

저독성 넘어 '무독성 시대' 에 도전한 작물보호제

병해충으로 매년 세계 농작물 1/3 손실, 병해충·잡초 막아 '식량증산'에 지대한 공헌
맹독성 및 농업용 고독성농약 없어, 사망원인 및 발암성 무시할 수준으로 인식 바뀌어야



김정한 교수
서울대 농생명공학부

1. 식량 손실의 현황과 작물보호제의 중요성

세계적으로 약 10,000종의 해충이 작물에 직접 피해를 주거나, 작물병이나 사람질병을 매개하고, 80,000~100,000종의 식물병(곰팡이, 바이러스, 세균 등), 약 1,800종의 잡

초가 심각한 식량 손실을 초래하고, 약 1,000종 이상의 선충도 문제를 일으키고 있다. 과거의 예를 들면 1845~1851년 사이에 아일랜드에서 감자역병에 의한 기근이 들어 약 100만 명이 희생되고 수많은 사람이 다른 나라로 이주했던 엄청난 사건도 있었다.

하지만 현재도, 세계에서 농작물의 약 1/3이 매년 해충, 병균, 잡초 때문에 경작, 수확, 저장 중에 손실되고 있다(그림 1). 사실인가 의심이 되겠지만 WHO의 통계에 의하면 '매년 해충에게만 전체 농작물의 약 15%를 빼앗기고 있다고 한다(그림 2).

Approximately one-third of the world's food crops are destroyed by pests during growth, harvesting and storage. Losses are even higher in emerging

그림 1. 전세계 농작물의 약 1/3 이상이 재배, 수확, 저장 중 pest에 의해서 손실 (출처: The Pesticide Book)

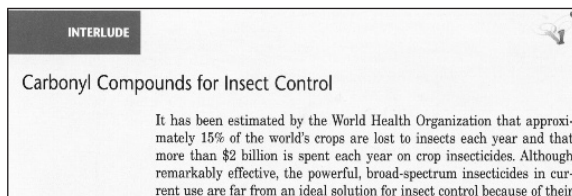


그림 2. '세계 농작물의 약 15%를 매년 해충에게 빼앗기고 있다' (출처; Fundamentals of Organic Chemistry, MCMURRY, 5판, 2003년)

이를 뒷받침하는 자료를 The Pesticide Book에서 볼 수 있는데 옥수수, 콩, 밀, 면화 감자 재배 시 살충제를 사용하지 않은 경우의 손실을 보면 작물과 해충에 따라서 100%에서 15%의 손실을 보고 있다. 또한 일본식물방역협회가 주요 작물을 대상으로 실시한 시험 결과로서 작물보호제를 사용하지 않으면 작물에 따라서 약 20~100%의 손실이 초래되는데 사과는 97%, 복숭아의 경우는 100% 손실로 조사되었다(그림 3). 즉, 그림 1의 "전 세계 농작물의 약 1/3 이상이 재배, 수확, 저장 중 pest에 의해서 손실"은 우리가 직면하고 있는 현실임을 확인할 수 있다.

우리나라에도 일본의 경우와 별반 다르지 않다고 여겨진다. 우리나라에 발생되고 있는 병해충 잡초의 종류는 총 5,850종으로 3,608종이 농작물에 발생하고 그 중에서 주요 방제 대상은 약 100종이며, 외래 유입종도 270종이 보고되어 있다. 즉, 작물보호제를 잘 사용해서 농작물의 해충이나 병, 잡초를 제대로 방제

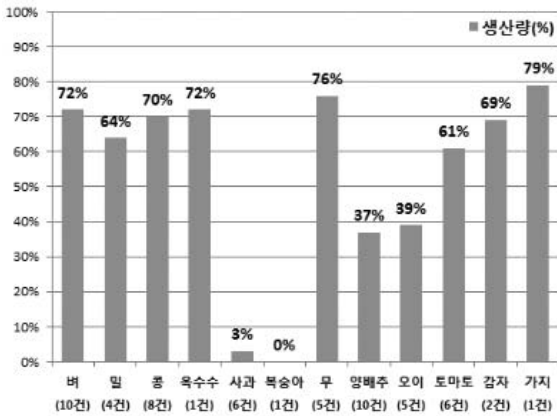
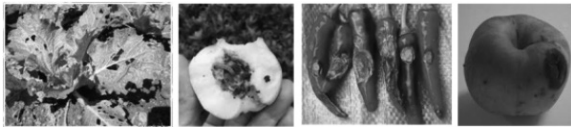


