

토마토반점위조바이러스 (TSWV)

경 농 으로 이 해 하기

Tomato spotted wilt virus

- Understanding With

Various Symptoms -





김정수 박사

Jeong Soo Kim, Ph.D.

조점덕 박사

Jeom Deog Cho, Ph.D.

최홍수 박사

Hong Soo Choi, Ph.D.

토마토반점위조바이러스 (TSWV) 전형적인 병징 사진을 모았다.

식물체 잎과 과일에 매우 특징적인 원형반점을 일으키는 독특한 바이러스 이므로 증상을 보면 어려운 여러 가지 실험을 하지 않아도 바이러스 감염을 알 수 있다. 그 동안 리후렛, 전문지를 통하여 여러 번 국내에 알려왔음에도 불구하고 자연 현장에서 증상 식별이 어렵다는 고충을 들어서 TSWV가 일으키는 전형적인 병징과 함께 식물체의 종류, 생육시기 또는 감염 시기에 따른 여러 가지 병징을 사진으로 소개하여 TSWV를 이해하도록 사진으로 꾸몄다.

TSWV는 전 세계적으로 발생하는 바이러스로 피해가 심각한 바이러스이다.

약 900여종의 식물에 감염이 가능하며 대부분의 농작물에 심각한 피해가 발생하므로 선진국에서는 지역간 이동이 금지된 바이러스로 취급하고 있다. 우리나라에서는 2005년부터 경기도 안양, 충청남도, 전라남도 지역에서 국지적으로 심각한 피해가 발생하고 있으며, 특히 육묘장에서 발생하고 있어 전국적인 피해 확산이 우려되고 있다.

바이러스 피해 예방을 위하여 사진첩을 현장에서 활용하도록 하였다.

바이러스 증상과 현장의 중요성을 최대한 부각시켰으며, 본 사진첩을 보면서 농업현장에서 감염 식물체와 대조하여 보면 누구나 알 수 있도록 전형적인 증상과 함께 다양한 증상을 실었으며 증상 설명과 함께 현장에 있었던 뒷얘기를 기술하여 현장감을 더하도록 하였다.

토마토 Tomato





토마토 심한 위축, 기형

토마토 정식 후 생육 초기에 감염되면 잎이 오그라들면서 잎맥이 검은색으로 변하고 심하게 위축되는데 전형적인 원형반점 병징은 보이지 않아 많이 대하지 않으면 처음에는 판별하기 힘들다.

토마토 위조 고사

TSWV를 옮기는 벌레는 꽃노랑총채벌레이므로 창가부터 발견하기 시작하는 경우가 많으며, 생육 중기, 수확 최성기에 이미 식물체가 말라 죽어 거의 수확을 할 수 없는 경우가 많다. 곰팡이, 세균, 선충 등에 의한 도관병으로 오인하여 약제방제 비용으로 경제적 피해가 더욱 컸다.





토마토 잎 괴저반점

앞에 나타난 괴저반점 증상은 바이러스병징으로 보기 매우 어려울 정도로 다른 병해와 유사하다. TSWV가 원형반점을 일으키는 바이러스이지만 토마토 잎에서는 거의 나타나지 않으므로 유의하여야 한다, 자세히 관찰하면 간혹 괴저 원형반점을 볼 수 있지만 (오른쪽) 일반적인 것은 아니다.





어린 묘 정식 후 바로
감염되어 토마토 순 괴
저 증상으로 모든 식물
체를 폐기하였다.

토마토 식물체 고사

새로 나온 잎부터 황화증상과 함께 괴저반점이 나타나고 줄기에 검은 불규칙한 반점이 나타나고, 맨 위 부분 순부터 잎과 줄기로 아래로 내려오면서 고사가 일어나는 특징이 있다.

순 괴저 증상은 오이모자이크바이러스 (CMV-CARNA5)에 감염될때 나타나는 병징과 매우 유사하여 혼동하기 쉽다. TSWV는 과일에 원형반점, 괴저반점 증상이 특이적으로 잘 나타나므로 구분할 수 있다.





토마토 잎 황화 모자이크

TSWV에 감염된 토마토는 간혹 황화 모자이크와 기형 증상이 나타나기도 하는데 마치 오이모자이크바이러스 (CMV) 모자이크의 모자이크 계통에 의한 증상과 매우 비슷하므로 이 병징을 진단할 때는 두 종류의 바이러스 감염 여부를 진단하여야 한다.

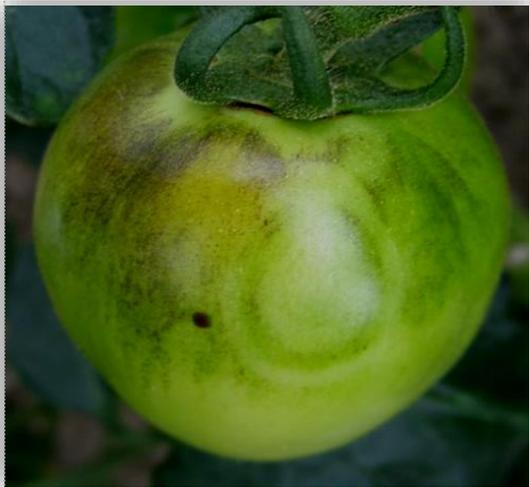


토마토 푸른과일 줄무늬, 과일 괴저

토마토 푸른 과일에 얼룩 줄무늬가 나타나는데 일찍 감염된 과일들은 기형과가 되는 것이 대부분이므로 과일 생육이 어느 정도 이루어진 후에 TSWV 감염이 일어날 때 나타나는 증상으로 보여진다. 푸른 과일 괴저 증상은 과경부터 괴저가 일어나 전체가 검은색으로 변하면서 표피가 경화되고, 과일이 갈라지고 기형이 되면서 떨어진다

토마토 푸른 과일 원형반점

TSWV의 전형적인 원형반점 증상은 푸른 과일과 붉은 과일 모두 전형적인 원형반점 증상이 잘 나타난다. 원형반점 가장자리 경계부가 퇴색 되어 원형반점이 만들어지며 (왼쪽 위), 경계부가 괴저로 되면서 괴저 원형반점으로 진전되며 (왼쪽 아래), 원형반점이 진전되면 이 괴저 원형반점을 중심으로 결국 전체 과일로 퍼진다.



토마토 붉은 과일 원형반점

토마토 붉은 과일의 원형반점은 TSWV가 일으키는 전형적인 다중 원형반점이 잘 나타난다. 원형반점 증상은 다양하며, 길쭉한 다중 원형반점 (왼쪽 위), 전형적인 동그란 원형반점이 여러 겹으로 만들어진 다중 원형반점 증상이 대부분이다. TSWV의 증상을 설명할 때 전 세계적으로 가장 많이 이용하는 누구나 볼 수 있는 가장 전형적인 증상이 아래에 보는 다중 원형반점 증상이다.



토마토 붉은 과일 모자이크

TSWV의 증상으로 가장 일반적으로 설명하는 전형적인 원형반점과 함께 원형반점으로 진전되지 못하고 여러 개가 뭉쳐서 부정형의 반점이 모자이크 증상으로 보인다. 또한 과일이 숙성하면서 붉은 색이 불 균일하게 착색되어 원형 반점처럼 보이기도 한다. 이와 같은 과일 모자이크 증상은 커다란 범위에서 원형반점 증상에 포함하여 설명할 수 있다.



토마토 원형반점 부패

TSWV의 전형적인 증상인 원형반점과 함께 가장 잘 나타나는 증상은 원형반점의 가장자리 부분을 경계로 부풀어 올라 토마토 과일 전체가 울퉁불퉁한 과일 기형이 된다. 과일 썩음 증상은 나타나지 않으며 건조되면서 움푹 들어가 전체적으로 보면 세균에 의한 더듬이병과 비슷하게 보여서 현장에서 농약을 잘못 사용하여 병이 방제도 되지 않고 경제적 피해가 더욱 컸다.



