

GM 작물 육종기술과 안전성

Breeding GM Crops and Safety Considerations



Noda et al., Sci. Adv. (2017) 3: e1602785

고 희 종

서울대학교 농업생명과학대학



1. 작물육종의 원리와 방법

2. GM 작물 개발 방법

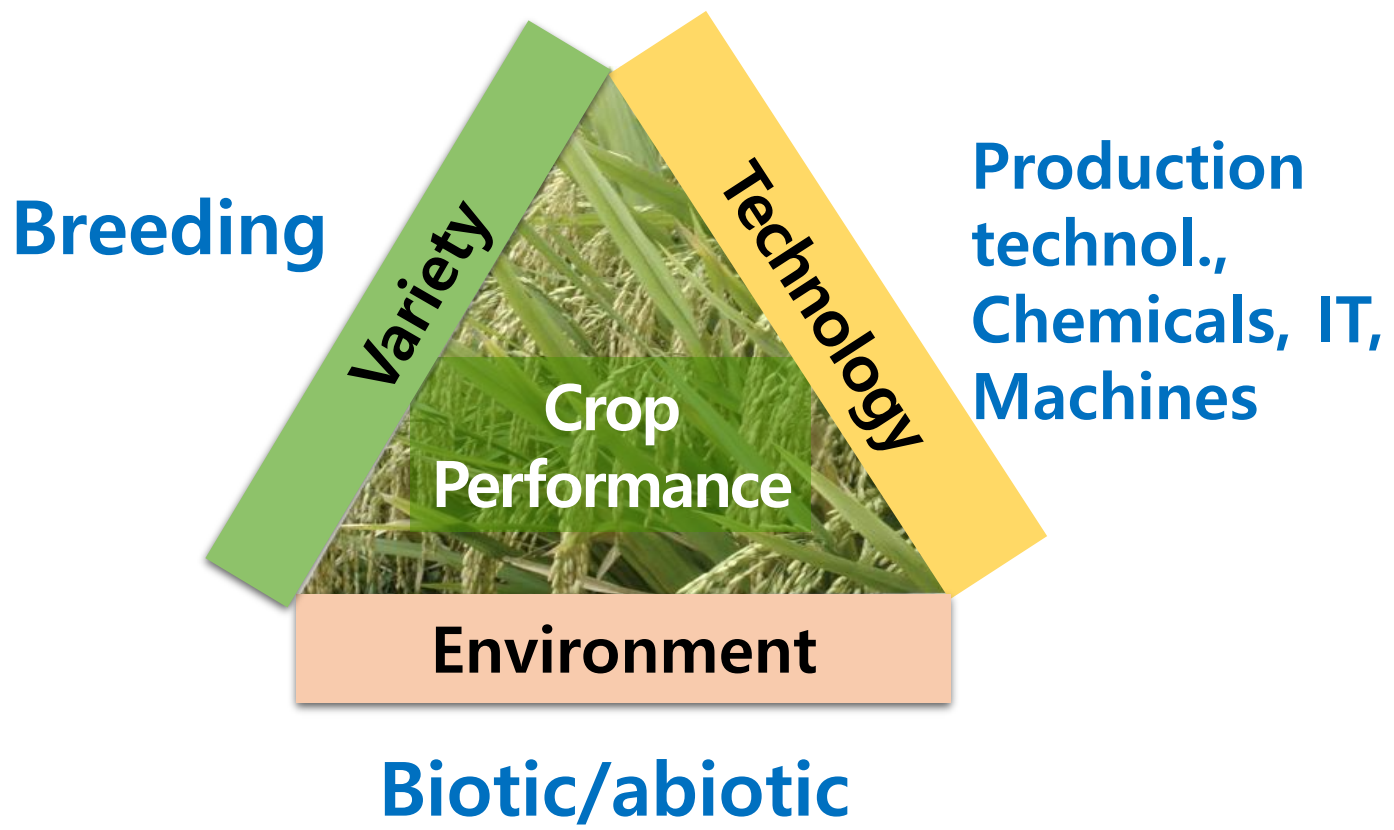
3. NBT 기술

3. GM 작물 시장 현황

5. GM 작물 안전성 이슈

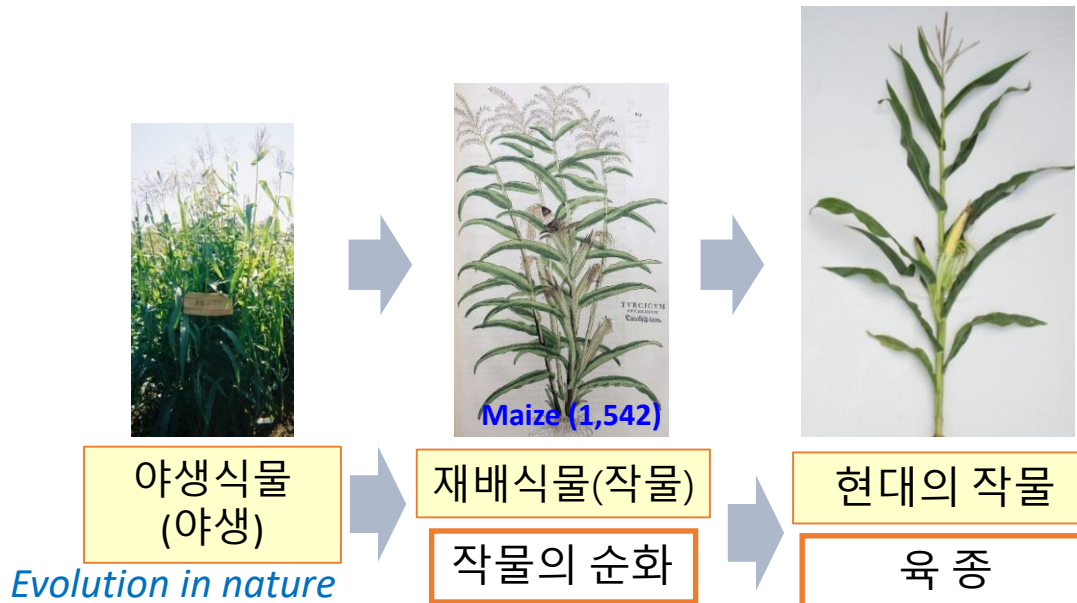
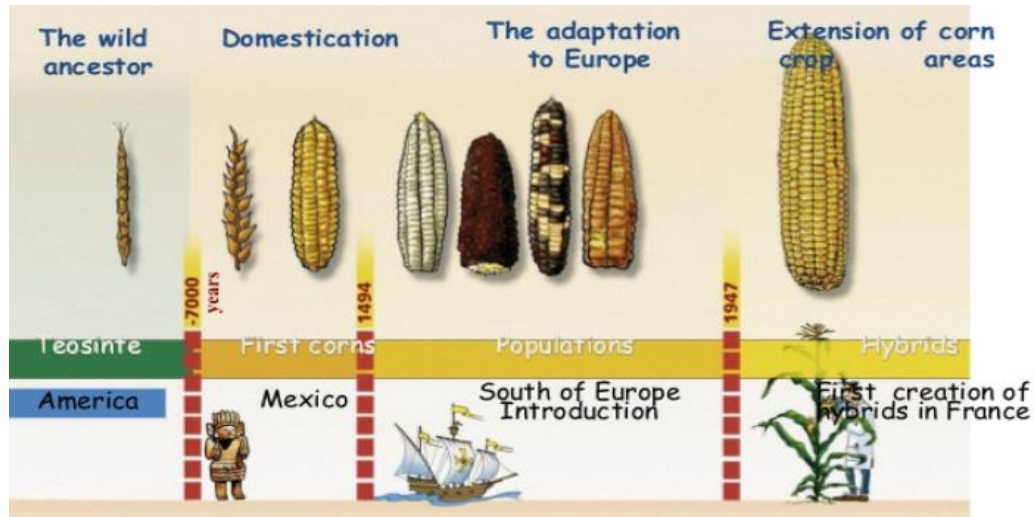
6. 앞으로의 과제

Factors determining crop performance



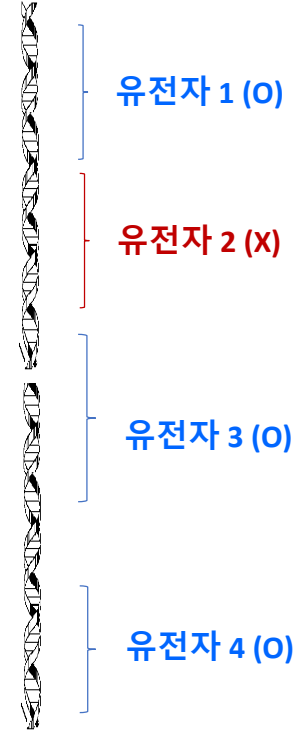
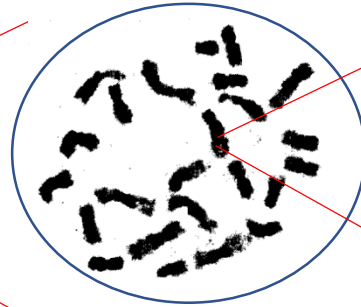
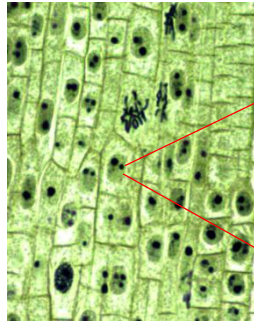
Plant Breeding is the genetic improvement of plants for human benefit

(Bernardo, *Breeding for quantitative traits in plants*, 2010)



Directed or targeted and accelerated evolution by humans

농작물 개량(육종) 기술



3~4만 개의 유전자

생산성이 높고, 품질이 우수하고, 병해충저항성과 내재해성이 강한 작물이나 품종을 만들기 위해서 작물이 가지고 있는 유전자들을 좋은 것으로 바꿔주는 과학 기술

Welcome to funRiceGenes!

HOME

A comprehensive database of functionally characterized rice genes

GENE

- 3200+ cloned rice genes [\[Download↓\]](#) *~10% of whole rice genes*
(2019. 6. 3)

FAMS

- 400+ gene families [\[Download↓\]](#)

KEYS

- 400+ keywords [\[Download↓\]](#)

NEWS

- 6000+ literatures [\[Download↓\]](#)

DOCS

- 200+ interaction networks [\[Download↓\]](#)

CITE

- Contact: ywhzau at gmail.com

- Help manual [\[Download↓\]](#)



<https://funricegenes.github.io/>

형질에 대한 유전자 정보를 몰라도 종자개량이 가능한가?

(1) 형질의 유전자 정보를 몰라도 종자개량이 가능

→ 자연변이(유전자원) + 임의돌연변이 + 표현형 선발

전통육종
(traditional
breeding)

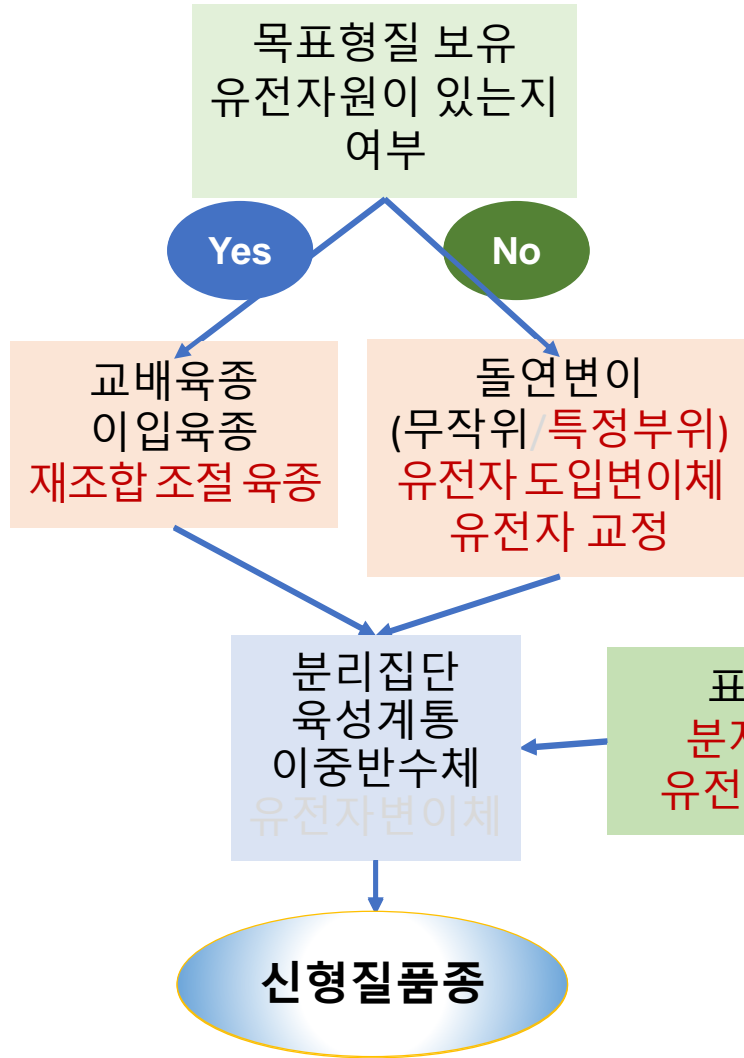
(2) 형질의 유전자 정보를 알 경우 종자개량이
매우 효율적

→ 전통육종 + 목표유전자 변이
유전자 모니터링 (MAS, genomic selection)

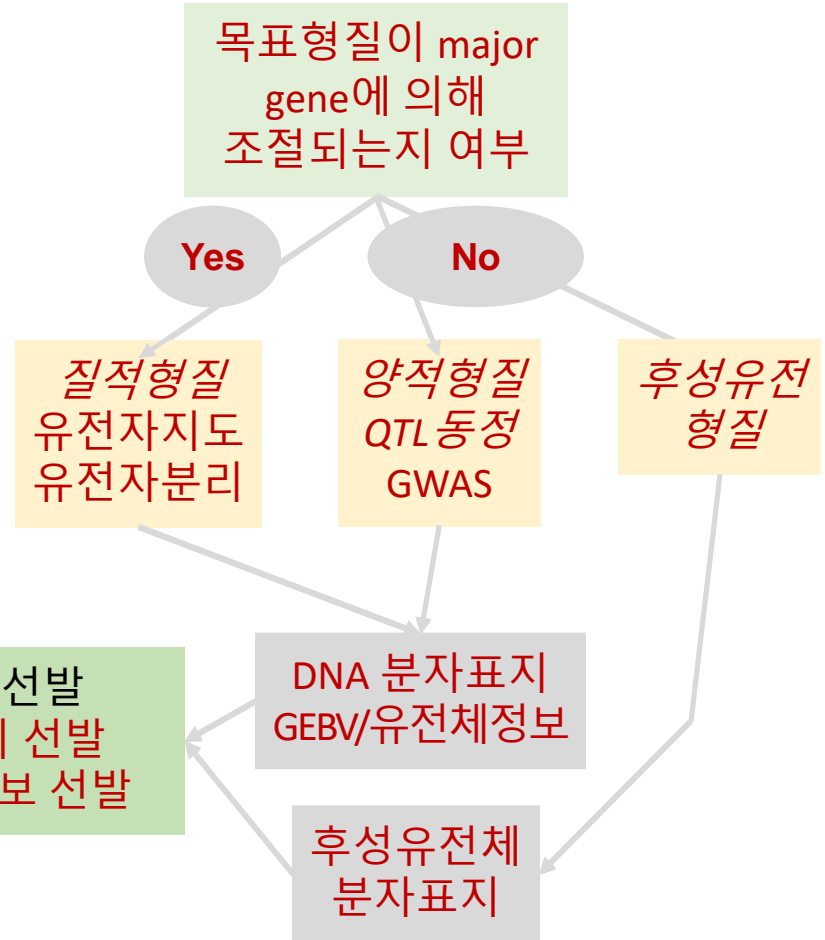
분자육종
(molecular
breeding)