그림 3. 작물보호제를 사용하지 않고 재배할 경우의 농산물 생산을 일본식물방역협회 1993 (’91-’92시험실시), (출처; 농약과 열대어)

하지 않으면 목숨을 연명할 식량 확보가 되지 않는다. 이미 우리나라는 쌀도 자급자족 못하는 판(2012년 쌀 자급률 86.1%)에 작물보호제의 적절한 역할 없는 식량 생산의 결과는 볼 보듯 뻔한 일이다. 그리고 그나마 수확한 농산물도 품질이 엉망일 것인데 병들고 벌레 먹은 작물이 건강하고 고품질의 위생적인 곡물/과일/채소를 생산한다고 기대할 수 없다(그림 4). 작물 보호제의 중요성은 아무리 강조해도 지나침이 없다.



(A) 배추 해충피해 (B) 복숭아 해충피해 (C) 고추 병 피해 (D) 사과 병 피해
그림 4. 농산물 별 해충 및 병 피해 (출처; 인터넷 구글)

작물보호제 중에서 해충과 병을 잡고 치료하는 살충제, 살균제외에 제초제도 식량 증산뿐 아니라, 우리들의 노동력과 시간을 절약하고 편리한 농사를 짓도록 하는 데에 또 한 몫을 하고 있다. 잡초는 작물과 수분, 영양분, 태양광에 대하여 경쟁을 하면서 농산물의 생산량을 감소시키고 품질을 저하시킨다.

따라서 예로부터 ‘김매기’로 불리우는 잡초제거 작

업은 농사의 성패를 좌우하고, 힘들고 지루한 작업으로서 농작업의 많은 시간을 소비한다. 하지만 편리한 제초제 사용만으로도 농산물 증산 효과가 지대한데 옥수수, 콩, 밀의 수확 증가율(The Pesticide Book) 과 벼, 콩, 옥수수, 감자, 고추, 양파의 수확 증가율 경우(그림 5)를 보면 제초제 사용만으로도 30% 이상 까지 수확량이 증가하는 것을 볼 수 있다.

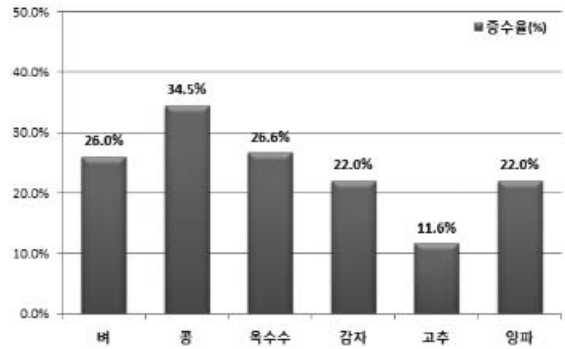


그림 5. 잡초 방제에 따른 벼, 콩, 옥수수, 감자, 고추, 양파의 증수율 (’90 농약연구소), (출처; 농약의 안전성과 작물보호)

해충/병균/잡초 등을 죽이는 작용을 하지는 않지만 성장조정제는 식물호르몬 역할을 하는 화합물로서 작물보호제의 범주에 포함되고 품질 좋은 농식품의 생산에서 큰 역할을 하고 있다. 다양한 작물에 대해 여러 가지 생리학적 조절을 하고 있으며 한 가지 예로서 포도에 처리하는 성장 조정제의 효과를 보면 감탄스럽다. 포도 알의 착립률이 16%에서 44%로 증가되어 농가 수입의 증가는 물론이고, 일단 보기만 해도 탐스럽고 먹음직스럽게 달렸다(그림 6).

