종, 고추, 피만, 착색단고추 등 가지과 작물에 발생하는 해충은 복숭아혹진딧물 등 9종, 파, 양파 등 백합과에 발생하는 해충은 파총채벌레 등 8종이 각각 주요 해충으로 일반적으로 방제 대상이다. 그러나 해충의 발생은 장소와 시간에 따라서 발생 차이가 커서 재배장소(필지)에 따라서 방제 대상 해충이 될 수도 안 될 수도 있다. 여러 종류의 해충이 발생하지만 경제적 피해수준이상으로 발생하는 해충만이 방제 대상이다.

기주 식물별 진딧물의 종류를 보면 십자화과작물에는 무테두리진딧물과 양배추가루진딧물, 박과작물에는 목화진딧물, 가지과작물에는 복숭아혹진딧물, 들깨에는 들깨진딧물이 각각 특이적으로 많이 발생한다.

채소작물에 공통으로 발생하는 해충은 알톡톡이, 땅강아지, 귀뚜라미, 온실가루이, 점박이응애, 풍뎅이류, 채소바구미, 거세미나방류, 도둑나방, 파밤나방, 뿌리혹선충, 뿌리썩이선충, 민달팽이류 등이다. 이 중 민달팽이류, 바구미류, 톡톡이, 고자리파리류는 토양 속에 살거나 표피가 딱딱하여 공격하기 힘든 것들이 많아 천적이용이 쉽지 않은 해충이다.

나. 이용 천적

생물적 방제란 기생자, 포식자, 병원균, 길항균 이나 경쟁자를 이용하여 해충의 밀도를 억제하여 작물의 피해를 줄이는 것이다 (van Driesche and Bellows, 1995). 천적에는 거미, 포식성 응애 등 포식자가 있고, 기생자에는 기생벌과 기생파리의 기생자와 선충이 있다. 미생물 자재로 세균, 사상균, 원생동물, 바이러스가 있다. 시설작물 해충방제에 이용되는 대부분의 천적은 기생자와 포식자이고 곤충병원균이나 경쟁자 등은 많지 않다.

천적의 종류별 적용 대상 해충과 작물은 표 2에서와 같다. 천적이용이 기술적으로 쉬운 작물은 발생해충의 종류가 적은 상추, 딸기 등이며, 어려운 작물은 오이, 멜론, 수박, 참외 등 고온기에 재배되는 박과작물과 생육기간이 긴 파프리카, 피만, 가지 등이다. 딸기는 점박이응애와 진딧물 두 종의 해충이 주로 발생되고, 기술적으로 천적의 방제효과가 높을 뿐만 아니라 소비자로부터 안전식품에 대한 요구가 높은 작물로 천적 이용 가능성이 아주 높은 작물이라고 할 수 있다.

진딧물의 천적 중에서 많이 이용되는 것은 콜레마니진디벌이다. 진디벌은 뱅커플랜트 (banker plants)를 이용하여 오랫동안 효과적으로 이용할 수 있는 장점이 있다. 콜레마니진디벌은 복숭아혹진딧물이나 목화진딧물 등 작은 진딧물에 기생하나 수염진딧물 등 큰 진딧물에는 기생하지 못한다. 큰 진딧물의 기생성 천적으로 *Aphidius ervi*가 외국에서 이용되고 있지만(Kopper, B.V., 2002) 아직 국내에서는 수입허용이 안되어 있으며

아직까지 수염진딧물의 토착 천적은 아직 확인되지 않고 있다. 진디혹파리와 무당벌레는 포식자로 방제효과가 빨라 진딧물의 콜로니가 형성되었을 때 이용할 수 있는 장점이 있다.

