

몬산토는 독극물을 판매하는 ‘죽음의 상인’인가, 기아로부터 인류를 해방할 ‘구세주’인가?

- 세라리니 박사팀의 최근 장기 독성 연구 결과에 대한 과학적 논란

박상표(국민건강을위한수의사연대 정책국장, 건강과대안 연구위원)



Long term toxicity of a Roundup herbicide and a Roundup-tolerant genetically modified maize

Gilles-Eric Séralini^{a,*}, Emilie Clair^a, Robin Mesnage^a, Steeve Gress^a, Nicolas Defarge^a, Manuela Malatesta^b, Didier Hennequin^c, Joël Spiroux de Vendômois^a

^a University of Caen, Institute of Biology, CRIGEN and Risk Pole, MRSH-CNRS, EA 2608, Esplanade de la Paix, Caen Cedex 14032, France
^b University of Verona, Department of Neurological, Neuropsychological, Morphological and Motor Sciences, Verona 37134, Italy
^c University of Caen, UR ABTE, EA 4651, Bd Maréchal Juin, Caen Cedex 14032, France

프랑스 칸대학의 세라리니(Gilles-Eric Séralini) 박사팀은 <식품 및 화학적 독성(Food and Chemical Toxicology)> 온라인 최신호에 발표한 몬산토 사의 라운드업 제초제와 그 제초제에 내성을 가진 유전자조작 옥수수(NK603)에 대한 2년 동안의 장기독성 연구 결과를 발표했다. 실험결과는 충격적이었다. GM 옥수수나 라운드업을 투여한 암컷 쥐들은 대조군에 비해 2~3배나 더 많이 사망했으며, 그것도 더 빨리 죽었다. 이러한 차이는 수컷 쥐에서도 나타났다. 모든 실험 결과들은 호르몬 및 성(sex)에 의존적인 것으로 나타났으며, 병리학적 분석에서도 유사한 결과가 나왔다. 암컷 쥐들은 대규모 유선종양이 나타났으며, 뇌하수체에 이상 증상이 그 다음으로 많이 나타났다. 연구팀은 GMO와 라운드업 제초제 때문에 성 호르몬의 균형이 변형되었기 때문에 이러한 결과가 나온 것으로 추정했다. GMO와 라운드업을 투여한 수컷 쥐에서도 간 종대 및 괴사가 대조군보다 2.5~5.5배 더 높게 나타났다. 이러한 병리학적 소견은 육안으로도 확인되었을 뿐만 아니라, 전자현미경 검사로도 확인할 수 있었다. GMO와 라운드업을 투여한 수컷 쥐는 대조군보다 현저하게 심한 신장병이 1.3~2.3배 더 나타났다. 손으로 촉진할 수 있는 큰 종양이 4배나 더 많이 확인되었는데, 어떤 경우엔 대조군보다 600일이나 빨리 발생했다. 생화학적 검사 결과에서도 아주 중요한 만성적 신장 결함이 나타났다. GMO와 라운드업을 투여한 암컷 쥐와 수컷 쥐의 76%에서 신장 관련 수치가 변화하였다.

연구팀은 이러한 결과가 라운드업 제초제의 비선형적인 내분비 교란물질 효과뿐만 아니라, GMO 안에 들어있는 이식 유전자의 과도한 발현 및 그 대사 결과로도 설명할 수 있다고 밝혔다. 현재 세라리니 박사팀의 연구결과를 둘러싸고 전 세계적으로 논쟁이 진행 중이다. 만일 세라리니 박사팀의 연구 결과가 과학적으로 인정을 받을 경우, GM

안전성과 관련한 세계 각국의 정책에 아주 큰 영향을 끼칠 것으로 예상된다. 여기서는 세라리니 박사팀의 연구 결과를 소개하고, 몬산토 등 GM 산업계의 반박, 저자들의 재 반박, 과학계의 반응, 각국 NGO와 정치권의 반응에 대해 정리해보기로 한다.

1. 세라리니 박사팀의 연구 결과

라운드업 제초제 및 라운드업 내성 유전자조작 옥수수의 장기 독성¹⁾

(1) 실험재료 및 실험방법

[포] 세라리니 팀의 2012년 연구, 해먼드 팀의 2004년 연구, 비의무적 규제실험 비교

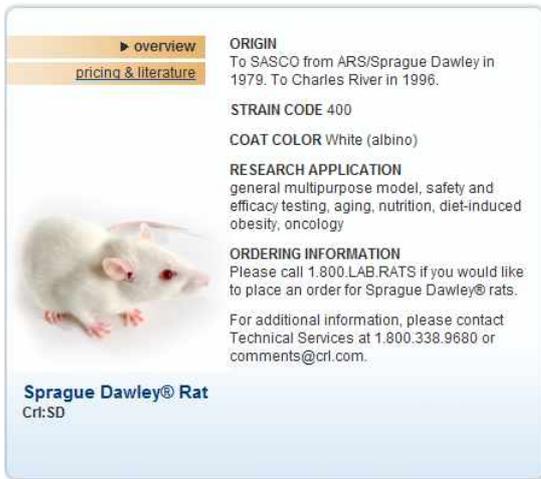
처치 및 분석	세라리니팀 연구	Hammond 등 2004	규제 실험
실험군 + 대조군	GMO, GMO+라운드업, 라운드업, 대조군	GMO+라운드업, 대조군, 실질적 동등성 없는 6개의 서로 다른 옥수수 종류	GMO 또는 화학물질
투여 횟수	3	2	적어도 3
실험기간	24개월 (만성)	13주 (아만성)	3개월
동물종류	10/10 SD	10/20 SD	최소 10마리
케이지 당 사육	1~2마리	1마리	1마리 또는 그 이상
모니터링/주	2회	1회	1회 또는 그 이상
사료 및 물 소비량	모두 측정	사료만 측정	최소한 사료 측정
장기 및 조직 연구	34	17/36	최소 30
장기 무게 측정	10	7	최소 8
전자현미경 검사	0	X	X
행동 관찰(시간)	2	1(프로토콜 없음)	1
안과 (시간)	2	0	1
혈액 샘플 수/동물	11회, 0-3개월은 매월, 이후 3개월마다	2회, 4주차 및 13주차	1회, 최종단계
혈액검사 항목	31(11회)	31(2회)	최소 25(최소 2회)
혈장 성 호르몬	테스토스테론, 에스트라디올	X	X, 예외 - 내분비 효과 의심될 때
간 조직 변수	6	0	0
노 샘플 수	11	2	선택사항 마지막 주

1) Séralini, G.-E., et al. (2012), Long term toxicity of a Roundup herbicide and a Roundup-tolerant genetically modified maize. Food Chem. Toxicol vol, 50, Issue 11, November 2012, pp 4221-4231

현미경 변/노 검사	○	○	×
조직 내 라운드업 잔류검사	검사 ○	검사 X	의무사항 아님
조직 내 이식유전자	검사 ○	검사 X	검사 X

1) 4개의 실험군 : ①라운드업 내성 NK603(몬산토) GM 옥수수 ②라운드업 내성 NK603(몬산토) GM 옥수수 + 라운드업 ③라운드업 ④대조군(closest isogenic maize)

2) 실험동물 : Virgin albino Sprague-Dawley(SD) rats²⁾ 5주령 200마리.(수컷 100마리, 암컷 100마리)



폴리카보네이트 재질로 만든 케이지 하나에 같은 성별의 쥐 2마리씩 사육. 수 몸무게 별로 10두씩 20개 그룹(암 10개 그룹, 수 10개 그룹) - 대조군 1개 그룹, NK603 GM 옥수수 각각 11% 22% 33% 사료급여 3그룹, NK603 GM 옥수수 + 라운드업 각각 11% 22% 33% 사료 급여 3그룹, 글리포세이트 1.1 × 10⁸(0.1ppb), 0.09%(미국 MRL), 0.5%(농업 작업 희석 용량의 50%) 희석한 물 투여 3그룹 총 10개 그룹으로 분류함. 사료와 물에 충분히 접근할 수 있도록 하며, 1주일에 1회 교환. 물과 사료 소비량 및 개별 체중 기록. 1주에 2회 모니터링.

3) 혈액화학 분석 : 투여 전, 투여 후 1, 2, 3, 6, 9, 12, 15, 18 21, 24 개월.

4) 해부병리 : 체중의 25%가 감소하거나 종양이 몸무게의 25%를 초과할 경우 인도적 안락사시킴. 뇌, 대장, 심장, 신장, 간, 폐, 난소, 췌장, 고환, 부신, 부고환, 전립선, 갑상선, 자궁, 대동맥, 방광, 뼈, 십이지장, 식도, 안구, 회장, 공장, 림프절, 망상계, 유선, 췌장, 부갑상선, 파이어스 패치, 뇌하수체, 침샘, 좌골신경, 피부, 척수, 위, 갑상선, 기관 등의 장기 수집.

5) 통계학적 분석 : 생화학적 데이터는 SIMCA-P(V12)³⁾ 소프트웨어(스웨덴)로 분석함.

(2) 실험 결과

1) 사망률(Mortality)

- 수컷 대조군 : 평균 624±21일 생존 / 암컷 대조군 : 평균 701±20일 생존 (실험 시작 시 5주령 +안정화 기간 3주를 거친 후 평균 생존 기간)

2) <http://www.criver.com/en-us/prodserv/bytype/resmodover/resmod/pages/spraguedawleyrat.aspx>

3) http://www.umetrics.com:81/default.asp/pagename/software_simcap/c/1

- 이 기간 전에 대조군의 수컷 30%, 암컷 20% 자연사. 라운드업 내성 NK603(몬산토) GM 옥수수가 포함된 사료를 투여한 수컷 50%, 암컷 70% 사망함. (첫 사망자는 GM 옥수수를 투여한 그룹에서 2마리의 수컷 쥐에서 신장의 종양이 몸무게의 25%를 초과하여 안락사시켰는데, 이는 대조군의 첫 번째 사망 사례가 발생하기 거의 1년 전이라는 점이 특기할만함. 암컷의 첫 번째 사망 사례는 22% GM 옥수수를 투여한 그룹에서 발생했는데, 원인은 유선종양이었으며, 대조군의 첫 암컷 사망사례가 발생하기 246일 전이었다)

- 그러나 사망률은 급여량에 비례하지 않았음.

- 라운드업 및 GM 투여 그룹은 대조군에 비해 Mortality가 2~3배 높음.

(Mortality의 최대 차이는 17개월까지 11% GM 옥수수를 투여한 수컷 그룹은 대조군에 비해 5배 더 사망, 21개월까지 22% GM 옥수수를 투여한 암컷 그룹은 대조군에 비해 6배 더 사망함.)

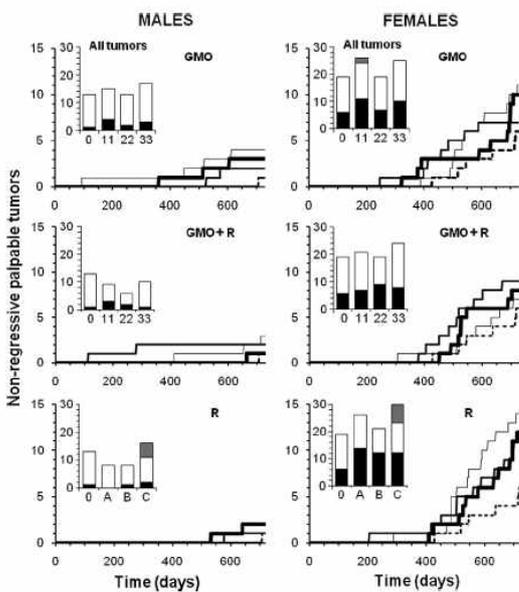


그림 1. 사망률 비교

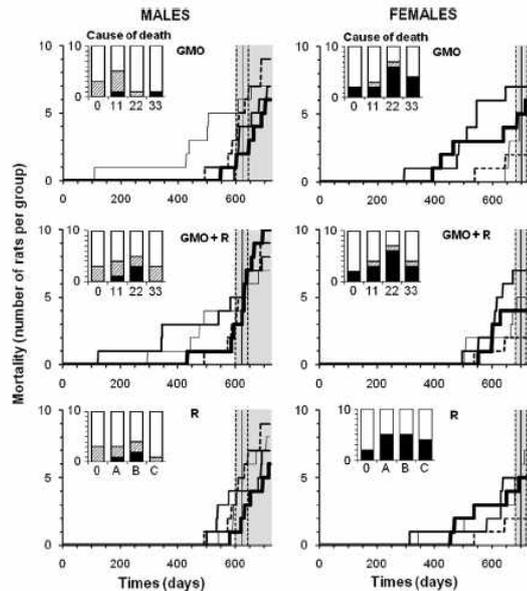


그림 2. 종양 비교

그림 1. 사망률 비교. GMO 11% 가는선, 22% 중간선, 33% 굵은선, 대조군 점선, 라운드업 A - 환경 노출량, B - 최소허용량(MRL), C - 최소허용량의 50%, 막대그래프의 사망률에서 검은색은 안락사(종양이 몸무게의 25%를 넘거나 몸무게가 25% 감소한 경우), 빛금은 자연사.