작물보호제의 역할은 여기에 그치지 않는다. 작물 재배를 위해선 제일 먼저 깨끗한 토양을 준비해야 하는 데 토양소독제도 아주 중요한 역할을 하고 있다. 씨앗을 뿌린 토양에 온갖 병균, 잡초, 해충이 있으면 씨앗이 남아나지 않아서 작물 재배가 잘될 리 없고 당연히 파종 전에 제대로 방제해야 한다. (그림 7)은 토



(A) 생장조정제 미처리 (B) 생장조정제 처리

그림 6. 생장조정제 처리에 의한 포도의 착립 증대 효과 (출처; 미상)

양소독제의 효과를 극명하게 보여주는 사진인데 상추 연작지에 토양소독제를 처리했을 때 시들음병 방제가 80~95% 정도라고 하니 놀라운 효과이다.



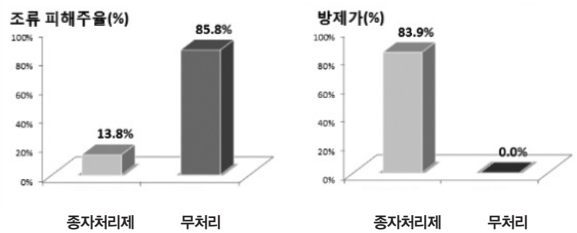
(A) 토양소독제 처리 (B) 토양소독제 무처리

그림 7. 상추 연작지에서 토양소독제 처리의 효과 (출처; 농자재신문)

작물 종자도 종자처리약제를 사용하여 소독하거나 코팅하지 않으면 병과 해충 그리고 새의 피해가 심각할 수 있다. 이와 같은 종자 처리는 작물보호의 기본 기술로서 우리나라의 세종대왕 시대 농업관련 고서 농사직설(農事直說)에 마골(馬骨)이나 누에의 열탕 추출물로 종자를 소독한다는 기록이 있으며, 황금보다 비싼 종자도 있듯이 종자의 가격이 비싸지면서 종자를 보호하기 위한 종자처리기술의 발전은 지속되어 왔다. 벼, 콩 등을 비롯해서 다양한 종자 처리에 살균제, 살충제등 여러 작물보호제가 종자처리제로 개발되어 사용되고 있다.

예를 들어서 콩의 경우는 자주무늬병, 탄저병에 의한 손실 외에 새가 종자를 파먹고 떡잎을 잘라먹는 등 피해가 극심한데 관련된 종자처리제를 처리해서 병에 대한 종자 소독효과 및 발아율 향상을 꾀할 수 있고 새에 의한 피해도 크게 감소시켜서 당연히 상당한 증수효과를 얻을 수 있다. 땅콩에 대한 예를 보면, 종자처리제를 사용함으로써 새의 피해를 72%를 줄일 수 있고, 병 방제기도 83.9%를 달성할 수 있다 (그림 8).

그림 8. 땅콩에 대한 종자처리제 사용 효과 (출처; 인터넷 구글)



2. 작물보호제의 독성

이상과 같이 작물보호제는 농작물의 해충이나 병, 잡초의 방제를 통하여 먹거리의 확보와 품질 향상, 생산비 절감에 절대적으로 중요한 몫을 담당하고 있다. 또한 파리/모기/바퀴벌레가 득실대는 집안이나 실내는 상상조차 하기도 싫은데, 작물보호제가 포함된 각종 위생해충 퇴치제가 쾌적한 생활환경을 제공하는 데에 큰 역할을 하고 있다. 이 뿐만이 아니고 수출입 농산물/화훼의 검역에 사용되고, 산림 방역에 사용되어서 국토의 70%인 우리 푸른 산림을 보호한다. 또한 병들과 기생충이 감염된 가축이 없도록 가축을 건강하게 유지해서 건강하고 위생적인 고기를 제공할 수 있도록 한다.