기형과, 열과

토마토 하나의 송이에 달린 과일 모두가 기형과와 열과가 증상이 나타나기도 한다. 열과는 영양 결핍 증상처럼 갈라지고 특히 과경 부분은 매우 심하게 갈라지는 증상이 나타나며 열과 증상과 원형반점 증상은 진전되어 모두 기형과가 된다. 두 사진은 같은 토마토 송이 과일의 앞면과 뒷면의 증상인데, TSWV에 감염된 과일은 물러서 썩는 증상이 나타나지 않아 다른 병원체의 증상과 구별이 가능하다.



방울 토마토



한 송이에 붙어 있는 모든 과일에서 괴저 증상이 나타났으며, 과일이 작아서 전형적인 원형반점을 보기가 어렵지만 자세히 보면 한 겹 혹은 두 겹 이상 다중 원형반점 증상을 잘 볼 수 있다. 괴저 증상은 전형적인 괴저 원형반점 병징이 진전되어 전체 과일로 확대되어 피해가 크다,



앞에서는 완숙 토마토와 같이 황화 고사 증상이 주로 나타나, 일반 완숙 토마토와 같이 바이러스에 감수성임을 알 수 있다.

TSWV에 감염되어 나타난
전형적인 원형반점 또는 괴
저 증상이 나타난 토마토 과
일을 모았다. 토마토 크기
나 생육 단계와 상관없이
모든 과일에 원형반점 증상
이 나타나며, 울긋불긋한
과일의 화려한 색상 만큼
바이러스 피해의 심각성이
더 하는 것 같다.



고추 Red Pepper





고추 황화 고사

포장에 어린 묘를 이식 후 바로 감염되면 뿌리 활착 시기부터 황화되고 괴저반점이 나타나며 결국 고사하여 결주가 많이 되는데 노지 (왼쪽)나 하우스 포장 (아래) 모두 동일한 피해를 받았다. 결주된 자리에 고추 묘를 보식하지만 바이러스를 옮기는 매개충인 꽃노랑총채벌레가 밭에 그대로 있어서 또 감염된다. 고추가 아닌 옥수수를 심어 손주들이 방학 때 오면 맛있게 주려고 하는 할아버지의 마음이 안스럽게도 옥수수도 TSWV에 감염되는 작물이라서 제대로 잘 익은 옥수수를 수확 할 수 없었다.



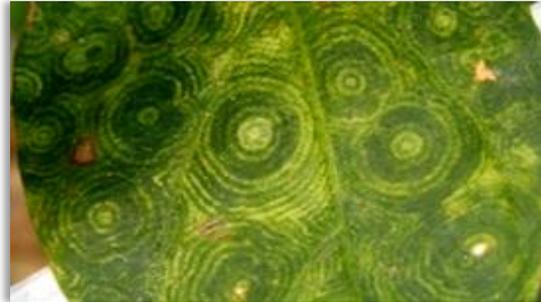


다중 원형반점 (I)

고추 앞에서는 TSWV의 전형적인 증상인 원형반점 병징이 잘 나타나며, 엽록소의 침착과 퇴색에 의한 원형 경계가 겹겹으로 일렬로 10겹 이상 정렬하여 TSWV 만이 유일하게 만드는 매우 특징적인 다중 원형반점 증상을 나타낸다. 다중 원형반점 증상은 바이러스 분리주에 따라서 엽맥을 경계로 하여 형성되는 증상과 엽맥을 극복한 다중 원형반점 증상이 있다.

다중 원형반점 (II)

고추의 다중 원형반점은 엽맥을 물리적인 경계로 하여 형성되는 것이 일반적이며 (아래), 그러나 엽맥의 물리적인 경계선을 극복한 다중 원형반점 증상도 흔히 나타나며, 동일한 식물체에서는 두 증상이 동시에 나타나지 않아서 TSWV의 분리주에 따라서 병징 발현 양상이 달리 나타나는 것으로 여겨진다. TSWV 병징 발현과 관련된 병원체의 유전자와 기주 세포와의 상호작용 연구도 중요한 것으로 생각된다.





중양 괴저 다중 원형반점 (III)

TSWV의 전형적인 다중 원형반점의 또 다른 모양의 증상인데 내부에 큰 괴저가 있고 이를 둘러싸고 다중 원형반점이 형성되었다. 겹겹의 원형은 일렬로 7~8 개 이상 정렬하여 TSWV의 독특한 매우 특징적인 증상을 나타낸다.

중양의 큰 괴저반점은 과민감 반응에 의한 조직 괴사로 처음 증상이 나타났을 때 세포와 조직에서 괴사 후 곧 이어 다중 원형반점을 만들어 바이러스에 의한 기주가 견디는 내성이 붕괴되는 것으로 보여진다.



흰색 원형반점 (IV)

대부분 원형 반점 증상은 반점을 형성하는 가장자리가 녹색의 차이로 인한 원형을 쉽게 알 수 있다. 그러나 흰색의 괴저 원형반점도 나타나는데 흰 원형반점 증상도 신엽부터 하엽으로 진전되는데 대체로 해충 및 굴파리 피해로 오인하기도 한다. 새로 나온 잎에서는 원형 반점과 함께 모자이크, 기형 증상도 함께 나타나므로 식물체 생육 상태 또는 감염시기에 따라서 증상이 다르지만 모두 TSWV에 의한 증상이다.





괴저 반점

잎 전체가 괴저반점이 나타나 바이러스 증상이 아닌 탄저병으로 오인하여 살균제를 많이 살포하기도 한다. 괴저 반점을 자세히 보면 우선 반점의 크기가 매우 크며 일정한 모양을 형성하는데 과민감 반응의 하나로 보여지며, 순부터 발병하여 아래로 진전하여 TSWV의 전형적인 병징 발현과 같다.

식물체 고사

고추시설 하우스 재배 풋 고추에서는 잎에 심한 모자이크, 황화 괴저 증상, 줄기 괴저 증상이 복합적으로 나타나는 특징이 있으며, 식물체가 완전히 괴저로 붕괴되어 전혀 수확을 못한 피해가 나타났다.



줄기 괴저

고추 줄기의 괴저병징은 위부터 시작하여 아래 줄기로 진행되며 줄기 뿐만 아니라 잎에서도 황화 괴저 증상이 나타나 식물체가 고사된다.



고추 유묘 순 (생장점) 고사

고추 어린 묘에 감염되면 순 (생장점) 부분이 고사되기 시작하여 줄기가 꼬부라지고 식물체가 말라 죽는다. 어린잎을 보면 작은 원형반점이 나타나 TSWV 감염을 확인할 수 있다.



매개충인 꽃노랑총채벌레가 고추 유묘 생장점 부분에서 살면서 계속해서 옆에 있는 고추 묘로 바이러스 감염을 일으키며, 이 고추 묘를 정식하면 모든 포장에 심겨진 고추가 감염된다.

고추 식물체 순 (생장점) 괴저



고추 어린 묘의 순 (생장점) 뿐만 아니라 포장에 정식하여 생육하고 있는 큰 식물체에서도 TSWV에 감염되면 생장점 부분이 고사되기 시작하여 식물체 제일 끝부분 생장점 모두가 검게 말라 죽으며, 줄기가 꼬부라지고 식물체 전체가 말라 죽는다. 바이러스를 옮기는 꽃노랑총채벌레가 고추 식물체 생장점 부분에 살면서 이웃 가지로 계속하여 바이러스를 감염시켜 병을 일으키기 때문이다.



TSWV에 의하여 나타나는 순 괴저 증상은 농업 현장에서 대부분 곰팡이병으로 대부분 잘못 알고 있어, 일반적으로 효과 없는 농약을 추천하여서 더 이상 전염을 막을 수 없어 농작물 피해에 더하여 농업인의 경제적 어려움을 더욱 가중시키고 있다.