그림 2. 대형 비퇴행성 종양 비교. 가장 큰 종양은 실험기간 중 손으로 측진이 가능했으며, 수컷 쥐에서 직경 20mm, 암컷 쥐에서 직경 17.5mm였다. 막대그래프에서 검은색은 대형 비퇴행성 종양, 흰색은 소형 내장종양, 회색은 전이.

2) 해부병리학적 관찰

Table 2
Summary of the most frequent anatomical pathologies observed.

Organs and associated pathologies	Controls	GMO 11%	GMO 22%	GMO 33%	GMO 11%+R	GMO 22%+R	GMO 33%+R	R (A)	R (B)	R (C)
Males, in liver	2 (2)	5 (4)	11 (7)	8 (6)	5 (4)	7 (4)	6 (5)	11 (5)	9 (7)	6 (5)
In hepatodigestive tract	6 (5)	10 (6)	13 (7)	9 (6)	9 (6)	13 (6)	11 (7)	23 (9)	16 (8)	9 (5)
Kidneys, CPN	3 (3)	4 (4)	5 (5)	7 (7)	5 (5)	4 (4)	4 (4)	6 (6)	5 (5)	3 (3)
Females, mammary tumors	8 (5)	15 (7)	10 (7)	15 (8)	10 (6)	11 (7)	13 (9)	20 (9)	16 (10)	12 (9)
In mammary glands	10 (5)	22 (8)	10 (7)	16 (8)	17 (8)	16 (8)	15 (9)	26 (10)	20 (10)	18 (9)
Pituitary	9 (6)	23 (9)	20 (8)	8 (5)	19 (9)	9 (4)	19 (7)	22 (8)	16 (7)	13 (7)

표 2. After the number of pathological abnormalities, the number of rats reached is indicated in parentheses. 수컷 쥐는 간 울혈, 크고(大) 작은(小) 피사반점의 병리학적 증상이 나타났다. 간-소화관의 병리학적 증상은 간, 위, 소장(십이지장, 회장 또는 공장)과 관련이 있다. 11% GM 옥수수 및 22% GM 옥수수+ 라운드업을 투여한 실험군에서 2건의 신아세포종(nephroblastomas) 말고도, 현저하거나 심한 만성 진행성 신증(CPN)이 나타났다. 암컷 쥐의 주요 종양으로 유선에서 섬유선종(fibroadenoma,)과 선암(adenocarcinoma)이 검출되었다. 유선낭종(galactoceles)과 유선의 이상증식(hyperplasia)도 확인되었다. 뇌하수체에도 선종, 이상증식, 비대를 포함한 기능부전이 나타났다.

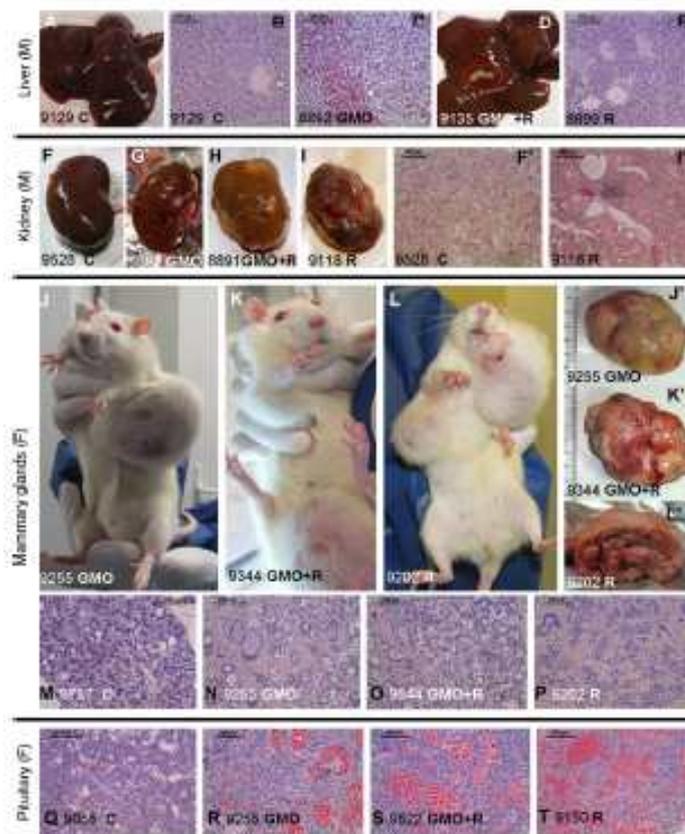


그림 3. 해부병리학적 관찰

- 암컷 생쥐의 경우, 2년 후 아주 큰 종양이 나타나는 경우가 수컷에 비해 5배나 많음(유선종양 93%. 선종(adenomas)⁴⁾, 섬유선종(fibroadenomas)⁵⁾, 암(carcinomas)는 등급(grade)보다는 크기(size) 때문에 건강을 악화시킴)

- 14개월까지 대조군은 종양 발생 없었음, R 또는 GM 투여 암컷 10~30%에서 종양 (예외 33% GMO + R) / 24개월이 시작될 때까지 대조군 종양 30%, R 또는 GM 처치 암컷 50~80%에서 종양.(각 개체별 3군데 종양 발생). 라운드업 투여 암컷의 경우 80%에서 종양.

- 암컷에서 유선 다음으로 2번째로 영향을 많이 받는 기관은 뇌하수체. 대조군에 비해 2배나 더 많음.(라운드업 투여군의 70~80%는 대조군에 비해 뇌하수체 이상이 1.4~2.4배 더 많이 발생했음)

- 수컷의 경우 신장과 피부에서 큰 종양이 촉진되는데, R 또는 GM 투여 수컷의 경우, 대조군에 비해 2배나 더 많이 발생했음.

- 수컷의 경우 가장 영향을 많이 받는 기관은 간-소화관(hepatodigestive tract), 신장과 더불어 간! (대조군에 비해 2.5~5.5배. 특히 GMO + R군에서는 간의 GGT⁶⁾ 수치가 5.4배까지 증가.)

- 신장 기능 저하로 심한 만성 진행성 신증(severe chronic progressive nephropathies)이 나타나는데, 33% GM 옥수수 투여군에서는 대조군에 비해 2배나 더 높았음.

(3) 토론

- 이 논문은 최초로 라운드업 제초제 및 라운드업 내성 유전자조작 옥수수(NK603)의 장기 독성을 실험한 연구 결과임.

- 이번 연구의 결과는 GM 또는 R의 투여 용량에 비례해서 효과가 나타나지 않았는데, 이것은 호르몬 질병의 사례에서 흔히 나타나는 것과 비슷함. 이번 연구에서 병리학적 증상의 정도가 낮은 용량에서부터 역치 효과라고 추정되는 높은 용량까지 유사하게 나타났음. 이러한 수준은 음식을 통한 섭취나 환경 노출을 통해 일어날 수 있음을 의미함.

- 대조군의 수명은 쥐의 평균 수명과 일치하지만, 인간을 포함한 대부분의 포유동물에서 빈번하게 그렇듯이 수컷은 평균적으로 암컷보다 먼저 사망했음. 몇몇 GM 또는 R의 투여 암컷은 예외적으로 대조군의 수컷보다 먼저 사망했음.

- GM 또는 R을 투여한 모든 암수의 쥐는 대조군에 비해 큰 종양 발생률이 2~3배 높았음. 뿐만 아니라 대조군과 같은 Harlan Sprague Dawley strain⁷⁾과 비교해서도 유선종양 발

4) 선상피세포에서 발생하는 양성 종양이다. 선종은 결장, 부신, 뇌하수체, 갑상선 등의 여러 장기에서 발생할 수 있다. 선종은 양성 종양으로 시작하였더라도 선암(腺癌)이라고 불리는 악성으로 진행될 수 있다.

5) 유선의 말단 부위인 종말유선관-소엽 단위와 그 주위의 결합조직을 포함하는 증식으로 발생하는 양성 종양이다. 정확한 발병 원인은 밝혀지지 않았다. 호르몬의 불균형으로 인해 발생된다는 연구가 있다.

6) GGT(Gamma-glytamyI transpeptidase)은 간세포(hepatocyte)와 쓸개의 상피세포에서 발견되는 효소이다. 간 질환이 있을 경우 GGT 수치가 높아질 수 있다. 특히 간세포의 손상보다는 담관의 폐쇄에 의한 경우에 GGT 수치가 높아진다.

생물이 높았음.

- 또한 이번 연구에서 주 종양이 18개월 이후에 나타나긴 했지만, GM 옥수수과 라운드업 제초제를 투여한 실험군에서 종양의 발전 속도가 대조군에 비해 현저하게 빨랐음. 실험군에서 처음으로 큰 종양이 나타난 시기가 수컷의 경우 실험 후 4개월, 암컷의 실험 후 7개월이었음. 이것은 GM 작물과 GM 식품의 독성 평가를 현재처럼 80일 급여 실험으로 하는 것은 부적절하다는 사실을 암시함.

- 암컷에서 안락사와 죽음을 포함한 고통은 주로 큰 유선종양의 발달에 의한 것임. 유선종양은 대부분 에스트로겐 의존성임. 낮은 용량의 라운드업 단독 투여에도 눈에 띄는 유선종양 발생이 유발됨을 확인했음. 라운드업은 에스트로겐을 합성하는 아로마타제(aromatase) 효소를 붕괴시키거나 세포에서 에스트로겐이나 안드로젠 수용체를 간섭한다. 또한 라운드업은 생체 내에서 성호르몬 분비를 억제하는 내분비 교란물질(sex endocrine disruptor)로 작용한다. GM 또는 R을 투여한 쥐에서 스테로이드 성호르몬의 변형도 확인되었다. 이러한 호르몬 의존적 현상은 뇌하수체의 기능부전을 촉진시킴.

- 흥미롭게도 라운드업을 투여하지 않고 재배한 NK603 유전자조작 옥수수를 투여한 실험 동물군에서도 종양 발생률과 사망률을 증가시키는 유사한 효과가 관찰되었다.

- 수컷에서 유선 종양은 암컷과 비교해서 훨씬 적게 발생하였음. 수컷 쥐의 사망은 대부분 극심한 간-신장 기능부전 때문임.

- 오직 나이든 수컷 쥐에서만 만성 진행성 신증(chronic progressive nephropathies)에 민감한 것으로 나타났음. 본 연구에서는 페놀산이 감소하면서 신장 parameter에 변동이 생기는 것으로 보임. 왜냐하면 caffeic acid과 ferulic acid는 신장에서 항산화제를 예방하는 유익한 기능을 하기 때문임. 이번 연구에서 NK603 GM 옥수수의 섭취는 이러한 항산화 물질을 감소시켜 신장 기능을 악화시킬 수 있다는 사실이 밝혀짐.

- 이번 연구에서 GM이나 R 처치를 한 모든 실험군에서 에스트로겐-관련 경로(estrogen-related pathway) 및 산화 스트레스(oxidative stress)의 증가에 의해 혼란이 일어난다는 사실은 추가적인 연구가 필요함.