전통육종과 분자육종

변이 창출



선발 및 고정



전통육종의 대표적 원리와 방법

① 자연 변이를 이용한다 : 식물유전자원



우리나라 21만점
세계 전체 650만점

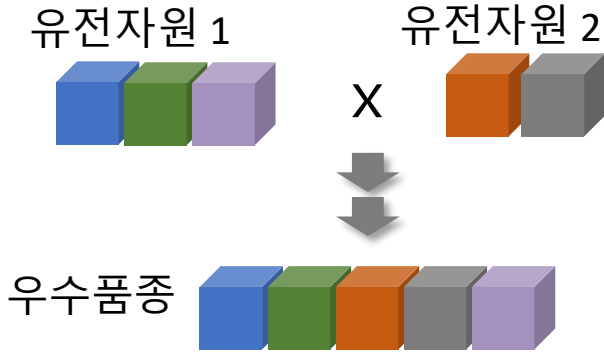


유전자원의 다양성이 발생한 원인

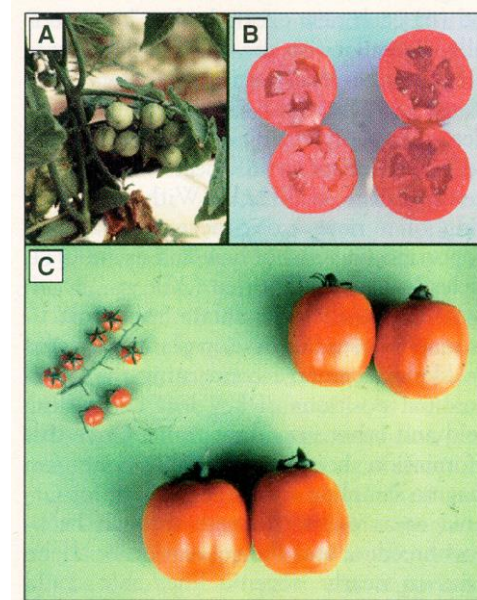
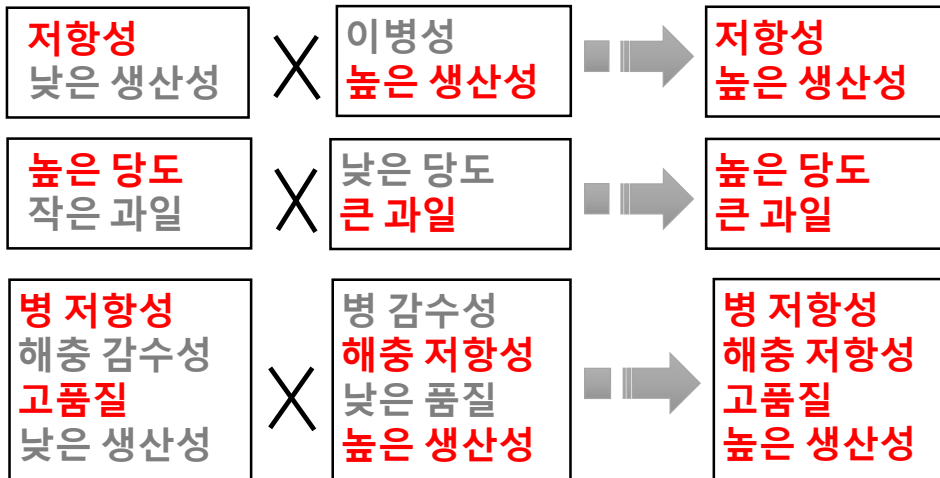
- 유전자 돌연변이
- 염색체 돌연변이
- 자연 교배와 유전자 재조합

인공교배를 통하여 유전자원의 유용 형질(유전자)를 조립한다

유용 유전자를 결합하여
우수품종으로 육성한다



유전자 조립으로
새로운 형질 발현을 도모한다

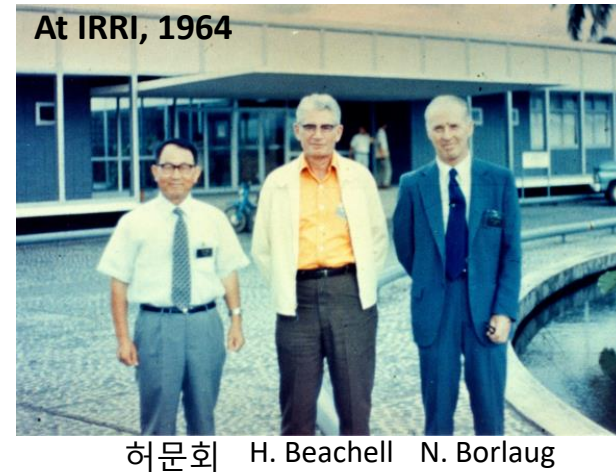
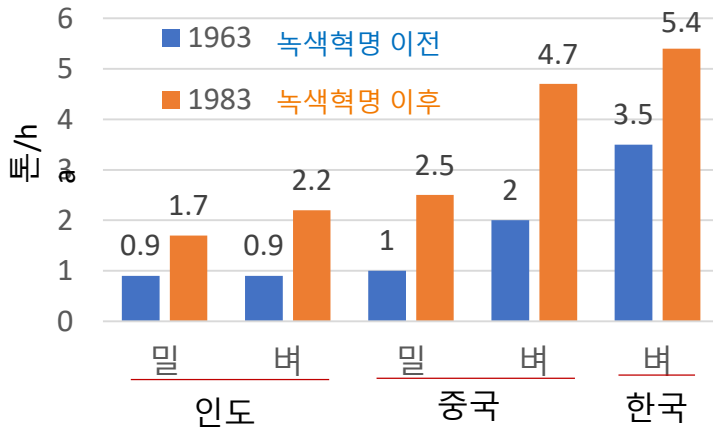


토마토를
크게하는
유전자 집적

야생종 토마토(A, C의 왼쪽 위)
재배종 토마토(B의 왼쪽, C의 오른쪽 위)
초월분리계통 (B의 오른쪽, C의 아래쪽)

녹색혁명 (green revolution)

밀과 벼에서 **단간(短稈) 품종**을 육성하여 생산성이 획기적으로 증대된 현상



“U.S. AID(국제개발국)의 가우드(William Gaud) 소장은 1968년 3월에, 이렇듯 1960년대 초반부터 품종개량에 의해 식량생산이 획기적으로 증대되는 상황을 **녹색혁명**으로 묘사”

앞으로 교잡변이를 얼마나 기대할 수 있을까??

- 재배품종간 교배 → 거의 섭렵
- 근연 야생종간 교배 → 이용 가능 (주로 스트레스 저항성)

Upon the 100,000th cross

by Ma. Lizbeth Baroña-Edra

With the 100,000th time rice has been crossed by IRRI breeders, a milestone is marked in the Institute's breeding history. The event allows for reflection, appreciation, and anticipation of how breeding saved lives in the past, and will save more in the future.



IR100,000—aptly named as a product of the 100,000th cross made at IRRI.

CHRIS QUINTANA

1962 최초교배 IR1 T1242 / DGWG

.....

2012. 11 IR100,000

IRRI151 (high yielding) / IR09M105
(high micronutrient)

78개국에 900 개의 IRRI 육성 품종 보급

Rice Today 12(1) :17-18 (2013)

② 인위 돌연 변이를 유기하여 이용한다

: 유전자 돌연변이, 염색체 돌연변이 → 주요 작물에서 대부분의 변이가 검토되었다



방사선 조사 포장(일본)- Co⁶⁰



국화 방사선 돌연변이
(원품종: 대평(가운데))



왼쪽 : 원품종, 오른쪽 :
돌연변이체(원농8호),
원자력연구원



Ion beam generator



Original Var.

Ion
beams



Reduced Axillary Buds

Ion
beams

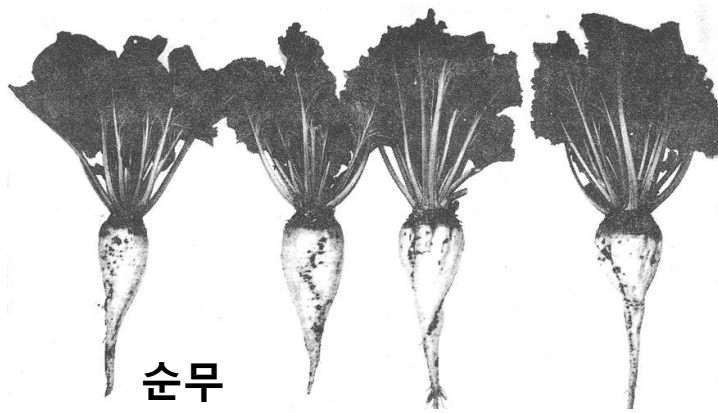


Reduced Axillary Buds
+
Early Flowering

with Kagoshima Biotechnology Institute



거대배 돌연변이



순무
2배체(18) 3배체(27) 4배체(36)



밀(42) 호밀(14)
트리티케일(56)



씨 있는 바나나 (2배체, 22)



씨 없는 바나나 (3배체, 33)



캠벨 포도 (2배체, 38)

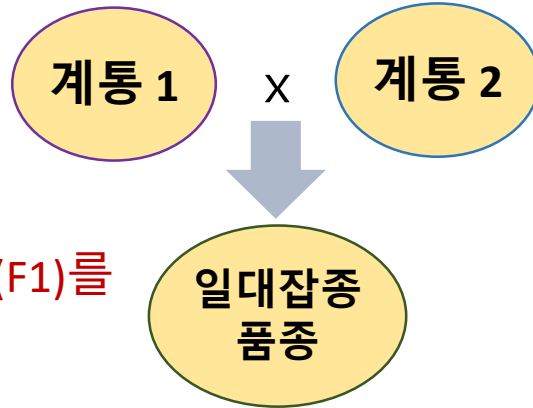


거봉 포도 (4배체, 76)



씨 없는 수박(3배체)

③ 일대잡종(F1)을 이용한다



▶ 잡종강세 기작 구명되면 증수가능성 더 있다

매세대 교배한 종자(F1)를 재배에 사용

옥수수 일대잡종



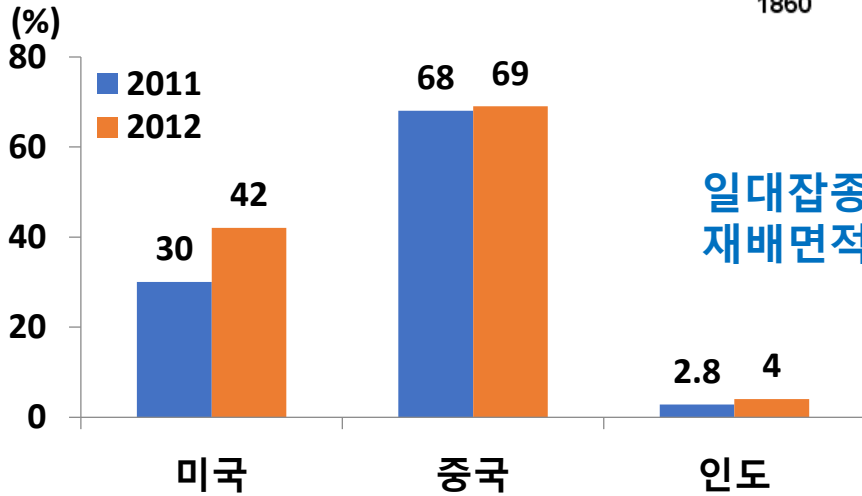
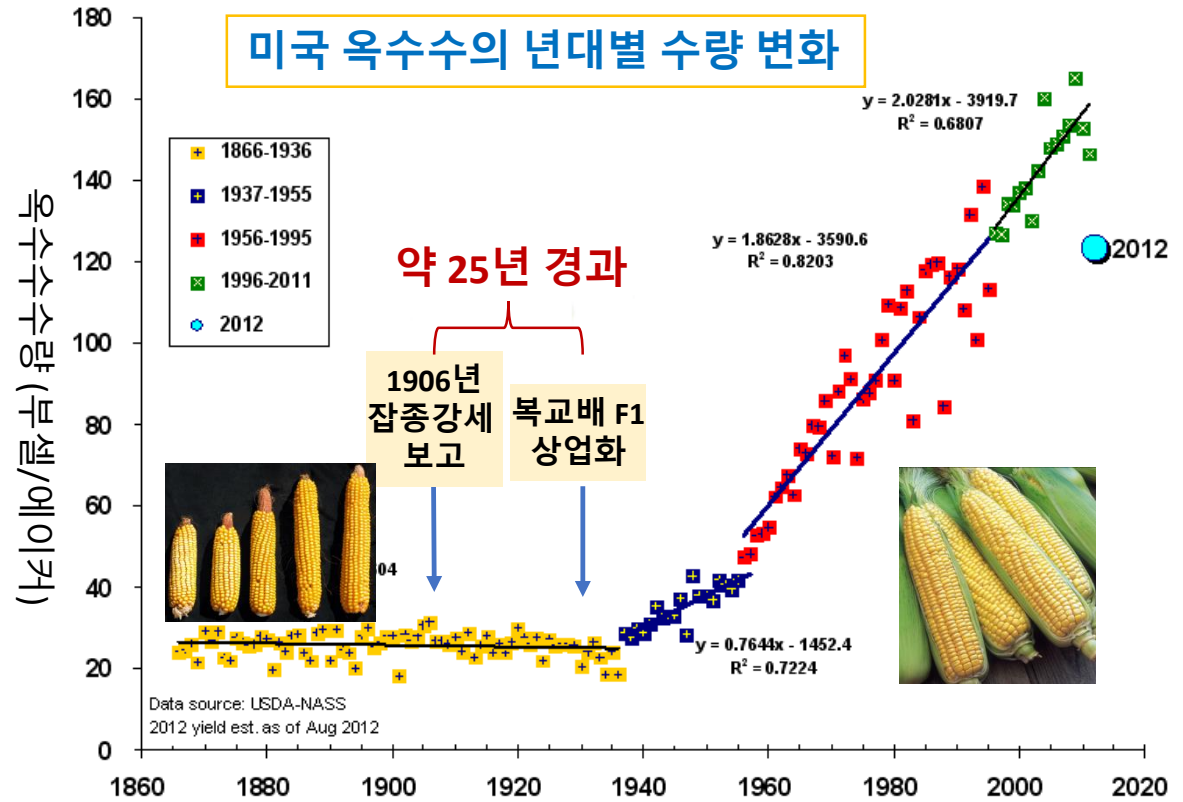
배추 일대잡종



벼 일대잡종



토마토 일대잡종 (이스라엘)



전통 육종법의 한계와 대안

교배에 사용할 수 있는 돌연변이 유전자원은 거의 섭렵하였다

우량 형질(유전자)를 도입할 때 불량 형질(유전자)이 동반된다

표현형 평가에 의존하다 보니 선발 효율이 낮고 육종에 장기간 소요된다

유전자 간접 취급



아날로그식
관행육종

새로운 유전자 자원 (도입/변이) 필요

목표유전자의 정확한 교정 필요

정확 신속한 유전자형 평가 기술 필요

유전자 직접 취급



디지털 입체
분자육종

(1) GM 작물 개발 전략

- ① 다른 종(생물)으로부터 유전자의 도입
- ② 자체 유전자의 발현 조절
 - ✓ Over-expression
 - ✓ Gene silencing
- ③ 유전자 도입 및 발현 조절 복합 적용