표 1. 시설채소 작물별 해충의 종류

작물	해충 (진한 글씨: 중요 해충)
무, 배추	민달팽이, 들민달팽이, 쥐며느리, 배추바구미, 클로우버응애, 배추좀나방 , 목화진딧물, 복숭아혹진딧물, 무테두리진딧물 , 양배추가루진딧물 , 파밤나방, 배추흰나비
오이, 참외, 수박, 호박, 메론	목화진딧물 , 온실가루이 , 꽃노랑총채벌레 , 오이총채벌레 , 아메리카잎굴파리 , 점박이용애 , 작은각시들명나방 , 파밤나방, 뿌리혹선충, 짜리수염진딧물
고추, 피망, 착색단고추	복숭아혹진딧물 , 담배나방 , 목화진딧물, 점박이용애, 온실가루이, 꽃노랑총채벌레 , 오이총채벌레, 뿌리혹선충, 차면지용애
가지, 토마토, 감자	온실가루이 , 꽃노랑총채벌레 , 아메리카잎굴파리 , 복숭아혹진딧물 , 감자수염진딧물, 짜리수염진딧물 , 차면지용애
파, 양파	파총채벌레 , 파좀나방 , 담배거세미나방, 파밤나방 , 파굴파리 , 뿌리용애 , 고자리파리 , 썩고자리파리
상치, 양상치	복숭아혹진딧물 , 감자수염진딧물, 짜리수염진딧물 , 들민달팽이, 민달팽이
딸기	점박이용애 , 차용애, 꽃노랑총채벌레, 목화진딧물 , 복숭아혹진딧물, 딸기뿌리진딧물, 애뭇틸진딧물, 딸기잎선충, 딸기눈선충, 뿌리혹선충, 뿌리썩이선충
잎들깨	들깨진딧물 , 들깨잎말이명나방 , 차면지용애, 온실가루이 , 꽃노랑총채벌레 , 점박이용애

생물적 방제에 세계적으로 이용되는 천적은 칠레이리용애, 온실가루이좀벌, 콜레마니진디벌, 오이이리용애, 굴파리좀벌, 잎굴파리고치벌, 진디혹파리 등 20여종이다(van Lenteren et al.). 이들 천적은 생물적 방제의 선진국인 북미에서 개발된 것이다.

천적은 그 특성이 달라 방제 대상 해충이나 작물 또는 환경에 따라서 다른 천적을 이용한다. 또한 천적의 선택에는 방제효과 이외에 해충의 밀도, 환경 등 기술적 요인과 더불어 천적의 구입 비용 등 경제적 요인도 영향을 준다.

우리나라에서는 2002년까지만 해도 외래종 천적의 도입은 관련법규 미비로 수입할 수 없었으나 다행히 식물방역법이 개정되어 2003년까지 칠레이리용애, 온실가루이좀벌 등 7종의 천적이 수입허용이 되었다 (김 등, 2004). 이 중 굴파리좀벌과 진디혹파리는 국내에도 있는 종이고 나머지 5종은 외래종이다. 수입허용 천적 이외 국내에서 생산되는 있는 천적은 무당벌레, 남방애꽃노린재, 긴털이리용애, 꼬마무당벌레, 쌀좀알벌, 곤충기생선충(*Steinernema carpocapsae*)이 있다.

표 2. 국내에서 생산되는 천적의 시설 작물별 이용 가능성

천적명	대상 해충	딸기	참외 수박	오이 호박 멜론	고추	피망 파프리카	토마토	상추	시금치	배추	깻잎	장미	국화	포도	복숭아
칠레이리용애	점박이용애	◎	○	○	△	△	△	×	×	×	△	◎	○	○	○
온실가루이좀벌	온실가루이	○	○	◎	○	○	◎	×	×	×	○	◎	◎	×	△
남방애꽃노린재	총채벌레	○	○	◎	◎	◎	○	○	△	×	○	◎	◎	◎	△
오이이리용애	총채벌레	○	○	◎	◎	◎	○	○	△	×	○	◎	◎	◎	△
콜레마니진디벌	목화진딧물 복숭아혹진디물	◎	◎	◎	◎	◎	○	◎	◎	◎	◎	○	◎	○	◎
진디혹파리	모든 진딧물	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
무당벌레	진딧물 등 해충	△	○	○	△	△	△	○	○	△	○	○	○	△	○
굴파리좀벌	잎굴파리	×	△	◎	△	△	◎	×	△	×	×	×	◎	×	×
잎굴파리고치벌	잎굴파리	×	△	◎	△	△	◎	×	△	×	×	×	◎	×	×
나방유충	곤충기생선충	△	△	△	◎	◎	◎	×	×	◎	○	◎	○	○	◎
나방 알	쌀좀알벌	×	×	×	○	○	○	×	×	×	×	○	○	×	○