수정용 벌과 병 발생 영향



고추 하우스 재배 할 때에 특히 겨울철에는 수정용 벌을 이용하는데 벌이 식물체 꽃 마다 열심히 꿀을 채취하려 다니면서 수정을 하는데 이때에 벌 몸에 꽃노랑총채 벌레가 붙어서 이 꽃 저 꽃으로 옮겨 갈 수 있는 가능성이 있다. 특히 TSWV병은 순 부분부터 증상이 나타나고 심해지는 양상을 볼 수 있다. 사진에서 보는 고추 하우스는 수정 벌을 이용하여 식물체 모두가 TSWV에 급속히 감염되었다.

고추 기형 및 위축



TSWV 증상은 대부분 원형반점, 잎과 줄기의 괴저 증상이 대부분인데 식물체에 따라서 간혹 심한 기형과 위축 증상이 나타났다 (왼쪽). 고추에 감염하는 여러 종류의 바이러스 중에서 TSWV만 단독감염 되어 있었으며, 아마도 바이러스의 생물적 특성이 다른 계통으로 보여지거나 바이러스와 서로 살아 공존하려는 의도의 하나로 여겨지기도 한다. 같이 심겨진 고추 중에서도 일찍 감염된 고추 묘는 자라지 못하고 크게 위축되었다 (오른쪽).

풋 고추의 괴저반점, 과일 괴저



과일이 황화되고 괴저 반점이 생기고 괴저 반점이 움푹 들어가는 증상이 나타난다. 대부분 과일은 기형이 되고 더 이상 크지를 못하며 위축, 굴곡 증상이 일어난다. 과일 괴저 증상은 과일 끝부터 괴저가 진행되고 과피의 피막층도 유지되면서 증상이 나타나며 끝부터 과일 전체로 퍼져 전혀 상품성이 없다.



풋 고추의 원형반점

과일이 황화되고 큰 괴저 반점이 생기며 원형반점 크기도 다양하다. 왼쪽 고추는 과일의 변형이 거의 없음에도 괴저 원형반점 증상이 잘 나타났으며 오른쪽 과일은 큰 퇴록 및 괴저 원형반점이 형성되고 과일도 기형이 되어 감염 기간이 오래된 것으로 보여 진다. 과일이 괴저로 되면 상품성 뿐만 아니라 개인적 식용 등으로도 전혀 이용 가치가 없게 된다.

사진에 고추 과일 증상이 마치 곰팡이 병원체에 의하여 나타난 탄저병과 같은 것으로 오인하여 전혀 효과가 없는 약제를 많이 살포하여 경제적 피해를 가중 시키고 있었다.



붉은 고추의 원형반점

고추는 잎에서 뿐만 아니라 과일에서도 TSWV의 전형적인 증상인 원형반점 병징을 잘 나타낸다. 식물체에 달려있는 고추는 붉은 착색 단계가 토마토 과일에서와 같이 전형적인 원형반점으로 보이며, 또한 착색이 불 균일 하여 얼룩덜룩하게 모자이크 증상과 비슷하게 보인다. 오른쪽 사진의 과일은 원형반점이 괴저 원형반점으로 진행된 증상을 나타내며 이 괴저 원형반점 증상을 곰팡이에 의한 탄저병으로 오인하여 불 필요한 약제 방제 비용 지불로 농가 경제에 어려움을 더하고 있다.



고추 밭 전체 폐기

고추가 한창 수확기였으나 TSWV 감염으로 잎이 거의 떨어지고 줄기에 수확하지 못한 붉은 고추만 달려있었으며, 전형적인 원형반점, 괴저 원형반점 증상이 나타나 피해가 매우 컸다. 밭 전체 식물체에 피해를 받은 대표적인 사례로 알리고자 한다. 식물체가 하얗게 뒤덮이도록 약제를 많이 살포하여 경제적 어려움을 더하였다.



감자 원형반점 (1)

잎은 황화 증상과 함께 괴저 원형반점이 나타나고 잎 전체로 퍼지며 병징이 진전되면서 잎이 고사하고 식물체가 고사한다. 잎에 큰 괴저 증상은 결국 원형반점으로 진전되고 원형반점이 커지면서 서로 뭉쳐져서 잎 전체가 괴저로 된다. 괴저로 된 잎은 바삭바삭하게 건조되는 특징이 있다.



감자 원형반점 (II)



전형적인 괴저 원형반점이 잎 전체에 골고루 퍼져서 나타났으며 반점 크기는 비교적 비슷하였고, 각각의 반점이 진전되면서 원형반점 전체가 괴저로 되어 잎이 고사하였다. 한편 괴저 원형반점은 먼저 생긴 것이 중심이 되고 원형이 퍼져서 매우 큰 괴저 원형반점이 되는데 물리적 경계인 잎의 큰 주맥은 넘어가지 못하지만 2차 주맥의 물리적 경계를 넘어 병징이 형성되므로 병원성이 매우 강한 것으로 여겨진다. 같은 밭에서 나타난 다른 증상이지만 TSWV에 의하여 나타난 증상이다.

감자 내부는 가운데가 약간 갈변 되었으나 심각한 병징은 나타나지 않았다.





오박

오박 잎이 매우 큰 것처럼 큰 황화 원형반점이 나타나며 엽맥의 물리적 경계도 무시하면서 크게 부정형 원형반점을 만들며 원형반점의 크기와 모양도 다양하다.

전형적인 원형반점인 괴저 원형반점 (아래 오른쪽) 또는 퇴록 원형반점도 같이 나타나는데 오박은 식물체 초세가 매우 강하여 전 식물체가 고사하는 경우를 보기 어렵다.



트리비소



TSWV의 전형적인 원형반점 증상이 앞
에 매우 잘 나타나는 작물이며 감염이 오
래된 하엽은 원형반점과 함께 고사되며 고
사된 앞에서도 원형반점 증상을 쉽게 볼
수 있다. 계속하여 새로운 상엽이 전개되
면서 원형반점 증상이 계속하여 나타난다.



치코리

앞에 TSWV의 전형적인 원형반점 증상이 나타나지만 자세히 보아야 관찰 할 수 있다. 바이러스에 감염된 식물체가 커 가면서 심하게 위축되고 잎이 총생하여 마치 풀 덩굴과 같이 보이며, 하엽은 괴저로 되면서 고사하고 새로 전개되는 앞에서는 지속적으로 병징이 나타난다.



앞을 확대하여 보면 전형적인 증상인 퇴록 또는 괴저 원형반점 증상을 잘 볼 수 있다.





슈가로프

잎 전체에 작은 괴저반점이 나타나고 하엽은 반점이 뭉쳐서 잎 괴저로 되고 괴저는 잎 도관부를 따라서 검게 조직이 죽으면서 줄기를 따라서 아래쪽으로 진전되면서 잎이 뒤틀리고 결국 잎 전체가 고사하고 심하면 식물체가 고사한다. 슈가로프에서는 TSWV의 전형적인 원형반점 증상은 잘 나타나지 않아 보기가 쉽지 않다.





트레비소

동일한 슈가로프라도 작은 괴저 원형반점이 노란 테두리를 만들어 전체적으로 보면 황화 반점이 모여서 잎 전체가 황화 증상으로 진전되며, 잎 전체로 퍼지고 하엽은 고사하면서 새로 나온 잎에서는 증상이 계속하여 증상이 나타난다. 잎을 이용하는 엽채류 이므로 일단 감염되면 수확을 전혀 할 수 없다.

매우 작은 원형반점



트레비소

전형적인 원형 반점이 잘 나타나는 작물이며 원형 반점이 진전 되면서 엽맥을 따라서 괴저 증상이 심하게 퍼져 나가면서 잎 전체가 고사한다, 바이러스에 매우 약하여 대부분 식물체가 감염되어 잎을 이용할 수 없어 수확을 거의 못하여 피해가 컸다.