* multi-stacking

① 다른 종(생물)으로부터 유전자의 도입

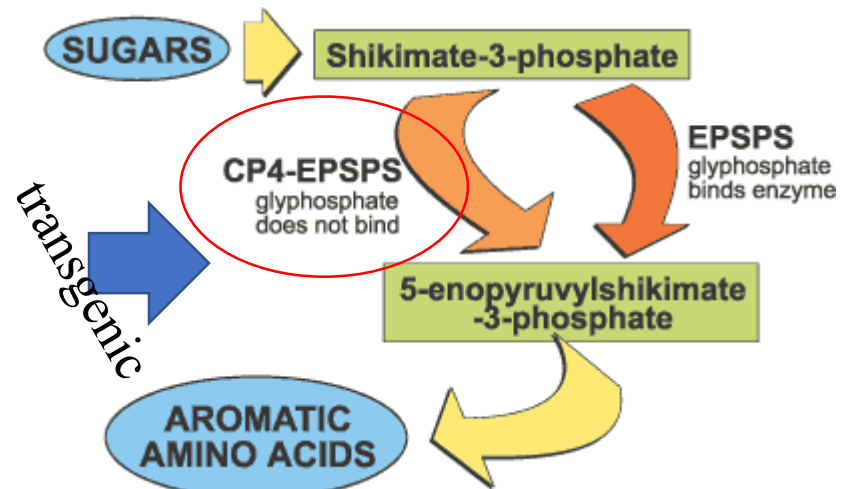
○ **Bt gene** (*Bacillus thuringiensis*): Cry1Aa, Cry1Ab, Cry2A1, etc → bind to the gut of insects larva and kill them

○ **Roundup ready crops:**

- Roundup: functions by inhibiting activity of the enzyme EPSPS (5-enolpyruvylshiki-mate-3-phosphate synthase: involved in the pathway producing phenylalanine, tyrosine, and tryptophan – aromatic a.a.) → leading plants to death

- an alternate form of the EPSPS enzyme from bacteria, called CP4-EPSPS that is not inhibited by glyphosate, the active ingredient in Roundup

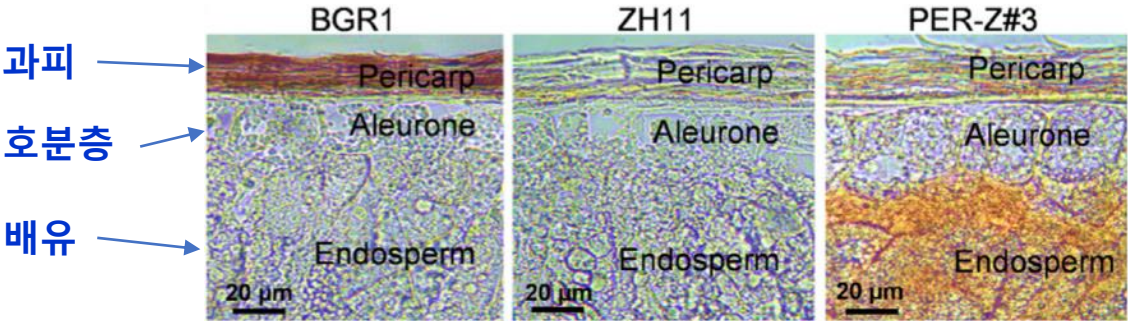
○ **Coat protein genes** for virus R, . . . etc



In the shikimate pathway glyphosate binds the EPSPS enzyme. Plants with the transgene that codes for CP4-EPSPS function normally because glyphosate does not bind the CP4-EPSPS form

안토시아닌 고함량 GM벼 개발 (중국)

8 genes for anthocyanin biosynthesis 형질전환 → 백미 자색쌀(PER) 개발



현미



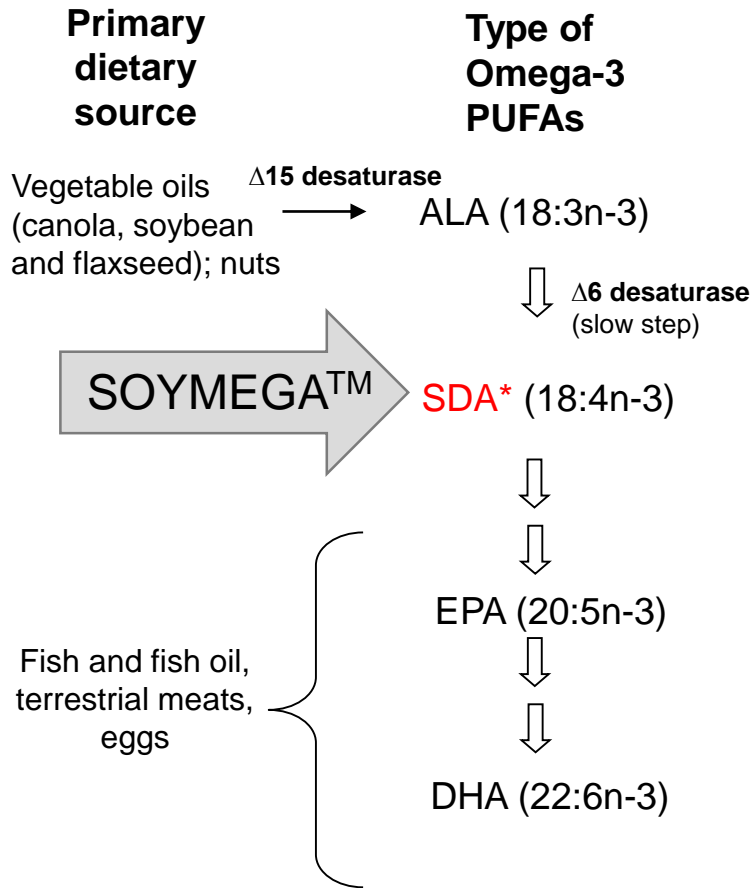
백미



Purple endosperm rice
배유도 보라색

② 자체 유전자의 발현 조절 - overexpression

오메가-3 지방산 강화 콩 (Monsanto's Soymega)



soymega
The Optimal Omega-3 for Food



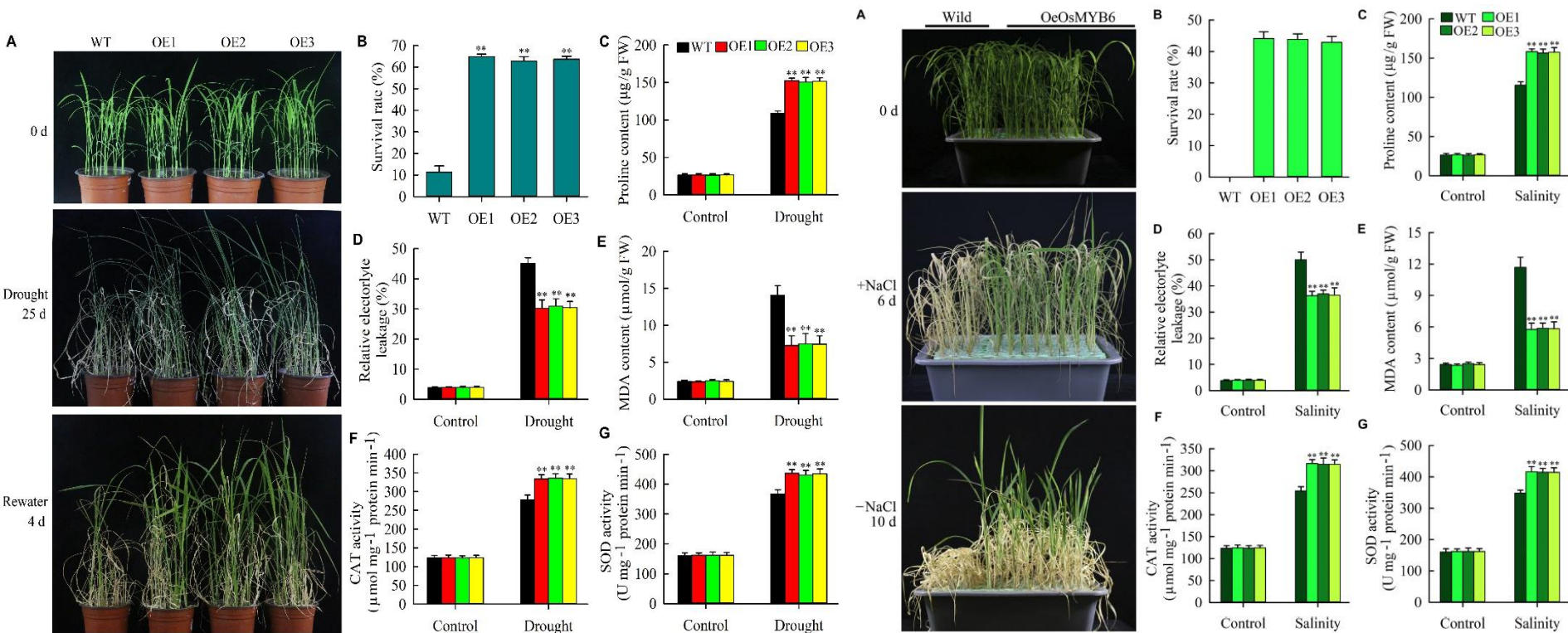
*SDA: stearidonic acid

식물에서 유래한 omega-3 지방산(예, ALA)는 장쇄 불포화지방산으로 전환되지만, 효율이 매우 낮음

장쇄 불포화지방산으로의 효율적인 전환을 위해, **SDA*의 수준이 증가하도록** 콩을 변형

Improved tolerance of *OsMYB6*-ox transgenic rice against drought and salt stresses

**MYB* transcription factors have been demonstrated to play key regulatory roles in plant growth, development and abiotic stress response



② 자체 유전자의 발현 조절 - silencing

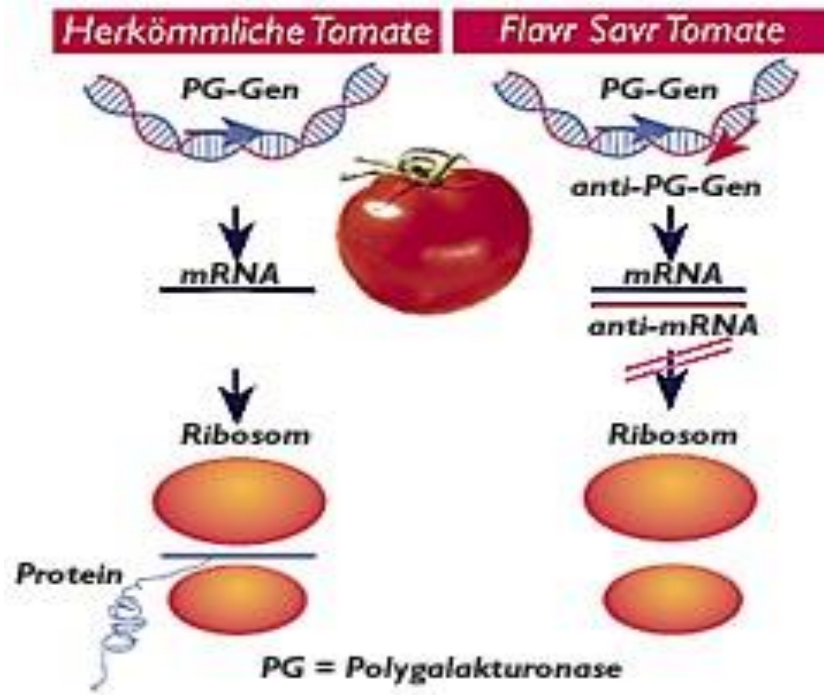
A. Transcriptional Gene Silencing (=Gene knockout)

: insertional mutagenesis, targeted mutagenesis (CRISPR/Cas 등)

B. Post-transcriptional Gene Silencing

: Anti-sense RNA, RNAi

무르지 않는 토마토 (long shelf-life)

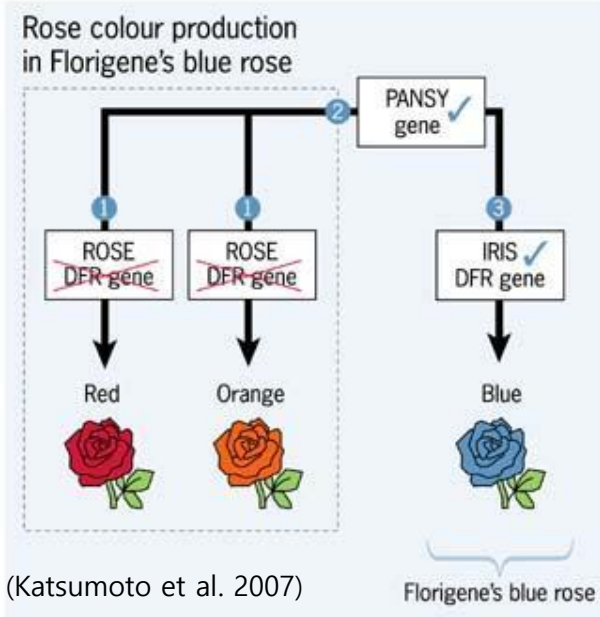


(Calgene, 1994)

③ 유전자 도입 및 발현 조절 복합 적용

파란 장미 (Florigene & Suntory's Applause)

장미 DFR유전자 발현억제(RNAi), 팬지 F3'5'H 유전자 및 아이리스 DFR유전자발현



1. RNAi 기술을 이용하여 **장미의 DFR 유전자를 불활성화**
2. 제비꽃(팬지, pansy 또는 비올라, viola)의 **F3'5'H 유전자 삽입**



3. **붓꽃(아이리스, iris)의 DFR 유전자 삽입**



투자액: 3,000만 달러 (450억 정도)

개발소요기간: '90-'04 (최초 성공까지 15년)

2010년 최초로 일본에서 장미 일 만송이 판매(US\$22 to 35 /per stem)

장미의 세계시장규모 연간 2조원이며, 20%정도 점유 시 4,000억 수입 예상 (Suntory Limited Research Center와 Florigene Pty Ltd. 공동연구, '07)

https://en.wikipedia.org/wiki/Blue_rose

(2) GM 작물 개발 방법



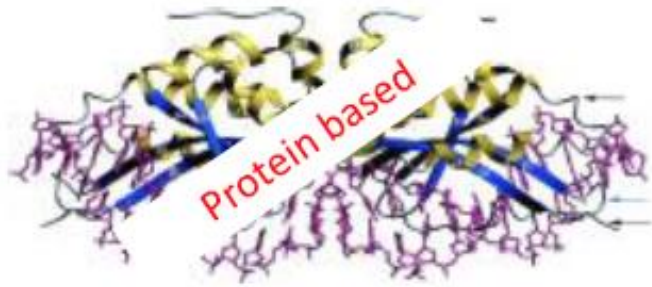
3. 유전자 교정 (Genome editing; GE) 작물 개발법

Genome editing: a type of [genetic engineering](#) in which [DNA](#) is inserted, deleted, modified or replaced in the [genome](#) of a living organism. Unlike early [genetic engineering techniques](#) that randomly inserts genetic material into a host genome, genome editing targets the insertions to site specific locations.

