



GM 논쟁의 최전선 ?

표시제, 정보공개, 유전자 오염
라운드 업 (글리포세이트)

GM 연어
GM 모기
유전자 편집을 통한 GMO 개발

김병수



유전자 오염 (GM contamination)

- 농기계, 운송 및 저장 과정, 교차 수분 등을 통해 오염
- 오염의 확산으로 소비자, 농민의 선택권 제한
- 장기적으로 전통 종자와 공존 불가능
 - ex) 캐나다에서 non-GM 캐놀라 재배 불가능
- 2011년 승인 받지 않은 GM쌀(Bt63)이 중국의 쌀국수와 이유식, 독일, 스웨덴, 뉴질랜드 등에서 발견.
- 2006년 시험 재배 GM쌀(LLRICE)이 미국의 쌀 공급 체계를 오염시켜 30개 국가에서 발견됨. 2007년 쌀 수출이 전년 대비 20% 감소. 2011년 개발사인 Bayer는 11,000명의 농부에게 7억5천만 달러, 수출기업인 Riceland에게 1억 3천 7백만달러 지급.
- 2009년 GM아마가 캐나다 아마 종자를 오염시켜 유럽 수출 막힘.
- 미국 서부의 GM 잔디 오염은 GM 잔디가 야생화 된 세계 첫 사례



63개국에서 396건의 GM 오염 발견 (1997-2013)

- 상업적 재배가 허용되지 않은 쌀이 가장 많음 (LLRICE, BT63)
수출입이 활발한 작물 but 쌀에서도 교차 수분 가능
옥수수, 캐놀라는 교차 수분 가능성 높음/면화, 콩은 낮음.
- 경작지 탈출(잔디), 불법 재배(Bt63), 표시 오류(돼지) 등.
LLRICE의 경우 오염 경로 파악 불가.
- GM 오염은 상업화와 독립적으로 발생 가능 (9건은 승인 받지 않은 GMO)
- 국제적 차원의 GM 모니터링 시스템 없음.
Rapid Alert System on Food and Feed (RASFF, EC)
GM Contamination Register (Greenpeace & GeneWatch UK)
- 시험 재배의 경우 검사가 쉽지 않음.



‘상업적 재배가 금지된’ 우리나라의 유전자 오염 실태

전국 47개 지역(사료공장, 운송로, 축사 근처 등) 에서 GM 작물 검출
옥수수 28, 유채 6, 면화 12, 콩1

* 조사지역 : 159('09년) → 169('10년) → 177('11년) → 698('12년)
(국립환경과학원, 2012)



<표 3> 검출기법이 확립된 LM 작물(이벤트 25개)

작물	이벤트	특성	제조사	승인	목적유전자
옥수수	MON810	해충저항성	몬산토	2002	Cry1Ab
	Bt11	해충/제초제저항성	신켈타	2005	Cry1Ab, Pat
	GA21	제초제저항성	몬산토	2002	mtEPSPS
	MON863	해충저항성	몬산토	2005	Cry3Bb1
	NK603	제초제저항성	몬산토	2002	CP4EPSPS
	DAS59122-7	해충/제초제저항성	파이오니아/다우 아그로/미코켄	2005	Cry34Ab1, Cry35 Ab1, Pat
	MIR604	해충저항성	신켈타	2007	Cry3A
	MON88017	해충/제초제저항성	몬산토	2006	CP4EPSPS, Cry3 Bb1
	T25	제초제저항성	바이엘	2004	Pat
	Bt176	해충/제초제저항성	신켈타	2006	Cry1Ab, Pat
유채	T45	제초제저항성	바이엘	2005	Pat
	M8	제초제저항성	바이엘	2005	Bar
	R3	제초제저항성	바이엘	2005	Bar
	GT73	제초제저항성	몬산토	2005	CP4EPSPS, GOX
	Topas19-2	제초제저항성	바이엘	2007	Pat
콩	A2704-12	제초제저항성	바이엘	2009	Pat
	MON00132-6 (RRS)	제초제저항성	몬산토	2002	CP4EPSPS
	MON89788	제초제저항성	몬산토	2009	CP4EPSPS
	DP-356043-5	제초제저항성	파이오니아	2010	Glyphosate
	A5507	제초제저항성	바이엘	2011	Pat
면화	LLCOTTON25	제초제저항성	바이엘	2005	Bar
	MON1445-2	제초제저항성	몬산토	2005	CP4EPSPS
	MON531	해충저항성	몬산토	2005	Cry1Ac
	MON15985	해충저항성	몬산토	2005	Cry1Ac, Cry2Ab
	GH6614	제초제저항성	바이엘	2010	CP4EPSPS