상추

TSWV에 감염되어 피해를 받은 포장이며 잎
묘율이 10%도 되지 않아 피해가 심각하였으며,
곰팡이병으로 오인하거나 부리에 흑이 달려있
는것도 있어서 선충 피해로 오인하여 약제 방제
비의 과다 사용으로 경제적 피해가 매우 컸다.

상추 잎마름 증상

잎이 오글오글하여 바이러스 증상을 보기가 매우
어려우며 특히 TSWV의 전형적인 증상인 원형반점
을 찾아 보기는 더욱 어렵지만 정상주에 비해 더욱
오글오글하다. 주요 증상은 잎 전체가 위조 증상이
나타나며 황화 증상을 수반하고 생장이 정지하고 결
국 고사한다.





상추 원형반점

상추 잎은 오글오글하고 조직이 약하여 바이러스 증상이 나타나면서 위조 고사하는 것으로 보인다. TSWV의 전형적인 원형반점과 괴저반점을 관찰할 수 있다.

괴저반점 또는 원형반점의 모양은 앞 앞면이나 (아래 왼쪽) 뒷면 (아래 오른쪽) 모두 동일한 모양이며 괴저가 진행되었음에도 다른 병원체에 의한 표징을 볼 수 없다.





상추 위축 총생

상추는 정상 식물체 앞이 오글 오글하여 쉽게 바이러스병 특히 TSWV의 증상을 확인하기는 더욱 어렵기 때문에 여러 종류의 증상을 더하였다.

전체적으로 보면 상엽의 앞 끝이 더 많이 오글 오글하고 앞이 전개가 잘 되지 않고 위축 증상을 보인다, 대부분 앞 마름 증상이 나타나지만 부패 증상이 잘 나타나지 않으며, 앞 마름 초기 증상의 앞에서는 아래 사진에서 보는 바와 같이 원형반점 증상을 확인 할 수 있다.

치코리 원형반점 (I)

TSWV에 모든 식물체가 감염되어 정상적으로 생육하지 못하였으며, 앞에 전형적인 원형반점이 매우 잘 나타났다. 치코리도 매우 감수성 식물이어서 증상이 잘 나타났으며, 원형반점이 커지면서 뭉쳐지고 증상이 앞 전체로 퍼지면서 고사하여 전혀 앞을 이용할 수 없어 피해가 크다.



치코리 원형반점 (II)

전형적인 원형반점은 앞서 변형이 아직 되지 않은 바이러스 감염 초기에 나타나는데, 전형적인 원형반점 증상은 단독, 2중, 3중 원형반점이 나타나고 원형반점이 모여서 큰 부정형 또는 물결무늬 원형반점을 만든다.





적치코리 원형반점 (1)

앞에 괴저와 황화반점이 대부분이며 반점이 커지면서 앞이 누렇게 변하고 고사한다, 원형 반점은 처음에는 퇴록 원형반점이 먼저 생기고 (아래 왼쪽) 시간이 지나면 괴저 원형 반점으로 진전된다 (아래 오른쪽), 적치코리에 나타난 원형 반점은 2중 또는 3중 이상의 괴저 원형반점으로 고추 앞에 나타난 증상과 매우 유사하다.



적치코리 황화 고사 (1)

앞에 괴저와 황화반점이 나타나며 반점이 커지면서 앞이 누렇게 변하고 고사한다. 일시에 앞 전체에 괴저 원형반점으로 고사 하기도 하며, 앞 가운데 줄기를 물리적 경계로 한쪽부터 고사하므로 앞이 뒤틀어진다.



괴저 반점을 자세히 보면 원형반점임을 알 수 있는데, 반점이 작고 매우 빨리 진전되어 앞이 황화 고사한다.

엔다이브

앞에 괴저와 황화반점이 대부분이며 앞 가운데 줄기 (중륵)에 괴저 증상이 나타나고 앞 끝부터 괴저 증상이 시작되어 앞 전체가 고사한다. 중륵 괴저로 인하여 마치 무름병 증상처럼 나타나지만 썩는 증상은 나타나지 않는다. 상추가 TSWV에 감염된 것처럼 괴저 증상과 함께 위축 총생 되어 피해가 매우 심하며 TSWV의 전형적인 원형반점은 보기가 어렵다.



용설채

식물체 아래 잎은 고사하고 새로 나오는 잎은 계속하여 고사 증상이 나타난다, 새로 출현하는 잎은 위축되고 증생하여 결국 식물체 전체가 고사한다, TSWV의 전형적인 원형반점 증상을 보기 어려웠다.



쌈추



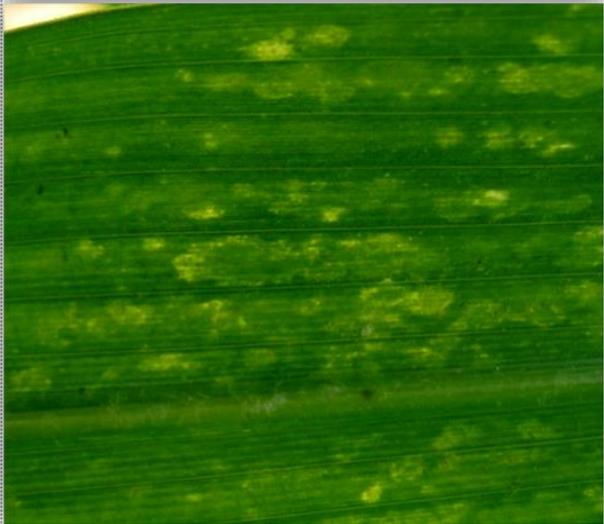
쌈추는 배추와 양배추의 교잡종이고 배추에서 감염이 확인 되지 않아 TSWV에 비교적 내성이 강할 것으로 여겨 졌지만, 식물체의 생육 상태를 보면 위조 고사되는 식물체가 많아 TSWV의 감염여부를 진단한 결과 감염을 확인하였다. 특히 쌈추는 해충에 의한 피해가 심하여 앞에 작은 구멍이 많이 생겨 바이러스 증상을 확인하기도 어려웠다.



옥수수

앞에 전체적으로 황화 증상이 나타나는데 작은 퇴록 반점이 잎맥을 따라서 일렬로 줄무늬로 나타난다, 식물체 위 새로 나온 잎 뿐만 아니라 아래 잎까지 전체가 반점 줄무늬가 나타난다. 옥수수는 사료용으로 심지 않으면, 밭독에 일렬로 심어서 농지 활용으로 재배하는 것을 볼 수 있다. 그러나 바이러스 전염원이 밭독에 심겨져 있어 병 발생을 가중 시킬 수 있으므로 주의가 필요하다. 줄무늬 증상은 옥수수에 발생하는 다른 바이러스들과 증상을 혼동하기 쉽다

초기에 생긴 반점은 원형 반점으로 볼 수 있으며 이것이 뭉쳐서 큰 원형 반점을 만들고 잎맥을 따라서 줄무늬를 만든다.



겨자채

잎 모양이 상추 처럼 오글 오글 하여 바이러스 증상을 보기가 어려운데 전체적으로 생육이 부진하고 하엽부터 고사하며 식물체 전체가 고사하여 사진에서 보는 바와 같이 결주가 많다. 병든 식물의 잎을 자세히 보면 잎 맥 발달이 잘 되지 않고 전개가 잘 되지 않으며 기형을 유발 하도록 심한 모자이크 증상이 보이며 특히 전형적인 증상인 원형 반점도 보인다.





썩갓

잎 모양이 줄기만 남은 것처럼 보이고 면적이 매우 적어 앞에 나타나는 증상을 보기가 매우 어렵다. 가장 잘 나타나는 증상은 식물체가 전체적으로 황화 증상과 함께 위축 증상이 나타난다. 바이러스 매개충인 꽃노랑총채벌레가 순에서 주로 살고 있으므로 새로 나온 잎 끝부터 괴저 반점이 나타나고 순 괴저, 줄기 괴저 증상이 나타나면서 심하면 식물체 전체가 고사한다.