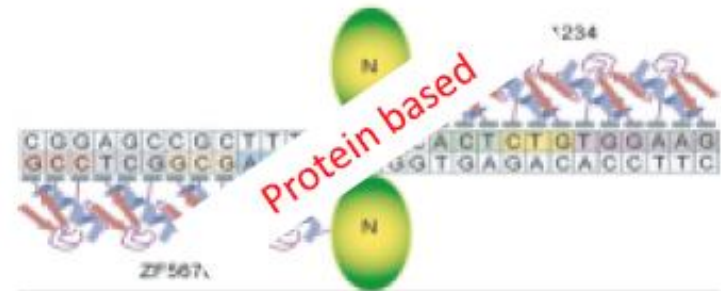
Site directed nucleases (SDN)

Specific binding of the SDNs is either protein or RNA-based

Meganucleases (e.g. yeast)

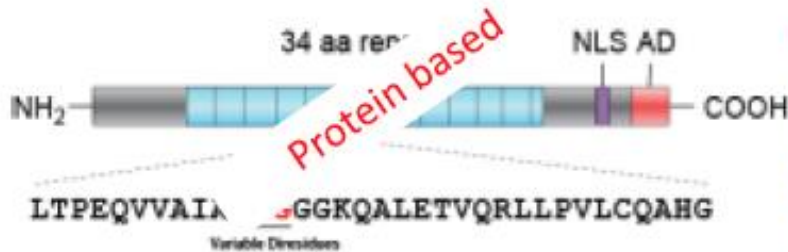


Zinc finger nuclease (DNA binding proteins)



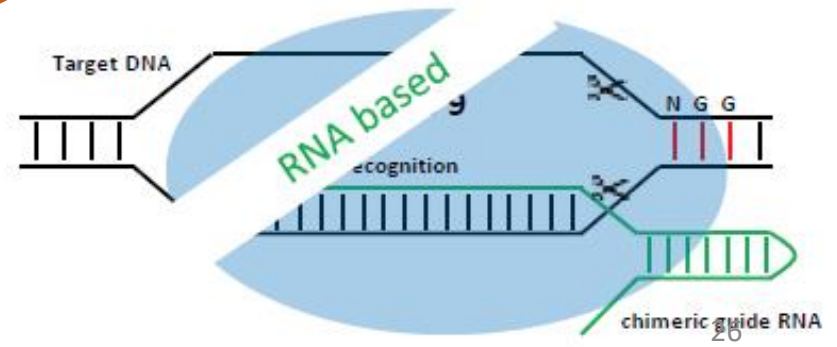
기술발전

TALEN (Bacteria)

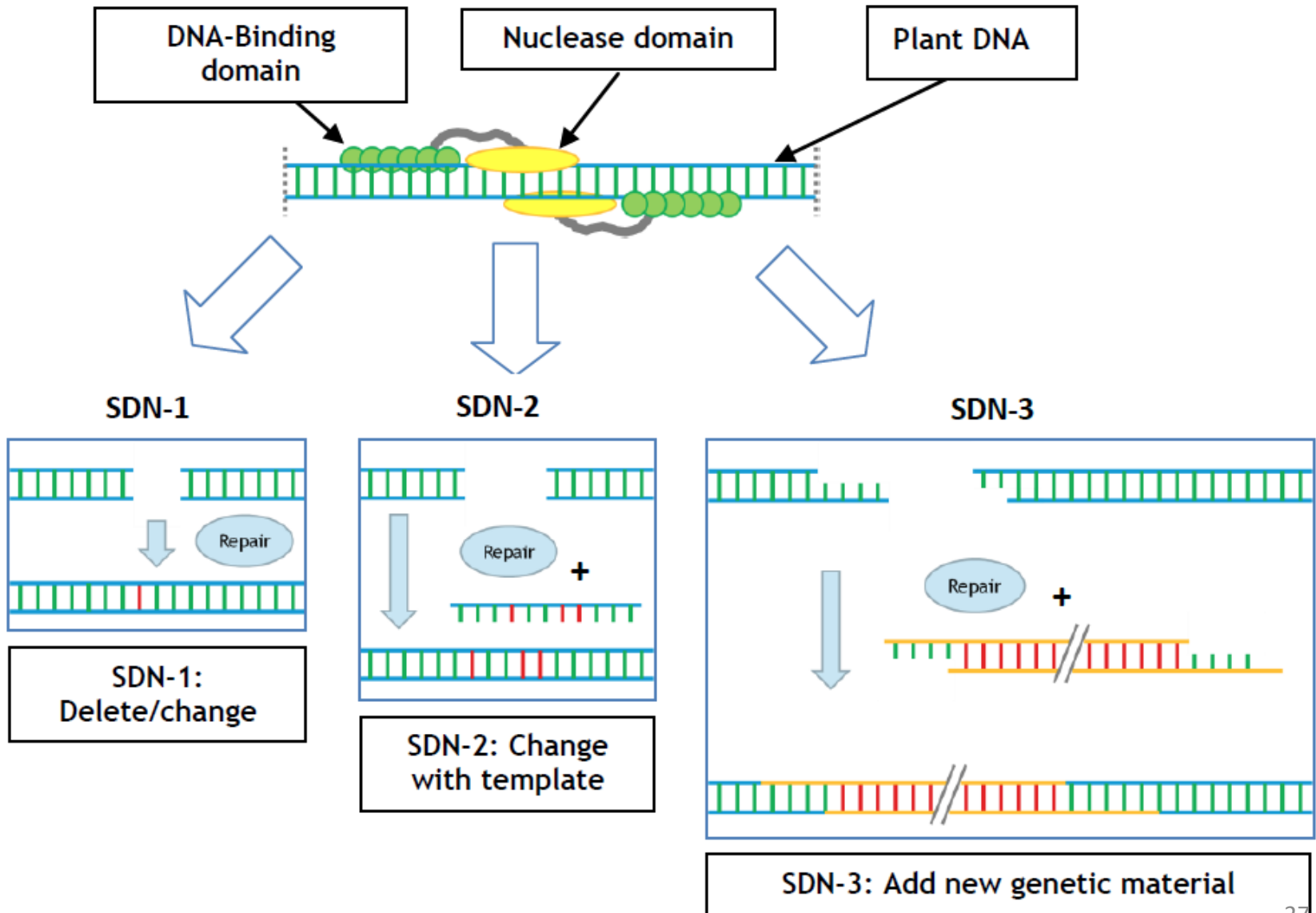


- NG = T
- HD = C
- NI = A
- NN = G/A
- NK = G
- NS = A/G/T/C

CRISPR/Cas (Bacteria)



GE 기술; SDN-1, SDN-2, SDN-3 비교



Genome editing 기술의 구분

	게놈 서열 해석 필요성	Double Strand Break 복구 기작*	Repair template 필요성	적용 결과
			Repair template의 기원	
SDN-1	○	NHEJ	×	돌연변이 (염기 결실, 치환, 부가)
			-	
SDN-2	○	HR	○	염기 일부 치환
			SDN 적용 식물종의 유전자 pool	
SDN-3	○	NHEJ 또는 HR	○	유전자 서열 삽입
			기원에 제약 없음	

SDN: site-directed nuclease, * SDN을 적용하는 생물 자체의 복구 기작

기술



GMO 영역(유전공학기술)에 속함

Genetic engineering

산물



?? (SDN-1, SDN-2: 일반 돌연변이와 동일
SDN-3: GMO영역)

Genome Editing **산물**의 GMO 여부:

- 과학적 판단의 영역 또는 대중의 영역? (유럽 사례)

Plant Cell Rep
DOI 10.1007/s00299-016-1990-2



OPINION PAPER

Regulatory hurdles for genome editing: process- vs. product-based approaches in different regulatory contexts

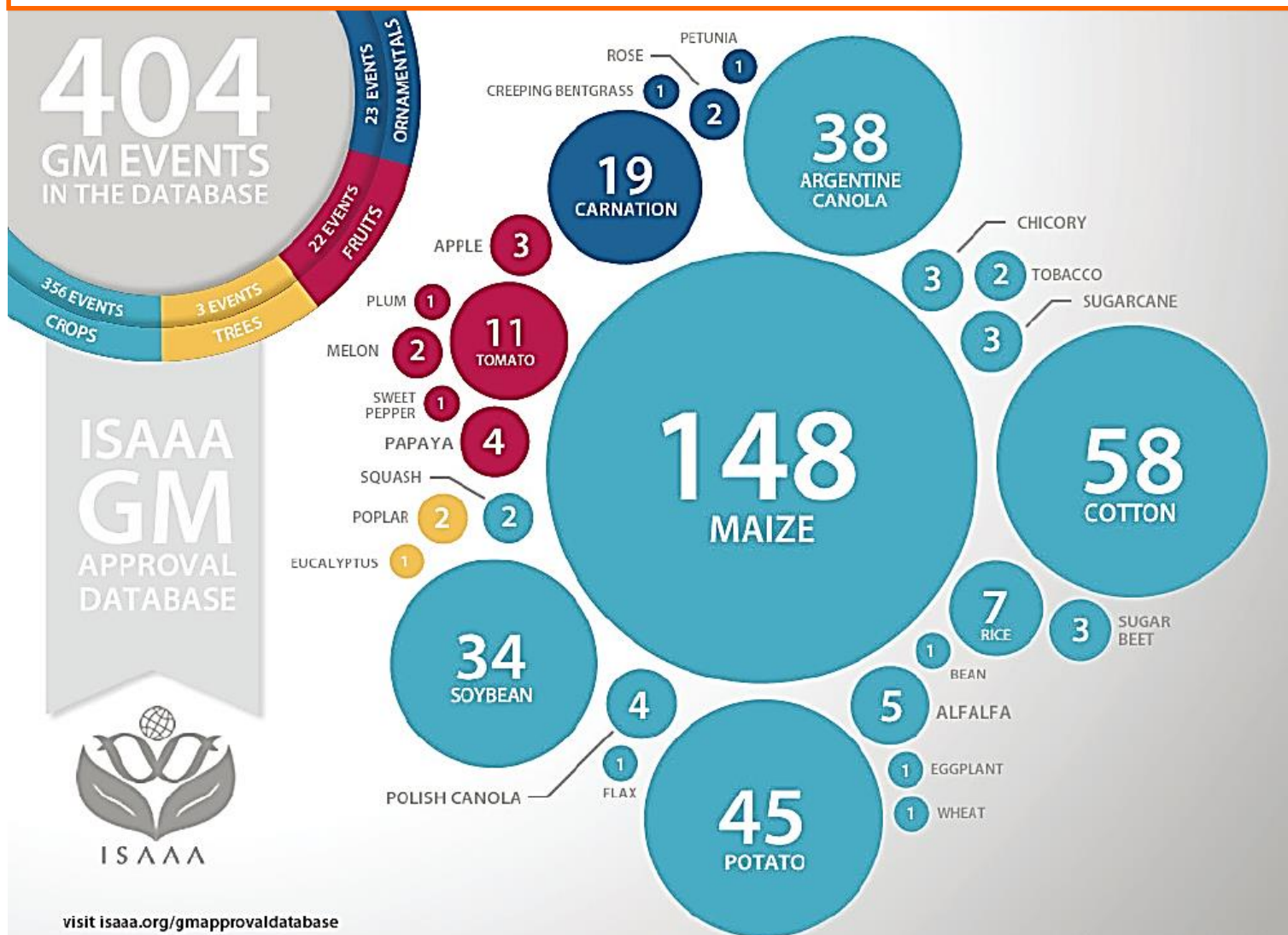
Thorben Sprink¹ · Dennis Eriksson² · Joachim Schiemann¹ · Frank Hartung¹

	BVL ¹	ZKBS ²	NTWG ³	EFSA ^{4,5}	NGOs ⁶	BFN ⁷
SDN-1	Non GMO	Non GMO	Non GMO	Non GMO	GMO	GMO
SDN-2	Non GMO	Non GMO	Non GMO	Non GMO	GMO	GMO
SDN-3	GMO	GMO	GMO	GMO ^b	GMO	GMO
ODM	Non GMO ^a	Non GMO	Non GMO	Non GMO	GMO	GMO
RdDM	n.d	Non GMO	Non GMO	Non GMO	n.d	GMO
Interpretation	Process/product	n.d	n.d	n.d	Process	Process

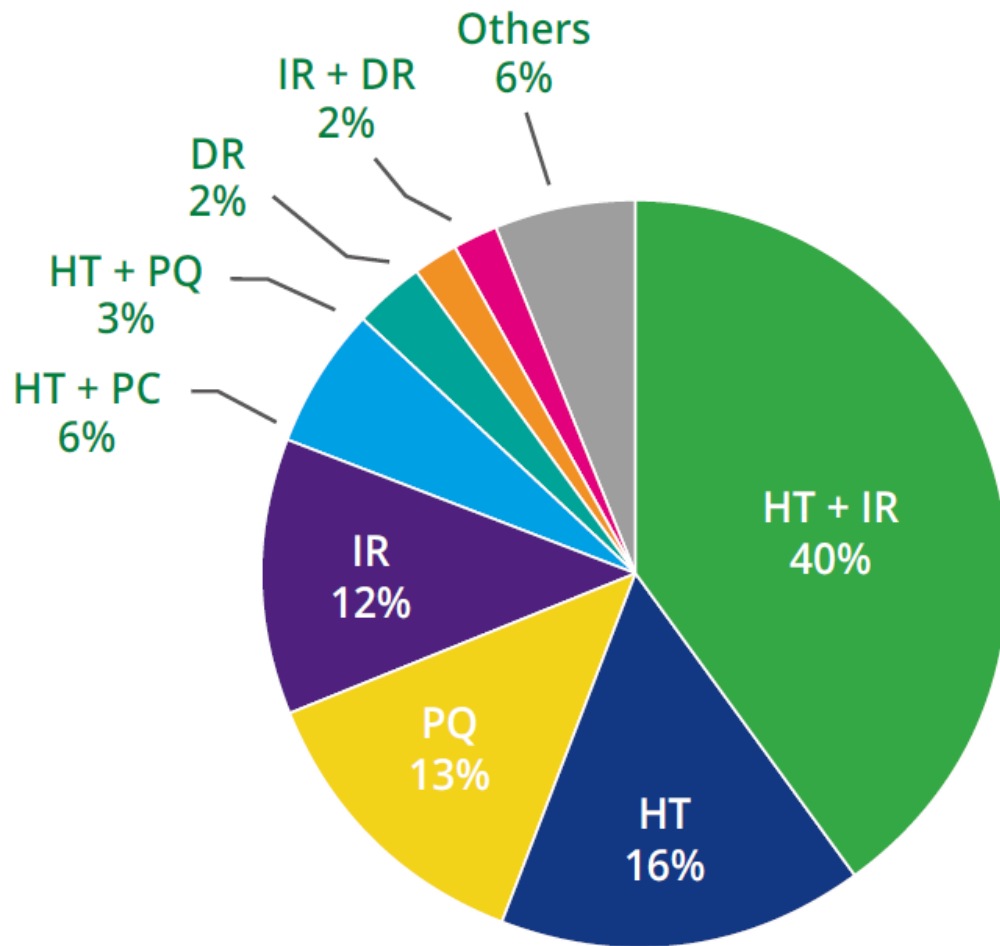
The classification refers to plants generated by using these techniques without stable integration of recombinant DNA

1. BVL: German Federal Agency for Consumer Protection and Food Safety
2. ZKBS: German Biosafety Commission
3. NTWG: New Technology Working Group (2007년 유럽 연합이 회원국 전문가들로 구성하여 신육종 기술의 GMO 여부를 평가하게 했던 전문가 작업반이 2011년 보고한 기술평가보고서)
4. EFSA: European Food Safety Authority
5. BFN: German Federal Agency for [Nature Conservation](#) --- German government's scientific authority with responsibility for national and international nature conservation