×해충 발생 안 함, △ 조금, ○ 보통, ◎ 많음

현재 국내에서 이용되고 있는 대량증식 천적은 12종이나 여러 가지 환경이나 작물에 따라 다른 천적을 이용하려면 아직 부족한 실정이다. 외국에서 널리 이용되는 천적은 이미 그 효과가 검증된 천적이라고 할 수 있다. 표 3은 현재 국내 생산이 되지 않고 있지만 이들 천적의 특성과 우리 작물 재배 환경을 고려하여 앞으로 이용 가능성을 표시하였다. 온실가루이의 천적 *Eretmocerus eremicus*와 *E. californicus*은 담배가루이를 기생할 수 있으며 고온에 잘 적응하는 천적이며, 온실가루이 천적 *Macrolophus caliginosus*은 조기 투입하여 포장증식이 가능한 천적이고, 진딧물 천적 *Aphis ervi* (수염진디벌)과 *Aphelinus abdominalis*(진디좀벌)은 콜레마니진디벌이 기생할 수 없는 큰진딧물인 수염진딧물 방제에 이용할 수 있는 천적이고, 점박이용애 천적 *Amblyseius californicus*(사막이리용애)는 고온에 적응성이 높은 천적이다 (Koppert, 2002). 이들 천적의 대부분은 기존 천적의 문제점을 보완할 수 있는 특성이 있다. 온실가루이 등 외국에서 침입한 종은 국내 토착 천적이 있을 가능성이 적어 도입 천적의 이용은 불가피하다. 토착종의 문제점은 일장이 짧은 기간은 휴면하여 발육이나 산란활동을 하지 않아 방제효과가 떨어지는 문제점이 있다. 국내에서 이용되는 남방애꽃노린재는 휴면을 하나 외국에서 많이 이용하고 있는 *Orius laevigatus*는 최소일장이 10-11시간으로 겨울 동안 이용할 수 있는 장점 (Kopper, 2002)이 있어 파프리카, 장미, 국화 등 여러 가지 작물에서 이용 가능성 큰 작물이다.

외래 천적에 대한 수입허용은 국립식물검역소에서 위험도 평가를 거친 후에 수입허

용이 된 후에 이용할 수 있다. 앞으로 국내 이용가능성이 높은 천적은 경제적 효과가 앞으로 빠른 시일 내에 수입 허용이 될 수 있는 조치가 필요하다.

2. 천적의 이용방법

생물적 방제에 사용되는 천적을 어떻게 사용할 것인가에 관한 모델이 있으면 보다 쉽게 천적을 이용할 수 있다. 표 4는 천적의 이용방법에 대한 일반적인 모델이다. 이 모델 설정은 천적의 특성, 해충의 특성, 외국에서 천적이용 사례를 종합적으로 고려하여 작성하였다. 그러나 이용 장소에 따라서 작물재배, 기후 등 환경 조건이 다르기 때문에 천적이용 방법도 개별 농가포장에 따라서 차이가 날 수 있다.

잎용애 방제에 칠레이리용애는 치료용으로 사용한다. 이 천적은 잎용애의 처음 발생이 확인 직후 방사한다. 방사량 횡수는 점박이용애의 발생정도에 따라 1 3회가 된다. 1회 투입량은 10a당 3,000마리이다. 많이 발생한 곳에는 집중 투입한다. 온실가루이 방제에 온실가루이좀벌을 사용하고, 예방용으로는 해충 발생 2주전에 투입하고, 치료용은 해충 발생이 확인 된 후 1주 간격으로 4 8회 투입한다. 기생률이 70%까지 높아질 때까지 계속 방사한다.

잎굴파리 천적은 굴파리좀벌과 잎굴파리고치벌이 각각 10%와 90% 혼합된 제품을 사용하며, 잎굴파리는 잎굴파리가 발생한 직후 사용하며, 조기 천적 투입하여 그 자손이 증식하도록 한다.