- 병원성 효과가 나타났던 또 다른 가능성은 이식유전자 삽입, 돌연변이 또는 대사 작용에 의해 유전자 발현에 혼동이 생겼기 때문일 수 있음.

- 결론적으로 이번 실험을 통해 물에 들어있는 글리포세이트를 섭취하는 것은 간과 신장의 기능부전을 불러일으킬 수 있다는 우려를 표명했던 EPA의 선행 연구 결과를 명백히 밝혀냈음. 글리포세이트 섭취로 인해 호르몬 의존성 유선·간·신장 장애가 나타남. 마찬가지로 페놀산 대사의 불균형과 연관된 병리학적 기전이 NK603 GM 옥수수에 포함되어 있는 EPSPS 삽입유전자의 과발현에 의한 생합성 경로(biosynthetic pathway)의 혼란에 의해 발생하는 것일 가능성이 있음. 이에 대해서는 추가적인 연구가 필요함.

7) Sprague-Dawley(SD) rats은 1925년 위스콘신 주의 메디슨 소재 Sprague-Dawley Company에서 관모가 있는 잡종 수컷 쥐(유래를 알 수 없음)와 흰색 암컷 쥐(Douredoure strain)를 교배시킨 후 그들의 후손인 암컷 흰 쥐들을 7세대 동안 유지하여 개발했다. 1947년 홀츠만 사가 개발한 Holtzman®™SD®™(현재 Halan 사에 인수합병), 1955년 찰스 리버 실험실(Charles River Laboratories)에서 개발한 Sprague Dawley®™ (CD®), 1980년 할란 사가 인수한 Sprague Dawley®™SD®™ 등이 실험용 동물로 사용되고 있다.

2. 이번 연구의 배경 설명

1) 몬산토 사의 유전자조작 옥수수 NK603[®]

GM Crop Database

Database Product Description Show abstract Print this page

MON-00603-6 (NK603)

Host Organism / Variety *Zea mays* L. L. (Maize) Roundup Ready[®]

Trait Glyphosate herbicide tolerance.

Trait Introduction Microparticle bombardment of plant cells or tissue

Proposed Use Production of *Z. mays* for human consumption (wet mill or dry mill or seed oil), and meal and silage for livestock feed. These materials will not be grown outside the normal production area for corn.

Company Information Monsanto Company
Chesterfield Village Research Center (MO)
700 Chesterfield Parkway North
St. Louis
MO USA



* *Zea mays* L. L. 옥수수에 토양에서 분리한 세균(*Agrobacterium tumefaciens* strain CP4)으로부터 추출한 EPSPS 효소 (5-enolpyruvylshikimate-3-phosphate synthase)와 CTP2 유전자를 입자총 방법으로 삽입하여 글리포사이트 (Glyphosate) 제초제(상품명 : Roundup Ready[®])에 내성을 가지도록 유전자 변형을 시킴.

* 세계 각국의 NK603 승인 현황

Summary of Regulatory Approvals					
Country	Environment	Food and/or Feed	Food	Feed	Marketing
Argentina	2004	2004			
Australia			2002		
Brazil	2008	2008			
Canada	2001		2001	2001	
China		2005			
Colombia			2004		
El Salvador		2009			
European Union			2004	2004	
Japan	2001		2001	2001	
Korea			2002	2004	
Mexico		2002			
Philippines	2005				2003
South Africa	2002	2002			
Taiwan			2003		
United States	2000	2000			
Uruguay	2011	2011			

* EU는 1998~2004년 동안 유럽에서 GMO에 대한 인허가(authorization)를 사실상 중단했으며, 'GMO의 의도적 환경방출 및 역내시장유통 규정(EU Directive 2001/18)', 'GM 식품-사료 규정(1829/2003)', 그리고 '추적-표시 규정(18030/2003)'을 마련했다. 몬산토 사의 NK 603 유전자조작 옥수수는 EU가 최초로 식품 및 사료로 승인한 GMO이다.

* 2002년 한국 식약청은 미국, 일본, 캐나다, 호주, 남아공에 이어 세계에서 6번째로

8) ILSI Research Foundation (2012), GM Crop Database : MON-00603-6 (NK603), Center for Environmental Risk Assessment
(http://www.cera-gmc.org/?action=gm_crop_database&mode=ShowProd&data=NK603)

NK603의 식품으로서의 안전성을 승인하였다. 몬산토코리아(주)는 2003년 9월 29일 농촌진흥청에 환경위해성 심사를 의뢰하였다. 농촌진흥청은 2004년 7월 26일 NK603 옥수수가 “식용, 가공용 및 사료용 등의 원형상태의 옥수수가 수입되어 비의도적 방출이 되었을 경우는 국내 농업환경에 미치는 위해성이 없는 것으로 확인되었다”며 승인을 하였다.⁹⁾ 농촌진흥청은 「유전자변형농산물의환경위해성평가심사지침」 제7조에 의거하여 구성된 『유전자변형농산물전문가심사위원회』에서 4차에 걸쳐 심사를 진행했다고 밝혔다.

**Biological effects
of transgenic maize NK603xMON810 fed
in long term reproduction studies in mice**



11. November 2008

Dr. A. Velimirov, Dr. C. Binter, Univ. Prof. Dr. J. Zentek

▲ **위르겐 젠텍 교수팀의 실험 보고**

거치지 않은 예비 보고서라며 위해성을 단정 지을 수 없다고 해명자료를 발표했다.¹¹⁾

* 위르겐 젠텍 교수 연구팀은 “이 실험 결과는 초보적인 것에 불과하며 GM 식품이 다른 동물과 사람에게도 같은 영향을 미치는 지 확인하기 위해선 추가 실험이 필요하다”면서 “이 실험 결과가 어떤 방식으로든 사람에게 적용될 수는 없다”는 의견을 내놓았음.

* 오스트리아 빈 수의과학대학의 위르겐 젠텍 (Jürgen Zentek) 교수팀은 오스트리아 정부의 용역을 받아 몬산토 사의 NK603과 MON810 품종의 GM 옥수수를 20주 동안 생쥐에게 투여한 독성실험을 진행함.¹⁰⁾ 실험 결과 GM 옥수수가 33% 섞인 먹이를 투여한 암컷 생쥐들이 non-GM 사료를 투여한 보통 쥐에 비해 2~3세대 후 낳은 새끼의 수도 적고 태어난 새끼들의 몸무게도 작게 나타남.

* 이러한 연구결과에 대해 그린피스 등 시민단체는 GM 작물의 안전성에 의문을 제기하며 GM 작물을 반대하는 성명을 발표함. 반면 몬산토는 이번 보고서는 논문게재 등 전문가 검토를

2) 라운드업 제초제

* 몬산토 사가 판매하고 있는 ‘소탕(Round up)’이라는 뜻을 가진 글리포세이트 (Glyphosate) 성분의 제초제.(1974년 미국에서 최초 출시)

* 용해도 증가와 식물체 침투력을 높이기 위해 여러 종의 약효 증진제 (adjuvant)를 함유하고 있음.

* 2,4-D나 2,4,5-T와 달리 ‘비선택적’인 것이 특징.(모든 종류의 식물에 작용)

* 식물의 잎을 통해 흡수된 후 신속하게 수액을 따라 이동하여 뿌리 및 뿌리줄기에 도달하여 방향족 아미노산의 합성에 필수적인 효소에 영향을 미침. 식물의 호르몬 및 엽록소의 작용 둔화를 일으켜 식물의 성장을 막아 식물의 암증병을 유발하여 식물을 죽게 만듦.¹²⁾

9) 농촌진흥청 (2004), 제초제저항성 옥수수(NK603) 환경위해성 심사 접수

10) Alberta Velimirov, et al. (2008), Biological effects of transgenic maize NK603 x MON810 fed in long term reproduction studies in mice, Bundesministerium für Gesundheit, Familie und Jugend, Sektion IV

11) Monsanto (2008), Monsanto’s statement on safety allegations related to transgenic maize NK603, November 19, 2008

12) Caroline Cox (1995), Glyphosate, Journal of Pesticide Reform, Vol 15, No 31

* 1983년 발표된 미국 환경보호청(EPA) 보고서에 따르면, 몬산토의 독물학자인 폴 라이트 박사가 간부로 있었던 IBT(Industrial Bio-Test)사가 몬산토의 라운드업 제초제 성분인 글리포세이트의 독성 실험결과를 무려 30건이나 조작했음이 드러났음.¹³⁾

* 심지어 IBT가 1970년대에 작성한 한 실험보고서에는 ‘수컷’ 토끼에게서 추출한 ‘자궁’ 조직을 검사했다¹⁴⁾는 어처구니없는 내용까지 등장한다는 사실이 EPA 조사결과 밝혀졌음.



▲ 라운드업 제초제 (몬산토)

IBT_NUM	CHEMICAL	COMPANY	ROUTE	TYPE	SPECIES	VALIDATE	EVALUATE	REPLACE
A-1549	GLYPHOSATE	MONSANTO	DERMAL	SUBCHRONIC	RABBIT	I	NA	REPLACED
A-2144	GLYPHOSATE	MONSANTO	DERMAL	SUBCHRONIC	RABBIT	I	NA	REPLACED
A-2468A	GLYPHOSATE	MONSANTO	DERMAL	SUBCHRONIC	RABBIT	I	NA	REPLACED
B-1920	GLYPHOSATE	MONSANTO	ORAL	SUBCHRONIC	RAT	V	I	NO RESP
B-564	GLYPHOSATE	MONSANTO	ORAL	CHRONIC	RAT	I	NA	REPLACED
B-566	GLYPHOSATE	MONSANTO		REPRODUCTION	RAT	V	I	REPLACED
B-569	GLYPHOSATE	MONSANTO		CARCINOGENICITY	MOUSE	I	NA	REPLACED
C-1021	GLYPHOSATE	MONSANTO	ORAL	SUBCHRONIC	DOG	V	I	NO RESP
E-567	GLYPHOSATE	MONSANTO		MUTAGENICITY	MOUSE	I	NA	REPLACED
J-565	GLYPHOSATE	MONSANTO	ORAL	CHRONIC	DOG	V	I	NO RESP
J-568	GLYPHOSATE	MONSANTO		TERATOLOGY	RABBIT	I	NA	REPLACED
601-5044	GLYPHOSATE	MONSANTO	ORAL	SUBCHRONIC	RABBIT	I	NA	NOT REQ
601-6527	GLYPHOSATE	MONSANTO		CHOLINESTERASE	RAT	I	NA	NOT REQ
623-7508	GLYPHOSATE	MONSANTO		MUTAGENICITY	RAT/MOUSE	V	NA	NO RESP
633-7507	GLYPHOSATE	MONSANTO		AMES TEST		I	NA	REPLACED
633-7601	GLYPHOSATE	MONSANTO	ASSAY	RECOMBINATION		I	NA	REPLACED
651-3917	GLYPHOSATE	MONSANTO		REPRORESIDUE	HEN	V	NA	NO RESP
651-5275	GLYPHOSATE	MONSANTO		TERATOLOGY	RABBIT	I	NA	REPLACED
663-6290	GLYPHOSATE	MONSANTO	INHALATION	SUBCHRONIC	RAT	I	NA	REPLACED
8533-8920	GLYPHOSATE	MONSANTO		MUTAGENICITY	MOUSE	I	NA	NEG RESP
8533-8923	GLYPHOSATE	MONSANTO		REPRODUCTION	RAT	I	NA	NO RESP
8560-8924	GLYPHOSATE	MONSANTO	FEEDING	PILOT & CHRONIC	RAT	P	NA	NEG RESP
8580-8921	GLYPHOSATE	MONSANTO		TERATOLOGY	RABBIT	I	NA	NEG RESP
8580-8922	GLYPHOSATE	MONSANTO	ORAL	CHRONIC	DOG	P	NA	NEG RESP
A-2468B	GLYPHOSATE	MONSANTO	DERMAL		RABBIT	I	NA	REPLACED
E-1753	GLYPHOSATE	MONSANTO			QUAIL	V	NA	NEG RESP
J-3920	GLYPHOSATE	MONSANTO			SWINE	V	NA	NEG RESP
632-3894	GLYPHOSATE	MONSANTO			CATTLE	V	NA	NEG RESP
651-3918	GLYPHOSATE	MONSANTO			HEN	V	NA	NEG RESP
8580-9117	GLYPHOSATE	MONSANTO	NEURO		HEN	V	NA	NO RESP
A-8426	GLYPHOSINE	MONSANTO	DERMAL	SUBCHRONIC	RABBIT	I	NA	NO RESP
B-320	GLYPHOSINE	MONSANTO		SUBCHRONIC	RAT	I	NA	NEG RESP
B-8424	GLYPHOSINE	MONSANTO	ORAL	SUBACUTE	RAT	S	S	NO RESP
B-9555	GLYPHOSINE	MONSANTO	ORAL	CHRONIC	RAT	I	NA	NEG RESP
B-9558	GLYPHOSINE	MONSANTO		CARCINOGENICITY	MOUSE	I	NA	NEG RESP
B-9560	GLYPHOSINE	MONSANTO		REPRODUCTION	RAT	P	NA	NO RESP
C-8425	GLYPHOSINE	MONSANTO	ORAL	SUBCHRONIC	DOG	S	S	NO RESP
C-9554	GLYPHOSINE	MONSANTO	ORAL	CHRONIC	DOG	I	NA	NEG RESP
E-9561	GLYPHOSINE	MONSANTO		MUTAGENICITY	MOUSE	I	NA	NEG RESP
J-9565	GLYPHOSINE	MONSANTO		TERATOLOGY	RABBIT	I	NA	NEG RESP
8580-9116	GLYPHOSINE	MONSANTO	NEURO		HEN	S	S	NO RESP