Approved Transgenic Plant Events, 1992~2016



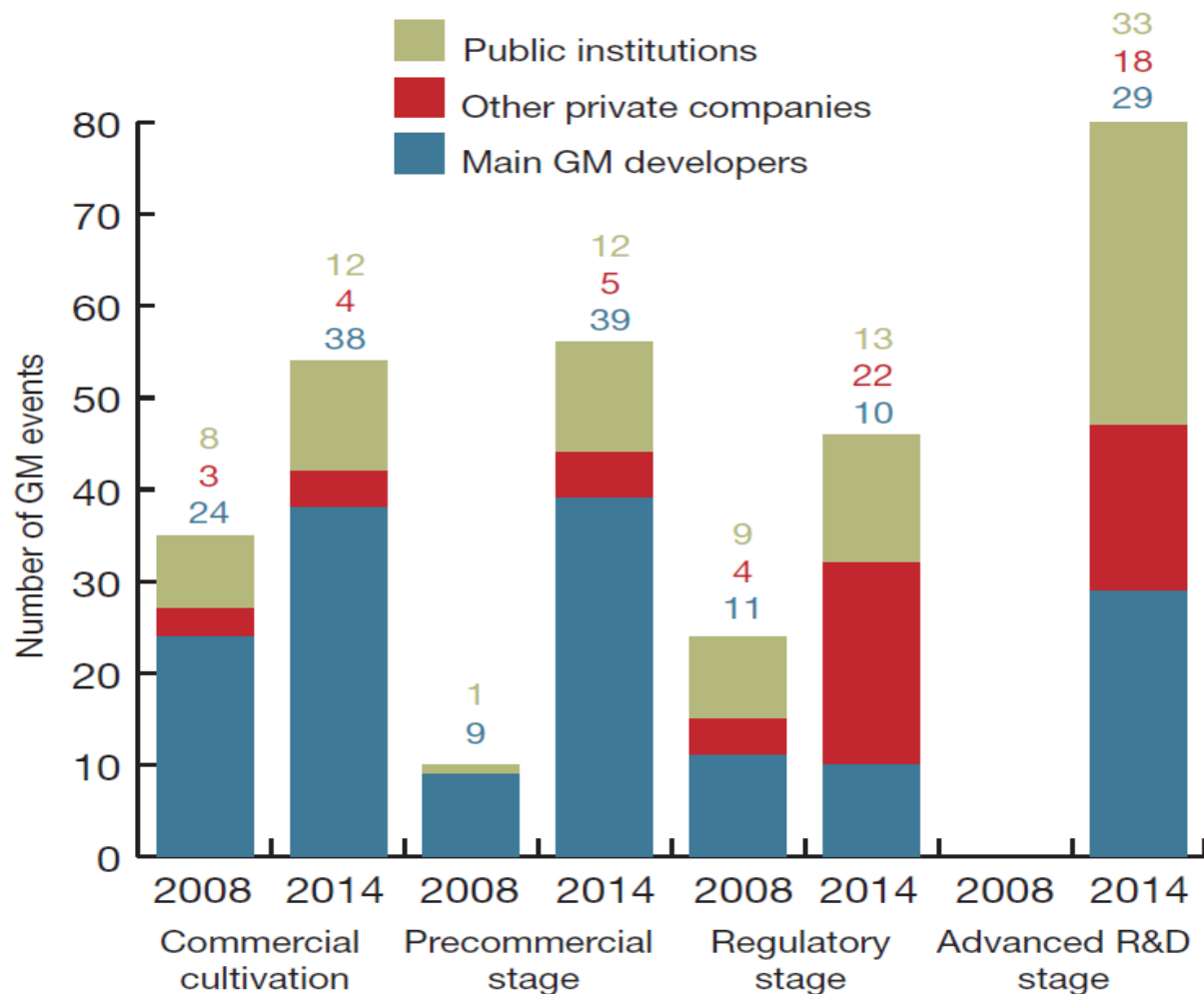
Distribution of Traits of Approved GM events



HT - Herbicide Tolerance;
IR - Insect Resistance;
DR - Disease Resistance;
PC - Pollination Control;
PQ - Modified Product Quality:
Anti-allergy; Delayed Fruit Softening; Delayed Ripening; Enhance Vitamin A Content; Modified Alpha-Amylase; Modified Amino acid; Modified oil/fatty acid; 8) Modified starch/carbohydrate; Nicotine Reduction; Non-Browning Phenotype; Phytase production; Reduced Acrylamide Potential; Reduced Black Spot Bruising

Distribution of GM crop events per developer type and development phase.

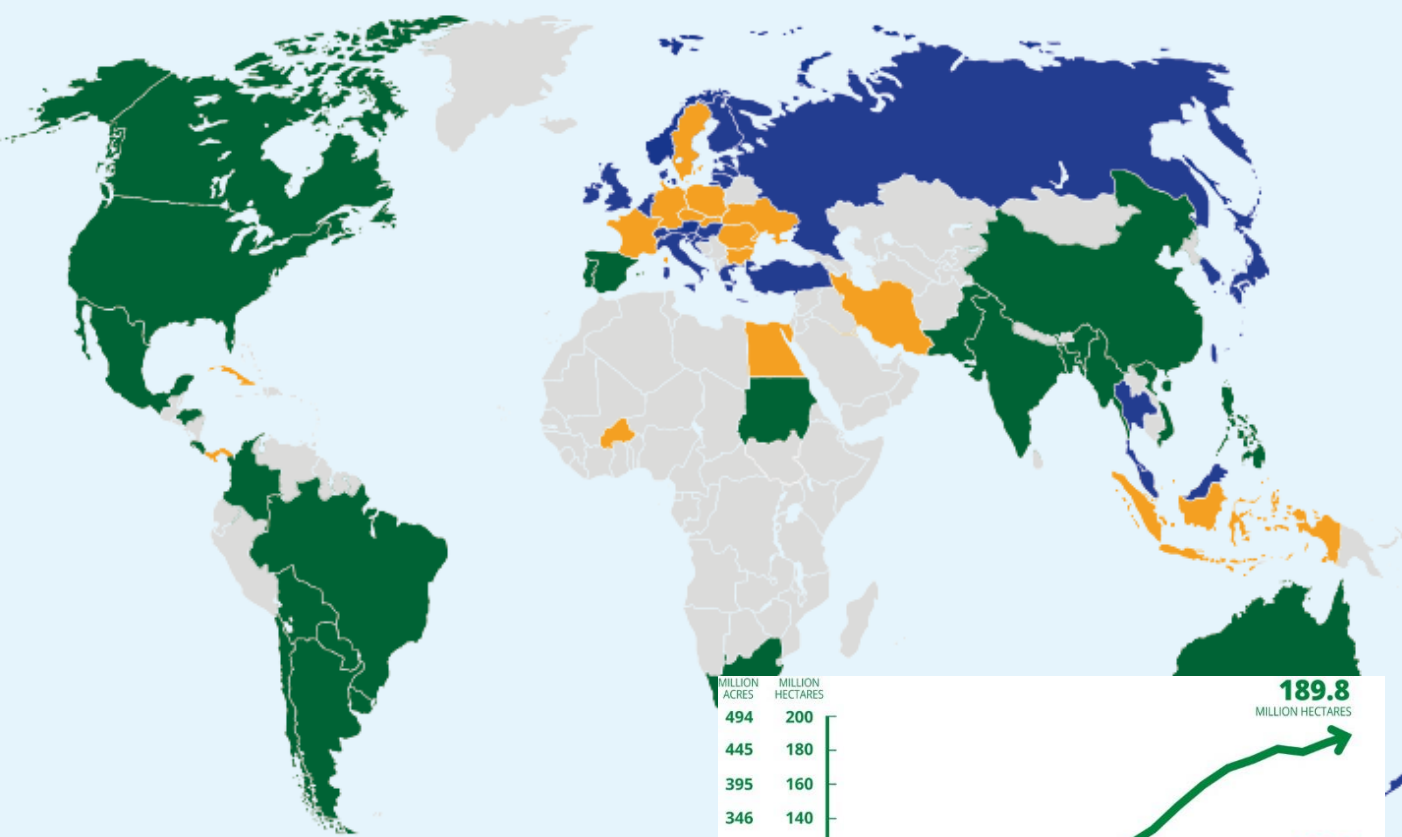
'Main GM developers' include BASF, Bayer CropScience, Cargill, Dow AgroSciences, DuPont Pioneer, Monsanto and Syngenta. Data for the advanced R&D stage in 2008 were not included in the former review of the pipeline⁵.



22 Years of Biotech Crops in the World

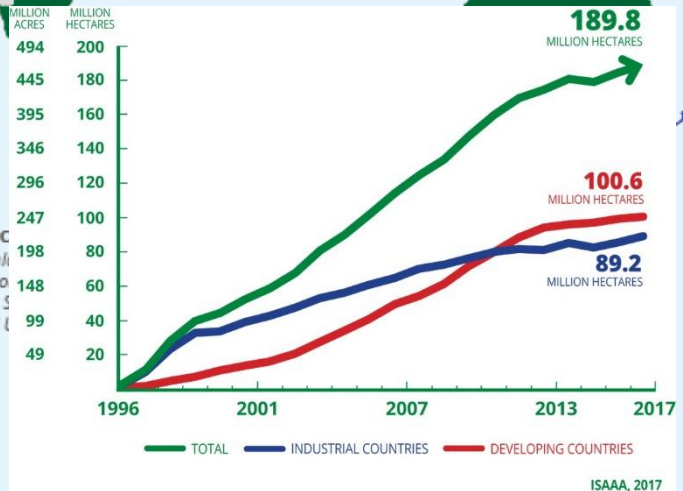
Since the first year of commercial planting of biotech crops in 1996, more than 60 countries from all over the world have either planted or imported biotech crops.

- The 6 founder biotech crop countries in 1996 are **USA, China, Argentina, Canada, Australia, and Mexico.**
- **Up to 17 million farmers** planted biotech crops in 2017, 95% is from developing countries.
- **24 countries** planted **189.8 million hectares** of biotech crops in 2017, a ~112-fold increase from 1.7 million hectares in 1996.
- In 2017, **24 countries** **planted** and **43** **imported** biotech crops.



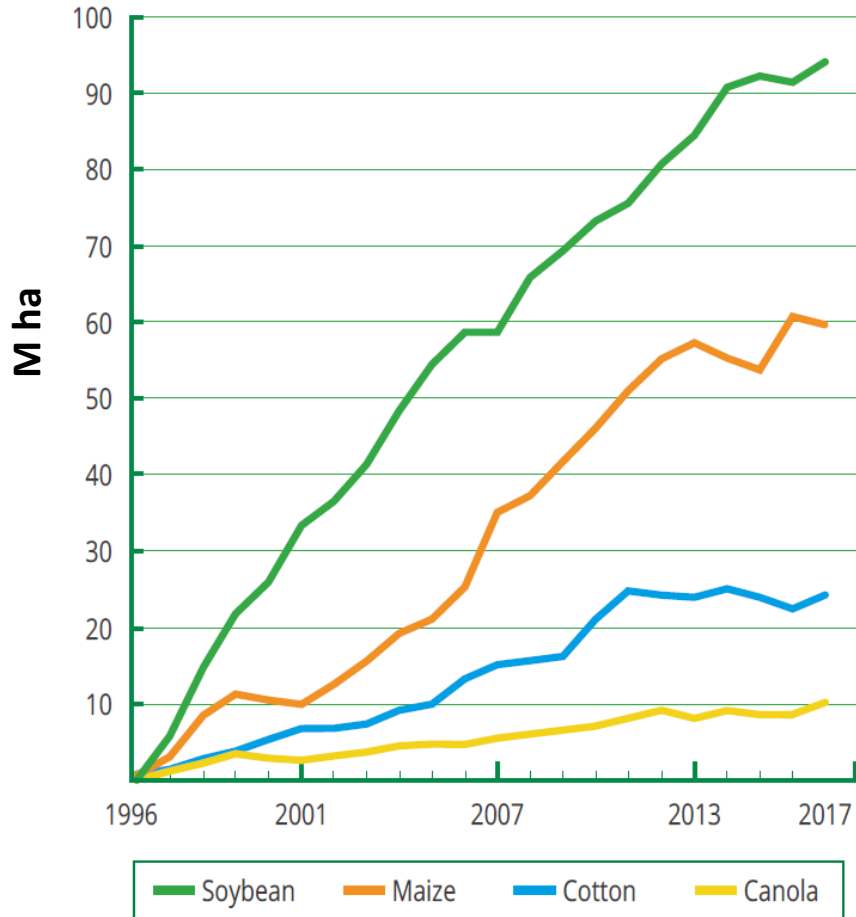
- **Countries planting biotech crops**
(USA, Brazil, Argentina, Canada, India, Paraguay, Pakistan, China, South Africa, Bolivia, Uruguay, Australia, Philippines, Myanmar, Sudan, Spain, Mexico, Colombia, Vietnam, Honduras, Chile, Portugal, Bangladesh, and Costa Rica)
- **Countries that stopped planting, currently importing biotech crops**
(Bulgaria, Burkina Faso, Czech Republic, Cuba, Egypt, France, Germany, Indonesia, Iran, Panama, Poland, Romania, Slovakia, Sweden, and Ukraine)

- **Countries not planting, but importing biotech crops**
(Austria, Belgium, Croatia, Cyprus, Denmark, Estonia, Finland, Hungary, Ireland, Italy, Japan, Latvia, Lithuania, Luxembourg, Netherlands, New Zealand, Norway, Russian Federation, South Korea, Switzerland, Taiwan, Thailand, Turkey, and Ukraine)

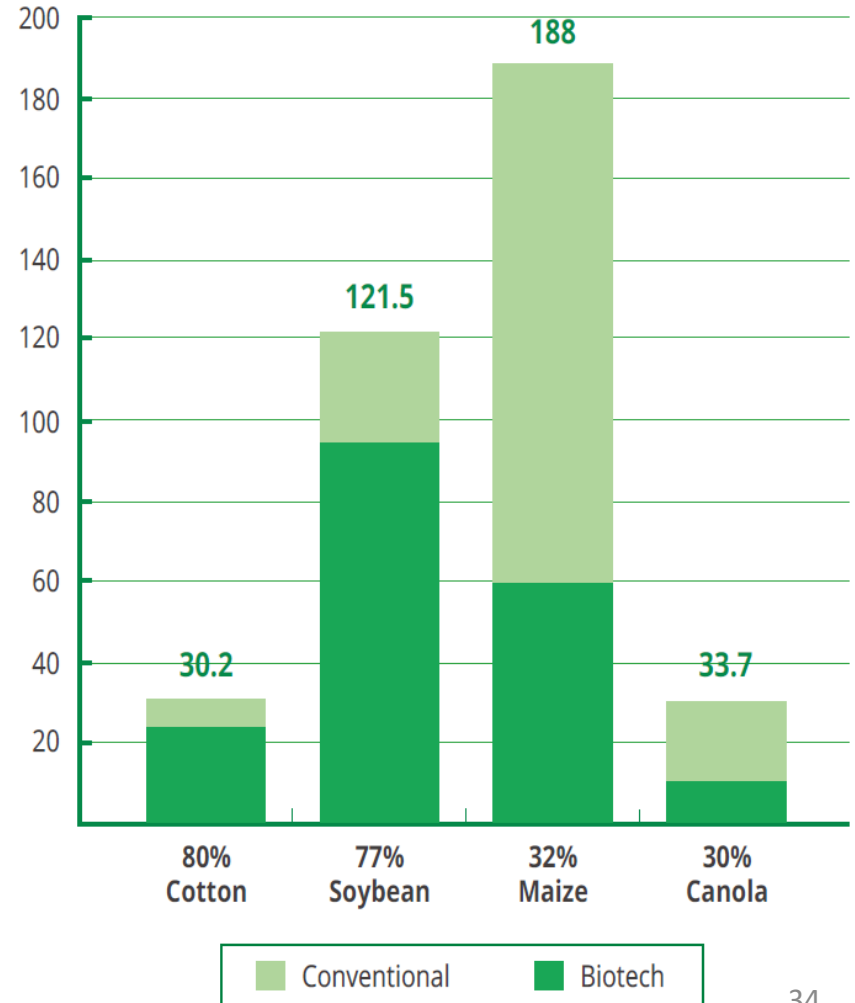


• ISAAA. 2017. Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops in 2017. ISAAA Brief No. 53. ISAAA: Ithaca, NY.
 • ISAAA GMO Approval Database (<http://www.isaaa.org/gmapprovaldatabase/default.asp>).