총채벌레 천적은 오이이리용애와 남방애꽃노린재를 이용하며, 오이이리용애는 총채벌레가 발생하기 전에 투입하고, 남방애꽃노린재는 총채벌레 발생 직전에 사용한다. 굴파리좀벌과 애꽃노린재는 방제효과는 우수하나 가격이 비싸 많이 사용할 수 없는 것이 문제점이다.

클레마니진디벌은 예방, 치료, 포장증식 효과가 다 있으나 예방용 사용이 효과적이다. 오랫동안 천적의 효과가 지속되도록 하기 위하여 진디벌은 뱅커플랜트(banker plants)로 이용한다 (그림1). 천적이 기주식물에서 기주곤충을 먹이로 하여 함께 살아가는 식물이 뱅커플랜트이다. 뱅커플랜트에 진디벌이 많이 증식할 수 있도록 뱅커플랜트를 자주 관찰하여 기주곤충(진딧물)이 부족하거나 없을 때는 추가 접종을 해야 한다. 진딧물의 천적으로 진디혹파리, 무당벌레, 풀잠자리 등 포식성 천적은 진딧물 콜로니가 형성되었을 때 치료용으로 사용한다.

나방류의 알 기생 천적으로 쌀알좀벌과 곤충기생선충이 있다. 쌀알좀벌은 해충발생 직후 투입한다. 담배나방과 같이 나방류는 몇 천 개 알을 흩어 낳기 때문에 방제효과를 높이기 쉽지 않다. 곤충기생선충은 나미목 해충에 방제효과가 우수하나 접촉해야만 효과가 있는 것이 단점이다. 이 선충은 자외선이 없을 때 농약과 같이 분무기로 살포한다.

표 3. 국내에서 생산되지 않는 천적의 국내 이용 가능성

천적	대상 해충	딸기	참외 수박	오이 호박 멜론	고추	피판, 파프리카	토마토	상추	시금치	배추	갯잎	장미	국화	포도	복숭아
<i>Eretmocerus eremicus</i>	온실가루이	△	△	◎	△	△	◎	×	×		△	◎	○	×	×
<i>Eretmocerus californicus</i>	온실가루이	△	△	◎	△	△	◎	×	×		△	◎	○	×	×
<i>Macrolophus caliginosus</i>	온실가루이	×	×	△	×	×	◎	×	×	×	×	×	×	×	×
<i>Amblyseius degenerans</i>	충채벌레	△	×	×	△	◎	×	×	×	×	×	△	△	×	×
<i>Orius laevigatus</i>	충채벌레	△	×	○	○	◎	×	○	○	×	×	◎	◎	◎	×
<i>Chrysopa carnea</i>	진딧물	○	×	×	×	×	×	○	○	×	×	×	×	×	×
<i>Aphis ervi</i>	수염진딧물	×	×	×	○	○	○	×	×	×	×	○	○	×	×
<i>Aphelinus abdominalis</i>	수염진딧물	×	×	×	○	○	○	×	×	×	×	○	○	×	×
<i>Hypoaspis aculeifer</i>	뿌리파리	×	×	×	×	◎	○	×	×	×	×	×	×	×	×
<i>Amblyseius californicus</i>	점박이용애	×	○	○	×	×	×	×	×	×	×	○	○	○	○
<i>Stethorus punctum</i>	점박이용애	×	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	○	○
<i>Therodiplosis persicae</i>	점박이용애	△	○	○	△	△	△	×	×	×	△	○	○	○	○

×해충 발생 안 함, △ 조금, ○ 보통, ◎ 높음

3. 작물 재배와 천적이용

작물 재배 시기는 해충 발생에 크게 영향을 준다. 작물의 재배 작형은 재배기술의 발달로 모호해졌지만 보편적으로 축성재배, 반축성재배, 조숙재배, 억제재배, 노지재배로 구분한다. 축성재배는 겨울철 재배하여 가장 빨리 수확하는 작형이고, 반축성재배는 가온하지 않고 노지재배 보다 일찍 시설 내에서 재배하는 작형이다. 억제재배는 가을에 재배하여 겨울에 수확하는 작형이다. 노지재배를 제외하고 모두 시설에서 재배이다. 해충의 발생은 작물 파종이나 정식부터 시작되며, 천적 이용도 이 때부터 시작된다.