시금치

시금치는 상추와 같이 잎이 오글 오글하여 바이러스 증상을 확인하기 어렵다, TSWV 감염주도 명확한 증상을 보기가 어려운데 감염증상은 신엽이 더욱 주글거리며 황화증상이 나타나고 괴저반점도 보인다,



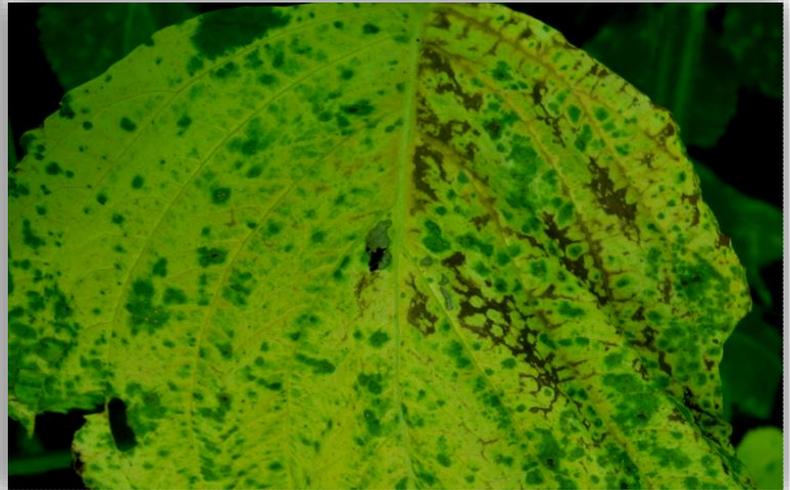
들깨 (1)

퇴록 반점이 많이 생겨 전체적으로 모자이크 증상을 나타낸다. 특히 새로 나온 앞에서는 퇴록 반점 증상과 함께 모자이크 증상이 매우 잘 나타난다. 그러나 감염이 진행된 아래 앞에서는 퇴록 원형반점이 나타나고 원형반점 가장자리가 괴저로 진행되어 원형반점을 명확히 볼 수 있다.



들깨 (II)

식물체 아랫부분의 하엽이나 하부 줄기에서 새로 나온 잎은 완전히 황화되어 낙엽 된다. 황화된 잎의 증상은 잎 도관부인 가는 엽맥을 따라서 괴저로 진행되고 결국은 TSWV의 전형적인 괴저 원형반점이 만들어 지며, 퇴록 부분에서도 퇴록 원형반점이 나타난다.





참깨

잎 전체적으로 보면 모자이크 증상을 볼 수 있다. 모자이크 증상과 함께 엽맥 녹대 증상이 나타나며 황화 증상을 수반한다. TSWV의 전형적인 원형반점은 매우 작은 괴저 원형반점이 나타나기도 하며, 매우 큰 부정형 원형반점이 나타난다. 참깨에서의 증상은 호박 잎에 나타난 증상과 매우 유사하다.



콩 (대두)

콩에서 주요 증상은 순이 오그라지고 괴저, 기형 증상이 나타나며 엽맥이 괴저로 되고 앞이 뒤틀리는 기형이 된다. 콩의 증상은 마치 콩모자이크바이러스 (SMV)에 의한 증상과 매우 유사하여 혼돈하기 쉽다. 콩밭 옆에 있는 하우스 고추와 토마토에 TSWV가 발생하여 바이러스가 노지 콩으로 전염된것으로 여겨진다.



국화 (I)

앞에는 부정형의 괴저, 퇴록 반점이 나타나며 앞 전체가 고사하고 이어서 줄기에도 괴저 증상이 나타난다. 꽃에서도 꽃 받침, 꽃잎 모두 괴저가 일어나며 꽃대까지 괴저가 되어 수확을 할 수 없다. 사진에 보는 바와 같이 스탠다드계 신마품종의 절화 생산량이 60% 감소하였다.



국화에서는 꽃이 피는 시기가 되어야 비로서 TSWV 증상이 나타나므로 일찍 대처하기가 어려우며, 곰팡이나 세균병으로 오인하기 쉬워 약제 방제비 손실로 경제적 어려움을 가중시켰다.

국화 꽃 앞 괴저 (II)

TSWV에 감염된 국화 식물체를 온실에서 재배하면서 꽃을 피웠다. 꽃 앞에는 증상을 찾아 볼 수 없으나 꽃 반침 부분부터 꽃 앞 전체가 고사하면서 전체로 퍼져 나가 고사하였다. 꽃 위와 꽃 뒤에서 보면 괴저 증상을 명확히 볼 수 있다.



국화 잎 원형반점 (III)

국화 잎에서 TSWV 증상을 현장에서 대체로 파악하기 어려워하여 여러 증상을 예시한다. 괴저 원형반점은 (왼쪽) 매우 큰 원형반점을 나타내며, 퇴록 원형반점은 (오른쪽) 증상이 괴저로 이행되는 단계의 원형반점으로 비교적 전형적인 증상을 볼 수 있어 TSWV가 원형반점 증상을 특이적으로 일으키는 바이러스임을 알 수 있다.



국화 순 괴저 (IV)

국화 성장점 부분과 꽃 봉오리에 TSWV 전형적인 증상의 하나인 순 괴저가 증상이 나타난다, 이와 같이 새 순에서 괴저가 일어나 순이 말라 죽고 결국 줄기가 고사하므로 절화 생산을 할 수 없다. TSWV를 옮기는 꽃노랑총채벌레가 국화 순 주위에서 주로 살고 있어 이와 같은 피해가 나타나므로 현장에서 다른 병으로 오인 하지 않아야 한다.



알타리 무 (I)

잎 증상은 초기에 퇴록반점이 나타나고 엽맥 괴저 증상으로 진전된다, 병이 심해지면 잎 전체가 황화되고 고사한다, 황화된 잎에서 보면 원형반점 증상이 남아 있는 것을 볼 수 있다, 무에 발생하는 순무모자이크바이러스 (TuMV)의 증상과 혼동하기 쉽지만 뿌리에서 증상은 매우 다르다, TSWV에 감염된 알타리 무 밭의 식물체 모두 감염되어 전혀 수확을 할 수 없었다.



알타리 무 (II)



지상부 잎 상태와 뿌리 상태를 비교하여 보면 지상부가 번무한 것은 뿌리 발달이 좋지만 뿌리의 크기와 상관없이 모두 기형이 되고 괴저로 되어 전혀 이용할 수 없었다. 병든 뿌리를 깨끗이 씻어 표피와 내부 상태를 비교하여 보면 외부 뿐만 아니라 내부까지 모두 도관부와 육질 까지 괴저 증상이 나타나 TSWV의 피해가 매우 컸다.



과꽃 (Aster)

식물체 전체가 심한 모자이크 증상이 보이며 자세히 관찰하면 모두 TSWV의 전형적인 원형반점 증상을 볼 수 있다. 잎이 심하게 위축되어 증상이 왜곡되어 보인다. 꽃 잎은 탈색이 되며 괴저 반점, 기형, 고사되며, 특히 꽃 받침 주위 잎들은 심한 모자이크, 기형 증상이 나타나며, 성장점 부분은 잎이 총생하여 식물체가 위축되고 총생된 잎은 전개되지 못하고 뭉쳐 있다.



백일홍 (Zinnia)



꽃잎은 부분 탈색이 되어 모자이크 증상이 주로 나타나며, 앞에는 괴저반점이 다양하게 나타나고 황색의 가장자리를 갖는 반점인데 마치 세균성 반점 증상으로 보인다, 퇴록 괴저반점은 모여서 큰 퇴록 반점으로 진행된다.

생장점 부분은 퇴록반점과 함께 모자이크 증상이 나타나는데 전형적인 모자이크 증상과 같으나 퇴록 및 괴저반점의 전단계 증상으로 여겨 진다.