이렇게 중요한 작물보호 역할의 근본은 바로 작물보호제가 동·식물/미생물에 대한 기본적인 독성을 소유하고 있다는 사실이고 이러한 사실 때문에 위에 언

급된 다양하고 절대적인 유익성을 제공하는 것이다. 그럼에도 불구하고, ‘작물보호제는 다 맹독성이고, 아무리 극미량이라도 접촉이나 섭취하면 중독된다’는 그야말로 막연하고 불필요한 오해가 아직도 있다. 앞에서 작물보호제의 중요성을 각종 자료를 뒷받침으로 살펴보았듯이 작물보호제의 독성에 대해서도 독성을 비교하는 통계적 결과를 바탕으로 제대로 살펴보자.

2.1. 국내 작물보호제의 급성독성은 대부분 저독성

작물보호제는 급성독성, 만성독성, 발암성, 생식독성시험 등을 포함한 다양한 독성시험을 거쳐 안전성을 조사하고 통과해야 작물보호제로서 자격을 갖추게 된다. 급성독성은 작물보호제에 1회 노출되었을 시 나타나는 독성으로, 작물보호제/의약을 포함한 모든 화합물의 기본 독성을 파악하는 기준이 된다. 일정한 수의 실험동물(흰쥐 등)에게 여러 농도의 작물보호제를 특정한 방법으로 투여하여 해당 시험기간 내에 실험동물의 50%가 사망하는 작물보호제량(LD₅₀; Lethal dose)을 말한다. 예를 들면 고체 작물보호제 제품을 흰쥐 체중 1kg당 100mg을 구강으로 투여했을 때 흰쥐 10 마리 중 5 마리가 사망하면 보통독성이다.

우리나라는 WHO, 미국, 일본 등 선진국과 마찬가지로 작물보호제 원제보다는 농업에 직접 사용하는 작물보호제 제품을 대상으로, FAO/WHO의 독성 분류방법을 채택하여 작물보호제 제품의 독성을 구분하고 있다. 최근(2014년 말) 등록된 작물보호제 제품은 총 1,781 품목이고 (표 3)에서 보는바와 같이 맹독성 제품은 단 한 품목도 없으며 대부분 저독성(86.5%)이다. 6종의 고독성 작물보호제도 농업용은 1품목도 없다. 비농업용으로서 검역 및 산림방제용으로만 사용되고 있다.

표 3. 우리나라 작물보호제제품의 급성독성 구분 및 분포 (2014)

구 분	경구독성(LD ₅₀ , mg/kg)		독성별 분포		
	고 체	액 체	품목수	비율(%)	비고
			1,781	100	
I급(맹독성)	5 미만	20 미만	-	-	미분류 2개 제외
II급(고독성)	5 - 50미만	20 - 200미만	6	0.3	
III급(보통독성)	50-500 미만	200-2,000 미만	235	13.2	
IV급(저독성)	500 이상	2,000 이상	1,538	86.5	

2.2. 캡사이신, 카페인보다 급성독성이 약한 우리나라 작물보호제 원제

위와 같은 작물보호제 제품은 작물보호제 원제(유효 성분)를 원료로 해서 다양한 제제 기술을 통해서 만들어 지는데, 최근(2014년) 국내에 등록된 작물보호제 원제 481종에서 자료를 찾지 못한 22개를 제외한 459개 원제의 급성 경구독성을 캡사이신, 니코틴, 카페인, 아스피린, Acetaminophen, 식용색소청색제2호, 소금, DL- α -tocopherol, 구연산 및 비타민C와 비교해 볼 때(자료의 출처에 따라 독성 수치의 차이가 있을 수 있음), (표 4)에 나타난 바와 같이 작물보호제 원제의 82%가 카페인보다도 급성독성이 낮을 뿐 아니라 고추의 매운 성분인 캡사이신 보다 급성독성이 약한 원제가 88%에 달한다. 하루에도 몇 개씩 먹는 고추, 몇 잔 씩 마시는 차, 커피의 성분보다도 원제의 독성이 약한 사실을 보면 저독성 작물보호제 시대라 아니라 그야말로 무독성(無毒性) 작물보호제 시대라고 해도 과언이 아닐 것 같다.