자료영처 : 2012년 검출기법 확립 이벤트

식품용 7개 작물, 미생물1개 총 123건 (2014)
 콩(20건), 옥수수(64건), 면실(21건),
 감자(4건), 캐놀라(11건), 사탕무(1건),
 알팔파(1건), 미생물(1건)

사료용 5개 작물, 총 104 건 (2014)
 콩(19건), 옥수수(56건), 면실(19건), 캐놀라(9건),
 알팔파(1건)

→ 체계적인 모니터링 시스템 구축 (정
 부?)

- 지역과 이벤트 늘려야 함.
- 표시제 개정
- 가공식품에 대한 검출 시험

GM 어류

개발 배경

- 어획량 감소로 양식업에 대한 의존 증가
 : 양식장 확장의 어려움, 질병 증가
- 유전자 조작이 간편 (난자가 크고, 치어가 대량으로 태어남)

한번 방출되면 회수가 쉽지 않음.
 : 생물다양성 파괴, 생태계 교란

- 환경 위해는 초기단계에서 확인하기 어렵고 일정 기간 경과 후에
 그 영향이 드러날 때에는 이미 원상태로 회복하기가 거의 불가능함
- FDA 규제절차로는 불충분 (NSA, 2002)

- 어류는 물 속에서 서식하고 알의 수가 많고 크기도 작기 때문에 관리가 잘 되고 있는 양식장의 경우에도 15% 정도가 자연으로 유출될 정도로 통제가 어려움
- 활동범위가 넓기 때문에 생태계에 미치는 영향이 특정 지역에 국한되지 않고 광범위하게 확산될 수 있음.

종 류	내 용
생물 다양성 파괴	<ul style="list-style-type: none"> • 자연종과 짝짓기를 함으로써 형질변형 유전자가 자연종에 전이되어 고유한 유전자원을 오염시키고 진화과정을 파괴 • 자연종보다 신체적으로 우월할 경우 먹이와 번식지를 독차지하여 심한 경우 자연종이 멸종
생태계 교란	<ul style="list-style-type: none"> • 먹이사슬에서 포식자와 피식자 사이의 균형을 깨뜨려 자연의 복원력을 손상 • 유전자 변형으로 이전에는 살 수 없었던 환경에서 서식할 능력을 가진 변형동물이 그 지역에 유출되었을 때 외래 침입종으로서 지역 생태계의 치명적인 파괴 초래 • 특정 질병에 저항성을 띤 유전자를 이식하였을 때 이 유전자에 저항성을 갖는 신종 질병 출현

GM 연어



AquAdvantage® Salmon (AquaBounty사가 개발한 GM 대서양 연어)

최초의 식용 GM 어류

2001	FDA에 승인 신청
2010	FDA GM 연어 식용 판매 승인 고려 발표
2012	FDA 환경영향평가 초안 발표
2013.4.25	FDA public comment 종료.
2013.11.25	캐나다 GM 연어 알 생산 허용
2015.11.18	FDA 승인

치누크(chinook) 연어의 성장호르몬 유전자와
오션파우트(Ocean pout)의 프로모터를 도입하여 성장이 빠른 GM연어 개발

- 캐나다에서 생산, 파나마 내륙에서 양식 및 가공 예정.
- 다중의 탈출 방지 시설, 불임 처리로 생식 능력 없음.