백일홍 (II)

앞에서 본 모자이크 및 괴저반점 뿐만 아니라 TSWV의 전형적인 원형반점 증상을 관찰할 수 있다. 매개충이 주로 살고 있는 꽃 봉우리 주변 앞부터 시작하여 아래쪽 잎으로 원형반점 증상과 함께 괴저 증상이 나타나며, 잎과 줄기, 이어서 식물체가 고사한다.



봉선화 (Balsam)

앞에 괴저반점과 황화 증상이 나타나며 식물체가 고사한다. 바이러스 증상은 맨 위 잎 부터 나타나기 시작하고 괴저원형반점이 나타나고 뭉쳐서 앞 괴저로 진행된다. 괴저 원형반점은 확대하여 보면 2중, 3중 다중 원형반점으로 전형적인 TSWV 증상이다.



일일초 (Vinca)

TSWV의 전형적인 증상인 원형반점과 순 괴저 병징이 나타났다. 앞에서는 원형반점이 나타나고 괴저로 진행되는데 괴저 증상 내에서도 원형반점을 볼 수 있다. 일일초에서도 괴저 증상은 순부터 아랫 잎으로 진전되는 것을 볼 수 있다. 일일초 묘는 TSWV에 감염된 고추 묘 옆에서 키워서 발병하였다.



다알리아 (Dahlia)

잎 전체적으로 보면 모자이크 증상이 나타나며 큰 녹색 원형반점을 볼 수 있다, 괴저반점은 큰 녹색 반점으로 부터 진전되는 것으로 여겨지며 이 증상이 진전되어 잎의 부분 괴저로 진전된다.



개나리 (Golden-bell tree)



신엽에서는 엽맥 녹대 증상, 성엽과 노엽에서는 퇴록반점이 나타나고, 매우 작은 원형반점이 나타나 TSWV 감염을 쉽게 알 수 있다. 원형반점은 퇴록, 괴저 원형반점이며 대부분 2중, 3중 다중 원형반점이 나타난다. 개나리는 작물 재배 하우스 근처 독에 주로 심겨져 있어 매개충이 잘 서식할 뿐만 아니라 TSWV도 감염되어 있어 바이러스가 전염되지 않도록 개나리를 제거하던지 살충제를 살포하는 등 관리가 매우 중요하다.





취퐁나무 (Wax tree)

앞 주맥을 따라서 엽맥 녹대 증상이 나타나며 괴저 원형반점이 나타나고 이어서 앞이 황화 고사하여 TSWV 감염을 확인 할 수 있다. 취퐁나무는 작물 재배 하우스 근처 독에 주로 심겨져 있고 꽃에 매개충 서식 밀도도 매우 높아 바이러스 피해 예방을 위해서 개나리와 함께 취퐁나무 관리도 매우 중요하다.





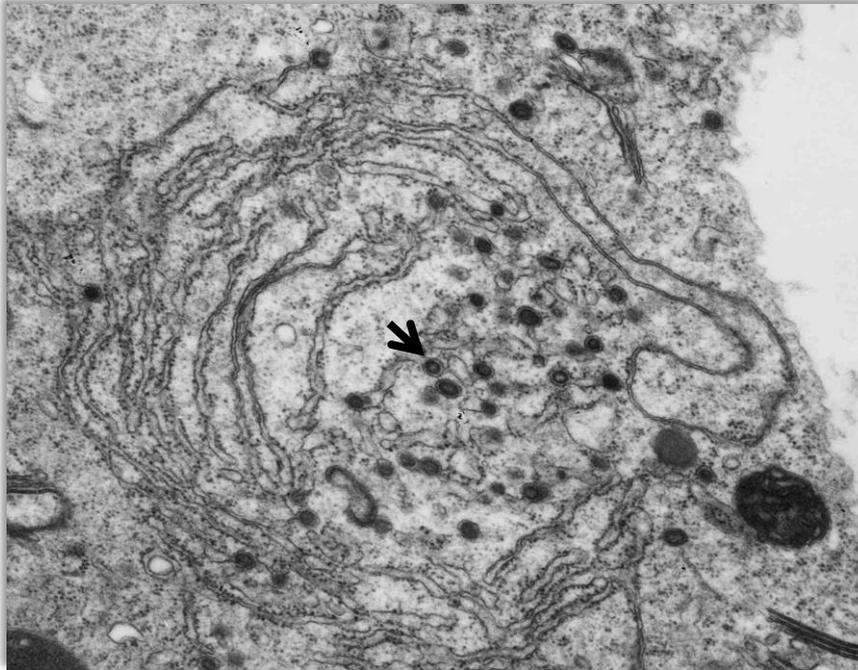
왕고들빼기 (*Lactuca indica* var. *laciniata*)

토마토 재배 비닐 하우스에 자란 잡초인 썸바귀가 황화 고사하는 증상이 나타나 TSWV 감염을 진단한 결과 토마토에 감염된 바이러스와 같았다. 앞에서는 퇴록 원형반점이 나타나고 줄기에 괴저가 나타나면서 식물체가 고사하며, 특히 순 부분부터 고사 하였다.

우리나라 주요 작물 발생 조사

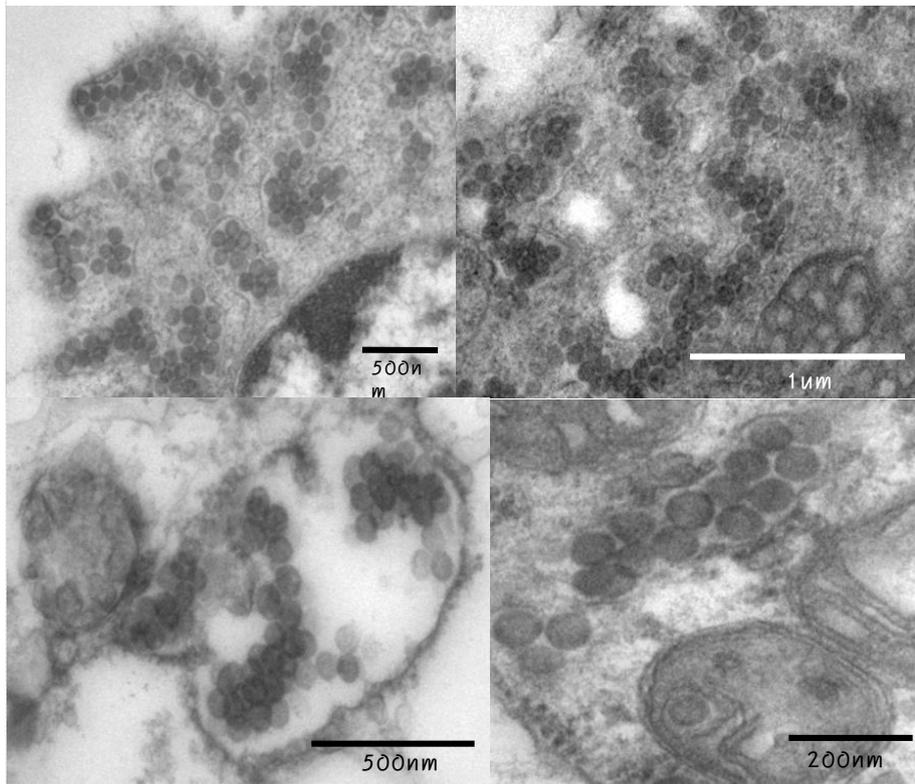


TSWV가 만연된 지역에서 재배하고 있는 배추, 무, 마늘, 오이 등에서는 TSWV 감염을 아직 확인할 수 없어 우리나라에 발생하는 TSWV에 대하여 저항성인 것으로 여겨지나 최근 알타리 무에서 감염이 확인되어 TSWV 병원성 변이가 빠르게 지속적으로 발생하는 것으로 예상된다. 따라서 주요 작물에 대하여 국가적인 모니터링이 필요하며 발생 식물의 병징과 피해를 널리 알려 병 발생을 예방하는 것이 매우 중요하다.