작물 생육적온은 표 5와 같이 시금치, 상추, 쪽갯, 쥬키니호박이 15-20℃로 가장 낮으며, 수박이 25-30℃로 가장 높다(표 외, 1991). 작물 생육적온을 고려하여 이용할 천적을 이용해야 한다. 고추, 수박, 가지와 같이 생육적온이 높은 작물에서는 고온 적응성이 높은 천적을 사용하고, 시금치, 상추, 쪽갯 등 저온에서 생육하는 작물에서 저온 적응성이 높은 천적을 사용한다.

온도는 곤충의 밀도 증식에 중요한 영향을 미친다. 곤충의 발육은 종에 따라 다르지만 대부분이 10℃부터 발육을 시작하여 일정 한계온도(약 33℃)까지는 높아질수록 발육속도가 빨라진다. 해충의 증식속도가 높아지면 천적 또한 증식속도가 높지 않으면 이용할 수 없다. 생육적온이 높은 작물은 높은 온도에서 재배되어 해충 또한 빠른 속도로 증식하게 되어 더 세밀한 해충관리가 필요하다.

표 4. 시설채소의 해충방제에 사용되는 천적의 표준 이용 모델

대상해충	천적	천적의 발육단계	전략	처리시기 (해충발생)	처리빈도	투입량 /10a/회	방사지점 /10a
있음애	칠레이리움애	성충, 약충	치료	직후	1 3	3,000	400
온실가루이	온실가루이좀벌	머미	예방	직전	2주	1,500	30
			치료	직후	매주4	3,000	60
					8주		
있굴파리	굴파리좀벌	성충	치료 포장증식	직후	2 3회	500	2
	있굴파리고치벌	성충	치료	직후	2 3회	100	2
총채벌레	오이이리움애	약 성	포장증식	직전	1 3	100,000	400
	애꽃노린재	5령, 성충	치료	직전	1 3	1,000	10
목화진딧물 복숭아혹진 딧물	콜레마니진디벌	머미	예방 치료	직전 직후	매주 2주	1,000 3,000	5 10
	뱅크플랜트	성충	예방	2개월전	1	1 2	1 2
진딧물	진디혹파리	번데기	치료 포장증식	발생 시	4주	1,000	10
	풀잠자리	유충	치료	발생 시		20,000	발생지점
	무당벌레	성충	치료	발생 시		3,500	발생지점
나방	살좀알벌	번데기	치료	발생 시	4회		
	곤충기생선충	3령	치료	발생 시	1 3회		

천적의 활동 가능온도는 대체로 12 30℃이나 낮은 온도로 보면 콜레마니진디벌이 5℃로 가장 낮고, 다음으로 칠레이리움애와 오이이리움애가 12℃로 낮다 (표 6). 고온에서 활동가능 온도로 보면 오이이리움애, 남방애꽃노린재, 풀잠자리가 35℃로 높고, 나머지 천적은 30℃이다. 천적의 활동 적온은 대체로 20 25℃이다. 활동적온이 가장 낮은 천적은 있굴파리고치벌이고, 가장 높은 천적은 풀잠자리이다.

대부분의 천적은 최적습도가 65 80%이다. 콜레마니진디벌은 55 65%로 최적 습도가 낮다. 진디혹파리는 최적습도 하한 온도가 75%로 높고, 온실가루이좀벌은 최적습도의 상한이 90%로 높다.

