

토양 중 잔류농약의 효과적 경감방안

토양중 잔류농약 미생물이 끊임없이 분해

국내 농약 대부분 반감기 120일 미만, 선진국보다 규제 강해
토양에 석회질·유기질비료 시용, 분해촉진으로 안전농산물 생산

작물 재배기간 동안에 병해충이나 잡초방제를 위하여 사용한 농약은 작물체에 부착 또는 침투되어 남아 있고, 살포한 농약의 일부는 작물로부터 흘러내려 토양에 떨어지거나, 빗물에 씻겨 토양에 유입된다. 또한 작물 체에 남아 있는 잔류농약도 수확 후에는 농산물로 이용되는 부위를 제외하면 결국에는 토양에 되돌려짐으로써(예, 볏짚 등) 작물에 살포한 농약의 상당량이 토양으로 이동하게 된다.

특히 토양 병해충을 방제하기 위하여 사용하는 농약의 경우에는 입체 상태로 토양에 직접 살포하므로 사용량의 대부분이 토양에 투하하는 경우도 많다. 잡초가 발아하기 전에 토양에 살포하여 토양 표층에 체초제 처리층을 만들어 발아



오 병 렬
농업과학기술원 농업연구관

하는 잡초를 방제하는 토양 처리형 체초제의 경우에도 사용량 모두가 토양에 다다르게 된다. 따라서 재배 작물, 재배양식, 사용농약의 제형에 관계없이 모든 농약은 사용량의 15~100%가 토양으로 유입된다.

토양에 잔류하는 농약은 토양 중에서 살고 있는 생물 모두에게 활성을 나타내고, 강우나 바람에 의하여 살포지역이외로 이동하게 되어 주변생태계에 영향을 미치게 된다. 토양 중에 서식하여 농작물에 피해를 주는 병해충에 대하여는 방제효과를 지속시킬 필요가 있으므로, 사용한 농약은 방제에 필요한 기간동안 토양에 남아 있어야 한다. 그러나 병해충을 방제하고 난 후에는 잔류되어 있는 농약이 분해되어 소실되어야 바람직하다.

작물 종류별 재배양식별 농약살포 방법



입제 산포



희석제 농약 분무살포



시설하우스 내 무인 방제

따라서 농약은 등록당시부터 토양 중에서의 분해속도, 잔류기간, 이동성 등을 종합적으로 평가하고 있다. 토양 중 잔류기간이 너무 길지 않고 이동성이 적으며, 토양 중에 살고 있는 유용한 생물에도 안전한 농약에 한하여 등록을 허용하고 있다. 우리나라에서는 토양 중 반감기(토양에 사용할 당시의 농도가 1/2로 분해되는데 걸리는 기간)가 180일 이상인 농약은 등록사용을 금지하여 왔다. 선진국(미국, 유럽, 일본 등)에서는 토양 중 반감기가 1년 이상이면 토양 잔류성 농약으로 분류하여 사용을 제한하고 있다.

국내에서 등록 사용되고 있는 농약 주성분의 토양 중 잔류기간을 보면 표와 같이 대부분(98% 이상)이 토양 중 반감기가 120일 미만임을 알 수 있다.

또한, 우리나라에서는 토양 중 잔류기간이 긴

농약(유기 수은계 등 중금속 함유 농약, 유기염 소계 농약 등)에 대하여는 1979년에 이미 등록, 생산, 판매, 사용을 모두 금지시킨 바 있고, 선진 외국에서의 잔류농약에 대한 관리체계 보다 더욱 강화하고 있어 농약사용에 의한 토양의 오염은 심각하지 않은 실정이다.