▲ EPA 보고서. 몬산토의 독물학자인 폴 라이트 박사가 간부로 있었던 IBT(Industrial Bio-Test)사가 몬산토의 라운드업 제초제 성분인 글리포세이트 독성 실험결과를 조작한 것이 무려 30건이나 된다.

* 1991년에도 EPA는 몬산토 등의 농화학 기업을 위해 독성검사를 수행하던 크레이븐 연구소(Craven Labs)에서 감자, 자두, 포도, 사탕무를 비롯한 농작물과 토양 및 물에 남아 있

13) EPA (1983), Summary of the IBT Review Program: Office of Pesticides Program

14) EPA (1978), Data Validation. Memo from K. Locke, Toxicology Branch, to R. Taylor, Regulation Branch, August 9, 1978

는 라운드업을 포함한 살충제의 잔류검사 결과를 조작한 사실을 적발한 바 있음.¹⁵⁾ 크레이븐 연구소장은 5년형의 징역형과 5만 달러의 벌금을 선고받았으며, 크레이븐 연구소는 1550만 달러의 벌금과 370만 달러의 손해배상액을 선고받았음.¹⁶⁾



▲ 린다 피셔(사진)

* 그러나 조작된 실험결과와 실질적 수혜자인 몬산토를 비롯한 농화학 기업들은 회전문 인사 덕분에 아무런 제재를 당하지 않았음. 1991년 당시 EPA에서 실무자(Assistant Administrator)로 근무하던 린다 피셔(Linda J. Fisher)는 1995년 몬산토로 직장을 옮겨서 정부와 정치권의 로비를 담당하는 Government and Public Affairs에서 Vice President로 일하다¹⁷⁾ 2001년 다시 정부 공무원으로 복귀하여 EPA의 2인자(second in command)인 부청장(deputy administrator)이 되어 2003년 6월까지 근무하였음.¹⁸⁾ 그녀는 2004년 7월부터 또 다른 농화학기업인 듀폰 사로 직장을 옮겨 vice president - DuPont Safety, Health & Environment and chief sustainability officer가 되었음.¹⁹⁾

* 몬산토 사는 1996년 뉴욕 주 법무부장관과 라운드업의 안전성에 대한 허위광고를 하지 않기로 합의하고 변호사 비용 5만 달러를 지불하기로 합의함.²⁰⁾ 몬산토 사의 허위광고 중에는 “식용소금보다도 더 안전하다(safer than table salt)”거나 “사람, 애완동물, 환경에 안전하다(safe for people, pets, and the environment)”는 어처구니가 없는 내용도 있었음.

* 몬산토 사는 1998년 뉴욕 주 법무부장관과 라운드업의 안전성에 대한 또 다른 허위광고(원예업자가 등장하여 식수원 인근에서도 라운드업을 사용하는 것이 안전하다고 광고)에 대해서 7만5천 달러를 지불하기로 합의하였음.²¹⁾

* 2001년 캐나다 서스캐처원 대학의 연구진은 1년에 2회 이상 글리포세이트(라운드업)에 노출된 사람은 라운드업에 전혀 노출되지 않은 사람보다 Non-Hodgkin's Lymphoma에 걸릴 확률이 2배 더 높다는 역학조사 결과를 발표함.²²⁾ 이러한 연구결과는 2002년 스웨덴 농

15) U.S. EPA. Communications and Public Affairs. (1991), Note to correspondents. March 1, 1991

16) US Dept. of Justice. United States Attorney. Western District of Texas (1992), Texas laboratory, its president, 3 employees indicted on 20 felony counts in connection with pesticide testing. Austin TX Sept 29, 1992 ; US EPA Communications, Education, And Public Affairs (1994), Press Advisory. Craven Laboratories, owner, and 14 employees sentenced for falsifying pesticide tests. Mar 4, 1994

17) Rich Murray (2002), The Amazing Revolving Door - Monsanto, FDA & EPA (<http://rense.com/general33/fd.htm>)

18) Grist (2003), Read U.S. EPA Deputy Administrator Linda Fisher's letter of resignation. (<http://grist.org/article/over-and-out/>)

19) DuPont (2012), Executive Leadership - Linda J. Fisher (<http://www2.dupont.com/corp/en-us/our-company/leadership/exec-leadership/fisher.html>)

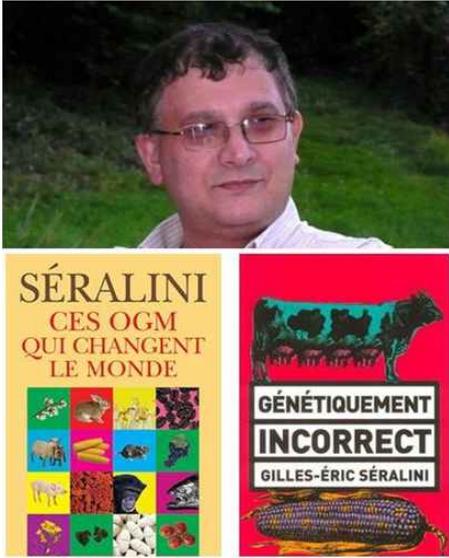
20) Attorney General of the State of New York. Con-sumer Frauds and Protection Bureau. Environ-mental Protection Bureau. (1996), In the matterof Monsanto Company, respondent. Assuranceof discontinuance pursuant to executive law §63(15).

21) Attorney General of the State of New York. Con-sumer Frauds and Protection Bureau. Environ-mental Protection Bureau. (1998), In the matterof Monsanto Company, respondent. Assuranceof discontinuance pursuant to executive law §63(15).

22) Helen H. McDuffie, et al. (2001) Non-Hodgkin's Lymphoma and Specific Pesticide Exposures in Men: Cross-Canada Study of Pesticides and Health, Cancer Epidemiol Biomarkers Prev Vol. 10,

약 전문가들의 연구 23)와 2003년 미국 국립암연구소(NCI)의 농민을 대상으로 한 역학조사 결과24)에 의해 재차 입증됨.

3) 세라리니 박사



▲ 세라리니 박사

* 세라리니(Gilles-Eric Seralini, 1960~) 박사는 1991년 칸 대학교 분자생물학 교수로 부임하여 기초 및 응용 생물학 연구소(l'Institut de biologie fondamentale et appliquée ; IBFA) 연구자로 재직하면서 국제 학술지에 150편 이상의 논문을 발표한 연구자임.25) 그는 1990년대 초 프랑스 정부의 GM식품 평가기관에서 일하는 동안 GMO의 안전성에 대한 우려를 표명했으며, 그 후 GM식품의 안전성을 평가하는 비영리단체인 '유전공학연구 및 정보위원회(CRIIGEN)를 설립함.

* 세라리니 박사팀은 지난 2009년 몬산토社가 실시한 3종(Mon863, Mon 810, NK603)의 유전자변형 옥수수에 대한 안전성을 평가하기 위해 실행된 "흰쥐(Rat)를 이용한 90일 독성시험"의 실험결과를 '통계학적으로' 재해석하여 발표한 바 있음.26) 이 논문에서 저자들은 3종의 GM옥수수의 섭취는 성별과 섭취량에 따라서 부작용을 나타내며, 특히 해독기관인 간과 신장에 독성 징후를 보인다고 주장했음.

* 생명공학 산업계의 입장을 두둔하며 세라리니 박사팀의 연구결과를 비판한 한국생명공학연구원은 2009년 세라리니 박사팀의 논문에 대해 혈액이나 뇨, 체중 변화는 "조직(tissue) 상에서의 변화를 동반하지 않아 일시적인 회복 가능한 변화일 수 있으며, 기능상의 변화를 가져오지 않아 독성학적 소견으로 보기 쉽지 않다."는 견해를 밝힘.27) 또한 "세라리니 박사 연구팀이 언급한 것과 같이 실험결과 나타난 변화들이 기능상의 변화를 일으키고, 불가역적인 지속성 있는 변화임을 확인하려면 1년 내지는 2년 정도까지의 장기적 시험이 필요하다"는 주장은 독성학적 관점으로 그 필요성이 인정된다."며 "현재 3개월 이상의 반복투여시험은 GMO의 인체안전성평가에서 통상적으로 요구되지 않는 사항이라 개발자의 자발적 참여가 필요하다 볼 수 있다."고 안전성 검증을 회피함. 그리고 세라리니 박사 연구팀은 이러한 독성의 유발 원인이 체내에 잔류하는 농약(제초제, 살충제)에 있다는 가능성을 제시하였는데,

1155-1163.

23) Hardell, L., et al. (2002), Exposure to pesticides as risk factors for non-Hodgkin's Lymphoma among men, Leuk Lymphoma. 43(5):1043-9.

24) A J De Roos, et al. (2003), Integrative assessment of multiple pesticides as risk factors for non-Hodgkin's lymphoma among men, Occup Environ Med. 2003 September; 60(9): e11.

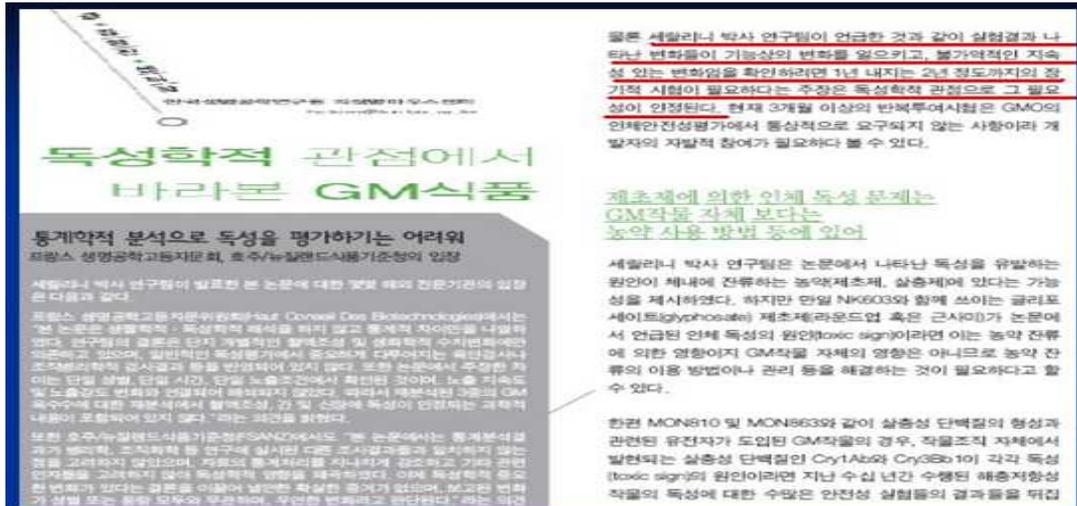
25) CRIIGEN (2011), Gilles-Eric Seralini:Biobibliographie (<http://www.criigen.org/SiteFr/images/biographie-ges.pdf>)

26) Seralini, G.-E., et al. (2009), A Comparison of the Effects of Three GM Corn Varieties on Mammalian Health, International Journal of Biological Sciences 5(7):706-726

27) 김형진 (2010), 독성학적 관점에서 바라본 GM식품, Bio Safety Vol 11, No. 1, 54-55

이에 대해서는 “GM작물 자체보다는 농약 사용 방법이나 관리 등을 해결하는 것이 필요하
다”고 주장함.