표 5. 주요 시설채소의 생육적온

작물	생육적온(℃)	저온 한계	고온 한계
딸기	낮 18 23, 밤 5 10	3	30
고추	낮 25 28, 밤 18 22		
토마토	낮 20 30, 밤 15 17	5	35
가지	낮 23 28, 밤 13 18	10	35
봄오이	낮 25, 밤 17	8	35
여름오이	낮 25, 밤 17		
수박	낮 25 30, 밤 18	10	35
쭈키니호박	낮 15 20, 밤 15		
애호박	낮 20 25, 밤 15		
시금치	15 20		
상추	15 20	9	25
숙갓	15 20		

표 6. 주요 천적의 활동 온도와 최적 습도

천적	활동가능온도	활동적온	최적습도
칠레이리응애	12 30℃	22 25℃	65 80%
오이이리응애	12 35℃	21 23℃	65 80%
남방애꽃노린재	15 35℃	21 23℃	65 80%
풀잠자리	15 35℃	24 26℃	70 90%
진디혹파리	16 35℃	20 24℃	75 85%
온실가루이좀벌	15 30℃	20 24℃	60 90%
콜레마니진디벌	5 30℃	20 24℃	55 65%
굴파리좀벌	15 30℃	20 25℃	
잎굴파리고치벌	15 30℃	15 20℃	

4. 농약과 동시 이용

지금 문제되고 있는 해충은 농약에 잘 적응한 것이라고 할 수 있다. 진딧물이나 점박이응애와 같이 농약에 대하여 저항성이 잘 발달한 것도 있고, 온실가루이 유충과 같이 표피가 왁스로 덮여 있어 농약이 침투가 어려운 것도 있고, 총채벌레나 잎굴파리와 같이 꽃 속이나 잎 조직 속에 살아 농약의 직접 접촉이 쉽지 않는 것이 있다. 그러나 천적은 농약에 대한 경험이 없어 적응을 못하고 쉽게 죽는다. 적용범위가 넓어 여러 종의 해충을 죽이는 농약과 잔효력이 길어 오랫동안 해충을 죽일 수 있는 농약이 천적에 더 해롭다. 이런 농약은 현재 많이 사용되고 있는 합성피레스로이드계, 유기인계, 카바메이트계 농약이며, 이들 모든 천적에 아주 해롭다(표 7).

한편 네오니코틴계 농약은 땅위에 배회하는 포식자에게는 해롭지 않고, 식물잎 배회성 포식자에게는 영향이 크다. 탈피저해제 농약은 기생성 천적과 지상 배회성 포식자에게는 영향이 없으며, 이리응애와 식물 잎 배회성 천적에게는 약간의 영향을 준다. 식물

있 배회성 천적은 모든 농약에 해로운 것은 농약 살포 시 물리적인 타격이 영향을 주기 때문이다. 탈피저해제 농약은 천적에 안전하여 동시 이용이 가능하다. 그러나 이들 농약은 적용대상 해충이 적고 선택성이 커서 동시 여러 종의 해충방제 효과가 떨어지는 단점이 있다.

표 7. 살충제 농약의 그룹별 천적에 대한 영향*

농약구분	기생성 천적	이리움애	지상 배회성 천적	식물잎 배회성 천적
합성피레스로이드계	4	4	4	4
유기인계	4	4	4	4
카바메이트계	4	4	4	4
네오니코틴계	4	1 4	1	3 4
탈피저해제	1	1 4	1	2 4

*영향 없음, 2: 약간영향, 3: 크게 영향, 4: 아주 크게 영향

5. 뱅커플랜트의 이용

뱅크플랜트(banker plants)는 천적을 증식 유지하는 식물이다 (그림1). 식물에서 초식자가 증식을 하고, 이 초식자에서 포식자나 기생자가 증식을 하게 된다. 초식자는 기주 전환을 못하여 작물에 해를 주지 않으나 천적인 포식자나 기생자는 기주 전환을 하여 작물에 발생하는 해충을 공격하는 점을 이용한 것이다. 뱅커플랜트는 작물과 유연 관계가 멀수록 뱅커플랜트 발생하는 초식자는 주 작물에 해를 주지 않는다. 원예작물은 모두 쌍자엽식물이며, 화분과식물은 단자엽식물이라 두 식물에 발생하는 해충상(害蟲相)은 다르다. 이런 이유로 보리나 밀 등 화분과 식물을 뱅커플랜트로 원예작물의 해충방제에 이용하고 있다. 또한 원예작물 내에서도 식물분류학상 유연 관계가 멀면 뱅커플랜트로 이용할 수 있다. 박과작물을 뱅커플랜트로 가지과 작물에서 이용할 수 있다. 유연 관계가 먼 작물은 해충 발생 종류가 달라 주 재배 작물에 해충으로 작용하지 않으면서 천적의 증식을 위한 먹이로 이용된다.