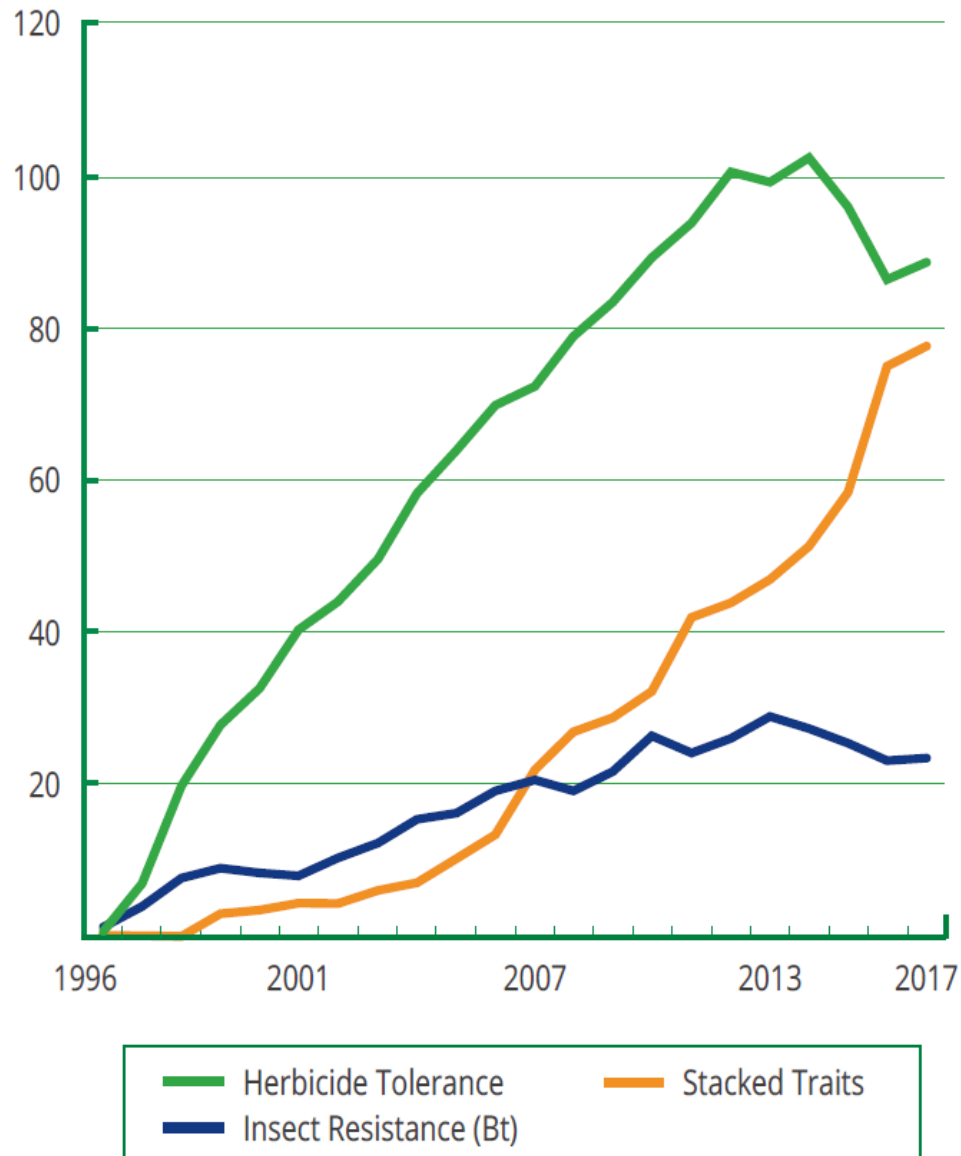
Global Area of Biotech Crops, 1996~2017: by Crop



Global Adoption Rates (%) for Principal Biotech Crops, 2017

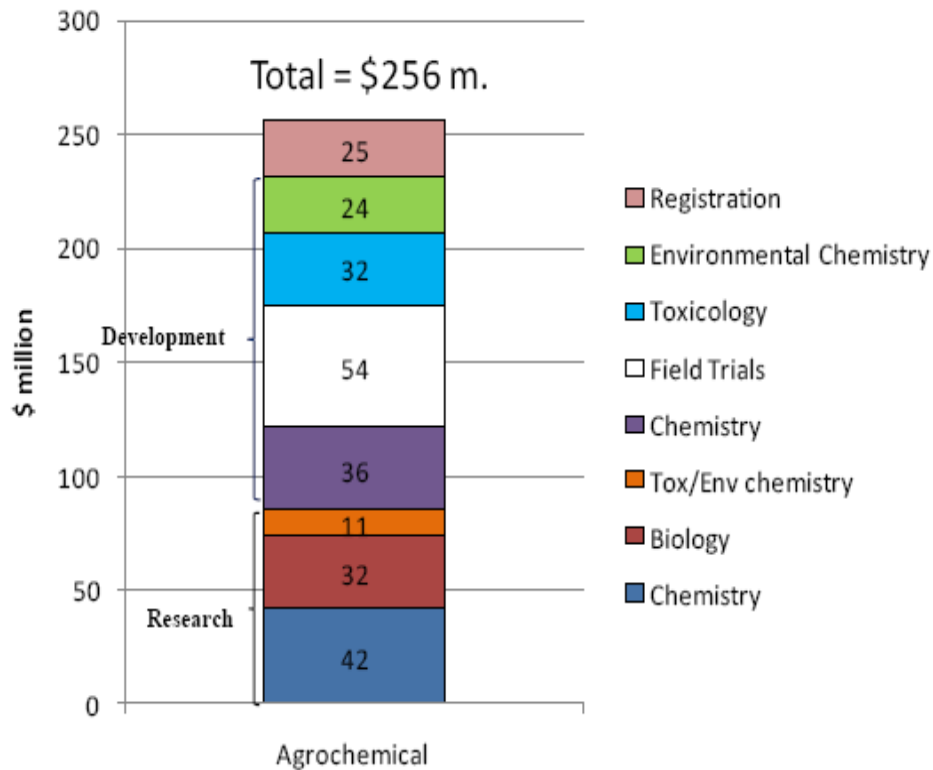


Global Area of Biotech Crops, 1996 ~ 2017: by Trait



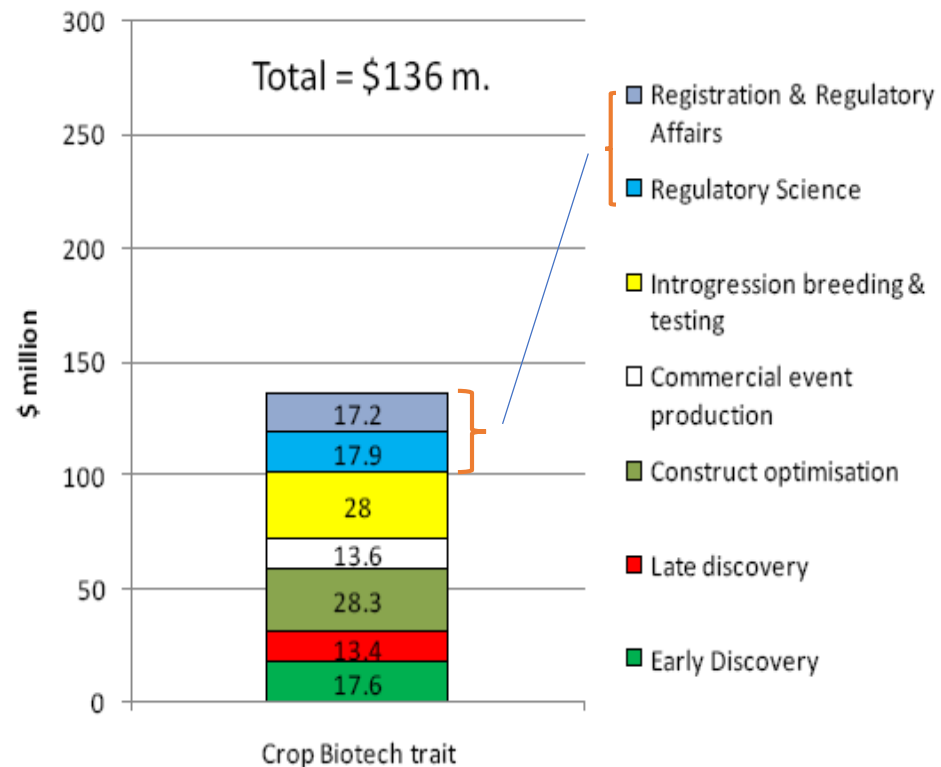
Cost of Bringing a New Product to Market

Agrochemical



Agrochemical costs based on 2009 Crop Life America/ECPA study

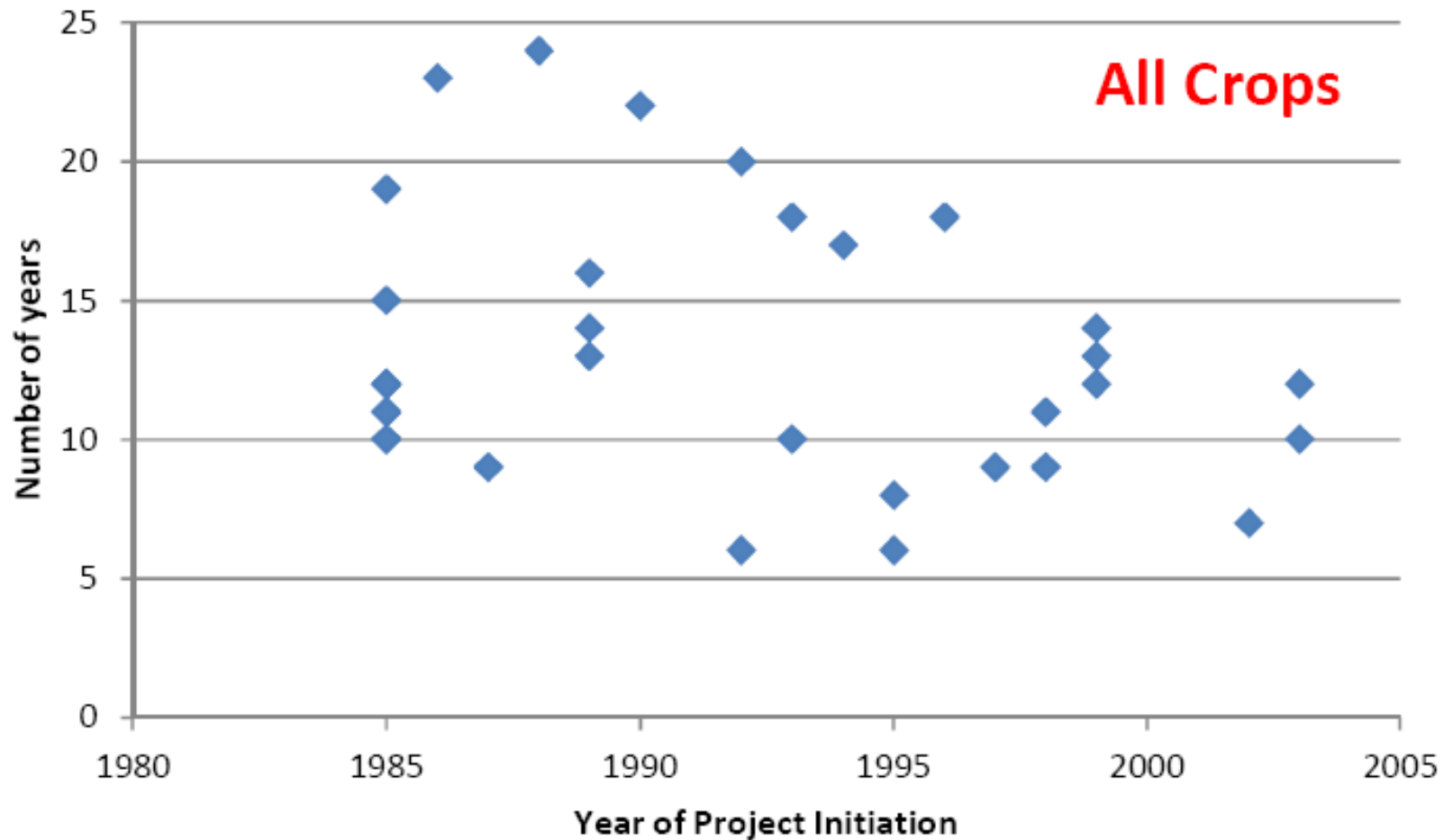
Plant biotechnology trait



Plant biotechnology trait costs based on 2011 Crop Life International study

Phillips McDougall, 2015

Number of Years Required to Discover, Develop and Register a new Plant Biotech Trait



Phillips McDougall, 2015

Economic Benefit Gains and Productivity at the Farm Level

	1996-2015	1996-2016	% Diff	2015 alone	2016 alone	% Diff
Economic Benefits						
Total (Billion, US\$)	167.8	186.1	11%	15.4	18.2	18%
a. Reduced Production Cost* (billion, US\$, %)	46.9 (28%)	52.1 (28%)	11%	2.3 (15%)	3.1 (17%)	35%
b. Yield Gain (billion US\$, %)	120.9 (72%)	134 (72%)	11%	13.1 (85%)	15.1 (83%)	15%
Productivity (Million Tons)						
Total	574.0	657.6	15%	65.8	82.2	25%
a. Soybean	180.3	213.5	18%	21.9	31.6	44%
b. Maize	358.0	404.9	13%	40.3	47.7	18%
c. Cotton lint	25.2	27.5	9%	2.2	2.3	5%
d. Canola	10.6	11.7	10%	1.4	1	-29%

* Less ploughing, fewer pesticide sprays, and less labor

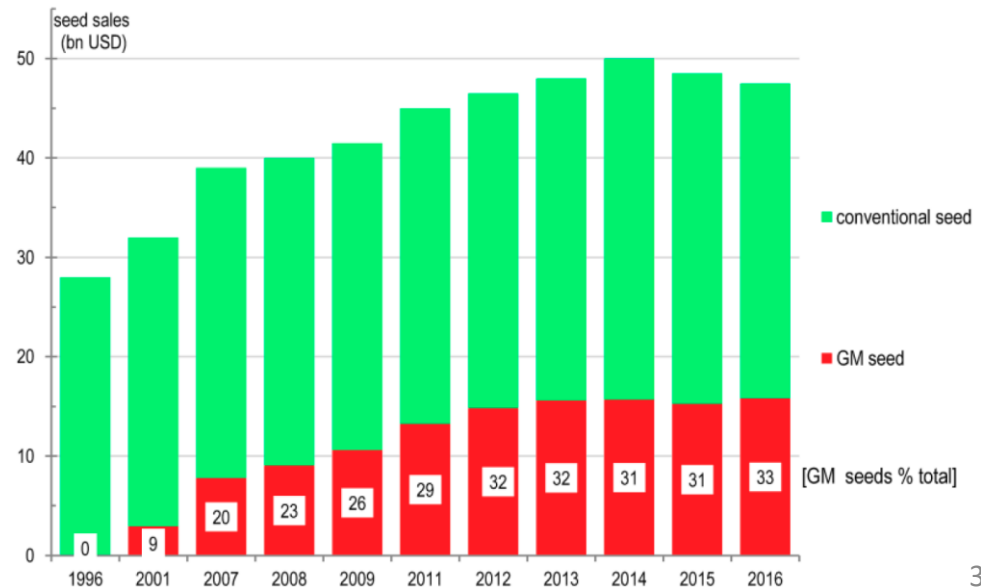
Source: Brookes and Barfoot, 2018, Forthcoming