○ 환경 위해성

- 양식장에서 유출 될 경우 야생 연어 감소 우려
방출될 연어는 불임 된 암컷이지만 실제 5% 수정 가능
일반 연어보다 더욱 공격적 (PNAS, 2004)

○ 인체 위해성

- 알레르기 반응 가능성
- 일반 연어보다 IGF-1 높음. (유방암, 대장암, 전립선암 증가 의심 물질)
- 일반 양식 어류보다 항생제 사용량 많음 → 인체 항생제 내성 증가 우려
(캐나다 해수부에 따르면 빈혈증, 부스럼바이러스에 취약)

○ 규제 불충분

- GM 동물을 평가하기 위한 기준이 없음 (새로운 동물 의약품?)
(new animal drug로 평가하고 있으나 살아있는 생명체를 평가하기엔 적절하지 않으며, 승인 과정도 비공개)
- 제조사가 제출한 내용에 기초한 심사 (6-12마리)
- 사회 경제 문화적 영향은 평가하지 않음.
- 표시제가 없는 상황에서 토막내 일반 연어와 섞여서 판매 될 수 있음.

Nutrition Facts: [⚠ Hazard Factor UNKNOWN]

% Difference to Non-GE Salmon*			
Total Fat	+ 57.8%	Omega 3/6 Fatty Acids*	- 65.4%
Protein	- 5.1%	Sodium	- 9.2%
Total Carbohydrate	+ 2.7%		
Vitamin C	- 25.1%	Folic Acid	- 12.0%
Calcium	- 8.2%	Iron	+ 8.3%
Zinc	- 1.9%	Phosphorous	- 4.4%
Thiamin	- 12.5%	Riboflavin	- 4.4%
Vitamin B6	+ 6.5%		
Essential Amino Acids			
Histidine	- 3.6%	Phenylalanine	- 6.3%
Isoleucine	- 4.4%	Threonine	- 5.3%
Leucine	- 6.6%	Tryptophan	- 5.3%
Lysine	- 6.2%	Valine	- 5.6%
Methionine	- 5.1%		

* % Difference to Non-GE Salmon based on GE AquaAdvantage Salmon and AquaBounty's non-GE sponsor control data, available at: www.fda.gov/downloads/AdvisoryCommittees/CommitteesMeetingMaterials/VeterinaryMedicineAdvisoryCommittee/UCM224762.pdf

+ Omega 3/6 Fatty Acids based on data compared to Wild Salmon.

INGREDIENTS: GENETICALLY ENGINEERED ATLANTIC SALMON, INDUCED GROWTH HORMONE GENE FROM CHINOOK SALMON (ONCORHYNCHUS TSHAWYTSCHA), ANTI-FREEZE DNA FROM OCEAN POUT (ZOARCES AMERICANUS). GROWN AND PROCESSED IN A TOP SECRET FACILITY IN PANAMA.

Center for Food Safety (2013)



GM 연어 반대 활동

: 최초의 식용 GM 동물로 승인 된다면 GM 동물 연구 및 상업화 촉진

- 2010년부터 환경, 소비자 단체들이 반대 운동을 펼치고 있음.
- 2010년 전국 단위의 여론조사에서 91%가 FDA의 승인 반대
- 2013년 4월 30일 현재 약 **200만명** 이상이 FDA에 반대 의견을 보냄.
- 22개 동물보호 단체들도 대표 명의로 FDA 공동 서한을 보냄.
- 12명의 상원의원, 21명의 하원의원도 FDA에 서한을 보내 우려가 해소될 때까지 승인 보류 요청.

- 2015.11. 미 FDA 세계 최초로 식용 동물인 GM 연어 승인.
- 60 개의 슈퍼마켓 체인(9500개 점포)은 GM 연어를 판매하지 않겠다고 선언
- 2016.1.29 미FDA 표시 방침이 정해질 때 까지 GM연어 수입 금지
- 2016.3.31. 환경,시민단체 GM연어를 승인한 FDA 상대로 소송 제기

* 표시제를 요구하지 않음.
 환경 및 야생 연어에 대한 위험 영향 평가 부실
 약 200만명의 반대 의견 무시
 제조사의 향후 계획(미국내 양식)을 고려하지 않음.



- GM 작물 분야는 이미 몬산토를 비롯한 일부 거대 다국적 기업들이 독점하고 있는 분야로 신규 진출이 어려움.