* 세라리니 박사팀의 2012년 논문은 과학적 실험을 통하여 이러한 주장에 응답한 것임.



▲ 생명공학 산업계의 입장을 두둔하는 입장에서 세라리니 박사팀의 2009년 논문을 비판하며 장기독성 연구가 필요하다고 밝힌 한국생명공학연구원 의생명마우스센터 김형진 박사의 견해. 세라리니 박사의 2012년 논문은 이러한 주장에 실험으로 응답한 것이다.

3. 세라리니 팀의 연구결과에 대한 산업계 및 과학계의 반응²⁸⁾

[비판 1] 연구결과가 실린 <식품 및 화학 독성(Food and Chemical Toxicology)>지는 미국에서 가장 권위 있는 학술지가 아니다.

[반박] <식품 및 화학독성>지는 동료 평가(peer review)를 실시하는 국제적인 학술지이다. 몬산토 사 직원으로 채용된 과학자들도 2004년 라운드업에 내성을 가지는 유전자조작 옥수

28) ① Morgane Bertrand (2012), OGM : 9 critiques et 9 réponses sur l'étude de Séralini, Le Nouvel Observateur, 20 Sept 2012 (<http://tempsreel.nouvelobs.com/ogm-le-scandale/20120920.OBS3130/ogm-9-critiques-et-9-reponses-sur-l-etude-de-seralini.html>)
 ② GM Watch (2012), GM Watch responds to criticisms of Seralini's study, 11 October 2012 (http://www.gmwatch.org/index.php?option=com_content&view=article&id=14305:gmwatch-responds-to-criticisms-of-seralini-study)
 ③ GM Watch (2012), Scientists' response to critics of Seralini's study, 21 September 2012 (http://www.gmwatch.org/index.php?option=com_content&view=article&id=14217:scientists-response-to-critics-of-seralini-study)
 ④ Elinor Zuke (2012), Scientists shrug off attacks on Monsanto GM/cancer trial, The Grocer, 20 September 2012 (<http://www.thegrocer.co.uk/topics/health/scientists-shrug-off-attacks-on-monsanto-gm/cancer-trial/232696.article>)

수의 13주 독성평가 실험 결과를 세라리니 박사팀이 2012년 논문을 발표한 바로 <식품 및 화학 독성(Food and Chemical Toxicology)>지에 발표했다.²⁹⁾ 뿐만 아니라 몬산토 사 소속 직원들은 2006년에도 유전자조작 옥수수 90일 독성평가 실험 결과를 바로 <식품 및 화학 독성(Food and Chemical Toxicology)>지에 발표했다.³⁰⁾

어디 그뿐인가. 세라리니 교수팀의 몬산토 사의 MON 863 GM 옥수수 독성실험 데이터를 재분석한 논문에 대한 전문가 패널의 비판 논문도 2007년에 바로 <식품 및 화학 독성(Food and Chemical Toxicology)>지에 발표된 바 있다.³¹⁾



Food and Chemical Toxicology 42 (2004) 1003–1014



www.elsevier.com/locate/foodchemtox

Results of a 13 week safety assurance study with rats fed grain from glyphosate tolerant corn

B. Hammond^{a,*}, R. Dudek^b, J. Lemen^a, M. Nemeth^a

^aMonsanto Company, 800 N. Lindbergh, St. Louis, MO, 63167, USA

^bMonsanto Company, Metabolism and Safety Evaluation-Newsstead (MSE-N), 645 S. Newstead Ave., St. Louis, MO 63110, USA

Received 18 June 2003; accepted 12 February 2004

Abstract

The current study presents the results of a 13 week feeding study in rats with grain from Roundup Ready[®] corn which is tolerant to the herbicide glyphosate. Herbicide tolerance was accomplished through the introduction of *cp4 epsps* coding sequences into the corn genome for *in planta* production of CP4 EPSPS enzymes. Unlike related corn EPSPS enzymes, CP4 EPSPS enzymes are not inhibited by the herbicide glyphosate. Purina TestDiets formulated Roundup Ready corn grain into rodent diets at levels of 11 and 33% (w/w). The responses of rats fed diets containing Roundup Ready corn grain were compared to that of rats fed diets con-

▲ 몬산토 사 직원 과학자들이 2004년 <식품 및 화학 독성>지에 발표한 라운드업에 내성을 가지는 유전자조작 옥수수의 13주 독성평가 논문

[비판 2] 세라리니 실험은 종양에 자연적으로 잘 걸리는 타입의 실험용 쥐를 사용했다.

캠대학의 David Spiegelhalter는 이번 연구에서 시험법, 통계, 결과보고가 모두 기준 이하이며, 브리지 특히 대조군 쥐에서도 다수가 암이 발생한 것을 지적했다.³²⁾

[반박] 전 세계적으로 이 쥐(Sprague-Dawley)를 독성학 연구에 많이 사용하고 있다. 이 쥐는 생물학적으로 신체적으로 안정된 수준을 유지할 수 있는 장점이 있다. 게다가 이 쥐는

29) Hammond B, Dudek R, Lemen J, Nemeth M. (2004), Results of a 13 week safety assurance study with rats fed grain from glyphosate tolerant corn, Food Chem Toxicol. 42(6):1003-14.

30) Hammond B, Lemen J, Dudek R, Ward D, Jiang C, Nemeth M, Burns J. (2006), Results of a 90-day safety assurance study with rats fed grain from corn rootworm-protected corn, Food Chem Toxicol. 44(2):147-60

31) Doull J, Gaylor D, Greim HA, Lovell DP, Lynch B, Munro IC. (2007), Report of an Expert Panel on the reanalysis by of a 90-day study conducted by Monsanto in support of the safety of a genetically modified corn variety (MON 863), Food Chem Toxicol. 45(11):2073-85

32)

http://www.huffingtonpost.com/2012/09/19/monsanto-genetically-modified-corn-study_n_1897361.html?utm_hp_ref=green

몬산토를 포함한 산업계가 GM 제품의 안전성을 평가하기 위해 처음 도입한 것이다.

세라리니 박사팀의 실험에 사용한 쥐(SD rats)는 몬산토사의 90일 동안의 GMO 독성 연구에도 사용되었으며, 생명공학 기업이나 독립적으로 수행된 만성 독성 연구, 그리고 화학물질의 발암성 연구에 사용되었다. 통제된 실험에서 종양의 자연발생률은 문제가 되지 않는다. 문제는 GMO와 라운드업 농약을 투여한 실험군에서 종양 발생이 증가하였다는 것이다. 세라리니팀의 연구에서는 모든 실험군이 암컷이나 수컷 모두 큰 종양 발생률이 대조군에 비해 2~3배 증가했다.

SD 쥐는 1925년 위스콘신 주 메디슨 소재 SD 사 (Sprague-Dawley Company)에서 머리에 두관을 가진 잡종 수컷 쥐(기원을 알 수 없음)와 Douredoure strain의 흰색 암컷 쥐(Wistar에서 온 것으로 추정) 6마리를 교배시킨 후, 그 흰색 암컷 새끼들을 7세대 동안 이어와 strain을 고정시킨 것이다.³³⁾

이 쥐는 인간 동등성 모델(human-equivalent model)로 다양한 의학 연구에 사용되고 있다. 이탈리아의 라마찌니 연구소(the Ramazzini Institute)는 SD 쥐를 장기 발암성 연구에서 탁월한 인간 동등성 모델이라고 밝힌 바 있다.³⁴⁾ 라마찌니(Bernardino Ramazzini ; 1633~1714)는 노동자들의 직업병(De Morbis Artificum Diatriba)을 저술하는 등 노동자들과 시민들의 건강을 위한 의학을 실천하여 산업의학의 아버지로 추앙받고 있다. 라마찌니 연구소는 유럽 실험의학 연구소(European Experimental Laboratory) GLP 인증을 받은 권위 있는 연구소이다.

이 연구소가 2011년 12월 유럽의회에서 발표한 자료에 따르면, 1989년 이탈리아 북동부에 위치한 트리에스테(Trieste)의 병원에서 2560명의 인간을 사후에 부검한 결과 1114명(1/2 both sexes)에서 악성 종양(암)이 확인되었다.(악성종양 43.5%)

또한 라마찌니 연구소에서 1984년~1994년 자연사할 때까지 대조군으로 사용한 SD 쥐 3051마리 중에서 사후 부검을 통하여 악성 종양이 확인된 사례가 1212마리(1/2 both sexes)였다. (악성종양 39.7%)

뿐만 아니라 인간의 경우 종양의 80%는 65세 이상에서 발생했으며, SD 쥐의 경우도 종양의 80%는 104주 이상에서 발생했다. SD 쥐의 생애 16주는 인간의 수명 10년에 해당하므로 인간과 SD 쥐의 종양 발생 연령이 서로 상응함을 알 수 있다.

이러한 이유 때문에 산업계에서 규제목적으로 사용하기 위해 살충제 및 화학물질, GM 식품의 발암성 및 만성 독성 연구에 SD rat을 사용한 연구 논문이 수백 편이 넘게 발표된 것이다. 세라리니 연구팀을 비판하는 소위 '전문가'들이 지적하는 것처럼 SD 쥐를 이용한 것이 '잘못된 실험동물'이라면 똑같이 SD 쥐 실험을 근거로 승인을 받은 모든 살충제, 화학물질, GM 식품의 승인이 취소되어야 할 것이다.

2. Materials and methods

The study design was adapted from OECD Guideline No. 408 (1981) and the study was conducted in general compliance with OECD Good Laboratory Practice (GLP) guidelines at the Metabolism and Safety Evaluation-Newstead, toxicology laboratory.

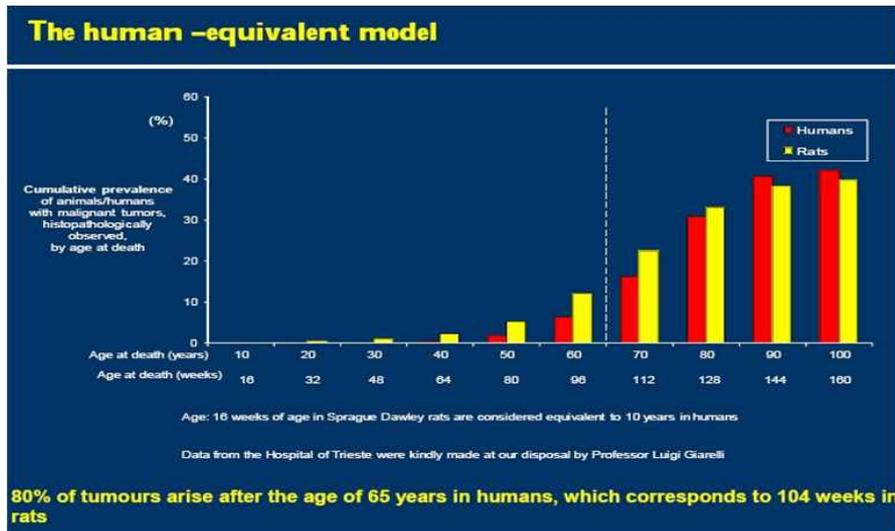
2.1. Animals and maintenance

Male and female Sprague-Dawley derived rats (CrI:CD[®](SD)IGS BR) from Charles River Laboratories (Raleigh, NC) were approximately 6 weeks of age at study start. Rats were housed individually and provided food and water ad libitum. The testing facility provided appropriate environmental conditions (22±3 °C room temperature, 12-h light/dark cycle, 40–60% humidity, 10–15 air changes/h), and cage rack location within the animal room was rotated weekly.

