



농약 독성에 대한 도전과 미래

‘농약독성학’ 사회공헌 위한 인류노력 중 선봉, 과학 부정 요소 부각 문제
자원고갈 환경 처한 인구에 식량 제공할 ‘차세대 독성학자 양성’ 도전 · 미래

- 홍보부 -

에머스트(Amherst)에 있는 메사추세츠 대학 수의학과 농약분석연구소의 이사이자 교수인 마셜 클라크(J. Marshall Clark) 박사는 농약독성학자들에게 직면한 도전에 대하여 논하고 앞으로 나아가야 할 방향을 제시하고 있다.

농약 독성학은 사회에서 요구되고 있는 음식, 섬유와 건강을 제공하는 인류 노력에 있어서 가장 앞에 위치하고 있다. 농약은 효율적이고 적절하게 식물과 환경을 보호하고 있다. 우리는 우리의 기초 및 응용 연구법을 활성화시키는 새로운 기술과 규정을 받아들여야 하는 단계에 왔다. 우리 연구는 이물 화학물(xenobiotic chemicals)의 활동, 대사, 저항성과 환경 경로에 대한 메카니즘을 규명하는데 앞장서 왔다. 우리 지식의 효용을 증가시킨 이런 정보들은 생물시스템에서의 생화학 경로와 기능을 밝혀주었다.

왜 우리는 다른 사람들에게 우리자신을 그리고 우리가 하는 일이 무엇인지를 설명하기

위해 그렇게 많이 노력했는가? 그 대답은 간단하다. 독성학자들은 일반적으로 많은 사람들이 잘 주의를 기울이지 않는 독물(毒物)을 연구하고 있기 때문이며, 또 하나는 더욱 만연되고 있는 것으로서 사람들이 과학의 긍정적인 면보다 부정적인 면을 더 부각시키는 것이 문제이다. 우리의 연구와 사회 교수법을 근본적으로 바꾸고 반동(反動)적으로 행하기 보다는 더욱 사전(事前)적인 행동이 필요하다. 농약산업은 근본적으로 계속해서 변해야 한다. 우리는 이런 변화를 받아들이면서 다소기가 꺾일 수도 있다. 그러나 자원이 고갈되어 가고 있는 환경에 있으면서 늘어나는 사람들에게 식량을 제공하고 보호하는 소중한 임무를 맡게 될 다음 세대 독성학자들을 양성하는데 우리의 과학역량을 집중하여야 한다. 이것이 우리의 도전과 미래일 것이다.

여기에서는 우리 미래에 직접적인 영향을 끼치는 3가지 양상, 즉 우리가 사회로부터 이해를 구하고 용인 받는 방법과 교육의 필요

성, 우리의 임무 달성에 필요한 새로운 방향과 교수법에 대해 서술하고자 한다.

이해와 용인

사회에서는 농약과 농약독성학이 잘 이해되지 않고 있다. 우리는 농약과 결부하여 환경과 인간 건강 문제를 연구하고 있기 때문에, 우리는 영원히 이런 문제들에 연계되어 있다. 일반적으로 과거 DDT나 엘드린(Eldrin), 랩토포스(leptophos)와 같은 약제와 이들의 독성 영향을 연구하였던 우리역사가 이런 관계를 보여준다. 우리는 과학적인 성취를 이루었음에도 불구하고 대부분 사람들의 부정적인 반응을 야기하는 '문제-확인' 과학을 해왔다. 이제 우리는 '해결-제공'의 과학을 할 필요가 있다. 해결은 긍정적이고 문제는 부정적이다. 농약 저항성 관리는 과학적인 노력을 기초로 한 '해결-제공' 접근법의 좋은 예이다.

우리는 올바른 과학을 기초로 한 논의를 토대로 과거와 분리하는 좋은 시도를 하고 있다. 즉, 모든 농약은 DDT와 다르다거나 위험성이 감소된 농약의 유용성, 살충 화학물의 99.9%는 천연물질이며 수많은 합성물질과 그 독성이 같다, 사용량이 독성을 결정한다, 농약은 효율적으로 해충을 방제하고 삶의 질을 개선시킨다, 전보다 여유가 있으며 풍부한 다양한 식품, 인간 건강과 수명을 개선시키는데 있어서 다양하고 풍부한 식품의 중요성, 농약은 자연 발암물질을 감소시킨다, 칼로리 섭취가 건강에 가장 큰 위협이지 농약의 양에서 찾지 마라 등등. 이런 것들이 모두 아주 좋은 논의거리이며 나는 이 모든 것들을 믿고 있다. 우리는 계속해서 이것들을 다른 과학자

와 규정 관리공무원들이 알도록 해야 한다. 그러나 이런 논의거리에는 세금을 납부하며 대학과 연구소에 기부금을 내고 우리의 제품을 시는 일반 대중이 빠졌다. "농약에 대한 대화"가 없었다. 그리고 "살충제" 또는 "농약"에 대한 어떤 논의도 없었으며, 자료나 사실이 바뀌지 않았음에도 단순히 부정적인 의미만 불러일으키고 있다.