세포 내 TSWV 분포

바이러스 입자는 세포 원형질에 주로 존재한다. 사진에서 등글게 보이는 것이 TSWV 바이러스 이다 (화살표). TSWV는 각각 입자마다 외막으로 둘러싸여 있는 특성이 있으므로 가운데가 비어있는 것처럼 보인다. 바이러스 입자 외막은 세포에 있는 막을 이용하기 때문에 소포체 (ER) 근처에 같이 있게 마련이다. 따라서 소포체와 함께 있는 바이러스는 TSWV임을 알 수 있다.



TSWV는 외막을 입는 바이러스이므로 세포질 내에 집단으로 존재할 때에도 큰 막으로 둘러싸여서 존재하며 액포에서도 막안에 집단으로 존재한다. TSWV 입자의 크기는 오이모자이크바이러스(CMV)보다 두배 이상 직경 80~100nm 정도로 전자현미경으로 감염 세포를 관찰할 때 비교적 쉽다.



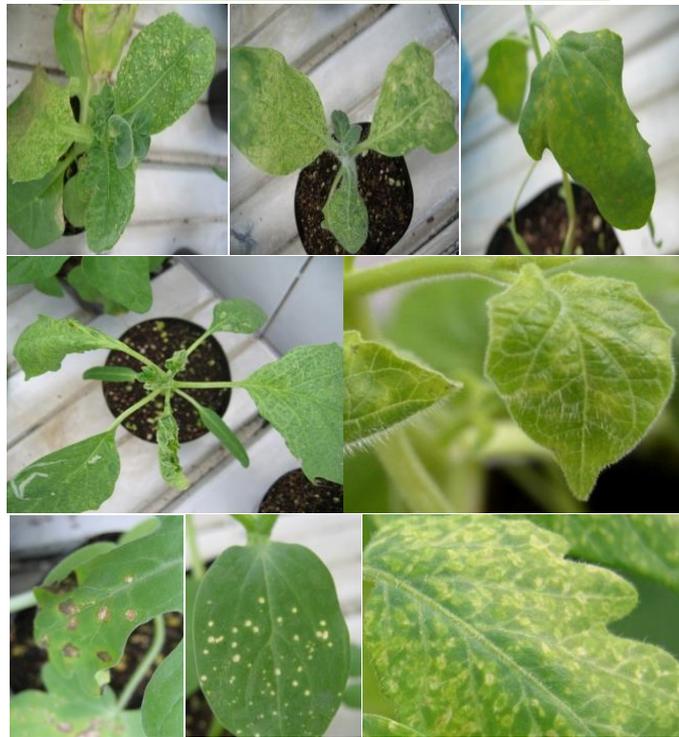
TSWV의 생물적학적 병원성

병원체 연구 중 가장 중요한 것은 각각의 병원체가 갖는 특수한 생물학적 특성, 즉 병원성 연구이다. 자연 식물체에서 발생한 TSWV를 순수하게 분리하여 건전한 식물체에 접종하면 TSWV의 전형적인 증상인 원형반점 또는 식물체 종류에 따른 특징적 병징이 나타나 자연상태에서 증상을 일으키는 병원체의 병원성을 확인할 수 있다.

사진은 전남 남원지역 재배 토마토에서 발생한 TSWV분리주의 병원성을 담배 (Ky-57)와 독말풀에서 확인하였으며, 전형적인 증상인 원형반점 증상을 일으켰다.

다음 병원성 검정 증상을 참고하면서 TSWV 발생 식물 종류, 분리주 별로 병원성 차이를 알 수 있을 것이며 이를 농업적으로 이용하기 위한 연구를 하고 있다.

토마토 TSWV-ATm



봉선화 TSWV-ABal



감자 TSWV-AP0



고추 TSWV-DRP



알타리 무 TSWV-**AYA**?



토마토 TSWV-KJT



고추 TSWV-SC



고추 TSWV-SA



국화 TSWV-TAC



일일초 TSWV-KJVi



고추 품종 저항성 검정

바이러스에 대한 저항성 검정은 순수 분리한 주요 TSWV 분리주를 이용하여 우리가 사용하는 작물에 품종별로 저항성 정도를 평가하여 현장에서 이용할 수 있도록 하거나 새로운 저항성 품종을 개발하는데 이용할 수 있다. 사진은 고추 시판품종 132점에 대한 검정시험이며 저항성으로 판정된 품종은 없어 국내 재배 고추 품종은 앞으로 모두 관심을 갖고 저항성 품종을 육성하여야 할 것이다.



토마토 품종 저항성 검정

TSWV에 가장 경제적으로 피해가 많은 작물은 고추와 토마토인데 시판 토마토 22 품종에 대한 3개의 주요 TSWV 분리주를 사용하여 저항성 검정을 하였다. 3개 분리주에서 감염 되어도 초장에 변화가 크지 않은 2개 품종을 선발할 수 있었다. 고추 보다는 토마토의 경우, 특히 TSWV 상습 발생지에서는 저항성 품종을 이용하면 피해를 매우 크게 경감시킬 수 있을 것이다.