▲ <식품 및 화학 독성>지에 실린 몬산토 사의 2004년 논문에서도 SD 쥐를 사용했다.

33) Harlan Laboratories (2012), Outbred rats - Sprague Dawley® Outbred Rat

34) Fiorella Belpoggi (2011), Ramazzini Institute, European Parliament, December 9th, 2011, pp 13-16 (<http://www.ramazzini.it/ricerca/admin/docup/Bruxelles%209-12-2011%20FB.pdf>)



▲ 인간 동등성 모델 SD rats (라마찌니 연구소). 인간의 경우 종양의 80%는 65세 이상에서 발생했으며, SD 쥐의 경우도 종양의 80%는 104주 이상에서 발생했다.(쥐 16주=인간 10년)

따라서 세라리니 연구팀이 실험동물을 잘못 선택했다고 비판하는 것은 과학적 근거가 전혀 없을 뿐만 아니라 음해에 가까운 정치공세라고 볼 수 있다.

[비판 3] 국제적으로 공인받은 실험방법을 사용하지 않았으며, 실험설계가 잘못되었다.

[반박] 터무니 없는 음해다. 유전자조작(GM) 곡물이나 식품의 안전성을 검증하는 국제적으로 공인받은 실험방법 자체가 존재하지 않는다. 생명공학 기업들과 정부 규제당국은 GM 안전성을 검증하는 공인된 실험방법을 수립하는 것을 반대해왔다. 그래서 생명공학 기업들은 자신들의 GM 상품에 대해 자기 마음대로 안전성 실험을 설계해왔던 것이다. 심지어 생명공학 기업들은 정부의 규제당국에 안전성 검사 서류를 제출할 때 자신들에게 불리한 검사 결과들을 제외시켜버리기까지 했다.

[비판 4] 대조군의 숫자가 너무 적다. 실험용 쥐에서 나타난 무작위적인 변이(random variation)가 종양으로 발전한 것처럼 보일 수 있다.

에든버러 대학의 세포생물학자 앤서니 트레와바스(Anthony Trewavas) 교수는 "이 연구에 겨우 200마리의 쥐가 사용됐을 뿐이라면서 이는 의미 있는 결론을 도출하기엔 너무 적은 수"라고 지적했다. 그는 연구를 이끈 질-에릭 세라리니 교수가 GM 반대운동가이며 GM 기술의 안전성에 의문을 제기한 그의 이전 연구들도 검증되지 않은 것이라고 비판했다.

[반박] 실험군이 20마리이므로 대조군도 20마리(숫놈 10마리 + 암놈 10마리)로 하는 것이 적절하다. 종양의 발생빈도를 측정하기 위해 20마리의 대조군을 설정하는 것은 충분하다. 수백 마리를 실험할 필요가 없다. 오히려 대조군 수가 많을 경우 data noise를 초래할 수 있다.

가장 중요한 사실은 대조군과 실험군에서 각각 종양 발생빈도가 아주 큰 차이로 나타났

다는 점이다. 실험용 쥐에서 나타난 무작위적인 변이(random variation)가 종양으로 발전한 것이라는 주장은 옳지 않다. 대조군과 실험군 사이의 차이는 두 군의 표준편차보다 훨씬 크다. 세라리니 박사팀의 연구에서는 대조군과 실험 사이차 차이가 아주 크기 때문에 통계학적 테스트를 사용할 필요가 전혀 없다. 이 연구에서는 실험군에 더 많은 쥐를 사용했으며, 그동안 산업계(몬산토)가 NK603 GM 옥수수과 다른 GM 작물 제품의 승인을 받기 위해 실시한 이전의 조사(90일 독성시험)와 비교해서도 보다 더 장기간 실험을 실시했다.(몬산토가 미 식약청의 승인을 위해 제출한 실험에서도 실험군 20마리, 대조군 10마리였다)

만일 GM 작물 개발에 참여한 GMO 옹호자 앤서니 트레와바스 교수의 주장을 믿는 사람이 있다면, 그는 마땅히 몬산토 등 산업계를 포함한 다른 연구자들이 수행한 실험결과도 역시 부적절하다고 동의해야 할 것이다.

GM 산업계를 대변하여 유기농과 반-GMO 운동을 비난하는데 앞장서고 있는 앤서니 트레와바스 교수는 2001년 10월 런던 고등법원에서 그린피스의 명예를 훼손했다는 판결을 받았다.³⁵⁾ 그는 미국 농식품기업과 의원들에게 GM 반대 운동에 대해서 "잔인하고, 무정부주의적이며, 솔직히 단순한 파괴주의적(bloody minded, anarchist and frankly merely destructive)"이라며 과학을 우익 선전선동의 도구로 활용하는 조언을 했다. 또한 그는 GM 비판자들을 공격하기 위해 언론매체와 접촉할 기회를 늘리라고 조언했다.



▲ 그린피스의 명예를 훼손한 앤서니 트레와바스 교수(가디언 기사)

(Fred Singer)와 공동으로 지구온난화(기후변화)를 부정하는 『UNSTOPPABLE GLOBAL WARMING(한국어 번역판 : 지구 온난화에 속지 마라)』를 출판하기도 했다.

프레드 싱어는 프레더릭 사이츠(Frederick Seitz, 1911~2008)와 함께 담배업계를 위해 일한 용병과학자로 악명이 높다. 프레더릭 사이츠는 미국 국립과학학술원 원장을 역임한 고체물리학자로 1979년부터 1985년까지 담배회사 F.J.레이놀즈 토바코를 위해 일했다. 사이츠는 법정에서 담배제품을 방어하는데 활용할 증거를 만들어내고 전문가를 양성하는 생물학 연구를 위해 세계 각지의 과학자들에게 총 4500만 달러를 지불했다.³⁶⁾

앤서니 트레와바스가 <네이처>에 기고한 'Much Food, Many Problems' [Nature 402, 231 (1999)]엔 과학적 근거가 전혀 없는 참고문헌을 인용했음이 밝혀지기도 했다. 그는 "그린피스의 의도대로 전 세계적으로 유기농이 늘어날수록 삼림지대가 더 많이 파괴될 것이며, 농업의 질이 형편없이 떨어질 것이다", "유기농의 곰팡이균 오염 및 잠재적인 치명적 O157 감염이 유기농의 추가적인 문제이다.", "다양한 토양에서 유기농의 평균적인 산출량은 집약농업의 절반에 불과하다"는 3가지 주장에 대해 데니스 에이버리(Dennis Avery)의 책을 그 근거로 제시했다.

그러나 데니스 에이버리(Dennis Avery)는 과학자가 아니라 극우파 논리를 설파하는 칼럼리스트이다. 그는 미시간 주립대학과 위스콘신 대학에서 농업경제학을 전공한 후, 미 농무부에서 근무했으며, 현재는 허드슨연구소 연구원으로 있다. 그는 프레드 싱어

35) Greenpeace wins damages over professor's 'unfounded' allegations, Guardian, October 8, 2001

36) Oreskes, Naomi and Conway, Erik M. (2010). Merchants of Doubt: How a Handful of Scientists

1981년 일본 국립암연구소의 역학자 히라야마 다케시(平山雄)가 간접흡연에 의해 폐암 사망률이 높아진다는 사실을 밝혀내고³⁷⁾, 1992년 미국 환경보호청(EPA)에서 간접흡연이 폐암뿐만 아니라 유아와 소아의 기관지염과 폐렴, 그리고 천식의 원인이라는 보고서³⁸⁾를 펴내자 프레드 사이즈와 프레드 싱어는 담배업계를 위해 간접흡연의 위험성을 부정하는 역할을 맡았다.

그러다가 담배의 유해성이 입증되지 않았다는 엉터리 주장을 대놓고 말하기 힘들어질 무렵, 프레드 사이즈와 프레드 싱어는 겹짜게 다른 분야로 옮겨갔다. 그들은 스타 워즈와 핵겨울, 산성비와 오존 홀을 거쳐 지구온난화 분야에서 과학적 사실을 부정하고 의심을 부추기는 역할을 했다. 테니스 에이버리는 바로 그러한 과정에서 지구온난화 분야에서 프레드 싱어의 파트너가 된 것이다.

테니스 에이버리가 쓴 『음식 공포 : 위험, 건강, 그리고 환경(Fearing Food: Risk, Health and Environment)』이라는 책의 내용은 그것을 뒷받침할 어떠한 과학적 근거도 제시하지 못했다. 그는 동료평가를 거친 과학적 연구결과에 근거해서 책을 쓴 것이 아니라 일방적인 선전·선동을 한 것에 불과했다. 네이처에 실린 앤서니 트레와바스의 글은 바로 이러한 엉터리 책을 자신의 주장의 근거로 제시한 것이었다.

바로 이러한 이유 때문에 세라리니 박사는 로이터 통신과의 인터뷰에서 “나는 산업계의 로비스트가 아니라 진짜 과학자 동료들과 공정하게 논쟁을 하기 위해서, GMO와 농약의 건강 상 영향에 대해 과학잡지에 논문을 발표한 사실이 있는 과학자들의 비판을 기다리고 있다.”고 일갈을 한 것이다.³⁹⁾

[비판 5] 통계학적 분석에 결함이 있다. 표준적인 방법을 사용하지 않았다. 통계수치를 낚시질(statistical fishing trip)했다.

[반박] 통계학적 분석은 데이터 조합의 다양한 조합을 평가하기 위해 사용할 수 있는 수많은 유효한 방법 중 하나이다. 연구팀의 구성원 중 통계전문가가 있었으며, 연구팀의 결과는 통계수치를 낚시질한 것이 아니다. 논문에서 간과 신장의 수많은 parameter가 보여주는 중요성과 테이블 1 및 2에서 집중적으로 조명한 내용들을 보면 알 수 있다.

[개인적 의견] 통계학적 논란은 어떻게 평가해야 할 지 모르겠다. 통계학 전문가들의 의견을 구한다. 세라리니 연구팀을 비판하는 학자들이 통계분석의 오류가 어떤 것인지 구체적으로 제시하고, 자신들이 표준적 방법이라고 주장하는 방법을 사용하여 제대로 된 통계적 분석을 실시해서 제출하면 논의가 조금 더 진전될 수 있을 것 같다.

[비판 6] 쥐 사료 섭취량에 대한 데이터가 전혀 없으며, 옥수수 사료가 진균(곰팡이)에 오염되었을 가능성이 있다. 진균 오염은 실험 결과에 영향을 미칠 수 있다.

Obscured the Truth on Issues from Tobacco Smoke to Global Warming, Bloomsbury, pp. 25-29.
 37) Hirayama T. (1981), Non-smoking wives of heavy smokers have a higher risk of lung cancer: a study from Japan, Br Med J (Clin Res Ed). 282(6259):183-5.
 38) EPA (1992), Respiratory Health Effects of Passive smoking: Lung Cancer and Other Disorders, EPA/600/6-90/006F
 39) Author defends Monsanto GM study as EU orders review, Reuters, 20 September 2012 (<http://www.reuters.com/article/2012/09/20/us-eu-gmo-safety-idUSBRE88JOWG20120920>)

영국 킹스 칼리지 런던의 Tom Sanders는 이번 연구에서 쥐에게 얼마나 많은 사료가 제공되었는가와 이들의 성장률이 얼마인지에 대한 데이터를 제시하고 있지 않다고 지적했다. 또한 이번에 시험된 쥐는 음식섭취를 제한하지 않으면 유선암 발생이 많아지는 품종이며 통제방법에도 문제가 있다고 지적했다.

[반박] 실험용 쥐들은 사료 및 물에 무제한으로 접근할 수 있었으며, 실험군과 대조군 사이에 사료 소비량 및 음수 수준의 차이가 없었다. 다만 가장 높은 농도의 라운드업 살충제를 희석한 실험군은 예외였는데, 이들은 물을 보다 적에 마셨다. 아마도 고농도의 살충제 때문에 물맛이 달라졌기 때문으로 추정된다. 모든 사료는 생화학적 분석을 통해 영양학적으로 동등하며 어떤 독소도 검출되지 않았다.