용인되어지기 위해, 우리는 더욱 적극적인 방법과 '해결-제공' 접근법으로 우리가 하는 일이 무엇인지에 대해 대화가 필요하다. 해충 방제를 위해 "살충제"와 "농약"을 사용하는 과학이 아니라 "작물 보호"를 하는 과학이 되어야 할 것이다. 질병 방제를 위해 '유충과 성충 방제'를 진흥시키는 과학이 아니라 "환경 건강 보호"가 포함되어 있는 과학이다. 더불어, 안전 및 환경 측면이 새로운 작물보호제 개발의 중심에 있어야 한다. 그린화학, 종합해충 관리(Integrated Pest Management) 및 저항성 관리 이슈가 우리 과학 활동 중심에 존재해야지 쇼윈도우 장식이나 사후처리로 취급되어서는 안된다. 우리는 우리 자신을 "식물과 환경 건강을 보호"하는 "해충 및 환경 건강 독성학자"로 바꾸어야 한다.

교육 필요성

모든 과학 분야의 성공 열쇠는 재능 있는 간부와 학생 확보다. 우리 과학은 이 두 점에 있어서 중요한 시점에 있다.

역사적으로, 대부분 농약 독성학자들의 위치는 농학, 곤충학, 식물·토양학과 같은 응용 농업 부문 내에 랜드그랜트(land-grant) 기관과 연결되어 있었다. 랜드그랜트 대학의



사명은 전보다 더욱 발전하였다. 농업 위치는 확대되는 도시화에 직면해 위축되어 있다. 환경에서의 이물 화학물 연구는 직접적인 인간 노출 연구로 보완되거나 대체되고 있다. 공중 보건 관심은 미국에서 웨스트 나일 바이러스(West Nile Virus)와 라임 질환(Lyme disease)과 같은 매개체 질환(Vectorborne Disease)이 계속 확산되면서 조명되기 시작하였다. 모두 우리 과학에 있어서 잠재적이고 중요한 분야들이다. 그러나 많은 예(例)에서 보면 응용 농업 기반 분야와는 적절히 조화를 이루지 못하고 있다.

그 동안, 명망 있는 자리는 독성학자들의 퇴직으로 비 독성학자들로 자리매김했지만 그 자리는 사라진 것은 아니다. 일반적으로 독성학자들은 생산력이 높고, 생산력이 오래가며 다른 학자들보다도 자금지원이 훨씬 좋다. 상위 집행부에서는 이런 면들을 이해하고 있다. 우리는 자리를 고수하기 위해 이 점을 부각시켜야 한다. 만일, 당신이 몸담고 있는 곳에서 당신이 활동하고 있는 것이 가치가 없다고 본다면, 이동시킬 것이다. 공중보건 학교, 환경과학과 동물과학 그리고 독성학 및 약리학이 자리를 잡게 되면 환경보건 독성학의 유용성에 관해 이해하기 시작할 것이다. 많은 학문 분야와 관련이 있는 독성학은 강점과 약점을 동시에 가지고 있다. 여러분야에서도 제한된 자리와 자리 보급은 교육에서 숙제이다. 산 경험을 교실로 접목시킬 수 있는 산업계의 독성학자 채용을 늘려 full 및 part 학부를 활성화 시켜야 한다. 산업계는 이런 상호작용을 활성화시키기 위해 시간을 할애해야 한다.

“성공하려거든, 우수한 학생을 받아라”는 속담은 근본적으로 맞는 말이며 그렇게 되어야 한다. 독성학은 의학과 수의학, 화학과, 약리학, 분자·세포 생태학, 신경과학을 하는 학생들 확보를 위한 경쟁에 있다. 우리는 우리의 학생을 받기 위한 노력에 있어서 더욱 사전준비가 요구 되어진다.