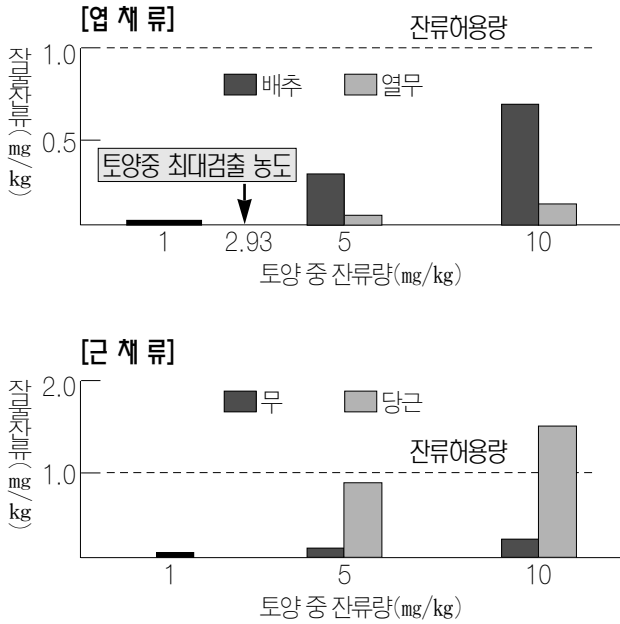
한편, 농작물 재배기간 동안 사용한 농약의 토양 중 잔류실태를 조사한 결과에 의하면 논토양, 밭 토양, 과수원 토양, 시설하우스 토양에서 일부 농약이 미량(0.001~2.292 mg/kg)으로 검출되고 있다. 특히 시설하우스 재배지역에서는 연중 작물을 재배하고 있고, 재배횟수도 2~3회에 이르고 있어 살포농약 중 상당량이 토양에 유입되어 검출되는 농약의 종류와 농도가 논이나 밭보다 많고 높은 경향이다.

토양에서 검출되는 잔류농약의 수준은 농약살

국내 사용농약의 토양 중 반감기 (주성분 수)

구 분	토양 중 최장 반감기(일)						계
	15 미만	16~30	31~60	61~120	121~180	180이상	
살균제	37	31	21	15	1	-	105
살충제	45	43	26	14	2	-	130
제초제	33	30	25	4	1	-	93
생장조정제	8	6	1	1	1	-	17
계	123 (35.7)	110 (31.9)	73 (21.1)	34 (9.9)	5 (1.4)	0	345 (100%)

토양중 잔류농약(Endosulfan)의 작물체 흡수이행 정도



포 후 잔류량을 분석하는 시기에 따라 크게 좌우되므로 농작물을 수확하고, 다음 작물을 재배하기 직전에 토양을 채취하여 분석하고 있다. 그러나 시설하우스에서는 작물을 연속적으로 재배하고 있고, 비닐 등으로 차단되어 있어 강우에 의한 유실 또는 이동이 없을 뿐만 아니라, 투과되어 토양에 다다르는 햇빛의 강도도 낮아 논토양이나 밭 토양에서 보다 시설 재배지 토양에서 잔류농약이 오랫동안 남아있게 된다. 농산물의 경우에는 농약별로 잔류허용량이 설정되어 있어 잔류분석 결과에 의하여 생산한 농산물의 안전성을 평가할 수 있다. 토양의 경우에는 시료를 채취하는 시기에 따라 잔류량이 수백 배 이상의 차이를 나타내므로 토양의 건전성을 확보할 수 있는 기준을 설정할 수 없는 실정이다.

지난 5년 동안 주기적으로 토양 중 농약의 잔류실태를 조사한 결과에 의하면 토양의 종류에 관계 없이 일부 농약(엔도설판, 프로시미돈 등)이 검출되고 있다. 토양에 잔류되어 있는 농약의 안전성을 평가하는 데는 토양에 잔류되어 있는 농약이 재배하는 작물체로 이동하여 생산한 농산물을 오염시키는지를 가장 먼저 확인해야 한다. 이를 구명하기 위하여 토양에 농약을 인위적으로 첨가한 후 재배하는 농작물의 가식부위로 이동하는 양을 시험한 결과는 그림과 같다.