세라리니 교수는 몬산토와 EFSA도 사료 섭취량에 대한 데이터를 공개하지 않았음을 지적하며, EFSA가 먼저 유전자조작 NK603 옥수수가 안전하다는 결론에 이른 세부 연구 자료를 공개할 것을 촉구하였다. 그는 EFSA가 자신들의 결론에 대해 추가적인 정보를 공개하지 않으면서, 자신의 연구팀에 실험 세부자료를 공개 하라고 주장하는 것은 불공정한 게임이라며 비판했다.

[비판 기 왜 실험군의 몇몇 개체는 대조군보다도 더 건강했는가? 대조군 내의 수컷의 조기 사망률이 30%에 이르는 것을 어떻게 설명할 것인가? GM 옥수수 먹은 수컷 쥐는 대조군보다 종양이 적게 발생했다. 독성작용은 용량에 비례하는데 이 실험에서는 그렇지 않다. (켈빈 플로타 교수의 주장)

플로리다 대학의 식물분자학자 켈빈 플로타(Kevin Folta)⁴⁰)는 GM 옥수수를 투여한 실험군에서 유전자조작 옥수수가 비난을 받을 만큼 종양 발생률이 증가하지 않았다고 주장했다. 과학자들이 기대한 만큼은 아니라는 것이다. 그는 소규모 쥐 집단에서 정상적인 종양 발생률의 변이를 보는 것과 똑같다고 주장했다.

[반박] 세라리니 팀은 “그림 1 및 2의 사망률과 종양 발생률을 보면 알 수 있듯이, 실험군의 몇몇 개체가 대조군과 비교해서 건강상태가 현저하게 더 좋다거나 나쁘다고 할 수 없다. 물론 수컷 뿐만 아니라 암컷 대조군에서도 조기 사망 개체가 있었다. 그러나 그 수준은 대부분의 실험군에서 관찰된 것에 비해 여전히 낮은 수준이라고 할 수 있다.”고 반박했다.

또한 세라리니 팀은 켈빈 플로타 교수의 주장에 대해 “이 논문에서 용량을 증가하면 독성효과도 증가한다는 규칙적인 독성 효과를 다루지 않았다.”고 반박했다. 연구팀이 발견한 것은 호르몬 체계 혼란으로 야기된 것인데, 노출에 대한 반응이 U 또는 G 모양으로 나타나는 비선형 현상(nonlinear effects)으로 알려진 것이다. 예를 들면, 낮은 용량으로도 효과가

40) 켈빈 플로타 교수는 노던 일리노이대학에서 학사(1989), 석사(1992)를 마치고 시카고의 일리노이대학에서 박사(1998) 학위를 받았다. 그는 위스콘신 대학에서 박사 후 연구과정을 마치고, 2002년 11월 플로리다 대학의 원예학과 교수(식물 분자 및 세포 생물학)로 부임하였다. (<http://niu.edu/clas50/50alumni/folta.shtml>) 그는 자신의 블로그에서 몬산토에 고용되거나 연구기금을 받은 적도 없다고 밝혔다. 자신은 1980년대 후반 카길의 종자회사(Cargill Hybrid Seeds)에서 인턴을 하면서 기업 과학의 모습을 보고 싫어하게 되었다고 한다. 자신이 카길이나 몬산토에 취직하였으면 지금보다 3배의 연봉은 받았을 테지만, 그 보다는 대학에서 학문을 하는 것이 좋다고 말했다. (http://www.science20.com/kevin_folta/thoughts_shill_monsanto-92265)

나타날 수 있고, 높은 용량에서도 아무런 효과가 나타나지 않을 수 있으며, 높은 용량에서도 반응을 보이기도 한다(U-형 반응).⁴¹⁾ 말하자면 라운드 업(즉 실질적 성분인 글리포세이트)을 투여한 쥐에서 나타날 것으로 예상되었던 비선형 현상은 내분비계를 혼란시키는 것으로 알려졌다. 아울러 이번 사례에서 역치 효과는 낮은 용량으로 신체를 완전히 파괴할 수 있는 것으로 나타났으며, 높은 용량에서는 추가적인 효과가 나타나지 않았다.

GM 옥수수를 먹은 수컷 쥐가 대조군보다 종양이 더 적게 발생했다는 사실보다 종양이 형성되는 속도를 봐야 한다. 실험을 시작한지 4개월이 되자 모든 실험군에서 종양과 간·신장 질환이 발생하기 시작했다. 이는 사람 나이로 환산하면 35~40세이다. 반면 대조군에선 생의 마지막 단계인 23~24개월에 종양이 발생했다.

[비판 8] 당신들은 암을 연구하는 종양학자가 아니다. 그러므로 종양 전문가라고 할 수 없다.

[반박] 논문의 공동저자 조엘 스피루(Joel Spiroux) 박사는 "그렇다. 우리는 종양학자가 아니다. 언제 우리가 종양학자라고 했냐? 우리 연구는 독성 연구이지, 발암성 연구가 아니다. 발암성 연구라면 우리와 다른 실험방법으로 했을 것이다. 더군다나 우리의 연구논문의 그 어디에도 종양이 악성(암)이라고 말하지도 않았다. 우리 연구에서 쥐들은 섬유선종(fibro-adenomas)과 각질가시세포종(kerato-acanthomas)⁴²⁾이었다. 이 종양은 나이가 들수록 암으로 바뀔 수 있다."고 답변했다.

발암성 실험을 위해서는 더 많은 쥐(50마리씩)를 샘플로 사용해야 하겠지만, 세라리니 팀의 이번 연구는 발암성 실험을 한 것이 아니라 독성실험을 수행한 것이다. 왜냐하면 몬산토사의 GM 옥수수가 종양이나 암을 일으킨다는 몬산토 사 또는 독립 연구자들의 연구결과가 나온 바가 없기 때문에 발암성 시험을 할 이유가 없었다.

특히 더 많은 실험을 하기 위해서는 돈이 더 많이 든다. 이번 실험에 무려 3200만 유로(약 460억 원)나 썼다.

[비판 9] GM사료의 안전성을 조사한 다른 장기 독성 연구결과와 완전히 다르다.

올해 발간된 24개 연구결과에 대한 리뷰 공동저자인 파리 11대학 및 펜실바니아 주립대학의 유전학자 Agnes Ricroch는 이번 연구결과는 닭, 쥐, 생쥐, 메추라기, 원숭이, 물고기를 포함한 동물에 GM사료의 안전성을 조사한 다른 장기 독성 연구결과와 완전히 다르다고 주장했다.

[반박] 이번 유전자조작 옥수수의 장기 독성 연구와 GM 사료를 사용한 다른 동물의 연구결과를 비교하는 것은 과학적으로 부적절하다. 동물에 따라 해부 및 생화학이 차이가 있다.

41) Vandenberg et al (2012), Hormones and Endocrine Disrupting Chemicals: Low Dose Effects and Nonmonotonic Dose Responses, Endocrine Reviews, June 2012, 33(3)

(<http://edrv.endojournals.org/content/early/2012/03/14/er.2011-1050.full.pdf>)

42) 각질유두종이라고도 한다. 일반적으로 전이가 되지 않은 양성종양으로 분류되나 적절하게 치료를 받지 않을 경우 6% 정도는 편평상피암(squamous cell carcinoma)이라는 악성종양이 된다.



Contents lists available at SciVerse ScienceDirect

Food and Chemical Toxicology

journal homepage: www.elsevier.com/locate/foodchemtox

Review

Assessment of the health impact of GM plant diets in long-term and multigenerational animal feeding trials: A literature review

Snell Chelsea^a, Bernheim Aude^b, Bergé Jean-Baptiste^c, Kuntz Marcel^d, Pascal Gérard^e, Paris Alain^f, (Agnès E. Ricroch)^{b,*}

^aUniversity of Nottingham, School of Biosciences, Sutton Bonington Campus, Loughborough, Leicestershire LE12 5RD, United Kingdom

^bAgroParisTech, 16, rue Claude Bernard, F-75231, Paris, Cedex 05, France

^cAmhali, 239, chemin de Saint Claude, F-06800 Antibes, France

^dLaboratory Physiologie Cellulaire Végétale, CNRS - Université Joseph Fourier - INRA, Institut de Recherches en Technologies et Sciences pour le Vivant, F-38054 Grenoble, Cedex 9, France

^eLe Breuil, F-63220 Saint Alyre d'Arzac, France

^fINRA - MetRisk, AgroParisTech, 16, rue Claude Bernard, F-75231 Paris, Cedex 05, France

의 일부분으로 산업계(몬산토)에 의해 수행된 90일 사료 투여 연구가 유일하다. 업계의 실험은 단지 2개의 용량(11%, 22%)만 실시했으며, 분석 범위도 훨씬 협소했다. 그러나 이러한 단기 사료급여 시험 데이터를 정밀하게 독립적으로 분석했을 때 간 독성 및 신장 독성의 징후가 나타났다. Agnes Ricroch가 언급한 24개의 GM 급여 연구는 세라리니 연구팀의 실험과 비교해보았을 때 대부분 단기에서 중기(90일)의 기간 동안 수행되었으며, 장기 및 생화학 기능의 검사 범위도 협소했다.

Agnes Ricroch가 리뷰한 24개의 논문 중 몇몇 연구에서는 GM 콩이나 옥수수 섭취가 원인이 된 통계학적으로 중요한 간독성과 신장 독성, 그리고 면역계의 독성 징후가 드러났다. 그럼에도 불구하고 그는 이러한 점들에 관해 추가적인 연구조사를 실시하지 않고 생물학적 적합성이 없다며 무시하였다. 이러한 초기 독성 징후에도 불구하고, 그는 리뷰를 통해 단기 및 중기 독성연구에서 나타난 현상을 알아보기 위한 추가적 연구하도록 권고하지도 않았다. 세라리니 교수팀의 연구는 2년에 이르는 쥐 전 생애 연구를 통해 단기 및 중기 독성연구에서 부족한 부분을 채웠으며, 아주 심각한 우려를 제기하는 hard data를 제시하였다.

[비판 10] 미국에서는 오랜 기간동안 GM 식품이 식품체계로 편입되어왔다. 왜 미국인들과 동물들에서 보다 많은 종양이 발생하거나 조기 사망하는 일이 발생했다는 증거가 없는 것일까? 왜 미국인들은 마치 파리가 떨어지듯이(dropping like flies)" 쓰러져 죽지 않는 것일까?

[반박] 대부분의 GM 작물은 가축에게 사료로 투여되고 있으며, 가축들은 고기나 우유 생산을 위해 상대적으로 짧은 생애를 살고 있다. 바로 이러한 이유 때문에 종양이 발달할 충분한 시간이 없었을 것으로 추정된다.

또한 미국인들은 GM 작물(콩, 옥수수 등) 가공식품의 상당한 양을 인간의 생애주기에 비해 상대적으로 아주 짧은 시간동안 섭취해왔다. GM 식품의 상업화가 시작된 것은 1990년대 후반이고, 미국인들이 본격적으로 GM 식품을 섭취한 것은 2000년대 초반부터이다. 이 정도의 시간(약 10년~12년)은 종양이 발생하는 것을 확인할 있을 만큼의 장기간의 효과가 나타나기엔 너무 짧은 기간이었을 것으로 추정된다. 그러나 우리는 미국에서 GM식품의 표시제(labeling)도 실시하지 않고 있으며, 인구집단에서 ill-effects가 나타나는지 모니터링도 하지 않고 있다는 것을 유념해야 한다. 그러므로 미국에서 GM 식품이 건강 상 해로운 영향을 끼쳤다고 하더라도 검사를 통해 확인될 수 없었다고 봐야 한다.

GM 사료마다 구성성분도 차이가 있다. 동일한 성분을 가진 GM을 투여한 동일한 동물의 실험결과를 비교해야 한다.

세라리니 교수팀의 연구결과는 특정 라운드업 내성 GM 옥수수(NK603 GM maize)를 대상으로 실시한 최초의 장기독성 연구이다. NK603을 대상으로 한 사전 실험은 EU에 승인을 요청하기 위한 절차

[비판 11] 세라리니 팀은 연구결과는 흠결이 있기 때문에 폐기 처분해야 한다.