나와 동료들의 많은 경험에서 보면, 학생 확보는 수단을 가리지 않고 이루어져야 한다. 우리는 우리 교수사회가 학생 확보와 더불어 교육한 학생들을 붙잡을 수 있도록 더 관심을 가져야 한다. 인력을 우리의 학생들에게 의존하는 업계들도 앞장서야 하며 아주 우수한 학생들을 우리 분야에 종사케 하기 위해 장학금과 박사학위 연구 지원금을 보조해야 한다. 만일 다른 독성학자와 상호교류가 없다고 느끼고 있다면, 다양한 학문 분야가 관련되어 있는 프로그램에 합류시켜 학생들의 고립 느낌을 덜게 해주고 학구 분위기를 복돋아 주어야 한다. 마지막으로 우리는 우리의 학생들이 배운 과제에 대한 결론(해결책)을 고찰하도록 교과과정을 만들 필요가 있다. 이를 충족케 하는 것으로써, 최신 교재중 하나로 시험을 치게 하는 것이 적절하다. 어니스트 허지슨(Ernest Hodgson)박사가 지은 최신 독성학(577면, 3판, 2004)은 훌륭한 교재로 나도 응용 독성학 과정에서 이용하고 있다. 이 책 내용의 99.3%는 독성학을 배우는 학생들에게 적절하고 유용한 사실정보 자료를 다루고 있다. 그러나 4페이지(책의 0.7%)는 “환경과 인간 건강을 위한 미래 고찰”을 다루고 있다. 이는 시작이며 우리는 학생들을 우리 분야에 끌어들이는 한 방안이다.

새로운 방향과 접근방법

우리는 식물과 환경건강을 보호하고 있으며 이는 사회에 필연적이고 유익하다. 그러나 우리는 이를 적극적인 방법으로 알릴 필요가 있다. 우리는 해충 방제 접근법을 이용하여 위험이 없는 안전한 방법을 제공하는 선두에 있다. 우리방법을 지속적으로 유지시키며 위험성 평가에 관한 이야기는 할 필요가 없다. 우리 과학과 산업에서는 무수한 변화가 존재하기 때문에, 해충 및 환경건강 독성학 실무그룹 구성은 가치가 있을 것이다. 구성원은 전문적인 지식을 근간으로 쌓여있는 "관심사"를 정확하게 기술하고 "해결책"을 만든다.

인구 증가, 환경파괴, 공중보건 취약 및 빠른 수송 수단이 결부됨에 따라 세계가 매개체 질환으로 인하여 위험성 증가라는데 놓이게 되었다. 발현되는 질병의 대부분은 매개체로 인해 일어나고 또한 가장 크게 염려되는 생물 테러리스트들의 리스트에서 1/3이상은 매개체이다.

제약과 농약에 대한 내성은 효율적인 조절을 하려는 우리를 복잡하게 만들고 있다. 해충·환경건강 독성학자로서, 우리는 문제 인식에 필요한 도구와 정확한 전문적인 지식을 가져야 하고 중요한 시점에 해결책을 제공하여야 한다. 발현되고 있는 매개체 질환과 그 치료법은 커다란 관심사이며 잠재적인 성장 분야이다. 나를 해충·환경건강 독성학자로 이끌게 한 여러 가지 매력 중에 하나는 첨단 기술 접근법을 사용하여 실질적인 문제에 나의 분석 능력을 사용케 한 것이다.

지난 25년 동안 컴퓨터, 분자생물학, 분광광도법의 혁신이 우리가 하는 과학을 근본적

발현/재 발현되는 매개체 질환(Gubler 1998)

도시와	산림발채	농업
덴기열 (Dengue Fever)	로아사상충증 (Loiasis)	말라리아 (Malaria)
말라리아 (Malaria)	화선사상충증 (Onchocerciasis)	일본뇌염 (Japanese encephalitis)
황열병 (Yellow Fever)	말라리아 (Malaria)	세인트루이스뇌염 (St. Louis encephalitis)
치쿱군야 (Chickungunya)	리슈만편모충증 (Leishmaniasis)	웨스트 나일열 (West Nile fever)
전염성다발관절염 (Epidemic polyarthritis)	황열병 (Yellow Fever)	오로푸스 (Oropouche)
웨스트 나일열 (West Nile fever)	키아사누르포 세스트병 (Kyasanur Forest disease)	WE 뇌염 (WE encephalitis)
세인트루이스뇌염 (St. Louis encephalitis)	EE 뇌염 (EE encephalitis)	VE 뇌염 (VE encephalitis)
리임질병 (Lyme disease)	리임질병 (Lyme disease)	
에르리히증 (Ehrlichiosis)		
흑사병 (Plague)		

으로 변화케 하였다. 이 3가지 기술의 조합이 생태과학, 특히 독성학에서 새로운 목표를 확 인하고 작용모드를 밝히는데 있어서 효과적 이고 섬세한 방법을 제공해 주었다. "해충-특 수한" 위치의 효율적인 탐지가 비(非)타겟의 독성과 환경 충격을 최소화 시키는 "해충-선택성" 제품을 생산케 하였다. 여기서 우리가 해야 할 일은 이런 기술을 충만하게 활용할 수 있는 능력을 가진 학생들의 손으로 이어가 게 하는 것이다. 우리는 최신 장비 및 연구법 으로 분석 교육과 교육시설을 개선해야 한다. 그런 강력한 기술의 유용성은 상당히 놀라운 것이며 환경 건강을 증진시키는 기초 및 응용 과학 모두에서 이용된다. Y