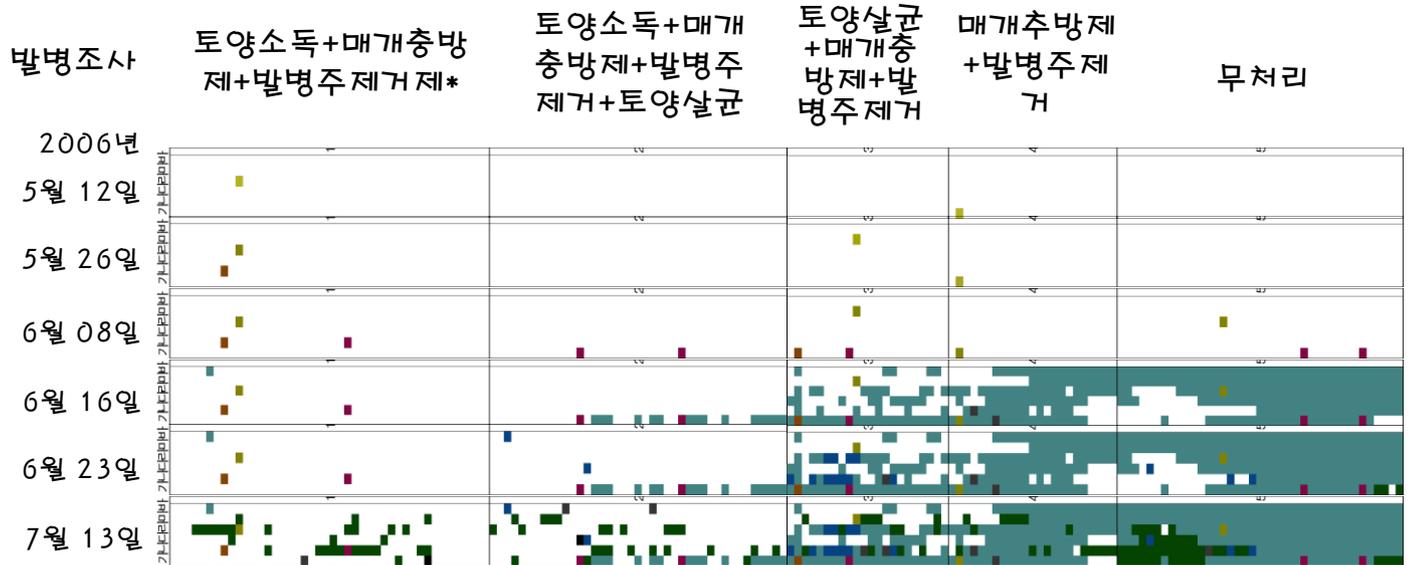


태안 국 화 TSWV-TC

당진 고추 TSWV-DRP

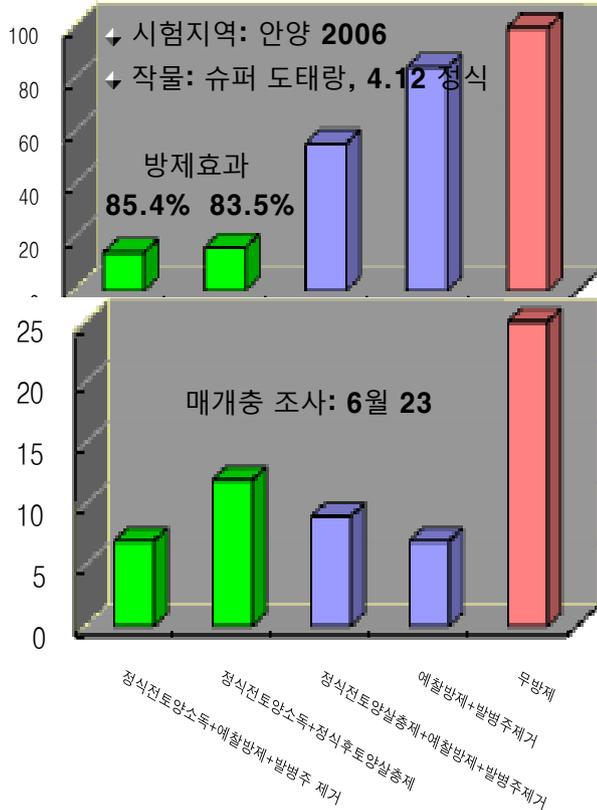
안양 토마토 TSWV-ATm

TSWV 약제 방제 효과



경기 안양 TSWV 상습 발생지에서 시설 재배 토마토에 토양소독, 매개충 방제, 감염주 제거 등 처리를 2년 동안 시험하였다. 처리별 효과를 보면 토양소독을 하였을 때 생육 초기부터 수확말기 까지 가장 효과가 좋았고 매개충 약제방제 효과는 크지 않았다. 이번 연구결과로 상습적으로 발생하는 시설하우스의 경우에는 연 초 작물 정식 전 약 한달 간 토양 훈증 소독을 하면 발병을 크게 줄일 수 있다. 예방이 가능하다.

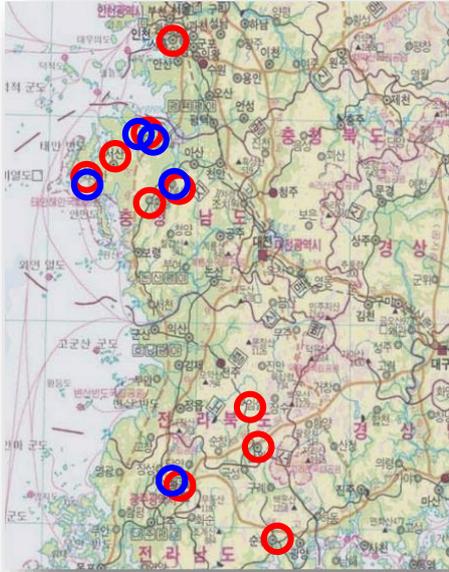
토마토의 TSWV 방제효과와 꽃노랑총채벌레 밀도



토양소독 방제효과는 84~85%로 매우 높은데, TSWV를 옮기는 매개충인 꽃노랑총채벌레 밀도는 토양소독 처리 뿐만 아니라 약제 방제 처리를 하였을 때와 같이 매개충 밀도가 낮았다.

따라서 지상부에서 매개충을 구제하여 밀도를 낮추는 것도 중요하지만, 작물을 정식하기 전에 토양에 있는 매개충을 없애므로서 작물 재배 초기에 바이러스 전염을 억제하는 것이 가장 중요하다. (이부분은 강조해 주어야 할 듯)

TSWV 전국 발생



○ 2003~2006

○ 2007 발생

연도	지역	작물	발생면적	2007조사
2003. 05	충남 예산	고추		-
2004. 06	경기 안양시 관양동	20종	관양동 일대	상습 발생지
2005. 06	충남 당진군 유곡리	고추	유곡리 일대	상습 발생지
2006. 03	전북 임실군 정왕면	토마토	1200명 (1농가)	-
04	충남 태안군 태안면	극화	1900명 (2농가)	상습 발생지
06	충남 홍성군 결성면	고추	1200명 (3농가)	상습 발생지
06	전남 순천시 매룡면	고추	매창리 일대	상습 발생지
06	전남 광주시 열성동	고추	6400명 (2농가)	상습 발생지
07	전북 남원	토마토		?
08	충남 서산시 음암면	고추	300명 (2농가)	?
2007. 06	충남 태안군 안면읍	토마토, 고추	2200명	상습 발생지
06	충남 예산군 봉산면	고추	화전리 일대	상습 발생지
06	충남 당진군 정미면	고추		상습 발생지
06	충남 당진군 면천면	고추		상습 발생지
05	전남 광주시 화정동	고추, 토마토	1200명(1농가)	상습 발생지
07	경기 부천시	고추		?
07	충남 서천군 서면	고추	200	?

토마토 반점위조 바이러스는 얼마나 중요한가 ?

- ◆ 바이러스 영명은 *Tomato spotted wilt virus* (TSWV)이며, 세계적으로 발생하며 1980년대부터 유럽, 미국, 일본 등에서 큰 피해를 입히는 바이러스이다.
- ◆ 국내에서는 2004년 경기 안양지역에서 고추 토마토 등 작물에 대 발생 후 현재 충남, 전남 지역에서 피해가 발생하고 있다.
- ◆ 식물 900여종에 감염을 일으키며, 총채벌레가 매개하며 꽃노랑총채벌레 등 4종이 국내에 분포하고 있다.

어떻게 전염 되는지 알면 예방할 수 있다

- ◆ 총채벌레는 식물조직 속에 산란하며, 유충은 식물체에서 흡즙하면서 바이러스를 보독하며 번데기 단계를 토양에서 발육하고 난 후 성충은 잎, 꽃에서 주로 서식하면서 일생 동안 30~45일간 바이러스를 전염시킬 수 있다.
- ◆ 알을 통해서 후대에는 바이러스가 전염되지 않으나 여러 세대가 겹쳐서 발생하므로 연중 바이러스를 전염시킬 수 있다.
- ◆ 종자, 접촉에 의하여 전염되지 않는 것으로 알려졌으나, 영양번식 작물은 일단 감염되면 계속 바이러스병이 다음 세대에 전염된다.



꽃노랑총채벌레

발생 예방 요령은 철저히 지키자

- ◇ 유충 및 성충은 주로 꽃 속에서 생활하기 때문에 농약 방제 효과가 적으므로 주기적이고 정밀하게 살포 하여야 알에서 깨어나오는 매개충을 없앨 수 있다.
- ◇ 병 발생주는 최대한 빨리 제거함으로써 여기서 총채벌레가 바이러스를 또 전염시키는 것을 막을 수 있다.
- ◇ 온실 및 하우스 출입구, 환기시설에는 방충망 시설을 철저히 하여 외부에서 총채벌레가 들어오지 못하게 한다.
- ◇ 온실 및 포장 내부 및 주변에 잡초를 제거하여야 여기에서 총채벌레가 바이러스를 옮기지 않도록 전염원을 없앤다.
- ◇ 작물재배 포장에는 햇빛 반사 필름 등을 멀칭하여 매개충이 기피하여 오지 않도록 한다.
- ◇ 시설 재배의 경우 병이 일단 발생하면 지속적으로 발생하므로 작물 재배하기 전에 토양 훈증소독을 한달 이상 하면 방제 효과가 매우 좋으며, 이때 주의할 것은 약제로 인하여 작물을 심을 때 약해가 나지 않도록 약제처리 규정을 준수하여야 한다.