뱅크플랜트는 설치하는 시기는 방제하고 해충이 발생하기 전에 해야 좋다. 뱅커플랜트가 생육이 왕성할 때까지 재배하고 많은 초식자(草食者)를 발생시켜 많은 천적이 발생하여 이 천적이 방제 대상 주 작물에 발생하는 해충으로 이동하여 방제하게 해야 한다. 뱅커플랜트의 성공의 비결은 주작물 정식 초부터 천적을 오랫동안 발생시키도록 뱅커플랜트를 관리하는 것이다. 뱅커플랜트의 천적발생과 주 작물의 해충발생 시기와의 타이밍을 맞추는 것이 중요하다. 그리고 뱅커플랜트에 기주곤충이 없거나 적으면 계속적으로 천적이 발생할 수 없으므로 기주곤충을 추가 접종해야 한다.

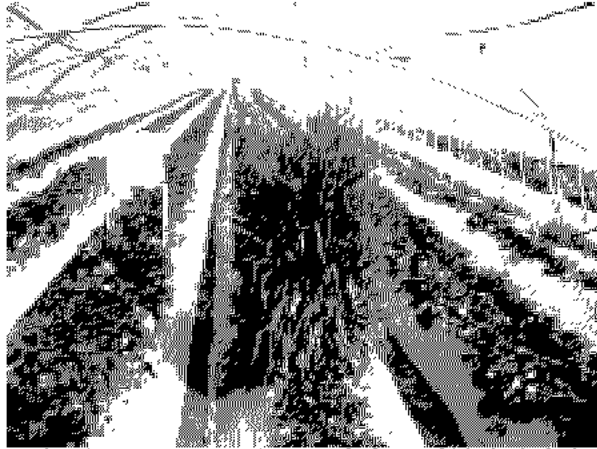


그림 1. 진디벌뱅커플랜트(banker plants) : 보리에 보리두갈래진딧물과 천적인 콜레마니진디벌이 증식하며, 보리에 증식한 진디벌 천적은 딸기에 발생하는 진딧물을 방제한다.

인용문헌

- Bottrell, D.G. and P.L. Adkisson. 1977. Cotton insect pest management. Annual Review of Entomology, 22: 251-481.
- Heinrichs, E.A., G.G. Aquino, S. Chelliah, S.L. Valencia, and W.H. Reissig. 1982. Resurgence of *Nilaparvata lugens*(Stal) populations as influenced by method and timing of insecticide applications in lowland rice. Environmental Entomology, 11: 78-84.
- Kerns, D.L. and M.J. Gaylor. 1993. Induction of cotton aphid outbreaks by insecticides in cotton. Crop Protection, 12: 387-393.
- Koppert, B.V. 2002. Koppert Product Guide with Directions for Use. pp.66.
- van Driesche, R.G. and T.S. Bellows, Jr. 1995. Biological Control. Chapman & Hall. pp. 539.
- van Lenteren, J.C. 1989. Implementation and commercialization of biological control in western Europe. Proceedings and Abstracts. International Symposium of Biological Control Implementation, North American Plant Protection Bulletin No. 6: 50-70.
- van Lenteren, J.C. M.M. Roskam, and Radbout Timmer. 1997. Commercial Mass Production and Pricing of Organisms Biological Control of Pests in Europe. Biological Control 10: 143-149.
- 김용현, 김정환, 박상구, 장장환, 김두호. 1999. 칠레이리움애를 이용한 딸기 응애방제 기술. 농촌진흥청. pp.48.
- 김용현, 문현섭. 2004. 천적이용 해충방제 기술. 시범농업인 및 농촌지도공무원 교재. 농촌진흥청. pp. 131.
- 표현구 외. 1991. 채소원에 총론. 향문사.