독성이 아주 약한 추가적인 예를 든다면 살균제 chlorothalonil의 급성독성은 10,000mg/kg이상인데 이 수치는 하루에도 여러 알 씩 복용하는 비타민 C의

독성과 거의 맞먹는 수치이고 만병통치에 가까운 명약으로 선전하는 구연산 및 과자, 빙과류 등에 사용되는 식용색소, 소금, 비타민 E 등 보다는 독성이 훨씬 약하다. 대단한 과학의 힘이 아닐 수 없다.

표 4. 작물보호제 원제와 식품, 의약품 등과 급성독성 비교

화합물	LD ₅₀ (mg/kg)*	비 고	독성이 더 약한 작물보호제	
			갯 수	%
			합계 459	100
캡사이신	161.2	고추 성분	402	88
니코틴	188	담배 성분	401	87
카페인	355	차, 커피 성분	377	82
아스피린	1,500	감기약, 해열제	286	62
Acelaminophen	1,944	타이레놀 주성분	273	59
식용색소청색제2호	2,000	Indigo carmine	261	57
소금	3,000	NaCl	206	45
DL- α -tocopherol	4,000	비타민E의 주요 활성물질	296	40
구연산	6,730	Citric acid	40	9
비타민C	11,900	Ascorbic acid	18	4

표 5. 30 대 사망 원인 (미국, 1992년), (출처 ; 미상)

1. 흡연	16. 소방 활동
2. 음주	17. 경찰업무
3. 자동차	18. 피임
4. 권총	19. 민간 항공기
5. 감전사고	20. 원자력
6. 오토바이	21. 등산
7. 수영	22. 동력기계
8. 수술	23. 축구
9. 엑스레이	24. 스키
10. 철길	25. 백신접종
11. 개인 항공기	26. 식용색소
12. 공사장	27. 식품보존료(방부제)
13. 자전거	28. 작물보호제(농약)
14. 사냥	29. 항생제
15. 가전제품	30. 스프레이 캔

3. 작물보호제의 사망 원인 및 발암성

통계로 본 급성 독성 자료 외에도 작물보호제의 안전성은 여러 가지 자료에 의해 확인되고 있다. 미국인의 30대 사망원인 중에서 식품 색소나 보존제 보다는 낮은 28위에 불과하고 (표 5), 발암성 면(요인 별 암 발생 가능성; 하버드 대학 연구 결과)에서도 가장 낮은 순위에 속하고 있다 (그림 9).

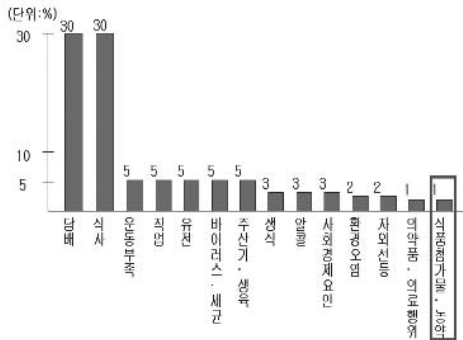


그림 9. 요인별 암 발생 가능성 (하버드대), (출처 ; 작물보호협회)

4. 인류생존을 위한 식량증산 및 확보에 작물 보호제 절대 필수

세계 인구의 증가는 빠르게 이루어지고 있다. 텍사스 주립대학교의 환경역사학 교수 James McWilliams에 의하면 “2050년까지 지구상 인구는 90억 명에 이를 것으로 예측되지만, 현재 지구상에서 새로 늘릴 수 있는 농지는 5%에 불과하며, 늘어나는 인구를 부양하기 위해 식량생산은 지금보다 50~100% 증가되어야 한다”고 한다(출처 ; 생활과 농약). 인류 최고의 과학을 기초로 만들어진 작물보호제가 이상으로 언급했듯이 독성도 아주 약하면서 식량 증산과 확보에 절대적 기여를 하고 있기 때문에 인류의 미래를 위한 식량 확보에 최고의 역할을 할 것이다. (18)