토양살충제인 엔도설판을 토양 kg당 1, 5, 10mg 수준으로 첨가하

고 잎채소인 배추와 열무, 뿌리채소인 무와 당근을 재배한 후 수확하여 가식부위 중의 잔류농약을 분석 비교하였다. 잎채소에서는 토양에 잔류농약이 10mg/kg 남아 있어도 재배한 농산물 중 잔류농약은 식품의약품안전청에서 규제하는 잔류허용량에 미달되어 안전하였다. 그러나 뿌리채소인 당근에서는 토양 중 잔류농약이 10mg/kg일 경우에는 당근 중 잔류허용량인 1mg/kg을 초과하여 안전성을 확보할 수 없었다.

따라서, 토양 중 농약이 잔류되어 있을 가능성이 높은 경우 잎채소로는 배추보다 단경기 채소인 열무를 재배함으로써 수확한 농산물에 잔류되는 농약의 양을 낮출 수 있다. 뿌리채소의 경우에도 당근과 같이 토양 중 잔류농약의 흡수량

이 많은 작물보다는 무를 재배하는 것이 안전한 농산물 생산에 유리함을 알 수 있다.

농약 주성분이 물에 대한 용해도가 높고, 토양에 흡착 고정되지 않는 경우에는 토양 중에서 물의 이동과 함께 행동함으로써 농작물에 흡수될 뿐만 아니라, 땅속으로 이동되어 지하수를 오염시킬 가능성이 있으므로 토양에 직접 살포하는 농약은 약제를 선택함에 있어 주의를 요한다. 작물에 직접 살포하는 농약은 잎과 줄기를 고르게 적실 정도로만 살포하여야 한다. 농약 살포액이 작물체를 흘러내릴 정도로 과량 살포하면 농약을 사용하는 사람의 몸에도 침투량이 많아져 중독의 우려가 있을 뿐만 아니라 토양에 떨어지는 양도 많아진다. 일부 농가에서는 농약의 살포노력을 줄이기 위하여 스프링클러로 관수할 때 농약과 함께 관수하고 있으나, 병해충 방제 효과도 낮아지고, 과량살포에 의한 농약 가격의 상승은 물론 토양을 오염시키는 직접적인 원인이 되므로 절대 삼가야 한다.

특히, 시설하우스 재배의 경우에는 고온, 다습, 작물의 생육상태가 연약하여 병해충의 발생이 용이하다. 유제(乳劑)나 수화제(水和劑)와 같이 물에 희석하여 사용하는 농약의 경우에는 300평당 150리터 이상의 농약 희석액을 살포함으로써 하우스 내 습도를 더욱 높여 농약의 방제 효과를 저하시키기 쉽다. 농약의 주성분을 가스 또는 증기 상태나 연기상태로 살포하는 훈증제나 훈연제 농약은 물에 희석하지 않고 직접 사용하므로 하우스 내 습도를 높이지 않고 작물체에



과립훈연제 농약의 하우스 내 살포 광경

고르게 농약성분을 부착시키고, 토양에 떨어지는 농약의 양도 크게 줄일 수 있다.

한편, 토양 중에 남아 있는 농약은 흙속에서 서식하고 있는 미생물에 의하여 끊임없이 분해되어 간다. 최근의 농약은 탄소(C), 수소(H), 산소(O), 질소(N), 인산(P)등으로 구성되어 있어 토양 중에서 분해된 잔류농약은 토양미생물의 영양원으로 이용된다.

일반적으로 농약의 분해는 산성이나 중성보다는 알카리 조건에서 빠르게 일어나는 것으로 알려져 있다. 따라서 토양에 석회질 비료를 사용하면 토양의 중성화는 물론 잔류되어 있는 농약도 분해를 촉진시키는 일석이조의 효과를 거둘 수 있다.

또한 토양에 유기질 비료를 사용하면 미생물의 활력을 증진시킴으로서 부차적으로 잔류농약의 분해가 촉진되고, 유기질 비료가 부식화하면 남아 있는 잔류농약은 부식(humus)에 흡착되어 재배하는 작물에 흡수되는 양을 크게 줄일 수 있어 보다 안전한 농산물의 생산에도 도움이 될 수 있다. Y