The Global Biotech Seed Sales, 1996 to 2017, (US\$ Billion)

	2016	2017	% Diff	% of Total
Maize	8.38	8.72	4%	51%
Soybeans	5.53	6.33	14%	37%
Cotton	1.27	1.42	12%	8%
Canola	0.40	0.46	13%	3%
Sugar Beets & Others	0.23	0.25	6%	1%
Total	15.80	17.18	9%	100%

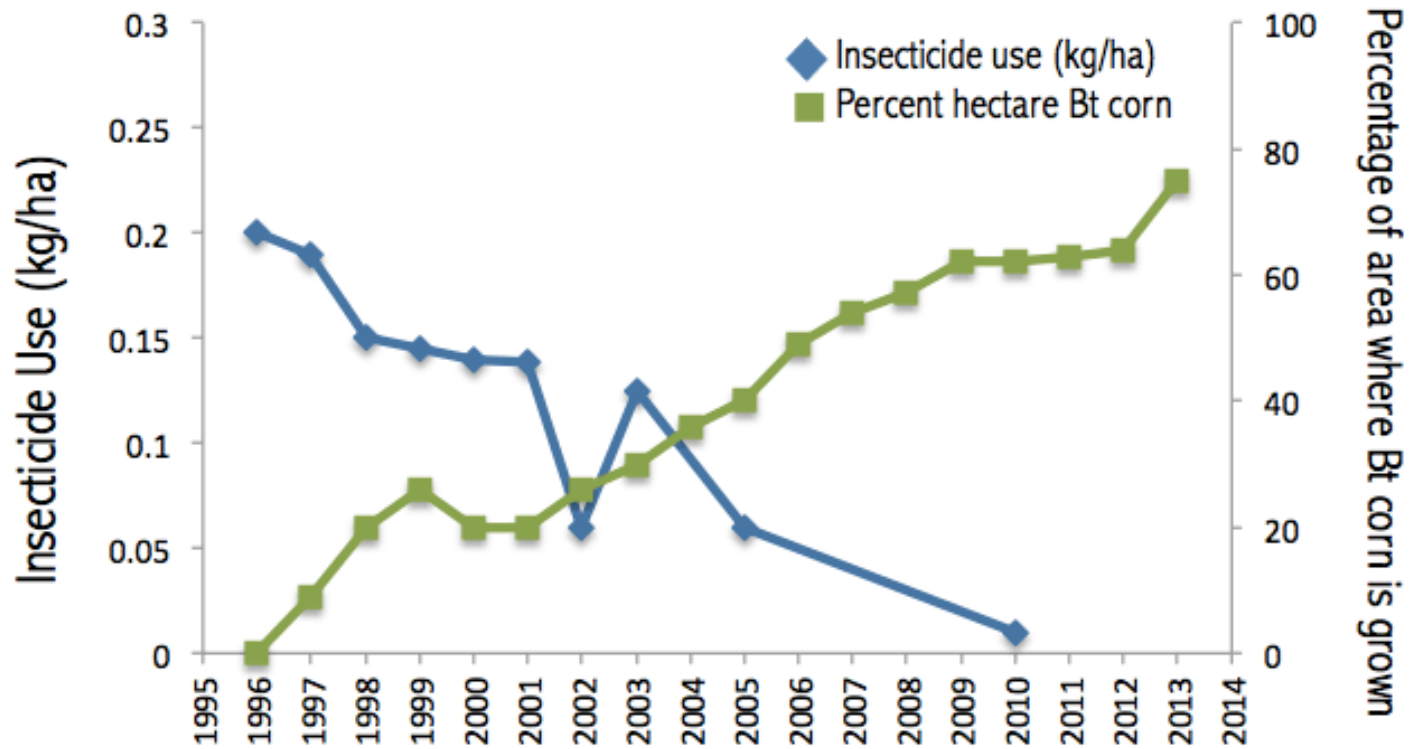
Source: Cropnosis, 2018, Personal Communication

The growing share of the GM seeds in the global commercial seed market



Sustainability 2017, 9, 1632
<http://dx.doi.org/10.3390/su9091632>

Bt corn uptake and insecticide use in U.S. corn fields



Adapted from Malakof D. and Stokstad E. Pesticide Planet. Science Magazine. 16 August 2013.

CONTRIBUTION OF BIOTECH CROPS TO FOOD SECURITY, SUSTAINABILITY, AND CLIMATE CHANGE



INCREASING CROP PRODUCTIVITY

US\$186.1 BILLION

FARM INCOME GAINS IN 1996-2016
GENERATED GLOBALLY BY
BIOTECH CROPS



CONSERVING BIODIVERSITY

IN 1996-2016, PRODUCTIVITY GAINED
THROUGH BIOTECHNOLOGY SAVED

183 MILLION HECTARES

OF LAND FROM PLOWING AND CULTIVATION



PROVIDING A BETTER ENVIRONMENT

LESS PESTICIDE APPLICATIONS

DECREASED ENVIRONMENTAL IMPACT
FROM HERBICIDE & INSECTICIDE USE
BY **18.4% IN 1996-2016**



REDUCING CO2 EMISSIONS

SAVED 27.1 BILLION KGS CO2
EQUIVALENT TO REMOVING

16.7 MILLION CARS

OFF THE ROAD FOR 1 YEAR



HELPING ALLEVIATE POVERTY & HUNGER

BIOTECH CROPS UPLIFTED THE LIVES OF

16-17 MILLION SMALL FARMERS

AND THEIR FAMILIES TOTALING

>65 MILLION PEOPLE

5. GM 작물 안전성 이슈



농업과학원 농업생명자원부 포장 옆 도로 2017.8.17



안전성 이슈의 핵심 논점들과 해결/해소 방안

안전성 이슈 핵심 논점	해결/해소 방안		
	개발기술	안전성 검사/심사	사회 제도적
<ul style="list-style-type: none"> ○ 기술에 대한 우려 <ul style="list-style-type: none"> - 종교/윤리/도덕적 - 종간 경계/구분 모호로 생물계 혼란 			<ul style="list-style-type: none"> ★ ★
<ul style="list-style-type: none"> ○ 인축에 대한 식품/사료 안전성 우려 <ul style="list-style-type: none"> - 삽입된 외래 DNA와 생성되는 단백질 - 항생제 저항성 마커/reporter genes <ul style="list-style-type: none"> * 항생제 과다복용 부작용과 같은 결과 초래 가능성? - 영양성분의 변화 - 잠재적 독성 또는 알리지 성분의 발생 	<ul style="list-style-type: none"> ★ ★ ★ ★ 	<ul style="list-style-type: none"> ★ ★ ★ ★ 	
<ul style="list-style-type: none"> ○ 환경/생태위해성 <ul style="list-style-type: none"> - target 또는 non-target 곤충균, 미생물균의 변화 - 저항성 잡초 또는 해충의 발생 - 제초제 및 저항성 유전자의 유관 식물종 또는 잡초종 전이 - GM의 잡초화 - 작물 획일화로 재배작물 다양성 유전 침식 	<ul style="list-style-type: none"> ★ ★ ★ ★ 	<ul style="list-style-type: none"> ★ ★ ★ ★ 	<ul style="list-style-type: none"> ★
<ul style="list-style-type: none"> ○ 생물 무기화 가능성 ○ 특정 개발자/선진국의 지식재산권 독점 ○ 기타 			<ul style="list-style-type: none"> ★ ★ ★

Are GMOs **SAFE?** **YES.** The National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine 2016 report reaffirms

Over **900** studies and publications were examined



20+ scientists, researchers and agricultural and industry experts over a 2 year period reviewed animal studies, allergenicity testing, North American and European health data, and more



Based on **20+** years of data since GMO crops were introduced



SAFE.



No substantiated evidence of a difference in risks to human health between current commercially available genetically engineered [GMO] crops and conventionally bred crops.

The National Academies of
SCIENCES • ENGINEERING • MEDICINE

Full report available at <http://nas-sites.org/ge-crops/>



Natural GMO? Sweet Potato Genetically Modified 8,000 Years Ago

May 5, 2015 - 1:19 PM ET



MICHAELEEN DOUCLEFF



The genome of cultivated sweet potato contains *Agrobacterium* T-DNAs with expressed genes: An example of a naturally transgenic food crop

Tina Kyndt^{a,1}, Dora Quispe^{a,b,1}, Hong Zhai^c, Robert Jarret^d, Marc Ghislain^b, Qingchang Liu^c, Godelieve Gheysen^a, and Jan F. Kreuzer^{b,2}

^aDepartment of Molecular Biotechnology, Ghent University, 9000 Ghent, Belgium; ^bInternational Potato Center, Lima 12, Peru; ^cBeijing Key Laboratory of Crop Genetic Improvement/Laboratory of Crop Heterosis and Utilization, Ministry of Education, China Agricultural University, Beijing, China, 100191; and ^dPlant Genetic Resources Unit, US Department of Agriculture, Agricultural Research Service, Griffin, GA 30223

PNAS



한국의 GMO 재앙을 보고 통곡하다

34가지 질병을 증폭시키고, 국민을 죽이고, 대한민국을 쇠락시키는 유전자조작 식품(GMO)

오로지 저...



Ten Advocacy Groups Putting Ideology Before GMO Science *Published on April 20, 2017*



The organization receives more than \$3 million in donations annually and is closely tied to the organic food industry.

Environmental Working Group

The organization received more than \$6 million in donations last year from several prominent members of the organic and natural products industries



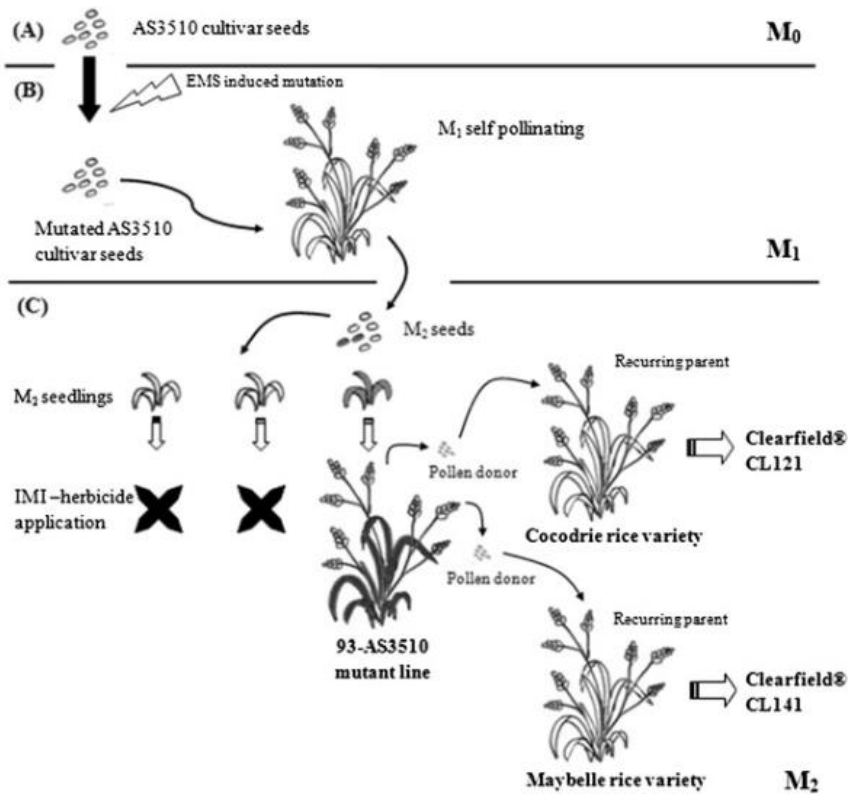
Greenpeace how has a budget in excess of \$300million



Inside members include about two dozen organic, natural product and alternative health groups promoting advocacy and commercial interest groups seeking cautionary warning labels on foods containing GMOs.

.....

Non-GM 제초제저항성 벼 품종 Clearfield Rice



imidazolinone herbicide (BASF)



Clearfield rice was first commercialized by Louisiana State University (LSU) in 2002

Louisiana State (2017) 158,261 ha Clearfield rice 61.3%
 → 20여국에서 (시험)재배중

→→ **Anti-제초제저항성 벼 운동 없음**

Why ?

(GMO와 같은 제초제저항성이데)

국가별 유전자변형식품 안전성 심사체계

	한 국	유럽연합(EU)	일 본	미 국
승인기관	식품의약품안전처 (MFDS)	유럽집행위원회(EC)	후생노동성(MHLW)	식품의약품청(FDA)
평가 기관 [위해평가자]	식품의약품안전처 (MFDS)	유럽집행위원회(EC)	후생노동성(MHLW)	식품의약품청(FDA)
심사기간(일)	270	360 (평가기간은 180일)	360	120
심사결과 공람여부	○	○	○	○
안전성심사	*유전자변형식품의 안전성 평가 등(식품위생법, 2002.8.26)	*Regulation(EC) No.1 829/2003 of the European Parliament and of the Council on genetically modified food and feed (2003.9.22)	*재조합 DNA기술응용 식품 및 식품첨가물의 안전성 평가지침(후생성 衛食第 153호, 1991. 12.26)	*Statement of Policy : Food Derived From New Plant Varieties Notices 92N-0139 (FDA, 1992.5.29)
근거규정	*유전자재조합 식품 등의 안전성 평가 심사 등에 관한 규정(식약청 고시 제2003-37호, 2003. 9.1) 및 시행(2004.2.27)		*유전자재조합 미생물을 이용하여 제조된 첨가물의 안전성 평가기준(식품안전위원회, 2004.3.25)	

우리나라 GMO 관리 법률

● 유전자변형생물체 국가간 이동등에 관한 법률

[시행 2017.7.26.] [법률 제14839호, 2017.7.26., 타법개정]

- 제2조(정의) 2. "**유전자변형생물체**"란 다음 각 목의 현대생명공학기술을 이용하여 새롭게 조합된 유전물질을 포함하고 있는 생물체를 말한다.