[반박] 전혀 그렇지 않다. 세라리니 팀의 연구결과는 동료평가(peer review)를 거쳐 학술지에 발표되었다. 그들의 논문은 유전자조작 옥수수의 승인을 위해 몬산토 사가 실험했던 90일 독성 시험보다도 더 오랜 기간, 더 많은 변수, 더 신중한 실험 설계를 통해 나온 연구 성과다.

[질문 1] 실험결과가 성 특이적으로 나왔다. 종양의 대부분이 암컷에서 나온 이유는?

[답변] GM이나 라운드업의 독성은 성-특이적 독성 효과(Sex-specific toxic effects)가 있다는 과학적 연구결과와 부합된다. 산업계나 EFSA의 GM 급여 실험에서도 이러한 결과가 나왔지만, 그들은 그것을 채택하지 않고 기각해버렸다.

[질문 2] 종양이 발생하는 기전이 불분명하다. 왜 유전자조작 옥수수가 종양을 일으키는가? 왜 라운드업 살충제가 종양을 일으킬 수 있는가?

[답변] 이러한 질문은 앞으로 추가적 연구를 통해 해명되어야 할 내용이다. 다만, 세라리니 교수팀은 유전자조작 옥수수가 라운드업 살충제 없이도 EPSPS GM 유전자로 인해서 간이나 유선에 영향을 끼치고 있다는 가설을 제기하고 있다. GM 유전자의 기능은 저자들이 발견한 유전자조작 옥수수가 암과 유선종양을 발생하지 않게 보호하는 역할을 하는 caffeic and ferulic acids의 양을 거의 50%까지 낮춘다는 사실과 관련이 있을 것으로 추정된다. 더군다나 이러한 phenolic acids와 특히 ferulic acid는 라운드업에 포함된 글리포세이트가 작용하는 것처럼 에스트로겐 호르몬의 기능을 조절할 수 있다. 향후 연구는 이러한 가설이 중요한 관여 인자인지를 확실히 밝혀줄 것이며, GM 변환 과정의 돌연변이 효과로부터 발생한 장애와 같은 다른 원인이 있는지 규명해줄 것이다. 중요한 사실은 규제를 하는데 독성효과의 기전(메커니즘)을 명확하게 밝힐 것을 요구하지 않는다는 점이다. 또한 독성효과를 발견한 과학자에게 논문을 발표하기 전에 그러한 메커니즘을 규명할 부담을 주지도 않는다. 메커니즘을 밝히는 데는 수십 년이 걸릴 수 있으며, 때때로 규명을 하지 못하는 경우도 있다.

[참고 : 미디어 및 정치권의 반응]

- GM식품의 표시제를 위해 '캘리포니아 제안 3(alifornia's Prop. 37)'을 추진하는 '캘리포니아 알권리(California Right to Know)'는 적극적으로 환영

- 유럽의회 농업위원회 부의장인 조제 보베는 EU 내에서 즉각적으로 GM 작물의 재배와 수입을 금지할 것을 요구.

4. 결론을 대신하여

유전자조작(GM) 곡물은 농약 사용량을 감소시킨다는 생명공학계의 주장과 정반대로 오히려 글리포세트(라운드업) 내성 잡초의 증가로 제초제의 사용량이 늘어나서 실제 농약 사용량이 늘어나고 있는 것으로 밝혀졌다.

유기농센터(The Organic Center)의 수석 과학자인 Charles M Benbrook⁴³⁾ 박사는 미 농무부 자료를 분석하여 미국에서 1996년~2011년 16년 동안 유전자조작 곡물 재배와 살충제 사용량의 영향에 관한 연구 결과를 피어리뷰 학술지인 <유럽 환경과학(Environmental Sciences Europe)> 최신호에 발표했다.⁴⁴⁾ 그는 1999년부터 지속적으로 유전자조작 곡물의 재배와 살충제 사용량에 대한 분석을 해왔다.⁴⁵⁾

그의 분석에 따르면, 미국에서 1996 - 2011년 16년 동안 유전자조작 곡물의 살충제 사용 영향은 제초제 내성 작물 재배로 인한 제초제 사용량이 2억3900만kg 증가하였으며, Bt 곡물은 살충제 사용량을 5600만kg 감소시켰다. 따라서 농약사용량은 1억8300만kg 늘어난 셈이다.(증가율 7%) 이러한 증가율을 유전자조작 옥수수와 콩에 사용하는 2,4-D의 사용량에 적용해보면, 농약 2,4-D 농약 사용량이 50%나 증가했음을 알 수 있다고 한다.

EFSA는 2012년 10월 4일 세라라니 팀의 연구결과에 대한 리뷰 초안에서 현재 발표된 논문만으로는 실험의 설계(design), 연구의 보고 및 분석이 부적절하며, EFSA 당국에서 세라리니 박사 등 저자들을 초청하여 추가적인 정보를 공유해야 연구결과를 완전히 이해할 수 있다고 밝혔다.⁴⁶⁾

<EFSA 리뷰 초안에서 밝힌 세라리니 팀 연구결과의 문제점>

1. 실험용 주의 strain이 문제가 있다.
2. 저자들은 10개의 실험군을 나누면서 대조군을 1개만 설정했다.
3. OECD 가이드라인을 따르지 않았다.
4. 최소한 50마리의 쥐로 실험군을 구성해야 하는데, 세라리니 팀은 10마리로 실험군을 구성했다.
5. 저자들은 실험의 목적에 대해 밝히지 않았다. 실험목적은 연구설계, 적절한 샘플 크기, 데이터를 분석하는데 쓰이는 통계방법 등을 결정하는데 아주 중요하다.
6. 쥐에게 급여한 사료의 성분에 대해 정보를 제공하지 않았다. 사료를 어떻게 저장하였으며, 마이코톡신 같은 위해한 물질에 오염되었는지에 대한 정보를 밝히지 않았다.
7. 쥐가 라운드업 제초제를 어떻게 섭취했고, 어떻게 노출되었는지 적절하게 평가할 수 없다. 저자들의 보고서엔 식물에 제초제를 분무했으며, 특정 농도로 쥐의 음수에 섞어서 급여

43) Charles M Benbrook 박사는 1979년부터 미국 워싱턴 DC에서 농업정책, 과학, 규제에 관한 이슈를 다루었으며, Council for Environmental Quality, executive director of the subcommittee of the House Committee on Agriculture, and executive director of the Board on Agriculture of the National Academy of Sciences 등에서 활동했다.

44) Charles M Benbrook (2012), Impacts of genetically engineered crops on pesticide use in the U.S. - the first sixteen years, Environmental Sciences Europe 24:24 (<http://www.enveurope.com/content/pdf/2190-4715-24-24.pdf>)

45) <http://www.nlpwessex.org/docs/benbrook.htm>

46) EFSA (2012), EFSA publishes initial review on GM maize and herbicide study, Press Release 4 October 2012 (<http://www.efsa.europa.eu/en/press/news/121004.htm>)

했다는 내용만 나오지 쥐들이 소비한 사료 및 물의 전체 양에 대한 자세한 정보가 없다.

8. 세라리니팀의 논문은 일반적으로 사용하는 통계학적 분석방법을 사용하지 않았다.

9. 병변(lesions), 다른 종양 및 관찰된 것들에 대한 관련 정보를 포함한 연구에서 측정된 것이 무엇인지와 같은 많은 종결점에 대해 보고서에서 밝히지 않았다.

그런데 EFSA 보도자료엔 모순적인 내용이 포함되어 있는데, 저자들과 토론을 하기도 전에 이미 “EFSA는 세라리니 연구팀의 결과를 과학적으로 건전하다고 인정할 수 없다”고 선언했다.

사실 EFSA는 자체 독성실험을 수행하지도 않고 몬산토 사가 제출한 데이터만으로 이미 genetically modified (GM) maize NK603를 안전하다는 결론을 내리고 그 결과를 대중에게 공표한 상태이다.

세라리니 교수는 EFSA가 먼저 GM maize NK603이 안전하다는 결론에 이른 세부 연구자료를 공개하라고 압박하면서, EFSA는 자신들의 결론에 대해 추가적인 정보를 공개하지 않으면서 칸대학 연구팀에 실험 세부자료를 공개하라고 주장하는 것은 불공정한 게임이라며 비판하고 있다.

EFSA의 주장 중 가장 이해할 수 없는 내용은 세라리니 연구팀의 실험 설계와 방법에 대해 수많은 문제제기가 있는 상황이기 때문에 EFSA는 자신들이 수행한 몬산토 사의 NK603 유전자조작 옥수수에 대해서 안전성을 재평가하지도 않을 것이며, 현재 진행중인 glyphosate 제초제(라운드업)의 평가에도 이번 연구결과를 고려하지 않을 것이라고 밝힌 점이다.

EFSA의 리뷰 초안은 전혀 과학적 태도라고 볼 수 없다. 장기독성 실험을 통한 데이터를 가지고 NK603 옥수수나 라운드업의 안전성을 주장해야 하고, EFSA의 실험결과도 피어 리뷰를 거친 학술지에 게재되어 세라리니 교수팀의 주장을 반박하는 것이 과학적 태도라고 볼 수 있다. 그런데도 과학적 근거나 동료 평가를 거친 학술지에 발표된 주장도 아닌 몇몇 GM 옹호 나팔수들의 일방적 주장 또는 논평에 기대서 2년간 장기독성 실험을 수행한 세라리니 연구팀의 연구결과가 건전한 과학이라고 볼 수 없다는 입장을 밝혔다.

EFSA가 주장하는 리뷰 초안에 들어 잇는 주요 발견의 비판 내용의 상당 부분은 세라리니 연구팀이 반박을 통해 해명되었고, 새로운 의문이나 미진한 점은 추가연구를 통해 규명해야 할 과제로 남아 있다. 특히 세라리니팀의 결과에서 종양이 발생한 기전은 앞으로 과학 연구를 통해 밝혀내야 할 부분이다.

세라리니 연구팀의 연구진실성 규명을 위해서는 쥐의 전 생애인 2년이라는 장기간을 대상으로 한 독성실험 재현이 가장 중요하다. 아직 세라리니팀의 연구결과가 과학적 진실이라고 속단하기는 어려운 상황이지만, 추가적인 연구를 수행하지도 않고 세라리니팀의 연구결과가 과학적 허위라거나 건전한 과학이 아니라는 주장은 광고나 선동에 불과하지 과학은 아니라고 생각한다.

농학자이자 경제학자로 프랑스 INRA 연구소장을 역임했던 장-삐에르 베를랑(Jean-Pierre Berlan)은 “석면의 사례에서도 1906년 프랑스 의사가 북프랑스의 석면공장 노동자들의 암 발생을 기술하였으나, 석면을 금지하는 행동을 취하기까지 100년이 걸렸다.”며 세라리니 교수팀의 이번 연구에 대해 높이 평가했다.⁴⁷⁾ 그는 “기업들은 1960년대 석면이 특정 유형의 암을 유발한다는 독성학적인 연구가 발표되었음에도 불구하고, 석면을 생산하는 것은 아무

47) http://www.gmwatch.org/index.php?option=com_content&view=article&id=14309:why-science-wont-give-us-the-answers-on-gmos-agro-expert

런 문제가 없다고 주장함으로써 또 다른 연구 결과가 나올 때까지 시간을 벌었다”고 주장했다. 또한 “기업들과 상인들은 항상 연구결과에 어떤 흠집을 내려고 하며, 보다 많은 증거를 요구함으로써 시간을 끈다. GMO에서도 마찬가지다. 그런 식으로 하면 어떤 과학적 증거를 제시하는 것도 불가능할 것이다.”고 밝혔다.

이제는 GMO 업계와 정부가 나서서 장기 독성 연구를 통해 GMO가 안전하다는 사실을 과학적으로 밝혀야 할 차례다. 이제 전 세계 시민들은 묻는다. 몬산토는 독극물을 판매하는 ‘죽음의 상인’인가, 기아로부터 인류를 해방할 ‘구세주’인가? <끝>