-GM 동물 분야는 상대적으로 벤처 자본이나 소규모 기업들이 경쟁력을 확보하기 유리한 영역으로 향후 여러 형태의 GM 동물들이 지속적으로 개발될 것으로 보임

ex) Oxitec사 Diamond back moth 배추좀나방, Pink bollworm 솜벌레 , Medfly 지중해열매파리 개발



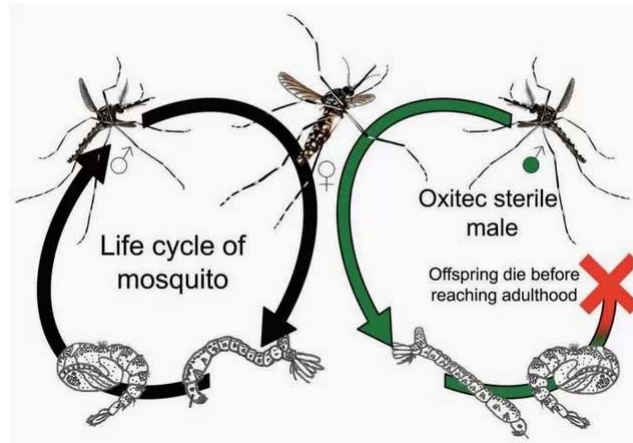
GM 모기

-*Aedes aegypti* (OX513A): tetracycline이 있어야 생존 가능한 모기

○ 개발 배경
모기 매개 질병의 증가, 살충제를 통한 방제의 한계



○ GM 모기의 효과?
방출된 GM수컷 모기와 암컷모기가 짝짓기 하여 태어난 유충들은 특정 항생물질이 없으면 생존 불가 → 당기열 매개 모기 개체 수 감소



○ 환경 방출

- 2009-2010 300만 마리 the Cayman Islands (약 80% 감소)
- 2010 6천 마리 Malaysia
- 2011 3만 3천 마리 Brazil
- 2014 420만 마리 Panama
- 2015 4.-11. 2,500만 마리 Piracicaba, Brazil
- 2016 USA ??

→ 현재까지 1억 5천만 마리 방출

○ GM 모기의 기술적 한계

- 실험실에서 tetracycline이 없어도 3-4% 생존, 자연계에서는 약 15% 생존 가능성 있음 (특히 tetracycline은 쓰레기 더미 같은 실험실 밖 환경에서도 존재)
- 수컷을 방출하고 있으나 0.5%는 사람을 물 수 있는 암컷임.(알레르기 반응 유발?)
- 개체 수를 낮추기 위해서는 한번이 아닌 지속적인 방출이 필요함.
(개발사측의 의도는 완전 박멸이 아니라 개체수의 약 80% 감소,
매달 또는 몇 주 마다 100만 마리 이상을 방출해야 효과가 있음,
국가나 지역사회는 특허 모기를 지속적으로 구입해야 함)

- 파나마 방출 이후 연구자들은 이집트 숲 모기가 감소한 자리를 아시아 타이거 모기가 차지해 실제 뎅기열 모기가 감소 할지에 대해 의문 표시 (PLOS, 2015)
- GM 모기 방출로 뎅기 바이러스가 진화하거나 더욱 치명적인 형태로 변화될 가능성.
- 모기 개체 수 감소와 뎅기열 감염 사이의 상관관계를 충분히 알지 못함 (비례하지 않음, 2002년 Science, 70년대 캐냐 사례)

→ 환경 단체들은 전반적으로 효과가 과장돼 있다고 주장.

○ 환경, 윤리적 쟁점

- 특정 모기의 개체 수 감소는 다른 모기의 증가 가능성 높여줌 (Asian Tiger 모기)
- 비의도적 방출 위험
- 지역사회 동의 받지 않고 진행 되고 있음.
케이먼 제도, 말레이시아의 경우 방출 후 대중에게 공개
대중 자문, 공식적인 환경 위해성 평가를 거치지 않고 방출되고 있음.

WHO 자문그룹에서는 GM모기의 영향을 평가하기 위한 추가적인 야외 시험과 위해성 평가를 권고