가. 인위적으로 유전자를 재조합하거나 유전자를 구성하는 핵산을 세포 또는 세포 내 소기관으로 직접 주입하는 기술

나. 분류학에 의한 과(科)의 범위를 넘는 세포융합기술

- 제7조 수입 생산 이용하려는 자는 사전에 위해성 심사를 받도록 규정

● 식품위생법

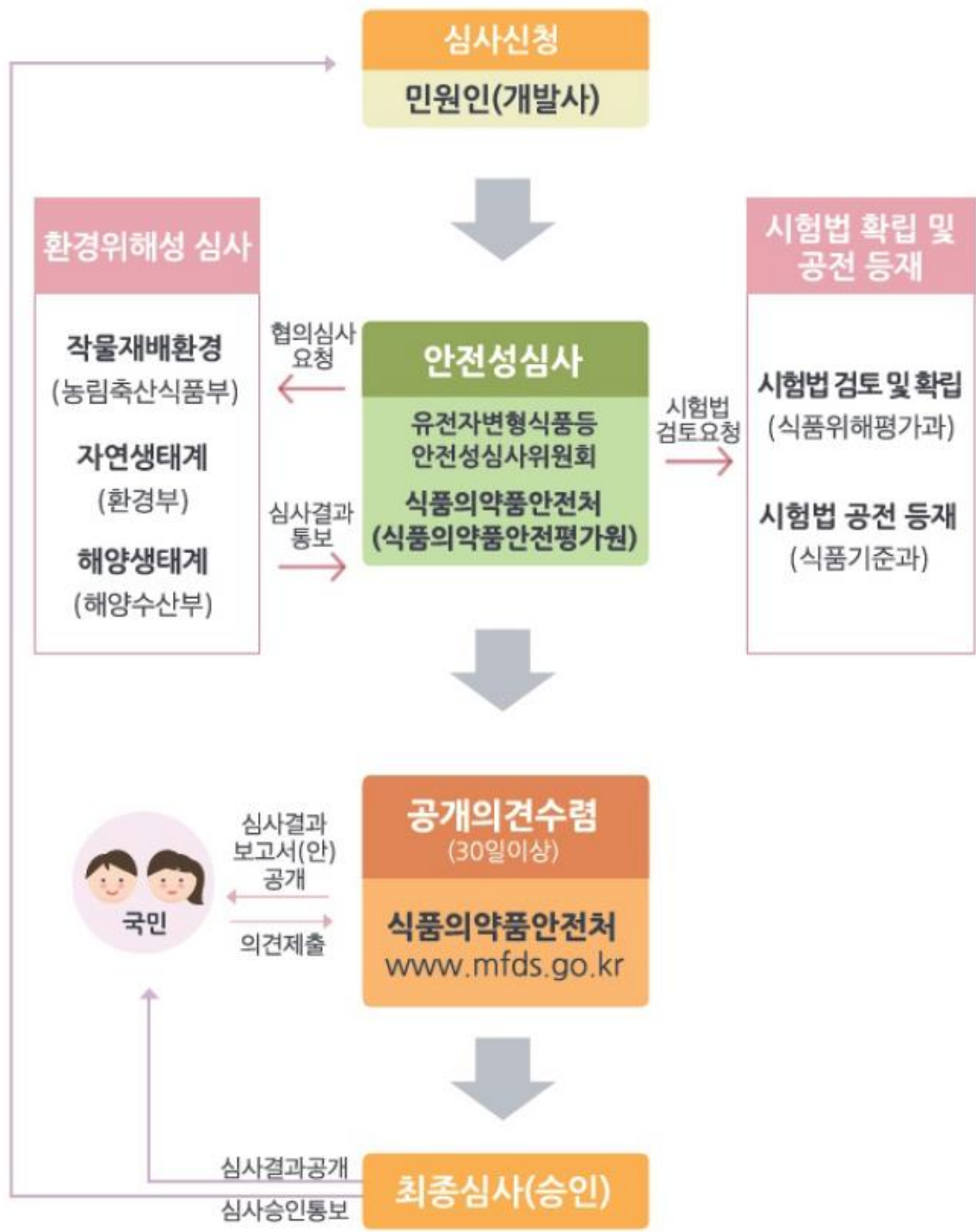
- 식품으로 이용되는 경우, 식품 안전성평가 받도록 규정

유전자변형생물체 국가간 이동 등에 관한 법률 적용 구분

유전자변형생물체로서 규제

- **농·임·축산업용 농작물 등 일반 유전자변형생물체**
 - ✓ 식품 및 사료로 사용되는 경우 (거의 모든 농작물): 총 5개 기관 심사 완료 필요 (식약처, 농촌진흥청, 질병관리본부, 수산과학원, 국립생태원)
 - ✓ 심사기간: 270일 (자료보완 기간 등 제외)
 - ✓ 제출자료: 인체 및 환경 안전성/위해성 평가 자료 일체
- **위해성/안전성 기승인된 모본간 교잡종: 후대교배종**
 - ✓ 식품 및 사료로 사용되는 경우 (거의 모든 농작물): 식약처, 농촌진흥청 심사요건 충족하는 경우, '유전자변형생물체 위해성/안전성 심사'에서 제외
 - ✓ 심사기간: 90일 (자료보완 기간 등 제외)
 - ✓ 제출자료: 모본의 형질이 교잡종에서도 변화가 없는지 등에 대한 자료
- **산업용 유전자변형생물체: 간략화된 심사 규제 구분도 존재**
 - ✓ 생산공정 1등급 시설에서 이용하는 유전자변형 미생물은 간략 심사 적용
 - 심사기간: 90일
 - 일반 유전자변형생물체에 대해 요구되는 협의심사 중 질병관리본부 협의심사만 적용

유전자변형 식품 안전성 심사 절차



(식품의약품안전평가원)

현재 무엇을 규제하고 있나? 어느 부분이 개선되어야 하나?

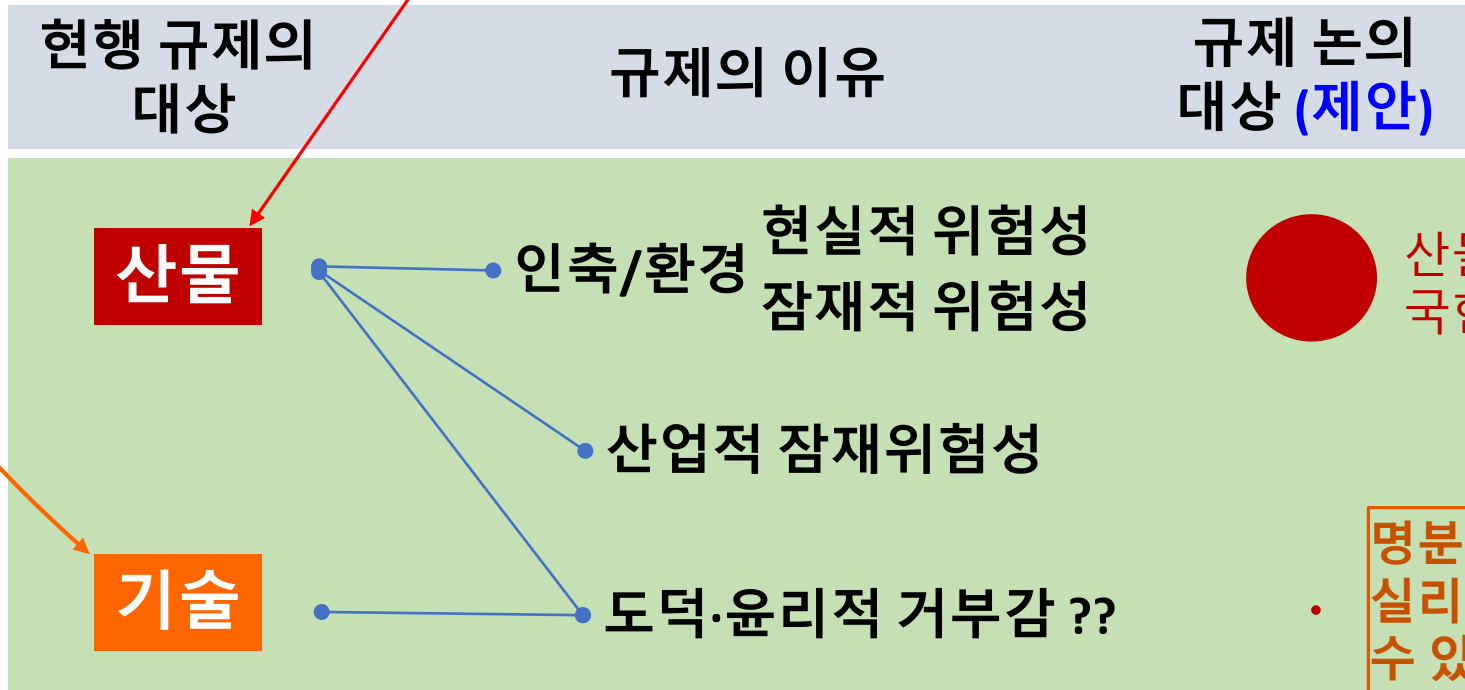
- 유전자변형생물체 국가간 이동등에 관한 법률

[시행 2017.7.26.] [법률 제14839호, 2017.7.26., 타법개정]

- 제2조(정의) 2. "유전자변형생물체"란 다음 각 목의 **현대생명공학기술을 이용하여 새롭게 조합된 유전물질을 포함하고 있는 생물체를 말한다.**

가. 인위적으로 유전자를 재조합하거나 유전자를 구성하는 핵산을 세포 또는 세포 내 소기관으로 직접 주입하는 기술

나. 분류학에 의한 과(科)의 범위를 넘는 세포융합기술



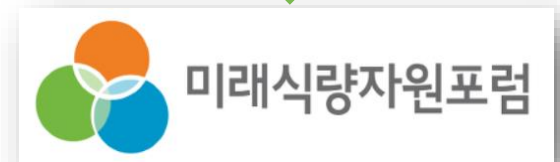
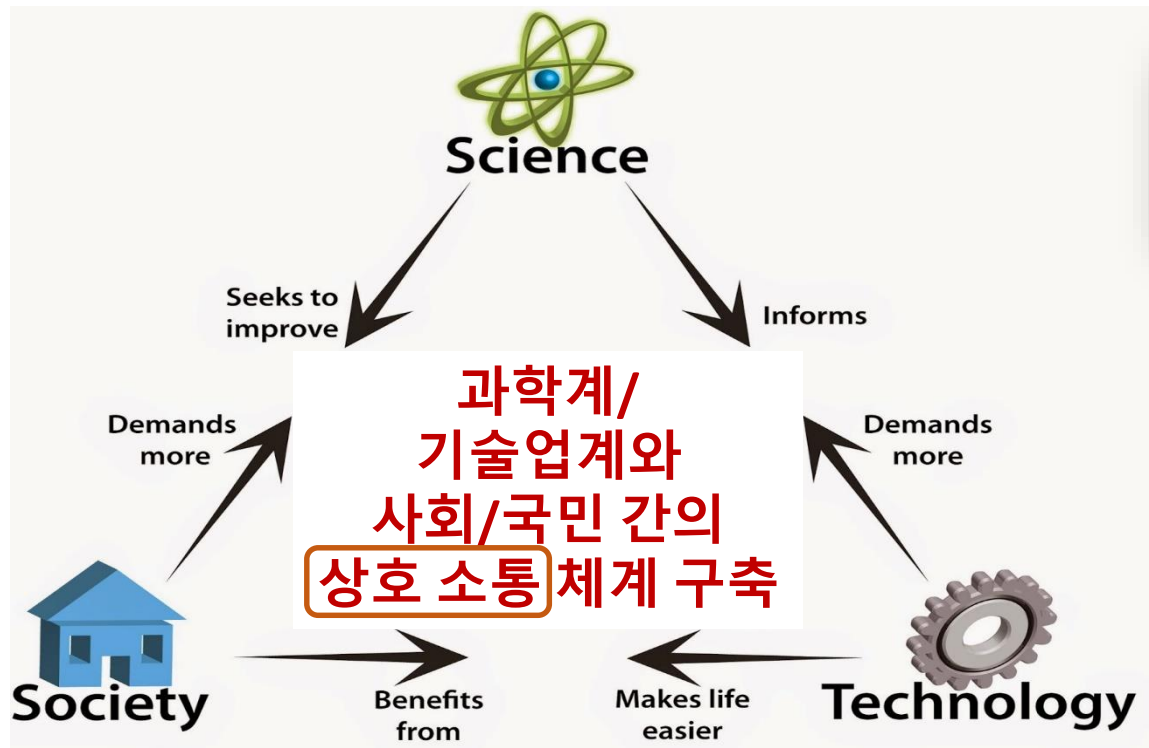
The Guardian

Strongest opponents of GM foods know the least but think they know the most

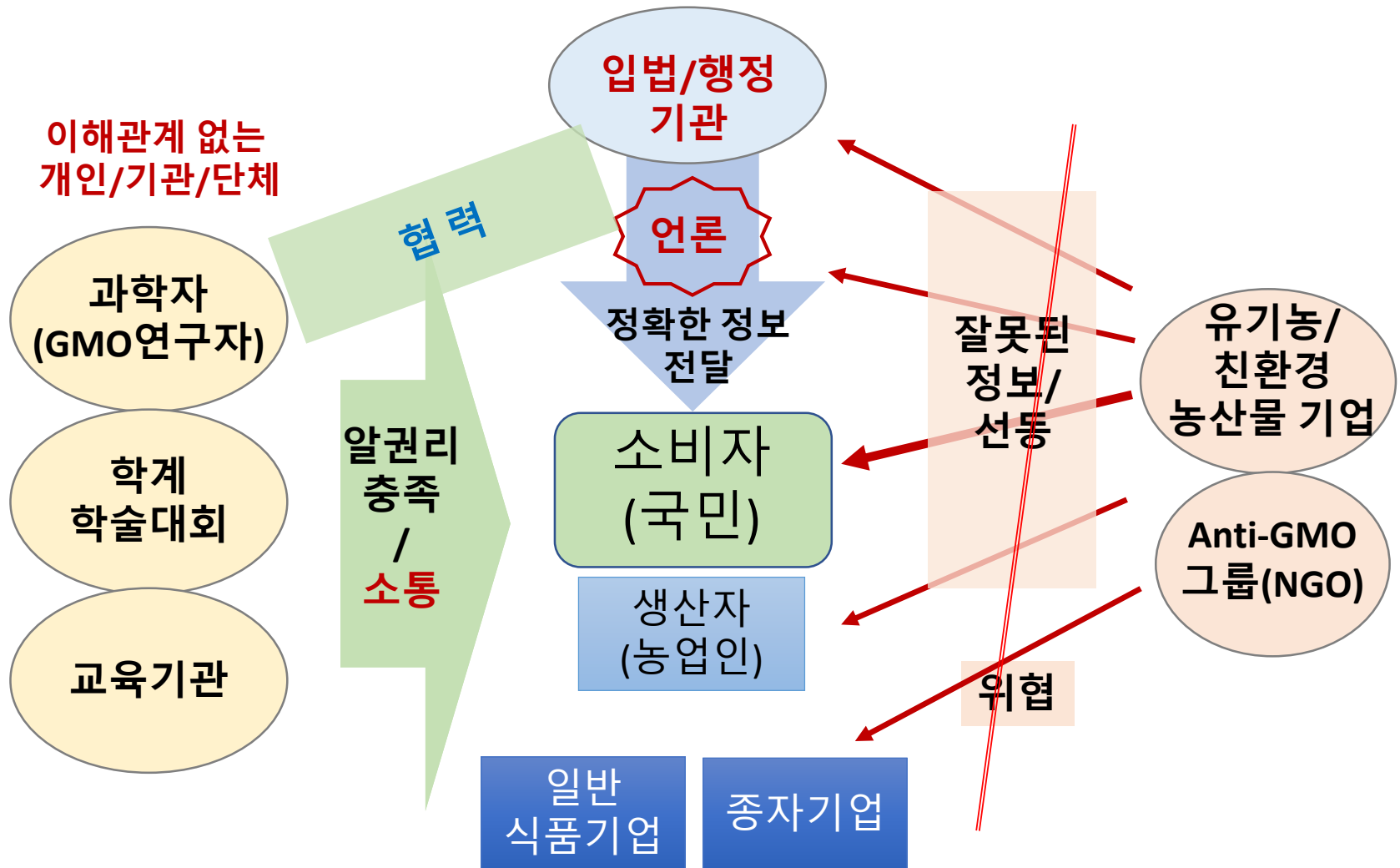
Analysis of surveys from US, France and Germany could also have implications for science communication in other fields



▲ Opponents of genetically modified foods stage a protest in Stratford-upon-Avon, England. Tang/Rex Features



- GMO에 이해관계가 없는 그룹과 소비자 간의 소통
- 언론과 정부의 적극적 소통 노력 및 협조



감사합니다 II



學農爲世

세상을 위하여 농업을 공부한다